دانشگاه گیلان
۱۳۵۳_1974

چاپ اول

مفاهیم مدیریت تلفیقی آفات

تألیف:
رابرت نوریس ادوارد کسول چن مارکوس کوگان
ترجمه:
دکتر لطیف صالحی
استادیار دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه گیلان
ستار قلی پور داود شایگان

اداره چاپ و انتشارات دانشگاه گیلان

مفاهیم مدیریت تلفیقی آفات
تألیف: رابرت نوریس ادوارد کسول چن مارکوس کوگان
ترجمه: دکتر لطیف صالحی ستار قلی پور داود شایگان

Concepts in
Integrated Pest Management

By:
Robert F. Norris, Edward P. Caswell-Chen and Marcos Kogan
Translated by:
Latif Salehi, Ph. D Sattar Gholipour Davood Shayegan

University of Guilan Press

ISBN: 978-600-153-194-1

مفاهیم مدیریت تلفیقی آفات

مؤلفان:

رابرت نوریس

ادوارد کسول چن **مارکوس کوگان**

مترجمان:

دکتر لطیف صالحی

ستار قلی‌پور **داود شایگان**

انتشارات دانشگاه گیلان

۱۳۹۹

شابک: ۱ ـ ۱۹۴ ـ ۱۵۳ ـ ۶۰۰ ـ ۹۷۸

سرشناسه	:	نوریس، رابرت اف. Norris, Robert F.
عنوان و نام پدیدآور	:	مفاهیم مدیریت تلفیقی آفات/ مؤلفان رابرت نوریس، ادوارد کسول چن، مارکوس کوگان ؛ مترجمان لطیف صالحی، ستار قلی‌پور، داود شایگان.
مشخصات نشر	:	رشت: دانشگاه گیلان، ۱۳۹۷.
مشخصات ظاهری	:	۷۱۵ ص.: مصور(رنگی)، جدول، نمودار.
شابک	:	978-600-153-172-9
وضعیت فهرست نویسی	:	فیپا
یادداشت	:	عنوان اصلی: .Concepts in integrated pest management,۲۰۰۳
موضوع	:	آفت‌ها -- مبارزه تلفیقی
موضوع	:	Integrated control -- Pests
شناسه افزوده	:	کزول-چن، ادوارد پی.
شناسه افزوده	:	Caswell-Chen, Edward P.
شناسه افزوده	:	کوگن، مارکوس
شناسه افزوده	:	Kogan, M.(Marcos)
شناسه افزوده	:	صالحی، لطیف، ۱۳۳۱ -، مترجم
شناسه افزوده	:	شایگان، داود، ۱۳۶۵-، مترجم
شناسه افزوده	:	قلی‌پور، ستار، مترجم
شناسه افزوده	:	دانشگاه گیلان
رده بندی کنگره	:	SB۹۵۰/۷م۹ن۱۳۹۷
رده بندی دیویی	:	۶۳۲/۹
شماره کتابشناسی ملی	:	۵۴۱۷۹۷۷

دانشگاه گیلان
1974-۱۳۵۳

انتشارات دانشگاه گیلان

نام کتاب	:	**مفاهیم مدیریت تلفیقی آفات**
مؤلف	:	**رابرت نوریس، ادوارد کسول چن ، مارکوس کوگان**
مترجمان	:	**دکتر لطیف صالحی، ستار قلی پور، داود شایگان**
ویراستار علمی	:	**دکتر احد صحراگرد**
ویراستار ادبی	:	**فرشته گلچین راد**
نوبت چاپ	:	اول، ۱۳۹۹
ناشر	:	انتشارات دانشگاه گیلان
شمارگان	:	۱۰۰۰ جلد
قیمت	:	ریال

* هر گونه چاپ و تکثیر فقط در اختیار انتشارات دانشگاه گیلان است.*

فهرست مطالب

پیشگفتار ..... د
فصل اول: آفات، مردم و مدیریت تلفیقی آفت ۱
مقدمه ۱
وضعیت آفت ۷
اهمیت آفات ۱۰
مدیریت آفات ۱۴
فصل دوم: آفات و تأثیر آن‌ها ۱۹
تأثیر عمومی آفات ۱۹
عوامل بیماری‌زای گیاهی ۲۴
علف‌های هرز ۲۹
نماتدها ۳۷
نرم‌تنان ۴۳
بندپایان ۴۵
مهره‌داران ۵۹
فصل سوم: توسعه تاریخی مدیریت آفات ۶۵
مقدمه ۶۵
دوران باستان (۱۰ هزار سال قبل از میلاد) ۶۶
میلاد مسیح تا قرون وسطی ۷۰
قرن هفدهم ۷۳
قرن هجدهم ۷۴

قرن نوزدهم ۷۵
اوایل قرن بیستم (۱۹۵۰ – ۱۹۰۰) ۸۱
اواخر قرن بیستم (۲۰۰۰ – ۱۹۵۱) ۸۶
فصل چهارم: اکوسیستم‌ها و موجودات آفت ۹۱
مقدمه ۹۱
نظام اکوسیستم و توالی ۹۲
تعاریف و واژه‌شناسی ۹۸
پویایی (دینامیک) غذایی ۱۰۰
محدودیت منابع و رقابت ۱۱۰
فصل پنجم: زیست‌شناسی مقایسه‌ای آفات ۱۲۳
مقدمه ۱۲۳
مفاهیم تنظیم جمعیت آفات ۱۲۴
فرایندهای انتشار، تهاجم و تشکیل کلنی ۱۵۹
ژنتیک آفت ۱۷۰
فصل ششم: اکولوژی برهم‌کنش‌های بین گروه‌های آفات ۱۷۹
مقدمه ۱۷۹
برهم‌کنش‌های جریان انرژی/منابع (دینامیک غذایی) ۱۸۱
اصلاح زیستگاه ۱۹۹
برهم‌کنش‌های ناشی از پدیده‌های فیزیکی ۲۰۹
مفهوم IPM و تجزیه و تحلیل اقتصادی از برهم‌کنش آفات ۲۱۴
فصل هفتم: تنوع زیستی اکوسیستم و مدیریت تلفیقی آفات ۲۱۹
مقدمه ۲۱۹
تنوع زیستی و کشاورزی ۲۱۹

شرح و توصیف تنوع زیستی ۲۲۵
اهمیت تنوع زیستی در مدیریت تلفیقی آفات ۲۲۸
استفاده از تنوع زیستی در سیستم‌های مدیریت تلفیقی آفات ۲۳۷
فصل هشتم: تصمیم‌های مدیریت آفت ۲۴۳
مقدمه ۲۴۳
تشخیص مسئله ۲۴۶
روش‌های ارزیابی جمعیت‌های آفت ۲۵۸
آستانه‌ها ۲۷۸
سایر عوامل مؤثر بر تصمیم‌های مدیریت آفت ۲۸۵
خلاصه ۲۹۰
فصل نهم: مقدمه‌ای بر راهبردها و روش‌ها در مدیریت تلفیقی آفات ۲۹۳
مقدمه ۲۹۳
راهبردهای اصلی مدیریت تلفیقی آفات ۲۹۳
روش‌های مدیریت تلفیقی آفات ۲۹۴
مفاهیم دیگر ۲۹۷
فصل دهم: تهاجم آفات و اقدام‌های پیشگیرانه قانونی ۳۰۱
مقدمه ۳۰۱
چشم اندازهای تاریخی ۳۰۳
سازوکارهای تهاجم و واردسازی ۳۱۴
مفروضات قانونی ۳۱۹
جنبه‌های قانونی پیشگیری از هجوم آفات ۳۲۰
ارزیابی خطر آفت ۳۲۵
ممانعت از ورود ۳۲۷

شناسایی اولیه ۳۳۱
محدودسازی، کنترل یا ریشه‌کنی ۳۳۱
خلاصه ۳۳۴
فصل یازدهم: آفت‌کش‌ها ۳۳۹
مقدمه ۳۳۹
انواع آفت‌کش‌ها ۳۴۸
جنبه‌های تاریخی ۳۵۰
فرایند کشف آفت‌کش ۳۶۰
فناوری کاربرد ۳۷۸
بررسی‌های زیست محیطی ۳۹۰
برهم‌کنش‌های بین آفت‌کش‌ها ۴۰۳
سمیت آفت‌کش ۴۰۵
جنبه‌های قانونی استفاده از آفت‌کش‌ها ۴۱۴
حفاظت از مصرف‌کنندگان ۴۲۹
فصل دوازدهم: مقاومت، طغیان مجدد و جایگزینی ۴۳۵
مقدمه ۴۳۵
مقاومت ۴۳۶
طغیان مجدد ۴۶۰
جایگزینی ۴۶۲
هشدار درباره سه R ۴۶۵
فصل سیزدهم: کنترل بیولوژیک ۴۶۷
مقدمه ۴۶۷
چرا کنترل بیولوژیکی؟ ۴۷۰

مفاهیم کنترل بیولوژیک ۴۷۱
انواع کنترل بیولوژیک و اجرای آن‌ها ۴۹۰
مثال‌هایی از عوامل مختلف بیوکنترل مورد استفاده ۴۹۴
خلاصه ۵۱۶
فصل چهاردهم: کنترل رفتاری ۵۱۹
مقدمه ۵۱۹
روش‌های مبتنی بر رفتار بینایی ۵۲۳
روش‌های مبتنی بر شنوایی ۵۲۷
روش‌های مبتنی بر بویایی ۵۲۸
روش‌های مبتنی بر غذا ۵۳۹
فصل پانزدهم: روش‌های فیزیکی و مکانیکی ۵۴۳
مقدمه ۵۴۳
تغییرات و تنظیمات محیطی ۵۴۴
ممانعت فیزیکی از ورود آفات ۵۵۵
کنترل مستقیم آفات ۵۶۱
فصل شانزدهم: مدیریت زراعی آفات ۵۷۷
مقدمه ۵۷۸
پیشگیری ۵۷۹
بهداشت گیاهی ۵۸۳
دوره‌های بدون گیاه زراعی میزبان ۵۸۶
کنترل میزبان‌های تناوبی ۵۸۸
تناوب زراعی ۵۹۱
تاریخ‌های کشت ۵۹۴

تراکم و فضای محصول ۵۹۸
پرایمینگ یا پیش جوانه‌زنی گیاه زراعی ۵۹۹
کشت عمیق ۶۰۰
نشاءکاری ۶۰۰
شرایط خاک ۶۰۲
حاصل‌خیزی ۶۰۴
گیاهان زراعی همراه ۶۰۶
گیاهان تله ۶۰۷
گیاهان آنتاگونیست ۶۱۰
تنظیم برنامه زمانی برداشت ۶۱۱
واریته‌های محصول ۶۱۴
کشت مخلوط ۶۱۴
پرچین‌ها، حاشیه‌های مزرعه، و جان‌پناه‌ها ۶۱۵
خلاصه ۶۱۵
فصل هفدهم: مقاومت گیاه میزبان و دستکاری‌های ژنتیکی در گیاهان و آفات ۶۱۸
مقدمه ۶۱۸
مقاومت گیاه میزبان ۶۱۹
اصلاح نباتات سنتی ۶۲۱
مهندسی ژنتیک ۶۳۸
کاربردهای ژنتیک آفت در مدیریت تلفیقی آفت (IPM) ۶۵۳
خلاصه ۶۵۵
فصل هجدهم: برنامه‌های مدیریت تلفیقی آفات؛ توسعه و اجرا ۶۵۷
مرور مدیریت تلفیقی آفات ۶۵۷

توسعه برنامه مدیریت تلفیقی آفات ۶۶۹
مثال‌هایی از برنامه‌های مدیریت تلفیقی آفات ۶۷۳
اجرای برنامه مدیریت تلفیقی آفات ۶۸۵
خلاصه ۶۹۳
فصل نوزدهم: محدودیت‌های اجتماعی و زیست محیطی در روش‌های مدیریت تلفیقی آفات ۶۹۷
موانع اجتماعی و نگرش‌های عمومی ۶۹۷
موضوعات زیست محیطی ۷۰۴
خلاصه ۷۱۲
فصل بیستم: مدیریت تلفیقی آفات در آینده ۷۱۵
مقدمه ۷۱۵
چگونگی اندازه‌گیری پیشرفت در مدیریت تلفیقی آفات ۷۱۶
مسیرهای تغییرات احتمالی ۷۱۷
پیشرفت‌های راهبردی ۷۲۲
خلاصه ۷۲۳
منابع ۷۲۵

پیشگفتار

تولیدکنندگان محصولات کشاورزی از گذشته‌های دور تا به امروز با کنترل آفات نباتی سروکار داشته‌اند. کنترل آفات در هر زمان برحسب میزان دانش و آگاهی انسان در آن زمان متفاوت بوده است. در کشور ما، در هر زمان ابداعاتی برای کنترل آفات وجود داشته که به صورت موروثی به نسل‌های بعدی انتقال پیدا کرده است. کشاورزان در گذشته به خرافات و موهوماتی نظیر پاشیدن آب سار، سوزاندن مار و نوشتن ورد و غیره متوسل می‌شدند که در واقع نشان‌دهنده‌ی نبود اطلاعات علمی در آن زمان‌ها بوده است. مؤلفین در فصل سوم کتاب، روش‌های گوناگون کنترل خسارت آفات از ده هزار سال قبل از میلاد مسیح تا عصر حاضر را به خوبی توصیف کرده‌اند. همواره با افزایش تحقیقات و پیشرفت دانش، روش جدیدی به روش‌های قبلی افزوده شده است. بیش از چند دهه است که متخصصین کنترل آفات معتقد به کاربرد یک روش واحد نیستند بلکه اعتقاد دارند کنترل عوامل زیان‌آور به ویژه آفات باید با تلفیق چندین روش شناخته شده انجام گیرد.

کنترل تلفیقی عبارت است از تلفیق هدفمند روش‌های کنترل موجود علیه یک آفت به طوری که جمعیت آن در حدی نگهداشته شود که زیان اقتصادی آن قابل تحمل باشد. در واقع، کنترل تلفیقی کاربرد هر یک از روش‌های کنترل در زمان مناسب و در جای خود است. در حال حاضر، در بسیاری از کشورهای جهان برای کنترل جمعیت یک عامل زیان آور، تنها به یک روش کنترل تکیه نمی‌زنند و پایه و اساس کنترل، مدیریت تلفیقی آفات با عنوان **IPM** یا Integrated Pest Management است. داشتن اطلاعات اولیه در مورد آفت مانند تعیین درجه اهمیت اقتصادی آن، مناطق آلوده به آفت، انبوهی جمعیت آفت و دشمنان طبیعی آن بر میزان موفقیت این روش می‌افزاید.

کاربرد مدیریت تلفیقی آفات از زمانی که مصرف بیش از حد مواد شیمیایی در دوره بیست ساله ۱۹۴۰ تا ۱۹۶۰ در اروپا و آمریکا مسئله‌ساز شد و مشکلات ناشی از سموم کلره و فسفره و عوارض سوء آن‌ها (به صورت چهار R؛ مقاومت، Resistance؛ طغیان مجدد، Resurgence؛ جایگزینی، Replacement؛ باقیمانده سموم، Residue) افزایش یافت، هر روز بیشتر و بیشتر جنبه عملی به خود گرفت. اجرای IPM با تاریخچه کنترل بیولوژیکی و کاربرد توام آن با روش شیمیایی ارتباط دارد. کنترل بیولوژیکی در مورد بسیاری از آفات، نتایج رضایت‌بخشی نداشته است و از طرفی روش شیمیایی مشکلات عدیده‌ای ایجاد کرده‌اند. در نتیجه IPM، با هدف کاربرد کلیه روش‌ها و حتی روش شیمیایی (آفت‌کش‌های انتخابی) روز به روز گسترده‌تر شده است.

نویسندگان کتاب حاضر، سه استاد برجسته از دانشگاه‌های آمریکا هستند که اطلاعات با ارزش خود را تلفیق و این مجموعه که هم از نظر کاربردی و هم از نظر آموزش و فراگیری

موضوعات اهمیت دارد، را در سال ۲۰۰۳ به چاپ رسانده‌اند. کتاب "مفاهیم مدیریت تلفیقی آفات" در بیست فصل تحریر و تدوین شده است و نویسندگان ترتیب و ارتباط فصول با یکدیگر را به خوبی تنظیم کرده‌اند.

فصل اول به توصیف کلی مفهوم آفت و اهمیت اقتصادی عوامل زیان‌آور پرداخته است. همچنین، ارتباط بین جامعه و اهمیت اقتصادی آفات و روش‌های کنترل آن‌ها در اکوسیستم‌های مختلف شرح داده شده است. در پایان نقش و اهمیت کنترل تلفیقی آفات مدنظر قرار گرفته است. در فصل دوم، گروه‌های مختلف آفات از جانوران، عوامل بیماری‌زای گیاهی و علف‌های هرز با مثال‌های متعدد معرفی و تاثیر آن‌ها بیان شده است. فصل سوم به بررسی توسعه تاریخی مدیریت آفات و همچنین زیست‌شناسی و کشاورزی که بر مدیریت آفات تاثیر دارند پرداخته است. در فصل‌های چهارم تا هفتم، مفاهیم مربوط به اکوسیستم‌ها، تنظیم جمعیت آفات و عوامل اکولوژیکی موثر بر آن، برهم‌کنش‌های بین گروه‌های آفت و تنوع زیستی اکوسیستم در مدیریت تلفیقی آفات مورد بحث قرار گرفته‌اند.

اقدام به هر روش کنترلی قبل از تعیین حدی از انبوهی جمعیت آفت که خسارت آن ارزش اقتصادی پیدا می‌کند، توجیه نخواهد داشت. با دانستن آستانه و سطح زیان اقتصادی است که روش صحیح کنترل یک عامل زیان‌آور مشخص می‌شود. تعیین اندازه جمعیت آفت و مبحث بسیار مهم برآورد زیان اقتصادی در فصل هشتم مورد بحث قرار گرفته است. فصل‌های نهم تا هفدهم به معرفی کلیه روش‌های کنترل آفات اختصاص یافته است که از روش‌های پیشگیرانه آغاز و به روش ژنتیکی ختم می‌شود. در فصل هجدهم تلفیق روش‌های شناخته شده برای کنترل آفات مورد بحث قرار گرفته است. مؤلفین در این فصل چگونگی تلفیق اجزای روش‌ها در اجرای راهبردی یک برنامه کنترل تلفیقی را با نمودارهایی تشریح کرده‌اند.

در فصل نوزدهم، موانع اجتماعی و مسائل زیست‌محیطی در روش‌های مدیریت تلفیقی آفات و همچنین مشکلات ناشی از پذیرش روش‌های ویژه IPM بحث شده است. در این فصل عوامل تاثیرگذار روی درک عمومی و احساس خطر در کاربران به خوبی تشریح شده است. مؤلفین در آخرین فصل کتاب، پیشرفت در IPM را در گرو طراحی و اجرای آن در مقیاس‌های بزرگتر می‌بینند که البته از زمان انتشار کتاب تا به الان پیشرفت‌های قابل ملاحظه‌ای در سطوح مختلف انجام گرفته است و سرمایه‌گذاری‌های کلانی برای اجرای طرح‌های IPM انجام گرفته و در حال انجام است.

مترجمین وظیفه خود می‌دانند از اشخاص حقیقی و حقوقی که در طی چند سال ادامه ترجمه و چاپ این کتاب کمک و همکاری کردند سپاسگزاری کنند. آقایان دکتر احد صحراگرد، دکتر مهدی سوهانی، دکتر رضا حسینی، دکتر مهرداد محمدی و خانم گلنار کیانی در پیشبرد

مراحل چاپ کتاب کمک‌های ارزشمندی داشته‌اند. همچنین از معاونت پژوهشی دانشگاه گیلان و کارکنان انتشارات نهایت سپاس و تشکر را داریم.

امید است اساتید، دانشجویان و محققین گرامی که هر یک به نحوی از این کتاب استفاده می‌کنند، ما را از هرگونه اشکال در ترجمه مطلع فرمایند تا در چاپ‌های بعدی برطرف شوند.

لطیف صالحی

فصل اول: آفات، مردم و مدیریت تلفیقی آفت

رئوس مطالب این فصل:

- مقدمه
- وضعیت آفت
- اهمیت آفت
- مدیریت آفت

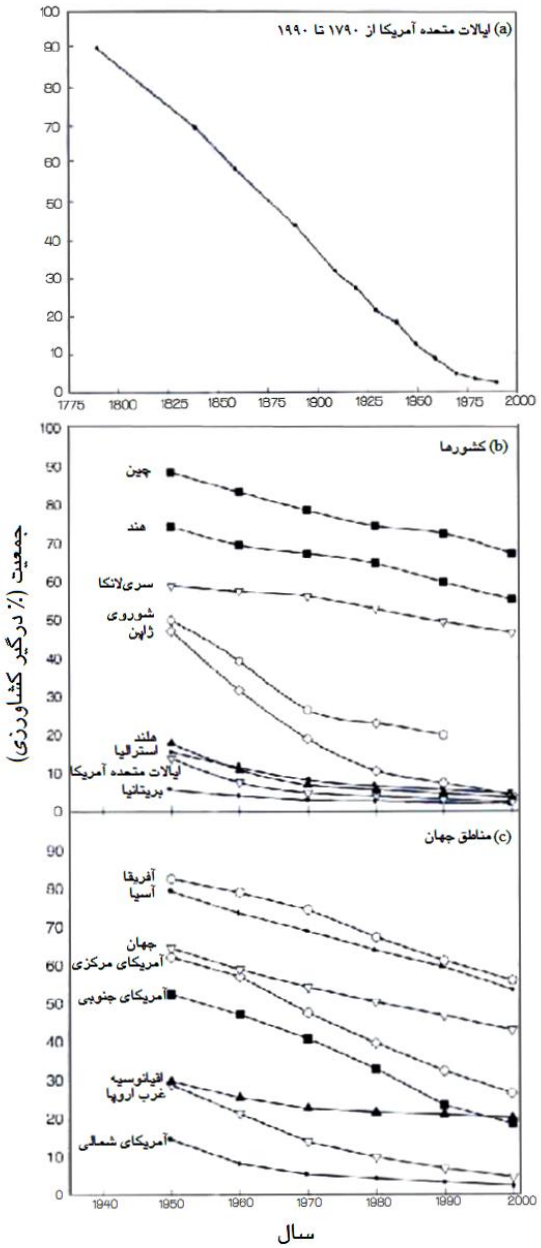
مقدمه

یک آفت شش پا دارد و می‌خزد!

این جمله نشان دهنده یک تصور غلط و رایج است که اکثر مردم در جوامع غربی به آن اعتقاد داشته‌اند. این موضوع نشان می‌دهد کسانی که با مدیریت آفت سروکار دارند بین موجوداتی که آفت در نظر گرفته شده‌اند اختلاف نظر دارند. مردم واژهٔ آفت را به چند شکل درک کرده‌اند و تعریف آفت برایشان سخت است، چون آفات از متن اهداف و فعالیت‌های انسان منشاء می‌گیرند. بنابراین هر بیننده‌ای یک آفت را در یک وضعیت خاص بنا به آنچه می‌بیند و نمی‌بیند توصیف می‌کند. یک صاحب خانه ممکن است عنکبوت‌ها را آفت در نظر بگیرد در حالی‌که یک متخصص کنترل بیولوژیک حشرات، آن‌ها را جانوران مفید در نظر می‌گیرد.

یک مسئله عمومی که همه انسان‌ها با آن مواجه هستند، نیاز به غذا برای زنده ماندن است (شکل ۱-۱). هرچند اکثر مردم در کشورهای پیشرفته کمتر درگیر تولید غذا و پوشاک مورد نیازشان هستند. آن‌ها از محدودیت‌هایی که آفات در تولیدات کشاورزی ایجاد می‌کنند یا از هزینه‌هایی که کنترل آفت بر جامعه انسانی برجا می‌گذارد درک کمی دارند. اکثر مردم در کشورهای صنعتی هرگز روزهایی را برای ریشه‌کنی علف‌های هرز صرف نکرده‌اند تا غذای کافی برای زنده ماندن به‌دست آورند و هرگز پدیده از دست دادن کل غذا در اثر بیماری‌های اپیدمیک مانند بادزدگی (سوختگی)[1] سیب زمینی را تجربه نکرده‌اند. اکثر مردم، کشته شدن بسیاری از مردم در اثر حمله حشرات به محصولات درست قبل از برداشت را تجربه نکرده‌اند. میانگین کاهش محصولات در اثر آفت در کشورهای پیشرفته باوجود بهترین تلاش‌ها برای کنترل آن‌ها در حدود ۳۰ ٪ است. در کشورهای در حال توسعه کاهش محصولات در اثر آفات اغلب خیلی بیشتر است.

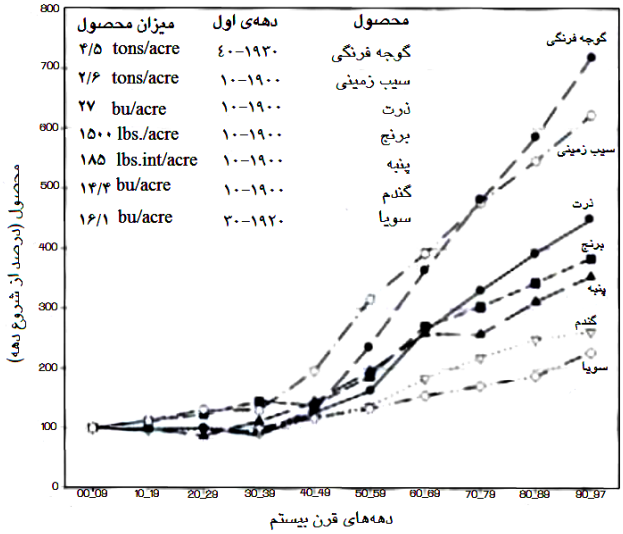
[1] Late blight



شکل ۱- ۱: روندهای تعداد افراد درگیر در کشاورزی در ایالات متحده و سراسر جهان. منابع: (a) داده‌های ایالات متحده از سال ۱۷۹۰ از USDA (بی‌نام، ۲۰۰۰)، (b) داده‌های جهان طی ۵۰ سال گذشته بر اساس کشور و (c) داده‌های ارائه شده از سازمان غذا و کشاورزی (FAO) بر اساس مناطق جهان (۱۹۹۹).

واژه آفت توسط انسان گفته شده و برای آن تعریف‌های متفاوتی توسط مردم مختلف بیان شده است. در واقع در اکولوژی هیچ آفتی وجود ندارد و در غیاب انسان همه موجودات صرفا جزئی از اکوسیستم هستند.

در سال ۱۸۰۰ مردم دریافتند که مجبور نیستند به خاطر بیماری‌ها و سوء تغذیه زیان ببینند یا بمیرند. این تشخیص از پیشرفت سریع در فهمیدن عوامل کلیدی در سلامتی انسان و تولیدات کشاورزی ناشی شد که عامل کلیدی دوم (تولیدات کشاورزی) منجر به افزایش بسیار در میزان محصولات بعد از چند قرن توسعه جزیی شد (شکل ۱-۲). رشد تصاعدی جمعیت انسان‌ها در دو قرن گذشته به خاطر پیشرفت در علم پزشکی و منابع غذایی بوده است که مدیریت آفت نقش مهمی را در دومی (منابع غذایی) بازی کرده است (شکل۱-۳). تأمین غذای این جمعیت در حال رشد به نوبهٔ خود تقاضاهای بیشتری را از منابع اکوسیستمی طلب می‌کند. بایرن (۱۹۷۶) بیان کرد که انسان‌ها نمی‌توانند از عهده تأمین غذای آفت علاوه بر غذای خودشان برآیند. برای ادامه تغذیه جمعیت همیشه در حال افزایش انسان ضروری است که خسارت آفت کاهش یابند (شکل۱-۳).

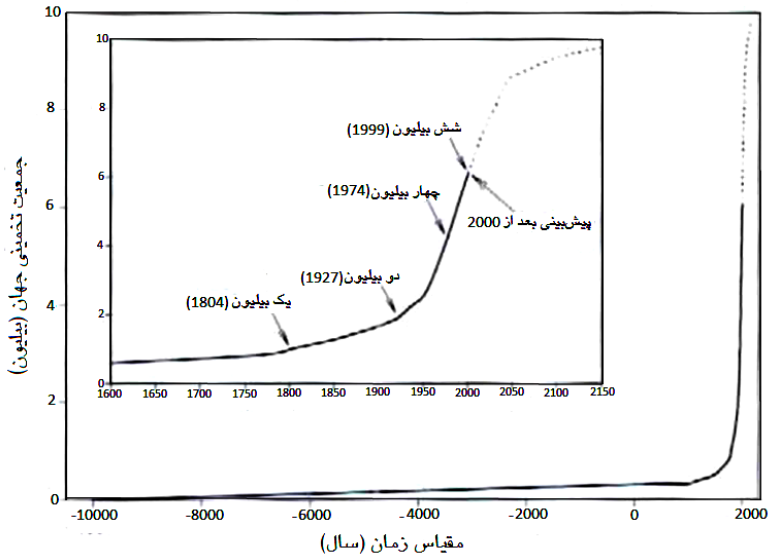


شکل ۱- ۲: درصد افزایش محصولات عمده در ایالات متحده طی قرن اخیر. منبع: Warren، ۱۹۹۸.

در این کتاب مفاهیم و اصول مورد بحث در مدیریت آفت در نظام‌های تولید محصولات کشاورزی توضیح داده می‌شود. ما به موجوداتی که به‌طور مستقیم به انسان یا حیوانات اهلی و مزرعه‌ای حمله می‌کنند توجهی نخواهیم کرد اگرچه به آن‌ها برای توضیح مفاهیم خاص اشاره کرده‌ایم. بندپایان

آفت خانگی (مثل سوسری‌ها، مورچه‌ها و موریانه‌ها) و آفات حیوانات مزرعه‌ای (مثل مگس، پشه و ککها) از اهداف برنامه مدیریت آفت هستند، ولی آن‌ها اغلب ناقل بیماری‌ها هستند بنابراین، در حوزهٔ سلامتی انسان و دامپزشکی قرار می‌گیرند. چنین آفاتی خارج از حوزه این کتاب هستند چون این کتاب به مدیریت اکوسیستم زراعی محدود است.

در این کتاب، اگرواکوسیستم یا اکوسیستم کشاورزی از لحاظ مفهوم اکولوژیکی به محصولات کشاورزی و محیط زیست آن‌ها به استثناء حیوانات خانگی محدود می‌شود.



شکل ۱- ۳: جمعیت تقریبی جهان از ۱۰۰۰۰ سال قبل از میلاد تا ۲۱۵۰ پس از میلاد. منبع: سازمان ملل، ۱۹۹۹.

تعریف آفت

بنابراین، یک آفت چیست؟

فرهنگ لغت‌های رایج پاسخ مشخص و معینی به این پرسش نمی‌دهند. فرهنگ لغت انگلیسی آکسفورد از تعاریف قدیمی استفاده کرده و بیان می‌کند که آفات باعث همه‌گیری‌های مرگ آور، بیماری‌ها یا طاعون می‌شوند یا هرچیز یا شخصی که آزار دهنده، مخرب یا مضر باشد آفت محسوب می‌شود. چاپ سوم فرهنگ لغت انگلیسی معاصر لانگ من و فرهنگ لغت جامع وبستر همواره بر این باورند که آفت، یک حشره یا جانور کوچک است که به گیاهان زراعی و درختان و غیره صدمه می‌زند یا آن‌ها را نابود می‌کند (وبستر). یا این‌که آفت، یک جانور کوچک یا حشره‌ای است که

محصولات یا منابع غذایی را نابود می‌کند (لانگ من). چاپ سوم فرهنگ لغت بین المللی وبستر (۱۹۸۱) و فرهنگ لغت قرن ۲۱ کمبر تعریف‌هایی از آفت ارائه می‌دهند که منعکس کننده تفکر رایج مدیریت آفت است. وبستر بیان می‌کند که آفات عبارتند از گیاه یا جانور که به انسان یا چیزهای مورد علاقه‌اش زیان وارد می‌کند. درحالی‌که کمبر بیان می‌کند یک آفت موجودی زنده مثل یک حشره، قارچ یا علف هرز بوده که دارای اثر مخرب روی حیوانات اهلی، محصولات گیاهی یا فرآوردی انباری است. تعریف اخیر بیانگر آن است که طیف وسیعی از موجودات وجود دارند که می‌توانند آفت باشند و منعکس‌کننده کاربرد رایج آن در مدیریت آفت است.

در ایالات متحده، انجمن فدرال حشره‌کش، قارچ‌کش و موش‌کش (FIFRA) تعریف با ارزشی از آفت ارائه می‌دهد (اطلاعات بیشتر در این مورد در فصل ۱۱ است). براساس تعریف، آفت شامل همه گروه‌های جانوری زیر می‌شود:

عوامل بیماری‌زا (قارچ‌ها، باکتری‌ها، مولیکات‌ها[1] [مایکوپلاسماها و اسپیروپلاسماها] و ویروس‌ها را شامل می‌شود.)

علف‌های هرز (همه گروه‌های گیاهان آوندی)

نماتدها (کرم‌های گرد)

نرمتنان (حلزون‌ها و راب‌ها)

بندپایان (که حشرات، کنه‌ها، سخت پوستان و سایر بندپایان بی مهره را شامل می‌شود)

مهره‌داران (دوزیستان، خزندگان، پرندگان، پستانداران را شامل می‌شود)

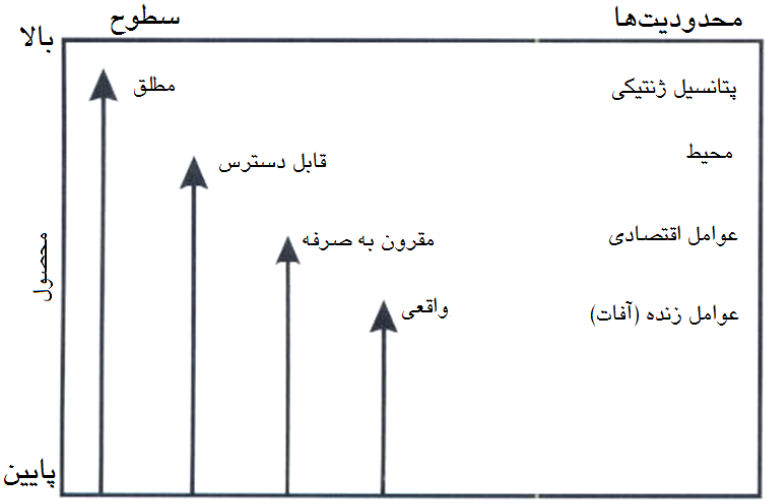
تعریف آفت به وسیله FIFRA:

هر موجود زنده که موجب اختلال در فعالیت‌ها و منافع انسان شود.

ویژگی‌ها، زیست‌شناسی و نقش هر کدام از این گروه‌های مختلف آفت به‌طور دقیق در فصل ۲ توضیح داده می‌شود. در سطح کاربردی، همه آفات باید مدیریت شوند. یک کشاورز نمی‌تواند یک نوع آفت را نادیده بگیرد زیرا این آفت ممکن است باعث نابودی محصول شود. عملکرد مطلق یک محصول به‌صورت توان بالقوه ژنتیکی واریته زراعی در تولید محصول تعیین می‌شود (شکل۱-۴). عملکرد مطلق در حالت عادی به‌دلیل محدودیت‌های مختلف هرگز به‌دست نمی‌آید. شرایط محیطی یک منطقه و عملیات زراعی پرهزینه باعث محدودیت در عملکرد قابل دستیابی می‌شوند. همچنین اثر ترکیبی همه موجودات زنده که روی محصول اثر می‌گذارند یک محدودیت جدی در تولید محصولات محسوب می‌شوند. به همین جهت آفت را می‌توانیم بدین‌گونه تعریف کنیم که: همه موجوداتی که در محیط زیست محصول بسر برده و باعث خسارت به محصول شده و قادرند

[1] Mollicutes

کیفیت و کمیت آن محصول را کاهش دهند. این کتاب اصول مدیریت همه گروه‌های مختلف آفات را در سیستم‌های کشاورزی با تأکید بر روابط بین این عوامل و برهمکنش‌های موجود در بین آن‌ها مورد بررسی قرار می‌دهد.



شکل ۱- ۴: رابطه‌ی میزان محصول و انواع محدودیت‌ها

اکولوژی کاربردی

مدیریت تلفیقی آفت (IPM) اکولوژی کاربردی است. اکولوژی یعنی مطالعهٔ موجودات زنده و روابط‌شان با همدیگر و با عوامل محیطی زنده و غیر زنده. مدیریت آفت داخل اکوسیستم‌های کشاورزی یا اگروسیستم‌ها صورت می‌گیرد که شامل محصول و محیط اطرافش می‌شود. همانطور که در شکل ۱-۵ نشان داده شده است اگرواکوسیستم را می‌توان در سطوح مختلف تجزیه و تحلیل درک کرد. باتوجه به این‌که تحقیقات در زمینه مدیریت آفت در هر سطح از سطوح تجزیه و تحلیل اتفاق می‌افتد بنابراین درک عواملی مانند محصول، آفات، محیط زیست و اقدام‌های مدیریتی مردم یک امر ضروری است که این امر امکان توسعه مدیریت تلفیقی آفات را به طور درست و صحیح فراهم می‌کند.

شکل ۱- ۵: ساختار اکوسیستم با جنبه‌های اکولوژیکی، انسانی و مدیریت تلفیقی آفات.

وضعیت آفت

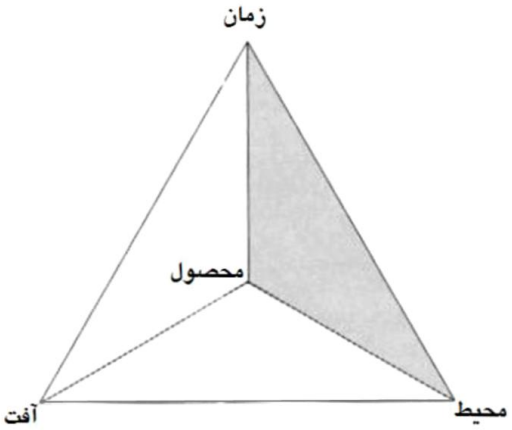
وضعیت یک موجود زنده آفت در یک اکوسیستم زراعی ثابت نیست. گونه‌های یکسان از نظر آفت بودن می‌توانند متفاوت باشند و باعث زیان‌های اساسی شوند ولی اهمیتی نداشته باشند. عواملی که وضعیت یک آفت را تغییر می‌دهند در شکل ۱-۶ نشان داده شده است و شامل موجود زنده، محصول، محیطی که محصول در آن رشد می‌کند و زمان است. برهمکنش‌های موجود در بین گیاه میزبان، آفت بالقوه، محیط، انسان و زمان را می‌توان به‌صورت یک هرم چهار وجهی به تصویر کشید. این موضوع در بیماری‌های گیاهی زیاد استفاده شده است اما برای همه انواع آفات نیز به کار می‌رود. یک آفت بالقوه را تنها زمانی می‌توان آفت واقعی در نظر گرفت که همه عوامل این هرم در یک شرایط مطلوب وجود داشته باشند. یعنی میزبان مناسب در دسترس باشد، محیط برای هردوی میزبان و آفت مناسب باشد، زمان کافی برای بر همکنش در بین آفت و میزبان وجود داشته باشد و اقدام‌های عملی انسان در واکنش به گیاه میزبان باید متناسب و سازگار با آن باشد.

موجودات آفت

چندین ردهٔ گستردهٔ مختلف از موجودات آفت وجود دارد. نماتدها، نرم‌تنان، بندپایان و مهره‌داران از گیاهان تغذیه کرده و در نتیجه به آن‌ها زیان وارد می‌کنند. اگر مقدار زیان باعث کاهش محصول

یا کیفیت آن شود آنگاه می‌گویند که این جانوران باعث خسارت به محصول شده و آفت در نظر گرفته می‌شوند. موجودات بیماری‌زای گیاهی مانند قارچ‌ها، مولیکات‌ها، باکتری‌ها و ویروس‌ها به بافت میزبان حمله می‌کنند و باعث اختلال در فرایندهای فیزیولوژیکی طبیعی میزبان می‌شوند. این نیز باعث خسارت در گیاه میزبان و کاهش محصول می‌شود. علف‌های هرز در رشد محصول اختلال ایجاد می‌کنند و در نتیجه به‌طور قابل توجهی در کاهش محصول و یا به روش‌های دیگر بر فعالیت-های انسانی مؤثر هستند. هر موجود زنده باید قادر باشد که جمعیت خسارت‌زای خود را افزایش دهد، قبل از این که بخواهند آن را به آفت طبقه‌بندی کنند. روش‌هایی که جمعیت‌ها را به‌صورت طبیعی کنترل می‌کنند به این که یک موجود زنده به وضعیتی خواهد رسید که آفت در نظر گرفته شود و به این که چه محدودیت‌هایی در افزایش جمعیت وجود دارد که اکثر موجودات زنده هرگز آفت نمی‌شوند، تا اندازه زیادی تأثیرگذار هستند.

گروه‌های آفات شامل عوامل بیماری‌زای گیاهی، علف‌های هرز، نماتدها، نرمتنان، بندپایان و مهره-داران است.



شکل۱- ۶: مفهوم چهاروجهی آفت با تلفیق اثرات آفت، محیط، میزبان و زمان که تلقی وضعیت یک موجود زنده به آفت را تعیین می‌کند.

محصول (گیاهان میزبان)

گیاهان در اکوسیستم‌های مدیریت شده، وضعیت آفت بودن یک موجود زنده را به چندین روش تعیین می‌کنند. برای مثال، سن لیگوس در مزارعی که از گیاه یونجه به‌صورت علوفه خشک استفاده

می‌شود آفت در نظر گرفته نمی‌شود، اما در مزارع یونجه بذری، آفت بسیار خطرناک است. تفاوت در حساسیت یونجه علوفه‌ای نسبت به یونجه بذری در ارتباط با خسارت وارده به وسیلهٔ تراکمی از جمعیت سن‌های لیگوس باعث ایجاد دو وضعیت متفاوت می‌شود. بسیاری از شته‌ها در مزارع گندم مسئلهٔ جدی نیستند اما زمانی‌که این شته‌ها یک مزرعه کاهو را در هنگام برداشت آلوده می‌کنند باعث کاهش کل محصول می‌شوند، چون بیشتر مصرف‌کنندگان در ایالات متحده اگر یک شته روی برگ کاهو وجود داشته باشد، آن را نخواهند خرید. زیبایی‌شناسی شاید مهم‌ترین دلیل برای مدیریت علف‌های یک میدان گلف باشد اما برای علف‌های همان‌گونه که در مراتع موجود هستند هیچ نقشی ندارد. حتی گیاهان زراعی نیز می‌توانند آفت باشند. گیاهان زراعی خودرو می‌توانند مسائل و مشکلات ناشی از علف‌های هرز را در محصول بعدی به طور فوق‌العاده تشدید کنند. برای مثال سیب زمینی‌های خودرو و گندم در مزرعه چغندرقند (شکل ۱-۷) یا ذرت در مزرعه سویا را می‌توان نام برد.

شکل ۱- ۷: مزرعه‌ی چغندرقند. گیاهان پایین سمت چپ اغلب با گندم‌های وحشی به طور کامل پوشیده شده‌اند. منبع: تصویر از Robert Norris.

همه گروه‌های آفات جانوری و بیماری‌زای گیاهی می‌توانند با توجه به بخش زیان دیده گیاه به دو دستهٔ عمده طبقه‌بندی شوند. آفات غیر مستقیم موجوداتی هستند که از اندام‌های رویشی گیاه مانند برگ، ساقه یا ریشه تغذیه می‌کنند یا آن‌ها را آلوده می‌کنند. خسارت غیر مستقیم باعث بر هم خوردن اعمال طبیعی اندام‌های مورد حمله می‌شود. از طرف دیگر، آفات مستقیم به قسمت-هایی از گیاه که برداشت می‌شوند حمله می‌کنند، مانند میوه‌ها، بذرها، غده‌ها. برای مثال، کرم

ساقه‌خوار ذرت که داخل ساقه ذرت را سوراخ می‌کند یک آفت غیر مستقیم است: کرم ذرت که از دانه ذرت تغذیه می‌کند یک آفت مستقیم است.

محیط زیست

محیط زیست می‌تواند وضعیت یک موجود زنده را از حالت آفت به غیر آفت تغییر دهد. رطوبت و دما توانایی بسیاری از عوامل بیماری‌زا را برای حمله به محصول تنظیم می‌کنند. در یک آب و هوای خشک، یک عامل بیماری‌زا مانند *Phytophthora infestans* (لایت بلایت سیب زمینی) نمی‌تواند به محصولات حمله کند و به‌طور معمول آفت نیست (برای مثال در کالیفرنیا)، اما همان قارچ در آب و هوای گرم و مرطوب یک آفت خطرناک است (برای مثال در ایرلند). در شلتوک برنج که در اکثر فصل به‌صورت غرقاب نگهداری می‌شوند آفات متعددی وجود دارد که در مناطق کوهستانی و خشک وجود ندارند و سنبل آبی در زیستگاه‌های خشک هرگز مشکل ساز نیست.

زمان

زمان در ارتباط با رشدونمو جمعیت آفت حائز اهمیت است. بسیاری از موجودات زنده می‌توانند در تعداد کم وجود داشته باشند ولی تأثیر زیادی بر فعالیت‌های انسان نداشته باشند و آفت شناخته نشوند. اما همین موجودات می‌توانند در یک زمان معین به اندازه‌ای افزایش یابند که آفت شناخته شوند. زمان همچنین ممکن است در ارتباط با مدت زمان شرایط مورد نیاز برای ایجاد آلودگی یا حمله مهم باشد. بسیاری از عوامل بیماری‌زا به چندین ساعت شرایط محیطی ویژه نیازمندند تا میزبان را آلوده کنند. زمان ناکافی مانع از ایجاد آلودگی می‌شود.

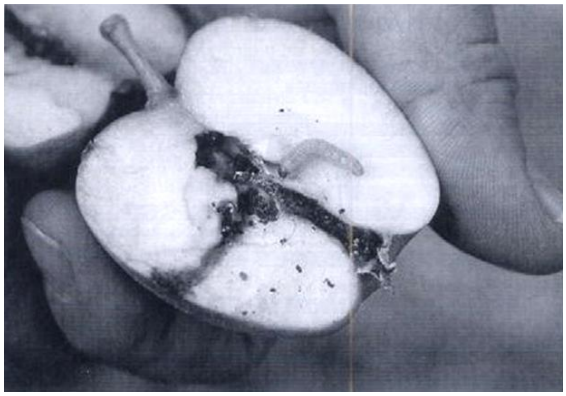
اهمیت آفات

همه موجوداتی که آفت طبقه‌بندی می‌شوند از نظر فعالیت‌های انسانی دارای اهمیت یکسانی نیستند. در طبقه‌بندی آفت، موجودات اغلب به‌صورتی‌که در زیر تعریف شده‌اند، طبقه‌بندی می‌شوند. این تعریف‌ها به‌طور معمول برای همهٔ گروه‌های آفت کاربرد ندارند.

۱ - آفات کلیدی یا مهم[1]: این آفات به‌صورت یک جریان عادی اتفاق می‌افتند و به‌طور قابل توجهی باعث کاهش محصول می‌شوند. واژهٔ کلیدی بیشتر برای آفات حشره‌ای محصولات استفاده شده است. آفات کلیدی در طول فصل رشد و نمو و به‌صورت پیوسته در سطح خسارتزا اتفاق می‌افتند. آن‌ها اغلب آفات مستقیمی هستند که مقاومت گیاهان در برابر آن‌ها کم است. کرم سیب روی سیب و گلابی یک مثال بارز از آفات کلیدی است. لارو میوه را سوراخ می‌کند و درون آن رشد و نمو می‌یابد و یک لارو داخل سیب باعث نابودی میوه یا

[1] Major or Key pests

باعث ریزش آن می‌شود (شکل۱-۸). آن‌ها اگر کنترل نشوند باعث کاهش کل محصول می‌شوند.



شکل ۱- ۸: خسارت کرم سیب به یک سیب لبنانی قرمز. منبع: تصویر از D. Wilson، USDA/ARS.

۲- آفات کم اهمیت[1]: این آفات به‌صورت یک جریان عادی اتفاق می‌افتند اما به‌طور معمول فقط باعث خسارت ناچیزی در محصول می‌شوند و در نتیجه کاهش محصول معنی دار نیست.

۳- آفات ثانویه[2]: این آفات برای ایجاد خسارت جدی دارای توانایی بالقوه هستند اما آن‌ها به طور معمول به طور کامل تحت کنترل دشمنان طبیعی هستند. این واژه اغلب برای بندپایان آفت استفاده می‌شود. اگر دشمنان طبیعی به وسیلهٔ عملیات کشاورزی نابود شوند، آفت ثانویه می‌تواند افزایش یابد و تولید خسارت اقتصادی کند. یک مثال از آفات محصولات باغی، کنه‌های تارتن هستند که به صورت عادی تحت کنترل کامل شکارگرها است، باوجود این اگر محصولات با یک حشره‌کش غیر انتخابی سمپاشی شوند و شکارگرها کشته شوند، جمعیت خسارتزای کنه تارتن به سرعت افزایش می‌یابد و طغیان می‌کند.

۴- آفات اتفاقی[3]: این موجودات آفت، همیشه وجود ندارند اما بعضی وقت‌ها ایجاد مشکل می‌کنند. این تعریف تنها برای آفاتی به کار می‌رود که متحرک هستند یا در اواخر فصل از بین می‌روند. یک مثال خوب سوسک برگخوار لوبیا در مزارع سویا در میانه غربی ایالات متحده است. شرایطی که برای بقای جمعیت زمستانگذران مناسب باشد ممکن است جمعیت بزرگ‌تری را در بهار ایجاد کند و گونه‌ها ممکن است در طول فصل به جمعیت خسارتزا تبدیل شوند. شرایط محیطی مطلوب به

[1] Minor pests
[2] Secondary pests
[3] Occasional pests

فراوانی اتفاق نمی‌افتد بنابراین، سوسک برگ‌خوار لوبیا فقط به صورت اتفاقی آفت خطرناک سویا در نیمه غربی ایالات متحده درنظر گرفته می‌شود.

۵- آفات بالقوه[1]: این گروه از آن جهت شبیه آفات ثانویه هستند که به‌طور ویژه آفت نیستند اما اگر شرایط تغییر کند آن‌ها می‌توانند به آفت تبدیل شوند.

۶-آفات مهاجر[2]: این آفات از تحرک زیادی برخوردار هستند و می‌توانند به وسیلهٔ حرکت کردن، محصول را در مدت کوتاهی آلوده کنند. ملخ بهترین مثال از این نوع آفات است.

۷- موجودات غیر آفات[3]: این گروه شامل موجوداتی است که هرگز به وضعیتی نمی‌رسند که برای انسان ایجاد مشکل کنند. در واقع بسیاری از آن‌ها مفید در نظر گرفته می‌شوند. این گروه شامل اغلب موجودات در جهان است.

کاهش کلی محصولات که به وسیله آفات ایجاد می‌شود:

آیا ممکن است بگوییم کدام یک از گروه‌های آفات اهمیت بیشتر یا کمتری دارند؟ خیر، زیرا آفت از نظر انسان دارای مفهوم است، بدین معنی که اهمیت نسبی آفات بستگی به موقعیت ویژه آن‌ها دارد. اگر هر آفت از هر گروه کنترل نشود این توانایی را دارد که تولید محصول مفید را محدود یا آن محصول را ریشه‌کن کند.

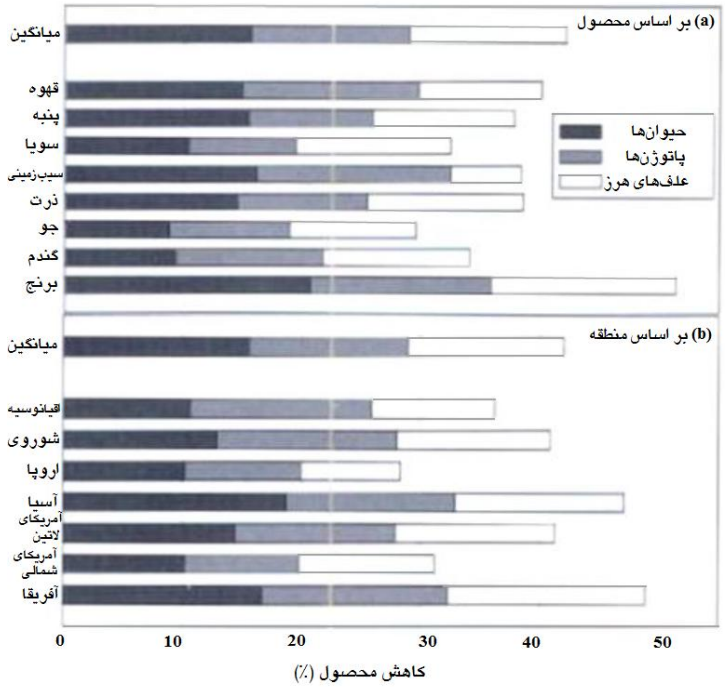
نیازی‌های مدیریت آفت به محصول، گروه آفت، تراکم و محیط زیست بستگی دارد. بروز و ظهور بسیاری از بندپایان و مهره‌داران آفت به‌طور پراکنده یا متغییر است. برای نمونه مثال طغیان شدید ملخ‌ها هر چند سال فقط یکبار اتفاق می‌افتد. حتی جمعیت‌های آفات به نسبت فراوان نظیر کرم ساقه خوار ذرت در یک سال نسبت به سال دیگر مشابه نیستند. قبل از این‌که لایت بلایت سیب زمینی حالت همه‌گیر پیدا کند باید شرایط آب و هوایی مناسب باشد. شدت بیماری در بسیاری از عوامل بیماری‌زای هوازی در سال‌های مختلف متفاوت است. در مقابل، اکثر آفات خاکزاد مثل علف-های هرز، اکثر نماتدها و بعضی عوامل بیماری‌زا به طور ویژه در هر سال اتفاق می‌افتند و زمین را آلوده می‌کنند. این امر به دلیل وجود ذخیره بذری علف‌های هرز، یا مایه اولیه‌ی عوامل بیماری‌زا و نماتدها است که از یک سال به سال دیگر در خاک باقی می‌مانند (توضیحات بیشتر در فصل۵ و ۸ داده شده است).

برآورد کاهش محصول ایجاد شده به وسیله آفات مشکل است. داده‌های کاهش محصول در اثر آفات در اینجا وجود دارند تا خواننده به اهمیت مسئله پی ببرد. داده‌ها ارائه شده در شکل ۱-۹ به جای این‌که بر مبنای عملکرد باشد بر اساس ارزش پولی محصول است، که این امر به‌دلیل اختلاف

[1] Potential pest
[2] Migrant pests
[3] Nonpests

بسیار زیاد میزان عملکرد در مناطق مختلف است. از دیگر مشکلات این است که بسیاری از محصولات برای مصرف مستقیم تولید می‌شوند لذا میزان عملکرد و ارزش بازاری آن‌ها اغلب ثابت نیست. داده‌ها برای سبزیجات وجود ندارند زیرا اغلب آن‌ها محصولات نقد نیستند (در مقیاس جهانی) و به‌دلیل همین آن‌ها نیاز به مدیریت دقیق‌تر دارند. باوجود این دلیلی ندارد فرض شود که کاهش عملکرد در سبزیجات از محصولات اساسی موجود بسیار متفاوت است.

آفات ممکن است موجب کاهش زیادی در میزان محصول شوند. کاهش میزان غذا از اثرات اصلی آفات است ولی انواع دیگری از خسارت‌ها نیز وجود دارد.



شکل ۱- ۹: برآورد جهانی درصد کاهش محصول متناسب با حیوانات (این رده شامل نماتدها و کاهش متناسب با پاتوژن‌های منتقل شده با بندپایان است)، پاتوژن‌ها و علف‌های هرز. (a) بر اساس هشت غذای عمده و محصول قابل فروش و (b) بر اساس مناطق اصلی جهان. منبع: Oerke، ۱۹۹۴. تمام داده‌ها براساس برآورد ضرر مالی هستند.

مدیریت آفات

مدیریت آفت چیست؟ آیا مدیریت آفات، حشرات ناخواسته را از بین می‌برد؟ اگر چه این تعریف اغلب همان‌طوری که بیان شد استفاده می‌شود، آشکار است که اگر تعریف آفت را براساس مطالب گفته شده در اوایل این فصل در نظر بگیریم این بیان نادرستی است. آیا مدیریت آفت به طبیعت ضربه می‌زند تا آن را تسلیم خود کند؟ به‌طور حتم خیر، اگر چه در بعضی از روش‌های کنترل آفات هدف اصلی به فراموشی سپرده شده است و بعید است که این روش‌ها به راه‌حل‌های طولانی مدت و پایداری منتج شوند.

تعاریف متنوعی از مدیریت آفت وجود دارد (مورس و بالر[1] ۱۹۹۷). شصت و هفت تعریف، گردآوری شده است و می‌توان از طریق وب سایت مرکزی حفاظت تلفیقی گیاه به آن‌ها دسترسی پیدا کرد (باجوا و کوگان[2] ۱۹۹۶). این امر مهم است که یک تعریف اساسی را بپذیریم زیرا همه برنامه‌های کنترل آفت، سیستم‌های مدیریت تلفیقی آفات (IPM) نیستند. تعریف ساده در مدیریت آفت یعنی دستکاری جمعیت آفت تا این‌که خسارت‌های ایجاد شده توسط آفت برای انسان قابل قبول باشد. این تعریف مبهم و ماهیت مفهوم IPM را بیان نمی‌کند. همچنین این تعریف بیان نمی‌کند که چرا یک روش از کنترل بهتر از دیگر روش‌ها است و بر تلفیق روش‌های کنترل اشاره نمی‌کند.

تعریف IPM

واژه «کنترل تلفیقی»[3] در ابتدا برای توصیف استفاده از حشره‌کش‌ها به روشی که با کنترل بیولوژیک حشرات سازگار باشد شروع شد. مفهوم IPM برای اولین بار در سال ۱۹۶۰ برای توسعه ایده کنترل تلفیقی، پیشرفت کرد و از آن زمان به طور گسترده توسط بسیاری از جوامع پذیرفته شده است. ما در سرتاسر این کتاب از تعریفی که در زیر نوشته شده است استفاده خواهیم کرد.

IPM یک سیستم حمایتی تصمیم‌گیری است برای انتخاب و استفاده از روش‌های کنترل آفت به تنهایی یا به صورت هماهنگ، بر اساس سود اقتصادی که علاقه‌ها را به حساب می‌آورد و روی تولید کننده، جامعه و محیط که درون راهکار مدیریت هماهنگ می‌شوند تاثیر می‌گذارد.

تعاریف دیگر اغلب شامل اجزای ویژه IPM هستند مانند ردیابی جمعیت، استفاده از آستانه‌ها، استفاده از عوامل کنترل بیولوژیک، عملیات زراعی و استفاده عاقلانه از آفت‌کش‌ها. با وجود این شاید مهم‌ترین جنبه تشخیص IPM هدایت شدن به سمت نتایج اقتصادی و اکولوژیکی برهمکنش آفت با گیاه باشد. بر اساس این توجهات، IPM مجموعه‌ای از قواعد حمایتی تصمیم‌گیری را فراهم

[1] Morse and Buhler
[2] Bajwa and Kogan
[3] Integrated control

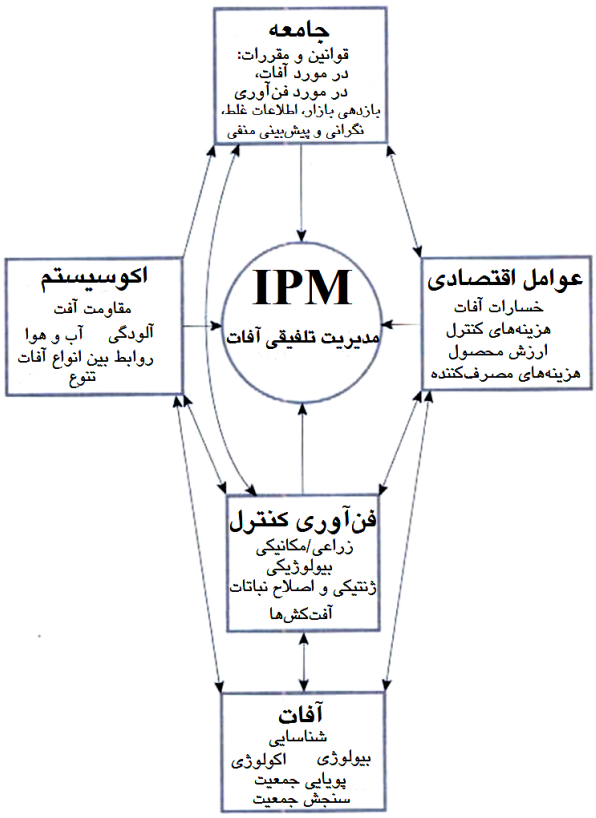
می‌کند که به مدیریت آفت اجازه می‌دهد تا انتخاب و زمان‌بندی روش‌های مدیریت را به بهترین صورت انجام دهد.

در سال ۱۹۹۶، آکادمی ملی علوم مدیریت آفت در ایالات متحده، پیشنهاد کرد که مفهوم IPM به‌وسیلهٔ مدیریت آفت براساس اکولوژی (EBPM) جای‌گزین شود (بی‌نام، ۱۹۹۶). به هر حال مدل EBPM خیلی قابل قبول نیست. این تعریف هیچ پیشرفتی در عقایدی که در گذشته در مفهوم IPM وجود داشت ارائه نداد و دارای محدودیت بود، به‌طوری که به‌صورت مطلق به تلفیق راهکارهای کنترل و موضوعات مدیریت آفت نمی‌پرداخت. در سال ۱۹۹۸، وزارت کشاورزی ایالات متحده IPM رابه صورت PAMS معرفی کرد و پیشنهاد داد که IPM ترکیبی از پیشگیری، اجتناب، ردیابی و مهار آفات است. این تعریف از پیشنهاد اولیه استرن[1] و همکاران (۱۹۵۹) مشتق شده است که به‌صورت مطلق راهکارهای کنترل تلفیقی را به حساب می‌آورد.

دیدگاه ما از مفهوم مدیریت تلفیقی آفات (IPM)

دیدگاه کلی ما از مفهوم مدیریت تلفیقی آفات که در این کتاب مورد استفاده قرار گرفته در شکل ۱-۱۰ نمایش داده شده است. مدیریت آفت وجود نخواهد داشت مگر این‌که آفت وجود داشته باشد و به همین دلیل آفت یک اصل در طرح مفهوم مدیریت تلفیقی آفات نشان داده شده است. درک اکولوژی و زیست‌شناسی جمعیت آفات پایه و اساس در پیشرفت برنامه IPM است. IPM، شامل بعضی از فناوری‌ها است که می‌توانند برای مدیریت جمعیت آفت استفاده شوند. انتخاب (تصمیم گیری) روش‌های کنترل یک موجود آفت ثابت نیست، اما تقریباً منعکس‌کننده تنوع‌ها در موقعیت-های اقتصادی و کل زمینه‌های زیست محیطی سیستم IPM است. این عوامل در اینجا عوامل تأثیرگذار در آفات و راهکارهای کنترل در نظر گرفته می‌شوند. اجزای ویژه IPM مانند مقاومت آفات به آفت‌کش‌ها (فصل۱۲) و آلودگی‌های زیست محیطی به‌وسیله آفت‌کش‌ها (در فصل۱۹) از مسائل بسیار مهم هستند که به صورت موضوعات جداگانه بحث می‌شوند. در فصل ۱۸ تلاش می-کنیم تا نشان دهیم که چگونه در برنامه IPM همه چیز را هماهنگ کنیم. IPM در یک فضای تهی انجام نمی‌شود و جامعه انسانی بعضی فشارها را در انجام مدیریت آفت تحمیل می‌کند (فصل ۱۹). فشارها و دیدگاه اجتماعی در بالای این طرح مفهومی نشان داده شده است زیرا تصمیم‌گیری در سطح اجتماعی می‌تواند روی همه جنبه‌های یک برنامه IPM اثر بگذارد.

[1] Stern



شکل ۱- ۱۰: چارچوب مفهومی IPM که اجزای مختلف یک برنامه IPM و برهمکنش آن‌ها را نشان می-دهد.

جنبه‌های تاریخی

فیلسوف و شاعر آمریکایی «جورج سنتاینا»[1] (۱۹۵۲-۱۸۶۳) گفت کسانی که قادر به یادآوری گذشته نیستند، محکوم به تکرار آن می‌شوند. ما در فصل سوم در مورد پیشرفت‌های تاریخی کنترل آفت بحث می‌کنیم، با این امید که جامعه اشتباهات مدیریت آفت را تکرار نکند. به نظر می‌رسد مردم تاریخ را فراموش کرده‌اند، به هرحال، مدیریت آفت نشان می‌دهد که هیچ استثنایی وجود ندارد. ادامه مسئله مقاومت به آفت‌کش‌ها (فصل۱۲) را می‌توان به‌صورت یک مثال ذکر کرد. این پدیده حداقل ۵۰ سال است که شناخته شده است اما به نظر می‌رسد که از نظر جنبه‌های تاریخی

[1] George Santayana

و اکولوژیکی دوباره نادیده گرفته شود. باوجود توانایی بالقوه آفات در بروز مقاومت، محصولاتی که به‌صورت ژنتیکی مهندسی می‌شوند تا در برابر بعضی از آفات مقاوم شوند رو به نابودی هستند (در فصل ۱۲و ۱۷). مشکل مربوط به پراکنش آفات در کل جهان نیز از مثال‌های دیگر فراموشی تاریخ است. اگرچه این مسائل شناخته شده هستند، واردات تصادفی و عمدی موجودات زنده هنوز هم اتفاق می‌افتد. علی‌رغم تلاش‌ها برای جلوگیری از پراکنش آفات، اگر سرعت پراکنش آفات با سرعت کنونی ادامه پیدا کند در آینده نزدیک، بیشتر گونه‌های آفت در تمام دنیا منتشر می‌شوند (فصل ۱۰).

جنبه جمعیت انسانی

همه انواع آفات چه مردم آن‌ها را تشخیص بدهند و چه ندهند باعث خسارت‌های زیادی به جامعه انسانی می‌شوند. در کشورهای پیشرفته، مدیریت آفات به عهدهٔ کشاورزان حرفه‌ای و مشاورین کنترل آفت است. در کشورهایی که از توسعه کمتری برخوردارند این مسئولیت به عهده خانواده‌ای است که در زمین کشاورزی کار می‌کنند. اگر فناوری‌های جدید مدیریت آفت از بین بروند شاید بیشتر مردم دنیا متحمل گرسنگی شوند. در آغاز قرن بیستم، قبل از این‌که مدیریت‌های جدید مزرعه پیشرفت کند، جهان جمعیتی در حدود ۲ میلیارد نفر داشت (شکل ۱-۳). بدون نهاده‌هایی مانند کود، انرژی و مواد شیمیایی کشاورزی، جهان شاید نتواند جمعیتی بیشتر از این مقدار را بپذیرد، اگرچه پروژه‌های جمعیت شناسی نشان می‌دهند که جمعیت انسان تا سال ۲۰۵۰ به ۸/۹ میلیارد نفر می‌رسد (فائو[1] ۱۹۹۹).

جنبه آفت‌کش‌ها

این ایده که کشاورزی باید مواد شیمیایی مورد استفاده در کشاورزی را حذف کند و به روش‌های مدیریت آفت در گذشته برگردد برای جمعیت دنیا موضوع حل‌شدنی نیست. حذف کامل آفت‌کش-ها از سیستم IPM می‌تواند در بسیاری از موارد برای جمعیت‌های کشورهای پیشرفته مشکل ساز باشد و برای مردم کشورهای کم‌توسعه حتی فرصت جان کندن وگرسنگی را هم از زندگی روزمره آن‌ها بگیرد. به هر حال، باوجود این بحران‌ها آفت‌کش‌هایی در زمینه IPM به صورت عاقلانه و با درک کامل از اثرات اکولوژیکی کاربرد آن‌ها استفاده می‌شوند.

این کتاب مفاهیم رایج را بعد از بیان مفهوم مدیریت آفات مورد بررسی قرار می‌دهد. امیدواریم که این‌ها در درک فرایندهای پیچیده کمک کنند تا به وسیله آن‌ها انسان‌ها با دستکاری طبیعت منابع غذایی خود را نگهداری کنند و آفات را مدیریت کنند تا میزان مشارکت آفات در منابع غذایی آن‌ها کاهش یابد.

[1] FAO

منابع

Anonymous. 1996. Ecologically based pest management: New solutions for a new century. Washington, D.C.: National Research Council. National Academy Press, xiii, 144.

Anonymous. 2000. A history of American agriculture 1776-1990. Farmers and the land. http://www.usda.gov/history2/text3.htm

Bajwa, W. I., and M. Kogan. 1996. Compendium of IPM definitions (CID). http://www.ippc.orst.edu/IPMdefinitions/.

Beirne, B. P. 1967, Pest management. London; L. Hill, 123.

FAO. 1999. Agricultural database. http://apps.fao.org/default.htm

Morse, S., and W. Buhler. 1997. Integrated pest management: Ideals and realities in developing Countries. Boulder, Colo.: Lynne Rienner Publishers, ix, 171.

Oerke, E. C. 1994. Crop production and' crop protection: Estimated losses in major food and cash crops. Amsterdam; New York: Elsevier, xxii, 808.

Stern, V. M., R. F Smith, R. van den Bosch, and K. S. Hagen. 1959. The integrated control concept. Hilgardia 29:81-99.

United Nations. 1999. The world at six billion.

http://www.un.org/popin/wdtrends/Gbillion.

Warren, G. F. 1998. Spectacular increases in crop yields in the United States in the twentieth century. Weed Technol. 12:752-760.

فصل دوم: آفات و تأثیر آن‌ها

رئوس مطالب این فصل:

- تأثیر عمومی آفات
- عوامل بیماری‌زای گیاهی
- علف‌های هرز
- نماتدها
- نرمتنان
- بندپایان
- مهره‌داران

در اینجا شایسته است رده‌بندی و شکل‌شناسی گروه‌های مختلف آفات مورد بررسی قرار گیرد و تأثیر آن‌ها در اکوسیستم‌های مدیریتی و روش‌هایی که آن‌ها موجب کاهش تولید محصول و آسیب به جامعه انسانی می‌شوند، مورد بحث قرار گیرد.

تأثیر عمومی آفات

تأثیرات چندین گروه از آفات مشابه هستند و در اینجا به‌طور کلی معرفی می‌شوند و جزئیات هر یک از گروه‌های آفات ذکر نمی‌شوند. اثرات زیر در مورد بیش از یک گروه از آفات عمومیت دارند.

مصرف اجزای گیاهی

بلعیدن بافت یا سیتوپلاسم گیاهی نشان دهنده استفاده انرژی به وسیله آفت و اتلاف انرژی در گیاه است. برای مثال، مصرف برگ‌ها (شکل ۲-۱ a) و ریشه‌ها (شکل ۲-۱b) باعث کاهش سطح فتوسنتز و در نتیجه کاهش عملکرد گیاه می‌شوند. آفات ممکن است مستقیم میوه‌ها و بذرها را مصرف کنند، یا به ریشه‌ها صدمه بزنند که باعث کاهش رشد بخش‌های فوقانی گیاه می‌شود. تعداد کمی از کرم‌های طوقه بر، راب‌ها و حلزون‌ها از نهال‌ها تغذیه می‌کنند که اغلب این تغذیه، مرگ نهال را نتیجه می‌دهد (شکل ۲-۱ c). نماتدها، حشرات، نرم‌تنان و مهره‌داران ممکن است شیره گیاهی، سیتوپلاسم، اجزای گیاهی یا کل گیاه را مصرف کنند که می‌تواند باعث مرگ گیاه شود (شکل ۲-۱ d).

سموم شیمیایی، محرک‌ها و نشانه‌ها

گروه‌های مختلف آفات در برگیرنده آفات زیادی است که ترکیبات شیمیایی تولید می‌کنند که می‌تواند در گیاهان میزبان خسارت ایجاد کنند یا منجر به واکنش‌های فیزیولوژیکی در گیاهان

میزبان از قبیل واکنش‌های دفاعی شوند. بعضی از این ترکیبات برای بافت میزبان سمی هستند و در میزبان باعث ایجاد واکنش‌های موضعی از قبیل تنش یا بافت مردگی (نکروز) در بخشی از گیاه می‌شوند که آفت آن را مورد حمله قرار داده است. به‌نظر می‌رسد در چنین مواردی واکنش میزبان بیشتر کاهش توانایی آفت در دستیابی به مواد غذایی از میزبان باشد. سایر ترشحات آفات یا متابولیت‌ها ممکن است نشانه‌هایی برای میزبان باشند. این قبیل مولکول‌های نشانه ممکن است منجر به واکنش‌های دفاعی موضعی یا حتی سیستماتیک در میزبان شوند. مولکول‌هایی که سازوکارهای دفاعی گیاه را تحریک می‌کنند محرک نامیده می‌شوند. انواع مواد شیمیایی تولید شده به وسیله آفات منجر به بروز طیفی از واکنش‌ها در میزبان می‌شوند؛ با وجود این یک قانون کلی این است که وقتی مواد شیمیایی تولید شده به وسیله آفات، فیزیولوژی و هوموستازی[1] گیاه میزبان را مختل می‌کند رشد و عملکرد گیاه کاهش می‌یابد.

عوامل بیماری‌زا ترکیبات شیمیایی زیادی تولید می‌کنند که به داخل گیاه میزبان رهاسازی شده و موجب تغییراتی در رشد گیاه می‌شوند. برای مثال، بسیاری از گونه‌های *Phytophthora* محرک-هایی تولید می‌کنند که موجب بافت مردگی فوق حساسیت در برگ‌های توتون می‌شوند و همچنین این محرک‌ها یک مقاومت اکتسابی سیستماتیک نسبت به عوامل بیماری‌زای قارچی و باکتری‌ها ایجاد می‌کنند. *Taphrina deformans* قارچی است که موجب پیچیدگی برگ هلو می‌شود، اکسین‌هایی تولید می‌کند که منجر به بد شکلی رشد برگ در فصل بهار می‌شود (شکل ۲-e۱). بیماری تنبلی نشاء برنج در نتیجه آلودگی این نشاءها به قارچ *Gibberella fujikuroi* است که جیبرلین‌ها را به داخل گیاه رهاسازی می‌کند و بنابراین موجب می‌شود گیاه رشد ضعیف و کمی داشته باشد.

علف‌های هرز ممکن است ترکیبات شیمیایی بنام دگرآزاری[2] (دگرآسیبی) تولید کنند (فصل ۱۴ را ببینید) که مانع از رشد گیاهان رقیب می‌شوند. بعضی از گونه‌های نماتد نشانه‌های شیمیایی را به داخل گیاهان میزبان تزریق می‌کنند و موجب واکنش‌های فیزیولوژیکی در میزبان می‌شوند، نظیر رشد غیر عادی به صورت گال روی ریشه‌ها به دنبال آلودگی به وسیله نماتد ریشه گره‌ای (شکل-های ۲-۷ f وg در آخر این فصل).

بسیاری از مردم با "سیب‌های بلوط[3]" که گاهی روی برگ‌های درختان بلوط ظاهر می‌شوند آشنایی دارند. سیب‌های بلوط نتیجه رشد غیر عادی برگ هستند (گال) که به‌وسیله مواد شیمیایی

[1] Homoestasis
[2] Allelopathy
[3] Oak apples

وارد شده به داخل برگ‌های بلوط توسط لاروهای زنبور گالزای سینیپید[1] ایجاد می‌شوند. بسیاری از آفات از طریق عمل سیگنال‌های شیمیایی که به وسیله این آفات رهاسازی می‌شوند، فیزیولوژی گیاهان میزبان خود را تغییر می‌دهند. بسیاری از بندپایان با قطعات دهانی مکنده (مانند شته‌ها) موجب رشد غیر عادی گیاه میزبان در نتیجه تأثیر مواد شیمیایی تنظیم کننده رشد گیاه موجود در بزاق آن‌ها می‌شوند. این واکنش رشدی ممکن است بسیار شدیدتر از تأثیر مستقیم مصرف محتویات سلول گیاه باشد. شته قرمز سیب که موجب بد شکلی در رشد سیب‌ها می‌شود یک مثال خوب از حشره‌ای است که موجب این نوع مشکل می‌شود (شکل۲-۱f).

کاهش محصول به خاطر حمله حشرات و عوامل بیماری‌زا و نماتدها ممکن است ناشی از واکنش گیاه به نشانه‌های شیمیایی رهاسازی شده به وسیله حشرات (مانند شته قرمز سیب)، عوامل بیماری‌زا (گال طوقه) یا نماتدها (ریشه گره‌ای)باشد. گیاهان ممکن است مواد شیمیایی‌ای رهاسازی کنند که گیاهان دیگر را تحت تاثیر قرار می‌دهند، این پدیده دگر آزاری (دگر آسیبی) نامیده می‌شود.

خسارت فیزیکی

تغذیه بندپایان و نماتدها از گیاه ممکن است زخم‌ها یا سوراخ‌هایی در آن ایجاد کند که برای ورود عوامل بیماری‌زا به‌کار روند.

آنگاه بیماری حاصل شده خسارت‌هایی در گیاه ایجاد می‌کند یا حتی آن را می‌کشد. همچنین خسارت فیزیکی می‌تواند موجب کاهش قدرت ساختمانی گیاه شوند: برای مثال، گیاه ذرت در واکنش به خسارت ساقه خوار ذرت روی زمین پخش می‌شود (شکل۲-۱g).

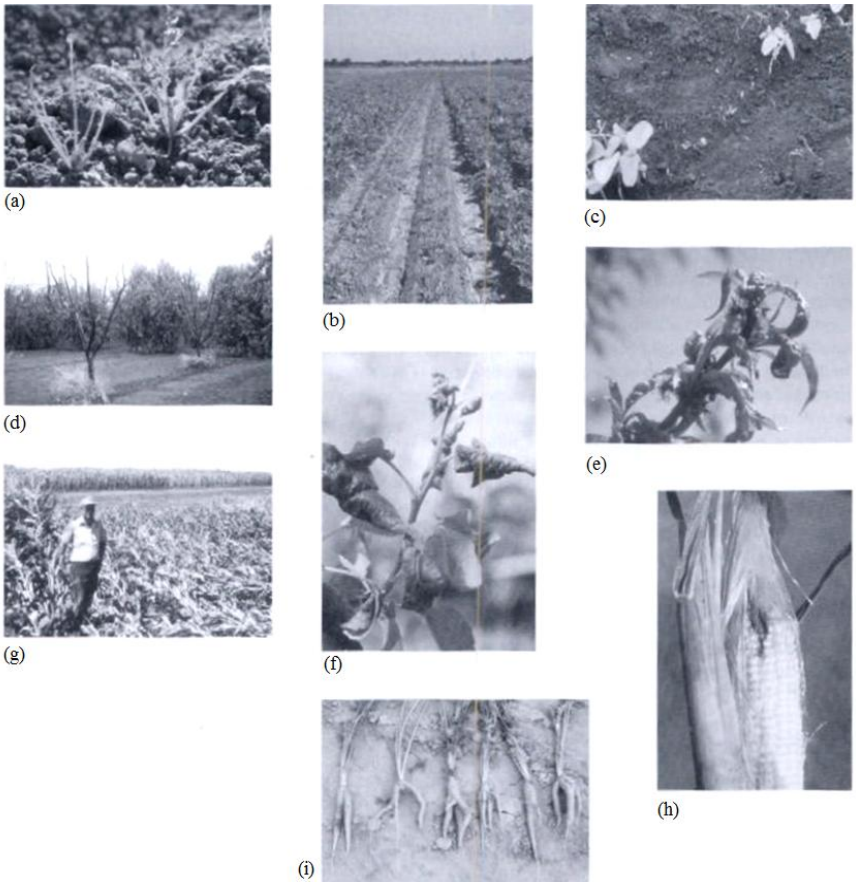
کاهش میزان برداشت محصول

خسارت فیزیکی منجر به کاهش مقدار برداشت در نتیجه تسریع پوسیدگی طی حمل و نقل و انبارداری می‌شود.

صدمات مربوط به زیبایی

در بیشتر کشورهای توسعه یافته، مردم دوست ندارند از میوه‌ها یا سبزیجات دارای گال یا لکه‌های نکروتیکی، برگ‌های جویده شده به‌وسیله حشرات یا محتوی فضولات یا باز هم بدتر حشرات واقعی، مصرف کنند (شکل ۲-۱h). مفاهیم استانداردهای زیبایی در فصل ۸ و۱۹ به طور دقیق‌تر مورد بحث قرار می‌گیرند. آلودگی به نماتد نیز ممکن است باعث این نوع خسارت شود که باعث کاهش بازارپسندی کالا می‌شود، از قبیل آسیب‌های وارده به سیب زمینی و ریشه‌های چنگال مانند و گال-های روی هویج که به وسیله نماتدهای ریشه گره‌ای[2] ایجاد می‌شوند (شکل ۲-۱i).

[1] Cynipid wasp gall larvae
[2] Root-knot nematodes



شکل ۲- ۱: نمونه‌هایی از انواع خسارت آفات: (a) از بین رفتن بافت برگ؛ در این شکل آفت برگخوار بافت برگ چغندرقند را مصرف کرده؛ (b) کاهش رشد چغندرقند با تغذیه نماتدهای کیستی چغندرقند از ریشه (عدم حفاظت مرکز ریشه‌ها از حمله نماتد)؛ (c) خسارت کرم‌های طوقه‌بر به جوانه‌های سویا؛ (d) مرگ گیاهان براثر هجوم آفات؛ در این شکل قارچ ریشه بلوط درختان هلو را از بین برده؛ (e) قارچ پیچیدگی برگ هلو تنظیم‌کننده رشد تولید می‌کند که بدشکلی برگ هلو را به دنبال دارد؛ (f) پیچش برگ سیب در پاسخ به تزریق سم شته سرخ سیب؛ (g) خسارت فیزیکی کرم‌های ساقه‌خوار به ذرت، محصول را مستعد خوابیدگی می‌کند؛ (h) نمونه‌ای از خسارت ظاهری؛ کرم خوشه ذرت سبب کاهش ناچیزی در محصول ذرت شیرین می‌شود اما ذرت‌های شیرین آلوده مرغوب نیستند؛ و (i) نمونه‌ای از خسارت ظاهری نماتد گره‌ای ریشه به هویج ؛ محصول کاهش چشمگیری نداشته اما عمده محصول قابل فروش نیست. منابع: تصاویر (a)، (c) و (g) از Marcos Kogan ؛ تصویر (b) از Edward Caswell-Chen ؛ تصاویر (d)، (e)،(f) و (h) از Robert Norris ؛ وتصویر (i) از John Marcroft با مجوز.

انتقال عوامل بیماری‌زا

بسیاری از عوامل بیماری‌زا، به‌ویژه ویروس‌ها، باکتری‌های بیماری‌زا و فیتوپلاسماها برای این‌که اینوکلوم را از یک گیاه به دیگری حمل کنند، به یک جانور بندپا، نماتد یا قارچ نیاز دارند و بدین طریق بیماری منتقل می‌شود. عوامل بیماری‌زایی که به‌وسیلهٔ بندپایان حمل می‌شوند مسأله بی‌نهایت مهم هستند و جدی‌ترین مانع افزایش عملکرد محصول در کشورهای توسعه نیافته هستند. این مفهوم در فصل‌های ۵، ۶، ۷ و ۱۶بیشتر بررسی می‌شود.

آلودگی مستقیم

حشرات، اجزای بدن حشره یا نرم‌تنان می‌توانند در محصول برداشت شده، وجود داشته باشند. اغلب کشورهای توسعه یافته این را آلودگی در نظر می‌گیرند. بذر علف‌های هرز می‌توانند در محصولات برداشت شده مانند دانه‌های غلات وجود داشته باشند. اسکلروت‌های قارچ ارگوت غلات نیز آلودگی‌های مستقیم در چاودار و سایر غلات محسوب می‌شوند (شکل ۳-۴ را ببینید).

هزینه‌های ناشی از اجرای روش‌های کنترل

کاربرد یک روش کنترل هزینه‌هایی از قبیل خرید سوخت موتور دیزل برای زراعت، خرید حشرات مفید برای رهاسازی، خرید آفت‌کش‌ها یا هزینه ماشین آلات و نیروی کار برای به کارگیری یک آفت‌کش را در بر دارد.

هزینه‌های اجتماعی و زیست محیطی

اقدام‌های کنترلی آفات ممکن است اثرات ناخوشایندی، از قبیل فرسایش به دنبال شخم زدن یا آلودگی آب سطحی یا زمینی به‌وسیلهٔ آفت‌کش‌ها را در بر داشته باشد. اغلب، برآورد این هزینه‌ها مشکل است. سایر هزینه‌ها در شکل ایمنی کارگر در ارتباط با روش‌های کنترل، از قبیل پیشامدهای مرتبط با استفاده از تجهیزات یا قرار گرفتن در معرض آفت‌کش‌ها به وجود می‌آیند.

هزینه‌های حمل و نقل، قرنطینه و تحریم اقتصادی

وجود آفات می‌تواند باعث تحمیل یک تحریم اقتصادی شود به طوری‌که یک فرآورده نمی‌تواند به صورت جهانی حمل شود. تحریم‌های اقتصادی همچنین می‌توانند در بین مناطق یک کشور صورت گیرد مانند درختان پرتقال بین ایالت‌های فلوریدا و کا لیفرنیا هنگامی‌که قبل از انتقال، تیماری‌هایی از قبیل تدخین برای از بین بردن آفات موجود در محصول انجام می‌شود که باعث افزایش هزینه‌های حمل و نقل می‌شود. همه گروه‌های آفات می‌توانند موجب چنین خساراتی شوند.

بخش‌های باقی‌مانده در این فصل شامل مروری بر هر یک از گروه‌های آفات هستند. نخست عوامل بیماری‌زا را انتخاب کرده‌ایم چون آن‌ها دارای اشکال زندگی ساده‌تری هستند. دوم گیاهان را مورد بررسی قرار داده‌ایم و سپس در مورد آفات جانوری بحث می‌کنیم که با نماتدها شروع می‌شود. سپس نرم‌تنان و به دنبال آن بندپایان و در آخر مهره‌داران بررسی می‌شوند.

عوامل بیماری‌زای گیاهی

شرح موجودات زنده

عوامل بیماری‌زا، موجودات انگلی هستند که باعث بیماری‌ها یا امراض زیستی در سایر موجودات میزبان می‌شوند. آن‌ها به چندین شاخه مختلف تعلق دارند و ریخت‌شناسی و ساختمان سلولی آن-ها به طور قابل توجهی متفاوت است.

قارچ‌ها: قارچ‌ها موجودات زنده هسته‌دار[1]، تک سلولی یا چند سلولی و دارای یک دیوارهٔ سلولی هستند. بدن، میسلیوم نامیده می‌شود و شامل توده ریسه‌های[2] نخ مانند است. میسلیوم می‌تواند به-صورت چندین شکل ماکروسکوپی متفاوت از قبیل قارچ‌های کلاهکدار[3]، براکت‌ها[4] و اسکلروت‌ها تجمع یابد. قارچ‌ها اتوتروف نیستند، این بدان معناست که آنها بدون دسترسی به مواد آلی زنده نمی‌مانند. آن‌ها همچنین ساپروفیت بوده که روی مواد آلی پوسیده یا مرده زندگی می‌کنند یا انگل بوده که داخل یا سطح بدن سایر موجودات زنده زندگی می‌کنند. بسیاری از قارچ‌های ساپروفیت به‌عنوان غذا (مانند قارچ‌های خوراکی) یا تولیدکنندگان آنتی بیوتیک (مانند پنی سلیوم) مفید هستند. قارچ‌های انگل عمومی‌ترین عوامل بیماری‌زا هستند. نمونه‌هایی از بیماری‌های ایجاد شده به‌وسیله قارچ‌ها از عمومیت کمتری برخوردارند نظیر زنگ‌ها در غلات، سیاهک در ذرت (شکل ۲-۲ a)، سفیدک‌ها در بسیاری از گیاهان و قارچ ریشه بلوط که به بسیاری از درختان میوه و گردو حمله می‌کند. گونه *Sclerotinia minor* باعث ایجاد نوعی بیماری بنام افتادگی کاهو[5] می‌شود که می‌تواند کاهو را قبل از برداشت از بین ببرد (شکل ۲-۲ b).

فیتوپلاسماها: فیتوپلاسماها موجودات دارای پیش هسته[6] و بدون دیوارهٔ سلولی هستند. سیتوپلاسم تنها به وسیلهٔ یک غشاء احاطه می‌شود. آن‌ها در اوایل دهه ۱۹۷۰ کشف شدند. فیتوپلاسماها به‌طور معمول سیستم آوندی گیاهان به‌ویژه درختان مثمر را تحت‌تأثیر قرار می‌دهند، اغلب سخت کشت[7] هستند. آن‌ها در ابتدا موجودات زنده مایکوپلاسما مانند نامیده می‌شدند، اما این واژه زیاد استفاده نمی‌شود. نمونه‌هایی از بیماری‌هایی که به وسیله فیتوپلاسماها ایجاد می‌شوند عبارتند از: کوتولگی ذرت، زوال گلابی و زردی هلو (شکل ۲-۲ c).

---

[1] Eukaryotic organisms
[2] Hyphae
[3] Mushrooms
[4] Brackets
[5] Lettuce drop
[6] Prokaryotic organisms
[7] Fastidious

باکتری‌ها: باکتری‌ها موجودات زنده دارای پیش هسته و تک سلولی بوده که در همه‌جا وجود دارند. بسیاری از آن‌ها مفید هستند، اما تعدادی می‌توانند به گیاهان زنده حمله کنند. اغلب باکتری‌های بیماری‌زا قادر به نفوذ در بافت‌های گیاهی سالم نیستند، آن‌ها باید از میان زخم‌ها وارد شوند یا از طریق یک موجود ناقل به داخل بافت گیاهی تزریق شوند. ورود تعدادی به داخل گیاهان، از طریق روزنه‌های طبیعی شامل روزنه‌های هوایی یا روزنه‌های آبی است. اغلب آن‌ها آزادزی بوده و می‌توانند دوره‌های طولانی در غیاب یک میزبان زنده بمانند، اما تعدادی سخت کشت هستند و نمی‌توانند بدون یک میزبان زنده، زنده بمانند. باکتری‌ها عامل ایجاد اغلب پوسیدگی‌های نرم در میوه‌ها و سبزی‌ها هستند (شکل ۲-۲ d). نمونه‌هایی از سایر بیماری‌های باکتریایی شامل ایجاد لکه روی گوجه فرنگی، آتشک گلابی روی درختان سیب وگلابی، بیماری‌های سوختگی روی انگورها وگال طوقه روی درختان است (شکل ۲-۲ e).

میکروارگانیزم‌های سخت کشت را روی محیط کشت معمولی نمی‌توان کشت داد.

ویروس‌ها: ویروس‌ها متشکل از رشته‌های RNA یا DNA هستند که داخل یک پوشش پروتئینی قرار می‌گیرند. آن‌ها برای رشد وتکثیر نیاز به یک میزبان دارند. ویروس‌ها در بافت گیاهی آلوده پخش می‌شوند یا از طریق موجود دیگری به نام ناقل[1] (فصل ۵ را ببینید) وارد بافت گیاه می‌شوند به طوری‌که موجود ناقل نه تنها ویروس را انتقال می‌دهد بلکه آن را به داخل بافت میزبان نیز تزریق می‌کند. ویروس‌ها هنگامی که در سلول‌های زنده وجود دارند، واکنش آن‌ها در میزبان به‌طور معمول منجر به کوتاهی، بدشکلی در رشد و اغلب در میزبان موجب نابودی تقریباً کامل عملکرد مفید آن می‌شوند. کدو که از جمله سبزیجات با عملکرد بسیار بالا است هنگامی‌که با ویروس موزائیک کدو آلوده می‌شود میوه مفیدی تولید نمی‌کند (شکل ۲-۲ f). از دیگر نمونه‌های بیماری-های ویروسی می‌توان به موزائیک توتون[2]، موزائیک کاهو[3]، زردی چغندرقند[4] و برگ بادبزنی مو[5] اشاره کرد. ویروئیدها همانند ویروس‌ها دارای RNA آلوده کننده بوده ولی فاقد پوشش پروتئینی هستند.

هنگامی که وظایف فیزیولوژیکی طبیعی یک گیاه مختل می‌شود گفته می‌شود گیاه بیمار است. اگر یک عامل بیولوژیکی (عامل بیماری‌زا) موجب این اختلال شود به آن بیماری زیستی گفته می‌شود ولی چنانچه این اختلال ناشی از تنش‌های محیطی بوده، گفته می‌شود بیماری غیر زیستی است.

---

[1] Vector
[2] *Tobacco mosaic virus*
[3] *Lettuce mosaic virus*
[4] *Sugar beet yellow virus*
[5] Grape fan leaf

گیاهان عالی: تعدادی از گیاهان عالی، انگل گیاهان دیگر هستند و بنابراین طبق تعریف کلی جزء بیماری‌های زیستی محسوب می‌شوند. برای مثال می‌توان به داروا‌ش[۱] و سس[۲] که انگل‌های ساقه و گل جالیز[۳] وعلف جارو[۴] که انگل‌های ریشه‌اند، اشاره کرد. ما این انگل‌ها را در بخش علف‌های هرز معرفی می‌کنیم، چون آن‌ها گیاهان عالی هستند.

بیماری‌های غیرزیستی: این بیماری‌ها به وسیله یک موجود زنده ایجاد نمی‌شوند، از این رو واژه غیر زیستی[۵] در مورد آن‌ها به‌کار برده می‌شود. نمونه‌هایی از این قبیل بیماری‌ها به‌صورت زیادی یا کمی مواد غذایی یا آب، تنش‌های محیطی از قبیل مه دود[۶]، اشعه ماوراء بنفش بالا، یخ زدگی (شکل ۲-۲ g)، دماهای بالا و سمیت ناشی از عناصری از قبیل بور، کلر یا سدیم ظاهر می‌شوند.

برای توسعه یک بیماری چهار عامل باید اتفاق بیافتد. ابتدا باید یک عامل بیماری‌زا وجود داشته باشد و دوم میزبان مناسب برای آلودگی عامل بیماری‌زا وجود داشته باشد. سوم محیط باید برای پاتوژن مناسب باشد. این سه عامل در منابع بیماری شناسی گیاهی مثلث بیماری نامیده شده‌اند. امروزه اغلب متخصصین بیماری‌های گیاهی زمان را عامل چهارم می‌دانند و مفهوم آن به صورت یک هرم نشان داده می‌شود (شکل ۱-۶). در غیاب هر یک از این عوامل توسعه بیماری وجود نخواهد داشت.

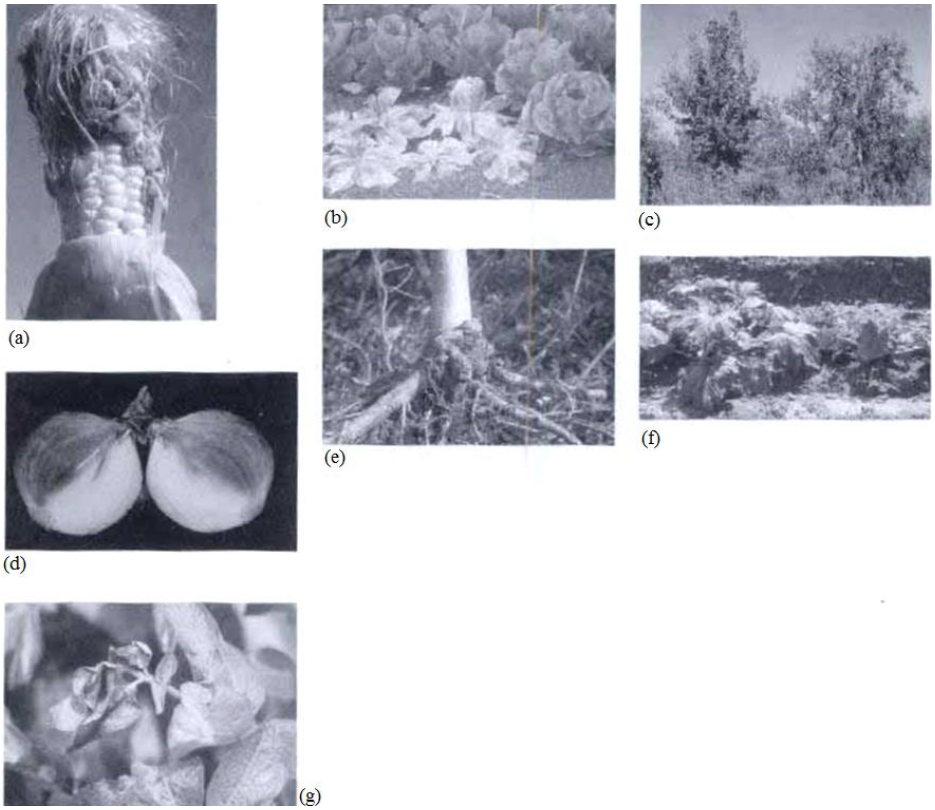
مشکلات ویژه‌ای که به وسیله عوامل بیماری‌زای گیاهی ایجاد می‌شوند

اثرات زیر علاوه بر آن‌هایی هستند که در اوایل این فصل ذکر شدند.

۱ - کاهش تولید محصول: عوامل بیماری‌زا غذا و مواد غذایی را از گیاه میزبان جذب می‌کنند. بیماری‌های ایجاد شده باعث خسارت یا مرگ برگ‌ها، ریشه‌ها، ساقه‌ها، گل‌ها ومیوه‌ها می‌شوند. در برخی موارد کل گیاه از بین می‌رود. دامنه این کاهش به‌صورت جزئی تا کلی است: تحت شرایط همه‌گیری (اپیدمی) نابودی محصول می‌تواند مصیبت بار باشد، همانند آنچه که در سال ۱۸۴۸ در ایرلند اتفاق افتاد به طوری که بیماری بلایت محصول سیب زمینی را مورد حمله قرار داد (که موجب قحطی ومهاجرت شد) یا زنگ قهوه[۷] که در اواخر قرن ۱۹ درختان قهوه را در سیلان[۸] مورد حمله قرار داد (محصول نمی‌توانست رشد بیشتری داشته باشد).

---

[1] Mistletoes
[2] Dodder
[3] Broomrapes
[4] Witchweed
[5] Abiotic
[6] Smog
[7] Coffee rust
[8] Ceylon



شکل ۲- ۲: نمونه‌هایی از بیماری‌های ایجاد شده با انواع بیمارگرها. (a) توده‌های اسپور قارچی متورم با آلودگی سیاهک در ذرت شیرین؛ (b) خوابیدگی برگ‌های کاهو درست قبل از برداشت با بیماری قارچی افتادگی کاهو ؛ (c) نابودی درخت گلابی با آلودگی فیتوپلاسمای گلابی؛ (d) پوسیدگی نرم پیاز (نواحی تیره) بر اثر باکتری *Erwinia amylovora*؛ (e) نابودی صنوبر بر اثر سرطان طوقه درخت رشد یافته در طرح بازیابی گونه‌های بومی؛ (f) ویروس موزائیک خیار در کدو؛ به گیاه کم رشد سمت راست توجه کنید؛ و (g) بیماری غیرزیستی؛ تخریب برگ بر اثر یخزدگی سیب‌زمینی (وسط تصویر). منابع: تصاویر (a)، (b)،(e)،(f) و (g) از Robert Norris ؛ تصویر (c) از Jack Clark در قالب برنامه IPM ایالتی دانشگاه کالیفرنیا؛ و تصویر (d) از Mike Davis با مجوز.

۲ – رشد غیر عادی: تعداد کمی از عوامل بیماری‌زا قادرند قسمتی از DNA خود را به سلول‌های میزبان تزریق کنند و موجب رشد غیر عادی در گیاه میزبان شوند. باکتری گال طوقه *Agrobacterium tumefaciens* نمونه‌ای از این عوامل بیماری‌زا است (شکل ۲-۲ e). ویروس-ها نیز می‌توانند باعث رشد غیر عادی گیاه میزبان شوند.

۳- پوسیدگی یا گندیدگی فرآورده‌های برداشت شده: بسیاری از عوامل بیماری‌زا میوه‌ها و سبزیجات رسیده را در طول دوره انبارداری و حمل ونقل آلوده می‌کنند و باعث پوسیدگی آن‌ها

می‌شوند (شکل ۲-۲ d). این نوع خسارت‌ها به طور معمول به‌صورت کلی ایجاد می‌شوند. اقدام‌های مدیریتی که فقط بعد از برداشت محصول صورت می‌گیرد به میوه‌هایی از قبیل هلو، توت فرنگی و گیلاس امکان می‌دهد که در طول مسافت‌ها، بدون پوسیدگی حمل یا انبار شوند.

۴- فرآورده‌های سمی: بعضی از قارچ‌ها مواد شیمیایی تولید می‌کنند که می‌توانند برای حیواناتی که از آن‌ها می‌خورند، سمی باشند. این مواد شیمیایی مایکوتوکسین[1] نامیده می‌شوند و محصول برداشت شده را برای افراد مصرف‌کننده، سمی می‌سازد. این نمونه‌ها شامل افلاتوکسین‌ها[2] در بادام زمینی که به‌وسیله گونه‌های *Aspergillus* و آلکالوئیدهای ناشی از ارگوت در غلات که به وسیله *Claviceps purpurea* ایجاد می‌شوند است (شکل ۳-۴ را ببینید).

۵ - واکنش حساسیت (آلرژیک) به هاگ‌ها: بسیاری از افراد به هاگ‌های کپک حساسند. اغلب افراد در امریکای شمالی با شمارش هاگ‌ها (کپک‌ها) آشنا هستند که به وسیله تلویزیون در بهار و پائیز نشان داده می‌شود. تعدادی از این هاگ‌ها می‌توانند از قارچ‌های بیماری‌زای گیاهی ناشی شوند.

۶- ناقلین ویروس‌های گیاهی: قارچ‌ها می‌توانند حامل تعدادی از ویروس‌های گیاهی باشند. برای مثال، ویروس رایزومانیا[3] در چغندرقند به وسیله یک قارچ خاکزاد به نام *Polymyxa betae* حمل می‌شود.

مثال‌های زیر نمونه‌هایی از بیماری‌های همه‌گیر (اپیدمیک) هستند که اثرات شدیدی را روی گیاهان یا محصولات داشته‌اند.

۱- بیماری مرگ نارون[4]، درختان نارون را در اروپا و امریکا شمالی از بین برد.

۲- زنگ قهوه در اواسط قرن ۱۹ در سیلان موجب تغییر تولید چای به جای قهوه شد به طوری که در کشور انگلیس عادت‌های نوشیدن نوشیدنی‌ها را تغییر داد.

۳- آتشک[5] گلابی، تولید تجاری گلابی را در مناطق با اقلیم به نسبت خشک محدود می‌کند.

۴- در اواخر دهه ۱۸۴۰، بیماری بادزدگی دیررس سیب زمینی باعث قحطی و مهاجرت جمعیت‌ها شد. عامل بیماری‌زا هنوز هم خسارت‌های متعددی را به محصول سیب زمینی وارد می‌کند.

۵- سوختگی شاه بلوط[6]، درختان بلوط را از بیشتر نقاط امریکای شمالی حذف کرده است.

---

[1] Mycotoxin
[2] Aflatoxins
[3] Rhizomania
[4] Dutch Elm disease
[5] Fire blight
[6] Chestnut blight

علف‌های هرز

شرح موجودات زنده

در بین بسیاری از تعاریف واژه علف هرز[1]، یکی از ساده‌ترین تعاریف بدین صورت است: هر گیاه سبزی که به‌طور ناخواسته در جایی رشد می‌کند. این تعریف بدان معناست که هر گیاهی به طور بالقوه می‌تواند یک علف هرز باشد، حتی گونه‌های گیاهی زراعی هنگامی که در جایی به‌طور ناخواسته پیدا شوند، علف هرز محسوب می‌شوند (شکل ۱-۷). گروه‌های گیاهی زیر شامل گونه-هایی هستند که علف‌های هرز در نظر گرفته می‌شوند:

۱- جلبک‌ها[2]: این گیاهان می‌توانند یک مشکل جدی در اکوسیستم‌های آبزی باشند، که شامل شالیزارهای برنج، کانال‌های زهکشی و آبیاری و مکان‌های تفریحی مانند دریاچه‌ها و تفرج‌گاه‌های ساحلی هستند.

۲- خزه‌ها و جگرواش‌ها[3] (خزه‌های هپاتیک): این گیاهان پست بدون گل و گامتوفیت هنگامی که در حال رشد در چمن یا شرایط گلخانه یافت می‌شوند، اغلب علف هرز در نظر گرفته می‌شوند.

۳- سرخس‌ها و دم‌اسب‌ها[4]: این گیاهان عالی[5] بدون گل و تولید کننده هاگ، که چندین جنس و گونه از آن‌ها وجود دارد اغلب علف‌های هرز در نظر گرفته می‌شوند از قبیل سرخس‌ها در چراگاه‌ها و دم اسبی‌ها در محصولات کشاورزی (شکل ۲-۳ a).

۴- بازدانگان[6]: این گیاهان با بذرهای آشکار، اغلب شامل درختان هستند (بیشتر مخروط‌داران نامیده می‌شوند) که علف‌های هرز در نظر گرفته نمی‌شوند اما می‌توانند مشکلی در تعدادی از سیستم‌های جنگلی و مرتعی باشند.

۵- نهاندانگان[7]: گیاهان گل‌داری هستند که تولید بذر می‌کنند. بیشتر علف‌های هرز جزء گیاهان گلدار هستند. علف‌های هرز ممکن است یک ساله، دو ساله یا چند ساله باشند.

جدول ۲-۱ فهرست ۱۸ گونه از مهم‌ترین گونه‌های علف‌های هرز دنیا را نشان می‌دهد. بسیاری از گونه‌های علف‌های هرز مهم در خانواده‌های تک‌لپه‌ای و گونه‌های کمتری در خانواده‌های دو لپه‌ای هستند.

---

[1] Weed
[2] Algae
[3] Mosses and Liverworts
[4] Ferns and Horsetails
[5] Higher plants
[6] Gymnosperms
[7] Angiosperms

جدول ۲-۱ ۱۸ مورد از مهم‌ترین علف هرزهای جهان

نام علمی	نام عمومی USA	نام عمومی فارسی	شکل زندگی	اکوسیستم مورد هجوم
Cyperus rotundus	Purple nutsedge	اویار سلام	چندساله	علف هرز شماره یک جهان، در بسیاری از محصولات اقلیم‌های گرم
Cynodon dactylon	Bermudagrass	مرغ	چندساله	در بسیاری از محصولات به ویژه چندساله‌ها در اقلیم‌های گرم
Echinochloa crusgalli	Barnyardgrass	سوروف	یک‌ساله	در تمام محصولات اقلیم‌های گرم به ویژه برنج
Echinochloa colona	Junglerice	سوروف بدون ریشک	یک‌ساله	در بسیاری از محصولات اقلیم‌های گرم
Eleusine indica	Goosegrass	مرغ خوشه سرخ	یک‌ساله	در بسیاری از محصولات اقلیم‌های گرم
Sorghum halepense	Johnsongrass	قیاق	چندساله	در اغلب محصولات غیرآبی اقلیم‌های گرم
Imperata cylindrica	Cogongrass	حلفه	چندساله	اغلب محصولات اقلیم‌های استوایی
Chenopodium album	Lambsquarters	سلمه	یک‌ساله	اغلب محصولات اقلیم‌های معتدل
Digitaria sanguinalis	Large crabgrass	علف خرچنگ	یک‌ساله	در بسیاری از محصولات اقلیم‌های گرم به‌ویژه در چمن‌ها
Convolvulus arvensis	Field bindweed	پیچک	چندساله	در بسیاری از اکوسیستم‌های اقلیم‌های معتدل به‌ویژه درغلات
Portulaca oleracea	Common purslane	خرفه	یک‌ساله	در بسیاری از محصولات اقلیم‌های گرم
Eichhornia crassipes	Water hyacinth	سنبل آبی	یک‌ساله	در اکوسیستم‌های آبی و دریاچه‌ها
Avena fatua	Wild oat	یولاف وحشی	یک‌ساله	در بسیاری از محصولات اقلیم‌های معتدل به‌ویژه در غلات
Amaranthus hybridus	Smooth pigweed	تاج خروس	یک‌ساله	در بسیاری از محصولات اقلیم‌های گرم
Amaranthus spinosus	Spiny pigweed	تاج خروس خوابیده	یک‌ساله	در بسیاری از محصولات اقلیم‌های استوایی
Cyperus esculentus	Yellow nutsedge	اویارسلام زرد	چندساله	در بسیاری از محصولات اقلیم‌های گرم
Paspalum conjugatum	Sour paspalum		یک/چندساله	در بسیاری از محصولات مناطق استوایی و مرطوب
Rottboelia exaltata	Itchgrass		یک‌ساله	در بسیاری از محصولات کشورهای استوایی

مطابق با Holm و همکاران، ۱۹۷۷.

چه تعداد ازگونه‌های علف‌های هرز در دنیا وجود دارند؟ به‌طور معمول تخمین زده می‌شود که شاید ۱۰۰۰ گونه، علف‌هرز محسوب می‌شوند. در یک منطقه، تعداد علف‌های هرز احتمالاً بین ۱۰۰ تا ۳۰۰ گونه است.

علف‌های هرز در چه تراکم‌های معینی وجود دارند؟ قریب به میلیون‌ها علف‌هرز در هر جریب[1] از زمین مزروعی وجود دارد، درصورتی‌که بانک بذر (بذرهای موجود در خاک) نیز به حساب آورده شود. از نظر فیزیکی داشتن بیش از حدود ۲۰۰ تا ۳۰۰ گیاه بالغ در هر یارد[2] مربع (گیاهان / یارد مربع) مشکل است، مگر این که آن‌ها، گیاهان بسیار کوچکی باشند. زیست توده[3] علف هرز در هر منطقه (زیست توده / منطقه) می‌تواند بزرگ باشد. برای مثال تخمین زده شده که علف هرز فیدلنک[4] می‌تواند بیشتر از ۱۰ تن به ازاء هر منطقه، ماده خشک تولید کند و به طور معمول مقادیر مشابهی نیز برای گونه‌های یولاف وحشی و خردل فرض می‌شود.

اغلب گیاهان علف هرز محسوب نمی‌شوند.

مشکلات ویژه ایجاد شده به‌وسیله علف‌های هرز

بسیاری از اثرات عمومی آفات که در ابتدای این فصل مورد بحث قرار گرفت، در مورد علف‌های هرز به کار نمی‌رود چون آن‌ها از گیاهان زراعی تغذیه نمی‌کنند.

۱- اثرات اقتصادی

۱-۱- کاهش عملکرد محصول یکی از مهم‌ترین اثرات علف‌های هرز است (شکل۲-۳ aتا f). مداخله علف‌های هرز در رشد محصول می‌تواند کاهش عملکرد را تا ۱۰۰٪ در محصولات گوجه فرنگی و چغندرقند یا در بیشتر محصولات رقابتی از قبیل پنبه و ذرت برساند. به‌دلیل عدم کنترل علف‌های-هرز، تا ۵۰٪ کاهش عملکرد به وقوع می‌پیوندد. کاهش عملکرد با این عظمت در اغلب محصولات زراعی، در صورت عدم کنترل علف‌های هرز عادی است و دلیل مهمی است بر این‌که علف‌های هرز باید در اغلب محصولات کنترل شوند.

۱-۲- شکل ویژه‌ای از کاهش عملکرد محصول هنگامی رخ می‌دهد که علف هرز، گیاه انگل گلداری است که برخی یا تمام مواد غذایی مورد نیاز خود را از میزبان به‌دست می‌آورد (بخش عوامل بیماری‌زای گیاهی را نیز ببینید). آلودگی‌های شدید علف‌های هرز انگل می‌تواند مانع از رشد یا حتی از بین بردن محصول میزبان شود. نمونه‌هایی از علف‌های هرز انگل شامل موارد زیر هستند:

---

[1] Acre (مترجمین: هر جریب فرنگی برابر با ۴۰۴۷ متر مربع است)

[2] Yard

[3] Biomass

[4] Fiddleneck

۱-۲-۱- سس (*Cuscuta* spp.) انگل‌های برگ و ساقه در محصولاتی از قبیل یونجه، گوجه‌فرنگی (شکل ۲-۳ e) و چغندرقند است.

۱-۲-۲- داروا‌ش‌ها نیز به طور معمول انگل‌های ساقه، روی درختان هستند. داروا‌ش‌های کوتوله (*Arceuthobium* spp.) تعدادی از مخرب‌ترین آفات جنگل‌های مخروطی هستند، به این دلیل که آن‌ها موجب بدشکلی تنه اصلی درختان آلوده می‌شوند. در غرب ایالات متحده تخمین زده می‌شود که آلودگی به وسیله داروا‌ش‌های کوتوله موجب از دست رفتن سالانه بیش از سه میلیارد فوت تخته می‌شود.

۱-۲-۳- گونه‌های *Striga*، انگل‌های ریشه محصولات علوفه‌ای از قبیل ذرت، سورگوم و ارزن هستند. آن‌ها باعث ایجاد خسارت در مناطق گرمسیری نیمه خشک به‌ویژه در آفریقا می‌شوند.

۱-۲-۴- گل‌های جالیز (*Orobanche* spp.) انگل‌های ریشه در محصولات تیره هویج (Apiaceae) و Fabaceae (نخودها، لوبیاها وحبوبات) هستند. دو نوع از علف‌های هرز انگل ریشه، تولید محصول را در بسیاری از کشورهای گرمسیری به طور جدی محدود می‌کنند. کاهش عملکرد در محصول اغلب نزدیک به ۱۰۰٪ می‌رسد.

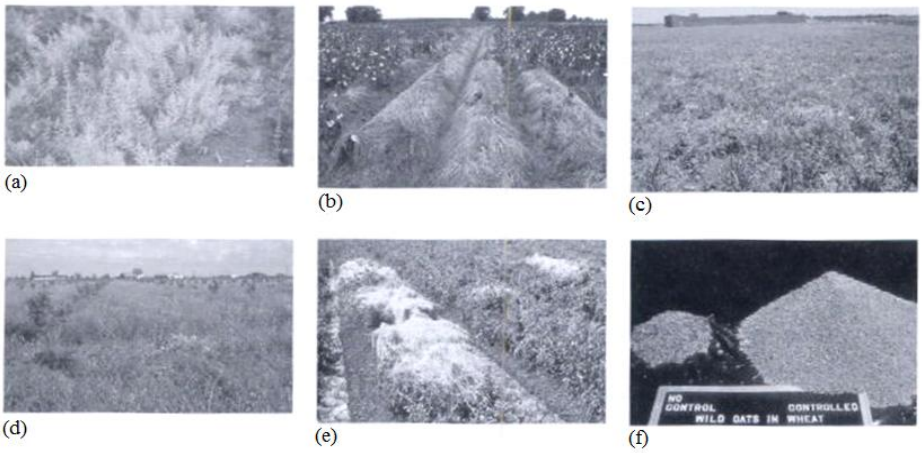
۱-۳- کاهش در کارایی عملکردی بذرپاش‌ها و دروگرها که از طریق گیر کردن بذرهای علف‌های هرز در آن‌ها بوجود می‌آید و دشواری در انبارداری که به دلیل مرطوب بودن بذر علف هرز است.

۱-۴- کاهش ارزش زمین به‌ویژه در نقاطی رخ می‌دهد که آلودگی شدید علف‌های هرز دائمی از قبیل جانسون گراس[1] و یا اویارسلام[2] وجود دارد.

۲- اثرات زیست محیطی:

۲-۱- علف‌های هرز هنگامی که جایگزین پوشش گیاهان بومی مطلوب می‌شوند پیامدهای اکولوژیکی جدی به همراه دارند. نمونه‌هایی از گونه‌های مهاجم شامل اسکاچ بروم[3] در کالیفرنیا، مایکونیا[4] در هاوایی و پریکلی پیر[5] در استرالیا هستند (شکل ۳-۸ را ببینید).

[1] Johnsongrass
[2] Nutsedges
[3] Scotch broom
[4] Miconia
[5] Prickly pear



شکل ۲- ۳: نمونه‌هایی از علف‌های هرز در محصولات مختلف. (a) علف هرز دم اسبی، یک گیاه بدون‌گل، علف هرز محصول کرفس در دانمارک؛ (b) اویارسلام عامل نابودی پنبه در دره سن ژواکین کالیفرنیا؛ (c) در مراکش پیازها زیر پوشش چترمانند گزنه‌های اسبی و سایر علف‌های هرز کمتر آشکارند؛ (d) علف‌های هرز باغستان‌های جوان در کالیفرنیا را در بر گرفته‌اند؛ (e) آلودگی گوجه فرنگی در حال رشد با علف هرز انگل سس که می‌تواند نزدیک به صددرصد محصول را نابود کند؛ و (f) محصول غلات منطقه‌ی مورد هجوم جودوسر و منطقه‌ای که جودوسر با علف‌کش کنترل شده. منبع: تصاویر از Robert Norris.

۲-۲- علف‌های هرز می‌توانند به‌صورت یک منبع غذایی به وسیله سایر موجودات استفاده شوند و بنابراین میزبان‌های جایگزین برای سایر انواع آفات محسوب می‌شوند. علف‌های هرز ممکن است همچنین پناهگاه حشرات مفید باشند (فصل ۷ را ببینید).

۲-۳- علف‌های هرز می‌توانند اکوسیستم‌های آبی از قبیل کانال‌های زهکشی و آبیاری، لنگرگاه‌ها و آب انبارها را مسدود کنند (شکل ۲-a۴). عدم کنترل رشد آن‌ها می‌تواند باعث کاهش جریان آب در کانال‌ها به بیش از ۹۰٪ شود. گاهی کل سیستم‌های آبیاری به وسیله علف‌های هرز از کار می‌افتند. علف‌های هرز می‌توانند باعث عدم استفاده از سیستم‌های آبی تفریحی شوند. سنبل آبی[1]، به‌دلیل هزینه‌های مورد نیاز برای کنترل آن، علف هرز میلیون دلاری نامیده شده است.

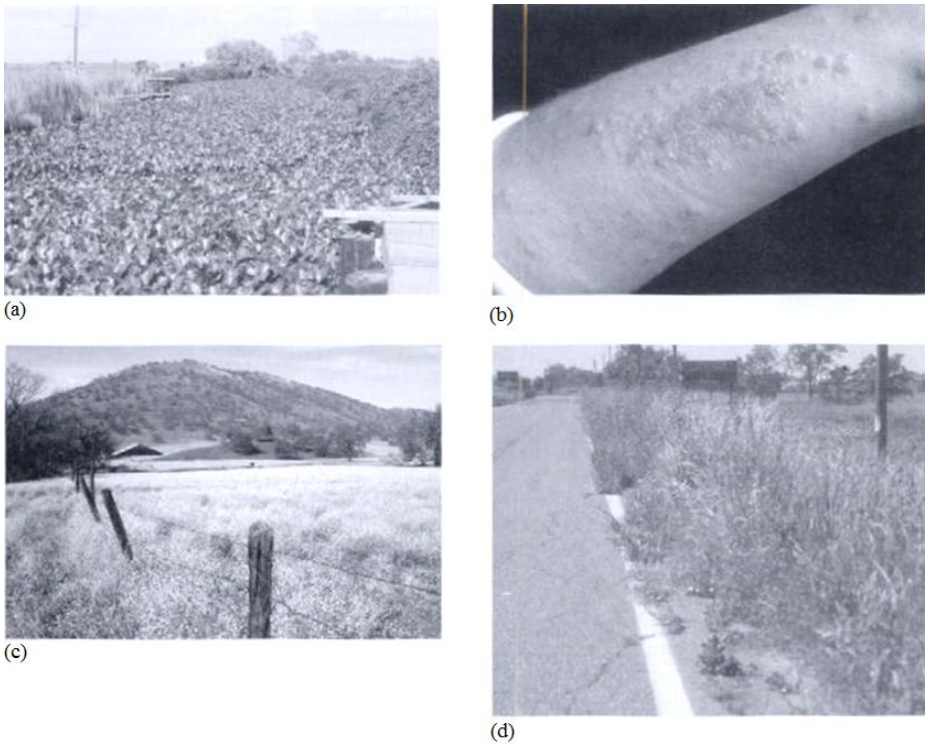
۲-۴- فناوری‌های کنترلی مورد استفاده برای مدیریت علف‌های هرز نیز ممکن است اثرات محیطی را به دنبال داشته باشد. فرسایش خاک و گرد و غبار ناشی از کشت و زرع و پیدا شدن علف‌کش‌ها در آب‌های سطحی و زمینی، نمونه‌هایی از این قبیل هستند.

۳- اثرات مربوط به زیبایی:

[1] Water hyacinth

۳-۱- علف‌های هرز در چمن‌زارها و گیاهان زینتی بد منظره هستند.
۳-۲- علف‌های هرز پراکنده شده در محصولات مزرعه اغلب به‌وسیله کشاورز بد منظر در نظر گرفته می‌شود.
۴- اثرات ایمنی و سلامتی:
۴-۱- علف‌های هرز می‌توانند هم سمی و هم حساسیت‌زا باشند.
۴-۱-۱- تب یونجه در انسان‌ها از گرده زلف‌پیر[1] در میانه غرب (ایالات متحده) مثال خوبی است. تخمین زده شده که هر ساله ۳/۳۰ ساعات کار اداری در هر فصل به دلیل تب یونجه تلف می‌شوند.
۴-۱-۲- آماس‌های پوستی[2] ممکن است از تماس با علف‌های هرز ناشی شوند. بسیاری از مردم به سم بلوط (شکل ۲-۴ b)، پیچک و گیاهان دیگر حساس هستند، تماس با این گیاهان موجب آماس‌ها (التهاب‌ها) و تاول‌های شدید می‌شود. گزنه‌ها در یک محصول برداشت شده با دست از قبیل کاهو، مشکلات شدیدی را برای کارگرانی که به وسیله این گیاهان گزیده می‌شوند، بوجود می‌آورند به طوری‌که باعث حساسیت شدید پوستی می‌شود.
۴-۱-۳- هر ساله افرادی بر اثر خوردن علف‌های هرز سمی می‌میرند. شوکران سمی برای کشتن سقراط استفاده شد و امروزه هنوز هم باعث مرگ‌ومیرهای زیادی می‌شود.
۴-۱-۴- سمیت حاد و مزمن جانوران، عامل دیگری است. فیدلینیک و پیرگیاه[3] عامل برگشت ناپذیر سیروز کبدی در حیواناتی هستند که از یونجه آلوده تغذیه می‌کنند. گونه‌های *Halogeton* تمام گله‌های گوسفند را در چراگاه‌های غربی ایالات متحده از بین برده‌اند و گون‌ها موجب جنون بسیاری از جانوران می‌شوند. ژاژ (خاربن) ستاره‌ای زرد[4]، علف هرز مراتع و چراگاه‌ها محتوی یک نوروتوکسین[5] مؤثر است که به طور بالقوه برای اسب‌ها کشنده است (شکل ۲-۴ c). نقایص هنگام تولد در گاوها، خوک‌ها و گوسفندان، در اثر خوردن علف‌های هرز سمی نظیر خریق کاذب[6] در چراگاه‌های غربی ایالات متحده، ایجاد می‌شود.

[1] Ragweed
[2] Dermatitis
[3] Groundsel
[4] Yellow starthistle
[5] Neurotoxin
[6] False hellebore



شکل ۲- ۴: نمونه‌هایی از اثرات غیرمستقیم علف‌های هرز روی محصول. (a) علف هرز آبزی سنبل آبی کانال آبیاری یا زهکشی را به طور کامل مسدود کرده؛ (b) تحریک پوستی ساعد بر اثر تماس با بلوط سمی؛ (c) یک مرتع در کرانه‌های کالیفرنیا که به طور کامل با گل گندمی زرد پوشیده شده است (سنبله-های سفید)؛ و (d) علف‌های هرز روکش آسفالت را تخریب کرده و حاشیه جاده را مسدود کرده‌اند. منابع: تصویر (a) از Lars Anderson، USDA/ARS ؛ و تصاویر (b)،(c) و(d) از Robert Norris.

۴-۱-۵- حساسیت به نور در جانورانی که از علف‌های هرز محتوی مواد شیمیایی، تغذیه می‌کنند ایجاد می‌شود که در نتیجه آن حساسیت پوستی به آفتاب سوختگی به‌ویژه در پلک‌ها و لب‌ها افزایش می‌یابد. یک مثال در این مورد Saint-Johns-wort (علف هرز Klamath) در چراگاه است.

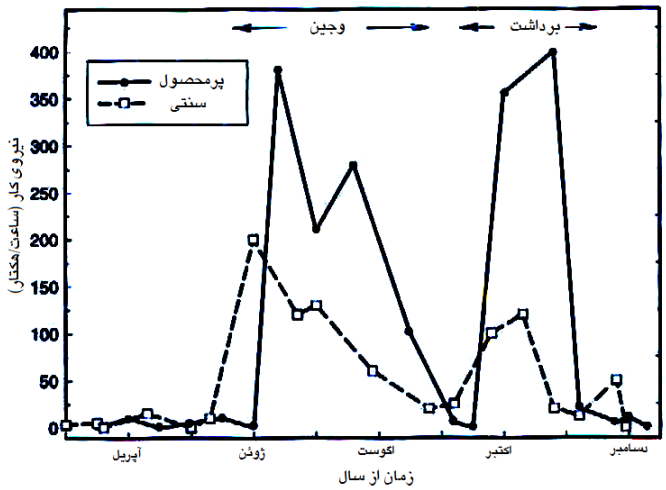
۴-۲- علف‌های خشک و مرده می‌توانند باعث آتش سوزی جدی به‌ویژه در طول مسیرهای راه آهن و حاشیه جاده‌ها، در الوار فروشی‌ها و در مخازن نفت شوند. خطر بروز آتش سوزی یک دلیل اصلی است بر این‌که چرا علف‌های هرز حاشیه جاده‌ها باید انبار شده یا با علف‌کش‌ها اسپری شوند.

۴-۳- علف‌های هرز می‌توانند باعث شکستن آسفالت جاده‌ها شوند (شکل ۲-۴ d) و حوادثی را برای رانندگان از این طریق ایجاد کنند، از جمله این‌که می‌توانند مانع دیدن علائم (راهنمایی و رانندگی) و نوردهی مناسب لامپ‌های باند در فرودگاه شوند و بنابراین ایمنی را کاهش دهند.

علف‌های هرز همچنین هزینه‌هایی را برای انسان‌ها در اغلب کشورهای توسعه نیافته به همراه دارند که در جهان غرب ناشناخته هستند. در آمریکا تخمین زده شده که وجین با دست بین ۲۰-۵۰٪ کل زمان صرف شده در تولید محصول را نیاز داشته باشد، شاید به اندازهٔ ۲۵٪ جریب محصولات ضروری در آفریقا هر ساله به دلیل وجین ناکافی تلف می‌شوند. تخمین زده شده که در کشورهای توسعه نیافته وجین کردن نسبت به هر جزء دیگر در تولید محصول به زمان بیشتری نیاز داشته باشد (شکل۲-۵ را ببینید). تصور میزان خسارتی که از مدیریت علف‌های هرز در کشورهای توسعه نیافته به جامعه وارد می‌شود، برای افرادی که در اروپای غربی یا امریکای شمالی زندگی می‌کنند سخت است. هولم[1] با شیوایی این موقعیت را توصیف می‌کند:

محل رویداد اولین داستان من یک مزرعه بزرگ نارگیل در کشوری گمنام است. اول صبح است و سایه‌ها هنوز بلند هستند. من می‌خواهم با شما در مورد دختری صحبت کنم که یک تمیل[2] است. این‌ها مردمانی خوش سیما و سرزنده از جنوب هندوستان هستند که در بسیاری از نقاط آفریقا و آسیا دیده می‌شوند و در این نقاط در جستجوی مسکن و کار هستند. این دختر (۱۶یا۱۷ساله) هم اکنون بدنش خیس عرق شده است. در دست این دختر ریز اندام یک چاقوی تیز به طول کم و بیش ۳ فوتی وجود دارد که او باید با خم کردن علف‌های هرز و با فرو کردن چاقویش آن را از سطح زمین بریده و آن‌ها را روی پشت بدن قرار دهد، سپس به این کار ادامه داده تا هنگامی‌که کول باری از علف هرز در طرفین پشتی بدنش جمع آوری شود. این علف‌های هرز گونه‌های علفی *Axonopus* و *Ischaemum* هستند و هنگامی که افراد برای بریدن آن‌ها وارد مزرعه می‌شوند ممکن است ارتفاع این علف‌های هرز تا زانوی آن‌ها برسد. این دختر به فرو کردن چاقو برای جمع-آوری علف هرز تا نزدیک غروب ادامه خواهد داد. بسیاری از جوانانی که در آفریقا و آسیا چنین کاری را انجام می‌دهند هرگز به مدرسه نمی‌روند. برای آن‌ها فردا، روز بعد و روزهای دیگر همین-گونه سپری خواهد شد. آیا شما می‌توانید چنین شغل و آینده‌ای را برای هر یک از زنان جوانی که شما می‌شناسید اعم از دختر،همسر یا خواهرتان تصور کنید؟

[1] Holm
[2] Tamil



شکل ۲- ۵: نمودار زمان صرف‌شده از نیروی انسانی در تولید محصول در آفریقا تحت سامانه‌های سنتی و کشاورزی پرمحصول. منبع: داده‌ها توسط Giampietro و همکاران ۱۹۹۲ جمع‌آوری شده است.

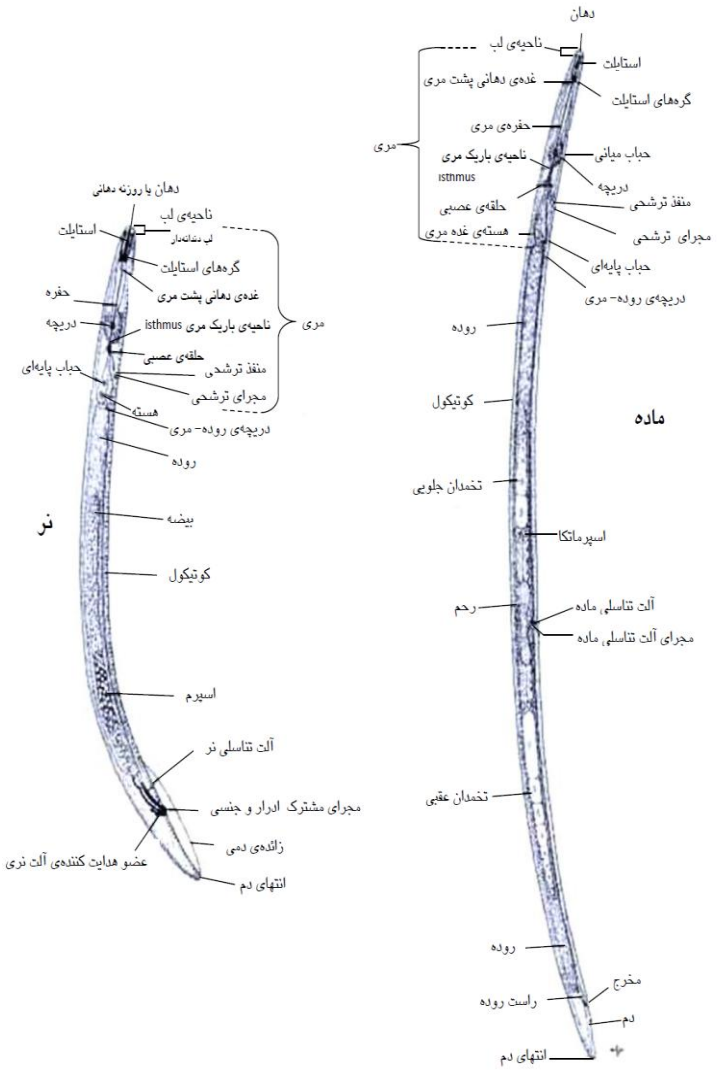
نماتدها

شرح موجودات زنده

نماتدها گروهی از بی‌مهرگان کرمی شکل و بدون بند هستند. آن‌ها گاهی اوقات کرم‌های مارماهی[1] یا به طور ساده کرم نامیده می‌شوند. آن‌ها کرم‌های گرد، دارای تقارن دو طرفی و فاقد پیوست هستند و آبزی هستند و در آب، غشاهای مرطوب یا بافت‌های یک میزبان زندگی می‌کنند. نماتدها در بسیاری از زیستگاه‌ها و محیط‌های مختلف، از نوک قله‌ها تا رسوبات اعماق اقیانوس‌ها، از بیابان-ها تا جنگل‌های بارانی یافت می‌شوند. آنها فراوان‌ترین موجودات زنده پر سلولی روی زمین هستند و گونه‌های مختلف نماتدها از منابع غذایی بسیار متفاوتی تغذیه می‌کنند.

نماتدها آفت در نظر گرفته می‌شوند چون تعدادی از گونه‌ها انگل گیاهان، انسان‌ها و جانوران هستند. مهم است در نظر داشته باشیم که همه نماتدها موجب ضرر به انسان‌ها یا فعالیت‌های انسانی نمی‌شوند، برای مثال تعدادی از نماتدهای انگل حشرات به‌عنوان عوامل کنترل بیولوژیک در مدیریت آفات حشره‌ای استفاده می‌شوند (فصل ۱۳ را ببینید). سایر نماتدها از باکتری‌ها (باکتری خوار) و قارچ‌های (قارچ خوار[2]) موجود در خاک تغذیه می‌کنند و نیز از یاریگران مهم چرخه غذایی در خاک‌ها هستند.

[1] Eelworms
[2] Fungivores



شکل ۲- ۶: آناتومی عمومی نماتدهای نر و ماده انگل گیاهان. منبع: شکل توسط Charlie Papp و Sadek Ayoub رسم شده است، Div. Plant Industry, California Dept. of Food and Agriculture.

اندازه نماتدها در دامنه‌ای از کوچک‌ترین، که یک نماتد دریازی به طول ۸۰ میلی‌متر تا بزرگ‌ترین، که یک نماتد ۸ متری است که در جفت وال‌ها زندگی می‌کند، متغیر هستند. اغلب نماتدهای انگل گیاهی کمتر از ۲ میلی‌متر طول دارند. نماتدها جانوران دارای سیستم‌های عصبی، گوارشی، تولیدمثلی، ماهیچه‌ای و دفعی و فاقد سیستم‌های تنفسی و گردش خون اختصاصی هستند (شکل۲-۶). بدن نماتد به وسیله کوتیکول پوشیده می‌شود، کوتیکول دارای ساختمان غیر سلولی، انعطاف‌پذیر، چند لایه‌ای و محافظت کننده است که به طور معمول طی ۴ بار پوست اندازی در طول چرخه زندگی از بدن آن جدا می‌شود. همه نماتدهای انگل گیاهی یک نیزه دهانی برجسته و کوچک به نام استایلت[1] دارند که در نفوذ به سلول‌های گیاهی برای به دست آوردن مواد غذایی استفاده می‌شود (شکل ۲-۷ a). اغلب نماتدهای انگل گیاهی، خاکزی هستند و از ریشه‌ها تغذیه می‌کنند (شکل‌های ۲-۷ b وc) اما بعضی از گونه‌ها از برگ‌ها و ساقه‌ها تغذیه می‌کنند یا حتی گال‌هایی را در گل‌ها یا میوه‌ها به وجود می‌آورند (شکل‌های ۲-۷ dوe). بعضی از گونه‌ها ملکول‌های نشانداری را تولید و آن‌ها را به داخل گیاه میزبان تزریق می‌کنند که باعث به وجود آمدن تغییرات فیزیولوژیکی در میزبان می‌شوند که برای کمک به نماتد مورد استفاده قرارگرفته و ممکن است موجب رشد غیر عادی میزبان شود، ازقبیل گال‌های تولید شده به وسیله‌ی نماتد ریشه گره‌ای روی چغندر قند (شکل ۲-۷ f) و *Protea* sp. (شکل ۲-۷ g).

نماتدهای انگل گیاهی پارازیت‌های اجباری هستند، بدین معنی که آن‌ها باید یک گیاه میزبان مناسب داشته باشند، تا چرخه زندگی خود را کامل و تولیدمثل کنند. فهرست نماتدهای انگل گیاهی دارای اهمیت بیشتر در جدول ۲-۲ آمده است. نام‌های عمومی نماتدهای انگل گیاهی به طور معمول بر اساس علائمی که آن‌ها در گیاهان میزبان ایجاد می‌کنند، ریخت‌شناسی عمومی نماتدها یا ترکیبی از این ویژگی‌ها هستند. برای مثال، همان‌طور که در شکل‌های ۲-۷ f و g نشان داده می‌شود، نماتد ریشه گره‌ای موجب تشکیل گال‌هایی روی ریشه‌ها می‌شود. اختصاصی بودن میزبان یک عامل در میان گونه‌های نماتد است، بدین معنی که برای یک گونه نماتد ویژه، تعدادی از گیاهان میزبان نیستند. تعدادی از نماتدها از قبیل نماتد زخم ریشه[2]، دامنه‌ی میزبانی وسیعی دارند و قادرند تعداد زیادی از گونه‌های گیاهی از چندین تیره گیاهی را پارازیته کنند (جدول۲-۲). سایر نماتدها از قبیل نماتدهای خنجری دامنه‌ی میزبانی کمتری دارند و قادرند تعداد محدودتری از گونه‌های میزبان را پارازیته کنند.

به منظور بحث کلی، نماتدهای انگل گیاهی به دو گروه عمومی زیر تقسیم می‌شوند که این تقسیم بندی بر اساس عادت‌های تغذیه و رابطه بین نماتد و میزبانش است.

[1] Stylet
[2] Root lesion nematode

پارازیت‌های داخلی[1]: نماتدها وارد گیاه شده و از بافتهای داخلی گیاه تغذیه می‌کنند.
پارازیت‌های خارجی[2]: بدن نماتد در خارج از گیاه باقی مانده در حالی‌که آن تغذیه می‌کند.
نماتدها در تمام چرخه‌ی زندگی خود رشد و نمو می‌یابند، آن‌ها بسته به گونه، یا کرمی شکل باقی مانده و یا متورم و ساکن می‌شوند. نماتدهای کرمی شکل به طور معمول در تمام دوره زندگی خود حرکت می‌کنند و به عنوان نماتدهای مهاجر[3] نامیده می‌شوند. آن‌ها در بخشی از چرخه زیستی خود داخل نماتدهای انگل گیاهی وجود دارند و انواع پارازیت داخلی و خارجی ممکن است مهاجر یا ساکن باشد. نمونه‌های مهم نماتدهای انگل گیاهی شامل نماتدهای مولد سیست[4] و ریشه گره‌ای هستند. اگر مزارع به این نماتدها خیلی آلوده شده باشند، کاهش عملکرد سالانه از ۱۰ ٪ تا ۵۰ ٪ ممکن است نتیجه شود.
نماتدها جانورانی با ویژگی‌ها منحصر به فرد هستند، به طوری که آن‌ها یک شاخه مجزا Nematoda در نظر گرفته می‌شوند. این شاخه شامل دو رده Secernentea وAdenophorea است. در ردهSecernentea راسته‌های Tylenchida وAphelenchida وجود دارند که شامل گونه‌های انگل گیاهی هستند. در رده Adenophorea، تنها یک راسته (راسته Dorylaimida)، پارازیت‌های گیاهی و تنها نماتدهای شناخته شده‌ی ناقل ویروس‌های گیاهی را در بر می‌گیرد. نماتدهای انگل حشرات در رده‌های Secernentea و Adenophorea وجود دارند.
نزدیک به ۲۰/۰۰۰ نماتد نامگذاری شده وجود دارند و تخمین زده می‌شود که کل گونه‌های نماتد ممکن است بیشتر از ۱/۰۰۰/۰۰۰ گونه باشد. روابط تکاملی در میان نماتدها با استفاده از مقایسه داده‌های توالی DNA بررسی می‌شوند. بدون شک گروه‌های تاکسونومیکی نماتدها تا اندازه‌ای تغییر خواهند کرد، چون بینش‌های کامل‌تری در زمینه روابط تکاملی موجود در بین نماتدها به دست آورده می‌شوند.

مشکلات ویژه‌ای که به وسیله نماتدها ایجاد می‌شوند

موارد زیر علاوه بر آن مشکلاتی هستند که در ابتدای این فصل به عنوان اثرات عمومی فهرست شدند.

۱. نماتدها ممکن است ناقل عوامل بیماری‌زای دیگر باشند. بعضی از نماتدها می‌توانند ویروس‌های گیاهی را حمل و منتقل کنند، برای مثال، *Xiphenema* ناقل ویروس برگ

[1] Endoparasites
[2] Ectoparasites
[3] Migratory
[4] Cyst nematode

بادبزنی در انگورها است و *Trichodorus* ویروس جغ جغی توتون[1] را به سیب زمینی منتقل می‌کنند (شکل شکل ۲-۷ h).

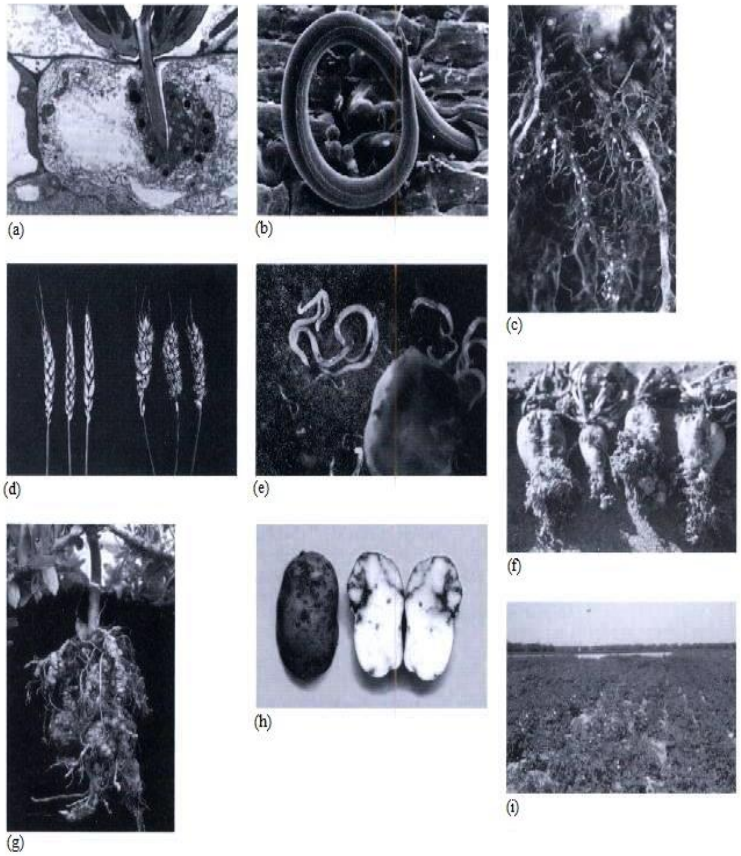
۲. نماتدهای انگل گیاهی ممکن است با عوامل بیماری‌زای دیگر برهمکنش کنند و موجب بیماری‌های پیچیده‌ای شوند که به طور معمول از بیماری‌هایی که به وسیله همان عامل بیماری‌زا به تنهایی ایجاد شده، شدیدتر هستند. نماتد زخم ریشه با قارچ *Verticillium* برهمکنش می‌کند که موجب بیماری زود میری[2] سیب زمینی می‌شود و نماتدهای ریشه گره‌ای ممکن است با قارچ *Fusarium* (فصل ۶ و شکل ۶-۴ راببینید) برهمکنش کنند.

۳. آلودگی نماتد ممکن است حساسیت گیاه میزبان را به سایر تنش‌های محیطی از قبیل رطوبت یا دمای بالا افزایش دهد.

۴. آلودگی نماتد ممکن است مقاومت گیاه میزبان را به سایر عوامل بیماری‌زا از بین ببرد. برای مثال، مقاومت فوزاریومی در پنبه (شکل ۲-۷ i).

۵. تعدادی از بیماری‌های نماتدی ممکن است به وسیله آفات حشره‌ای از یک میزبان به دیگر منتقل شوند. نماتد پژمردگی کاج[3] از درختان کاج آلوده به درختان سالم به وسیله سوسک شاخک بلند و نماتد حلقه قرمز[4] نارگیل به وسیله سرخرطومی‌های نخل حمل می‌شوند.

[1] *Tobacco rattle virus*
[2] Early dying disease
[3] Pine wilt nematode
[4] Red ring nematode



شکل ۲- ۷: نمونه‌هایی از نماتدها و خسارت آن‌ها. (a) ریزنگار الکترونی، استایلت نماتد در حال نفوذ به سلول گیاه را نشان می‌دهد؛ (b) ریزنگار الکترونی پایشی، لارو نماتد ریشه گره‌ای در حال نفوذ به ریشه بوته گوجه؛ (c) کیست‌های نماتدهای کیستی روی ریشه چغندرقند؛ (d) سنبله‌های گندم، سمت چپ بدون آلودگی و سمت راست آلوده به *Anguina*؛ (e) نماتدهای *Anguina* خارج شده از دانه‌های گندم (پایین سمت راست)؛ (f) گال‌های بزرگ در چغندرقند بر اثر خسارت نماتد ریشه گره‌ای؛ (g) خسارت عمده نماتدهای ریشه گره‌ای به سیستم ریشه *Protea* sp. ؛ (h) علائم بیماری ویروسی موزائیک جغ-جغی توتون در سیب‌زمینی که با نماتد *Trichodorus* منتقل می‌شود؛ و (i) پنبه در حضور نماتد ریشه گره‌ای مقاومت کمتری به پژمردگی فوزاریومی نشان می‌دهد (در چهار ردیف مرکزی خسارت بیشتر است). منابع: تصویر (a) از Michael McClure با مجوز؛ تصویر (b) از William Wergin و Richard Sayre، USDA/ARS؛ تصویر (c) از Ivan Thomason با مجوز؛ تصاویر (d) و (e) از Jonathan D. Eisenback با مجوز؛ تصویر (f) از John Marcroft با مجوز؛ تصویر(h) از G. Caubel با مجوز؛ و تصاویر (g) و (i) از Edward Caswell-Chen.

جدول ۲-۲ | ۱۰ مورد از مهمترین نماتدهای انگل گیاهی در جهان

جنس	نام عمومی USA	نام عمومی فارسی	نمونه‌هایی از میزبان‌های مهم
Meloidogyne	Root-knot nematode	نماتد ریشه گره‌ای	سیب‌زمینی، پنبه، ذرت دامی، سویا، حبوبات خشک، گندم، برنج، سورگوم، گوجه، نیشکر، بادام‌زمینی، تنباکو، یونجه، سیب، مرکبات، قهوه، انگور، کدوییان، هویج‌ها، سیب زمینی شیرین، پیاز، چغندر، غلات
Pratylenchus	Lesion nematode	نماتد زخم‌زا	ذرت دامی، سویا، حبوبات خشک، گندم، برنج، سیب زمینی، سورگوم، نیشکر، بادام زمینی، یونجه، سیب، هلو، توت‌فرنگی، مرکبات، قهوه، گیلاس
Heterodera	Cyst nematode	نماتد کیستی	سویا، حبوبات خشک، چغندرقند، کلم براکلی، کلم فندقی، کلم پیچ، هویج‌ها، گندم، انواع نخود
Ditylenchus	Stem nematode	نماتد ساقه	برنج، سیب زمینی، یونجه، چغندر، جودوسر، پیازهای گل، قارچ‌ها
Globodera	Cyst nematode	نماتد کیستی	سیب زمینی، تنباکو
Tylenchulus	Citrus nematode	نماتد مرکبات	انگور، مرکبات
Xiphinema	Dagger nematode	نماتد خنجری	نیشکر، انگور، سیب، گیلاس، توت‌فرنگی
Radopholus	Burrowing nematode	نماتد حفار	موز، مرکبات، چای
Rotylenchulus	Reniform nematode	نماتد قلوه‌ای	پنبه، سویا، عنبه، سیب زمینی شیرین، نخودکبوتری
Helicotylenchus	Spiral nematode	نماتد چنبره‌ای	موز، فلفل، بادمجان، چای

مطابق با Koenning و همکاران، ۱۹۹۹؛ Sasser و Freckman، ۱۹۸۷.

نرم‌تنان

شرح موجودات زنده

نرم‌تنان جانورانی متعلق به شاخه Mollusca هستند. حلزون‌ها[1] و راب‌ها[2] به رده شکم پایان[3] تعلق دارند. ساختمان بدن حلزون‌ها و راب‌ها مشابه بوده، به استثنای این که حلزون‌ها یک صدف

[1] Snails
[2] Slugs
[3] Gastropoda

تولید می‌کنند (شکل‌های ۲-۸ aوb). نرم‌تنان دارای یک پا هستند که به وسیله آن حرکت می‌کنند. آنها لایه چسبناک (لزجی) بین خودشان و سطحی که روی آن حرکت می‌کنند ایجاد می‌کنند، در نتیجه رد پای نقره‌ای رنگ آشنایی را به جای می‌گذارند. آن‌ها پوست نازکی دارند و در شرایط خشکی، به راحتی خشک می‌شوند. راب‌ها وحلزون‌ها به طور معمول به رطوبت محیط‌های به نسبت سرد و مرطوب نیاز دارند. حلزون‌ها نسبت به راب‌ها شرایط خشکتر وگرمتر را بهتر تحمل می‌کنند.

شکل ۲- ۸: نمونه‌هایی از نرم‌تنان آفت. (a) لیسک روی یک گیاه پامچال؛ (b) حلزون باغی در حال خزیدن روی خاک؛ و (c) مجموعه‌ای از حلزون‌ها روی یک شاخه درخت مرکبات در مراکش. منبع: تصاویر از Robert Norris.

مشکلات ویژه‌ای که به وسیله نرم‌تنان ایجاد می‌شوند

۱. تغذیه از گیاهان: حلزون‌ها و راب‌ها باعث ایجاد خسارت‌های اقتصادی در گیاهان زینتی و سایر محصولات می‌شوند. آن‌ها یک مشکل در گلخانه‌ها، باغچه‌ها و برخی محصولات

مزرعه هستند برای مثال، آن‌ها در تولید بذر علوفه، در نشاءها نسبت به گیاه رسیده مهمتر هستند. تعداد کمی از حلزون‌ها و راب‌های تغذیه‌کننده از نشاءها، اغلب باعث مرگ آن‌ها می‌شوند. حلزون‌ها به‌ویژه در مرکبات، کنگرها[1] وخزانه‌ها آفات شدید هستند (در مناطقی که تعداد ۳۰۰۰ حلزون روی یک درخت ثبت شده است) (شکل ۲-۸ c). آن‌ها درسیستم‌های زراعی بدون شخم نسبت به سیستم‌های با شخم سنتی به دلیل مقدار پوشش و غذایی که درسطح خاک باقی می‌ماند، خطرناکتر هستند. یک راب *Limax flavis* که تنها کمتر از ۰/۵ اونس وزن دارد، ۰/۱۶ اونس از کدوتنبل، خیار یا سیب زمینی را در مدت ۲۴ ساعت مصرف می‌کند. یک اکی والان زیست توده معادل با تعداد زیادی از گیاهچه‌های خشک خواهد بود.

۲. ناقل عوامل بیماری‌زا یا نماتدها: نشان داده شده که حلزون‌ها یا راب‌ها توانایی انتشار ویروس موزائیک توتون، قارچ عامل پوسیدگی سیاه ریشه[2] درکلم و پوسیدگی طوقه ناشی از *Piper* spp. را در میان سایرگونه‌ها دارند.

بندپایان

شرح موجودات زنده

بندپایان از نظر تعداد گونه، نسبت به هر گروه دیگری از موجودات زنده فراوان‌تر هستند. بیش از یک میلیون گونه از بندپایان مختلف نامگذاری شده‌اند که تعدادشان از مجموع سایر موجودات زنده طبقه‌بندی شده بیشتر است. تعداد حشرات ناشناخته در علم ممکن است به ۲۰ میلیون گونه برسد. تخمین زده شده که به طور معمول ۴۰ میلیون حشره در یک جریب از زمین وجود دارند که این، معادل ۲۰۰ میلیون حشره برای هر انسان است. همچنین تخمین زده شده که در ایالات متحده، حدود ۴۰۰ پوند زیست توده حشره در هر جریب در مقایسه با حدود ۱۴ پوند زیست توده انسان درهر جریب وجود دارد. این مقدار زیست توده حشره هنوز در مقایسه با توده گیاهی در هر جریب پایین است. بسیاری از علف‌های هرز در آلودگی‌های شدید می‌توانند از ۵۰۰ پوند در هر جریب هم متجاوز شوند.

بندپایان به سلسله جانوری تعلق دارند، نام شاخه Arthropoda به معنی پای بند بند است. همه بندپایان دارای یک پوشش خارجی کم و بیش سخت به نام اسکلت خارجی[3] هستند، در نتیجه آن-ها باید پوست‌اندازی کنند تا اندازه بدنشان افزایش پیدا کند، به نحوی که آن‌ها از یک مرحله لاروی

[1] Artichokes
[2] Black root rot
[3] Exoskeleton

تا مرحله بعدی رشد می‌کنند و سرانجام به مرحله بلوغ می‌رسند. رده‌هایی از بند پایان زیر دارای اعضایی هستند که آفات مهم محسوب می‌شوند.

رده حشرات: بند پایان متعلق به این رده دارای یک جفت شاخک و یک بدن با سه قسمت اصلی، سر و قفسه سینه و شکم هستند. به این دلیل، علمی که حشرات را مطالعه می‌کند انتومولوژی[1] نامیده می‌شود که از کلمه یونانی Tomos به معنای بندها گرفته شده است. اغلب حشرات دارای سه جفت پا روی قفسه سینه و بسیاری از آن‌ها نیز دارای بال هستند (شکل۲-۹، جدول ۲-۳). اغلب حشرات به وسیله تخمگذاری تولیدمثل می‌کنند و بنابراین گفته می‌شود که تخمگذار[2] هستند، اما تعدادی به صورت لاروها یا پوره‌های کوچک متولد می‌شوند و زنده‌زا[3] نامیده می‌شوند. پوره‌ها یا لاروها از تخم‌ها به وجود می‌آیند که پوره یا لارو بودن بستگی به این دارد که مشابه افراد بالغ باشند یا نباشند. پوره‌ها به افراد بالغ شباهت دارند، در حالی‌که لاروها شباهتی ندارند. آن‌ها با ظهور از تخم برای رسیدن به مرحله بلوغ به چندین پوست‌اندازی تن در می‌دهند که این پوست اندازی‌ها طی یکسری فرایندهایی که دگردیسی یا استحاله[4] نامیده می‌شود، رخ می‌دهند (دگردیسی در فصل ۵ بحث می‌شود).

روش تغذیه یک حشره به ساختمان قطعات دهانی آن بستگی دارد و در مدیریت آفت از اهمیت قابل توجهی برخوردار است. تعدادی از آن‌ها قطعات دهانی جونده دارند (شکل۲-۱۰ a)، بدین معنی که حشره از قطعات قابل مصرف گیاه تغذیه می‌کند. سایر حشرات قطعات دهانی زننده-مکنده دارند که قطعات دهانی خود را به داخل غذا فرو کرده و شیره یا محتویات سلولی را می‌مکند (شکل۲-۱۰ b). گروه سوم حشرات دارای قطعات دهانی برنده-لیسنده هستند که سطح غذایشان را می‌خراشند و سپس محتویات سلول‌های آسیب دیده را می‌لیسند (شکل۲-۱۰ c).

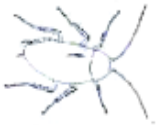
در رده حشرات تقریباً ۳۰ راسته وجود دارد که از نظر اهمیت در مدیریت آفات تفاوت دارند. راسته‌هایی که شامل گونه‌های آفت یا مفید هستند در جدول ۲-۳ نشان داده شده و در ادامه فهرست می‌شوند:

۱. راسته پادمان[5]: پادمان یا دم فنری‌ها بیشتر در خاک بسر می‌برند، حشرات کوچکی هستند که طعمه‌های مهمی برای شکارگران خاک هستند. تعداد معدودی از گونه‌های خانواده Sminthuridae از آفات محصولات علوفه‌ای در اروپا هستند.

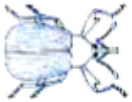
---

[1] Entomology
[2] Oviparous
[3] Viviparous
[4] Metamorphosis
[5] Collembola

جدول ۲-۳ راسته‌های مهم حشرات آفت و مفید با نمونه‌هایی از سایر بندپایان

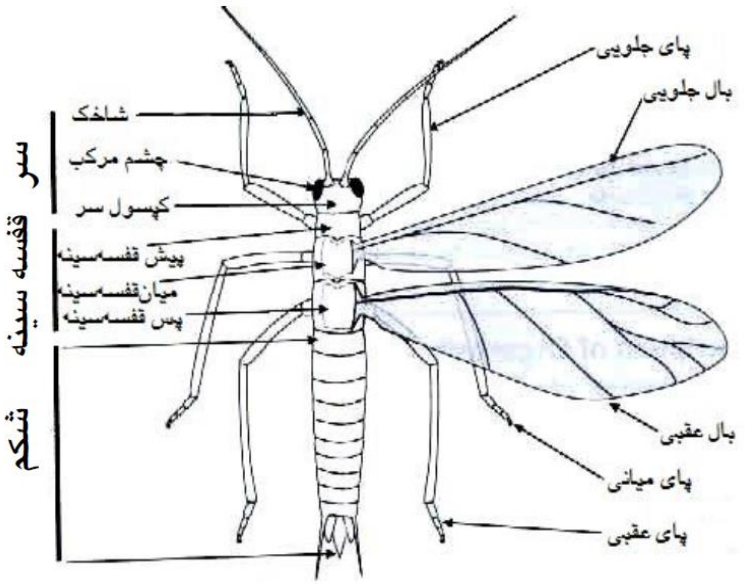
راسته	نام عمومی	نام عمومی فارسی	نمونه	قطعات دهانی/ دگردیسی	سایر ویژگی‌ها	اطلاعات آفت
Ephemeroptera	Mayflies	یک‌روزه‌ای‌ها				آفات قابل ملاحظه‌ای نیستند
Odonata	Dragonflies and damselflies	آسیابک‌ها و سنجاقک‌ها				آفات قابل ملاحظه‌ای نیستند
Plecoptera	Stoneflies	بهاره‌ها				آفات قابل ملاحظه‌ای نیستند
Embioptera	Web spinners	تارتنندگان				آفات قابل ملاحظه‌ای نیستند
Blattodea	Cockroaches	سوسری‌ها		جونده/ دگردیسی ناقص	شاخک نخی بلند	آفات مزاحم انسان، به طور معمول در کشاورزی مشکلی ایجاد نمی‌کنند
Mantodea	Mantids	شیخک‌ها		جونده/ دگردیسی ناقص	پاهای جلویی بزرگ، چنگال مانند و شکاری	حشرات مفید
Isoptera	Termites	مساوی‌بالان		جونده/ دگردیسی ناقص	سر به‌نسبت بزرگ شامل ماهیچه‌های آروارە، بدون چشم	آفات ساختمانی، تپه‌های بزرگ در کشاورزی منتج به مشکلات جدی می‌شود
Orthoptera	Grasshoppers Locusts, Crickets, Katydids	راست‌بالان ملخ‌ها، سیرسیرک‌ها، حشرات راست‌بال		جونده/ دگردیسی ناقص	پاهای عقبی قوی	می‌توانند آفات شدیدی باشند، ملخ‌ها در این راسته هستند
Dermaptera	Earwigs	گوشخیزک‌ها		جونده/ دگردیسی ناقص	دنباله قلاب‌مانند بزرگ	در زراعت‌های کوچک خسارت شدیدی به محصولات گل‌دار و نهال‌ها می‌زنند

ادامه جدول ۲-۳ راسته‌های مهم حشرات آفت و مفید به همراه نمونه‌هایی از سایر بندپایان

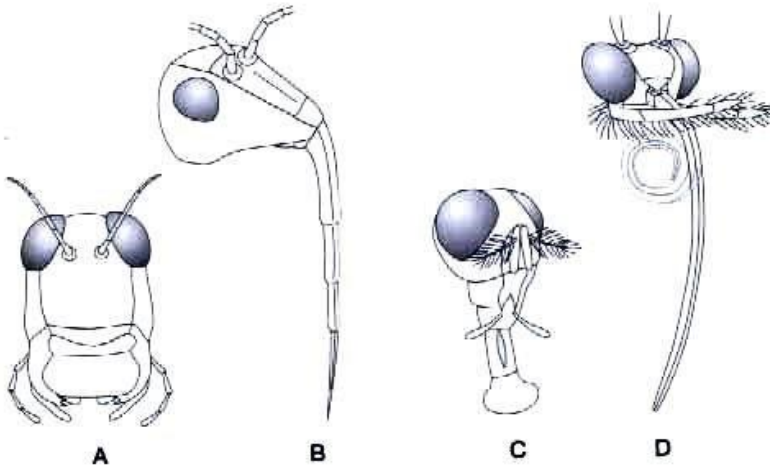
راسته	نام عمومی	نام عمومی فارسی	نمونه	قطعات دهانی/ دگردیسی	سایر ویژگی‌ها	اطلاعات آفت
Thysanoptera	Thrips	تریپس‌ها		برنده لیسنده/ دگردیسی ناقص	بال‌ها دارای ریشک	گروه کوچکی از آفات و گونه‌های مفید
Neuroptera	Lacewings	بالتوری‌ها		لاروها جونده، بالغ‌ها لیسنده/ دگردیسی کامل	بال‌های شفاف بزرگ با الگوی رگبال‌های پیچیده	لاروها مفید می‌باشند
Coleoptera	Beetles Snout beetles or weevils	سوسک‌ها		جونده، دگردیسی کامل	بال‌های جلویی دارای پوشش سختی به نام elytra هستند	بسیاری آفت و بسیاری مفیدند
	Snout beetles or weevils	سرخرطومی‌ها		جونده، دگردیسی کامل	سر به سمت جلو رشد کرده و یک خرطوم را به وجود آورده که حاوی شاخک و قطعات دهانی می‌باشد	بسیاری از آفات مهم می‌باشند برای نمونه سرخرطومی قوزه پنبه
Diptera	Flies: Fruit Flower House Mosquitoes Midges Leaf miners	مگس‌ها: مگس میوه مگس گل مگس خانگی پشه‌ها پشه‌های ریز مینوزهای برگ		لیسنده مکنده/ دگردیسی کامل	فقط یک جفت بال دارند	بسیاری آفت و بسیاری مفیدند
Homoptera	Aphids Scale insects Whiteflies Leafhoppers Cicadas	شته‌ها سپردران سفیدبالک‌ها زنجرک‌ها زنجره‌ها		زننده مکنده/ دگردیسی ناقص	بسیاری از شته‌ها تولیدمثل بکرزایی دارند	بسیاری از آفات مهم می‌باشند؛ بسیاری ناقل ویروس‌ها می‌باشند

ادامه جدول ۲-۳ راسته‌های مهم حشرات آفت و مفید به همراه نمونه‌هایی از سایر بندپایان

راسته	نام عمومی	نام عمومی فارسی	نمونه	قطعات دهانی/ دگردیسی	سایر ویژگی‌ها	اطلاعات آفت
ادامه Homoptera					شته‌ها می‌توانند بدون بال یا بالدار باشند	
Lepidoptera	Butterflies and moths	پروانه‌ها و شب‌پره‌ها		لاروها جونده، بالغ‌ها مکنده/ دگردیسی کامل	بال‌های به‌نسبت بزرگ با پولک پوشیده شده‌و دارای ویژگی‌های شناسایی می‌باشند، لاروها caterpillar هستند (اغلب کرم نامیده می‌شوند)	بسیاری از آفات مهم می‌باشند
Hemiptera	True bugs	سن‌های حقیقی		زننده مکنده/ دگردیسی ناقص	بال‌های جلویی دارای پوشش سخت	بسیاری آفت و بسیاری مفیدند
Hymenoptera	Bees, Wasps, Ants	زنبورهای عسل، زنبورها، مورچه‌ها		جونده/ دگردیسی کامل	به طور معمول دارای قسمت میانی فشرده بین قفسه‌سینه و شکم ، بسیاری دارای نیش	تعداد زیادی آفت و بسیاری مفیدند
Collembola	Springtails	پادمان		جونده/ بدون دگردیسی	فاقد بال، شکم دارای زائده چنگال مانند به نام Furcula که به سمت عب گیر می‌کند و جشره می‌تواند بجهد، روی اولین بند شکم کلوفور وجود دارد	تعداد کمی آفات خاک‌زی
Arachnida	Spiders, Spider mites, Ticks, Scorpions	عنکبوت‌ها، کنه‌های عنکبوتی، کنه‌های حیوانی، عقرب‌ها		برنده و مکنده/ بدون دگردیسی	خیلی کوچک	بسیاری آفت و بسیاری مفیدند
Symphyla	Garden centipedes	صدپایان باغی		جونده/ بدون دگردیسی	دارای چندین پا، بدون بال	تعداد کمی آفات خاک‌زی



شکل ۲- ۹: شکل‌شناسی خارجی یک حشره عمومی. جفت بال‌های چپ برای درک بهتر حذف شده‌اند.



شکل ۲- ۱۰: طرح کلی ساده از قطعات دهانی حشرات مختلف: (a) جونده، آرواره‌های مقابل هم برای برش و خرد کردن غذا (نمونه؛ ملخ)؛ (b) زننده مکنده، استایلت‌های داخل غلاف حفاظتی با ورود به بافت میزبان امکان استخراج محتویات سلول را فراهم می‌کنند (نمونه؛ ساس)؛ (c) برنده لیسنده، (مگس‌ها)؛ و (d) سیفونی مکنده (نمونه؛ پروانه‌ها و شب‌پره‌ها)، بدون نفوذ حقیقی در میزبان برای مکیدن مایعات آزاد میزبان استفاده می‌شود.

۲. راسته راست‌بالان[1]: ملخ‌ها، سیرسیرک‌ها (شکل۳-۱) و آبدزدک‌ها از راست‌بالان هستند. آن-ها بیشتر از گیاهان تغذیه می‌کنند و قطعات دهانی جونده دارند.

۳. راسته شیخک‌ها[2]: شیخک (شکل۲-۱۲ a) از این راسته است اگر چه شیخک‌ها در تعدادی از کتاب‌های درسی در راسته راست‌بالان قرار داده می‌شوند. افراد این راسته شکارگران عمومی با قطعات دهانی جونده هستند.

۴. راسته سوسری‌ها[3]: سوسری‌ها از مهم‌ترین حشرات این راسته‌اند. بسیاری از گونه‌های سوسری‌های گیاهخوار قطعات دهانی جونده دارند. آن‌ها بیشتر آفات خانگی شناخته می‌شوند.

۵. راسته مساوی بالان[4]: افراد این راسته بیشتر از چوب تغذیه می‌کنند که دارای قطعات دهانی جونده هستند. موریانه‌ها در این راسته قرار می‌گیرند. تعدادی از گونه‌های مناطق گرمسیری موجب خسارت به محصولات می‌شوند و وجود لانه‌های موریانه‌ها روی سطح زمین، محصول و خاک‌های چراگاه را از استفاده اقتصادی ساقط می‌کند.

۶. راسته گوشخیزک‌ها[5]: راسته کوچکی که در برگیرنده گوشخیزک‌ها است. تعدادی از آن‌ها گیاهخوار هستند اما اغلب آن‌ها شکارگرانی با قطعات دهانی جونده هستند.

۷. راسته بال ریشک‌داران[6]: بال ریشک‌داران راسته کوچکی از حشرات است که افراد این راسته به تریپس‌ها مشهورند (شکل۲-۱۱ a). آن‌ها بیشتر گیاه‌خوار هستند، اما تعداد کمی هم شکارگر با قطعات دهانی برنده هستند. یک ویژگی منحصربه فرد این راسته وجود ریشک‌هایی در اطراف بال‌ها است.

۸. راسته بالتوری‌ها[7]: راسته کوچکی است که بالتوری‌ها را در بر می‌گیرد. لاروها شکارگرهای عمومی بسیار خوب با آرواره‌های داسی شکل جونده هستند (شکل۲-۱۲ b).

۹. راسته نیم بالان: این راسته در بر گیرنده سن‌های حقیقی[8] (واژه سن‌های حقیقی در واقع یک اصطلاح حشره‌شناسی است) است. تعدادی از کتاب‌های درسی، سن‌های حقیقی را در زیر راسته ناجوربالان[9] قرار می‌دهند و جوربالان[10] را دومین زیرراسته در راسته نیم‌بالان در نظر می‌گیرند. بسیاری از خانواده‌ها به‌طور کامل گیاه‌خوار هستند (شکل۲-۱۱ b)، سایر خانواده‌ها

[1] Orthoptera
[2] Mantodea
[3] Blattodea
[4] Isoptera
[5] Dermaptera
[6] Thysanoptera
[7] Neuroptera
[8] True bugs
[9] Heteroptera
[10] Homoptera

دارای هردوی، گونه‌های شکارگر و گیاه‌خوار هستند (شکل۲-۱۲ c). همه افراد این راسته قطعات دهانی زننده- مکنده دارند.

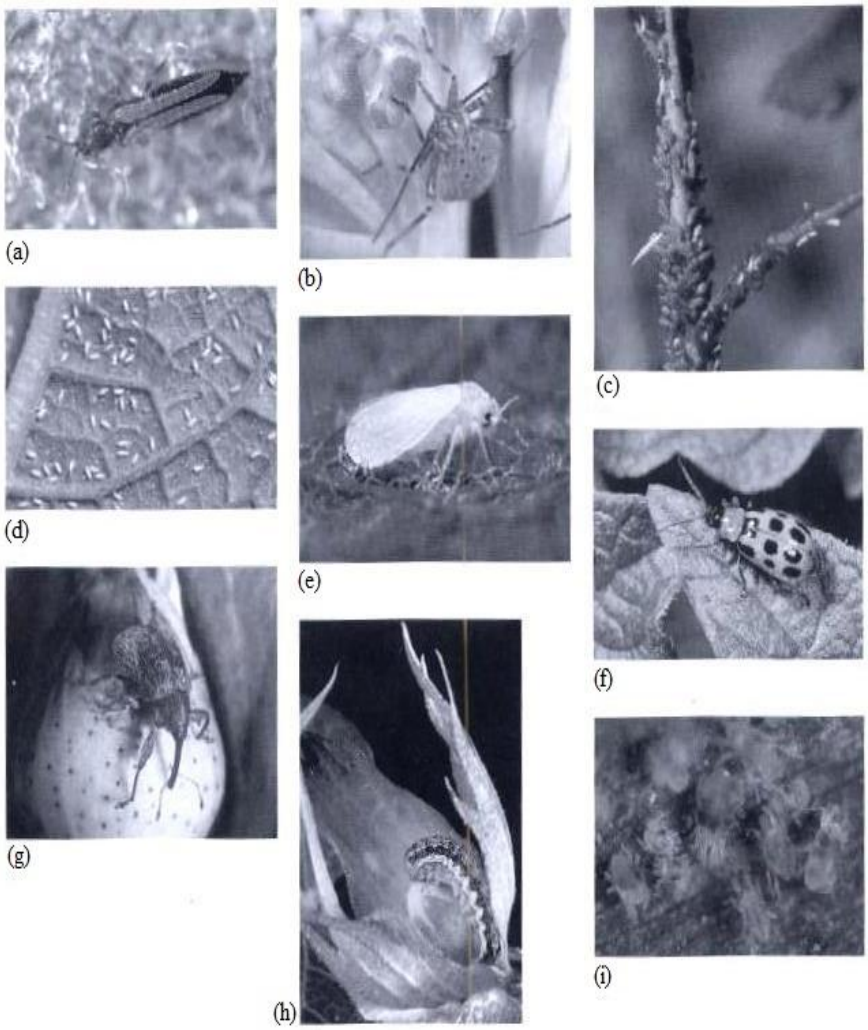
۱۰. راسته جوربالان: جوربالان راسته بزرگی از حشرات است که به طور کامل گیاه‌خوار بوده و قطعات دهانی زننده-مکنده دارند. این راسته شامل شته‌ها[۱] (شکل۲-۱۱ c)، شپشک‌ها[۲]، سفیدبالک‌ها[۳] (شکل۲-۱۱ e و d)، زنجرک‌های گیاهی[۴] و زنجرک‌های برگی[۵] است. تاکسونومی این گروه تحت بررسی است، براساس مدارک جدید عده‌ای پیشنهاد می‌کنند که همه افراد راسته جور بالان بایستی در راسته نیم بالان قرار گیرند.

۱۱. راسته سخت‌بالپوشان[۶]: این راسته شامل متنوع‌ترین گروه از موجودات زنده است. این راسته بزرگ شامل سوسک‌ها و سرخرطومی‌ها[۷] است. بسیاری از آنها گیاه‌خوار هستند (شکل۲-۱۱ f و g) و گونه‌هایی شکارگر هستند (شکل۲-۱۲ d) و همه آن‌ها قطعات دهانی جونده دارند. لاروها اغلب حفرکننده[۸] نامیده می‌شوند.

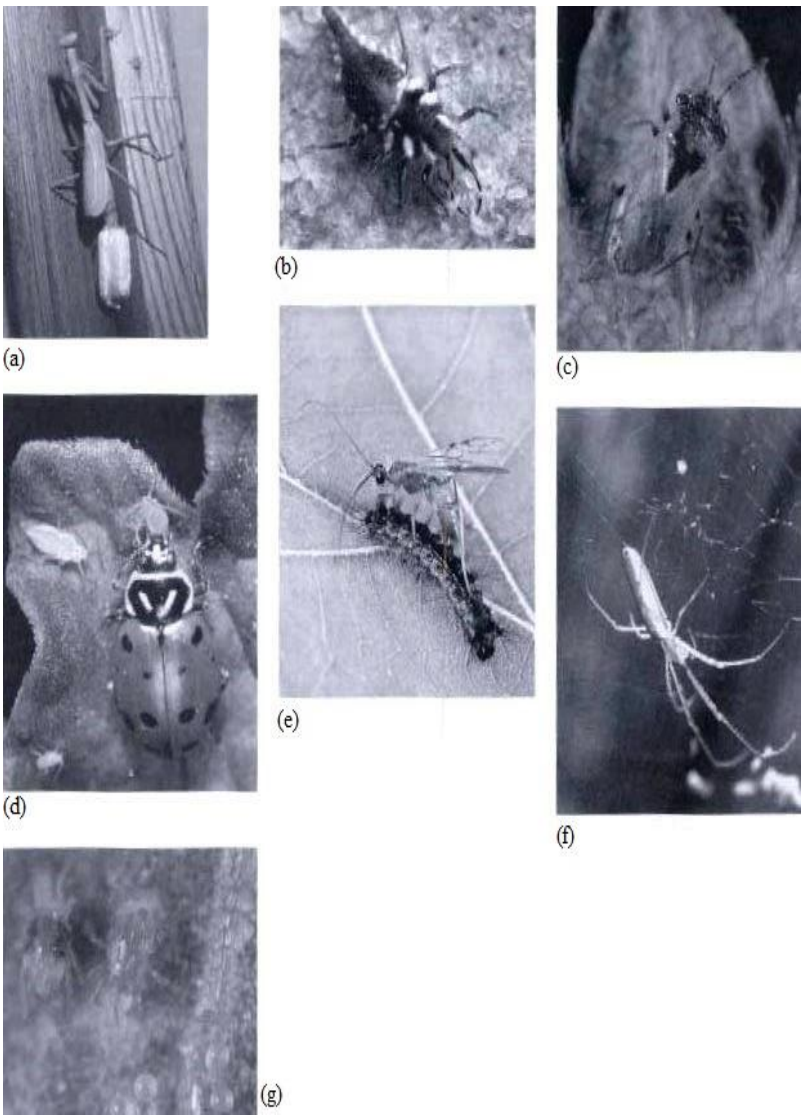
۱۲. راسته بالپولکداران[۹]: راسته بالپولکداران شامل پروانه‌های روز پرواز[۱۰] و شب پره‌ها[۱۱] است. آن‌ها بیشتر گیاه‌خوارند، لاروها قطعات دهانی جونده و افراد بالغ یک ساختار مارپیچی سازش یافته برای مکیدن و بالا کشیدن [مترجمین: مواد غذایی مایع] دارند (شکل۲-۱۰ d). لاروها بیشتر کاترپیلار[۱۲] یا به طور معمولی‌تر کرم نامیده می‌شوند.

---

[1] Aphids
[2] Scale insects
[3] Whiteflies
[4] Planthoppers
[5] Leafhoppers
[6] Coleoptera
[7] Weevils
[8] Grub
[9] Lepidoptera
[10] Butterflies
[11] Moths
[12] Caterpillar



شکل ۲- ۱۱: نمونه‌هایی از بندپایان آفت از راسته‌های مختلف. (a) تریپس‌های گل غربی؛ (b) پوره سن لیگوس در حال تغذیه روی گلچه‌های کلم براکلی؛ (c) کلنی بزرگی از شته‌ها روی ساقه یک رز؛ (d) سفیدبالک‌ها روی یک برگ کدو؛ (e) نمای نزدیک یک سفیدبالک بالغ؛ (f) سوسک خیار خالدار؛ (g) سرخرطومی غوزه پنبه؛ (h) لارو کرم غوزه پنبه و (i) کلنی کنه‌های دو لکه‌ای. منابع: تصاویر (a)،(f) و (i) از Jack Clark در قالب برنامه IPM ایالتی دانشگاه کالیفورنیا؛ تصویر (b) از Allen Cohen، USDA/ARS؛ تصاویر (c) و (d) از Robert Norris ؛ تصاویر (e) و (h) از Scott Bauer، USDA/ARS؛ و تصویر (g) از USDA/ARS که عکاس آن شناسایی نشد.



شکل ۲- ۱۲: نمونه‌هایی از بندپایان مفید منتخب. (a) شیخک، گذاشتن توده تخم (اتکا) روی یک تیر چوبی؛ (b) لارو بالتوری؛ (c) سن گنده چشم؛ (d) کفشدوزک در حال بلعیدن یک شته؛ (e) زنبور پارازیت در حال گذاشتن تخم روی یک کرم ابریشم باف ناجور؛ (f) عنکبوت گردباف؛ و (g) کنه شکارگر در حال خوردن تخم کنه دو لکه‌ای. منابع: تصویر (a) از Robert Norris ؛ تصویر (b) از Jack Dykinga، USDA/ARS؛ تصاویر (c)،(d) و (g) از Jack Clark در قالب برنامه IPM ایالتی دانشگاه کالیفورنیا ؛ تصاویر (e) و (f) از Scott Bauer، USDA/ARS.

۱۳. راسته دوبالان[1]: مگس‌ها و پشه‌ها جزء دوبالان هستند که از طریق دارا بودن تنها یک جفت بال تشخیص داده می‌شوند، از این رو دوبالان نامیده می‌شوند (شکل ۱۰-۳ a را ببینید). جفت دوم بال-ها تحلیل رفته و به‌صورت ساختارهای چماقی که هالتر[2] نامیده می‌شوند، در آمده است. تعداد زیادی گونه‌های گیاه‌خوار، همچنین گونه‌های انگل یا شکارگر وجود دارد. لاروها قطعات دهانی ساینده دارند در حالی‌که افراد بالغ دارای قطعات دهانی برنده- لیسنده یا لیسنده هستند. لاروها بیشتر مگوت[3] نامیده می‌شوند (شکل ۱۰-۳ b را ببینید).

۱۴. راسته بال‌غشائیان[4]: راسته بال‌غشائیان مورچه‌ها، زنبورهای wasps و زنبورهای عسل و گرده-افشان[5] را در بر می‌گیرند. تعداد کمی از خانواده‌ها گیاه‌خوار بوده، اما اغلب آن‌ها شکارگر یا انگل هستند (شکل۲-۱۲ e). همه آن‌ها قطعات دهانی جونده یا ساینده – لیسنده دارند. یک ویژگی این راسته وجود یک ساقه فشرده نازک بین قفسه‌سینه و شکم در تعدادی از عمومی‌ترین خانواده-هاست.

رده عنکبوت مانندها: رده عنکبوت‌مانندها[6] شامل بندپایان بدون شاخک یا آبشش[7]، به‌طور معمول با چهار جفت پا و یک سرسینه (سفالوتورکس)[8] ادغام شده است. این رده شامل حدود ۸ راسته است که راسته‌های زیر گونه‌هایی را در بر می‌گیرند که از بیشترین اهمیت اقتصادی برخوردار هستند. راسته عنکبوتیان[9]، عنکبوت‌ها را در بر می‌گیرد که اغلب عمومی‌ترین شکارگرها هستند (شکل۲-۱۲ f). راسته کنه‌ها[10]، این راسته در بر گیرنده کنه‌های گیاهی[11] (که شامل هر دوی،گونه‌های گیاه‌خوار (شکل۲-۱۱ i) و شکارگر مفید بوده (شکل۲-۱۲ g)) وکنه‌های حیوانی[12] است. راسته عنکبوت‌های پا بلند[13] شامل بابا لنگ درازها بوده و راسته عقرب‌ها، عقرب‌ها را در بر می‌گیرد.

---

[1] Diptera
[2] Halter
[3] Maggot
[4] Hymenoptera
[5] Bees
[6] Arachnida
[7] Gill
[8] Cephalothorax
[9] Aranea
[10] Acarin
[11] Mites
[12] Ticks
[13] Phalangida or Opilionids

رده سخت‌پوستان: بندپایان متعلق به این رده دارای دو جفت شاخک، یک سر و سینه ادغام شده بنام سرسینه هستند که بیشتر آبزی بوده و با آبشش تنفس می‌کنند. این رده، میگوها[1]، خرچنگ-های دراز[2] و خرچنگ‌های پهن[3] را در بر می‌گیرد. نمونه‌های آفت شامل گونه‌های خرخاکی[4] (شکل۲-۱۳ a) و چنگاره[5] (شکل۲-۱۳ b) است.

رده همنوعان[6]: این رده شامل گونه‌های کرمی شکل یا صدپا مانند است که دارای شاخک‌های ساده، ۱۰ تا ۲۰ جفت پا و به طور معمول خاکزی هستند.

رده‌های دیگر شامل رده هزارپایان[7] و رده صدپایان[8] هستند که به طور معمول آفت در نظر گرفته نمی‌شوند.

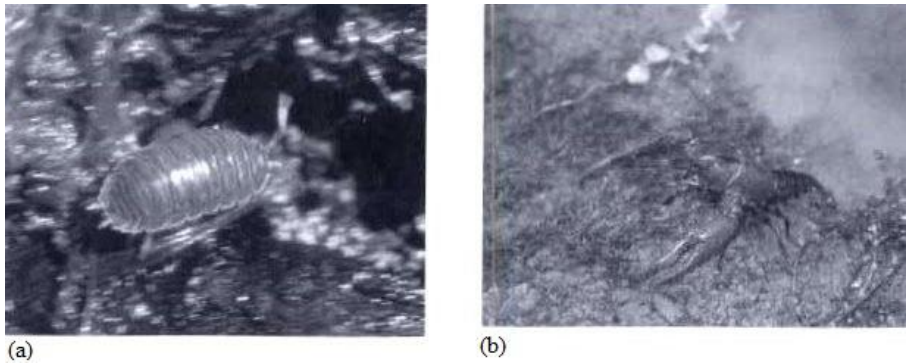
اصطلاح آفت[9] اغلب به معنای آفت حشره‌ای استفاده می‌شود اما کلمه حشره[10] اغلب حذف می-شود. این تعریف با تعریف به‌کار رفته در این کتاب تناقض دارد و اغلب باعث سردرگمی می‌شود. تعریفی از آفت که در اینجا پذیرفته شده، به نحوی است که شامل عوامل بیماری‌زا، علف‌های هرز، نماتدها، نرم‌تنان، مهره‌داران و حشرات می‌شود که دارای بیشترین سازگاری با مفهوم مدیریت تلفیقی آفات (IPM) هستند.

اغلب افرادی که با مدیریت آفت سر وکار ندارند، نسبت به هر نوعی از بندپایان تحمل پایینی دارند. نفرت یا بیزاری از حشرات، ترس از حشره[11] نامیده می‌شود و عده‌ای حتی این پدیده را ترس غیر منطقی از حشرات می‌دانند. ترس از حشره موجب استنباط همه حشرات به‌عنوان آفت می‌شود. به-طوری که بحث شد، اغلب عوامل بیماری‌زا، گیاهان، نماتدها و مهره‌داران آفت نیستند و همچنین اغلب حشرات هم در حقیقت آفت نیستند. بیشتر بندپایان فقط قسمتی از اکوسیستم هستند و برای فعالیت‌های بشر مفید هستند و حشرات سودمند یا مشارکت‌کننده در فرایندهای اکوسیستم (مانند گرده‌افشان‌ها و تجزیه‌کنندگان) رده‌بندی می‌شوند (فصل ۱۳ را ببینید). در حقیقت گونه-های کمی از بندپایان به محصولات آسیب رسانده یا از جهات دیگری فعالیت‌های بشر را مختل می‌کنند.

---

[1] Shrimps
[2] Lobsters
[3] Crabs
[4] Sowbugs
[5] Crayfish
[6] Symphyla
[7] Diplopoda
[8] Chilopoda
[9] Pest
[10] Insect
[11] Entomophobia

اغلب بندپایان مفید هستند. آنها بندپایان دیگر را مورد تغذیه قرار می‌دهند، در تجزیه مواد آلی و تمیز کردن محیط زیست نقش دارند، بسیاری از گیاهان را گرده‌افشانی می‌کنند و تولید عسل و ابریشم می‌کنند. آن‌ها از اجزای کلیدی اکوسیستم هستند و باید مورد حفاظت قرار گیرند.



شکل ۲- ۱۳: نمونه‌هایی از سخت‌پوستان. (a) خرخاکی (Sowbug یا pillbug)؛ و (b) چنگاره (cryfish) در حال بیرون آمدن از شالیزار. منبع: تصاویر از Robert Norris.

مشکلات ویژه‌ای که به وسیله بندپایان در ارتباط با گیاهان ایجاد شوند

مشکلات ذکر شده در زیر، علاوه بر آن مشکلاتی هستند که به‌عنوان اثرات عمومی در شروع فصل فهرست شدند. اثرات بند پایان روی محصولات به ۴ دسته مهم تقسیم می‌شوند:

۱- اثرات اقتصادی علاوه بر آن‌هایی که در ابتدای فصل ذکر شد شامل:

۱-۱- نقب زدن در لایه‌های سلول‌های مزوفیل برگ‌ها (مینوزهای برگ[1])

۱-۲- جویدن یا ایجاد سوراخ در بذرها، غده‌ها یا سایر تولیدات گیاهی در انبار. تخمین زده می‌شود سالانه در حدود ۲۰ ٪ فراورده‌های انباری در سرتاسر جهان، ۱۰ ٪ در آمریکای شمالی و اروپا و تا ۳۰ ٪ در کشورهای در حال توسعه به‌وسیله تغذیه بندپایان از بین می‌رود.

۱-۳- حفاظت از سایر حشرات گیاه‌خوار در برابر شکارگرانشان (مورچه‌ها که از کلنی‌های شته‌ها حفاظت می‌کنند).

۱-۴- ترشح مایع دفعی (عسلک)[2] که روی برگ‌ها انباشته شده و یک محیط کشت برای رشد کپک دوده‌ای[3] هستند. کپک دوده‌ای شدید مانع از رسیدن نور برای فتوسنتز می‌شود (شپشک‌ها و شته‌ها).

[1] Leaf miners
[2] Honey dew
[3] Sooty mold

۲- اثرات زیست محیطی: اثرات زیست محیطی یا اکولوژیکی حشرات به‌طور عمده از دخالت انسان در فرایندهای طبیعی موجود در سطح اکوسیستم یا به واسطه اعمالی که برای کنترل حشرات آفات صورت می‌گیرند، ناشی می‌شوند.

۲-۱- گونه‌های مهاجم غیر قابل کنترل، به‌ویژه در اکوسیستم‌های جنگل قابل‌توجه بوده‌اند (مانند ابریشم باف ناجور[1]).

۲-۲- هجوم ناقلین بیماری‌های جدید شامل نمونه‌ای از سوسک پوستخوار نارون اروپایی که در اوایل دهه ۱۹۰۰ به ایالات متحده هجوم برده است. قارچ *Ophiostoma ulmi* عامل بیماری مرگ نارون[2] است که به‌وسیله سوسک‌های پوستخوار منتقل می‌شود. اغلب درختستان‌های نارون آمریکایی در شرق ایالات متحده به وسیله این بیماری نابود شده‌اند.

۲-۳- آلودگی ناشی از کاربرد آفت‌کش‌ها برای کنترل آفات شامل DDT و دیگر حشره‌کش‌های آلی کلره که موجب نابودی جمعیت‌های بسیاری از گونه‌های پرندگان در دهه‌های ۱۹۴۰ و ۱۹۵۰ شدند.

۲-۴- اثرات پیش‌بینی نشده دشمنان طبیعی غیر بومی[3] وارد شده روی گونه‌های بومی غیر هدف (فصل ۱۳ را ببینید).

۲-۵- ساختارهای لانه‌سازی شامل لانه‌های ساخته شده به وسیله گونه‌های معینی از موریانه‌های گرمسیری. آن‌ها لانه‌های خاکی محکم به ارتفاع ۴ تا ۵ فوت روی سطح زمین می‌سازند. این لانه‌ها ممکن است به قدری فراوان باشند که کل مناطق، برای تولید کشاورزی بی‌ارزش شوند.

۳- اثرات ایمنی و سلامتی: بسیاری از اثرات ایمنی و سلامتی در ارتباط با بندپایان اغلب خارج از موضوع کشاورزی هستند و اینجا مورد بررسی قرار نمی‌گیرند.

۳-۱- بندپایان می‌توانند باعث آزار و اذیت افراد و حیوانات خانگی شوند. آن‌ها می‌توانند باعث ناراحتی‌های شدید برای افرادی شوند که در زمین‌های کشاورزی کار می‌کنند. آلودگی‌های زنجرک برگ مو[4] می‌توانند از ورود کارگران به تاکستان‌ها جلوگیری کند، به‌طوری‌که این حشرات هنگامی که تعدادشان زیاد باشد، استنشاق می‌شوند. جمعیت‌های بالای مگس‌ها در هنگام دوشیدن شیر در دامداری‌ها ممکن است باعث تولید کمتر شیر شود.

---

[1] Gypsy moth
[2] Dutch elm disease
[3] Exotic
[4] Grape leafhopper

مهره‌داران

شرح موجودات زنده

مهره‌داران جانورانی با یک ستون فقرات هستند (شکل ۲-۱۴). تعدادی علف‌خوار، تعدادی گوشت-خوار و بسیاری از آن‌ها همه‌چیز خوارند. مهره‌داران علف‌خوار اغلب آفات بسیار جدی در تعدادی از سیستم‌ها هستند. عدم توسعه کشاورزی حاصل‌خیز در قارهٔ آفریقا قبل از دوران استعماری به فیل-ها نسبت داده شده است (پارکر و گراهام[1] ۱۹۸۹، بارنز[2] ۱۹۹۶). بشر نمی‌توانست جلوی نابود کردن محصولات به وسیله فیل‌ها را بگیرد. نابودی تمام روستاها در نتیجه فعالیت این آفت شاید یک رویداد معمولی محسوب می‌شد. گروه‌هایی از مهره‌داران زیر آفت محسوب می‌شوند.

۱- خزندگان[3]: آفات خزنده شامل تعدادی از مارمولک‌ها، مارها، کروکودیل‌ها و قورباغه‌ها می‌شوند. این گونه‌های آفت بیشتر گرمسیری هستند. اغلب خزندگان علف‌خوار نبوده و موجب ایجاد مشکلات کشاورزی نمی‌شوند.

۲- پرندگان[4]: قابلیت پرواز، تشکیل دسته (گروه) (شکل ۲-۱۴ a) و زندگی به نسبت طولانی، آن‌ها را به یک مشکل جدی تبدیل می‌کند. در بسیاری از موارد، اطلاعات راجع به خسارت پرندگان مبهم یا نامشخص است. پرندگان سیاه مقدار زیادی از ذرت را در خاورمیانه مصرف می‌کنند و سارها خسارت عمده‌ای را به محصولات در انگلیس وارد می‌کنند. چکاوک شاخدار[5] می‌تواند یک مزرعه از محصولات تازه روئیده از قبیل کاهو و چغندرقند را نابود کند به طوری که مستلزم کاشت مجدد این محصولات است. پرندگان در باغچه‌ها یا عملیات کشاورزی در سطح کوچک مشکل جدی محسوب می‌شوند.

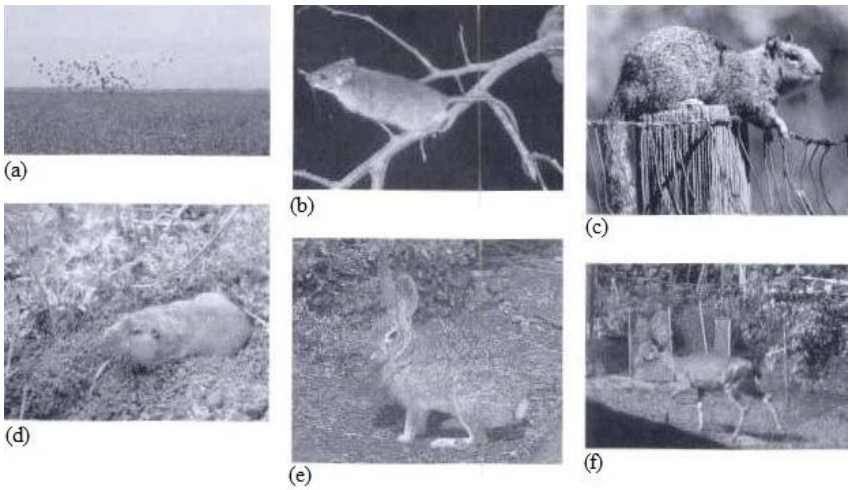
۳- پستانداران[6]: پستانداران گروه بزرگ و متنوعی از جانوران مهره‌دار هستند که از طریق تولد بچه مشخص می‌شوند [مترجمین:بچه‌زا هستند].چندین راسته از پستانداران در برگیرنده تعداد زیادی ازگونه‌های مهم آفات هستند.

۳-۱.کیسه‌داران[7]: گروهی از جانوران که زائیده می‌شوند اما نه به طورکامل رشد یافته، بلکه رشد و نمو آن‌ها داخل کیسه کوچکی واقع در سطح بدن جانور ماده کامل می‌شود. آفات موجود در این راسته شامل اپاسم‌ها[8] وکانگروها که به ترتیب حشره‌خوار و علفخوار هستند می‌شود.

---

[1] Parker and Graham
[2] Barnes
[3] Reptiles
[4] Birds
[5] Horned Lark
[6] Mammals
[7] Marsupialia
[8] Opossums

۳-۲. جوندگان[1]: پستانداران معینی که به وسیله دندان‌های جونده جلویی خود تشخیص داده می‌شوند، از قبیل موش‌های صحرایی[2] (شکل ۲-۱۴ b)، سنجاب‌ها[3] (شکل ۲-۱۴ c)، سمورها[4]، موش‌های خرما[5]، سگ‌های دشت‌ها[6]، موش‌های خانگی[7]، ول‌ها[8]، سنجاب‌های زمینی[9] (شکل ۲-۱۴ d) و سگ‌های آبی[10].



شکل ۲- ۱۴: نمونه‌های مصور از آفات مهره‌دار. (a) دسته‌ای پرنده روی یک مزرعه گندم، (b) موش سقف روی شاخه یک درخت، (c) سنجاب زمینی کالیفرنیا، (d) موش کیسه‌دار؛ (e) خرگوش پنبه دم، و (f) گوزن در یک باغ. منابع: تصاویر (a)،(b)، (c) (d) و (e) از Jack Clark در قالب برنامه IPM ایالتی دانشگاه کالیفورنیا؛ و تصویر (f) از Robert Norris.

[1] Rodentia (Rodents)
[2] Rats
[3] Squirrels
[4] Chipmunks
[5] Marmots
[6] Prairie dogs
[7] Mice
[8] Voles
[9] Gophers
[10] Beavers

۳-۳. خفاشیان[1]: این راسته در برگیرنده تعداد کمی از پستاندارانی است که پرواز می‌کنند، خفاش-ها[2]. بسیاری از گونه‌های خفاش‌ها شکارگر و از عوامل مهم کنترل بیولوژیکی هستند. سایر گونه‌ها میوه‌خوار بوده و موجب خسارت به میوه‌های محصولات می‌شوند.

۳-۴. خرگوشیان[3]: خرگوشیان جوندگانی با دو جفت دندان پیشین هستند شامل جفت اصلی و جفت دوم از دندان‌های پیشین کوچک، که درست در پشت سر آن‌ها رشد می‌کنند. نمونه‌ها شامل خرگوش‌های دم‌پنبه‌ای[4] (شکل ۲-۱۴ e) و خرگوش‌های آمریکایی است.

۳-۵. فردسمان[5]: فردسمان پستانداران به نسبت بزرگ و دارای یک دندان با ساختمان ویژه برای جویدن علف‌ها بوده و سم‌ها دارای تعداد فردی از انگشتان پا هستند. اسب‌ها، پستانداران خوک-سان[6] و کرگدن‌ها.

۳-۶. جفت‌سمان[7]: پستاندارانی بزرگ، معمولا با تعداد زوج از انگشتان پا که شامل خوک‌ها، گوزن-ها، بزها، گوسفندها، اسب‌های آبی[8] و شترها می‌شوند. گوزن‌ها (شکل ۲-۱۴ f) می‌توانند خسارت قابل توجهی را به محصول از طریق تغذیه مستقیم به ویژه در نواحی روستایی و حیاط‌ها برای کشاورزان و باغبانان ایجاد کنند.

۳-۶. گوشت‌خواران[9]: حیواناتی که به وسیله دندان‌های نیش رشد کرده قابل تشخیص هستند. اغلب آن‌ها شکارگر بوده، اما ممکن است از غذاهایی‌که منشا گیاهی دارند نیز تغذیه کنند. (سگ‌ها، گربه-ها، خرس‌ها، راکن‌ها[10]،راسوها[11]، نحس‌ها[12]،کفتارها، فک‌ها[13]، فیل‌های دریایی[14]).

۳-۷. خرطوم‌داران[15]: حیوانات بزرگی که بیشتر به وسیله گسترش بینی به صورت یک خرطوم دراز مشخص می‌شوند. فیل‌ها که جانورانی علف‌خوارند می‌توانند از آفات جدی محسوب شوند. آن‌ها به دلیل اندازه بزرگشان از طریق لگد کردن باعث خسارت می‌شوند و مدیریت آن‌ها مشکل است.

---

[1] Chiroptera
[2] Bats
[3] Lagomorpha or Duplicidentata
[4] Cottontail rabbits
[5] Perissodactyla
[6] Tapirs
[7] Arctiodactyla
[8] Hippopotamuses
[9] Carnivora
[10] Raccoons
[11] Weasels
[12] Mongooses
[13] Seals
[14] Walruses
[15] Proboscidea

۳-۸. نخستیان: شامل میمون‌ها، میمون‌های پوزه دراز[1]، گوریل‌ها، شمپانزه‌ها وانسان‌ها می‌شوند. اگرچه میمون‌ها در نقش یک آفت در بعضی از مناطق می‌توانند باعث گرفتاری و دردسر شوند، انسان‌ها نیز در زمان‌هایی به واسطه تخریب، بدجنسی یا خسارت بی‌جهت و دستبرد [مترجمین: در طبیعت] بدترین آفت محسوب می‌شوند.

مشکلات ویژه‌ای که به وسیلهٔ مهره‌داران ایجاد می‌شوند

آفات مهره‌دار به‌دلیل اندازه به نسبت بزرگ و زیرکی خود، چندین مشکل متفاوت با مشکلاتی که به سایر گروه‌های آفت نسبت داده می‌شوند، به وجود می‌آورند.

۱- خسارت مستقیمی که به محصولات علاوه بر تغذیه وارد می‌شود.

۱-۱. کندن زمین و خوردن بذرها بعد از کاشت بذر. این مشکل مربوط به پرندگانی از قبیل کلاغ‌ها و چکاوک‌ها است و سنجاب‌ها نیز گاهی اوقات یک مشکل محسوب می‌شوند، در نتیجه نیاز به کشت مجدد مزارع است که هم یک هزینه مالی و هم هزینه‌ای در کاهش طول فصل کشت محصول در بر دارد.

۱-۲. کندن پوست درختان (شکل ۷-۶ را ببینید). این مشکل شدید باعث مرگ درختان می‌شود. نمونه‌هایی که موجب این خسارت می‌شوند شامل گوزن‌ها، سنجاب‌های زمینی، خرگوش‌ها و موش-ها هستند.

۱-۳. خوردن میوه‌ها و بذرها. پرندگان و خفاش‌های میوه‌خوار می‌توانند محصولات رسیده از قبیل آلو و گیلاس را از بین ببرند. تخمین زده شده که پرندگان سیاه در میانه غرب ایالات متحده موجب تلف شدن ذرت در هر جریب می‌شوند. موش‌ها می‌توانند در مزارع غلات جستجو و کل خوشه‌ها را به جای دیگری در مخفی‌گاه غذایی خود حمل و پنهان کنند.

۲- خسارت فیزیکی از فعالیت آفات مهره‌دار به نسبت بزرگ ایجاد می‌شود.

۲-۱. به‌وجود آوردن تپه‌های خاکی. آن‌ها با فعالیت حفر کردن، موجب ایجاد مشکلاتی برای دستگاه‌ها و به‌ویژه دستگاه‌های جمع کننده خرمن‌ها می‌شوند.

۲-۲. لگد کردن، خمیدگی گیاهان. این یک مشکل جدی در رابطه با جانوران بزرگ از قبیل فیل‌ها و اسب‌های آبی است.

۲-۳. حفر کردن برای به‌دست آوردن غذا از قبیل ریشه‌ها و کرم‌های حفرکننده (سفید ریشه). گندراسوها[2] روی زمین‌های گلف به جستجوی کرم‌های سفید در خاک می‌پردازند و مشکلاتی را به‌وجود می‌آورند.

---

[1] Lemurs
[2] Skunks

۳- حمل و نقل و انتشار سایر آفات هنگامی ایجاد می‌شوند که جوندگان و پرندگان بذرهای علف‌های هرز را مخفی و ذخیره می‌کنند. پرندگان می‌توانند بذرهای علف‌های هرز را بخورند که در ادامه از طریق مدفوعشان در مکان‌های متفاوتی گذاشته می‌شود.

۴- جانوران حفرکننده از قبیل سنجاب‌های زمینی و خرگوش‌ها در زیر زمین، تونل‌ها، راهروها و محل‌های پرورش را بنا می‌کنند. این فعالیت موجب مشکل شدن آبیاری سطحی و منجر به ناتوانی خاکریزها درکنترل سیل می‌شود.

۵- تخریب می‌تواند مشکل جدی در پارک‌ها و زمین‌های گلف باشد. اداره کردن این نوع خسارت بسیار مشکل است و تنها راه حل آن خارج کردن متهمان از این محیط‌ها است.

بسیاری از این مسائل در سال‌های اخیر به دلیل برنامه‌های حفاظت افزایش یافته که در نتیجه ایجاد زیستگاه‌ها مناسب برای آفات مهره‌دار، است.

منابع

Anonymous. 1970. Vertebmte pests: Problems and control. Washington, National Academy of Sciences, National Research Council (U.S.), Committee on Plant and Animal Pests, Subcommittee on Vertebrate pests, p. 153.

Barnes, R. F. W. 1996, The conflict between humans and elephants in the Central African forests. Mamma1Review 26:67-80.

Giampietro, M., G. Cerretelli, and D. Pimentel. 1992. Energy analysis of agricultural ecosystem management-Human return and sustainability. Agric. Ecosyst. Environ. 38:219-224.

Hoare, R. E. 1999. Determinants of human-elephant conflict in a land-use mosaic. J. Appl. Ecol. 36:689-700.

Holm, L. G. 1971. The role of weeds in human affairs. Weed Sci. 19:485-490.

Holm, L. G., D. L. Plucknett, I. V. Pancho, and P. Herberger. 1977. The worlds worst weeds: Distribution and biology Honolulu: University Press of Hawaii, xii, 609.

Koenning, S. R., C. Overstreet, J. W. Noling, P. A. Donald, I. D. Becker, and B. A. Fortnum. 1999. Survey of crop losses in response to phyloparasitic nematodes in the United States for 1994. J. Nematol. 31:587-618.

Parker, I. S. C., and A. D. Graham. 1989. Elephant decline [part I]. Downward trends in African elephant distribution and numbers. Int.]. Environ. Studies 34:287-305.

Sasser, J. N., and D. W. Freckman. 1987. A world perspective on nematology: The role of the society. In J. A. Veech and D. W. Dickson, eds., Vistas on nemutology Hyattsville, Md.: Society of Nematologists, 7-14.

فصل سوم: توسعه تاریخی مدیریت آفات

رئوس مطالب این فصل

- مقدمه
- دوران باستان
- میلاد مسیح تا قرون وسطی
- قرن هفدهم
- قرن هیجدهم
- قرن نوزدهم
- اوایل قرن بیستم (۱۹۵۰- ۱۹۰۰)
- اواخر قرن بیستم (۲۰۰۰- ۱۹۵۱)

مقدمه

از آغاز کشاورزی در حدود ۱۰ هزار سال قبل از میلاد مسیح، کمبود شدید غذا و قحطی همواره تهدیدی برای جمعیت بشر در سراسر دنیا بوده است. کمبود غذا به همراه سوء تغذیه مربوط به آن- که موجب افزایش حساسیت به بیماری می‌شود اغلب به‌طور گسترده‌ای باعث رشد بسیار کند جمعیت انسان در طول تاریخ بوده است. امکان بروز چنین تلفات فاجعه‌آمیزی هنوز وجود دارد. بیشترین خسارات محصولات ناشی از آب و هوای نامساعد و بیماری‌ها است. طغیان‌های دوره‌ای حشراتی نظیر ملخ‌ها، کرم‌های پیاده نظام[1]، ساقه‌خوارها و زنجرک‌های گیاهی[2] که گاه باعث مشکلاتی می‌شوند وجود داشته و اکنون نیز وجود دارند (شکل ۳-۱). منابع اولیه موجود در کشورهای چین و ژاپن دربرگیرنده گزارش‌های مربوط به طغیان حشرات و روش‌های کنترل آن‌ها است. علف‌های هرز همیشه یک مسئله مهم در تولیدات کشاورزی بوده‌اند اما هرگز عامل قحطی نبوده‌اند زیرا می‌توان آن‌ها را از طریق عملیات دستی کنترل کرد. آفات مهره‌دار منبع همیشه حاضر در ایجاد خسارت به محصولات غذایی بوده‌اند.

[1] Army worms
[2] Planthoppers

شکل ۳- ۱: هجوم ملخ‌ها (حدود ۳ تا ۶ کیلومترمربع) به مزرعه‌ی ارزن در بمبئی. منبع: تصویر از M. de Montaigne، FAO.

پیشرفت عمده دانش بشر در زمینه آفات در طول ۲۰۰ سال گذشته صورت گرفت. بسیاری از فناوری‌های مورد استفاده در مدیریت آفت نتیجه پیشرفت‌های صورت گرفته در طول ۶۰ سال گذشته و یا بیشتر بوده است و این فناوری‌ها تا قبل از سال ۱۹۴۰ در دسترس نبوده‌اند. تکوین فعلی در زمینه زیست‌شناسی مولکولی و کشاورزی دقیق، پیشرفت‌های فناوری را فراهم می‌آورد که پیدایش روش‌های کنترل آفت موثرتر را وعده می‌دهد. این مطالب در سراسر کتاب مورد بحث قرار گرفته و در پایان کتاب دوباره بیان شده است. این فصل مرور مختصری در مورد تکوین تاریخی زیست‌شناسی و کشاورزی که مدیریت آفت را تحت‌تأثیر قرار داده است، فراهم می‌آورد.

دوران باستان (۱۰ هزار سال قبل از میلاد)

خلاصه ای از وقایع

در طول این دوره مردم در نقاط مختلف دنیا گونه‌های مهم محصولات نظیر گندم، جو، یولاف، برنج، ذرت، سویا، لوبیا، سیب زمینی، سیب زمینی شیرین، سیب زمینی هندی، کاساوا، خرما، نارگیل، سورگوم، مو و پنبه را پرورش دادند. محصولات در مزارع، در خاک‌هایی رشد می‌کردند که بیشتر با بیل کشت می‌شدند. زراعت کردن شاید یک کار پرمشقت عمده به دلیل این که آدم مورد لعنت خدا قرار گرفته است، بوده است. همچنان که در کتاب مقدس بیان می‌شود: و به آدم گفت چون تو به خواسته همسرت گوش کردی و بی‌درنگ از آن درخت خوردی که من به تو توصیه کرده بودم و گفته بودم نباید از آن بخوری؛ زمین به‌خاطر تو ملعون شد؛ متأسفانه باید در تمام روزهای

زندگیت از آن بخوری (تورات ۳: ۱۷). این کار پر مشقت موقعی کـه شـخم سـاده در حـدود ۴۰۰۰ سال قبل از میلاد شناخته شد اندکی سبکتر شد. محصولات کشت شده (بیشـتر غـلات) بـه مـدت طولانی ذخیره می‌شدند. فساد محصولات برداشت شده و همچنین تخریب آن‌ها توسط مـوش‌هـای صحرایی، موش‌های خانگی و حشرات آفت مشکلات همیشگی بودند.

عدم درک زیست‌شناسی محصولات تولیدی و آفات مربوط به آن باعث شد در تمام ایـن دوره بشـر تحت‌تأثیر تخیلات طبیعی در خصوص علل بروز این مشکلات قرار گیرد. فقدان غذا ناشـی از غـارت آن توسط آفات مشکل عمده‌ای در رشد جمعیت انسان بود. اطلاعات تاریخی متنـوعی از مشـکلات ناشی از آفات در این دوره وجود دارد و طغیان آفت، اغلب مجازاتی برای انسان به واسطه خشم خدا تصور می‌شد.

حشرات از آغاز زراعت محصولات برای انسان مشکل‌ساز بودند. طغیان ملخ‌ها، و سایر حشرات وجود داشت اما کارهای کمی در رابطه با این مشکلات می‌توانستند انجام دهند. به‌دلیل ناتوانی در کنتـرل این آفات، مردم برای آسایش یا پناه یافتن دعا می‌کردند و از راه‌های (درمان‌های) قومی و سنتی که اغلب غیر مفید بود استفاده می‌کردند. هر چند مشکلات حشرات به طور معمول بـه صـورت دوره‌ای بود ولی اگر مردم می‌توانستند غذا را ذخیره کنند می‌توانستند به مدت یک سال زنـدگی کننـد، در غیر این صورت خانواده، قبیله یا مردم روستای آن‌ها از گرسنگی می‌مردند.

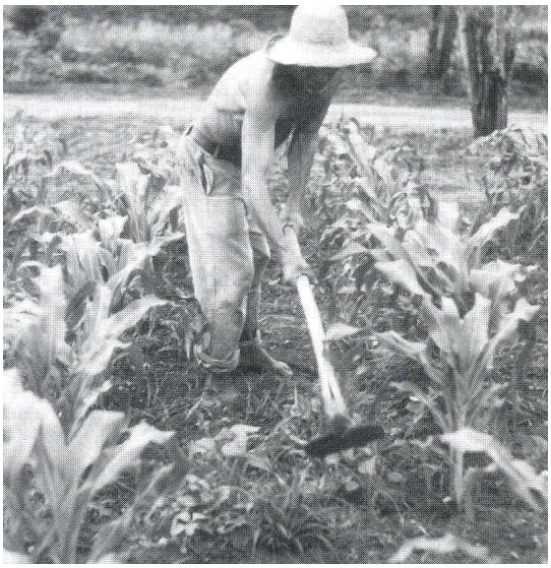
عوامل بیماری‌زا نیز به محصولات صدمه می‌زدند و آن‌ها را از بین می‌بردند و همانند حشرات اغلـب قابل کنترل نبودند. بیماری‌ها تعیین می‌کردند که انسان چه محصولاتی را می‌تواند پـرورش دهـد و چون تابعی از محیط هستند حتی می‌توانستند محلی که انسان‌ها در آن زنـدگی مـی‌کردنـد را نیـز تحت‌تأثیر قرار دهند.

مصرف غلات انبار شده توسط مهره‌داران به‌ویژه موش‌های صـحرایی و خـانگی حـائز اهمیـت بـود. جوندگانی که در نزدیکی انسان‌ها زندگی می‌کردند مشکلات دیگری به‌وجود می‌آوردند زیرا میزبـان ناقلین بیماری‌های انسانی بودند. طاعون[1] بیماری ویران‌کننده بود که به وسیله یک کـک از مـوش-های خانگی منتقل می‌شد.

علف‌های هرز از سایر آفات متفاوت بودند می‌توان آن‌ها را منحصر به فرد در نظر گرفت زیرا در طول تاریخ علف‌های هرز تنها نوع آفات بوده‌اند که حتی در دوران باستان کنترل شده‌اند. بـه طـور حـتم کنترل دستی علف‌های هرز ضروری بود چون بذر علف‌های هرز که در خاک ذخیره می‌شدند باعـث حضور هر ساله علف‌های هرز می‌شدند. اگر علف‌های هرز کنترل نمی‌شدند تولید محصـولات اصـلی به‌طور قابل توجهی کاهش می‌یافت. برای هزاران سال تصور از کشـاورز کسـی بـود کـه همـواره بـه

[1] Bubonic Plague

وجین کردن علف‌های هرز می‌پرداخت. برای مرد، زن و بچه در دست داشتن بیل سمبل کار کشاورزی بود و امروزه در بعضی از نقاط دنیا هنوز هم مرسوم است (شکل۳-۲). مدیریت علف‌های هرز تا حد زیادی این‌که چه تعداد انسان برای تولید موفقیت آمیز غذای کافی از یک زمین معین نیاز بودند را تعیین می‌کرد و هنوز در بسیاری از کشورهای در حال توسعه پا برجاست (شکل۲-۵ را ببینید). در نتیجه کشاورزان تنها به اندازه زمینی که اعضای خانواده آن‌ها می‌توانستند در آن کار کنند قادر به کشاورزی بودند.



شکل ۳- ۲: کندن علف‌های هرز در مزرعه‌ی ذرت در آمریکای مرکزی؛ فردی با علف‌کن، نمونه‌ای نمادین از کشاورزی و نیاز کنترل علف‌های هرز. منبع: تصویر از Marcos Kogan.

رویدادهای مهم طی دوران باستان

۴۷۰۰ قبل از میلاد، چینی‌ها به اهلی کردن کرم ابریشم مبادرت کردند که نشان دهنده دانش اولیه در زمینه چگونگی رشد و تولیدمثل حشرات است.

۳۰۰۰ قبل از میلاد، موش‌های صحرایی مشکلی همیشگی هستند در نقل قولی از یک کتاب مقدس هندی ذکر شده است:

O Ishwini: همه جوندگان پنهان زیر زمین را که محصولات غذایی ما را نابود می‌کنند بکشید، سر آن‌ها را ببرید، گردنشان را بشکنید، دهانشان را ببندید که هرگز نتوانند غذای ما را از بین ببرند، بشر را از شر آن‌ها خلاص کنید.

تله‌های موش تا دوران اخیر در تمدن تورانیان استفاده می‌شد.

۲۵۰۰ قبل از میلاد، خواص حشره‌کشی گوگرد کشف شد و این عنصر به‌وسیله سومری‌ها برای کنترل حشرات و کنه‌ها استفاده شد.

۱۰۰۰ قبل از میلاد، مصری‌ها و چینی‌ها یاد گرفتند که حشره‌کش‌های گیاهی را برای حفاظت محصولات انباری استفاده کنند. این مواد شیمیایی به‌دست آمده از گیاهان خاصیت حشره‌کشی دارد مانند نیکوتین و پیرترین (فصل۱۱).

۳۷۰-۲۸۶ قبل از میلاد، تئوفراستوس[1] پدر علم گیاه‌شناسی[2] تفاوت اپیدمی‌شناسی بیماری بین محصولات مناطق پست و دامنه‌های کوه[3] را کشف کرد. این مشاهدات منتهی به مفهوم رشد محصولات حساس در شیب‌ها نسبت به رشد آن‌ها در دره‌ها شد. امروزه این تفاوت‌ها در حساسیت به بیماری را می‌توانیم به تغییرات در زهکشی و رطوبت نسبت دهیم. تئوفراستوس همچنین به وجود علف‌های هرز پی برد اما هیچ روش کنترلی به غیر از بیل زدن و شخم زدن معرفی نکرد. بجز موارد جزیی، در اصل پیشرفت‌های بیشتری در خصوص مفهوم آفات و مدیریت آن‌ها برای دو هزار سال بعدی وجود نداشت.

۲۵۰ قبل از میلاد، ایده انبار کردن غلات در بالای سطح زمین به وسیله تیرک‌های سنگی قارچی شکل برای جلوگیری از صعود موش‌ها از انبار غلات و دستیابی به غلات انباری توسعه یافت (شکل۳-۳). این روش‌ها هنوز در بسیاری از مناطق دنیا استفاده می‌شود.

Old Testament (بخش اول انجیل) بسیاری از مشکلات آفات را توصیف می‌کند اما هیچ روش کنترلی را شامل نمی‌شود:

تاریس[4] (نوعی گیاه سمی) علف‌های هرز هستند.

بلاست وسفیدک[5] بیماری هستند.

آفت احتمالاً به ملخ‌ها گفته می‌شود. سایر بندپایان که به‌ویژه در کتاب مقدس ذکر شده است مورچه‌ها، زنبورها، کک‌ها، مگس‌ها،کرم‌های سفید ریشه، شپش‌ها، لارو دوبالان، آبدزدک‌ها، شب پره‌ها، عقرب‌ها، عنکبوت‌ها و کرم‌ها هستند (به طور کلی). موش‌های خانگی و صحرایی جانوران موذی[6] هستند. مار بزرگ آتشین[7] احتمالاً یک نماتد پارازیت کننده انسان بود.

---

[1] Theophrastus
[2] Botany
[3] Hillside
[4] Trares
[5] Mildem
[6] Vermin
[7] Fiery Serpent

شکل ۳- ۳: انبار غلاتی در سوئیس که روی پایه‌های قارچی‌شکل بنا شده تا از هجوم موش‌ها جلوگیری شود. منبع: تصویر از Robert Norris.

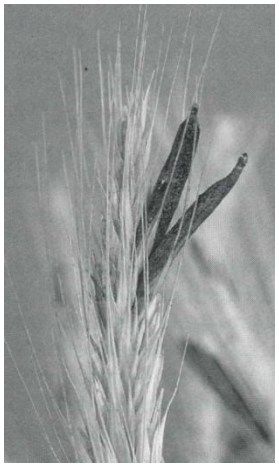
میلاد مسیح تا قرون وسطی

خلاصه وقایع

اطلاعات چندانی در مورد پیشرفت‌های کشاورزی در طول این دوره شناخته نشده است. چون تعداد کمی از آن‌ها ثبت شده‌اند. اما به هرحال آنچه که معلوم است این است که طغیان موش‌ها، سوسری‌ها، ملخ‌ها و بیماری‌های اپیدمی که منجر به قحطی می‌شد از رویدادهای بسیار فراوان بود.
اگرچه مردم اهمیت آفات را دریافتند، عدم آگاهی حتی از اساس زیست‌شناسی آفت، توانایی آن‌ها را برای توسعه روش‌های کنترل محدود می‌کرد. فقدان تجهیزات برای مشاهده موجودات میکروسکوپی و عدم آگاهی از علم ژنتیک پیشرفت در این دوره را به حداقل می‌رساند. برخی از تلاش‌های اولیه در این دوره برای کنترل آفات غیر از علف هرز بر اساس خرافات بود. رومی‌ها خدایی از زنگ بنام روبیگوس[1] داشتند که هر بهار با یک جشن به امید این‌که این بیماری زنگ غلات کاهش می‌یابد خشنود می‌شد. همچنین خدایی از علف هرز به نام ران سینا[2] داشتند که تصور می‌کردند کنترل علف هرز را آسانتر می‌کند. برخی جوامع از قربانی کردن انسان به عنوان وسیله‌ای برای دور کردن آفات استفاده می‌کردند.

[1] Robigus
[2] Runcina

اکنون تصور بر این است که شرایطی مثل ارگوتیسم[1]، که St. Anthony, s fire نیز نامیده می شود مشکل همیشگی بود. ارگوت‌ها ساختارهای سخت و سیاه هستند که جایگزین دانه‌ها در غلات به ویژه چاودار می‌شوند و هنگامی به وجود می‌آیند که قارچ بیماری‌زای *Claviceps purpurea* باعث رشد و نمو دانه‌های غلات به شکل اسکلروتیوم (که در حقیقت ساختار زمستانگذران آن است) می‌شود (شکل ۳-۴). وقتی دانه‌های چاودار به مقدار ناچیز ۰/۳ درصد آلوده به ارگوت می‌شوند، آرد حاصل از چنین دانه‌هایی می‌تواند باعث بیماری یا حتی مرگ انسان در اثر تغذیه آن شود. این قارچ ترکیباتی مربوط به اسید لیسرژیک[2] تولید می‌کند که باعث توهم، قانقاریا و سایر دردها می‌شود. در قرون وسطی این عامل بیماری‌زا در محصولات غلات شایع بود.



شکل ۳- ۴: دانه‌های ارگوته شده‌ی سیاه در چاودار به سبب آلودگی با قارچ *Claviceps purpurea*. قارچ ارگوت را جایگزین کرده و این دانه محتوی سموم مربوط به لیسرجیک اسید است. منبع: تصویر از Jack Clark در قالب برنامه IPM ایالتی دانشگاه کالیفورنیا.

در سال ۱۶۹۱ تا ۱۶۹۲ ارگوت به خوبی در خرافات مردم منطقه سلم در ایالت ماساچوست نقش داشت. علایم تحمل مردم از سحر (افسون) در حقیقت توانسته بود روی محصولات ارگوت[3] زده بسیار بالا باشد. طغیان ارگوتیسم در دهه ۱۹۲۰ در انگلستان و حتی به تازگی در فرانسه اتفاق افتاد. به نظر می‌رسد این قارچ هنوز هم عامل بیماری در دام‌ها باشد و شاید عامل بیماری‌های

[1] Ergotism
[2] Lysergic acid
[3] Ergot

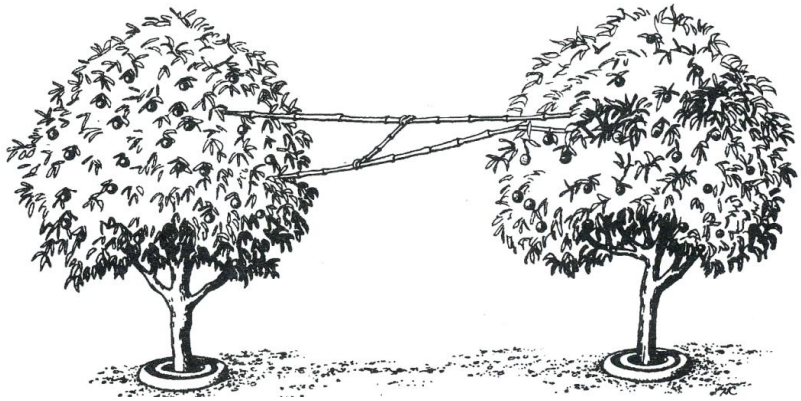
ناشناخته در انسان به حساب آید (چگونه شخصی در یک کشور صنعتی امروزی می‌تواند دریابد که در حال خوردن آرد حاصل از دانه‌های آلوده به ارگوت است).

تاریخ‌های مهم

۴۰۰ میلادی- در چین از ابریشم برای کنترل آفات برنج استفاده شد.

در حدود سال ۸۰۰ میلادی – ارتباط بین فنولوژی محصول (مرحله رشدی) و حمله حشره پیدا شد که باعث شد تا دریابند تاریخ کاشت محصول وسیله‌ای برای گریز از یک حشره است. در این دوره پیشرفت مهم دیگر در چین استفاده از مورچه‌ها برای کنترل بیولوژیک در مرکبات است. چینی‌ها پل‌هایی از بامبو در بین درختان ایجاد کردند که مورچه‌ها می‌توانستند به‌وسیله آن از درختی به درخت دیگر حرکت کنند (شکل ۳-۵) لانه مورچه‌ها برای اهداف کنترل بیولوژیکی در نزدیکی گوآنگزو (کانتون)[1] فروخته می‌شد.

۱۱۰۰میلادی – در چین از صابون برای کنترل بعضی از حشرات استفاده شد.



شکل ۳- ۵: پل‌هایی بین درختان مرکبات برای مورچه‌های شکارگر. این روش کنترل بیولوژیک حدود سال ۸۰۰ میلادی توسط چینی‌ها توسعه یافت. منبع: با تغییراتی از Olkowski و Zhang، ۱۹۹۸.

در حدود سال ۱۲۰۰ میلادی- آلبرتوس ماگنوس[2] مشاهده کرد داروش‌ها انگل هستند و دریافت که وقتی انگل از بین برده می‌شود میزبان بیمار بهبود می‌یابد. کشف او مورد قبول واقع نشد و همچنانکه هورس فال و کاولینک[3] ذکر کرده‌اند انسان تا ۶۵۰ سال دیگر محکوم به تحمل انگل‌های گیاهی بوده است.

[1] Guangzhou (Canton)
[2] Albertus magnus
[3] Horsfall and Cowling

۱۴۷۶ – در برن سوئیس کرم‌های طوقه بری[1] که به دادگاه برده شده‌اند گناهکار شناخته شده، توسط اسقف اعظم طرد شده و سپس تبعید شدند. این روند نماینگر این است که آفات شناخته می‌شدند ولی مردم دنبال روشی برای کنترل آن‌ها نبودند.

قرن هفدهم

خلاصه رویدادها

قرن هفدهم شاهد آغاز روش‌های علمی و اختراع تجهیزات علمی مانند میکروسکوپ بوده که باعث پیشرفت‌های عمده‌ای شده است. هر چند از آن به غلط تفسیر می‌شد و کنترل اکثر آفات در سطح رسوم قدیمی باقی ماند. این عقیده که حشرات از تخم بیرون می‌آیند نه از مواد در حال فساد پیشرفتی مهم بود. قرن هفدهم همچنین شاهد نیاز گسترده به کشاورزی به‌دلیل گسترش شهر سازی بود؛ بهبود کشاورزی باعث شهرنشینی بیشتر جمعیت‌ها و ایجاد نیاز به پیشرفت‌های بیشتر در سیستم‌های نوین کشاورزی شد. تغییر و تحول به سوی شهرسازی بیشتر، اولین بار در اروپا شروع شد.

تاریخ‌های مهم در قرن هفدهم

دهه ۱۶۴۰ – ون هلمانت[2] اثبات کرد که گیاهان برای رشد خاک مصرف نمی‌کنند، او دریافت که ۱۶۹ درخت بید رشد یافته به مدت ۵ سال در یک گلدان فقط ۲ انس از خاک استفاده کرده‌اند. این موضوع پیشرفت بزرگی در درک چگونگی رشد گیاهان بود، گرچه او تصور می‌کرد که درخت باید از آب ایجاد شده باشد. در حدود کمتر از ۱۰۰ سال بعد پریستلی[3] و سایر محققین دریافتند که گیاهان دی اکسیدکربن دریافت و اکسیژن آزاد می‌کنند و این موضوع در نهایت منجر به درک فتوسنتز شد.

اواسط دهه ۱۶۰۰ – اختراع میکروسکوپ باعث کشف عوامل بسیاری از بیماری‌ها شد باوجود این، برخورداری از توانایی دیدن موجودات زنده نقش آن‌ها را توضیح نداد (رجوع شود به پایین) بسیاری از موجودات خیلی کوچک مثل ویروس‌ها تا قبل از اختراع میکروسکوپ الکترونی مشاهده نشدند (دهه ۱۹۳۰).

حدود همین زمان کشاورزان در فرانسه ارتباط بین بوته زرشک و انتشار بیماری زنگ گندم را دریافتند که باعث شد دریابند که تصویب قانون برای از بین بردن بوته‌های زرشک به‌منظور

[1] Cutworms
[2] Van Helmont
[3] Priestly

مدیریت بیماری لازم است. احتمالاً این اولین نمونه از آنچه بود که امروزه در سطح وسیعی مدیریت تلفیقی آفات (IPM) نامیده می‌شود.

۱۶۶۵ – رابرت هوک[1] برای اولین بار تلیوسپور یک قارچ زنگ را مشاهده کرد. هوک به اشتباه تصور می‌کرد آنچه که دیده نتیجه بیماری بوده است نه عامل آن. این اشتباه نزدیک به ۲۰۰ سال پابرجا بود.

۱۶۶۶ – در ژاپن دایره المعارف تاریخ طبیعی همراه با اطلاعات فراوانی در مورد زیست‌شناسی حشرات و توصیف گونه‌های آن‌ها منتشر شد.

۱۶۸۳– وان لیوون هوک[2] باکتری‌ها را کشف کرد اگر چه بیش از ۲۰۰ سال بعد بود که نقش آن‌ها به طور صحیحی روشن شد.

۱۶۹۰– خاصیت حشره‌کشی تنباکو کشف شد. آرسنیک به عنوان یک حشره‌کش استفاده شد و اگر چه مردم با مسایل سمیت آن روبرو شدند ولی به استفاده از مواد آرسینکی در قرن ۲۰ ادامه دادند چرا که ترس از گرسنگی بسیار قوی‌تر از ترس از سم‌ها بود.

قرن هجدهم

خلاصه وقایع

کارل لینه (۱۷۷۸- ۱۷۰۸) سیستم نام‌گذاری دوتایی لاتین را برای همه موجودات زنده معرفی کرد و بنابراین تسهیلات بزرگی را در کنترل آفات به‌وجود آورد. بدون یک نام استاندارد برای یک آفت امکان ذخیره و بازیابی اطلاعات موجود در زمینه زیست‌شناسی و روش‌های کنترل آن وجود نداشت. دو کشف دیگر باعث پیشرفت اساسی بیشتری در کنترل علمی بندپایان آفت بود. ارتباط بین افزایش حرارت یا روز- درجه و رشد و نمو حشرات کشف شد که کلیدی برای درک نرخ رشد و نمو و تولیدمثل آن‌ها بود. این‌ها عوامل کلیدی در تنظیم دینامیک جمعیت هستند (فصل ۵ را ببینید). وجود دفاع طبیعی گیاهان در مقابل حشرات نیز کشف شد که منجر به افزایش پیشرفت و استفاده از حشره‌کش‌های گیاهی نظیر پیرترین، روتنون و نیکوتن شد. این حشره‌کش‌های گیاهی هنوز هم مورد استفاده قرار می‌گیرند. درک این موضوع که گیاهان می‌توانند به حشرات مقاوم شوند همزمان بود با بهره‌گیری جهانی ناشی از جمع‌آوری مواد گیاهی که دارای خاصیت حشره‌کشی بودند. اولین پیشرفت واقعی در کنترل علف‌های هرز وقتی اتفاق افتاد که جتروتال[3] متـه چرخنده

[1] Robert Hooke
[2] Van Leeuwenhoek
[3] Jethro Tull

بذر را اختراع کرد. این مته باعث می‌شد تا محصولات در خطوط مستقیم کاشته شوند که این امر باعث شد کشت بهتری در بین ردیف‌ها نسبت به تجهیزاتی صورت گیرد که به اسب وصل می‌شد.
نماتدهای انگل گیاهی اولین بار در طی این دوره مشاهده شدند اگر چه اطلاعات مربوط به موجودات زنده عامل بیماری‌های گیاهی در این قرن بسیار ناچیز بود. تا قبل از قرن ۱۹ پیشرفت-های عمده‌ای در درک این موجودات زنده صورت نگرفته بود.

رویدادهای مهم در قرن هجدهم

۱۷۲۹– میشلی[1] به این نکته اشاره می‌کند که زنگ یک خربزه بیمار باعث گسترش بیماری در خربزه‌های بدون بیماری می‌شود. او تصور می‌کرد که زنگ‌ها بذر قارچ‌ها هستند.
۱۷۳۱- کتاب (The new Horse Houghing Husbandry) توسط جتروتال منتشر و گام بزرگی را برای تکامل مدیریت علف‌های هرز برداشت. به هر حال اختراع او نزدیک به یک قرن دیگر به‌طور گسترده‌ای پذیرفته نشد. وقتی اختراع تال مورد پذیرش قرار گرفت موجب شد تا تبدیل انرژی انسانی به انرژی حیوانی در کشاورزی به‌ویژه برای کاشت و کنترل علف‌های هرز تسریع یابد. کاهش کار مورد نیاز برای کنترل علف‌های هرز عاملی مرتبط با دوره صنعتی شد. مردمی که از کارهای مربوط به علف هرز در مزارع رهایی یافتند قادر به نقل مکان به شهرها شدند.
۱۷۴۳- نیدهام[2] برای اولین بار نماتدهای انگل گیاهی را در دانه گال گندم مشاهده کرد (شکل ۲-۷، e, d).
۱۷۵۵- تیلت به این نکته اشاره کرد که اگر گندم را با پودر سیاهک تلقیح کنند بیماری سیاهک بیشتر می‌شود و نیز دریافت که بذور تیمار شده با سولفات مس قبل از کاشت بیماری را کاهش می‌دهد. قارچ عامل بیماری بعد از او نامگذاری شد (*Tilletia* عامل سیاهک پنهان[3] در غلات است). این اولین نشانه‌های روشن یک بیماری گیاهی مسری بود. تیلت تصور می‌کرد که منبع سمی باعث بیماری می‌شود نه موجودات زنده. تحقیقات تیلت به سرعت مورد قبول واقع شد. هر چند ۱۰۰ سال دیگر باید می‌گذشت تا نظریه زایش خود بخودی[4] سرانجام رد شود.

قرن نوزدهم

خلاصه وقایع

طی قرن نوزدهم فرضیات اجتماعی کنترل در محیط زیست سرعت یافت، به طوری که با تاسیس ایستگاه‌های آزمایشی کشاورزی در اروپا و آمریکای شمالی، روش‌های تجربی و آزمایشی برای حل

[1] Micheli
[2] Needham
[3] Bunt
[4] Spontaneous

مسایل و مشکلات کشاورزی انجام شد. در دهه ۱۸۴۰ ایستگاه تحقیقاتی روتامستد در انگلستان به‌صورت خصوصی برای دستیابی به اطلاعات بیشتر در زمینه تغذیه گیاهان و استفاده از کودها شروع به کار کرد. دانشگاه Land grant در آمریکا با سرمایه عمومی در دهه ۱۸۶۰ شروع به کار کرد. براساس لایحه Hatch در سال ۱۸۸۷ هر ایالت یک ایستگاه آزمایشی کشاورزی داخل سیستم دانشگاهی Land grant تاسیس کرد. سیستم‌های تحقیقاتی کشاورزی مشابه در بسیاری از کشورهای توسعه یافته در اوایل قرن نوزدهم شروع به کار کردند. دانش علمی درباره کشاورزی، آفات کشاورزی و کنترل آفات با سرعت بیشتری پیشرفت کرد.

در سال ۱۸۴۵ برکلی[1] بیان کرد که یک اوومیست که در آن زمان تصور می‌شد قارچ است عامل بیماری بادزدگی سیب زمینی است. این اولین استدلال قانع‌کننده‌ای بود مبنی بر این‌که یک میکروارگانیسم عامل بیماری است. درک این موضوع که قارچ باعث بیماری گیاهی می‌شود پیشرفتی عمده در درک بیماری‌ها و مدیریت آن‌ها بود. کشف عوامل بیماری‌زای باکتریایی نیز صورت گرفت. در دهه ۱۸۶۰ لویس پاستور[2] شواهد آزمایشی را انجام داد که به‌طور متقاعد کننده‌ای نشان می‌داد موجودات زنده از مواد غیر زنده به وجود نمی‌آیند بلکه از سایر موجودات زنده ایجاد می‌شوند. پاستور از حرارت برای کشتن میکروب‌ها در آزمایش‌های خود استفاده کرد و بنابراین باعث رد نظریه زایش خودبخودی شد. کشتن میکروب‌ها با حرارت، روش‌های استریلزه کردن را نتیجه داد که کنترل مؤثر میکروب‌ها را فراهم کرد.

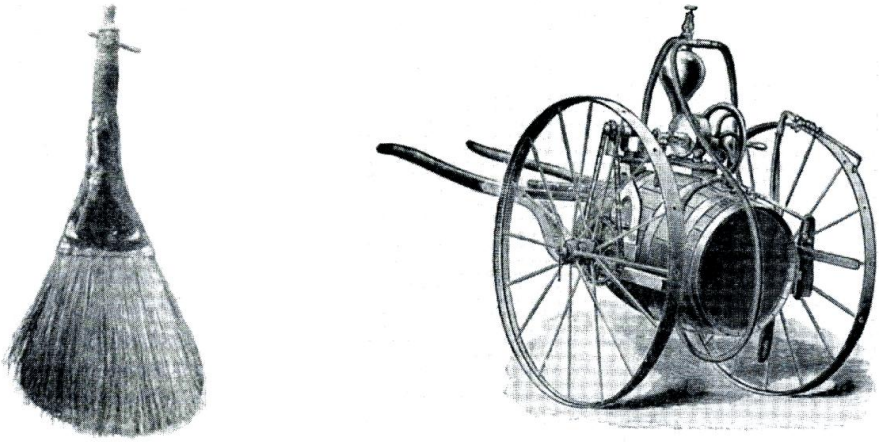
در سال۱۸۷۶ رابرت کوخ[3] دریافت که می‌تواند خون یک حیوان بیمار را بگیرد و بیماری را به یک حیوان سالم منتقل کند و این فرایند می تواند از حیوانی به حیوان دیگر ادامه یابد. او در این روش ثابت کرد که باکتری‌ها می‌توانند باعث بیماری شوند. او مجموعه‌ای از معیارها را به‌صورت فرمول در آورد که اکنون به فرضیه کوخ معروف است و هنوز برای نشان دادن این موضوع که موجودات زنده خاصی باعث یک بیماری خاص می‌شوند دنبال می‌شود. درصورتی‌که عامل بیماری‌زا قابل کشت نباشد بکار بردن فرضیه کخ مشکل است. ویروس‌ها قابل کشت نیستند و این یکی از دلایلی است که ویروس‌ها حتی در اوایل قرن ۲۰ هنوز هم عامل بیماری‌زا تصور نمی‌شوند.

توسعه نظریه کخ در قرن نوزدهم می‌بایست به باقی نظریه اضافه شود که بیماری‌ها خود بخودی هستند هر چند این مباحث تا دهه ۱۹۲۰ ادامه داشت. فرضیه کخ پیشرفتی عمده را بوجود آورد و یک مبنای علمی برای اثبات عامل بیماری فراهم کرد و هنوز هم استفاده می‌شود.

---

[1] M. J. Berkeley
[2] Louis Pasteur
[3] Robert Koch

نیمه دوم قرن ۱۹ شاهد مثال‌هایی اولیه از کنترل شیمیایی آفات بود و به‌طورکلی مفهوم راهکار "گلوله نقره‌ای" را برای کنترل آفت مورد پیشنهاد قرار داد. این کشف غیر منتظره که مخلوطی از سولفات مس و آهک، سفیدک پودری مو را کنترل می‌کند پیشرفت غیر منتظره‌ای در کنترل بیماری بود. اولین استفاده از تجهیزات کاربردی آفت‌کش در فرانسه (شکل ۳-۶) برای کاربرد این قارچ‌کش بود. این یافته‌های جدید گسترش دهنده این باور بود که می‌توان یک راه‌حل ساده (درمان) را برای هر آفت عمده پیدا کرد. این تصور غلط تا آغاز دوره مدیریت تلفیقی آفات (IPM) و تا به امروز باقی ماند.



(a) (b)

شکل ۳- ۶: کاربرد مخلوط بردو (a) در ابتدا با جاروب دستی، (b) سم‌پاش‌های توسعه یافته در فرانسه در اواخر قرن۱۹. منبع: شکل از Lodeman، ۱۸۹۶.

هجوم آفات به‌ویژه حشرات به مناطق جدید به علت سفرهای بشر و کشف مناطق خارجی به یک مشکل جدی تبدیل شد. واردسازی سپردار سن‌ژوزه به آمریکا از چین مثالی نو از این مورد است. پراکنش موجودات زنده آفت از طریق فعالیت انسان به ویژه با آسان شدن و افزایش حجم تجارت جهانی و گردشگری جدی‌ترین مشکلات امروزه را به وجود آورده است (فصل ۱۰).

اولین کتاب‌هایی که به کنترل حشرات و بیماری‌ها اختصاص داشتند در قرن ۱۹ نوشته شدند. مدیریت علف‌های‌هرز بجز در مورد توسعه افزایش تجهیزات کشت، پیشرفت بسیار کمی داشت.

رویدادهای مهم قرن نوزدهم

۱۸۰۷- پریوست کارهای اخیر تیلت را تکرار می‌کند و نتیجه می‌گیرد که در واقع اسپورها بیماری سیاهک را به‌وجود می‌آورند و این‌که محیط زیست شدت و سرعت توسعه بیماری را تغییر می‌دهد

فرضیه او مورد قبول واقع نشد و آکادمی دانشمندان فرانسوی گفتند که نتایج او قابل پذیرش نیست بیماری‌ها هنوز هم خود بخودی در نظر گرفته می‌شدند و قارچ‌ها ناشی از بیماری در نظر گرفته می‌شدند بجای اینکه عامل آن به حساب آیند. پری‌وست[1] با یک میکروسکوپ مشاهده کرد که سولفات مس رقیق جوانه‌زنی اسپورهای قارچ را متوقف می‌کند و نتیجه گرفت که مس بیماری را کنترل می‌کند، مشاهدات و نتایج او تا ۷۰ سال بعد که میلیاردت دوباره آن را کشف کرد مورد توجه قرار نگرفت.

۱۸۳۱ – اولین نمونه مقاومت گیاه به یک حشره آفت ثبت شد. واریته Winter Majetin سیب به شته گالزای سیب در انگلستان مقاوم است.

۱۸۴۶ – ۱۸۴۵، اپیدمی‌های مخرب بیماری بادزدگی سیب‌زمینی در ایرلند (و سایر نقاط اروپا) منجر به قحطی در ایرلند و مهاجرت انبوه به ایالات متحده شد. برکلی به طور متقاعدکننده‌ای استدلال کرد که بادزدگی سیب‌زمینی به وسیله یک عامل بیماریزای میکروبی (به نظر او قارچ) ایجاد می‌شود اما این عقیده هنوز پذیرفته نشده بود.

دهه ۱۸۶۰ – ۱۸۵۰، برکلی گال‌های نماتد ریشه گره‌ای روی ریشه‌های خیارهای گلخانه‌ای، نماتدهای پیاز روی خار خسک[2] و نماتد کیست روی ریشه چغندر قند را مشاهده کرد.

۱۸۵۳، دیباری ثابت کرد که قارچ‌ها عامل بیماری‌های زنگ در غلات هستند به جای این که ناشی از بیماری باشند. دلایل علمی ارتباط عامل بیماری‌زا با بیماری کشفی نظری برای حمایت پیشرفت در کنترل عوامل بیماریزای گیاهی بود. به تدریج علم بر مسئله تولید مثل خود بخودی فائق شد.

۱۸۵۸، داروین و والاس به همراه هم نظریه تکامل از طریق انتخاب طبیعی را به جامعه سلطنتی لندن ارائه کردند.

دهه ۱۸۶۰، پاستور سعی کرد تا نشان دهد که تولید مثل خود بخودی اتفاق نمی‌افتد و حرارت می‌تواند میکروب‌ها را بکشد.

سبز پاریس (استوآرسینات مس) معرفی شد و در ایالات متحده به طورگسترده‌ای برای کنترل سوسک کلرادوی سیب‌زمینی و سایر حشرات استفاده قرار گرفت.

شته فیلوکسرای مو (گونه‌ای از حشرات راسته جوربالان در آمریکایی شمالی) به اروپا منتقل شد و به تهدیدی جدی برای صنعت شراب فرانسه تبدیل شد. حمله این آفت باعث اولین تلاش سازمان یافته برای استفاده از اقدامات قانونی به منظور جلوگیری از هجوم آفات در آینده در اروپا شد.

۱۸۶۱، دیباری ثابت کرد که عامل بیماری‌زای بادزدگی سیب‌زمینی *Phytophthora infestans* بود.

---

[1] Prevost
[2] Teasel

۱۸۶۲، سازمان وزارت کشاورزی ایالات متحده (USDA) تاسیس شد.
۱۸۶۶،گریگور مندل[1] مقاله کلاسیک خود را در زمینه ژنتیک جدایی جمعیت در نخود منتشر کرد. او اساس ژنتیک مدرن و هیبریدهای گیاهی را برای بهبود محصول شامل مقاومت آفت بنا نهاد اگر چه در آن زمان این حقیقت روشن نشد.
۱۸۷۵ به بعد، روش‌های برای امکان کشت موجودات زنده توسعه یافت. این فناوری منجر به پیدایش فرضیه‌های کخ شد که امروزه هنوز هم مورد استفاده است. این فرضیه‌ها مجموعه‌ای از معیارها هستند که باید باهم مطابقت کنند تا پذیرفته شود که هر عامل بیماریزای خاص عامل بیماری خاصی است.
۱۸۷۸، سفیدک پودری مو از آمریکا به فرانسه رسید. این تهاجم بیولوژیکی منجر به اپیدمی بیماری ویرانگر روی مو شد و صنعت شراب فرانسه را تا حد زیادی از بین برد.
۱۸۷۸، اولین بار ثابت شد که باکتری‌ها باعث بیماری در گیاهان می‌شوند: بیماری آتشک گلابی که بوسیله باریل[2] در ایالات متحده کشف شد در اثر باکتری است؛ سیاه زخم [3] در احشام ۲ سال زودتر به وسیله پاستور و کخ کشف شد.
۱۸۸۲، میلاردت[4] که در فرانسه در زمینه مو تحقیق می‌کرد به این نکته توجه کرد که موهایی که با مخلوطی از آهک و سولفات مس تیمار شده‌اند دارای سفیدک پودری کمتری نسبت به ردیف‌های مجاور تیمار نشده‌اند.
۱۸۸۵، میلاردت مخلوطی از سولفات مس و آهک هیدراته را برای کنترل سفیدک استفاده نمود. مخلوط اخیر از آن زمان مخلوط بردو نامیده شد چون اولین بار در نواحی بردو در فرانسه بکار برده شد. این کشف انگیزه‌ای بزرگ برای تحقیقات در زمینه بیماری‌های گیاهی ایجاد کرد زیرا قابلیت کنترل بیماری‌های گیاهی را نشان می‌داد.
۱۸۸۲، وارد[5] که در زمینه زنگ قهوه‌ای کار می‌کرد اولین بار مشاهده کرد که یک محصول تک کشتی شیوع بیماری را افزایش می‌دهد.
۱۸۸۶، برای اولین بار مایر[6] یک بیماری (بیماری ویروسی موزاییک تنباکو) را به وسیله گرفتن عصاره یک گیاه و تزریق آن به دیگری منتقل کرد.

[1] Gregor Mendel
[2] Burrill
[3] Anthrax
[4] Millardet
[5] Ward
[6] Mayer

۱۸۸۸، کفشدوزک ودالیا از استرالیا برای کنترل بیولوژیکی شپشک استرالیایی که به‌طور تصادفی وارد مناطق مرکبات‌خیز در سال ۱۸۶۸ شده بود؛ (شکل ۳-۷) به کالیفرنیا وارد شد. در سال ۱۸۸۰ شپشک استرالیایی تهدیدی برای از بین بردن صنعت مرکبات بود. وارد کردن کفشدوزک ودالیا و رهاسازی آن اولین مثال کنترل بیولوژیک کلاسیک و مؤثر بود. این سیستم کنترل بیولوژیکی امروزه نیز بکار می‌رود. اگر چه در طول یک دوره در اثر استفاده شدید از آفت‌کش‌ها در دهه ۱۹۶۰ کفشدوزک‌ها تقریباً از باغ‌های کالیفرنیا حذف شدند.

شکل ۳- ۷: ورود کفش‌دوزک ودالیا به کالیفرنیا حدود سال ۱۸۸۷ برای کنترل بیولوژیک شپشک نرم‌تن مرکبات. این نمونه اولین کنترل بیولوژیک اثرگذار با یک حشره‌ی وارداتی بود. منبع: تصویر از Jack Clark در قالب برنامه IPM ایالتی دانشگاه کالیفورنیا.

دهه ۱۸۹۰، چندین عامل بیماری‌زا شناسایی شدند که به‌وسیله حشرات منتقل می‌شوند. این ایده-ای مهم در درک این نکته بود که حشرات می‌توانند عوامل بیماری‌زا را منتقل کنند. سرخرطومی غوزه پنبه از مکزیک به جنوب تگزاس هجوم آورد. این سرخرطومی در سایر نقاط پنبه‌خیز گسترش یافت و طی ۳۰ سال بعد تقریباً صنعت پنبه در جنوب را از بین برد.

۱۸۹۲، ایوانسکی[1] مشاهده کرد که عامل بیماری‌زا از بین یک صافی عبور می‌کند که باکتری‌ها را متوقف می‌کند. او به غلط نتیجه گرفت که این عامل یک سم بود.

۱۸۹۸، بیچرینک[1] نشان داد که عامل بیماری‌زا که مایر و ایوانسکی روی آن کار کرده بودند می-توانست به وسیلهٔ حرارت کشته شود و بنابراین باید یک مایع زنده مسری باشد، او اصطلاح ویروس را برای آن ابداع کرد.

[1] Ivanowski

۱۸۹۵ تا اوایل قرن بیستم، بحث و مجادله در مورد این‌که آیا باکتری‌ها عامل یا نتیجه بیماری گیاهی هستند ادامه داشت. ثبت این بحث یکی از بهترین پرونده‌های علمی عدم موافقت‌ها در ادبیات است.

اوایل قرن بیستم (۱۹۵۰ – ۱۹۰۰)

خلاصه وقایع

با شروع قرن بیستم، ۵ روش عمده کنترل آفات مورد استفاده بودند که شامل روش‌های کنترل قانونی، زراعی، بیولوژیکی، ژنتیکی و شیمیایی می‌شدند. همه این روش‌ها طی گذشت سال‌ها اصلاح شده‌اند و فقط تعداد کمی از روش‌های دیگر به طور عمده برای کنترل حشرات اضافه شدند.

این فناوری‌ها با جزئیات بیشتر در فصل ۱۰ تا ۱۷ توصیف می‌شوند.

با افزایش تعداد دانشمندانی که در زمینه کشاورزی کار می‌کردند پیشرفت دانش زیست‌شناسی محصول و آفت فراهم شد. تا اواسط قرن ۱۹ دانشمندان غیر حرفه‌ای علاقمند بیشتر تحقیقات کشاورزی را انجام می‌دادند و تنها در اواخر قرن ۱۹ دانشمندان متخصص در زمینه‌های حشره-شناسی و بیماری شناسی گیاهی به‌کار گرفته شدند. در دهه ۱۹۲۰ و۱۹۳۰ عملکرد همه محصولات در کشورهای توسعه یافته به سرعت شروع به افزایش کرد. (شکل ۲- ۱مربوط به ایالات متحده را ببینید). این افزایش در عملکرد به اصلاح نباتات[۲] برای افزایش استفاده از کودها و بهبود کنترل آفت مربوط می‌شود.

این دانش که مقاومت بیماری ارثی است در اوایل این قرن به وجود آمد و به سرعت باعث پیشرفت-هایی در اصلاح نباتات برای افزایش مقاومت در برابر عوامل بیماری‌زا و بندپایان آفت شد.

در اوایل این قرن تغییرات زیادی ایجاد شد هنگامی که بشر برای کنترل مکانیکی علف‌های هرز انرژی انسانی و جانوری را به انرژی سوخت فسیلی تغییر داد.

در اواسط دوره به دنبال کشف آفت‌کش‌های شیمیایی آلی مصنوعی پیشرفت و توسعه کنترل شیمیایی آفات به وقوع پیوست. دو دهه از اواسط دهه ۱۹۴۰ تا اواسط دهه ۱۹۶۰ مختصری از ایده و تفکر گلوله نقره‌ای شیمیایی وجود داشت. در این دوره این عقیده رواج یافته بود که آفت‌کش‌ها راه حل مدیریت آفات هستند و این‌که یک ماده شیمیایی جدید می‌تواند برای حل هرگونه مشکلات آفت توسعه یابد. این طرز تفکر تا اواسط دهه ۱۹۶۰ ادامه داشت و هنوز به طور کامل از بین نرفته است.

---

[1] Beijerink
[2] Plant breeding

تاریخ‌های مهم در اوایل قرن ۲۰

۱۹۰۰ تا۱۹۲۰ - در دهه ۱۸۹۰ موتور درون سوز کشف شد و در تجهیزات مزرعه به‌کار گرفته شد (تراکتورها) و به طور مؤثری انرژی مواد نفتی را جای‌گزین انرژی حیوانی کرد. تراکتورها نسبت به اسب‌ها (یا نسبت به سایر حیوانات بارکش) قدرتمندتر و سریع‌تر بودند و نیازی نبود تا کشاورزان مانند حیوانات برای آن غذا فراهم کنند یا از آن‌ها مراقبت کنند. کشاورز با استفاده از ماشین آلات جدید می‌توانست در سطح بسیار بزرگتری از مزرعه کشت کند، به این معنی که افراد کمتری برای کشاورزی و تولید محصول نیاز بود. در جهان پیشرفته غرب مکانیزاسیون، تغییر جوامع از روستایی به شهری را تسریع کرد.

اوایل دهه۱۹۰۰، مواد شیمیایی معدنی مانند سولفات مس، کلرات سدیم و سولفات آهن برای از بین بردن گیاهان استفاده شدند. مشکل این بود که کاربرد مواد شیمیایی معدنی اکثر گیاهان را از بین می‌برد و میزان مصرف آن‌ها بالا بود. این مواد شیمیایی بجز در شرایطی مثل شن‌ریزی راه آهن‌ها هرگز به طور گسترده استفاده نمی‌شوند. آتش در طول خط آهن مسئله است زیرا گره‌های چوبی مرده، علف‌های هرز خشک سوخت آلی را تشکیل می‌دهند و به وسیله جرقه‌های حاصل از ترمز مشتعل می‌شوند. مواد شیمیایی انتخابی برای کنترل علفهای هرز در محصولاتی مثل گندم و جو نیز کاربرد محدودی داشتند. پودرهای حشره‌کش (که بسیاری از آن‌ها دارای ارسنات سرب بودند)، در محصولاتی مثل پنبه برای کنترل غوزه و درختان سیب برای کرم سیب مورد استفاده قرار گرفتند. مشکلاتی مثل کارآیی پایین، دارا بودن ایمنی پایین برای کارگران و محصولات و آلودگی خاک وجود داشت. در بعضی مواقع آرسنیک بسیار زیادی در خاک باغ‌های تیمار شده تجمع می‌یافت که باعث از بین رفتن درختان کاشته شده در باغ می‌شد.

۱۹۰۵، اولین یافته‌ها در مورد این که مقاومت به بیماری‌ها اکتسابی است (مثل زنگ در گندم) پایه و اساس تولید محصولات مقاوم به آفت را بنا نهاد.

۱۹۱۱، اولین نشانه‌ها از وجود تنوع دامنه میزبانی در بین ایزوله‌های یک عامل بیماریزا به دست آمد. اکنون چنین تنوعاتی پایه و اساس تعیین نژاد[1] و پاتووارها[2]، بیوتیپ‌ها یا استرین‌ها[3] است.

۱۹۱۲، در ایالات متحده آمریکا مفهوم کنترل از طریق اقدامات قانونی با ایجاد توسعه قرنطینه‌ها برای جلوگیری از ورود آفات خارجی ابداع می‌شود.

۱۹۱۳، رایهم[1] از ترکیبات آلی جیوه به صورت تیمار بذرها به منظور جلوگیری از بیماری‌ها استفاده کرد. چنین تیمارهایی به طور گسترده‌ای تا دهه ۱۹۶۰ زمانی‌که سمیت جیوه شناخته شد مورد

[1] Race
[2] Pathovar
[3] Strains

استفاده قرار گرفته و استفاده از آن به تـدریج متوقـف شـد. اولـین مطالعـات تاکسـونومیکی جـامع نماتدها شروع شد.

۱۹۱۴، اولین مقاومت حشرات به حشره‌کش‌ها گزارش شد: مقاومت سپردار سن‌ژوزه به اکسید آهک – سولفور.

۱۹۱۹، اصطلاح کنترل بیولوژیکی بر اساس این عقیـده ابـداع شـد کـه پارازیـت‌هـا و شـکارگرهای طبیعی می‌توانند موجودات زنده آفت را کنترل کنند.

۱۹۲۱، اولین بار از هواپیما برای کاربرد آفت‌کش‌ها استفاده مـی‌شـود (علیـه شـب پـره *Catalpa sphina* در اوهایو).

۱۹۲۶، اولین کنترل بیولوژیکی موفقیت آمیز یک علف هرز در مقیاس وسیع، در جریـان ورود شـب پره *Cactoblastis* به استرالیا برای کنترل کاکتوس گلابی تیغ‌دار (شکل ۳-۸) صورت گرفت.

۱۹۲۹، اولین آلودگی به نماتد در لارو یک حشره مشاهده شد.

۱۹۳۳، تاناکا[2] برای اولین بار نشان داد که عوامل بیماری‌زا ترکیبـاتی شـیمیایی آزاد مـی‌کننـد کـه باعث ایجاد علایم بیماری در گیاهان می‌شود. (از صافی گذراندن آلترناریا ایجاد لکه‌هـایی روی هلـو می‌کند که مشابه لکه‌های ایجاد شده به وسیله عامل بیماری‌زا اسـت). تـا قبـل از ۱۹۵۲ هـیچ سـم حقیقی جداسازی نشده بود.

(a) (b)

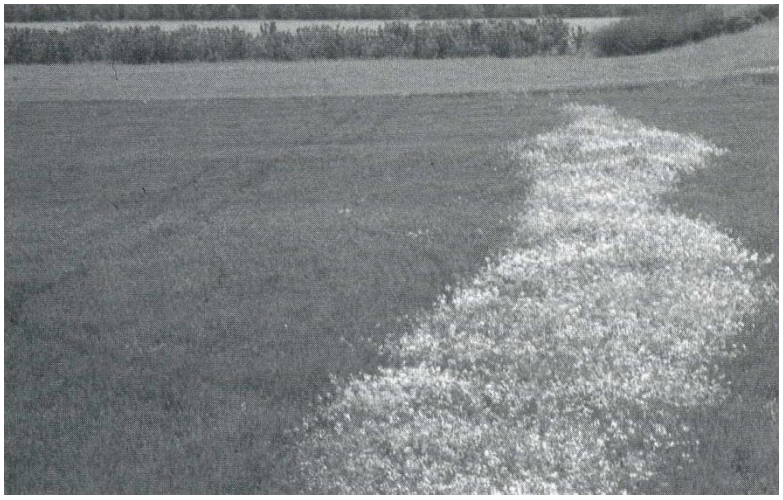
شکل ۳- ۸: تصاویری از کاکتوس گلابی تیغ‌دار در استرالیا (a) قبل از رهاسازی عامـل کنتـرل بیولوژیـک شب پره‌ی *Cactoblastis cactorum*، و (b) ناحیه‌ای مشـابه دو سـال بعـد از رهاسـازی عامـل کنتـرل بیولوژیک. این نمونه اولین مورد کنترل موفق علف هرز با یک حشره‌ی وارداتی بود. منبع: تصاویر با مجوز از دپارتمان منابع طبیعی و معادن کوییزلند.

[1] Riehm
[2] Tanaka

۱۹۳۴، تیسدل[1] قارچ‌کش دی‌تیوکاربامات تیرام را کشف کرد. این کشف باعث توسعه سریع بسیاری از قارچ‌کش‌های تماسی مصنوعی شد. بیش از ۳۰ سال بعد در سال ۱۹۶۶ قارچ‌کش سیستمیک کشف شد.

۱۹۳۰ تا دهه ۱۹۴۰، اولین کشف از مواد شیمیایی آلی صورت گرفت که این موارد گیاهان را از بین می‌برد. آن دسته از مواد شیمیایی که زودتر (مثل دی نیترو – اورتو – کروزون) کشف شدند انتخابی نبوند و بنابراین استفاده محدودی داشتند.

با کشف توفوردی در طی جنگ جهانی دوم، کشاورزان موفق به از بین بردن علف‌های هرز بدون از بین رفتن محصولات شدند (شکل ۳-۹). انتخابی بودن علف‌کش‌ها پایه و اساس تولید محصولات مدرن است (فصل ۹و۱۱). مفهوم انتخابی بودن بعدها با معرفی اصول کنترل تلفیقی برای حشره-کش‌ها نیز گسترش یافت.



شکل ۳- ۹: کنترل انتخابی علف‌های هرز با علف‌کش فنوکسی. مزرعه سم‌پاشی شده با توفوردی با قسمت علفی که سم‌پاشی نشده است. منبع: تصویر از Robert Norris.

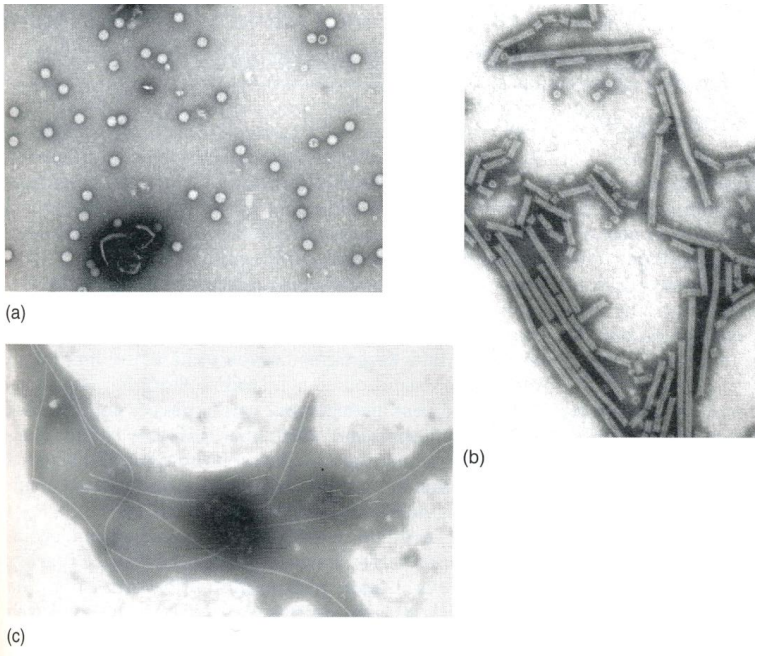
۱۹۳۹، ذرات ویروس با استفاده از میکروسکوپ الکترونی مشاهده شد. تا قبل از دهه ۱۹۵۰ پوشش پروتئینی و اسیدنوکلئیک بیماری‌زا مشاهده شد (شکل ۳- ۱۰). ۱۹۳۹، شیمیدان سوئیسی پاول مولر خاصیت حشره کشی ددت را کشف کرد (اگر چه این ترکیب طی قرن ۱۹ سنتز شده بود). مولر در سال ۱۹۴۸ برنده جایزه نوبل شد. کشف ددت و بنزن هگزاکلراید مشخص‌کننده آغاز عصر

[1] Tisdale

حشره‌کش‌ها بود. برتری مطلق حشره‌کش‌ها در کنترل حشرات تا دهه ۱۹۶۰ ادامه یافت تا زمانی‌که توسط حشره‌شناسانی که پیشقدم ایده کنترل تلفیقی بودند (مانند آنچه راشل کارسون در کتاب بهار خاموش خود گرد آوری کرده بود) یأس از حشره‌کش‌ها به دلیل اثبات مشکلات ناشی از کاربرد آنها ایجاد شد.کشتن حشرات به کاری ارجح‌تر بر تولید محصولات یا حفظ محیط زیست تبدیل شده بود.

۱۹۴۳، والتر کارتر[1] اولین نماتدکش گازی موثر را کشف کرد. نماتدکش‌ها باعث ایجاد مدرک روشنی از کاهش محصولات ناشی از نماتدهای انگل گیاهی شد و دوران مواد شیمیایی براساس کنترل نماتدها را بنا نهاد.

۱۹۴۶، اولین گزارش از مقاومت حشرات به حشره‌کش‌های آلی مصنوعی ارائه شد؛ مقاومت مگس خانگی به ددت در سوئد و دانمارک مشاهده شد.



شکل ۳- ۱۰: ریزنگارهای پیشرفته‌ی الکترونی از ذرات ویروسی. (a) ویریون‌های بیست وجهی ویروس کوتولگی بوته انبوه گوجه فرنگی؛ (b) میله‌های خمش‌ناپذیر ویریون‌های ویروس موزائیک تنباکو؛ و (c) ویریون‌های میله‌ای شکل خمش پذیر ویروس موزائیک کاهو. منبع: تصویر (a) از R. Harris، B. Falk و R. Gilbertson با مجوز؛ تصاویر (b) و (c) از از R. Harris و R. Gilbertson با مجوز.

[1] Walter Carter

اواخر قرن بیستم (۲۰۰۰ – ۱۹۵۱)

خلاصه وقایع

به دنبال کشف این که آفت‌کش‌ها محدودیت‌های جدی دارند و در بعضی موارد عوارض جانبی متعددی ایجاد می‌کنند تغییرات عمده‌ای در طرز تفکر نسبت به اوایل این دوره به وجود آمد. جستجو برای ماده شیمیایی گلوله نقره‌ای به‌عنوان راه‌حلی برای مشکلات آفات با دیدگاه تعادل اکولوژیکی بیشتر در کنترل آفات جایگزین شد. این تغییر تا به امروز ادامه دارد.

مقاومت همه انواع آفات به آفت‌کش‌ها که در طی این دوره مشاهده شد نشان داد که بسیاری از آفت‌کش‌ها برای کنترل آفات هدف موثر نیستند). در ابتدا مشکلات مقاومت به آفت‌کش‌ها مشاهده شد و در مورد حشرات آفت شدت بیشتری داشت ولی بعدها ثابت شد که مقاومت یک مشکل برای همه انواع آفات، شاید بجز نماتدها است. مقاومت به آفت‌کش‌ها شدید شد به قدری که همه نواحی مدیریت آفت مجبور شدند تلاش‌های قابل توجهی برای توسعه روش جدیدی به منظور استفاده از آفت‌کش‌ها به نام مدیریت مقاومت اختصاص دهند. مقاومت به آفت‌کش‌ها مشکلی پایدار است و به طور مفصل در فصل ۱۲ مورد بحث قرار می گیرد. پدیده طغیان مجدد آفت[1] و رهاسازی[2] آفات کم اهمیت از طریق کشتن حشرات مفید اثبات شد.

اکولوژیست‌ها همزمان با مساله مقاومت به آفت‌کش‌ها همچنین مشاهده کردند که آفت‌کش‌ها روی گونه‌های غیر هدف نیز می‌بایست موثر باشند مثل نازک شدن پوسته تخم در چندین گونه پرنده، از بین رفتن کرم‌های خاکی و مشکلات تجمع زیستی[3] حشره‌کش‌های آلی کلره در شبکه غذایی شناخته شد. تاکنون مدرکی برای تجمع زیستی علف‌کش‌ها و نماتدکش‌ها در شبکه غذایی وجود ندارد اما نقل و انتقال آن‌ها از بین بافت خاک به درون آب‌های زیرزمینی به مساله آلودگی مهم تبدیل شد.

بسیاری از مشکلات مربوط به بی‌توجهی در استفاده از آفت‌کش‌ها باعث تغییر در الگوی کنترل آفت از گلوله نقره‌ای[4] به درک برهم‌کنش زیست‌شناسی و اکولوژی برهم‌کنش‌های آفت- محصول شد. اطلاعات زیستی و اکولوژیکی برای طراحی راهبردهای مدیریت تلفیقی استفاده می‌شود. که ما امروزه آن را مدیریت تلفیقی آفات (IPM) می‌نامیم.

مفهوم کنترل تلفیقی در اواخر دهه ۱۹۵۰ توسعه داده شد و به طور عمده شامل استفاده از حشره-کش‌ها به روشی بود که با کنترل بیولوژیکی حشرات آفت سازگاری داشت. سپس این مفهوم به

[1] Pest resurgence
[2] Release
[3] Biomagnification
[4] Silver bullet

استفاده از همه روش‌ها برای کنترل همه گروه‌های آفات گسترش یافت. مفهوم تکامل یافته عبارتست از آنچه که هم اکنون به طور جهانی IPM شناخته می‌شود.

پذیرش و به‌کارگیری ایده IPM به نسبت کند بوده و پیشنهادهای متعددی برای افزایش پذیرش طرح IPM ارائه شده است. تاکید روی درک زیست‌شناسی و اکولوژی آفت باعث پیشرفت‌های عمده در مدیریت اکثر آفات شده است. تلاش‌ها برای دوباره‌سازی مدیریت آفات با یک پایه اکولوژیکی در سرتاسر دنیا ادامه دارد.

در سال ۱۹۵۳ واستون و کریک ساختمان DNA را توصیف کردند، با نزدیک شدن به پایان قرن ۲۰ بیولوژی مولکولی راه‌حل‌های جدیدی برای دستکاری کردن[1] مقاومت آفت به آفت‌کش‌ها عرضه کرد و راه‌های جدیدی برای مدیریت آفات باز کرد. به هر حال پذیرش فناوری جدید از پذیرش اولیه در ایالات متحده تا رد آن در اروپا و سایر نقاط دنیا، متغیر بوده است به طوری که در این مناطق تا حدودی با احتیاط مورد پذیرش قرار گرفته است.

تاریخ‌های مهم در اواخر قرن بیستم

دهه ۱۹۵۰، استفاده از آنتی‌بیوتیک‌ها برای کنترل بیماری باکتریایی گسترش یافت. مشاهده مقاومت به گروه‌های جدیدی از آفت‌کش‌ها در جمعیت‌های حشرات شروع شد (فصل ۱۲).

دهه ۱۹۵۰ تاکنون، صنعت شیمیایی بسیاری از آفت‌کش‌های جدید را تولید کرد.

۱۹۵۳، واتسون وکریک ساختمان DNA را توصیف کردند که مرحله‌ای برای زیست‌شناسی مولکولی مدرن با مفهوم دلالت براصلاح نباتات گیاه و مهندسی ژنتیک آغاز کرد.

۱۹۵۵،کینپلینک[2] از سازمان کشاورزی ایالات متحده، اولین بار روشی را برای کاهش تولید مثل حشرات در مزرعه با استفاده از رهاسازی حشرات عقیم مطرح کرد.

۱۹۵۸، هویت، راسکی و گوهن[3] اولین بار انتقال ویروس به وسیله یک نماتد را ثابت کردند به طوری که نشان دادند نماتد ناقل ویروس برگ بادبزنی مو[4] است.

۱۹۵۹، کارسون و بوتناندت[5] اولین فرمون جنسی را در شب پره کرم ابریشم شناسایی کردند. فرمون‌های جنسی عوامل کلیدی رفتار تولید مثلی بسیاری از حشرات آفات هستند و در قالب روش‌هایی بنام کنترل رفتاری به طور موفقیت‌آمیزی استفاده شده‌اند (فصل ۱۴). تا اواسط دهه ۱۹۸۰ بالغ بر ۱۰۰۰ فرمون جنسی شناسایی شده بود.

---

[1] Manipulating
[2] Knipling
[3] Howitt, Raski, Goheen
[4] *Grap fanleaf virus*
[5] Karlson and Butenandt

۱۹۶۲، راشل کارسون کتاب بهار خاموش را نوشت که در این کتاب مسایل و مشکلات ناشی از آفت‌کش‌ها را برای آگاهی عموم بیان کرد و دیدگاه عموم مردم و دانشمندان را نسبت به آفت‌کش-ها برای همیشه تغییر داد.

اواخر دهه ۱۹۶۰، مقاومت به علف‌کش‌ها در یک جمعیت علف‌هرز گزارش شد و تعداد علف‌های هرزی که مقاومت نشان می‌دادند به سرعت در دو دهه بعد افزایش یافت تا اندازه‌ای که اکنون مقاومت باعث آغاز تغییر الگوی علف‌کش‌ها شده است. اولین مقاومت مزرعه‌ای به قارچ‌کش‌ها نیز رخ داد. طی ۳۰ سال بعد مشکل با ورود قارچ‌کش‌های جدید با فعالیت خاص – محل گسترده‌تر شد.

۱۹۶۷، موجودات فیتوپلاسما اولین بار در ارتباط با یک بیماری مشاهده شدند. در ابتدا، این موجودات شبه – مایکو پلاسما یا MLOها نامیده می‌شدند که این اصطلاح هم‌اکنون منسوخ شده است.

۱۹۶۸، Dale Newsom مقاله‌ای منتشر کرد که در آن اولین بار از اصطلاح سیستم‌های مدیریت تلفیقی آفات استفاده کرد.

۱۹۶۹، آکادمی ملی علوم ایالات متحده، اصطلاح مدیریت آفات را رسمیت بخشید و اصول مدیریت آفات را تعیین کرد.

۱۹۷۲، واژه کامل مدیریت تلفیقی آفت (IPM) به طور رسمی از طریق پیامی از رئیس جمهور ریچارد نیکسون به مجلس آمریکا اعلام شد. که در این گردهمایی او طرحی را برای حفاظت محیط زیست ارائه داد که منجر به تاسیس آژانس حفاظت محیط زیست ایالات متحده شد (EPA).

این موضوع کشف شد که برخی از باکتری‌های بیماری‌زا می‌توانند در آوند چوبی[۱] یا آوند آبکش[۲] زنده بماند و آن‌ها موجوداتی سخت‌کشت[۳] اطلاق می‌شوند چون قادر به ادامه حیات در خارج از موجود زنده نیستند. اولین مشاهده از اسپیروپلاسم‌ها نیز در این زمان صورت گرفت.

۱۹۸۰، مشخص شد که علت گال طوقه درختان به خاطر وارد کردن DNA باکتری به درون ژنوم گیاهی به وسیله باکتری گال طوقه، *Agrobacterium tumetaciens* بوده است که منجر به افزایش بیش از حد تنظیم‌کننده‌های رشد می‌شود. توانایی این باکتری برای وارد کردن DNA به ژنوم یک گیاه عالی اساس اولیه تراریختی[۴] ژنتیکی گیاهان زراعی را فراهم کرد.

[1] Xylem
[2] Phloem
[3] Fastidious
[4] Transformation

دهه ۱۹۸۰ تا به امروز، در مدیریت آفات پیشرفت سریع زیست‌شناسی مولکولی و کاربرد محصولات تراریخته (که موجودات اصلاح شده ژنتیکی GMO نامیده می‌شوند) صورت گرفت.

۱۹۹۴، اولین واریته‌های تراریخته کدوی مقاوم به ویروس‌ها تولید شد. اولین واریته‌های تراریخته ذرت و سویای مقاوم به گلیفوزات تولید شد.

۱۹۹۵، پنبه، ذرت و سیب‌زمینی مقاوم به حشرات تولید شد که با استفاده از ژن به دست آمده از باکتری Bt فراورده‌های اندوتوکسین را رمزدار می‌کند.

اواسط دهه ۱۹۹۰ تا به امروز، نگرانی‌های اجتماعی درباره محصولات GMO در نقاط مختلف دنیا به ویژه اروپا افزایش یافت. فشار عمومی به طور چشمگیری پذیرش این فناوری را در سیستم‌های IPM کاهش داد.

خوانندگان فهیم و آگاه به فقدان اطلاعات تاریخی در مورد شناخت و کنترل نرم تنان آگاهی دارند و این ناشی از عدم وجود اطلاعات در مورد این آفات در هیچیک از منابع مربوط به تاریخ کشاورزی یا مدیریت آفات است.

منابع

Ainsworth, G. C. 1981. Introduction to the history of plant pathology Cambridge New York: Cambridge University Press, xii, 315.

Campbell, C. L., P, D. Peterson, and C. S. Griffith. 1999. The formative years of plant pathology in the United States. St. Paul, Minn.: APS Press, xvii, 427.

Carson, R. 1962. Silent spring. New York: Fawcett Crest, 304.

Chapman, R. F, 2000. Entomology in the twentieth century. Annu. Rev Entomol. 45:261-285.

Dethier, V. G. 1976. Man's plague? Insects and agriculture. Princeton, N.J.: Darwin Press, 237.

Evans, L. T. 1998. Feeding the ten billion: Plants and population growth. Cambridge, UK: Cambridge University Press, xiv, 247.

Harlan, J. R. 1992. Crops and man. Madison, Wis.: American Society of Agronomy: Crop Science Society of America, xiii, 284.

Harlan, I. R. 1998. The living fields: Our agricultural heritage. Cambridge: New York: Cambridge University Press, xi, 271.

Kritsky, G. 1997. The insects and other arthropods of the Bible, the New Revised Version. Am. Entomol. 43:183-188.

Lodeman, E. G. 1896. The spraying of plants; a succinct account of the history, principles and practice of the application of liquids and powders to plants, for the purpose of destroying insects and fungi. New York; London: Macmillan and Co., xvii, 399.

Matossian, M. A. K. 1989. Poisons of the past: Molds, epidemics, and history. New Haven, Conn.: Yale University Press, xiv, 190.

Olkowski, W., and A. Zhang. 1998. Habitat management for biological control, examples from China. In C. H. Pickett and R. L. Bugg, eds., Enhancing biological control: Habitat management to promote natural enemies of agricultural pests. Berkeley, Calif.: University of California Press, 255 270.

Smith, R. F., T. E. Mittler, and C. N. Smith, eds. 1973. History of entomology. Palo Alto, Calif.: Annual Reviews Inc., vii, 517.

Timmons, F. L. 1970. A history of weed control in the United States and Canada. Weed Sci. 18:294-307.

فصل چهارم: اکوسیستم‌ها و موجودات آفت

رئوس مطالب این فصل

- مقدمه
- نظام اکوسیستم و توالی اهمیت آفت
- تعاریف و واژه‌شناسی
- پویایی (دینامیک) غذایی
- محدودیت منابع و رقابت

به‌طوری‌که طبیعت‌شناسان مشاهده می‌کنند، یک کک دارای کک کوچکتری است که از آن تغذیه می‌کند و این‌ها نیز کک کوچکتری دارند که طعمه آن‌ها می‌شوند واین جریان همان‌طور ادامه دارد.
(جاناتان سوییفت[1]، ۱۶۶۷-۱۷۴۵)

مقدمه

اساس یا مفهوم اصلی اکوسیستم قابل استفاده بودن آن برای همه موجودات زنده اعم از آفات و موجودات مفید است. در غیر اینصورت، موجوداتی که یک منبع را برای همزیستی انتخاب می‌کنند، با هم رقابت خواهند کرد. یک معنی مهم بیولوژیکی یا اکولوژیکی ممکن است در ارتباط با آفتی از طبقه‌ای با اختلاف زیاد از آفت دیگر باشد. در مجموع، اظهارات کلی در مورد قابلیت یا ارزش یک مفهوم زیست‌محیطی مربوط به مدیریت آفت مشکل است، زیرا ویژگی‌های اختصاصی هر نوع شرایط مدیریتی با توجه به ردیف‌های نوع آفت موجود، اکوسیستم، اهداف انسان، اقتصاد و وضعیت اجتماعی، منحصر به فرد هستند.

شالوده بنیادی تمام مدیریت آفت درکی از زیست‌شناسی و اکوسیستم موجوداتی است که باید مدیریت شوند. ویژگی‌های زیست‌شناسی موجوداتی که احتمالاً با مدیریت آفات مرتبط هستند عبارتند از:

۱- رده بندی: طبقه‌بندی و نام‌گذاری موجودات؛

[1] Jonathan Swift

۲- فیزیولوژی: فرایندهای تغذیه‌ای موجودات؛

۳- ریخت‌شناسی و کالبدشناسی: ساختمان فیزیکی موجودات؛

۴- ژنتیک: ویژگی‌هایی که از نسلی به نسل دیگر منتقل می‌شوند؛

۵- تولیدمثل و نوسان‌های جمعیت: عواملی که اندازه و تعداد جمعیت را مشخص می‌کند؛ و

۶- بوم‌شناسی: چگونه موجودات با محیط‌های زیستی و غیرزیستی خود برهمکنش دارند.

در این فصل ما به اصول کلی می‌پردازیم. اطلاعات خاص در مورد آفات مجزا را می‌توان در کتاب‌هایی که پیرامون هر گروه از آفات وجود دارد (منابع و مطالب توصیه شده) و دستورالعمل‌های مدیریتی محلی یافت.

ما نمی‌توانیم بر این مسئله تأکید زیادی کنیم که شناسایی دقیق آفت یک بخش اساسی در هر برنامه مدیریت آفت است. شناسایی آفت آنقدر پیچیده است که مقالات کاملی برای رده‌بندی هر گونه آفت اختصاص می‌یابد. نام لاتین هر موجود زنده کلیدی برای اطلاعات موجود در زمینه زیست‌شناسی آن است. رده‌بندی‌های گیاهی و جانوری به صورت سلسله مراتب بوده و بر روابط تکاملی دلالت دارد. روابط تکاملی میان موجودات همان‌گونه که در روابط رده‌بندی آن‌ها منعکس می‌شود، این امکان را فراهم می‌سازد که اطلاعات موجود در زمینه یک آفت شناخته شود و به طورکلی برای یک آفت جدید و نزدیک به آن قابل استفاده باشد.

در این متن همچنین فرایندهای فیزیولوژیکی و ویژگی‌های کالبدشناسی آفات مختلف مورد بررسی قرار نمی‌گیرند. چنین اطلاعاتی را می‌توان در کتاب‌های مرجع یافت که به حشره‌شناسی، گیاه‌شناسی، قارچ‌شناسی و آسیب‌شناسی گیاهی و جانورشناسی مهره‌داران می‌پردازد. وراثت‌شناسی (ژنتیک) آفات و گیاهان زراعی نقش عمده‌ای را در کنترل آفات بر عهده دارد. مبحث وراثت‌شناسی آفات در فصل ۵ مورد بررسی قرار می‌گیرد و فصل ۱۷ به وراثت شناسی گیاهان زراعی می‌پردازد.

نوسان‌های جمعیت و تولیدمثل آفات اجزای کلیدی برای ایجاد مدیریت دقیق آفات بوده و در فصل بعدی آمده است. شناخت روش‌هایی که آفات از طریق آن در فرایندهای اکوسیستم سهیم می‌شوند در مدیریت دقیق و مؤثر آفات نقش عمده‌ای داشته و در این بخش مورد بررسی قرار می‌گیرد.

نظام اکوسیستم و توالی

شناخت سطوح نظام اکوسیستم در مدیریت آفات ضروری است. ما سطوحی از نظام را که پایین‌تر از فرد قرار دارند، مورد بررسی قرار نمی‌دهیم. این گونه فرض می‌شود که خوانندگان این

متن دارای شناخت کلی پیرامون ساختمان سلولی هستند. سطوح نظام که در کنترل آفات از اهمیت عمده‌ای بر خوردار است در شکل ۱-۵ نشان داده شده است.

فرد[1]: یک موجود زنده منفرد مانند یک باکتری، یک علف هرز، یک نماتد یا یک سن لیگوس است.

جمعیت[2]: همهٔ افراد یک گونه در یک ناحیه مشخص که به طور معمول تا حدودی از سایر گروه‌های مشابه مجزا هستند. مانند علف‌های هرز یا سرخرطومی‌های غوزه در یک جریب مزرعه پنبه.

جامعه[3]: اجتماعی از همهٔ گونه‌ها که با یکدیگر در یک منطقه جغرافیایی محدود یافت می‌شوند. در یک مزرعه کشاورزی، جامعه شامل گیاهان زراعی، علف‌های هرز، عوامل بیماری‌زا، باکتری‌ها، قارچ‌ها، نماتدها، حشرات و جانوران مهره‌دار است. گرچه جامعه به طور معمول به یک منطقه جغرافیایی معین مانند یک مزرعه کشاورزی یا حاشیه‌های یک نهر محدود می‌شود، اما ممکن است به یک اجتماع موجود در یک منطقه بزرگتر نیز ابلاغ شود. مانند جامعه یونجه در دره سن جوآکین[4]، کالیفرنیا. جامعه‌های متشکل از اجتماعات تاکسونومیکی گروه‌هایی از همهٔ گونه‌های دارای ویژگی‌های تاکسونومیکی ویژه که در یک منطقه جغرافیایی معین در کنار یکدیگر قرار می‌گیرند. برای مثال، ممکن است همه حشراتی را که در یک مزرعه مشخص در کنار یکدیگر قرار دارند یک اجتماع یا جامعه حشرات آن منطقه فرض کنیم.

اکوسیستم[5]: اکوسیستم اجتماعی از موجودات زنده در یک محیط زیست غیر زنده در یک ناحیه مشخص است. اکوسیستم از نظر ابعاد مشخص نیست به طوری که در اکوسیستم مرزها متناسب با هدف مورد نظر با معیار زمانی مشخص می‌شوند. در مفهوم مدیریت آفات، اکوسیستم را می‌توان مزارع کشاورزی محصور با نهرها، پرچین‌ها و بیشه‌زارها و در یک محیط مشخص مانند یک دره یا آب خیز تصور کرد. اکوسیستم‌های کشاورزی را آگرواکوسیستم[6] اطلاق می‌کنند.

نواحی اکولوژیکی[7]: مفهوم نواحی اکولوژیکی بر مناطقی دلالت دارد که از نظر اکوسیستم‌ها و نوع، کیفیت و کمیت منابع زیست‌محیطی مشابهت دارند. نواحی اکولوژیکی به صورت یک ساختار مکانی برای تحقیق، بررسی، مدیریت و پایش[8] اکوسیستم‌ها و اجزای اکوسیستم تخصیص یافته

[1] Individual
[2] Population
[3] Community
[4] San Joaquin valley
[5] Ecosystem
[6] Agroecosystem
[7] Ecoregions
[8] Monitoring

است. نواحی اکولوژیکی به وسیله ویژگی‌های جغرافیایی مانند شرایط اقلیمی، ناهمواری‌های زمین، خاک و پوشش گیاهی و کاربرد زمین مشخص می‌شوند. یک عامل مشخص در مفهوم کلی نواحی اکولوژیکی دخالت نمونه‌های اسکان انسان و بکارگیری منابع در تعیین نواحی اکولوژیکی یا اکوریژین است. اگرچه این اصطلاح از اواسط دهۀ ۱۹۷۰ مورد استفاده قرار گرفته است، اما امروزه تمایل برای استفاده از این مفهوم و گرایش برای اتخاذ رده‌بندی نواحی اکولوژیکی اساس مدیریت منابع، ارزیابی اثرات اکولوژیکی و حتی IPM افزایش یافته است. ابهام معیارهای مکانی که ویژگی-های ذاتی مفاهیم اکوسیستم و آب‌خیز است، یکی از دلایل اتخاذ مفهوم نواحی اکولوژیکی است (امرنیک، ۱۹۹۵[1]).

زیست کره یا بیوسفر[2]: اصطلاحی کلی که اغلب برای اکوسیستم جهانی مورد استفاده قرار می‌گیرد و بیانگر تجمع وسیع اکوسیستم‌های مرتبط با یکدیگر است که جهان بیولوژیکی را تشکیل می‌دهد.

فرایندهایی که در اکوسیستم‌های کشاورزی رخ می‌دهد به طور عمده‌ای بر توسعه و مدیریت آفات تأثیر می‌گذارد. به اکوسیستم‌ها انرژی و مواد غذایی داده می‌شود (ورودی) و حاصل آن تولید موجودات زنده شامل گیاهان زراعی است (خروجی). ورودی‌ها و خروجی‌ها را می‌توان در قالب مواردی چون چرخه آب، انرژی و مواد غذایی بیان کرد. مثال‌هایی از این چرخه‌ها را می‌توان در اغلب زمینه‌های اکولوژی عمومی مشاهده کرد.

مفهوم توالی

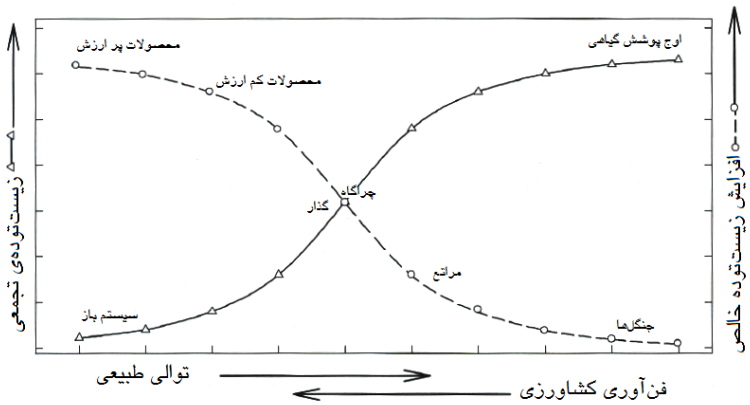
توالی به مفهوم تسلسل زمانی گونه‌ها در یک اجتماع زیستی، از یک سیستم دارای جمعیت کوچک و ثابت به یک اجتماع ثابت بسیار بزرگتر است. پس از ایجاد یک حریق جنگلی قسمت عمده‌ای از جمعیت ساکن در آن شامل گیاهان و جانوان نابود شده و یا در وضعیت بدی قرار می‌گیرند. به تدریج زندگی جدیدی پدیدار می‌شود؛ ابتدا گیاهان خود رو که از رشد زیادی برخوردارند در آن مستقر می‌شوند سپس درختچه‌ها و پس از آن درختان جدید ظهور می‌یابند. همچنان که جمعیت گیاهان تجدید می‌شوند حیوانات نیز به منطقه باز می‌گردند. این تعریف مفهوم توالی را در یک اکوسیستم روشن می‌سازد. پس از ایجاد آتش‌سوزی، بازگشت به پوشش گیاهی اولیه ممکن است سال‌ها به طول انجامد، اما در این صورت گفته می‌شود که اجتماع اکوسیستم به وضعیت کلیماکس[3] خود باز گشته است. کلیماکس بیانگر یک اجتماع به نسبت پایداری است که

[1] Omernik, 1995
[2] Biosphere
[3] Climax

در آن سرعت نابودی گونه‌ها با سرعت استقرار و اسکان گونه‌های جدید در تعادل است به طوری که شرایط محیطی کنونی را به وجود آورد.

کلیماکس واقعی اجتماع که در یک منطقه قابل تشخیص است به عواملی نظیر دمای متوسط فصلی و بارش بستگی دارد، اما در مناطقی که دارای بارش اندکی است کلیماکس اجتماع گیاهی بیشتر به صورت علف‌زار و مرتع است و در مناطقی که دارای بارش کافی و یا بارش زیاد هستند کلیماکس اجتماع گیاهی نیمی از انواع پوشش جنگلی را شامل می‌شود. بیابان‌ها و تندرا نشان دهنده نوعی کلیماکس هستند که در آن آب و هوا، رشد و بقای موجودات را محدود می‌سازد. از دیدگاه انسان، مسئله‌ای که در مورد توالی مطرح می‌شود این است که هنگامی که کلیماکس پوشش گیاهی تشخیص داده می‌شود تولید مثل خالص سیستم به صفر می‌رسد (شکل ۴-۱). حالت دیگر این که، هنگامی که وضعیت کلیماکس وجود دارد، مقدار بیوماس[1] به دست آمده فتوسنتز توسط اجتماع زیستی با میزان اتلاف حاصل از تنفس همه موجودات زنده جامع برابر است.

عملیات کشاورزی نشان‌دهنده تلاش انسان‌ها برای متوقف کردن توالی، پیش از رسیدن به وضعیت کلیماکس است، بنابراین افزایش خالص میزان بیوماس (انرژی) را می‌توان به نفع انسان بهره‌برداری نمود. متوقف کردن توالی نیازمند ارائه ورودی (انرژی، موادغذایی) توسط انسان به سیستم است و هر چقدر میزان ورودی بیشتر باشد، در مرحله توالی می‌توان زودتر از سیستم بهره برداری کرد و میزان بهره‌برداری حاصله توسط انسان‌ها بیشتر خواهد بود (شکل۴-۱).



شکل ۴- ۱: نمودار رابطه‌ی توالی اکولوژیکی و محصول قابل برداشت در هر فصل. منبع: رسم مجدد از Shaw، 1961؛ Flint و Van den Bosch، 1981.

[1] Biomass

آزمایش‌های متوالی دراز مدت روی گندم در مزرعه‌ای به نام براود بالک[1] در مرکز تحقیقات روتامستد[2] در انگلستان، مثال بارزی را در زمینه توالی ارائه می‌دهد (شکل ۴-۲ a). این آزمایش در سال ۱۸۴۳ آغاز شد و همچنان ادامه دارد. از ابتدای انجام آزمایش به طور مداوم در این مزرعه گندم کاشته شده است (شکل ۴-۲ b)، و این مزرعه نیازمند مداخله ویژه انسان برای شخم زدن، به کارگیری کودشیمیایی و کنترل آفات و به ویژه کنترل علف‌های هرز بوده‌است. میزان برداشت سالانه محصول غلات بررسی شد، حتی در زمانی که مقدار کود شیمیایی افزایش یافته است. در سال ۱۸۸۲، بخشی از قسمت انتهایی مزرعه براودبالک به حال خود رها شد.

لاوز (۱۸۸۴) [3] یکی از محققانی که بنیانگذار آزمایش براودبالک بود، پیش از برداشت محصول گندم در ۱۸۸۲ گفت:

> قصددارم از قبول حمایت‌های شما سرباز زنم. شما در آینده باید برای خود زمینی برای کشت بذر داشته باشید و به بهترین نحو ممکن از زمین خود در برابر افراد بومی حفاظت کنید زیرا آن‌ها دست به هر کاری می‌زنند تا شما را به کلی از سر راه بردارند.

رشد گندم بدون ارائه ورودی‌ها (انرژی و مواد غذایی) پس از گذشت چهار فصل متوقف شد! در یک منطقه نهال‌های درختان کنده شدند و از سال ۱۹۵۷ سالانه گوسفندان در آن چرا می‌کنند. اکنون این منطقه چراگاهی است (شکل ۴-c۲) که حیوانات علف‌خوار در آن چرا می‌کنند و از آن‌ها گوشت و پشم تهیه می‌شود. بخش دیگری از منطقه رها شده هیچ‌گاه مورد مدیریت نبوده و همچنین هیچ گونه ورودی (مواد مغذی) توسط انسان دریافت نکرده است و اینک به صورت یک درخت‌زار کامل در آمده است (شکل ۴-d۲). جدا از زیبایی‌شناسی و فرآیندهای اکوسیستمی، این منطقه هیچ گونه محصول مورد مصرف انسانی را فراهم نمی‌کند. شرح مفصل‌تری از طبیعت وحشی براود بالک (به‌طوری که بیان می‌شود) توسط کِر و همکاران (۲۰۰۰)[4] فراهم شده است.

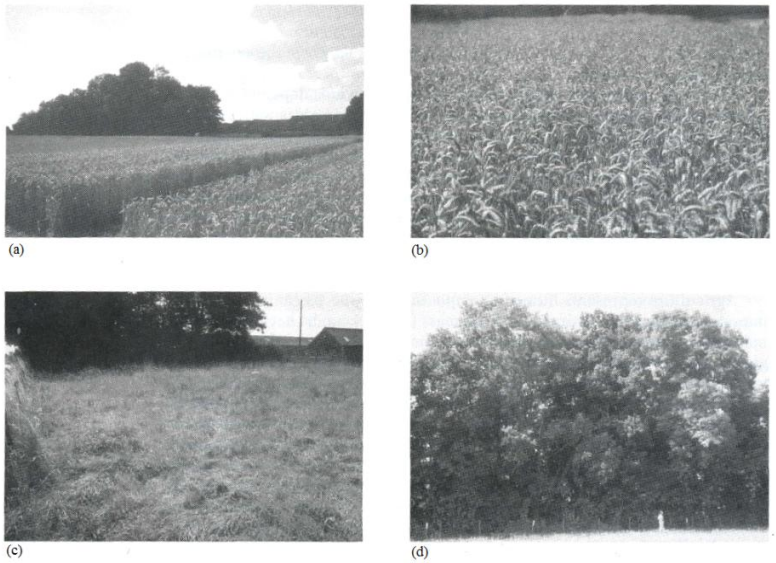
چنان‌چه مدیریت اکوسیستم کشاورزی متوقف شود، تقریباً همه محصولات زراعی کنونی جهان دچار سرنوشتی مشابه با گندم مزرعه براود بالک خواهند داشت. حتی کاهش سطح مواد مغذی ارائه شده به زمین به طور بالقوه میزان محصول و بازده اقتصادی سیستم‌های زراعی را کاهش خواهد داد.

هدف از فعالیت‌های کشاورزی بشر، بهره‌برداری از طبیعت برای دستیابی به اهداف جوامع بشری است. کنترل آفات یک فناوری است که انسان‌ها برای دستیابی به اهداف خود از طریق برهم

---

[1] Broand Balk
[2] Rothamsted experiment station
[3] Laws, 1884
[4] Kerr et al., 2000

زدن توالی از آن بهره می‌گیرند. همان‌گونه که ذکر شد، استقرار مجـدد اجتماعـات گیـاهی متنـوع، اولین قدم در توالی است زیرا گیاهان اساس شبکه‌های غذایی هستند (قسمت زیر را ببینید). اغلـب گیاهان موجود در مراحل اولیه توالی در زمین‌های قابل کشت، گیاهانی هستند که انسان‌ها آن‌هـا را علف‌های هرز می‌دانند از این‌رو کنترل علف‌های هرز یکی از بخش‌های فناوری مورد اسـتفاده بـرای حفظ اکوسیستم‌ها در سطح محصولات قابل برداشت مورد نیاز جامعه است.



شکل ۴- ۲: اراضی آزمایش‌های کشاورزی در روتهامستد انگلستان. (a) نمای کلی منطقه آزمایشی با پس زمینه‌ی بیابان‌های متروکه در سال ۱۸۸۲، (b) اراضی گندم بعد از ۱۵۰ سال تداوم برداشت با فعالیت‌های کشاورزی جزئی، (c) بیابان‌هایی که درختانشان حذف شده و از سال ۱۹۵۷ چراگاه شده‌انـد، (d) نـواحی بیابانی بدون هیچ ورودیی از سال ۱۸۸۲ که استقرار مجدد درختستان‌ها را نشان می‌دهد. منبع: تصاویر از Robert Norris، آگوست ۲۰۰۰.

برای حفظ طبیعت از رسیدن به تعادل و ایجاد محصول کشاورزی، چرخه مواد غذایی طبیعی و انرژی، جایگزین مواد مغذی و انرژی‌های بسیار مفید می‌شود. سطح انرژی و مواد غذایی مورد نیاز برای دستیابی به محصولات فراوان از اکوسیستم‌های کشاورزی این سؤال را مطرح می‌کنـد کـه آیـا تولید کشاورزی که هم اکنون در کشورهای توسعه یافته انجام گرفته پایـدار اسـت. در اواخـر دهـه ۱۹۷۰ یک حرکت جدی که کشاورزی پایدار شناخته می‌شود، آغاز شـد، و بـه عملیـات کشـاورزی اطلاق شد که تولید دراز مدت محصول را ترویج می‌دهد بدون اینکـه عواقـب و نتـایج زیانبـاری بـر

اکوسیستم‌های کشاورزی یا زیست‌کره داشته باشد. توسعه این نوع کشاورزی پایدار نیازمند آن است که زیست‌شناختی و بوم‌شناختی اکوسیستم‌های کشاورزی مورد توجه قرار گیرد و از این رو عملیات تولید برطبق آن اکوسیستم طراحی شود. IPM یک بخش کلیدی از کشاورزی پایدار است.

تعاریف و واژه‌شناسی

به منظور بحث در زمینه مدیریت آفات ضروری است که از واژه‌ها متناسب با موجودات مختلف آفات استفاده کنیم. واژه‌های زیر اغلب مورد استفاده قرار می‌گیرند:

گیاه‌خوار و گیاه‌خواری[1]

یک گیاه‌خوار موجودی است که به طور زیانباری گیاهان یا بخش‌های گیاه را مصرف می‌کند. گیاه‌خواری، عمل تغذیه از گیاهان است. مترادف کلمه گیاه‌خوار فیتوفاژی[2] است (در فرهنگ لغت یونانی *فیتون*[3] به مفهوم "گیاه" و *فاگوس*[4] به معنی "خوردن" است). حشرات گیاه‌خوار حشرات فیتوفاگوس نامیده می‌شوند. تقسیمات ویژه فیتوفاگوس، برگخوار[5] (*فیلون*[6] به معنی "برگ" یا "خوردن برگ" است) و چوبخوار[7] (*گزیلون*[8] به مفهوم "چوب" یا "خوردن چوب" است). گیاه‌خواران بیشتر موجودات متحرک هستند و یک حشره به تنهایی در طول زندگی خود بیش از یک گیاه را مورد تغذیه قرار می‌دهد. هنگامی که گیاه‌خواران باعث ایجاد خسارت در محصولات زراعی می‌شوند آنها را آفت تلقی می‌کنند. گیاه‌خواران عمومی[9] از گونه‌های گیاهی بسیار متنوعی تغذیه می‌کنند و گیاه‌خواران اختصاصی از یک گونه یا گروهی از گونه‌های گیاهی نزدیک (خویشاوند) تغذیه می‌کنند. عوامل بیماری‌زا از گیاهان تغذیه می‌کنند اما به دلیل رابطه نزدیکی که با یک گیاه میزبان ایجاد می‌کنند انگل شناخته می‌شوند و نه گیاه‌خوار.

گوشت‌خوار[10]

گوشت‌خوار موجودی است که جانوران دیگر را می‌خورد (گیاه‌خوارها یا سایر گوشت‌خوارها را می‌خورد). این جانوران نیز همانند گیاه‌خواران ممکن است عمومی و یا اختصاصی باشند.

---

[1] Herbivore and Herbivory
[2] Phytophagy
[3] Phyton
[4] Phagos
[5] Phyllophagy
[6] Phyllon
[7] Xylophagy
[8] Xylon
[9] Generalist herbivores
[10] Carnivore

همه چیز خوار[1]

موجوداتی که از گیاهان و جانوران تغذیه می‌کنند هم علف‌خوار و هم گوشت‌خوار هستند و بنابراین همه چیزخوار نامیده می‌شوند. اکثر انسان‌ها جزء این دسته هستند، همچنین بسیاری از پرندگان و حشرات، به ویژه موجودات مفید نیز از این دسته‌اند. موجودات همه چیزخوار از چندین سطح غذایی تغذیه می‌کنند (قسمت بعدی این فصل را ببینید).

تک‌خوار[2]

این واژه برای موجوداتی به کار می‌رود که تنها یک گونه یا تعداد کمی از گونه‌های مربوط به یک جنس یا جنس‌های وابسته را می‌خورند. تک‌خواری یک ویژگی مطلوب برای اکثر عوامل کنترل بیولوژیک محسوب می‌شود. این موضوع در بخش ۱۳ بیشتر مورد بحث قرار می‌گیرد.

چندخواری[3]

موجوداتی که از طیف محدودی از موجودات وابسته تغذیه می‌کنند چندخوار نامیده می‌شوند.

چندین‌خوار[4]

این موجودات طیفی از گونه‌های غیروابسته از لحاظ سیستماتیکی یا حتی گونه‌هایی از سطوح غذایی مختلف را مورد تغذیه قرار می‌دهند.

میزبان[5]

واژه میزبان موجوداتی را توصیف می‌کند که هم منبع غذایی و هم محل سکونت موجودات پارازیت یا انگل است.

شکار[6]

موجوداتی که منبع غذایی جانور شکارگر شناخته می‌شوند.

شکارگرها[7]

جانوران شکارگر همه یا قسمتی از بدن شکار خود را می‌خورند، که در نتیجه باعث مرگ شکار خود می‌شوند. شکارگرها به طور معمول طی چرخه زندگی خود تعداد زیادی از افراد شکار را می‌کشند.

پارازیت‌ها و پارازیتوئیدها

موجوداتی که داخل یا روی بدن میزبان زندگی می‌کنند و بدین طریق مواد غذایی خود را دریافت می‌کنند، پارازیت یا پارازیتوئید نامیده می‌شوند. به طور معمول پارازیت‌ها باعث آسیب

---

[1] Omnivore
[2] Monophagous
[3] Oligophagous
[4] Polyphagous
[5] Host
[6] Prey
[7] Predators

میزبان‌های خود می‌شوند، با وجود این فعالیت آن‌ها به طور معمول باعث مرگ میزبان نمی‌شود. پارازیتوئیدها طی فرآیند رشد و نمو خود در یک میزبان باعث مرگ میزبان می‌شوند. پارازیت‌ها و پارازیتوئیدها معمولا طی بخش اعظم چرخه زندگی خود با یک فرد میزبان ارتباط دارند.

هیپرپارازیت‌ها و هیپرپارازیتوئیدها

پارازیت‌های پارازیت‌ها هیپرپارازیتوئید نامیده می‌شوند. گاهی آن‌ها را پارازیت‌های ثانوی می‌نامند، این موجودات از نقطه نظر مدیریت بندپایان یک مشکل محسوب می‌شوند زیرا این پارازیت‌ها، پارازیت‌هایی که عوامل کنترل بیولوژیکی مفید هستند را نابود می‌کنند.

پویایی (دینامیک) غذایی

مفاهیم کلی

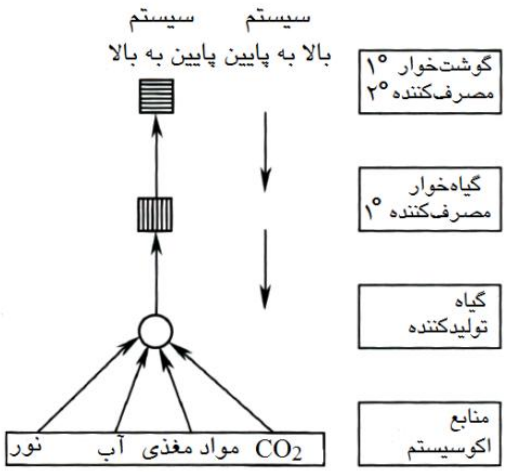
روابط غذایی بیانگر منابع انرژی و غذای موجودات است و شیوه‌ای که در آن موجودات خاصی غذای سایر موجودات محسوب می‌شوند. روابط غذایی ممکن است از نظر فعالیت‌های موجودات، یا از نظر جریان انرژی در بین موجودات در نظر گرفته شود. دینامیک‌های غذایی بیانگر جریان موقتی یا تعداد موجودات طی زمان یا جریان انرژی و منابع اکوسیستم است.

یک زنجیره غذایی توصیفی ساده از توالی خطی موجودات در یک اجتماع است که در سطوح غذایی، پیاپی از یکدیگر تغذیه می‌کنند و بنابراین زنجیره غذایی انتقال انرژی به این سطوح غذایی را توصیف می‌کند. ممکن است نظریه یک زنجیره غذایی ساده مورد اشتباه واقع شود زیرا نشان دهنده روابط غذایی کلی میان موجودات است. روابط غذایی و وابستگی متقابل میان موجودات به صورت یک شبکه غذایی یا توصیف رابطه «چه کسی، چه کسی را می‌خورد؟» در میان موجوداتی مختلف موجود در یک اجتماع بهتر مورد توصیف قرار می‌گیرد.

زنجیره غذایی را می‌توان به صورت یک دیاگرام ترسیم کرد که روابط بین موجودات مختلف را در سطوح غذایی مختلف جامعه تفکیک کند. این مفهوم یک روش بسیار مفید برای بررسی و تحلیل موقعیت (جایگاه) انواع مختلف آفات در اکوسیستم و شناخت روابط همبستگی میان گروه-های مختلف آفات است. شبکه‌های غذایی و دینامیک غذایی نشان می‌دهد که چگونه مدیریت گروه‌های مختلف آفات در سطح اجتماع/اکوسیستم با یکدیگر همبستگی دارد.

منابع محیطی، ورودی‌ها (مواد غذایی) را برای همه زنجیره‌های غذایی فراهم می‌سازد (شکل ۴-۳). منابع عمده شامل آب، مواد غذایی معدنی، انرژی حاصل از نور خورشید و دی اکسیدکربن است. گیاهان سبز، تنها موجوداتی هستند (به استثنای تعداد کمی از باکتری‌های با فعل و انفعالات

شیمیایی[1]) که می‌توانند به طورمستقیم از مواد غذایی معدنی، دی اکسیدکربن و انرژی خورشید استفاده کنند. گیاهان سبز از طریق فرآیند فتوسنتز، انرژی موجود در نور خورشید را گرفته و از آن برای تبدیل دی اکسیدکربن و آب به کربوهیدارت‌های ساده استفاده می‌کنند که اجزای ساختمانی همه مواد بیوشیمیایی دیگر مورد نیاز برای زندگی را تشکیل می‌دهند. در ترمینولوژی دینامیک‌های غذایی، گیاهان تولید کننده نامیده می‌شوند و به عنوان اتوتروف[2] مطرح می‌شوند (که از لحاظ لغوی به معنی "خودتغذیه گر" است).



شکل ۴- ۳: نمودار ساده‌ای از زنجیره‌ی غذایی نظری. گردش انرژی و منابع در جهت پیکان‌ها.

همه موجوداتی دیگر موجود در اکوسیستم از باکتری‌ها گرفته تا فیل‌ها همگی مصرف کننده هستند. آن‌ها نمی‌توانند غذای خود را از منابع اکوسیستم بسازند، بلکه باید چیز دیگری را بخورند تا بتوانند مواد بیوشیمیایی و انرژی مورد نیاز برای زندگی را به دست آورند، این موجودات هتروتروف[3] نامیده می‌شوند (موجوداتی که مواد غذایی خود را از مواد آلی محیط بدست می‌آورند). مصرف-کنندگان را می‌توان براساس منبع غذایی آن‌ها به گروه‌هایی مختلف تفکیک کرد. اگر یک مصرف-کننده از گیاهان تغذیه کند آن را گیاه‌خوار[4] می‌نامند (که از لحاظ لغوی به معنی موجودی است که گیاه می‌خورد) و مصرف کننده اولیه شناخته می‌شود (شکل ۴-۳) در زنجیره غذایی ساده‌ای که در

[1] Chemosynthetic bacteria
[2] Autotrophic
[3] Heterotroph
[4] Herbirore

این شکل نشان داده شده یک حلقه دیگر نیز مصرف‌کننده‌ی ثانوی را نشان می‌دهد. این موجودات به طور مستقیم از گیاه‌خواران تغذیه می‌کنند. از آنجایی که این گروه از جانوران تغذیه می‌کنند آن‌ها را گوشت‌خوار می‌نامند اگرچه این زنجیره غذایی ساده فراتر از سطح اول گوشت‌خواران را ذکر نکرده است اما همه موجوداتی که بالاتر از این سطح از زنجیره غذایی قرار دارند نیز گوشت‌خوار هستند اگرچه برخی از آن‌ها از جمله انسان‌ها همه چیزخوارند.

فرآیند صعودی در مقایسه با فرآیند نزولی

در شکل ۴-۳، فلش‌های میان مکعب‌ها نشان دهنده جریان منبع از تولیدکننده‌ها به مصرف کننده‌های اولیه و سپس به مصرف کننده‌های بالاتر است. اگر تولیدکننده‌ها در سطح غذایی پائین تر (تولید کننده‌های اولیه) رشد جمعیت سطح بالاتر را محدود کنند (مصرف کنندگان اولیه) همچنان در میان شبکه غذایی، جمعیت موجوداتی تشکیل دهنده را دینامیک رو به بالا "صعودی" می‌نامند. به این معنی که منابع گیاهی جمعیت گیاه‌خواران را تحت کنترل قرار داده و منابع گیاه-خوار، گوشت‌خواران را تحت کنترل قرار می‌دهند و همچنان ادامه می‌یابد. در نهایت همه اکوسیستم‌ها باید به صورت صعودی عمل کنند زیرا گیاهان پایهٔ شبکهٔ غذایی را تشکیل می‌دهند. بدون وجود گیاهان دیگر مصرف‌کننده‌ای وجود نخواهد داشت.

یک سیستم نزولی سیستمی است که در آن سطوح غذایی بالاتر (مصرف کنندگان بالاتر) رشد جمعیت طبقات پائین‌تر از خود را (شکار خود را) محدود می‌کنند و همچنان تا پائین شبکه غذایی. اگر گوشت‌خواران سطح بالاتر شبکه غذایی، مانند شکارچیان و پارازیت‌ها، از یک سیستم حذف شوند، تعداد جمعیت شکار آن‌ها افزایش خواهد یافت که نشان می‌دهد جمعیت گیاه‌خواران و گوشت‌خواران به اندازه کافی تغذیه می‌کنند تا جمعیت موجودات در زنجیره غذایی پائین‌تر مشخص شود (شکل ۴-۳).

اینکه سیستم‌ها به صورت صعودی یا نزولی عمل می‌کنند در میان اکولوژیست‌ها مورد بحث است و بسیاری از تحقیقات اخیر سعی دارند تا انواع عملکرد سیستم‌ها را مشخص کنند. احتمالاً نیروهای صعودی و نزولی در بسیاری از سیستم‌ها در کنار یکدیگر عمل می‌کنند. بسیاری از مباحث اکولوژیکی بر برهم‌کنش‌ها و دینامیک‌هایی که در اکوسیستم‌های طبیعی رخ می‌دهد متمرکز شده‌اند و به طورکلی نظریه‌های روش‌های صعودی و نزولی در اکوسیستم‌های زراعی مختل شده در نظر گرفته نمی‌شود. با این حال، مفهوم تنظیم جمعیت دارای ارتباط نزدیکی با مدیریت آفات است. هنگامی که علف‌های هرز میزان محصول یک سیستم را مشخص می‌کنند این امر می‌تواند مثال بارزی در زمینه دینامیک صعودی باشد. دو مثال در زمینه سیستم‌های نزولی در مدیریت تلفیقی آفات (IPM) در اینجا آمده است. بسیاری از گیاهان زراعی در همه مناطق جهان نمی‌توانند دارای رشد مناسبی باشند. این امر به‌ویژه در نتیجه مسایل مرتبط با آب و هوا است. اگرچه، آفات نیز

می‌توانند در این امر دخیل باشند زیرا شرایط اکولوژیکی می‌تواند این امکان را به یک موجـود آفـت بدهد که رشد کرده و آنچنان مخرب باشد که گیاه زراعی نتواند محصول مقرون به‌صرفه‌ای را فراهم کند. درخت گلابی در آب و هوای گرم و مرطوب و در زمان شکوفه‌دهی درختان، در برابـر بـاکتری عامل آتشک گلابی بسیار مستعد و حساس است. خسارت ناشی از آن به درخت گلابی آنچنان زیـاد است (شکل ۴-۴) که این گیاه نمی‌تواند در مناطقی از جهان که دارای چنین آب و هـوایی هسـتند به‌صورت سودآور رشد کند. دینامیک سیستم، که در این مثال تولید گلابی است به وسیله بـاکتری-های بیماری‌زا به صورت نزولی است. کنترل بیولوژیکی مثال دوم در نظر گرفته می‌شود. وقتی عامل کنترل بیولوژیک به خوبی عمل کند می‌توان گفت که سیستم به شیوه‌ی نزولی عمل می‌کنـد زیـرا گوشت‌خواران موجود در سطوح بالاتر مشخص می‌کنند که سیستم چگونه عمل کند (به فصـل ۱۳ مراجعه شود).

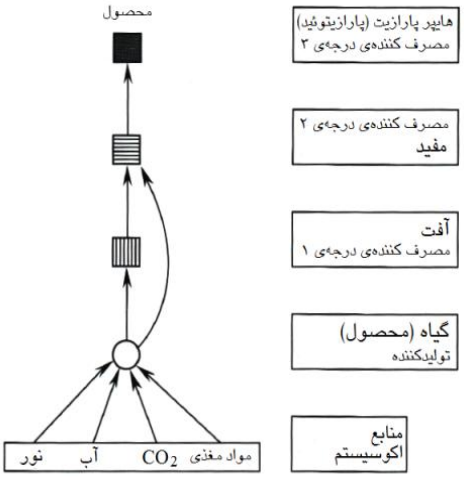
شکل ۴- ۴: خسارت شدید به درخت گلابی در پاسخ به آلودگی باکتری آتشک. درخت با حذف شاخه‌های آلوده هرس شده که تنها روش کنترل در دسترس بعد از آلودگی است تا منجر به انهـدام کامـل درختـان نشود. منبع: تصویر از Wilbur Reil در قالب برنامه IPM دانشگاه کالیفرنیا.

زنجیره غذایی اصلی (بندپایان، نماتدها، مهره داران)

شکل ۴-۳ بخش‌های اصلی یکی زنجیره غذایی ساده را نشان می‌دهد. از نظر مـدیریت آفـات، ترمینولوژی مورد استفاده برای سطوح غذایی با ترمینولوژی مورد استفاده در یک مفهـوم اکولـوژی دقیق و صریح متفاوت است (شکل ۴-۵). در اکوسیسـتم‌هـای کشـاورزی تولیدکننـده همـان گیـاه

زراعی است. بنابراین گیاه‌خواران از گیاه زراعی تغذیه می‌کنند و آفت در نظر گرفته می‌شوند زیرا تغذیه آن‌ها از گیاه باعث تخریب و صدمه گیاه شده و در نتیجه بر میزان محصول تأثیر گذاشته و آن را کاهش می‌دهد. کاهش رشد گیاه، توان و میزان محصول خسارت گیاه زراعی اطلاق می‌شود. گوشت‌خوارانی که از آفات تغذیه می‌کنند از دیدگاه مدیریت آفات مفید هستند زیرا آن‌ها تعداد گیاه‌خواران را کاهش می‌دهند. آن‌ها شکارگرها و پارازیتوئیدها هستند که عوامل بیولوژیک کنترل آفات بوده و چنین شکارگرها و پارازیتوئیدهایی بنام دشمن طبیعی یا عوامل مفید نامیده می‌شوند.

از دیدگاه کنترل آفات، یک مصرف‌کننده درجه سوم خیلی مهم است. این عوامل گوشت-خواران هستند که از مصرف‌کنندگان درجه دوم استفاده می‌کنند و عوامل مفید هستند. با چنین شکارگری، مصرف کننده درجه سوم تأثیر عوامل بیولوژیک را محدود می‌کند. نقش هر دو گروه مصرف‌کنندگان درجه دوم و درجه سوم در فصل ۱۳ بحث می‌شود.

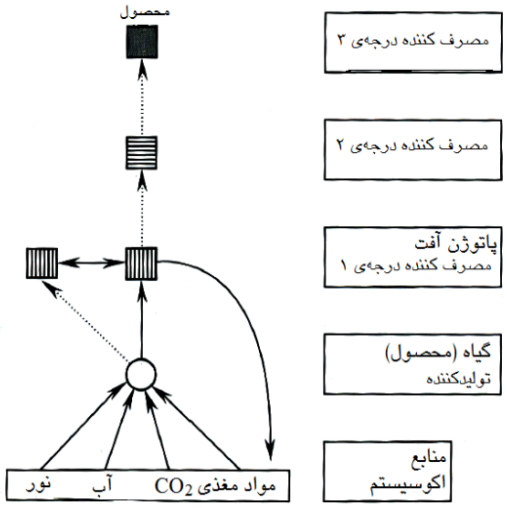


شکل ۴- ۵: نمودار ساده‌ی زنجیره‌ی غذایی با تغییر واژگان برای استفاده در مدیریت آفات. انرژی و منابع در جهت پیکان‌ها گردش می‌یابند.

شمای شکل ۴-۵ یک مدل درست قابل قبولی در مورد بسیاری از بندپایان آفت، نرم‌تنان، نماتدها، مهره‌داران گیاه‌خوار آفت و تعداد کمی از عوامل بیولوژیک را نشان می‌دهد. این طرح ارتباط کمی با عوامل بیماری‌زا دارد و برای علف‌های هرز بکار نمی‌رود. در دو مورد بعدی مدل‌های متفاوتی برای توصیف ارتباطات سطوح غذایی استفاده می‌شود.

زنجیره غذایی عوامل بیماری‌زا

زنجیره غذایی پاتوژن‌ها با سیستم غذایی بر پایه گیاهان زراعی با نوع ارائه شده برای سایر آفات متفاوت است (شکل ۴-۶). در بسیاری از آن‌ها به‌ویژه برای پاتوژن‌های هوازی، تعداد کمی مصرف‌کننده‌های سطوح بالایی هستند که به طور فعال در جستجوی پاتوژن‌ها برای غذا باشند. در نتیجه زنجیره غذایی در چنین حالتی از سطح مصرف‌کننده‌های اولیه آغاز می‌شود (مصرف-کننده‌های سطوح دوم و سوم در مراحل بعدی توصیف شده‌اند). تعدادی استثناهای قابل ذکر وجود دارد؛ برای مثال قارچ‌هایی هستند که به قارچ‌های خاکزی بیماری‌زای گیاهی حمله می‌کنند و چنین قارچ‌های بیماری‌زایی توانایی مدیریت آفات را دارند. فلش‌های افقی بین دو پاتوژن در سطح مصرف‌کننده اولیه معرف وجود رقابت آن‌ها در این سطح است. این موضوع در کنترل بیولوژیک عوامل بیماری‌زا مهم است (فصل ۱۳ را ببینید).



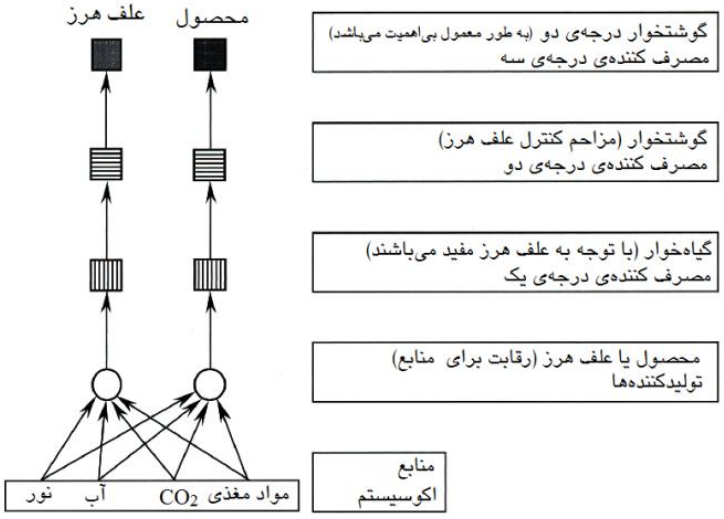
شکل ۴- ۶: نمودار ساده از زنجیره‌ی غذایی که گردش منابع را با وجود یک پاتوژن مصرف کننده آغازین نشان می‌دهد.

زنجیره غذایی علف‌های هرز

علف‌های هرز برخلاف تمامی آفات دیگر، اثرات مستقیم فیزیکی یا مکانیکی روی محصولات کشاورزی ندارند، زیرا علف‌های هرز برگ‌ها، گل‌ها یا میوه‌های محصولات کشاورزی را نمی‌خورند. اثرات علف‌های هرز غیر مستقیم است به نحوی که آن‌ها قابلیت دسترسی محصولات کشاورزی به منابع اکوسیستم را کاهش می‌دهند چون با محصولات کشاورزی در سطح غذایی یکسانی قرار دارند

(شکل ۴-۷). هنگامی‌که یک علف‌هرز برای دستیابی و استفاده از یک منبع دارای مقادیر محدود رقابت می‌کند، به همان اندازه موجودیت آن منبع برای استفاده محصول زراعی کاهش می‌یابد.

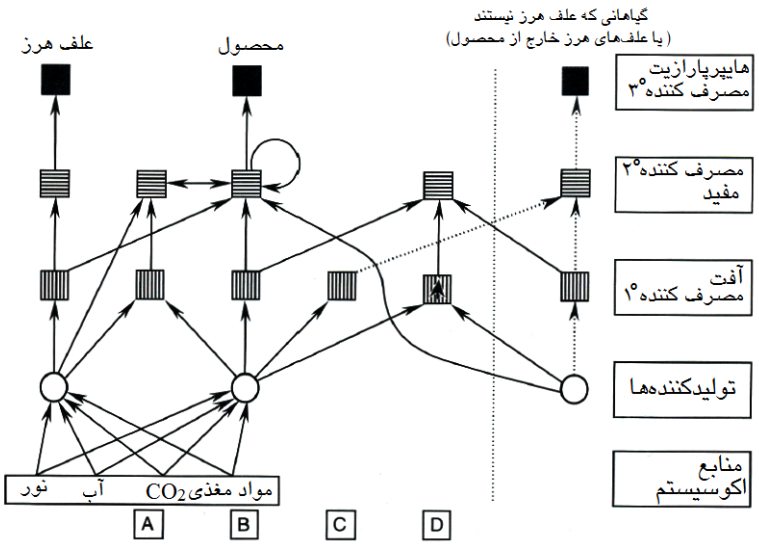
در سیستم نشان داده شده در شکل ۴-۷ علف‌هرز روی زنجیره غذایی و موجودات مصرف کننده‌ای که تحت حمایت محصول زراعی هستند اثر مستقیمی ندارد. تمام برهم کنش‌های وارد شده به‌وسیله تغییرات در رشد محصول زراعی به سبب تغییر قابلیت دسترسی به منابع ایجاد می‌شود. همانند یک تولیدکننده، یک علف هرز نیز می‌تواند یک منبع غذایی باشد و زنجیره غذایی خود را مورد حمایت قرار دهد. در زنجیره غذایی علف‌های هرز، ار موجوداتی که فقط علف هرز را می‌خورند و از محصول زراعی تغذیه نمی‌کنند، پایه و اساس اکولوژی را در کنترل بیولوژیک علف-های‌هرز تشکیل می‌دهند. یک عامل کنترل بیولوژیک برای کنترل علف‌هرز، موجودی گیاه‌خوار بوده به‌جای این‌که یک موجود گوشت خوار اولیه باشد. هنگامی‌که چنین گیاه‌خوارانی در کنترل بیولوژیک علف‌های هرز مورد استفاده قرار گیرند، ضروری است که آن‌ها گیاهان مطلوب را مورد تغذیه قرار ندهند. بنابراین، واردسازی بین‌المللی گیاه‌خواران برای کنترل بیولوژیک علف‌های هرز تابع محدودیت‌های قانونی و مقرراتی واقع می‌شود (در فصل ۱۳ بیشتر به این موضوع پرداخته می‌شود).



شکل ۴- ۷: نمودار ساده از زنجیره‌ی غذایی که رقابت برای منابع بین محصول و علف هرز را نشان می-دهد. به سرانجام یک زنجیره‌غذایی برای هر نوع گیاه توجه کنید.

شبکه‌های غذایی

نمودارهای موجود در بخش‌های قبل، زنجیره‌های غذایی ساده‌ای را برای روشن ساختن موضوع ارائه می‌دهند. در حقیقت، موجودات به‌طور معمول تنها از یک منبع غذایی تغذیه نمی‌کنند و همچنین تنها یک موجود دیگر آن‌ها را مورد تغذیه قرار نمی‌دهد. به‌علاوه، احتمالاً شرایط تغذیه‌ای فراوانی در بین موجودات حاضر در سطوح غذایی مختلف وجود دارد. این همبستگی‌ها را می‌توان به‌صورت شبکه‌های غذایی توصیف کرده و به‌صورت نموداری ترسیم کرد که همبستگی‌ها و برهم‌کنش‌های مربوطه به روابط غذایی موجود در بین موجودات را نشان دهد. شکل ۴-۸ مثال‌هایی از پیچیدگی فزاینده شبکه‌های غذایی را نشان می‌دهد که دارای گونه‌های متعددی از موجودات آفت و مفید بوده که از منابع مختلف گیاهی تغذیه کرده و دارای همپوشانی متنوعی در انتخاب طعمه بوده و دارای همخواری[1] هستند. بر هم‌کنش‌های سطوح غذایی شامل موجودات زنده موجود در سه سطح غذایی مختلف بوده و به صورت ردیفی داخل آفت گیاه‌خوار (D) نشان داده می‌شود. بعضی از برهم‌کنش‌های فرضی مهم با استفاده از شکل ۴-۸ در زیر توضیح داده می‌شود:



شکل ۴- ۸: نمودار ساده از شبکه‌ی غذایی گردش منابع بین محصول و علف هرز، گیاهان خارج از اگرواکوسیستم و آفات گیاه‌خوار آن‌ها و دشمنان طبیعی گوشت‌خوار را نشان می‌دهد.

[1] Cannibalism

۱- علف‌های هرز می‌توانند به صورت میزبان‌های جایگزین برای آفات گیاه‌خوار به کار روند (A و D). قابل توجه است که آفت D روی گیاهی خارج از اکوسیستم زراعی حمایت می‌شود؛ این نوع رابطه غذایی برای مدیریت آفات در سطح وسیع حائز اهمیت است.

۲- علف‌های هرز می‌توانند میزبان‌هایی جای‌گزین برای حشره مفید B از طریق تأمین شکار زنده باشد که روی علف هرز در اکوسیستم محصول زراعی رشد می‌کند. به‌طور مشابه، طعمه گیاه‌خوار که از یک گیاه خارج از اکوسیستم مدیریت شده تغذیه می‌کند، گونه مفید D را مورد حمایت قرار می‌دهند. گیاهان در حال رشد در خارج از آگرواکوسیستم ممکن است برای مدیریت آفت در سطح وسیع مهم باشند (این موضوع در فصل ۱۸ مورد بحث قرار گرفته است).

۳- علف‌های هرز می‌توانند به‌صورت منابع غذایی مستقیم برای موجودات زنده مفید به کار روند؛ برای مثال، علف‌های هرز موجود داخل محصول برای گونه مفید A غذا هستند و گیاهان موجود درخارج از اکوسیستم مدیریت شده برای گونه مفید B غذا هستند.

۴- محصول دارای آفات گیاه‌خوار متعددی بوده و این احتمال وجود دارد که هریک از این آفات، بسته به موجودات زنده مفید یک مشکل قابل توجهی باشند. موجودات زنده آفت A و D روی علف‌های هرز یا گیاهان غیر زراعی حفظ می‌شوند. آفت A ممکن است نماتدهای گره‌ای ریشه باشد که قادر است علف‌های هرز میزبان از قبیل تاج خروس و سلمه تره را پارازیته کند. آفت D ممکن است زنجرک‌های برگی یا یک ویروس باشد مانند ویروس موزائیک کاهو که داخل یا روی علف‌های هرز در مناطقی که به وسیله مزارع مدیریت شده محصور شده‌اند، زندگی می‌کند.

۵- موجود زنده مفید B احتمالاً خیلی مؤثر نیست، زیرا هر یک از موارد زیر می‌تواند دینامیسم جمعیت آن را به اندازه کافی اصلاح کند تا با توقف جمعیت‌ها از افزایش آن‌ها نقطه‌ای به‌دست آید که کنترل مؤثری از موجود آفت B فراهم کند.

۵-۱- موجود مفید B نیازمند غذای گیاهی مانند شهد یا گرده است و گیاهان منبع غذایی مناسب ممکن است وجود داشته یا نداشته باشند.

۵-۲- موجود مفیدB می‌تواند به وسیله موجود مفید دیگر (A) خورده شود. بسیاری از شکارگران عمومی از سطح غذایی یکسانی (مانند عنکبوت‌ها) تغذیه می‌کنند.

۵-۳-موجود مفید B همخوار است و از افراد گونه خود تغذیه خواهد کرد (این صفت می‌تواند یک محدودیت جدی برای بسیاری از شکارگران عمومی باشد) و به‌وسیله یک خط کمانی که روی خودش بر می‌گردد نشان داده می‌شود (مانند لارو کفشدوزک و بالتوری).

۵-۴- موجود مفید B یک منبع غذایی برای یک مصرف‌کننده ثالث هیپرپارزیت است (B).

۶- هیپرپارازیت‌ها در خارج از اکوسیستم مدیریت شده ممکن است کارایی موجودات مفید را محدود کند.

۷- فعالیت موجود مفید D به وسیله آنچه که حشره‌شناسان آن را بر هم‌کنش غذایی سطح سوم اطلاق می‌کنند ممکن است تغییر داده شود که بنا به تعریف شامل گذر از ترکیبات شیمیایی حاصل از گیاه از این سطح غذایی است. ردیف عمودی داخل موجود آفت D بیانگر گذاشتن ترکیبات حاصل از گیاه زراعی به سطح غذایی بالاتر است. به هرحال، چون موجود مفید D نیز به وسیله علف‌های هرز داخل محصول و به وسیله گیاهان خارج از سیستم حمایت می‌شود، آن توانست به طور طبیعی عمل کند.

در واقع، بیشتر شبکه‌های غذایی شامل برهم‌کنش‌های زیادی است و بنابراین نسبت به آن‌هایی که در اینجا شرح داده شد پیچیدگی خیلی زیادتری دارند. یادآوری می‌شود که بخش‌هایی از سیستم ممکن است شامل فرایندهای صعودی باشد در صورتی‌که بخش‌های دیگر ممکن است به طور همزمان به روش نزولی واکنش نشان دهند.

شبکه غذایی مبتنی بر جانور

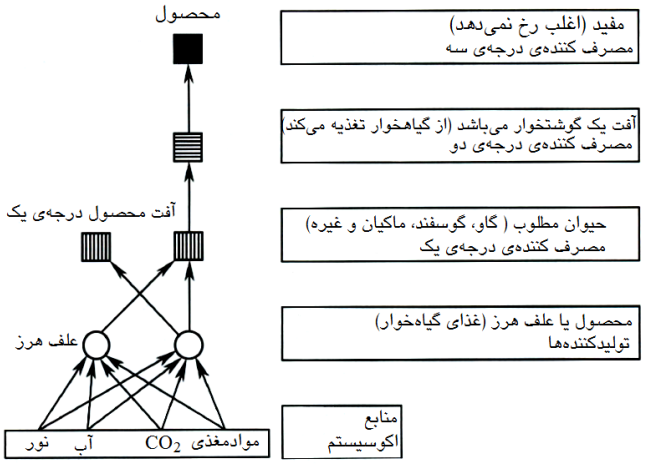
وقتی یک سیستم کشاورزی مبتنی بر جانور در نظر گرفته می‌شود، اهمیت سطوح غذایی مختلف و معانی ضمنی مثبت و منفی از واژه‌شناسی به کار رفته برای شرح آن‌ها به‌طور چشمگیری از آنچه در مورد سیستم‌های مبتنی بر گیاه بیان شد تغییر می‌کند (شک ۴-۹). سیستم‌های مبتنی بر جانور به روش‌های زیر متفاوت است.

۱- مصرف‌کنندگان اولیه گیاه‌خوار ممکن است موجودات دلخواه در سیستم باشند. مثال‌ها شامل گاوها، گوسفندان یا مرغ‌ها است.

۲- آفت اولیه (آفات) گیاه‌خوار محصول اکنون در سطح غذایی یکسان همانند جانور گیاه‌خوار دلخواه هستند که می‌تواند بر روش‌های به‌کار رفته مدیریت آفت مؤثر باشد.

۳- موجود ثانویه مصرف‌کننده گوشت‌خوار یک آفت (مانند مگس شاخ) و مصرف‌کننده سطح سوم موجود مفید است.

۴- چون علف هرز یک تولیدکننده و موجود دلخواه یک گیاه‌خوار است، امروزه این امکان وجود دارد که علف‌های هرز یک منبع غذایی برای جانور دلخواه باشند. این رابطه غذایی در بسیاری از فرهنگ‌های خرده کشاورزی درجایی استفاده می‌شود که علف‌های هرز برای جانوران اهلی علوفه هستند. در بیشتر کشورهای صنعتی، استفاده از علف‌های هرز به صورت یک منبع غذایی برای جانوران حائز اهمیت ناست. به هرحال، علف‌های هرز که به وسیله جانوران اهلی خورده می‌شوند حائز اهمیت هستند چنانچه این علف‌های هرز سمی باشند مانند پیر گیاه معمولی.



شکل ۴- ۹: نمودار ساده از شبکه‌ی غذایی که گردش انرژی و منابع را در یک سیستم کشاورزی حیوان محور نشان می‌دهد.

خلاصه‌ای از روابط غذایی

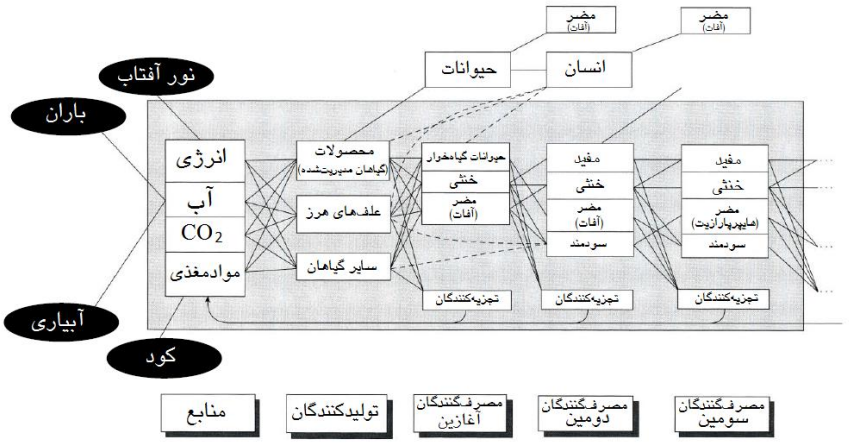
شکل ۴-۱۰ نشان می‌دهد چگونه احتمالات شبکه غذایی مختلف وقتی در سطح اکوسیستم کشاورزی در نظر گرفته شود تشکیل شبکه‌ای پیچیده می‌دهد. خطوط نقطه چین موجودات تغذیه-کننده از بیش از یک سطح غذایی هستند مانند انسان و حشرات مفید. درک این نکته مهم است که مدیریت آفت شامل سه نوع مختلف از تولیدکنندگان اولیه است:

- محصول یا گیاهان دلخواه
- علف‌های هرزی که ممکن است در رقابت مستقیم با گیاهان زراعی باشند؛ و
- علف‌های هرز و سایر گیاهان خارج از سیستم مدیریت شده.

مدیریت مناسب برای هر یک از این سه نوع تولیدکننده گاه متفاوت است و روش‌های مورد استفاده می‌تواند اثرات دور از دسترس روی مدیریت سایر گروه‌های آفت داشته باشد (فصل‌های ۱۶،۷،۶ را ببینید).

محدودیت منابع و رقابت

بخش‌های پیشین روابط غذایی بین موجودات مختلف آفت در اکوسیستم را تحت پوشش قرار داد. بخش بعدی مفاهیم ظرفیت نگهداری اکوسیستم، موجودات با انتخاب r و k، رقابت بین موجودات برای منابع حیاتی آن‌ها و پدیده‌های وابسته به انبوهی (تراکم) را معرفی می‌کند.



شکل ۴- ۱۰: چکیده‌ای از روابط شبکه‌ی غذایی یک اگرواکوسیستم فرضی. توجه کنید که همه‌ی منابع و انرژی از چپ به راست گردش می‌کنند، به استثنای چرخه‌ی مواد مغذی.

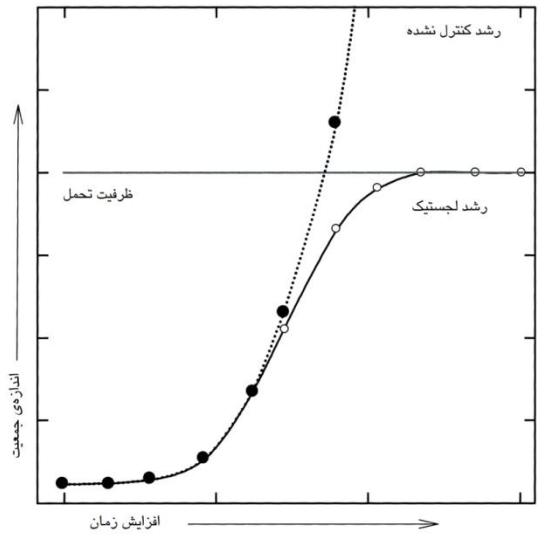
ظرفیت نگهداری[1] و رشد لوجیستیک[2]

مفهوم ظرفیت نگهداری محیط برای موجود به‌منظور فهم محدودیت‌های اصلی رشد جمعیت، بنیادی و پایه‌ای است. تراکم عبارت است از: تعداد افراد در واحد سطح. تعداد موجودات در جمعیت در طول زمان تغییر می‌یابد که نتیجه روابط بین زاد و ولد، مرگ و میر، مهاجرت به داخل[3] و مهاجرت به خارج[4] است. بدون وجود هیچ یک از محدودیت‌ها در تولید مثل و بقاء، هر جمعیت در حال تولیدمثل سرانجام به طور نمایی افزایش خواهد یافت (شکل ۴-۱۱). رشد جمعیت به صورت نمایی و نامحدود برای دوره‌های طولانی امکان‌پذیر نیست زیرا تراکم جمعیت سرانجام برای استفاده از همه منابع موجود کفایت می‌کند که نتیجه آن کاهش تولیدمثل و افزایش مرگ و میر است. بیشینه اندازه جمعیت که می‌تواند در یک محیط ویژه حمایت شود ظرفیت نگهداری سیستم نامیده می‌شود. برهم‌کنش‌های شبکه غذایی، شامل رقابت، شکارگری، پارازیتسم که با محدودیت‌های منابع تلفیق می‌شوند تعیین کننده ظرفیت نگهداری (محیط) هستند.

رشد جمعیت در ابتدا سریع است ولی با یک کاهش تدریجی ادامه می‌یابد تا این که به ظرفیت نگهداری (محیط) می‌رسد که می‌تواند به وسیله یک منحنی S شرح داده شود و رشد لوجیستیک نامیده می‌شود (شکل ۴-۱۱). الگوی رشد لوجستیک بیانگر تصویر مطلوبی از چگونگی رشد

[1] Carrying capacity
[2] Logistic growth
[3] Immigration
[4] Emigration

جمعیت‌ها در زمانی است که آن‌ها به‌وسیله عوامل خارجی زیستی محدود نمی‌شوند و رشد لوجستیک باید یک مدل ذهنی مفید در نظر گرفته شود به‌نظر می‌رسد جمعیت‌ها باید دینامیسم رشدی لوجستیک داشته باشند. برای مثال، محیطی که موجودات آن را تجربه می‌کنند به‌طور ضروری ثابت و پایدار نیست ولی همواره به نسبت متغیر بوده و در نتیجه ظرفیت نگهداری و نرخ رشد ممکن است در بسیاری از سیستم‌ها نامناسب باشد. به هرحال محدودیت پدیده کلی رشد جمعیت که به‌وسیله مدل رشد لوجستیک شرح داده می‌شود فوق‌العاده مفید است.



شکل ۴- ۱۱: مقایسه‌ی رشد جمعیت نمایی در برابر رشد جمعیت نظری لوجستیک.

برای رسیدن به هدفِ این کتاب، ما فرض می‌کنیم که جمعیت آفات (که مورد بحث کلی قرار می‌گیرند) بر اساس الگوی رشد لوجستیک افزایش می‌یابند. رشد لوجستیک منحنی تراکم – زمان سیگموئیدی یا S شکل است و از لحاظ ریاضی ممکن است به‌وسیله معادله لوجستیک توصیف شود (شکل ۴-۱۱). این معادله توسط ورهالست[1] در سال ۱۸۳۸ کشف شد و توسط رید و پیرل[2] در سال ۱۹۲۰به‌طور مستقل به‌دست آمده، به روش‌های مختلفی می‌تواند بیان شود: شکلی از معادله که به تعداد افراد نسبت به زمان مربوط است عبارت است از:

[1] Verhulst
[2] Reed and Pearl

$$N_t=\frac{K}{1+(\frac{K}{N_0}-1)e^{-rt}}$$

که:

N_t= تعداد افراد در زمان t

N_0= تعداد افراد در زمان فرضی صفر(اولیه)

K= ظرفیت نگهداری سیستم

r= نرخ رشد نامحدود جمعیت به طورذاتی یا بیشینه

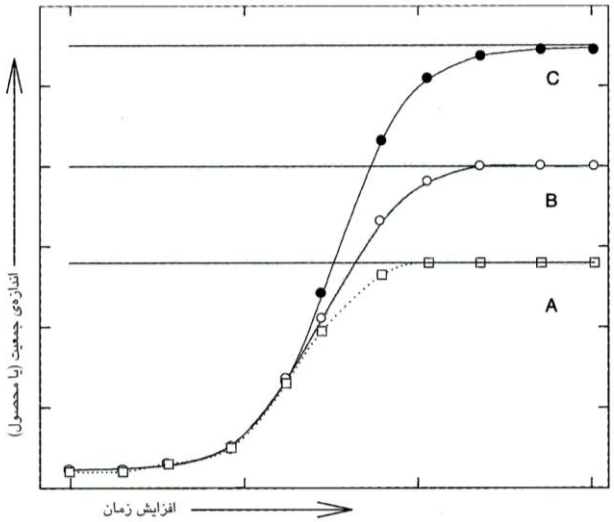
t= زمان

e= مبنای لگاریتم طبیعی

براساس مدل لوجستیک وقتی جمعیت کوچک است، نرخ سریعی از افزایش را نشان می‌دهد. همچنان که جمیت افزایش می‌یابد، رقابت درون‌گونه‌ای به‌صورت یک عامل محدودکننده عمل می‌کند تا نرخ افزایش جمیت را کاهش دهد ، تا این‌که سرانجام جمعیت به بیشینه تراکمی می‌رسد که منابع محیطی می‌تواند حمایت کند (ظرفیت نگهداری). جمعیت در بالای این سطح نمی‌تواند افزایش یابد بدون این‌که تجربه‌کننده افزایش نرخ مرگ و میر و یا کاهش نرخ زاد و ولد باشد.

اگر قابلیت دسترسی به منابع محیطی تغییر یابد، ظرفیت نگهداری سیستم تغییر می‌یابد و تعادل تراکم جمعیت متعادلی حاصل می‌شود. خطوط A و B و C در شکل ۴-۱۲ بیانگر تغییرات در منابع موجود هستند که محدودیت‌های رشد جمعیت را حذف می‌کند. این منابع بیان شده ممکن است تعداد شکار برای یک گوشت‌خوار، تعداد گیاهان میزبان مناسب برای یک گیاه‌خوار یا سطوح مواد غذایی برای یک گیاه باشد. وقتی مفهوم ظرفیت نگهداری برای محصولات به‌کار برده می‌شود، آن قانون عملکرد ثابت نامیده می‌شود که بیانگر چگونگی درک آن در رابطه با رشد علف هرز است.

معادله لوجستیک نشان دهنده یک مشکل اصلی است که در تلاش برای مدیریت آفات با آن برخورد می‌شود. روش‌های کمک کننده در کاهش جمعیت آفت از طریق عملیات مستقیم علیه آن موجود، جمعیت را تا تعدادی کاهش می‌دهند که رشد جمعیت کمتر محدود می‌شود. بنابراین به دنبال عملیات مدیریتی، جمعیت با احتمال بیشتری افزایش می‌یابد مگر این‌که راهبرد کنترل نیز منابع موجود برای رشد جمعیت را کاهش دهد. این یکی از عیب‌های عمده کاربرد آفت‌کش‌ها است، همچنان که آن‌ها حل کننده آن نیستند که چرا جمعیت، دارای افزایش کافی برای رسیدن به وضعیت آفت است.



شکل ۴- ۱۲: مقایسه‌ی رشد جمعیت لوجستیک نظری در سطوح مختلف محدودیت منابع: A= پایین، B= متوسط، C= بالا.

موجودات دارای انتخاب r در مقایسه با موجودات انتخاب k

تاریخچه زندگی یک موجود زنده شامل ویژگی‌هایی مانند سن بلوغ، اندازه در (مرحله) بلوغ، باروری ویژه سنی، نرخ بقاء، تعداد نتاج و اندازه نتاج است. در پارامترهای معادله لوجیستیک (که در این فصل نشان داده شد) ممکن است شرح مختصری از خصوصیات تاریخچه زندگی موجودات شامل راهبردهای تولیدمثلی و قابلیت‌های تولیدمثلی آن‌ها به‌کار گرفته شود. پارامترهای معادله لوجیستیک موجودات زنده مختلف که ممکن است آفت در نظر گرفته شوند نشان دهنده ویژگی-هایی هستند که آن‌ها را در زیستگاه‌های ناپایدار جای داده و موجودات کوچک با تولید مثل سریع بوده که دارای انتخاب k شده‌اند.

موجودات دارای انتخاب r

حرف r در این اصطلاح به پارامتر r در معادله لوجیستیک اطلاق می‌شود که نرخ تولیدمثل است. موجوداتی که موجودات با انتخاب r توصیف می‌شوند، به‌نظر می‌رسد تعداد زیادی نتاج با سرعت ممکن تولید می‌کنند، دارای تولید عمر کوتاه بوده و قدرت رقابت ناچیزی دارند. به نظر می-رسد این قبیل ویژگی‌ها امکان استفاده سریع از منابع را فراهم کند. این نوع موجودات با زیستگاه-های ناپایدار سازگاری یافته‌اند و می‌توانند در زیستگاه‌های بارز ناپایدار در بسیاری از اکوسیستم‌های کشاورزی با سرعت کلنی تشکیل دهند. بسیاری از حشرات، بیشتر علف‌های هرز یکساله، بسیاری از عوامل بیماری‌زای گیاهی و بیشتر نماتدها مورد بررسی دارای انتخاب r باشند.

موجودات زنده با انتخاب k

حرفk در این اصطلاح به پارامتر k در معادله لوجیستیک اطلاق می‌شود که ظرفیت نگهداری است. موجودات با انتخاب k رقابت‌کنندگان خوبی هستند، دارای طول عمر زیادی هستند و با بهره‌مندی از منابع، تنها تعداد کمی نتاج تولید می‌کنند. ویژگی‌های آن‌ها ناشی از انتخاب برای توانایی رقابت در زیستگاه‌های به نسبت پایدار است. مثال‌ها شامل بیشتر پستانداران، بسیاری از گیاهان دائمی، بعضی از حشرات و بعضی از عوامل بیماری‌زا هستند.

گروهی از موجودات که تحمل‌کنندگان تنش هستند نوع دیگری از تاریخچه زندگی در نظر گرفته می‌شوند. این موجودات دارای ویژگی‌های بارزی هستند که به آن‌ها امکان بقاء در محیط‌های نامناسب را می‌دهد.

تفاوت‌های بین این نوع دینامیسم‌های جمعیت در اقدامات مدل‌سازی و در طراحی راهبردهای مدیریت آفت به ویژه در مورد بندپایان آفت حائز اهمیت هستند. برای مثال، کرم سیب (شب پره سیب) مثالی از یک حشره آفت در باغ‌های سیب و گلابی با انتخاب k است. کرم سیب در طول فصل رشد دارای نسل‌های جداگانه است که امکان طراحی پایش و فعالیت‌های کنترلی را به دنبال طراحی مدل‌های فنولوژیکی مبتنی بر روز- درجه و معین فراهم می‌سازد (فصل ۵ را ببینید).

رقابت

هنگامی که تراکم موجودات در یک منطقه افزایش می‌یابد نتیجه آن کمبود غذا برای مصرف کنندگان یا کمبود منابع اکوسیستم برای تولیدکنندگان است. رقابت، نیاز همزمان دو یا تعداد بیشتری از موجودات به یک منبع عمومی است. مثال‌هایی از منابع شامل مواد غذایی، فضا، یا جفت‌ها است و موجودات ممکن است از طریق کارایی نسبی آن‌ها در به‌دست آوردن یک منبع محدود رقابت کنند که رقابت سودجویانه[1] نامیده می‌شود یا از طریق برهم‌کنش‌های مضر و مستقیم با هم رقابت می‌کند که به آن رقابت تعرضی (کشمکشی[2]) گفته می‌شود. رقابت هنگامی رخ می‌دهد که افراد به اندازه‌ای وجود دارند که نیاز توام آن‌ها به منابع، از ذخیره موجود بیشتر می‌شود. رقابت نمی‌تواند رخ دهد مگر این‌که منابع محدود شونده باشند. در اصل رقابت به دو نوع تقسیم می‌شود:

۱ - رقابت درون گونه‌ای در بین افراد داخل یک گونه معین رخ می‌دهد. یک مثال، رقابت در بین افراد گیاهی در محصول برای مواد غذایی است.

[1] Exploitative
[2] Interference

۲ - رقابت بین‌گونه‌ای در بین افراد گونه‌های مختلف رخ می‌دهد. رقابت بین علف‌های هرز و یک محصول مثال خوبی از رقابت بین‌گونه‌ای است و رقابت بین لاروهای بالتوری و لاروهای کفشدوزک برای شکار شته بیانگر مثالی از این نوع رقابت در بندپایان است.

مفهوم رقابت برای همه گروه‌های آفت به‌کار می‌رود ولی برای تولیدکنندگان در مقایسه با مصرف‌کنندگان دارای تفاوت چشمگیری است.

۱- تولیدکنندگان. علف‌های هرز به سبب موقعیت غذایی‌شان با محصولات برای منابع اکوسیستم نظیر انرژی نورانی، آب و موادغذایی معدنی رقابت می‌کنند. علف‌های هرز همچنین در بسیاری از موقعیت‌ها در بین خودشان رقابت می‌کنند. بعضی از نویسندگان رقابت برای فضا را شامل آن می‌دانند ولی در اصل محدودیت منابع قبل از رقابت برای فضای فیزیکی رخ می‌دهد. وقتی آب و مواد غذایی استفاده می‌شوند، برای سایر گیاهان سیستم موجود نیستند. نور یک منبع غیر عادی است که درسیستم مصرف‌شدنی نیست: فردا همان اندازه نور وجود خواهد داشت که امروز وجود دارد. بنابراین رقابت برای نور به‌جای این‌که از طریق رقابت سودجویانه رخ بدهد از طریق رقابت تعرضی رخ می‌دهد.

۲- گیاه‌خواران. گیاه‌خواران به سبب موقعیت غذایی‌شان برای (دستیابی به) منابع کافی با گیاهان میزبان رقابت می‌کنند. به‌جز شرایط غیر عادی، منبع غذایی آن‌ها به‌طور معمول محدود شونده به نظر نمی‌رسد، بنابراین گیاه‌خواران آفت تنها هنگامی با یکدیگر رقابت می‌کنند که خسارت شدیدی در محصول ایجاد کرده‌اند. این یک موضوع خیلی مهم است که منبع غذایی گیاه‌خواران «گیاه» متحرک نیست. در نتیجه گیاهان نمی‌توانند خود را از گیاه‌خوران مخفی نگهداشته یا به بیرون از (محیط زیست) آن‌ها حرکت کنند و هنگامی تعداد گیاه‌خواران زیاد است به منظور اجتناب از خسارت باید سازوکارهای دفاعی داشته باشند. بیشتر گیاهان به سبب وجود دفاع‌های فیزیکی یا شیمیایی محافظت کننده آنها، مورد حمله بیشتر گیاه‌خواران قرار نمی‌گیرند (اطلاعات بیشتر در این زمینه در فصل ۱۷ ارائه می‌شود).

۳-گوشت‌خواران. این موجودات از جانوران دیگر تغذیه می‌کنند. این احتمال وجود دارد که جمعیت شکار (طعمه) برای حمایت از گوشت‌خواران ناکافی باشد و افراد برای (دستیابی به) شکار با یکدیگر رقابت کنند. در اصل منبع غذایی برای شکارگران متحرک است بنابراین جستجو و گرفتن شکار بخشی از معادله رقابت است. این وضعیت دو تعریف از رقابت را برای گوشت‌خواران نتیجه می‌دهد:

۳-۱- واقعی. این رقابت بدین معنی است که منبع شکار در واقع محدودکننده است و رقابت واقعی برای غذا رخ می‌دهد.

۳-۲- ظاهری. این رقابت هنگامی رخ می‌دهد که دو موجود زنده تظاهر به رقابت می‌کنند، همچنان که هر یک از آن‌ها دارای تأثیر منفی غیر مستقیم روی دیگری به‌دلیل اثر مثبت آن روی فراوانی شکارگر یا پارازیت مشترک است. در واژه‌شناسی مدیریت آفت، رقابت ظاهری همچنین بدین معنی است که منبع شکار ممکن است کافی باشد ولی گوشت‌خوار نمی‌تواند آن را پیدا کند و در نتیجه شکار محدود کننده است.

برای دینامیسم جمعیت بسیاری از آفات رقابت به نسبت مهم است ولی رقابت در مورد علف‌های هرز در حال رشد در محصول از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. پیامدهای رقابت در مدیریت آفات غیر علف‌هرز آشکار نیست ولی برخی معتقدند که تغییرات در رقابت بین پارازیت‌ها یا شکارگرها در مدیریت آفت کمتر مطرح است زیرا رقابتی‌ترین گونه، گونه‌ای خواهد بود که گرداننده سیستم باشد. به‌طور متناوب، شواهد نشان می‌دهد که توانایی رقابت عمومی بین عوامل کنترل بیولوژیک بر توانایی آن‌ها برای استقرار در خاک مؤثر است و در نتیجه، رقابت در تعیین بازدهی تلاش‌های کنترل بیولوژیک در خاک دخالت دارد. رقابت در بین بندپایان مفید می‌تواند یک مشکل باشد به‌طوری که در شرایط محدودیت شکار، آن‌ها از یکدیگر تغذیه کنند.

بازدارندگی رقابتی[1] یا جای‌گزینی در مرکز عقاید کنترل بیولوژیک حشرات آفت قرار داشته است. بازدارندگی رقابتی مقدمه این است که همولوگ‌های اکولوژیکی نتوانند در یک محل هم زیستی داشته باشند حتی اگر منابع به‌طور آشکار محدودکننده نباشند. بر اساس این نظریه، جایگزینی یک گونه به گونه دیگر منجر می‌شود و غلبه کننده آشیان اکولوژیکی (نیچ[2]) در اجتماع می‌شوند. چند گونه از سوسک‌های زمینی با منشاء اروپایی با گونه‌های بومی آمریکا جایگزین شده‌اند و کفشدوزک ده نقطه‌ای به نظر می‌رسد جایگزین چند کفشدوزک بومی شده باشد.

پدیده‌های وابسته به تراکم

پدیده‌های وابسته به تراکم باید از جنبه تولیدکنندگان (علف‌های هرز) در مقایسه با آفات گیاه‌خوار بررسی شوند چون واکنش‌ها بین گروه‌های آفت متفاوت است.

علف‌های هرز

هنگامی‌که تراکم جمعیت افزایش می‌یابد، سرانجام افراد رقابت را تجربه می‌کنند به طوری که نتیجه آن رشد لوجیستیک جمعیت‌ها است. رقابت برای نور، مواد غذایی و آب هسته مرکزی (نقطه عطف) علم علف‌های هرز است. رقابت علف‌های هرز با گیاهان زراعی (محصولات) منجر به کاهش رشد و نمو محصول می‌شود که به صورت کاهش عملکرد مشاهده می‌شود. شکل ۴-۱۳ به طور بارز عکس‌العمل کاهش عملکرد در رابطه با افزایش رقابت را نشان می‌دهد که از طریق افزایش تراکم

[1] Competative exclusion
[2] Nich

علف هرز ایجاد می‌شود. تابع هایپربولیک مستطیلی[1] نشان داده شده در شکل ۴-۱۳ یک مدل خوب برای معرفی بیشتر موارد کاهش عملکرد در رابطه با تراکم علف هرز در نظر گرفته می‌شود. شناخت این موضوع مهم است که کاهش قابل توجه عملکرد می‌تواند در تراکم‌های پایین علف هرز رخ دهد. کاهش واقعی عملکرد (بسته به) موارد زیر متغیر است:

۱ - گونه علف هرز. بعضی از گونه‌ها مانند خردل، سوروف و اویارسلام دارای رقابت بالایی هستند ولی گونه‌های دیگر مانند خرفه و گندمک دارای رقابت خیلی کمتری هستند.

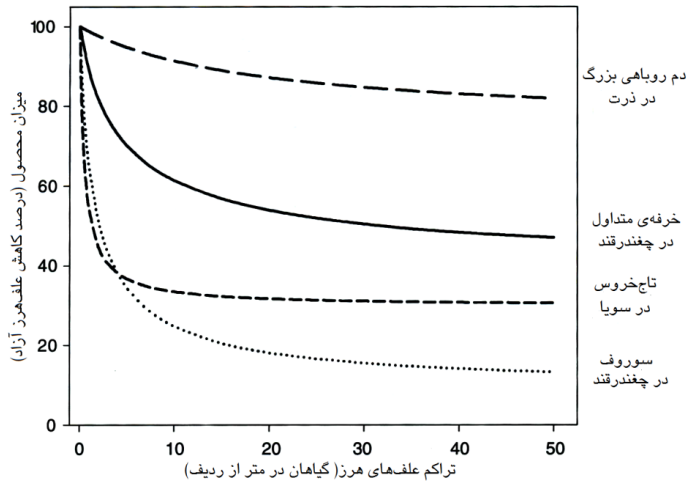
۲ - گونه محصول (گیاه زراعی). محصولات دارای رشد کم مانند چغندرقند و کاهو توانایی خیلی کمتری به تحمل رقابت با علف‌های هرز نسبت به محصولات بلند مانند ذرت و کائوچو دارند.

۳ - محیط غیر زنده. محیط اطراف می‌تواند نتایج برهم‌کنش‌های رقابتی را تغییر یا اصلاح کند: مثال‌ها عبارتند از دما (علف‌های هرز فصل سرد نمی‌تواند به خوبی محصولات فصل گرم رقابت کنند)، سطح رطوبت (بعضی از محصولات می‌توانند خشکی را نسبت به علف‌های هرز بهتر تحمل می‌کنند) و مواد غذایی (دادن نیتروژن می‌تواند برهم‌کنش‌های رقابتی در بعضی محصولات را اصلاح کند).

۴ - دوره قرارگیری در معرض رقابت. اگرچه در شکل ۴-۱۳ نشان داده نشده است، طول مدت زمانی که محصول در معرض رقابت قرار می‌گیرد نیز مهم است. به طور کلی، علف‌های هرزی که بعد از محصول جوانه می‌زنند نمی‌توانند به شدت گونه‌هایی که همزمان با محصول جوانه زده رقابت کنند. برعکس، هرچه علف‌های هرز مدت طولانی‌تر در محصول باقی بمانند، کاهش محصول به سبب رقابت بیشتر است.

تنک کردن خودی[2] یک مفهوم مهم برای دینامیسم جمعیت‌های گیاهی است. تنک کردن خودی نتیجه مرگ و میر ایجاد شده به وسیله رقابت است و ممکن است منجر به رشد لوجستیک شود. این پدیده برای موجودات غیر متحرک به کار می‌رود که باید منابع خود را به طورمستقیم از سطح محدود اطرافشان به دست آورند. هنگامی که تراکم افراد افزایش می‌یابد، تقاضا برای منابع در یک سطح معین نیز افزایش می‌یابد. وقتی منابع از مقدار کافی برای نگهداری جمعیت بیشتر نباشند، افراد ضعیف‌تر می‌میرند و به افراد دیگر امکان ادامه رشد را می‌دهند. هنگامی که اندازه افراد با سن آن‌ها افزایش می‌یابد، افراد ضعیف‌تر به مردن ادامه می‌دهند که منابع بیشتری را برای بازماندگان آزاد می‌سازند. این فرایند تنک کردن خودی در گیاهان نامیده می‌شود و ممکن است همچنین در سایر آفات غیر متحرک مانند عوامل بیماری‌زا و نماتدها یافت شود.

[1] Rectangular hyperbolic
[2] Self thinning



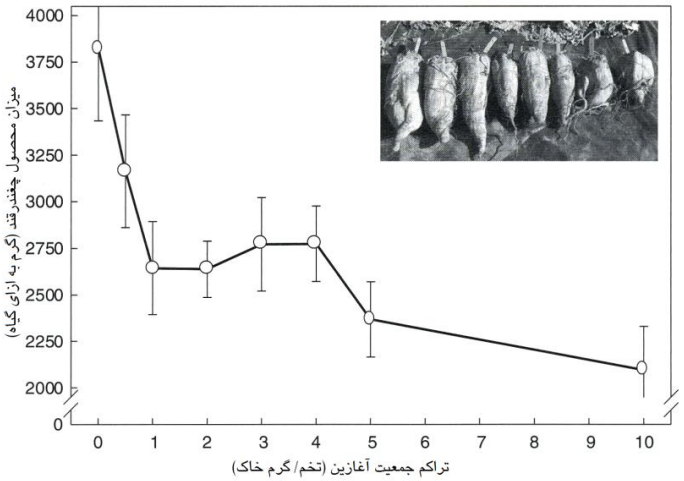
شکل ۴- ۱۳: نمونه‌هایی از میزان محصول، نشان دهنده‌ی درصد کنترل علف‌های هرز آزاد در پاسخ به افزایش تراکم علف‌های هرز. همه‌ی منحنی‌ها از داده‌های تحقیقاتی منتشر شده‌ی حقیقی به دست آمده است.

آفات گیاه‌خوار

هنگامی که تراکم آفت افزایش می‌یابد، اثرات آن نیز روی محصول افزایش می‌یابد. برای مثال، اندازه و عملکرد چغندرقند (شکل ۴-۱۴) در رابطه با افزایش در تراکم نماتدهای سیست چغندرقند در هنگام کشت کاهش می‌یابد. به‌طور مشابه، ریزش برگ (بی برگ شدن) در یونجه در رابطه با افزایش تعداد کرم‌های طوقه‌بر افزایش یافت (شکل ۸-۶ را ببینید). شدت خسارت مرتبط با افزایش تراکم گیاه‌خوار یکی از مفاهیم اصلی و بنیادین مورد استفاده در آستانه‌های اقتصادی است (فصل ۸ را ببینید).

وقتی جمعیت بندپایان افزایش می‌یابد، (مانند آنچه در وضعیت‌های طغیان رخ می‌دهد) بندپایان آفت با انتخاب r ممکن است یک منبع غذایی را تا نقطه‌ای کاهش داده که جمعیت آفت فروپاشی کرده و تنها بازماندگان کمی باقی می‌مانند. در اکوسیستم‌های کشاورزی چنین طغیان‌هایی نتیجه تمرکز منابع ایجاد شده به وسیله فعالیت‌های کشاورزی هستند. طغیان‌ها ممکن است در طبیعت رخ دهند ولی با فراوانی خیلی کمتری نسبت به آنچه که در اکوسیستم‌های کشاورزی دیده شده، رخ می‌دهند. جانوران متحرک دارای تاریخچه‌های زندگی هستند که منجر به اجتناب یا عکس-العمل نشان دادن آن‌ها به رقابت درون‌گونه‌ای می‌شود. یک سازوکار رفتاری در مهره‌داران به مفهوم قلمروگرایی مربوط می‌شود. بسیاری از مهره‌داران برای کاهش رقابت به طور وضوح قلمرو خود را

علامت‌گذاری کرده و فعالانه از قلمروشان دفاع می‌کنند، اگرچه عمل حفظ قلمرو می‌تواند شکلی از رقابت تعرضی در نظر گرفته شود. بعضی از گونه‌های حشرات در هنگام تخمریزی، محرک‌های شیمیایی یا بوهایی روی گیاهان باقی می‌گذارند و وجود علامت‌ها روی گیاه مانع از تخم‌ریزی گونه-های دیگر روی همان گیاه می‌شود، بنابراین بازدارنده رقابت در بین نتاج است.



شکل ۴- ۱۴: وزن ریشه‌های چغندرقند رشد کرده در خاک با افزایش تراکم تخم‌های نماتد کیستی چغندرقند. نمودار میانگین پاسخ را نشان می‌دهد و تصویر الحاق شده چغندرهای نمونه را نشان می‌دهد. از چپ به راست صفر، نیم، یک، دو، سه، چهار، پنج و ده تخم به ازای گرم خاک. منبع: داده‌ها و تصویر از Edward Caswell-Chen.

منابع

Begon, M., J. L. Harper, and C. R. Townsend. 1996. Ecology: Individuals. populations, and communities. Oxford, UK; Cambridge, Mass; Blackwell Science, xii, 1068.
Flint, M. L., and R. Van den Bosch. 1981. Introduction to interated pest management. New York: Plenum Press, xv, 240.
Kerr, G., R. Hermer, and S. R. Moss. 2000. A century of vegetation change at Broarlbalk wilderness. English Nature 34:41-47.
Krebs, C. J. 2001. Ecology 5th Edition, San Francisco: Benjamin Cummings, XX, 695.
Lawes, J. G. 1884. In the sweat of thy face shalt thou eat bread. The Agricultural Gazette 23:427-428.
MacArthur, R. H., and E. O. Wilson. 1967. The theory of island biogeography Princeton, N.J.: Princeton University Press, xi, 203.
Morin, P. J. 1999. Community ecology Malden, Mass.: Blackwell Science, viii, 424.
Omernik, J. M. 1995. Ecoregions: A spatial framework for environmental management. In W. S. Davis and T. P. Simon, eds., Biological assessment and criteria: Tools for water resource planning and decision making. Boca Raton, Fla.: Lewis Publishers, 49-66.
Pianka, E. R. 2000. Evolutionary ecology: San Franciscoi Benjamin Cummings. Xv, 512.
Ricklefs, R. E., and G. L. Miller. 2000, Ecology. 4th Edition, New York, W.H. Freeman & Co., xxxvii, 822.
Shaw, W. C. 1961. Weed science-Revolution in agricultural technology. Weads 12:153-162.
Stiling, P. D. 1999. Ecology: Theories and applications. Upper Saddle River, N.J.: Prentice Hall, xviii, 638.

فصل پنجم: زیست‌شناسی مقایسه‌ای آفات

رئوس مطالب این فصل

- مقدمه
- مفاهیم تنظیم جمعیت آفت
- فرایندهای انتشار، هجوم و تشکیل کلنی
- ژنتیک آفت

مقدمه

جمعیت‌های موجودات زنده دارای توانایی زیادی برای رشد هستند و اگر شرایط محیطی مطلوب، منابع نامحدود و حفاظت فراهم شود به‌طوری که همه نتاج زنده باقی بمانند، نسل‌های زیادی طول نخواهد کشید که هر جمعیتی از موجودات، تمام سطح زمین را اشغال کند. بعد از آن هم طولی نخواهد کشید که رشد جمعیت گسترش یافته و تمام جهان شناخته شده توسط آن اشغال شود. این که به طور دقیق چه مدتی طول می‌کشد تا جمعیت به چنین حد شگفت‌انگیزی برسد به دو چیز بستگی خواهد داشت: این که چه تعداد نتاج از هر بار تولیدمثل موجود زنده به وجود آید و تولید مثل با چه فراوانی رخ دهد.

بقاء و تولید مثل نامحدود منجر به رشد شگرف نمایی جمعیت می‌شود (شکل ۴-۱۱). در فرهنگ عمومی حشره‌شناسی بیان شده است که با رشد شگرف نمایی جمعیت در شرایط مطلوب تنها یک جفت مگس‌خانگی می‌تواند به قدری نتاج تولید کند که طی هفت ماه پوششی از مگس‌ها به عمق ۱۲۰۰ سانتی‌متری سطح کره زمین را بپوشاند! بدیهی است که در واقع عوامل زیادی در تنظیم جمعیت‌ها سهیم هستند به نحوی که رشد نامحدود جمعیت بوقوع نمی‌پیوندد. نظریه اکولوژیکی رشد جمعیت هم‌چنان‌که به وسیله مدل لوجیستیکی شرح داده شده بیان می‌دارد که جمعیت‌ها تنها تا تراکمی افزایش می‌یابند که محیط می‌تواند از آن حمایت کند و حد بالایی تراکم جمعیت، ظرفیت نگهداری محیط برای یک موجود زنده تعریف می‌شود. یک مفهوم مهم در IPM آن است که موجودات زنده فقط هنگامی آفت می‌شوند که تراکم جمعیت‌های آن‌ها از سطوح آستانه معینی تجاوز کند. این فصل در برگیرنده بعضی از عوامل اکولوژیکی مهم دخیل در تنظیم جمعیت همه‌ی آفات است.

مفاهیم تنظیم جمعیت آفات

تولیدمثل

اکولوژیست‌ها چرخه‌های زیستی و الگوهای تولیدمثلی موجودات زنده را برنامه‌های تاریخچه زندگی[1] می‌نامند. این‌که در طول زندگی موجود زنده تولید مثل چند بار و چه وقت رخ می‌دهد در بقای آن موجود زنده در محیط‌های ویژه حائز اهمیت است و نحوهٔ تولیدمثل اثرات زیادی در پتانسیل آفت بودن یک موجود زنده دارد. در واقع دو روش تولیدمثلی متفاوت در موجودات زنده، تولیدمثل جنسی[2] و تولیدمثل غیرجنسی[3] هستند.

تولیدمثل جنسی تولید مثل جنسی (یا تولیدمثل دو طرفه[4]) شامل لقاح متقابل است که در آن تقسیم میوزی (کاهشی) ایجاد گامت‌های هاپلوئید (اسپرم و تخمک) کرده و این گامت‌ها با یکدیگر ترکیب شده و یک تخم (زیگوت[5]) دیپلوئید تولید می‌کنند که سپس رشد و نمو یافته و به موجود زنده بالغ تبدیل می‌شود. تولیدمثل جنسی در مدیریت آفات حائز اهمیت است زیرا نوترکیبی[6] ژن‌ها را تسهیل می‌کند. اهمیت نوترکیبی آن است که افراد دارای ترکیب‌های ژنی جدید و منحصر بفرد به وجود می‌آورد. در رابطه با مدیریت آفات، چنین ترکیبات ژنی جدید ممکن است منجر به ایجاد بیوتیپ‌ها، نژادها[7] یا مقاومت به روش‌های کنترل آفات شود.

در گروه‌های مختلف آفات، ساختارهای متفاوتی از تولیدمثل جنسی حاصل می‌شود. مثال-هایی از این ساختارها در شکل ۵-۱ نشان داده شده‌است.

۱- انواع مختلفی از اسپورها (مانند زیگوسپورها[8]، آسکوسپورها[9] و بازدیدیوسپورها[10]) به‌وسیله عوامل بیماری‌زای قارچی و باکتریایی تولید می‌شوند.

۲- بذرها به‌وسیله علف‌های هرز تولید می‌شوند و به‌صورت انفرادی به بیرون می‌افتند یا به صورت محصور داخل تخمدان والد به شکل میوه باقی می‌مانند.

۳- تخم‌ها به وسیله بندپایان، نرمتنان، نماتدها و پرندگان گذاشته می‌شوند. تخم‌ها می‌توانند به‌صورت انفرادی، دسته‌ای یا محصور داخل کپسول‌های سخت بنام کیسه‌های تخم[1] (بندپایان) یا سیست‌ها

---

[1] Life history schedules
[2] Sexual reproduction
[3] Asexual reproduction
[4] Amphimixis
[5] Zygote
[6] Recombination
[7] Races
[8] Zegospores
[9] Ascospore
[10] Basidiospores

(نماتدها) گذاشته شوند. برای نمونه، سوسری‌ها، شیخک‌ها و بعضی از ملخ‌ها تخم‌های خود را به‌صورت دسته‌هایی قرار می‌دهند که به وسیله کیسه‌های حفاظت می‌شوند، در صورتی که بدن مرده نماتدهای ماده سیست محافظ تخم‌های داخل خود هستند.

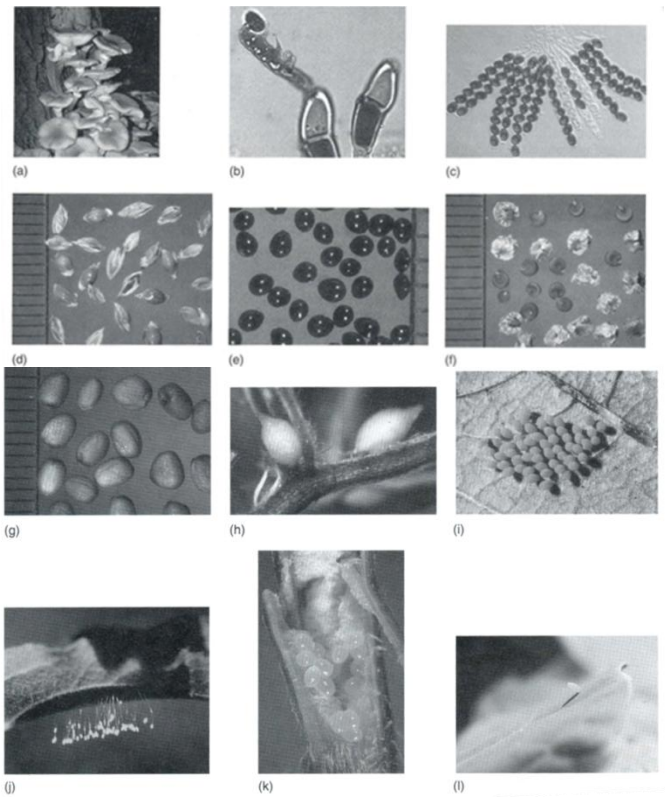
۴- نوزاد زنده ممکن است به وسیله پستانداران، تعداد کمی از حشرات و بعضی از نماتدها به وجود آیند (بخش بعدی را ببینید).

زنده‌زایی[۲] زنده‌زایی شکلی از تولیدمثل است که نتاج در حال رشد، به صورت داخلی به وسیله مادر تغذیه می‌شوند و نوزاد در حالت فعال متولد می‌شود. زنده‌زایی به طور معمول به تولد به صورت زنده اطلاق می‌شود، اگرچه بذرها و تخم‌ها نیز زنده هستند. این نوع تولیدمثل در بیشتر پستانداران، بعضی از حشرات و تعداد کمی از گیاهان و نماتدها دیده می‌شود. زنده‌زایی حقیقی به ندرت در بین حشرات وجود دارد ولی یک مثال جالب در این زمینه مگس تسه تسه[۳] است که ناقل عامل بیماری خواب آفریقایی[۴] است. لاروزایی یا تخم-زنده زایی[۵] در بین بعضی از حشرات و نماتدها یافت می‌شود می‌شود که در آن تخم‌ها داخل بدن جانور ماده رشد کرده و تفریخ می‌شوند و پوره‌ها، لاروهای سن یک دوبالان[۶] یا مراحل نابالغ[۷] از بدن مادر خارج می‌شوند. در بسیاری از مگس‌های پارازیت حشرات این نوع تولید مثل وجود دارد.

تولیدمثل غیر جنسی تولید مثل غیرجنسی ممکن است به چندین روش صورت گیرد اما بیشتر در نتیجه تولیدمثل یک فرد است بدون اینکه نیازی به مشارکت هر دو جنس باشد. تولیدمثل غیر جنسی نتاجی را به وجود می‌آورد که دارای ژنوتیپ یکسانی با والد بوده و بیانگر آن است که نوترکیبی ژنی اندکی وجود داشته یا وجود ندارد. نتاج حاصله کلون[۸] نامیده می‌شوند. تولید مثل غیر جنسی ممکن است یک مزیت باشد زیرا منجر به پایداری و دوام نسخه‌های یکسانی از ژنوتیپ‌های موفق می‌شود. ژنوتیپی که برای شرایط متعارف عمومی سازگاری پیدا نکرده است در وضعیت نامطلوبی قرار داشته و ممکن است حذف شود. تولید مثل غیر جنسی در گیاهان دائمی، عوامل بیماری‌زا، نماتدها و حشرات یافت می‌شود. برخی از اشکال مختلف تولید مثل غیر جنسی برای آفات حائز اهمیت هستند.

---

[1] Oothecae
[2] Vivipary
[3] Tsetse fly
[4] African sleeping sickness
[5] Larvipary or ovovivipary
[6] First instar- Maggots
[7] Juveniles
[8] Clones



شکل ۵- ۱: نمونه‌هایی از ساختارهای تولیدمثل جنسی در آفات مختلف. (a) قارچ‌های (بازیدیوکارپ‌ها) ریشه‌ی بلوط، *Armillaria mellea*، (b) تلیوسپور و تلیوسپور در حال جوانه زدن در .*Puccinia* sp هنوز یک بازیدیوسپور روی استریگمای متابازیدیوم وجود دارد، (c) آسک محتوای آسکوسپورها در *Sordari fumicola*، (d) دانه‌های سوروف (گندمه نامیده می‌شوند)، (e) دانه‌های علف هرز تاج خروس (به اندازه توجه کنید)، (f) دانه‌های علف هرز ختمی یا پنیرک (به گیاهک‌های مارپیچی توجه کنید)، (g) دانه‌های ترب وحشی، (h) کیست‌های حاوی تخم نماتدهای کیستی، (i) تخم‌های سوسک لوبیای مکزیکی در یک دسته‌ی بزرگ، (j) تخم‌های ساقه‌دار بالتوری در یک گروه، (k) تخم‌های سرخرطومی یونجه داخل ساقه توخالی گیاه یونجه، و (l) نمونه‌ای از تخم تفریخ شده‌ی منفرد پروانه‌ی کلم وارداتی. در مورد دانه-های علف هرز مقیاس میلی‌متر است. منابع: تصاویر (a) و (c) از John Menge با مجوز؛ تصویر (b) از James E. Adaskaveg با مجوز؛ تصاویر (d)، (e)،(f)،(g)،(j)و (l) از Robert Norris؛ تصویر (h) از Ed Caswell-Chen؛ تصویر (i) از Marcos Kogan؛ وتصویر (k) از Jack Clark در قالب برنامه IPM ایالتی دانشگاه کالیفورنیا.

آمپومیکسیس[1] آمپومیکسیس فرم تشکیل بذر بدون ترکیب گامت‌ها است. در بعضی از گیاهان علفی (مانند قاصدک) صورت می‌گیرد. اهمیت آن برای مدیریت آفت ناچیز است.

تولید اسپور غیر جنسی بسیاری از عوامل بیماری‌زا می‌توانند به‌صورت رویشی تعداد بسیار زیادی اسپور (مانند کنیدیوسپورها) تولید کنند بدون این که دستخوش فرایند گامت‌زایی قرار گیرند. بسیاری از گونه‌های قارچی می‌توانند به هر دو صورت جنسی و غیر جنسی تولیدمثل کنند. در تعدادی از قارچها تولیدمثل جنسی مشاهده نشده است و در آن‌ها تنها تولیدمثل از طریق تولید اسپور غیرجنسی شناخته شده‌است؛ این قبیل قارچها در گروه قارچهای ناقص قرار می‌گیرند. این بدان معنی است که آن‌ها کامل نیستند زیرا در آن‌ها مرحله تولیدمثل جنسی هرگز مشاهده نشده است. مثال‌ها شامل: *Alternaria* spp. (لکه برگی[2])، *Botrytis cinerea* (کپک خاکستری[3]) و *Rhizoctonia solani* (پوسیدگی‌های ریشه و ساقه) است. کنیدیوفورها[4] و اسپورانژیوم‌ها[5] دو فرم از ساختارهای غیر جنسی تولید کننده اسپور هستند (شکل ۵-۲).

تولیدمثل رویشی (کلون کردن[6]) توانایی رشد یک فرد جدید از بخشی از یک فرد بالغ، تولید مثل رویشی (هم گروه‌سازی یا کلون کردن) نامیده می‌شود. باکتری‌ها ممکن است به صورت غیرجنسی از طریق جوانه‌زدن و قارچها از طریق قطعه قطعه شدن ریسه‌ها تولید مثل کنند اگرچه این اشکال تولیدمثل به طور معمول تولید مثل رویشی محسوب نمی‌شوند.

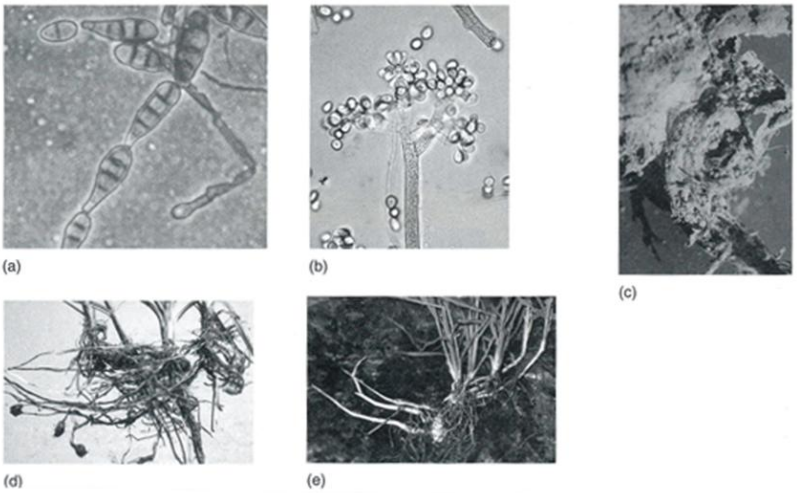
در گیاهان دو شکل از تولیدمثل رویشی وجود دارد. بسیاری از گیاهان دائمی نظیر علف‌های هرز ساختارهای رویشی ویژه‌ای از قبیل غده‌ها یا ساقه‌های خزنده[7] تولید می‌کنند که طی شرایط نامساعد محیطی پایدار می‌مانند. برای نمونه، اویارسلام[8] تولید غده و ذرت خوشه‌ای[9] تولید ریزوم (شکل ۵-۲ d) می‌کند و پیچک صحرایی[10] دارای ساقه‌های زیر زمینی خزنده است.

تولیدمثل رویشی همچنین هنگامی یافت می‌شود که بعضی از گیاهان دائمی به قطعاتی خرد تبدیل می‌شوند به‌طوری که هر قطعه قادر به ایجاد یک گیاه جدید کامل است. هیچ ساختار تولیدمثلی ویژه‌ای وجود ندارد. این شکل از تولیدمثل رویشی برای IPM حائز اهمیت است زیرا فعالیت‌های

[1] Apomixis
[2] Leaf spots
[3] Grey mold
[4] Conidiophores
[5] Sporangia
[6] Cloning
[7] Sporangia
[8] Nutsedges
[9] Johnsongrass
[10] Field bindweed

انسانی مانند خاکورزی موجب قطعه قطعه شدن علف‌های هرز می‌شود. قطعه قطعه شدن در بسیاری از علف‌های هرز آبزی متداول است و قطعات شناور موجب پراکنش علف‌ها می‌شود.

تولیدمثل رویشی دارای نقش مهم در کنترل علف‌های هرز است زیرا ساختارهای رویشی بزرگتر از بذرها هستند. آن‌ها موجب تثبیت سریع‌تر گیاهان جدید می‌شوند زیرا دارای منابع کربوهیدرات‌ها هستند که موجب افزایش رشد سریع گیاه جوان می‌شوند.



شکل ۵- ۲: نمونه‌هایی از ساختارهای تولیدمثلی غیرجنسی در پاتوژن‌ها و علف‌های هرز. (a) زنجیره‌ی کنیدیوم‌ها در قارچ *Alternaria alternata*، (b) کنیدیوسپور و کنیدیوم‌های *Botrytis cinerea*، (c) اسکلروتیای (ساختارهای گرد کوچک) *Sclerotium rolfsii* در چغندرقند پوسیده، (d) ریزوم‌های غده انتهایی در اویارسلام زرد، و (e) ریزوم‌های سورگوم وحشی. منابع: تصویر (a) از John Menge با مجوز؛ تصویر (b) از James E. Adaskaveg با مجوز؛ تصاویر (c)، (d) و (e) از Robert Norris.

بکرزایی[1] بکرزایی تولید نتاج، بدون ترکیب هسته گامت‌های سازگار برای تولید یک تخم یا زیگوت است. این فرایند برای رشد جمعیت شته‌ها حائز اهمیت است و شته‌ها، بکرزایی دوره‌ای نشان می‌دهند (شکل ۵-۳). بکرزایی اجباری در بعضی از گونه‌های حشرات راسته‌های بال‌غشائیان و سخت‌بالپوشان که حشرات نر وجود ندارد مشاهده می‌شود. در بین بال‌غشائیان اجتماعی، مورچه‌ها، زنبورهای پارازیتوئید و زنبورهای معمولی جفت‌گیری صورت می‌گیرد ولی ماده تولیدمثل کننده می‌تواند بارور شدن تخم‌ها را کنترل کند. تخم‌های بارور تولید کارگرهای ماده یا ملکه‌های جدید

[1] Parthenogenesis

می‌کنند. تخم‌های غیر بارور نرها را تولید می‌کنند. این نوع تولیدمثل *هاپلودیپلوئیدی*[1] نامیده می‌شود.

بسیاری از نماتدهای مهم آفت نیز از طریق بکرزایی تولیدمثل می‌کنند. در بعضی از نماتدهای بکرزا، تخم‌های بارور از طریق میتوز تولید می‌شوند در صورتی که در سایر نماتدها تخم‌های حاوی تعداد کروموزوم‌های سوماتیک از طریق مضاعف شدن کروموزوم طی میوز یا از طریق ترکیب فرآورده‌های میوزی (یعنی، تخم با جسم قطبی) تولید می‌شوند. تلاقی کاذب[2] شکل دیگری از تولیدمثل است که در بعضی از نماتدها دیده می‌شود و از طریق ترکیب اسپرم و تخم (پلاسموگامی[3]) رخ می‌دهد بدون اینکه متعاقب آن ترکیب اسپرم و هسته تخم (کاریوگامی[4]) صورت گیرد؛ در تلاقی کاذب، رشدونمو تخم برای ایجاد تخم زیگوت به ظاهر به وسیله پلاسموگامی تحریک می‌شود.

شکل ۵- ۳: ماده‌ی بالغ شته در حال زائیدن نوزاد زنده. منبع: تصویر از Jack Clark در قالب برنامه IPM ایالتی دانشگاه کالیفورنیا.

زادآوری و باروری[5]

زادآوری ظرفیت تولیدمثلی بالقوه یک موجود زنده است و از طریق تعداد گامت‌های تولید شده محاسبه می‌شود. تعداد واقعی نتاج زنده تولید شده به وسیله هر فرد بالغ باروری نامیده

[1] Haplodiploidy
[2] Pseudogamy
[3] Plasmogamy
[4] Karyogam
[5] Fecundity and Fertility

می‌شود و از زادآوری قابل تمایز است. در بین موجودات زنده مختلف، تفاوت‌ها در باروری منجر به ایجاد نسبت‌های متفاوتی از افزایش جمعیت در هر نسل می‌شود. طیفی از زادآوری در بین موجودات زنده مختلف وجود دارد. بعضی از موجودات زنده در هر بار تولیدمثل تعداد معدودی نتاج، بیشتر بزرگ تولید می‌کنند، در صورتی که سایر موجودات زنده تعداد زیادی نتاج، به طور عمده کوچک به وجود می‌آورند. با استفاده از این پارامترها در معادله رشد لوجیستیک[1]، موجودات زنده گروه قبلی موجودات زنده انتخاب پارامتر K یا K-selected و موجودات زنده گروه اخیر موجودات زنده پارامتر r یا r- selected نامیده می‌شوند. ظرفیت تولیدمثلی آفات مختلف ممکن است تحت تأثیر روش‌های مورد استفاده در مدیریت آن‌ها قرار گیرد. در بین آفات، طیفی از سطوح زادآوری مشاهده می‌شود:

۱- در بیشتر پستانداران یک تا ده نتاج به ازای هر جانور بالغ.

۲- در بیشتر بندپایان (بجز زنبورهای عسل و موریانه‌ها)، نماتدها و نرمتنان بین چند صد تا چند هزار نتاج به ازای هر جانور بالغ. میزان زادآوری حشرات ماده سرخرطومی غوزه ممکن است تا ۲۰۰ تخم، یک نماتد سیست تا ۶۰۰ تخم و شب پره‌های کرم خوشه ذرت تا ۳۰۰۰ تخم به ازای هر ماده برسد.

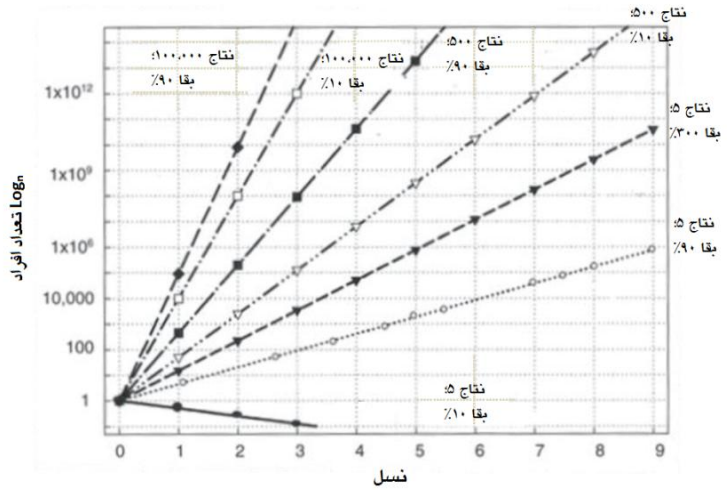
۳- در بیشتر علف‌های هرز و عوامل بیماری‌زا چندین هزار تا میلیون‌ها اندام‌های تولیدمثلی رویشی[2].

موجودات زنده دارای زادآوری پایین نیازمند نسل‌های متعددی بوده تا به صورت تعداد زیاد تجمع یابند در صورتی که موجودات زنده دارای زاد آوری بالا می‌توانند به طور تقریبی طی یک یا دو نسل به جمعیت‌های بالا دست یابند (شکل ۵-۴). این ویژگی بیانگر آن هستند که مفهوم آستانه‌ها (فصل ۸ را ببینید) ممکن است نیازمند به کارگیری دقیق باشد زیرا جمعیت پایین آن به نحوی امکان تولیدمثل یافته که بتواند جمعیت کلی آفت را در سطوح خسارت‌زا حفظ کند.

بیشتر جانوران (بندپایان، مهره‌داران، نماتدها و نرمتنان) تولید تعداد به نسبت ثابتی نتاج به ازاء هر فرد می‌کنند، اگرچه تغذیه و تنش‌های زیست محیطی ممکن است باروری آن‌ها را تحت تاثیر قرار دهد. تعداد بچه‌ها[3] در موش‌ها بیشتر طیفی از ۶ تا ۱۲ کاهش می‌یابد در صورتی که باروری نماتد کیست چغندرقند طیفی از ۵۰ تا ۶۰۰ تخم است. بر اساس یک قانون کلی، بیشتر جانوران دارای یک باروری هستند که تا کمتر از یک درجه بزرگی در بین افراد همان‌گونه متغیر است.

---

[1] Logistic growth equation
[2] Propagules
[3] Litter



شکل ۵- ۴: رشد جمعیت فرضی در برابر باروری. هر خط زادآوری متفاوتی را نشان می‌دهد (۵۵۰۰ یا ۱۰۰۰۰۰ نتاج به ازای هر فرد) با ۱۰ یا ۹۰ درصد بقا برای تولید مثل. یک خط رسم شده‌ی اضافی پنج نتاج را برای هر فرد نشان می‌دهد به استثنای ۳۰۰ درصد بقا که رشد جمعیت فرضی را برای هر حیوانی که سه نوزاد به ازای هر ماده بالغ دارد نشان می‌دهد. توجه کنید که یک زادآوری از پنج فقط با ۱۰ درصد بقا در یک جمعیت رو به زوال ناشی می‌شود.

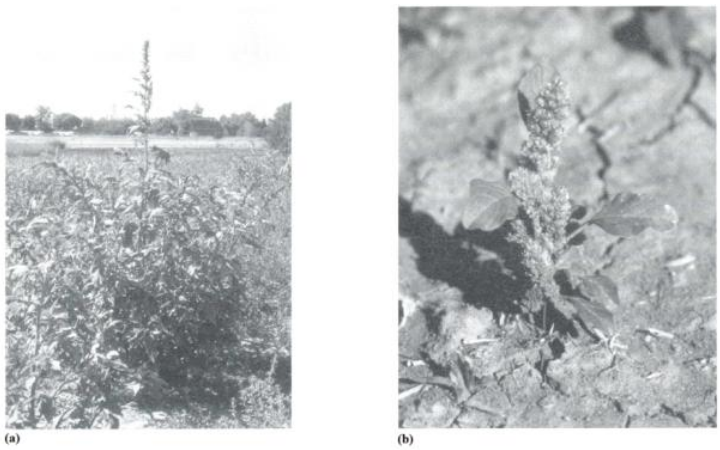
این مقایسه‌ها برای طیف باروری در مورد بسیاری از عوامل بیماری‌زا و علف‌های هرز متجاوز از سه یا چهار درجه بزرگی است. یک گیاه سوروف[1] که تحت رقابت شدید ذرت رشد می‌کند ممکن است ۱۰۰۰ بذر تولید کند ولی در کنار محصولات با رقابت کمتر مانند گوجه فرنگی ۱۰۰,۰۰۰ بذر تولید نموده و در شرایط بدون رقابت ممکن است نزدیک به ۱,۰۰۰,۰۰۰ بذر تولید کند. تاج خروس طیف باروری مشابه‌ای نشان می‌دهد (شکل ۵-۵).

عوامل بیماری‌زای گیاهی بسته به شرایط زیست محیطی می‌توانند طیفی از چند هزار تا چندین میلیون اسپور تولید کنند؛ پوسیدگی قهوه‌ای هلو می‌تواند ۲,۲۰۰,۰۰۰ تا ۷,۵۰۰,۰۰۰ آسکوسپور در هر آپوتسیوم[2] (ساختارهای تولید مثلی) تولید کند.

بیشتر موجودات زنده تغییرات وابسته به تراکمی از باروری را تجربه می‌کنند. تغییرات باروری برای علف‌های هرز و عوامل بیماری‌زا که اندازه موجود زنده بالغ شکل‌پذیر بوده زیاد است. این پدیده در حشرات و نماتدها مشاهده می‌شود؛ تعداد تخم‌های گذاشته شده توسط هر حشره ماده

[1] Barnyardgrass
[2] Apothecium

Arytaina spartii (یک پسیل روی خلنگ[1]) موقعی کـه تـراکم حشـرات در هـر سـاقه افـزایش می‌یابد کاهش می‌یابد (شکل ۵-۶). این پدیده نمی‌تواند بیانگر تغییـر در زادآوری واقعـی بـه سـبب رقابت برای منابع باشد ولی ممکن است بیانگر رقابت درون‌گونه‌ای برای مکـان مناسـب تخـم‌ریـزی باشد. به‌طور قطع، هم رقابت بین‌گونه‌ای و هم رقابت درون‌گونه‌ای می‌تواند زاد آوری واقعی هر فـرد را کاهش دهد.



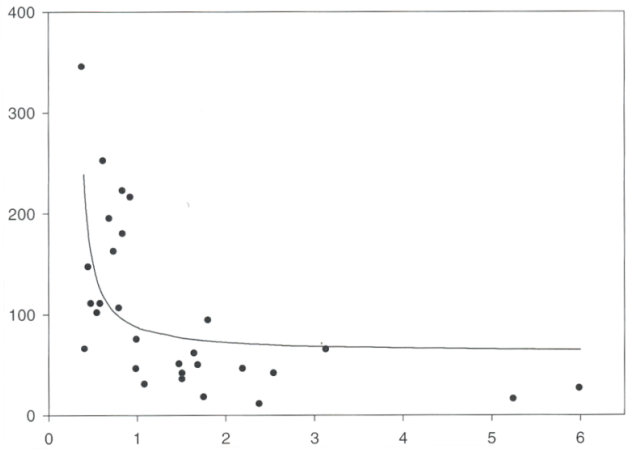
شکل۵- ۵: گیاهان تاج‌خروس بالغ گل‌دار در اندازه افراد و زادآوری تنـوع زیـادی را نشـان مـی‌دهـد. (a) حدود یک ونیم متر ارتفاع در تابستان با تولید دانه‌ی زیاد، و (b) حـدود ۵ سـانتی‌متـر ارتفـاع در پـاییز و تولید تنها چند دانه. منبع: تصاویر از Robert Norris.

تنوع در باروری هر فرد دارای نقش بسزایی در تصمیم‌گیری مدیریت آفات است، زیـرا چنـین تنوعی توانایی مدیران کنترل آفت را برای پیش‌بینی یـا پـیش‌گـویی رشـد جمعیـت آفـت کـاهش می‌دهد. تخمین‌های تعداد آفت فقط امکان پیش‌گویی دقیق اندازه نسل بعدی را میسر خواهد کـرد چنانچه باروری هر فرد به نسبت ثابت بوده و یا تأثیر تراکم روی زاد آوری شـناخته شـده یـا نـاچیز باشد.

تفاوت‌های بین زادآوری یا تولیدمثل بالقوه و باروری یا تولیدمثل واقعـی عـواملی هسـتند کـه تعیین کننده نیاز به پایش صـحرایی[2] جمعیـت‌هـای آفـت در تصـمیمات IPM اسـت (فصـل ۸ را

[1] Broom
[2] Field monitoring

ببینید). عواملی که بر بقاء یا زنده ماندن نتاج تأثیر می‌گذارند در ادامه در این فصل بررسی خواهند شد.



۵- ۶: رابطه‌ی بین تراکم پسیل *Arytaina spartii* و تعداد تخم‌های تفریخ شده به ازای هر ماده روی ساقه‌های خلنگ. منبع: داده‌ها از Dempster،۱۹۷۵، صفحه‌ی ۲۶.

دوره نسلی جمعیت

به مدت زمان متوسط مورد نیاز برای یک جمعیت در سپری کردن تولد تا مرحله تولیدمثل دوره نسلی[1] گفته می‌شود. جمعیت‌های موجودات زنده با دوره‌های نسلی کوتاه می‌تواند به‌سرعت افزایش یابند، در صورتی که جمعیت‌های دارای دوره‌های نسلی بلند به طور آهسته‌تری افزایش خواهند یافت. طول مدت زمان نسل‌ها در بین گروه‌های مختلف آفات و در بین گونه‌های داخل یک گروه از آفات بسیار متفاوت است. برای نمونه، گونه‌های حشرات به طور معمول دارای دوره‌های نسلی کوتاه هستند و در یک سال چندین نسل دارند ولی زاد و ولد در زنجره‌های ادواری دارای یک دوره نسلی ۱۷ ساله است. در زیر مثال‌های بارزی از دوره‌های نسلی برای موجودات زنده مختلف آفت در شرایط مطلوب وجود دارد:

۱- ساعت‌ها: باکتری‌ها. این دوره نسلی جمعیت باعث ایجاد نسل‌های متعددی در هر روز می‌شود.

۲- روزها: کنه‌های تار عنکبوتی، شته‌ها، بعضی از نماتدها و عوامل بیماری‌زا. یک دوره نسلی جمعیت در چندین روز باعث ایجاد نسل‌های متعددی درطی چند ماه می‌شود.

[1] Generation time

۳- هفته‌ها: بسیاری از حشرات، بسیاری از نماتدها، قارچ‌های بیماری‌زا، مهره‌داران کوچک (مانند موش‌ها). یک دوره نسلی در چند هفته باعث ایجاد نسل‌های متعددی در هر فصل می‌شود.

۴- ماه‌ها: بعضی از حشرات، بعضی از عوامل بیماری‌زا، بعضی نماتدها، مهره‌داران بزرگ‌تر، علف‌های هرز یک ساله. این دوره نسلی ممکن است باعث ایجاد یک نسل در سال شود.

۵- سال‌ها: مهره‌داران بزرگ، علف‌های هرز دائمی، تعداد کمی از بندپایان. یک دوره نسلی درطی چند سال باعث ایجاد یک یا تعداد کمتری نسل در هر سال می‌شود. در جانداران والد دارای عمر طولانی یا دارای کمون در جمعیت (بخش زیر را ببینید) چولگی[1] جمعیت کاهش می‌یابد که نتیجه‌اش همپوشانی قابل توجهی از نسل‌ها در یک زمان است.

دوره‌های نسلی می‌تواند تا اندازه زیادی طولانی شود و هنگامی که شرایط محیطی بهینه به ویژه در موجودات زنده خونسرد یافت شود، موجوداتی مانند باکتری‌ها می‌تواند طی چند ساعت جمعیت‌های بالایی ایجاد کنند که مستلزم آن است که اقدامات کنترلی به‌طور مکرر (بیشتر به طور روزانه یا حتی در فواصل چند روز تحت شرایط مطلوب) انجام شود. جمعیت کنه‌ها و شته‌ها می‌تواند به سطوحی برسد که مستلزم اقدامات کنترلی طی چند هفته به سبب دوره نسلی کوتاه آن‌ها است. دوره‌های نسلی کوتاه زمانبندی اقدامات کنترلی را بسیار مهم می‌سازد. حتی موجودات زنده دارای دوره نسلی چند هفته‌ای می‌توانند طی یک فصل جمعیت‌های بسیار زیادی تشکیل دهند. در مورد علف‌های هرز و بیشتر عوامل بیماری‌زا، اغلب مدیریت سطح جمعیت اولیه این آفات نسبت به تلاش برای کنترل آفات مذکور بعد از افزایش جمعیت آن‌ها بهتر است. در مورد موجودات زنده دارای دوره‌های نسلی بلندتر، با احتمال راهکارهای کنترل باید با هدف تنظیم طولانی مدت جمعیت طراحی شود.

چرخه‌ها در هر فصل

در اکولوژی، تعداد دفعات[2] تولیدمثلی طی دوره زندگی یک فرد موجود زنده اصطلاح اتروپاروس یا پلی‌کارپیک یا (چندین بار تولید مثل) سمپاروس یا مونوکارپیک (یک بار تولید مثل) توصیف می‌شود. در مدیریت آفات، تعداد چرخه‌های تولیدمثلی یا نسل‌ها در هر سال حیاتی است زیرا بر سرعت افزایش جمعیت مؤثر بوده و دارای نقش مهمی در راهکارهای مدیریتی به کار رفته دارد. در برخی موارد، تعداد نسل‌ها به طور کافی مورد بررسی قرار نگرفته است. در رشته‌های

[1] Skews
[2] Bouts

مختلف آفات، ممکن است ترمینولوژی خاصی برای توصیف تعداد نسل‌ها به صورت زیر مورد استفاده قرار گیرد:

عوامل بیماری‌زا	یک چرخه‌ای یا مونوسیکلیک[۱]– دارای یک بار تولید مثل، عامل بیماری‌زای یک نسلی و یک چرخه بیماری در هر سال (مثال‌ها شامل تعدادی از زنگ‌ها، سیاهک‌ها، پژمردگی ورتیسلیوم[۲]) عامل بیماری‌زای چند چرخه‌ای یا مولتی‌سیکلیک[۳]– عامل بیماری‌زای دارای دو نسل یا بیشتر در هر سال (مثال‌ها شامل تعدادی از زنگ‌ها، سفیدک‌ها[۴]، لکه سیاه سیب[۵]). در بیماری‌شناسی گیاهی، پراکنش فضایی عوامل بیماری‌زا در طول یک فصل همراه با نسل‌های متعدد تعیین کننده زیان ایجاد شده به وسیله یک اپیدمی است.
علف‌های هرز	بیش از یک چرخه در هر سال– معادل ندارد. علف‌های هرز یک‌ساله[۶]: فقط در یک فصل زندگی کرده و یکبار تولید مثل می‌کنند (مونوکارپیک) (مثال‌ها عبارتند از سوروف، تاج‌خروس[۷] و سلمه تره[۸]. علف‌های هرز دوساله[۹]: به مدت دو فصل زندگی کرده ولی فقط یکبار در فصل دوم تولیدمثل می‌کنند (مونوکارپیک) (مثال‌هایی شامل کاهوی وحشی[۱۰] و خارشیری[۱۱]). علف‌های هرز دائمی[۱۲]: به مدت چندین سال زندگی کرده و در واقع یکبار در هر سال تولید مثل می‌کنند (پلی‌کارپیک) (مثال‌ها شامل اویارسلام، ذرت خوشه‌ای، پیچک صحرایی)
نماتدها، نرم‌تنان،	یک‌نسلی[۱۳]- یک چرخه تولیدمثلی در هر سال (مثال‌ها شامل نماتد سیست سیب زمینی، سرخرطومی یونجه، سنجاب زمینی[۱۴])

[1] Monocyclic
[2] Verticillium
[3] Polycyclic
[4] Mildews
[5] Scab apple
[6] Annuals
[7] Redroot pigweed
[8] Lambsquarters
[9] Biennials
[10] Prickly lettuce
[11] Millk thistle
[12] Perennials
[13] Univoltine
[14] Ground squirrels

حشـــــرات و مهره‌داران	چندنسلی[1]- دو تا چندین چرخه تولید مثلی در هر سال (مثال‌ها شامل نماتد سیست چغندرقند، کنه‌های تار عنکبوتی، کرم خوشه ذرت، موش‌های صحرایی).

شکل ۵-۷ a دینامیک‌های بارز یک فصل را برای یک حشره چند نسلی (یا عامل بیماری‌زای چند چرخه‌ای) نشان می‌دهد که نتاج تولید شده در نسل‌های متوالی دارای همپوشانی بیشتری در طول یک فصل هستند. به هر نسل اغلب یک گروه یا کوهورت[2] گفته می‌شود: این واژه برای گروهی از افراد متولد شده در یک زمان از یک پدیده مانند تفریخ تخم‌های بهاری در حشرات، نوزاد متولد شده از موش یا پدیده جوانه‌زنی یک علف هرز به کار برده می‌شود. برای موجودات زنده یک نسلی یا عوامل بیماری‌زای یک چرخه‌ای دارای چرخش در بین گروه هم‌پوشانی جمعیتی اندکی وجود دارد و اولین منحنی (شکل ۵-۷ a، خط برجسته) بیانگر اندازه جمعیت فرضی است. علف‌های هرز در سال فقط یکبار یا کمتر تولید مثل می‌کنند، بنابراین با گذشت زمان فاصله‌های پیک منحنی‌ها یکسان است ولی چولگی به راست زیاد می‌یابد زیرا بعضی از افراد برای یک دوره طولانی زنده می‌مانند و بنابراین همپوشانی بین نسل‌ها افزایش می‌یابد (شکل ۵- ۷ b).

طول عمر و مرگ و میر

افراد جاندار پیر و مسن شده و می‌میرند. تفاوت‌های عمده‌ای در دوره زندگی[3] در بین موجودات زنده آفت وجود دارد (شکل ۵-۸). دوره زندگی نه تنها به سبب تأثیر آن روی دموگرافی[4] بلکه به سبب این‌که تعیین می‌کند تا چه مدتی آفت فعال و دارای تأثیر منفی روی محصول بوده، نیز حائز اهمیت است. چرخه زندگی در بعضی از موجودات زنده آفت شامل مراحلی است که قادر به زنده ماندن برای دوره‌های زمانی طولانی در یک وضعیت سکون[5] هستند. اگر موجود زنده بالغ بیش از میانگین دوره نسلی زندگی کند، آنگاه نسل‌های هم‌پوشان حاصل می‌شوند (شکل ۵-۷b) که در واقع در بیشتر علف‌های هرز و مهره‌داران دیده می‌شود. بسیاری از حشرات آفت چندنسلی به ویژه در اقلیم‌های گرم دارای نسل‌های همپوشان هستند. در ادامه مثال‌هایی از دوره‌های زندگی آفات بالغ در شرایط طبیعی وجود دارد (شکل ۵-۸ را ببینید).

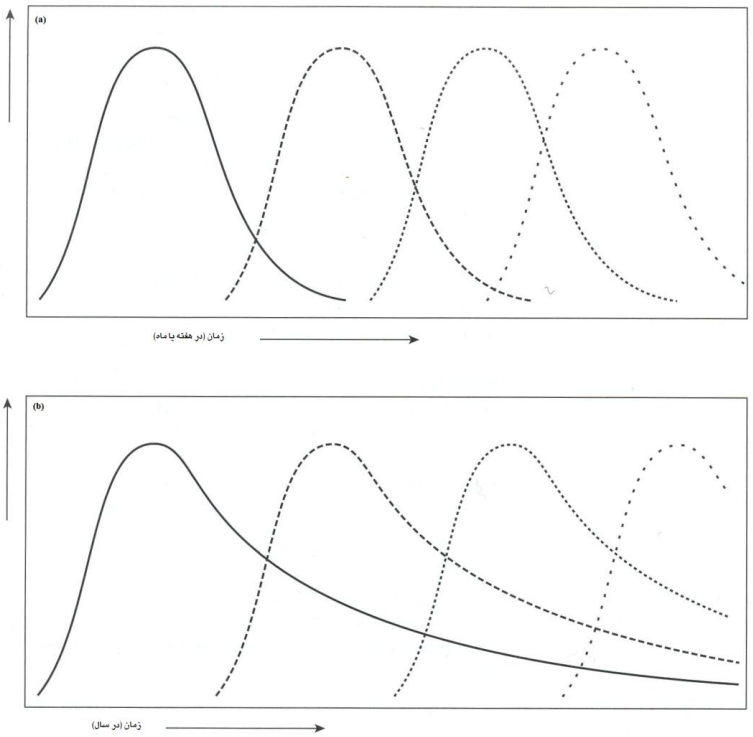
۱- قارچ‌های بیماری‌زا دارای ویژگی‌های دوره زندگی به شرح زیر هستند:

[1] Multivoltine
[2] Cohort
[3] Lifespan
[4] Demographics
[5] Quiescent stage

۱-۱- عوامل بیماری‌زای یک چرخه‌ای از یک سال تا چند سال زندگی کرده و تعدادی از آن‌ها در اصل دائمی بوده و برای سالیان زیادی زندگی می‌کنند (مانند قارچ ریشه بلوط[1]).

۱-۲- عوامل بیماری‌زای چندچرخه‌ای که یک هفته یا دو تا چند ماه زندگی می‌کنند.

۱-۳- قارچ‌ها تولید مراحل استراحت می‌کنند که می‌توانند سال‌ها در شرایط مناسب بقاء داشته باشند.



شکل ۵- ۷: اندازه‌ی جمعیت فرضی و ساختار سنی نسبت به زمان. (a) یک فصل از آفتی چندنسلی یا چندچرخه‌ای با هر نسل متوالی، افزایش همپوشانی نسلی نشان می‌دهد؛ و (b) چندین سال از یک آفت یک چرخه‌ای با پروپاگل‌های بادوام که از نسلی تا نسل دیگر پایدارند (برای نمونه بانک بذر علف هرز).

۲- باکتری‌ها در اصل به مدت چندین ساعت تا چند روز زندگی می‌کنند، اگرچه باکتری‌ها ممکن است مراحل بقاء مانند اسپور تولید کنند که برای مدت طولانی زنده‌اند.

۳- دوره‌های زندگی علف‌های هرز در حال رشد و بانک بذر در حال رکود[1] باید به‌طور جداگانه مورد بررسی قرار گیرد، زیرا بانک بذر به یک مرحله بقاء در خاک گفته می‌شود.

[1] Oakroot

۳-۱- گیاهان یک‌ساله از چند ماه تا حدود یک سال زندگی می‌کنند. گیاهان دائمی با عمر کوتاه، برای چند سالی زندگی می‌کنند، ولی بسیاری از گیاهان دائمی برای دهه‌ها و حتی قرن‌ها به زندگی خود ادامه می‌دهند.

۳-۲- در تعداد معدودی از گونه‌های علف‌های هرز مانند کاهوی وحشی و سوروف که دارای بذرهای با عمر کوتاه هستند، مرحله بقاء در واقع ۵ سال یا کمتر است. بسیاری از گونه‌های دیگر دارای بذرهایی هستند که می‌توانند برای دهه‌ها (مانند سلمه تره، علف هفت‌بند[۲] و گاو پنبه[۳]) یا قرن‌ها (مانند باقلای مصری[۴]) بقاء داشته باشند.

۴- نماتدها دارای دوره‌های زندگی از چند ماه تا یک یا دو سال هستند. نماتدها دارای مراحلی هستند که می‌تواند برای سال‌ها در خاک دوام و پایداری داشته باشند و در واقع همانند بانک بذر علف‌های هرز دارای وظیفه تولیدمثلی هستند. یک مثال در این مورد سیست‌های حاوی تخم‌ها در نماتدهای سیست است.

شکل ۵- ۸: طول عمر معمول یک کوهورت منفرد از رده‌های مختلف آفات. مقیاس زمان بر پایه‌ی لگاریتم است.

[1] Dormant
[2] Knotweeds
[3] Velvetleaf
[4] Lupins

۵- بندپایان دارای مراحل مختلف زندگی هستند، ولی این مراحل به طور حتم دوره‌های زندگی یکسانی ندارند، به ویژه وقتی یک مرحله زندگی، مرحله بقاء است.

۵-۱- دوره زندگی بندپایان یک نسلی در اصل اندکی بیشتر از یک سال است؛ تعدادی از گونه‌ها برای بیش از یک سال زنده می‌مانند (مانند زنجره‌ها و میگوها) و در تعدادی از موریانه‌ها ملکه‌ها بیش از ۵۰ سال زندگی می‌کنند.

۵-۲- دوره زندگی بندپایان چند نسلی در اصل چند هفته تا شاید یک سال است.

۶- در واقع مهره‌داران دارای زندگی یک یا دو سال (مانند موش‌های خانگی و موش‌های صحرایی) تا چندین سال (مانند خرگوش‌ها، آهو و فیل‌ها) هستند.

به‌طور معمول بیشینه‌ی دوره زندگی به دست نیامده است. گاهی جمعیت‌های بندپایان آفت طی یک دوره زمانی کوتاه متحمل کاهش فاجعه‌آمیزی (فروپاشی) می‌شوند. به طور طبیعی چنین فروپاشی‌هایی در بیشتر عوامل بیماری‌زا یا علف‌های هرز رخ نمی‌دهد و در مهره‌داران به نسبت نادر است. عوامل مسئول فروپاشی‌های جمعیت شامل موارد زیر است:

۱- همه‌گیری: برخی شرایط به یک عامل بیماری‌زا امکان می‌دهد تا به سطوح بالایی افزایش یافته و بیشتر جمعیت آفات را مورد حمله قرار داده و از بین ببرد. وقتی چنین رخدادی برای موجودات زنده آفت صورت گیرد، شکلی از کنترل طبیعی در نظر گرفته می‌شود. مثال‌ها عبارتند از: قارچ‌ها (مانند *Entomphthora* spp.) که شته‌ها، ملخ‌ها و لاروهای بالپولکداران را مورد حمله قرار داده و از بین می‌برد و ویروس‌ها که لارو چندین شب پره‌های آفت را از بین می‌برد.

۲- دما: افزایش یا کاهش فوق‌العاده دما می‌تواند بیشتر افراد یک جمعیت را از بین ببرد در صورتی‌که آن‌ها در یک مرحله سکون یا کمون[1] مناسب نباشند. در این زمینه یک مثال خوب مرگ شته‌های سبز هلو و شته‌های نخود بوده که در هوای گرم (بالای ۸۵ درجه فارنهایت) رخ می‌دهد. در اقلیم‌های معتدل، یخبندان‌های زود هنگام ممکن است موجودات زنده آفت را از بین ببرد و ماه‌های زمستان جمعیت‌های آفت را کاهش می‌دهند؛ با وجود این، بیشتر آفاتی که در اقلیم‌های معتدل سازگار شده‌اند دارای مراحلی هستند که بقاء آن‌ها را در زمستان امکان‌پذیر می‌کند.

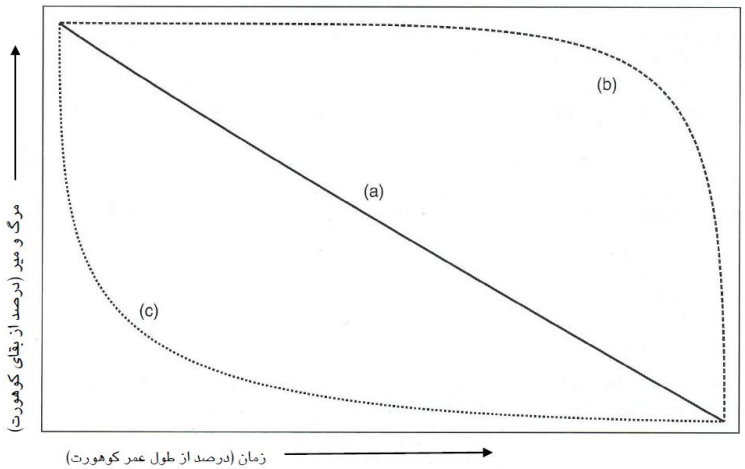
۳- غرقاب کردن[2]: موجودات زنده خاکزی مانند نماتدها به‌دلیل کاهش غلظت اکسیژن در خاک ممکن است طی غرقاب کردن از بین بروند.

---

[1] Quiescent or Dormant phase
[2] Flooding

۴- موجودات زنده مفید: موجودات مفید در برخی شرایط می‌توانند به سرعت تا سطحی افزایش یابند که در آن سطح باعث کاهش چشم‌گیری در جمعیت‌های آفت هدف گردند.

بقاء یک کوهورت (گروه) در طول زمان به‌وسیله منحنی بقا[1] شرح داده می‌شود. سه نوع اساسی از منحنی‌های فرضی بقا در شکل ۵-۹ نشان داده شده است. ساده‌ترین شکل آن‌ها از نرخ مرگ و میر ناشی می‌شود و کاهش ثابتی از تعداد افراد در حال زندگی داخل یک گروه را نتیجه می‌دهد (به‌صورت مشخص در بسیاری از گیاهان و پرندگان). شکل دوم هنگامی به‌وجود می‌آید که تا سن پیری مرگ و میر بسیار کمی وجود دارد که باعث ایجاد یک جمعیت به نسبت ثابت تا پایان دوره زندگی می‌شود تا هنگامی که کاهش سریع تعداد افراد در حال زندگی به وقوع می‌پیوندد (انسان، حشرات یک نسلی). شکل سوم احتمالی هنگامی رخ می‌دهد که نرخ مرگ و میر برای مراحل نابالغ (نارس) زیاد و برای مراحل بلوغ کم است (به صورت مشخص در بسیاری از عوامل بیماری‌زا، بیشتر حشرات، علفهای هرز یکساله دارای تراکم زیاد، گونه‌های درختی جنگلی).



شکل ۵- ۹: منحنی‌های بقای جمعیت فرضی برای سه نرخ مرگ ومیر فردی مختلف. (a) مرگ ومیر ثابت در کل طول عمر کوهورت؛ (b) مرگ و میر پایین در ابتدای طول عمر کوهورت با مرگ و میر بالای بالغ‌ها (c) مرگ و میر بالای نوزادان اولیه با بالغ‌های با دوام.

دانش نوع کاهش جمعیت در مدیریت آفات مهم است، زیرا بهترین زمان عملیات کنترل را تعیین می‌کند. برای کاهش جمعیت نوع A، عملیات وقتی صورت می‌گیرد که اندازه جمعیت و

[1] Survivorship curve

میزان کاهش آن مشخص است. برای نوع B، وقتی جمعیت به‌طور طبیعی کاهش نمی‌یابد، لازم است عملیات بلافاصله انجام شود. برای نوع C، بهتر است تا زمانی‌که مرگ و میر اولیه ناشی از عوامل طبیعی به وقوع پیوسته است و مرحله پایداری بیشتر جمعیت رخ می‌دهد، عملیات به تأخیر افتد.

سکون و خواب

موجودات زنده بیشتر در چرخه زندگی خود دارای یک مرحله استراحت یا مرحله زنده ماندن هستند که سازوکار بقا در شرایط نامناسب محیط را فراهم می‌کند (شکل ۵-۱۰). لازم است بین موجوداتی که در مقابل تغییرات شرایط محیطی بی‌حرکت و صامت هستند (یعنی فعال نیستند) و آن‌هایی‌که در حالت خواب یا دیاپوز هستند، تفاوت قائل شد. اگر موجود زنده در حالت سکون باشد، پس از مطلوب شدن شرایط محیط دوباره فعالیت رشدی خود را از سر می‌گیرد. موجود زنده‌ای که در حالت خواب یا دیاپوز است، فعالیت رشد عادی خود را تا زمانی‌که یک تغییرات فیزیولوژیکی خاص رخ ندهد شروع نمی‌کند، اغلب در یک شرایط محیطی خاص (مانند سه ماه در دمای زیر ۵/۵ درجه سلسیوس) متوقف می‌شوند. هنگامی‌که موجود زنده در حالت خواب یا دیاپوز است، با مناسب شدن شرایط محیط، فعالیت رشد عادی خود را تا پایان مدت زمان رکود، شروع نمی‌کند. در میان طبقات آفات، مفهوم متفاوتی دارد.

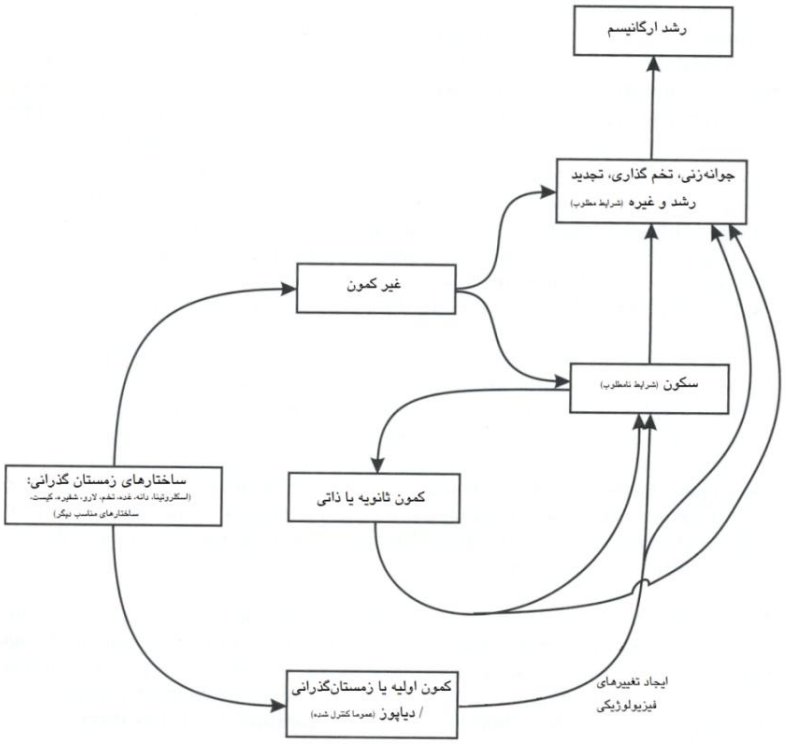
سکون: سکون عبارت از کاهش رشد یا فعالیت به سبب شرایط نامناسب محیطی است. بیشتر موجودهای زنده زمانی‌که شرایط محیطی به سطوح فیزیولوژیکی قابل قبول برسد رشد و فعالیت خود را از سر می‌گیرند (شکل ۵-۱۰). این پدیده در دو شکل رخ می‌دهد، زمستان‌گذرانی[1] و تابستان‌گذرانی[2]. زمستان‌گذرانی عبارت است از مرحله استراحت زمستان‌گذران به طوری‌که هنگامی‌که شرایط بسیار سرد می‌شود به رشد آن کمک می‌کند؛ تابستان‌گذرانی عبارت از مرحله استراحت تابستان‌گذران در شرایط گرم است. بسیاری از بندپایان، بعضی از پستانداران و بعضی از حلزون‌ها یکی از این پدیده‌ها را نشان می‌دهند. سکون اغلب در موجودات زنده بالغ دیده می‌شود ولی در حشرات هر یک از مراحل اصلی رشد بسته به‌گونه ممکن است دستخوش یک مرحله سکون قرار بگیرند.

نماتدها دارای انواع مختلفی از سکون هستند که به تنش‌های محیطی واکنش نشان می‌دهند و چنانچه این تنش‌ها به اندازه کافی شدید شود، آنگاه نماتدها وارد مرحله کریپتوبیوتیک (زندگی مخفی)، به تعویق انداختن فعالیت می‌شوند که در این مرحله متابولیسم قابل شناسایی وجود ندارد.

[1] Hibernation
[2] Aestivation

به محض اینکه شرایط پر تنش برطرف می‌شود، نماتد از وضعیت کریپتوبیوتیک[1] بیرون می‌آید و فعالیت طبیعی را از سر می‌گیرد. یک زمان ثابت مورد نیاز برای دوره‌های سکون همانند آنچه برای دیاپوز هست، وجود ندارد. انواع مختلفی از کریپتوبیوزیس[2] می‌تواند در واکنش به سرما (کرایوبیوسیس)، کمبود اکسیژن (آنوکسی بیوسیس)، از دست دادن آب (آنهایدرو بیوسیس) و شوک اسمزی (اسموبیوسیس) ایجاد شود. برای نمونه، نماتد گال گندم ممکن است در یک وضعیت هایدرو بیوسیس به مدت ۳۲ سال در گال‌های دانه‌های گندم (شکل‌های ۲-۷ d, e را ببینید) زنده مانده و نماتد ساقه هایدروبیوتیک ممکن است به مدت ۲۳ سال در بافت گیاهی زندگی کند. کریپتوبیوزیس در IPM حائز اهمیت است زیرا بعضی از روش‌های مدیریتی ممکن است در واقع یک مرحله سکون ایجاد کنند که به نماتد امکان زنده ماندن برای دوره‌های طولانی را می‌دهد.

[1] Cryptobiotic
[2] Cryptobiosis



شکل ۵- ۱۰: روابط بین کمون/ زمستان‌گذرانی/دیاپوز، کمون ثانویه، سکون و جوانه زنی در تجدید رشد.

مثال‌هایی از ساختارهای استراحتی مراحل سکون شامل موارد زیر است:

۱- مرحله بالغین: این ساختارها شامل همه مهره‌داران آفت، بعضی از حشرات (مانند سرخرطومی یونجه) و حلزون‌ها است.

۲- مراحل نارس (لاروها، پیش شفیره‌ها و شفیره‌ها) که شامل بعضی از حشرات (مانند سر شاخه خوار هلو، کرم نارنجی ناول) و نماتدها می‌شود.

۳- تخم‌ها: که شامل بسیاری از حشرات و نماتدها می‌شود.

۴- مراحل نابالغین و بالغین: در بعضی از نماتدها مراحل خاصی در شرایط تنش، عدم وجود اکسیژن، سرما یا رطوبت می‌توانند وارد وضعیتی از به تعویق افتادن فعالیت متابولیکی به نام کریپتوبیوزیس شوند که به آن‌ها امکان زنده ماندن می‌دهد تا این‌که شرایط محیطی دوباره مساعد شود.

۵- مراحل نابالغ نماتدها[1]: بعضی از نماتدها دارای مراحل نابالغ هستند که وظیفه بقاء و پراکنش داشته و دارای سازگاری‌های خاصی مانند ضخامت ویژه کوتیکول هستند که به آن‌ها امکان زنده ماندن در شرایط نامساعد محیطی را می‌دهد.

۶- کلیستوتیسیوم‌ها[2]، اسکلروت‌ها[3]. ساختارهای بقاء عوامل بیماری‌زا هستند که به آن‌ها امکان زنده ماندن در شرایط نامساعد را داده و به آن‌ها امکان می‌دهد هنگامی-که شرایط مساعد شود، رشد کنند.

۷- بذرها: بسیاری از بذرهای علف‌های هرز به راحتی قادر به رشد نیستند زیرا شرایط محیطی مناسب نیست.

دیاپوز[4]: دیاپوز، دوره توقف رشد در بعضی از حشرات و بعضی از نماتدها است. حشرات ممکن است در بعضی از مراحل رشدی (تخم، لارو یا پوره، شفیره یا بالغ) دستخوش دیاپوز قرار گیرند، در صورتی که در نماتدها تخم‌ها دستخوش دیاپوز قرار می‌گیرند. واژه *دیاپوز* به یک سازوکار سازگاری اجباری گفته می‌شود که به موجودات زنده اجازه می‌دهد تا در دوره‌هایی از شرایط نامساعد محیطی مانند نوسان‌ها دمایی یا فقدان غذای کافی زنده بمانند. بسیاری از گونه‌ها در نواحی معتدل دستخوش دیاپوز اجباری زمستانی قرار می‌گیرند. در یک گونه چند نسلی آخرین نسل سال با پیش‌بینی شروع دماهای سرد نسبت به کاهش طول روز در پاییز واکنش نشان خواهد داد که واکنش فتوپریودیک (عکس العمل به دوره نوری) نامیده می‌شود. این مرحله (اگر لارو یا بالغ باشد) ذخایر غذایی را انباشته کرده و یک مکان حفاظت شده را جستجو کرده و تا بهار آینده موقعی که دما افزایش یافته و روزها بلندتر می‌شوند به صورت سکون باقی می‌مانند. دیاپوز اجباری به‌وسیله سازوکار هورمونی تنظیم می‌شود. سوسک کلرادو سیب زمینی مثال خوبی از گونه‌ای است که در مرحله بلوغ دستخوش دیاپوز قرار می‌گیرد. آن‌ها تمام زمستان را در خاک سپری کرده و در بهار به فعالیت می‌پردازند. یک واکنش مشابه هنگامی صورت گیرد که حشرات در تابستان با دماهای فوق-العاده گرم مواجه شوند؛ درواقع دستخوش تابستان‌گذرانی قرار می‌گیرند. حشرات اغلب در یک دیاپوز اختیاری تابستانی چنانچه دما از حدود غایی آستانه تجاوز نکند، فعال باقی می‌مانند.

بعضی از حشرات هنگامی‌که گیاه میزبان به مدت طولانی موجود نباشد وارد دیاپوز می‌شوند و این حشرات به‌صورت غیر فعال باقی می‌مانند تا این‌که میزبان مناسب پدیدار شود. دیاپوز در

---

[1] Dauer
[2] Cleistothecia
[3] Sclertia
[4] Diapause

سوسک کرم غربی ریشه ذرت دیاپوز به‌صورت تخم در خاک بوده و هنگامی‌که ذرت در فصل بعدی جوانه می‌زند خارج می‌شوند. یک راهکار خوب مدیریتی برای کرم‌های ریشه در میانه غرب ایالات متحده آمریکا تناوب ذرت با سویا است. جمعیت زمستان‌گذران در نبود میزبان مورد علاقه زنده نماندند. باوجود این، به تازگی تعدادی از بیوتیپ‌های کرم ریشه در مرحله تخم به‌صورت دیاپوز دو ساله تکامل یافته و بنابراین زنده مانده و به ذرت کشت شده در سال بعد از تناوب با سویا حمله کردند. با این نحوه رشد و نمو، مزیت مدیریت آفت در تناوب ذرت-سویا به‌طور معنی داری کاهش یافت و یک مثال خوب از مقاومت یک حشره به اقدامات مدیریت زراعی بود.

نماتدهای سیست سیب‌زمینی دارای دیاپوزی هستند که پیش از تفریخ تخم مستلزم قرارگیری در معرض سرمای ماه‌های زمستان هستند. تخم‌های این نماتد برای چندین سال می‌تواند در خاک زنده بماند.

کمون یک موجود زنده چنانچه تحت شرایط مناسب محیطی رشد فعال خود را از سر نگیرد گفته می‌شود که در وضعیت کمون است. وضعیت کمون می‌تواند از چند هفته تا دهه‌ها و حتی قرن‌ها به‌طول بیانجامد. این پدیده در ساختارهای رویشی و بذر علف‌های هرز (همچنین در تعداد کمی از عوامل بیماری‌زا و نماتدها) رخ می‌دهد. کمون ذاتی[1] بدین معنی است که بذرها حتی هنگامی‌که شرایط محیطی مطلوب باشد، متفاوت با کمون ایجاد شده به‌وسیله شرایطی است که به رشد کمک نمی‌کند (شکل ۵-۱۰). از بین رفتن کمون ذاتی در بذور علف‌های هرز یک فرایند آرامی است که در یک دوره چند ساله رخ می‌دهد؛ بنابراین، بذور زنده علف‌های هرز می‌توانند به مدت چند سال در خاک بمانند، نتیجه گسترشی که ذخیره بذر علف هرز در خاک یا بانک بذر[2] نامیده می‌شود.

بانک بذر علف‌های هرز، بانک تخم نماتدها و بانک سختینه‌های قارچی علف‌های هرز، نماتدها و قارچ‌ها دارای مراحل بقاء هستند که می‌توانند برای چندین سال در خاک زنده بمانند، و این بقاء موجود زنده در یک مرحله غیر فعال ممکن است، یک اثر ذخیره‌ای[3] در نظر گرفته شود. بانک بذر علف‌های هرز شامل مجموع بذور زنده انباشته شده در خاک است که به سبب کمون ذاتی جوانه نزده‌اند. طول دوره‌ای که بذرها در بانک بذر زنده باقی می‌مانند (طول مدت زمانی که از تشکیل تخم، یک بذر میتواند زنده بماند، تعریف می‌شود) برحسب گونه علف هرز مربوطه بسیار متفاوت است؛ به طور مشابه، گونه‌های قارچی و نماتدها دارای ساختارهای بقاء دراز مدت هستند. طول عمر بانک بذر در دامنه‌ای از حدود چهار تا بیش از صد سال قرار دارد، در صورتی که بانک تخم‌ها و بانک سختینه‌ها دو تا بیست سال زنده باقی می‌مانند.

---

[1] Innate dormancy
[2] Seedbank
[3] Storage effect

در بسیاری از علف‌های هرز به‌دلیل تولید بذر فراوان و طول عمر زیاد اندازه بانک بذر در خاک-های مزروعی می‌تواند بسیار بزرگ باشد. در مزارع حفاظت شده تعداد بذرها در دامنه‌ای از چند صد تا نزدیک به ۴۰۰۰ بذر در هر متر مربع متداول است. در مزارع با حفاظت اندک، در برخی موارد در بانک بذرها متجاوز از ۷۵۰۰۰ بذر در هر متر مربع گزارش شده است. چنانچه علف‌های هرز کنترل نشوند، بانک بذرها متجاوز از ۵۰۰,۰۰۰ بذر در هر متر مربع برآورد می‌شود.

بانک جوانه[1] با بانک بذر همسان است. یک بانک جوانه شامل مجموع جوانه‌های انباشته شده روی ساختارهای تولیدمثلی رویشی در علف‌های هرزی مانند اویارسلام، ذرت خوشه‌ای و پیچک صحرایی است. هر جوانه قادر به ایجاد یک گیاه جدید کامل بوده و بنابراین از لحاظ عددی معادل با یک بذر است. بانک جوانه دارای دوره بقاء کوتاه‌تری نسبت به بانک بذر است: که به طور معمول بین ۲ تا ۱۰ سال است.

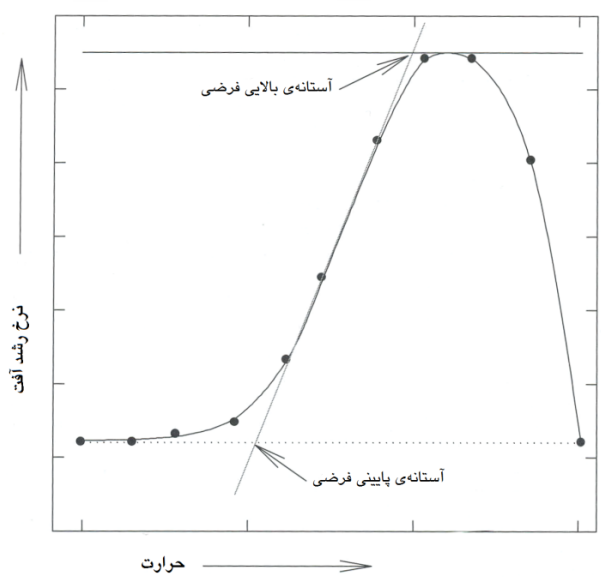
بانک بذرها، بانک جوانه‌ها، بانک تخم‌ها و بانک سختینه‌ها دارای معانی مهم در مدیریت آفات هستند. در نظر گرفتن اثرات بلند مدت استراتژی‌های کنترل آن‌ها ضروری است. وجود بانک بذر همچنین بدین معنی است که ساختار ژنتیکی جمعیت برای بیش از چندین سال حفظ می‌شود. به این پدیده حافظه ژنتیکی[2] اطلاق می‌شود زیرا ژنوتیپ‌های کمون ۲۰ ساله بذر بیانگر ژنوتیپ‌های کنونی نه جمعیت در حال رشد کنونی بوده هنگامی که بذر بیافتد. حافظه جمعیت دارای معانی ضمنی برای مدیریت مقاومت به علف‌کش‌ها در علف‌های هرز دارد (فصل ۱۲ را ببینید).

تجمع حرارتی[3] و درجه- روزها[4]

در موجودات زنده خونسرد[5]، درجاتی از متابولیسم و فرایندهای فیزیولوژیکی به طور عمده به وسیله دمای زیست محیطی تنظیم می‌شود. برای این که فرایندهای فیزیولوژیکی طبیعی تداوم یافته و موجود زنده رشد و نمو طبیعی یا فعالیت داشته باشد، دمای محیط پیرامون آن از حد پایینی بحرانی که دمای آستانه پایینی نامیده می‌شود، باید بیشتر باشد (شکل ۵-۱۱). اگر این دما کمتر از آستانه پایینی باشد آنگاه فرایندهای طبیعی فیزیولوژیکی و متابولیکی آهسته شده و منجر به غیر فعال شدن یا توقف رشد می‌شود. یک دمای آستانه بالایی نیز وجود دارد که در بالاتر از آن رشد و نمو متوقف می‌شود. اگر دما بسیار پایین یا بسیار بالا باشد، ممکن است منجر به مرگ جاندار از طریق یخ زدگی یا آسیب گرما به پروتئین‌ها، غشاهای سلول و سایر اجزاء سلولی شود.

---

[1] Budbank
[2] Genetic memory
[3] Heat summation
[4] Degree - Days
[5] Poikilotherm

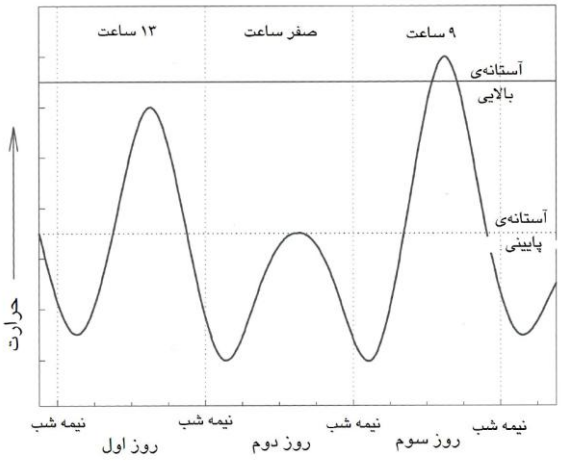


شکل ۵- ۱۱: اثر کلی حرارت روی نرخ رشد موجودات خونسرد.

موجودات زنده خونسرد جالب توجه هستند، زیرا وقتی دما پایین‌تر از آستانه پایینی آن‌ها است این موجودات زنده فعال نبوده و بنابراین نمی‌توانند رشد کنند؛ در حالت تأثیر آن‌ها به مرحله بلوغ نمی‌رسند. بدین ترتیب، سن تقویمی یا ترتیب زمانی[1] یک موجود زنده آفت ممکن است با مرحله رشدی مورد انتظار آن آفت مطابقت نداشته باشد. برای نمونه، در انسان در سن سه سالگی می‌توان همیشه انتظار داشت که ویژگی‌های رشدی معینی بروز کند. رشد و نمو یک لارو مگس به گذشت زمان و دما در طول آن زمان بستگی دارد. در موجودات زنده خونسرد از طریق جمع کردن مدت زمانی که موجود زنده تحت شرایط دمایی ویژه‌ای (یعنی، بین دماهای آستانه پایینی و بالایی) سپری کرده است می‌توان نرخ رشد و نمو موجود زنده را برآورد کرد. با جمع کردن دماهای بین آستانه‌های بالا و پایینی، پیشگویی نرخ رشد و نمو موجود زنده ساعات هر روز (یا طی روزها) امکان پذیر می‌شود (شکل ۵-۱۲). این فراهم کننده وسیله‌ای در پیشگویی دوره نسلی مرتبط با شرایط زیست محیطی است. روش مورد استفاده در پیشگویی نرخ‌های رشد و نمو، وابسته به دمای مبتنی بر مفهوم روز – درجه است که اغلب به طور مخفف به صورت D بیان می‌شود. یک روز- درجه به صورت دمای یک درجه سلسیوس بالاتر از دمای ثابت آستانه در طول ۲۴ ساعت تعریف می‌شود.

[1] Chronological

استفاده از مجموع روز-درجه نقطه عطف در تصمیم‌گیری‌های مدیریتی برای برخی از حشرات آفت مهم است (فصل ۸ را ببینید).



شکل ۵- ۱۲: نمایش گرافیکی چگونگی محاسبه‌ی انباشتگی روز- درجه (شرح در متن).

۱- مجموع روز- درجه برای پیشگویی رخدادهای فنولوژیکی در برخی از بندپایان آفت مهم مانند کرم سیب، برخی از گونه‌های پیچاننده برگ سیب، کنه‌های شکارگر، شپشک سن‌ژوزه و کرم غوزه پنبه مورد استفاده قرار می‌گیرد. هنگامی که زمانبندی رخدادهای اصلی در چرخه زندگی قابل پیشگویی است، شروع فعالیت‌های مدیریتی را می‌توان در حساسترین مرحله در چرخه زندگی آفات هدایت کرد. شناخت و آگاهی از این نکته ضروری است که موجودات زنده خونسرد ممکن است دارای دماهای آستانه متفاوتی در فعالیت‌های مختلف چرخه زندگی باشند. برای نمونه، دماهای آستانه پایینی برای فعالیت نماتد از دماهای آستانه برای تولید مثل و رشد ممکن است تفاوت داشته باشد. بنابراین، این امکان وجود دارد که کشت هنگامی صورت گیرد که دماهای خاک بقدری پایین بوده که نماتدها قادر به آلوده کردن گیاهچه‌ها نباشند.

۲- مدل‌های مبتنی بر روز-درجه برای برخی از بیماری‌های گیاهی نیز وجود دارند؛ مثال‌ها شامل لکه سیاه سیب، آتشک گلابی و سیب هستند. اگرچه دما یک عامل مهم در توسعه بیماری‌های گیاهی است، رطوبت نیز در ایجاد آلودگی توسط عامل بیماری‌زا بسیار مهم بوده و بسته به نوع عامل بیماری‌زا یک عامل متغیر در چنین مدل‌هایی محسوب می‌شود.

۳- مفهوم روز–درجه فقط دارای کاربرد جزئی در پیشگویی رشد گیاه (محصول یا علف هرز) است، زیرا وضعیت آب خاک اغلب مهم‌تر از دما می‌توانند باشند. با وجود این، در کشاورزی آبی[1] مجموع روز–درجه می‌تواند فراهم کننده پیشگویی به نسبت دقیق و منطقی رشد فنولوژیکی باشد. شدت نور نیز ممکن است نقش بسیار مهمی در تعیین رشد و نمو گیاه در برخی موقعیت‌ها ایفاء کند. مدل‌های پیش‌گویی رشد برای محصولات در IPM مفید هستند زیرا آن‌ها وسایلی برای تطابق فنولوژی محصول با فنولوژی آفت بوده و اطلاعات مهمی در کاربرد مفهوم سطح زیان اقتصادی فراهم می‌کنند (فصل ۸ را ببینید).

۴- مفهوم روز–درجه ارتباطی با مدیریت مهره‌داران آفت ندارد، چون نرخ متابولیکی جانوران خونگرم به دمای زیست محیطی به روشی که در مفهوم روز-درجه استفاده می‌شود، بستگی ندارد. البته جانوران خونگرم تغییراتی در فعالیت در رابطه با دما و فصول نشان می‌دهند.

محاسبه روز– درجه بر مبنای بیشینه و کمینه دماهای روزانه است. یک روز-درجه ساده و عادی شامل دمای بیشینه و کمینه روزانه و آستانه پایینی (TLOW) برای مثال، ۱۰ درجه سلسیوس بوده و طبق فرمول زیر به کار می‌رود:

روز- درجه بنابراین برای بیشینه و کمینه ۳۶ درجه سلسیوس و ۴ درجه سلسیوس و TLOW ۱۰ درجه سلسیوس محاسبه روز–درجه به صورت زیر است: روز-درجه برای دوره ۲۴ ساعته ۱۰=۱۰-۲۰ یا ۱۰ – (۲/ [۴+۳۶]). مجموع روز–درجه‌ها جمع می‌شوند و از طریق اضافه کردن روز–درجه‌ها هر روز طی روزهای متوالی محاسبه می‌شوند. روشهای پیچیده‌تری برای محاسبه روز–درجه‌ها به وجود آمده است ولی ما در اینجا به آن‌ها نمی-پردازیم. امروزه با استفاده از دانلود کردن اطلاعات شبکه جهانی (اینترنت) اطلاعات آب و هوا به طور مستقیم از ایستگاه‌های مراقبت و به دست آوردن مجموع روز–درجه‌ها برای بسیاری از گونه‌های آفت در زمان‌های خاص امکانپذیر است. برای استفاده از مدل‌های روز–درجه در www، تنها اطلاعات مورد نیاز برای موجود زنده مورد نظر دمای آستانه پایینی است.

پوست اندازی و دگردیسی

همه موجودات زنده هنگامی که بالغ می‌شوند اندازه آن‌ها افزایش می‌یابد. گیاهان موجودات زنده تنظیم‌گر نامیده می‌شوند و می‌توانند اندازه خود را با توسعه دادن پیکره خود یا با اضافه کردن واحدهای جدید (مانند برگ، شاخه) افزایش دهند. عوامل بیماری‌زای گیاهی قادرند به روش مشابه با گیاهان اندازه خود را افزایش دهند. پستانداران دارای اسکلت داخلی هستند که اندازه بدن آن‌ها با رشد افزایش می‌یابد.

[1] Irrigating agriculture

با وجود این، بندپایان و نماتدها دارای اسکلت خارجی هستند که بدن آن‌ها نمی‌تواند در هنگام رشد جانور به راحتی بزرگ شود. بندپایان و نماتدها به منظور افزایش اندازه خود نیازمند پوست-اندازی هستند و پوست‌اندازی در چرخه زندگی آن‌ها چندین بار به وقوع می‌پیوندد. مراحل مختلف چرخه زندگی دارای نام‌های متفاوتی بوده که اغلب پایه و اساس درک و شناخت رشد جمعیت در رابطه با زمانبندی اقدامات مدیریتی هستند. شکل‌های ۵-۱۲ و ۵-۱۳ مثال‌هایی از این ترمینولوژی (واژه‌شناسی) مهم را ارائه می‌دهند. همچنین بسیاری از بندپایان و نماتدها از نظر ریخت‌شناسی کلی در بین مراحل زیستی نابالغ[۱] و بلوغ تغییراتی نشان می‌دهند؛ اگرچه نماتدها دستخوش دگردیسی قرار نمی‌گیرند ولی بسیاری از حشرات دارای دگردیسی هستند. در بندپایان سه نوع مختلف دگردیسی وجود دارد:

۱- بدون دگردیسی[۲]. در ساده‌ترین شکل رشد و نمو بندپایان، مراحل نابالغ همانند نسخه‌های کوچکی از مرحله بالغ هستند (شکل ۵-۱۳). تغییری در ریخت‌شناسی کلی وجود ندارد. همنوعان و ماهی نقره‌ای از مثال‌ها هستند.

۲- دگردیسی ناقص یا جزئی[۳]. گروه بزرگی از بندپایان تنها تغییر ناچیزی در ریخت‌شناسی در بین مراحل رشدی نابالغی (نارسی) و بلوغ نشان می‌دهند (شکل‌های ۵-۱۳ و ۵-۱۴). تفاوت بین مراحل نابالغ و بالغ بیشتر در عدم وجود بال‌ها در فرم‌های نابالغ آشکار می‌شود. عدم وجود بال‌ها درمراحل نابالغ دارای نقش‌های مهم در مدیریت آفات است. چون بدین معنی است که اشکال نابالغ دارای تحرک بسیار کمتری نسبت به بالغ هستند. مثال‌ها عبارتند از شته‌ها، پسیل‌ها، سن‌های لیگوس[۴] و ملخ‌ها.

۳- دگردیسی کامل[۵]. در این الگوی رشد و نمو، مراحل رشدی نابالغ با مرحله بالغ با یکدیگر شباهت ندارند. در اصل یک مرحله رشدی غیر فعال بنام شفیره[۶] وجود دارد که طی این مرحله تغییرات ریخت‌شناسی زیادی صورت می‌گیرد (شکل‌های ۵-۱۳ و ۵-۱۴).

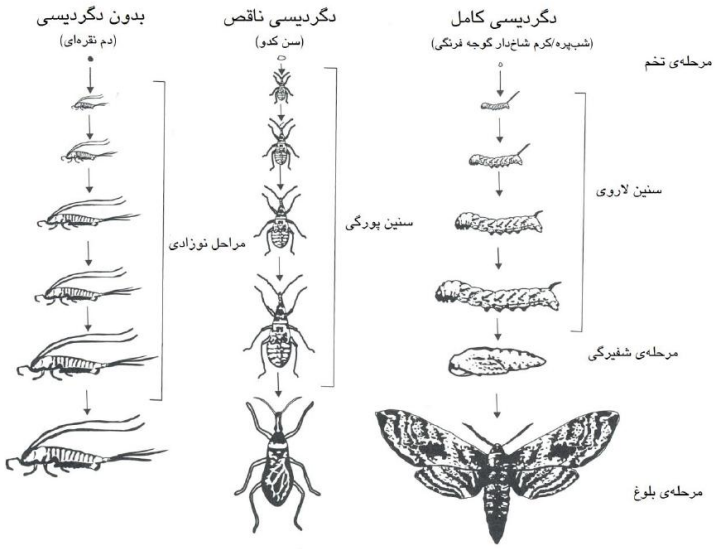
بهترین مثال از دگردیسی کامل، مرحله لاروی بالپولک‌داران بوده که به شفیره به نام کریزالیس تغییر شکل می‌یابد، اغلب داخل یک پیله[۷]، که پس از آن یک پروانه روز پرواز[۸] یا شب پره[۱]

---

[1] Juvenile
[2] Ametabolous
[3] Paurometabolous
[4] Lygus
[5] Holometabolous
[6] Pupa
[7] Cocoon
[8] Butterfly

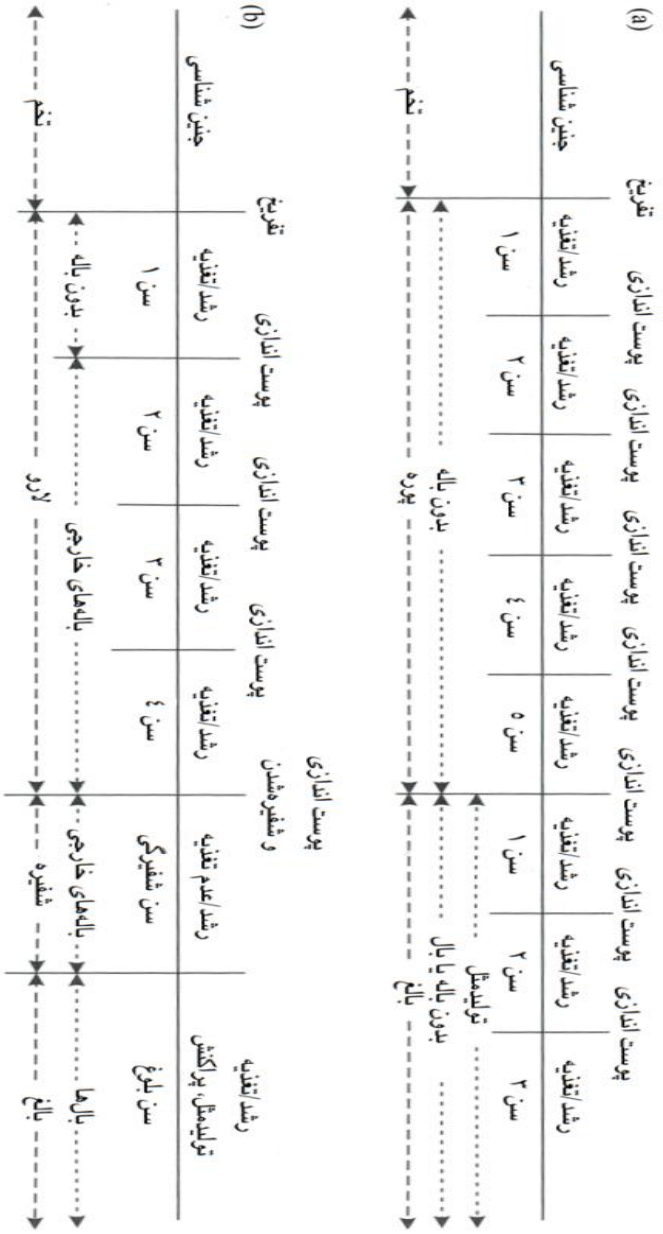
بالغ خارج می‌شود. ملاحظه می‌شود که واژه شناسی مختلفی برای این نوع رشد و نمو به کار می‌رود. مثال‌ها عبارتند از همه شب‌پره‌ها و پروانه‌های روز پرواز (مانند شب‌پره کرم سیب و کرم‌های کلم[۲])، دوبالان (مانند مگس میوه مدیترانه و مگس سیب) و سوسک‌ها (مانند، سرخوطومی غوزه، کک‌های نباتی[۳]).

این اشکال مختلف رشد و نمو را می‌توان در قالب یک خط زمانی ترسیم کرد که نشان دهنده مقایسه چگونگی مراحل مختلف برای انواع مختلف دگردیسی باشد (شکل ۵-۱۴).

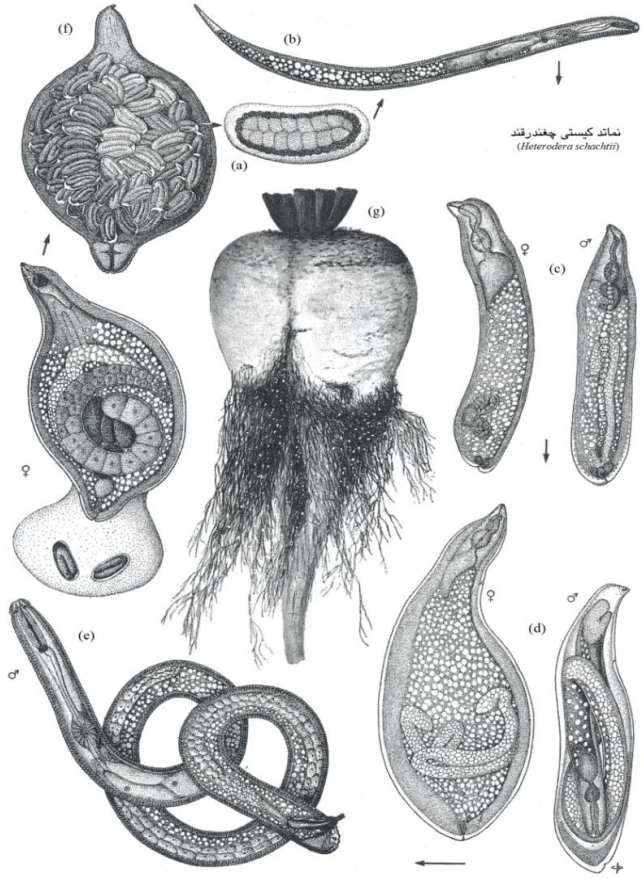


شکل ۵- ۱۳: مثال‌هایی از سه نوع مختلف رشد و نمو حشرات. منبع: طراحی مجدد از Evans و Brewer، ۱۹۸۴، با افزودن برچسب.

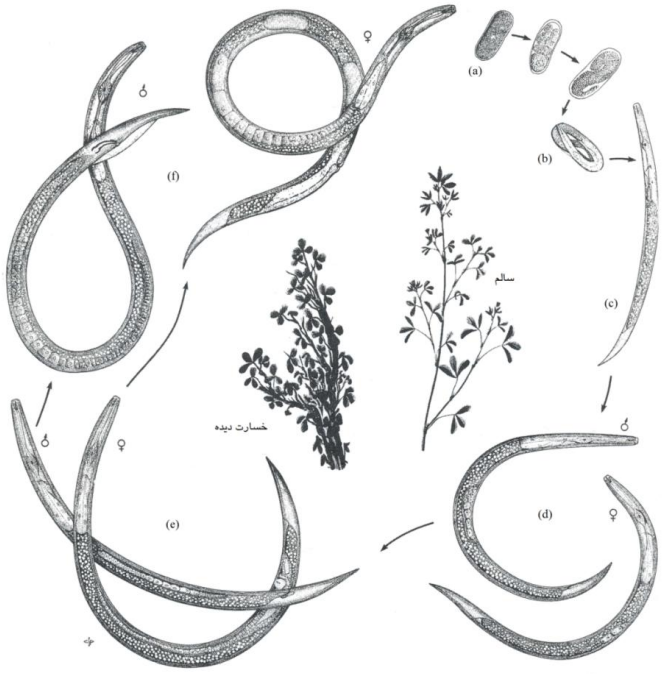
[1] Moth
[2] Cabbageworms
[3] Flea beetles



شکل ۵- ۱۴: مقایسه‌ی مراحل مختلف رشد و نمو در حشرات a) بی‌دگردیسی و b) با دگردیسی کامل شامل واژگان مقایسه‌ای. منبع: طراحی مجدد به تقلید از Elzinga، ۱۹۹۷.



شکل ۵- ۱۵: چرخه زندگی نماتد کیستی چغندرقند (*Heterodera schachtii*) با دوشکلی جنسی. مواد مترشحه‌ی ریشه‌ی میزبان تفریخ لاروهای سن دو را تحریک می‌کند. لاروهای سن ۲ به ریشه‌ی میزبان، عموما نزدیک نوک ریشه، نفوذ می‌کنند. آن‌ها وارد ریشه می‌شوند، حرکت به موقعیتی نزدیک استوانه آوندی و توقف. نماتد تغذیه می‌کند و باعث تجزیه‌ی دیواره سلول‌های گیاهی می‌شود که منجر به ایجاد یک هم‌یاخته‌ی چندهسته‌ای در بافت حلقوی استوانه‌ی آوندی می‌شود. نماتدهای در حال رشد از هم-یاخته تغذیه می‌کنند که اغلب سلول پرورش دهنده نامیده می‌شود. رشد و نمو مراحل لاروی تا بالغ شدن ادامه می‌یابد. نرهای بالغ کرمی‌شکل هستند و با فرمون‌ها به ماده‌ها جلب می‌شوند. ماده‌ها بالغ و متورم شده و در حالی که سرشان در ریشه باقی می‌ماند انتهای بدنشان از ریشه خارج می‌شود. ماده‌ها ۲۰۰ تا ۶۰۰ تخم می‌گذارند و چرخه‌ی زندگی آن‌ها از تخم تا تخم در دمای ۲۵ درجه سلسیوس حدود ۲۲ روز طول می‌کشد. منبع: طراحی از Charles Papp، دپارتمان غذا و کشاورزی کالیفرنیا.



شکل ۵- ۱۶: چرخه زندگی نماتد پیاز و ساقه (*Ditylenchus dipsaci*) بدون بروز دوشکلی جنسی. گیاه میزبان یونجه است و نماتدها برگ‌ها و ساقه‌ها و همچنین غده‌ها و پیازها را آلوده می‌کنند. (a) تخم، (b) لارو سن یک در تخم، (c) لارو سن دو تفریخ شده از تخم، (d) لارو سن سه، (e) لارو سن چهار، (f) بالغ-های جنسی نر ♂ و ماده ♀.

بعضی از گونه‌های نماتدها از مراحل نابالغ تا بلوغ ریخت‌شناسی متغیری نشان می‌دهند. برای مثال، در نماتدهای ریشه گره‌ای و سیست مراحل اولیه نابالغ که میزبان را آلوده کرده، کرمی شکل و متحرک هستند در صورتی که مراحل بعدی نابالغ و ماده‌های بالغ دارای بدن متورم و غیر متحرک هستند. در بیشتر این گونه‌ها نرهای بالغ کرمی شکل هستند. این قبیل تفاوت از لحاظ شکل در بین نر و ماده این گونه‌ها مثالی از دو شکل جنسی[1] است (شکل‌های ۵-۱۵ و ۵-۱۶).

[1] Sexual dimorphism

از جنبه مدیریت آفت، درک این نکته حائز اهمیت است که اغلب مرحله نابالغ باعث خسارت به گیاهان مطلوب می‌شوند نظیر همه پروانه‌های روز پرواز و شب‌پره‌ها، بعضی از سوسک‌ها و بیشتر مگس‌ها.

جدول ۵-۱ جدول زندگی مقایسه مراحل فنولوژیکی در رده‌های مختلف آفات

موجود آفت	مرحله‌ی نوزادی	مرحله‌ی بالغ	واحد تولیدمثلی	زمستان‌گذرانی
پاتوژن‌ها:				
قارچ‌ها	میسلیوم	قارچ،اسپورانژیوم و غیره	اسپورها،زیگوسپورها،کنیدی‌ها	اسپورها، زیگوسپورها؛ ساختارهای ویژه (برای نمونه: کلایستوتیسیا، اسکلروتیا)
باکتری‌ها	سلول	سلول	سلول‌ها	سلول‌های باکتری در بافت میزبان
ویروس‌ها	ذره‌ی ویروسی	ذره‌ی ویروسی	ذره‌ی ویروسی	ذرات ویروس در بافت میزبان
علف‌های هرز:				
یک‌ساله	نهال	گل‌دهی	دانه	دانه
چندساله	اندام رویشی	گل‌دهی	دانه یا جوانه‌ها (قطعات ساقه)	دانه یا ساختار رویشی (ریزوم، غده و غیره)
نماتدها	نوزاد	بالغ	تخم‌ها	تخم‌ها، نوزادها
نرم‌تنان	نوزاد	بالغ	تخم‌ها	همه‌ی مراحل زیستی
بندپایان:				
با دگردیسی ناقص	پوره‌ها (مراحل)	بالغ	تخم‌ها (در بعضی افراد جوان زنده)	تخم‌ها، بالغ‌ها، در بعضی پوره‌ها
با دگردیسی کامل	لاروها تا شفیره(مراحل)	بالغ	تخم‌ها (در بعضی افراد جوان زنده)	تخم‌ها، بالغ‌ها، در بعضی لارو و شفیره
مهره‌داران	بچه، جوان	بالغ	موجود نیست	بالغ‌ها

جدول‌های زندگی

جدول‌های زندگی[1] توصیف‌های کمی از تاریخچه زندگی موجودات زنده در رابطه با مرحلـه رشـدی یا سن هستند. جدول‌های زیستی بقاء از یک سن (یا مرحله) به سن (یا مرحله) بعدی و زاد و ولدی که در که در هر سن (یا مرحله) به‌وقوع می‌پیوندد را نشان می‌دهند. مراحل زندگی آفات مختلف در جدول ۵-۱ مقایسه شده است. برای ایجاد یک جدول زیستی، مرگ و میر در طول و در بین سـنین (مراحل) مختلف تعیین می‌شوند، که سپس امکان رسـم منحنـی‌هـای بقـاء فـراهم مـی‌شـود. ایـن اطلاعات در پیشگویی نرخ‌های احتمالی تغییر جمعیـت مـی‌توانـد مـورد اسـتفاده قـرار گیـرد و در شناسایی عوامل مرگ و میر عمل کننده در سنین (یا مراحل) چرخه زندگی می‌تواند کمک کند.

همان طورکه سنین یک موجود زنده در مراحل رشد ونمو آن طی می‌شود و ترتیب رشد و نمـو و تکامل موجود زنده را طی زمان بنام زیست گرد یا فنولوژی منسوب است. در بعضی از راهکارهـای مدیریت آفات یک مرحله خاصی از فنولوژی آفت مورد نظر است.

مدل‌های اساسی چرخه زندگی

چرخه‌های زندگی موجود زنده آفت اغلب می‌تواند در یک قالب کلی ارائه شـود، اگرچـه همـواره بـا بیشتر کلیات، جزئیات مهم حذف می‌شوند. شکل ۵-۱۷ چهـار چرخـه زنـدگی کلـی آفـت را بیـان می‌کند.

۱ - تولیدمثل تابستانی/پاییزی (شکل ۵-۱۷ a). موجـودات زنـده فصـل گـرم در زمسـتان بـه صورت سکون (زمستانگذران) یا کمون هستند و شامل بسیاری از حشرات، بعضی از عوامل بیماری‌زا، بعضی از نماتدها و بسیاری از پستانداران هستند. علف‌های هرز یکساله تابستانی با این چرخه زندگی سازگاری یافته‌اند به طوری که معلوم شـده‌اسـت بانـک بـذر آن‌هـا از سالی به سال دیگر پایدار می‌ماند.

۲ - تولیدمثل زمستانی/بهاری (شکل ۵- ۱۷ b). این چرخه بازتاب در آینه شکل ۵-۱۷a است. آن بیانگر موجودات زنده فصل سـرد اسـت کـه در طـول فصـل گـرم بـه صـورت سـکون (تابستانگذرانی) بسر می‌برند. مثال‌ها شامل بعضی از حشرات (سرخرطومی مصری یونجـه)، بعضی از پستانداران (سنجاب‌های زمینی) و بیشتر علف‌های هرز یکسـاله زمسـتانی اسـت. (در اینجا بانک بذر در سراسر تابستان پایدار می‌ماند). چرخه‌های a و b بیـانگر آفـات یـک نسلی هستند. میزان تفـاوت ایـن دو چرخـه بسـتگی بـه ناحیـه اقلیمـی دارد. در منـاطق گرمسیری استوایی تفاوتی وجود ندارد ولی در اقلیم‌های مدیترانه‌ای این دو چرخـه بسـیار مشخص بوده و به طرف نواحی سردتر تنها یک چرخه وجود دارد. در نواحی اخیر چرخه‌ها

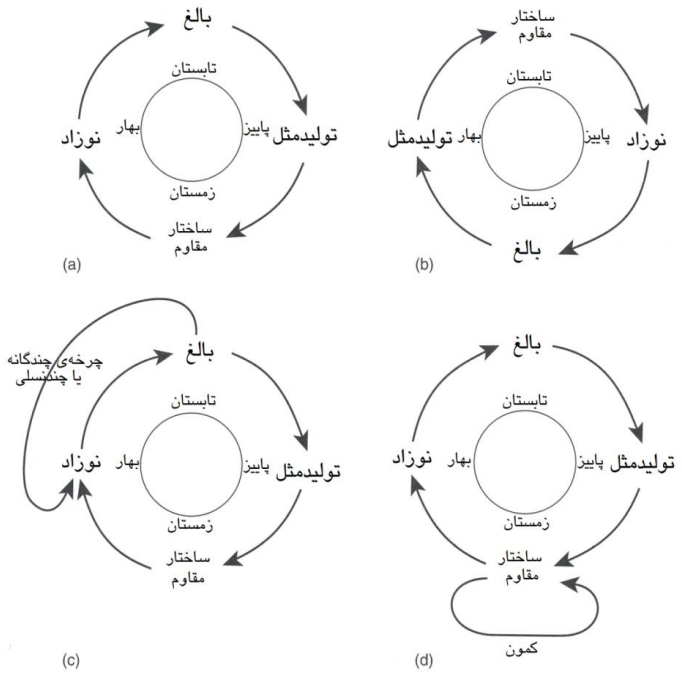
[1] Life tables

موجودات زنده چرخه b به چرخه a تغییر می‌یابد و موجودات زنده فصل گرم قادر به زندگی نیستند.

۳ - تولیدمثل تابستانی/پاییزی همراه با تولید مثل اضافی در طول فصل رشد (شکل ۵- ۱۷ c). این نوع از چرخه زندگی بیانگر جاندارانی است که دارای دوره‌های نسلی کوتاه بوده و در طول فصل رشد می‌توانند بیش از یک بار تولیدمثل کنند. نماتدها و بندپایان چند نسلی شامل شته‌ها و کنه‌های عنکبوتی و بیماری‌های چند چرخه‌ای[1] مانند بسیاری از زنگ‌ها و سفیدک‌ها هستند. موش‌های خانگی، سایر پستانداران کوچک و نرمتنان نیز این نوع چرخه زندگی دارند. هیچ علف هرزی با این نوع چرخه زندگی وجود ندارد.

۴ - مراحل تولید مثلی کمون (شکل ۵-۱۷d). ساختارهای گیاهی یا مراحل جانوری استراحت کننده به‌صورت دیاپوز یا کمون نسبت به چرخه نسلی بعدی دارای بقاء طولانی‌تر هستند. مثال‌ها شامل همه اسکلروت‌ها، بانک بذرهای علف‌های هرز، بعضی از عوامل بیماری‌زا (مانند اسکلروت‌ها در افتادگی کاهو و میکرواسکلروت‌ها در پوسیدگی ساقه برنج) و تخم-های نماتد داخل سیست‌ها است.

[1] Multicycle



شکل ۵- ۱۷: چهار چرخه‌ی زندگی کلی ممکن. (a) موجودات تک نسلی یا تک چرخه‌ای که دارای فاز مقاوم در زمستان هستند؛ (b) موجودات تک نسلی یا تک چرخه‌ای که دارای فاز مقاوم در تابستان هستند؛ (c) موجودات چندنسلی یا چندچرخه‌ای با چندین نسل در طول فصل رشد؛ و (d) موجودات تک نسلی یا تک چرخه‌ای که دارای مرحله‌ی مقاوم در خاک هستند.

در بسیاری از عوامل بیماری‌زا چرخه‌های زندگی به نسبت پیچیده هستند. شکل‌های ۵-۱۸ تا ۵-۲۱ این پیچیدگی را نشان می‌دهد. شناخت بسیاری از این نوع تنوع‌ها در اجراء برنامه‌های مدیریت موثر بیماری‌ها لازم است. بیشتر ویروس‌ها و باکتری‌های سخت کشت برای انتقال به ناقلین نیازمند هستند (شکل ۵-۲۱). چرخه‌های زندگی سایر عوامل بیماری‌زا در کتاب‌های درسی بیماری‌شناسی گیاهی شرح داده شده‌است (آگریوس، ۱۹۹۷ را ببینید).

چرخه‌های زندگی عمومی نشان داده شده در شکل ۵-۱۷ نمی‌تواند به درستی بیانگر چرخه زندگی علف‌های هرز دو ساله باشد. این گیاهان دارای چرخه زندگی تولید مثلی دو ساله هستند که گیاه در اولین فصل، دارای رشد رویشی بوده و در فصل دوم تولید مثل می‌کند.

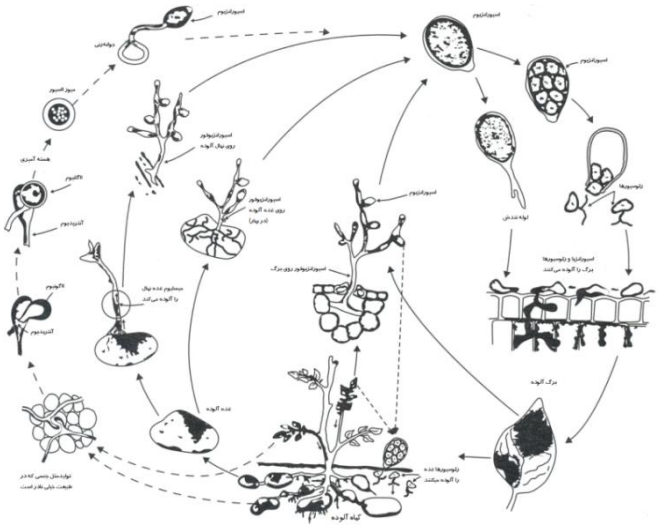
میزبان‌های تناوبی و جایگزین[1] چندین موجود زنده بیماری‌زا و تعدادی از حشرات برای تکمیل چرخه زندگی نیازمند گیاه میزبان تناوبی اجباری هستند. برای مثال، زنگ گندم به بوته زرشک نیاز دارد و شته ریشه کاهو نیازمند صنوبرهای لومباردی[2] است.

بسیاری از موجودات زنده بیماری‌زا در خارج از میزبان زنده قادر به زندگی نیستند (بعضی از باکتری‌ها، فیتوپلاسماها و همه ویروس‌ها) و وقتی در یک اکوسیستم زراعی میزبان اولیه[3] وجود ندارد، ممکن است روی گیاهان دیگری که میزبان جای‌گزین یا میزبان تناوبی[4] نامیده می‌شوند، زنده بمانند. عوامل بیماری‌زا، نماتدها و بندپایانی که میزبان ویژه ندارند، می‌توانند از گیاهان مختلف استفاده کنند. چنین میزبان‌هایی میزبان اولیه آفات نیستند و به طور معمول به گیاهان جانبی یا میزبان‌های ثانوی هستند. اگرچه منابع حشره‌شناسی گیاهانی را که قادرند به صورت میزبان‌های ثانوی عمل کنند، به نام میزبان‌های جایگزین در نظر می‌گیرند، برای پرهیز از اشتباه با واژه میزبان-های تناوبی اجباری، ما میزبان‌های ثانوی را میزبان‌های جایگزین در نظر گرفته‌ایم.

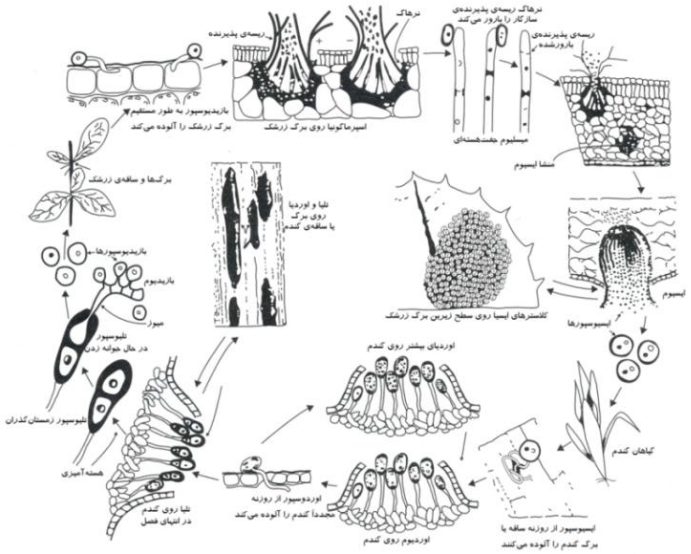
فرایندهای انتشار، تهاجم و تشکیل کلنی

توانایی یک موجود زنده در انتشار[5] در قابلیت آن برای تبدیل به آفت بسیار مهم است. اگر یک موجود زنده به سبب مرگ خود یا از طریق فعالیت‌های انسان نتواند انتشار یابد، احتمال این که به وضعیت آفت بودن برسد به نسبت کم است، حتی اگر سایر ویژگی‌های دینامیک جمعیت مناسب باشند. در بسیاری از موارد، فعالیت‌های انسان بر انتشار[6] موجود زنده اثر می‌گذارند که وگرنه پراکنش آن‌ها بسیار کم خواهد بود، بنابراین انسان آفت را به‌وجود می‌آورد (فصل ۱۰ را ببینید).

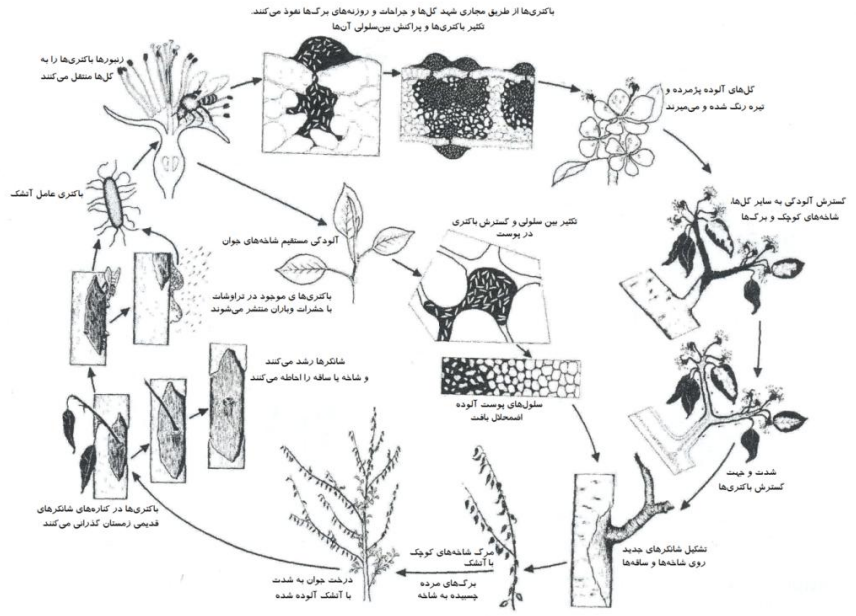
[1] Alternat and alternative hosts
[2] Lombardy
[3] Primary
[4] Reservoir
[5] Spread
[6] Dissemination



شکل ۵- ۱۸: چرخه زندگی یک قارچ چندچرخه‌ای که برای تکمیل چرخـه‌ی‌زنـدگی بـه میزبـان واسـط اجباری نیاز ندارد. نمونه اینجا بیماری سوختگی دیرهنگام سیب‌زمینـی اسـت. منبـع: طراحـی مجـدد از Agrios، ۱۹۹۷.



شکل ۵- ۱۹: چرخه‌ی زندگی یک بیماری تک چرخه‌ای که برای تکمیل چرخه‌ی زندگی به میزبان واسط اجباری (غیرمحصول) نیاز دارد. مثال اینجا بیمـاری زنـگ سـیاه گنـدم اسـت. منبـع: طراحـی مجـدد از Agrios، ۱۹۹۷.



شکل ۵- ۲۰: چرخه‌ی زندگی یک بیماری باکتریایی. نمونه آتشک گلابی است. منبع: طراحی مجدد از Agrios، ۱۹۹۷.

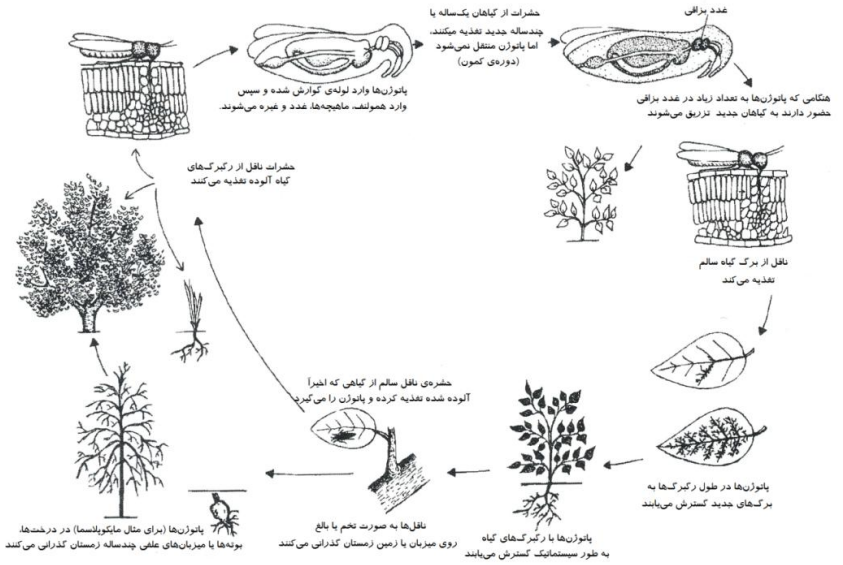
سازوکارهای انتشار

سازوکاری که آفات به وسیلهٔ آن‌ها انتشار می‌یابند در رابطه با گروه‌های آفات به‌طور گسترده‌ای متغییر هستند. سازوکاری که یک آفت به‌وسیله آن پراکنش می‌یابد ممکن است برای آفت دیگر به کار نرود. در زیر سه روش اصلی که موجودات زنده به وسیله آن‌ها می‌توانند پراکنش یابند ذکر شده است.

۱ - غیر فعال[1]. آفت از طریق باد در هوا، از طریق حمل شدن در آب یا یک وسیله مصنوعی (به طور معمول ادوات کشاورزی یا حمل و نقل) که به وسیله انسان به حرکت در می‌آید انتشار می‌یابد.

۲ - فعال[2]. آفت قادر به جابجایی خود از طریق راه رفتن، پرواز کردن یا شنا کردن از یک محل به محل دیگر است.

[1] Passive
[2] Active



شکل۵- ۲۱: چرخه‌ی زندگی عمومی یک باکتری یا ویروس سخت کشت. برای انتقال از میزبانی به میزبان دیگر به یک موجود ناقل (در اینجا زنجره) نیاز دارد. شکل این چرخه را در یک درخت چندساله نشان می‌دهد که میزبان اینوکلوم را حفظ می‌کند. نوع دیگری از چرخه‌ی زندگی در گیاهان یک‌ساله رخ می‌دهد که در عدم حضور محصول اینکلوم در گیاه میزبان واسط غیرمحصول (اغلب یک علف هرز) حفظ می‌شود. منبع: طراحی مجدد از Agrios، ۱۹۹۷.

۳ - ناقل و حمل شونده. آفت به‌وسیله یک موجود زنده ناقل از یک میزبان آلوده گرفته شده و به یک میزبان غیر آلوده انتقال داده می‌شود؛ در حمل شونده، آفت از طریق چسبیدن به طور فیزیکی به موجود زنده متحرک دیگر جابجا می‌شود.

هر یک از این وسایل، به درجات متفاوت، برای انتشار گروه‌های آفات زیر عمل می‌کند.

عوامل بیماری‌زا گروه‌های متفاوتی از عوامل بیماری‌زا دارای وسایل انتشار متفاوت بوده که بر روشی که آن‌ها را می‌توان مدیریت کرد تأثیر زیادی دارد.

اسپورها[1] اسپورها مراحل تولیدمثلی تولید شده به وسیله بسیاری از عوامل بیماری‌زا هستند. آن‌ها اغلب هوازاد[2] یا آبزاد[3] هستند و تعدادی سبک‌تر از هوا بوده و می‌توانند پیش از آن که به زمین

[1] Spores
[2] Airborne
[3] Waterborne

بنشینند در فواصل طولانی به وسیله باد حمل شوند. اسپورها در ارتفاعات تا ۶۱۰،۰۰۰ متر گـزارش شده‌اند! بنابراین عوامل بیماری‌زای تولیدکننده اسپور می‌توانند به طور مستقل و بدون نقش فعالیت انسان پراکنش یابنـد. از دیـدگاه مـدیریتی انسـان، هـیچ وسـیله‌ای در جلـوگیری از پـراکنش ایـن موجودات زنده، بجز کاهش منبع اشاعه وجود ندارد. اسپورهای دیگر موجود در خاک ممکـن اسـت به وسیله ماشین آلات حمل شده، به وسیله پاشیده شدن طی بارندگی‌ها یا آبیاری بـارانی[1] پراکنـده شوند و یا به وسیله حشرات حمل شوند (مانند بیماری مرگ نـارون بـه وسـیله سوسـک پوسـتخوار نارون). زئواسپورها[2]، اسپورهای متحرکی هستند که دارای یک تاژک یا مژک‌هایی[3] بوده و می‌توانند در فواصل کوتاهی شنا کرده و زمینه انتشار فعال را فراهم کنند.

ریسه[4] ریسه ساختمان رویشی یک قارچ بوده و می‌تواند به صورت موضعی از طریق حمله کردن به گیاهان مجاور (مانند پیوند ریشه) انتشار یابد. انسان‌ها میسلیوم را داخـل یـا روی گیاهـان پراکنـده می‌کنند.

باکتری‌ها این عوامل بیماری‌زا فاقد سازوکارهای ویژه‌ای برای انتشار هستند. آن‌ها به وسـیله انسـان یا سایر جانوران (حمل‌کننده‌ها) پراکنده می‌شوند. تعدادی به طور موضـعی در فواصـل کوتـاهی بـه وسیله باران یا با پاشش به وسیله آبیاری بـارانی پراکنـده مـی‌شـوند (ماننـد آتشـک گلابـی و خـال باکتریایی[5] در گوجه فرنگی) و یا ممکن است به وسیله حشرات جوینده غذا پراکنده شوند.

ویروس‌ها، باکتری‌های سخت‌کشت و فیتوپلاسماها عوامل بیماری‌زای سخت‌کشـت نمـی‌تواننـد در خارج از میزبان وجود داشته باشند و باید با سلول‌هـای زنـده در ارتبـاط باشـند. مرحلـه اسـتراحت خاصی وجود ندارد. آن‌ها فقط به کمک میزبانشان یا یک موجود زنده ناقل می‌توانند پراکنش یابنـد. ناقلین ویروس‌ها شامل حشرات، نماتدها و قارچ‌ها هستند کـه ایـن نـاقلین ویـروس را از یـک گیـاه گرفته و به گیاه دیگر منتقل می‌کنند. این پدیده، انتقال به وسیله ناقل شناخته مـی‌شـود. تعـدادی نظیر ویروس موزائیک توتون از طریق تماس فیزیکی پراکنده می‌شوند که در این مورد فعالیت‌هـای انسانی ممکن است دخیل باشد. همچنین می‌توانند وقتی که میزبان آلوده مانند درختان مو حمل و نقل می‌شوند و تکثیر رویشی می‌یابند، پراکنش داشته باشند. تعدادی از ویروس‌هـای دیگـر ممکـن است از طریق بذرهای آلوده انتشار یابند. در شکل ۵-۲۲ راه‌های مختلفی که ویروس‌ها انتقال مـی-

---

[1] Sprinkler irrigation-
[2] Zoospores
[3] Cilia :(Cilium=مفرد :مترجمین)
[4] Mycelium
[5] Bacterial speck

یابند، نشان داده شده است و سازوکار انتقال تا اندازه‌ای تعیین کننده این است که ویروس‌ها چگونه باید مدیریت شوند.

شکل ۵- ۲۲: تصویر شماتیک موجودات مختلف درگیر در انتقال ویروس‌ها و سایر موجودات سخت کشت، از میزبانی به میزبان دیگر.

علف‌های هرز یک تصور نادرست که به طور گسترده‌ای وجود داشته این است که اغلب علف‌های هرز دارای ساختارهای رویشی برای سهولت پراکنش در فواصل طولانی هستند. بیشتر علف‌های هرز جهان فاقد سازگاری‌های ویژه برای انتشار خود هستند و تنها از طریق فعالیت انسان به طور گسترده‌ای پراکنده شده‌اند. گونه‌های به نسبت کمی از علف‌های هرز دارای ساختارهای ویژه‌ای بوده که به پراکنش آن‌ها در فواصل بیشتر از چند متر کمک می‌کند.

بذرها بذرها یا میوه‌ها دارای ساختارهای خاصی هستند که پراکنش آن‌ها را از طریق باد تسهیل می‌بخشد. مثال شامل یک کلاله[1] با ساختار پرمانند است. تعدادی از بذرها برای جابجا شدن به وسیله باد به اندازه کافی کوچک و سبک هستند (مانند گونه‌های منداب). در موارد معدودی، کل گیاه مادر پراکنده شده و بذرهای آن با جابجایی آن پراکنش می‌یابند (مثال تاج‌خروس‌ها مانند *Salsola* spp.). اغلب بذرها روی آب شناور بوده و می‌توانند به وسیله آب پراکنده شوند، هنگامی که آب آبیاری با استفاده از کانال‌های سطحی تأمین می‌شود یا بعد از اینکه سیلاب رخ می‌دهد مشکل مدیریتی شدیدی ایجاد می‌شود. بذرها و میوه‌های قلابدار یا خاردار می‌تواند به بدن جانوران چسبیده و پراکنده شوند در حالی که میوه‌های گوشتی ممکن است به وسیله پرندگان و سایر جانوران خورده شوند و دارای بذرهایی هستند که می‌توانند در ضمن عبور از میان روده زنده بمانند.

اجزای رویشی گیاهان اجزای گیاهی مانند قطعاتی از ریزوم‌ها، غده‌ها یا ساقه‌های زیرزمینی ممکن است شکسته شده و به وسیله ابزار خاک‌ورزی منتقل شوند. قطعاتی از گیاهان آبزی شکسته شده و روی سطح آب به سمت پایین رودخانه شناور شده و در یک منطقه جدید ریشه می‌دوانند.

نماتدها بیشتر نماتدها دارای توانایی کافی برای انتشار در مسافت‌های طولانی نیستند. آن‌ها به آسانی از طریق وزش باد در خاک و آب نظیر آب آبیاری پراکنده می‌شوند. فعالیت‌های انسان از طریق انتقال خاک و مواد گیاهی آلوده و یا از طریق ماشین آلات و ابزار آلوده، نماتدها را در مناطق گسترده‌ای پراکنده ساخته است. جانوران متحرک مانند پرندگان یا دام‌ها ممکن است به طور تصادفی نماتدها را بلعیده و به انشار آن کمک کنند چرا که نماتدها ممکن است ضمن عبور از دستگاه گوارش آن‌ها زنده بمانند.

تخم‌ها و تخم‌های موجود در سیست‌ها به طور واضح، سیست‌ها و تخم‌های موجود در سیست‌ها قادر به پراکنش از طریق انتقال فعال نیستند ولی آن‌ها سبک بوده و می‌توانند برای مسافت‌های قابل توجهی با وزیدن باد در خاک حمل شوند. سیست‌ها در شرایط مناسب می‌توانند در آب آبیاری یا سیلاب‌ها شناور و حمل شوند. چون سیست‌ها و تخم‌های موجود در آن‌ها بادوام و پایدار هستند، آن‌ها به وسیله فعالیت انسان و جانوران انتشار می‌یابند. نماتد سیست چغندرقند مثال خوبی از

[1] Pappus

نماتدی است که به صورت آلودگی روی بذر چغندرقند به طور گسترده‌ای انتشار یافته است. از لحاظ تاریخی بذر چغندرقند به فراوانی از خاک جمع آوری شده است، بنابراین به طور غیر عمدی دربرگیرنده سیست‌های حاوی تخم‌های نماتد بوده است. سیست‌های قادر به زیست در مدفوع پرندگان و دام‌ها یافت شده است و جانوران ضمن چرا روی زمین، ممکن است سیست‌ها را ببلعند.

مراحل نابالغ و بلوغ مراحل بلوغ و نابالغ[1] می‌توانند در مسافت‌های کوتاهی در خاک حرکت کنند ولی قادر نیستند مسافت‌های بیشتر از چند متر را در یک سال معین بپیمایند. آن‌ها می‌توانند از طریق باد یا آب حمل شوند. مواد گیاهی آلوده یک وسیله مهم در انتشار نماتد است. بعضی از نماتدهای انگل گیاهی نظیر نماتدی که موجب بیماری حلقه قرمز در نارگیل و نماتدی که موجب بیماری پژمردگی کاج می‌شود، به وسیله حشرات از یک درخت به درخت دیگر سرایت می‌کنند.

بندپایان در بسیاری از گونه‌های بندپایان، افراد بالغ قادر به انتقال فعال از طریق راه رفتن و یا پرواز در مسافت‌های به نسبت طولانی هستند. مراحل نارس فاقد بال بوده و بنابراین تحرک بسیار کمی دارند ولی حشرات و بسیاری از بندپایان کوچک از طریق جریانات هوا در مسافت‌های طولانی پراکنش می‌یابند. فراوانی بندپایان در هوا در مواقع معینی از سال منجر به پیدایش مفهوم پلانکتون هوایی[2] می‌شود.

تخم‌ها اگرچه تخم‌ها فاقد تحرک هستند ولی آن‌ها روی تجهیزات مزرعه، داخل خاک، روی محصول یا داخل آن، روی وسایل هرس، در غذا، در آب، در هوا، از طریق حمل شونده[3] و از طریق فعالیت انسان می‌توانند انتقال یابند.

لاروها و پوره‌ها پوره‌ها و لاروهای دارای پا می‌توانند مسافت‌های کوتاهی را بپیمایند ولی این مرحله زندگی به طور معمول در پراکنش آن‌ها در مسافت‌های طولانی دخالتی ندارد مگر این که فعالیت انسان یا سایر جانوران به آن کمک کند. در بسیاری از حشرات انگل، سنین اولیه[4] دارای ساختارهای خاصی هستند که حمل را آسان می‌کند (مانند سوسکهای تاول زا[5])

شفیره‌ها شفیره‌های بندپایان فاقد توانایی پراکنش بوده ولی فعالیت انسان می‌تواند آن‌ها را انتقال دهد.

افراد بالغ حشرات کامل دارای بال اغلب می‌توانند مسافت‌های زیادی را پرواز کنند؛ بنابراین قابلیت آن‌ها در پراکنش مستقل از فعالیت انسان است. قابلیت یک گونه برای پراکنش تحرک[6] یا قابلیت

---

[1] Juvenile
[2] Aerial plankton
[3] Phoresy
[4] First instars
[5] Blister beetles
[6] Vagility

مهاجرت نامیده می‌شود. گونه‌های دارای قابلیت مهاجرت پایین تمایل به تلاقی داخلی[1] دارند و نمی‌توانند در نواحی جدید در مسافتهای طولانی کلنی تشکیل دهند. تعداد کمی از موجودات زنده ساختارهای خاصی ایجاد می‌کنند که قابلیت آن‌ها را برای پراکنش افزایش می‌دهد مانند رشته‌های ابریشمی "چتر نجات[2]" که به وسیله کنه‌های تار عنکبوتی مورد استفاده قرار می‌گیرد. باد می‌تواند حشرات را برای مسافتهای طولانی حمل کند و پراکنش هوایی حشرات یک عامل کلیدی در انتشار گونه‌های معینی است.

مهره‌داران (شامل فعالیت انسان) مهره‌داران موجودات زنده متحرکی هستند و افراد بالغ می‌توانند مسافت‌های طولانی راه بروند یا پرواز کنند. در بیشتر موارد انتشار مهره‌داران آفت به فعالیت انسان بستگی ندارد، اگرچه انسان‌ها مسئول جابجایی و انتقال بسیاری از آفات مهره‌دار مهم بوده‌اند. ممانعت از ورود آفات دارای قابلیت تحرک زیاد به اکوسیستم‌های زراعی بسیار مشکل است.

کشاورزی یک فعالیت بنیادی انسان بوده و انسان‌ها به هنگام مهاجرت از ناحیه‌ای به ناحیه دیگر مواد گیاهی کشاورزی را نقل و انتقال داده‌اند. البته بسیاری از آفات همراه با این قبیل مواد گیاهی به راحتی جابجا شده‌اند. کشاورزی صنعتی و مسافرت و تجارت جهانی، هر دوی مقیاس‌های مکانی و زمانی انتشار آفت را تسریع کرده‌اند. مشکلات ایجاد شده به وسیله انتشار و هجوم آفات به طور دقیق بررسی می‌شود.

جابجایی‌ها و مهاجرت فصلی

بعضی از آفات در مناطقی که در طول فصل رشد مشکل ساز هستند قادر به زنده ماندن در فصل زمستان نیستند. آن‌ها باید هر ساله این مناطق را مورد هجوم مجدد قرار دهند. در آمریکای شمالی چنین موجودات زنده‌ای در مکزیک یا ایالات جنوبی زمستانگذرانی می‌کنند و در بهار به ایالات شمالی گرمتر و کانادا مهاجرت می‌کنند. این پدیده برای علف‌های هرز، عوامل بیماری‌زای خاکزاد یا نماتدها رخ نمی‌دهد چون آن‌ها فاقد سازوکارهایی برای جابجایی در مسافت‌هایی طولانی هستند. در موارد دیگر، آفات به معنی واقعی مهاجرت نمی‌کنند ولی هنگامی که فصول و محیط زیست تغییر می‌یابد در مسافت‌های به نسبت کوتاهتری جابجا می‌شوند.

عوامل بیماری‌زا برخی از عوامل بیماری‌زا نیز دوباره از جنوب به آمریکای شمالی هجوم آورده که هر ساله همزمان با گذشت فصل رشد به سمت شمال حرکت می‌کنند؛ سوختگی برگ ذرت جنوبی و کپک آبی در توتون مثال‌های خوبی در این مورد هستند.

---

[1] Interbreed
[2] Parachutes

بندپایان پروانه سلطان یک مثال عالی از مهاجرت حشره در بین محل‌های زمستان‌گذرانی در آمریکای جنوبی و محل‌های تابستانی در سراسر آمریکای شمالی است. لارو پروانه مخملی لوبیا[1] و کرم پیاده نظام پاییزی[2] مثال‌های خوبی از مهاجرت فصلی آفت در شرق ایالات متحده هستند. هر دوی آن‌ها دارای منشاء گرمسیری استوایی بوده و نمی‌توانند در دماهای زمستان زنده بمانند. مثال دیگر، مهاجرت زنجرک قهوه‌ای برنج از نواحی گرمسیری استوایی[3] به نواحی معتدل در مناطق تولید برنج در آسیا است. شناخت الگوهای هجوم مجدد فصلی، امکان پیشگویی برگشت آفت را فراهم می‌کند که به نوبه خود می‌تواند زمانبندی اقدامات کنترل را بهبود بخشد به طوری که آن‌ها با ظهور آفت مصادف و همزمان باشند. این چنین پیشگویی برای کرم طوقه بُر سیاه در سویا و ذرت در میانه غرب ایالات متحده به طور موفقیت‌آمیزی استفاده می‌شود.

درک قابلیت مهاجرت حشره امکان تفسیر عوامل مؤثر در IPM را فراهم می‌سازد. برای مثال، جمعیت‌های کرم وجبی سویا در لویزیانا[4] شروع به نشان دادن علائمی از مقاومت به بسیاری از حشره‌کش‌ها کردند. به علت این که استفاده حشره‌کش و در نتیجه فشار انتخابی روی سویا پایین بود، دلیلی برای رشد سریع یک جمعیت مقاوم بومی[5] وجود نداشت. توضیحی که وجود داشت این بود که کرم‌های وجبی سویا از مناطق زاد و ولد در جنوب فلوریدا به مزارع سویای لویزیانا مهاجرت می‌کردند. جمعیت‌های آن‌ها در فلوریدا روی گیاهان زینتی تجاری در جایی تشکیل یافتند که آن‌ها تیمارهای چندین حشره‌کش را دریافت می‌کردند و بنابراین تحت فشار انتخابی قابل توجهی از حشره‌کش قرار داشتند. به سبب فقدان محصولات میزبان در زمان‌های معینی از سال، بسیاری از آفات متحرک باید روی پوشش گیاهی در منطق کاشت نشده زمستانگذرانی کند و آنگاه در بهار روی محصولات برگردند. این نوع جابجایی در مسافت‌های به نسبت کمتر از چند مایل صورت می‌گیرد. مثال‌هایی از این چنین جابجایی شامل کرم‌های غوزه پنبه، زنجرک‌های مختلف، سوسک‌های برگخوار و سن‌های لیگوس هستند. مفهوم مدیریت آفات سطح وسیع تا اندازه زیادی از شناخت این جابجایی در دامنه کوتاه ناشی شده است. در کالیفرنیا، زنجرک‌ها برگی که در محل‌های زمستانگذارنی در کوهپایه‌های اطراف سانترال ولی (دره مرکزی) کنترل می‌شوند، انتقال بیماری به محصولات کاهش می‌یابد (مانند زنجرک‌های چغندر و ویروس پیچیدگی برگ چغندر). در جنوب ایالات متحده آمریکا پیشنهادهایی برای کنترل *Heliothini* روی پوشش گیاهی وحشی به صورت یک راهکار برای کاهش تشکیل جمعیت این حشرات در محصولات پنبه مجاور صورت

[1] Velvetbean caterpillar
[2] Fall armyworm
[3] Tropical
[4] Louisiana
[5] Endemic

گرفته است. این روش‌ها فقط برای آفتی به کار می‌رود که پراکنش آن به صورت بازگشت هر ساله آن روی این محصول است. تلاش‌هایی در جهت توقف حرکت آفات انجام شده است ولی اغلب تأثیر زیادی نداشته‌اند. پیشاپیش چنین تلاش‌هایی مبارزه‌های مختلف برای کنترل ملخ مهاجر در آفریقا قرار دارد.

مهره‌داران مهاجرت سالانه پرندگان در مسافت‌های طولانی یک پدیده به خوبی شناخته شده است. گونه‌های آفت مانند سار[1]، توکای سیاه[2] دارای مهاجرت فصلی در مسافت‌های قابل توجهی هستند.

ژنتیک آفت

رشد و نمو همه موجودات زنده از ژن‌هایی که دارند و اثر متقابل ژن‌ها با محیط حاصل می‌شود. اشکال مختلفی از ژن‌ها وجود دارند که هر یک وظیفه خاصی را کنترل می‌کنند و چنین ژن‌های متنوع، آلل نامیده می‌شوند. در بعضی موارد، بیش از یک ژن در تعیین یک صفت ویژه دخالت دارند و چنین صفاتی پلی ژنیک[3] نامیده می‌شوند. تنوع آللی ژن‌ها در افراد مختلف به طور حتم در سطح یکسانی عمل نمی‌کنند که منجر به تنوع در چگونگی وظیفه‌ای است که ترجمه می‌شود. مثال‌های خوب در رابطه با مدیریت آفات، ژن‌هایی هستند که منجر به تغییر وظیفه آنزیم می‌شوند. به دلیل اینکه نوترکیبی ژنتیکی طی تولید مثل جنسی رخ می‌دهد، تغییرات در سطح ترجمه یک آلل نیز می‌تواند به تنوع نامحسوس در بین افراد داخل یک جمعیت منجر شود. پیچیدگی‌های چگونگی اثر متقابل ژن‌ها برای تشکیل ساختار[4] بسیار پیچیده در افراد موجودات زنده هنوز اندکی شناخته شده است و چنین شناختی هدف یک رشته جدید در علم ژنتیک مولکولی موسوم به زیست‌شناسی مولکولی است. شناخت تغییرپذیری ژنتیک درون جمعیت در آفات پایه و اساس بسیاری از جنبه‌های IPM است.

تغییرپذیری ژنتیکی[5]

داخل ژنوتیپ‌ها بیشتر گونه‌های آفت تغییرپذیری زیادی وجود دارد. این تغییرپذیری توانایی موفقیت آن‌ها را در محیط‌های متغیر و در شرایط مدیریتی مختلف را فراهم می‌سازد.

وجود تغییرپذیری ژنتیکی در آفات به احتمال مهمترین جنبه بیولوژیکی آفت در رابطه با روش‌های کنترل در برنامه بلند مدت IPM است. وقتی جمعیتی از موجودات زنده دارای ژنوتیپ-

[1] Starling
[2] Blackbirds
[3] Polygenic
[4] Facets
[5] Genetic variability

های تغییر پذیر در معرض یک عامل تنش خارجی مانند دمای بالا یا یک منبع غذایی نامناسب قرار می‌گیرد، فراوانی افراد متحمل در برابر تنش در جمعیت افزایش می‌یابد در حالی که فراوانی افراد غیر متحمل کاهش می‌یابد. بالاخره ترکیب ژنتیکی این جمعیت به ژنوتیپ‌هایی تغییر می‌یابد که در برابر عامل استرس خارجی از بیشترین مقاومت برخوردار هستند. ژنوتیپ‌های دیگر از جمعیت حذف نخواهند شد ولی فراوانی آن‌ها تا یک سطح پایینی کاهش می‌یابد.

این واقعیت دارای معانی مهم برای مدیریت آفت است. فرایندی که در آن فراوانی ژنوتیپ‌ها افزایش می‌یابد انتخاب[1] (گاهی به طور عامیانه "بقای اصلح" نامیده می‌شود) و سازوکاری برای تکامل به وسیله انتخاب طبیعی است. عامل تنش خارجی که موجودات زنده به آن واکنش نشان می‌دهند *فشار انتخابی* نامیده می‌شود. واکنش‌های حد جمعیت آفات به انتخاب تحمیل شده به وسیله روش‌های مدیریت، یک نشانه مهم تکامل است.

هر روش مدیریت آفت، یک فشار انتخابی روی جمعیت آفت اعمال می‌کند و انتخابی برای ژنوتیپ یا ژنوتیپ‌ها در جمعیت آفت وجود خواهد داشت که دارای بیشترین توانایی در تحمل آن روش مدیریتی است. این فرایند اکولوژیکی صرف نظر از روش مدیریتی خاص رخ می‌دهد ولی از لحاظ تاریخی در رابطه با استفاده از آفت‌کش‌ها (فصل ۱۲ را ببینید) و خویش آمیزی[2] برای مقاومت میزبان-گیاه[3] (فصل ۱۷ را ببینید) دارای بیشترین اهمیت بوده است. تکامل آفات برای غلبه بر بسیاری از روش‌هایی که برای کنترل آن‌ها توسعه یافته‌اند، دارای جدی‌ترین موانع در قابلیت پایداری این روش‌ها IPM در طولانی مدت بوده و همواره خواهد بود.

بحث مختصر زیر در برگیرنده واژه‌شناسی بکار رفته برای شرح تغییرپذیری ژنتیکی است که در آفات در رابطه با تخصص میزبانی و سازگاری‌های جفتگیری صورت می‌گیرد. دانشمندان با انجام تحقیقات روی گروه‌های مختلف آفات واژه‌شناسی مورد استفاده برای نشان دادن تغییرات ژنتیکی داخل گونه‌های آفت را بنیان نهادند و مقایساتی انجام دادند در خصوص این که چگونه بعضی از واژه‌های به کار گرفته در بین گروه‌های آفات ممکن است گیج‌کننده باشند. واژه‌شناسی مناسب برای هر یک از گروه‌های آفات در مباحث بعدی بیان می‌شود.

عوامل بیماری‌زا

تغییر پذیری ذاتی[4] در عوامل بیماری‌زا توانایی حمله به گونه‌های مختلف گیاه میزبان و واریته‌های مختلف میزبان و مقاومت در برابر تغییرات محیطی را فراهم می‌سازد. در نظام‌های کشاورزی،

[1] Selection
[2] Inbreeding
[3] Host- Plant
[4] Inherent

تغییرپذیری ژنتیکی همچنین امکان توسعه مقاومت در برابر آفت‌کش‌ها و سایر روش‌های کنترل را فراهم کرده است (فصل ۱۲و۱۷ را ببینید).

قارچ‌ها عوامل بیماری‌زای قارچی به طور معمول از تخصص میزبان قابل توجهی برخوردارند. برای نمونه قارچ *Erisyphe polygonae* عامل بیماری‌زای است که یک بیماری به نام سفیدک پودری ایجاد می‌کند ولی فقط *Erisyphe polygonae f.sp.betae* میزبان اختصاصی چغندرقند را مورد حمله قرار می‌دهد. بسیاری از قارچ‌ها دارای چنین اشکال با تخصص میزبانی هستند. قارچ *Puccinia graminis f. sp. tritici* زنگ ساقه است که گندم را مورد حمله قرار می‌دهد (جنس گندم *Triticum* است که نام *tritici* از آن گرفته شده است). گاهی *f.sp* حذف می‌شود و نام قارچ به صورت *Puccinia graminis tritici* بیان می‌شود. برای مثال *Puccinia graminis hordei* جو (جنس *Hordeum*) را مورد حمله قرار می‌دهد.

ژنوتیپ‌های اختصاصی که نژاد نامیده می‌شوند داخل تعدادی از گونه‌های قارچی یافت می‌شوند. آن‌ها اشکال تخصصی میزبانی[1] قارچ در سطح واریته محصول هستند. تاکنون بیش از ۲۰۰ نژاد از زنگ ساقه گندم به واریته‌های مختلفی از گندم سازگار شده‌اند. آن‌ها به طور ساده به صورت نژاد۱، نژاد۲، نژاد ۳ و همین‌طور نژاد چهارم بیان می‌شوند. کلمه بیوتیپ[2] برای تغییر یافته-های[3] جدید داخل یک نژاد به کار گرفته می‌شود به طوری که علامت‌های، ۱A و ۱B برای بیوتیپ‌ها به کار می‌روند. بنابراین گونه‌های یک نوع قارچ می‌توانند تنوع ژنتیکی قابل توجهی داشته باشند که امکان حمله آن به میزبان‌های مختلف و حتی واریته‌های مختلف داخل یک گونه میزبان را فراهم می‌سازد.

باکتری‌ها بسیاری از باکتری‌ها دارای تخصص میزبانی هستند و ژنوتیپ‌هایی که گونه‌های معینی از میزبان را پارازیته می‌کنند، پاتووار (pv) Pathovars نامیده می‌شوند. باکتری *Pseudomonas syringae* در بسیاری از گیاهان بیماری‌های لکه برگی ایجاد می‌کند. *P. syringae pv. tomato* در گوجه فرنگی خال باکتریایی[4] ایجاد می‌کند، *P.syringae pv.tabaci* روی توتون آتشک[5] ایجاد می‌کند و *P. syrhngae pv.phaseolicola* موجب بیماری بلایت[6] در لوبیا می‌شود. *Xanthomonas campestris*، لکه‌ها و بلایت روی بسیاری از محصولات ایجاد

[1] Host- Specificforms
[2] Biotype
[3] Variants
[4] Bacterial speck
[5] Wildfire
[6] Haloblight

می‌کند، در صورتی که *X. campestris pv. phaseoli* بلایت معمولی در لوبیا، *X.campestris pv. orizice* بلایت برگی در برنج و *X. campestris pv malvacearum*، لکه زاویه‌ای برگی در پنبه ایجاد می‌کنند.

بسیاری از قارچ‌ها و باکتری‌ها مقاومت در برابر قارچ‌کش‌ها و باکتری‌کش‌ها را توسعه داده‌اند (در فصل ۱۲ بحث مقاومت را ببینید).

ویروس‌ها ویروس‌ها نیز دارای تخصص میزبانی هستند که معروف به استرین‌ها هستند. وقتی دو استرین به یک میزبان وارد شوند، یک نوع تداخل ژنتیکی ممکن است رخ دهد و یک استرین جدید به وجود آید.

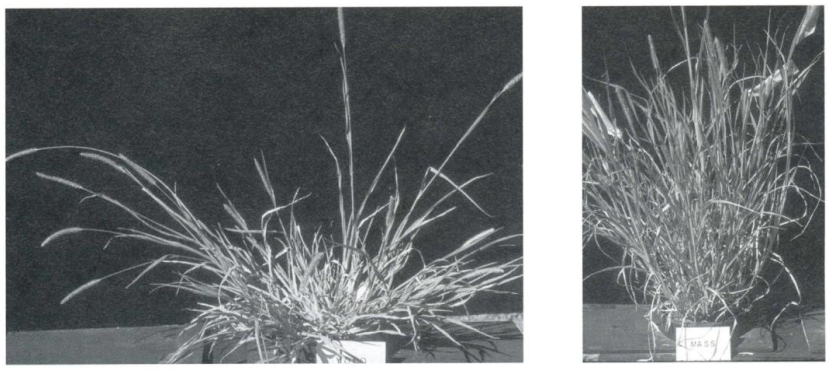
علف‌های هرز

بیشتر علف‌های هرز از لحاظ مرفولوژیکی، فنولوژیکی و فیزیولوژیکی متنوع هستند. برای مثال شکل و رنگ برگ در پیچک صحرایی فوق‌العاده متنوع است. سوروف و دم روباهی زرد می‌توانند دارای طیفی از خزنده تا ایستاده باشند و سلمه‌تره بذرهایی به رنگ تیره و روشن تولید می‌کند که دارای رکود متغییری است. علف‌های هرز همچنین از لحاظ توانایی آن‌ها در تحمل گیاه‌خواران و عوامل بیماری‌زا متفاوت هستند. ژنوتیپ‌های مختلف پیچک صحرایی تحمل کامل یا حساسیت در برابر سفیدک پودری و کنه‌های تارتن دو لکه‌ای نشان می‌دهد. ژنوتیپ‌های مختلفی از علف‌های هرز که به طور دائم تکثیر می‌یابند، بیوتیپ شناخته می‌شوند. از لحاظ اکولوژیکی بعید است که یک گیاه دارای تغییر پذیری ژنتیکی اندک به وضعیتی رسیده که توسط انسان علف هرز در نظر گرفته شود.

همانند سایر آفات تغییرات ژنتیکی در علف‌های هرز به آن‌ها امکان می‌دهد تا در برابر فشار انتخاب خارجی واکنش نشان بدهند. علف‌های هرزی که مقلد[1] محصول هستند دربرگیرنده تعدادی از قدیمی‌ترین موارد شناخته شده از این نوع انتخاب هستند. فشار انتخابی اعمال شده به وسیله فعالیت‌های کشاورزی به کار رفته برای محصول، برای علف‌های هرزی که نیز به آن فعالیت‌های کشاورزی سازگاری دارند انتخابی است. بلوغ کتان دروغی[2] (*Camellina*) یک نمونه از فنولوژی انتخاب شده بوده چون که در همان زمان بلوغ محصول کتان کامل می‌شود. شاهی آبی[3] به وسیله ماشین آلات برداشت در برنج انتخاب شده بود که دارای بذرهایی است که هم اندازه دانه برنج هستند (انتخاب فنولوژیکی و مرفولوژیکی). اشکال خزنده دم روباهی زرد[4] در یونجه در کالیفرنیا

[1] Mimics
[2] False flax
[3] Watergrass
[4] Yellow foxtail

انتخاب شده است زیرا آن‌ها برای ماشین علف زنی[1] ماهیانه مورد استفاده بـرای برداشـت محصـول سازگار شده‌اند (انتخاب مرفولـوژیکی) (شـکل ۵-۲۳ a). بیوتیـپ‌هـای ایسـتاده در منـاطقی یافـت می‌شوند که این علف هرز در محصولات بلند مانند ذرت و غلات رشد می‌کند (شکل ۵-۲۳ b).



شکل۵- ۲۳: بیوتیپ‌های علف دم‌روباهی زرد. (a) خزنده در مزارع یونجه در کالیفرنیا، و (b) بیوتیـپ‌هـای ایستاده در مزارع ذرت و غلات در شمال و شرق ایالات متحده. منبع: تصاویر از Robert Norris.

نماتدها

به طور عمده تغییرات فیزیولوژیکی قابل تـوجهی در گونـه‌هـا و جمعیـت‌هـا از طریـق تفـاوت‌هـای شناخته شده در اختصاصی بودن میزبان، ترجیح میزبان و مقاومت میزبان–آلل اختصاصی به اثبـات رسیده است. شناسایی ژن‌های دخیـل در تغییـرات فیزیولـوژیکی یـک سـطح تحقیقـاتی فعـال در نماتدشناسی است. به نظـر مـی‌رسـد بـرهمکنش بـین ژن‌هـای مقـاوم گیـاه – میزبـان و ژن‌هـای بیماری‌زای نماتد، برای حداقل تعدادی از نماتدها، یک نوع رابطه ژن- برای - ژن[2] باشد.

بسیاری از نماتدشناسان، به ویژه در ایالات متحده، از واژه *نژاد* برای نامگذاری گروه‌هـای درون گونه‌ای[3] استفاده کرده‌اند که می‌توان به وسیله توانایی آن‌ها در تولیدمثل روی ژنوتیپ‌هـای خاصـی از گونه‌های مختلف گیاه – میزبان یا روی ژنوتیپ‌های مختلف از گونه گیاهی خـاص تشـخیص داده شوند. برای نمونه، نامگذاری‌های عددی نژاد – میزبان اساس یک تست ساده تشخیص دامنه میزبان طراحی شده است که شامل یک آزمایش زیست‌سنجی برای سنجش توانایی یـک نماتـد ایزولـه در

[1] Mowing
[2] Gene-for-Gene
[3] Intraspecific

تولیدمثل روی کولتیوارهای تعیین شده از بادام زمینی، فلفل، هندوانه، توتون و گوجه‌فرنگی است. برای نمونه، نژاد ۱، نژاد۲، نژاد ۳ و نژاد ۴ از یک گونه نماتد خاص ممکن است با استفاده از چنین آزمایش زیست‌سنجی تعیین شوند.

در اروپا، واژه *پاتوتایپ*[1] برای توصیف و تشخیص توانایی نماتدهای سیست سیب زمینی در تولید مثل روی یک سری از کلون‌های *Solanum* استفاده شده است که حامل ژن‌های مختلف مقاوم به نماتد هستند. این کلون‌ها برای کمک به تشخیص جمعیت‌های متغییر نماتد سیست سیب زمینی توسعه یافته‌اند. اندکی بحث و جدل در زمینه مناسب بودن طرح پاتوتایپ وجود دارد.

در بسیاری از نقاط جهان نماتد سیست سویا یک عامل بیماری‌زای محدودکننده عملکرد در سویا است و مثال خوبی از مشکلات و اهمیت تعیین تغییرپذیری ژنتیکی نماتدها است. یک روش مدیریتی موفق برای نماتد سیست سویا توسعه واریته‌هایی از سویا بوده است که در برابر نماتد مقاوم هستند. متأسفانه، هنگامی که واریته‌هایی مقاوم سویا در مزارع رشد یافتند معلوم شد که این واریته‌ها برای مدت خیلی طولانی (گاهی فقط در طول چند فصل رشد) مقاوم نبودند زیرا نژادهایی از نماتد سیست شناخته شده‌اند که قادر به زنده ماندن و تولید مثل روی واریته‌های مقاوم بودند. واکنش اولیه به این مسئله پیدا کردن ژن‌های مختلف مقاوم دیگر برای وارد کردن به واریته‌های جدید سویا بود ولی هنگامی که این کار صورت گرفت، نژادهای جدید شکننده مقاومت در نماتد سیست سویا شناخته شدند. شناسایی نژادهای جدید یک پیامد پیش بینی نشده از فشار انتخابی ایجاد شده در بکارگیری مقاومت به عنوان یک روش مدیریتی بود. امروزه نماتد سیست سویا دارای نژادهای بسیار مختلفی است که از طریق توانایی در تولیدمثل روی آلل‌های مختلف مقاوم در سویا تشکیل شده است.

یک عیب در مفهوم نژاد این است که تعداد گونه‌های میزبان یا آلل‌های مقاومت مورد استفاده در تعیین زیست سنجی تعیین کننده تعداد نژادها است. استفاده از زیست سنجی تشخیص میزبان دارای n میزبان یا آلل است. تعداد باالقوه نژادهای نماتد که باید تشخیص داده شوند، تعداد 2^n است. هنگامی که ژن‌های مقاوم جدید کشف می‌شوند و علیه نماتدها تست می‌شوند نژادهای جدید باید معلوم شوند و همین طور ترکیب نژاد در مزرعه نیز معلوم شود. یک برداشت کلی و مهم این است نژادهای مختلف نماتد ممکن است داخل یک مزرعه یافت شود و گونه‌های میزبان یا افراد مقاوم داخل مزرعه در همه زمان تغییر خواهد کرد.

ضروری است تغییر پذیری در بین و داخل جمعیت‌های به منظور پیش بینی واکنش‌های جمعیت‌ها به روش‌های مدیریتی نماتد و در نتیجه کارایی آن‌ها شناسایی و تشخیص داده شود.

[1] Pathotype

امروزه تلاش‌هایی برای استاندارد کردن و کد گذاری به منظور پرداختن به تغییرات ژنتیکی در نماتدهای انگل گیاهی نظیر نماتدهای ریشه گیاهی و نماتد سیست سویا در حال انجام است.

نرمتنان و مهره‌داران

به طور قطع بیوتایپ‌ها وجود دارند ولی اهمیت آن‌ها در مدیریت آفات به اثبات نرسیده است.

بندپایان

شناخت برهم‌کنش‌های[1] بین گیاهان و بندپایان گیاه‌خوار آن‌ها برای چندین دهه مورد توجه اکولوژیست‌ها قرار گرفته است و کتاب‌های زیادی درباره برهم‌کنش‌های حشره و گیاه میزبان نوشته شده‌است. بندپایان به ویژگی‌های گیاه مانند آبدار بودن سختی[2]، زبری، کرکدار بودن[3]، غده‌های چسبناک[4] و محتوی شیمیایی واکنش نشان می‌دهند که این‌ها به صورت فشارهای انتخابی روی جمعیت‌های بندپایان عمل می‌کنند. بنابراین بندپایان بیوتیپ‌های زیادی در رابطه با محصولات ویژه، یا حتی واریته‌های یک محصول نشان می‌دهند. پشه گندم در غلات اولین حشره‌ای بود که قبل از ۱۷۷۹ در بیوتیپ‌های جزئی واریته مشاهده شد. ۱۶ بیوتیپ قابل تشخیص از پشه گندم در غلات بر مبنای بررسی‌های برهم کنش‌های بین حشرات و گیاهان مختلف میزبان وجود دارد. بررسی‌های روی پشه گندم مبنایی را برای تئوری مقاومت ژن- برای- ژن در حشرات فراهم کرده است (اطلاعات بیشتر در این زمینه در فصل ۱۷ ارائه شده‌است). براساس این تئوری، برای هر ژن، برای قدرت بیماری‌زایی در پشه گندم، یک ژن برای مقاومت در گندم وجود دارد، یا برعکس. بنابراین واریته گندم مقاوم به همه بیوتیپ‌های پشه گندم و بیوتیپ‌ها قادر نیستند همه واریته‌های گندم را مورد حمله قرار دهند. این شرایط مستلزم آن است که اصلاح‌کنندگان[5] همواره باید ژرم-پلاسم[6] (گنجینه ژنتیکی) جدید برای منابع مقاومت را غربال کنند.

حداقل ۱۵ بیوتیپ از شته نخود وجود دارد که محصولات مختلف و علف‌های هرز را مورد حمله قرار می‌دهند. شته *Phlylloxera* یک آفت ریشه در درختان مو است و در آمریکای شمالی بومی بوده و موجب خسارت کمی به گونه‌های بومی مقاوم درختان مو می‌شود. این شته در اواسط دهه ۱۸۰۰ به فرانسه حمل شد که در آنجا واریته مقاوم به این حشره در درختان مو تجاری برای

[1] Interations
[2] Toughness
[3] Hairiness
[4] Sticky glends
[5] Breeder
[6] Germplasm

صنعت شراب‌سازی وجود نداشت و در نتیجه زیان‌های فراوانی بـه صـنعت شـراب‌سـازی وارد شـد. درختان مو پیوند شده روی پایه‌های مقاوم در نهایت این مشکل را حل کرد. پایـه‌هـای مقـاوم یـک ابزار استاندارد برای مدیریت این حشره در درختان مو برای بیش از ۱۰۰ سال بوده‌اسـت. در اواخـر دهه ۱۹۸۰ یک استرین[1] جدید از *Phylloxera* توسعه یافت که توانست به پایه‌هـای مقـاوم بکـار رفته در تولید درختان مو در کالیفرنیا فائق آید. تعداد زیادی از باغ‌های مو را از بین بـرد و نیـاز بـه کشت مجدد یک پایه مقاوم جدید در بسیاری از باغ‌های مو موجود را موجب شد.

انتخاب گسترده برای مقاومت زنجرک قهوه‌ای در برنج منجر به کشف یک بیوتیپ بیمـارگر حشـره در واریته مقاوم Mudgo در طول ۱۰ سال بررسی شد. سه بیوتیپ از زنجرک قهـوه‌ای در موسسـه بین‌المللی تحقیقات برنج تشخیص داده شده و نامگذاری شدند. تکامل[2] بیوتیپ‌های زنجرک قهوه‌ای اصلاح‌کننـدگان را بـه تحقیقـات مـداوم بـرای منـابع جدیـد مقاومـت وادار کـرد. حشـرات بـدلیل تغییرپذیری ژنیتیکی فراوانشان، موارد زیادی از تکامل سریع در برابر واریته‌های را نشان می‌دهند.

خلاصه ژنیتیک آفت

اهمیت فائق آمدن بر تغییرپذیری ژنتیک آفات برای پایدار بودن مدیریت آفت، شـناخت ایـن نکتـه است که آفت در واکنش به فشار انتخابی بکارگرفتـه شـده تکامـل خواهـد یافـت. فشـار انتخـابی از عواملی مانند تغییر در محیط یا تغییر در عملیات مدیریتی حاصل می‌شود. مثال‌هایی از مورد اخیـر شامل استفاده از واریته‌های مقاوم جدید، تغییر در تاریخ کاشت یا زمان برداشت، تغییـر ارتفـاع درو کردن محصول، استفاده از آفت‌کش یا در واقع هر گونه فعالیت مدیریتی است.

[1] Strain
[2] Evolution

منابع

Agrios, G. N. 1997. Plant pathology San Diego: Academic Press, xvi, 635.

Dempster, J. R 1975. Animal population ecology London; New York: Academic Press, x, 155.

Elzinga, R. J. 1997. Fundamentals of entomology. Upper Saddle River, N.J.: Prentice Hall, xiv, 475.

Evans, H. E., and J. W. Brewer. 1984. Insect biology: A textbook of entomology. Reading, Mass.: Addison-Wesley Publishing Co., x, 436.

فصل ششم: اکولوژی برهم‌کنش‌های بین گروه‌های آفات

(یا I در IPM)

رئوس مطالب این فصل:

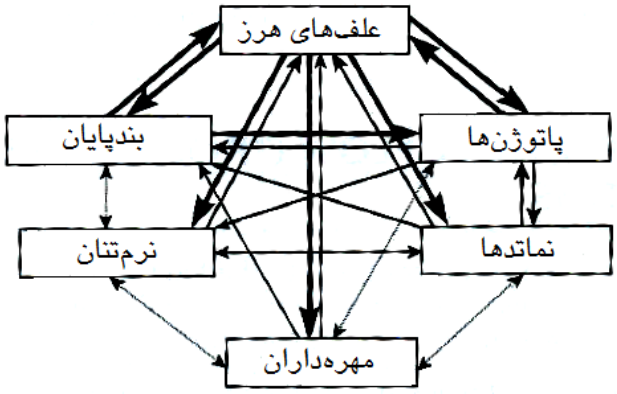
- مقدمه
- برهم‌کنش‌های جریان انرژی/ منابع (دینامیک غذایی)
- اصلاح زیستگاه
- خلاصه‌ها و اهمیت برهم‌کنش‌های ناشی از منبع غذایی یا اصلاح زیستگاه
- برهم‌کنش‌های ناشی از پدیده‌های فیزیکی
- مفهوم IPM و تجزیه و تحلیل اقتصادی از برهم‌کنش آفات

مقدمه

عوامل بیماری‌زای گیاهی، علف‌های هرز، نماتدها، نرمتنان، حشرات و مهره‌داران آفت به صورت جدا از یکدیگر وجود ندارند. در بیشتر محصولات، آفات متعددی از گروه‌های مختلف و به صورت همزمان وجود دارند. این یک موضوع مهم در مدیریت تلفیقی آفت است زیرا استفاده از روش‌هایی برای مدیریت یک گروه از آفات می‌تواند بر همه گروه‌های دیگر موجود در آن اکوسیستم به صورت بالقوه موثر باشد. این برهم‌کنش‌ها را می‌توان به صورت نمودار شش ضلعی آفت همانند شکل ۶-۱ نشان داد. برهم‌کنش‌های بین گروه‌های آفات در خور توجه است مشروط به این که مدیریت یک گروه از آفات مدیریت گروه دیگر را با اشکال مواجه نکرده یا خنثی نکند. این موضوع به ویژه در مورد مدیریت علف‌های هرز صادق است زیرا علف‌های هرز به سبب موقعیت غذایی خود در شبکه-های غذایی می‌توانند برای بسیاری از آفات و جانوران مفید میزبان‌های جایگزین[1] باشند. بندپایان و نماتدها و عوامل بیماری‌زای گیاهی ممکن است طیفی از برهم‌کنش‌های نامحسوس تا چشمگیر را نشان بدهند.

[1] Alternative host

(مترجمین: میزبانی غیر از میزبان معمول آفت یا عامل بیماری، بدون این‌که برای تکمیل چرخه زندگی آفت یا عامل بیماری ضروری باشد.)



شکل ۶- ۱: شش ضلعی آفت به شکل نمودار، برهم‌کنش بالقوه بین رده‌های مختلف آفات را نشان می‌دهد. پیکان‌های ضخیم برهم‌کنش‌های به نسبت مهم را نشان می‌دهد.

انواع بسیار پیچیده‌ای از برهم‌کنش‌ها در یک اکوسیستم زراعی می‌تواند رخ بدهد. همچنان‌که ذکر شد، علف‌های هرز می‌توانند میزبان‌های جانشین برای بسیاری از آفات و جانوران مفید باشند. بندپایان می‌توانند اسپورها را حمل کرده، زخم‌هایی ایجاد کرده و نماتدها و ویروس‌ها را انتقال دهند (ناقل)، بنابراین پراکنش عوامل بیماری‌زا را تسریع می‌کنند. گیاهانی که در اثر حمله یک عامل بیماری‌زا در حال خشک شدن هستند، ممکن است موجودات زنده دیگر کمتری را تقویت کرده و در برابر علف‌های هرز از رقابت کمتری برخوردار هستند. مهره‌داران از طریق حمل کک‌ها و کنه‌هایی که ناقل بیماری‌های حیوانات خانگی و انسان هستند، با سایر آفات برهم‌کنش دارند. نماتدها ناقل ویروس‌ها و باکتری‌ها هستند و نرمتنان به صورت ناقلین عوامل بیماری‌زای سخت کشت عمل می‌کنند.

برهم‌کنش‌ها تنها داخل یک رده از آفات اما همانند اغلب برهم‌کنش‌ها بین بیش از دو گروه آفت رخ می‌دهند. برهم‌کنش‌های چندین سطحی بین سه گروه از آفات به نسبت متداول هستند: علف‌های هرز می‌توانند میزبان ویروس‌هایی باشند که به وسیله حشرات آفت منتقل می‌شوند. حتی مثال‌هایی از برهم‌کنش‌ها پیچیده‌تر وجود دارد.

نمونه‌ای از برهم‌کنش:

به دنبال واردسازی Myxomatosis به استرالیا برای کنترل خرگوش شیوع ویروس نکروتیک زرد کاهو افزایش یافت. چراکه در گذشته خرگوش‌ها از شیرتیغک که میزبان جایگزین مخزن برای ویروس است تغذیه می‌کردند.

برهم‌کنش‌های بین گروه‌های آفت بر اساس چهار سازوکار مختلف استوار هستند (شامل برهم-کنش‌های گروه‌بندی شده کنترل بیولوژیک نمی‌شود). چهار سازوکار اصلی عبارتند از:

۱ - برهم‌کنش‌های ناشی از روابط غذایی

۲ - برهم‌کنش‌های ناشی از تغییرات محیطی

۳ - برهم‌کنش‌های ناشی از پدیده‌های مکانیکی

۴ - برهم‌کنش‌های ناشی از روش‌های کنترلی بکار رفته که می‌تواند به نوبه خود تقسیم شود به:

۴-۱- برهم‌کنش‌های ناشی از واکنش به روش‌های غیرآفت‌کشی

۴-۲- برهم‌کنش‌های ناشی از کاربرد آفت‌کش‌ها

سه گروه اول بر هم‌کنش‌ها به وسیله خود آفات و اکوسیستم به وجود می‌آیند و در این فصل به طور مفصل مورد بحث قرار می‌گیرند. برهمکنش‌هایی که به سبب روش‌های بکار رفته در مدیریت یک آفت به وقوع می‌پیوندد برای هر روش مورد بحث قرار می‌گیرد. آفات همچنین دارای پتانسیل برای برهم‌کنش در سطح اجتماع هستند، بنابراین در تنوع اکوسیستم نقش دارند. این موضوع در فصل ۷ بحث می‌شود.

برهم‌کنش‌های جریان انرژی/منابع (دینامیک غذایی)

جریان انرژی و منابع از طریق شبکه غذایی باید علت پیش‌بینی برخی از برهم‌کنش‌های بین موجودات آفت را بیان کند (شکل ۴-۸). دلایل احتمالی چنین برهم‌کنش‌هایی به شرح زیرند:

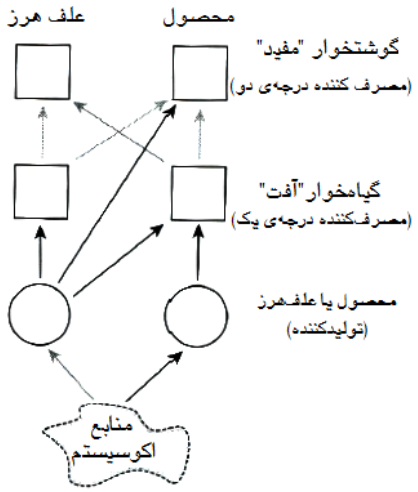
۱ - برهم‌کنش‌ها می‌تواند هنگامی بروز کند که دو موجود متفاوت از آفات موجود در سطح غذایی یکسان از گیاه میزبان یکسانی بهره‌برداری کنند. این نوع برهم‌کنش‌ها حمله چند گونه‌ای[1] یا اثرات کمپلکس (مجموعه) آفات نامیده می‌شوند. این آفات می‌توانند از گروه یکسانی از موجودات (سن‌های لیگوس و شته‌ها) یا ممکن است از گروه‌های مختلف (زنجرک‌های برگی و پوسیدگی‌های ریشه، یا نماتدهای و پوسیدگی‌های ریشه) باشند.

۲ - برهم‌کنش‌ها همچنین می‌توانند در بین موجودات آفت موجود در سطوح غذایی مختلف رخ دهند و بیشتر شامل علف‌های هرز و سایر موجودات آفت هستند (شکل ۶-۲). به طورکلی، برهم‌کنش‌های مهم بین سطوح غذایی[2] نیز ممکن است در بین جانوران و عوامل بیماری‌زای گیاهی رخ دهد.

[1] Multispecies attacks
[2] Intertrophic-level

۲-۱- برهم‌کنش‌های مستقیم هنگامی رخ می‌دهد که یک موجود آفت از یک میزبان در سطح غذایی بعدی پایین‌تر استفاده می‌کند: علف‌های هرز (تولیدکننده‌ها) می‌توانند به عنوان یک میزبان برای بسیاری از موجودات آفت گیاه‌خوار مورد استفاده قرار گیرند (شکل ۶-۲، علف‌هرز و گیاه‌خواران). همچنین برهم‌کنش‌هایی در بین سطوح مختلفی از موجودات مصرف-کننده بالاتر رخ می‌دهد و موضوعی مهم در IPM است که به کنترل بیولوژیک مربوط و در فصل ۱۳ مورد بررسی قرار می‌گیرد.

۲-۲- برهم‌کنش‌های غیر مستقیم هنگامی رخ می‌دهند که یک موجود واسط بین آفت هدف یا موجود مفید و موجود به وجود آورنده این برهم کنش وجود دارد. برای مثال، حشرات مفید ممکن است دارای برهم‌کنش با علف‌های هرز موجود در دو سطح غذایی پایین‌تر باشند که تامین کننده منبع غذایی شکار برای موجودات مفید هستند (شکل ۶-۲ موجودات مفید و علف هرز). به طور متناوب موجودات مفید بر رشد محصول از طریق کاهش خسارت ایجاد شده به وسیله شکار گیاه‌خوار موثر هستند.

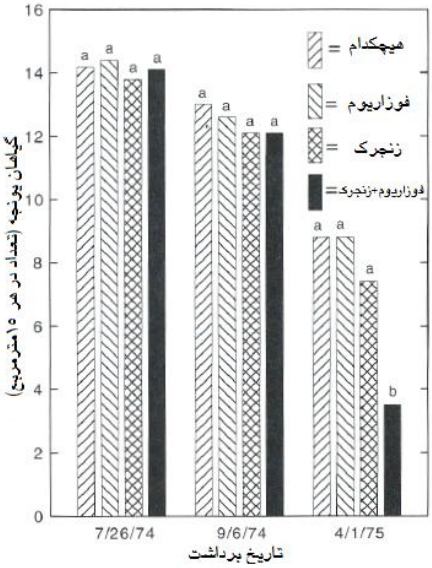


شکل ۶- ۲: زنجیره غذایی ساده‌ای که برهم‌کنش‌های مستقیم (پیکان‌های سیاه) و غیرمستقیم (پیکان-های خاکستری) بین آفات را نشان می‌دهد.

۲-۳- سایر برهم‌کنش‌های مربوط به موجوداتی است که طی بخش‌های مختلف چرخه زندگی خود از سطوح غذایی مختلف تغذیه می‌کنند. این قبیل رفتار تغذیه‌ای در بسیاری از حشرات مفید متداول است.

حمله چندین مصرف‌کننده اولیه[1]

وقتی دو یا چند گونه آفت، گیاه میزبان یکسانی را مورد حمله قرار داده، از منبع یکسانی استفاده می‌کنند. این برهم‌کنش عمومی در هر محصولی رخ می‌دهد: با وجود این، تحقیقات علمی برای ارزیابی نتایج چنین حمله چندگونه‌ای مشکل بوده و به طور معمول دارای دامنه محدودی است. زنجرک‌های برگی و پوسیدگی ریشه فوزاریومی که یونجه را مورد حمله قرار می‌دهند بیانگر اهمیت ارزیابی چگونگی تاثیر حمله چند گونه‌ای در گیاه میزبان است. زنجرک‌های برگی، در نبود عامل بیماری‌زا فقط زیان ثابت جزئی و غیر معنی‌داری ایجاد کنند (شکل ۶-۳). به طور مشابه پوسیدگی ریشه در فقدان حمله زنجرک برگی منجر به زیان ثابت فاقد اهمیت می‌شود. وقتی این دو آفت به طور همزمان محصول را مورد حمله قرار می‌دهند، کاهش ثابت و معنی‌دار ۵۰ درصدی رخ می‌دهد.

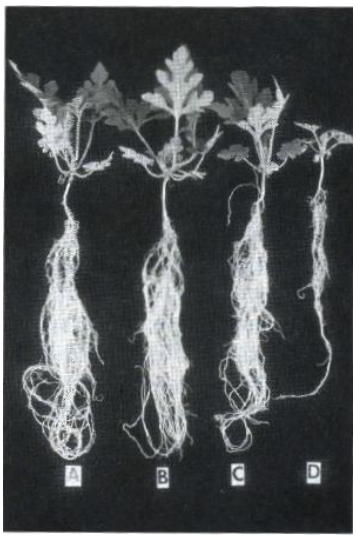


شکل ۶- ۳: برهم‌کنش فوزاریوم عامل پوسیدگی ریشه و زنجره‌ی *Empoasca* در یونجه. ستون‌های با یک تاریخ نمونه برداری با حرف یکسان در سطح معنی‌دار P= 0.05 تفاوتی را نشان نمی‌دهند. منبع: طراحی مجدد از Leath و Byers، ۱۹۷۷.

برهم‌کنش‌هایی که بیماری‌های مرکب نامیده می‌شود، در بین نماتدها و قارچ‌های بیماری‌زا متداول است. نماتدهای ریشه گره‌ای و فوزاریوم هر دو، خربزه را پارازیته می‌کنند ولی خسارت ناشی از

[1] Multiple primary consumer attack

آلودگی همزمان آن‌ها ممکن است بسیار بیشتر از خسارت ناشی از آلودگی به وسیله هر عامل بیماری‌زا به طور جداگانه باشد (شکل ۶-۴). به طور مشابه، وجود نماتد ریشه گره‌ای می‌تواند بر مقاومت پنبه به فوزاریوم غلبه کند (شکل ۲-۷ i را ببینید). در نبود نماتد (ردیف‌های خارجی)، پنبه به طور طبیعی رشد می‌کند؛ ولی در صورت وجود نماتد (ردیف‌های مرکزی) به وسیله عامل بیماری‌زای قارچی به پنبه میزان بیشتری خسارت وارد می‌شود.



شکل ۶- ۴: پاسخ هندوانه به فوزاریوم در غیاب و حضور نماتدهای ریشه‌گره‌ای. (a) شاهد غیرآلوده، (b) تنها نماتد، (c) تنها فوزاریوم و (d) نماتد و فوزاریوم. منبع: تصویر از Ivan J. Thomason با مجوز.

برهم‌کنش‌های چندگونه‌ای مانند آن‌هایی که ارائه شد، در رابطه با استفاده از آستانه‌های اقتصادی یا خسارت همانند (فصل ۸ را ببینید) آنچه که در شرایط حمله تنها یک گونه آفت تعیین می‌شود، مشکلاتی را نتیجه می‌دهند. یک برهم‌کنش افزایشی در بین آفات آستانه‌های اقتصادی یا خسارت را نتیجه می‌دهد که پایین‌تر از آستانه‌های پیش‌بینی شده برای تنها یک گونه است. چنین برهم-کنش‌هایی می‌تواند باعث تصمیماتی در IPM کمتر از حد مطلوب شود.

به طور متناوب، حمله آفات ممکن است به طور همزمان بوده ولی اثرات آن‌ها می‌تواند روی میزبان مستقل باشد. یک مثال برهم‌کنش لاروهای وجبی سویا یک [آفت] شاخ و برگخوار و علف هرز توق است، که ریزش برگ محصول ناشی از حشره و اثرات رقابت علف‌هرز را روی محصول مستقل بوده

به طوری که تعیین آستانه خسارت برای حشرات برگ ریز[1] مستلزم در نظر گرفتن آلودگی علف‌هرز نیست.

محققین کشاورزی تحقیقاتی در زمینه IPM انجام دادند تا مشخص کنند که برهم‌کنش‌های چندگونه‌ای معنی‌دار هستند: با وجود این، نیاز به تحقیقات بیشتری در این زمینه است. در این اثنا، بیشتر مدیران آفت مجبور هستند بر تجربه تکیه کنند. مدارک و مستندات و شناخت محدود برهم-کنش‌های چندگونه‌ای یک مانع اصلی در پذیرش مدیریت تلفیقی آفات با توجه به برهم‌کنش‌های سطوح بالاتر است. متاسفانه، بیشتر برنامه‌های رایج IPM با استفاده از اطلاعات مربوط به تنها یک گونه توسعه یافته‌اند.

برهم‌کنش‌های مستقیم

برهم‌کنش‌های مستقیم هنگامی رخ می‌دهند که یک جانور آفت یا یک عامل بیماری‌زا دارای هر دو، میزبان‌های گیاهی وحشی و گیاه زراعی (محصول) هستند. گیاهان غیر زراعی، میزبان جانشین یا مخزن[2] نامیده می‌شوند. بیشتر این برهم‌کنش‌ها در بین علف‌های هرز و سایر آفات وجود دارند زیرا علف‌های هرز علاوه بر محصول (غذای اصلی) به عنوان یک منبع غذایی بکار می‌روند. وقتی یک جانور از یک علف هرز استفاده می‌کند، تمایز بین جانورانی که آفت گیاه زراعی (محصول) هستند و جانورانی که آفت نیستند ضروری است زیرا وضعیت آفت بودن اهمیت برهم‌کنش‌ها را تغییر می‌دهد. بعضی از عوامل بیماری‌زا، بندپایان و نماتدها تخصص میزبانی نشان می‌دهند به طوری که آن‌ها ممکن است یک علف هرز ویژه را مورد حمله قرار دهند ولی آن‌ها به محصول حمله نکرده و در آفات طبقه‌بندی نمی‌شوند؛ در حقیقت، آن‌ها مفید هستند. مشکلات هنگامی بروز می-کند که این جانوران و عوامل بیماری‌زا به علف‌های هرز حمله کرده و روی آن‌ها بقاء می‌یابند در عین حال آن‌ها محصول را نیز مورد حمله قرار می‌دهند. اگر گیاه زراعی میزبان مرجح باشد، آنگاه این وضعیت به طور ویژه‌ای مشکل ساز خواهد بود.

برهم‌کنش مستقیم: آفت گیاه غیرزراعی اگر یک موجود از علف‌های هرز تغذیه کند، ولی آفت گیاهی زراعی نباشد، آنگاه آن حداقل فراهم‌کننده کنترل بیولوژیک مختصر روی علف هرز است. دراین وضعیت، علف هرز به عنوان میزبان اصلی[3] بکار می‌رود. سوسک‌های کارابیدی که بذور علف هرز را می‌خورند مثال خوبی از این برهم‌کنش هستند. کنترل بیولوژیک علف‌های هرز در فصل ۱۳ به طور دقیق مورد بررسی قرار می‌گیرد.

---

[1] Defoliators
[2] Reservoir
[3] Primary host

برهم‌کنش مستقیم: آفت محصول اگر جانداری که از علف‌های هرز تغذیه می‌کند، آفت محصول نیز باشد (شکل ۶-۲ b)، آنگاه نتایج این برهم‌کنش مستلزم تجزیه و تحلیل دقیق است. سه پیامد احتمالی زیر وجود دارد:

۱ - ممکن است آفت کنترل بیولورژیک علف‌های هرز را تامین کند (فصل ۱۳ را ببینید). میزان کنترل علف هرز پایین بوده و به طور معمول اثر زیانبخش موجود به حالت آفت محصول بیشتر از هر نوع فواید حاصل از کنترل بیولوژیک علف هرز است.

۲ - علف هرز ممکن است یک میزبان جانشین یا مخزن برای آفت باشد وقتی محصول اصلی وجود ندارد و بنابراین بقاء آفت را در بین چرخه‌های محصول حمایت می‌کند. این برهم-کنش به ویژه در رابطه با عوامل بیماری‌زا، نماتدها و بسیاری از گونه‌های بندپایان آفت حائز اهمیت است. جمعیت آفت روی علف هرز افزایش یافته و در نتیجه آفت به تعداد زیادتری به داخل محصول حرکت می‌کند.

۲-۱- میزبان‌های تناوبی[1] اجباری برهم‌کنش خاصی هستند که علف هرز یک جزء ضروری از چرخه زندگی آفت است. این برهم‌کنش (همچنان که در فصل ۵ ذکر شد) برای بسیاری از عوامل بیماری‌زای گیاهی اهمیت ویژه‌ای برخودار است.

۳ - آفتی که روی علف هرز زندگی می‌کند همچنین می‌تواند میزبان یا شکار حشرات مفید باشد. این پدیده در ادمه در این فصل با عنوان برهم‌کنش‌های غیر مستقیم مورد بحث قرار می‌گیرد.

وقتی یک موجود آفت از یک گونه علف هرز میزبان جانشین استفاده می‌کند، خسارت به علف هرز اغلب در حد کمینه است: در بسیاری از موارد، علف‌های هرز آلوده به یک عامل بیماری‌زا فاقد هر گونه علائمی هستند. برای نمونه در اویارسلام هنگامی که غده‌ها نماتدهای ریشه گره-ای آلوده می‌شوند علائمی نشان نمی‌دهند، شاید به خاطر این که علف‌های هرز همراه با نماتدها تکامل یافته‌اند که به یک انتخاب پایدار در توانایی تحمل آلودگی به نماتد منجر می-شود و در نتیجه علف هرز علی‌رغم تغذیه به وسیله موجودات سطح غذایی بالاتر زنده مانده و تولیدمثل می‌کند. بنابراین، توانایی علف‌های هرز در تحمل حمله به وسیله موجودات سطح غذایی بالاتر بایستی مورد انتظار باشد. اگر یک گیاه نتواند چنین حمله‌ای را تحمل کرده و رشد کند، به احتمال زیاد هرگز به وضعیتی که علف هرز بوده نمی‌رسد.

---

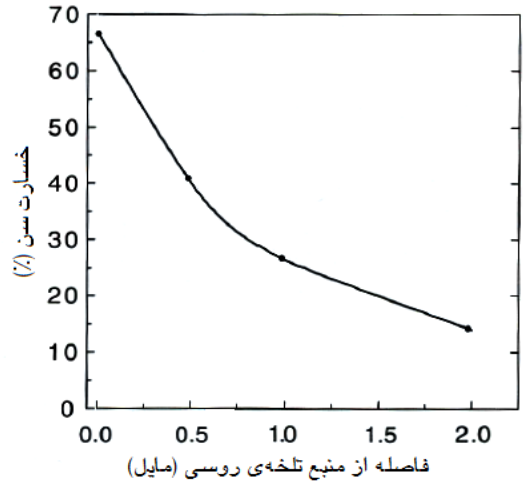
[1] Alternate hosts

(مترجمین: میزبان تناوبی: هر یک از دو نوع میزبان یک قارچ یا حشره که برای تکمیل چرخه‌ی زندگی آن قارچ یا آن حشره ضرورت دارد.)

به دلیل این که بسیاری از موجوداتی که آفات محصولات در نظر گرفته می‌شوند به علف‌های هرز، صدمه‌ای وارد نمی‌کنند وجود آن‌ها روی علف‌های هرز اغلب ناشناخته است. اگر تعداد آفت روی علف هرز افزایش یابد، بالاخره در این هنگام آفت به محصول میزبان دسترسی پیدا کرده و در نتیجه تعدادشان به قدری زیاد می‌شود که موجب وارد آمدن خسارت به محصول می‌شوند. فقدان اثر آفات روی علف‌های هرز توانایی علف‌های هرز را نسبت به آفات میزبان به نسبت نامشخص می‌سازد. از دیدگاه مدیریتی،تعیین اهمیت رشد علف‌های هرز در خارج از سیستم کشت در مقایسه با علف‌های هرزی که داخل سیستم رشد می‌کنند، حائز اهمیتند.

علف‌های هرزی که خارج از سیستم کشت رشد می‌کنند: آفات در خارج از سیستم کشت می‌توانند از علف‌های هرز استفاده کرده و آنگاه به محصول باز گردند. این نوع برهم‌کنش فقط در مورد آفاتی بکار می‌رود که متحرک بوده و یا دارای اندام‌های تولید مثلی رویشی هستند و به آسانی به وسیله باد انتشار می‌یابند (برای مثال، اسپورهای قارچی، شته‌ها، کنه‌های تارعنکبوتی). یک مثال خوب در این زمینه خسارت ناشی از انتقال سن‌های بدبو از خاربن‌های روسی به مزارع گندم مجاور در کانادا است (شکل ۶-۵). یک مثال برای عوامل بیماری‌زا استفاده از علف‌های هرز میزبان به وسیله بیماری‌های زنگ غلات است. بسیاری از عوامل بیماری‌زا سخت کشت می‌توانند از علف‌های هرز به صورت جانشین یا مخزن استفاده کنند: در چنین مواردی باید یک ناقل برای انتقال عامل بیماری‌زا از علف‌های هرز به محصول میزبان وجود داشته باشد. یک مثال در این زمینه بیماری پیرس در درختان مو است. این بیماری به وسیله یک باکتری سخت کشت ایجاد می‌شود که در آوند چوبی بسر می‌برد. پوشش گیاهی علفی در مناطق ساحلی رود میزبان‌های مخزن برای باکتری بوده و زنجرک‌های برگی ناقل آن هستند. در تاکستان‌های مجاور مناطق ساحلی رود بیماری با شدت بیشتری بوقوع می‌پیوندد (شکل ۶-۶). علف‌های هرز اطراف مزارع برای مهره‌داران آفت نیز یک منبع غذایی بوده ولی وقتی محصول وجود دارد به مزارع هجوم می‌آورند. یک توصیه رایج برای کنترل موش‌ها حذف پوشش گیاهی اطراف مزارع است.

مثال‌های عمومی از برهم‌کنش‌های بین آفات و پوشش گیاهی در خارج از زمین زراعی شامل سن‌های لیگوس، زنجرک‌های برگی و شته‌ها هستند که از علف‌های هرز جانشینی استفاده می‌کنند و بسیاری از ویروس‌های مهم در علف‌های هرز زنده می‌مانند (جدول ۶-۱). علف‌های هرزی که مخزن‌های ویروس‌ها هستند، یکی از مهم‌ترین مشکلات در مدیریت ویروس‌ها هستند. حذف گیاهان میزبان جانشین (بیشتر علف‌های هرز) یک راهبرد اصلی در مدیریت بیماری‌ها است. امکان دادن به علف‌های هرز میزبان ویروس‌ها برای رشد در اطراف محصولات می‌تواند باعث به هم ریختن برنامه‌های مدیریت ویروس‌ها شود.



شکل ۶- ۵: رابطه‌ی بین خسارت سن در گندم و فاصله‌ی میزبان واسط تلخه‌ی روسی. منبع: طراحی از داده‌های Jacobsen، ۱۹۴۵.

شکل ۶- ۶: تصویر هوایی تاکستان، شدت بیماری پیرس را نشان می‌دهد. به تعداد درختان مو منهدم شده به نسبت فاصله از ساحل مجاور سمت چپ تصویر توجه کنید. منبع: تصویر از Jack Clark در قالب برنامه IPM ایالتی دانشگاه کالیفورنیا.

جدول ۶-۱ میزبان‌های واسط علفی برخی ویروس‌های مهم در محصولات		
محصول[1]	**ویروس**	**نمونه‌هایی از میزبان‌های علفی (فهرست ناقص)**
انواع ذرت (همچنین سورگوم و ارزن)	ویروس کوتولگی موزاییکی ذرت	سوروف، پنجه کلاغی، خوشه‌افشان، علف دالیس، گونه‌های دم روباهی، قیاق، و سایر علف‌ها
جو (همه غلات)	ویروس کوتولگی زرد جو	چمن جارویی، سوروف، پنجه کلاغی، گونه‌های چچم، علف دالیس، مرغ و بسیاری از گونه‌های دیگر
برنج	ویروس تونگروی برنج	گونه‌های برنج وحشی، گونه‌های علف تیغی، مرغ خوشه و سوروف و سوروف بدون ریشک(در هر دو بدون علائم)
یونجه (لوبیا، شبدر، کاهو، نخود، تنباکو)	ویروس موزاییک یونجه	سلمه، غربیلک، خرفه، شیرتیغی، گندمک (همه منابع اینوکلوم مهم هستند)
تنباکو (گوجه، فلفل، سیب‌زمینی)	ویروس موزاییک تنباکو	غاز پا، بارهنگ، Horseweed (همه میزبان‌های علفی طبیعی)
خیار (بسیاری از کدوییان)	ویروس موزاییک خیار	اغلب دامنه میزبانی نامحدود، علف‌های هرز شامل تاج خروس ریشه قرمز، کیسه کشیش، نیلوفر صحرایی، ترشک و خردل وحشی
کاهو (اسفناج، نخود)	ویروس موزاییک کاهو	کاهو خاردار، شیر زبر، پیرگیاه معمولی، گندمک، سلمه و بسیاری گونه دیگر
چغندرقند	ویروس پیچیدگی بوته‌ی چغندر	گونه‌هایی بسیاری از Chenopodiaceae، Asteraceae، Brassicaceae و غیره

[1] در پرانتز سایر محصولات حساس ذکر شده است. داده‌ها از Sutic و همکاران، ۱۹۹۹.

علف‌های هرزی که داخل سیستم رشد می‌کنند: داخل زمین زراعی علف‌های هرز به عنوان میزبان‌های جانشین برای سایر آفات به کار می‌روند. ممکن است در بیشتر محصولات در طول دوره های معینی از رشد، مزرعه به صورت آیش باشد یا محصول دارای جانشینی کم یا فاقد آن باشد. برای مثال در طول مراحل گیاهچه‌ای یک محصول یک ساله یا دوره رکود محصولات دائمی (چند ساله). در چنین مواقعی ممکن است علف‌های هرز به تعداد زیاد وجود داشته باشند و غذای اصلی موجودات مصرف‌کننده اولیه باشند. در آن صورت، علف‌های هرز پلی برای موجودات آفت از طریق فراهم کردن مواد غذایی در هنگامی که محصول وجود ندارد هستند و به صورت وسیله‌ای برای افزایش جمعیت آفت در طول مراحل اولیه استقرار محصول عمل می‌کنند.

بعضی از مثال‌ها شامل:

۱- عوامل بیماری‌زا: بسیاری از عوامل بیماری‌زا نظیر گونه‌های *Verticillium* عامل پژمردگی، کپک‌های خاکستری *Botrytis* و *Sclerotium rolfsi* قادر به ایجاد آلودگی و تولیدمثل در

بسیاری از گونه‌های علف هرز هستند. گونه *Rhizoctonia solani* (که باعث مـرگ گیاهچـه[1] در بعضی از محصولات می‌شود) می‌تواند هنگامی که محصول وجود ندارد به بسیاری از گونه‌های علـف هرز انتقال یابد. برای نمونه انتقال این گونه از سیب زمینی به تاج ریزی سیاه[2] و برگشـت آن‌هـا بـه سیب زمینی به طور کامل ثابت شده است.

جدول ۶-۲ نمونه‌هایی از میزبان‌های[1] واسط چندین نماتد بیماری‌زای گیاهی مهم

نام عمومی	نام علمی	نمونه‌هایی از میزبان‌های علفی
نماتـد زخمـزای ریشه	*Pratylenchus* spp.	*P. penetrans* از بیش از ۵۵ گونه علف هرز گـزارش شـده شـامل توق، پنجه کلاغی، شیر زبر و مرغ
نماتد ساقه و پیاز	*Ditylenchus* spp.	علف‌های هرز میزبان شامل بارهنگ، قاصدک، هیپوکاریس، گندمک، یولاف وحشی. تعدادی از این نماتدها می‌تواننـد بـا بـذر توسـط بـاد منتقل شوند.
نماتـد کیسـتی چغندرقند	*Heterodera schactii*	علف‌های هرز میزبان شامل سلمه تره، خردل زراعی و تاج خروس
نماتـد کیسـتی سویا	*H. glycines*	میزبان‌های گزارش شده بیش از ۱۱۰۰ گونه گیـاهی هسـتند شـامل بسـیاری از علـف‌هـای هـرز ماننـد گنـدمک، غربیلـک، لیسـپدیزا و Hemp sesbania.
نماتد ریشه گره-ای	*Meliodogyne* spp.	*M. hapla* در بیش از ۷۰ گونه از علف‌های هرز گزارش شده شامل پنجه کلاغی، تاج خروس، کیسه کشیش، دم روبـاهی سـبز و سـلمه تره
نماتد ریشه برنج	*Hirschmaniella spinicaudata*	علف‌های هرز میزبـان شـامل *Cyperus* spp.، Itchgrass، بـرنج جنگلی، برنج وحشی، مرغ، روزگل، *Oxalis* spp. و بسـیاری گونـه دیگر.

[1] لیست علف‌های هرز جدول از Bendixen و همکاران، ۱۹۷۹؛ Babatola، ۱۹۸۰؛ Manuel و همکاران، ۱۹۸۰؛ Manuel و همکاران، ۱۹۸۱؛۱۹۸۲؛Bendixen، ۱۹۸۶.

۲- نماتدها: نماتدهای ریشه گـره‌ای، سیسـت، زخـم و حلقـوی[3] از آفـات خطرنـاک در بسـیاری از محصولات هستند. آن‌ها دامنه میزبانی وسیع دارند و شامل بسیاری از گونه‌های علـف هـرز هسـتند (جدول ۶-۲). این میزبان‌های جانشینی یک مشکل جدی برای مدیریت آفات هستند، همچنان کـه

[1] Damping Off
[2] Nighth Shade
[3] Ring Nematode (Criconema جنسی نماتدهای برای اصطلاحی :مترجمین)

تناوب همراه با آیش یا کشت محصولات غیرحساس یکی از توصیه‌های متداول برای کنترل این نماتدها هستند. برای اینکه چنین تناوب‌هایی تعداد نماتدها را به طور مؤثری کاهش دهد، باید هیچ یک از علف‌های هرز میزبان جانشین در حال رشد در محصول غیرحساس وجود نداشته باشد. بنابراین کنترل مؤثر علف هرز طی تناوب یا آیش یک موضوع مهم در هر برنامه مدیریتی نماتد است. در مورد نماتدهایی نظیر نماتد سیست چغندرقند که از طریق تناوب با محصولات غیر میزبان مدیریت می‌شود، مدیریت علف هرز بسیار مهم است.

۳- نرم‌تنان: راب‌ها و حلزون‌ها نیز می‌توانند از علف‌های هرز جانشین استفاده کنند؛ علف چمنی[۱] یک ساله و کیسه کشیش[۲] مثال‌هایی از گونه‌های علف هرز هستند که به عنوان غذا[۳] مورد استفاده نرم‌تنان قرار می‌گیرند. کنترل علف‌های هرز می‌تواند جابجایی و انتقال راب‌ها و حلزون‌ها به محصول را نتیجه دهد. همان‌طور که در فصل ۷ بحث شده است، راب‌هایی که در نوارهای گیاه خودرو که برای افزایش تنوع داخل مزرعه استفاده شده، زندگی می‌کنند می‌توانند برای محصول مجاور ایجاد خطر کنند.

۴- بندپایان: بسیاری از بندپایان آفت از علف‌های هرز در حال رشد در زمین‌های زراعی[۴] به عنوان میزبان استفاده می‌کنند. یک مثال از این نوع برهم‌کنش‌ها کرم‌های طوقه‌بر در مارچوبه[۵] هستند (جدول ۶-۳). آزمایش‌های صحرائی نشان داده است که تعداد کرم‌های طوقه‌بر در صورت عدم وجود علف‌های هرز پایین بوده است. هنگامی که پیچک صحرائی یا کنگر وحشی[۶] وجود داشتند، تعداد کرم‌های طوقه‌بر خیلی بیشتر بود. به طور کلی، ردیف‌های دارای علف هرز، بین ۲۵۰ تا بیش از ۳۰۰ برابر لاروهای طوقه‌بر بیشتری نسبت به ردیف‌های عاری از علف هرز داشتند. افزایش کرم-های طوقه‌بر به علف‌های هرزی که منبع غذایی پیش از آغاز کشت مارچوبه بودند مربوط می‌شد. گونه‌های علفی خردل[۷] که به عنوان گیاه پوششی کشت شده‌اند می‌توانند عامل پیدایش سن آفت بذر از خانواده Lygaeidae به صورت یک مسئله آفت باشند: این حشره جمعیت خود را روی علف هرز تشکیل داده و آنگاه به درختان مو مهاجرت می‌کند. تعداد زیادی از شته‌های سبز هلو می‌توانند جمعیت خود را روی علف‌های هرز تشکیل دهند (جدول ۶-۴). مثال‌های دیگری از علف‌های هرز

[1] Bluegrass
[2] Shepherdos purse
[3] Fodder
[4] Crop fields
[5] Asparagus
[6] Canada thistle
[7] Weedy mustard

جانشین شامل کنه‌های تارتن دو لکه‌ای[1] روی پیچک صحرائی، برگ پیچاننده[2] روی تاج خروس و سلمه‌تره و کک‌های نباتی[3] روی علف عروسک پشت پرده و تاج ریزی هستند.

حشره‌ای که جمعیت خود را داخل محصول تشکیل می‌دهد یک خطر جدی در رابطه با کنترل علف هرز ایجاد می‌کند زیرا به احتمال زیاد به دنبال هر گونه عملیات کنترل علف هرز، حشره وارد محصول خواهد شد. در آزمایش‌های صحرائی، جمعیتی از کرم طوقه‌برکه روی تاج خروس تشکیل شده بود به دنبال خاک ورزی مکانیکی[4] برای کنترل این علف هرز، محصول لوبیا را نابود کرد.

جدول ۶-۳ اثر نیلوفر صحرایی و کنگروحشی بر حضور طوقه‌بر پشت‌قرمز در مارچوبه

وضعیت علف‌هرز	فاصله تخمینی(فوت)	طوقه‌برها (تعداد)
نبود علف هرز	۵۰۰۰	۱
نیلوفر صحرایی	۳۶۰	۸۱
کنگر وحشی	۱۶۰	۱۱

از Tamaki و همکاران، ۱۹۷۵.

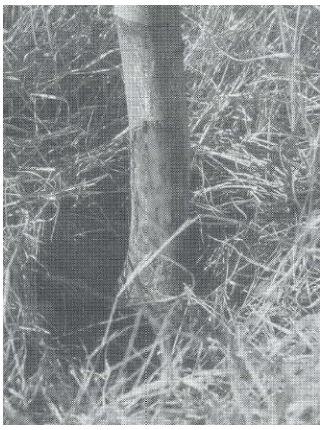
جدول ۶-۴ تعدادشته‌های سبز هلو زنده روی علف‌های هرز در بهار در باغ هلو در واشنگتن

	شته‌ها (میلیون/آکر)	
	بدون بال	بالدار
تره تیزک قفلی	۰	۰
پنیرک	۵/۵	۰/۶۹
اُزمک	۵/۹	۰/۷۶
تاج خروس وحشی	۸/۶	۰/۳۵
سلمه تره	۴۱	۵/۸
نیلوفر صحرایی	۴۱	۱۴
خاکشیر شیرین	۳۶۰	۴۸

از Tamaki و Olsen، ۱۹۷۹.

[1] Two – spotted spider mites
[2] Leafroller
[3] Flea beetles
[4] Mechanical cultivation

۵- مهره‌داران: علف‌های هرز برای جوندگانی نظیر موش‌های صحرائی[1] و موش‌های خانگی[2] پناهگاه و غذا فراهم می‌کنند. این جانوران اغلب به باغ‌های دارای علف هرز جلب می‌شوند و در آنجا از پوست آبدار درختان جوان تغذیه کرده و اطراف آن‌ها را احاطه کرده و خشک می‌کنند (شکل ۶-۷). حذف پوشش گیاهی عملیات مدیریتی بسیار بهتری نسبت به تلاش برای مسموم کردن این جانوران محسوب می‌شود.



شکل ۶- ۷: پوست آسیب دیده‌ی درخت جوان بر اثر جویدن جوندگان در یک باغ پر از علف هرز. در باغ-های بدون علف هرز چنین خسارتی به ندرت رخ می‌دهد. منبع: تصویر از Robert Norris.

برهم‌کنش‌های غیر مستقیم

برهم‌کنش‌های غیرمستقیم هنگامی رخ می‌دهند که یک موجود واسط در بین یک موجود به وجود آورنده برهم‌کنش و دریافت‌کننده آن وجود دارد همانند شکل ۶-۲ که موجود A از طریق تأثیر خود روی موجود B، بر موجود C تأثیر می‌گذارد. گاهی به چنین برهم‌کنش‌هایی، برهم‌کنش‌های چند غذایی گفته می‌شود. دو برهم‌کنش احتمالی مهم برای IPM عبارتند از:

۱- آفات گیاه‌خوار و عوامل بیماری‌زا رشد محصول را کاهش می‌دهند.

۲- علف‌های هرز، پشتوانه آفات گیاه‌خوار[3] هستند که به نوبه خود حامی جانوران مفید هستند. تغذیه مستقیم گیاه به وسیله جانوران مفید وجود ندارد؛ در نتیجه این برهم‌کنش غیر مستقیم است.

[1] Voles
[2] Mice
[3] Phytophagous

خسارت گیاه‌خوار یا عامل بیماری‌زا به محصول: خسارت به محصول به وسیله یک آفت توانایی محصول را برای رشد و رقابت کاهش می‌دهد که به طور غیرمستقیم بر هر یک از سایر آفات مرتبط با محصول اثر می‌گذارد. تغییرات در منابع دارای قابلیت اثر بر همه موجودات بالاتر در زنجیره غذایی است و گیاهان دیگر در سیستم از طریق تغییر بکارگیری (و در نتیجه قابلیت دسترس بودن) منابع اکوسیستم تحت تأثیر قرار می‌گیرند.

یک ضرب‌المثل قدیمی می‌گوید، بهترین شکل کنترل علف هرز استفاده از یک گیاه سالم و نیرومند است. پیامد منطقی این است که محصول ضعیف یا خسارت دیده به وسیله آفت دارای توانایی کمتری در رقابت با علف‌های هرز است. در مفهوم دینامیک غذایی، محصول آسیب دیده نسبت به محصول سالم از منابع اکوسیستمی کمتری استفاده می‌کند که بیشتر منابع موجود را برای علف هرز باقی می‌گذارد.

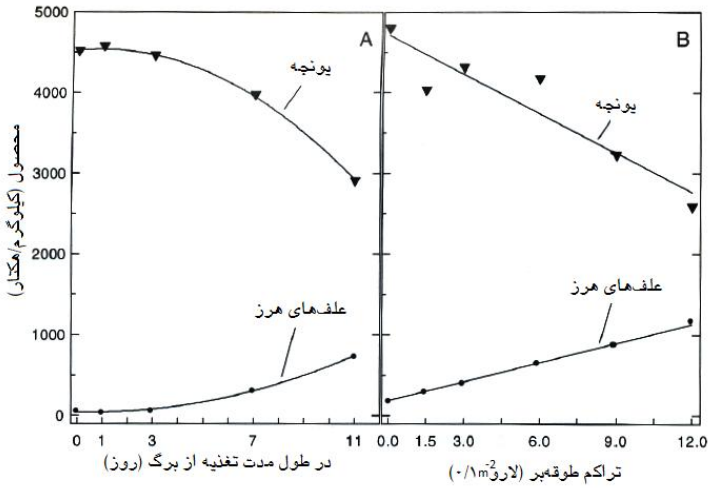
بعضی از آفات قادر به از بین بردن محصول هستند که از بین رفتن کل گیاه را نتیجه می‌دهد. این یک تاثیر به نسبت آشکار از حمله آفت است یعنی وجود محصول یا عدم وجود آن. در نتیجه مکان‌های خالی در محصول باقی می‌ماند که در آنجا منابع به وسیله محصول مورد استفاده قرار نمی‌گیرند. مثال‌هایی از زیان دائمی ناشی از آفات شامل: تغذیه از یونجه به وسیله سنجاب‌های زمینی، کرم‌های طوقه بر که باعث مرگ گیاهچه‌های محصول می‌شوند و قارچ‌های بیماری‌زای ریشه که محصولاتی نظیر یونجه، پنبه و درختان میوه استقرار یافته را از بین می‌برند. در مناطقی که گیاهان زراعی (محصولات) از بین رفته‌اند، رشد علف هرز به سبب عدم وجود رقابت با محصول، از توان خیلی بیشتری برخوردار است. اگرچه این تاثیر به خوبی پذیرفته شده است، اندازه واقعی و اهمیت آن هنوز به طور کامل به اثبات نرسیده است.

ریزش برگ‌های[1] محصول به وسیله هر یک از موجودات مانند حمله عامل بیماری‌زای برگی، گیاه-خواری توسط حشره یا چرای خرگوش کاهش تاج پوشش (آشکوب) محصول را نتیجه می‌دهد. کاهش تاج پوشش باعث می‌شود گیاهان علفی زیر آشکوب نور بیشتری دریافت کرده و در نتیجه رشد بیشتری داشته باشند. خسارت به سیستم ریشه که به وسیله نماتدها، حشرات یا عوامل بیماری‌زا ایجاد می‌شود کاهش عملکرد ریشه و رشد گیاه را نتیجه می‌دهد. خسارت به تاج پوشش یا سیستم ریشه باعث می‌شود که آب و غذای کمتری به وسیله محصول مورد استفاده قرار گیرد. بنابراین آب و غذای بیشتری برای علف‌های هرز وجود دارد که باز هم منجر به رشد بیشتر علف هرز می‌شود. این یک مثال خوب از بازخورد[2] اکوسیستم است و این تغییری از یک برهم‌کنش را

[1] Defoliation
[2] Feedback

بیان می‌کند که چگونه مصرف‌کنندگان سطح بالاتر به خوبی تعیین‌کننده تولیدکنندگان در حال رشد هستند. (یعنی یک برهم‌کنش غذایی از بالا به پایین؛ فصل چهار را ببینید).

چندین مثال وجود دارد که این نوع برهم‌کنش را ثابت می‌کند. انواع کرم‌های طوقه‌بر باعث ریزش برگ یونجه در میانه ایالات متحده می‌شوند. خسارت تغذیه‌ای ایجاد شده به وسیله این حشره منجر به افزایش رشد علف هرز می‌شود (شکل ۶-۸) و افزایش رشد علف هرز دارای رابطه نزدیکی با افزایش خسارت حشره است (دوره تغذیه یا تعداد حشرات). ریزش برگ یونجه به وسیله سرخرطومی مصری یونجه در کالیفرنیا به طور مشابه منجر به افزایش دم روباهی زرد[1] در مقایسه با مناطقی شد که حشره کنترل شد. پدیده مشابه‌ای در مورد زیان آفت مگس جوانه روی گندم در انگلستان گزارش شده است به طوری که در گندم خسارت دیده میزان بروز علف‌های هرز بابونه و دم روباهی[2] بیشتر بوده است.



شکل ۶- ۸: اثر طوقه‌برهای مختلف بر محصول یونجه و علف‌های هرز رقیب. (a) اثر افزایش مدت تغذیه‌ی طوقه‌بر و (b) اثر افزایش تعداد لاروهای طوقه‌بر. منبع: طراحی مجدد از Buntin و Pedigo، ۱۹۸۶.

اهمیت این برهم‌کنش‌های بازخورد منابع در IPM آن است که همه تلاش‌ها برای حفظ قدرت گیاه (محصول) از طریق بهبود مدیریت آفات گیاه‌خوار و عوامل بیماری‌زا می‌تواند به کاهش تلاش-های لازم برای کنترل علف هرز منجر شود. با وجود این، اثرات مدیریت حشرات آفت محصول بر

[1] Yellow foxtail
[2] Black grass

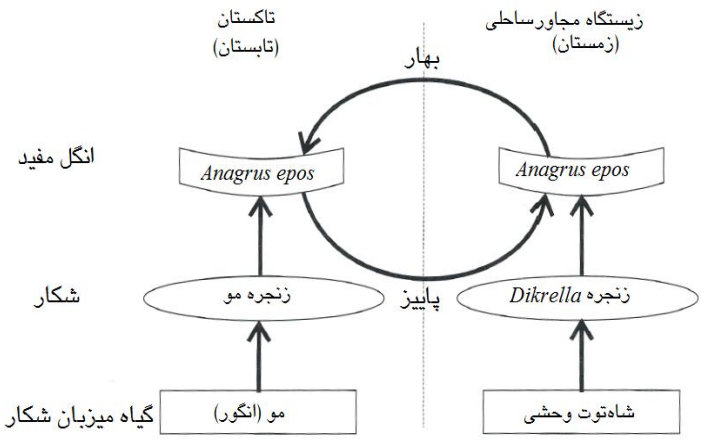
رشد علف هرز با آستانه‌های اقتصادی مورد استفاده در تصمیم‌گیری‌های مدیریت حشرات تلفیق نمی‌شود (فصل ۸ را ببینید). اگرچه این برهم‌کنش‌ها مشخص هستند، آن‌ها در هنگام تعیین آستانه‌های اقتصادی در نظر گرفته نمی‌شوند.

شکل ۶- ۹: دم‌روباهی زرد رشد یافته در ردیف‌های مزرعه‌ی یونجه در تناسب با تغذیه لاروهای سرخرطومی در اولین درو است. منبع: تصویر از Robert Norris.

حشرات مفیدی که از طعمه‌های روی علف‌های هرز استفاده می‌کنند یک جانور بندپا که روی علف‌های هرز زندگی می‌کند می‌تواند برای حشرات مفید شکار باشد (شکل ۶-۲) که مبنای اکولوژیکی برای استفاده از تنوع زیستی برای ثابت نگه داشتن جمعیت‌های حشره است (فصل ۷ را ببینید).

متمایز ساختن شکاری که آفت محصول نیز است و شکاری که آفت محصول نیست حائز اهمیت است. در مورد اخیر، برای علف هرز این توان بالقوه وجود دارد که به صورت یک منبع غیرمستقیم برای برنامه‌های کنترل بیولوژیک بندپایان مورد استفاده قرار گیرد. یک مثال خوب شته‌های روی شیرک نرم هستند، هنگامی که این شته‌ها آفت محصول نیستند؛ این شته‌ها برای حشرات مفید نظیر لاروها مگس سیرفید، کفشدوزک‌ها و زنبورهای پارازیت به عنوان طعمه به کار می‌روند که به طور واضح یک برهم‌کنش مفید است. اگر این حشره شکار (طعمه) و گیاه‌خوار، کنترل علف هرز را فراهم کند، ممکن است نامطلوب باشد چون مورد حمله حشرات مفید واقع می‌شود. در چنین موردی ارزیابی سودمندی حشره برای کنترل بیولوژیک علف هرز نسبت به بکار رفتن آن به صورت منبع غذایی برای حشرات مفید مشکل است. همچنین در مورد بندپایان آفت، بررسی برهم‌کنش-های جانوران مفید در هر دوی، منظره‌های بیرون و داخل مزرعه مفید است.

خارج از محصول: حشره مفید روی پوشش گیاهی خارج از مزرعه در سراسر دوره‌ای که محصول قادر به فراهم کردن غذای آفت هدف نیست، حفظ شده یا افزایش می‌یابد. این برهم‌کنش بخشی از علت وجود تنوع ناحیه‌ای و سطح مزرعه‌ای است که در فصل ۷ مورد بحث قرار می‌گیرد. یک مثال از چنین برهم‌کنشی نقش زنجرک برگی توت در تامین غذای *Anagrus epos* در طول زمستان است (شکل ۶-۱۰). گونه *A. epos* پارازیت زنجرک برگی مو است ولی در تاکستان‌ها در فصل زمستان قادر به زنده ماندن نیست. زیرا موها خزان‌کننده[1] هستند و بنابراین در زمستان زنجرک‌ها وجود ندارند. این پارازیت می‌تواند به یک زنجرک (*Dikrella* sp.) روی توت‌ها (که برگ‌های خود را حتی در زمستان حفظ می‌کنند) حمله کند و بنابراین می‌تواند در زمستان زنده بماند. پارازیتیسم در زنجرک‌های برگی مو به وسیله این زنبور مفید در تاکستان‌هایی بالاتر است که توت‌ها در مجاور مناطق ساحلی رود رشد می‌کنند. اگرچه این برهم‌کنش اثبات شده است، بکارگیری این دانش به صورت یک روش در مدیریت آفت با مشکل روبرو بوده است.

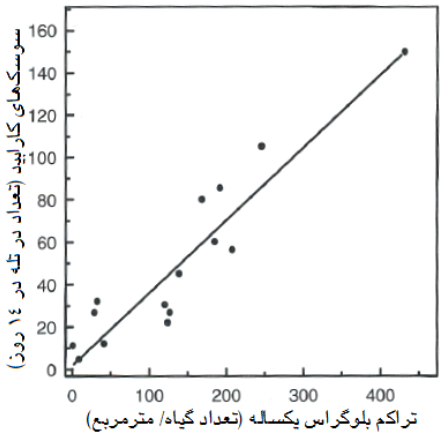


شکل ۶- ۱۰: نمودار، رابطه بین میزبان زمستانه در شاه‌توت‌ها در نواحی ساحلی یعنی زنجره‌ی *Dikrella* و زنبور پارازیتوئید زنجره‌ی مو یعنی *Anagrus epos* را نشان می‌دهد.

داخل محصول: علف‌های هرز موجود در محصول ممکن است به عنوان میزبان‌های بندپایانی بکار روند که می‌توانند مورد حمله جانوران مفید واقع شوند. مثال‌های زیاد از این نوع برهم‌کنش وجود دارد. برای نمونه سوسک‌های کارابید همیشه با تراکم‌های زیادتری در محصولات دارای علف هرز

[1] Deciduous

نسبت به محصولات عاری از علف هرز وجود دارند (مانند شکل ۶-۱۱). حشرات مفید در محصولات تیره چلیپائیان[1] در هنگامی که علف‌های هرز وجود دارند نسبت به هنگامی که وجود ندارند همیشه زیادتر هستند. پیامدهای IPM در فصل ۷ با عنوان تنوع درون مزرعه‌ای[2] بحث می‌شوند.



شکل ۶- ۱۱: رابطه‌ی بین تراکم بلوگراس یکساله و تعداد سوسک‌های کاربید به دام افتاده در تله‌های گودالی. منبع: رسم مجدد از Speight و Lawton، ۱۹۷۶.

برهم‌کنش‌های چند سطحی[3] (مستقیم و غیر مستقیم)

بعضی از موجودات از چندین سطح غذایی تغذیه می‌کنند. برای نمونه انسان از گوشت (گوشت-خواری، حداقل مصرف کننده در سطح دوم) و غلات، سبزیجات و میوه‌ها (گیاه‌خواری) تغذیه می-کند.

بسیاری از حشرات مفید در مراحل مختلف چرخه‌ی زندگی خود از سطوح غذایی مختلفی تغذیه می‌کنند. لاروها گوشت‌خوار هستند و از سایر حشرات تغذیه می‌کنند و کنترل بیولوژیکی آفات را فراهم می‌سازند. افراد بالغ در بسیاری از بندپایان مفید گوشت‌خوار نیستند ولی بیشتر از شهد یا گرده تغذیه می‌کنند و بنابراین گیاه‌خوار هستند. حشرات بالغ ماده که گرده یا شهد گیاهان را به دست می‌آورند تخم‌های بیشتری قرار می‌دهند و سطوح بالاتری از کنترل بیولوژیکی را فراهم می-

[1] Cole crops: Cruciferate مترجمین : گیاهان تیره
[2] Infield diversity
[3] Polytrophic

کنند. بسیاری از علف‌های هرز می‌توانند این شهد یا گرده را تأمین کنند و بنابراین به طور مستقیم با حشرات مفید برهم‌کنش دارند. مثال‌هایی از حشرات مفیدی که از علف‌های هرز تغذیه می‌کنند شامل بسیاری از زنبورهای پارازیت، مگس‌های سیرفید و تاکینید و بالتوری‌ها هستند. بعضی از شکارگران عمومی نیم‌بالان (سن‌ها) رژیم غذایی خود را با تغذیه از گیاهان تأمین می‌کنند. سن غارتگر کوچک[1] مثالی از یک شکارگر است که از گیاهان نیز تغذیه می‌کند.

اهمیت این مفاهیم برای IPM که ممکن است مطلوب باشد عبارت است از باقی گذاشتن علف‌های هرز در مجاورت یا داخل محصولات به طوری که آن‌ها می‌توانند منابع غذایی برای حشرات مفید باشند، بنابراین به طور بالقوه کنترل بیولوژیکی حشرات آفت را افزایش می‌دهند. برای این قبیل مدیریت حشرات مفید باقی گذاشتن علف‌های هرز باید از دیدگاه شش ضلعی آفت با دقت مورد ارزیابی قرار گیرد (شکل ۶-۱ را ببینید). این موضوع با جزئیات بیشتر در فصل هفتم با عنوان تنوع زیستی مورد بررسی قرار می‌گیرد.

برهم‌کنش‌های سه سطحی[2]

برهم‌کنش‌های سه سطحی هنگامی رخ می‌دهند که یک ترکیب شیمیایی مشتق شده از گیاه از مسیر شبکه غذایی عبور کند به طوری که گیاه روی گوشت‌خوار دو سطح بالای آن اثر می‌گذارد. اهمیت این برهم‌کنش‌ها بیشتر مربوط به چگونگی عملکرد حشرات مفید بوده و اینکه چگونه هیپرپارازیتوئیدها می‌تواند روی طعمه‌های خود اثر بگذارند.

اصلاح زیستگاه

فعالیت‌های آفات می‌تواند در نتیجه تغییرات زیستگاه صورت گیرد که به دینامیک‌های غذایی مربوط نمی‌شود. اصلاح زیستگاه[3] در سه سطح زیر می‌تواند برهم‌کنش‌های آفت را نتیجه دهد:

۱- تغییر تمرکز منابع

۲- تغییر در معرض بودن

۳- تغییر خردزیستگاه[4]

---

[1] Minute pirate bugs (مترجمین: نام عمومی گونه های خانواده Anthocoridae است)

[2] Tritrophic

[3] Habitat modification

[4] Microenvironment

تغییر تمرکز منابع

اگر گیاهان غیر میزبان به طور پراکنده در بین گیاهان میزبان وجود داشته باشند به طوری که تنوع میزبان به طور موثری کاهش یابد آنگاه میزبان‌ها با احتمال کمتری به وسیله آفت پیدا می‌شوند. این دلیل منطقی عمده برای تنوع در محصولات به منظور جلوگیری از اپیدمی بیماری‌ها و هجوم حشرات است. این فرضیه پیش‌گویی می‌کند که نرخ جمعیت آفت افزایش می‌یابد و حمله به گیاهان مدیریت شده در تک کشتی[1] نسبت به کشت مخلوط[2] بالاتر خواهد بود. تغییر تمرکز منابع بر موارد زیر دلالت دارد:

۱- مهاجرت آفت به داخل ناحیه‌ای با تمرکز بیشتری از میزبان رخ می‌دهد.

۲- مهاجرت آفت به خارج از ناحیه‌ای با تمرکز میزبان با احتمال کمتری رخ می‌دهد.

۳- هنگامی که میزبان تمرکز بیشتری دارد افزایش جمعیت آفت سرعت بیشتری خواهد داشت.

فرضیه تغییر تجمع منابع منجر به پیدایش این مفهوم شده است که کشت محصولات یکسان از لحاظ ژنتیکی (تک کشتی) در سرتاسر مناطق جغرافیایی بزرگ برای مدیریت بندپایان متحرک و مهره‌داران اشتباه است زیرا آن‌ها دارای سیستم‌های حسی هستند که به آن‌ها امکان می‌دهد محصولات تک کشتی را شناسایی و به سمت آن‌ها حرکت کنند. فرضیه تغییر تمرکز منابع برای عوامل بیماری‌زا فقط به طور جزئی قابل کاربرد است و به تنهایی ارتباطی با علف‌های هرز ندارد. در واقع علف‌های هرز می‌توانند به عنوان گیاهان غیرمیزبان در بین میزبان‌ها به دلیل موقعیت غذایی منحصر به فردشان برای آفات وجود داشته باشند. یک مساله دیگر در رابطه با تک کشتی این است که این قبیل سیستم‌های کشت ممکن است فشار انتخابی روی جمعیت‌های آفت اعمال کنند که منجر به افزایش فراوانی آفاتی شوند که قادر به پیدا کردن محصول میزبان بوده و روی آن رشد می‌کنند.

تغییر در معرض بودن

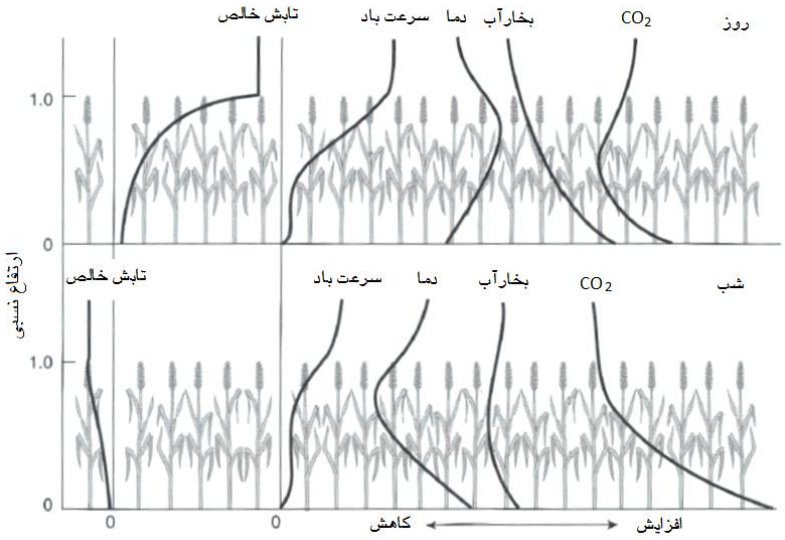
فرضیه در معرض بودن اشاره بر آن دارد که اگر میزبان مرجح آشکار نباشد (قابل دید کمتر)، آنگاه ممکن است با احتمال کمتری به وسیله یک جانور پیدا شده و مورد حمله قرار گیرد. در بیشتر جانوران یافتن میزبان بیشتر به واسطه داده حسی نظیر علائم شیمیایی و محرک‌های بینایی انجام می‌شود. علائم شیمیایی ساطع شده به وسیله گیاهان میزبان کایرومون‌ها نامیده می‌شوند (فصل ۱۴ را ببینید). کشت توام محصولات مختلف یا محصول و علف‌های هرز می‌تواند در معرض بودن یک محصول مرجح میزبان را کاهش دهد و کاهش سطح هجوم و حمله آفت را نتیجه دهد. مفهوم تغییر معرض بودن تنها برای آفاتی بکار می‌رود که به طور فعال برای پیدا کردن میزبان به جستجو

[1] Monoculture
[2] Mixed culture

می‌پردازند مانند حشرات و نماتدها، بنابراین به عوامل بیماری‌زا یا علف‌های هرز مربوط نمی‌شود. درست همراه با فرضیه تمرکز منابع علف‌های هرز مشتمل می‌شوند زیرا وجود آن‌ها ممکن است به طور جزئی گیاهان میزبان مرجح را مخفی کند. تغییر در معرض بودن نقطه عطف این استدلال است که باقی گذاشتن علف‌ها در مزارع می‌تواند حمله بندپایان آفت روی محصول را کاهش دهد. فرضیه در معرض بودن، مفهوم استفاده از سیستم چندکشتی را به عنوان وسیله‌ای برای ممانعت از حرکت آفات به طرف گیاه زراعی (محصول) تقویت می‌کند. در فصل ۷ معانی این روش مدیریتی با عنوان تنوع زیستی در مدیریت آفات مورد بحث قرار می‌گیرد.

تغییر خرد زیستگاه

وجود گیاهان زراعی یا علف‌های هرز یا خسارت به وسیله سایر آفات موجب تغییراتی در زیستگاه می‌شود. تغییرات عمده ناشی از این وجود یا خسارت به تاج پوشش است. تغییر در تاج پوشش تغییرات زیادی در خرد اقلیم[1] ایجاد می‌کند. اثرات بارز در شکل ۶-۱۲ نشان داده شده است. تغییرات در زیستگاه ریشه نیز رخ می‌دهد ولی این تغییرات کمتر شناخته شده یا به اثبات رسیده‌اند.



شکل ۶- ۱۲: معرفی نموداری اثرات یک پوشش گیاهی روی تابش، دما، سرعت باد، رطوبت نسبی و پراکنش CO2 در طول شب یا روز. منبع: رسم مجدد از Norris و Kogan، ۲۰۰۰.

[1] Microclimate

اهمیت آن در IPM شامل نقش تاج پوششی علف هرز در تعدیل خرد اقلیم و اثرات ریزش برگ محصول روی نور، دما، رطوبت یا رطوبت نسبی، جریان هوا یا باد مواد غذایی معدنی است.

نور: خسارت به تاج پوشش محصول بدان معنی است که تابش خورشیدی کمتری به محصول برخورد کرده، که منجر به دسترسی بیشتر تابش خورشید برای سایر گیاهان موجود در سیستم می‌شود. (مثال علف‌های هرز: برهم‌کنش‌های غذایی غیرمستقیم در بخش اخیر این فصل را ببینید). دریافت نور به وسیله تاج پوشش علف هرز یک مبنای اصلی برای رقابت بین علف‌های هرز و محصولات است.

دما: تاج پوشش گیاه تابش خورشید را دریافت می‌کند و تاج پوشش در حال رشد باعث تغییر دمای هوا و دمای خاک می‌شود. همان طوری که علف‌های هرز می‌توانند یک جزء اصلی تاج پوشش در زمان‌های معین و در محصولات معینی باشند، وجود آن‌ها می‌تواند منجر به تغییرات دمایی در خردزیستگاه[1] شود. ریزش برگ محصولات به وسیله آفات می‌تواند همچنین منجر به تغییراتی در دماها شود.

دمای هوا: در اصل وجود تاج پوشش یک گیاه دمای هوا داخل تاج پوشش را در طول روز کاهش می‌دهد و این دما را در طول شب افزایش می‌دهد. دمای سطح تاج پوشش بالاتر از دمای محیط در طول روز بوده و در طول شب پایین تر از آن است (شکل ۶-۱۰).

دمای خاک: پوشش گیاهی، اعم از گیاهان زراعی (محصول) یا علف‌های هرز، در بهار و تابستان باعث سردتر شدن خاک و در پاییز و زمستان باعث گرم‌تر شدن خاک می‌شوند. این تفاوت‌ها ۵± درجه تا ۱۰ درجه فارنهایت هستند ولی می‌توانند به میزان ۱۵ درجه فارنهایت برسند. نوسان‌های دمای روزانه به سبب وجود تاج پوشش چند ساعتی کاسته شده یا متوازن می‌شود.

در برهم‌کنش‌های بین آفات منظور اصلی IPM از دما، دمای محیطی است که فعالیت متابولیک موجودات خونسرد[2] (نماتدها، نرمتنان، بندپایان) را تنظیم می‌کند. علف‌های هرز به دلیل ایجاد یک تاج پوشش گیاهی، در بعضی از موقعیت‌ها ممکن است دارای توانایی تغییر نرخ رشد آفت باشند. به طور فرضی، وجود علف‌های هرز توانست منجر به پیشگویی با دقت کمتری از رشد جمعیت آفت به وسیله مدل‌های به کارگیرنده اطلاعات دمای هوای ناحیه‌ای شود. این احتمال وجود دارد که وجود علف‌های هرز در بعضی از موقعیت‌ها چنین مدل‌های نادرستی ارائه دهند. اگرچه بیشتر مدل‌ها در یک سطح دقیقی عمل می‌کنند که به وسیله اثرات خرداقلیمی کم اهمیت به طور معنی‌داری تحت تاثیر قرار نمی‌گیرند، این نوع از برهم‌کنش بین آفات باید در پیش گویی IPM در نظر گرفته شود.

---

[1] Microhabitate
[2] Poikilothermic

تعدیل دما می‌تواند بر رشد علف هرز به ویژه جوانه زنی تأثیر بگذارد. ریزش برگ یک محصول مانند یونجه در بهار زمینه را برای گرم شدن سریع‌تر خاک و در نتیجه سرعت جوانه‌زنی علف هرز فراهم می‌کند. وجود علف‌های هرز زمستانی در یونجه می‌تواند افزایش دمای خاک در بهار را کند و آهسته کرده و ظهور علف‌های هرز تابستانی را به تأخیر بیاندازد. همچنین محصولات پوششی می‌تواند دمای خاک را کاهش داده و منجر به تأخیر در ظهور علف‌های هرز فصل گرم و کندی رشد همه آفات خاکزاد دیگر شود.

تعدیل دما در سطح خرداقلیم دارای اثرات کمتری روی مهره‌داران است زیرا آن‌ها دمای بدنشان را تنظیم می‌کنند.

رطوبت/رطوبت نسبی: بدن موجودات زنده دارای نزدیک به ۷۵ درصد آب است. تغییرات در قابلیت دسترسی آب محیطی می‌تواند رشد موجود را تعدیل کند. بیشتر این برهم‌کنش‌ها یا به سبب استفاده از آب به وسیله هم گیاهان و هم علف‌های هرز بوده و یا به خاطر اثرات تاج پوشش آن‌ها روی رطوبت نسبی است. برهم‌کنش‌هایی که در خاک به وقوع می‌پیوندند از برهم‌کنش‌هایی که در هوا رخ می‌دهند مستلزم بررسی جداگانه‌ای هستند.

رطوبت خاک: برهم‌کنش‌های موجود در خاک می‌تواند نتیجه محدود بودن آب یا فراوانی آن باشد.

۱- محدود بودن آب برای تولیدکنندگان مهم است. چون رقابت برای این منبع را در اکوسیستم پایه تشدید می‌کند و بنابراین بیشتر برای علف‌های هرز مهم است. نماتدها موجودات آبزی هستند و رطوبت پایین خاک قابلیت آن‌ها را در جابجایی و زنده ماندن کاهش می‌دهد. رطوبت پایین خاک ناشی از مصرف آن به وسیله علف‌های هرز است بنابراین دارای پتانسیل تغییر در درجه حمله به وسیله مصرف‌کنندگان اولیه است.

۲- فراوانی آب ممکن است طی هوای مرطوب رخ دهد و وجود تاج پوشش می‌تواند خشک شدن لایه‌های سطح فوقانی خاک را به تأخیر بیاندازد. بسیاری از عوامل بیماری‌زا خاکزاد مانند *Phytophthera* نیازمند شرایط مرطوب برای ایجاد آلودگی هستند و بنابراین وجود تاج پوشش علف هرز می‌تواند این فرایند را تغییر دهد.

رطوبت هوا: وجود تاج پوشش رطوبت نسبی داخل آن را افزایش می‌دهد (شکل ۶-۱۲) و بسیاری از عوامل بیماری‌زای برگی نیازمند رطوبت نسبی بالا برای آلوده‌سازی برگ‌های گیاه میزبان هستند. افزایش شیوع بیماری سفیدک کرکی[1] در درختان مو ممکن است به اثرات تاج پوشش ذرت خوشه‌ای نسبت داده شود. کاستن تاج پوشش مو برای افزایش تبادل هوا یک روش مورد استفاده برای مدیریت پوسیدگی‌های خوشه (*Botrytis*) در مو است (شکل ۱۵-۳) را ببینید) و وجود پوشش

[1] Downy mildew

علف هرز می‌تواند این روش مدیریتی را خنثی کند. تاج پوشش همچنین برای راب‌ها و حلزون‌ها مفید است چون از آن‌ها در برابر خشک شدن محافظت می‌کند و در بسیاری از موقعیت‌ها علف‌های هرز می‌توانند چنین حفاظتی را فراهم کنند.

جابجایی هوا/باد: تغییرات در جابجایی هوا و باد به سبب وجود تاج پوشش ممکن است اندام‌های تولید مثلی رویشی[1] عامل بیماری‌زا را جابجا کرده و می‌تواند بعضی از حشرات را از جای خود کنده یا آب بدن آن‌ها را کم کند و می‌تواند دما و رطوبت را تغییر دهد.

مواد غذایی: تغییرات در مواد غذایی موجود برای میزبان‌ها می‌تواند توانایی میزبان در تحمل حمله آفت را تغییر دهد و در نتیجه اهمیت آفات اختصاصی را تغییر دهد (فصل ۱۶ را ببینید). در دسترس بودن محدود مواد غذایی یکی از دلایل اصلی رقابت بین علف‌های هرز و محصولات است و تغییرات در مواد غذایی ممکن است انگیزه ایجاد برهم‌کنش‌ها در بین آفات شود. تعدیل مواد غذایی دارای توانایی تأثیر بر ارزش غذایی علف‌های هرز مورد تغذیه سایر موجودات آفت است. متابولیسم نیتروژن ممکن است به وسیله تنش آبی اصلاح شود که تغییر دهنده رشد جمعیت‌های کنه تار عنکبوتی روی گیاهان علفی است.

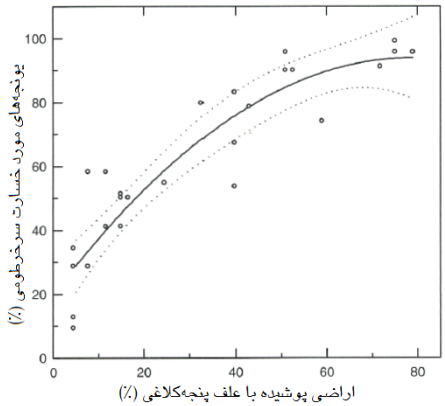
پناهگاه: پناهگاه یک موجود در برگیرنده بسیاری از عواملی است که بحث شد. پناهگاه فراهم کننده حفاظت در برابر نوسان‌ها محیطی، فراهم کننده پوشش گیاهی[2] و کاهش دیده شدن است. بسیاری از حشرات، مهره‌داران و نرمتنان در تمام طول روز در محیط باز قادر به زنده ماندن نیستند؛ آن‌ها نیازمند حفاظت در برابر گرمای بیش از حد (تابش مستقیم) و خشک شدن هستند. پوشش گیاهی امکان مخفی شدن آفات در برابر شکارگران را فراهم می‌کند. همان‌طور که ذکر شد، علف‌های هرز در بسیاری از موقعیت‌ها تاج پوشش گیاهی بسیار زیادی فراهم می‌کنند و در نتیجه علف‌های هرز و کنترل آن‌ها در دسترس بودن پناهگاه را تعدیل می‌سازند.

مثال‌هایی از علف‌های هرز فراهم کننده پوشش گیاهی برای آفات دیگر شامل موش چمن‌زار در لاین‌های پرچین‌ها (حصارها) و اطراف پایه درختان و کنگرها، سنجاب‌های زمینی در مناطق کشت نشده و راب‌ها و حلزون‌ها داخل و اطراف مزارع است. گیاهان کرچک[3] در حال رشد در طول مزارع پنبه و سویا در برزیل برای تعداد زیادی از سن‌های بدبو طی دوره‌هایی که این محصولات در مزرعه وجود ندارند پناهگاه فراهم می‌کند. حتی بعد از خشک شدن علف‌های هرز قادر به فراهم کردن پناهگاه برای حشرات هستند. بیوماس شاخ و برگ و ساقه‌هایی که سطح خاک را می‌پوشانند،

[1] Propagules
[2] Cover
[3] Castor bean

پناهگاهی برای تجمع حشراتی فراهم می‌کنند که در مرحله بالغ زمستانگذرانی می‌کنند. بعضی از گونه‌های سوسک‌های coccinellid و chrysomelid دارای این رفتار سازشی هستند.

همچنین علف‌های هرز می‌توانند نوع بی‌نظیری از پناهگاه را برای تعدادی از بندپایان در قالب محل تخمریزی فراهم کنند، حتی هنگامی که خود گیاه منبع غذایی نباشد. سرخرطومی یونجه به طور طبیعی تخم‌های خود را داخل ساقه‌های توخالی یونجه قرار می‌دهد (شکل۵-۱ K را ببینید). نوعی گزنه، یک علف هرز از تیره Lamiaceae نیز دارای ساقه‌های توخالی است که می‌تواند محل تخمریزی و پناهگاه محافظی برای تخم‌های سرخرطومی یونجه باشد. وجود این علف هرز منجر به افزایش سطوح خسارت به یونجه از طریق تدارک پناهگاه برای تخم‌ها می‌شود (شکل ۶-۱۳).



شکل ۶- ۱۳: رابطه‌ی تعداد علف پنجه‌کلاغی و خسارت سرخرطومی یونجه. منبع: رسم مجدد از Waldrep و همکاران، ۱۹۶۹.

خلاصه‌ها و اهمیت برهم‌کنش‌های ناشی از منبع غذایی یا اصلاح زیستگاه

عوامل بیماری‌زا

بیشتر برهم‌کنش‌های بین عوامل بیماری‌زا و سایر آفات در مفهوم مدیریت تلفیقی آفات (IPM) منفی هستند؛ وجود سایر آفات شدت خسارت ایجاد شده به وسیله عامل بیماری‌زا را افزایش می‌دهد. بنابراین کنترل سایر آفات به احتمال زیاد منجر به اصلاح کنترل بیماری می‌شود و برای موجوداتی که ناقلین عوامل بیماری‌زا (شکل ۵-۲۲ را ببینید) و علف‌های هرزی که میزبان‌های جانشین عوامل بیماری‌زا هستند به کار می‌رود. علف‌های هرز ناقلین بدون نشانه عوامل بیماری‌زا هستند. مثال‌هایی از علف‌های هرز که میزبان‌های عوامل بیماری‌زا هستند شامل موارد زیر هستند:

۱- ویروس پیچیدگی[۱]: ناقلین آن زنجرک‌های برگی و میزبان‌ها شامل خـاربن روسـی[۲] و علـف‌هـای هرز دیگر هستند.

۲- ویروس موزائیک خیار[۳]: ناقلین شته‌ها و سفیدبالک‌ها[۴] و میزبان‌ها شامل گندمک معمولی[۵]، گزنه و گونه‌های دیگر هستند. این ویروس می‌تواند از طریق بذر منتقل شـود. مشـخص شـده ۱٪ تـا ۴٪ بذرهای گندمک در بانک بذر خاک به ویروس آلوده هستند. گزارش شده است کـه ویـروس تـا ۲۰ ماه در چنین بذرهایی پایدار است.

۳- ویروس موزائیک کاهو[۶] در پیرگیاه معمولی[۷].

۴- ویروس زردی چغندر غربی[۸]: ناقلین شته‌ها و میزبان‌ها شامل گونه‌های زیادی از علـف‌هـای هـرز هستند.

۵- بیماری پیرس در موها: حشرات ناقل زنجرک‌هـای برگـی و میزبـان‌هـا شـامل ذرت خوشـه‌ای و بسیاری از گونه‌های دیگر هستند.

۶- ارگوت[۹] در غلات: میزبان‌های جانشین شامل بسیاری از گونه‌های گیاهـان علفـی[۱۰] بـویژه علـف چمنی یک‌ساله و دم روباهی.

۷- *Rhizoctonia solani* در سیب‌زمینی: میزبان‌های جانشین بسیار زیـادی از علـف‌هـای هـرز وجود دارد مانند گونه‌های تاجریزی.

۸- عوامل پژمردگی ورتیسلیومی در پنبه و محصولات دیگر: در حدود ۳۰۰ میزبان جانشـین وجـود دارد نظیر گونه‌های فراوانی از علف‌های هرز.

سایر میزبان‌های جانشین و مخزن برای برخی از ویروس‌ها در جدول ۶-۱ ارائه شده است.

نماتدها

همانند عوامل بیماری‌زا، تقریبا همه‌ی برهم‌کنش‌های بین نماتدها و سایر آفات نسبت بـه مـدیریت تلفیقی آفت (IPM) منفی هستند. در سیستم‌های کشاورزی، مدیریت نماتدها در جایی کـه علـف-های هرز کنترل نشده‌اند، مشکل به نظر می‌رسد زیرا نماتدها از علف‌های هرز جانشین استفاده می-کنند که باعث وجود تعداد زیاد آن‌ها در خاک می‌شود. موارد اسـتثناء شـامل اسـتفاده احتمـالی از

---

[1] *Curly top virus*
[2] Russian thistle
[3] *Cucumber mosaic virus*
[4] Whiteflies
[5] Chickweed
[6] *Lettuce mosaic virus*
[7] Common groundsel
[8] *Beet western yellows virus*
[9] Ergot
[10] Weedy grass

علف‌های هرز به عنوان « گیاه تله[1] » و هنگامی است که بعضی از علف‌های هرز می‌توانند ترکیباتی آزاد کنند که نماتدکش هستند؛ مفهوم اخیر در فصل ۱۶ با عنوان روش‌های کنترل زراعی مورد بحث قرار می‌گیرد. مثال‌هایی از علف‌های هرز که میزبان‌های جانشین برای نماتدها هستند در جدول ۲-۸ نشان داده شده است.

نرمتنان

برهم‌کنش‌های بین نرمتنان و سایر آفات از نظر مفهوم مدیریت آفت، همگی منفی هستند. علف-های هرز اغلب مسائل ناشی از نرمتنان را افزایش می‌دهند.

علف‌های هرز در برخی از موارد ممکن است به عنوان یک منبع غذایی به جای محصول ترجیح داده شوند و در نتیجه وجود علف‌های هرز ممکن است خسارت به محصول به وسیله راب‌ها را کاهش دهد. حمل و نقل نماتدهای حامل ویروس‌ها به وسیله نرمتنان یک برهم‌کنش محدود ولی به شدت منفی در بین گروه‌های آفات است.

بندپایان

برهم‌کنش‌های بین علف‌های هرز و بندپایان بسته به نوع اکوسیستم و گونه‌های مربوطه می‌تواند مفید یا مضر باشد. موارد زیر نمونه‌هایی از برهم‌کنش‌های مفید در مکان‌هایی هستند که علف‌های هرز تأمین کننده منابع مورد نیاز بندپایان مفید هستند.

۱ - باغ‌های میوه: کنه‌های گیاه‌خواری که از علف‌های هرز کف باغ تغذیه می‌کنند، منبع غذایی برای کنه‌های مفید هستند.

۲ - درختان مو: کنه‌های گیاه‌خوار روی ذرت خوشه‌ای طعمه کنه‌های شکارگر هستند.

۳ - کلمیان (تیره چلیپانیان)[2]: طعمه‌ای که روی علف‌های هرز زندگی می‌کند تامین‌کننده [غذای] بعضی از زنبورهای پارازیتوئید و شکارگران دیگر است.

۴ - حبوبات: علف‌های هرز ممکن است شکارگران زنجرک‌های برگی را تقویت کنند.

۵ - درختان مو: گونه *Anagrus epos* پارازیت زنجرک برگی مو داخل بدن زنجرک‌های برگی روی تمشک زمستان‌گذرانی می‌کند.

۶ - غلات: شکارگران شته ممکن است به طعمه (شکار) روی بید گیاه یکساله[3] حمله کنند.

۷ - محصولات مختلف: بعضی از زنبورهای پارازیت از گرده یا شهد سرشار از انرژی تغذیه می‌کنند که آن‌ها را از علف‌های هرز حاشیه مزارع جمع آوری می‌کنند.

---

[1] Trap crop
[2] Cole crops
[3] Annual bluegrass

طبق نکات ذکر شده پیشین مبنی بر پیامد کاهش کنترل علف هرز که منجر به کاهش تعداد حشرات آفت می‌شود، به نظر می‌رسد دارای پیامد ارزشمندی نیز باشند. با وجود این، بیشتر مثال-های ذکر شده نشان نمی‌دهند که وجود بندپایان مفید، در واقع تعداد آفت را در محصول کاهش می‌دهند. بنابراین، گاهی اوقات توانایی علف‌های هرز برای افزایش تعداد [بندپایان] مفید به اثبات رسیده است ولی رابطه مستقیمی برای همراهی کاهش آفت محصول و تغییر در کاهش عملکرد ناشی از آفت گزارش نشده است. مشکل دیگر، رقابت و کاهش عملکرد به سبب وجود علف‌های هرز در محصول است که ممکن است بر سود حاصل از افزایش حشرات مفید فزونی یابد.

بنابراین، استفاده از علف‌های هرز برای تقویت کنترل بیولوژیک بندپایان آفت باید به دقت ارزیابی شود (فصل ۷ را ببینید).

علف‌های هرز ممکن است فراهم کننده منابعی باشند که افزایش تعداد بندپایان را تقویت می‌کند. به طورکلی، چشم انداز IPM این نکته را روشن می‌سازد که علف‌های هرز مانند بسیاری از بندپایان مشکلاتی را ایجاد می‌کنند که البته در مورد آن‌ها ممکن است متعادل‌تر باشد. فهرستی از موارد برهم‌کنش‌های مضر با بندپایان آفت به شرح زیر است:

۱ - کرم‌های طوقه روی تاج‌خروس‌ها در محصول لوبیا و روی خار شتر کانادایی و پیچک[1] در محصول مارچوبه تقویت می‌شوند.

۲ - سن‌های لیگوس قادر به استفاده از بسیاری از گونه‌های علف‌های هرز نظیر تاج خروس و سلمه تره هستند.

۳ - زنجرک‌های برگی چغندر قند از خارشتر روسی، تاج خروس و بسیاری از علف‌های هرز دیگر تغذیه می‌کنند.

۴ - تعداد شته سبز هلو روی علف‌های هرز کف باغ مانند خردل و کیسه‌کشیش افزایش می‌یابد. گزارش شده که بیش از ۵۳۰ میلیون شته در هر جریب روی علف‌های هرز زندگی می‌کنند.

۵ - تعداد سن‌های بذر از خانواده Lygaeidae روی گونه‌های خردل افزایش می‌یابد و ممکن است به محصولاتی مانند انگور منتقل شوند.

۶ - *Helicoverpa/Heliothis* در اوایل بهار روی علف‌های هرز متعددی در اطراف محصولات افزایش یافته و سپس به محصولات زراعی منتقل می‌شوند.

نتایجی که از این مشاهدات به دست می‌آید مغایر با برهم‌کنش‌های مثبتی هستند که ذکر شد و عقیده بر آن است که افزایش کنترل علف هرز اغلب منجر به اصلاحاتی در مدیریت حشره می‌شود.

[1] Bindweed

مهره‌داران

بیشتر برهم‌کنش‌های چندآفتی مربوط به مهره‌داران به علف‌های هرز وابسته هستند. چنین برهم-کنش‌هایی همگی نسبت به IPM منفی هستند. زیرا علف‌های هرز هم به صورت پناهگاه و هم به صورت منبع غذایی به‌کار می‌روند یا این‌که مهره‌داران بذرهای علف هرز، عوامل بیماری‌زا یا نماتدها را از یک محل به محل دیگر حمل می‌کنند.

برهم‌کنش‌های ناشی از پدیده‌های فیزیکی

بعضی از برهم‌کنش‌های موجود در بین موجودات در گروه‌های مختلف آفات در نتیجه واکنش به اثرات فیزیکی یک آفت روی آفت دیگر یا روی محصول میزبان بوقوع می‌پیوندد. این برهم‌کنش‌ها بر مبنای خسارت فیزیکی آفت به گیاه میزبان هدف است که حساسیت میزبان را نسبت به آفت دیگر یا به آفات ناقل، افزایش می‌دهد.

خسارت فیزیکی در میزبان

بسیاری از عوامل بیماری‌زا، به‌ویژه باکتری‌ها نمی‌توانند به کوتیکول گیاه سالم نفوذ کنند. خسارت از طریق جویدن توسط آفات جانوری مانع کوتیکولی را حذف کرده و منافذ فیزیکی برای چنین موجوداتی فراهم می‌کند، حتی اگر عامل بیماری‌زا به وسیله موجودی که عمل جویدن را انجام داده، منتقل نشود.

مثال‌هایی از این نوع برهم‌کنش‌ها به قرار زیرند:

لاروهای حشره‌ای که از انگورهای نارس تغذیه می‌کند می‌تواند شیوع بیماری کپک خاکستری را افزایش دهد.

کرم برگ‌خوار چغندر که از چغندرقند تغذیه می‌کند می‌تواند بیماری پوسیدگی نرم ایجاد شده به-وسیله باکتری *Erwinia* را افزایش دهد.

نماتد ریشه گره‌ای که ریشه‌های پنبه را آلوده می‌کند مقاومت به فوزاریوم را در پنبه‌های مقاوم به فوزاریوم می‌شکند (شکل ۷-۲ i را ببینید).

حمل و نقل فیزیکی خارجی

ساختارهای تولیدمثلی (باکتری‌ها، اسپورها، بذرها) در بعضی از گروه‌های آفات می‌توانند به‌طور خارجی به‌وسیله گروه متفاوتی از آفت پراکنده شوند. یکی از بهترین موارد ثابت شده از این برهم-کنش، پراکنش اسپورهای بیماری مرگ نارون هلندی از درختان آلوده به درختان سالم توسط سوسک پوستخوار نارون است. این سوسک روی پوست ایجاد خسارت کرده و محل‌هایی برای ورود قارچ به وجود می‌آورد. برای کنترل این سوسک روشی به کار گرفته شد تا گسترش بیماری را

متوقف کند ولی این روش موفقیت آمیز نبود. بسیاری از حشرات نظیر زنبور عسل و مگس‌های بازدیدکننده از گل‌ها[1] در درخت گلابی باکتری را از گلی به گل دیگر منتقل می‌کنند.

بسیاری از پستانداران بذرهای علف هرز را در موهای بدن خود حمل می‌کنند یا نماتدهای موجود در خاک به پنجه‌های آن‌ها می‌چسبند. یک برهم‌کنش به نسبت منحصر به فرد بین پرندگان و داروش‌های درشت برگ که در واقع آفات خطرناک بسیاری از درختان هستند وجود دارد. بذرهای داروش گوشتی و چسبناک است. چنانچه پرنده‌ای تلاش کند تا بذرها را بخورد آن‌ها به منقارش می‌چسبند. سپس پرنده بذر را روی پوست درخت خراش می‌دهد ولی این کار روی همان درخت انجام نمی‌شود. همچنین پرندگان ممکن است بذرها را بخورند و بذرهای زنده از میان دستگاه گوارش آن‌ها عبور کرده و در مدفوع ظاهر شوند.

انسان به ویژه در رابطه با حمل و نقل خارجی آفات به طور تصادفی یا به طور آگاهانه نقش بسزایی دارد. اهمیت این موضوع در IPM به قدری زیاد است که به طور دقیق در فصل ۱۰ مورد بحث قرار می‌گیرد.

حمل و نقل فیزیکی داخلی

حشرات می‌توانند نماتدها را از میزبانی به میزبان دیگر حمل کنند. سرخرطومی خرما حشره‌ای است که آفت مخرب در بسیاری از محصولات است. اهمیت آن وقتی افزایش می‌یابد که این سرخرطومی همچنین نماتد حلقه قرمز را در مسافت‌های طولانی حمل می‌کند. این نماتد بیماری حلقه قرمز در درختان نارگیل و نخل روغنی ایجاد می‌کند و در طول چند ماه، آلودگی درختان را از بین می‌برد (شکل ۶-۱۴). توزیع جغرافیایی آن هنوز در حال افزایش است. یک وضعیت مشابه در مورد بیماری پژمردگی کاج وجود دارد که به وسیله نماتد چوب کاج[2] ایجاد می‌شود. این نماتد به وسیله یک سوسک شاخک بلند cerambycid از جنس *Monochamus* از درختی به درخت دیگر حمل می‌شود.

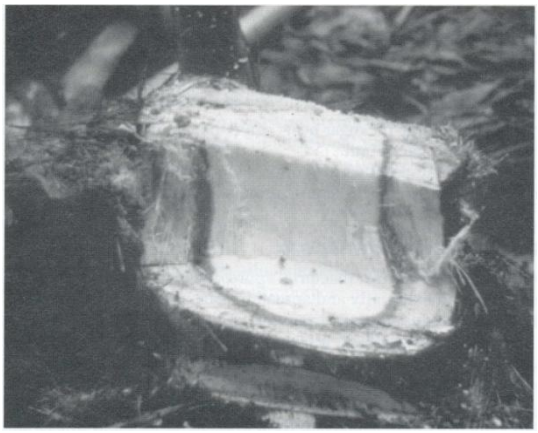
تعداد زیادی از عوامل بیماری‌زا قادر به زیستن در خارج از سلول‌های زنده نیستند و به آن‌ها موجودات سخت کشت گفته می‌شود (فصل ۲ را ببینید). این گروه‌های عوامل بیماری‌زا شامل همه ویروس‌ها و ویروئیدها، بسیاری از باکتری‌ها و بیشتر فیتوپلاسماها هستند. برای اینکه این گروه‌های عوامل بیماری‌زا پراکنش یابند بایستی یک موجود زنده آن‌ها را از یک میزبان به میزبان دیگر منتقل کند. این فرایند "انتقال" نامیده می‌شود و موجود انتقال دهنده عامل بیماری ناقل[3] نامیده می‌شود. موجود ناقل، عامل بیماری‌زا را از طریق تغذیه از یک گیاه میزبان آلوده به دست آورده، به

---

[1] Flower – visiting flies
[2] Pinewood nematode
[3] Vector

طرف یک گیاه سالم حرکت کرده و با تغذیه از گیاه جدید، عامل بیماری‌زا را به آن منتقل می‌کند. انتقال عوامل بیماری‌زا ترکیبی از حمل و نقل فیزیکی آن‌ها و همچنین تدارک "محیط زیست" مناسب که عامل بیماری‌زا می‌تواند زنده مانده و در بعضی موارد حتی تولیدمثل کند است.

در حقیقت انتقال یک برهم‌کنش پیچیده سه جانبه و مشتمل بر چند پدیده فیزیکی متفاوت است. مکانیزم‌های ویژه چگونگی این رخدادهای انتقال، بسته به عامل بیماری‌زا، ناقل و گیاهان میزبان متغیر است. در همه گروه‌های آفات گونه‌هایی وجود دارند که ناقلند (شکل ۵-۲۲ را ببینید). همان طور که در قسمت اخیر ذکر شد در علف‌های هرز جانشین، ناقل می‌تواند عامل بیماری‌زا را از آن‌ها به دست آورد. انتقال فعال به وسیله علف هرز به ندرت رخ می‌دهد. یک مثال از این قبیل ناقل، گیاه سس انگل است که در آزمایش‌ها به کار رفته، ویروس‌ها را از گیاه آلوده به گیاه سالم انتقال می‌دهد.



شکل ۶- ۱۴: پایه درخت خرمای آلوده به بیماری حلقه قرمز. علامت حلقه‌ی قرمز به صورت حلقه‌ی تیره داخل تنه مشخص است. نماتد عامل بیماری و سرخرطومی خرما عامل انتقال است. منبع: تصویر از Caswell- Chen.

مثال‌هایی از گروه‌های مختلف آفات ناقل شامل:

۱ - عوامل بیماری‌زا: بعضی از ویروس‌ها به وسیله سایر عوامل بیماری‌زا منتقل می‌شوند. برای مثال *Rhizomania* در چغندرقند به وسیله ویروس رگبرگ زرد نکروتیک چغندر[1] ایجاد می‌شود که این ویروس به‌وسیله قارچ خاکزاد *Polymyxa betac* منتقل می‌شود.

[1] *Beet necrotic yellow vein virus*

۲ - نماتدها: ویروس‌های متعددی به وسیله نماتدها منتقل می‌شوند (جدول ۶-۵). برای مثال نماتد خنجری (*Xiphenema inden*) ویروس بادبزنی برگ مو را حمل می‌کند؛ در صورت عدم وجود نماتد، مشکل ویروس وجود ندارد. سایر نماتدهای ناقل در جنس *Longidorus* و *Trichodotus* قرار دارند (منبع Teylor و Brown، ۱۹۹۷ را برای تعداد زیادی از مثال‌های دیگر ببینید).

جدول ۶-۵ نمونه‌هایی از نماتدها و ویروس‌هایی که می‌توانند با آن‌ها منتقل شوند[1]

جنس نماتد	ویروس
Longidorus	موزاییک وردمانی هلو، وردمانی گیلاس، لکه حلقوی تمشک، حلقه سیاه گوجه فرنگی، لکه حلقوی توت
Paralongidorus	لکه حلقوی تمشک
Trichodorus	جغجغی تنباکو، زود قهوه‌ای شدن نخود فرنگی
Paratrichodorus	جغجغی تنباکو، زود قهوه‌ای شدن نخود فرنگی، لکه حلقوی فلفل
Xiphinema	برگ سوهانی گیلاس، موزاییک وردمانی هلو، لکه حلقوی تنباکو، لکه حلقوی گوجه فرنگی، موزاییک آرابیس، لکه حلقوی نهفته‌ی توت فرنگی، برگ بادبزنی مو

[1] رابطه‌ی بین گونه‌های نماتد و ظرفیت انتقال ویروس اختصاصی است و در اینجا جزئیات ذکر نشده است. منبع: فهرست از Taylor و Brown، ۱۹۹۷؛ و Weischer و Brown، ۲۰۰۰.

۳ - راب‌ها و حلزون‌ها: راب‌ها و حلزون‌ها مثالی از یک یا چند برهم‌کنش پیچیده سه جانبه را نشان می‌دهند. راب‌ها یک نماتد را حمل کرده که آن نماتد به نوبهٔ خود حامل یک ویروس یونجه است. نماتد ناقل واقعی است ولی راب حمل و نقل آن را از گیاهی به گیاه دیگر میسر می‌سازد.

۴ - حشرات: حشرات ناقل تعداد زیادی از ویروس‌ها، فیتوپلاسماها و باکتری‌های سخت کشت هستند. جدول ۶-۶ تعدادی مثال از چنین روابط حشره/ عامل بیماری‌زا را ارائه می‌دهد: بجاست خوانندگان کتاب بدانند از آنچه که در اینجا فهرست شده موارد بسیار بیشتری وجود دارد.

۵ - مهره‌داران: مهره‌داران ناقل آفات دیگری که در تولید محصول دخیل بوده، نیستند ولی در انتقال عوامل بیماری‌زای پستانداران دیگر نظیر انسان نقش دارند.

حمل و نقل داخلی بذرهای علف هرز که به‌وسیله پرندگان و پستانداران خورده می‌شوند نسبت به انتقال عوامل بیماری‌زا اهمیت بسیار کمتری دارد. به هر حال در برخی موقعیت‌ها این برهم‌کنش

پراکنش علف‌های هرز در مسافت‌های طولانی را نتیجه می‌دهد. هنگامی‌که کود حیوانی برای اصلاح حاصل‌خیزی خاک مورد استفاده قرار می‌گیرد توانایی بذرهای علف هرز برای زنده ماندن در دستگاه گوارش جانوران به طور ویژه مشکل ساز خواهد بود. جانورانی‌که از نزدیکی سطح زمین چرا می‌کنند ممکن است به طور غیرعمد خاک و نماتدهای داخل آن را گوارش دهند. بسیاری از نماتدهای قادر به زیست از میان دستگاه گوارش جانور عبور کرده و در یک محل جدید داخل مدفوع بر جای می‌مانند.

جدول ۶-۶	نمونه‌هایی از حشرات و پاتوژن‌هایی که می‌توانند با آن‌ها منتقل شوند
حشره[1]	**پاتوژن**
شته‌ها	ویروس موزائیک یونجه، ویروس کوتولگی زرد جو، ویروس موزائیک چغندر، ویروس موزائیک کرفس، ویروس تریستزای مرکبات، ویروس موزائیک خیار، ویروس موزائیک کاهو، ویروس موزائیک کوتولگی ذرت، ویروس کوتولگی زرد پیاز، ویروس آبله‌ی آلو (ویروس a. k. a. Sharka)، ویروس برگ قاشقی سیب زمینی، ویروس موزائیک سویا، ویروس موزائیک نیشکر
زنجرک‌های برگی	زردی مینا، ویروس پیچیدگی بوته‌ی چغندر، زردی مینای کرفس، کوتولگی ذرت، ویروس تونگروی برنج، بیماری وسترن X هلو
پسیل‌ها	فیتوپلاسمای گلابی
زنجرک‌های سرمخروطی	بیماری پیرس انگور، سوختگی برگ بادام، برگ قاشقی زرد هلو
سفیدبالک‌ها	ویروس رگ زرد خیار، ویروس برگ پیچیدگی در چندین محصول
	موزائیک زرد در بسیاری از محصولات گرمسیری
سوسک‌ها	ویروس پیسک لوبیا، ویروس پیسک سبززرد لوبیا چشم‌بلبلی، ویروس موزائیک لوبیا چشم بلبلی، ویروس غده دوکی سیب زمینی، ویروس موزائیک کدو
تریپس‌ها	ویروس پژمردگی لکه‌ای گوجه فرنگی، ویروس بافت مردگی جوانه بادام زمینی
سایر بندپایانی ناقل پاتوژن‌ها شامل شپشک‌های آردآلود، Piesmidها، مگس‌ها و برخی از کنه‌ها.	

[1] حشرات با نام‌های عمومی تیره ذکر شده‌اند، توانایی انتقال بین افراد هر رده متفاوت است. لیست تکمیل شده از Gibbs، ۱۹۷۳؛ Harris و Maramorosch، ۱۹۸۰؛ Harris و Maramorosch، ۱۹۷۹، ۱۹۸۲؛ و Sutic و همکاران، ۱۹۹۹.

مفهوم IPM و تجزیه و تحلیل اقتصادی از برهم‌کنش آفات

درک این نکته مهم است که همه برهم‌کنش‌های آفات که در این فصل مورد بحث قرار گرفته است، مستقل از روش‌های مورد استفاده در مدیریت آفات هستند. از دیدگاه اکولوژیکی بین این که آفت به‌صورت بیولوژیکی، فیزیکی، زراعی یا شیمیایی کنترل می‌شود تفاوت وجود ندارد زیرا تغییر در تعداد آفت روی برهم‌کنش‌ها تأثیر می‌گذارد و بنابراین، برهم‌کنش‌هایی که در قسمت اخیر این فصل مورد بحث قرار گرفتند، ممکن است صرف‌نظر از روش‌های مورد استفاده در مدیریت آفت بوقوع بپیوندند.

اهمیت نتایج این برهم‌کنش‌ها باید در متن IPM سنجیده شود:

۱ - مثبت – برهم‌کنش‌هایی که مسائل کلی آفت را کاهش می‌دهند.

۲ - خنثی – برهم‌کنش‌هایی که مسائل موجود آفت را تغییر نمی‌دهند.

۳ - مضر – برهم‌کنش‌هایی که مسائل کلی آفت را بدتر سازند.

بنابراین دانستن این که آیا برهم‌کنشی که باید مورد بررسی قرار گیرد دارای اثرات جانبی است مهم است. شناخت چگونگی این روابط با IPM کلی محصول ضروری است.

اطلاعات رایج درباره اهمیت برهم‌کنش‌های اکولوژیکی بین آفات به ما امکان نمی‌دهد تا نتایج کلی مربوط به جنبه‌های منفی یا مثبت برهم‌کنش‌های بین گروه‌های آفات را استنباط کنیم. هر برهم-کنش به اکوسیستم و گونه‌های خاصی مربوط بوده و باید در رابطه با سیستم کشت خاصی و اهداف مدیر آفت سنجیده شود. به علاوه، پیامدهای اقتصادی برهم‌کنش‌های بین محصول و آفات آن باید مورد بررسی قرار گیرد ولی اطلاعات به اقتصاد برهم‌کنش‌های چندگانه آفت محدود می‌شوند. بنابراین برآورد اهمیت برهم‌کنش‌های مربوط به IPM کاربردی مورد بحث در این فصل مشکل است. ما باید در جهت شناخت برهم‌کنش‌ها تلاش کنیم و تصمیمات مدیریتی اتخاذ کنیم که حداقل این دانش را تا حد ممکن تلفیق می‌کند.

استنباط نهایی از این بخش آن است که برای هر اقدام مدیریتی، پتانسیل برای اثرات چندگانه در تمام شبکه غذایی و کل اکوسیستم زراعی وجود دارد (شکل ۶-۱). از دیدگاه IPM بایستی اهمیت نسبی همه آفات و برهم‌کنش‌هایی که می‌تواند رخ دهد مورد بررسی قرار گیرد. عدم بررسی اثرات یک گروه آفت یا برهم‌کنش‌هایی که رخ می‌دهد می‌تواند به طور بالقوه منجر به کاهش کلی محصول شود.

منابع

Babatola, J. O. 1980. Studies on the weed hosts ofthe rice root nematode,

Hirschmanniella spinicaudata Sch, Stek. 1944. Weed Res. 20:59-61.

Barnes. M. M. 1970. Genesis of a pest: *Nysius raphanus* and *Sisymbrium irio* in vineyards. J. Econ. Entomol. 63:1462-1463.

Bendixen, L. E. 1986. Weed hosts of *Meloidogyne*, the root-knot nematodes. In K. Noda and B. L. Mercado, eds., Weeds and the environment in the Tropics. Chiang Mai, Thailand: Asian-Pacific Weed Science Society, 101-167.

Bendixen, L. C., D. A. Reynolds, and R. M. Reidel. 1979. An annotated bibliography of weeds as reservoirs for organisms affecting crops. I.

Nematodes. Wooster, Ohio: Ohio Agric. Res. Dev, Center, 64.

Bos, L. 1981. Wild plants in the ecology of virus diseases. In K. Maramoroscli and K. F. Harris, eds., Plant diseases and vectors: Ecology and epidemiology New York; Academic Press, 1-33. `

Buntin, G. D., and L. R Pedigo. 1986. Enhancement of annual weed populations in alfalfa after stubble defoliation by variegated cutworm (Lepidoptera: Noctuidae). J. Econ. Entomol, 79:1507-1512.

Duffus, J. E. 1971. Role of weeds in the incidence of virus diseases. Annu. Rev. Phytophathol. 9: 3l9-340.

Genung, W. G., and I. R. Orsenigo. 1970. Some insect-weed inter-relatiouships that a grower should know. Fla. State Hortic. Soc. Proc. 83:161-165.

Gibbs, A. J., ed. 1973. viruses and invertebrates. New York; American Elsevier Pub., xvi, 673.

Giblin-Davis, R. M. 1993. Interactions of nematodes with insects. ln M. W. Khan, ed., Nematode interactions, London; New York: Chapman & Hall, 302 344.

Harris, K. F., and K. Maramorosch, eds. 1980. Vectors of plant pathogens. New York: Academic Press, xiv, 467.

Jacobsen, L, A. 1945. The effect of stinkbug feeding on wheat. Can. Entomol. 77:200.

Khan, M. W., ed. 1993. Nematode interactions. London; New York: Chapman & Hall, xi, 377.

Kranz, J., H. Schmutterer, and W Koch. 1978. Diseases, pests, and weeds in tropical crops. Chichester; New York: Wiley, xiv, 666, [32] leaves of plates.

Leath, K. T, and R. A. Byers. 1977. Interaction of Fusarium root rot with pea aphid (*Acyrthosiphon pisum*) and potato leafhopper (*Empoasca fabae*) feeding on forage legumes. Phytopathology 67:226-229.

Manuel, J. S., L. E. Bendixen, and R. M. Riedel. 1981. Weed hosts of Heterodera glycines: The soybean cyst nematode. Wooster, Ohio: Ohio Agric. Res. Dev. Center, 8.

Manuel, J. S., L. E. Bendixen, and R. M. Riedel. 1982. An annotated bibliography of weeds as reservoirs for organisms affecting crops. Ia. Nematodes. Wooster, Ohio: Ohio Agric. Res. Dev. Center, Ohio State Univ., 34.

Manuel, I. S., D. A. Reynolds, L. E. Bendixen, and R. M. Riedel. 1980. Weeds as hosts of Pratylenchus. Wooster, Ohio: Ohio Agric. Res. Dev. Center, 25.

Maramorosch, K., and K. F Harris, eds. 1979. Lea/'hopper vectors and plant disease agents. New York: Academic Press, xvi, 654.

Maramorosch, K., and K. F. Harris. 1982. Pathogens, vectors, and plant diseases: Approaches to control. New York: Academic Press, xii, 310.

Norris, R. F., and M. Kogan. 2000. Interactions between weeds, arthropod pests and their natural enemies in managed ecosystems. Weed Sci. 48:94-158.

Pickett, C. H., and R. L. Bugg, eds. 1998. Enhancing biological control: Habitat management to promote natural enemies of agricultural pests. Berkeley, Calif: University of California Press, 422.

Richardson, M. J., and M. J. M. D. Noble. 1979. An annotated list of seed-borne diseases. Kew, U.K. Zurich, Switzerland: Commonwealth Mycological Institute; International Seed Testing Association, 320.

Speight, M. R., and I. H. Lawton. 1976. The influence of weed cover on the mortality imposed on artificial prey by predatory ground beetles in cereal fields. Oecologia 23:211-223.

Sutic, D. D., R. E. Ford, and M. T. Tosic. 1999. Handbook of plant virus diseases. Boca Raton, Fla.: CRC Press, xxiii, 553.

Tamaki, G., H. R. Moffit, and I. E. Turner. 1975. The influence of perennial weeds on the abundance of the redback cutworm on asparagus. Environ. Entomol. 42274-276.

Tamaki, G., and D. Olsen. 1979. Evaluation of orchard weed hosts of green peach aphid and the production of winged migrants. Environ. Entomol. 81314- 317.

Taylor, C. E., and D. I. F. Brown. 1997. Nematode vectors of plant viruses. Wallingford, Oxon England; New York: CAB International, xi, 286.

Thresh, J. M., ed. 1981. Pests, pathogens and vegetation. London, UK: Pitman Books Limited, 517. ,

Waldrep, T. W., D. S. Chamblee, D. Daniel, W. A. Cope, and T. A. Busbice. 1969. Damage to alfalfa by the alfalfa weevil as related to infestation by henbit (*Lamium amplexicaule* L_). Crop Sci. 9:38B.

Weischer, B., and D. I. R Brown. 2000. An introduction to nematodes: General nematology; A students textbook. Sofia, Bulgaria: Pensoft, xiv, 187.

فصل هفتم: تنوع زیستی اکوسیستم و مدیریت تلفیقی آفات

رئوس مطالب فصل

- مقدمه
- تنوع زیستی و کشاورزی
- شرح و توصیف تنوع زیستی
- اهمیت تنوع زیستی در مدیریت تلفیقی آفات
- تنوع زیستی مورد استفاده در سیستم‌های مدیریت تلفیقی آفات

مقدمه

تنوع زیستی ممکن است یک مفهوم، یک ماهیت قابل اندازه‌گیری یا یک ساختار اجتماعی - سیاسی در نظر گرفته شود (گاستون[1]، ۱۹۹۶). تنوع زیستی باید در سه سطح همپوشان ارزیابی شود:

۱- تنوع ژنتیکی

۲- تنوع تاکسونومیکی

۳- تنوع اکوسیستم

تلاش‌ها برای تعیین تأثیر تنوع زیستی روی مدیریت آفت مستلزم طیف وسیعی از روش‌های تحقیقاتی و توجه به عناصر دارای برهم‌کنش در سیستم است. بررسی تنوع زیستی گیاهی و تنوع زیستی آفت برای تعیین امکانات موجود برای مدیریت آفت در هر اکوسیستم کشاورزی دارای برهم‌کنش است. این فصل در زمینه معانی تاکسونومیکی و تنوع زیستی اکوسیستم در مدیریت تلفیقی آفت (IPM) بحث می‌کند؛ نقش تنوع ژنتیکی در IPM در فصل ۱۷ در رابطه با مقاومت گیاه میزبان بحث می‌شود.

تنوع زیستی و کشاورزی

هنگامی که بشر جستجو و جمع‌آوری محصولات را به کشاورزی در زمین‌های زراعی تغییر داد اکوسیستم‌های زراعی بوجود آمدند که نسبت به اکوسیستم‌های طبیعی که از قبل وجود داشته، پیچیدگی زیستی کمتری داشتند. در ابتدا، میزان کاهش تنوع زیستی به نسبت کند بود ولی این

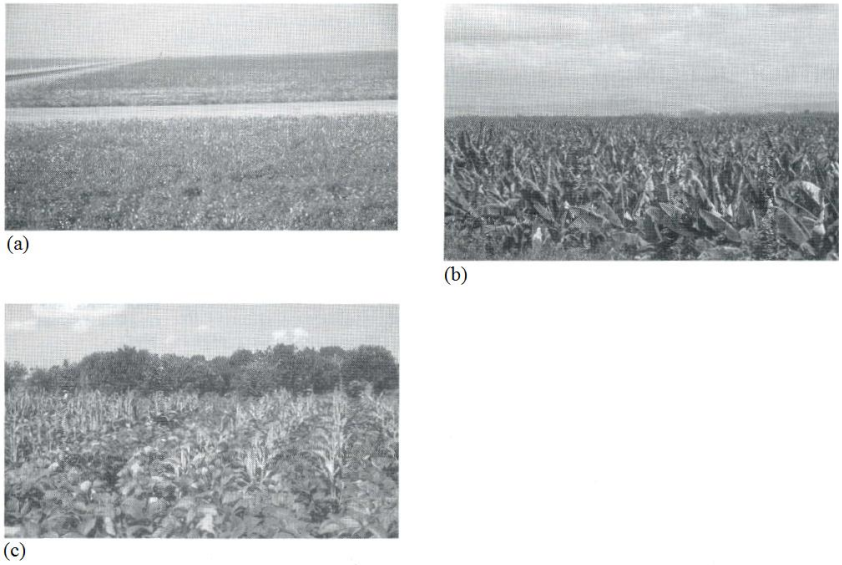
[1] Gaston

میزان در حدود ۳۰۰ سال پیش به سرعت شروع بـه افـزایش کـرده و در قـرن بیسـتم از بیشـترین سرعت برخوردار بوده است. امروزه در بیشتر کشورهای صنعتی، بیشتر محصولات نقـدی عمـده بـه صورت محصولات تک کشتی کاشته می‌شوند.

در این جا شایسته است دلیل رایج شدن محصولات تک کشـتی در کشـاورزی مـورد بررسـی قرار گیرد (شکل ۷-۱b و a). دلیل اصلی نیروی کار انسانی است. وجـین کـردن علـف‌هـای هـرز و برداشت، دو فرایند در تولید محصول هسـتند کـه نیازمنـد بـالاترین نیـروی کـار در سیسـتم‌هـای کشاورزی غیر مکانیزه هستند (شکل ۲-۴). در کشورهای صنعتی، ماشین‌هایی تولیـد شـده‌انـد کـه نیاز به نیروی کار دستی را برای برداشت محصولات عمده کاهش می‌دهند. به طور مشابه، مـدیریت علف هرز از نیروی کار انسانی به استفاده از کولیتواتورهای متصل بـه حیوانـات و در قـرن اخیـر بـه استفاده از ماشین آلات کشیده شونده به وسیله تراکتور تغییر یافت. به‌کارگیری مـوثر ایـن ماشـین آلات مستلزم کشت تنها یک گونه گیاه زراعی است. ماشـین آلات مـورد نیـاز بـرای کـار کـردن بـا گیاهان زراعی مختلف ممکن است به طور کامل متفاوت باشند به این صورت که کشت دو یا تعـداد بیشتری گونه زراعی مخلوط اغلب مانع از کاربرد ماشین آلات برای کنترل علف‌های هرز یا برداشت می‌شوند.

در کشورهای صنعتی به دلیل محدودیت‌های تحمیل شده به وسیله کمبود نیروی کار انسانی، شاید تنوع زیستی داخل مزرعه‌ای در اکوسیستم‌های کشاورزی به نسبت پایین باقی مـی‌مانـد. ایـن موضوع به ویژه به این دلیل که بیشتر جمعیت در کشورهای پیشرفته با کشاورزی سر و کار ندارنـد صحت دارد. در این کشورها از ماشین آلات کشاورزی به جای کارگر استفاده می‌شود. همچنـین در کشورهای غیرصنعتی نیز وقتی جمعیت از روستانشینی به شهرنشـینی تغییـر یابـد، آن‌هـا نیـز بـه استفاده از سیستم‌های تولید محصول تک کشتی روی خواهند آورد.

دلایل اکولوژیکی عملیات کشت محصولات به صورت سیسـتم‌هـای تـک کشـتی در مـدیریت آفات چه چیزهایی هستند؟ نظریه اکولوژیکی پیشگویی می‌کند که اکوسیسـتم‌هـای طبیعـی دارای تنوع گونه‌ای زیادتر نسبت به اکوسیستم‌های دارای تعداد محدودی از گونه‌ها به طور ذاتـی از ثبـات بیشتری برخوردار هستند. از دیدگاه مدیریت آفت، استدلال نظریه این اسـت کـه یـک اکوسیسـتم متنوع نسبت به اکوسیستم تک کشتی بـا احتمـال کمتـری دسـتخوش حملـه آفـت مخـرب واقـع می‌شود. نه تنها اکولوژیست‌ها این نظریه را پذیرفته‌اند که تنوع اکوسیستم منجر به پایداری می‌شود بلکه هنوز هم به طور گسترده‌ای از این نظریه در مدیریت تلفیقی بندپایان آفت استفاده مـی‌شـود و مدارک خوبی وجود دارد که این مفهوم را تأیید می‌کند.



شکل ۷- ۱: سطوح مختلف پیچیدگی سیستم‌های کشت. (a) تک کشتی پنبه در دره‌ی مرکزی کالیفرنیا؛ (b) تک کشتی موز در هندوراس؛ و (c) سیستم چندکشتی ذرت و سویا. منبع: تصاویر (a) و (b) از Robert Norris ؛ تصویر (c) ازMarcos Kogan.

شایسته است تأکید شود که مفهوم تنوع/پایداری بیشتر نظری است. طرح آزمایش‌هایی که به اندازه کافی بزرگ بوده و بتواند این نظریه را به مقدار کافی آزمایش کند مشکل است. بسیاری از عقایدی که از فرضیه تنوع/پایداری ناشی شده‌اند مبتنی بر اکوسیستم‌های طبیعی هستند و اکوسیستم‌های کشاورزی به سبب فعالیت‌های زیاد انسان‌ها ناپایدار هستند. معلوم شده که احتمالا آن‌ها در خصوص تنوع و پایداری شبیه یک سیستم طبیعی عمل نمی‌کنند؛ اگرچه ذکر این نکته مهم است که مقیاسی که در این نظریه در نظر گرفته می‌شود بر ارزیابی‌های هر دو، تنوع و پایداری تأثیر می‌گذارد.

مقیاس‌های تنوع

اهمیت فواید تنوع زیستی از لحاظ مکانی و زمانی به مقیاس بستگی دارد. سطوح مهم مقیاس به صورت زیر هستند:

مقیاس‌های مکانی

تنوع زیستی جهانی تنوع زیستی جهانی در سطح فرایندهای اکوسیستم جهانی برای فعالیت انسان مهم است و برای IPM از این نظر که منابع ژنتیکی مورد استفاده برای اصلاح واریته‌های مقاوم

محصول و منابع عوامل کنترل بیولوژیکی را فراهم می‌کند مهم است. مقاومت گیاه - میزبان به آفات در فصل ۱۷ و کنترل بیولوژیک در فصل ۱۳ بررسی می‌شود.

تنوع زیستی ناحیه‌ای تنوع زیستی ناحیه‌ای[1] شامل مزارع و اطراف روستای مربوط در سطح یک مرتع می‌شود. گاهی به آن جزایر موزائیکی از زیستگاه‌ها که موجودات زنده در بین آن‌ها می‌توانند جابجا شوند گفته می‌شود(شکل‌های ۷-c۱ و ۷-۲). اندازه این جزایر و فاصله بین آن‌ها یک موضوع مورد بحث در رابطه با جابه‌جایی موجودات زنده میان آن‌ها است. اثرات آن بر IPM شامل جابجایی موجودات زنده آفت و مفید در بین اکوسیستم‌های مختلف موجود در ناحیه است. در نظر گرفتن تنوع زیستی ناحیه‌ای در دو سطح زیر به‌دلیل متفاوت بودن چگونگی مدیریت سیستم یا سیستم‌ها حائز اهمیت است:

الف- سطحی از یک مزرعه، که تنها تحت کنترل یک فرد یا سازمان است.

ب- کل ناحیه‌ای که مزرعه در آن واقع شده که تحت کنترل چندین سازمان یا فرد است.

تنوع زیستی داخل مزرعه تنوع زیستی داخل مزرعه بر بسیاری از جنبه‌های IPM تأثیر می‌گذارد و در این فصل با جزئیات بیشتری مورد بررسی قرار می‌گیرد.

مقیاس زمانی محصولات با ژنوتیپ مختلف یا گونه‌های مختلف محصول می‌توانند در طول زمان در یک اکوسیستم کشت شوند و فوایدی را بر مبنای افزایش تنوع در یک چارچوب زمانی فراهم کنند. تنوع زمانی اصل اکولوژیکی اساسی در استفاده از تناوب در مدیریت آفات است؛ این موضوع در فصل ۱۶ به طور دقیق مورد بحث قرار می‌گیرد.

فواید تنوع زیستی

دلایل اکولوژیکی متعددی مبنی بر مفید بودن تنوع زیستی بالا وجود دارد. بعضی به طور بالقوه بر مدیریت تلفیقی آفت تأثیر می‌گذارند. دلایل اصلی برای حفظ تنوع زیستی اکوسیستم شامل موارد زیر است و هر یک در رابطه با مقیاسی ارائه می‌شود که در آن مقیاس تنوع زیستی مهم است.

۱- حفظ منابع ژنتیکی – مقیاس جهانی

۲- افزایش دوام/پایداری اکوسیستم – مقیاس‌های جهانی و ناحیه‌ای

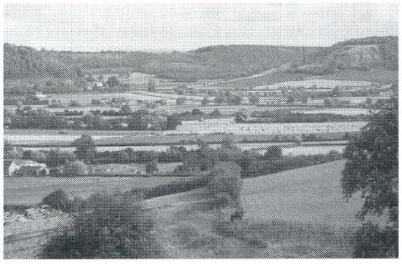
۳- کاهش اثرات تمرکز منابع – مقیاس ناحیه‌ای

۴- افزایش فرایندهای اکوسیستم (تولید اکسیژن، کنترل سیلاب، کنترل فرسایش) که برای انسان-ها مفید هستند - همه مقیاس‌ها (از دیدگاه انسان فرایندهای منفی نیز وجود دارد مانند اپیدمی-های آفت)

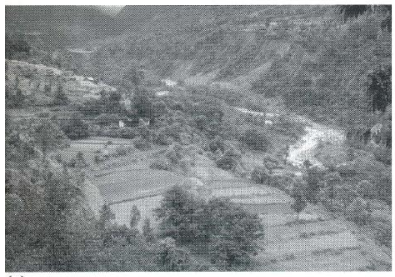
۵- حفظ زیبا شناختی اکوسیستم – مقیاس ناحیه‌ای

[1] Regional biodiversity

(a)



(b)



(c)

شکل ۷- ۲: چشم‌انداز موزائیکی از مزارع مخلوط با نواحی بدون محصول که درختان، مناطق بکر متنوع و مسیرهای مختلف حرکت موجودات بین انواع اکوسیستم‌ها را نشان می‌دهد. (a) تصویر هوایی از منظره‌ی گیاهان مخلوط در جنوب انگلستان؛ (b) زراعت‌های کوچک با انواع محصولات، پرچین‌ها، درختستان‌ها و سایر نواحی بکر در یک منطقه‌ی اروپایی و (c) زراعت در مقیاس کوچک در اراضی توسعه نیافته‌ی هند. منبع: تصاویر (a) و (b) از Robert Norris ؛ تصویر (c) از Marcos Kogan.

۶- حمایت از جمعیت‌های حیات وحش – حیات وحش ممکن است برای غذا به موجودات آفت وابسته باشند (بذر علف‌های هرز، حشرات در مناطق کشت نشده، مهره‌داران آفت) – مقیاس‌های ناحیه‌ای و داخل مزرعه

۷- منبع حشرات مفید (دلیل اصلی برای ایجاد تنوع زیستی از نظر تنوع یک جانور بندپا) – مقیاس‌های ناحیه‌ای و داخل مزرعه

۸- کاهش تغییرات در اپیدمی‌های بیماری – مقیاس ناحیه‌ای، شاید همچنین مقیاس داخل مزرعه

۹- بهبود "بهداشت" کلی خاک – مقیاس داخل مزرعه

۱۰- افزایش عملکرد در گیاهانی‌که به‌صورت توام (مخلوط) هستند – مقیاس داخل مزرعه

وقتی بحث دربارهٔ اهمیت تنوع زیستی در IPM ضروری است که مقیاس‌های مکانی و زمانی مربوطه به روشنی معلوم باشند. آنچه که ممکن است در یک مقیاس مفید باشد ممکن است در مقیاس دیگر مضر باشد. بیشتر بررسی‌های مدیریت آفت در مقیاس‌های ناحیه‌ای و داخل مزرعه صورت می‌گیرند. اثرات تنوع زیستی در مقیاس جهانی روی IPM تأثیر کمتری دارند ولی از لحاظ حفظ منابع ژنتیکی مهم بوده و پتانسیل استفاده در اصلاح محصولات مقاوم به آفت یا در وارد کردن دشمنان طبیعی برای کنترل بیولوژیک را دارا هستند. ما در اینجا بحث را به اکوسیستم‌های کشاورزی (شامل باغ‌ها و غیره) محدود می‌کنیم و مدیریت آفت در اکوسیستم‌های طبیعی (مانند دست درازی کردن توسط گونه‌های مهاجم) که در آن‌ها اهمیت تنوع زیستی متفاوت است، را مورد توجه قرار نمی‌دهیم. معانی و مضامین تنوع فراتر از مدیریت آفت، توسعه یافته و شامل عواملی مانند حفظ حیات وحش، فرسایش خاک، زیبا شناختی مزارع و حفظ منابع ژنتیکی است.

همان‌طورکه در ابتدا ذکر شد، یکی از مفروضات اصلی درباره تنوع زیستی، رابطه بین پایداری و تنوع زیستی اکوسیستم است. همچنین از دیدگاه IPM اثبات وجود رابطه بین پایداری (تنوع زیستی) و عملکرد یا سود اقتصادی حائز اهمیت است. یک کشاورز یا مشاور کنترل آفت ممکن است اصول اکولوژیکی را بدون در نظر گرفتن اقتصاد درک کند که ارزش اندکی دارد. به هرحال، بخشی از فلسفه IPM شامل مفهوم فواید و منافعی است که فراتر از سود اقتصادی ساده است. بیشتر تحقیقات در مورد تنوع زیستی مربوط به IPM به سود خالص معطوف نمی‌شود و حتی تبیین اکولوژیکی آن مشکل‌تر است. مشکل اثبات اهمیت تنوع زیستی در IPM با این حقیقت آمیختگی بیشتری دارد که اکثر برنامه‌های IPM، فقط مدیریت تنها یک گونه آفت یا یک گروه آفت را مورد توجه قرار می‌دهند.

تقویت کنترل بیولوژیکی یک سازوکار عمده اکولوژیکی است که از طریق افزایش نقش تنوع زیستی امکان‌پذیر است. ما در فصل ۱۳ در مورد کنترل بیولوژیک بحث می‌کنیم. خوانندگان فهیم و دانا ممکن است رابطه بین آفاتی که مورد کنترل بیولوژیک واقع می‌شوند و سودمندی تنوع زیستی برای مدیریت آن‌ها را مورد توجه قرار دهند. بسیاری از بندپایان آفت کنترل بیولوژیک گسترده‌ای را تجربه می‌کنند و افزایش تنوع زیستی می‌تواند تأثیر عمده‌ای بر آن داشته باشد. در بعضی از موارد کنترل بیولوژیک عوامل بیماری‌زا و نماتدها نیز ممکن است از افزایش تنوع زیستی به‌ویژه در خاک منتفع شود. علف‌های هرز در سیستم‌های کشاورزی به‌دلیل عدم کنترل به‌وسیله روش‌های بیولوژیکی، واکنش مثبت به افزایش تنوع زیستی اکوسیستم نشان نمی‌دهند.

ثابت شده است که تصور نتایج کلی اثرات تنوع زیستی روی IPM مشکل است. ما در اینجا نوشته‌ها یا منابع اکولوژیکی در زمینه تنوع زیستی فرایندهای اکوسیستم را به‌طور خلاصه مرور و سعی می‌کنیم دیدگاه متعادلی از فواید و خطرات پنهانی مربوط به تنوع زیستی و IPM ارائه دهیم.

شرح و توصیف تنوع زیستی

بسیاری از مفاهیم مربوط به تنوع زیستی به خوبی تعریف نشده‌اند. کتاب بزرگی با عنوان «ارزیابی تنوع زیستی جهانی[۱]» (هیوود و واستون[۲]،۱۹۹۵) اطلاعات زیادی ارائه می‌دهد و در تفسیر بعضی از ابهامات این مفهوم کمک می‌کند.

ویتاکر[۳] (۱۹۷۲) در تلاش برای بررسی جامع در مورد مقیاس ارزیابی تنوع زیستی گیاهی سه گروه از تنوع زیستی اکوسیستم را پیشنهاد کرد:

۱ - تنوع آلفا[۴]. این تنوع زیستی بیانگر غنی بودن گونه‌ها داخل یک زیستگاه محلی مشخص و محصور است.

۲ - تنوع بتا[۵]. تنوع زیستی داخل یک ناحیه که از تبادل و دگرگونی گونه‌ها در میان زیستگاه‌ها ناشی می‌شود (جزایر اکوسیستمی).

۳ - تنوع گاما. این تنوع زیستی کلی شامل همه انواع زیستگاه داخل یک منطقه است.

این سه اصطلاح بیشتر در مورد اکولوژی گیاهی بکار می‌روند.

تنوع آلفا به‌صورت افزایش غنی بودن گونه‌ها در یک جامعه یا منطقه کشاورزی ویژه کمیت پذیر (قابل اندازه‌گیری) است. تنوع آلفا از طریق تعیین تعداد گونه‌های دائمی موجود در یک اکوسیستم و نسبت خویشاوندی موجود در بین آن‌ها اندازه‌گیری می‌شود. سپس از این مقادیر اندازه‌گیری شده در ایجاد یک شاخص ریاضی برای نشان دادن تنوع زیستی جامعه استفاده می‌شود. این شاخص‌ها در دامنه‌ای از فراوانی نسبی ساده تا فرمول‌های مختلف قرار دارند مانند شاخص شانون - وینر[۶]، شاخص سیمسون - یول[۷] و شاخص فراوانی برگر - پارکر[۸]. هیچ‌کدام از این شاخص-ها به‌طور جهانی قابل کاربرد یا پذیرفته شده نیستند.

این شاخص‌ها برای اکوسیستم‌های طبیعی قابل کاربرد هستند ولی در ارزیابی تنوع آلفا در سیستم‌های کشاورزی مختل شده، مشکل قابل توجهی وجود دارد. در اکوسیستم‌های قابل کشت (مزروعی) تنوع زیستی داخل مزرعه از لحاظ زمانی متغیر است زیرا برخی از اوقات در چرخه محصول، گیاهان وجود ندارند و در نتیجه تنوع زیستی همه گونه‌های دیگر تحت‌تأثیر قرار می‌گیرد.

---

[1] Global biodiversity assessment
[2] Heywood and Watson
[3] Whittaker
[4] Alpha diversity
[5] Beta diversity
[6] Shannon- Weiner
[7] Simpson- Yule
[8] Berger- Parker

در سیستم‌های صنعتی کشت محصولات یکساله به‌دلیل استفاده از تک کشتی، باید تغییرات طولانی مدت در تنوع زیستی در سطح ناحیه‌ای انجام شود.

اندازه‌گیری تنوع بتا به‌دلیل تغییرپذیری دائمی مشکل‌تر است. تنوع بتا از طریق مقایسه ساختار گونه‌ها در دو منطقه با استفاده از شاخص‌های تنوع آلفا ارزیابی می‌شود.

مقیاس می‌تواند در سطوح مختلفی در نظر گرفته شود:

۱ - محل خاص. اختلاف زیادی بین بررسی تنوع زیستی در خاک در مقایسه با محیط‌های هوایی وجود دارد. فرد مدیر در بعضی از جنبه‌های محیط خاک (مانند وضع مواد غذایی، رطوبت و pH) کنترل منطقی و مناسبی دارد ولی اغلب کنترل کمی بر بسیاری از جنبه-های محیط هوایی دارد. پیشرفت‌ها در کشاورزی دقیق، امکان مدیریت بیشتر محل خاص را خواهد داد.

۲ - مقیاس داخل مزرعه. سطحی از بررسی که در دامنه‌ای از چند فوت مربع تا صدها جریب قرار دارد ولی به‌طور قطع به‌صورت یک موجود مدیریت می‌شود. مدیر بر عوامل زراعی مانند چیزی که کشت می‌شود، زمان شخم زدن، بذر کاری و برداشت کنترل دارد.

۳ - مقیاس سطح مزرعه. امکان کنترل موزاییک محلی در جایی که محصولات کشت می‌شوند و پوشش گیاهی پیچیده اطراف آن‌ها را گرفته، وجود دارد. در این سطح، تنوع زیستی باز هم تحت یک برنامه مدیریتی است.

۴ - مقیاس ناحیه‌ای محلی (دهکده). تنوع زیستی اکوسیستم‌های کشاورزی از مجموع تصمیمات انجام شده به وسیله کشاورز و متصدیان مدیریت محلی مزرعه ناشی می‌شود؛ این گروه‌ها ممکن است همگی اهداف مختلفی داشته باشند. در این سطح مفهوم IPM در سطح وسیع حائز اهمیت بوده و اجرای آن باعث ایجاد چالش‌هایی به سبب تضاد سلیقه‌ها در بخش‌های مختلف جامعه انسانی می‌شود.

۵ - ناحیه[1]. ناحیه شباهت زیادی به دهکده[2] دارد ولی دارای مقیاس بزرگ‌تری است. مدیریت پیچیدگی بیشتری دارد زیرا سازمان‌های دولتی ناحیه‌ای دخالت دارند و تعداد متغیرهای اکوسیستم افزایش یافته است که باید مورد بررسی قرار گیرند.

۶ - کشور. اهمیت موضوع در اینجا بستگی به سیاست دولت دارد که خواهان بقای تنوع به‌طور سریع یا آهسته باشد. اغلب سازمان‌های مختلف با اهداف متفاوت شرکت دارند.

[1] Region
[2] Township

۷ - جهان. پیامدها در این سطح مستلزم آن است که دولت‌های مختلف با یکدیگر کار کنند. اهداف و سلیقه‌های ملی ممکن است بررسی‌هایی که بر تنوع زیستی اثر گذاشته را تحت شعاع قرار دهد.

چندین روش برای دستکاری در تنوع زیستی داخل مزارع و داخل نواحی وجود دارد:

۱ - رقم مخلوط[1]. کشت ژنوتیپ‌های متعدد از گونه‌های یکسان محصول داخل یک مزرعه یا ناحیه، تنوع ژنتیکی داخل محصول را افزایش می‌دهد. یک مثال، ترکیب آل‌های مقاوم خواهد بود که از انتخاب آفات در شکستن مقاومت داخل مزرعه جلوگیری خواهد کرد. پیشنهاد شده است که این چنین مخلوط کردن واریته‌های مقاوم و حساس ایجاد مقاومت آفت را در محصولات تغییر یافته از لحاظ ژنتیکی به تأخیر می‌اندازد (فصل ۱۷ را ببینید).

۲ - تناوب محصول[2]. کشت محصولات مختلف یا دارای ژنوتیپ‌های متعدد در طول زمان فرایندی است که تناوب محصول نامیده می‌شود (فصل ۱۶ را ببینید).

۳ - کشت مخلوط[3]. این روش شامل کشت دو محصول یا بیشتر (که در این صورت چند محصولی نامیده می‌شود) به طور همزمان در یک مزرعه است (شکل ۷- C۱). وجود بیش از یک گونه گیاهی تنوع زیستی داخل مزرعه را افزایش می‌دهد و همچنین ممکن است عملکرد کلی را افزایش دهد. کشت مخلوط دارای این عیب است که مدیریت علف هرز و مکانیزاسیون عملیات کشاورزی را مشکل‌تر می‌سازد. این سیستم فقط در جاهایی بخوبی عمل می‌کند که نیروی کار دستی برای مدیریت علف هرز و برداشت به آسانی در دسترس است.

۴ - ایجاد معبر یا راه باریکه داخل محصول. گیاهان یک ساله انتخابی را می‌توان در فضاهای بین ردیف‌های محصول اصلی کشت کرد. این گیاهان شهد و گرده مورد نیاز دشمنان طبیعی معین بندپایان آفت را فراهم می‌کنند و همچنین به باز چرخش[4] نیتروژن (ازت) کمک می‌کنند. این قبیل گیاهان چنانچه به‌طور مناسبی انتخاب شوند، با محصول اصلی رقابت نکرده و خودشان علف‌های هرز نمی‌شوند. در فصل ۱۶ کشت مخلوط و گیاهان پوششی[5] بیشتر مورد بحث قرار می‌گیرند.

۵ - ایجاد پناهگاه یا جان‌پناه. مناطق معینی برای رشد پوشش گیاهی ویژه طراحی می‌شود که برای مناطق اطراف مفید است. در بیشتر مجموعه‌های کشاورزی، این مناطق بخشی از

---

[1] Variety blends
[2] Crop rotation
[3] Intercropping
[4] Recycling
[5] Cover crops

زمین اصلی است که قابلیت کشت محصول را دارد و برای تنوع در اکوسیستم مورد استفاده قرار می‌گیرد. مثال‌هایی از پناهگاه شامل مناطقی از پوشش گیاهی بومی، باتلاق-ها، بیشه‌زارهایی از درختان کوچک و جنگل است. پرچین‌ها، لاین حصارها، حاشیه‌های نهر و کناره جاده‌ها نیز می‌تواند به عنوان پناهگاه مدیریت شوند. در این مناطق پوشش گیاهی همراه با مزارعی از محصولات مختلف در بین آن‌ها یک ساختار موزائیکی تشکیل می‌دهند که موجودات مختلف می‌توانند مهاجرت کنند (شکل ۷-۲). از دیدگاه مدیریت آفت، فاصله بین پناهگاه‌ها موضوعی در رابطه با قابلیت تحرک موجودات است. پناهگاه‌ها هنگامی که محصولات وجود ندارند به صورت جزایری از زیستگاه مناسب در ناحیه عمل می‌کنند و ممکن است مخفیگاه هم جانوران مفید و هم آفت باشند.

هر نوع دستکاری در تنوع زیستی دارای هزینه است. بنابراین لازم است منافع اقتصادی افزایش تنوع زیستی مقایسه شود. این قبیل تجزیه و تحلیل‌های رسمی اقتصادی هزینه- سود جزء مهمی در تصمیم‌گیری IPM است. هنگامی‌که تنوع زیستی داخل مزرعه برای مدیریت آفت منفعت اقتصادی دارد (هم چنان که در بعضی از محصولات درختی ثابت شده است) آنگاه کشاورز یا مشاور کنترل آفت از چنین تنوع زیستی استفاده خواهد کرد.

اینکه جامعه چقدر هزینه حفظ یا افزایش تنوع زیستی در رابطه با IPM می‌پردازد، پایه گذاری نشده است. با اهمیتی که افزایش تنوع زیستی دارد، هزینه آن تنها به‌وسیله کشاورز قابل تأمین نیست/ با توجه به اهمیت تنوع زیستی در سطوح منطقه‌ای و جهانی، افزایش آن فراتر از حد کشاورز به تنهایی است. تأمین هزینه تنوع زیستی جهانی یک موضوع بین المللی است.

اهمیت تنوع زیستی در مدیریت تلفیقی آفات

بیشتر تحقیقات رایج در تنوع زیستی در رابطه با IPM برای بندپایان مفید عرضه شده و به طور معمول توصیه‌ها بر مبنای ارزیابی مشکلات ناشی از بندپایان آفت هستند. این یک دیدگاه کوته بینانه از مدیریت آفت است. اثرات تنوع زیستی روی مدیریت آفاتی که جزء بندپایان نیستند، به طور معمول مورد بحث واقع نمی‌شود. این قبیل قلم‌افتادگی‌ها، ارزیابی سودمند بودن تنوع زیستی برای IPM را مشکل می‌سازد. در اینجا اهمیت تنوع زیستی برای هر یک از گروه‌های آفات بررسی می‌شود.

مدیریت عامل بیماری‌زا

در واقع نوشته‌ها و منابع در مورد بیماری شناسی گیاهی عمومی به بررسی موضوع تنوع زیستی در رابطه با مدیریت بیماری نمی‌پردازند. این مفهوم که پراکنش عوامل بیماری‌زا و در نتیجه شدت

بیماری به‌وسیله محصولات تک کشتی افزایش می‌یابد، در اواخر قرن نوزدهم به‌وجود آمد هنگامی که اپیدمی زنگ قهوه تمامی کشت‌های قهوه در سیلان (سریلانکاری امروزی)[1] را فرا گرفت. اپیدمی سوختگی برگ ذرت جنوبی و شیوع مجدد بیماری زنگ در غلات مثال‌های دیگری مبنی بر چگونگی انتشار سریع عوامل بیماری‌زا در تمام محصولات تک کشتی هستند. به هرحال در بیشتر این موارد نه تنها محصولات تک کشتی در مناطق بزرگ کاشته شده بلکه آن‌ها از لحاظ ژنتیکی نیز یکسان بودند و کاهش تنوع ژنتیکی درون گونه‌ای اپیدمی گیاه بود.

کرانز[2] (۱۹۹۰) گسترش بیماری در جوامع چندگونه‌ای[3] و تک کشتی را مرور کرد و دریافت که هیچ مدرکی مبنی بر کمتر بودن بیماری در جوامع چند گونه‌ای وجود ندارد. تحقیقات در زمینه گسترش بیماری زنگ در آفتابگردان این نتیجه‌گیری را تائید کرد (الکساندر[4]، ۱۹۹۱). مدارک مبنی بر گسترش بیماری‌های، مرگ نارون در مقیاس جهانی و سوختگی شاه بلوط در ایالات متحده نیز اشاره بر آن دارد که تنوع زیستی اکوسیستم نتوانست گسترش این عوامل بیماری‌زای مهاجم را متوقف کند. در هر دو مورد گیاهان میزبان همیشه فقط به صورت بخشی از اکوسیستم متنوع وجود داشتند. به نظر می‌رسد در بهترین وضعیت تنوع زیستی گیاهی فقط نرخ گسترش عامل بیماری‌زا کاهش یافته ولی اثرات نهایی کاهشی نداشته باشد.

به هر حال مدارک قوی وجود دارد مبنی بر این که تنوع زیستی گونه گیاهی می‌تواند برای مدیریت بسیاری از عوامل بیماری‌زا، فوق‌العاده زیان بخش باشد. بسیاری از گیاهان میزبان‌های مخزن جانشینی برای ویروس‌ها و عوامل بیماری‌زای دیگر هستند (فصل ۶ را ببینید) و بنابراین افزایش تنوع زیستی می‌تواند مشکلات بیماری ایجاد شده به وسیله این عوامل بیماری‌زا را وخیم‌تر کند. کاهش تنوع زیستی منجر به کاهش شدت بسیاری از بیماری‌ها می‌شود. حذف سازمان یافته پوشش گیاهی که میزبان‌های جانبی عوامل بیماری‌زا هستند، یک ابزار مدیریتی برای بسیاری از عوامل بیماری زا است. بهترین مثال تاریخی، حذف گیاه زرشک[5] برای کنترل زنگ گندم بود. ما در فصل ۱۸ مثال دیگری از مدیریت *موزائیک* کاهو[6] ارائه می‌دهیم. در بسیاری از موارد اصلاح تنوع زیستی برای مدیریت عوامل بیماری‌زا یک مشکل ناحیه‌ای است. در وضعیت اخیر مسئولیت پذیری برای انجام برنامه اغلب مشکل ساز است.

---

[1] Crylon (Now Srilanka)
[2] Kranz
[3] Multispecies communities
[4] Alexander
[5] Barberry plants
[6] *Lettuce mosaic*

خاک‌های بازدارنده[1] خاک‌هایی هستند که عوامل بیماری‌زا در آن‌ها رشد نمی‌کنند و بنابراین بیماری گیاهی محدود ایجاد می‌شود. به نظر می‌رسد محصولات کشت شده در این خاک‌های حمایت کننده موجودات ریز گوناگون، به احتمال زیاد طغیان فاجعه‌آمیز بیماری‌ها را کمتر تجربه می‌کنند زیرا تصور می‌شود افزایش تنوع زیستی در خاک‌های باز دارنده دخیل باشند.

مدیریت علف هرز

مدرک قانع‌کننده‌ای وجود ندارد مبنی بر این‌که فلوری[2] با تنوع بیشتر علف هرز مزیتی نسبت به یک فلور با تعداد محدودتری از گونه‌های علف هرز فراهم خواهد کرد. این خطر وجود دارد که فلور علف هرز با تنوع بیشتر دارای تعدادی گونه خواهد بود که می‌توانند در برابر مجموعه خاصی از عوامل مدیریتی مقاومت کنند و چنانچه عملیاتی بکار گرفته شود جمعیت آن‌ها افزایش خواهد یافت. بنابراین ما در می‌یابیم که مشاهده هر نوع از مزیت‌های تنوع زیستی علف هرز به تنهایی، برای مدیریت علف هرز به سبب موقعیت دینامیک غذایی علف‌های هرز در شبکه غذایی مشکل است.

تغییرات ژنتیکی در گونه‌های گیاه زراعی به عنوان ابزاری برای مدیریت علف هرز، موضوع تحقیقات رایج بوده و در فصل ۱۷ مورد بحث واقع می‌شود. کشت همزمان چندین محصول داخل یک مزرعه و تغییرات موقتی در تنوع محصول (یعنی تناوب‌ها) برای مدیریت علف هرز با ارزش بوده و در فصل ۱۶ مورد بحث واقع می‌شود.

در خصوص باقی گذاشتن علف‌های هرز در مزارع برای مدیریت حشرات پیشنهاداتی صورت گرفته است (تنوع زیستی را ببینید: بخش بندپایان). چنین پیشنهادهایی دلالت بر اهمیت کمتر علف‌های هرز از لحاظ اقتصادی نسبت به حشرات دارند ولی مدارک محدودی وجود دارد که بر اساس اهمیت نسبی این آفات می‌تواند سنجیده شود.

مدیریت نماتدها

بسیاری از گیاهان می‌توانند میزبان‌های جانشین نماتدها باشند. بنابراین افزایش تنوع زیستی دارای پتانسیل افزایش جمعیت نماتد است، حتی هنگامی که محصول (گیاه) میزبان وجود ندارد. از طرفی، گیاهانی وجود دارند که قادر به کاهش تعداد نماتد هستند مانند بعضی از گونه‌های گل همیشه بهار آفریقایی[3] از جنس *Tagetes* (شکل ۵-۱۳ را ببینید). به کارگیری چنین گیاهانی با تنوع بیشتر پتانسیل مدیریت نماتدهای معینی را بهبود می‌بخشد. یک مشکل احتمالی در استفاده از گل همیشه بهار آفریقایی برای مدیریت نماتد این است که ممکن است آن‌ها میزبان‌های بسیار

[1] Suppresive soils
[2] Flora
[3] African marigold

خوبی برای سفیدبالک‌ها باشند. بنابراین به منظور استفاده از تنوع زیستی برای مدیریت نماتد ضروری است که وضعیت میزبان بودن گیاهان برای گروه‌های مختلف آفت شناخته شود.

خاک‌های بازدارنده نماتد، مشابه خاک‌هایی که بازدارنده سایر عوامل بیماری‌زا هستند، ممکن است افزایش دهنده تنوع زیستی باشند. تنوع زیستی بالا در موجودات خاک برای مدیریت نماتد مفید در نظر گرفته می‌شود زیرا نشان‌دهنده پتانسیل کنترل بیولوژیکی بالا است.

مدیریت نرمتنان

مدارک مستندی وجود دارد مبنی بر این که افزایش تنوع زیستی مدیریت نرمتنان را مشکل می‌سازد چون پوشش گیاهی اضافی هم غذا و هم پناهگاه برای نرمتنان فراهم می‌کند. توسعه سیستم‌های کشاورزی بدون خاک‌ورزی ثابت کرده که پوشش گیاهی اضافی و گیاهان پوششی منجر به افزایش مشکلات ناشی از نرمتنان می‌شوند. این ویژگی به فقدان پوشش گیاهی و پناهگاه که در میان گیاهان زراعی وجود داشته، نسبت داده می‌شود.

وجود گیاهان غذایی اضافی و مطلوب ممکن است راب‌ها را از حمله به گیاهچه محصول باز دارد (کوک[1] و همکاران؛ ۱۹۹۶). با وجود این، اطمینان از این موضوع مشکل است که این گیاهان موجود مطلوبیت بیشتری نسبت به محصول دارند و با محصول رقابت نمی‌کنند. همانند نماتدها، پوشش گیاهی غیر محصول دارای پتانسیل افزایش جمعیت‌های راب‌ها و حلزون‌ها است و افزایش تنوع زیستی، مشکلات ناشی از نرمتنان را وخیم‌تر می‌سازد. در اروپا احاطه کردن کوریدورهای[2] پوشش گیاهی کشت نشده در مزارع غلات منجر به افزایش خسارت نرمتنان در هر طرف نوار می‌شود (فرانک[3]، ۱۹۹۶).

مدیریت بندپایان

این فرض اصلی که سیستم‌های متنوع کمتر دچار طغیان حشرات آفت بوده، بر مبنای فرضیه تمرکز منابع در سطح داخل مزرعه و همچنین بر مبنای افزایش حفظ موجودات مفید در سطوح ناحیه‌ای و داخل مزرعه استوار است. برعکس، ممکن است تراکم‌های موجودات مفید در سیستم-های با تنوع کمتر، بالاتر باشد زیرا شکار آن‌ها در چنین سیستم‌هایی ممکن است دارای تمرکز بیشتری باشد.

آندو[4] (۱۹۹۰ و ۱۹۹۱) با مرور منابع زیادی نشان داد که در سیستم‌های متنوع، حشرات گیاه‌خوار در ۱۴۸ مورد کاهش یافته، در ۷۱ مورد در افزایش حشرات آفت تأثیری نداشته و در ۴۶

[1] Cook
[2] Corridors
[3] Frank
[4] Andow

مورد واکنش متغیر بوده است. تحلیل‌های مبتنی بر تعداد حشرات ممکن است گمراه کننده باشد زیرا بکارگیری افزایش تنوع زیستی برای حفظ یک موجود زنده ممکن است آفات را نیز مورد حمایت قرار دهد. بنابراین پیامدهای تنوع زیستی به کارایی دشمن طبیعی ویژه به عنوان عامل کنترل بیولوژیک و به اینکه جانور بند پای آفت، کلیدی یا اتفاقی است بستگی دارد. به منظور تعیین ارزش افزایش تنوع زیستی ضروری است هزینه‌ها و منافع اقتصادی ناشی از افزایش نسبی جمعیت موجود مفید یا آفت برآورد شود. حتی از یک دیدگاه کوته بینانه در مدیریت بندپایان، نه آندو (۱۹۹۰و ۱۹۹۱) و نه نوریس و کوگان (۲۰۰۰) نتوانستند به نتیجه جامعی درباره‌ی سودمندی تنوع زیستی به صورت یک روش مدیریتی برسند. مشکل دیگری که با افزایش تنوع گیاهی در سیستم‌های کشت رخ می‌دهد گیاهانی که به سیستم اضافه می‌شوند چراکه ممکن است با گیاهان زراعی رقابت کنند. هر وضعیتی باید بر اساس ارزش‌های اقتصادی یا اکولوژیکی مربوط به خود مورد قضاوت و بررسی قرار گیرد.

در رابطه با تنوع زیستی و مدیریت تلفیقی آفت چند نکته می‌بایست مورد بررسی واقع شود:

۱- افزایش تنوع زیستی داخل مزرعه می‌تواند از طریق کشت ژنوتیپ‌های چندتایی یا گونه‌های گیاهی داخل محصول (کشت توأم) یا از طریق چندکشتی حاصل شود. این نوع افزایش تنوع زیستی می‌تواند به چند طریق بدست آید:

۱-۱- چندکشتی به وسیله کشت توام دو محصول یا بیشتر یعنی کشت مخلوط افزایش تنوع زیستی را حاصل می‌کند (شکل C۱-۷). برای این سیستم‌ها در مناطقی که نیروی کار دستی برای انجام وجین علف هرز و برداشت به آسانی در دسترس است مزیت‌های ذاتی عملکرد وجود دارد. مخلوطی از گونه‌های محصول، فراهم‌کننده فون بندپایان متنوع‌تری بوده که منجر به کاهش مشکلات بندپایان آفت در بعضی از موقعیت‌ها می‌شود.

۱-۲- باقی گذاشتن علف‌های هرز داخل مزرعه می‌تواند افزایش تنوع زیستی را فراهم کند. در زمانی که علف‌های هرز مورد استفاده برای دستیابی به تنوع زیستی داخل محصول پراکنده می‌شوند، افزایش تنوع پوشش گیاهی منجر به افزایش مشکل مدیریت علف هرز می‌شود. این افزایش مشکل در مدیریت علف هرز باید برای هر برنامه مدیریت آفت این امکان را فراهم کند که از تنوع زیستی استفاده کند. اهمیت این مسئله در جایی به نسبت پایین است که علف-های هرز با دست مدیریت می‌شوند. سطح مشکل هنگامی افزایش می‌یابد که خاک‌ورزی به طور گسترده برای مدیریت علف هرز استفاده می‌شود. اگر علف‌کش‌ها به طور گسترده استفاده می‌شوند باقی گذاشتن علف‌های هرز به دلیل مسائل انتخابی بودن مشکل است. در بیشتر موقعیت‌های سیستم‌های متنوع از لحاظ پوشش گیاهی، مانع از استفاده علف‌کش‌ها برای مدیریت علف هرز می‌شود و تکیه بیشتری بر وجین دستی علف‌های هرز می‌کند.

۱-۳- نوارهای کشت نشده و محلول پاشی نشده می‌تواند داخل محصول باقی گذاشته شود. گاهی به این نوارها کوریدورها اطلاق شده و اصطلاح "بانک‌های سوسک" بکار رفته است. اگرچه بعضی از جمعیت‌های شکارگر در چنین نوارهایی افزایش یافته یا حفظ می‌شوند، مدارک اندکی مبنی بر اصلاح تعداد آفت در محصول وجود دارد. خطر آسیب پذیری شکارگران عمومی نیز وجود دارد، زیرا ممکن است سایر شکارگران مفید را شکار کنند. از طرفی، این نوار ممکن است فراهم کننده افزایش تعداد موجوداتی باشد که آفت محصول دیگری در همان ناحیه هستند.

۱-۴- افزایش تنوع زیستی در سطح کشاورزی محلی می‌تواند از طریق حفظ زمین اصلی یا حاشیه‌های مزارع بدست آید (شکل ۷-۳). این‌ها حاشیه‌های محلول پاشی نشده مزارع هستند که گیاهان پوششی انتخابی یا علف‌های هرز رشد می‌کنند. این سیستم در یک برنامه سیاست کشاورزی دولت به خوبی کار می‌کند چراکه این برنامه به از دست رفتن محصول می‌پردازد و چنین برنامه‌هایی یکی از روش‌هایی هستند که جامعه به حفظ تنوع زیستی می‌پردازد. همچنین به طور اختصاصی مفید است زیرا زیستگاه عمومی برای حیات وحش مانند قرقاول[1] و کبک‌ها هستند.

بعضی از تحقیقات پرسش‌هایی درباره سودمندی تنوع زیستی پوشش گیاهی داخل محصول برای مدیریت حشره به وجود آورده است. در کالیفرنیا کاستلو و دنی (۱۹۹۸) نشان دادند که شکارگران عمومی مانند عنکبوت‌ها در نوارهای پوشش گیاهی در تاکستان‌ها باقی ماندند و به درختان مو منتقل نشدند. بنابراین، اگرچه با افزایش تنوع زیستی جمعیت شکارگر در سیستم بالاتر بود، روی آفات محصول تأثیری نداشت. در اروپا یک یافته مشابه در رابطه با نوارهای علف هرز در محصولات غلات نشان می‌دهد که سوسک‌های کارابید به جای اینکه بطرف محصول مجاور حرکت کرده و به آن منتقل شوند تمایل به باقی ماندن در این نوارها دارند. در ایالات متحده آمریکا تحقیقات در مزارع سویا نشان می‌دهد که نوارهای علف هرز ممکن است موجودات مفید را به بیرون از محصول و به طرف علف‌های هرز جلب کنند. در این موارد، نوارهای پوشش گیاهی مختلف، جزایر اکولوژیکی یا پرچین‌ها – به جای اینکه منابعی از بندپایان مفید باشند –کاهنده‌اند [جمعیت بندپایان مفید]. این نتایج نشان می‌دهد که به منظور استفاده از علف هرز برای مدیریت آفت تجزیه و تحلیل دقیق ضروری است.

[1] Pheasant

شکل ۷- ۳: نمونه‌ای از تنوع توسعه یافته در یک سیستم کشاورزی. چغندرقند در سمت راست تصویر، باریکه‌ی گیاهان بومی در وسط و کشتزار Phacelia در سمت چپ. منبع: تصویر از Robert Norris.

این نکته (بخش بعدی این فصل را ببینید) که گیاهان مورد استفاده برای افزایش تنوع زیستی داخل مزرعه خودشان علف‌های هرز محصولات مجاور نیستند از اهمیت زیادی برخوردار است.

۲- افزایش تنوع زیستی می‌تواند از دوطریق حاصل شود.

۲-۱- در سطح محلی، تنوع زیستی می‌تواند از طریق استفاده از مزارع کوچک که محصولات مختلفی در آن کشت شده‌اند، افزایش یابد. این سیستم کشاورزی سنتی و خرده کشاورزی هنوز در بسیاری از مناطق جهان استفاده می‌شود. بسیاری معتقدند که این سیستم برای مدیریت بندپایان دارای تاثیر خوبی است ولی مکانیزه کردن این سیستم مشکل است.

کشت نواری[1] روشی برای دستیابی به همین هدف است که استفاده از ماشین آلات کشاورزی را ممکن می‌سازد. سیستم‌های کشت نواری مشکلاتی در آبیاری اکوسیستم‌های کشاورزی ایجاد می‌کنند زیرا محصولات مختلف نیازمند مقادیر مختلفی از آب هستند. با توجه به دانش ما، مشکل کشت نواری از نظر IPM این است که کسی منفعت اقتصادی آن را ثابت نکرده است.

۲-۲- در سطح ناحیه‌ای، افزایش تنوع زیستی می‌تواند از طریق استفاده از اشکال مختلف پناه-گاه‌ها حاصل شود مانند پرچین‌ها، جنگل‌ها، سواحل رود، یا سایر مناطق بجز مجموعه زمین زراعی که پوشش گیاهی بومی، موجودات مفید و حیات وحش را حفظ می‌کند (شکل‌های ۲-۷ و۳-۷). در مدیریت حشره هزینه‌های حفاظت از پناه‌گاه‌ها و کاهش تولید باید با سودها مقایسه و سنجیده شود. همچنین برخورداری از توانایی حفاظت از عوامل بیماری‌زای محصول و مهره‌داران آفت باید ارزیابی شود.

[1] Strip cropping

وی (۱۹۷۷) خلاصه‌ای از اثرات تنوع زیستی روی مدیریت بندپایان را ارائه کرد و انواع برهم کنش‌های احتمالی که می‌تواند از تغییرات در تنوع زیستی ناشی شود، را مورد تأکید قرار داد. نکات مهم به شرح زیر هستند:

۱- کاهش تنوع زیستی می‌تواند چرخه زندگی جانور بندپای آفت را مختل کرده یا خسارت به محصول را کاهش دهد.

۱-۱- هنگامی که محصول وجود ندارد جانور بندپای آفت از ذخیره غذایی جایگزین یا پناهگاه محروم می‌شود یا در نبود ذخیره غذایی جایگزین میزان افزایش جمعیت کاهش می‌یابد.

۱-۲- با فراوانی گیاه میزبان مرجح، حمله جانور بندپای آفت تقلیل می‌یابد.

۱-۳- واحدهای همسان و بزرگ در سیستم تک کشتی از بندپایان آفت که در حاشیه‌های مزرعه متمرکز شده‌اند، خسارت کلی کمتری می‌بینند.

۱-۴- استاندارد کردن تاریخ کشت در محصولات یکساله می‌تواند محصول را از مرحله‌ای که جانور بندپای آفت وجود دارد خارج کند که در آن هنگام گیاهان میزبان دیگر (علف هرز) در دسترس نیستند.

۱-۵- هنگامی که محصول در حال رقابت با علف‌های هرز نیست، خسارت ایجاد شده به وسیله جانور بندپای آفت بهتر تحمل می‌شود.

۲- کاهش تنوع زیستی می‌تواند برای دشمنان طبیعی مفید باشد.

۲-۱- کاهش تنوع زیستی در گونه دشمن طبیعی می‌تواند زیان ناشی از تداخل دشمنان طبیعی و هیپرپارازیت‌ها را کاهش دهد.

۲-۲- کاهش علف‌های هرز، خطرات را برای دشمنان طبیعی جستجو کننده طعمه‌هایشان روی گیاهان زراعی کاهش می‌دهد.

۲-۳- کاهش طعمه (شکار) موجود روی علفهای هرز احتمال اینکه دشمنان طبیعی از محصول منحرف شوند را کاهش می‌دهد.

۲-۴- کاهش تنوع زیستی در نتیجه تک کشتی‌های متوالی و مداوم محصولات یکساله (عاری از علف هرز) فراهم کننده فرصت تعادل بین دشمنان طبیعی و طعمه / میزبانشان مانند حالتی که در محصولات دائمی بدست می‌آید است.

۳- افزایش متناسب در تنوع زیستی می‌تواند باعث کاهش حمله بندپایان آفت از طریق روش‌های زیر شود:

۳-۱- فراهم کردن استتار، محصول در معرض خطر را نسبت به جانور بندپای آفت کمتر قابل دید می‌سازد (کاهش قرار گرفتن در معرض دید).

۳-۲- عمل کردن به صورت یک مانع یا خطر برای بندپایان آفت.

۳-۳- فراهم کردن میزبان‌های جانشین، که جانور بندپای آفت را از محصول در معرض خطر منحرف می‌کند.

۳-۴- سودمند کردن عمل دشمن طبیعی از طریق موارد زیر:

۳-۴-۱- فراهم کردن غذا برای مراحل زیستی غیر پارازیتی/غیر شکارگری دشمنان طبیعی

۳-۴-۲- فراهم کردن غذای دائمی برای میزبان‌های/طعمه‌های تناوبی مورد نیاز برای مراحل زیستی شکارگری یا انگلی بندپایان مفید.

۳-۴-۳- فراهم کردن پناهگاههایی برای دشمنان طبیعی

وی (۱۹۷۷) به طور کلی نتیجه گرفت که تنوع پوشش گیاهی و پایداری باید در رابطه با هریک از وضعیت‌های خاص کشاورزی مورد سنجش و ارزیابی قرار گیرد. مرور منابع مربوط به پس از آن زمان با این نتیجه مطابقت داشت. برهم‌کنش‌های بین آفات بقدر کافی مختص گونه است که خطر قابل توجهی در نتیجه‌گیری از یک اکوسیستم به دیگری به وجود نیاورد. وی (۱۹۹۷) همچنین دریافت که به افزایش دانش در زمینه اثرات تنوع پوشش گیاهی روی توزیع فضا و به اینکه چگونه این دانش می‌تواند در مدیریت بندپایان آفت مورد استفاده قرار گیرد نیاز است. این نتیجه ارزشمند باقی می‌ماند و توسعه برنامه‌های IPM در سطح وسیع تجلی تلاش‌هایی در جهت استفاده از چنین اطلاعاتی است. اگر گیاهان میزبان حشرات مفید ، میزبان حشرات آفت نیز باشند، ممکن است زیان‌های ناشی از آفت از سود ناشی از همه حشرات مفید بیشتر باشد. مقالات افزایش سطوح موجودات مفید مرتبط با تنوع زیستی آفت مربوط را ارائه می‌دهند. در نبود این اطلاعات تعیین مزیت‌های فراهم شده به وسیله موجودات مفید به طور دقیق امکانپذیر نیست.

مدیریت مهره‌داران آفت

نقش تنوع زیستی در مدیریت مهره‌داران آفت به طور معمول مورد بحث واقع نمی‌شود. ما مدرکی نیافتیم مبنی براینکه تنوع زیستی کنترل مهره‌داران آفت را تقویت می‌کند. احتمال دارد که تنوع زیستی در بعضی از موقعیت‌ها، زیانبخش باشد، چون گیاهان اضافی می‌توانند فراهم کننده پناهگاه و غذای متنوع باشند (فصل ۶ را ببینید). با در نظر گرفتن این حقیقت که افزایش تنوع زیستی برای حفظ جمعیت‌های حیات وحش مفید است، به نظر می‌رسد از جنبه اکولوژیکی شرایط مناسب برای تقویت حیات وحشی گونه‌های آفت را نیز تقویت خواهد کرد. یکی از توصیه‌های استاندارد برای کنترل آفات نظیر سنجاب‌های زمینی و موش‌های صحرایی حذف زیستگاه‌هایی است که جمعیت آن‌ها را حمایت می‌کنند (در فصل ۱۶ دستکاری زراعی را ببینید). این یک تنگنا برای مدیریت آفات ایجاد می‌کند که ممکن است مجبور به تصمیم گیری بین کاهش زیستگاه برای یک گونه آفت و تلاش برای حمایت از جمعیت‌های حیات وحش باشد.

استفاده از تنوع زیستی در سیستم‌های مدیریت تلفیقی آفات

روش (راهکار) هزینه – سود

برای پی بردن به سودمند بودن تنوع زیستی برای IPM باید تجزیه و تحلیل هزینه – سود بکار گرفته شود. ارزیابی هزینه – سود باید همه گروه‌های آفت و پتانسیل اثرات زیست محیطی را در برگیرد.

روش هزینه- سود مشکلات بالقوه مرتبط با عملیات باقی گذاشتن گیاهان برای حفظ حشرات مفید را می‌شناساند. اگر پیچیدگی پوشش گیاهی در مقیاس‌های ناحیه‌ای یا داخل مزرعه برای دستکاری موجودات مفید بکار گرفته شود، لازم است پرسش‌های زیر در شش ضلعی آفت (شکل ۶-۱ را ببینید) مورد توجه و بررسی قرار گیرد.

۱- آیا گیاهان اضافی وجود دارند که در مقیاس‌های ناحیه‌ای یا داخل مزرعه، میزبان‌های جانشینی برای موجودات بیماری‌زای گیاهی باشند (یعنی قارچ‌ها، باکتری‌ها و ویروس‌ها) و بیماری‌هایی در محصولات آن ناحیه نیز ایجاد کنند؟

۲- آیا گیاهان اضافی که داخل مزرعه وجود دارند میزبان‌های جانشینی برای نماتدهای بیماری‌زای گیاهی در هر یک از محصولات کاشته شده در تناوب نیز هستند؟

۳- می‌توان گیاهان اضافی را داخل مزرعه یا در مجاور مزرعه به صورت پناهگاه یا منابعی برای مهره‌داران یا نرمتنان آفت بکار گرفت؟ مسئله اخیر در آلمان به اثبات رسید که در آنجا راب‌ها در نوارهای گل‌های وحشی شخم نخورده، گندم را در فاصله ۱ تا ۲ متری از نوار از بین می‌بردند (فرانک[1]، ۱۹۹۶)

۴- آیا گیاهان اضافی علف‌های هرز هستند؟ اگر چنین است، دو سوال زیر باید مورد توجه و بررسی قرار گیرد:

۴-۱- آیا علف‌های هرز موجب کاهش مستقیم عملکرد یا زیان‌های دیگر به محصول خواهند شد؟

۴-۲- آیا علف‌های هرز می‌توانند به وضعیت تولیدمثلی برسند و در افزایش بانک بذر (علف‌های هرز یکساله/دائمی) یا بانک جوانه (علف‌های هرز دائمی) سهیم باشند و بنابراین در محصولات تناوبی بعدی هزینه‌های مدیریت علف هرز را افزایش دهند؟

اگر پاسخ به هریک از این سوالات مثبت باشد، آنگاه استفاده از چنین پوشش گیاهی برای اهداف مدیریت آفت در رابطه با اثر اقتصادی بر سایر موجودات آفت که مورد اصلاح قرار خواهند گرفت، باید برآورد و سنجیده شود. از دیدگاه مدیریت آفت اثرات علف‌های هرز جانشین برای

[1] Frank

موجودات بیماری‌زا و مهره‌داران همواره منفی است. در مفهوم مدیریت آفت باقی گذاشتن این قبیل علف‌های هرز از لحاظ اقتصادی برای مدیریت حشرات مفید نامشخص بوده یا حتی زیانبخش است. اگر افزایش تنوع زیستی گیاه برای اهداف IPM مورد استفاده واقع شود، شامل علف‌های هرز نمی‌شود، ولی بهتر است گونه‌های گیاهی دارای چنین ویژگی‌هایی شناسایی شود و آنگاه چنین گونه‌هایی کشت شود. مانند استفاده از *Phacelia tanacetifolia* (که به ندرت علف هرز است) که تأمین کننده گرده حشرات کامل مگس سیرفید است.

بررسی‌های اختصاصی/قابلیت کاربرد

بعضی از تفاوت‌ها بین سیستم‌های کشت، استفاده از تنوع زیستی داخل مزرعه را برای IPM کم و بیش مفید می‌سازد:

۱- گیاهان زراعی (محصولات) یکساله قابل کشت دارای هریک از ویژگی‌های زیر باشند:

۱-۱- محصولات بازاری تازه و با ارزش زیاد. بعید است تنوع زیستی فراهم کننده کنترل مناسبی از بندپایان آفت به سبب استانداردهای زیبایی (فصل ۱۹ را ببینید) و به سبب اهمیت سایر آفاتی باشد که ممکن است به وسیله تنوع زیستی خطرناکتر باشند. به هرحال، بازار محصولات ارگانیک تغییر دهنده استانداردهای زیبایی بوده و ممکن است فرصت‌هایی برای بکارگیری افزایش تنوع زیستی فراهم کند که از لحاظ اقتصادی و همچنین از لحاظ اکولوژیکی قابل توجیه باشد.

۱-۲- کالاهای عمل آوری شده یا غذای حیوانی دارای ارزش کمتر. در این سیستم‌ها به دلیل اختلال شدید، بعید به نظر می‌رسد که تنوع داخل مزرعه بتواند مورد استفاده واقع شود ولی در بعضی از سیستم‌ها تنوع زیستی ناحیه‌ای ممکن است از اهمیت فوق‌العاده‌ای برخوردار باشد (مانند، مدیریت کرم‌های غوزه در پنبه)

۲- گیاهان زراعی علفی دائمی (مانند یونجه) مشابه مورد ۱-۲ هستند.

۳- مراتع دارای این پتانسیل هستند که برای بهبود تنوع زیستی ناحیه‌ای بکارگرفته شوند ولی فواید مستقیم مراتع نامشخص هستند.

۱ - تنوع زیستی تورف از لحاظ زیباشناسی کمتر از تورف مدیریت شده عملی است؛ تنوع رویش به طور بالقوه اگر گیاهان گلدار زنبورها را جذب کنند مفید است.

۲ - استفاده از درختان چندساله در فلور عملی است و در برخی موقعیت‌ها سودمندی IPM را نشان می‌دهد، و تنوع زیستی منطقه‌ای ممکن است جنبه‌های مفید بالقوه‌ای داشته باشد.

بنا بر تجزیه و تحلیل ما از اهمیت تنوع زیستی در مدیریت آفت، همه آفات (نه فقط بندپایان) باید مورد بررسی واقع شوند. شایسته است این فصل و فصل ۶ یک اخطار در نظر گرفته شوند؛ حذر

داشتن از اظهارات کلی درباره‌ی IPM که برخی یا همه‌ی مبانی پیچیده‌ی اگرواکوسیستم را نادیده می‌گیرد. ما همچنین هشدار می‌دهیم که برون‌یابی از یک سیستم به سیستم دیگر ممکن است از دیدگاه IPM خطرناک باشد. آنچه برای غلات با یک برنامه‌ی غلط، خوب کار می‌کند ممکن است با محصولات علفی دیگر نظیر برنج ارتباطی نداشته باشد چه برسد به محصولی مانند کاهو یا توت-فرنگی.

منابع

Alexander, H. M. 1991. Plant population heterogeneity and pathogen and herbivore levels: A field experiment. Oecologia 86:125-131.

Andow, D. A. 1990. Control of arthropods using crop diversity. In D. Pimentel, ed., CRC handbook of pest management in agriculture. Boca Raton, Fla.: CRC Press, 257-285.

Andow, D. A. 1991a. Vegetational diversity and arthropod population response. Annu. Rev Entomol. 36:561-586.

Andow, D. A. 1991b. Yield loss to arthropods in vegetationally diverse agroecosystems. Environ. Entomol. 20:1228-1235.

Collins, W. W., and C. O. Qualset. 1999. Biodiversity in agroecosystems. Boca Raton, Fla.: CRC Press, 334.

Cook, R. T., S, E. R. Bailey, and C. R. McCrohan. 1996. The potential for common weeds to reduce slug damage to winter wheat. In I. F. Henderson, ed., Slug & snail pests in agriculture. Farnham, UK: Brit. Crop. Prot. Council Symp. Proc., 297-304.

Costello, M, I., and K. M. Daane. 1998. Influence of ground cover on spider populations in a table grape vineyard. Ecol. Entornol. 23:33-40.

Frank, T. 1996. Sown wildflower strips in arable land in relation to slug density and slug damage in rape and wheat. In l. F. Henderson, ed., Slug & snail pests in agriculture. Farnham, UK: Brit. Crop. Prot. Council Symp. Proc. 66, 289-296.

Gaston, K. J. 1996. Biodiversity: A biology of numbers and difference. Oxford; Cambridge, Mass.: Blackwell Science, X, 396.

Gaston, K. J., and J. I. Spicer. 1998. Biodiversity: An introduction. Oxford; Malden, Mass.: Blackwell Science, x, 113.

Goodman, D. 1975. The theory of diversity-stability relationships in ecology. Quarterly Review of Biology 50:237-266.

Crime, I. P. 1997. Biodiversity and ecosystem function: The debate deepens. Science 277: 1260-1261.

Heywood, V. H., and R. T. Watson. 1995. Global biodiversity assessment. Cambridge; New York: Cambridge University Press, x, 1140.

Kemp, J. C., and G, W. Barrett. 1989. Spatial patterning: Impact of uncultivated corridors on arthropod populations within soybean agroecosystems. Ecology 70:114-128.

Kranz, J. 1990. Tansley review no. 28. Fungal diseases in multispecies plant communities. New Phytol. 116:383-405.

Landis, A. D., R D. Menalled, J. C. Lee, D. M. Carmona, and A. Pérez Valdez. 2000. Habitat management to enhance biological control in IPM. In G. C. Kennedy and T. B. Sutton, eds., Emerging technologies for integrated pest management. St. Paul, Minn.: APS Press, American Phytopathological Society, 226-239.

Landis, D. A., and P. C. Marino. 1999. Landscape structure and extra-field processes: Impact on management of pests and beneficials. In I. R. Ruberson. ed., Handbook of pest management. New York: Marcel Dekker, Inc., 79-104.

McCann, K. S. 2000. The diversity-stability debate. Nature 405:228-233.

Norris, R. F., and M. Kogan. 2000. Interactions between weeds, arthropod pests and their natural enemies in managed ecosystems. Weed Sci. 48:94-158.

Ovenden, G. N., A. R. H. Swash, and D. Smallshire. 1998. Agri-environment schemes and their contribution to the conservation of biodiversity in England. J. Appl. Ecol. 35:955-960.

Paoletti, M. G., D. Pimentel, B. R. Stinner, and D. Stinner. 1992. Agroecosystern biodiversity: Matching production and conservation biology. Agr. Ecosyst. Environ. 40:3-23.

Pickett, C. H., and R. L. Bugg, eds. 1998. Enhancing biological control: Habitat management to promote natural enemies of agricultural pests. Berkeley, Calif.: University of California Press, 422.

Reaka-Kudla, M. L., D. E. Wilson, and E. O. Wilson, eds. 1997. Biodiversity ll: Understanding and protecting our biological resources. Washington, D.C.: Ioseph Henry Press, v, 551.

Solbrig, O. T., H. M. van Emden, and P. G. W. J. van Oordt, eds. 1994. Biodiversity and global change. Wallingford, Oxon, UK: CAB International, in association with the International Union of Biological Sciences, vi, 227.

Southwood, R. 1992. Ecological methods: With particular reference to the study of insect populations. London; New York: Chapman & Hall, xxiv, 524.

Tilman, D. C., D. N. Duvick, S. B. Brush, R. J. Cook, G. C. Daily, G. M. Heal, S. Naeem, and D. Notter. 1999. Benefits of biodiversity Ames, Ia.: Council for Agricultural Science and Technology, 31.

United States Congress, Office of Technology Assessment. 1987. Technologies to maintain biological diversity Washington, D.C.: Congress of the U.S. Office of Technology Assessment. For sale by the Supt. of Docs. U.S. G.P.O., vi, 334.

Way, M. J. 1977. Pest and disease status in mixed stands vs. monocultures; the relevance of ecosystem stability. In J. M. Cherrett and G. R. Sagar, eds., Origins of pest parasite disease and weed problems. 18th Sypm. Brit. Ecol, So., Oxford, UK: Blackwell Scientific Publications, 127-138.

Whittaker, R. H. 1972. Evolution and measurement of species diversity. Taxon. 21:213-251.

Wood, D., and J. M. Lenné, eds. 1999. Agrobiodiversity: Characterization, Utilization, and management. Wallingford, Oxon; New York: CABI Pub., xiii, 490.

Wratten, S. D., H. F. van Emden, and M. B, Thomas. 1998. Within-field and border refugia for the enhancement of natural enemies. In C. H. Pickett and R. L. Bugg, eds., Enhancing biological control: Habitat management to promote natural enemies of agricultural pests. Berkeley, Calif.: University of California Press.

Zeide, B. 1998. Biodiversity: A mixed blessing. Bull. Ecol. Soc. Am. 79:215-216.

فصل هشتم: تصمیم‌های مدیریت آفت

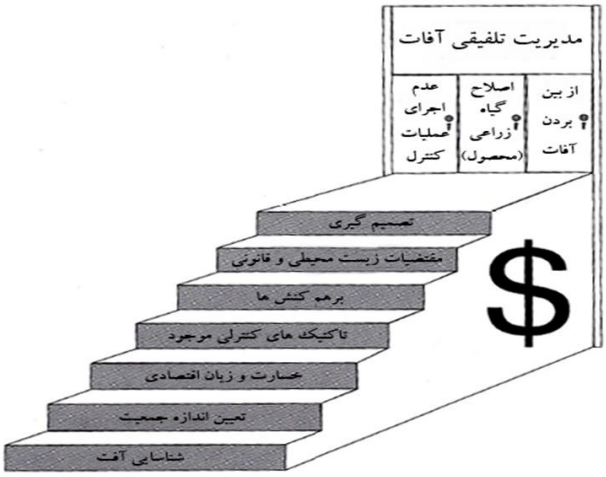
رئوس مطالب این فصل

- مقدمه
- تشخیص مسئله
- روش‌های ارزیابی جمعیت آفات
- آستانه‌ها
- سایر عوامل موثر بر تصمیم‌های مدیریت آفت
- خلاصه

مقدمه

توسعه یک برنامه دقیق IPM به برهم‌کنش اطلاعاتی بستگی دارد که به طور مشترک برای تصمیم‌گیری‌های مدیریت به کار برده می‌شوند. اطلاعات بنیادی لازم برای یک سیستم حفاظتی تصمیم‌گیری در شکل ۸-۱ نشان داده شده است که گام‌های تصمیم‌گیری نامیده می‌شود و یک پلکان فرضی است و بیانگر این مفهوم است که اطلاعات باید از پایین به بالا به دست آید. اطلاعات نادرست یا فقدان اطلاعات در هر گام به تصمیم‌های نادرست یا ضعیف منجر می‌شود. تصمیم‌های مؤثر در IPM نیازمند دستیابی به اطلاعات مربوط به همه گام‌ها قبل از اتخاذ تصمیم است. فقدان درک اهمیت یک گام منجر به اشتباهاتی می‌شود. گام‌های اصلی در ادامه ذکر شده‌اند:

همچنان که در فصل ۴ اشاره شد، گونه‌های آفت باید به طور دقیق شناسایی شود. اگر شناسایی به طور دقیق انجام نشده باشد، اطلاعات مربوط به زیست‌شناسی و اکولوژی آفت برای تصمیم‌گیری‌ها، نادرست خواهد بود. شناسایی نادرست منجر به انتخاب راهبردی می‌شود که آفت واقعی را کنترل نمی‌کند، یا باعث اتخاذ اقدامات غیر مؤثر یا غیر ضروری می‌شود. ممکن است در بدترین حالت آفت‌کشی به کاربرده شود که آفت هدف را نمی‌کشد اما موجودات مفید را از بین می‌برد یا یک حشره مفید رهاسازی شود اما آفت شکار یا میزبان مناسبی برای آن نباشد. همان طور که ذکر شد، شناسایی آفت فرایند پیچیده‌ای بوده و در این کتاب بررسی نمی‌شود. اگر شناسایی آفت نیازمند همکاری است، با دانشگاه محلی یا کارشناسان دولتی مشورت می‌شود.



شکل ۸- ۱: پلکان تصمیم‌گیری. این تصویر اطلاعات مهمی‌که بخشی از تصمیم‌گیری مدیریت آگاهانه‌ی آفت است را نشان می‌دهد. باید از پایین به بالا مطالعه شود. علامت $ در پلکان اشاره به وجود هزینه‌ها در هر مرحله دارد.

دومین گام در فرایند تصمیم‌گیری، تعیین پارامترهای زیستی محصول و آفت است که شامل اندزه جمعیت، توزیع و مرحله رشد و نمو آفت، شناسایی، توزیع و تعداد موجودات مفید، وضعیت محصول میزبان و اقتصاد محصول است. می‌بایست ویژگی‌های عمومی زیستی جمعیت آفت هدف مطالعه شود، به طوری که این مطالعه روی تصمیم‌گیری مربوط به راهبرد انتخابی برای کنترل مؤثر باشد.
سومین گام، ارزیابی پتانسیل تحمل خسارت به وسیله محصول نسبت به تراکم آفت است که شامل بررسی آستانه‌های عمل، اقتصادی و خسارت در جایی می‌شود که این آستانه‌ها وجود دارند.
چهارمین گام، مطالعه همه روش‌هایی است که برای مدیریت آفت هدف وجود دارند. هزینه انجام هر روش کنترل نسبت به درآمدهای اقتصادی مورد انتظار توسط محصول باید ارزیابی شود. در این مرحله در نظر داشتن اقتصاد محصول به ویژه ارزش بازاری جاری و پیش بینی شده ضروری است.
پنجمین گام، بررسی برهم‌کنش‌های احتمالی بین آفت هدف و آفات دیگر و موجودات مفیدی است که در اکوسیستم کشاورزی وجود دارند. آیا آفت هدف در واقع یک آفت کلیدی است؟ آیا امکان کاربرد یک روش برای کنترل آفت کلیدی و همچنین کنترل آفات ثانویه وجود دارد؟ آیا کاربرد یک روش علیه آفت هدف، تأثیر نامطلوبی روی عناصر دیگر اکوسیستم کشاورزی خواهد داشت؟ این گام در اجراء مدیریت تلفیقی آفت مهم است و عنصری است که متأسفانه در کشاورزی صنعتی مورد غفلت واقع شده است.

وقتی راهبرد بهینه و مطلوب مشخص شد، ارزیابی محدودیت‌های قانونی اجتماعی و زیست محیطی در سطح ناحیه‌ای و ارزیابی پتانسیل این بر هم‌کنش‌ها با جنبه‌های دیگر تولید محصول ضروری است. در بسیاری از موقعیت‌ها، محدودیت‌ها ممکن است انتخاب روش را محدود کند (برای نمونه آفت‌کش‌ها نمی‌توانند نزدیک مدارس و تالاب‌ها بکاربرده شوند).

آخرین گام، تصمیم گیری است. چهار احتمال کلی به شرح زیرند:

- عدم اقدام (کنترل). خسارت ایجاد شده توسط آفت برای توجیه عملیات کنترل، کافی نیست یا عملیات کنترل روی سایر آفات یا موجودات مفید در اکوسیستم کشاورزی تأثیر نامطلوبی خواهد داشت و یا محدودیت‌ها به این معنی است که روش کنترلی قابل قبولی وجود ندارد.
- کاهش حساسیت محصول به خسارت. با تغییر بعضی از جنبه‌های اکوسیستم کشاورزی ممکن است خسارت تا سطح قابل قبولی محدود شود.
- کاهش دادن اندازه جمعیت. یک عملیات کنترل قابل حصول است و جمعیت آفت را به طور مستقیم تا یک سطح قابل قبول کاهش می‌دهد.
- ترکیبی از دو حالت قبل

- از همه مهمتر، همه گام‌های قبلی باید در یک چارچوب اقتصادی قرار داده شوند. اگر مدیر نتواند هیچ یک از گام‌ها را بدون از دست دادن پول انجام دهد، آنگاه راهبرد مدیریت از لحاظ اقتصادی غیر قابل توجیه می‌شود. به هر حال ممکن است این امر همیشه درست نباشد، به طوری که در مواردی وجود خسارت اقتصادی برای یک دوره زمانی کوتاه به منظور تحت کنترل درآوردن آفت قابل قبول خواهد بود. بررسی دوام و پایداری روش‌های مدیریت در فصول مختلف ضروری است.

از آنجایی که در هر گام از فرایند تصمیم‌گیری هزینه‌هایی وجود دارد، گاهی اوقات راه‌های میان بر ضروری بوده یا گام‌ها به طور کامل حذف می‌شوند. چنین راه‌های میان‌بری منجر به کنترل آفات می‌شوند اما کنترلی کمتر از میزان کنترل ناشی از مدیریت تلفیقی ایده‌آل آفات حاصل می‌شود. اغلب مشکلات به دلیل اطلاعات یا به دلیل عدم شناخت زیست‌شناسی و یا نادیده گرفتن آن بوجود می‌آید. از لحاظ تاریخی، وقتی بعضی از گام‌ها به ویژه گام‌های ۵ و۶ حذف شدند، مشکلاتی از قبیل مقاومت، طغیان مجدد آفات، آلودگی محیط زیست و باقی مانده آفت‌کش‌های غیر قانونی اتفاق افتادند.

این فصل مفاهیم و نظریه‌های مربوط به دومین و سومین گام از فرایند تصمیم‌گیری را جستجو می‌کند. فصل‌های نهم تا هفدهم، چهارمین گام و وجود روش‌های مختلفی مورد استفاده برای مهار آفت را پوشش می‌دهد. فصل هجده و نوزده، پنجمین و ششمین گام و برنامه‌های مدیریت تلفیقی آفات و محدودیت‌های مختلفی که در مدیریت آفت به دلیل ملاحظات اکولوژیکی یا قوانین مربوط به حمایت از محیط زیست، جانوران و انسان وجود دارند را تحت پوشش قرار می‌دهند.

تشخیص مسئله

شناسایی آفت

مهم‌ترین جنبه مدیریت آفت، تشخیص صحیح گونه آفتی که در اکوسیستم زراعی وجود دارد. تشخیص نادرست آفت منجر به انتخاب روش اغلب اشتباه خواهد شد. تشخیص نادرست آفت ممکن است هنگامی رخ دهد که یک گونه شناخته شده با گونه شناخته شده دیگر اشتباه گرفته شود. این نوع خطا می‌تواند به طور معمول با مشورت متخصصان تاکسونومی گروه آفت برطرف شود. همچنین تشخیص نادرست ممکن است هنگامی رخ دهد که یک گونه یا واریته‌ی ناشناخته قبلی (مانند یک نژاد یا پاتوتیپ[1]) از گونه‌های موجود، به عنوان یک گونه شناخته شده گروه‌بندی شود. حل و فصل این نوع خطا مشکل‌تر بوده و مستلزم تحقیقات علمی برای شناسایی تفاوت‌های ظریف در تمایز آفت جدید از آفت شناخته شده است. چند نمونه از انواع مسائل تشخیصی که باید مورد توجه قرار گیرد شامل موارد زیر است:

بیماری‌ها: هنگامی مشاهده یک نشانه بیماری، در ابتدا تعیین این که آیا این نشانه به وسیله عوامل غیر زنده ایجاد شده یا این که به وسیله یک عامل بیماری‌زا ایجاد شده ضروری است. در مورد اخیر، باید معین شود که آیا به وسیله یک باکتری، یک ویروس، یک فیتوپلاسما و یا یک قارچ ایجاد شده است؟ اغلب برای تشخیص درست این موجود، باید در محیط کشت، پرورش داده شوند که مستلزم امکانات آزمایشگاهی ویژه است. اگر پاتووار یا فرم‌های اختصاصی مهم باشند باید معین شوند. تشخیص درست عوامل بیماری‌زا اغلب مشکل است اگرچه روش‌های شناسایی با استفاده از DNA برای بعضی از گونه‌ها می‌تواند بکار گرفته شود. بسیاری از دانشگاه‌ها داری کلینیک‌های تشخیصی برای کمک به کشاورزان و متخصصان با توجه به نیازهای تشخیصی آن‌ها هستند.

علف‌های هرز: می‌بایست تشخیص گیاهان گلدار و گیاهچه‌ها امکان‌پذیر باشد. تشخیص گیاهچه نسبت به شناخت گیاه گلدار اهمیت بیشتری دارد زیرا بیشتر عملیات کنترل هنگامی صورت می‌گیرد که علف‌های هرز هنوز در مراحل رشدی گیاهچه‌ای هستند. همچنین در بعضی موارد، ضروری است تشخیص بذور علف‌هرز برای تعیین وجودشان در بانک بذر خاک یا وجود آن‌ها در بذر محصول امکان پذیر باشد.

نماتدها: بعضی از نشانه‌های آلودگی به نماتدها مشخص هستند مانند گال‌های ایجاد شده به وسیله نماتد ریشه گره‌ای (۲-۷ g و f را ببینید) یا علائم بیماری نماتد حلقوی در نارگیل (شکل ۱۴-۶ را ببینید). اگرچه، علائم آلودگی به نماتدها منحصر به فرد نبوده و ممکن است مشابه کمبود مواد غذایی باشد. تشخیص دقیق یک بیماری نماتدی شامل جمع‌آوری نمونه‌هایی از خاک یا گیاه،

[1] Pathotype

استخراج نماتدها از این نمونه‌ها و تشخیص و شمارش نماتدهای مشاهده شده است. تشخیص جنس‌های[1] نماتد به وسیله بررسی و آزمون مراحل نابالغ امکان‌پذیر است. تشخیص تا سطح گونه به طور معمول به وسیله بررسی ویژگی‌های مرفولوژیکی دقیق ماده‌های بالغ انجام می‌شود ولی ممکن است نیازمند بررسی و آزمودن سایر مراحل (رشدی) نیز باشد. روش‌هایی بر مبنای اطلاعات DNA برای تشخیص توسعه یافته‌اند. در بعضی از موارد انجام زیست‌سنجی دامنه تمایز میزبانی، برای تعیین پاتوتیپ یا نژاد نماتد ضروری است. برای نمونه در گونه‌های خاصی از نماتدهای ریشه گره‌ای بعضی از نژادها می‌توانند پنبه را آلوده کنند در حالی که سایرین نمی‌توانند. بنابراین، ممکن است تعیین نژاد نماتد ریشه گره‌ای برای مدیریت نماتد در پنبه ضروری باشد.

بندپایان: ممکن است تشخیص حشرات بالغ، مراحل نابالغ و تخم‌های گونه آفت ضروری باشد. در بندپایان مرحله نابالغ اغلب مهم است زیرا این مرحله حساسترین مرحله نسبت به روش‌های کنترلی است. اغلب پرورش حشره تا مرحله بلوغ به علت مشکل بودن تشخیص مرحله نارس، ضروری است. نشریات ترویجی راهنمایی‌های مناسبی برای روش‌های جمع آوری و نگهداری نمونه-ها برای تشخیص آن‌ها ارائه می‌دهند. همچنین تشخیص گونه بندپایان مفید ضروری است چراکه ممکن است به سم پاشی یک جانور بندپای مفیدی منجر شود که اشتباهی یک آفت تشخیص داده شده است.

مشکلات تشخیص دقیق آفت نشان دهنده اهمیت رشته‌های تاکسونومی و رده‌بندی است و دلیل آموزش اختصاصی یا دستیابی به منابع در تشخیص هر یک از گروه‌های آفت برای مدیران آفت است.

پایش[2]

ممکن است پایش جمعیت‌های آفت که نیازمند یک طرح نمونه‌برداری است از لحاظ فیزیکی با مشکل مواجه شده و شاید پر هزینه باشد. می‌بایست انواع مختلفی از اطلاعات جمع‌آوری و مورد تجزیه و تحلیل قرار گیرد و از طرفی اختصاصی بودن اطلاعات بسته به گروه آفت لازم است زیرا بعضی از اطلاعات مختص به یک آفت هستند.

به منظور تعیین وضعیت جمعیت آفت، پایش یا اندازه‌گیری تراکم‌ها یا تعداد آفت ضروری است. در رابطه با پایش آفات برای مدیریت آن‌ها دو شرط بسیار متفاوت وجود دارد: وجود مراحل آفت و تراکم آفت.

۱ - رخدادهای فنولوژیکی. رخدادهای فنولوژیکی برای تعیین اولین تاریخ ظهور آفت در شروع فصل، یا ظهور یک مرحله خاص مانند حشرات کامل شب پره طی فصل رشد استفاده می-

[1] Genera
[2] Monitoring

شوند. این نوع اطلاعات برای تعیین زمان عملیات کنترل استفاده می‌شود چون حساسیت بسیاری از آفات به روش‌های ویژه مطابق با مرحله فنولوژیکی تغییر می‌یابد. برای نمونه، به طور معمول علف‌های هرز گلدار نسبت به گیاهچه‌ها خیلی سخت‌تر کنترل می‌شوند و مرحله سپر سخت (حشره کامل) در شپشک‌های سپردار در برابر حشره‌کش‌ها نسبت به مرحله پوره سن اول (حشرات نابالغ) حساسیت خیلی کمتری دارد. ارزیابی رشد و نمو فنولوژیکی مستلزم تعیین اندازه مطلق جمعیت نیست ولی بهتر است که مرحله رشدی ویژه‌ای وجود داشته باشد.

۲ - تعیین اندازه جمعیت. پایش اندازه جمعیت، شمارش تعداد آفات را شامل می‌شود. این اطلاعات پیش از بکارگیری اطلاعات آستانه مورد نیاز است زیرا به طور معمول آستانه‌ها بر حسب تعداد آفت در رابطه با واحد معینی از اندازه‌گیری تعریف می‌شوند. تعیین اندازه جمعیت مشکل‌تر و در نتیجه انجام آن نسبت به ثبت زمان رخدادهای فنولوژیکی پر هزینه‌تر است. اندازه جمعیت می‌تواند در دو واحد مختلف اندازه‌گیری بیان شود که نیاز به روش‌های مختلف برای نمونه‌برداری جمعیت است:

۲-۱- تخمین مطلق: در این روش تعداد آفات به صورت تعداد در واحد سطح زمین بیان می‌شود مانند تعداد ۲۰۰۰ بذر در هر متر مربع، تعداد ۵۰,۰۰۰ شته در هر جریب یا تعداد دو فیل در هر کیلومتر مربع. همچنین به جای واحد سطح زمین تعداد آفت نسبت به گیاه میزبان یا بخشی از آن مانند تعداد شپشک‌ها در هر درخت، تعداد سن‌های لیگوس در هر گیاه پنبه، تعداد کنه‌ها در هر برگ یا تعداد نماتدها در هر گرم از ریشه بیان می‌شود. این نوع اندازه‌گیری تراکم جمعیت، گاهی اوقات فراوانی جمعیت نامیده می‌شود. همچنین اندازه جمعیت نماتد ممکن است به صورت تراکم نماتد در مقیاس تعداد تخم‌ها یا سیست‌ها در هر حجم یا توده از خاک بیان شود.

۲-۲ - تخمین نسبی: به روش‌هایی از نمونه‌برداری که یک تخمین نسبی از جمعیت را به دست می‌آورند گفته می‌شود چنان که تعداد به صورت هر واحد از نمونه‌برداری بیان می‌شود مانند تعداد سوسک‌های کرم ریشه در هر بار تور زدن از یک تور حشره‌گیری یا تعداد لاروهای پیچانده برگ روی درخت سیب که در مدت ۵ دقیقه مشاهده می‌شود.

اندازه‌گیری نسبی علف‌های هرز متداول نیست اگرچه نسبت علف‌هرز و تاج پوشش برگ گیاه زراعی روشی برای برآورد خسارت بر اساس وجود علف‌هرز نسبت به گیاه زراعی واحد است (این موضوع را در ادامه در این فصل می‌بینید).

صرف نظر از اینکه ارزیابی جمعیت مطلق یا نسبی است، استفاده از روش وجود یا فقدان نمونه ممکن است امکان‌پذیر باشد که از لحاظ روشی، نمونه‌برداری دوجمله‌ای[1] نامیده می‌شود. این روش ارزیابی جمعیت در یک واحد نمونه‌برداری مانند یک برگ، میوه یا یک کوادرات[2] است که تنها برای ارزیابی وجود آفت هدف بکار می‌رود. به جای شمارش تعداد واقعی افراد موجود، وجود یا عدم وجود آفت تعیین می‌شود. در این روش تعداد نمونه‌های کافی برآورد شده و با استفاده از جداول آماری مناسب تخمین اندازه جمعیت امکان پذیر می‌شود.

الگوهای توزیع فضایی آفات

موجودات آفت در اکوسیستم‌های کشاورزی موقعیت‌های فضایی مختلفی را اشغال می‌کنند. ممکن است الگوی فضایی آفات در یک ناحیه ویژه از سیستم برای مدیریت حائز اهمیت بوده و ممکن است تعیین کننده محلی باشد که نمونه‌ها باید از آن محل گرفته شوند. الگوی موجودات آفت در فضا با استفاده از سه توزیع فراوانی پایه‌ای شرح داده می‌شود (شکل ۸-۲):

۱- الگوی تجمعی: این الگو کپه‌ای[3] نیز نامیده می‌شود و آفاتی را شرح می‌دهد که در قطعه یا دسته‌های مشخصی یافت می‌شوند و در بین تجمعات مناطقی وجود دارد که در این مناطق آفتی وجود نداشته یا به تعداد کم وجود دارد (شکل ۸-۲ a). بیشتر تجمعات تراکم‌های به نسبت پایینی از آفت دارند ولی تعداد کمی از آن‌ها دارای تعداد بالایی هستند. در یک الگوی توزیع تجمعی، ممکن است موجودات جلب کننده یکدیگر در نظر گرفته شوند به طوری که وجود یک موجود احتمال حضور موجود دیگر را افزایش می‌دهد. چندین دلیل برای تجمع موجودات در گروه‌ها وجود دارد:

۱-۱- موجودات در جایی که در آن منشأ گرفته‌اند نزدیک به یکدیگر باقی می‌مانند، هم چنان که چندین نتاج در یک مکان باقی می‌مانند. این ویژگی در بسیاری از علف‌های هرز، نماتدها و سایر آفات دارای قابلیت تحرک محدود متداول است.

---

[1] Binomial
[2] Quadrat
[3] Clumped

۱-۲- منابع یا محیط زیست مناسب به صورت قطعه‌ای توزیع می‌شوند و نماتدها و حشرات به یک منبع یا زیستگاه مناسب جلب می‌شوند علف‌های هرز ممکن است در منطقه‌ای رشد کنند که از منابع زیادی برخوردار بوده یا زیستگاه مناسب موضعی داشته باشد.

۱-۳- ممکن است موجودات متحرک از طریق علائم جفت‌یابی به یکدیگر جلب شوند. همچنین رفتار گله‌گرایی[1] یا دسته‌گرایی[2] برای دفاع منجر به دسته‌ای شدن می‌شود.

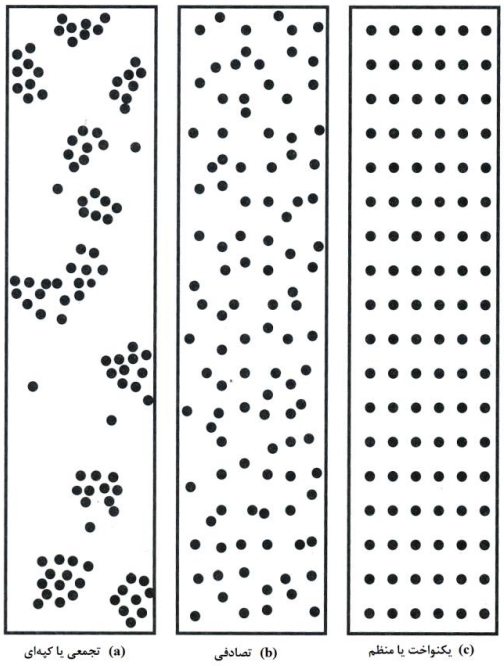
۱-۴- گروه‌های حشرات اجتماعی رفتار وراثتی دارند که واحدهای اجتماعی را به وجود می‌آورد مانند تپه‌های موریانه یا کلنی مورچه.

الگوی تجمعی در بسیاری از آفات به ویژه هنگامی که جمعیت‌ها به نسبت پایین هستند متداول است. این الگو از لحاظ ریاضی به وسیله بعضی از توزیع‌های فراوانی شرح داده می‌شود که متداول‌ترین آن‌ها، توزیع دوجمله‌ای منفی[3] است. تجمع مشکلاتی برای نمونه‌برداری ایجاد می‌کند. اندازه واحد نمونه‌برداری نسبت به توده دسته، تعیین کننده ماهیت آشکار توزیع است. در الگوی فضایی تجمعی، یافتن یک فرد احتمال یافتن فرد دیگری از همان گونه را در همان محل‌های نزدیک افزایش می‌دهد. اگر یکسری نمونه از یک جمعیت گرفته شود، الگوی فضایی تجمعی اشاره دارد که واریانس نمونه‌ها بیشتر از میانگین آماری آن‌ها است.

۲- الگوی تصادفی: افراد در تمام مزرعه در فواصل متغییری از محل‌های مجاور آفت یافت می‌شوند ولی الگوی پراکنش مشخصی در بین محل‌ها وجود ندارد (شکل ۸-b۲). الگوی تصادفی در بسیاری از آفات مستقر شده متداول است و هنگامی به وجود می‌آید که تعداد به نسبت بالا بوده و افراد با یکدیگر برهم‌کنش ندارند مانند الگوی تصادفی که در مورد علف‌های هرز و عوامل بیماری‌زا یافت می‌شود. اگر افراد یک جمعیت به طور تصادفی توزیع شوند، آنگاه یافتن یک فرد از جمعیت احتمال یافتن فرد دیگر نزدیک به آن را تغییر نمی‌دهد.
الگوی تصادفی در پراکنش آفت می‌تواند از لحاظ ریاضی به وسیله توزیع فراوانی پوآسن[4] شرح داده شود. اگر یکسری نمونه از یک جمعیت گرفته شود، توزیع فضایی تصادفی اشاره دارد که واریانس نمونه‌ها با میانگین آماری آن‌ها برابر است.

---

[1] Herding
[2] Flocking
[3] Binomial negative
[4] Poisson frequency distribution

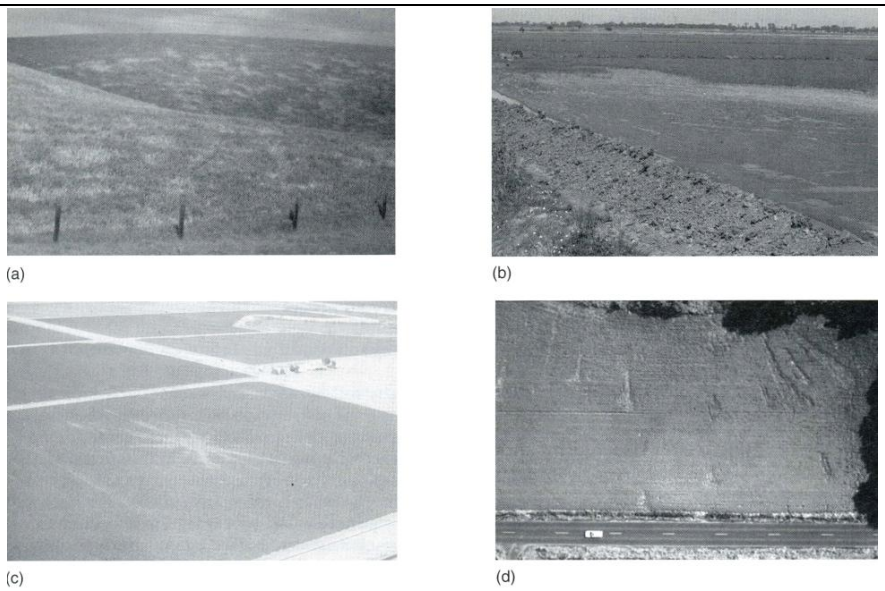


شکل ۸- ۲: سه توزیع فضایی طبیعی اصلی موجودات زنـده. (a) تجمعـی یـا کپـه‌ای، (b) تصـادفی و (c) یکنواخت یا منظم.

۳- الگوی یکنواخت: این الگو بیانگر آن است که همه موجودات آفت در یک الگوی منظم و در فواصل یکسانی نسبت به یکدیگر قرار گرفته‌اند (شکل ۸-۲ c) مانند هر یک متر در طـول یـک ردیف محصول. این الگو هنگامی بوجود می‌آید که تراکم‌های آفت بالا بوده و وجود (حضور) یک فرد بر افراد مجاور آن به طور منفی تأثیر می‌گذارد. بنابراین، وجود یک موجود، احتمـال وجـود موجود دیگر در نزدیکی آن را کاهش می‌یابد. این وضعیت در مورد آفات متحرک منجر به ایجاد فواصل مساوی در بین افراد می‌شود مانند بسیاری از حشرات، نرمتنان و مهره‌داران.

الگوی یکنواخت از لحاظ ریاضی به وسیله توزیع فراوانی دوجمله‌ای مثبت[1] شرح داده می‌شـود. اگـر یکسری نمونه از یک جمعیت گرفته شود الگوی فضایی یکنواخت اشاره دارد که واریـانس نمونـه‌هـا کمتر از میانگین آماری آن‌ها است.

[1] Positive binomial



شکل ۸- ۳: نمونه‌هایی از الگوهای فضایی مختلف آفات. (a) آلودگی تصادفی پاتوژن (نواحی روشن)، تصویر اینجا ویروس کوتولگی زرد در جو؛ (b) افزایش خسارت در حاشیه‌ی کنار پرچین مزرعه، تصویر اینجا خسارت موش‌ها در برنج؛ (c) الگوی ستاره‌ای شکل آلودگی نماتد کیستی چغندرقند که به سبب تحرک آن‌ها از یک نقطه‌ی آلودگی است؛ (d) خطوط Ditylenchus نماتد ساقه و پیاز، علائم در طول شیب مزرعه یونجه؛ بالای تصویر بالای مزرعه و جاده سمت پایین مزرعه. علائم نشان‌دهنده‌ی انتشار نماتدها با جریان آب است. منبع: تصویر (a) از Lee Jackson با مجوز؛ تصویر (b) از Terrel Salmon با مجوز؛ تصویر (c) از Ivan Thomason با مجوز؛ و تصویر (d) از G. Caubel با مجوز.

در بسیاری از وضعیت‌ها، فعالیت انسان الگوهای فضایی فوق‌الذکر آفات را تغییر می‌دهد (شکل ۸-۳). این تغییر برای گونه‌های آفت غیر متحرک مانند علف‌های هرز، نماتدها و عوامل بیماری‌زای خاکزاد حائز اهمیت است. مشخص بودن الگوی فضایی، اتخاذ بهترین روش برای پایش جمعیت و شناسایی عامل مشکل را تسهیل خواهد کرد.

موارد زیر مثال‌هایی از الگوهای تحت‌تأثیر فعالیت انسان هستند:

۱- آلودگی نقطه‌ای منبع: یک آفت تنها در یک نقطه‌ای از مزرعه وارد می‌شود و از آن نقطه گسترش می‌یابد و در اصل به صورت یک تجمع به نظر می‌رسد. آلودگی‌ها در چندین نقطه می‌تواند فراهم کننده الگوی تجمعی چندگانه (تجمع در چندین محل) باشد (شکل ۸- ۳ a).

۲- حاشیه مزرعه در مقایسه با وسط آن: بسیاری از (جانوران) مفید و آفات متحرک از طریق پرچین‌ها، دیوارهای فلزی، ساحل رودها و سایر مناطق اطراف به داخل مزارع هجوم می‌آورند

(شکل۸-۳ b). این آفات در اوایل فصل در حاشیه مزارع با تراکم بالا نسبت به داخل مزرعه وجود دارند. هنگام بروز این وضعیت، مدیر (آفات) خواهد دانست که حاشیه‌های مزرعه باید با دقت و شدت بیشتری مورد پایش قرار گیرند زیرا برآورد جمعیت‌ها فقط در وسط مزرعه آلودگی‌های مهم اولیه را آشکار نمی‌کند.

۳- باد شدید و بادشکن‌ها: بعضی از آفات از طریق وزش بادهای شدید به مزارع وارد می‌شوند که منجر به تراکم بالای آفت در طرف بادخیز مزرعه می‌شود. این منطقه باید با دقت بیشتری پایش شود چون ممکن است فراهم کننده اولین مدرک از ورود آفت باشد. درختان و ساختارهایی از قبیل حصارهای فلزی (فنس‌ها) به صورت بادشکن‌هایی عمل می‌کنند که ایجاد کننده گرد باد در جریانات بادی در طرف پشت به باد آن‌ها هستند. ممکن است بعضی از آفات بادزاد[1] در چنین مناطقی در تراکم‌های بالایی بجا گذاشته شوند. باید برای پایش آفات در چنین مناطقی توجه اختصاصی صورت گیرد. آگاهی از سازوکارهای پراکنش آفات به ایجاد مؤثرترین برنامه نمونه‌برداری کمک خواهد کرد.

۴- الگوهای مکانیکی ناشی از ماشین‌ها: آفات خاکزاد اغلب روی تجهیزات خاک‌ورزی حمل می‌شوند و الگوهایی در اثر حرکت این تجهیزات مانند خطوطی در عرض مزارع یا نوارهای طولی به وجود می‌آورند. الگوی ستاره‌ای شکل در شکل۸-۳ c ناشی از کشیده شدن این تجهیزات در سطح زمین از میان یک نقطه آلودگی نماتد سیست چغندرقند است که از روی آن نقشه‌برداری صورت گرفته است.

۵- الگوهای آبیاری: آب آبیاری سطحی می‌تواند موجودات آفت را حمل کند و به ویژه برای موجوداتی مانند باکتری‌ها، قارچ‌ها، نماتدها و بذور علف‌های هرز که برای جابجایی در فواصل طولانی از توانایی ذاتی اندکی برخوردارند کاربرد دارد. ممکن است الگوی توزیع آب در شیوع آفات مؤثر باشد مانند افزایش شیوع بیماری *Sclerotium rolfsii* در شیارهایی در زیر یک محل آلودگی یا نماتدهایی که در جریان طبیعی آب به طرف پایین مزرعه حمل می‌شوند (شکل۸-۳d). غرقاب کردن نیز می‌تواند یک مشکل جدی در نظر گرفته شود چراکه پتانسیل حمل آفات جدید را به یک منطقه دارد ولی به طور معمول الگوی خاصی به وجود نمی‌آید.

۶- شرایط خاک: شرایط خاک که بر الگوهای فضایی آفات مؤثر هستند شامل موارد زیر است:

۶-۱- وضعیت رطوبت خاک: بسیاری از آفات خاکزاد به وضعیت رطوبت خاک حساس هستند و بنابراین پراکنش آن‌ها ممکن است تحت تأثیر میزان آب خاک قرار گیرد. اگر خاک‌ها (از لحاظ رطوبتی) اشباع باشند، غلظت اکسیژن کاهش می‌یابد و منجر به شرایط غیر

[1] Wind borne pests

هوازی می‌شود (به ویژه در خاک‌های بافت ریز). بعضی از نماتدها و عوامل بیماری‌زا به غلظت پایین اکسیژن حساس هستند. از طرف دیگر، بسیاری از عوامل بیماری‌زا خاکزاد مانند *Phytophthora* برای ایجاد آلودگی به آب آزاد نیازمند هستند؛ در مناطق با رطوبت پایین در مزرعه بیماری‌های ناشی از این موجودات با احتمال بیشتری شیوع می‌یابند. بسیاری از توزیع‌های نماتد نیز با وضعیت رطوبت خاک تغییر می‌یابد.

۶-۲- pH خاک: pH خاک‌ها در دامنه ای از ۴ تا۹ قرار دارد. بیشتر موجودات آفت خاکزاد دارای طیف pH بهینه هستند. آگاهی از تغییرات در pH مزرعه می‌تواند بیانگر آن باشد که چه موجوداتی یک محل خاص در مزرعه را جستجو می‌کنند.

۶-۳- فشردگی خاک: بعضی از گونه‌های علف‌های هرز با شرایط فشردگی خاک سازگاری بسیار خوبی دارند و می‌توانند در جاهایی رشد کنند که بیشتر محصولات در آنجا قادر به رشد نیستند. بیشتر مهره‌داران آفت ساکن خاک از خاک‌های فشرده اجتناب می‌کنند.

۶-۴- نوع خاک: بافت خاک بر تهویه و عوامل قبلی خاک تأثیر می‌گذارد و بنابراین بر توزیع فضایی جمعیت‌های نماتد مؤثر است. بررسی اثر نوع خاک روی تغییرات جمعیت آفات با ارزش است؛ این اثرات ممکن است به واسطه یکی از سه سازوکار اول صورت گیرد.

مدیر با تجربه مکان‌هایی از مزرعه که آفات با احتمال بیشتری یافت می‌شوند را یاد می‌گیرد و به طور معمول آن مناطق را با دقت بیشتری پایش خواهد کرد. البته می‌بایست مناطق باقی مانده در مزرعه نیز بررسی شوند ولی این مناطق ممکن است با شدت کمتری پایش شوند.

آمار در نمونه‌برداری

یک نمونه مناسب متشکل از چه چیزی است؟ برای اهداف مدیریت آفت باید بین آنچه که از لحاظ آماری قابل اطمینان در نظر گرفته می‌شود و در مقابل آنچه که از لحاظ اقتصادی مناسب است مصالحه برقرار شود. نمونه‌برداری برای تحقیقات اغلب نیازمند قطعیت بیشتری نسبت به نمونه‌برداری برای تصمیم گیری مدیریت آفات است.

آماردانان بین دو واژه مشابه صحت (دقت) و قابلیت اطمینان تفاوت قائل می‌شوند. صحت به این که چگونه نتایج نمونه‌ها ارزش واقعی جمعیت را منعکس خواهد کرد گفته می‌شود. قابلیت اطمینان اطلاق می‌شود به تغییرپذیری که در فرایند نمونه‌برداری ذاتی است و این که یک روش نمونه-برداری نتایج قابل تکراری را فراهم می‌کند. اگر کسی بخواهد نمونه‌برداری خیلی صحیح انجام دهد، در بیشتر موارد برای اهداف مدیریت آفت قابلیت اطمینان منطقی یا نمونه‌های قابل اطمینان اهمیت بیشتری پیدا می‌کنند. اگر روش نمونه‌برداری نادرست باشد قابلیت اطمینان به این معنی است که این روش همیشه مقداری اریب دارد، که باعث تخمین درصد خطا از نمونه می‌شود. به طور معمول در تحقیقات، تخمین مطلق جمعیت با سطوح بالای دقت برای تعیین پارامترهای

جمعیت بسیار ضروری هستند. قابلیت اطمینان تخمین جمعیت همیشه با اندازه بزرگتر نمونه و تعداد بیشتر افراد نمونه‌برداری شده بدست می‌آید. بررسی‌های تجربی نیاز به تعادل بین دقت تخمین به دست آمده توسط نمونه‌برداری و هزینه پیش بینی شده نمونه‌ها دارند اما قانون ساده‌ای جهت تعیین این تعادل برای همه گروه‌های آفات و همه وضعیت‌ها وجود ندارد. هدف از نمونه-برداری برای اهداف مدیریتی آفات، تعیین میانگین تعداد آفات موجود در یک سیستم خاص است.

بعضی از تعاریف مورد استفاده شده در آمار پایه‌ای نمونه‌برداری که در ادمه ارائه می‌شود، توسط روسینک[1] در سال ۱۹۸۰ بیان شده است.

آماردانان و زیست‌شناسان یک واژه‌نامه فنی بوجود آورده‌اند تا ارتباط برنامه‌های نمونه‌برداری را آسان کنند. متاسفانه تعداد زیادی از کلمات در این واژه‌نامه معنی غیرفنی دارند و بعضی از نویسندگان در استفاده از آن‌ها دچار سردرگمی می‌شوند. تعدادی از عمومی‌ترین واژه‌های فنی در اینجا ارائه می‌شوند. این متن خلاصه شامل همه مطالب جامع بحث داده‌های آماری بکاررفته در نمونه‌براری نیست.

یک نمونه کلکسیون کوچکی است که معرف یک جمعیت بزرگتر (تا حدی که اطلاعات یا داده‌ها مطلوب است) است. آنچه که مشاهده می‌شود نمونه است ولی آنچه که بررسی می‌شود جمعیت است. به تعداد مشاهدات در نمونه (به صورت n نشان داده می‌شود) اندازه نمونه[2] گفته می‌شود در صورتی که ساختار فیزیکی و بزرگی یک نمونه واحد نمونه[3] نامیده می‌شود. برای مثال واحد نمونه ممکن است ۱۰ تور با تور حشره گیری باشد و اندازه نمونه n= ۲۰ می‌تواند اشاره داشته باشد به ۲۰ سری از هر ۱۰تور.

میانگین حسابی که به صورت $\bar{x}$ نشان داده می‌شود، در اندازه‌گیری میانگین کاربرد دارد و به صورت $\bar{x}=\frac{1}{n}\sum xi$ محاسبه می‌شود. xi بیانگر i امین مشاهده از n بار مشاهده آفت x است.

اندازه‌گیری عمومی پراکنش مشاهدات بیانگر انحراف معیار[4] است و به صورت S نشان داده می‌شود. انحراف معیار به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$S=\sqrt{\frac{\sum xi^2-\frac{1}{n}(\sum xi)^2}{n-1}}$$

واریانس (s^2) مربع انحراف از معیار است، در صورتی که خطای معیار یا خطای استاندارد از میانگین $(s_{\bar{x}})$ به صورت زیر محاسبه می‌شود:

[1] Ruesink
[2] Sample size
[3] Sample unit
[4] Standard deviation

$$S_{\bar{x}} = \frac{s}{\sqrt{n}}$$

انحراف معیار بیان پراکنش بین مشاهدات است و خطای معیار از میانگین اندازه‌ای از فاصله $\bar{x}$ تا میانگین واقعی (μ) جمعیت نمونه‌برداری شده است. نسبت‌های مختلف موجود، پراکنش بین مشاهدات را نسبت به میانگین مشاهده شده مقایسه می‌کنند. ضریب واریانس (cv) به صورت زیر تعریف می‌شود:

$cv=s/\bar{x}$

یک نسبت مفیدتر از S به میانگین که به آن تغییرات (واریانس) نسبی ***(RV)*** گفته می‌شود به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$RV=\left({}^{S_{\bar{x}}}/_{\bar{X}}\right)(100)$$

این نسبت‌ها رایج هستند چراکه در بسیاری از برنامه‌های نمونه‌برداری S به صورت $\bar{X}$ افزایش می‌یابد و بدون واحد است و بنابراین می‌توانند صرف نظر از واحد نمونه بکار رفته مقایسه شوند.

قابلیت اطمینان یک نمونه (همچنان که در اینجا تعریف شده است) یک پارامتر مرتبط با مدیریت آفات است. قابلیت اطمینان می‌تواند با استفاده از تغییرات (واریانس) نسبی یا روش‌های رسمی احتمالات و حد اطمینان اندازه‌گیری شود. یک حد اطمینان تخمین را به طور متقارن نشان می‌دهد و مقدار واقعی جمعیت را در محدوده‌ای با احتمال یا حد ویژه بیان می‌کند. وقتی n بزرگ باشد (برای نمونه ۳۰یا بیشتر) یا به دلایل دیگر برای نرمال کردن یک حد اطمینان برای میانگین می‌تواند به صورت زیر نوشته شود:

$$\bar{x} - t_a {}^{s}/_{\sqrt{n}} \leq \mu \leq \bar{x} + t_a {}^{s}/_{\sqrt{n}}$$

که t_a مقدار توزیع t با سطح احتمال $\propto$ و درجه آزادی (df) به صورت S است. درجه آزادی n-1 است اگر S برآوردی از n تا نمونه باشد. اگر برای تخمین بهتر S اطلاعات دیگری بکار رفته باشد آنگاه درجه‌های آزادی از n تجاوز می‌کنند. هنگام نمونه‌برداری جمعیت‌های آفت، خطاها به ندرت برای اندازه‌های کوچک نمونه (n کم است) دارای توزیع نرمال بوده و از این رو اطمینان متقارن مناسب نیست و مستلزم محاسبه حد اطمینان نامتقارن است. روش‌های محاسبه حدود (اطمینان) نامتقارن برای توزیع آماره‌های اساسی قابل استفاده هستند اما به دلیل محاسبه پیچیده، کاربرد خیلی کمی پیدا کرده‌اند. چکیده مقالات حدود متقارن در بلیس[1] (۱۹۶۷، صفحات ۱۹۹-۲۰۳) نشان داده شده است.

[1] Bliss

جدول ۸-۱ فواصل اطمینان یک‌طرفه برای سه توزیع آماری معمول برای صفر فرد در n نمونه

حدود بالایی میانگین (نمونه/فرد)

توزیع	فرمول کلی	نمونه از (n=۱۰، α= ۰/۰۵، k= ۲)
دوجمله‌ای	$1 - \alpha^{\frac{1}{n}}$	۰/۲۶
پواسن	$-(\lambda n \alpha)/_{n}$	۰/۳۰
دوجمله‌ای منفی	$k(\alpha^{(-1/nk)} - 1$	۰/۳۲

K پارامتر دوجمله‌ای منفی و α سطح اطمینان درخواست شده است.

روشی به نسبت ساده برای یک مورد خاص از حدود نامتقارن موجود است. این روش به نتیجه نمونه‌برداریی مربوط است که در آن هر یک از نمونه‌ها ایجاد صفر فرد کنند. اگر توجیهی برای این فرض وجود داشته باشد که توزیع اساسی دوجمله‌ای، پوآسن یا دوجمله‌ای منفی است، محاسبه حد اطمینان یک طرفه امکانپذیر است و می‌توان گفت که میانگین جمعیت کمتر از بعضی حدود بالایی با سطح احتمال α است. فرمول‌های کلی مفاهیم نظریه پایه‌ای احتمال در جدول ۸-۱ محاسبه شده‌اند. ولی مثال‌ها نشان می‌دهند که حد بالا برای بیشتر توزیع‌های تجمعی بزرگتر است.

انتخاب بین دو برنامه نمونه‌برداری امکان‌پذیر به هزینه‌ها بستگی دارد. دانش ما درمورد قابلیت اطمینان باید با هزینه بدست آمدن داده‌ها (اطلاعات) ترکیب شود. در صورتی یک برنامه مؤثرتر از دیگری بیان می‌شود که در شرایط خاص نتایج معتبرتری را در هر واحد هزینه فراهم کند. دقت خالص نسبی (RNP) یک معیاری از کارایی است و به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$RNP=\frac{100}{(RV)(Cs)}$$

که C_s کل هزینه n نمونه استفاده شده برای محاسبه RV است.

آنچه که در محاسبات ملال‌آور حاصل می‌شود به سادگی با استفاده از برگه‌های گسترده کامپیوتری یا نرم افزارهای آماری به دست می‌آید. ایجاد توابع امکان تجزیه و تحلیل مستقیم داده‌های نمونه-برداری را فراهم می‌کند و بعضی از داده‌ها می‌تواند به طور جزئی با استفاده از داده نگارهای[1] داخل مزرعه‌ای حاصل شود.

[1] Data loggers

روش‌های ارزیابی جمعیت‌های آفت

پایش آفت

پایش فرایندی است که از طریق آن تعداد و مراحل زندگی آفت یا موجودات زنده حاضر در یک محل تعیین می‌شود. همچنین برای مدیریت بندپایان می‌بایست اندازه جمعیت و سطح فعالیت موجودات مفید تعیین شود. در بیشتر مواقع پایش موجودات مفید به اندازه پایش‌های گروه‌های آفت دیگر مهم نیست.

نکته بسیار مهم که اغلب در مباحث مدیریت آفت نادیده گرفته می‌شود این است که هیچ روش مدیریتی وجود ندارد که برای همه گروه‌های آفت عمل کند و حتی داخل یک گروه آفت بهترین روش‌ها به سبب زیست‌شناسی و اکولوژی آفت متفاوت هستند. برای نمونه، شمارش مستقیم نماتدها در خاک نیازمند استفاده از روش‌های متفاوتی نسبت به شمارش لاروهای کرم شاخ‌دار توتون روی گیاه گوجه‌فرنگی است.

موضوعات کلی پایش

بعضی از موضوعات مهمی که روی روش پایش یک آفت تأثیر می‌گذارند شامل:

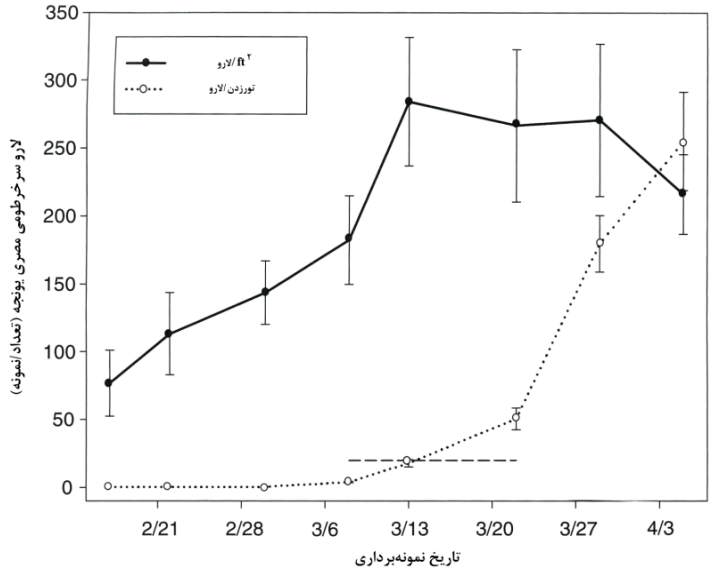
۱- داده‌های مورد نیاز. سعی و تجهیزات مربوطه بسته به این که چه تعداد واقعی آفت مورد نیاز هستند در مقایسه با اطلاعات وجود یا عدم وجود آفت یا فقط زمان رخداد فنولوژیکی متفاوت است.

۲- موقعی از روز که نمونه‌ها جمع‌آوری می‌شوند. این موضوع می‌تواند کارایی جمع‌آوری را به دلیل متفاوت بودن فعالیت شبانه آفت به ویژه در حشرات و بعضی از مهره‌داران تغییر دهد.

۳- شرایط آب و هوایی. طی فصول، آب و هوا می‌تواند در زمان جمع‌آوری نمونه قابلیت اطمینان نمونه‌برداری را به طور قابل توجهی تغییر دهد. برای نمونه در شرایط بادی و سرد ممکن است حشرات از بخش فوقانی آشکوب یک گیاه به بیرون رانده شوند.

۴- شرایط خاک. اگر خاک مزرعه خیس باشد نمونه‌برداری مشکل است. استخراج نماتدها و بندپایان از خاک‌های تر می‌تواند نتایج ضعیفی داشته باشد.

۵- رشد و نمو فنولوژیکی موجود زنده. مرحله رشدی موجودات در زمان نمونه‌برداری می‌تواند کارایی نمونه‌برداری را تغییر دهد. برای نمونه لاروهای سن اول و دوم سرخرطومی یونجه کوچک بوده و از بخش‌های انتهایی محصول تغذیه می‌کنند و بنابراین بیرون آوردن آن‌ها [از محل تغذیه] با تور حشره‌گیری آسان نیست. این امر ممکن است به تخمین پایین‌تر جمعیت از جمعیت واقعی آن به وسیله تور حشره‌گیری طی مرحله اولیه رشد جمعیت منجر شود (شکل ۸-۴). مثال دیگر می‌تواند اختلاف بین تعیین باشد که چه تعدادی از گیاهان تاج‌خروس در مقایسه با تعداد بذرهای برآورد شده آن در خاک وجود دارند. تغییرات فصلی آب و هوا گاهی بر فعالیت آفت تأثیر گذار بوده و نمونه‌برداری در زمان نامناسب از سال می‌تواند نتایج ضعیفی ایجاد کند.



شکل ۸- ۴: مقایسه‌ی تعداد مطلق لاروهای سرخرطومی مصری یونجه به صورت کل لاروها در هر فوت مربع یونجه در برابر اندازه‌ی نسبی نمونه‌ها با تورزدن. داده‌ها میانگین ± انحراف معیار است. منبع: رسم مجدد از Cothran و Summers، ۱۹۷۲.

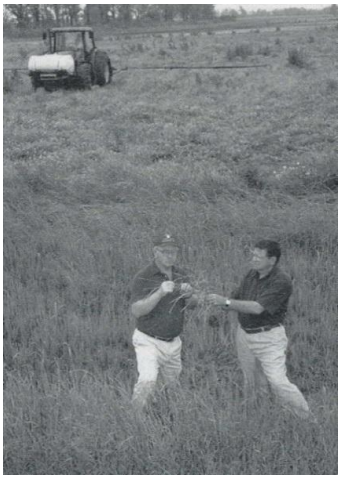
۶- محل آفت. محلی که آفت زندگی می‌کند تعیین کننده جایی است که نمونه‌ها باید جمع‌آوری شوند و ممکن است نوع وسیله نمونه‌برداری را تحمیل کند.

۶-۱- آفاتی که در خاک زندگی می‌کنند نیازمند استفاده از وسایل نمونه‌برداری متفاوتی نسبت به آفاتی هستند که در آشکوب درخت زندگی می‌کنند. همچنین این که آفت در بخش بالایی تاج پوشش (آشکوب) است یا در نزدیکی زمین می‌ماند می‌تواند تفاوت ایجاد کند.

۶-۲- گاهی ممکن است علف‌های هرز برای آفات بررسی شوند. برای نمونه، سرخرطومی یونجه تخم‌های خود را در ساقه‌های توخالی یونجه (شکل۵-k۱ را ببینید) و همچنین در علف‌های‌هرز دارای ساقه توخالی قرار می‌دهند. برآورد تعداد تخم‌ها تنها در یونجه تخمین پایین‌تری نسبت به تعداد واقعی تخم‌های گذاشته شده فراهم می‌کند.

۶-۳- هنگامی‌که جمعیت آفت در پوشش گیاهی مناطق اطراف زمستانگذرانی می‌کند ممکن است نمونه‌برداری مناسب در خارج از محصول مزرعه مورد نیاز باشد. برای نمونه برآورد [تراکم جمعیت] سن‌های لیگوس در مناطق ساحلی می‌تواند اهمیت این مسئله را نشان دهد که این تراکم در

مناطق زراعی مجاور می‌تواند مورد انتظار باشد (شکل ۸-۵). به همین دلیل بعضی از مشاوران کنترل آفت به طور معمول مزارع مجاور به مزرعه هدفشان را پایش می‌کنند.



شکل ۸- ۵: حشره‌شناسان در حال پایش جمعیت سن روی میزبان‌های علفی. منبع: تصویر از K. Hammond، USDA.

۷- مدیریت تحقیقاتی آفت در مقایسه با مدیریت تجارتی آن.

دقت آماری داده‌های جمع آوری شده برای اهداف تحقیقاتی دارای اهمیت زیادی بوده و اغلب نیازمند تعداد بیشتری نمونه است. اگرچه باید داده‌های مورد استفاده برای اهداف مدیریت آفت قابل اطمینان باشد، آن‌ها در سطوح قابل اطمینان پایین‌تری نسبت به داده‌های مورد نیاز برای نمونه‌های تحقیقاتی قابل قبول هستند و بنابراین نمونه‌برداری باشدت کمتری مورد نیاز است. روش‌های نمونه‌برداری که برای اهداف تحقیقاتی قابل قبول هستند ممکن است به دلیل وقت‌گیر بودن برای پایش مدیریت عملی آفت قابل قبول نباشند. نمونه‌های جمع آوری شده برای اهداف پایش هزینه اقتصادی را تحمیل می‌کند که باید در تجزیه و تحلیل سود-هزینه و هنگام بکارگیری یک راهبرد مدیریتی در نظر گرفته شود.

وسایل و روش‌های اختصاصی پایش

مشاهده و یا شمارش مستقیم آفت شمارش مستقیم موجودات می‌تواند در تمام سطح یک مزرعه انجام شود مانند شمارش مستقیم تراکم‌های پایین علف‌های هرز یا جمعیت‌های آفات مهره‌دار در مزرعه. شمارش مستقیم حشرات در طول هر ردیف در مواقعی که گیاهان در مرحله گیاهچه بوده و (شخص) مشاهده کننده می‌تواند به راحتی حشرات را ببیند نیز متداول است. هنگامی‌که جمعیت

آفت افزایش می‌یابد شمارش همه آفات در مزرعه امکان‌پذیر نیست بنابراین بعضی از اشکال نمونه-برداری ضروری است. به طور مشابه، هنگامی که اندازه گیاهان زراعی افزایش می‌یابد و سطح برگ برای آفات افزایش می‌یابد، بعضی از اشکال تخمین بر مبنای نمونه‌برداری باید مورد استفاده قرار گیرد. بعضی از روش‌های نمونه‌برداری از مزارع به صورت زیر است

کوادرات‌ها استفاده از کوادرات‌ها ساده‌ترین فرم برای تخمین جمعیت‌های موجودات غیر متحرک است. در این روش، همه موجودات حاضر داخل یک سطح کوچک و محدود که کوادرات نامیده می‌شود (برای نمونه یک فوت مربع یا یک متر مربع) شمارش می‌شوند. به طور معمول کوادرات‌ها در چند مکان مختلف در مزرعه نمونه‌برداری می‌شوند. اندازه کوادراتی که باید برای نمونه‌برداری استفاده شود به الگوی فضایی موجودات در آن سطح مربوط می‌شود. این روش به طور گسترده برای تخمین جمعیت‌های گیاهچه علف‌های هرز استفاده می‌شود (شکل۸-۶ a).

نمونه‌های گیاهی نمونه اجزاء گیاهی مانند ساقه، برگ یا ریشه بر طبق یک الگوی خاص جمع‌آوری می‌شوند. سپس میزان خسارت وارده یا تعداد موجودات روی نمونه‌ها تعیین می‌شود. مواردی از این روش شامل: شمارش کنه‌ها در هر برگ در محصولات مختلف، شمارش تخم‌های حشرات مختلف مانند کرم کلم وارداتی یا کرم میوه گوجه‌فرنگی، تخمین خسارت به برگ ایجاد شده به وسیله آلودگی قارچی یا تخمین درصد گال در سیستم ریشه که به وسیله نماتد ریشه گره‌ای ایجاد شده.

ضربه زدن[1] بعضی از حشرات آفت از طریق خارج کردنشان از گیاه میزبان و انداختن آن‌ها روی سطح یا وسایل جمع‌آوری، نمونه‌برداری و سپس شمارش می‌شوند. سازوکار مورد استفاده برای خارج کردن و انداختن حشرات از سطح گیاه میزبان بسته به گونه آفت متغیر بوده و شامل روش-هایی مانند استفاده از وسایل مکانیکی، گرما، افزایش CO_2 یا گازدهی به وسیله سیلندرهای آئروسول است. برای نمونه چادرهای بزرگ (که Beat cloths نامیده می‌شوند) در زیر یک درخت انگور، پنبه یا سویا قرار داده می‌شود، سپس آشکوب‌ها تکانده شده و آفات و شکارگرانی که از محصول (گیاه زراعی) روی آن افتاده، شمارش می‌شوند (شکل۸-۶b). استفاده از این وسیله برای نمونه‌برداری حشرات دارای پرواز سریع مؤثر نیست.

[1] Knockdown

شکل ۸- ۶ نمونه‌هایی از دستگاه‌های پایش و روش‌های مختلف. (a) شمارش علف‌های هرز در مزرعه یونجه در قطعه‌ی یک مترمربعی ؛ (b) استفاده از چادرهای بزرگ برای تخمین حشرات در سویا؛ (c) تور زدن برای جمع‌آوری حشرات در سویا؛ (d) نمونه‌بردارهای مکنده برای اسپور پاتوژن‌ها (در اینجا سفیدک پودری انگور)؛ (e) یک نمونه بردار مکنده‌ی قابل حمل برای جمع‌آوری حشرات که دی واک نامیده می‌شود؛ و (f) ابزار مختلف مورد استفاده برای جمع‌آوری حشرات خاکزی؛ از چپ به راست: بیل، آگر، لوله‌ی وی‌میر و لوله‌ی اآکفیلد. منبع: تصویر (a) از Robert Norris، تصاویر (b) و (c) از Marcos Kogan؛ تصویر (d) از Florent Tromillas با مجوز؛ تصویر (e) از Scott Bauer، USDA/ARS؛ و تصویر (f) از Howard Ferris با مجوز.

تورهای حشره‌گیری[1] تورها سالیان زیادی برای جمع‌آوری پروانه‌های روزپرواز استفاده شده‌اند. تورهای مشابه برای جمع‌آوری نمونه‌هایی از حشرات آفت استفاده می‌شوند ولی این تورها نسبت به آن‌هایی که برای پروانه‌های روز پرواز استفاده شده‌اند قوی‌تر هستند. در اصل قطر دهانه تور در حدود ۱۵ اینچ بوده و محکم است. این تور روی آشکوب محصول به صورت جاروکردن استفاده می‌شود و در نتیجه نام تورهای حشره‌گیری از این ویژگی گرفته شده است. حشرات موجود در شاخه و

[1] Sweep nets

برگ به داخل تور می‌افتند و سپس شمارش می‌شوند. این روش برای ارزیابی جمعیت حشرات آفت و مفید در یونجه، پنبه، سویا و بسیاری از محصولات دیگر استفاده می‌شود (شکل۸-۶ c). این روش برای آفات دیگری غیر از حشرات آفت مطرح نشده است. کارایی تور حشره‌گیری در نمونه‌برداری به طور چشمگیری بر حسب توانایی شخص نمونه‌بردار متغیر است. به منظور تعیین روند (رشد) جمعیت طی روزهای متوالی نمونه‌برداری برای اهداف مقایسه‌ای، شایسته است که فرآیند تور زدن استاندارد شود و نمونه‌برداری به وسیله یک شخص انجام شود.

وسایل نمونه‌برداری مکنده هوا[1] این قبیل وسایل مکانیکی با یک جمع‌آوری کننده در هوا (مانند یک فیلتر یا یک سطح چسبنده) طراحی شده‌اند و برای اسپورهای عوامل بیماری‌زای معین (شکل۸-۶ d) و حشرات متحرک استفاده می‌شوند. وسایل مکنده می‌تواند ثابت یا متحرک باشد. این وسایل نمونه‌برداری یک موتور گازوئیلی دارد که پنکه‌ای را به چرخش در آورده و مکش ایجاد می‌کند و در پشت (شخص نمونه بردار) حمل می‌شود (شکل۸-۶ e). بیشتر به صورت یک ابزار تحقیقاتی استفاده می‌شود.

روش‌های ارزیابی خسارت

گاهی اوقات مشاهده نشانه یا صدمه (زیان) تنها روش برای تعیین وجود یک آفت است. روش‌های مختلفی بسته به آفت و نوع نشانه‌ها یا زیان می‌تواند استفاده شود. بجز در سطوح پایین خسارت، سودمندی روش‌های ارزیابی نشانه یا زیان ممکن است محدود باشد زیرا ممکن است خسارت و در نتیجه حداقل مقدار کاهش (عملکرد) در قبل رخ داده باشد. روش‌های ارزیابی نشانه و زیان در موقعیت‌هایی که خسارت به زیبایی (محصول)[2] مربوط است نمی‌تواند استفاده شود (بخش بعدی این فصل و فصل ۱۹ را ببینید)، برای نمونه این حالت در بسیاری از سبزیجات مهم است زیرا زمانی که خسارت رخ می‌دهد شروع روش‌های کنترلی خیلی دیر است. اگر روش مدیریتی درمان بخش وجود نداشته باشد ارزیابی زیان دارای ارزش محدودی است.

علائم[3] **و یا نشانه‌ها**[4] از بروز آفت یا از فعالیت آفت علائم و نشانه‌هایی حاصل می‌شود.

علائم شامل شواهدی مانند پشته‌های خاک بیرون ریخته شده به وسیله سنجاب‌های زمینی، گلوله-های مدفوع خرگوش، مدفوع حشره، آثار لزج راب‌ها و حلزون‌ها، اسکلروت‌های عوامل بیماری‌زای قارچی مانند افتادگی کاهو و پوسیدگی ساقه برنج یا سوراخ‌های موجود در طول خط بذرهایی که به‌وسیله پرندگانی برداشته شده‌اند، است.

---

[1] Suction air samplers
[2] Cosmetic damage
[3] Signs
[4] Symptoms

نشانه‌ها واکنش‌های بارز بسیاری از گیاهان میزبان به نماتد، عامل بیماری‌زا و حمله حشرات هستند. مشاهده این نشانه‌ها به مدیر (آفت) در پی بردن به وجود آفت کمک می‌کند و شدت نشانه‌ها اغلب می‌تواند مقیاسی از تراکم جمعیت آفت باشد. اندازه سطح بیماری روی برگ‌ها می‌تواند به عنوان یک معیار برای شروع عملیات (سمپاشی) برای بعضی از بیماری‌ها استفاده شود: برای نمونه ارزیابی سطح برگ بیمار در سفیدک پودری چغندرقند. سطح ریزش برگ (بی برگ شدن) در گیاهان پنبه و سویا با در نظر گرفتن شمارش‌های واقعی آفت در تصمیم‌گیری‌های کنترلی استفاده می‌شود. مثال‌هایی از نشانه‌ها شامل:

کوتولگی گیاهان که به‌وسیله همه گروه‌های آفت و شرایط غیر زیستی ایجاد می‌شود: بیشتر ویروس‌ها موجب توقف رشد عمومی در تمام بخش‌های گیاه می‌شوند.

برگ‌های لکه دار و زرد – به وسیله بسیاری از ویروس‌ها، زنجرک‌های برگی، کنه‌ها، نماتدها یا کمبود مواد غذایی (غیر زیستی) ایجاد می‌شود.

برگ‌های پیچ خورده و قرمز رنگ روی درختان هلو در بهار – پیچیدگی برگ هلو

برگ‌های پیچ خورده و سیب‌های بد شکل – شته قرمز سیب

لکه‌های نکروتیک[1] و نواحی مرده روی برگ‌ها – به وسیله تعداد زیادی از عوامل بیماری‌زای و حشرات مینوز برگ ایجاد می‌شود.

گیاهان پژمرده در هوای گرم با وجود آب کافی – در اثر حمله بیماری‌های پژمردگی آوندی، نماتدها یا حشرات ساقه خوار[2] حاصل می‌شود.

ریشه‌های متورم و دارای گال – ریشه چماقی در کلم، گال طوقه و نماتدهای ریشه گره‌ای.

ازدیاد یا کاهش ریشه‌های فیبری – به‌وسیله بعضی از نماتدها مانند نماتد سیست چغندرقند، باکتری‌ها و بعضی از ویروس‌ها ایجاد می‌شود.

گل‌های کمتر و کوچکتر یا تأخیر در گل دهی – به‌وسیله نماتدهای کوتولگی و حلقوی و نماتدهای سیست حاصل می‌شود.

پوسیدگی‌های ریشه و ساقه – اوومایست قارچی شکل *Pythium* می‌تواند موجب پوسیدگی بذر، مرگ گیاهچه و پوسیدگی‌های ریشه در انواع زیادی از گیاهان شود. *Phytophthora* نیز موجب پوسیدگی‌های بخش‌های پایینی و ریشه در بسیاری از گونه‌های گیاهی می‌شود. قارچ‌هایی نظیر *Rhizoctonia* و *Armillaria* نیز موجب این نشانه‌ها می‌شوند. شانکرها[3] - نواحی مشخص مرده

[1] Necrotic spots
[2] Insect stem borers
[3] Cankers

و فرورفته در پوست درخت که ممکن است به وسیله قارچ‌ها، باکتری‌ها و بعضی از ویروس‌ها ایجاد شود.

جرب‌ها و زگیل‌ها[1] - رشد بیش از حد بافت که می‌تواند به‌وسیله قارچ‌ها، موجودات قارچ مانند و باکتری‌ها ایجاد شود.

آسیب فیزیکی – مشاهده آسیب به گیاه میزبان ممکن است اولین سرنخ برای وجود آفت باشد، مانند گیاهچه‌هایی که مورد حمله شدید کرم طوقه‌بر واقع شده‌اند، سوراخ‌هایی در برگ‌ها در اثر حمله سنین اولیه لاروی سرخرطومی یونجه یا خسارت به برگ در اثر تغذیه راب یا حلزون. هنگامی مشاهده زیان، اغلب یافتن آفت مسبب این زیان امکان‌پذیر است اگرچه آفت در ابتدا به سادگی قابل مشاهده نباشد.

مقاومت الکتریکی – یک روش متفاوت برای ارزیابی نشانه‌ها بر مبنای تغییرات در مقاومت الکتریکی در بافت بیمار (به ویژه چوب) است که راهی برای ارزیابی حمله عامل بیماری‌زا است. در جنگل‌داری دستگاهی که شیگومتر[2] نامیده می‌شود برای تعیین وجود چوب پوسیده مورد استفاده قرار گرفته است که البته نمی‌تواند شناسایی بسیار دقیق حمله را ارئه دهد.

تشخیص از راه دور این روش بر اساس واکنش گیاه به حمله آفت بنا نهاده شده و به صورت تغییر در جذب یا بازتاب گیاه تظاهر پیدا می‌کند. یک وسیله حساس به طول موج خاص تابش می‌تواند برای مشخص کردن این تغییرات استفاده شود.

علت نام‌گذاری آن به "از راه دور[3] " عدم تماس بین وسیله حساس و هدف تماسی است.

۱- عکس‌برداری رنگی: دوربین‌های عکاسی می‌توانند با ارزیابی و یا اسکن کردن، کلروز و یا علائم دیگر را ارزیابی کنند.

۲- طول موج مادون قرمز (IR): دوربین‌های عکس‌برداری سیاه و سفید و ترمومترهای از راه دور برای اندازه‌گیری تغییرات دمای برگ که در نتیجه فعالیت آفت به صورت تغییر در رطوبت تظاهر پیدا می‌کند مورد استفاده قرار می‌گیرد (شکل ۸-۳ d در واقع یک عکس طول موج مادون قرمز IR است).

۳- اسپکترومترهای چند باندی[4] - برای اندازه‌گیری بازتاب چندین طول موج خاص استفاده می‌شود. مقیاس‌ها توسط هواپیما یا حتی ماهواره به دست می‌آید و انواع مختلفی از پوشش گیاهی را مشخص می‌کند. مثالی از کاربرد این روش می‌تواند پایش هجوم علف‌های هرز در مراتع باشد.

---

[1] Scabs and Warts
[2] Shigometer
[3] Remote
[4] Multiband spectrometers

ادراک (تشخیص) از راه دور تا اندازه‌ای احتیاج به ارزیابی داخل مزرعه‌ای (حقیقت‌یابی در زمین) برای تصدیق بیماری تشخیص داده شده دارد. استفاده از آن برای مدیریت آفت شامل:

۱- عوامل بیماری‌زا – ترمومترهای مادون قرمز تشخیص از راه دور می‌توانند برای پی بردن به بعضی از آلودگی‌های ناشی از عوامل بیماری‌زا به کار برده شوند و باعث تغییر در وضعیت رطوبت میزبان قبل از رویت علایم آشکار می‌شوند. تغییرات در رنگ محصول یا میزان تنش می‌تواند توسط تصاویر عکاسی نمایان شود که نشان دهنده مکان‌هایی است که آلودگی‌های آفت در آنجا رو به گسترش است.

۲- علف‌های هرز – دوربین‌های عکس‌برداری مادون قرمز سیاه و سفید و رنگی برای ثبت مکان‌های موضعی علف‌های هرز، درصد آلودگی مزرعه و پراکنش آن‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند. اسپکترومتری چندباندی برای پایش گونه‌های خاص (نظیر علف جارو) استفاده می‌شود.

۳- نماتدها- تشخیص از راه دور برای پی بردن به استرسی که به وسیله نماتد در گیاه میزبان ایجاد شده و برای ارزیابی الگوی آلودگی‌های مزرعه به کار برده می‌شود (شکل ۸-۳ d).

۴- حشرات- حضور بعضی از حشرات در محصولات می‌تواند توسط عکاسی هوایی ارزیابی شود. برای نمونه جمعیت‌های شته برگ ذرت از روی رشد و نمو کپک سیاه (دودی) با استفاده از عکس‌ها گرفته شده از فاصله حدود ۶۰۰۰ فوتی برآورد شدند. مناطق و سطوح مختلف آلودگی با استفاده از روش‌های تقویت عکاسی و کامپیوتری تخمین سطح با موفقیت تعیین شدند. همچنین تعیین مناطق تولیدمثل ملخ مهاجر با استفاده از عکس‌های ماهواره‌ای و با تلفیق نتایج انجام گرفته است.

شاخص سطح برگ[1] رقابت بین علف‌های هرز و گیاهان زراعی منجر به کاهش محصول می‌شود و محققین تلاش کرده‌اند تا کاهش محصول را بر مبنای سطح برگ علف‌هرز نسبت به سطح برگ محصول در ابتدای فصل رشد پیش‌بینی کنند. این روش در دست بررسی است زیرا توانایی زیادی در پیش‌گویی تعداد علف‌های هرز به سبب تغییرپذیری در اندازه علف‌هرز وجو ندارد. شاخص سطح برگ نسبی ممکن است فراهم کننده پیش‌گویی دقیق‌تری نسبت به شمارش عددی نمونه علف‌های هرز باشد ولی روش شاخص سطح برگ هنوز برای مدیریت متداول در مزرعه استفاده نمی‌شود.

تله گذاری[2] تله‌گذاری به‌طور گسترده‌ای برای حشرات با تکیه بر متحرک بودن آفت استفاده می‌شود ولی برای عوامل بیماری‌زای خاکزاد یا علف‌های هرز مطرح نیستند و برای نماتدها عملی نیست. تله‌ها بیشتر برای تعیین وجود آفت هدف بکار گرفته می‌شوند ولی در واقع برای تخمین

[1] Leaf area index
[2] Trapping

اندازه واقعی جمعیت قابل اطمینان نیستند. بنابراین تله‌ها به طور معمول برای فعالیت پایش جمعیت استفاده می‌شوند. تله‌ها همچنین می‌توانند برای تعیین فراوانی حشرات ناقل که انتقال دهنده عوامل بیماری‌زا یا نماتدها بوده، مورد استفاده قرار گیرند. چندین نوع تله وجود دارد (شکل ۸-۷) ولی همه آن‌ها نیازمند یک (ماده) جلب کننده (مانند فرمون) برای جلب آفت هدف به تله هستند. این آفات شکارشده (به دام افتاده) و سپس شناسایی و شمارش می‌شوند.

تله‌های پایشی[1] جمعیت آفت را کاهش نمی‌دهند و بنابراین روش کنترلی مناسبی نیستند. تله گذاری که یک روش کنترلیست در فصل‌های ۱۴ و ۱۵ بحث می‌شود.

محرک‌های بینایی محرک‌های بینایی می‌تواند برای جلب آفات استفاده شود که این جلب کننده می‌تواند یک رنگ باشد. به عنوان مثال رنگ زرد بعضی از گونه‌های شته‌ها، سفیدبالک‌ها و مینوزهای برگ را جلب می‌کند؛ یک گلوله سبز مگس‌های میوه گردو[2] را جلب می‌کند. در دو مورد اخیر حشرات به سطح چسبناک می‌چسبند. تشتک‌های زرد رنگ پر از آب یا نفت برای پایش جمعیت‌های شته سبز هلو استفاده می‌شود.

تله‌های طعمه‌ای[3] این تله‌ها آفات را به یک منبع غذایی جلب می‌کنند و برای پایش بعضی از حشرات مانند طعمه مغز بادام برای شب پره‌های کرم نارنجی واشنگتن و دانه (گندم) برای بعضی از مهره‌داران مانند سنجاب‌ها استفاده می‌شوند. کارایی این تله‌ها اغلب به سبب کپک زدن طعمه کوتاه مدت است. برای اینکه تله فعال باقی بماند باید طعمه چندین بار تغییر داده شود.

تله‌های گودالی[4] این تله‌های فنجانی شکل و بدون طعمه برای پایش حشراتی که روی سطح خاک رفت و آمد می‌کنند نظیر سوسک‌های زمینی[5] استفاده می‌شوند. این تله‌ها از یک قوطی حلبی استوانه‌ای یا فنجان پلاستیکی ساخته می‌شوند و در خاک و درون گودالی با لبه‌های هم‌تراز با سطح خاک نسب می‌شوند (شکل ۸-۷ b). حشرات به داخل تله افتاده ولی نمی‌توانند فرار کنند. ظرف جمع آوری (تله) به طور معمول تا نصف با آب صابون یا اتیلین گلیکون پر می‌شود.

تله‌های فرمونی[6] بسیاری از حشرات یا نماتدهای نر، افراد ماده را به وسیله یک ماده شیمیایی فرار و جلب‌کننده جنسی به نام فرمون جنسی می‌یابند. بیشتر فرمون‌ها مخلوطی از مواد شیمیایی هستند و هر مخلوط مختص یک گونه است. اگرچه بعضی از آن‌ها ممکن است برای گونه‌های دیگر جلب کننده باشند. امروزه برای بسیاری از حشرات فرمون‌ها جداسازی، شناسایی و سنتز شده‌اند.

---

[1] Monitoring traps
[2] Walnut husk
[3] Bait traps
[4] Pitfall traps
[5] Carabid beetles
[6] Pheromone traps

مثال‌هایی از حشراتی که تله‌های فرمونی برای پایش آن‌ها استفاده می‌شود شامل کرم سیب، کرم سرخ پنبه، شب پره شرقی میوه و بسیاری از شب پره‌های دیگر هستند. حشرات نر به تله‌ای که فرمون سنتتیک (مصنوعی) در یک دیسپانسر (توزیع کننده)، که cap نامیده می‌شود (شکل ۸-۷ d) قرار داده شده و در سطح داخلی آن نوار چسبناک وجود دارد، جلب می‌شوند. تاریخ اولین ظهور حشرات نر در تله می‌تواند بیوفیکس باشد یعنی تاریخ مورد استفاده برای مدل‌های پیشگویی اولیه که مبتنی بر مجموعه روز – درجات هستند. تعداد مطلق شکار شده در تله به طور معمول مفید نبوده یا استفاده نمی‌شود اگرچه تحقیقات روی گونه‌های معینی برای تعیین همبستگی‌های بین شکارهای تله و سطوح واقعی جمعیت ادامه دارد.

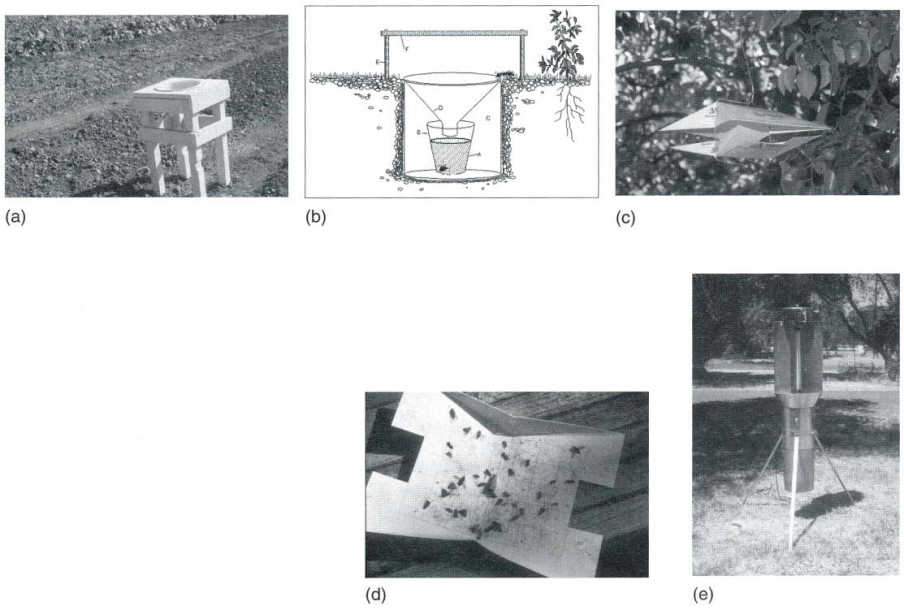
تله‌های سیاه[1] این تله‌ها اشعه ماوراء بنفش (نور سیاه) ساطع می‌کنند که حشرات شب پرواز معینی به‌ویژه شب‌پره‌ها را جلب می‌کند (شکل ۸-۷ e).

تله‌های چسبنده[2] تله‌های غیر اختصاصی با یک سطح چسبنده می‌توانند برای نمونه‌برداری انواع اسپورهای عامل بیماری‌زا استفاده شوند. چنین تله‌هایی مشابه با نمونه بردارهای مکنده هوا[3] هستند ولی این تله‌ها اسپورها را از هوا بدون جریان هوایی اضافی جمع آوری می‌کنند. تله‌های چسبنده که از پلاستیک شفاف آکریلیک ساخته می‌شوند برای پی بردن به جابه‌جایی حشرات داخل و خارج از مزارع یا مناطق حاشیه‌ای استفاده می‌شوند.

نمونه‌برداری از خاک برآورد آفات خاکزاد مانند نماتدها، بعضی از عوامل بیماری‌زا (مانند آن‌هایی که اسکروت تشکیل می‌دهند)، بذور علف‌های هرز و بعضی از حشرات (مانند کرم‌های مفتولی) مستلزم استفاده از فرایندهای نمونه‌برداری از خاک است که نیاز به کارگر داشته و وقت‌گیر است. یک بیلچه ساده‌ترین وسیله نمونه‌برداری از خاک است (شکل ۸-۶ f). همچنین وسایل جمع‌آوری مختلفی وجود دارد که برای برداشتن هسته خاک دست نخورده، آن‌ها را با فشار به داخل خاک وارد می‌کنند مانند لوله‌ی اآکفیلد (شکل ۸-۶ f). بعد از جمع آوری نمونه خاک یک متخصص نمونه‌ای کم با حجم معین را اندازه گیری کرده و خاک را داخل آب به صورت تعلیق در می‌آورد. چون ذرات خاک نسبت به موجودات به طور سریع‌تری ته نشین می‌شوند، برای جدا کردن بقایای آلی و آفات، سوسپانسیون می‌تواند روی پرده‌ها یا الک‌ها عبور داده شود. این آفات از پرده‌ها دوباره گرفته شده و شمارش می‌شوند. تعداد موجودات موجود به‌صورت نسبتی از واحد خاک بیان می‌شود مانند تعداد تخم‌ها در هر گرم از خاک یا ماده ریشه. این فرایند نمونه‌برداری مشکل و به نسبت کند است.

---

[1] Black light
[2] Sticky traps
[3] Vacum air



شکل ۸- ۷: نمونه‌هایی از تله‌های مورد استفاده برای پایش جمعیت حشرات. (a) تشتک زرد برای پایش شته سبز هلو؛ (b) تله‌های گودالی برای تخمین فعالیت حشرات خاکزی؛ (c) تله‌ی فرمونی برای پایش شب‌پره‌های نر، در اینجا برای کرم سیب روی گلابی؛ و (d) تله فرمونی با درپوش لاستیکی حاوی فرمون جنسی و شب‌پره‌های کرم سیب چسبیده به آن؛ و (e) تله‌های نورسیاه برای جلب حشرات شب پرواز. منبع: تصاویر (a) و (e) از Larry Godfrey با مجوز؛ تصاویر (c) و (d) از Robert Norris، تصویر (b) از Marcos Kogan.

سنجش‌های بیولوژیکی

سنجش بیولوژیکی با طعمه گذاری برای پی بردن به بعضی از عوامل خاکزاد مانند *Phytophthora* استفاده می‌شود. یک بخش گیاه یا میوه حساس به آفت هدف در معرض یک سوسپانسیون خاکی آبکی قرار داده می‌شود. اگر آلودگی رخ دهد، عامل بیماری‌زا بسادگی به وسیله بررسی (مشاهده) بافت زیست سنجی شده با چشم شناسایی می‌شود.

استفاده از گیاه شاخص[1] یک روش زیست سنجی که استفاده از گیاه شاخص نامیده می‌شود برای شناسایی ویروس‌ها در گیاه استفاده می‌شود. بافت گیاهی مورد نظر برای تست ویروس‌ها روی واریته (شاخص) حساس پیوند زده می‌شود. اگر ویروس وجود داشته باشد نشانه‌های بارز و ویژه را

[1] Indexing

نشان خواهد داد. در این روش که فرایند مشکلی است و دو سال طول می‌کشد، محصولات دائمی مانند موها (تاک‌ها) استفاده می‌شوند. این روش برای تشخیص صحرایی استفاده نمی‌شود و بیشتر روشی برای اثبات عاری بودن گیاهان در حال کشت در محصولات دائمی مانند موها، از بیماری‌های ویروسی خطرناک است. روش‌های مولکولی به عنوان جایگزین این روش توسعه داده شده‌اند. استفاده از گیاه شاخص برای انواع دیگر آفات بکار گرفته نمی‌شود.

سنجش دامنه میزبانی شناسایی واریته‌های برخی آفات مانند نژادهای ویژه نماتد ریشه گره‌ای با استفاده از سنجش دامنه میزبانی. دامنه میزبانی بیشتر با وارد کردن آفت به دامنه‌ای از گیاهان میزبان و تعیین میزبان‌هایی که تولیدمثل آفت را حمایت می‌کنند انجام می‌گیرد.

پلتینگ[1] کاشت قارچ‌ها و باکتری‌ها در محیط آگار برای شناسایی پاتوژن‌ها. بافت گیاه استریل شده و سپس در محیط کشت مصنوعی قرار می‌گیرد. پاتوژن‌ها رشد می‌کنند و شناسایی می‌شوند. به همین روش پاتوژن‌های موجود در خاک شناسایی می‌شوند.

سنجش بیوشیمیایی

سنجش سرولوژیکی[2] شناسایی و تعیین تعداد عوامل بیماری‌زای گیاهی به طور سنتی با مشکلاتی همراه بوده است. روش‌های مختلف سنجش ایمنی توسعه یافته‌اند مانند استفاده از آنتی‌بادی‌هایی که آنتی‌ژن‌های خاصی را برای آفت‌های خاص مشخص می‌کنند. یکی از شناخته‌شده‌ترین روش‌های سنجش، سنجش سرولوژیکی متصل به آنزیم ELISA است. این ابزار تحقیقاتی از اوایل دهه ۱۹۸۰ استفاده شده و اهمیت آن به عنوان روشی عملی برای تشخیص عوامل بیماری‌زا نظیر فیتوفترا و بسیاری از ویروس‌ها و همچنین شمارش آن‌ها در حال افزایش است. تجهیزات اختصاصی ELISA در تشخیص مزرعه‌ای تعدادی از عوامل بیماری‌زا کاربرد دارد و می‌تواند شناسایی دقیقی بدون استفاده از فرایندهای آزمایشگاهی طولانی که سابق مورد نیاز بود فراهم کند.

سنجش ایزوآنزیم[3] از آنزیم‌ها در واکنش‌های کاتالیزوری بیوشیمیایی استفاده می‌شود. شکل‌های مختلفی از آنزیم‌ها وجود دارد که واکنش‌های مشابهی را کاتالیز می‌کنند و ایزومرهای آنزیم یا ایزوآنزیم نامیده می‌شوند. برای نمونه مالات دهیدروژناز[4] و استرازها[5] در تشخیص گونه‌های رایج نماتد ریشه گره‌ای به کار برده می‌شوند.

---

[1] Plating
[2] Immunosorbent assays
[3] Isoenzyme assays
[4] Malate dehydrogenase
[5] Esterases

روش‌های مولکولی واکنش‌های زنجیره پلی مراز[1] (PCR) یک فناوری پیشرفته است که ژنتیک مولکولی را متحول ساخته است. PCR ابزار قدرتمندی است که امکان بزرگ کردن مقادیر کوچکی از DNA را فراهم می‌سازد.

از این ابزار برای کشف و شناسایی دقیق آفت استفاده می‌شود. روش‌ها مبتنی بر PCR مانند Random Amplified Polymorphic DNA (RAPD) و آنالیزهای RestrictionFragment Length Dimorphism (RFLD) برای پی بردن به تفاوت‌های DNA به منظور شناسایی آسانتر بین گونه‌های آفت مورد استفاده قرار گرفته‌اند. روش‌های مولکولی همچنین به طور فزاینده‌ای در تفکیک گونه‌های خویشاوند نزدیک آفات (Sibling) یا جمعیت‌های مختلف یا بیوتیپ‌های آفت در یک گونه معین استفاده می‌شوند. این روش‌ها برای آفات بیشتر در سطح تحقیقاتی استفاده می‌شوند.

روش‌های فیزیولوژیکی ظروف چند مخزنی حاوی لایه‌های شیمیایی متفاوت که در هر یک از مخازن یک باکتری جهت تعیین ظرفیت فیزیولوژیکی لایه‌های گوناگون تلقیح می‌شود. آرایش و ترتیب قرارگیری لایه‌های مورد استفاده پروفایل متابولیکی[2] نامیده می‌شوند. پروفایل متابولیکی ایزوله‌های باکتریایی ناشناس ممکن است با پروفایل‌های متابولیک گونه‌های شناخته شده مقایسه شود و کمکی برای شناسایی باشد.

پایش عملکرد محصول و سیستم‌های GPS/GIS

عملکرد محصول به عنوان یک معیار اندازه‌گیری سلامت کلی محصول استفاده می‌شود ولی وقتی تغییری در عملکرد محصول پدید می‌آید، معلوم نمی‌شود که از میان بسیاری از عوامل ممکن کدام عامل مسئول بوده است. پایش عملکرد اطلاعات دقیق و مستقیمی از جمعیت آفت فراهم نمی‌کند ولی ممکن است مکان‌هایی در مزرعه که در سال‌های بعد به عملیات (کنترل) نیاز خواهد داشت را مشخص کند. کاهش عملکرد محصول در دراز مدت در مزارع یک منطقه ممکن است بیانگر افزایش آهسته جمعیت آفاتی باشد که دارای قدرت آلودگی زیادی نیستند. روش‌های پایش عملکرد، وابستگی بیشتری با مشکلات ناشی از آفات خاکزاد (علف‌های هرز، نماتدها، بعضی از عوامل بیماری‌زای گیاهی و بعضی از حشرات) در مقایسه با آفات تغذیه کننده از شاخ و برگ دارند زیرا مشکلات ناشی از آفات خاکزاد هر سال در یک منطقه یا مکان مشابه در مزرعه دوباره نمایان می‌شوند.

دقت پایش عملکرد با به‌کارگیری تجهیزات کشاورزی دقیق افزایش می‌یابد و این مسئله می‌تواند عملکرد را به یک مکان خاص در مزرعه با استفاده از فناوری‌های سیستم موقعیت‌یابی جهانی

[1] Polymerase Chain Reaction
[2] Metabolic profile

(GPS) و سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) ارتباط دهد. همچنین فناوری GPS و یا GIS برای ارتباط بین اطلاعات فضایی مربوط به توزیع آفت و تصمیم گیری در IPM به کار می‌رود.

ما نمی‌توانیم در مورد کاربرد راحت، ارائه اطلاعات دقیق و ارزانی یک روش کنترل اغراق کنیم. همان‌طوری که گفته شد، بین آنچه که در تحقیقات انجام می‌شود و آنچه که مشاور کنترل یک آفت یا یک کشاورز می‌تواند انجام دهد تفاوت وجود دارد. بعید است روش کنترلی که برای هر نمونه زمان بیش از چند دقیقه لازم دارد، بکارگرفته شود زیرا این روش یک روش خیلی وقت‌گیر است. هزینه پایش باید همواره با سود ناشی از کنترل برابری داشته باشد. ارزش محصول اهمیت زیادی در تجزیه و تحلیل هزینه- سود دارد. در محصولات کم ارزش مثل دانه‌های غلات، حداقل پایش از لحاظ اقتصادی توجیه پذیر است. در مورد محصولات با ارزش مثل گوجه فرنگی، توت فرنگی و گل‌های شاخه بریدنی، پایش‌های دقیق‌تر و کامل‌تر توجیه‌پذیر هستند. به‌دلیل ارتباط هزینه‌ها با پایش، بسیاری از تصمیمات مدیریتی آفات براساس تاریخچه مزرعه مورد نظر و تجربیات کشاورزان یا به وسیله پایش محدود مانند ارزیابی‌های مربوط به وجود یا عدم وجود آفت گرفته می‌شوند.

ملاحظات مربوط به نمونه‌برداری

زیست‌شناسی آفت تعیین کننده زمان نمونه‌برداری و مناطق نمونه‌برداری است. یک قانون کلی قدیمی نمی‌تواند برای همه آفات به‌کار گرفته شود. برای هر آفتی که لازم است پایش صورت گیرد باید راهبردهای نمونه‌برداری مناسبی انجام شود. تجربه قبلی می‌تواند تعیین کننده محل‌های خاص نمونه‌برداری در یک منطقه باشد. حضور یک گونه خاص در یک مزرعه ممکن است مربوط به وجود آن آفت در فصول گذشته باشد، به عنوان مثال قطعه‌هایی از علف‌هرز یا آلودگی‌های موضعی نماتد. نمونه‌برداری در ابتدای فصل رشد و متمرکز ساختن نمونه‌برداری در مناطقی که از لحاظ تاریخی مشکل ساز بوده است می‌تواند امکان شناسایی آفات را قبل از افزایش تراکم‌های آن‌ها و رسیدن به سطوح خسارت‌زا یا قبل از گسترش به یک منطقه بزرگتر فراهم سازد. این روش نمونه‌برداری به عوامل زیادی بستگی دارد که شامل موارد زیر است:

۱ - اندازه مزرعه

در مزارع بزرگ برای رسیدن به یک سطح دقیق نمونه‌برداری به تعداد بیشتری از نمونه‌ها نیاز است و هزینه نمونه‌برداری ممکن است تحمیل کننده میزان نمونه‌برداری باشد. به طوری‌که برای محصولات کم ارزش نسبت به محصولات با ارزش مانند سبزیجات، میزان نمونه‌برداری در هر جریب از مزارع بزرگ کمتر است.

۲ - ارزش اقتصادی محصول

افزایش درآمد اقتصادی که ازحاصل روش مدیریتی و پایش است باید از هزینه‌های پیش-آهنگی[1] بیشتر باشد. این بدان معنی است که پایش شدید در محصولات کم ارزش مانند گندم و جو مناسب نیست.

۳ - محل جمع‌آوری نمونه

نوع محصول، محل جمع‌آوری نمونه را تعیین خواهد کرد. در محصولات ردیفی، نمونه‌برداری اغلب با ردیف‌ها مرتبط بوده و نمونه‌ها به تعداد گیاهان یا فاصله گیاهان در طول هر ردیف بستگی دارد. در باغ‌های میوه، درخت یا بخشی از آن واحد نمونه‌برداری است. در محصولاتی که به طور یکنواخت قرار داشته یا پخش شده‌اند دترمینان‌های[2] واحد سطح مانند هر فوت مربع، متر مربع یا سایر اندازه‌های مناسب استفاده می‌شود. اگر از نمونه‌های خاک برای شناسایی عوامل بیماری‌زا یا نماتدها استفاده می‌شود، نمونه‌ها از نزدیکی حاشیه منطقه آلوده که به احتمال زیاد آفت تراکم بیشتری دارد، جمع‌آوری می‌شوند.

۴ - تراکم آفت

تراکم می‌تواند از تعداد معدودی گیاه تا هزاران یا میلیون‌ها گیاه در هر جریب باشد. تراکم پایین آفت نسبت به تراکم‌های بالا نیازمند نمونه‌برداری گسترده‌تری برای دستیابی به تخمین‌های قابل اطمینان است. وقتی جمعیت‌های آفت پایین باشد شدت نمونه‌برداری بیشتری لازم است زیرا به تخمین‌های دقیقی نیاز است به طوری که روش‌های مدیریتی قبل از افزایش جمعیت‌های آفت می‌تواند بکار گرفته شود.

۵ - اندازه نمونه

فرمول‌های معینی، اتخاذ تصمیم درباره‌ی حداقل تعداد نمونه لازم برای دستیابی به سطح مطلوبی از دقت را ممکن می‌سازد. پارامترهای توزیع ریاضی که الگوی فضایی جمعیت را شرح می‌دهند برای استفاده از این فرمول‌ها مورد نیاز هستند. برای (دستیابی) به اطلاعات دقیق در مورد روش‌ها و فرمول‌های بکاررفته، روزینک[3] (۱۹۸۰) را ببینید. برای کاهش تعداد نمونه‌های مورد نیاز، تا حدی روش نمونه‌برداری دنباله‌ای[4] در راهبردهای IPM به کار رفته است (بخش زیر را ببینید).

۶ - هدف مدیر

---

[1] Scouting
[2] Determinations
[3] Ruesink
[4] Sequential

فلسفه و اهداف مدیریت مزرعه می‌تواند روش‌های مورد استفاده و میزان نمونه‌برداری را تعیین کند. مدیریت ضعیف یا محصول دارای ارزش محدود ممکن است نیاز به نمونه‌برداری را محدود کند. اگر از آستانه‌ها (بخش‌های بعدی این فصل را ببینید) برای کمک به تصمیم-گیری مدیریت آفت استفاده شود، آنگاه پایش دقیق ضروری است. اگر روش جلوگیری از ورود آفت[1] استفاده شود آنگاه وجود پایش کافی است. ممکن است برای شناسایی آفت در تراکم‌های پایین نمونه‌برداری گسترده مورد نیاز باشد ولی کمی‌کردن تعداد آفات ضروری نیست.

۷ - قابلیت تحرک آفت

پایش آفاتی که قابلیت تحرک پایینی دارند باید در مزرعه انجام شود. راه‌هایی که آفات وارد یک مزرعه می‌شوند و مسیر و جهتی که آن‌ها وارد می‌شوند نشانگر بهترین مکان برای پایش اولیه در مزارع است.

۸ - زمان نمونه‌برداری

پایش باید مصادف با زمانی باشد که آفت در یک شکل قابل شناسایی وجود دارد.

۹ - فرکانس (فراوانی)[2] نمونه‌برداری. فراوانی نمونه‌برداری به سرعت رشد جمعیت و نرخ آسیب بستگی دارد. ممکن است نمونه‌برداری با فراوانی کمتر برای یک آفت در طول آب و هوای سردتر در مقایسه با همان آفت در آب و هوای گرمتر مناسب و مطلوب باشد. فراوانی نمونه‌برداری اغلب باید در نزدیکی زمان برداشت افزایش یابد به ویژه برای میوه‌ها و سبزیجات بازاری تازه که در معرض خسارت کیفی قرار دارند، چراکه این محصولات می‌توانند طی چند روز از عدم خسارت یا خسارت قابل تحمل به خسارت غیر قابل قبول پیشرفت داشته باشند.

نمونه‌برداری دنباله‌ای

اصطلاح نمونه‌برداری دنباله‌ای برای دو هدف مختلف به کار می‌رود. هنگامی‌که یک روش، دقت نمونه‌برداری بندپایان را بهبود می‌بخشد، از آن برای تکرار نمونه‌برداری در یک زمان خاص و تعیین جمعیت کنونی استفاده می‌شود. این اصطلاح همچنین برای تکرار نمونه‌برداری در هر زمانی بکار برده می‌شود تا پایش رشد جمعیت را بهتر کند.

نمونه‌برداری دنباله‌ای برای قابلیت اطمینان آماری

این شکل از نمونه‌برداری دنباله‌ای برای تخمین تراکم‌های جمعیت آفت استفاده می‌شود. اگر آمار نمونه با نیازمندی‌های دقیق از پیش تعیین شده متناسب نباشد و نمونه‌های دیگری بدست آورده

[1] Pest exclusion
[2] Frequency

شود. این فرایند تا زمانی تکرار می‌شود که دقت نمونه با ضوابط وضع شده تناسب داشته باشد. جزئیات نمونه‌برداری دنباله‌ای خارج از هدف این کتاب است ؛ مراجعه کنید به:
Binns , Nyrop and Van der Werf (2000, chapter5)

نمونه‌بردار دنباله‌ای موقتی

جمعیت‌های آفت در طول زمان تغییر می‌یابد. علاوه بر اندازه جمعیت اغلب دانستن نرخ تغییر جمعیت نیز برای تعیین بهترین راهبرد مدیریت ضروری است و در نتیجه تخمین رشد جمعیت در طول زمان ضرورت می‌یابد. شناخت نرخ رشد جمعیت برای بیشتر آفات مهم است به ویژه آن‌هایی که طی فصل رشد چندین نسل دارند زیرا لازم است افزایش جمعیت طی فصل رشد تخمین زده شود. نمونه‌برداری دنباله‌ای مستلزم پایش مکرر یا متوالی تله‌ها یا وسایل اندازه‌گیری (تراکم جمعیت) است. فاصله نمونه‌برداری ممکن است برای باکتری‌ها ساعت‌ها، برای کنه‌ها و شته‌ها روزها و برای انواع حشرات چند نسلی و عوامل بیماری‌زای چند چرخه‌ای هفته‌ها و برای علف‌های هرز، بند پایان یک نسلی، نماتدها و بیماری‌های تک چرخه‌ای سال‌ها باشد. این نکته مهم است که برای گرفتن نمونه در هر زمان نمونه‌برداری از روش‌ها و پروتکول یکسانی استفاده شود. اگر روش‌های نمونه‌برداری یا پروتکول‌های به‌کار رفته در طول زمان متفاوت باشد امکان مقایسه صحیح نتایج وجود ندارد و بنابراین منجربه تصمیمات نادرست می‌شود.

نمونه‌برداری از محصول

تحمل یک محصول به خسارت آفت همراه با فنولوژی محصول تغییر می‌یابد. برای نشان دادن مرحله رشد گیاه از مفهوم طراحی نقشه گیاه به صورت شاخص عددی استفاده می‌شود. این مفهوم تا اندازه‌ای برای همه محصولات کاربرد دارد که فراهم کننده مدرکی دررابطه با رشد محصول و وجود آفات خواهد بود. طراحی نقشه گیاه برای مدیریت آفت در پنبه (در فصل ۱۸ شرح داده شده است)، سویا، گندم و محصولات دیگر به طور گسترده‌ای پذیرفته شده است.

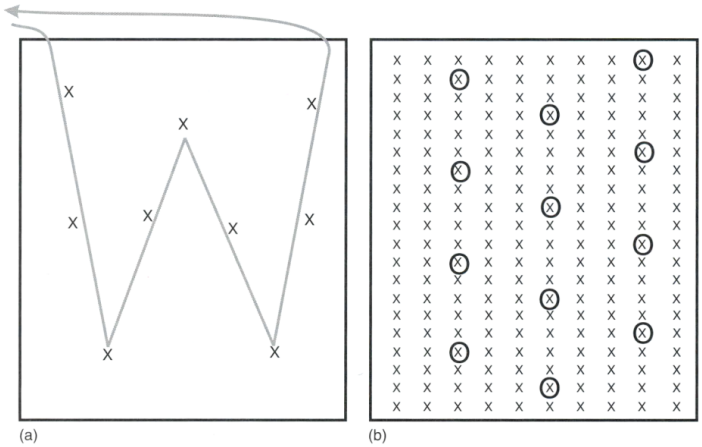
الگوهای نمونه‌برداری

راه‌های ممکن برای نمونه‌برداری از یک مزرعه جهت بررسی وجود آفات به صورت زیر هستند:

۱ - تصادفی: نمونه‌برداری به طور کامل تصادفی مطمئن‌ترین تخمین از میانگین جمعیت و واریانس آن، صرف نظر از الگوی فضایی آفت فراهم خواهد کرد. فرض بر این است که نمونه تصادفی بوده و به اندازه کافی بزرگ است. تلاش برای انتخاب تصادفی نمونه‌ها از طریق مشاهده (دید زدن) مشکل است و ممکن است منجر به نمونه‌های غیر معرف (تراکم واقعی جمعیت) شود. برای نمونه، جمع آوری نمونه‌های برگ به طور تصادفی ممکن است به طور غیر عمدی فقط به انتخاب برگ‌های بزرگ منجر شود. بعضی از الگوهای نمونه‌برداری مانند grid باید روی مزرعه مشخص شود و سپس نمونه‌های تصادفی بر

مبنای grid coordinat جمع‌آوری شود. برای بیشتر اهداف مدیریت آفت، نمونه‌برداری تصادفی بسیار گران بوده و یا به سادگی قابل انجام نیست.

۲ - سیستماتیک (منظم): تعدادی از اشکال نمونه‌برداری سیستماتیک و از پیش تعیین شده در بیشتر وضعیت‌های مدیریت آفت، بهترین ساختار نمونه‌برداری از لحاظ قابلیت اطمینان و ارزش را فراهم می‌کنند. در این وضعیت یک پروتکل نمونه‌برداری بر مبنای شناخت قبلی از آفت و مزرعه طراحی می‌شود. نمی‌توان گفت که یک الگو نسبت به الگوی دیگر بهتر است و نمونه‌ها می‌توانند در یک مسیر زیگزاگی تکرار شونده یا یک الگوی W در عرض مزرعه جمع‌آوری شوند (شکل ۸-۸ a) یا ممکن است گیاهان به طریق منظم و یکنواخت انتخاب شوند مانند درخت پنجم در هر ردیف چهار درخت (شکل ۸-۸ b).



شکل ۸- ۸: نمونه‌ای از دو الگوی نمونه‌برداری ممکن. (a) الگوی دبلیو در مزرعه که × محل نمونه را نشان می‌دهند؛ و (b) درخت پنجم در هر ردیف و در هر ردیف ۴ درخت.

۳ - سیستماتیک هدفدار: این الگوی نمونه‌برداری مشابه الگوهای سیستماتیک است با این تفاوت که نمونه برداری در مکان‌هایی که احتمال حضور آفت بیشتر است انجام می‌شود.

بسیاری از کتاب‌های مدیریت برای یک محصول خاص، الگوهای نمونه‌برداری مناسب را پیشنهاد می‌کنند.

ثبت سوابق

ثبت سوابق[1] دقیق یک جنبه مهم از پایش آفات است. ثبت‌های دقیق، تاریخچه‌ای از سیستم مدیریت شده را فراهم می‌کنند. در طول زمان، ثبت‌های خوب یک تصویر دقیقی از تاریخچه آفت در آن محل ارائه می‌دهد و پیش گویی مشکلات آینده را بسیار مطمئن‌تر می‌سازد. برای نمونه، به یاد داشتن جزئیات مانند اولین تاریخ پیدایش علف‌های هرز یا اولین تاریخ وجود تخم‌های پروانه کرم غوزه پنبه برای بسیاری از مزارع در طول چند سال امکان پذیر نیست. ثبت و نگهداری سوابق که بخشی از برنامه‌های توسعه IPM است در فصل ۱۸ بحث می‌شود.

بسیاری از اشکال استاندارد ثبت و نگهداری سوابق برای هر یک از گروه‌های آفت توسعه یافته است.

مثال‌هایی از این نوع اطلاعات که باید در دسترس باشد شامل موارد زیر است:

۱ - محل مزرعه
۲ - شناسایی آفت و موجودات مفید (درصورت امکان، شخصی که آن‌ها را شناسایی می‌کند)
۳ - تراکم آفات موجود در واحدهای متناسب با آفت
۴ - مرحله (مراحل) فنولوژیکی آفت موجود و تعداد آن‌ها (در واحدهای مناسب بیان می‌شود)
۵ - توزیع آفت داخل مزرعه
۶ - تاریخ مشاهدات، حتی الامکان برای بعضی از آفات زمان این مشاهدات درطول روز
۷ - شرایط اقلیمی در زمان نمونه‌برداری نظیر عوامل خاک (در صورت مناسب بودن)
۸ - مرحله فنولوژیکی محصول و سایر اطلاعات مربوطه
۹ - عملیات کشاورزی مربوطه
۱۰ - بررسی‌های اختصاصی

کارورزی[2]

ممکن است ارزیابی دقیق و قابل اطمینان از جمعیت‌های آفت مشکل و نیازمند مهارت باشد. امروزه برای پرسنل مدیریت آفت داشتن مدرک دانشگاهی در زمینه زیست‌شناسی، اکولوژی، کشاورزی یا موضوعات مشابه ضروری به نظر می‌رسد. برای این که یک شخص قادر به تصمیم‌گیری‌های قابل اطمینان و نظارتی درباره جمعیت‌های آفت باشد به طور معمول نیازمند حداقل یک سال کارورزی و تجربه اضافی در مزرعه به غیر از کارورزی دانشگاهی است. پیش‌آهنگان جدید باید به طور دقیق کارورزیده باشند تا بتوانند گونه‌های آفت را در همه‌ی مراحل رشدی تشخیص داده و چگونگی انجام روش‌های ویژه پایش را نشان دهند.

---

[1] Record keeping
[2] Training

آستانه‌ها

اتخاذ یک تصمیم مدیریتی مستلزم بررسی منظم اهداف مدیریت و پایش وضعیت آفت است. اطلاعات مربوط به شناسایی، تعیین تراکم و مراحل فنولوژیکی آفت و محصول (گیاه زراعی) می‌تواند در تعیین راهبرد مدیریت مورد استفاده قرار گیرد. نیاز به اجرای روش‌های کنترل، به نسبت بین تراکم آفت و آستانه‌های متناسب برای مرحله فنولوژیکی محصول بستگی خواهد داشت. این بخش در مورد کاربرد مفهوم آستانه در مدیریت همه آفات بحث می‌کند.

مفهوم خسارت

گیاهان در نبود آفات تا اندازه‌ای که شرایط محیطی مانند دما، رطوبت و مواد غذایی اجازه بدهند با پتانسیل ژنتیکی خود رشد کرده و عملکرد خواهند داشت (شکل ۴-۱ را ببینید). این وضعیت ممکن است عملکرد بهینه گیاه در حال رشد تحت آن شرایط محیطی در نظر گرفته شود. آفات موجود از طریق اختلال در فرایندهای فیزیولوژیکی و استفاده از انرژی گیاه به گیاه صدمه می‌زنند، بنابراین باعث از دست رفتن انرژی گیاه و یا اختلال در رشد و تولیدمثل خواهند شد. گیاهان در مزرعه با همدیگر محصول را تشکیل می‌دهند و کاهش در عملکرد محصول توسط آفات در مقایسه با گیاهانی در همان محیط بدون وجود آفت، خسارت قابل اندازه‌گیری محصول[1] نامیده می‌شود. به طور کلی با افزایش تراکم آفت خسارت قابل اندازه‌گیری محصول نیز افزایش می‌یابد (فصل ۴ را ببینید).

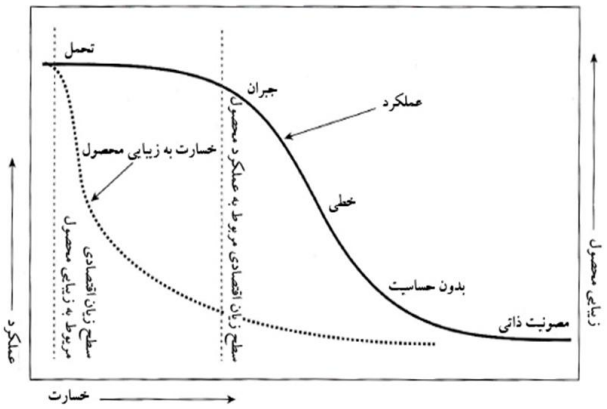
هنگامی‌که آفت صدمه‌ی اندکی به گیاه وارد می‌سازد، اثرات آن روی عملکرد پایین است (شکل ۸-۹). این موضوع وقتی که آفت از نظر زیبایی خسارت ایجاد می‌کند صادق نیست. بسیاری از گیاهان می‌توانند تراکم‌های پایین آفت را تحمل کنند بدون اینکه خسارت ببینند. برخی از گیاهان در تراکم‌های پایین آفت، قادر به جبران خسارت ایجاد شده هستند و در نتیجه خسارت کمی به محصول وارد می‌شود. در بعضی از موارد، ممکن است میزان کمی از خسارت ایجاد شده به وسیله آفت، افزایش در رشد گیاه و عملکرد را نتیجه دهد. این پدیده جبران بیش از حد[2] نامیده می‌شود ولی به طور کامل شناخته نشده است. اعتقاد بر این است که وقتی آفت به گیاه خسارت وارد می‌کند، فرایندهای فیزیولوژیکی کنترل‌کننده هوموستازی[3] به نحوی تغییر می‌یابند که انرژی اضافی به بخش‌هایی از گیاه تخصیص یافته و منجربه تولید محصول مرغوب می‌شود.

تعیین مقدار قابل قبول صدمه وارد شده به گیاه برای تعیین مفهوم آستانه‌ها ضرورت دارد. وقتی جمعیت آفت تا نقطه‌ای افزایش یافته که رابطه صدمه/عملکرد به صورت خطی است (شکل ۸-۹)،

[1] Crop loss
[2] Overcompensation
[3] Homeostasis

به طور مشابه کاهش عملکرد به قدری بالا است که باید روش‌های کنترلی برای مدیریت آفت به‌کارگرفته شود. در نهایت کاهش محصول در تراکم‌های بالاتر جمعیت، مستقل از هر گونه افزایش بیشتر در تراکم آفت است.

ایجاد سطوح پایین صدمه در تراکم پایین آفت و توانایی تحمل سطوح پایین صدمه که به ارزش محصول و بخش مورد حمله گیاه وابسته است، نقطه عطف مدیریت بسیاری از نماتدها و بندپایان است. دامنه‌ی این مفهوم برای انواع دیگر آفات مشخص نیست، اگرچه ارزش آستانه‌ها برای مدیریت مهره داران شناخته شده است. بنابراین مفهوم آستانه‌ها برای موجوداتی به‌کار می‌رود که در هر مرحله رشدی دارای اندازه بدن ثابتی هستند (حشرات، نماتدها، مهره‌داران، راب‌ها، حلزون‌ها) و برای موجودات با اندازه بدن متغیر (علف‌های هرز، قارچ‌ها) به‌کار نمی‌رود. موجودات دارای اندازه بدن ثابت در مقایسه با موجودات با اندازه بدن متغیر، دارای یک رابطه‌ی کم و بیش خطی بین تعداد آفت و صدمه ایجاد شده هستند. در تراکم‌های بالاتر آفت، رابطه خطی بین تراکم و کاهش عملکرد به سبب رقابت درون‌گونه‌ای ضعیف شده و آستانه‌های اقتصادی بحث شده در زیر از حد انتظار بیشتر می‌شود.



شکل ۸- ۹: روابط نظری کلی بین افزایش خسارت و میزان پاسخ محصول در فقدان یا حضور استانداردهای زیبایی. EIL سطح زیان اقتصادی یا تراکم آفت در خسارتی که غیر قابل قبول است.

سطح زیان اقتصادی[1]

سطح زیان اقتصادی (EIL) نقطه عطف مفهوم آستانه‌های به‌کاررفته در مدیریت بندپایان است و به صورت تراکمی از آفت تعریف می‌شود که در آن تراکم ارزش اقتصادی کاهش محصول که به

[1] Economic injury level

وسیله عملیات کنترل از وقوع آن جلوگیری می‌شود با هزینه آن عملیات کنترلی برابر است (شکل ۸-۱۰). سطح زیان اقتصادی (EIL) از طریق معادله ریاضی زیر به‌دست می‌آید:

$$C=V\times P\times I\times D$$

C= هزینه‌های مدیریت (هزینه‌های کنترل)

V= ارزش بازاری هر واحد از تولید محصول

P= جمعیت آفت که به صورت تراکم بیان می‌شود (برای نمونه تعداد آفات در واحد سطح)

D= خسارت در هر واحد صدمه

I= میزان صدمه به ازاء هر آفت

شکل دیگر این معادله به صورت زیر است:

$$P=C/(V\times I\times D)$$

P تراکمی از آفت است که در آن تراکم، خسارت با هزینه کنترل برابر است و سطح زیان اقتصادی نامیده می‌شود. هنگامی‌که مقداری از خسارت باید پذیرفته شود، پارامتر دیگری باید به این معادله اضافه شود چون کنترل ۱۰۰ درصدی انجام نمی‌شود. معادله فوق به صورت زیر تغییر می‌یابد:

$$P(EIL)=C/(V\times I\times D\times K)$$

که K نسبتی از خسارت است که باید تحمل شود. بنابراین این مفهوم EIL به عنوان مبنایی برای برخی از انواع متفاوت آستانه‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد.

انواع آستانه‌ها

انواع مختلفی از آستانه‌ها پیشنهاد و به درجات متفاوتی استفاده می‌شوند. نحوه‌ی کاربرد آن‌ها برای گروه‌های مختلف آفات در شکل‌های ۸-۱۰ و ۸-۱۱ ارائه شده و نشان می‌دهد چگونه این تعاریف به دینامیسم جمعیت آفت مربوط می‌شوند. GEP[1] برای وضعیت تعادل عمومی و به وسیله حشره‌شناسان برای بیان تراکم تعادل جمعیت استفاده می‌شود.

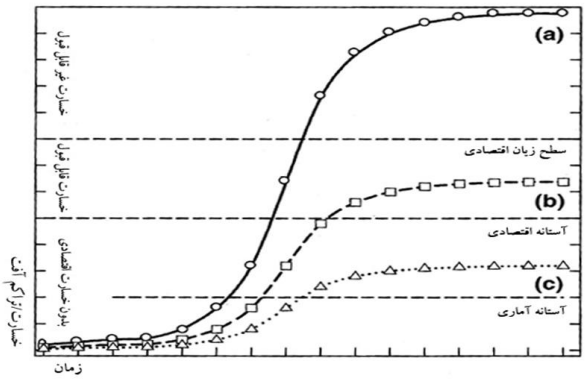
آستانه‌ها[2] استفاده غیر مشروط از کلمه آستانه در تمام نوشته‌ها IPM آشکار است. این اصطلاح هنگامی که در رابطه با مدیریت آفت به‌کار برده می‌شود باید مشروط و مصطلح شود. به‌جز این نوع آستانه اختصاصی، این اصطلاح در تعریف ساده به این معنی است که یک محرک به سطح مناسبی برای ایجاد یک واکنش رسیده است.

آستانه آماری یا خسارت آستانه آماری در تراکمی از آفت که خسارت قابل اندازه‌گیری آماری رخ می‌دهد حاصل می‌شود (شکل ۸-۱۰). آستانه آماری پایین‌تر از آستانه اقتصادی است و در ارتباط با مدیریت عملی آفت محدودیت دارد زیرا به اقتصاد مربوط نمی‌شود.

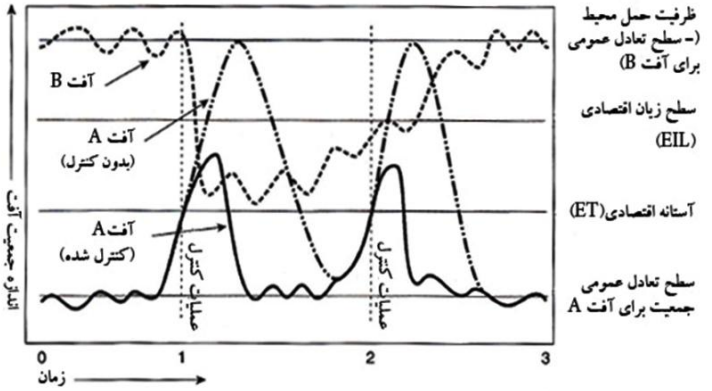
---

[1] Acronym

[2] Threshold



شکل ۸- ۱۰: رابطه زمانی نظری بین آستانه‌ی آماری، آستانه‌ی اقتصادی و سطح زیان اقتصادی برای سه جمعیت آفت متفاوت. a= بالا، b=متوسط و c=پایین؛ یا یک آفت در سه محصول مختلف.



شکل ۸- ۱۱: رشد جمعیت نظری دو آفت در رابطه با آستانه‌های اقتصادی و کنترل‌ها. GEP وضعیت تعدل کلی آفت است. آفت A، GEP پایین و آفت B، GEP بالایی دارد.

آستانه اقتصادی آستانه اقتصادی (ET)، بر طبق تعریف اولیه حشره‌شناسی، تراکمی از آفت است که در آن تراکم، می‌بایست عملیات کنترل صورت گیرد تا از افزایش جمعیت به سطح زیان اقتصادی (EIL) جلوگیری شود (شکل ۸-۱۰ a و شکل ۸-۱۱ آفت A). آستانه اقتصادی (ET) در جمعیتی (تراکمی) پایین‌تر از سطح زیان اقتصادی (EIL) به سبب افزایش جمعیت یا خسارت رخ می‌دهد و همچنین می‌تواند باز هم بعد از انجام عملیات کنترل رخ دهد. علم علف‌های هرز تعریفی از ET را پذیرفته است که همان تعریف حشره شناسی از EIL است.

آستانه اسمی[1] آستانه اسمی به وسیله بیشتر کشاورزان در نبود آستانه عددی[2] استفاده می‌شود. کاسنس[3] (۱۹۸۷) آن را در مدیریت علف‌های هرز آستانه مشاهده‌ای[4] نامیده است. بیان شده که آستانه اسمی مستلزم ارزیابی از مزارعی است که به نظر می‌رسد در شرایط قابل قبول باشند و یا در شرایطی که کاهش محصول به طور غیر قابل قبولی ایجاد شود.

آستانه‌های جامع[5] آستانه جامع بر مبنای ارزیابی خسارت ایجاد شده به وسیله مجموعه‌ای از تنش‌های زیستی (همه گروه‌های آفات) و غیر زیستی استوار است. تعدادی از این قبیل آستانه‌ها در حال توسعه هستند ولی در حال حاضر هیچیک موجود نیستند زیرا اطلاعات اندکی در زمینه مجموعه‌ای از تنش‌های مربوط به خسارت وجود دارد. کشاورزان و مدیران آفت در پرداختن به پیچیدگی دنیای واقعی از چندین آفت بیشتر از آستانه‌های اسمی جامع مزرعه استفاده می‌کنند.

چهار آستانه قبلی (بنا به تعریف) تنها برای یک محصول هستند و در بیشتر موارد برابر با یک فصل زراعی یا یک سال وجود دارند. در ادامه به دو آستانه مربوط به دینامیسم جمعیت علف‌های هرز چند ساله پرداخته می‌شود.

آستانه اقتصادی مطلوب[6]

آستانه اقتصادی مطلوب (EOT) یک آستانه اقتصادی چند ساله است که برای پرداختن به علف‌های هرز و سایر موجوداتی که دارای اندام‌های تکثیری که به صورت بانک‌های بذر عمل می‌کنند پیشنهاد شده است. این بانک‌های بذر منجر به تولیدمثل و در نتیجه تغییر در دینامیسم جمعیت‌ها طی چندین سال می‌شوند. آستانه اقتصادی مطلوب حضور محصولات را پی‌درپی و بدون کنترل آفات در مواقعی که زیر ET بروز می‌کنند در نظر می‌گیرد. درحال حاضر اطلاعاتی که بتواند استفاده از آستانه اقتصادی مطلوب را حمایت کند وجود ندارد اما شبیه‌سازی مدل‌های کامپیوتری پیشنهاد کرده است که آستانه اقتصادی مطلوب ممکن است ۵ تا ۱۰ برابر کمتر ازET تنها در یک فصل باشند.

آستانه بدون بذر[7]

آستانه بدون بذر که به‌وسیله نوریس (۱۹۹۹) پیشنهاد شد عنوان می‌کند که بسیاری از علف‌های هرز امکان رسیدن به وضعیت تولیدمثلی را پیدا نمی‌کنند زیرا بذرها به وسیله تراکم گیاهانی تولید

---

[1] Nominal threshold
[2] Numerical threshold
[3] Cousens
[4] Visual threshold
[5] Comprehensive
[6] Economic optimum threshold
[7] No seed threshold

می‌شوند که زیر سطح ET برای حفظ بانک بذر هستند. این مفهوم بر اساس پتانسیل فوق‌العاده تولید بذر و نیز مشکلات طولانی مدت بانک بذر بنا شده است. این آستانه اثبات نشده است اما در اشکال مختلفی به وسیله کشاورزانی که طبیعت درازمدت جمعیت علف‌های هرز را می‌شناسند مورد استفاده قرار گرفته است.

صرف نظر از نوع آستانه که تحت شرایط معینی بکار گرفته می‌شود، معمولا تیمار (سمپاشی) یک جمعیت کوچک آفت بهتر از تلاشی است که در جهت کاهش جمعیت‌های بزرگ در تاریخ‌های بعدی صورت می‌گیرد. این مفهوم به ویژه برای یک گونه مهاجم و نیز برای تعدادی از گونه‌های مهره‌دار که همه ساله به مزرعه حمله می‌کنند صادق است اما برای بیشتر حشرات اندمیک و مخفی و نیز گونه‌های نماتد بکار نمی‌رود. در فصل ۱۰ این مفهوم مورد بحث اساسی قرار می‌گیرد.

انواع دیگر آستانه‌ها

انواع معینی از آفات به ایجاد آستانه‌های مشخصی نیاز دارند. برای نمونه، آستانه‌های زیباشناختی در تصمیم‌گیری‌های مربوط به مدیریت آفات محصولات زینتی مورد استفاده قرار می‌گیرند. آستانه مزاحمت هنگامی سودمند است که پیشگیری از آفاتی مانند مگس و پشه که برای انسان و حیوانات مزرعه ایجاد مزاحمت می‌کنند را ارزیابی می‌کنیم.

مثال‌هایی از آستانه‌ها

موارد زیر مثال‌هایی از آستانه‌ها و چگونگی بیان آن‌ها هستند. در هر مورد، چنانچه سطح آستانه تجاوز کند عملیات مدیریت توصیه می‌شود. این مثال‌ها از وب سایت IPM دانشگاه کالیفرنیا گرفته شده است بجز مواردی که (داخل پرانتز) ذکر شده است.

- کرم میوه گوجه فرنگی. آستانه اقتصادی، ۸ تخم به ازاء ۶۰ برگ از برگ‌های زیر دسته گل انتهایی است (اگر زنبور پارازیت تریکوگراما وجود داشته باشد این سطح افزایش می‌یابد).
- کرم غوزه پنبه در کالیفرنیا. آستانه برابر با ۲۰ لارو کوچک به ازاء هر ۱۰۰ گیاه است.
- شته کلم روی کلم. مجموعه‌ای از ۱ درصد یا ۲ درصد گیاهان آلوده هستند.
- نماتد سیست چغندر قند. آستانه خسارت در کالیفرنیا برابر با ۱ تخم به ازاء یک گرم خاک است.
- پروانه یونجه. مجموعه‌ای از ۱۰ لارو پروانه پارازیته نشده یا بیمار نشده در هر تور (در هر بار تور زدن).
- برگ مخملی در ذرت در دهکده پو ایتالیا. این مثالی از آستانه No-Seed است.
- کنه‌های تارتن در بادام. آستانه ۴۵ درصد آلودگی برگ با استفاده از نمونه‌برداری مربوط به وجود یا عدم وجود آفت هنگامی‌که شکارگران وجود دارند.

- برای عوامل بیماری‌زا بجای آستانه‌ها، سیستم‌های پیش آگاهی خطر بیماری استفاده می‌شوند که مبتنی بر وجود اینوکلوم، بارش، دما و رطوبت هستند. پیش‌آگاهی‌گرهایی که افزایش بیماری را بر اساس شرایط محیطی پیش گویی می‌کنند برای سوختگی سیب زمینی، سفیدک کرکی رازک، سفیدک کرکی مو، کپک آبی و پوسیدگی ساقه اسکلروتینا موجود هستند.
- موش‌های بیشه‌زار در آرتیشوها. به محض مشاهده علائم، آستانه حاصل می‌شود.

محدودیت‌های آستانه‌ها

در بعضی از موقعیت‌ها، آستانه‌ها سودمندی کمتری داشته یا مناسب نیستند. این‌ها شامل موارد زیر هستند:

۱ - شرایط محیطی، به‌ویژه دما و رطوبت ممکن است سطوح آستانه‌ها را تغییر دهند که منجر به مشکلاتی در تمدید آستانه‌ها از سالی به سال دیگر یا از یک ناحیه جغرافیایی به ناحیه دیگر می‌شود. برای نمونه، آستانه خسارت برای نماتد سیست در آب و هوای مدیترانه‌ای در کالیفرنیا یک تخم در یک گرم خاک است در صورتی‌که در آب و هوای گرم در انگلستان به ۱۵ تخم در یک گرم خاک افزایش می‌یابد.

۲ - وقتی آستانه اقتصادی بیش از حد پایین باشد، استفاده از آستانه‌ها برای تصمیم‌گیری مناسب نیست. در واقع تصمیم عملیاتی باید به محض مشاهده آفت گرفته شود. این وضعیت برای مدیریت بعضی از آفات بوجود می‌آید نظیر آفاتی که به طور مستقیم بر کیفیت و ظاهر میوه‌های بازاری تازه و سبزیجات اثر می‌گذارند، حشرات آفتی که ناقلین عوامل بیماری‌زا هستند یا درجایی که رشد سریع جمعیت می‌تواند رخ بدهد (مهره‌داران آفت مانند موش‌ها و علف‌های هرز).

۳ - از لحاظ اقتصادی هیچ روش عملی در نمونه‌برداری آفت برای تعیین دقیق جمعیت وجود ندارد. برای نمونه تعیین تعداد اسپورهای موجود برای بسیاری از عوامل بیماری‌زا مشکل است مانند عوامل بیماری‌زایی که موجب پیچیدگی برگ هلو و بلایت سیب‌زمینی می‌شوند.

۴ - هیچ روش مؤثر یا از لحاظ اقتصادی قابل قبولی وجود ندارد که بتواند در زمانی انجام شود که جمعیت آفت شناسایی و ارزیابی شده است. دو دلیل برای این موضوع وجود دارد:

۴-۱- از لحاظ بیولوژیکی کنترل عامل در زمانی که به مرحله فنولوژیکی رسیده و می‌توان جمعیت را تعیین کرد ممکن نیست.

۴-۲- در برخی موارد، بعد از این‌که جمعیت آفت ارزیابی شد هیچ روش کنترل قابل استفاده‌ای وجود ندارد. بیماری‌های ویروسی در گیاهان قابل معالجه نیستند. بسیاری از قارچ‌کش‌ها

توانایی کنترل آلودگی موجود را ندارند و بنابراین باید قبل از رشد جمعیت استفاده شوند. وضعیت مشابه برای علف‌های هرز زمانی رخ می‌دهد که علف‌کشی برای کنترل پس رویشی[1] وجود ندارد (فصل ۱۱ را ببینید). این وضعیت مستلزم استفاده ترکیبی از علف‌کش‌های قبل از کشت و پیش رویشی[2]، قبل از جوانه زنی علف‌های هرز است. در هر دو دو وضعیت قبل از وجود آفت و تراکمی که بتواند مستقر شود باید سمپاشی انجام شود.

۵ - وقتی جمعیت‌ها به طور طبیعی بالای آستانه اقتصادی هستند (شکل ۱۱-۸ آفت B) استفاده از آستانه‌های اقتصادی بجا و مناسب نیست. این موضوع در رابطه با بسیاری از علف‌های هرز و بسیاری از عوامل بیماری‌زا رخ می‌دهد.

۶ -اگر اندازه بدن آفت ثابت نباشد، خسارت با تراکم عددی به طور کامل همبستگی نخواهد داشت و در نتیجه امکان پیشگویی دقیق بر مبنای آستانه‌ها وجود ندارد. این مسئله سودمندی آستانه‌ها را برای مدیریت بسیاری از عوامل بیماری‌زا و اغلب علف‌های هرز محدود می‌کند. تعیین ساختار سنی جمعیت نمی‌تواند این مشکل را به دلیل انعطاف‌پذیری رشد نسبت به سن کرونولوجیکال حل کند.

۷ - نداشتن اطلاعات کافی برای ایجاد منحنی‌های کاهش عملکرد یا خسارت که برای توسعه EIL مورد نیاز است مشکلی برای بسیاری از آفات است: در نبود چنین اطلاعاتی به طور معمول آستانه اسمی جامع به کار گرفته می‌شود و بنابراین تصمیمات مدیریتی بر مبنای تجربه استوار هستند.

۸ - استفاده از آستانه‌ها در موارد حمله چندین آفت مشکل است چراکه که اثرات تلفیقی آفات مختلف سنجیده نشده است. اطلاعات یونجه در شکل ۳-۶ این مسئله را نشان می‌دهد. بر مبنای آستانه‌های جداگانه زنجرک‌های برگی یا پوسیدگی ریشه فوزاریومی، تصمیم این خواهد بود که از آستانه متجاوز نکرده و بنابراین عملیات توصیه نمی‌شود. به سبب اثرات تلفیقی زنجرک‌های برگی و پوسیدگی فوزاریومی چنین تصمیمی نادرست خواهد بود.

سایر عوامل مؤثر بر تصمیم‌های مدیریت آفت

تاریخچه کشت

تاریخچه کشت بنا به دو دلیل برای تصمیمات مدیریتی حائز اهمیت است. تاریخچه کشت می‌تواند سر نخ با ارزشی درباره آفاتی که به احتمال زیاد وجود داشته‌اند، برای مدیر آفات فراهم کند. این مفهوم برای نزدیک به همهٔ آفات خاکزی مانند همه نماتدها، بسیاری از عوامل بیماری‌زا و بعضی از

[1] Postemergence
[2] Preemergence

حشرات (مانند کرم‌های مفتولی و کرم‌های طوقه‌بر) به کار می‌رود. همچنین تاریخچه کشت می‌تواند برای مدیر آفت اعلام خطری مبنی بر تداوم مشکلات ناشی از استفاده آفت‌کش قبلی باشد. تداوم استفاده از آفت‌کش می‌تواند منجر به مشکلاتی در محصولات قابل کشت شود (همان‌طوری که در فصل ۱۱ بحث می‌شود).

محل و اندازه مزرعه

محل مزرعه می‌تواند در انتخاب روش‌های کنترل محدودیت‌های شدیدی ایجاد کند. بنابراین ثبت عواملی که ممکن است این انتخاب را محدود کنند ضروری است. جزئیات این موضوع در فصل‌های ۱۱و ۱۲ بحث می‌شود. انواع عواملی که باید در نظر گرفته شود شامل موارد زیر است:

۱- محصولات اطراف:

۱-۱- اگر آفت یک گونه متحرک باشد محصولات اطراف ممکن است منبع یک مشکل باشند. برای نمونه، سن‌های لیگوس هنگامی که محصول گلرنگ می‌رسد از گلرنگ به پنبه مهاجرت می‌کنند.

۱-۲- محصولات مجاور ممکن است به ویژه به بادبردگی سمپاشی حساسیت داشته باشند که می‌تواند انتخاب آفت‌کش‌ها را محدود کند.

۲- مجاور بودن مناطق حساس از لحاظ اکولوژیکی:

۲-۱- وجود زیستگاه‌ها یا پناهگاه‌های حیات وحش

۲-۲- وجود گونه‌های خطرناک در منطقه

۲-۳- وجود آبراهه‌های عمومی و رودخانه‌ها

۲-۴- وجود شرایط خاکی یا جغرافیایی که ممکن است خطر آلودگی آب‌های زیر زمینی به وسیله آفت‌کش‌ها را افزایش دهد.

۳- محل خانه‌ها و مدارس و ساختمان‌های دیگر باید بررسی شود.

۴- اندازه مزرعه/الگوی کشت

۴-۱- در بعضی از نقاط جهان، انسان می‌تواند به طور یکپارچه تنها یک محصول را در طول هزاران جریب بکارد. نمونه‌برداری از چنین کشت‌های بزرگی مشکل است و اگر به آستانه رسیده باشد جابجایی به موقع تجهیزات برای تیمار کل منطقه مشکل است حتی وقتی که سمپاشی با هواپیما صورت می‌گیرد.

۴-۲- بکارگیری مفهوم آستانه در مزارع کوچک که محصولات مختلط کشت می‌شوند مشکل است زیرا برای محصولات مختلط آستانه‌ها در دسترس نیستند.

پایش آب و هوا

در کوتاه مدت آب و هوا می‌تواند انتخاب روش‌ها را تحمیل کند. برای نمونه، بادهای شدید کاربرد بسیاری از آفت‌کش‌ها را محدود خواهند کرد، خاک مرطوب می‌تواند استفاده از ماشین‌ها در مزارع را محدود کند و بارندگی به دنبال شخم می‌تواند بر سودمندی شخم برای مدیریت علف‌هرز اثر منفی داشته باشد. بارندگی بلافاصله بعد از کاربرد آفت‌کش روی شاخ و برگ ممکن است آفت‌کش را از برگ‌های تیمار شده پیش از رسیدن به هدف شسته و خارج کند.

بعضی از آفات به محض رخ دادن آلودگی سریع رشد می‌کنند ولی دوره‌های کمون طولانی دارند (مانند جرب سیب یا سوختگی در سیب‌زمینی‌ها)؛ پایش برای نشانه‌های قابل مشاهده مفید نیست. برای این قبیل عوامل بیماری‌زا پایش محیط و شناخت شرایط مانند رطوبت نسبی و دمای مطلوب برای آلودگی سزاوارتر است.

پایش آب و هوا همچنین برای مدیریت آفت هنگامی که بر نرخ رشد و نمو آفت تأثیر می‌گذارد کارایی دارد. به استثناء پستانداران، همه آفات خونسرد هستند و بنابراین دما، نرخ رشد و نمو آن‌ها را تنظیم می‌کند (بحث مجموعه گرما در فصل ۵ را ببینید). پیشگویی نرخ‌های رشد جمعیت برای تصمیم‌گیری IPM اهمیت فزاینده‌ای دارد و بنابراین پایش آب و هوا یک بخش جدایی ناپذیر در برنامه‌های در حال توسعه IPM است. اطلاعات مربوط به شرایط آب و هوایی می‌تواند از تجهیزات ثبت کننده نصب شده در محصول حاصل شود (شکل ۸-۱۲).

شکل ۸- ۱۲: Stephenson screen حاوی دماسنج حداقل وحداکثر ودیگر دستگاه‌های سنجش آب و هوا در یک باغ. منبع: تصویر از Robert Norris.

این قبیل تجهیزات پایش آب و هوا در یک ساختار محافظ به نام Stephenson screen یا دیگر محافظ‌های مناسب جای داده می‌شوند که آن‌ها را از قرارگیری در معرض مستقیم نور خورشید یا بارندگی حفظ می‌کند. همچنین اطلاعات آب و هوایی می‌تواند از طریق ارزیابی اطلاعات موجود در شبکه‌های اینترنتی به‌دست آورده شود. این قبیل اطلاعات آب و هوایی واقعی و به موقع، برای بسیاری از نواحی موجود است.

مدل‌هایی برای پیش آگاهی رخدادها

قابلیت استفاده از اطلاعات آب و هوایی برای پیش‌گویی رشد و نمو و طغیان جمعیت آفت تا اندازه زیادی از طریق توسعه مدل‌های رایانه‌ای اصلاح شده است. این مدل‌ها برای پیش‌گویی زمان نیاز به فعالیت مدیریتی، می‌تواند دانش زیست‌شناسی آفت را با اطلاعات آب و هوایی ویژه تلفیق کند. این مدل‌ها روش عملی که باید به‌کار گرفته شود را توصیه نمی‌کند. استفاده از مدل‌سازی رایانه‌ای برای پیشرفت IPM در فصل ۱۸و ۲۰ بیشتر بحث می‌شود. در حال حاضر از اطلاعات آب وهوایی به دو صورت زیر استفاده می‌شود:

۱ - مدل‌های رشد و نمو حشره بر مبنای روز- درجه که از این اطلاعات برای تله‌های فرمونی جهت تعیین نقطه بیوفیکس (نقطه شروع یا تنظیم) استفاده می‌شود.

۲ - مدل‌های دما و رطوبت که دوره‌های آلودگی عامل بیماری‌زا را پیشگویی می‌کند.

استانداردهای زیبایی

معیارهای زیبایی گروهی هستند و در نتیجه‌ی رویکرد عمومی نسبت به وجود موجودات آفت در غذا و یا خسارت و لکه‌های ناشی از آفات در فرآورده‌های مشخص به‌وجود می‌آیند، حتی اگر محصول و کیفیت غذایی آن لطمه ندیده باشد.

معیارهای زیبایی به سبب بی میلی مصرف‌کنندگان نسبت به خرید محصولات آلوده به حشرات و یا محصولات دارای لکه‌های کوچک وجود دارند. معیارهای زیبایی در نتیجه غیر قابل قبول بودن خسارت در سطوح اقتصادی بسیار پایین در مقایسه با آن‌هایی که باعث کاهش واقعی عملکرد محصول می‌شوند حاصل می‌شوند (شکل ۹-۸، زیبایی). این تحمل کم به معنای عدم استفاده از روش‌های پایش است زیرا صدمات به زیبایی درست در زمانی اتفاق خواهند افتاد که ما به حشرات پی برده‌ایم. در این حالت روش‌های کنترل قبل از پی بردن بوجود آفت (برای نمونه، سمپاشی در برنامه زمان‌بندی شده) یا به محض مشاهده اولین آفت یا خسارت اجرا می‌شوند. کشاورزان به سمپاشی‌های پیشگیرانه ترغیب می‌شوند. بکارگیری مدیریت آفت در معیارهای زیبایی در بخش‌های ۱۸ و ۱۹ بیشتر مورد بحث قرار می‌گیرد.

ارزیابی خطر/ایمنی

مسئله ارزیابی خطر برای مدیریت آفت در شکل ۸-۱۰ نشان داده شده است. در این نمودار یک گونه آفت در سه محصول متفاوت مورد بررسی قرار گرفته است. در محصول a، جمعیت آفت سریع افزایش یافته، در محصول b جمعیت آفت دارای رشد متوسطی بوده و در محصول c رشد جمعیت آفت در کمترین مقدار است. این نمودار همچنین می‌توانست وضعیت سه آفت مختلف در یک محصول را نشان دهد به طوری‌که جمعیت آفت b با سرعت کمتری تشکیل شده و آفت c فقط در سطوح پایین تشکیل شده است. ارزیابی وضعیت جمعیت آفت c به نسبت آسان است. عملیات کنترل ضروری نیست و پایش نشان خواهد داد که اگرچه جمعیت آفت از آستانه آماری یا خسارت متجاوز گشته ولی قبل از رسیدن به سطح آستانه اقتصادی (ET) جمعیت در حال افزایش، متوقف گشته است. ارزیابی وضعیت آفت a نیز به نسبت آسان است زیرا جمعیت در سطح ET سریع افزایش می‌یابد و پیش بینی‌ها نشان خواهد داد که جمعیت آفت از EIL تجاوز خواهد کرد. وضعیت آفت b برای تصمیم‌گیری مشکل است و نشان‌دهنده وضعیت بیشتر آفات است. زمانی که جمعیت از ET تجاوز کند مدیر (آفت) باید برای شروع عملیات تصمیم‌گیری کند. در مثال فرضی ارائه شده در شکل ۸-۱۰ b عملیات کنترل مورد نیاز نیست ولی نتایج آن آشکار و مشخص نیست. در زمانی که جمعیت به ET می‌رسد، معلوم نیست که آیا جمعیت به افزایش خود ادامه خواهد داد یا نه. در این وضعیت تجربه نقش اصلی را بازی می‌کند. بسیاری از مدیران خطر صرف‌نظر کردن از سمپاشی غیر قابل قبول، به ویژه در سبزیجات دارای ارزش زیاد را خواهند دریافت. اطلاعات یونجه در شکل ۶-۳ و برهم‌کنش نماتد ریشه گره‌ای/فوزاریوم که در شکل ۸-۴ نشان داده شده است بیانگر جنبه دیگری از مسئله درک خطر است. بدون آگاهی درباره برهم‌کنش‌های آفت، یک مدیر با پذیرش نبود هیچ بر هم کنشی ریسک خواهد کرد.

اقتصاد

در تعریف خسارت اقتصادی و منافع (درآمدها) حاصل از پایش که در آستانه‌ها مورد استفاده واقع می‌شوند، مشکل عمده‌ای وجود دارد. این وضعیت اغلب ناشی از آستانه‌های فرضی رشد تحت شرایط کنترل شده در تحقیقات است که اجرا کردن آن‌ها در مزرعه مشکل است. دلایل اقتصادی این دشواری به شرح زیر است:

۱ - اگر هزینه پیش آگاهی برابر با هزینه مبارزه باشد، مبارزه بدون پیش آگاهی صورت خواهد گرفت. این وضعیت به طور چشمگیری در محصولات با حجم کم وجود دارد؛ جاهایی که تیمار می‌تواند با هزینه به نسبت کمی انجام شود از قبیل کاربرد علف‌کش فنوکسی جهت کنترل علف‌های هرز پهن برگ در غلات

۲ - نامشخص بودن خسارت‌های اقتصادی ایجاد شده به وسیله چندین آفت یک مشکل است. در این وضعیت بسیاری از تجزیه و تحلیل‌های اقتصادی ممکن است خسارت محصول را آنچنان که کشاورزان در عمل تجربه خواهند کرد را نشان ندهد. این مشکل پذیرش IPM را در بسیاری از اکوسیستم‌های کشاورزی کند می‌کند.

۳ - ممکن است ارزش محصول در زمانی که تصمیم مدیریت آفت گرفته می‌شود و زمانی که محصول برداشت می‌شود تغییر کند. در یک محصول که مشخص شده چه مقدار در کنترل آفت سرمایه‌گذاری می‌شود انتظار سود داشتن امری قابل قبول است. این حالت به ویژه در مورد سبزیجات تازه بازاری صدق می‌کند؛ جایی که تغییرپذیری بازار می‌تواند قیمت را سریع تغییر دهد. برای نمونه تصمیم عدم سمپاشی محصول کاهو در یک هفته ممکن است فاجعه آمیز باشد چنانچه برداشت با ۱۰ روز تأخیر در کاهو به دو برابر شدن حجم محصول بیانجامد. هیچ پاسخ آسانی به این مشکل وجود ندارد و بیشتر کشاورزان و مشاوران کنترل آفت با در نظر گرفتن احتیاط دچار اشتباه می‌شوند. این مشکل نیز پذیرش IPM را کند می‌کند.

در تمام مواردی که در بالا بحث شد هزینه‌ها و منافع برای محیط در نظر گرفته نشده است. یکی از اهداف سیستم‌های پیشرفته IPM اضافه کردن هزینه‌ها و منافع برای محیط و جامعه در معادله EIL است.

خلاصه

پیش‌آگاهی جمعیت آفت یک پیش نیاز ضروری برای گرفتن تصمیم‌های منطقی در IPM است. روش‌ها و دستگاه‌های متعددی برای پایش آفات در دسترس هستند اما بسیاری از روش‌ها مختص یک گروه از آفات هستند. فردی که پایش را انجام می‌دهد باید با روش‌های تخصیص یافته برای ارزیابی کردن آفات آشنا باشد. داده‌های رشد جمعیت آفات مربوط به آستانه‌های اقتصادی قبل از اجرای روش ارزیابی می‌شوند. عدم کاربرد جهانی آستانه‌های اقتصادی ، عدم دسترسی داده‌های فردی و زیست‌شناسی تعدادی از گروه‌های آفت استفاده از مفهوم آستانه اقتصادی را محدود می‌کند. اگرچه محدودیت‌هایی در استفاده از پایش جمعیت و به‌کارگیری آستانه‌های اقتصادی وجود دارد، این دو مفهوم به اجزا بنیادی برنامه‌های IPM تبدیل شده‌اند.

منابع

Binns, M. R., and I. P. Nyrop. 1992. Sampling insect populations for the purpose of IPM decision making. Annu. Rev. Entomol. 37:427-453.

Binns, M. R., J. R Nyrop, and W. van der Werf. 2000. Sampling and monitoring in crop protection: The theoretical basis for developing practical decision guides. Wallingford, Oxon, UK; New York: CAB International, xi, 284.

Bliss, C. I. 1967. Statistics in biology; Statistical methods for research in the natural sciences. New York: McGraw-Hill, v, 199-203.

Cothran, W. R., and C. G. Summers. 1972. Sampling for the Egyptian alfalfa weevil: A comment on the sweep-net method. J. Econ. Entomol. 65:689-691.

Cousens, R. 1987. Theory and reality of weed control thresholds. Plant Protection Quarterly 2:13-20.

Ellsbury, M, M., S. A. Clay, S. I. Fleischer, L. D. Chandler, and S. M. Schneider. 2000. Use of GIS/GPS systems in IPM: Progress and reality. In G. C. Kennedy and T. B. Sutton, eds., Emerging technologies for integrated pest management. St. Paul, Minn.: APS Press, American Phytopathological Society, 419 438.

Flint, M. L., and P. Gouveia. 2001. IPM in practice; Principles and methods of integrated pest management. Publication 3418. Oakland, Calif.: University of California, Division of Agriculture and Natural Resources, xii, 296.

Henkens. R., C. Bonaventure, V. Kanzantseva, M. Moreno, I. O'Daly, R. Sundseth. S. Wegner, and M. Wojciechowski. 2000. Use of DNA technologies in diagnostics. In G, C. Kennedy and 'I`. B. Sutton, eds., Emerging technologies for integrated pest management. St. Paul, Minn.: APS Press, American Phytopathological Society, 52-66.

Higley, L. G., and L. P. Pedigo, eds, 1996. Economic thresholds for integrated pest management. Lincoln, Nehr.: The University of Nebraska Press, 327.

Higley, L. G., and L. P. Pedigo. 1999. Decision thresholds in pest management. In I. R. Ruberson, ed., Handbook ofpest management. New York: Marcel Dekker, IHC.. 741-763.

Kogan. M., and D. C. Herzog, eds. 1980. Sampling methods in soybean

entomology Springer series in experimental entomology. New York: Springer Verlag. xxiii, 587.

Norris, R. F. 1999. Ecological implications of using thresholds for weed management. In D. D. Buhler, ed., Expanding the context of weed management. New York: Food Products Press, The Haworth Press Inc.. 31-58.

Pedigo, L. P., and G. D. Buntin. 1994. Handbook of sampling methods for arthropods in agriculture. Boca Raton, Fla.: CRC Press, xiv, 714.

Riley, J. R. 1989. Remote sensing in entomology. Annu. Rau Entomol. 34:247-271.

Ruesink, W G. 1980. Introduction to sampling theory. In M. Kogan and D. C. Herzog, eds., Sampling methods in soybean entoniologyn New York: Springer Verlag, 61-78.

Russo. I. M. 2000. Weather forecasting for IPM. In G. C. Kennedy and T. B. Sutton. eds., Emerging technologies for integrated pest management. St. Paul, Minn.: APS Press, American Phytopathological Society, 453-473.

Schots, A., F. M. Dewey, and R. P Oliver, eds. 1994. Modern assays for plant pathogenic fungi: Identification, detection and quantihcation. Wallingford, Oxford: CAB International, xii, 267.

Singleton, C. R., ed. 1999. Ecologically-based management of rodent pests. ACIAR monograph series no. 59. Canberra: Australian Centre for International Agricultural Research, 494.

Skerritt, J. H., and R. Appels. 1995. An overview of the development and application of diagnostic methods in crop sciences. In J. H. Skorritt and R. Appels, eds., New diagnostics in crop sciences. Wallingford, UK; Phoenix: CAB International, 1-32.

Southwood, R., and P A. Henderson. 2000. Ecological methods. Oxford, UK; Malden, Mass.: Blackwell Science, xv, 575.

Zanin, G.. and M. Sattin. 1988. Threshold level and seed production of velvetleaf (Ahntilon theophrasti Medicus) in maize. Heed Res. 28:347-352.

فصل نهم: مقدمه‌ای بر راهبردها و روش‌ها در مدیریت تلفیقی آفات

رئوس مطالب این فصل

- مقدمه
- راهبردهای اصلی مدیریت تلفیقی آفات
- روش‌های مدیریت تلفیقی آفات
- مفاهیم دیگر

مقدمه

از روزهای نخستین مدیریت تلفیقی آفات واژه‌های راهبرد[1] و روش برای توصیف دو جزء از اجزای بنیادی هر سیستم مدیریت تلفیقی آفات (IPM) مورد استفاده قرار گرفته است. در مدیریت تلفیقی آفات (IPM) روش‌ها راه‌های موجود برای کنترل آفت هستند و راهبردها انواع روش‌هایی هستند که بکار گرفته می‌شوند. هدف از یک راهبرد مدیریت تلفیقی آفات (IPM) مدیریت موثر است و نه تنها به‌وسیله کاهش یا حذف اثرات اقتصادی آفات بلکه همچنین به وسیله حفظ پایداری محیط زیست و رفاه جامعه تحمیل می‌شود.

راهبردهای اصلی مدیریت تلفیقی آفات

پنج راهبرد عمده که در مدیریت آفات مورد استفاده قرار می‌گیرد وجود دارد.

۱ - پیشگیری[2]. هدف از این راهبرد پیشگیری از ورود یا استقرار آفات در مناطقی است که تاکنون به این آفات آلوده نشده‌اند. اندازه سطح مربوطه ممکن است یک ناحیه جغرافیایی بزرگ مانند یک قاره، یا یک سطح کوچک مانند یک مزرعه باشد. پیشگیری یک راهبرد برگزیده برای آفتی است که هنوز در یک منطقه یا ناحیه استقرار نیافته است. اگرچه پیشگیری راهبردی است که ممکن است شامل چندین روش باشد، همچنین می‌تواند یک روش مورد استفاده برای دستیابی به کنترل یک آفت خاص باشد (روش‌ها را ببینید).

[1] Strategy
[2] Prevention

۲ - تسکین موقتی[1]. این راهبرد از روش‌های خاص کنترل در یک مقیاس فوری استفاده می‌کند تا به طور موقتی از طغیان آفات محلی جلوگیری کند. این مقیاس به‌طور معمول به سطوح کوچک‌تر از مزرعه محدود می‌شود.

۳ - مدیریت جمعیت‌ها در مزرعه. مدیریت در مقیاس مکانی در مزرعه پیوسته رخ می‌دهد زیرا آفت در یک سطح به طور کامل مستقر شده، یک مشکل برگشت‌پذیر (مکرر) بوده و به فراتر از نقطه‌ای کشیده شده است که تسکین موقتی کنترل مناسبی فراهم کند. این یک راهبرد استاندارد در اکثر برنامه‌های متداول مدیریت تلفیقی آفات (IPM) است.

۴ - مدیریت آفات در سطح وسیع. بیشتر مشکلات آفت در سطح مزرعه مدیریت می‌شوند. برای بعضی از آفات به ویژه برای بسیاری از بیماری‌های ویروسی و برای برخی از حشرات متحرک به منظور دستیابی به تنظیم جمعیت، مدیریت باید به سطح ناحیه‌ای کشیده شود. این راهبرد مدیریت آفات در سطح وسیع نامیده می‌شود و مستلزم همکاری تمام مردم در محدوده آفت است.

۵ - ریشه‌کنی[2]. حذف تمام جمعیت آفت از یک منطقه، با ریشه‌کنی در شرایط وخیم و خطرناک مانند هجوم مگس میوه مدیترانه به کالیفرنیا یا علف هرز انگل *Striga* به کارولینا انجام می‌گیرد. اگر یک آفت مستقر شده باشد، ریشه‌کنی غیر ممکن است. به هرحال، اعتقاد بر این است که ریشه‌کنی یک راهبرد مدیریت آفات (IPM) نیست زیرا اساس اکولوژیکی آن به طور ناقص مورد بررسی قرار می‌گیرد. پرکینز[3] (۱۹۸۲) ریشه‌کنی را "مدیریت کلی آفت[4]" نامید. الگویی که به طور قابل توجهی اصول پایه‌ای مدیریت تلفیقی آفات (IPM) تفکیک می‌کند.

روش‌های مدیریت تلفیقی آفات

فصل‌های بعدی (فصل‌های ۱۰ تا ۱۷) روش‌های کنترلی را ارائه می‌دهند که صرفنظر از راهبرد مربوطه برای مدیریت آفات بکار می‌روند. هر روش به طور جداگانه بحث می‌شود ولی باید توجه داشت که IPM تلفیقی از همه روش‌های مناسب مهار آفت را مورد استفاده قرار می‌دهد (شکل ۹-۱). سه روش مختلف پایه‌ای برای مدیریت آفات وجود دارد:

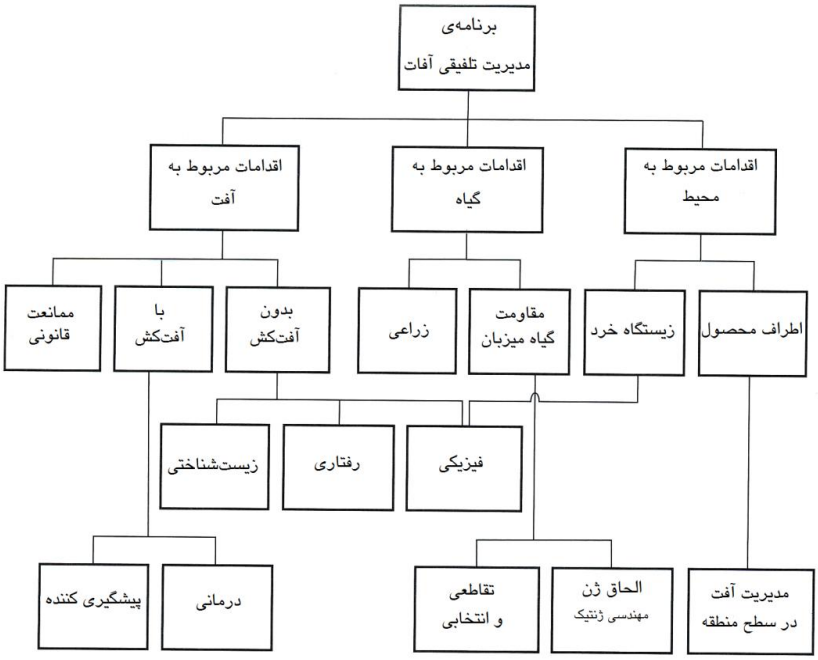
[1] Temporary alleviation
[2] Eradication
[3] Perkins
[4] Total pest management

۱ - دستکاری موجودات آفت. این روش از روش‌هایی استفاده می‌کند که یا به طور مستقیم بر موجود آفت مؤثر بوده و یا رفتار آن را به نحوی تغییر می‌دهند که آن موجود زیان‌های غیر قابل قبول طولانی مدتی ایجاد نمی‌کند.

۲ - دستکاری گیاهان میزبان. این روش‌ها یا تحمل محصول را نسبت به حمله آفت افزایش داده و یا محصول را تغییر می‌دهند بنابراین آفت حملات طولانی مدتی به گیاه ندارد. روش‌های بکاررفته به طور غیرمستقیم از طریق منابع غذایی بر جمعیت آفت مصرف کننده تاثیر می‌گذارند.

۳ - دستکاری محیط زیست. این روش‌ها محیط را به نحوی تغییر می‌دهند که جمعیت‌های آفت به سطوح خسارت‌زا افزایش نمی‌یابند. محیط زیست برای آفت کمتر و برای میزبان بیشتر مناسب است و یا برای دشمنان طبیعی مطلوبتر است.

هریک از این روش‌های کلی دارای چندین روش مختلف محتمل بوده که می‌تواند مورد استفاده واقع شوند.



شکل ۹- ۱: تصویری شماتیک از روش‌های کنترل که از اجزای یک برنامه مدیریت تلفیقی آفت هستند. منبع: رسم مجدد همراه با تغییراتی از Waibel وZadoks ،۱۹۹۸.

دستکاری آفت

سه روش که به طور مستقیم برای دستکاری موجودات آفت به کار گرفته می‌شود عبارتند از پیشگیری، آفت‌کش‌ها و روش‌های غیر آفت‌کشی.

پیشگیری پیشگیری یک جزء کلیدی در برنامه‌های IPM است و این موضوع به طور دقیق در فصل‌های ۱۰ (سطوح ملی و ناحیه‌ای) و ۱۶ (سطح مزرعه‌ای) بحث می‌شود. برای جلوگیری ازشیوع آفات ویژه، قوانینی در سطح ملی و ناحیه‌ای تصویب می‌شود و از انتقال آفات به داخل مناطق جدید ممانعت به عمل می‌آید. پیشگیری آفت بدون نیاز به کاربرد ضوابط و مقررات قانونی[1] در سطح مزرعه نیز قبل انجام است.

آفت‌کش‌ها آفت‌کش‌ها مواد شیمیایی هستند که اثر سمی روی آفات دارند. بیشتر آن‌ها برای آفات هدف کشنده هستند، اگرچه مواد شیمیایی غیر کشنده مانند تنظیم کننده‌های رشد نیز در آفت‌کش‌ها طبقه‌بندی می‌شود. استفاده و تنظیم آفت کش‌ها در فصل ۱۱ و نگرانی‌های اجتماعی درباره آفت‌کش‌ها در فصل ۱۹ بحث می‌شود.

روش‌های غیر آفت‌کش سه روش غیر آفت‌کش می‌تواند از طریق دستکاری مستقیم آفات به دست آید.

کنترل بیولوژیکی کنترل بیولوژیکی از یک موجود برای کنترل موجود دیگر استفاده می‌کند. موجود مفید یا آنتاگونیست[2] تراکم جمعیت آفت را کاهش می‌دهد به طوری که زیان اقتصادی رخ نمی‌دهد. این تعریف اغلب دارای تفسیر گسترده‌ای است. این موضوع در فصل ۱۳ بحث می‌شود.

کنترل رفتاری تغییر در رفتار آفت به نحوی که زیان‌های غیر قابل قبولی در محصول ایجاد نشود. تغییر دادن رفتار فقط در مورد آفاتی مناسب است که فعالانه رفتارشان را در واکنش به محرک‌های خارجی تغییر می‌دهند، بنابراین برای مدیریت علف‌هرز یا عامل بیماری‌زا مرسوم نیستند.. در فصل ۱۴ استفاده از تغییر دادن رفتار در IPM بحث می‌شود.

کنترل‌های فیزیکی عملیات فیزیکی مانند استفاده از کندن، بریدن، له کردن یا کاربرد گرما یا سرما می‌تواند به طور مستقیم علیه آفات استفاده شود. بعضی از جنبه‌های تغییرات زیستگاه ممکن است کنترل فیزیکی در نظر گرفته شود، هم‌چنان‌که هدف از این روش اصلاح محیط زیست فیزیکی (مانند دما، رطوبت نسبی یا سرعت باد) است. روش‌های فیزیکی گاهی مدیریت زراعی تلقی می‌شوند ولی ما روش‌های فیزیکی را روش‌هایی در نظر می‌گیریم که به طور مستقیم روی آفت مؤثر هستند. ما این دو روش را جداگانه در نظر می‌گیریم. روش‌های فیزیکی برای مدیریت آفت در فصل ۱۵ بحث می‌شوند.

---

[1] Legislative
[2] Antagonist

دستکاری محصول

با تغییر در گیاهان زراعی از طریق روش‌های زراعی یا مقاومت گیاه میزبان می‌توان آفات را به طور مؤثر مدیریت کرد.

روش‌های زراعی روش‌های زراعی شامل تغییر درعملیاتی است که برای گیاه در حال رشد به‌کار گرفته می‌شود تا موفقیت آفت را کاهش دهد یا تحمل محصول را در برابر آفت افزایش دهد. این موضوع در فصل ۱۶ بررسی می‌شود.

مقاومت گیاه میزبان مقاومت گیاه میزبان شامل تغییر دادن ژنوتیپ محصول به منظور قادر ساختن آن به ایستادگی در برابر خسارت یا جلوگیری از تولید مثل آفت از طریق اصلاح ژنتیکی صفات گیاهی است. مقاومت گیاه میزبان به عنوان یک روش مدیریتی در فصل ۱۷ بحث می‌شود.

دستکاری محیط زیست

دستکاری محیط زیست می‌تواند در دو سطح انجام شود. خرد زیستگاه[1] مانند تغییر در رطوبت نسبی داخل تاج پوشش محصول به نحوی که موجود آفت کمتر قادر به رشد و نمو باشد. این تغییر مربوط به فرایندهای فیزیکی است و در فصل ۱۵ بحث می‌شود. دستکاری محیط زیست که در مناطق جغرافیایی بزرگتر از طریق اصلاح زیستگاه در داخل و اطراف مزرعه انجام می‌شود. این موضوع‌ها در فصل ۶ و۷ مورد بحث قرار گرفته است و در فصل ۱۶ و۱۸ بیشتر بررسی می‌شود.

مفاهیم دیگر

مدیریت تلفیقی آفات (IPM) همه روش‌های قبلی را با تلفیق مناسب آن‌ها و با اهداف عملی بودن آن‌ها از لحاظ اقتصادی و به حداقل رساندن اختلالات اکوسیستم به‌کار می‌گیرد. نکته قابل توجه آن است که یک روش یا تلفیقی از روش‌ها که به خوبی برای یک گروه از آفت تحت مجموعه ویژه‌ای از شرایط محیطی مؤثر است ممکن است برای گروه دیگری از آفات یا سایر شرایط محیطی موثر نباشد.

ما برای سهولت در تعریف، روش‌هایی که نفی کننده یکدیگر باشند به همان صورت ارائه می‌دهیم ولی در بسیاری از موارد حداقل دو روش همپوشان وجود دارد برای نمونه، عملیات کشاورزی مانند اصلاح تراکم محصول با تغییر در محیط زیست همپوشانی دارد.

ضروری است دو پدیده در رابطه با همه‌ی روش‌ها مور توجه قرار بگیرند چراکه تعیین کننده‌ی چگونگی به کارگیری روش‌های مختلف بر اساس مفاهیم مقاومت آفات و اختصاصی بودن کنترل گروه‌های مختلف آفات هستند.

[1] Microhabitat

مقاومت آفات

اتخاذ و تکیه بر یک روش کنترلی و عدم استفاده از سایر روش‌ها به دلیل بروز مقاومت آفت هدف، سرانجام منجر به کاهش کارایی کنترل خواهد شد. استفاده مکرر و گسترده از برخی آفت‌کش‌ها یا به کارگیری گسترده از گیاهان مقاوم مبتنی بر یک ژن خاص نیز منجر به بروز مقاومت می‌شود (نظیر گیاهانی که از طریق مهندسی ژنتیک به وجود آمده‌اند). پذیرش و تداوم استفاده از روش‌های چندگانه در قالب مدیریت تلفیقی آفات (IPM) راهکاری منطقی برای مدیریت مقاومت آفت باقی می‌ماند. موضوع مقاومت آفت و مدیریت آن در فصل ۱۲ بررسی می‌شود.

انتخابی بودن کنترل

یک روش کنترلی که فقط بر گونه هدف اثر می‌گذارد، و بر گونه‌های دیگر غیرهدف موثر نیست روش کنترلی انتخابی یا اختصاصی است. روش کاربرد می‌تواند برای دستیابی به انتخابی بودن استفاده شود و برای مدیریت آفات جانوری ضروری است. به طور کلی روش کنترلی وقتی مطلوب است که بر هیچ موجود دیگری به جز آفت مؤثر نباشد زیرا هر روشی که بر جانورانی نظیر نماتدها، حشرات و به ویژه جانوران خون‌گرم مؤثر است پتانسیل زیادی برای تأثیر مستقیم روی انسان دارد. دیگر اهمیت انتخابی بودن کنترل در مدیریت بندپایان این است که روش کنترلی برای کشتن آفت مناسب بوده و برای بندپایان مفید بی ضرر است. پارازیت‌ها و شکارگرها به عنوان عوامل کنترل بیولوژیک آفات و زنبورهایی گرده‌افشانی مثال‌هایی از بندپایان مفید هستند. وضعیت مشابه در مدیریت عوامل بیماری‌زا نیز وجود دارد. بنابراین برای مدیریت همه گروه‌های آفت جانوری و عوامل بیماری‌زا، روش‌های مطلوب فقط بر آفت هدف اثر می‌گذارد و برای همه جانوران دیگر بی ضرر خواهد بود.

مفهوم انتخابی بودن در مورد علف‌های هرز به روش متفاوتی به کار می‌رود. در مدیریت علف هرز باید چند گونه یا گونه‌های متعددی کنترل شوند به طوری‌که برای محصول به طور انتخابی مضر نباشد. در بیشتر وضعیت‌ها کنترل تنها یک گونه علف هرز کنترل مناسبی فراهم نخواهد کرد. بنابراین برای مدیریت علف‌های هرز، روشی مطلوب است که بسیاری از گونه‌های علف هرز را کنترل کرده و برای محصول بی ضرر باشد.

منابع

Perkins, J. H, 1982. Insects, experts, and the insecticide crisis: The quest for new pest management strategies. New York: Plenum, 304.

Waibel, H., and J. C. Zadoks. 1998. Economic aspects of biotechnology in crop protection. In D. Iordens-Rottger, ed., Biotechnologyfor Crop proleclian-Its potential developing countries. Feldafing, Germany: Deutsche Stihung fur Intertnationale Entwicklung, 149-168.

فصل دهم: تهاجم آفات و اقدام‌های پیشگیرانه قانونی

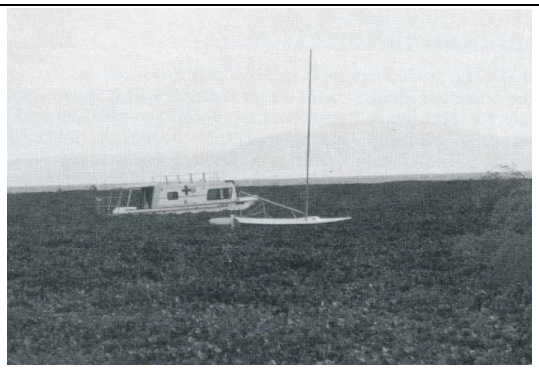
رئوس مطالب این فصل

- مقدمه
- چشم اندازهای تاریخی
- سازوکارهای تهاجم و واردسازی
- مفروضات قانونی
- جنبه‌های قانونی در پیشگیری از تهاجم
- ارزیابی خطر آفت
- ممانعت از ورود آفات
- شناسایی اولیه
- محدودسازی، کنترل یا حذف
- خلاصه

مقدمه

اولین خط دفاعی در برابر آفات توقف واردسازی است. این جنبه از مدیریت آفات به طور معمول به واردات نامناسب مربوط است. بدیهی است اگر یک آفت در یک ناحیه معین یافت نشود مدیریت آفت غیرضروری است.

جامعه به تداوم زیبایی می‌پردازد زیرا انسان‌ها موجوداتی را به نقاط جهان جابه‌جا کرده‌اند (شکل ۱۰-۱؛ جدول ۱۰-۱). بخشی از تنازع اصلی که انسان‌ها در قرن آینده با آن مواجه هستند مربوط به مشکلات ناشی از گونه‌های غیر بومی مهاجم است. زیست‌شناسی تهاجم به مطالعه واردسازی، تشکیل کلونی و پراکنش موجودات غیر بومی به نواحی جدید می‌پردازد. مطالعه زیست‌شناسی تهاجم به درک اثرات اقتصادی، بهداشتی و زیست محیطی گونه‌های مهاجم غیر بومی کمک می‌کند. این فصل به مشکلات ناشی از آفات که توسط انسان ایجاد شده می‌پردازد و اقدامات قانونی که به وسیله جامعه برای یک مکان وضع شده‌اند را شرح می‌دهد که این تلاش اغلب پراکنش آفات را محدود می‌کنند.



شکل ۱۰- ۱: سطح دریاچه‌ی چاپالا در مکزیک با علف غیربومی وارداتی سنبل آبی پوشیده شده. منبع: تصویر از Lars Anderson، USDA/ARS.

جدول ۱۰-۱	خسارت تخمینی سالانه به میلیون دلار بر اثر ورود گونه‌های غیربومی به ایالات متحده		
	زیان ناشی از خسارت	هزینه کنترل	هزینه کل
نوع موجود وارد شده	مقدار به میلیون دلار		
پاتوژن‌ها (محصولات، منابع مطلوب[1]، جنگل‌ها)	۲۳۱۰۰	۲۶۰۰	۲۵۷۰۰
علف‌های هرز (محصولات، مراتع، منابع مطلوب، آبزیان)	۲۴۴۱۰	۹۶۴۸	۳۴۰۵۸
نرم‌تنان (صدف‌های گورخری و صدف‌های دوکفه‌ای)	۱۰۰۰	NA[2]	۱۱۰۰
بندپایان (محصولات، منابع مطلوب، جنگل‌ها)	۱۶۰۴۴	۲۰۱۱	۱۸۰۵۵
خزندگان و دوزیستان (مار درختی قهوه‌ای)	۱	۴/۶	۵/۶
ماهی‌ها	۱۰۰۰	NA	۱۰۰۰
پرندگان (کبوترها، سارها و غیره)	۱۹۰۰	NA	۱۹۰۰
پستانداران (خوک وحشی، نمس‌ها، جوندگان و غیره)	۱۹۸۵۰	NA	۱۹۸۵۰
غیرکشاورزی (بیماری‌های انسان وحیوان، مورچه‌ها و موریانه‌ها، خرچنگ‌ها، سگ و گربه‌ها و غیره)	۲۸۱۰۴	۶۹۰۰	۳۵۰۰۴
کل			۱۳۶۶۳۰

[1] منابع مطلوب شامل چمن‌زار، باغ‌ها، زمین‌های گلف و غیره. [2] NA نشان می‌دهد داده‌ای یافت نشده. با تغییراتی از Pimentel و همکاران، ۲۰۰۰.

چشم اندازهای تاریخی

بسیاری از آفات مهم امروزی که دارای منشاء غیر بومی بوده موجوداتی هستند که در گذشته واردسازی شده‌اند. توصیف گسترش زنگ گندم به وسیله فعالیت انسان عواقب طولانی مدت و مهم واردسازی آفات را نشان می‌دهد.

زنگ گندم و زرشک

گندم و همچنین زرشک از خاور نزدیک سرچشمه می‌گیرد. تمام بیماری‌شناسان گیاهی *Puccinia graminis* را عامل زنگ گندم می‌دانند که مرحله‌ی جنسی را روی زرشک می‌گذراند. بنابراین زرشک منبع اینوکلوم در هر فصل هستند. زنگ زرشک و گندم باعث اپیدمی و قحطی در ماقبل تاریخ در خاور نزدیک شد.

در زمان‌های روم تجار با کشتی از دریای مدیترانه از طریق Pillars of Hercules گندم را به شمال و غرب اروپا منتقل می‌کردند اما بدون زرشک. به این دلیل برای قرن‌ها گندم عاری از زنگ بود.

در جای دیگر حرکات پیاده باعث ورود زنگ به گندم غربی شد. پیامبراسلام پیروانش را به ترویج فراخواند. برای نمونه ساراسنس‌ها به شمال، شرق، جنوب و غرب رفتند. آن‌ها به شمال آفریقا و به جبل‌الطارق اسپانیا رفتند. و بعد فرانسه، که در آن‌جا توسط کارلس مارتل در جنگ تورس شکست خوردند و به پیرنس اسپانیا بازگشتند.

در طول این رخداد بزرگ، یکی از ساراسنس‌ها در ایتالیا برای خانه‌اش بوته‌ی زرشکی را وارد کرد "چربی در آتش". پرندگان از زرشک‌ها تغذیه کردند و دانه‌ها را در شمال و غرب پخش کردند. کشاورزان به آن مایل شدند و آن را کاشتند. حالا حلقه‌ی مفقوده تهیه شد و زنگ برای اولین بار در گندم اروپایی کشف شد.

کشاورزان اروپایی در سال ۱۶۶۰ ارتباطی بین زرشک و زنگ گندم کشف کردند. سپس این ایده ثابت شد چراکه قانون‌گذاران فرانسه قانون نابودی زرشک را تصویب کردند. می‌توان فرض کرد که کشاورزان انگلیسی این رابطه را می‌دانستند. مهاجرین انگلیسی که به ایالات متحده رفتند فرصت طلایی داشتند برای انتقال گندم از آب بدون دشمن آن یعنی زرشک. اما آن‌ها اشتباه کردند. نادیده گرفتن یا حماقت. شخصی زرشگ را به نیوانگلند آورد و شانس از دست رفت. در این زمان زنگ گندم در سرزمین جدید شایع شد. بشر اپیدمی خودش را یاری کرد. ساکنان نیوانگلند یک قرن بعد جبران کردند. در سال ۱۷۲۶ ایالت کنکتیکوت و بعد ازآن در ایالت ماساچوست قانون نابودی زرشک تصویب شد. عجیب آن که ساکنان نیوانگلند هنگام حرکت به غرب زرشک را بردند. فرصت اشتباه دیگر...

(Horsfall and Cowling, pages 27-28 in volume ll)

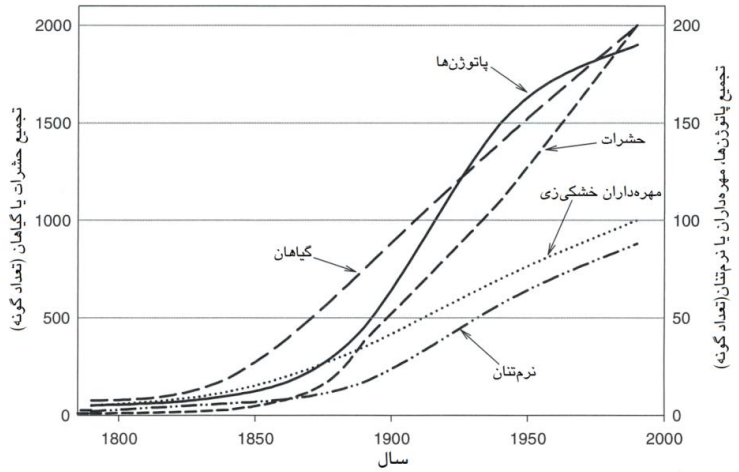
داستان زنگ گندم

چشم انداز تاریخی روی زنگ ساقه گندم (کادر فوق را ببینید) به‌وسیله هورس‌فال و کولینگ[1] (سال ۱۹۷۷) توصیف شده است. زنگ ساقه گندم یک عامل بیماری‌زای قارچی است که امروزه در تمام جهان در مناطق کشت گندم یافت می‌شود. این قارچ بخش‌های هوایی گندم و غلات مشابه را آلوده کرده و موجب کاهش خوشه‌ها، عملکرد دانه و ارزش غذایی دانه‌ها می‌شود. چرخه زندگی عامل این بیماری به غلات و یک میزبان تناوبی اجباری (تمشک معمولی) مرتبط است. (شکل ۵-۱۹ را ببینید). در نواحی با زمستان‌های سرد، *Puccinia graminis* (قارچ عامل بیماری زنگ گندم) به صورت تلیوسپورهایی روی بقایای گندم آلوده زمستان‌گذرانی می‌کند. تلیوسپورها در بهار تولید بازیدیوسپورها می‌کنند و این اسپورها برگ‌های تمشک را آلوده می‌کنند. این قارچ روی تمشک با تولید آسکوسپور به صورت جنسی تولید مثل می‌کند که این اسکوسپورها در بهار آزاد شده و به وسیله باد روی گیاهان گندم مجاور حمل شده و آن‌ها را آلوده می‌سازد. قارچ در گیاه گندم تولید یوریدها[2] می‌کند که در اثر وزش باد یوریدیوسپورها آزاد شده و سایر گیاهان گندم را آلوده می‌کنند. وقتی گیاهان گندم به شدت آلوده شده یا شروع به رسیدن می‌کنند، یوریدها تولید تلیوسپرهای زمستان‌گذرانی کرده و چرخه زندگی قارچی ادامه می‌یابد. مثال تاریخی از پراکنش زنگ گندم با فعالیت‌های انسان نشان می‌دهد که چگونه انسان‌ها آفات و عوامل بیماری‌زای گیاهی را از زمان شروع کشاورزی پراکنده ساخته‌اند. امروزه جابه‌جایی آفات به پیرامون جهان ادامه دارد و همان طوری که در این فصل نشان داده خواهد شد، فرصت‌ها برای محدود کردن گسترش آفات از دست نرفته است.

مرور کلی آفات غیر بومی

همان‌گونه که مثال زنگ گندم نشان می‌دهد، مردم از آغاز ایجاد کشاورزی، آفات را به محیط اطراف جابه‌جا کرده‌اند. چنین جابه‌جایی تا عصر بهره‌کشی جهانی که در قرن نوزدهم شروع شد به نسبت کند و آهسته بود ولی از آن زمان افزایش یافته است (تخمین‌هایی از تعداد گونه‌های خارجی (غیر بومی) موجود در ایالات متحده امریکا در شکل ۱۰-۲ نشان داده می‌شود). سهولت مسافرت مدرن همراه با وضعیت عمومی منجر به افزایش گسترده تعداد گونه‌هایی شده است که به اطراف جهان حمل شده‌اند. واردسازی گونه‌ها از یک محل به محل دیگر در برگیرنده خطرات قابل‌توجهی است؛ بیشتر گونه‌های واردسازی شده بی‌ضرر هستند، ولی تعدادی از آن‌ها در صورتی‌که مستقر شوند پتانسیل زیادی در ایجاد خسارت دارند.

[1] Horsfall and Cowling
[2] Uredia



شکل ۱۰- ۲: گونه‌های غیربومی وارد شده به ایالات متحده از سال ۱۸۰۰. منبع: رسم مجدد از گزارش OTA (کنگره U. S.، ۱۹۹۳). نکته: مقیاس گیاهان و حشرات با سایر گونه‌های آفت متفاوت است.

کشورهای به‌هم پیوسته (بخشی ازبهره‌برداران جهانی)، باغ‌های گیاه‌شناسی را در اطراف جهان تاسیس کردند. بهره‌برداران گیاهان را جمع‌آوری کرده و به این باغ‌های گیاه‌شناسی آوردند. تعداد زیادی از گونه‌های گیاهان زراعی از این طریق به مناطق جدید واردسازی شدند ولی آفات زیادی نیز داشتند. وجود آن‌ها ناشناخته باقی ماند تا اینکه در قرن نوزدهم مردم به مشکلات جدی مرتبط با وارد کردن نامحدود موجودات پی بردند. تا پایان قرن نوزدهم مشکلات حمل و نقل نامحدود موجودات خارجی به قدر کافی شدید شد که اقدامات قانونی اتخاذ شد. در آغاز قرن بیستم مقرراتی برای تنظیم حمل و نقل موجودات از طریق فعالیت‌های انسانی وضع شد به طوری که هجوم آفات کاهش یابد یا متوقف شود. این قوانین و مقررات و بهترین روش‌های اجرایی آن‌ها هنوز مورد تردید هستند.

متوقف کردن، محدود کردن یا حذف پراکنش آفات نیازمند پیش‌بینی قابل توجه و طراحی طولانی مدت است که بنا به دلایلی مشکل است. پرداختن به مشکلی که در یک منطقه خاص وجود ندارد ممکن است یک قانون‌شکنی غیر ضروری در آزادی مردم باشد. مردم ممکن است نیازی به وجود مقررات نبینند چون مشکلات حتی در یک منطقه معین وجود ندارد. برهمین اساس، آگاه ساختن مردم از مشکلات بالقوه و همکاری با مقررات و قوانین مشکل است.

دامنه و هزینه‌ها

گیاهان و جانوران در محیط بومی خود به‌وسیله نیروهای قدرتمند رقابت، شکارگری و بیماری‌ها کنترل می‌شوند. وقتی یک گونه به ناحیه جدیدی منتقل می‌شود ممکن است از این عوامل اجباری

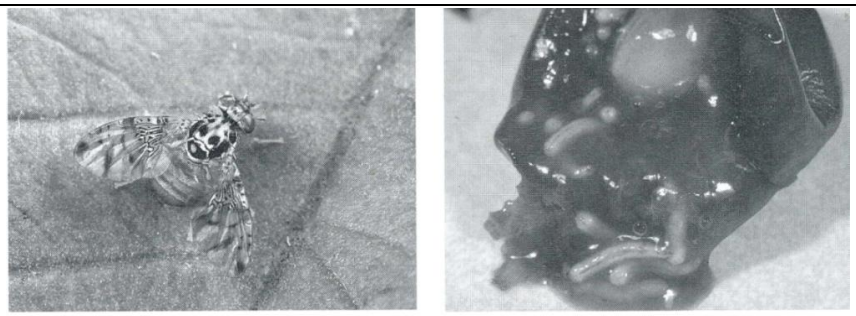
رهایی یافته و بدون محدودیت، با پتانسیل ایجاد اثرات منفی اکولوژی و کشاورزی، در منطقه جدید گسترش یابد و در صورتی‌که در اهداف و نیازهای انسانی مداخله کند به آفت تبدیل شود.

برآورد شده است که بیش از ۵۰ هزار گونه غیر بومی[1] در ایالات متحده وجود دارد. بسیاری از آن‌ها مانند گیاهان زراعی و تعداد زیادی از حیوانات، تأمین کننده بخش اعظم تولیدات کشاورزی بوده و تعداد زیادی تزئینی یا موجودات مفید هستند اگرچه تعدادی به صورت آفات جدی در آمده‌اند. اداره ارزیابی فناوری (کنگره ایالات متحده ۱۹۹۳) برآورد کرد که از زمان واردسازی، ۷۹ گونه قریب به ۹۷ بیلیون دلار خسارت ایجاد کرده‌اند. یک تجزیه و تحلیل جامع‌تر از خسارت در ایالات متحده (پیمنتال و همکاران[2] ۲۰۰۰) شامل خسارات مستقیم، هزینه‌های کنترل و خسارت زیست محیطی از گونه‌های غیربومی، برآورد کرد که خسارت‌های کلی قریب به ۱۱۳۷بیلیون دلار در سال هستند (جدول ۱۰-۱). از این خسارت‌های کلی، برآورد شد که هزینه گونه‌های غیربومی از گیاهان کشاورزی ۹۳ بیلیون دلار در هر سال بود که برای هر مرد، زن و بچه‌ای که در ایالات متحده زندگی می‌کنند در هر سال هزینه ۴۰۰ میلیون دلاری داشته است.

روش دیگر بررسی هزینه‌های گونه‌های غیر بومی از طریق برآورد فواید ممانعت از ورود یک آفت تأمین می‌شود. برآورد شده که ممانعت از ورود و حمله مگس میوه مدیترانه به کالیفرنیا سالانه ۲۱۰ میلیون دلار خسارت‌های مستقیم آن را کاهش می‌دهد و سالانه تا ۷۳۲ میلیون دلار در هزینه‌های تیمار آفت‌کش در صورت استقرار صرفه‌جویی می‌کند. چهل و دو کشور برای جلوگیری از ورود مگس مدیترانه قوانین قرنطینه‌ای وضع کرده‌اند (شکل ۱۰-۳) و تحریم‌های اقتصادی محصولات در مناطق آلوده هزینه‌های اقتصادی مربوط به از دست رفتن بازار را به طور قابل توجهی افزایش داده است. در یک مقیاس کوچک، برآورد شده است که در ممانعت از ورود *Liriomyza trifolii* از فنلاند نسبت سود به هزینه‌های کنترل در برابر هزینه‌های ممانعت از ورود برابر با ۳:۱ تا ۱۳:۱ بوده است. جلوگیری از اختلال ایجاد شده از طریق استفاده از حشره‌کش در کنترل بیولوژیکی فایده دیگر ممانعت از ورود است.

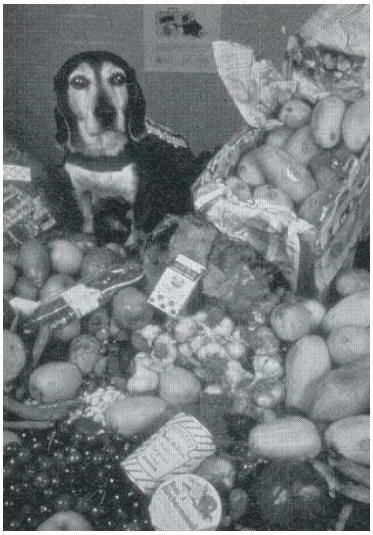
اندازه‌گیری دیگری از میزان تهاجم در ایالت متحده، ۱۵۶۷۰۰۰مواد گیاهی و ۴۸۴۸۰ آفت (بیشتر بندپایان و بیمارگرها) توسط راهبردهای کشاورزی ایالت متحده در طول سال ۱۹۹۸ تخمین زده می‌شود. در همین سال ۲۰۷۰۰ جریمه‌ی مالیاتی با ارزش ۱۰۸۰۰۰۰ دلار اخذ شد. میزان این مشکل با کالاهای بازداشتی در یک روز در یک فرودگاه بین‌المللی نشان داده شده است (شکل ۱۰-۴).

[1] Non- Indigenous
[2] Pimental et al.



(a) (b)

شکل ۱۰- ۳: مگس میوه مدیترانه. (a) نر بالغ، و (b) نمای نزدیک از یک گیلاس که تخریب بافت و ماگوت‌ها را نشان می‌دهد. منبع: تصویر (a) ازScott Bauer، USDA/ARS؛ و تصویر (b) از Jack Clark در قالب برنامه IPM ایالتی دانشگاه کالیفورنیا.



شکل ۱۰- ۴: یک کالای قاچاق بازداشت شده در فرودگاه بین‌المللی JFK در نیویورک با جک پات ۱، عضوی از تیپ سگ‌های کاراگاهی USDA/APHIS. منبع: تصویر با همکاری USDA/APHIS.

برآورد هزینه‌های زیست‌محیطی ناشی از گونه‌های غیربومی خیلی مشکل‌تر است. چنین گونه‌هایی ممکن است فرایندهای اکوسیستم را تغییر دهند ولی به طور معمول نمی‌توان ارزش مالی چنین تغییراتی را تعیین کرد. برای نمونه، گیاه خون‌فام[1] نقش باتلاق‌ها را برای همه گونه‌های ساکن آن

[1] Purple loosestrife

تغییر می‌دهد. درخت گز[1] سطح آب را در نواحی بیابان کاهش داده و موجب خشک شدن چشمه‌ها می‌شود که نتایج بسیار نامطلوبی برای همه جانداران استفاده کننده از چنین منابع آبی ایجاد می‌کند. خشک شدن تالاب‌ها و از بین رفتن ترشک‌های مردابی تا اندازه‌ای به تهاجم درخت ملالوکا نسبت داده می‌شود. هنگامی که درختان شاه بلوط در پس تهاجم بلایت خشک شدند جنگل‌های سخت چوب شرق ایالات متحده آمریکا به‌طور چشمگیری تغییر یافتند. حلزون درختی قهوه‌ای چند گونه از پرندگان بومی را در گوام حذف کرده است. جانوران واردسازی شده مانند خرگوش‌ها در فرسایش خاک نقش دارند ولی اثرات آن‌ها تا اندازه زیادی شناخته نشده است. تخمین زده شده است که ۵۰ درصد گونه‌های در معرض خطر ایالات متحده آمریکا به دلیل گونه‌های غیر بومی در معرض خطر قرار دارند.

در ادامه مثال‌هایی از آفات واردسازی شده و اثرات مرتبط با واردسازی آن‌ها ارائه شده است.

عوامل بیماری‌زای گیاهی تبیین تاریخچه واردسازی عوامل بیماری‌زای گیاهی مشکل است زیرا بسیاری از عوامل بیماری‌زای گیاهی به نسبت مخفی بوده و به آسانی شناسایی و تشخیص داده نمی‌شوند. در دهه ۱۸۰۰سفیدک کرکی در موها از ایالات متحده آمریکا به فرانسه واردسازی و منجر به نابودی صنعت شراب سازی فرانسه شد. در سال ۱۹۰۶ زنگ تاولی کاج سفید از آلمان به ایالات متحده آمریکا منتقل شد. قبل از ۱۹۴۱ شانکر مرکبات به ایالات متحده آورده شد که در نتیجه آن یک برنامه ریشه کنی برای نجات صنعت مرکبات وجود آمد. بیماری مرگ نارون هلندی اولین بار در سال ۱۹۳۱ در ایالات متحده در اوهایو مشاهده شد. امروزه بیشتر درختان نارون را در ایالات آمریکای شمالی حذف کرده است. همچنین درختان نارون را در انگلستان از بین برده است (شکل ۱۰-۵). در سال ۱۸۶۸ زنگ قهوه به سریلانکا (سیلان) واردسازی و منجر به نابودی صنعت کشت قهوه شد. زنگ قهوه از آتلانتیک[2] گذشته و از آفریقا به آمریکای جنوبی راه یافته و در سال ۱۹۷۰ در برزیل شناسایی شد. مثال دیگر از بیماری‌های واردسازی شده بلایت (سوختگی) شاه بلوط است که در اوایل دهه۱۹۰۰ از چین به ایالات متحده آمریکا واردسازی شد و درختان بومی شاه بلوط را از بین برد. ریزومانیا یا بیماری ریشه جنونی[3] در چغندر قند اولین بار در سال ۱۹۵۴ در دره‌ی پو در ایتالیا کشف شد و سپس در دهه ۱۹۷۰ تا دهه ۱۹۸۰در سراسر نواحی کشت چغندر قند در جهان گسترش یافت.

[1] Tamarisk
[2] Atlantic
[3] Crazy –root disease

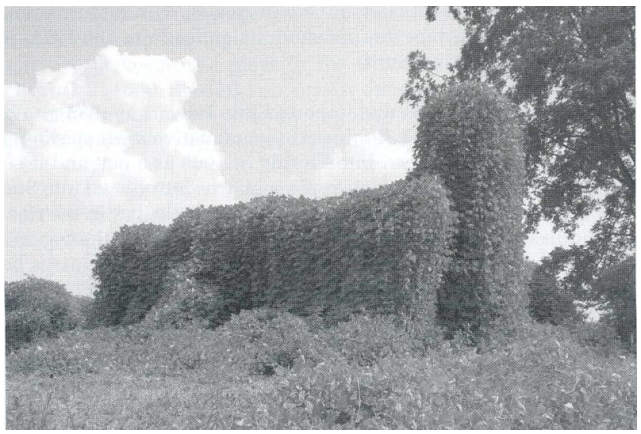
شکل ۱۰- ۵: درختان در حال نابودی نارون آلوده به قارچ وارداتی که باعث بیماری مرگ نارون می‌شود؛ درختان وسط تصویر آلوده و درختان دو سمت چپ و راست هنوز سالمند. منبع: تصویر از Robert Norris.

علف‌های هرز بسیاری از گیاهان در اصل برای اهداف کشاورزی یا زینتی واردسازی شدند و سپس از مزارع کشاورزی رهایی یافتند تا به علف‌های هرز تبدیل شدند. تخمین زده شده که قریب به ۶۰ درصد از ۵۰۰ گونه گیاهی که در ایالات متحده علف‌های هرز محسوب می‌شوند از طریق فعالیت انسان واردسازی شده‌اند. در جنوب غربی آبیاری همه علف‌های هرز در محصولات تابستانی فصل گرم باعث ورود گونه‌های گیاهی شد. مثال‌هایی از علف‌های هرز متداول کشاورزی که برای آمریکای شمالی بومی نیستند شامل اویارسلام، ذرت خوشه‌ای، خاربن‌کانادایی،گونه‌های تاج خروس، سوروف، تاجریزی، سلمه تره، گاوپنبه و دم روباهی است. یولاف وحشی به‌صورت غذای حیوانی در اوایل دهه ۱۶۰۰ واردسازی شد. امروزه این علف‌های هرز باید توسط کشاورزان در یک مبنای سالانه و در یک سطح وسیع کنترل شوند.

ویچوید انگل ریشه در ذرت و سایر محصولات علفی در سال ۱۹۵۶ به کارولینای شمالی واردسازی شد. از آن زمان یک برنامه ریشه‌کنی هزینه‌ای برابر با ۲۲۵ دلار صرف کرده است تا از پراکنش علف‌هرز به داخل کمربند ذرت که در آنجا علف‌هرز اثرات مخربی خواهد داشت جلوگیری کند.

در آمریکای شمالی تعداد زیادی از علف‌های هرز به زیستگاه‌های مرتعی و پوشش‌های طبیعی (نظیر سواحل) نیز واردسازی شده‌اند مانند گل گندم خاردار (دهه ۱۸۶۰)، فرفیون، مدوساهید، قنطوریون روسی و لکه دار، کنگر فرنگی وحشی، گز، جاروب و گرز.

کودزو ابتدا به صورت یک گیاه زینتی در ۱۸۷۶ از ژاپن به آمریکای شمالی واردسازی و همچنین در دهه ۱۹۳۰ برای کنترل فرسایش به طور گسترده کشت شد. کودزو امروزه یکی از گونه‌های مهاجم دارای بیشترین پراکنش در جنوب و شرق ایالات متحده آمریکا است.



شکل ۱۰- ۶: کودزو وارداتی قادر است درختان و ساختمان‌ها را بپوشاند. در این تصویر ساختمان‌های مزرعه رها شده در گرجستان پوشیده شده‌اند. منبع: تصویر از J. Andeerson با مجوز.

باتلاق‌ها به هجوم گیاهان خارجی (غیر بومی[1]) حساس هستند اگرچه این‌ها علف‌های هرز نیستند. مثال‌ها شامل گل توری، ملالوکا و نی هندی است.

علف‌های هرز آبزی متعددی، اغلب به عنوان گیاهان زینتی واردسازی شده‌اند نظیر سنبل (شکل ۱۰-۱)، هیدریلا، گیاه هزار برگ آسیایی – اروپایی و سالونیا. علف‌هرز اخیر (یک سرخس) یکی از خطرناکترین علف‌های هرز آبزی در مقیاس جهانی است و اولین بار در ایالات متحده در سال ۱۹۹۵ یافت شد. برآورد شده است که ملل آفریقایی به تنهایی ۶۰ میلیون دلار را در هر سال برای کنترل این قبیل علف‌های هرز آبزی وارداتی هزینه می‌کنند.

نماتدها تشخیص و شناسایی واردسازی نماتدهای وارداتی مشکل است. تصور می‌شود نماتدهای سیست سیب‌زمینی در آمریکای جنوبی با سیب‌زمینی تکامل یافته‌اند. در دهه ۱۵۰۰ سیب‌زمینی به اروپا آورده و در بسیاری از مناطق اروپا کشت شد. اپیدمی سوختگی سیب‌زمینی از سال ۱۸۴۵ تا ۱۸۴۶ باعث قحطی و گرسنگی در ایرلند و بخش‌هایی از اروپا شد. در پی تلاش برای یافتن مقاومت به سوختگی هیئت‌هایی به مرکز و جنوب آمریکا رفتند تا سیب‌زمینی‌های وحشی کشت شده را به اروپا بازگردانند. واردسازی اصلی نماتد سیستی سیب‌زمینی به اروپا با سیست‌های موجود در خاک در بستر سیب‌زمینی رخ داد. در نزدیک به تمام قسمت‌های جهان که سیب‌زمینی رشد می‌کند نماتد سیستی سیب‌زمینی گسترش یافته است. در ایالات متحده گسترش نماتد سیستی سیب‌زمینی (نماتد طلایی نیز نامیده می‌شود) با قرنطینه‌ی قوی محدود به لنگ ایسلند است.

[1] Exotic

نماتد سیست سویا در سال ۱۸۸۰ از منچوری، در سال ۱۹۱۵ از ژاپن، در سال ۱۹۳۶ از کژ، در سال ۱۹۵۸ از تایوان و در سال ۱۹۸۴ از اندونزی گزارش شد. نماتد سیست سویا اولین بار در آمریکای شمالی در سال ۱۹۵۴در منطقه‌ای از کارولینای شمالی شناسایی شد که تاریخچه‌ای از پرورش پیازهای زینتی وارد شده از ژاپن داشت. نماتد سیست چغندرقند اولین بار در آلمان در سال ۱۸۵۹ مشاهده شد و از آن زمان به همه مناطق کشت چغندرقند در جهان، در ذرات خاک آلوده به بذر چغندر گسترش یافته است.

نماتد پین‌وود، یک عامل بیماری‌زا در کاج که به وسیله سوسک‌های شاخک‌بلند منتقل می‌شود، جنگل‌های کاج در جنوب ژاپن را نابود کرده است و همچنین به داخل چین راه یافته است. نشانه‌های خسارت نماتد تاج خروس اولین بار در سال ۱۹۹۳ در ژاپن گزارش شد ولی نقش نماتد در بیماری پژمردگی کاج در ژاپن تا سال ۱۹۷۱ معین نشد. اگرچه نماتد تاج خروس در بیشتر مناطق جنگلی ایالات متحده یافت می‌شود اما بیماری پژمردگی کاج درکاج‌های بومی کمیاب است که نشان می‌دهد نماتد در ایالات متحده آمریکا مخفی بوده ولی از آمریکا به سایر مکان‌ها گسترش یافته است.

نرمتنان حلزون wolfsnail rosy که یک عامل کنترل بیولوژیک است در سال ۱۹۵۵ به هاوایی واردسازی شد و تا به حال چندین گونه از حلزون‌هایی بومی را حذف کرده است. حلزون غول پیکر آفریقایی که جانوری دست آموز[1] است در سال ۱۹۶۹ به فلوریدا واردسازی شد و امروزه در چندین مکان یک آفت است. حلزون طلایی سیب که یک منبع غذایی پروتئینی بالقوه است در سال ۱۹۸۰ به جنوب شرقی آسیا واردسازی شد و به اکوسیستم کشاورزی برنج راه یافت و امروزه یک آفت خطرناک در محصول برنج این نواحی شده است. در فیلیپین تخمین زده شده است که حلزون طلایی سیب هر ساله موجب خسارت‌هایی بین ۴۲۵ میلیون تا ۱/۲ بیلیون دلار می‌شود.

بندپایان موارد معدودی از بندپایان به ایالات متحده واردسازی شده‌اند که شامل پشه گندم[2] در سال ۱۷۷۹، شپشک سن‌ژوزه در درختان میوه در سال ۱۸۷۹، سرخرطومی غوزه پنبه در سال ۱۸۹۲ و شب پره شرق میوه در ۱۹۱۲ است. مورچه آتشی وارداتی اولین بار در سال ۱۹۱۸ گزارش شد و سرخرطومی یونجه در سه دوره زمانی مختلف در قرن بیستم واردسازی شده است. مگس میوه مدیترانه (بیشتر medfly نامیده می‌شود) (شکل ۱۰-۳) که آفت خطرناک در همهٔ میوه‌های نرم است، اولین بار در سال ۱۹۲۹ و چندین بار پس از آن زمان واردسازی شد و واردسازی جدیدتر بندپایان شامل شته خاردار یونجه در سال ۱۹۵۴ و شته روسی گندم در سال ۱۹۸۶ بوده است. در مطالعات آزمایشگاهی امکان پرورش شب پره ابریشم باف ناجور که موجب ریزش برگ‌های درختان

[1] Pet
[2] Hessian Fly

جنگلی چوب سخت[1] می‌شود برای تولید ابریشم مورد ارزیابی قرار گرفته است. در سال ۱۸۸۹ تعدادی از این شب پره‌ها فرار کرده و مستقر شدند و امروزه هر ساله خسارت‌هایی در حدود ۷۶۴ میلیون دلار ایجاد می‌کنند.

شته فیلوکسرای درختان مو در اوایل دهه ۱۸۶۰ از ایالات متحده آمریکا به فرانسه راه یافت و تا حد زیادی صنعت انگور فرانسه را از بین برد. سوسک کلرادوی سیب زمینی (شکل ۱۰-۷) چندین دفعه از امریکای شمالی به فرانسه واردسازی شده است.

شکل ۱۰- ۷: سوسک سیب زمینی کلرادو نمونه‌ای از حشرات وارداتی است که از آمریکای شمالی به اروپا وارد شده است. منبع: تصویر از Scott Bauer، USDA/ARS.

مهره‌داران خرگوش‌ها مثال کلاسیک (بارزی) از یک آفت مهره‌دار وارد شده هستند (شکل ۱۴-۲e: شکل ۱۰-۸ را ببینید). آن‌ها در سال ۱۸۳۸ به نیوزلند و در سال ۱۸۵۹ به استرالیا وارد شدند. در این کشورها کشاورزان از موش‌ها ناراحت بودند چراکه در استرالیا هر ساله ۶۰۰ میلیون دلار خسارت مستقیم به علاوه دیگر آسیب‌های محیطی می‌زدند. خوکچه‌های هندی و بزها که در سال ۱۷۷۸ از اروپا به هاوایی واردسازی شدند امروزه به محصولات خسارت وارد کرده و زیست-محیط‌های طبیعی را تخریب می‌کنند. یک علاقه‌مند متعصب شکسپیر که می‌خواست تمام پرندگان ذکر شده در نمایشنامهٔ شکسپیر در ایالات متحده را داشته باشد در سال ۱۹۷۰ سار را به نیویورک وارد کرد. اکنون سارها سالانه حدود ۸۰۰ میلیون دلار خسارت می‌زنند. موش‌ها در بسیاری از نواحی جهان بومی نیستند ولی به احتمال زیاد به طور غیرعمد با کشتی‌های تجاری وارد شده‌اند.

[1] Hardwood

شکل ۱۰- ۸: خسارت خرگوش به مزرعه‌ی کلم براکلی. خرگوش‌ها از نواحی مجاور سمت چپ تصویر می‌آیند؛ بقایای محصول نواحی تیره‌تر بالا سمت راست تصویر هستند. منبع: تصویر از John Marcroft با مجوز.

سایر جانداران حراست منابع طبیعی فهرستی از ۱۲ گونه از مهم‌ترین گونه‌های مهاجم در اکوسیستم‌های طبیعی ایالات متحده در اواخر دهه ۱۹۹۰ (استین و فلاک، ۱۹۹۶[1]) را فراهم کرده است که فهرست آن‌ها در کادر ضمیمه آورده شده است.

۱۲ گونه مهم غیر بومی		
نام عمومی	نام علمی	نوع خسارت
Zebra mussel	*Dreissena polymorpha*	اکوسیستم‌های آبزی
Purple loosestrife	*Lythrum salicaria*	اکولوژی باتلاق و سواحل رودخانه
Flathead catfish	*Pylodictis olivaris*	جابجایی ماهی بومی
Tamarisk	*Tamarix spp.*	سفره‌های آبی اکوسیستم بیابان
Rosy wolfsnail	*Euglandina rosea*	حلزون‌های بومی کشنده
Leafy spurge	*Euphoribia esula*	جابجایی گیاهان رانگلند
Green crab	*Carvuras maenas*	اکوسیستم‌های ساحلی
Hydrilla	*Hydrilla verticillata*	مسدود کردن اکوسیستم‌های آبی
Balsam woolly	*Adelges piceae*	نابود کردن صنوبر فرازر در شرق ایالات متحده
Miconia	*Miconia calvescens*	اکوسیستم‌های درختی درهاوایی
Chinese tallow	*Sapium seboferum*	جابجایی گیاهان بومی
Brown tree snake	*Boiga irregularis*	کشتن پرندگان و سایر حیوانات بومی

[1] Stein and Flack 1996

سازوکارهای تهاجم و واردسازی

جنبه‌های اکولوژیکی

همان طوری‌که در فصل ۵ ذکر شد توانایی یک موجود در پراکنش یک بخش طبیعی از چرخه زندگی آن است. سازوکارهای طبیعی نقل و انتقال در فواصل طولانی شامل جریان‌های اقیانوسی (کمربندهای انتقال دهنده آبی)، جریان‌های هوایی جت مانند در اتمسفر (کمربندهای انتقال دهنده هوایی)، بادهای شدید (تند بادها، تندبادهای دریایی، تور نادو (گردباد))، پل‌های خشکی تشکیل شده طی دوره‌های خشکسالی و ارتباط بین آبگیر رودخانه‌ها، رودها و دریاچه‌ها طی دوره‌های غرقابی است. مداخله در پراکنش توسط انسان یک سازوکار جدید کیفی فراهم کرد که فواصل و سرعت پراکنش را به‌طور عظیمی افزایش داد.

وارد سازی آفات با مداخله انسان از دو طریق اتفاق افتاده است. یا موجودات به طور عمدی به وسیله انسان یا جانوران یا جانوران دست آموز واردسازی می‌شوند و یا می‌توانند به طور تصادفی (غیر عمدی) به وسیله انسان واردسازی شوند. همچنین عوامل بعضی از واردسازی‌ها ناشناخته بوده و به احتمال زیاد با سازوکارهای طبیعی پراکنش همان طور که ذکر شد وارد می‌شوند.

واردسازی‌های عمدی (آگاهانه)

بیشتر واردسازی‌ها آگاهانه بوده و مربوط به گیاهانی است که بعد علف هرز شدند و یا جانورانی است که بعد مشکل‌ساز شدند. این که یک موجود به دنبال واردسازی عمدی مشکل‌ساز شود، دلالت بر این دارد که بدون درک کافی یا بررسی توانایی آن در تولید مثل، پراکنش و رقابت با موجودات محلی توسط انسان وارد شده است.

گیاهان زراعی جدید وقتی یک گیاه به صورت یک محصول جدید وارد می‌شود یا سودمندی آن به طور مناسب مشخص نشده و یا گیاه تحت شرایط جدید خیلی پرتوان بوده و قادر به تثبیت به صورت یک مشکل است. آنچه که از این معنی بر می‌آید اکولوژی و پتانسیل تهاجم گیاه مورد درک و فهم واقع نشده و وقتی در شرایط محیطی جدید کاشته شد، تولید مثل کرده و بدون دخالت بعدی انسان پراکنش یافته است. مثال‌های زیادی از گیاهانی که به این طریق علف‌هرز شدند وجود دارد. علف جانسون که یک گیاه علفی بالقوه است در دهه ۱۸۰۰ به ایالات متحده واردسازی شد. پنجه مرغی که یک گیاه چمنی است (که هنوز هم استفاده می‌شود) واردسازی شد ولی اکنون ناخواسته بوده و علف‌هرز خیلی خطرناکی است. در استرالیا چچم به عنوان یک گیاه مرتعی واردسازی شد ولی یکی از خطرناکترین علف‌هرز مشکل‌ساز در محصولات غله‌ای شده است.

گیاهان زینتی جدید همانند گیاهان زراعی، تعداد زیادی از گیاهان به عنوان گیاهان زینتی به نواحی جدید جهان واردسازی شدند و سپس به حال خود رها شدند. انواع زیادی از علف‌های هرز به عنوان گیاهان زینتی واردسازی شدند. سنبل آبی یک مثال از چنین علف‌های هرز است (شکل ۴-

a۲، شکل ۱-۱۰ را ببینید) که اکنون یک مشکل جهانی در دریاچه‌ها و سیستم‌های آبی است، گرچه هنوز هم در تجارت نهال‌ها فروخته می‌شود. مثال‌های دیگر از گیاهان زینتی علف پامپاس، نیلوفر، میکونیا، جاروب و انجیر تیغی در استرالیا (به صورت حصار استفاده می‌شود) و تعداد زیاد دیگری از گیاهان هستند.

منبع غذایی حیوانی جدید تعداد کمی از موجودات به‌عنوان یک منبع پروتئینی واردسازی شده و بعد آفت شده‌اند. یک مثال در این مورد واردسازی حلزون طلایی سیب به فیلیپین در دهه ۱۹۹۰ است که امروزه این حلزون یک آفت در مناطق تولید برنج است.

کنترل فرسایش بعضی از گیاهان برای کنترل فرسایش واردسازی شده‌اند ولی ثابت شده است که بسیار مهاجمند و علف هرز شده‌اند. کودزو شناخته‌ترین مثال در ایالات متحده آمریکا است (شکل ۶-۱۰). مثال دیگر درخت گز است.

عامل کنترل بیولوژیکی تعدادی از موجودات که به‌عنوان عوامل کنترل بیولوژیک واردسازی شدند خودشان یک مشکل شده‌اند. مانند جانور نمس در پورتوریکو. این جانور برای کنترل موش‌های صحرایی واردسازی شد ولی از سایر جانوران و پرندگان تغذیه کرد. شب پره کاکتوس در آمریکای جنوبی جمع آوری و در تمام نقاط جهان رهاسازی شد تا کاکتوس‌های هرز جنس *Opuntia* را کنترل کند. در سال ۱۹۸۹ این شب پره روی کاکتوس‌ها در فلوریدا مشاهده شد و امروزه کاکتوس‌های بومی که به‌عنوان گیاهان زینتی استفاده شده‌اند را نیز مورد تهدید قرار داده است.

حلزون rosy wolfsnail برای کنترل بیولوژیکی حلزون‌های آفت به هاوایی واردسازی شد ولی امروزه تلفات زیادی در جمعیت‌های بعضی از حلزون‌های بومی وارد کرده است. به طور مشابه، امروزه موارد متعددی از پارازیتوئیدهای مگس که به هاوایی واردسازی شده‌اند گونه‌های بومی تفریتید را که در اکولوژی جوامع گیاهی طبیعی هاوایی نقش مهمی ایفاء می‌کنند، مورد حمله قرار می‌دهند. مشخص شده که مگس‌های تاکینید واردسازی شده برای کنترل شب پره ابریشم باف ناجور بیشتر (نه همه) شب پره‌های بزرگ بومی در شرق جنگل‌های چوب سخت ایالات متحده را حذف کرده است.

راهنمایی نادرست یا نبود شناخت و آگاهی بیشتر مردم شناخت و آگاهی کافی از گیاه‌شناسی، اکولوژی یا مدیریت آفت برای فهم مفاهیم گیاهان منتقل شده از منطقه‌ای به منطقه دیگر ندارند. با وجود این هنوز بسیاری از مردم معتقند که حق دارند هر گیاهی را منتقل کنند. اغلب منفعت-های مالی کوتاه مدت، مشکلات بلند مدتی را ایجاد می‌کند. گواه این مورد در ایالات متحده نادیده گرفتن هشدار وارد کردن چوب‌های خشک از درختان نارون بیمار است. برای مقابله تمام درختان نارون ایالات متحده فدا شدند.

دور انداختن جانداران ناخواسته وقتی مردم از مراقبت یک جاندار خسته یا بی میل می‌شوند ممکن است آن جاندار را به دور بیاندازند. جاندار مربوطه ممکن است طی این فرایند کشته شود یا کشته نشود. جاندارنی که کشته نمی‌شوند توانایی استقرار در هر جایی که دور انداخته شده‌اند را دارند. واردسازی مکرر علف‌هرز آبزی *Hydrilla* که در تجارت اکواریوم به فروش می‌رسد، به ریختن اکواریوم‌ها داخل رودخانه‌ها یا استخرها توسط مردم نسبت داده می‌شود. علف‌هرز Choking نیز به داخل رودخانه پوتماک[1] در واشنگتن دی سی واردسازی شده است. این علف‌هرز و علف‌های هرز دیگر کانال‌های آبیاری و زهکش را می‌بندند، رسوبات در مخازن کنترل سیلاب را افزایش می‌دهند، در تهیه آب عمومی اختلال ایجاد می‌کنند، از کشتیرانی جلوگیری می‌کنند و به طور کلی کاربردهای آب را محدود می‌کنند. تخمین زده شده که هر ساله ۱۰۰ میلیون دلار برای کنترل علف‌های هرز آبزی که بیشتر آن‌ها غیر بومی هستند، هزینه می‌شود.

موجودات دست آموز به روش مشابهی قابلیت آفت شدن دارند. برای نمونه، در سال ۱۹۸۹ شش خرگوش دست‌آموز به وسیله صاحبانشان در پارک ملی هالیاکلا[2] در هاوایی رهاسازی شدند. یک برنامه ضربتی ریشه‌کنی آن‌ها آغاز شد و در سال ۱۹۹۱، ۱۰۰ خرگوش ۱۵ هزار دلار به پارک خسارت وارد کردند.

نیت و هدف بدخواهان اگرچه هیچ مدرک مستندی از این نوع واردسازی بین‌المللی جانداران مضر وجود ندارد، اما این مفهوم پایه و اساس جنگ بیولوژیک بوده و نگرانی اصلی دولت مسئول است چراکه سلاح‌های بیولوژیک قادرند اثرات اکولوژیک مخربی داشته باشند.

پیشنهادی برای استفاده از یک عامل بیماری‌زای قارچی برای نابودی کشت‌زارهای کاکائو کلمبیا جهت مبارزه با مواد مخدر (کوکائین) به دولت ایالات متحده آمریکا ارائه شد. بسیاری از دانشمندان این نگرانی را بیان کردند که عامل بیماری‌زا به طور بالقوه اثرات منفی روی محصولات و گیاهان بومی مطلوب خواهد داشت. تصمیم‌گیرندگان باید از پیامدهای خطرناکی که می‌تواند با رهاسازی جانداران خسارت زننده به گیاهان حاصل شود آگاهی داشته باشند.

واردسازی تصادفی

واردسازی تصادفی بیشتر در مورد بندپایان، عوامل بیماری‌زا و نماتدها رخ می‌دهد. جابه‌جایی مواد گیاهی (نظیر خاکی که به ریشه گیاهان می‌چسبد) و خاکی که گیاهان در آن رشد می‌کنند ممکن است به طور غیر عمد آفات را وارد کند. شناسایی این قبیل واردسازی‌ها مشکل است مگر بعد از استقرار جاندار که ممکن است سالیان زیادی طول بکشد. تنها در این زمان است که مشکل تدریجی و مخفی، آشکار می‌شود. این حالت به ویژه در مورد جانداران میکروسکوپی خاکزی مانند

[1] Potmac
[2] Haleakala

عوامل بیماری‌زا و نماتدها مشکل‌ساز است. از موضع قانونی رایج خاک نباید از ناحیه‌ای به ناحیه دیگر جابجا شود و گیاهان هنگام واردسازی باید از مراکز قرنطینه‌ای مستقر بگذرند تا چنانچه میزبان آفتی هستند مشخص شود (اطلاعات بیشتر در این فصل ارائه می‌شود).

محصول یا غذای انسان محصولی که از منطقه‌ای که آفت به حالت مخفی وجود دارد به منطقه‌ای که آفت وجود ندارد حمل می‌شود دارای پتانسیل واردسازی آفت است. به طور قطع بسیاری از آفات بندپا و بیماری‌زای محصولات زراعی به اطراف جهان جابجا شده‌اند. به احتمال زیاد مگس میوه مدیترانه از زیانبارترین آفات است. این آفت به صورت لارو داخل میوه رسیده (شکل ۳-۱۰ b) مسافرت می‌کند. کالیفرنیا بین سال‌های ۱۹۷۵ تا ۱۹۹۹ در حدود ۲۳۵ میلیون دلار برای ریشه‌کنی واردسازی‌های مکرر این آفت هزینه کرده است. کرم ساقه خوار اروپایی، یکی از مهمترین آفات ذرت و بسیاری از محصولات زراعی در ایالات متحده، به احتمال زیاد با جاروی ذرت وارد شده از هونگاری[1] یا ایتالیا در بین سال‌های ۱۹۰۹ تا ۱۹۱۴ واردسازی شده است. کرم ساقه خوار اروپایی از یک بسته اصلی آلوده در تعدادی از ایالات شرقی به کمربند میانه غربی ذرت گسترش یافت.

بیماری مرگ نارون از طریق الوار وارد شده از اروپا برای ساختن مبل به ایالات متحده راه یافت. این الوار از درختان از بین رفته به وسیله بیماری حاصل شدند. حتی امروزه، الوار از روسیه و چین به ایالات متحده وارد می‌شود و خطر واردسازی آفات خطرناکی مانند شب پره ابریشم باف ناجور آسیایی و سوسک شاخک بلند آسیایی وجود دارد. سوسک شاخک بلند به انواع زیادی از درختان چوب سخت زنده حمله می‌کند و دارای توانایی نابودی جنگل‌های چوب سخت شرق آمریکای شمالی است. در حال حاضر، دامنه گسترش این آفت در آمریکای شمالی به نزدیکی شهر نیویورک و شیکاگو محدود می‌شود، که به طور غیر عمد از طریق جعبه‌های چوبی از چین واردسازی شده است. مردم از خطرات ناشی از این واردات آگاهی دارند ولی برخی هنوز بدون احساس مسئولیت عمل می‌کنند.

آلودگی بذور گیاه زراعی یا اندام کاشت گیاهان حمل و نقل بذر گیاه زراعی یا ماده تکثیر به طور غیر عمد موجب انتقال آفات مرتبط با این مواد می‌شود. پناهگاه عوامل بیماری‌زا روی پوشش بذر و تعدادی از نماتدها (شکل‌های ۲-۷d و e را ببینید) و عوامل بیماری‌زا به ویژه ویروس‌ها در داخل بذر است و از این طریق منتقل می‌شوند. در گذشته، بذر تعدادی از گیاهان زراعی از زمین و ذرات خاک همراه با عوامل بیماری‌زا و نماتدهای مربوطه جمع‌آوری می‌شدند. احتمال شناسایی این آلودگی‌ها با چشم کم است. هرچند، برخی با چشم قابل شناسایی هستند. حمل و نقل بذر گیاه

[1] Hungary

زراعی غیر آلوده دارای پتانسیل زیادی در واردسازی آفت است. پیشگیری از پراکنش آفت یک دلیل اصلی برای توسعه برنامه‌های گواهی بذر بود که در فصل ۱۶ بحث شده است.

استفاده از ماده کلونی برای تکثیر رویشی محصولات زراعی (مانند درختان مو و سیب زمینی) به طور ویژه مشکل‌ساز است. هر عامل بیماری‌زا سخت کشت[1] نیازمند یک میزبان زنده بوده و حمل و نقل قلمه، غده و پیاز چنین میزبانی را فراهم می‌کند. حمل و نقل مواد کلونی که در محل مبداء به صورت عاری از آفت گواهی نمی‌شوند خطرناک است. برای نمونه انتقال غیر قانونی قلمه‌های مو، عوامل بیماری‌زا به ویژه ویروس‌ها را بین فرانسه و آمریکای شمالی جابه‌جا کرده است. سرخرطومی وارداتی کلم در اواسط دهه ۱۹۷۰ در جنوب Illionis در مزارع horseradish کشف شد. گمان می‌رود که شخصی با وارد کردن ساقه‌های زیرزمینی از اروپا بدون انجام اقدامات قرنطینه‌ای موجب انتقال غیر عمدی این سرخرطومی شده است.

آلودگی در خوراک حیوانات غذا و خوراک حیوانات به ویژه علوفه اغلب پناهگاه بسیاری از آفات است. اعتقاد بر این است که ورود یولاف وحشی به کالیفرنیا در دهه ۱۷۰۰ از طریق علوفه آلوده مورد استفاده برای خوراک اسب‌ها بوده است.

روی یا داخل بدن جانور زنده برخی آفات از طریق زندگی روی یا داخل بدن جانوران به طور غیر عمد منتقل می‌شوند. برای نمونه بذرهای علف‌هرز و تعدادی از نماتدها با عبور از میان لوله گوارش بسیاری از مهره‌داران زنده خواهد ماند. واردسازی علف‌هرز *Parthenium hysterophorus* به سریلانکا در اواخر دهه ۱۹۸۰ به بذرهای داخل مدفوع بزهای وارد شده از هندوستان به‌وسیله یک هیأت اعزامی نظامی حافظ صلح نسبت داده شد.

خاک آلوده بسیاری از عوامل بیماری‌زای خاکزاد، نماتدها و بذر علف‌های هرز از طریق خاک منتقل می‌شوند بدون اینکه افراد دخیل در حمل و نقل شناختی از آن‌ها داشته باشند. به این دلیل امروزه در بیشتر نواحی انتقال خاک زراعی ممنوع است. تنها خاک گلدانی استریلیزه از لحاظ تجاری قابل حمل است ولی ترس از آلودگی باقی می‌ماند. نگرانی زیاد در مورد حمل و نقل خاک در فواصل کوتاه مربوط به عدم اعمال مقررات بین ایالتی است. به هرحال، کشاورزان اقدامات موسوم به قرنطینه را پذیرفته‌اند. برای نمونه، کشاورزان برای جلوگیری از طغیان مجدد شته فلوکسرای مو در باغات انگور کالیفرنیا و اوریگون ملزم هستند پیش از ورود به مزارع کفش‌های خود را در آهک فرو ببرند.

[1] Fastidious

آب آبیاری پراکنش به وسیله آب آبیاری در سطوح محلی و ناحیه‌ای حائز اهمیت است. جانداران آفت مانند بذر علف‌هرز، بعضی از اندام‌های تکثیری عامل بیماری‌زا و بعضی از نماتدها با شناور شدن در آب، داخل مزارع پراکنده شده یا به مزارع غیر آلوده منتقل می‌شوند.

حمل و نقل به وسیله وسایل نقلیه جانداران از طریق چسبیدن به وسایل نقلیه نیز حمل می‌شوند. مشخص شده که واردسازی آفات جدید در اطراف اماکن حمل و نقل عمومی مانند ایستگاه، طول راه آهن و بزرگ‌راه و اطراف هواپیما رخ می‌دهد. یک مثال بارز حمل و نقل پروانه ابریشم باف ناجور روی بخش بیرونی هواپیما، خودرو و حتی اثاثیه حمل شده در بین ایالات متحده است. لاستیک‌های ماشین نیز خاک آلوده به عوامل بیماری‌زا، نماتد و بذر علف‌هرز را حمل می‌کنند.

ماشین آلات کشاورزی این نوع از انتقال از لحاظ هجوم و پراکنش آفت در سطح ناحیه و داخل مزرعه اهمیت دارد. این موضوع به طور دقیق‌تر در فصل ۱۶ با عنوان مدیریت زراعی بحث می‌شود.

فعالیت نظامی جانداران متعددی به طور تصادفی به سبب عملیات نیروهای نظامی واردسازی شده‌اند. سازوکار واقعی آن تلفیقی از موارد شرح داده شده است. واردسازی مار درختی قهوه‌ای توسط تجهیزات نظامی بعد از پایان جنگ جهانی دوم صورت گرفت. این مار ۸ گونه پرنده و دو گونه مارمولک را در گوام حذف کرده است. برای جلوگیری از رسیدن مار به سایر محل‌های مستعد، مانند هاوایی، یک برنامه پایش جامع در ورودی‌های گوام ایجاد شده است.

واردسازی‌ها از طریق سازوکار ناشناخته

گاهی اوقات تعیین چگونگی واردسازی امکان پذیر نیست. مانند سرخرطومی مصری یونجه، سوسک برگ خوار غلات و *Rhizomania* در چغندرقند.

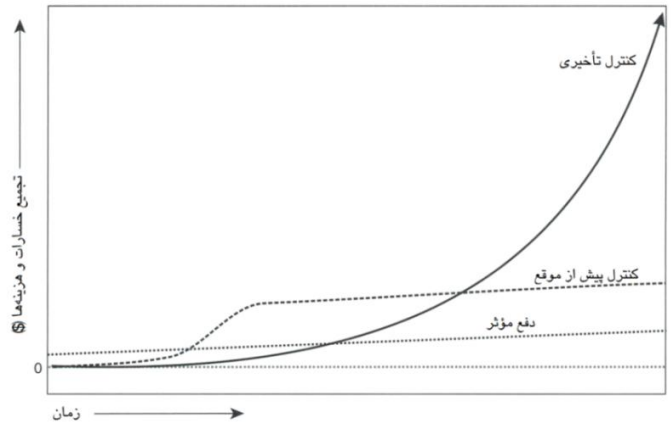
مفروضات قانونی

پیشگیری قانونی بر این عقیده استوار است که بهترین روش مدیریت آفت، ممانعت از ورود[1] است. به طور معمول هزینه‌های ممانعت از ورود در مقایسه با هزینه کنترل بعد از هجوم آفت به منطقه جدید (شکل ۱۰-۹) به نسبت پایین است و کنترل اولیه (ریشه‌کنی بلافاصله بعد از تهاجم) نسبت به کنترل نهایی بسیار کم‌هزینه است.

جامعه باید از یک الگوی حریق بزرگ در رابطه با هجوم علف‌های هرز مضر استفاده کند (دوی و همکاران، ۱۹۹۵) و آنالوگی مساوی برای همه گروه‌های آفت به کار ببرد. در این الگو پیشگیری از آتش بهتر از فرونشاندن آتش است (آتش سوزی معادل با هجوم است)، زیرا عواقب یک آتش سوزی نامعلوم است و به طور بالقوه مخرب است. همچنین بهتر است در حالتی که شعله‌های آتش هنوز

[1] Exclusion

کوچک هستند (معادل با توقف پراکنش در حالتی که جمعیت کوچک است)، آتش خاموش شود. در زمان هجوم آفت به محض شناخته شدن مشکل، باید برای ریشه کنی اقدام شود. خاموش کردن حریق‌های بزرگ پر هزینه بوده و موجب زیان‌های فراوانی می‌شود. آفات مهاجم مستقر شده منجر به نابودی کشت محصولات سودمند در یک ناحیه شده و باعث افزایش اقدامات کنترلی نامناسب کشاورزان از لحاظ زیست محیطی می‌شوند. الگوی حریق بزرگ شامل آموزش و آگاهی همگانی بخشی از راهبرد مدیریتی است. مدیریت آفت آگاهی همگانی را از ماهیت خطرناک واردسازی آفت اندکی افزایش داده است. الگوی حریق بزرگ یک آنالوگ سودمند نسبت به مدیریت آفات مهاجم است. زمانی که گونه‌های مهاجم در یک منطقه جدید شناسایی شده‌اند، باید از کاربرد آستانه‌های اقتصادی اجتناب شود و آفت جدید به سرعت ریشه‌کن شود. منتظر ماندن برای رسیدن جمعیت آفت مهاجم به آستانه اقتصادی ممکن است منجر به استقرار شده و ریشه‌کنی را غیرممکن سازد. بهترین روش امیدوار کننده عملیات کنترلی مداوم است (شکل ۱۰-۹: کنترل آخر). بدترین وضعیت هنگامی است که محصول در آن ناحیه برای مدت طولانی کشت نشود (برای نمونه، قهوه در سریلانکا به دنبال واردسازی زنگ قهوه در اواسط دهه ۱۸۰۰).



شکل ۱۰- ۹: خسارت تجمعی نظری، طی یک دوره طولانی، با استفاده از سه راهکار کنترل متفاوت برای یک آفت غیربومی وارداتی. منبع: با تغییراتی از Naylor، ۲۰۰۰.

جنبه‌های قانونی پیشگیری از هجوم آفات

درک این‌که جوامع انسانی نتوانسته‌اند پراکنش جهانی و کنترل نشده جانداران را تحمل کنند منجر به وضع قوانینی برای محدود کردن جابه‌جایی جاندارانی شد که پتانسیل آفت شدن دارند.

مقیاسی که در آن قانون وضع می‌شود در سطح معاهدات بین المللی، قوانین داخل کشورها و حتی قوانین نواحی داخلی کشورها است. برای نمونه، بسیاری از ایالت‌ها در ایالات متحده آمریکا دارای قوانین قرنطینه‌ای خاصی هستند.

وضع قانون برای حمل و نقل آفت

وضع مقررات در سطوح مختلف جغرافیایی و سیاسی صورت می‌گیرد و مستلزم سطوح مختلفی از همکاری بین طرفین ذی‌نفع است. این سطوح به شرح زیر هستند:

۱- جوامع بین المللی. به سبب حمل کالاها در تجارت بین کشورها، استانداردهای بین‌المللی مشخص در رابطه با حمل و نقل و جابه‌جایی جانداران آفت مورد نیاز است.

۲- کشورها. کشورها به‌طور منفرد مقررات حفاظتی در برابر هجوم آفات غیر بومی وضع می‌کنند. بیشتر کشورهای صنعتی دارای چنین قوانینی هستند. مثالی از ایالات متحده در آخر این فصل ارائه می‌شود.

۳- نواحی داخل یک کشور (ایالت‌ها یا استان‌ها). وضع مقررات آفت در این سطح هنگامی صورت می‌گیرد که این نواحی جداسازی شده و ورود آفت مدیریت شود. برای نمونه، هاوایی به وسیله اقیانوس احاطه شده و کالیفرنیا به‌وسیله اقیانوس، بیابان و کوه‌ها جدا می‌شود. همچنین اقدامات مقرراتی ناحیه‌ای ممکن است از محدودیت‌های تحمیل شده به وسیله موانع سیاسی ناشی شود.

۴- محل. در یک شهر یا روستا قوانینی وضع می‌شود که موجودات معینی نمی‌توانند واردسازی شوند یا محدودیت‌هایی در زمینه جابه‌جایی تحمیل شود. مقررات محلی ممکن است در سطح مزرعه فردی بیان شود نظیر مثالی از شته فیلوکسری مو که در ابتدای این فصل ذکر شد. وضع مقررات برای هجوم آفت در سطح مزرعه در فصل ۱۶ با جزئیات بیشتر بحث می‌شود. (پیشگیری را ببینید)

مقررات بین المللی

به‌طور کلی وضع قوانین بین المللی برای حمل و نقل گونه‌های غیر بومی ضعیف است زیرا وضع قوانین آفت باید در چند کشور به طور هم‌زمان انجام شود و بنابراین مستلزم توسعه معاهدات و توافق‌های بین المللی است. کنوانسیون حفاظت گیاهی بین‌المللی (IPPC[1]) در سال ۱۹۵۱ برای ترویج و ترغیب همکاری‌های ضروری پایه گذاری شد که معاهده چند ملیتی سازماندهی یافته در چارچوب سازمان خوار و بار و کشاورزی ملل متحد (FAO) است. یکصد و سی کشور در چهارم ژوئن سال ۲۰۰۰ این کنوانسیون را امضاء کردند. یک وظیفه اصلی IPPC پایه گذاری اصول بین-المللی بهداشت گیاهی است که توسط کشورهای عضو پذیرفته شده است اگرچه حقوق حاکمیتی

[1] Intenational Plant Protection Convention

خود را زیر پا نمی‌گذارند. بدین منظور IPPC استانداردهای بین‌المللی را برای اقدامات بهداشت گیاهی پایه‌گذاری کرد (که به آن ISPMS نیز می‌گویند). امضاءکنندگان این کنوانسیون با پیروی از این استانداردها موافقت کردند. یک بخش اصلی این فرایند تجزیه و تحلیل خطر آفت[1] است (آخر این فصل را ببینید) همچنان که تجزیه و تحلیل خطر ضرورت اقدامات بهداشتی را تبیین می‌کند.

در سال ۱۹۹۵ سازمان تجارت جهانی یک توافق‌نامه در زمینه کاربرد اقدامات بهداشتی و بهداشت گیاهی (توافقنامه SPS) به صورت تلاش‌های بعدی برای کنترل پراکنش آفات در تجارت بین المللی تصویب کرد. اهمیت این توافق‌نامه و گستره‌ای که هجوم گونه‌های غیربومی را کنترل خواهد کرد هنوز روشن و مشخص نیست.

گروهی از کشورهای همسایه بر اساس تمایلات و نیازهای مشابه در رابطه با قرنطینه گیاهی و فرایندهای بهداشت گیاهی، کمیسیون‌ها یا سازمان‌های ناحیه‌ای را سازماندهی می‌کنند (کادر زیر را ببینید).

سازمان‌های حفظ نباتات محلی

Asia and Pacific Protection Commission (APPPC)
Caribbean Plant Protection Commission (CPPC)
Comite Regional de Sanidad Vegetal para el Cono Sur (COSAVE)
Comunidad Andina (CAN)
European and Mediterranean Plant Protection Organization (EPPO)
Inter-African Phytosanitary Council (IAPSC)
North American Plant Protection Organization (NAPPO)
Organism Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria (OIRSA)
Pacific Plant Protection Organization (PPPO)

مقررات ملی

همه کشورها دارای قوانین محدود کننده‌ای برای جابه‌جایی گیاهان، خاک و فرآورده‌های حامل آفات هستند. در ادامه سه مثال ذکر می‌شود. Enterprise تحقیقات کشاورزی برزیل[2] (EMBRAPA) یک مرکز ملی برای تحقیقات در زمینه محیط زیست (CenrtoNacional de pesquisa do meio Ambiente) پایه‌گذاری کرده است که خطر گونه‌های مهاجم را پایش می‌کند و قرنطینه‌ای برای مواد وارد شده به داخل کشور ایجاد کرده و قوانینی برای کنترل جابه-جایی مواد دارای پتانسیل واردسازی آفات جدید بوجود آورده است. سرویس بازرسی و قرنطینه‌ای

[1] Pest risk analysis
[2] Brazilian Enterprise for Agricultural Research

استرالیا[1] (AQIS) وظایف مشابه‌ای را بر عهده دارد. در انگلستان، مقررات جانداران آفت خارجی مربوط به موسسه کشاورزی، غذا و شیلات است.

قوانین عمده در ایالات متحده آمریکا

قوانین ایالات متحده توسط کنگره به شکل مصوبات نوشته و توسط رئیس جمهور امضاء می‌شود. سپس این مصوبات به شکل مقررات تکثیر می‌یابد و بخشی از کد قانونی کشور می‌شود. حکم قوانین ایالات متحده در مورد ورود و پراکنش آفت در اختیار وزارت کشاورزی و تجارت ایالات متحده (USDA) انجام می‌شود.

در ایالات متحده، مصوبه‌های اصلی زیر برای محدود کردن واردسازی و پراکنش آفات در نظر گرفته شدند و مبنای قانونی برای آفات گیاهی که کنترل می‌شوند فراهم کردند.

- مصوبه قرنطینهٔ گیاهی (۱۹۱۲) مبنای قانونی برای تأسیس قرنطینه‌هایی علیه گیاهان بومی و خارجی و فراورده‌های گیاهی بوجود آورد. این مصوبه این اختیار را برای قرنطینه در هر منطقه فراهم کرده تا از پراکنش یک آفت گیاهی جلوگیری کند. این مصوبه همچنین این اختیار را فراهم می‌کند تا ورود گیاهان و فراورده‌های گیاهی در ایالات متحده و جابجایی آن‌ها در بین ایالت‌ها، بر مبنای ضرورت محدود کردن واردسازهای آفت، محدود شده یا تا به حد ضرورت جلوگیری کند.

اگرچه نام مصوبه، مصوبه قرنطینه گیاهی بود اما اهداف آن آفات غیر گیاهی مانند بندپایان، عوامل بیماری‌زا و نماتدها بود. این مصوبه چندین بار مورد اصلاح قرار گرفت. آخرین اصلاحیه آن در سال ۱۹۹۴ صورت گرفت. مصوبه حفاظت گیاهی سال ۲۰۰۰ این مصوبه را زیر پوشش قرار داده است.

- مصوبه بذر فدرال[2] (۱۹۳۹) تجارت بین ایالتی و خارجی بذرها را قانون‌مند و بذور علف‌های هرز مضر موجود در بذور محصولات تجاری فروخته شده را مورد توجه قرار داد.
- مصوبه ارگانیک[3] (۱۹۴۴) این اختیار را برای مؤسسات دولتی فدرال فراهم کرد تا با ایالت‌ها، کشاورزان، تعاونی‌ها و مکزیک همکاری کنند تا اقداماتی را برای کنترل یا ریشه‌کنی آفاتی که خطر اقتصادی قابل توجهی ایجاد می‌کند انجام دهند. این اختیارات با اصلاحیه‌ای بر مصوبه ۱۹۷۶ افزایش یافت تا اختیاراتی را برای همکاری با ملل نیمکره غربی در جهت کنترل آفاتی که ایالات متحده را مورد تهدید قرار داده فراهم کند. بیشتر جنبه‌های این مصوبه به‌وسیله مصوبه حفاظت گیاهی سال ۲۰۰۰ هم پوشانی شده است.

[1] Australian Quarantine and Inspection Service
[2] Federal Seed Act
[3] Organic Act

- مصوبه آفت گیاهی فدرال[1] (۱۹۵۷) این اختیار را برای وزیر کشاورزی فراهم کرد تا از پراکنش آفات گیاهی جلوگیری کند. یک بخش از مصوبه این اختیار را به وضع‌کننده قانون می‌دهد تا وضعیت فوق‌العاده اعلام کند. بخش دیگر این اختیار را فراهم می‌کند تا اقدامات فوری برای گرفتن، ترساندن یا نابودی ذرات یا فراورده‌های مرتبط با آفات گیاهی جدید ناشناخته‌ای که در ایالات متحده به طور گسترده‌ای شایع شده‌اند، انجام دهد. امروزه مصوبه حفاظت گیاهی سال ۲۰۰۰ این مصوبه را پوشش داده است.
- مصوبه فدرال علف‌هرز مضر[2] (۱۹۷۵) اختیاراتی را برای طراحی یک سیستم قانون‌مند برای جلوگیری از واردسازی علف‌های هرز مضر به داخل یا در بین ایالات متحده از کشورهای خارجی فراهم کرد. وزیر کشاورزی دارای این اختیار شد تا کنترل را شروع کرده و اقدامات ریشه‌کنی علیه آلودگی‌های اولیه علف‌های هرز مضری که به ایالات متحده وارد شدند، انجام دهد. این مصوبه دارای همان معنی و مفهوم قرنطینه گیاهی ۱۹۱۲ بود به‌جز این‌که به طور اختصاصی ورود گیاهانی که ممکن است به علف‌های هرز تبدیل شوند را قانونمند کرد. البته این مصوبه چندین بار مورد اصلاح قرار گرفت. این مصوبه به وسیله مصوبه حفاظت گیاهی ۲۰۰۰ پوشش داده شده است.
- مصوبه حفاظت گیاهی[3] (۲۰۰۰) یا PPA، جایگزین بیشتر مصوبه‌های پیشین شد که جزئی از مصوبه حفاظت خطر کشاورزی[4] و تلفیقی از فعالیت‌های قبلی در یک مصوبه خاص است و تلاشی برای اجتناب از دوباره‌کاری در بعضی از فعالیت‌های قانونی است. PPA با ادغام اختیارت، گیاهان و فراورده‌های گیاهی، عوامل کنترل بیولوژیک، علف‌های هرز مضر و آفات گیاهی را تنظیم کرد. این اولین بار بود که عوامل کنترل بیولوژیک تعریف شده و به‌طور اختصاصی قانونمند شدند.

مصوبات اخیر و مصوبه PPA مبنای قانونی برای ایجاد محدودیت در جابجایی آفات است و فراهم کننده مجازات کیفری و مدنی برای قانون‌شکنان است. مقررات مبتنی بر مصوبه‌ها به وسیله مؤسسات دولتی مختلف توسعه می‌یابند که USDA از مهمترین آن‌ها است. در USDA شاخه اصلی مرتبط با مقررات آفت، سرویس بازرسی بهداشت گیاهی و حیوانی[5] (APHIS) است. APHIS دارای بازرسان حفاظت گیاهی و قرنطینه‌ای (PPQ) برای اقدامات پلیسی است.

[1] Federal Plant Pest Act
[2] Federal Noxious Weed Act
[3] Plant Protection Act
[4] Agricultural Risk Protection Act
[5] Animal and Health Inspection Service

بسیاری از ایالات قوانین قرنطینه‌ای و ممانعت از ورود آفات دارند. چنین مؤسسات ایالتی دارای قدرت کنترل جابجایی موجودات آفت به داخل و در بین ایالت هستند.

ارزیابی خطر آفت

تعریف مشکلات

اگر یک واردسازی صورت گیرد مشکلی بزرگ در تعیین وضعیت آفت و خطرها بوجود می‌آید. تعریف آفت بر پایه انسان‌مداری است (فصل ۱) و مردم نقاط مختلف جهان و اعضای جامعه در یک کشور ممکن است به یک گونه مزاحم یا به‌طور بالقوه مزاحم از جنبه‌های متفاوتی نگاه کنند.

تعدادی از گیاهان زینتی دارای پتانسیل زیادی برای استقرار یافتن به‌عنوان علف‌های هرز هستند. علف‌های هرز جنس *Ipomoea* (نیلوفرها) مشکلی جدی برای پنبه‌کاران به شمار می‌روند و هنوز هم چند گونه به عنوان گیاهان زینتی در کاتولوگ‌های بذر باغی فروخته می‌شوند. کاتولوگ‌های باغی ارگانیک یک گیاه را که Chufa نامیده می‌شود به فروش می‌رسانند، زیرا غده‌های خوش طعمی تولید می‌کند و همان گیاهی است که نوشیدنی ملی اسپانیا از آن تهیه می‌شود. در واقع این گیاه اویارسلام زرد است که بعنوان یکی از بدترین علف‌های هرز جهان شناخته می‌شود. چنین دوگانگی‌هایی ممکن است مقررات و تعیین وضعیت آفت را مشکل سازند.

تجزیه وتحلیل خطر آفت

مؤسسات قانونی باید در رابطه با پتانسیل آفتی که از یک کشور یا ناحیه به کشور یا ناحیه دیگر حمل و نقل می‌شود، تجزیه و تحلیل خطر انجام دهند. چنانچه آفت وارد شده در یک منطقه جدید کشف شود باید تجزیه و تحلیل مشابهی انجام شود. زیست‌شناسی تهاجم زیر بنای علم تجزیه و تحلیل خطر آفت است. انواع موضوعاتی که تجزیه و تحلیل خطر آفت را شامل می‌شوند به شرح زیر هستند:

احتمال تبدیل یک جاندار به آفت ارزیابی احتمال تبدیل یک جاندار به آفت نیازمند تجزیه و تحلیل زیست‌شناسی و اکولوژی آن جاندار است و اینکه در محدوده رایج خود چگونه رفتاری دارد و همچنین در محیط زیست جدید چگونه رفتاری خواهد داشت (محیطی که قانونگذاران امیدوارند از ورود آن ممانعت به عمل آورند)

راه‌های پراکنش گاهی چگونگی پراکنش یک موجود به قانون‌گذاران در مورد چگونگی هجوم. به مناطق جدید ایده می‌دهد و یک مبناء برای ارزیابی چگونگی کنترل جابجایی می‌شود.

میزان و نوع خسارت داشتن آگاهی درباره پتانسیل یک آفت برای ایجاد زیان اقتصادی عنصری کلیدی در تصمیم‌گیری درباره گونه مهاجم است. باید پتانسیل خسارت نسبت به اقلیم و تولید

محصول در یک ناحیه معین ارزیابی شود. پتانسیل خسارت یک آفت ممکن است در دامنه‌ای از خسارت کم اهمیت تا نابودی و حذف تولید یک محصول ویژه در آن ناحیه در نظر گرفته شود.

سهولت و هزینه کنترل تحلیل‌های هزینه سود، جزء ضروری تجزیه و تحلیل خطر آفت هستند زیرا مبنایی برای پذیرش تصمیمات مدیریت اقتصادی تشکیل می‌دهند و شامل بررسی شدت و قابلیت پذیرفتن روش‌های مدیریتی است که برای کنترل آفت ضروری خواهند بود. برای نمونه، آیا کنترل آفت جدید با اصلاح عملیات زراعی ساده یا اصلاح نباتات امکان‌پذیر خواهد بود یا افزایش قابل توجه کاربرد آفت‌کش به دلیل عدم وجود روش‌های مؤثر دیگر ضروری خواهد بود؟

اثرات و هزینه‌ها برای محیط زیست می‌بایست هزینه‌ها برای محیط زیست نیز در نظر گرفته شوند. تعیین چگونگی اثر روش‌های مدیریتی توصیه شده بر محیط زیست تأثیر ضروری خواهد بود. اثرات نامطلوب زیست محیطی مانند آلودگی هوا یا آب، یا خطر برای حیات وحش، منجر به حذف بعضی از روش‌ها خواهد شد. در سطح اکوسیستم ممکن است آفت اثرات منفی قابل توجهی بر محیط زیست داشته باشد مانند یک گیاه مهاجم جایگزین شونده پوشش گیاهی بومی یا فعالیت یک جانور که موجب فرسایش خاک می‌شود.

تحلیل خطر آفت با پروتوکل‌های دقیق برای هر یک از گروه‌های آفت صورت می‌گیرد و به‌وسیله مؤسسات دولتی مربوطه با همکاری شرکت‌های اثرگذار توسعه داده می‌شود. همیشه به عامه مردم پیش از آنکه چنین مقرراتی به صورت قانون مدون شود یک فرصت مشخص داده می‌شود تا نظرات خود را برای مقررات پیشنهادی ارائه دهند.

به ظاهر دادن جواب قطعی به بسیاری از پرسش‌ها در ارزیابی خطر مشکل است، ولی خطر تجزیه تحلیل باید منجر به رده‌بندی بر طبق خطر آفت باشد. اگر ارزیابی خطر برای موجودی که وجود ندارد بالا باشد، موجود در فهرست آفاتی قرار داده می‌شود که باید از ورودش ممانعت به عمل آید. بازرسان محصول را از لحاظ وجود موجودات در بنادر بین‌المللی یا قبل از حمل و نقل بین‌المللی مورد بازرسی قرار می‌دهند.

اختیارات قانونی

هنگامی‌که پتانسیل خطر برای یک موجود تعیین شده است، برخی از اقدامات قانونی می‌تواند آغاز شود. یکی از اقدامات زیر دنبال خواهد شد.

۱- ممانعت از ورود

۲- شناسایی اولیه

۳- محدود سازی، کنترل یا ریشه کنی

ممانعت از ورود

تجزیه و تحلیل‌های خطر تعیین خواهند کرد که یک موجود چنانچه به یک ناحیه غیر آلوده واردسازی شود به صورت یک خطر غیر قابل قبول در خواهد آمد یا خیر. بنابراین برآورد شده است که ممانعت از ورود موجود نسبت به تلاش برای انجام اقدامات مدیریتی دیگر اثربخشی بیشتری خواهد داشت. ممانعت از ورود می‌تواند در سطح کشورها صورت گیرد. هر کشوری لیستی از موجودات خاص خواهد داشت که مشمول اقداماتی برای ممانعت از ورود آفت قرار می‌گیرند به طوری که به‌وسیله ارزیابی‌های شرح داده شده پیشین تعیین می‌شود. این فهرست‌های آفات قرنطینه‌ای به طور معمول در وب سایت‌های مؤسسات قانونی هر کشور قرار می‌گیرد.

ممانعت از ورود می‌تواند در سطح ناحیه‌ای انجام شود. تلاش‌ها برای ممانعت از هجوم کرم سرخ پنبه[1] به دره سان ژواکوین کالیفرنیا یک مثال خوب ممانعت از ورود ناحیه‌ای است. این حشره در این دره وجود ندارد ولی در دره ایمپریال[2] قریب به ۲۰۰ مایلی جنوب آن، وجود دارد. پایش برای پی بردن به‌وجود شب پره‌های بالغ انجام می‌شود، زیستگاه زمستان‌گذرانی آن به وسیله شخم زدن و زیر خاک کردن اجباری مواد گیاهی تخریب می‌شود و محل‌های ورود محموله‌ها مورد بازرسی قرار می‌گیرد. یک برنامه رهاسازی نر عقیمی در دره سان ژواکوین بیش از یک میلیون جریب از مزارع پنبه را مورد حمایت قرار می‌دهد. میلیون‌ها شب پره در یک اتاق اختصاصی در آزمایشگاه USDA در فونیکس[3] پرورش داده شده و عقیم می‌شوند (فصل ۱۱ را برای شرح دقیق جزئیات روش نر عقیمی حشرات ببینید). شب پره‌های عقیم از هواپیماهای کوچک روی مزارع پنبه که شب پره‌های وحشی وجود دارند رهاسازی می‌شوند. رهاسازی نر عقیمی در ماههای می تا اواسط اکتبر که کرم‌های سرخ پنبه در مزارع پنبه فعالیت بیشتری دارند صورت می‌گیرد. برای اینکه روش رهاسازی نر عقیمی مؤثر باشد، نسبت ۶۰ شب پره عقیم به یک شب پره وحشی مورد نیاز است. در مناطق با آلودگی شدید این نسبت بالا از شب پره‌های عقیم به شب پره‌های بارور، رها سازی‌های نر عقیمی را غیر عملی می‌سازد. در سطح جغرافیایی محدودی از دره سان ژواکین که آلودگی‌های موضعی و کوچک می‌تواند به طور اختصاصی مورد هدف رهاسازی قرار گیرد این روش مؤثر است.

روش‌های رهگیری آفت

تعیین وجود یک آفت در یک مکان ویژه (برای نمونه در گیاهان محموله کشتی یا در یک ماشین تفریحی خانوادگی) بسیار مشکل است و بر انواعی از راهکارها متکی است. ماهیت قوانین برای مسافرت شخصی عامه مردم در مقایسه با محوله‌های تجاری متفاوت است.

---

[1] Pink bollworm
[2] Imperial
[3] Phoenix

مسافرت عمومی این تصور وجود دارد که افراد جامعه نباید گیاهان یا خاک را حمل و نقل کنند و اعمال قانون بر مبنای این تصور است. برای نمونه، حمل و نقل پاپایا[1] (نوعی عنبه) از هاوایی به مین‌لند[2] ایالات متحده فقط در صورتی‌که در نقطه مبداء گواهی شود که عاری از آفات هستند پذیرفتنی است. چگونگی تعیین وجود آفت در گیاهان یا خاکی که حمل و نقل می‌شود مشکلی است که برای مؤسسات قانونی و پرسنل آن‌ها وجود دارد. بدین منظور روش‌های زیر استفاده می‌شود:

۱- افرادی که از یک کشور خارجی بر می‌گردند باید پرسشنامه‌هایی را کامل کنند. ایراد این روش تکیه آن بر آگاهی و صداقت افرادی است که فرم‌ها را پر می‌کنند. پرسشنامه‌های نوشتاری همراه با تعدادی از فرم‌های پرسش شفاهی هستند.

۲- سگ‌های بوکننده آموزش دیده می‌توانند انواع مختلف مواد داخل چمدان‌هایی که حمل می‌شوند را شناسایی کنند. بازرسان حفاظت گیاهی و قرنطینه ایالات متحده در آفیس از سگ‌های معروف به بیگل[3] (تازی پاکوتاه) برای شناسایی مواد غیرقانونی موجود در چمدان استفاده می‌کنند (شکل ۱۰-۱۰).

۳- بازرسی بصری (از طریق مشاهده) چمدان به پیدا کردن و شناسایی گیاهان یا خاک یا حتی آفت واقعی کمک می‌کند. این فرایند تنها برای مهره‌داران، بیشتر مواد گیاهی (نظیر بذرها) و بسیاری از حشراتی که می‌تواند با چشم غیر مسلح دیده شوند، مؤثر است.

شناسایی نماتدها و عوامل بیماری‌زای گیاهی به سبب میکروسکوپی بودنشان به‌صورت یک مشکل باقی می‌ماند. روش‌های مولکولی سریع ممکن است به شناسایی این آفات در آینده کمک کند ولی در حال حاضر تنها روش منطقی، محدود کردن واردات مواد گیاه میزبان یا خاک است.

تجارت محموله‌های فرآورده‌های تجاری مشمول مقررات بیشتری نسبت به محموله‌های مسافرت شخصی هستند، بنابراین برای شناسایی آفت ممکن است از روش‌های مختلفی استفاده شود.

[1] Papaya
[2] Mainland
[3] Beagle

شکل ۱۰- ۱۰: حفظ نباتات USDA/APHIS و سگ کاراگاه قرنطینه‌ای در حال بوییدن چمدان. مانع شدن از این سگ‌ها یک جرم فدرالی است. منبع: تصویر با همکاری USDA/APHIS.

۱- بازرسی در محل مبدأ. بازرسان کشور دریافت کننده (برای نمونه، PPQ در ایالات متحده آمریکا) در کشور مبدأ کار می‌کنند تا شرایط کشت محصول و فرآورده‌ها را قبل یا بعد از بسته بندی بازرسی کنند. گواهی‌نامه‌هایی مبنی بر عاری بودن فرآورده از آفت صادر می‌شود. این گواهی-نامه‌ها "گواهی‌نامه‌های بهداشت گیاهی" نامیده می‌شوند. این نوع گواهی‌نامه‌ها ممکن است برای حمل فرآورده بین نواحی داخل یک کشور نیز مورد نیاز باشد. گاهی اوقات اختیارات انجام بازرسی بهداشت گیاهی و صدور گواهی‌نامه‌ها برابر با همان اختیارات افراد بکار گرفته شده به وسیله کشور حمل‌کننده است، به جای اینکه پرسنلی از کشور دریافت‌کننده داشته باشد.

۲- بازرسی بصری (از طریق مشاهده). محموله‌ها از لحاظ بصری (از طریق مشاهده) برای یافتن آفت هدف شناخته شده برای یک کالا با استفاده از پروتکل‌هایی که به طور اختصاصی توسعه یافته‌اند بازرسی می‌شوند. در این بازرسی‌ها با احتمال خیلی بیشتری نسبت به بازرسی‌های تصادفی مورد استفاده برای عامه مردم به وجود یک آفت پی می‌برند.

۳- آزمایش‌های اختصاصی. شناسایی بعضی از آفات مانند بیشتر عوامل بیماری‌زای گیاهی مشکل است. برای تعدادی، روش‌های خاصی توسعه یافته است مانند شاخص گذاری برای بعضی از ویروس‌ها ولی عیب آن‌ها در این است که نیازمند زمان طولانی و امکانات اختصاصی هستند. در آینده ممکن است روش‌های مولکولی، شناسایی بعضی از این موجودات را بسیار سریع‌تر کنند.

اقدامات قانونی

برخی اقدامات قابل انجام در صورت شناسایی یک آفت و یا کشف پتانسیل یک ماده میزبان می‌تواند صورت گیرد. عامه مردم باید از پتانسیل خطرات حمل و نقل گیاهان از یک منطقه به منطقه دیگر آگاه باشند و باید درک کنند که حمل نقل آفات یا مواد میزبان آن‌ها قانون شکنی است.

توقیف کردن اگر بازرسی از وسایل نقلیه یا اثاثیه شخصی منجر به کشف گیاه و فرآورده‌های گیاهی در ورودی کشور (یا در برخی موارد ناحیه‌ای مانند کالیفرنیا) شود چنین فرآورده‌هایی به طور خود به خود توقیف (شکل ۱۰-۴) و از بین برده می‌شوند. فرد یا سازمان مربوطه ممکن است مشمول جریمه شود (جرایم را ببینید). در واقع به دلیل حجم بالای دادوستد هر چیزی نمی‌تواند مورد بازرسی قرار گیرد و در نتیجه در بخش‌های ورودی یا در ایستگاه‌های مجاور ناحیه‌ای توقیف می‌شود.

توقیف محموله یا نپذیرفتن آن در ورودی این اقدام معادل توقیف در سطح محموله‌های تجاری است که توانسته‌اند به طور بالقوه موجودات آفت را حمل کنند. محموله توقیف و نگهداشته شده تا عاری بودن از آفت مسجل شود یا به کشور مبداء برگردانده شود.

قرنطینه‌ها ممکن است تا تشخیص عاری بودن از آفت، جدا کردن محصول یا موجود میزبان در یک مکان محصور اختصاصی ضروری باشد. این روش برای واردات جانوران دست‌آموز و برای واردسازی تجاری مواد گیاهی جدید استفاده می‌شود. ایالات متحده دارای چندین مکان قرنطینه‌ای است که در بندرهای ورودی اصلی اطراف کشور وجود دارند. این روش برای محصول تازه‌ای که دوام کمی دارد قابل استفاده نیست.

جریمه‌ها جریمه‌های سنگینی برای افراد یا سازمان‌هایی که خود سرانه قصد وارد کردن یک آفت بالقوه و یا مواد میزبانی آن را دارند وضع می‌شود.

تیمار برای بعضی از آفات می‌توان روش‌های کنترلی برای محصول، قبل یا طی حمل استفاده کرد. این روش‌ها می‌تواند فیزیکی یا شیمیایی باشد. فرایندهای فیزیکی شامل استفاده از گرما یا سرما برای کشتن موجودات آفت است. در گذشته پرتودهی مورد توجه بوده است ولی علی رغم این که یکی از سالم‌ترین روش‌های حذف بالقوه موجودات خطرناک از مواد غذایی است نگرانی‌های عمومی برای استفاده گسترده از آن وجود دارد. در بین فرایندهای شیمیایی، تدخین با متیل برماید برای چندین دهه استفاده شده است ولی بتدریج استفاده از آن خاتمه یافته است (فصل ۱۹ را ببینید).

اگر آفات در یک محموله وجود داشته باشند و روش قابل دسترسی برای حذف آفات وجود نداشته باشد آن‌گاه محموله باید به وسیله کشور دریافت کننده برگردانده شود. به عنوان یک راه‌کار کنترل

آفت، در کشتی‌های مسافرت کننده بین کشورها می‌توان به وسیله سموم گازی تدخین انجام داد. استرالیا به فومیگاسیون (تدخین سموم گازی) با هواپیما پیش از ورود نیاز داشته است.

تحریم اقتصادی تحریم اقتصادی یک شکل کلی از اعمال قانون است که در آن هر شکلی از مواد گیاهی یا خاک مشکوک را نمی‌توان وارد کرد زیرا ممکن است پناهگاه یک آفت باشد. بنابراین انواع معینی از فراورده‌ها نمی‌توانند به داخل یک کشور حمل شوند. تحریم اقتصادی می‌تواند بین نواحی مختلف یک کشور وضع شود.

شناسایی اولیه

متأسفانه، برنامه‌های ممانعت از ورود، صد درصد مؤثر نبوده و آفات جدید مستقر می‌شوند. دلایل آن در ابتدای این فصل با عنوان سازوکارهای تهاجم شرح داده شد. بخشی از یک برنامه کنترل قانونی یک آفت، شناسایی آفات تازه وارد شده پیش از پراکنش و براورد پتانسیل خسارت آفت است. کم شدن فاصله زمانی بین واردسازی و شناسایی، یکی از مشکلات عمده مربوط به موجودات آفت غیر بومی است. بسیاری از گونه‌های علف هرز غیر بومی در ایالات متحده ممکن است به مدت ۳۰ سال وجود داشته باشند یا پیش از شناسایی تا ۱۰هزار جریب گسترش یافته‌اند. برای بعضی از نماتدهای آفت کم شدن فاصله زمانی ۲۵ سال برآورد شده است.

شناسایی اولیه، کلید جلوگیری از استقرار یک آفت خارجی است و کاری دشوار است. دولت فدرال و مؤسسات ایالتی دارای زیست‌شناسان مجربی هستند که گونه‌های خارجی مهاجم را جست‌وجو می‌کنند. این زیست‌شناسان از تله‌های مناسب و سایر وسایل پایش استفاده می‌کنند (فصل ۸ را ببینید). محدودیت این نوع پایش مربوط به مورد هدف بودن آفات خاصی است که از اهمیت ویژه‌ای برخوردار هستند. واردسازی آفتی که مورد هدف نیست ممکن است برای مدت زمان قابل توجهی ناشناخته باقی بماند. دامنه‌ی انجام پایش مؤثر محدود است و مؤسسات دولتی باید به افراد علاقه‌مند و دانش عموم مردم نظیر کشاورزان، طرف‌داران محیط زیست، مشاوران حرفه‌ای کنترل آفت اعتماد کنند تا شناسایی آفت خارجی تسهیل شود.

محدودسازی، کنترل یا ریشه‌کنی

محدودسازی

هنگامی که آفتی جدید در یک منطقه شناسایی شد باید تصمیمات مدیریتی اتخاذ شود. اگر ریشه-کنی آلودگی امکان‌پذیر نباشد، ممکن است اقدامات محدودسازی برای ممانعت از پراکنش بیشتر

در مناطق غیر آلوده صورت گیرد. در واقع، مسئولیت‌پذیری حفظ چنین برنامه‌ای منوط به همکاری بین دولت و شرکت‌هایی است که به‌طور بالقوه مؤثر هستند.

نماتد سیست سیب زمینی (که به علت رنگ روشن گاهی اوقات نماتد طلایی نامیده می‌شود) در ایالات متحده یک مثال خوب از عمل محدودسازی است. نماتدهای جنس *Globodera*، در اواسط قرن بیستم از اروپا منتقل شدند و در مناطق کشت سیب زمینی در جزیره لونگ[1] ایالت نیویورک اپیدمی شدند. یک قرنطینه‌ی دقیق که اجازه‌ی ورود سیب زمینی از مناطق آلوده را نمی-داد، باوجود غیرمعمول بودن برای پرورش‌دهندگان محلی، مستقر شد. دادگاهی انکار مسئولیت و ضرورت عمل را به چالش کشید. کنگره‌ی ایالت متحده در سال ۱۹۴۸ قانون نماتد طلایی را برای کنترل در مناطق آلوده تصویب کرد. وضع قرنطینه و کنترل موجب توقف پخش نماتد به سایر نواحی کشت سیب‌زمینی در ایالات متحده شد.

کنترل

کنترل موضوع اصلی فصل‌های بعدی بوده و اقدامی مناسب در زمانی است که جامعه توانسته یا خواهد توانست با وجود آفت جدید به حیات خود ادامه دهد. در این حالت هزینه‌های اقتصادی، اجتماعی یا زیست محیطی سایر روش‌های جایگزین خیلی بالا است. وظیفه مدیریت در سطح کنترل از بخش عمومی به بخش خصوصی تغییر می‌کند. این وضعیت برای بیشتر آفاتی است که به خوبی مستقر شده‌اند و تجربیات IPM را شامل می‌شود.

ریشه‌کنی

هنگامی که واردسازی یک جاندار که به طور بالقوه خسارت‌زا است رخ دهد، در حالتی که سطح آلودگی هنوز کوچک است، اقداماتی برای حذف تمامی افراد آفت صورت می‌گیرد.

به دنبال پراکنش آفت مؤسسات دولتی یا خصوصی برای کنترل مورد نیاز هستند و ممکن است بودجه‌های دولت محلی و فدرال برای جبران هزینه‌ها در دسترس باشد. عدم پذیرش و انجام اقدامات کنترل آفت منجر به وضع جریمه‌های قابل توجه یا زندان می‌شود و عملیات کنترل با هزینه مالک و با وجود نارضایتی مالک انجام می‌شود. در این وضعیت کالای عمومی مردم حقوق افراد را پایمال کرده و مشکلاتی ایجاد می‌کند زیرا مفهوم آفت، انسان محور بوده و بنابراین به وسیله همه بخش‌های جامعه به طور یکسان مورد پذیرش قرار نمی‌گیرد به‌علاوه، همه بخش‌های جامعه به طور یکسان روش‌های مدیریت آفات را نمی‌پذیرند (برای نمونه، بعضی از افراد با هر گونه استفاده از آفت‌کش‌ها مخالف هستند).

[1] Long

ریشه‌کنی برای بعضی از آفات امکان‌پذیر نیست. ریشه‌کنی عوامل بیماری‌زای خاکزاد و نماتدهای مستقر شده در یک منطقه غیر ممکن است که تا اندازه‌ای مربوط به ماهیت مخفی این آفات است. این آفات موقعی مورد بررسی و توجه قرار می‌گیرند که پراکنش یافته و خود را در مناطق گسترده‌ای مستقر کرده‌اند. دلیل دیگر، مشکل بودن به‌کارگیری یک روش کنترل مؤثر برای تمام پروفیل خاک است.

ریشه‌کنی به‌راحتی صورت نمی‌گیرد و موفقیت برنامه‌ی ریشه‌کنی هیچ‌گاه معلوم نیست و تا اندازه زیادی به زیست شناسی آفت بستگی دارد. برنامه‌های ریشه‌کنی ممکن است به‌دلیل فعالیت‌های کنترل و دستورات نابودی محصول پرهزینه باشند، مانند شانکر مرکبات (بخش زیر را ببینید). برنامه‌های ریشه‌کنی به طور بالقوه برای عموم ناخوشایند است چون اغلب درک و شناخت اندکی درباره نیاز به کنترل وجود دارد و روش‌های کنترلی ممکن است مناطق بزرگی را در بر گیرند.

واردسازی‌ها اغلب در مناطق مسکونی صورت می‌گیرد چون بنادر ورودی نزدیک بوده یا افرادی از عامه مردم مواد گیاهی را به طور غیر قانونی و مشابه همدیگر به آنجا حمل و نقل کرده‌اند. چنین مناطق مسکونی چنانچه برنامه ریشه‌کنی مؤثر واقع شده باشد در معرض سم پاشی و سایر روش-های تیمار قرار داشته‌اند. به هرحال، اگر آفتی مستقر و منجر به زیان‌های غیر قابل قبولی شود (مانند حذف یک محصول از یک ناحیه)، آنگاه ریشه‌کنی ممکن است قابل توجیه باشد. در برخی موارد، تصمیمات ریشه‌کنی سال‌های زیادی بعد از استقرار آفت، اتخاذ شده است. منابع گسترده‌ای در زمینه مباحث مربوط به دلیل ریشه‌کنی در این مناطق وجود دارد. برنامه ریشه‌کنی سرخرطومی غوزه در جنوب شرق ایالات متحده و برنامه ریشه‌کنی مورچه آتشی در جنوب مثال‌هایی در این زمینه هستند.

در ادامه مثال‌هایی از برنامه‌های ریشه‌کنی در ایالات متحده ارائه شده است.

۱- شانکر مرکبات یک بیماری باکتریایی در مرکبات است که منجر به نابودی مرکبات می‌شود. شانکر مرکبات در اوایل دهه ۱۹۰۰ به ایالت فلوریدا واردسازی شد. ریشه‌کنی این بیماری در سال ۱۹۴۷ بعد از نابودی ۱/۵ میلیون از درختان مرکبات کاشته شده، ۱/۵میلیون از میزبان‌های جایگزین و ۶/۶ میلیون از درختان نهالستان و هزینه‌های مالی فراوان، مورد بررسی قرار گرفت. این مورد تنها بیماری است که ریشه‌کنی آن انجام شده است. این بیماری در سال ۱۹۸۴ دوباره در فلوریدا پیدا شد ولی استرین جدید به اندازه عامل اولیه اپیدمیک خطرناک نبود.

۲- لاروهای مگس میوه مدیترانه خسارت شدیدی در همه‌ی میوه‌های نرم ایجاد می‌کند (شکل ۳-۱۰ b). اگر این حشره اجازه استقرار در نواحی اصلی کشت مانند کالیفرنیا و فلوریدا پیدا کند، اثرات سوء فراوان خواهد داشت. واردسازی‌های متعدد مگس میوه مدیترانه به داخل این ایالت‌ها منجر به اقدامات ریشه‌کنی و تکرار آن‌ها شده است . بعضی از این اقدامات مورد پسند عامه مردم نبودند،

مانند ضرورت سم پاشی هوایی مخلوط مالاتیون با طعمه مسموم در مناطق بزرگی از لس‌آنجلس و سن‌ژوزه در کالیفرنیا.

۳- Hydrilla یک علف‌هرز آبزی است که کانال‌های آبیاری، سواحل و آبراهه‌ها را مسدود می‌کند و تهدید جدی برای شالیزارهای تولید برنج است. به علت پتانسیل بالا در مسدود کردن کانال‌های آبیاری و کاهش تولید برنج، بعد از هر واردسازی ریشه‌کنی صورت گرفت.

۴- Witchweed یک گیاه گلدار انگل است که به ریشه‌های ذرت و سایر گیاهان زراعی گرامینه متصل می‌شود. در کارولینای ایالات متحده آمریکا یک آلودگی موضعی کشف شد و ریشه کنی فدرالی موفق ارزیابی شد.

۵- سرخرطومی غوزه یک حشره مخرب است که پنبه را مورد حمله قرار می‌دهد و در حال حاضر تحت یک برنامه ریشه‌کنی در جنوب ایالات متحده قرار دارد. چندین ایالت عاری از سرخرطومی هستند و اندوخته‌های بزرگی برای پنبه‌کاران در این نواحی وجود دارد. پایه‌گذاری این برنامه با اصول اکولوژیکی بحث انگیز بوده است.

عملیات‌های ناموفق ریشه‌کنی در ایالات متحده شامل تلاش‌هایی برای کنترل بلایت شاه بلوط[1]، بیماری مرگ نارون هلندی[2] و مورچه آتشی وارداتی است.

خلاصه

افرادی که با گیاهان، جانوران یا کشاورزی در ارتباط‌اند نیازمند شناخت و آگاهی از مشکلات ایجاد شده به وسیله آفات گیاهی هستند. همچنین پیروی از قوانین قرنطینه‌ها که از واردسازی گیاهان و جانوران ناخواسته جلوگیری می‌کند، باید مورد توجه قرار گیرد. بر اساس گزارش اداره ارزیابی فناوری[3] کنگره ایالات متحده (۱۹۹۳)، بیشتر افرادی که با حیوانات کشاورزی سروکار دارند از قوانین ممانعت از ورود آفت حمایت می‌کنند. تعداد کمی از اصلاح‌کنندگان نژاد اقدام به وارد کردن یک حیوان بدون توجه به دستورات قرنطینه‌ای کرده‌اند. متأسفانه، بعضی از افراد در مورد گیاهان، به‌ویژه گیاهان زینتی، به مقررات قرنطینه‌ای برای گیاهان یا بخش‌های گیاهی توجهی ندارند. سهولت مسافرت بین‌المللی و تعداد زیاد مسافران، همراه با گسترش سریع تجارت بین‌المللی خطر هجوم آفت خارجی را افزایش می‌دهد. علی‌رغم هزینه‌های طولانی مدت و فراوان ، قدرت‌های بازار آزاد از قرنطینه‌ها حمایت مؤثر نمی‌کنند.

[1] Chestnut blight
[2] Dutch elm disease
[3] Office of technology assessment

اهمیت ممانعت از هجوم و پراکنش آفت نتوانسته مورد تأکید قرار گیرد. هزینه‌ها برای جامعه و محیط زیست شامل از بین رفتن محصول، محصولات آلوده، افزایش استفاده از روش‌های کنترلی نظیر آفت‌کش‌ها و خطر کاهش پناهگاه برای گونه‌های بومی به واسطه رقابت با گونه‌های خارجی است. هورث فال و کوولینگ (۱۹۷۷)[1] با اشاره به روش‌هایی که انسان عوامل بیماری‌زای گیاهی را از یک مکان به مکان دیگر است انتقال داده است می‌گوید:

"بشر در جهالت باورنکردنی خود در برهم زدن سیستم اکولوژیکی بزرگ که ناگزیر خودش بخشی از آن بوده، زیرکی عجیبی نشان می‌دهد"

مقصود تکرار رفتارها است که پایان درخور این فصل است مگر افراد جامعه بخواهند در این سطح از مدیریت آفت همکاری داشته باشند.

[1] Horsfall and Cowling

منابع

APHIS. 2000. WWW URLs for plant pest introduction laws and regulations. http://www.aphis.usda.gov/ppq/

Brasier, C. M. 2001. Rapid evolution ofintroduced plant pathogens via iriterspecific hybridization. Bioscience 51:123-133.

Campbell, F. T. 2001. The science of risk assessment for phytosanitary regulation and the impact of changing trade regulations. Bioscience 51:148-153.

CAST. 1987. Pests of plants and animals: Their introduction and spread. Ames. Ia.: Council for Agricultural Science and Technology.

Dahlsten, D. L., and R. Garcia, eds. 1989. Eradication of exotic pests: Analysis with case histories. New Haven, Conn.: Yale University Press, vi, 296.

Dewey, S, A., M. I. Ienkins, and R. C. Tonioli. 1995. Wildfire suppression-A paradigm for noxious weed management. Weed Technol. 9:621-627.

Horsfall, J. G., and E. B. Cowling. 1977. Some epidemics man has known. ln I. G. Horsfall and E. B. Cowling, eds., Plant disease: An advanced treatise. New York: Academic Press, 17-32.

Kahn, R. R 1989. Plant protection and quarantine. Boca Raton, Fla.: CRC Press, v, 3.

Luken, J. O., and J. W. Thieret. 1997. Assessment and management of plant invasions. New York: Springer, xiv, 324.

Mack, R. N., and W. M. Lonsdale. 2001. Humans as global plant dispersers; Getting more than we bargained for. Bioscience 51:95-102.

Mathur, S. B., and H. K. Manandhar. 1993. Quarantine for seed, FAO plant production and protection paper 119. Proceedings ofthe workshop on Quarantine for Seed in the Near East. International Center for Agricultural Research in the Dry Areas (ICARDA), Aleppo, Syrian Arab Republic, 2 to 9 November 1991; Rome, Food and Agriculture Organization ofthe United Nations, 296.

McGee, D, C., ed, 1997. Plant pathogens andthe worldwide movement of seeds. St. Paul, Minn.: APS Press, iii, 109.

McGregor, R. C., R I. Mulhern, and Import Inspection Task Force. 1973. The emigrant pests, A report to Dr. Francis I. Mulhern, administrator, Animal and Plant Health Inspection Service, v, 167.

Mooney, H. A., and R. J. Hobbs. 2000, Invasive species in a changing world. Washington, D.C.: Island Press, xv, 457.

Mullin, B, H., L. W. I. Anderson, I. T. DiTomaso, R. M. Eplee, and K. D. Getsinger. 2000. Invasive plant species. Ames, Ia.: Council for Agricultural Science and Technology.

Naylor, R. L. 2000. The economics of alien species invasions. In H. A, Mooney and R. I. Hobbs, eds., Invasive species in a changing world. Washington, D.C.: Island Press, 241-259.

Pimentel, D., l.. Loch, R. Zuniga, and D. Morrison. 2000. Environmental and economic costs of nonindigenous species in the United States. Bioscience 50:53-65.

Reinhard, S. H., and Il White. 2001. Horticulture as a pathway of invasive plant introductions in the United States. Bioscience 51:103-113.

Sharp, J. L., and G. I. Hallman, eds. 1994. Quarantine treatmentsfar pests offood plants. Studies in insect biology Boulder and New Delhi: Westview Press, Oxford & IBH Publishers, ix. 290.

Stein, B. A., and S. R. Flack, eds. 1996. Americals least wanted: Alien species invasion in U.S. ecosystems. Arlington, Va.: The Nature Conservancy. United States Congress, Office ol Technology Assessment. 1993. Harmful nan-indigenaus species in the United States. OTA-F-565. Washington, D.C.: U.S. Government Printing Ofhce, viii, 391.

Williams, M. C. 1980. Purposely introduced plants that have become noxious or poisonous weeds. Weed Sci. 28:300-305.

Wilson, C. L., and C. L. Graham, eds. 1983. Exotic plant pests and North American agriculture. New York: Academic Press, xvi, 522.

Wingfield, M. J., B, Slippers, I. Roux, and B. D. Wingfield. 2001. Worldwide movement of exotic forest fungi, especially in the tropics and the Southern Hemisphere. Bioscience 51:134-140.

فصل یازدهم: آفت‌کش‌ها

رئوس مطالب این فصل

- مقدمه
- انواع آفت‌کش‌ها
- جنبه‌های تاریخی
- فرایند ثبت آفت‌کش
- ویژگی‌های شیمیایی
- فناوری کاربرد
- بررسی‌های زیست‌محیطی
- برهم‌کنش‌های بین آفت‌کش‌ها
- سمیت آفت‌کش‌ها
- جنبه‌های قانونی استفاده از آفت‌کش‌ها
- حفاظت از مصرف‌کنندگان

مقدمه

آفت‌کش‌ها پیشرفت جدید در کشاورزی هستند. تعداد کمی از مواد شیمیایی معدنی (مانند گوگرد و آرسنیکال‌ها) طی چندین قرن استفاده شده‌اند ولی مواد شیمیایی آلی مصنوعی تنها از اواسط قرن بیستم به صورت آفت‌کش مورد استفاده قرار گرفته‌اند. از آن زمان، عوامل بیماری‌زای گیاهی، نماتدها و بندپایان آفت به وسیله روش‌های زراعی، انتخاب واریته‌های مقاوم، کنترل بیولوژیک و کاربرد تعداد کمی از آفت‌کش‌های موجود کنترل می‌شوند. مواد شیمیایی توسعه یافته از دهه ۱۹۴۰ کنترلی را فراهم کرده‌اند که نتوانسته است (در بیشتر موارد) از روش‌های دیگر کنترل به دست آید و به طور مهم‌تر، در جایی کنترل ایجاد کرده‌اند که قبل از آن هیچگاه کنترل وجود نداشت. به دلیل کارایی و سهولت کاربرد، چنین آفت‌کش‌هایی به‌طور سریع و گسترده مورد پذیرش واقع شدند.

کنترل علف‌هرز تا اندازه‌ای از کنترل جانور بندپا، نماتد و عامل بیماری‌زای گیاهی متفاوت است. به دلیل اثرات مخرب دائمی علف‌های هرز روی عملکرد محصول، اهمیت کنترل علف‌های هرز همواره مشخص بوده است. پیش از توسعه علف‌کش‌های شیمیایی آلی انتخابی، کنترل علف-

های هرز بیشتر در ردیف‌ها و به وسیله نیروی کار انسانی صورت می‌گرفت. در دسترس بودن علف‌کش‌های شیمیایی انتخابی نیروی کار انسانی مورد نیاز برای کنترل علف‌هرز را به طور چشمگیری کاهش داد که شاید دلیل اصلی پذیرش گسترده علف‌کش‌ها این تاثیر باشد.

برخی ارزیابی‌ها از کاربرد آفت‌کش نشان داده‌اند که آفات می‌تواند بدون استفاده از آفت‌کش‌ها کنترل شوند. از لحاظ نظری، می‌توان از کاربرد آفت‌کش برای مدیریت بندپایان و عوامل بیماری‌زا در صورتی که پیامدهای افزایش خسارت به محصولات برداشت شده قابل قبول باشد صرف نظر کرد. اما رشد سریع جمعیت جهان (شکل ۳-۱) این حالت را غیر قابل قبول می‌سازد. جوامع غربی صنعتی نمی‌توانند از علف‌کش‌ها صرف‌نظر کنند زیرا عدم کنترل علف‌های هرز، محصول را تخریب خواهد کرد. از طرفی نیروی کار انسانی برای کنترل علف‌های هرز در نبود علف‌کش‌ها کافی نخواهد بود. در ایالات متحده و بخش اعظم اروپای شرقی کمتر از دو درصد جمعیت به کشاورزی می‌پردازند (شکل ۱-۱ را ببینید). بجز در شرایط کمبود غذایی فاجعه آمیز، بعید است که مردم در کشورهای صنعتی علف‌های هرز را برای دوره زمانی طولانی ریشه‌کن کنند چراکه نیاز به حمایت کشاورزی در مقیاس وسیع خواهد بود. با معلوم شدن نیاز به محصولات (گیاهان) لیفی و غذایی در مقیاس وسیع تداوم مدیریت آفات با استفاده درست از آفت‌کش‌ها به صورت جزئی از مدیریت تلفیقی آفات (IPM) محتمل است.

مزایای آفت‌کش‌ها

چرا آفت‌کش‌ها جزء مهم بسیاری از سیستم‌های مدیریت تلفیقی آفات (IPM) باقی مانده‌اند؟ چندین دلیل وجود دارد، اگرچه این دلایل به‌طور یکسان به همه گروه‌های آفت‌کش مربوط نمی‌شوند. برخی از این دلایل واقعی و برخی استنباطی هستند.

۱- آفت‌کش‌ها کنترل‌کننده‌ی بعضی آفات هستند که در مورد آن‌ها روش‌های دیگر اثر نداشته است.

۲- آفت‌کش‌ها ممکن است نسبت به سایر روش‌های مدیریتی مانند استفاده از نیروی کارگری ارزان باشند. نوریس[1] با تجزیه و تحلیل هزینه‌ای نشان داد در تولید چغندرقند در کالیفرنیا با هزینه ۱۰ تا ۵۰ دلاری علف‌کش در هر جریب می‌توان علف‌هرز را کنترل کرد که نسبت به کنترل حاصل از ریشه‌کن کردن دستی علف‌هرز با هزینه ۴۰۰ تا ۷۰۰ دلاری در هر جریب ارزان‌تر است. تجزیه و تحلیل‌های اقتصادی هزینه- سود مستلزم ارزیابی دقیق منافع واقعی ناشی از استفاده آفت‌کش در IPM هستند.

[1] Norris

۳- بسیاری از منافع اقتصادی حاصل از استفاده آفت‌کش‌ها به افزایش در عملکرد (محصول) نسبت داده می‌شوند؛ بخشی از بهبود عملکرد ذکر شده به‌دلیل استفاده آفت‌کش‌ها همراه با استفاده از واریته‌های اصلاح شده و عملیات زراعی مختلف هستند.

۴- برای دستیابی به سطح معینی از کنترل استفاده از آفت‌کش‌ها ممکن است نیازمند انرژی کمتری نسبت به روش‌های مدیریتی دیگر باشد؛ به‌ویژه وقتی علف‌کش‌ها جایگزین روش‌هایی مانند خاک‌ورزی[1] که نیازمند سوخت برای تراکتورها است می‌شوند. اگرچه در مقایسه با حشره‌کش‌ها و قارچ‌کش‌ها، روش‌های کنترل بیولوژیکی و مقاومت گیاهی بر حسب هزینه‌های انرژی خیلی مؤثرتر هستند به‌ویژه اگر انرژی به‌کار رفته در تولید و حمل قارچ‌کش‌ها و حشره‌کش‌ها در نظر گرفته شود.

۵- آفت‌کش‌ها ممکن است نسبت به روش‌های جایگزین نیازمند دانش کمتری در زمینه زیست-شناسی آفت و فرایندهای اکوسیستم کشاورزی باشند.

۶- آفت‌کش‌ها اغلب اقدام درمانی سریع علیه آفت هدف فراهم می‌کنند و کنترل سریع یک آفت مشکل‌ساز موجود را ممکن می‌سازند. این دلیل به همراه مورد ۳ از دلایل اصلی پذیرش و استفاده از آفت‌کش‌ها بوده است.

۷- آفت‌کش‌ها میزان طراحی برنامه‌های مدیریتی مورد نیاز به وسیله مدیر آفت را، از طریق فراهم کردن توانایی کنترل آفات وقتی یافت می‌شوند و یا به سطح زیان اقتصادی می‌رسند، کاهش می-دهند. اجتناب از مشکلات آفت نیازمند طراحی و بررسی رخدادهای غیر قابل پیش‌بینی آینده است.

۸- هنگامی‌که آفت‌کش‌ها در شرایط مناسب به طور صحیح استفاده شوند، سطحی به نسبت قابل پیش‌بینی از کنترل فراهم می‌کنند. اغلب عدم قطعیت بیشتری در رابطه با استفاده از سایر روش‌ها وجود دارد.

۹- آفت‌کش‌ها در کشت‌های متوالی کنترل بیشتری را ممکن می‌سازند زیرا ضرورت محصولات تناوبی برای انگیزه‌های مدیریت آفت را کاهش می‌دهند. این محصولات ارزش اقتصادی بیشتری را فراهم می‌کنند و در نتیجه باعث افزایش منافع در طول زمان می‌شوند. این موضوع به‌ویژه در مورد علف‌کش‌های مورد استفاده برای کنترل علف‌هرز داخل ردیف در محصولات ردیفی صادق است.

۱۰- بعضی از آفت‌کش‌ها توسعه عملیات جدید کشاورزی را ممکن ساخته‌اند. برای مثال، در نبود علف‌کش‌ها بیشتر سیستم‌های فاقد خاک‌ورزی یا با خاک‌ورزی کم، مطلوب نخواهند بود.

۱۱- استفاده از آفت‌کش‌ها می‌تواند امکان تولید کشاورزی را در مناطقی ممکن سازد که بدون آفت‌کش‌ها تولید مطلوب امکان پذیر نخواهد بود.

---

[1] Tillage

۱۲- آفت‌کش‌ها می‌توانند تولید توکسین‌ها را در مواد غذایی که نتیجه آلودگی مواد غذایی به موجودات ایجاد کننده فساد هستند را کاهش دهند.

معایب آفت‌کش‌ها

بسیاری از مشکلات به دلیل استفاده نادرست از آفت‌کش ایجاد می‌شود. اندازه و اهمیت این مشکلات در بین گروه‌های آفت‌کش به طور قابل توجهی متفاوت است. همانند مزایای آفت‌کش‌ها برخی از معایب واقعی هستند ولی معایب دیگر تنها استنباطی هستند:

۱- اثرات روی موجودات غیر هدف. آفت‌کش‌ها ممکن است دارای اثراتی روی موجودات غیر هدف باشند که در دو سطح رخ می‌دهد:

۱-۱- در اکوسیستم کشاورزی. آفت‌کش‌ها ممکن است برای موجودات مفید مانند زنبور عسل یا حشرات مفیدی که در کنترل بیولوژیکی جمعیت‌های آفت حائز اهمیتند، مضر باشند. بعضی از آفت‌کش‌ها برای حیات وحش سمی هستند.

۱-۲- خارج از اکوسیستم کشاورزی. آفت‌کش‌ها ممکن است به بیرون از جایی که استفاده شده‌اند حرکت کنند و در نتیجه باعث آلودگی آب‌های سطحی یا زیر زمینی و تجمع آفت‌کش در زنجیره غذایی شوند.

۲- هزینه آفت‌کش‌ها. اگرچه ممکن است هزینه پایین دلیلی برای استفاده از آفت‌کش‌ها باشد، در سایر موقعیت‌ها آفت‌کش‌ها یک گزینش پرهزینه هستند. این ویژگی به‌ویژه در مدیریت حشرات معینی صدق می‌کند که کنترل بیولوژیکی یک جایگزین مطلوب است. در بسیاری از کشورهای در حال توسعه، هزینه آفت‌کش گزاف است. اغلب، نیروی کار ارزان جایگزین‌هایی برای آفت‌کش‌ها ارائه می‌دهد برای مثال وجین علف‌های هرز یا برداشت دستی کرم‌های روی گیاهان زراعی. به‌علاوه، تجزیه و تحلیل‌های اقتصادی هزینه – سود برای ارزیابی ارزش آفت‌کش مورد استفاده در IPM ضروری است.

۳- باقی‌مانده‌ها و بادبردگی (آفت‌کش). بعد از کاربرد یک آفت‌کش، باقی‌مانده آفت‌کش در خاک و در یا روی محصول برداشت شده باقی می‌ماند. باقی‌مانده‌های آفت‌کش چنانچه آفت‌کش‌ها به طور نادرستی به کارگرفته شوند ممکن است نگرانی ویژه‌ای در بر داشته باشد. بادبردگی هنگامی رخ می‌دهد که آفت‌کش‌ها در شرایط نامساعد آب و هوایی به کارگرفته می‌شوند. باد ممکن است آفت‌کش‌ها را به زمین‌های زراعی مجاور حمل کند که نتیجه آن خسارت به گیاهان و جانوران زمین‌های زراعی مجاور است.

۴- آلودگی مواد غذایی. این احتمال وجود دارد که باقی‌مانده‌های آفت‌کش در غذا پیامدهای بهداشتی نامطلوب و بلندمدت برای مصرف‌کنندگان ایجاد کند. باقی‌مانده‌های آفت‌کش نگرانی-

های ویژه برای غذای نوزادان ایجاد می‌کنند چراکه ممکن است تحمل نوزادان به طور کامل از تحمل افراد بالغ متفاوت باشد. هنگامی که آزمایش‌هایی انجام می‌شود، باقی‌مانده آفت‌کش یا قابل شناسایی نبوده یا در تحمل‌های پذیرفته شده قرار می‌گیرند.

۵- سمیت. از آنجایی که آفت‌کش‌ها مواد شیمیایی سمی هستند، دارای پتانسیل سمیت برای انسان، حیوانات اهلی و حیات وحش هستند. قوانین دولتی در تولید و کاربرد آفت‌کش‌ها (در ادامه در این فصل می‌بینید) برای به حداقل رساندن چنین خطراتی وضع می‌شوند.

۶- خطر برای کارگران مزرعه. آفت‌کش‌ها به دلیل سمیتشان دارای پتانسیل ایجاد بیماری در کارگران مزرعه به ویژه کارگرانی که محصولات بازاری تازه را با دست برداشت می‌کنند هستند. از آنجایی که این محصولات باید عاری از خسارت زیبایی باشند، نیازمند کاربرد آفت‌کش در نزدیکی زمان برداشت هستند.

۷- مشکلات ایجاد آفت. با استفاده مکرر آفت‌کش‌ها برخی مشکلات بالقوه آفت می‌تواند توسعه یابد.

۷-۱- مقاومت به آفت‌کش. استفاده مکرر یک آفت‌کش ممکن است منجر به انتخاب آفاتی شود که به آن آفت‌کش مقاوم هستند. این یک مشکل بزرگ برای استفاده از همه انواع آفت‌کش‌ها است ولی به ویژه برای حشره‌کش‌ها، علف‌کش‌ها، قارچ‌کش‌ها و باکتری‌کش‌ها (آنتی‌بیوتیک‌ها) مهم است. ما فصل ۱۲ را به بحث در مورد مقاومت و مدیریت مقاومت اختصاص داده‌ایم.

۷-۲- طغیان مجدد آفت[1]. وقتی آفت‌کش (به طور معمول یک حشره‌کش) آفت هدف را می‌کشد ولی حشرات مفید را نیز می‌کشد، اغلب جمعیت آفت به سطح بالاتری از سطح قبل از کاربرد آفت‌کش افزایش می‌یابد. این پدیده طغیان مجدد آفت نامیده می‌شود. وقتی بازماندگان جمعیت هدف شروع به تولیدمثل می‌کنند، تعداد آن‌ها به طور نمایی رشد می‌کند زیرا موجودات مفید که زمانی رشد جمعیت را محدود می‌کردند برای مدت طولانی وجود ندارند. طغیان مجدد آفت اغلب به کاربرد مکرر آفت‌کش منجر می‌شود. (مورد ۸ را ببینید).

۷-۳- طغیان آفات ثانویه. وقتی آفت‌کش آفت کلیدی را می‌کشد ولی آفت کم اهمیت (ثانویه) را نمی‌کشد، ممکن است جمعیت آفت کم اهمیت افزایش یافته و مهم شود. این مشکل مربوط به کاربرد حشره‌کش و همچنین علف‌کش است. طغیان علف‌های هرز ثانویه

[1] Pest resurgence

نیز جانشینی مجدد تلقی می‌شوند زیرا علف‌هرز کم اهمیت جایگزین علف‌هرز عمده که هدف اصلی علف‌کش بوده، می‌شود.

۸- استفاده یکنواخت و مداوم[1] از آفت‌کش. استفاده نادرست از آفت‌کش‌ها ممکن است منجر به بیشتر شدن کاربرد آفت‌کش‌ها و نیاز به مقادیر بالاتری از فراورده مورد نیاز برای کنترل آفت شود. این پدیده استفاده یکنواخت و مداوم از آفت‌کش نامیده می‌شود و نتیجه آن اختلال شدید اکوسیستم است (موارد ۷,۲ و ۷,۳ را ببینید). استفاده یکنواخت و مداوم از آفت‌کش (فصل ۱۲ را ببینید) نگرانی ویژه‌ای در رابطه با استفاده مفرط حشره‌کش‌ها ایجاد کرده است.

این فصل کاربرد آفت‌کش شیمیایی مصنوعی را در اکوسیستم‌های کشاورزی بررسی می‌کند و نقش آفت‌کش‌ها را در اثربخشی مدیریت تلفیقی آفات (IPM) شرح می‌دهد. آفت‌کش‌ها باید در فلسفه IPM از نظر پیامدهای زیست‌محیطی، اقتصادی و اجتماعی قابل قبول باشند.

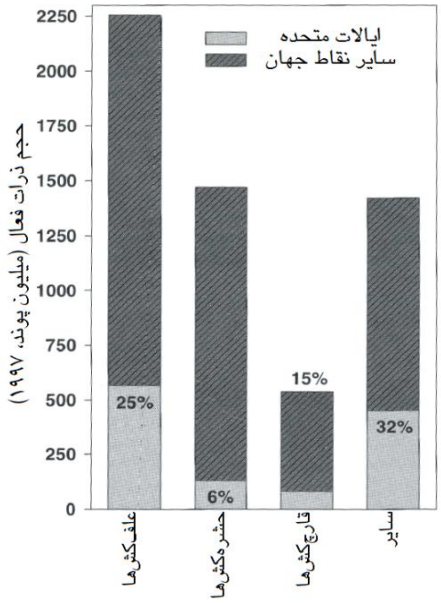
استفاده رایج و متداول

اگرچه آفت‌کش‌ها به طور گسترده استفاده می‌شوند اما تخمین دقیقی از مقادیر آفت‌کش‌ها موجود نیست. سازمان حفاظت محیط زیست (EPA) ایالات متحده اطلاعاتی در زمینه کاربرد آفت‌کش‌ها در ایالات متحده ارائه می‌دهد. اطلاعات زیر برآوردهایی از کاربرد آفت‌کش هستند که توسط EPA در سال ۱۹۹۹ ارائه شده است (آسپیلین و گروب[2] ۱۹۹۹).

۱ - تولید جهانی آفت‌کش‌ها در سال ۱۹۹۹، ۵/۷ بیلیون پوند برآورد شد که ۴۰ درصد از آن علف‌کش‌ها، ۲۶ درصد حشره‌کش‌ها، ۹ درصد قارچ‌کش‌ها و ۲۵ درصد سایر آفت‌کش‌ها (سموم تدخینی، حلزون‌کش‌ها و غیره) بودند (شکل ۱۱-۱).

۲ - در اوایل دهه ۱۹۸۰ کاربرد آفت‌کش‌ها در ایالات متحده به اوج خود در حدود ۱/۱۲ بیلیون پوند رسید و در اواسط دهه ۱۹۹۰ به زیر ۱ بیلیون پوند (به طور تدریجی) کاهش یافت (شکل ۱۱-۲). کاهش تدریجی به طور عمده به سبب کاهش استفاده‌های غیر کشاورزی از آفت‌کش‌ها بود. به سبب افزایش قیمت‌ها، ارزش دلاری آفت‌کش‌های تولیدی به افزایش خود ادامه داده‌اند. طی دهه ۱۹۸۰ و دهه ۱۹۹۰، استفاده از علف‌کش و قارچ‌کش به طور تقریبی ثابت باقی ماند (شکل ۱۱-۳)، استفاده از حشره‌کش و استفاده از سایر مواد شیمیایی (به تدریج) کاهش یافت و استفاده از قارچ‌کش‌ها و سایر آفت‌کش‌های متداول افزایش یافت.

[1] Treadmill
[2] Aspelin and Grube



شکل ۱۱- ۱: برآورد تولید آفت‌کش در جهان در سال ۱۹۹۷ طبق گروه‌های اصلی آفت‌کش‌ها. درصد بیان شده در هر ستون مربوط به USA نسبت به مجموع جهان است. منبع: داده‌ها از Aspelin و Grube، ۱۹۹۹.

۳ - در سال ۱۹۹۷ در حدود ۸۹۰ آفت‌کش با ساختار شیمیایی متفاوت مورد استفاده قرار گرفت (غیر تولیدی)؛ که نسبت به حد بالای ۱۲۰۰ در اواسط دهه‌ی ۱۹۸۰ یک کاهش بود.

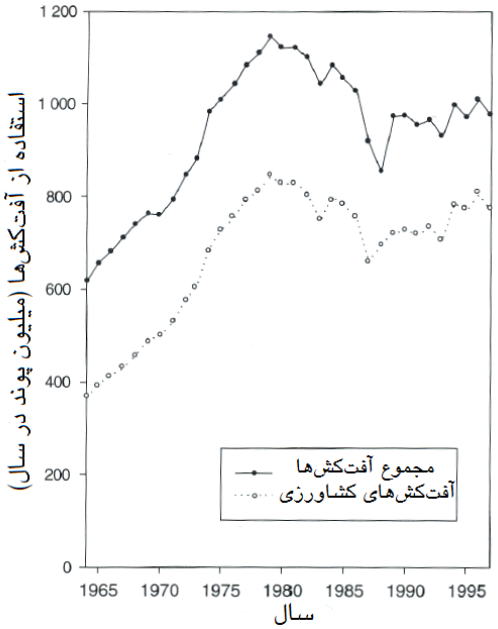
۴ - قریب به ۹۰ درصد از علف‌کش‌ها و حشره‌کش‌های مورد استفاده در ایالات متحده روی ذرت، سویا، پنبه و غلات دانه ریز (نظیر سورگوم) به کار می‌روند ولی آفت‌کش‌های کشاورزی فقط معرف نسبت کوچکی از کل کاربرد آفت‌کش‌ها در ایالات متحده هستند (شکل ۱۱-۴).

۵ - علف‌کش‌ها متداول‌ترین آفت‌کش‌ها در ایالات متحده هستند و بعد از آن‌ها، به ترتیب سموم گازی (تدخینی)، حشره‌کش‌ها و قارچ‌کش‌ها قرار می‌گیرند (شکل ۱۱-۵). برآورد شده که این آفت‌کش‌ها بیش از ۸۰ درصد کل کاربرد آفت‌کش‌ها در کشاورزی هستند. کاربرد سموم گازی در بخش خانه و باغ مجاز نیست.

۶ - در سال۱۹۹۷، ۱۶ آفت‌کش از ۲۵ آفت‌کش دارای بیشترین فروش در ایالات متحده علف‌کش (top 2)، ۴ مورد زنده‌کش[1] که برای همه آفات سمی هستند، ۳ مورد قارچ‌کش و ۲ مورد حشره‌کش بودند.

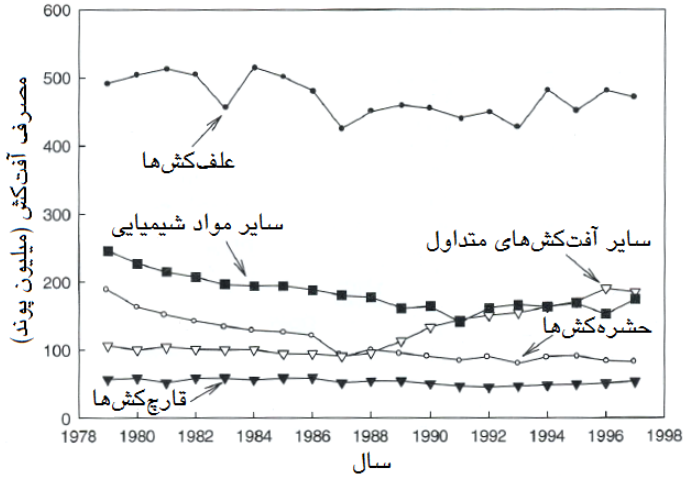
۷ - هیپوکلریت سدیم (ماده سفیدکننده[2]) برای کشتن میکروارگانیسم‌ها در آب آشامیدنی و استخرهای شنا و به صورت یک ماده ضدعفونی در بیمارستان‌ها، رستوران‌ها و مکان‌های عمومی دیگر استفاده می‌شود. این ماده یک آفت‌کش در نظر گرفته می‌شود و درصد بالایی از کاربرد آفت‌کش‌های غیرکشاورزی را شامل می‌شود (شکل ۱۱-۴).

ایالت کالیفرنیا دارای اطلاعات دقیقی در زمینه کاربرد آفت‌کش است زیرا سازمان حفاظت محیط زیست کالیفرنیا (Cal EPA) در سال ۱۹۹۲ شرط کرد که کاربرد همه آفت‌کش‌های تجاری باید گزارش شود. امروزه اطلاعات کاربرد آفت‌کش‌ها در کالیفرنیا (تا سال ۱۹۹۹) در اینترنت موجود است (EPA کالیفرنیا، ۲۰۰۱).

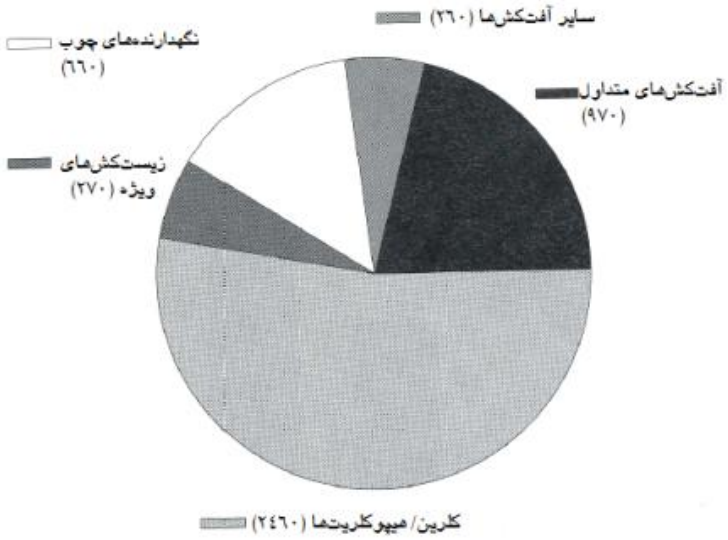


شکل ۱۱- ۲: برآورد کاربرد آفت‌کش‌های متداول در ایالات متحده از سال ۱۹۶۴ تا ۱۹۹۷. مجموع آفت‌کش‌ها شامل آفت‌کش‌های کشاورزی و غیرکشاورزی (صنعتی،تجاری،دولتی و استفاده خانگی) است. منبع: داده‌ها از Aspelin و Grube، ۱۹۹۹.

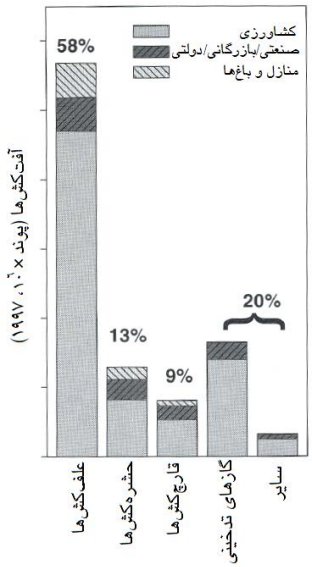
[1] Biocides
[2] Chlorine bleach



شکل ۱۱- ۳: تغییر در استفاده از گروه‌های اصلی آفت‌کش‌های متداول شامل سایر مواد شیمیایی از قبیل تنظیم‌کننده‌های رشد و رطوبت‌گیرها در ایالت متحده بین سال‌های ۱۹۷۸ تا ۱۹۹۷. منبع: داده‌ها از Aspelin و Grube، ۱۹۹۹.



شکل ۱۱- ۴: قیاس انواع مختلف آفت‌کش‌های فروخته شده در ایالات متحده در سال ۱۹۹۷؛ اعداد داخل پرانتز میلیون پوند در هر سال است. منبع: داده‌ها از Aspelin و Grube، ۱۹۹۹.



شکل ۱۱- ۵: مقایسه‌ی استفاده از گروه‌های اصلی آفت‌کش‌های متداول در ایالت متحده در سال ۱۹۹۷ طبق نوع بازار؛ درصدها سهم هر گروه اصلی آفت‌کش به کل را نشان می‌دهد. منبع: داده‌ها از Aspelin و Grube، ۱۹۹۹.

انواع آفت‌کش‌ها

برخی آفت‌کش را یک ماده شیمیایی در نظر می‌گیرند که حشرات را می‌کشد. شبیه واژه آفت (Pest) که در فصل اول بحث شد این تصور اشتباه است زیرا آفت‌کش‌های مختلفی وجود دارند که هدف آن‌ها هریک از گروه‌های آفت است. اگرچه یکی از ریشه‌های کلمه‌ی Pesticide (آفت‌کش)، icide- است که به معنی کشتن است، همه آفت‌کش‌ها برای آفات هدفشان کشنده نیستند. بعضی از آفت‌کش‌ها آفت هدف را ناتوان می‌سازند، در نتیجه از ایجاد خسارت جلوگیری می‌کنند. به طور کلی، آفت‌کش به موادی گفته می‌شود که دارای چندین سطح سمیت برای موجوداتی است که آفت تعریف می‌شوند. سه منشاء مختلف از آفت‌کش‌ها تشخیص داده می‌شوند.

۱ - آفت‌کش‌های شیمیایی معدنی (غیر آلی). این آفت‌کش‌ها از عناصر شیمیایی غیر از کربن به وجود می‌آیند.

۲ - آفت‌کش‌های شیمیایی آلی مصنوعی. این واژه در مفهوم مواد شیمیایی استفاده می‌شود که ترکیبات دارای کربن هستند و از مواد شیمیایی مبتنی بر نفت حاصل می‌شوند.

۳ - آفت‌کش‌های زیستی[1]. آفت‌کش‌هایی هستند که منشاء بیولوژیکی دارند. این واژه ممکن است به مواد شیمیایی تولید شده به وسیله موجودات زنده (مانند آنتی بیوتیک‌ها یا فرمون‌ها) یا خود یک موجود (مانند یک سوسپانسیون باکتریایی) اطلاق شود.

تعریف آفت‌کش بیانگر تفاوت‌های ناشی از منبع اولیه (منشاء) آفت‌کش یا نحوه اثر آفت‌کش نیست. تعریف آفت‌کش در اصل جامع‌تر بوده و شامل مواد شیمیایی است که تغییر دهنده رشد یا رفتار آفت یا تنظیم رشد گیاه هستند. بنابراین آفت‌کش‌ها شامل همه مواد شیمیایی است که در فهرست زیر ارائه شده است.

انواع آفت‌کش‌های اصلی

نوع آفت‌کش	موجود زنده‌ی مورد حمله
قارچ‌کش	قارچ
باکتری‌کش	باکتری
آنتی بیوتیک	باکتری
علف‌کش	گیاهان (علف‌های هرز)
سیلویساید	درختان
مایکوهربیساید	گیاهان
جلبک‌کش	جلبک
لجن زدا	موجودات لجن شکل
نماتدکش	نماتد
حلزون کش	حلزون و نرم‌تنان
حشره‌کش	حشرات
بالغ کش	بالغ‌ها
لاروکش	لاروها
تخم کش	تخم‌ها
شته کش	شته‌ها
کنه کش	کنه‌ها
کنه کش	کنه‌های عنکبوتی
پری‌داساید	مهره‌داران
جونده‌کش	موش‌ها
پرنده‌کش	پرندگان
ماهی‌کش	ماهی

[1] Biopesticides

آفت‌کش‌های اضافی و مواد شیمیایی مربوط

آفت‌کش	نوع اثر
مواد ضدعفونی کننده (بیشتر کلره)	میکروارگانیسم‌ها
حفاظت‌کننده‌ای چوب	موجودات پوساننده چوب
دورکننده‌ها	دورکننده‌ی حیوانات آفت
جلب‌کننده‌ها	جلب‌کننده‌ی حیوانات آفت
تنظیم‌کننده‌های رشد	تغییردهنده‌ی رشد محصول/آفت
خشکاننده‌ها	خشک کردن شاخ و برگ
برگریزان‌ها	باعث ریزش برگ‌ها می‌شود
مواد کمکی	افزایش ویژگی‌های پاشش
سینرژیست‌ها	افزایش سمیت آفت‌کش

جنبه‌های تاریخی

در ادامه تاریخچه مختصری از توسعه آفت‌کش وجود دارد. فهرست جامعی از تاریخ‌های مربوط به اطلاعات آفت‌کش‌ها در جدول ۱۱-۱ ارائه می‌شود.

مواد شیمیایی معدنی

از لحاظ تاریخی، ترکیبات معدنی در برگیرنده تعدادی از اولین مواد شیمیایی به‌کاررفته برای کنترل آفت بودند. گوگرد در ۱۰۰۰ سال قبل از میلاد برای گازدهی خانه‌ها استفاده شد و آرسنیک برای کنترل حشرات به طور تقریبی از سال ۹۰۰ میلادی در چین استفاده شده است. آرسنات سرب یکی از اولین حشره‌کش‌هایی بود که کنترل قابل اطمینانی از شروع اواسط قرن نوزدهم فراهم کرد. در حدود سال ۱۸۸۰ مخلوط‌های مس و آهک برای کنترل سفیدک روی درختان مو معرفی شد. در اواخر قرن نوزدهم کاربرد بوره[1] برای حشره‌کشی و علف‌کشی آغاز شد. کلرات‌ها در اوایل قرن بیستم برای کنترل علف‌هرز غیر انتخابی معرفی شدند ولی کلرات‌ها دارای ویژگی نامطلوب در ایجاد خطرات آتش سوزی به حالت انفجار در گیاهان خشک هستند بنابراین امروزه به ندرت استفاده می‌شوند. آفت‌کش‌های مبتنی بر ترکیبات جیوه در اوایل قرن بیستم به صورت قارچ-کش معرفی شدند ولی امروز کاربرد آن‌ها متوقف شده است.

[1] Borax

جدول ۱۱-۱ تاریخچه‌ی گزارش رخدادهای مربوط به استفاده از آفت‌کش‌ها

قبل از میلاد	
۱۲۰۰	استفاده از نمک و خاکستر برای نابودی مزارع دشمن؛ اولین گزارش استفاده از علف‌کش‌های غیرانتخابی.
۱۰۰۰	هومر از گوگرد برای ضدعفونی و سایر روش‌های کنترل آفات استفاده کرد.
۱۰۰	رومی‌ها از گیاهان سمی برای کنترل جوندگان، موش و حشرات استفاده می‌کردند.
۲۵	گزارش ورجیل از تیمار بذرها با نیترات سدیم و آمورکا.
بعد از میلاد	
۷۰	Pliny the Elder فعالیت‌های کنترل آفت را در نوشتارهای یونانی پیش از سه قرن گزارش کرد؛ اغلب این فعالیت‌ها بر اساس افسانه‌ها و خرافه‌ها بود.
۹۰۰	استفاده چینی‌ها از آرسنیک برای کنترل حشرات.
۱۳۰۰	گزارش مارکوپولو از استفاده‌ی روغن‌های معدنی برای کنترل جرب شتر.
۱۶۴۹	استفاده از روتنون برای فلج کردن ماهی در امریکای جنوبی.
۱۶۶۹	اولین استفاده از آرسنیک به صورت حشره‌کش در غرب جهان، استفاده از عسل برای طعمه مورچه.
۱۶۹۰	استفاده از عصاره‌ی تنباکو به صورت حشره‌کش تماسی.
۱۷۷۳	ضدعفونی با نیکوتین با حرارت دادن تنباکو و دمیدن دود آن به گیاهان آلوده.
۱۷۸۷	استفاده از صابون به صورت حشره‌کش.
	معرفی امولسیون تربانتین برای دفع و نابودی حشرات.
۱۸۰۰	پودر شپش‌کش پارسی (پیرتروم) معروف به قفقاز. افشاندن آهک و گوگرد در کنترل حشرات. تجویز روغن وال برای کنترل سپرداران.
۱۸۱۰	پیشنهاد حوضچه‌ی گندزدایی حاوی آرسنیک برای کنترل جرب گوسفند.
۱۸۲۰	استفاده از روغن ماهی به صورت حشره‌کش.
۱۸۲۱	گزارش گوگرد برای نابودی قارچ‌های مولد سفیدک توسط John Robertson در انگلستان.
۱۸۲۲	مخلوط کلرید جیوه و الکل برای کنترل ساس.
۱۸۲۵	استفاده از کواسیا در طعمه مگس به صورت حشره‌کش.
۱۸۴۲	صابون روغن وال به صورت حشره‌کش.
۱۸۴۵	معرفی خمیر فسفر برای کنترل موش‌ها به صورت موش‌کش‌های مجاز توسط Prussia؛ این ترکیب در سال ۱۸۵۹ در کنترل سوسری‌ها استفاده شد.
۱۸۴۸	گزارش استفاده از دریس (روتنون) در کنترل حشرات در آسیا.
۱۸۵۱	کاربرد جوشانده گوگرد آهک در ورسای توسط Grison.
۱۸۵۴	سنجش آزمایشگاهی کربن دی‌سولفید برای ضدعفونی حبوبات.
۱۸۵۸	اولین استفاده از پیرتروم در ایالات متحده.
۱۸۶۰	کاربرد محلول کلریدجیوه برای نابودی آفات خاکزی مانند کرم‌خاکی.
۱۸۶۷	استفاده از سبز پاریس در نقش یک حشره‌کش.
۱۸۶۸	کاربرد امولسیون‌های نفتی برای پاشش زمستانه روی درختان میوه برگ‌ریز.

۱۸۷۷ اولین استفاده از سیانید هیدروژن به صورت ضدعفونی‌کننده برای تدخین نمونه‌های موزه.
۱۸۷۸ گزارش بنفش لندن برای جایگزینی سبز پاریس (هر دو آرسنیک هستند).
۱۸۸۰ استفاده از آهک گوگرد برای شپشک سن‌ژوزه در کالیفرنیا.
۱۸۸۲ استفاده از قرص‌های نفتالین برای حفاظت از کلکسیون‌های حشرات.
۱۸۸۳ Millardet ارزش محلول بردو را در فرانسه کشف کرد.
۱۸۸۶ استفاده از سیانیدهیدروژن در ضدعفونی درختان مرکبات در کالیفرنیا، ایالت متحده آمریکا.
استفاده از صابون رزینی روغن ماهی به صورت سپردارکش در کالیفرنیا.
۱۸۹۰ استفاده از کاربولینیوم، بخشی از قطران زغال سنگ، در آلمان روی درختان زمستانه‌ی میوه.
۱۸۹۲ آرسنات سرب اولین بار برای ابریشم باف ناجور تهیه و استفاده شد در ماساچوستز، ایالات متحده آمریکا.
اولین استفاده از ترکیب دی‌نیتروفنول، نمک پتاسیم چهار-شش- دی‌نیترو او کرزول به صورت حشره-کش.
۱۸۹۶ استفاده از سولفات مس به طور انتخابی برای علف‌های هرز مزرعه غلات.
حق امتیاز بریتانیا به ترکیبات فلورین غیر آلی به صورت حشره‌کش.
۱۸۹۷ استفاده از روغن سیترونلا به صورت دورکننده‌ی پشه‌ها.
۱۹۰۲ کشف ارزش گوگرد آهک برای کنترل جرب سیب در نیویورک، ایالات متحده آمریکا.
۱۹۰۶ تصویب قانون فدرالی غذا، دارو و مواد آرایشی (قانون غذای سالم). اولین استفاده از امولسیون‌های روغن-های روان‌کننده در درختان مرکبات.
۱۹۰۷ استفاده از آرسنات کلسیم در آزمایشگاه به صورت حشره‌کش.
۱۹۰۹ آزمایش ابتدایی سولفات نیکوتین ۴۰٪ تهیه شده در کلرادو، ایالات متحده آمریکا.
۱۹۱۰ تصویب قانون حشره‌کش‌های فدرال ایالات متحده آمریکا.
۱۹۱۱ اولین انتشار کاربرد، مردم شرق، از دریس به صورت حشره‌کش در انحصار بریتانیا.
۱۹۱۲ اولین معرفی آرسنیت زینک به صورت حشره‌کش.
کاربرد p- Dichlorobenzene در ایالات متحده به صورت دفع کننده تدخینی شب‌پره روی لباس‌ها.
۱۹۱۷ نیکوتین سولفات اولین بار در یک حامل خشک برای گرد پاشی استفاده شد.
۱۹۲۱ اولین استفاده از هواپیما برای انتشار گرد حشره‌کش‌ها روی *Ceratomia catalpae* در تروی ایالت اوهایو، ایالات متحده آمریکا.
۱۹۲۲ شروع استفاده تجاری از سیانید کلسیم.
اولین استفاده هوایی از یک حشره‌کش روی پنبه در Tallulah، ایالت لوئیزیانا، ایالات متحده آمریکا.
۱۹۲۳ کشف ژرانیول به صورت جاذب سوسک ژاپنی.
۱۹۲۴ کاب (دریس) اولین بار در ایالت متحده به صورت حشره‌کش آزمایش شد.
اولین آزمایش کریولیت برابر سوسک مکزیکی.
۱۹۲۵ آزمایش ترکیبات سلنیوم به صورت حشره‌کش.
۱۹۲۷ وضع خطای مجاز برای استفاده از آرسنیک روی سیب توسط سازمان غذا و داروی ایالات متحده.
کشف اتیلن دی کلرید به صورت ضدعفونی‌کننده تدخینی مفید.
۱۹۲۸ کاشت پیرتروم در کنیا.
ثبت اکسید اتیلن به صورت ضدعفونی‌کننده تدخینی حشرات.

۱۹۲۹ ثبت آلکیل فتالات به صورت دفع‌کننده حشرات.
تولید ان - بوتیل کاربیتول تیوسیانات به طور تجاری به صورت یک حشره‌کش تماسی سنتزی.
معرفی کریولیت به صورت یک حشره‌کش.
۱۹۳۰ اولین ترکیب نیکوتینی پایدار، نیکوتین تانات، به صورت سم گوارشی استفاده شد.
۱۹۳۱ جداسازی آنابازین از گیاهان و تولیدش در آزمایشگاه.
کشف تیرام به صورت اولین قارچ‌کش گوگردی ارگانیک.
۱۹۳۲ اولین استفاده از متیل بروماید به صورت ضدعفونی‌کننده تدخینی در فرانسه.
کشف اتیلن و استیلن به صورت تحریک‌کننده گلدهی در آناناس، اولین تنظیم کننده رشد گیاهان.
۱۹۳۴ ترکیبات نیکوتین – بنتونین که ابتدا منحصر به گرد نیکوتین بودند گسترش یافتند.
۱۹۳۶ معرفی پنتاکلروفنول برای حفاظت چوب برابر قارچ‌ها و موریانه‌ها.
۱۹۳۸ TEPP اولین حشره‌کش ارگانوفسفات توسط Gerhardt Schrader کشف شد.
تصویب اصلاحیه آفت کش‌ها به قانون غذای سالم تصویب شده در سال ۱۹۰۶ برای جلوگیری از آلـودگی مواد غذایی.
Bacillus thuringiensis اولین بار به صورت حشره‌کش میکروبی استفاده شد.
ورود DNOC اولین علف‌کش دی‌نیتروفنول از فرانسه به آمریکا.
۱۹۳۹ معرفی رات‌گرس ۶۱۲، اولین دورکننده خوب حشرات.
کشف ددت به صورت حشره‌کش از پائول مولر در سوئیس.
۱۹۴۰ ثبت روغن کنجد که یک سینرژیست برای حشره‌کش‌های پیرترینی است.
۱۹۴۱ کشف هگزاکلروسیکلوهگزان (BHC) درفرانسه به صورت یک حشره‌کش.
معرفی حشره‌کش‌های آئروسول که توسط گازهای مایع شده پاشیده می‌شوند.
۱۹۴۲ ورود اولین بسته‌ی ددت به ایالات متحده برای استفاده‌ی آزمایشگاهی.
معرفی تو فور دی، اولین علف‌کش هورمونی (یا فنوکسی).
۱۹۴۳ معرفی تجاری زینب، اولین قارچ‌کش دی‌تیوکاربامات.
۱۹۴۴ معرفی ۲، ۴، ۵ – تی برای کنترل بوته‌ها و درختان و وارفارین برای کنترل جوندگان.
۱۹۴۵ معرفی اولین علف‌کش سنتزی، سولفامات آمونیوم، برای کنترل بوته‌ها. معرفی کلردان اولـین حشـره‌کـش پایدار سیکلودین کلردار.
تهیه‌ی پروفام، اولین علف‌کش کاربامات.
۱۹۴۶ گسترش حشره‌کش‌های ارگانوفسفات TEPP و پاراتیون در آلمان برای تولیدکنندگان آمریکایی.
اولین مشاهده‌ی مقاومت به ددت در مگس خانگی در سوئد.
۱۹۴۷ معرفی حشره‌کش توکسافن، پرمصرف‌ترین حشره‌کش در تاریخ کشاورزی ایالات متحده آمریکا.
تصویب قانون استفاده از حشره‌کش‌ها، قارچ‌کش‌ها و جونده‌کش‌ها (FIFRA).
۱۹۴۸ اولین تولید آلدرین و دیلدرین، بهترین حشره‌کش‌های پایدار در خاک.
۱۹۴۹ معرفی کاپتان اولین قارچ‌کش دی کاربوکسیمید جهت استفاده.
تهیه‌ی اولین پیرتروئید سنتزی، آلترین.
۱۹۵۰ معرفی مالاتیون، شاید ایمن‌ترین حشره‌کش ارگانوفسفات.
معرفی قارچ‌کش مانب.

۱۹۵۱ معرفی اولین حشره‌کش‌های کاربامات: ایزولان، دی‌متان، پیرامات و پیرولان.
۱۹۵۲ اولین توصیف ویژگی‌های قارچ‌کشی کاپتان.
۱۹۵۳ توصیف ویژگی‌های حشره‌کشی دیازینون در آلمان.
معرفی آفت‌کش گواتیون.
۱۹۵۴ تصویب متمم میلر قانون اجرایی سازمان غذا، دارو و مواد آرایشی؛ وضع خطای مجاز برای همه‌ی حشره-کش‌ها روی مواد غذایی خام و سایر محصولات غذایی.
۱۹۵۶ معرفی کاربارِیل، اولین حشره‌کش کاربامات موفق.
۱۹۵۷ جیبریلیک اسید، تنظیم کننده رشد گیاهان، در دسترس کشاورزان قرار گرفت.
۱۹۵۸ معرفی آترازین اولین علف‌کش ترایزین و پاراکوات اولین علف کش بی‌پیریمیدین.
اضافه شدن بند Delaney به FFDCA ممنوعیت مواد سرطان‌زا در غذا.
۱۹۵۹ ممنوعیت کرانبری توسط سازمان FDA آمریکا به دلیل ته‌مانده زیاد علف کش آمینوتریازول.
FIFRA (۱۹۴۷) تمام سموم اقتصادی را اصلاح کرد. برای نمونه نماتدکش دسیکانت.
۱۹۶۰ در دسترس قرار گرفتن علف‌کش تریفلان®.
اولین ثبت *Bacillus thuringiensis* روی کاهو و محصولات کلمی.
۱۹۶۱ معرفی جونده‌کش کلروفاسینون و قارچ‌کش مانکوزب.
۱۹۶۲ انتشار کتاب بهار خاموش توسط دکتر راشل کارسون.
۱۹۶۳ پدیدار شدن ®Shell No- pest strip به عنوان تدخین کننده بسیار آرام برای مصارف خانگی.
۱۹۶۴ توصیف ویژگی‌های قارچ‌کشی دیابندازول.
۱۹۶۵ گسترش تمیک® اولین حشره‌کش و نماتدکش به کار گرفته شده در خاک.
۱۹۶۶ گسترش کاربوکسین اولین قارچ‌کش سیستمیک.
معرفی حشره‌کش متومیل و کنه‌کش- تخم‌کش کلرودی‌میفرم.
۱۹۶۷ معرفی گروه دوم قارچ‌کش‌های سیستماتیک با بنومیل.
۱۹۶۸ کشف تترامترین، ریزمترین و بیوریزمترین (پیریتروئیدهای مصنوعی) با فعالیت حشره‌کشی بالا نسبت به پیرترین‌های طبیعی.
انتشار اولین مقاومت به علف‌کش در یک علف‌هرز (زلف پیر به به آترازین).
۱۹۶۹ آریزونا، ایالتی در آمریکا، برای استفاده از ددت در کشاورزی مهلت قانونی تعیین کرد.
USDA سیاست‌هایی را برای آفت‌کش‌ها به کار گرفت تا استفاده از مواد پایداررا منع کند چراکه روش-های موثرتر که ته مانده سموم ندارند برای کنترل در دسترس است.
انتشار گزارشی از مارک مبتنی بر تمرکز روی حفظ محیط زیست که در نتیجه‌ی آن سازمان حفاظت محیط زیست در سال ۱۹۷۰ ایجاد شد.
۱۹۷۰ تشکیل سازمان حفظ محیط زیست ایالات متحده (EPA) که مسئول ثبت آفت‌کش‌ها شد (به جای USDA).
توقف ثبت ترکیبات آلکیل سرب برای تیمار بذور. انتقال مرجع وضع خطای مجاز برای آفت‌کش‌ها در غذاها و خوراکی‌ها از FDA به EPA.
۱۹۷۱ اولین معرفی علف‌کش گلینوزات.
۱۹۷۲ تصویب لایحه‌ی فدرال کنترل آفت‌کش‌های محیطی (اصلاح شده‌ی FEPCA یا FIFRA).

معرفی اولین حشره‌کش میکروکپسول پن کاپ ام ® (متیل پاراتیون).
کالیفرنیا جواز راهنمای کنترل همه‌ی آفات را بنیاد نهاد.

۱۹۷۳ گسترش اولین پیرتروئید سنتزی مقاوم به نور، پرمترین.
EPA ایالات متحده آمریکا نزدیک به تمام کاربردهای ددت را ابطال کرد.

۱۹۷۴ EPA اولین استانداردها برای ورود مجدد کارگران به زمین‌های آفت پاشی شده را تنظیم کرد (برای نمونه فواصل ورود مجدد از ۲۴ یا ۴۸ ساعت نسبت به سمیت پوستی آفت‌کش‌ها است).

۱۹۷۵ ابطال تمام کاربردهای آلدرین و دیلدرین به استثنای موریانه‌کش‌ها.
ثبت اولین ویروس برای کنترل کرم جوانه و غوزه‌ی پنبه.
EPA اولین تنظیم کننده رشد حشرات (متوپرن) را ثبت کرد.

۱۹۷۶ صدور احکام مردودی در برابر ثبت (RPAR) برای استریچنین، اندرین، کپن®، ۱۰۸۰ و BHC در آمریکا.
تصویب لایحه‌ی کنترل مواد سمی(TSCA) در ۱۱ اکتبر.
EPA اغلب مصارف آفت‌کشی ترکیبات سربی را ابطال کرد.

۱۹۷۷ توقف استفاده از دی بروموکلروپروپان (DBCP) و EPA همه‌ی موارد استفاده‌ی ثبت شده برای Mirex® را ممنوع کرد.

۱۹۷۸ EPA اولین RPAR کامل یک آفت‌کش (کلروبنزیلات) را منعقد کرد. تایید آموزش کامل برای مصرف کنندگان شخصی و تجاری برای استفاده از آفت‌کش‌های دارای کاربرد محدود.
طراحی متمم اضافه شده به FIFRI برای بهبود فرایندهای ثبت حشره‌کش‌ها.
EPA اولین فهرست آفت‌کش‌های دارای کاربرد محدود منتشر کرد.
اولین ثبت یک فرومون (gossyplure برای کرم سرخ پنبه) برای استفاده روی پنبه.
انتشار کتاب توطئه آفت‌کش‌ها از رابرت ون دن بوش.

۱۹۷۹ EPA اغلب موارد استفاده از ۲، ۴، ۵ – تی و سیلوکس را متوقف کرد.

۱۹۸۰ کنگره قوانین جدیدی را برای مسئولیت نظارت EPA وضع کرد.

۱۹۸۲ تصویب لایحه‌ی جامع مسئولیت و جبران خسارت پاسخ زیست محیطی(CERCIA یا Superfund) به منظور تمیز کردن ته مانده‌ها، ضایعات و زباله‌های سمی.
امتحان مجدد بند Delaney. هیچ افزودنی غذایی سرطان‌زایی نمی‌تواند در فرآیند تولید غذا استفاده شود. آفت‌کش‌ها در این طبقه‌بندی مستثنی هستند.
قبل از هر عمل تنظیم کنندی EPA روی آفت‌کش‌ها باید خطرها و مزایای آن تجزیه و تحلیل شود.

۱۹۸۳ EPA ایالات متحده آمریکا اغلب موارد استفاده از اتیلن دی‌بروماید را لغو کرد.

۱۹۸۴ EPA ایالات متحده آمریکا اغلب ثبت‌های اندرین را لغو کرد.

۱۹۸۵ کنگره ایالات متحده آمریکا بار دیگر لایحه‌ی فدرالی گونه‌های در معرض خطر را تصویب کرد، کلیت این لایحه در سال ۱۹۷۳ تصویب و در سال‌های ۱۹۷۸، ۱۹۷۹ و ۱۹۸۲ اصلاح شده بود.
اولین ثبت آزادیراختین به صورت حشره‌کش برای مصارف غیرغذایی.

۱۹۸۶ اصلاح Superfund توسط کنگره ایالات متحده آمریکا شامل ۱۱۱ عنوان، قانون برنامه‌ریزی اضطراری و وابسته به آگاهی جامعه.
OSHA استانداردهای ارتباطی خطرناک را گسترش داد. احتیاج کارمایان به برگه‌های اطلاعات ایمنی

مواد (MSDES) برای کارگرانی که با یا در معرض مواد خطرناک کار می‌کنند.
EPA ایالات متحده آمریکا تمام ثبت‌های باقی‌مانده از DBCP را لغو کرد.
EPA ایالات متحده آمریکا تمام استفاده‌های کشاورزی از توکسافن را لغو کرد.
EPA ایالات متحده آمریکا تمام موارد توزیع، فروش و استفاده از دینوزب را متوقف کرد.
۱۹۸۷ تلاش EPA ایالات متحده آمریکا برای ایجاب FIFRA به پذیرش قانون گونه‌های در معرض خطر در سال ۱۹۷۳، تنظیم کننده‌ی ۱۲۶ آفت‌کش در ۱۳۵ بخش ایالات متحده.
۱۹۸۸ کنگره ایالات متحده آمریکا اصلاحیه‌ای به FIFRA با نامFIFRA lite.
EPA ایالات متحده آمریکا زمان‌بندی اجرای قانون گونه‌های در معرض خطر را به تعویق انداخت.
لغو استفاده از موریانه‌کش‌های کلردان و هپتاکلر.
EPA ایالات متحده آمریکا خطرات و مزایای جدیدی را اطلاع رسانی کرد، سیاست خطر جزئی برای بقایای آفت‌کش‌های سرطان‌زا در تهیه‌ی مواد غذایی.
EPA ایالات متحده آمریکا نرخ حق عضویت بالایی را برای ثبت آفت‌کش‌های جدید، مکان‌های اضافی و تغییرات برچسب مقرر کرد.
۱۹۸۹ EPA ایالات متحده آمریکا ۲۰۰۰۰ تولید را به دلیل نبود هزینه‌ی نگهداری لغو کرد.
۱۹۹۰ گسترش استفاده از آزادیراختین.
۱۹۹۱ EPA ایالات متحده آمریکا ۴۵۰۰ تولید را به دلیل نبود هزینه‌ی نگهداری از سال ۱۹۹۰ لغو کرد.
EPA ایالات متحده آمریکا ترتیب نهایی را منتشر کرد که قانون از یک استثنای حداقلی به بند Delaney برای استفاده از آفت‌کش‌های دارای خطر حداقل حمایت می‌کرد.
EPA ایالات متحده آمریکا اغلب موارد استفاده از اتیل پاراتیون را به دلیل خطراتش برای انسان لغو کرد.
EPA ایالات متحده آمریکا و صنعت آفت‌کش افزایش ثبت هزینه نگه‌داری را پذیرفتند؛ کنگره پیش-نویس را تصویب کرد.
حکم دیوان عالی ایالات متحده آمریکا مبنی بر این که دولت‌های محلی اجازه دارند تا قوانین آفت‌کش‌ها را محدودتر از FIFRA تصویب کنند.
اکوژن حق امتیاز ایالات متحده آمریکا را برای فویل® اعطا کرد، ارتقای ژنتیکی *Bacillus thuringiensis* برای کنترل لاروهای بالپولکداران و سوسک‌ها.
مایکوژن اولین آفت‌کش مهندسی ژنتیک را با EPA ایالات متحده آمریکا ثبت کرد، MVPG و M-®Trak، *Bacillus thuringiensis* به صورت کپسول دلتا اندوتوکسین عرضه شد.
۱۹۹۲ EPA ایالات متحده آمریکا ۱۵۰۰ تولید را به دلیل نبود هزینه‌ی نگهداری از سال ۱۹۹۱ لغو کرد.
EPA ایالات متحده آمریکا استانداردهای جدید را برای حفاظت کارگران وضع کرد.
EPA ایالات متحده آمریکا اولین ثبت مجدد کامل آفت‌کش را منتشر کرد، گزارش Rainbow.
کالیفرنیا سازمان حفظ محیط زیست (CalEPA) را در ایالات متحده آمریکا ایجاد کرد.
۱۹۹۳ کنگره ایالات متحده آمریکا H.R.967 را در نظر گرفت کهEPA را ملزم می‌کرد که با لغو برخی اطلاعات ثبت شده ثبت استفاده جزئی را تسهیل کند.
واگذاری نی‌میکس® مورد قبول EPA ایالات متحده آمریکا روی غذا مستثنی شد.
۱۹۹۴ کالیفرنیا استفاده‌ی صددرصدی گزارش برای همه‌ی کاربردهای حشره‌کش‌های تجاری را آغاز کرد.

۱۹۹۵	دولت فدرال استانداردهای حفظ کارگران را به قانون ایمنی و سلامت شغلی در سال ۱۹۷۰ تبدیل کرد؛ اثرات جنبه‌های زیاد کاربرد آفت‌کش‌ها.
۱۹۹۶	دولت فدرال ایالات متحده آمریکا لایحه‌ی حفاظت و کیفیت غذا (FQPA) را تصویب کرد.

جدول با تغییراتی از Ware (۱۹۹۴) با به روز رسانی.

عیب اصلی کاربرد آفت‌کش‌های معدنی این است که مبتنی بر عناصر شیمیایی غیر قابل تجزیه هستند. بنابراین استفاده مکرر آن‌ها منجر به تجمع عناصر در خاک می‌شود. بعضی از عناصر (مانند سرب، آرسنیک و جیوه) برای طیفی از موجودات زنده نظیر انسان بسیار سمی هستند. اگرچه بسیاری از آفت‌کش‌های مبتنی بر مس و روی هنوز استفاده می‌شوند اما از زمان به وجود آمدن آفت‌کش‌های مصنوعی آلی استفاده از آن‌ها کاهش یافته است. بسیاری از آفت‌کش‌های معدنی هنگامی که مشکلات اصلی زیست محیطی یا سم شناختی[1] در استفاده آن‌ها کشف شد به تدریج کنار گذاشته شدند.

مواد شیمیایی مصنوعی آلی

استفاده از آفت‌کش‌های مبتنی بر مواد شیمیایی آلی در اواخر قرن نوزدهم آغاز شد. بیشتر این تولیدات در ابتدا به صورت تولیدات فرعی نفت کشف شدند. از سال ۱۹۰۰ تا دهه ۱۹۳۰، استفاده از این نوع آفت‌کش‌ها به کندی افزایش یافت. در آغاز دهه ۱۹۴۰، در دوره خاص جنگ جهانی دوم، کارایی بسیاری از آفت‌کش‌ها به روشنی نشان داده شد که منجر به کاربرد گسترده آن‌ها شد. کشف ویژگی‌های حشره‌کشی DDT در پیشاپیش قرار داشت که به سرعت با کشف ویژگی‌های علف‌کشی انتخابی ترکیبات فنوکسی ادامه یافت. این مواد شیمیایی کنترل چشم‌گیر آفاتی که خسارت‌های قابل‌توجهی ایجاد می‌کردند و کنترل آن‌ها مشکل بود را فراهم کردند. کنترل شیمیایی تک - روشی آفات یک روش خوش بینانه بود و مفهوم کلی روش گلوله نقره‌ای را در کنترل آفت پیشنهاد کرد. در سال ۱۹۴۷ لایلی[2] طی نامه‌ای از ریاست جمهوری، انجمن حشره شناسی را مورد خطاب قرار داده که احساسات در آن زمان را جمع بندی کرده است:

پیشرفت اخیر در توسعه حشره‌کش‌های جدید و دورکننده‌های حشرات با هیچ زمانی در تاریخ قابل قیاس نیست. در هیچ زمان پیشین در تاریخ، موفقیت‌های حشره‌شناسان چنین ارزش جهانی نداشته است. حشره‌شناس در چشم‌های افراد آگاه یک جادوگر شناخته می‌شود و به طور مسلم بعضی از موفقیت‌های جادویی کوتاه به نظر می‌رسند (لایلی، ۱۹۴۷).

توسعه آفت‌کش‌های مصنوعی آلی طی دهه ۱۹۵۰ و۱۹۶۰ به سرعت افزایش یافت. در طی ۱۵ سال رضایت‌مندی، طرح سوال، انتقاد و اعتماد به مواد شیمیایی آغاز شد. انتشار کتاب بهار

[1] Toxicological
[2] C. Lyle

خاموش[1] توسط راشل کارسون[2] مشکلات و اثرات بالقوه زیست محیطی ناشی از کاربرد گسترده آفت‌کش‌ها را به طور چشم‌گیری مورد تأکید قرار داد. مقاومت حشرات به روش شیمیایی تک – روشی به سرعت شروع به افزایش کرد و مقاومت در عومل بیماری‌زا و علف‌های هرز نیز ظاهر شد. توسعه روز افزون ابزارهای حساس برای شیمی‌تجزیه طی دوره ۱۹۶۰ تا ۱۹۸۰ نیز تأثیر قوی در توسعه، کاربرد و تنظیم آفت‌کش‌ها داشت، چنان‌که توانایی کشف آفت‌کش‌ها در غذا و محیط زیست را فراهم کرد. به این دلیل و دلایل دیگر رضایت‌مندی‌های اولیه با ارزیابی مجدد نقش آفت‌کش‌ها در کشاورزی و سودمندی آن‌ها در برنامه‌های مدیریت تلفیقی آفات (IPM) جایگزین شد. این فصل توسعه، کاربرد و تنظیم آفت‌کش‌های شیمیایی مصنوعی آلی را مورد بحث قرار می‌دهد.

آفت‌کش‌های زیستی

آفت‌کش‌های زیستی گروه متنوعی از آفت‌کش‌ها هستند که متابولیت‌های به دست آمده از موجودات بیولوژیک یا حتی خود موجودات زنده بوده و از لحاظ گروه آفت‌کش، آفت‌کش‌های زیستی یا Biopesticides نامیده می‌شوند. آفت‌کش‌های زیستی شامل قارچ‌های بیماری‌زای حشرات، باکتری‌ها، ویروس‌ها، نماتدها، آفت‌کش‌های به دست آمده از گیاه (آفت‌کش‌های گیاهی[3]) و فرمون‌های حشره (هنگامی‌که برای اصلاح رفتار به کار می‌روند: فصل ۱۴ را ببینید) هستند. ما واژه‌شناسی به کاررفته به وسیله هال و من[4] (۱۹۹۹) و کوپینگ[5] (۱۹۹۸) را برای معرفی این گروه از آفت‌کش‌ها پذیرفته‌ایم.

سیستم‌های زنده بعضی از موجودات زنده به نحوی بسته‌بندی می‌شوند که قابل اسپری بوده و یا به طرق دیگر به کارگرفته می‌شوند تا به آفت هدف برسند. بسیاری از ویروس‌ها برای حشرات کشنده هستند ولی نمی‌توانند در خارج از بدن موجودات زنده کشت داده شوند. برای مثال، ویروسی که Anticarsia gemmatalis (یک آفت مهم سویا در آمریکای شمالی و جنوبی) را آلوده می‌کند از طریق جمع‌آوری لاروهای بیمار، خرد کردن آن‌ها در آب و اسپری این مایع تصفیه شده روی گیاهان، لاروهای دیگر را آلوده می‌کنند. امروزه این ویروس به طور تجاری تولید می‌شود و به صورت فرمولاسیون‌های خشک آماده حفظ و نگهداری می‌شود. ویروس‌های گرانولوزیس معین و اسپورهای قارچ‌های بیماری‌زای حشرات نیز به صورت تجاری برای استفاده به صورت حشره‌کش تولید می‌شوند. باسیل عامل بیماری شیری در سوسک ژاپنی برای سالیان زیادی مورد استفاده قرار

[1] Silent spring
[2] Rachel Carson (1962)
[3] Botanical
[4] Hall and Menn
[5] Copping

گرفته است. در اواخر دهه ۱۹۷۰ دو عامل بیماری‌زای قارچی برای مدیریت علف‌هرز جنبه تجاری یافتند و سایر عوامل بیماری‌زای قارچی در دست بررسی و سنجش هستند. دو گروه از نماتدها به صورت آفت‌کش‌های زیستی برای کنترل حشرات مختلف استفاده می‌شوند. اولین مقاله در زمینه پتانسیل نماتدها برای کاربرد در کنترل بیولوژیکی در سال ۱۹۳۲ در زمان مشاهده نماتد Steinernema glaseri برای کشتن سوسک‌های ژاپنی (Popillia japonica) پدید آمد. بعضی از گونه‌های نماتد بیماری‌زای حشرات برای کنترل حشرات آفت خاکزی، امروزه به فرم تجاری موجود هستند.

فراورده‌های تخمیری کاربرد *Bacillus thuringiensis* (بیشتر Bt نامیده می‌شود) به صورت یک حشره‌کش بیولوژیکی اولین آفت‌کش زیستی از این نوع بود که کاربرد آن در سال ۱۹۳۸ شروع شد. امروزه بسیاری از استرین‌های مختلف Bt کشف شده است. Bt اینکلوژن‌های کریستالی پاراسپورال تولید می‌کند که برای بسیاری از حشرات سمی هستند. اینکلوژن‌های پاراسپورال[1] به وسیله انواع پروتئین‌های کریستالی حشره‌کش تولید می‌شوند. بیشتر حشره‌کش‌های Bt در بیو-راکتورهای[2] بزرگ تولید می‌شود و فرمولاسیون‌های حاوی پروتئین‌های کریستالی تعدادی از اسپورهای قابل زیست هستند. در تعدادی از کاربردها اسپورها غیرفعال می‌شوند.

بعضی از آفت‌کش‌های شیمیایی دارای مواد مؤثر غیرفعال‌اند که متابولیت‌های میکروبی هستند. متابولیت‌ها در یک مقیاس تجاری با استفاده از تخمیر در مقیاس وسیع تولید می‌شوند. توسعه چنین مواد شیمیایی به صورت حشره‌کش از آغاز دهه ۱۹۸۰ رخ داده است و فرآورده‌هایی مانند اسپینوزاد[3] و آورمکتین[4] را شامل می‌شود. آنتی‌بیوتیک‌ها توکسین‌هایی هستند که به وسیله بعضی از میکروب‌ها برای بازدارندگی سایر میکروب‌ها تولید می‌شوند. شناخته شده‌ترین آن‌ها ضد باکتریایی هستند و از دهه ۱۹۴۰ برای کشتن باکتری‌های بیماری‌زا مورد استفاده قرار گرفته‌اند. از آنجا که بعضی از آنتی‌بیوتیک‌ها برای مدیریت عوامل بیماری‌زای باکتریایی استفاده می‌شوند، آفت‌کش به شمار می‌آیند.

آفت‌کش‌های گیاهی اولین آفت‌کش‌های شناخته شده، مواد شیمیایی به دست آمده از گیاهان بودند. فشارهای انتخابی اعمال شده به وسیله آفات جانوری و عوامل بیماری‌زا منجر به تکامل دفاع شیمیایی گیاه شد که به صورت باز دارنده حمله آفت عمل می‌کند. ترکیبات دفاعی گیاهان در همه زمان‌ها (صرف نظر از اینکه آفت وجود دارد یا نه) با عنوان دفاع‌های ساختمانی[5] نامیده می‌شود.

---

[1] Parasporal inclusions
[2] Bioreactors
[3] Spinosad
[4] Avermectin
[5] Constitutive defenses

در بعضی از گیاهان مواد شیمیایی دفاعی فقط بعد از حمله آفت تولید می‌شوند و دفاع‌های القایی[۱] نامیده می‌شوند. گیاهانی که دفاع‌های شیمیایی ساختمانی فعال تولید می‌کنند ممکن است به غرب واردسازی شده باشند. بسیاری از گیاهان آلکالوئیدهای مختلفی تولید می‌کنند که تعدادی از آن‌ها مانند استریکنین[۲] برای کنترل مهره‌داران آفت به کارگرفته می‌شوند. استفاده از این ترکیبات تا به امروز تداوم یافته و بسیاری از آن‌ها برای کشاورزی ارگانیک قابل قبول است.

آفت‌کش‌های گیاهی تراریخته[۳] بعضی از گیاهان زراعی از لحاظ ژنتیکی تغییر شکل یافته‌اند تا ترکیباتی تولید کنند که به طور طبیعی در گیاه وجود ندارند. این قبیل گیاهان تراریخته اغلب موجودات تغییر یافته از لحاظ ژنتیکی (GMOs) نامیده می‌شوند. یک مثال متداول، گیاهان دارای توانایی تولید اندوتوکسین[۴] Bt هستند ولی بقیه در تولید آزمایشی هستند. در سال ۱۹۹۶ ذرت اولین گیاه زراعی تغییر شکل یافته دارای ژن‌های اندوتوکسین Bt بود که در مزرعه مورد استفاده واقع شد. پنبه و سیب زمینی‌های دارای ژن‌های اندوتوکسین Bt نیز پس از آن زمان معرفی شده‌اند. در اروپا محصولات تراریخته (GMOs) به طور گسترده مورد پذیرش واقع نشده‌اند و در ایالات متحده آمریکا تا اندازه‌ای مقاومت اجتماعی برای استفاده از این قبیل محصولات وجود دارد. نقش این نوع از گیاهان آفت‌کش با عنوان مقاومت گیاه میزبان در فصل هفدهم و عنوان فشارهای اجتماعی در فصل ۱۹بیشتر بحث می‌شود.

فرایند کشف آفت‌کش

اولین آفت‌کش‌ها، کشف‌های تصادفی بودند که از طریق مشاهده افراد باهوش به‌دست آمدند. پدیده یافتن چیزهای با ارزش یا مطلوبی که به طور مستقیم مورد جستجو قرار نگرفته‌اند، خوش اقبالی نامیده می‌شود. فرایند کشف وجود نداشت تا این‌که بعد از کشف فعالیت حشره‌کشی DDT در سال ۱۹۳۹ و فعالیت علف‌کشی تو فور دی (2,4-D) در سال ۱۹۴۲ یک فرایند کشف رسمی برای آفت‌کش‌های مصنوعی آلی آغاز شد. از اواخر دهه ۱۹۴۰ این فرایند گام‌های زیر را پیموده است:

گام اول

شیمیدانان استخدام شده توسط شرکت‌ها، مواد شیمیایی را به دست آورده یا ترکیبات جدید متعددی را سنتز کردند. این فرایند از دهه ۱۹۹۰ به طور خودکار با روبات‌های هدایت‌شونده به وسیله کامپیوتر برای افزودن و مخلوط کردن مواد شیمیایی شروع شد. این فرایند شیمی ترکیبی[۵]

[1] Inducible defenses
[2] Strychnine
[3] Transgenic plant pesticides
[4] Endotoxin
[5] Chemistry combinatorial

نامیده شد تا طیف گسترده‌ای از ساختارهای شیمیایی جدید ایجاد کند که می‌تواند برای فعالیت بیولوژیکی تست شود.

گام دوم

مواد شیمیایی جدیدی که به تازگی سنتز شدند دستخوش فرایند غربال کردن اولیه واقع می‌شوند تا فعالیت بیولوژیکی آن‌ها ارزیابی شود. از لحاظ تاریخی مقادیر بالایی از مواد شیمیایی برای یک گروه از موجودات آفت هدف انتخابی به صورت ۱۰ علف‌هرز، ۱۰ حشره و ۱۰ عامل بیماری‌زا بکار رفتند. چنانچه هیچ گونه فعالیتی مشاهده نمی‌شد، تست‌های بیشتری صورت می‌گرفت. در این مرحله فعالیت علیه مهره‌داران و نرم‌تنان شانسی بود، چراکه به طور معمول ارزیابی نشده بودند. بررسی‌های اقتصادی آفات شامل‌شونده صورت می‌گرفت. منفعت اقتصادی مورد انتظار از یک آفت‌کش مؤثر علیه یک آفت ویژه تعیین‌کننده این خواهد بود که آیا فرایند غربال کردن چنین آفت‌کشی برای چنین آفتی ارزش خواهد داشت یا خیر.

به طور تقریبی از سال ۱۹۹۰ بسیاری از فرایندهای غربال‌سازی با استفاده از روبات‌ها برای انجام تست‌های گسترده روی تعداد محدودی از موجودات و با مقادیر فوق‌العاده پایین از ترکیبات (کمتر از یک میلی گرم در هر تست) به طور خودکار عمل کرده‌اند. این تغییر با میزان کمی از ترکیبات سنتز شده و با استفاده از خروجی بالای سنتز مانند شیمی ترکیبی ایجاب شده است. با انجام آزمون ترکیبات بیشتری جهت کشف ترکیب مفید بالقوه ترکیب شده‌اند.

امروزه بیشتر شرکت‌های شیمیایی دارای بعضی از انواع غربال‌های سم‌شناسی سازگار با محیط زیست هستند که با کشف دوره‌ای از مواد شیمیایی آغاز می‌شوند. اطلاعات حاصل از این تست‌ها مهم و توسعه یک ترکیب به داشتن خصوصیات سم شناسی خوب و سازگار با محیط زیست متکی خواهد بود.

گام سوم

اگر آفت‌کش جدیدی کشف شده باشد، آنگاه شرکت کاربرد انحصاری را ثبت خواهد کرد.

گام چهارم

از ترکیباتی که در غربال اولیه فعال بوده‌اند، یک غربال ثانوی مشتمل بر محصولات دیگر، طیف وسیعی از آفات مناسب و طیفی از مواد شیمیایی انجام می‌شود. شرکت‌ها، تست‌هایی روی حشرات مفید نمونه مانند زنبورهای عسل، شکارگران معین و پارازیتوئیدها در تلاش برای توسعه آفت‌کش‌های انتخابی برای حفظ دشمنان طبیعی اضافه کرده‌اند.

همچنین در این زمان تست‌های سم‌شناسی مقدماتی آغاز می‌شود و توسعه روش‌های تجزیه‌ای برای تجزیه باقیمانده آفت‌کش شروع می‌شود. شیمیدانان فرموله‌کننده آفت‌کش‌ها، تحقیقاتی روی مناسب‌ترین روش برای بسته بندی این مواد شیمیایی به یک فرم قابل استفاده آغاز می‌کنند.

طی این مرحله از توسعه، تست‌های مزرعه‌ای مقدماتی در ایستگاه‌های تحقیقاتی شرکت آفت‌کش انجام می‌شود.

گام پنجم

در این مرحله، شرکت آفت‌کش تصمیم می‌گیرد که آیا توسعه آفت‌کش را ادامه دهد یا نه. این تصمیم به میزان بازار، هزینه تولید ترکیبات و اطلاعات سم‌شناسی اولیه بستگی دارد. اگر کارخانه جدید بایستی ساخته شود مقداری زمان تدارک اضافی مورد نیاز است.

گام ششم

مطالعات سم‌شناسی حاد ادامه می‌یابد و مطالعات تغذیه‌ای طولانی مدت برای ارزیابی مشکلات احتمالی که ممکن است در کاربرد مواد شیمیایی نظیر اثرات مزمن، نقص‌های تولدی، جهش‌زایی و سرطان‌زایی به وجود آید آغاز می‌شود. ماده شیمیایی اصلی، فراورده فرموله شده و همه متابولیت-های اصلی مورد تست سم‌شناسی قرار می‌گیرند. همچنین تست‌های مزرعه‌ای گسترده برای تعیین کارایی مزرعه‌ای آفت‌کش در ایستگاه تحقیقاتی صنعتی انجام می‌شود. در زمینه انتخابی بودن آفت‌کش مشاهدات بیشتری انجام می‌شود تا فرآورده جدید جهت ارائه به بازار در یک برنامه IPM با کنترل بیولوژیک سازگار باشد.

گام هفتم

این مواد شیمیایی اغلب در ملاقات‌های اجتماعی حرفه‌ای و از طریق شبکه‌ای از معرف‌های تکنیکال صنعتی به دانشگاه‌ها و محققین سازمان‌های عمومی معرفی می‌شوند. در اصل در این مرحله مواد شیمیایی جدید به صورت یک فراورده کدگذاری شده ارائه می‌شوند.

گام هشتم

تحقیقات اولیه کامل و همه اطلاعات گردآوری می‌شود. شرکت آفت‌کش کار بازاریابی را شروع می-کند.

گام نهم

برچسب پیشنهادی نوشته می‌شود. برچسب مدرکی است که به استفاده‌کنندگان آفت‌کش می‌گوید که آفت‌کش برای کدامیک از محصولات و آفات قابل کاربرد است، چگونه آفت‌کش به طور صحیح به کارگرفته شود و همچنین هشدارهای ایمنی را بیان می‌کند. بحث کامل‌تر در ادامه این فصل ارائه می‌شود. شرکت آفت‌کش که ثبت‌کننده نامیده می‌شود، بسته‌ای از اطلاعات در مورد همه جنبه‌های آفت‌کش و برچسب آن را فراهم می‌کند. این بسته به EPA یا مرجع قانونی شایسته در کشورهای دیگر ارائه و متقاضی ثبت فرآورده به صورت یک آفت‌کش تحت قانون فعلی می‌شود. با توجه به مکانی که آفت‌کش موردنیاز است (برای مثال در کالیفرنیا)، این بسته باید در ثبت ایالتی نیز ارائه شود.

گام دهم

سازمان‌های دولتی اطلاعات ارائه شده در بسته کاربرد آفت‌کش را مورد بررسی قرار می‌دهند و در مورد تایید و تصدیق ثبت آفت‌کش و برچسب آن تصمیم می‌گیرند. پیش از تصمیم‌گیری نهایی برای ثبت آفت‌کش، دوره‌ای برای اظهارنظر عمومی وجود دارد. شرکت‌ها می‌توانند بعد از تایید ثبت آفت‌کش، فروش فرآورده خود را آغاز کنند.

در ایالات متحده به طور معمول تمام فرایند ایجاد و ثبت آفت‌کش شش تا نه سال به طول می‌انجامد و هزینه‌ای در حدود ۱۰۰ میلیون دلار در بر دارد. در حال حاضر میزان موفقیت در حدود یک فراورده جدید از حدود ۱۰۰ هزار مواد شیمیایی سنتز شده جدید است.

ویژگی‌های شیمیایی

نام‌های آفت‌کش

نام‌های مربوط به هر آفت‌کش شیمیایی اطلاعاتی درباره این مواد شمیایی فراهم می‌کنند. مثال‌هایی از کاربرد این نام‌های مختلف در جدول ۱۱-۲ ارائه می‌شود.

نام شیمیایی نام شیمیایی بیانگر نام کاملی از آفت‌کش بر اساس اصطلاحات متداول پذیرفته شده است که به وسیله قوانین بین‌المللی دقیق تعیین می‌شود. فقط شیمیدانان و محققین جامعه از این نام استفاده می‌کنند.

ساختمان شیمیایی نامی که بیانگر ساختمان مولکولی نظیر اشکال ایزومری است و دارای اطلاعات مهمی برای شیمیدانان، سم‌شناسان و بیوشیمیست‌ها بوده ساختمان شیمیایی نامیده می‌شود. فعالیت شیمیایی آفت‌کش اغلب تابعی از ساختمان شیمیایی آن است.

نام عمومی نام عمومی تعیین شده برای این مواد شیمیایی ممکن است به نام شیمیایی رسمی مربوط شود. نام‌های عمومی قابل قبول از قوانین بین‌المللی تبعیت می‌کنند. نام عمومی به وسیله هر کسی که به آفت‌کش شیمیایی نیاز داشته باشد مورد استفاده قرار می‌گیرد و نیازی به استفاده از نام شیمیایی کامل یا نام تجاری ندارد. نام عمومی فرم پذیرفته شده برای ارتباط علمی است چراکه نام مارک ویژه را معلوم نمی‌کند و مشکلاتی که با استفاده از بیش از یک نام تجاری برای هر ماده اصلی بروز می‌کند را حل می‌کند (نام تجاری را ببینید). نام‌های عمومی آفت‌کش معادل با نام‌های عمومی داروها هستند. ما در تمام این کتاب از نام‌های عمومی به جای نام‌های تجاری استفاده می‌کنیم مگر اینکه یک نام تجاری برای شفافیت مورد نیاز باشد.

نام تجاری نام تجاری یک مارک یا علامت ثبت شده است و ویژگی‌های یک ماهیت تجاری ویژه (به طور معمول یک شرکت شیمیایی) است. برای فروش یک آفت‌کش فرموله شده که در برگیرنده یک ماده شیمیایی به صورت ماده مؤثر است استفاده می‌شود و بر مبنای نام تعیین شده طی فرایند

پذیرش برچسب است. یک نام تجاری به وسیله یک شرکت ثبت می‌شود و می‌تواند برای فراورده شرکت تا زمانی که دارای پارامترهای معینی باشد به کارگرفته شود. نام تجاری به طور حتم به یک فرآورده اصلی بستگی ندارد و به هرحال، برحسب کشور متغییر است؛ بنابراین یک شرکت ممکن است یک نوع آفت‌کش را با نام‌های تجاری متفاوتی در کشورهای مختلف به فروش برساند. با پایان زمان حق انحصاری آفت‌کش شیمیایی (۲۰سال از تاریخ ثبت) هر شرکتی می‌تواند فرآورده‌ها را بر مبنای شیمی با هر نام تجاری دلخواهی، تولید و به فروش برساند. ممکن است چند نام تجاری برای یک ماده مؤثر یکسان استفاده و منجر به اشتباه شود.

در بعضی از موقعیت‌ها ممکن است یک نام تجاری برای کاربردهای کشاورزی و نام دیگری برای کاربردهای باغی، خانه یا کاربردهای اختصاصی استفاده شود و برچسب‌های مختلفی برای هر یک از این کاربردها وجود داشته باشد. فرمولاسیون‌هایی که برای استفاده باغی و خانگی در نظر گرفته می‌شوند دارای برچسب‌های ویژه‌ای بوده و اغلب با قیمت‌های بالاتری فروخته می‌شوند. کاربرد آفت‌کش‌ها باید بر اساس این برچسب‌ها انجام شود و کاربرد غیر از آن غیرمجاز است. جدول ۱۱- ۲ اسامی مربوط به بعضی از آفت‌کش‌های عمومی را ارائه می‌دهد.

جدول ۱۱-۲

نمونه‌هایی از چند آفت‌کش انتخابی از خانواده‌های اصلی آفت‌کش‌ها. نمایش ساختار شیمیایی هر ترکیب و بیان نام عمومی، نام تجاری، نام شیمیایی کامل، خانواده شیمیایی، نوع آفت‌کش و موارد استفاده و آفات کنترل شده.

ترکیب‌های آلیفاتیک

(a) نام عمومی: متیل بروماید

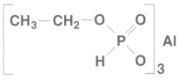
نام تجاری: ندارد، فروش با نام متیل بروماید

نام شیمیایی: بروموماتان

نوع آفت‌کش: زیست‌کش عمومی، ضدعفونی‌کننده تدخینی

نوع استفاده: کنترل اغلب موجودات خاکزی و محصول‌های انباری

(b) نام عمومی: فوستیل – ای ال



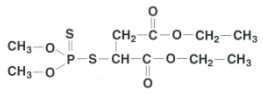
نام تجاری: آلیت®

نام شیمیایی: آلمینیوم تریس (- اُ-اتیل فسفونات)

نوع آفت‌کش: ارگانوفسفات، قارچ‌کش

نوع استفاده: در برابر اامیست‌های خاکزاد اثرگذارند

(c) نام عمومی: مالاتیون

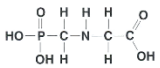


نام تجاری: فروش با نام تجاری مالاتیون و سیتیون®

نـام شـیمیایی: اُ، اُ- دی‌متیـل- اس- ۱، ۲- دی (کربواتوکسـی) اتیـل فسفوردیتیوآت

نوع آفت‌کش: ارگانوفسفات، حشره‌کش

نوع استفاده: تماسی، بسیاری از حشرات، سم عصبی، سمیت بـه نسـبت پایین برای پستانداران



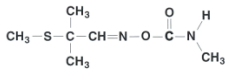
(d) نام عمومی: گلیفسات

نام تجاری: رانداپ®

نام شیمیایی: ان- (فسفونومتیل) گلایسین

نوع آفت‌کش: چندکاره، علف‌کش

نوع استفاده: غیرانتخابی، ترانس‌لوکیت، پست ایمرژنس، بازدارنده مسـیر شیکی‌میک اسید



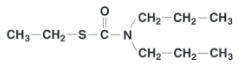
(e) نام عمومی: آلدیکارپ

نام تجاری: تمیک®

نام شـیمیایی: ۲- متیـل- ۲- (متیـل‌تیـو) پروپیـون‌آلدهیـد اُ- (متیـل- کربامول) اکسیم

نوع آفت‌کش: کاربامات، حشره‌کش و نماتدکش

نوع استفاده: سیستمیک، کاربرد در خاک، برای پستانداران بسیار سمی



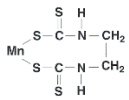
(f) نام عمومی: ای پی تی سی

نام تجاری: اپتام®

نام شیمیایی: اس- اتیل دی‌پروپیل‌تیوکاربامات

نوع آفت‌کش: تیوکاربامات، علف‌کش

نـوع اسـتفاده: preplant incorporated، بازدارنـده جوانـه زنـی، در بقولات و یونجه انتخابی(در ذرت فقط مواقعی که بـا آنتـی‌دوت اسـتفاده می‌شود)



(g) نام عمومی: مانب

نام تجاری: فروش با نام مانب

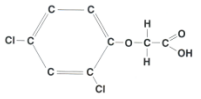
نام شیمیایی: منگنز اتیلن‌بیس‌دیتیوکاربامات

نوع آفت‌کش:دیتیوکاربامات، قارچ‌کش

نوع استفاده: سیستمیک، با تولید ایزوتیوسیانات که بازدارنده‌ی گروه‌های سولفیدریل روی آمینواسیدها است فعال می‌شوند

ترکیبات دارای حلقه‌ی بنزن (ترکیبات آروماتیک)

هر حلقه بنزن شامل شش اتم کربن است. در شکل اتم‌های هیدروژن قرار گرفته روی هر اتم کربن نشان داده نشده. یک یا تعداد بیشتری از اتم‌های هیدروژن با سایر اتم‌ها یا زنجیره‌ها جایگزین شده.



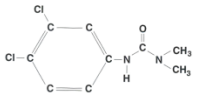
(h) نام عمومی: تو فور دی

نام تجاری: نام‌های تجاری فراوانی دارد

نام شیمیایی: ۲، ۴- دی‌کلروفنوکسی‌استیک‌اسید

نوع آفت‌کش:فنوکسی، علف‌کش

نوع استفاده: انتخابی، گیاهان دولپه‌ای غلات و سایر محصولات علفی (مانند مرغ) را نابود می‌کند، ترانس‌لوکیت، پست ایمرژنس، شاید ترجمه ژن‌ها را تغییر دهند



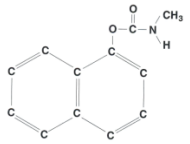
(i) نام عمومی: دیورن

نام تجاری: کارمکس® و غیره

نام شیمیایی: ۳-(۳، ۴-کلروفنیل)-۱، ۱-دی‌متیل اوره

نوع آفت‌کش: جایگزین اوره، علف‌کش

نوع استفاده: بازدارنده‌ی فتوسنتز، دارای فعالیت اپوپلاستیک، کاربرد در خاک، انتخابی محدود



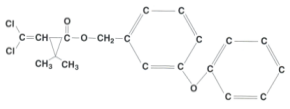
(j) نام عمومی: کاربارل

نام تجاری: سوین®

نام شیمیایی: ۱- نفتیل متیل‌کاربامات

نوع آفت‌کش: کاربامات، حشره‌کش

نوع استفاده: طیف گسترده‌ای از حشرات را کنترل می‌کنند، برای زنبورهای عسل سمی، برای پستانداران سمیت پایینی دارند



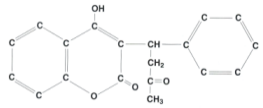
(k) نام عمومی: پرمترین

نام تجاری: آمبوش®، پونسی®

نام شیمیایی: ام-فنوکسی‌بنزیل (±)-سیس، ترانس-۳-(۲، ۲-دی-کلروونیل)-۲، ۲- دی‌متیل سیکلوپروپن‌کربوکسیلات

نوع آفت‌کش: پیرتروئید سنتزی، حشره‌کش

نوع استفاده: بسیاری از حشرات، سرعت پایین، پایدار در نور



(l) نام عمومی: وارفارین

نام تجاری: فراوان

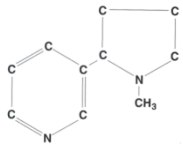
نام شیمیایی: ۳-(-استونیل‌بنزیل)-۴-هیدروکسی‌کومارین

نوع آفت‌کش: کومارین، جونده‌کش

نوع استفاده: ضد انعقاد خون، در طعمه‌ها برای کنترل جوندگان استفاده می‌شود، بازدارنده‌ی لخته شدن خون

ترکیبات دارای حلقه‌های هتروسیکلیک

منظور از هتروسیکلیک حلقه‌هایی است که در بخش انتهایی مولکول دارای اتم‌های ناهمسان هستند، به طور معمول در حشره‌کش‌ها کربن و نیتروژن است.



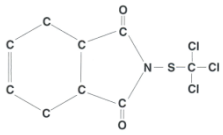
(m) نام عمومی: نیکوتین

نام تجاری: فراوان

نام شیمیایی: ۱-۳-(۱-متیل-۲-پیرولیدیل) پیریدین

نوع آفت‌کش: آلکالوئید، گیاهی، حشره‌کش

نوع استفاده: تماسی، سم عصبی



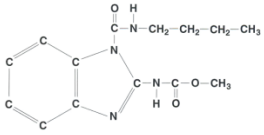
(n) نام عمومی: کاپتان

نام تجاری: با نام کاپتان به فروش می‌رسد

نام شیمیایی: ان- (تری‌کلرومتیل‌تیو)-۴-سیکلوهگزان-۱، ۲- دی-کربوکسیمید

نوع آفت‌کش: سولفینیمید، قارچ‌کش

نوع استفاده: پیشگیری‌کننده، تماسی



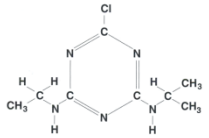
(o) نام عمومی: بنومیل

نام تجاری: بنلات®

نام شیمیایی: متیل ۱-(بوتیل‌کاباموبل)-۲-بنزیمیدازول‌کاربامات

نوع آفت‌کش: کاربامات، قارچ‌کش

نوع استفاده: سیستمیک



(p) نام عمومی: آترازین

نام تجاری: آترکس® و غیره

نام شیمیایی: ۲-کلرو-۴-(اتیل‌آمینو)-۶-(ایزوپروپیل‌آمینو)-اس-تریازین

نوع آفت‌کش: تریازین، علف‌کش

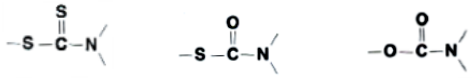
نوع استفاده: در ذرت انتخابی، انتقال اپوپلاستیک، بیشتر پری‌امرژنس، بازدارنده‌ی فتوسنتز؛ اغلب به طور گسترده در ایلات متحده استفاده می‌شود

روابط شیمیایی

همچنان که به طور جامع ذکر شد، فرایند کشف آفت‌کش منجر به شناسایی ترکیباتی می‌شود که ممکن است دارای ساختمان شیمیایی باشند که در گذشته شناخته نشده است. مواد شیمیایی با ساختمان مشابه ممکن است فعالیت مشابه یا نزدیکی داشته باشند. زمانی که یک ماده شیمیایی فعال کشف می‌شود، شیمیدانان آنالوگ‌های دیگر با ساختمان شیمیایی مشابه را سنتز می‌کنند. این فرایند منجر به توسعه خانواده‌هایی از آفت‌کش‌ها می‌شود که همگی بر مبنای ساختمان شیمیایی هسته هستند. مثال‌های زیر هسته مولکول را نشان می‌دهند که این نام از آن گرفته می‌شود. ما علامت‌های ساختمان شیمیایی آلی پذیرفته شده را بکاربرده‌ایم. حروف R در این دیاگرام‌ها نشان می‌دهد که جانشین‌های ساختمان‌های شیمیایی مختلف می‌تواند در این مکان‌ها یافت شود.

هیدروکربن‌های کلره هیدروکربن‌های کلره ترکیبات آلی کلره نیز نامیده می‌شوند، این آفت‌کش‌ها ترکیبات حاوی کربن و هیدروژن (هیدروکربن‌ها) هستند که در آن‌ها یک تا تعداد زیادی اتم هیدروژن با کلر جایگزین شده‌اند. بسته به پیچیدگی این مولکول‌ها دارای تعدادی زیر گروه هستند. این ترکیبات به طور عمده حشره‌کش‌هایی هستند که دارای سمیت به نسبت کمی برای پستانداران بوده ولی اکثر آن‌ها ترکیبات با دوام و پایداری هستند. تعداد زیادی از آفت‌کش‌های هیدروکربن کلره همچنین قابلیت انباشته شدن در زنجیره غذایی دارند. قدیمی‌ترین و شناخته‌شده‌ترین حشره‌کش (DDT) عضوی از این گروه است. حشره‌کش‌های دیگر شامل آلدرین، دیلدرین، BHC، لیندان و کلردان هستند. استفاده از برخی اعضاء گروه به دلیل پایداری و تجمع در محیط منسوخ شده است. ترکیباتی که برای استفاده باقی مانده‌اند مانند متوکسی کلرودیکوفل به نسبت پایدار هستند.

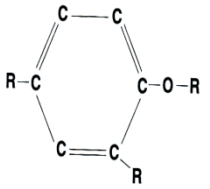
کاربامات‌ها این خانواده از آفت‌کش‌ها شامل ترکیباتی هستند که مشتقات اسید کاربامیک هستند؛ آن‌ها دارای یک کربن مرکزی متصل به دو اتم اکسیژن و یک اتم نیتروژن هستند (همان طوری که نشان داده است).



یک یا دو اتم اکسیژن می‌تواند با گوگرد جایگزین شود که نتیجه آن به‌ترتیب تولید تیوکاربامات‌ها و دی‌تیوکاربامات‌ها است. همه رده‌های آفت‌کش‌ها در این گروه معرفی می‌شوند. در این گروه حشره-کش‌ها و نماتدکش‌هایی که به طور گسترده استفاده می‌شوند مانند کارباریل (جدول ۱۱-۲ j)

حضور دارند. مثال‌هایی از قارچ‌کش‌ها در این خانواده عبارتند از تیرام، مانب (جدول ۱۱-g۲)، زینب و متام سدیم. علف‌کش‌های کاربامات شامل کلروپروفام، EPTC (جدول ۱۱-f۲) فنمدیفام[1].

ارگانوفسفات‌ها ارگانوفسفات‌ها خانواده متنوعی از ترکیبات حاوی فسفر را تشکیل می‌دهند که به طور عمده دارای خصوصیات حشره‌کشی و نماتدکشی بوده ولی تعدادی از علف‌کش‌های مهم را نیز شامل می‌شوند. چند زیر خانواده از ارگانوفسفات‌ها وجود دارد.



فنوکسی اولین علف‌کش‌های انتخابی مانند توفوردی (جدول ۱۱-h۲) و MCPA در این خانواده شیمیایی قرار دارند. آن‌ها دارای یک ساختمان فنلی مرکزی با جانشین‌های مختلف روی حلقه و موقعیت هیدروکسیل هستند. این‌ها در اصل دارای فعالیت قوی روی شاخ و برگ علف‌های هرز دو لپه‌ای نظیر علف‌های هرز دائمی هستند.

اوره جانشینی این گروه از علف‌کش‌های بکاررونده در خاک و با طول عمر طولانی دارای اوره در هسته مولکول هستند. آن‌ها به‌وسیله ریشه‌ها جذب می‌شوند و به شاخ برگ منتقل می‌شوند که از فتوسنتز جلوگیری می‌کنند. دیورون[2] (جدول ۱۱-۲ i) احتمالاً شناخته شده‌ترین مثال است. دیورون در نوشته‌های بیوشیمیایی DCMU نامیده می‌شود که به توانایی مسدود کردن جریان الکتریکی فتوسنتز استناد می‌کند.

علف‌کش‌های مبتنی بر هسته سولفونیل – اوره زیرمجموعه‌ای از اوره‌های جانشینی هستند. این شیمی اولین بار اواخر دهه‌ی ۱۹۷۰ توسعه یافت. این علف‌کش‌ها فعالیت بسیار بالایی دارند و در غلظت‌های کاربردی پایینی استفاده می‌شوند (بیشتر در دامنه‌ی ۰/۵ تا یک oz/A روی خاک استفاده می‌شود).

تریازین‌ها[3] گروه بزرگی از علف‌کش‌های انتخابی طیف وسیع و به‌کار رونده در خاک بر مبنای حلقه شش عضوی هتروسیکلیک از اتم‌های کربن و نیتروژن متناوب است. تنها آفت‌کش مرسوم با کاربرد بسیار گسترده در ایالات متحده آترازین است (جدول ۱۱-p۲). آترازین در ذرت استفاده می‌شود زیرا ذرت قادر است این ماده شیمیایی را از لحاظ بیوشیمیایی تغییر داده و آن را غیر سمی سازد. ذرت دارای توانایی جایگزین کردن یک اتم کلر با یک گروه هیدروکسیل روی حلقه است که موجب غیرفعال شدن مولکول می‌شود. بیشتر علف‌های هرز این توانایی را ندارند و کشته می‌شوند.

[1] Phenmedipham
[2] Diuron
[3] Triazines

پایرتروئیدهای مصنوعی شیمیدانان توانستند ساختمان حشره‌کش گیاهی طبیعی پیرترین را تعیین کرده و سپس حشره‌کش‌های مصنوعی حاصل از آن ساختمان را بسازند. پرمترین (جدول ۱۱-۲ k) مثالی از یک حشره‌کش در این گروه است.

بنزایمیدازول‌ها[1] بنزایمیدازول‌ها گروهی از قارچ‌کش‌های سیتمیک با فعالیت علیه بسیاری از قارچ-های بیماری‌زای گوناگون هستند. بنومیل (جدول ۱۱-۲۰) احتمالاً قارچ‌کشی با بیشترین کاربرد است. همهٔ آن‌ها با بازدارندگی (جلوگیری) از سنتز توبولین[2] فعالیت نشان می‌دهند.

خانواده‌های متعدد دیگری از آفت‌کش‌ها وجود دارند ولی سعی نداریم همه آن‌ها را در اینجا مورد بحث قرار دهیم. برای مرور جامع آفت‌کش‌های رایج و خصوصیات آن‌ها تاملین[3] (۲۰۰۰) را ببینید.

نحوه اثر آفت‌کش‌های آلی مصنوعی

آفت‌کش‌های آلی مصنوعی سمومی هستند که فرایند یا فرایندهای متابولیکی موجود هدف را مختل کرده یا متوقف می‌کنند. بسته به اهمیت این فرایند برای جاندار، توکسین ممکن است موجب اختلال در رشد، فلج شدن یا مرگ آفت شود. در حدود ۲۰ نحوه اثر شناخته شده متفاوت برای علف‌کش‌ها وجود دارد و در حدود بیش از ده نحوه اثر برای قارچ‌کش‌ها، نماتدکش‌ها و حشره-کش‌ها وجود دارد. در بعضی از موارد تعداد محدودتری از نحوه اثر حشره‌کش‌ها و قارچ‌کش‌ها نقش جدی برای مقاومت آفت‌کش و مدیریت آن داشته است (فصل ۱۲ را ببینید).

موارد زیر بعضی از نحوه‌اثرهای آفت‌کش‌هایی هستند که به طور کلی بیشتر شناخته شده‌اند. آن‌ها برای همه گروه‌های آفت‌کش یا آفت بکار نمی‌روند. در حقیقت بعضی به خارج از گروه آفت هدف مربوط نمی‌شوند.

نحوه اثرهایی که فقط بر جانوران اثر می‌گذارند

سموم عصبی بسیاری از حشره‌کش‌ها و نماتدکش‌ها از طریق اختلال در سیستم عصبی عمل می-کنند. ترکیبات دارای این سازوکار عمل روی موجودات فاقد سیستم عصبی اثر نمی‌گذارند و بنابراین در گیاهان یا عوامل بیماری‌زا فعال نیستند. با وجود این، برای همه جانوران نظیر انسان سمی هستند. بنابراین استفاده از چنین حشره‌کش‌ها و نماتدکش‌هایی دارای خطرات قابل توجهی برای کارگران و جانوران غیر هدف است.

بسیاری از سموم عصبی به طور عمده بازدارنده‌ی آنزیم استیل کولین استراز هستند. کولین استراز یک آنزیم دخالت کننده در تنظیم انتقال علائم بین سلول‌های عصبی (نرون‌ها) در سیستم عصبی

[1] Benzimidazoles
[2] Tubulin
[3] Tomlin

همه جانوران است. وقتی کولین استراز از فعالیت بازداشته می‌شود، سلول‌های عصبی وارد یک وضعیت تخلیه مداوم شده و نتیجه آن انقباض مداوم ماهیچه است که مانع از حرکت و تنفس جانور شده و در نهایت موجب مرگ می‌شود. از آنجایی که نماتدها تنفس نمی‌کنند، نماتدکش‌های سمی برای عصب ممکن است nematistatic نامیده شوند زیرا به جای کشتن نماتدها از حرکات هدفدار آن‌ها جلوگیری می‌کنند. برهمین اساس، نماتدها ممکن است پس از قرارگیری در معرض بازدارنده-های کولین استراز دوباره به حالت اول بازگردند. بسیاری از حشره‌کش‌های ارگانوفسفات (مانند مالایتون: جدول ۱۱-c۲) و کاربامات (مانند آلدیکارب: جدول ۱۱-e۲) از لحاظ نحوه اثر بازدارنده کولین استراز هستند. یک مشکل اساسی در استفاده از سموم عصبی، احتمال سمیت بسیار بالای آن‌ها برای پستانداران است.

ترکیبات ضد انعقاد خون[1] این ترکیبات مانند وارفارین (جدول ۱۱-i۲) توانایی لخته شدن خون را در جانوران خونگرم کاهش می‌دهند. آنتی کوآگولانت‌ها تنها به کنترل پرندگان و پستانداران مربوط می‌شوند.

هورمون‌های جوانی بازدارنده‌های رشد حشره[2] و سایر ترکیبات شبه هورمون، عمل هورمون‌های حشره که تنظیم کننده فرایندهای پوست اندازی و رشد بوده را تقلید می‌کنند. این‌ها ترکیبات انتخابی و بسیار اختصاصی هستند که اغلب برای استفاده توام با عوامل کنترل بیولوژیک در سیستم‌های مدیریت تلفیقی آفات (IPM) سازگاری دارند. فقط تعداد کمی از حشره‌کش‌ها دارای این نحوه اثر هستند.

سموم حاد برای ماهیچه آلکالوئیدهایی نظیر استریکنین[3] سموم حاد برای ماهیچه هستند. این مواد شیمیایی بسیار سمی باید با احتیاط زیادی بکار گرفته شوند.

ترکیبات ضد آبستنی[4] ترکیبات ضد آبستنی مواد شیمیایی هستند که تولید مثل را مختل یا متوقف می‌کنند و ممکن است برای کنترل مهره‌داران آفت مفید باشند. استفاده از Immunocontraceptives در دست آزمایش است.

ترکیبات ضد تغذیه[5] متالدهید[6] برای کنترل راب‌ها و حلزون‌ها استفاده می‌شود و نحوه اثر آن بدین صورت است که موجب توقف تغذیه در جانور می‌شود. حشره‌کش‌های مبتنی بر آزادیراختین[1] نیز ترکیبات ضد تغذیه هستند.

---

[1] Anticoagulant
[2] Insect Growth Regulator (IGRs)
[3] Strychnine
[4] Contraceptive
[5] Antifeedant
[6] Metaldehyde

ترکیبات دورکننده[۲] به مواد شیمیایی که موجب جابجا شدن یک جانور به خارج از ناحیه کاربرد این مواد می‌شود ترکیبات دور کننده گفته می‌شود.

نحوه اثر هایی که برای سیستم‌های گیاهی اختصاصی هستند

بازدارنده‌های فتوسنتز ممانعت از فتوسنتز نحوه اثر چند خانواده از علف‌کش‌ها نظیر تریازین‌ها (جدول ۱۱-p۲) و اوره جانشین شونده (جدول ۱۱-i۲) است. این علف‌کش‌ها تنها برای گیاهان سبز که فتوسنتز انجام می‌دهند سمی هستند. جانوران فتوسنتز انجام نمی‌دهند و این ترکیبات سمیت کمی برای آن‌ها دارند. نحوه اثر بدین صورت است که جریان الکترون در فرایند انتقال انرژی نورانی از کلروفیل به سیستمی که آب و دی اکسید کربن را به پیش ماده‌های قند[۳] تبدیل می‌کند، را متوقف و بلوکه می‌کنند.

بازدارنده‌های توبولین[۴] توبولین یک جزء از اندامک‌های درون سلولی، میکروتوبول‌ها نامیده می‌شوند. آن‌ها در تنظیم تقسیم سلولی و سنتز دیواره سلول شرکت می‌کنند. بازدارندگی از توبولین منجر به تشکیل دیواره سلولی غیرعادی و توقف تقسیم سلولی می‌شود. بعضی از علف‌کش‌ها (مانند دی نیتروآنیلین‌ها) و قارچ‌کش‌ها (مانند بنزایمیدازول‌ها) تشکیل توبولوین در گیاهان و قارچ‌ها را مختل می‌کنند ولی توبولین در سلولهای جانوری را تحت تأثیر قرار نمی‌دهند. بنابراین بازدارنده‌های توبولین تنها سمیت کمی برای جانوران نشان می‌دهند.

بازدارندگی از بیوسنتز آمینواسید بعضی از گروه‌های علف‌کش در گیاهان از عمل آنزیم‌های دخیل در سنتز زنجیره منشعب و آروماتیک آمینواسیدهای ضروری جلوگیری می‌کنند. جانداران نمی‌توانند همه آمینواسیدها را سنتز کنند. آن‌هایی که نمی‌توانند سنتز شوند باید بلعیده شوند و اسیدهای آمینه ضروری نامیده می‌شوند. بیشتر علف‌کش‌های دارای این نوع عمل سمیت پایینی برای پستانداران دارند؛ یک مثال علف‌کش گلایفوزات[۵] (جدول ۱۱-d۲) است.

بازدارنده‌های سنتزاسترول بعضی از قارچ‌کش‌ها از طریق بازدارندگی مسیر سنتز استرول در قارچ‌ها عمل می‌کنند.

ترکیبات تنظیم کننده هسته‌ای[۶] علف‌کش‌های گروه فنوکسی مانند توفوردی (جدول ۱۱-h۲) و مواد شیمیایی وابسته ترجمه اطلاعات کد شونده DNA به RNA را تنظیم می‌کنند و بنابراین

---

[1] Azadirachtin
[2] Repellent
[3] Sugar precursors
[4] Tubulin inhibitors
[5] Glyphosate
[6] Nuclear regulation

رشد گیاه را تغییر می‌دهند. گاهی به این علف‌کش‌ها اکسین‌های مصنوعی[1] گفته می‌شود چراکه در دزهای غیر کشنده، عمل ایندول – تری استیک اسید[2] (IAA یا اکسین؛ هورمون طبیعی تنظیم کننده رشد) را تقلید می‌کنند. نحوه اثر برخی از قارچ‌کش‌های گروه فنیل آمید جلوگیری از سنتز RNA است.

ترکیبات بی‌خطر کننده[3] این مواد شیمیایی برای گیاه سمی نیستند ولی به فرمولاسیون علف‌کش اضافه می‌شوند و سمیت علف‌کش اصلی را برای گیاه غیر هدف، به‌طور معمول محصول، کمتر می‌کنند. ترکیبات بی‌خطر کننده قابلیت انتخابی علف‌کش را برای محصول افزایش می‌دهند.

نحوه اثرهایی که بر فرایندهای زندگی اثر می‌گذارند نحوه اثرهای معینی بر تعدادی از بنیادی‌ترین فرایندهای زندگی اثر می‌گذارند و بنابراین علیه همه موجودات زنده فعال هستند (زنده‌کش‌ها).

جفت نشدن فسفوریلاسیون اکسایشی فسفوریلاسیون اکسایشی فرایندی است که انرژی طی فرایند تنفس در میتوکندری به مولکول حامل ATP منتقل می‌شود. همه موجودات زنده برای آزاد ساختن انرژی از غذا تنفس می‌کنند. بنابراین ترکیباتی که از این فرایند جلوگیری می‌کنند برای بیشتر موجودات سمی هستند و چنین ترکیباتی زنده‌کش‌های واقعی هستند. بسیاری از آفت‌کش‌های مبتنی بر فنل‌های جانشین شونده دارای این نحوه اثر هستند ولی استفاده از بیشتر آن‌ها به دلیل سمی بودنشان منسوخ شده است.

ترکیبات مختل‌کننده غشای سلول سلول‌های همه موجودات به وسیله یک غشاء احاطه می‌شود. اگر این غشاء مختل یا تخریب شود، سلول می‌میرد. برخی از آفت‌کش‌ها مانند پاراکوات[4] و مواد نفتی مختلف دارای توانایی آسیب رساندن به غشاهای سلولی بوده و بنابراین برای بیشتر موجودات سمی هستند.

دریافت آفت‌کش به وسیله آفات

آفت‌کش‌های تماسی چنین آفت‌کش‌هایی باید روی آفت یا سطحی که آفت ممکن است روی آن راه برود پاشیده شوند به‌طوری‌که تماسی فیزیکی بین آفت و مادهٔ مؤثر آفت‌کش حاصل شود.

[1] Synthetic auxins
[2] Synthetic auxins
[3] Safeners
[4] Paraquat

آفت‌کش‌های گوارشی این آفت‌کش‌ها باید طی تغذیه از طریق دهان به داخل بدن جانور نفوذ کنند. این فرایند برای نماتدکش‌ها، بسیاری از حشره‌کش‌ها و شکارگرکش‌ها[1] به‌کار می‌رود و به علف‌کش‌ها و قارچ‌کش‌ها مربوط نمی‌شود.

آفت‌کش‌های انتقالی[2] بعضی از علف‌کش‌ها در گیاه به جای اثر از طریق تماس جابه‌جا شده و در بافت‌هایی از گیاه که به طور مستقیم پاشش آفت‌کش صورت نگرفته اثر می‌گذارند. علف‌کش‌های مورد استفاده در خاک از طریق آوند چوبی از ریشه‌ها به جوانه‌ها منتقل می‌شوند و به دلیل جابه‌جا شدن در بخش‌های غیرزنده حرکت آپوپلاستیکی[3] در گیاه را نشان می‌دهند. علف‌کش‌های به‌کاررفته در شاخ و برگ از آوندهای آبکش در برگ سم پاشی شده به ریشه‌ها منتقل شده و چون در بخش‌های زنده گیاه حرکت می‌کنند نشان دهنده حرکت سیمپلاستیک[4] در گیاه هستند. مواد شیمیایی که حرکت آپوپلاستیکی را نشان می‌دهند حرکت رو به بالا در گیاه دارند و در هر جایی که آب مصرف شده، تجمع می‌یابند. مواد شیمیایی که حرکت‌پذیری سیمپلاستیک نشان می‌دهند می‌توانند در همه‌ی بخش‌های گیاه توزیع شوند و در جاهایی که کربوهیدارت مصرف می‌شود تجمع می‌یابند. مانند نقاط در حال رشد جوانه و ریشه، در ریزوم‌ها و غده‌ها، درون بذر و میوه‌های در حال تشکیل.

آفت‌کش‌های سیستمیک[5] این آفت‌کش‌ها، آفت‌کش‌های غیر علف‌کشی هستند که در گیاه یا بدن آفت حرکت می‌کنند. بنابراین همانند علف‌کش‌های انتقالی عمل می‌کنند زیرا برای دستیابی به اثرات مناسب آفت‌کش نیازی به تماس آفت‌کش با کل بدن جاندار نیست.

کاربرد موضعی آفت‌کش در مقایسه با کاربرد آفت‌کش در خاک بسیاری از آفت‌کش‌ها به طور مستقیم روی آفت هدف به‌صورت **موضعی** یا سطحی به‌کار برده می‌شوند. آفت‌کش‌های دیگر در خاک به‌کار برده شده و از طریق ریشه‌های گیاهان بالا می‌آیند یا دارای عمل تدخینی هستند که با آفت هدف تماس پیدا می‌کنند. آفت‌کش‌های **موضعی** باید به وسیله بخشی از آفت که روی آن اسپری شده، جذب شوند. بسیاری از علف‌کش‌ها به مقدار ناچیزی جذب شاخ و برگ گیاه می‌شوند و بسیاری از آفات خاک‌زاد در معرض کاربردهای **موضعی** قرار نمی‌گیرند. آفت‌کش‌هایی که به طور معمول به صورت موضعی کاربرد دارند چنانچه در خاک استفاده شوند اغلب فعالیت محدودی دارند. آفات خاک‌زاد مانند نماتدها، عوامل بیماری‌زا و موجودات آبزی هستند که در نوار آبی احاطه کننده ذرات خاک زندگی می‌کنند. برای مؤثر واقع شدن نماتدکش یا قارچ‌کش در خاک، لازم است از

---

[1] Predacides
[2] Translocated pesticides
[3] Apoplastic
[4] Symplastic
[5] Systemic pesticides

میان خاک مرطوب به سمت آفت هدف حرکت کند. نماتدهای ساکن خاک که از ریشه‌های گیاهان تغذیه می‌کنند در لایه‌هایی که ریشه‌های گیاهان قرار دارند یافت می‌شوند، بنابراین نماتدکش‌ها باید در عمق مناسبی از خاک توزیع شوند. نماتدکش‌ها از میان خاک به صورت گاز یا به صورت حل شده در آب حرکت می‌کنند.

آفت‌کش‌های با دوام و پایدار در مقایسه با آفت‌کش‌های ناپایدار دوام و پایداری آفت‌کش به دوره فعالیت آفت‌کش بعد از آزاد سازی به داخل محیط گفته می‌شود و یک اصطلاح نسبی است. یک قارچ‌کش یا حشره‌کش که برای چند هفته فعال باقی مانده، بادوام و پایدار در نظر گرفته می‌شود ولی یک علف‌کش فعال برای چند هفته بادوام نیست. در دو مورد اول ناپایداری نشان می‌دهد که قارچ‌کش یا حشره‌کش برای چند ساعت تا یک یا دو روز دوام دارد اگرچه تعریف دقیقی در این خصوص وجود ندارد. پایداری در سطح اکوسیستم نشان می‌دهد که آفت کش خیلی کند تجزیه شده و برای یک دوره چند ماهه تا چندین ساله پایدار باقی خواهد ماند (پایداری در خاک را در ادمه در این فصل می‌بینید) یا در بافت‌های موجوداتی که آن را مصرف می‌کنند، باقی می‌ماند.

کاربرد درمانی در مقایسه با کاربرد پیشگیرانه به آفت‌کش‌هایی که قبل از وجود آفت یا قبل از رسیدن جمعیت آفت به سطح خسارت‌زا به کار برده می‌شوند، پیشگیرانه (قارچ‌کش‌ها و باکتری-کش‌ها) یا بازدارنده (نماتدکش‌ها و حشره‌کش‌ها) گفته می‌شود. قارچ‌کش‌های پیشگیرانه باید قبل از رخ دادن آلودگی به‌کار گرفته شوند چون توانایی کنترل یا ریشه‌کنی آلودگی را ندارند. به آفت‌کش‌هایی که بعد از استقرار آفت مؤثر باشند تیمارهای معالجه‌ای یا درمانی گفته می‌شود. برای مثال قارچ‌کشی که تیمار درمانی است قادر به کنترل عامل بیماری‌زایی است که یک میزبان را مورد حمله قرار داده و آلودگی ایجاد کرده است.

حالت انتخابی یا به‌گزینی آفت‌کش انتخابی بودن آفت‌کش به توانایی یک آفت‌کش (یا تیمار دیگر) در کشتن گونه آفت هدف به طوری‌که که سایر گونه‌های همان گروه بدون آسیب باقی بمانند اطلاق می‌شود (برای مطالعه بیشتر در این زمینه به بحث سمیت آفت‌کش‌ها که ً در ادامه این فصل پرداخته شده است مراجعه کنید). حالت انتخابی یا به‌گزینی آفت‌کش در مورد استفاده از علف‌کش‌ها در محصولات کشاورزی حائز اهمیت است (شکل ۱۱-۶). یک علف‌کش در حالت ایده-آل همه علف‌های هرز را از بین خواهد برد ولی به محصولات آسیب نمی‌رساند. درحقیقت، اغلب گونه‌های علف‌های هرز کنترل می‌شوند و محصول به مقدار جزئی خسارت می‌بینند. حالت انتخابی یا به گزینی در مدیریت مهره‌داران یک مزیت محسوب می‌شود. هنگامی که کنترل یک آفت مهره‌دار خاص ضروری بوده و در عین حال مهره‌داران دیگر مانند انسان و پرندگان، نباید آسیب ببینند. در حقیقت این قبیل انتخابی بودن به‌دست نیامده است. حالت انتخابی یا به‌گزینی برای مدیریت حشرات ضروری است زیرا حشره‌کش‌های طیف وسیع (که دارای اثر انتخابی کمی بوده یا انتخابی

نیستند) علاوه بر آفت کلیدی، حشرات مفید و موجودات غیر هدف را نیز از بین خواهند برد. حشره‌کش‌هایی که کمترین آسیب را به موجودات مفید وارد می‌سازند حشره‌کش‌های بی‌خطر[1] نامیده می‌شوند.

روش‌هایی دستیابی به حالت انتخابی یا به‌گزینی آفت‌کش بر حسب گروه آفت‌کش و آفت هدف متغیر است. تفاوت‌های بیوشیمیایی در موجودات تیمار شده بهترین مبنا برای دست‌یابی به انتخابی بودن آفت‌کش‌ها هستند. این بدان معنی است که تحمل ژنتیکی یا توانایی مقاومت در برابر مواد شیمیایی در موجودات غیر هدف رخ می‌دهد. حالت انتخابی یا به‌گزینی مبتنی بر بیوشیمی به نسبت قابل اطمینان است ولی همیشه وجود ندارد. همچنین حالت انتخابی یا به‌گزینی می‌تواند به وسیله عواملی مانند زمان‌بندی کاربرد و تعیین محل آفت‌کش به‌دست آید که انتخاب اکولوژیکی نامیده می‌شود. از آنجایی که حالت اخیر اغلب به شرایط اکولوژیکی متغیر بستگی دارد، این نوع انتخاب به اندازه انتخاب بیوشیمیایی قابل اطمینان نیست.

شکل ۱۱-۶: کنترل انتخابی علف‌های هرز پست‌ایمرژنس در ذرت، این کنترل اغلب کامل بوده و ذرت آسیبی نمی‌بیند. منبع: تصویر از Doug Buhler، USDA.

محصولات مقاوم به علف‌کش (یا HRC) محصولاتی هستند که برای افزایش تحمل نسبت به یک علف‌کش از لحاظ ژنتیکی دست‌کاری شده‌اند. این موضوع در فصل هفدهم با عنوان مقاومت گیاه میزبان به طور دقیق‌تر بحث می‌شود.

آفت‌کش‌های غیرانتخابی یا طیف وسیع بیشتر موجودات گروه آفت را از بین می‌برند. علف‌کش‌های غیرانتخابی در مکان‌هایی مفید هستند که کنترل تمام پوشش گیاهی مانند پوشش گیاهی واقع در ساختمان‌های صنعتی، کنار جاده‌ها، ساحل رودخانه‌ها و کانال‌ها موردنظر است.

[1] Soft insecticides

بسیاری از حشره‌کش‌های اولیه، حشره‌کش‌های طیف وسیع بودند که علاوه بر آفات هدف بسیاری از جانداران مفید غیر هدف را از بین می‌بردند. به طور معمول استفاده از این قبیل حشره‌کش‌ها برای سیستم‌های IPM نامناسب است.

سودمندی آفت‌کش سودمندی عبارتی جامع از میزان کنترل هر آفت است و اثر تیمار محقق شده را روی آفت هدف به نسبت اثر مورد انتظار نشان می‌دهد. اگر یک روش مدیریت آفت به کاهش مورد انتظار در جمعیت آفت و خسارت ایجاد شده از آفت هدف برسد سودمند است.

طبقه‌بندی آفت‌کش‌ها بر اساس زمان کاربرد

آفت‌کش‌ها در مراحل مختلفی از رشد محصول به کار گرفته می‌شوند. کاربرد اغلب براساس مرحله ویژه رشد نام‌گذاری می‌شود و به ویژه برای علف‌کش‌ها صادق است اما برای استفاده ویژه‌ی قارچ-کش‌ها، حشره‌کش‌ها و نماتدکش‌های جلوگیری‌کننده نیز استفاده می‌شود.

تیمار بذر: پوشاندن سطح بذر قبل از کاشت به وسیله‌ی آفت‌کش. بیشتر قارچ‌کش‌ها و برخی حشره‌کش‌های مورد استفاده برای حفاظت بذر و نهال از پاتوژن و هجوم حشرات خاک‌زاد را شامل می‌شود. بذرهای تیمار شده به عنوان خوراکی و اهداف تغذیه‌ای قابل استفاده نیستند.

بستر بذر کهنه: علف‌کش‌های مورد استفاده برای کشتن علف‌های موجود روی بستر کشت که هفته‌ها تا ماه‌ها قبل از بذردهی محصول تشکیل می‌شوند.

قبل از کشت: آفت‌کش‌هایی که در خاک هفته‌ها یا ماه‌ها قبل از کشت محصول برای کنترل آفات هنگام یا بعد از کشت استفاده می‌شوند. حشره‌کش‌ها و نماتدکش‌های تدخینی خاک و برخی علف‌کش‌ها به این روش استفاده می‌شوند.

ترکیبات قبل از کشت: آفت‌کش‌های مورد استفاده در خاک که معمولا قبل از کشت به طور فیزیکی با خاک مخلوط می‌شوند. این روش در نواحی کم باران که محصولات آبیاری می‌شوند استفاده می‌شود. نماتدکش‌های گرانوله، حشره‌کش‌های مورد استفاده برای حشرات خاک‌زاد و چندین علف‌کش می‌بایست با این روش استفاده شوند.

ترکیبات هنگام کاشت: برخی نماتدکش‌های گرانوله به صورت نواری روی بستر کشت در طول عملیات کشت به کار می‌روند. کنترل برخی حشرات خاک‌زاد در محصولات ردیفی بدین شکل صورت می‌گیرد مانند کاربرد طرفینی هنگام کاشت. حشره‌کش در یک شیار موازی و عمیق‌تر از شیار بذر پخش شده است.

قبل از جوانه‌زنی: آفت‌کش بعد از کشت روی سطح خاک اما قبل از جوانه‌زنی زیر خاک استفاده می‌شود. علف‌کش‌های بسیاری در این زمان در سیستم‌های بارانی یا آبیاری پاششی استفاده می-شوند.

شکافتن: زمانی که جوانه محصول خاک را شکاف می‌دهد و از خاک بیرون می‌زند استفاده می‌شوند. برخی علف‌کش‌های غیر انتخابی مانند پاراکوات می‌توانند در این زمان بدون آسیب به محصول استفاده شوند.

بعد از جوانه‌زنی: آفت‌کش‌ها بعد از جوانه زدن محصول (و یا علف‌هرز) زیر سطح خاک استفاده می‌شوند. این مرحله به نسبت اندازه محصول به دو نوع سریع و تاخیری تقسیم می‌شود.

لای بای: اشاره به کاربرد آفت‌کش‌های محصولات ردیفی دارد. با استفاده از تجهیزات زمینی در زمان زراعت نهایی یا عملیات‌های دیگر قبل از اتمام کانوپی امکان پذیر است.

قبل از برداشت: آفت‌کش‌ها در هنگام بلوغ محصول اما قبل از برداشت مورد استفاده قرار می‌گیرند. در این زمان حشره‌کش‌ها یا قارچ‌کش‌ها اغلب برای حفاظت محصول به‌کار می‌روند و برچسب آفت‌کش محدودیت‌های زمان حداقلی که باید بین کاربرد و برداشت لحاظ شود را در بردارد.

بعد از برداشت: آفت‌کش بعد از برداشت محصول استفاده می‌شود.

کمون: کاربرد آفت‌کش در محصولات چندساله در فصلی که گیاهان رشد ندارند. در محصولات علفی مانند یونجه از علف‌کش‌ها در این زمان استفاده می‌شود. در درختان، کاربرد کمونی حشره‌کش‌ها و قارچ‌کش‌ها برای بسیاری از برنامه‌های IPM لازم است.

فنولوژی: کاربرد آفت‌کش‌ها طبق مرحله‌ی فنولوژی محصول زمان‌بندی می‌شود. اصطلاح مورد استفاده ویژه‌ی محصول است مانند «ریزش گلبرگ» در بادام، جزئیات خارج از بحث این متن است.

آیشی: کاربرد آفت‌کش هنگامی‌که محصول وجود ندارد. علف‌کش‌ها اغلب در این زمان استفاده می‌شوند چراکه مهم‌ترین علف‌ها طی دوره آیش کنترل می‌شوند.

فناوری کاربرد

آفت‌کش‌های مورد استفاده در یک برنامه مدیریت تلفیقی آفات باید به آفت هدف برسند و در عین حال ایمنی کارگر حفظ و اثرات آفت‌کش روی جانداران غیرهدف و محیط زیست به حداقل برسد. سیستم‌های پیشرفته پخش آفت‌کش برای دست‌یابی به این اهداف توسعه یافته‌اند. اجزاء ضروری سیستم پخش آفت‌کش شامل آفت‌کشی که به طور مناسب فرموله شده، ابزار کاربرد مناسب و عوامل محیطی مساعد است.

فرمولاسیون‌ها

همه آفت‌کش‌ها برای تبدیل به یک فراورده تجاری باید فرموله شوند تا برای استفاده عملی مناسب باشند. دلایل ضرورت فرمولاسیون‌های مختلف به شرح زیر است:

۱ - بیشتر آفت‌کش‌ها برای ایجاد پوشش ضروری روی آفت هدف (آفت‌کش تماسی) یا بخش گیاه (آفت‌کش سیتمیک یا گوارشی) باید به‌صورت ذرات یا قطرات ریز پاشیده شوند. برای پوشش مناسب و پخش خوب آفت‌کش می‌بایست با یک حامل مخلوط شود. پراستفاده‌ترین حامل آب است و اغلب آفت‌کش‌های سوسپانسیونی در آب پاشش خوبی دارند. از طرفی اجزای فعال اغلب آفت‌کش‌ها در آب محلول نیستند و پاشش در آب دشوار است. مشکل محلولیت در آب با استفاده از فرایند فرمولی اختصاصی حل می‌شود. برخی آفت‌کش‌ها با تعلیق در هوا به عنوان حامل پخش می‌شوند که فرمولاسیون متفاوتی دارند. تعداد کمی از آفت‌کش‌ها با فرم شیمیایی طبیعی و جامد با حامل مخلوط می‌شوند (برای مثال؛ گردها و طعمه‌ها).

۲ - در بسیاری موارد اثرگذاری ماده شیمیایی طبیعی پایین است و افزودنی‌های ویژه برای افزایش اثر آفت‌کش روی هدف ضروری است. برای آفت‌کش‌های تماسی که نیازمند سطح بالایی از پوشش هستند نوع فرمولاسیون اهمیت ویژه‌ای دارد.

۳ - آفت‌کش‌ها باید دارای حداقل سمیت برای افراد باشند و می‌بایست طوری فرموله شوند تا بتوانند با ایمنی دستکاری و کاربرده شوند. در بسیاری موارد پودرهای خشک کنترل کافی برای آفت هدف ایجاد می‌کنند اما برای کاربر و محیط زیست خطرناکند و باید به صورت مایع فرموله شوند.

۴ - اغلب فرمولاسیون‌های آفت‌کش دارای مواد اضافی هستند که عمر نگهداری و انباری را افزایش می‌دهند.

آفت‌کش‌ها بیشتر در دو فرمولاسیون خشک و مایع هستند. برخی آفت‌کش‌های مایع فرار هستند و به صورت گاز عمل می‌کنند. فرمولاسیون آفت‌کش اغلب مخفف (در پرانتز) است تا نام کامل. جزء فعال در محصول فرموله شده به‌صورت نسبت (درصد) از کل آفت‌کش بیان می‌شود.

مایع

۱ - محلول (S یا SC). در این فرمولاسیون، ماده شیمیایی اصلی برای کاربرد در آب حل می‌شود. فرمولاسیون‌ها حاوی عواملی برای طولانی کردن زمان نگهداری هستند.

۲ - مایع غلیظ امولسیون شونده (EC). ترکیب اصلی در یک حلال آلی مناسب حل می‌شود زیرا در آب قابل حل نیست. سپس حلال حاوی آفت‌کش حل شده، در آب به حالت تعلیق در آمده و به صورت یک امولسیون بکار می‌رود. فرمولاسیون‌های EC حاوی

ترکیباتی موسوم به امولسیون کننده[1] برای کمک به فرایند امولسیون شدن هستند. یک امولسیون خوب تفکیک یا ته نشین نمی‌شود ولی به صورت یک سوسپانسیون شیری باقی می‌ماند. حلال‌ها مواد شیمیایی آلی هستند و ممکن است برخی اثرات نامطلوب داشته باشند مانند سمیت مستقیم یا ایجاد آلودگی (اگر فرار باشند).

مایع غلیظ روان‌ریز[2] (FL) ترکیب اصلی در آب قابل حل نیست ولی در آب به صورت یک پودر ریز به تعلیق درآورده می‌شود. این فرمولاسیون نیازمند تثبیت‌کننده‌هایی است که تمایل ذرات آفت‌کش را به ته‌نشین شدن کاهش می‌دهند. از معایب این فرمولاسیون سایش تجهیزات پاشش است.

آئروسل‌ها. آفت‌کش طوری فرموله می‌شود که می‌تواند به‌صورت قطرات فوق‌العاده ریزی پخش و پراکنده شود. فرمولاسیون‌های آئرسول فقط در فضاهای محدود مانند گلخانه‌ها استفاده می‌شوند. آئرسول‌ها به دلیل خطر جابجایی و انتقال به گیاهان هرگز برای علف‌کشی استفاده نمی‌شوند.

گرد[3]

۱- گردها. ترکیباتی هستند که با حامل‌ها مخلوط می‌شوند. گردها پتانسیل ایجاد مشکل اساسی روی موجودات غیرهدف را به سبب بادبردگی دارند (بخش بعدی در این فصل را ببینید). به این دلیل علف‌کش‌ها هرگز به‌صورت گرد فرموله نمی‌شوند.

۲- گرانول‌ها (G). آفت‌کش شیمیایی اصلی روی یک حامل بی اثر مانند رس خالص پوشش داده می‌شود و یا با آن مخلوط می‌شود که به شکل گرانول‌هایی در می‌آید. فرمولاسیون‌های گرانولی به طور معمول به صورت درصد غلظت ماده شیمیایی اصلی معرفی می‌شوند. برای نمونه فرمولاسیون A10G حاوی ده درصد ماده مؤثر است. هم گردها و هم گرانول‌ها ممکن است مشکلاتی ایجاد کنند زیرا ممکن است برای تجهیزات کاربران و کارگران مزرعه خطرناک باشند. عیب اقتصادی آن‌ها این است که حامل به نسبت حجیمی باید حمل شود و هزینه حمل و نقل آن‌ها را به نسبت گران می‌سازد.

۳- پودر وتابل (WP). ترکیب اصلی آسیاب و به صورت خیلی ریز با مواد خشک بی‌اثر مخلوط می‌شود. این فرمولاسیون حاوی عوامل مرطوب‌کننده است که به پودر امکان می‌دهد با آب مخلوط شود. پودرهای وتابل مانند روان‌ریزها فرساینده تجهیزات هستند. همچنین در مخزن سمپاشی اگر به خوبی هم زده نشوند تمایل به رسوب دارند.

---

[1] Emulsifiers
[2] Flowable concentrate
[3] Dry

۴- پودر قابل حل. ترکیب اصلی قابل حل است و می‌تواند برای کاربرد بـه طورمسـتقیم در محلـول سمپاشی حل شود.
۵- گرانول‌های تفرقی در آب. این گرانول‌ها در آب مانند پودر وتابل پخش می‌شوند.
۶- طعمه‌ها. آفت‌کش‌هایی که به تنهایی یا به صورت مخلوط با غذای جلب‌کننده استفاده می‌شـوند. آفت طعمه را می‌خورد و آفت‌کش را می‌بلعد. بیشتر علیه مهره‌داران، حلزون‌ها، مورچه‌های خـاص و در کنترل مگس میوه کاربرد دارد و کمتر برای حشرات خاکزی (مانند طوقه‌برها) استفاده می‌شـود. فساد مواد غذایی طعمه نگهداری بلندمدت آن‌ها را مشکل می‌سازد. طعمه‌ها به صورت علـف‌کـش و قارچ‌کش استفاده نمی‌شوند.
۷- آهسته رها (در کپسول). ترکیبات در محیطی ثابت به‌طور فیزیکی، محفوظ یا گیر افتاده‌اند و به آرامی رها می‌شوند. این فرمولاسیون از لحاظ محدودیت نرخ رها شدن مزیت دارد و برای ترکیبـات فرار یا ترکیباتی که سریع تجزیه می‌شوند مناسب است. همچنین خطر برای کاربران را کاهش می‌دهد.
۸- ایمپریگنات‌ها. مشابه گرانول‌ها به محیط جامدی اضافه شده و آهسته رها می‌شـوند. یـک مثـال خوب آفت‌کش‌های اضافه شده به کود هستند. این نوع فرمولاسیون در چمنزار خانه‌ها و باغ‌ها بـرای حشره‌کش‌ها و علف‌کش‌ها استفاده می‌شود.

گاز

مواد تدخینی ترکیباتی که به شکل گاز فعال می‌شوند. می‌توانند به صـورت گـاز در یـک سـیلندر تحت فشار، یک مایع فرار یا یک ماده جامد که در تماس با آب به‌صورت گاز رهـا مـی‌شـود بـه کـار روند.

مواد کمکی

مواد کمکی برای افزایش راندمان به فرمولاسیون آفـت‌کـش یـا محلـول پاشـش اضـافه مـی‌شـوند. تولیدکننده‌ها آن‌ها را به فرمولاسیون اضافه می‌کنند یا روی برچسب آفت‌کش توضیح می‌دهنـد تـا به تانک پاشش اضافه شوند.

۱ - پخش‌کننده‌ها (عواملی که از نظر کشش سطحی فعالند). این مواد شیمیایی بـین مـایع و جامد جمع و کشش سطحی را کاهش می‌دهند و شبیه دترژنت‌ها هستند. کاهش کشـش سطحی باعث پخش شدن آن‌ها روی سطوحی مانند برگ می‌شود. پوشش سطحی وسیع‌تر با میزان محدودتر مایع باعث افزایش عملکرد آفت‌کـش مـی‌شـود. اسـتفاده از پخـش‌کننده‌ها برای آفت‌کش‌ها مهم و برچسب آفت‌کش اغلب شامل استفاده از آن‌ها است.
۲ - چسباننده‌ها. این مواد کمکی از غلتیدن مواد از هدف جلوگیری می‌کنند.

۳ - عوامل ضد کف. برخی مواد کمکی به ویژه پخش‌کننده‌ها باعث ایجاد کف در تانک پاشش می‌شوند چراکه هم زده می‌شوند. عوامل ضدکف ممکن است برای کاهش کف به فرمولاسیون اضافه شوند.

۴ - عوامل کنترل‌کننده‌ی بادبردگی. بادبردگی از مشکلات پاشش آفت‌کش‌ها است. تحت برخی شرایط اضافه کردن تیکنرها به محلول برای کاهش تعداد ذرات ایجاد شده در نازل لازم است. ذرات کوچک باعث کاهش بادبردگی می‌شود.

۵ - بافرها[1]. بعضی از آفت‌کش‌ها دامنه pH محدودی دارند که در آن دامنه راندمان بهینه دارند و یا تجزیه نمی‌شوند. اگر pH برای راندمان یا پایداری آفت‌کش مهم باشد، بافرها ممکن است برای حفظ محلول سمپاشی جهت تصحیح pH اضافه شوند.

۶ - افزایش‌دهنده‌های راندمان. این گروه راندمان ترکیبات را ترقی می‌دهند.

۷ - روغن‌های فاقد خاصیت گیاه‌سوزی[2]. مقادیر کم ذرات روغن در مخزن سمپاشی می‌تواند فعالیت برخی از آفت‌کش‌ها را به طور چشمگیری افزایش دهد. بسته به آفت‌کش و آفت هدف، روغن ممکن است دارای منشأ گیاهی یا معدنی باشد.

۸ - کودها و افزودنی‌های معدنی دیگر. راندمان برخی از علف‌کش‌ها با اضافه کردن مقادیر کم کود مانند سولفات آلومینیوم به طور چشمگیری بهبود می‌یابد.

تجهیزات / فناوری کاربرد

بیشتر آفت‌کش‌های فرموله شده به شکل غلیظ شده بکار نمی‌روند و باید رقیق شوند. موارد استثناء شامل آئروسل‌ها، طعمه‌ها[3]، گرانول‌ها وگردها هستند که به طور معمول در غلظت فراورده فرموله شده بدون رقیق کردن بیشتر بکار برده می‌شوند.

آب کاربردی‌ترین و فراوان‌ترین حامل مورد استفاده است. هوا در جایی که پوشش روی همه سطوح هدف ضروری است استفاده می‌شود (سطوح فوقانی و تحتانی برگ). گرانول‌ها و طعمه‌های مسموم به سبب هزینه‌ها فقط هنگامی که استفاده از آب و هوا عملی و مناسب نیستند استفاده می‌شوند.

اجزاء اساسی یک سمپاش برای همه انواع سمپاش‌ها یکسان است (شکل ۱۱-۷) اگر چه برای وضعیت‌های ویژه مختلف تغییرات زیادی وجود دارد (شکل‌های ۱۱-۸ تا۱۱-۱۱).

---

[1] Buffers
[2] Nonphytotoxic oil
[3] Baits

اجزای سمپاش‌ها سمپاش‌ها دارای اندازه‌های مختلفی هستند. تعدادی کوچک، دستی یا پشتی هستند که در خانه یا در باغات گل و سبزی تجاری کوچک استفاده می‌شوند. واحدهای بزرگ، کشنده توسط تراکتور یا خودرو و توانایی توزیع صدها گالن سمپاشی را دارند.

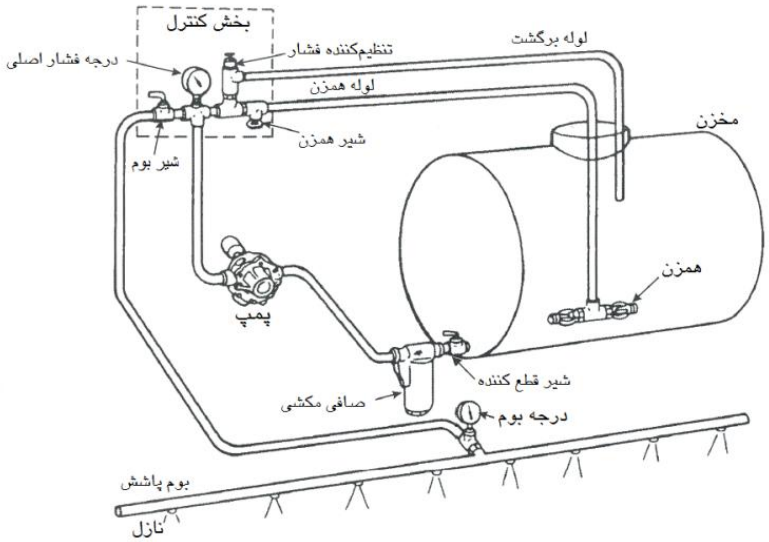
مخزن همه سم‌پاش‌ها باید دارای یک مخزن برای نگهداشتن محلول سمپاشی باشند. انواع هم‌زن محلول به سبب مشکل رسوب آفت‌کش در مخزن یا غیر یکنواختی مخلوط باید در مخزن وجود داشته باشد. عمومی‌ترین نوع هم‌زن، موتور هم‌زن[1] (شکل ۱۱-۷) است که برای مایع تحت فشار استفاده می‌شود ولی بسیاری از سیستم‌ها دارای پره‌های داخلی برای هم زدن مکانیکی هستند. مخزن‌ها از موادی ساخته می‌شوند که به راحتی دچار خوردگی نمی‌شوند مانند پلاستیک‌های با تراکم بالا یا فولاد بی رنگ.

فیلترها و پالایش‌کننده‌ها انسداد نازل‌ها مشکلی جدی است بنابراین بیشتر سیستم‌های سمپاشی دارای یک پالایشگر بین مخزن و پمپ برای حذف ذرات بزرگ هستند. بیشتر سیستم‌های سمپاشی همچنین دارای یکسری صفحات و لایه‌ها به صورت بخشی از مجموعه نازل برای به دام انداختن ذراتی که برای عبور از میان منفذ انتهای نازل خیلی بزرگ هستند هستند (شکل‌های ۱۱-۷ و ۱۱-۱۲).

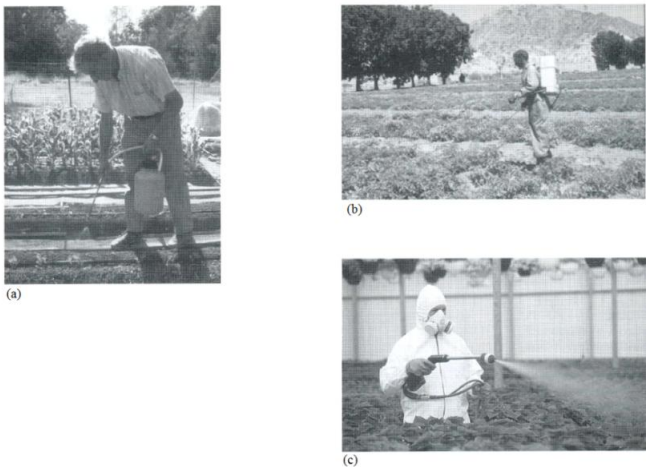
پمپ همه سیستم‌ها باید دارای یک پمپ برای ایجاد فشار در محلول سمپاشی باشند. پمپ دارای طیفی از پیستون‌های عمل کننده با دست برای سمپاشی‌های دستی کوچک تا انواع مختلف پمپ‌های سانتریفوژی مکانیکی و به طور کامل متحرک در سمپاش‌های مزرعه‌ای است.

کنترل‌کننده‌ها در سیستم باید امکان باز و بسته شدن تنظیم فشار وجود داشته باشد. کاربرد صحیح آفت‌کش‌ها تا اندازه‌ای به وجود فشار ثابت در سیستم بستگی دارد. بنابراین همه سمپاش‌ها، به استثناء سمپاش‌ها ی دستی (شکل ۱۱-a۸)، دارای چند شکل از تنظیم کننده فشار قابل تنظیم هستند. همچنین وجود یک فشارسنج ضروری است به طوری‌که تنظیم کننده بتواند برای فشار دلخواه تعبیه شود. یک دریچه باز و بسته کردن نیز لازم است. این کنترل‌ها باید در دسترس کاربر باشند.

[1] Jet agitation



شکل ۱۱- ۷: تصویر شماتیک از اجزای اصلی یک سم‌پاش (با تغییراتی از Bohmont، ۲۰۰۰). پیکره‌ی کلی یک سم‌پاش بسته به محصول و هدف استفاده تغییر می‌کند.

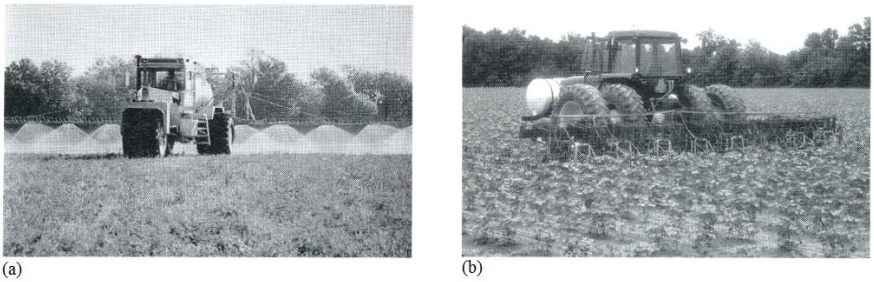


شکل ۱۱- ۸: سم‌پاش‌های کوچک. (a) سم‌پاش پمپی دستی برای استفاده در باغچه منازل و استفاده روی تعدادی گیاه هدف؛ (b) سم‌پاش‌های پشتی که برای زراعت‌های کوچک یا مکان‌هایی که ناحیه‌ی محدودی باید پاشش شود استفاده می‌شود، اغلب در کشورهای غیرصنعتی به کارگیری می‌شود؛ و (c) سم‌پاش دستی در حال پاشش آفت‌کش روی پوینستیا در گلخانه؛ به استفاده از تجهیزات محافظت شخصی توجه کنید. منبع: تصویر (a) از Robert Norris، تصویر(b) از R. Faidutti، FAO، و تصویر (c) از Peggy Greb، USDA/ARS.

بوم و نازل‌ها[1] تغییرات اختصاصی بسته به انواع شرایطی که آفت‌کش‌ها بکارگرفته می‌شوند، در کاربرد ماشین آلات پایه‌ای وجود دارد.

کاربرد زمینی یا هوایی. آفت‌کش‌ها به طور معمول با استفاده از تجهیزات زمینی بکار برده می‌شوند (شکل ۱۱-۹). در شرایط معینی، استفاده از تجهیزات زمینی دارای محدودیت‌هایی است:

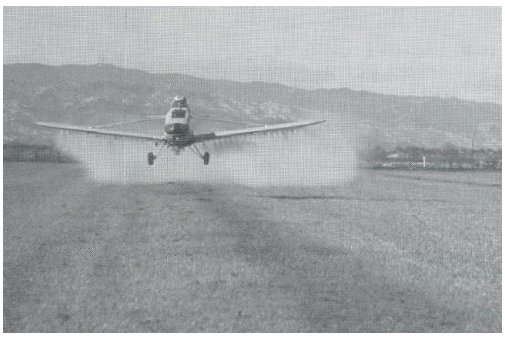
- مقیاس: مناطق بزرگ می‌توانند برای پوشش کافی و سریع (آفت‌کش‌ها) مشکل‌ساز باشند.
- شرایط خاک: اگر خاک خیلی خیس باشد، ممکن است به تجهیزات زمینی بچسبد.
- فعالیت‌های کشاورزی: برای نمونه جابجایی تجهیزات در یک شالیزار برنج غرقاب مشکل است.
- گیاهان زراعی بلند: گیاهان بلند مانند ذرت یا درختان ممکن است در عملکرد تجهیزات اختلال ایجاد کنند یا تجهیزات ممکن است به گیاهان خسارت وارد کنند.


(a) (b)

شکل ۱۱- ۹: تجهیزات زمینی پاشش. (a) سم‌پاش بوم‌دار پخش‌کننده برای محصولات فشرده؛ (b) سم-پاش نازل قطره‌ای در محصولات ردیفی. منبع: تصویر (a) از Ken Giles با مجوز؛ تصویر (b) از Bill Tarpenning، USDA/ARS.

وقتی که کاربرد زمینی ممکن نبوده یا مناسب نباشد، یک هواپیما ممکن است امکان سمپاشی را فراهم کند (شکل ۱۱-۱۰). کاربرد هواپیما نسبت به کاربرد زمینی گران‌تر است و نمی‌تواند توزیع یکنواختی از آفت‌کش روی هدف فراهم کند. جدی‌ترین عیب کاربرد هوایی آفت‌کش افزایش احتمال بادبردگی[2] است. بادبردگی آفت‌کش با سرعت تجهیزات در هنگام کاربرد و فاصله بوم سمپاشی از هدف افزایش می‌یابد. هواپیما نسبت به یک سمپاش زمینی سریع‌تر حرکت می‌کند و بوم آن نسبت به بوم تجهیزات زمینی در فاصله دورتری از هدف قرار دارد. هلی‌کوپتر به طور معمول با دقت بیشتری نسبت به هواپیمای دارای بال ثابت توانایی جابجایی آفت‌کش به هدف را دارد.

[1] Boom and Nozzles
[2] Drift



شکل ۱۱- ۱۰: هواپیمای بال ثابت برای کاربرد آفت‌کش هوایی؛ در این تصویر از علف‌کش برای یونجه‌ی در حال کمون استفاده شده است. منبع: تصویر از Robert Norris.

حامل[1] آب، هوا، گرانول‌ها، گردها و طعمه‌های مسموم[2] به صورت حامل استفاده می‌شوند. انتخاب حامل دارای اثراتی روی کاربرد آفت‌کش‌ها است. در سمپاش‌های آبی برخورد به یک طرف هدف صورت می‌گیرد در حالی که کاربرد حامل هوایی می‌تواند پوشش گسترده‌تری روی همه سطوح ایجاد کند. هوا اغلب حاملی است که وقتی پوشش همه سطوح مورد نظر باشد استفاده می‌شود مانند کنترل عامل بیماری‌زا یا حشره در درختان میوه چند ساله (دائمی) و تاکستان‌ها (شکل ۱۱-۱۱). وقتی هوا به عنوان حامل استفاده می‌شود، نسبت به استفاده از آب، بادبردگی خطر مهم‌تری است. کاربرد گرانول‌ها و طعمه‌های مسموم به طور معمول نسبت به استفاده از آب یا هوا به عنوان حامل گران‌تر است. استفاده از گرانول‌ها و طعمه‌های مسموم هدفمندتر کردن کاربرد را نسبت به سمپاشی‌ها ایربلاست[3] امکان‌پذیر می‌کند. بعضی از آفت‌کش‌ها مانند استریکنین فقط به صورت طعمه‌های مسموم برای کنترل مهره‌داران، در زیر زمین استفاده می‌شوند.

سیستم بارگیری بسته[4] این سیستم برای حفاظت کارگران مطلوب بوده و ممکن است در برخی نواحی برای همه آفت‌کش‌های گروه I مورد نیاز باشد (این آفت‌کش‌ها را در ادامه می‌بینید). سیستم بارگیری بسته انتقال غلظت آفت‌کش فرموله شده را از ظرف اصلی به داخل مخزن سمپاش بدون قرارگیری پرسنل در معرض مواد شیمیایی امکان‌پذیر می‌کند. بیشتر سیستم‌های بارگیری بسته برای فرمولاسیون‌های مایع دارای چند شکل از سوند (میله) هستند که در مخزن سمپاش مکش انجام می‌دهند. این سیستم‌ها برای فرمولاسیون‌های پودری شامل یک مخزن بارگیری

[1] Carrier
[2] Baits
[3] Air- Blast
[4] Closed- loading

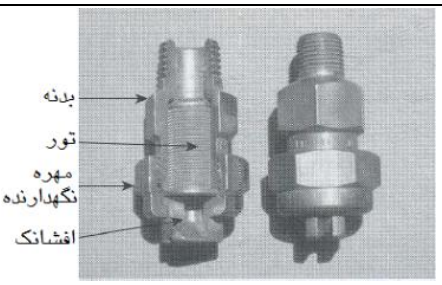
اختصاصی هستند که در آن آفت‌کش به درون یک کیسه قابل حل در آب قرار داده می‌شود و بعد از بسته شدن درپوش، مخزن با آب پر می‌شود تا کیسه حل شود و آفت‌کش به مخزن سم‌پاشی اصلی منتقل می‌شود.

شکل ۱۱- ۱۱: استفاده از سم‌پاش ایربلاست برای تیمار درختان باغ. منبع: تصویر از Marcos Kogan.

استفاده گسترده در مقایسه با استفاده نواری برای محصولاتی که یا به صورت ردیف‌های نزدیک (کمتر از حدود ۱۰ اینچ) یا به طور گسترده کشت می‌شوند (مانند گندم، یونجه) کاربرد آفت‌کش‌ها نیز به طور گسترده است. وقتی محصولات در ردیف‌هایی با فواصلی در حدود ۲۰ اینچ یا بیشتر کشت می‌شوند (مانند گوجه فرنگی، پنبه) کاربرد آفت‌کش به صورت نواری مناسب است. کاربرد نواری اغلب در مورد علف‌کش‌ها استفاده می‌شود و عملیات زراعی به طور مکانیکی برای از بین بردن علف‌های هرز در بین ردیف‌های محصول انجام می‌شود و علف‌کش در تمام بستر کشت بکار گرفته می‌شود تا علف‌های هرز داخل ردیف را کنترل کند. این روش هزینه آفت‌کش را کاهش می‌دهد و مقدار آفت‌کش به جای مانده در محیط زیست را پایین می‌آورد.

سمپاشی هدفدار این سمپاشی‌ها زمانی که محصول وجود دارد انجام می‌شوند. نازل‌ها به نحوی تعبیه می‌شوند که بیشتر شاخ و برگ محصول را از سمت پایین سمپاشی کنند. سمپاشی‌های هدفدار اغلب برای علف‌کش‌ها وقتی تحمل محصول کم است کاربرد دارند.

نازل‌های قطره‌ای این کاربرد مشابه با سمپاشی هدفدار است ولی هیچگونه تلاشی برای نگهداشتن شاخ و برگ محصول وجود ندارد. نازل‌ها از لوله‌هایی به زیر بوم آویزان بوده به طوری که در آشکوب محصول قرار گیرند. این ساختار اغلب در مورد حشره‌کش‌ها و قارچ‌کش‌ها استفاده می‌شود (شکل ۱۱-b۹).



شکل ۱۱- ۱۲: اجزای یک نازل پاشش معمولی؛ تصویر سمت راست معمول و تصویر سمت چپ برشی از اجزای درونی را نشان می‌دهد. منبع: تصویر از Robert Norris.

پاشش حفاظت شده یا سرپوش‌دار[1] نازل‌ها بین سرپوش یا زیر درپوش جای دارد تا پاشش به محصول ضربه نزند. این نوع نازل ابتدا برای علف‌کش‌ها استفاده شد.

Chemigation در مناطقی که آبیاری انجام می‌شود تزریق مواد شیمیایی به طور مستقیم به داخل سیستم آبیاری امکان‌پذیر بوده و توزیع مواد شیمیایی به واسطه آب صورت می‌گیرد. این فرایند Chemigation نامیده می‌شود. هیچ تجهیزات دیگری غیر از تجهیزات تزریق مورد نیاز نیست. خطر این نوع کاربرد، تکیه توزیع آفت‌کش بر توزیع آب است که ممکن است غیریکنواخت باشد.

تلفیق با خاک در مناطق با بارندگی پایین یا در مورد آفت‌کش‌هایی که فرار هستند، ممکن است اختلاط فیزیکی آفت‌کش در خاک برای دستیابی به کارایی رضایت بخش ضروری باشد. این حالت در مورد یک آفت‌کش با استفاده گسترده به وسیله دیسک زدن انجام می‌شود. در جایی که کاربرد نواری مورد نیاز باشد تیلرهای قدرتمند پیشرفته استفاده می‌شود (شکل ۱۱-۱۳). برچسب آفت‌کش بیان می‌کند که آیا تلفیق مورد نیاز است یا خیر.

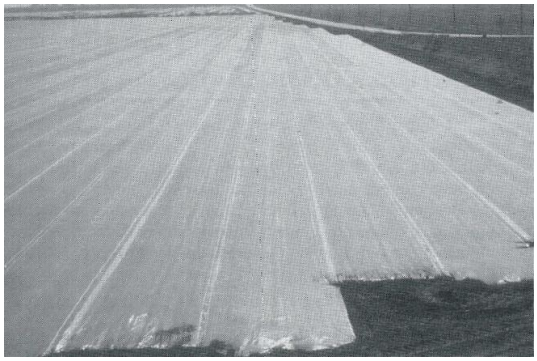
تزریق به خاک آفت‌کش‌های قارچی نمی‌توانند پاشیده (سمپاشی) شوند بنابراین تجهیزات پیشرفته‌ای استفاده می‌شود که به طور مستقیم محلول رقیق آفت‌کش را به داخل خاک در چند اینچی زیر سطح خاک تزریق می‌کنند. در جایی که گاز سمی بسیار فرار است پوشاندن سطح تیمار با مانع پلی‌اتیلن برای جلوگیری از حرکت و جابجایی گاز سمی به خارج از خاک و به داخل هوا ضرورت دارد (شکل ۱۱-۱۴).

سیستم‌های بکارگیری طعمه مسموم سیستم‌های پیشرفته‌ای جهت بکارگیری طعمه‌های مسموم در کنترل مهره‌داران و بعضی از بی‌مهرگان آفت مورد نیاز است. در بیشتر موقعیت‌ها، روش کاربرد باید تضمین کند که گونه‌های حیات‌وحش غیرهدف قادر به تغذیه از طعمه نیستند. شیوه طعمه‌گذاری (شکل

[1] Shielded or Hooded

۱۱-۱۵) امکان می‌دهد تا گونه‌های بزرگتر غیرهدف مورد تیمار قرار نگیرند. طعمه گوفر حاوی سم استرکنین باید زیر سطح خاک قرار داده شود تا دستیابی گونه‌های غیرهدف محدود شود. مکان ایده‌آل برای طعمه گوفر سیستم دالان جانور هدف است. اگر طعمه‌گذاری به وسیله دست انجام شود وقت‌گیر است. "تونل‌ساز[1]" مکانیکی یک دالان مصنوعی ایجاد می‌کند و گوفر وارد شده به دالان طعمه قرار داده شده در آن را می‌خورد. این یک مثال از نوآوری فناوری است که خطر زیست‌محیطی را کاهش می‌دهد. طعمه‌های آمیخته به حشره‌کش برای حشرات مختلف وجود دارد (فصل ۱۴ را ببینید).

شکل ۱۱- ۱۳: تیلر/کشتکار قدرتی در حال کاربرد علف‌کش ترکیبی پری‌پلانت، پاشش حشره‌کش، کاشت محصول و در حال استفاده از علف‌کش‌های پری‌امرژنس در یک عملکرد واحد. منبع: تصویر از Robert Norris.



شکل ۱۱- ۱۴: پوشاندن مزرعه با پوشش پلی‌اتیلنی بعد از کاربرد متیل‌بروماید. منبع: تصویر از Robert Norris.

[1] Burrow builder

شکل ۱۱- ۱۵: جایگاه تله‌ی طعمه‌ای برای کنترل آفات مهره‌دار. طعمه در لوله‌ی عمودی مرکزی قرار داده می‌شود و آفت از مسیر لوله‌های جانبی روی زمین وارد می‌شود. منبع: تصویر از Robert Norris.

بررسی‌های زیست محیطی

محیط، توزیع آفت‌کش را تحت تأثیر قرار داده و مقدار آفت‌کش رسیده به آفت هدف را تغییر می‌دهد. این موضوع باعث نگرانی کارورزان مدیریت آفت می‌شود. از آن مهم‌تر اثراتی است که آفت‌کش‌ها روی گونه‌های غیرهدف و به طور کلی اکوسیستم دارند. اثرات اکولوژیکی آفت‌کش‌ها برای کارورزان مدیریت آفت، اکوسیستم‌ها و جامعه مهم است. درک برهم‌کنش‌های بین آفت‌کش‌ها و محیط ضروری است گرچه آفت‌کش‌ها به طور مؤثر و با احتیاط به کار گرفته می‌شوند.

فرار بودن

هر ماده شیمیایی می‌تواند از حالت جامد یا مایع به حالت گاز تغییر یابد. این حالت با فشار بخار اندازه‌گیری می‌شود. هر چه فشار بخار پایین‌تر باشد فراریت کمتر است. فشار بخار اغلب مشابه فشار اتمسفر اندازه‌گیری و به صورت میلی‌متر جیوه (mmHg) بیان می‌شود. اهمیت فشار بخار برای آفت‌کش‌ها در این است که قابلیت تغییر این مواد به شکل گاز را نشان می‌دهد.

مثال‌هایی از فشار بخار در بعضی از آفت‌کش عبارتست از:

آکرولئین- ۲۴۰ میلی‌متر جیوه در دمای ۲۵ درجه سلسیوس (در دما و فشار طبیعی یک گاز سمی تدخینی است)

اپتام (EPTC) - 3.4×10^{-2} میلی‌متر جیوه در دمای ۲۵ درجه سلسیوس (در دما و فشار طبیعی یک مایع است ولی به آسانی تبخیر می‌شود. این ویژگی محدودیت‌هایی در چگونگی استفاده ایجاد می‌کند، بخش زیر را ببینید)

گلیفوزات- 1.8×10^{-7} میلی‌متر جیوه در دمای ۲۵ درجه سلسیوس (در دما و فشار طبیعی یک جامد با فشار بخار پایین است و غیر فرار در نظر گرفته می‌شود).

فومیگانت‌ها[1] فشار بخار بالایی دارند و به آسانی به صورت گاز انتشار می‌یابند. در شکل گازی می‌توانند حجم‌های زیادی را برای مثال در خاک یا یک ساختمان اشغال کنند. یک فومیگانت در فشار و دمای معمولی فرار است بنابراین برای استفاده آفت‌کشی باید شامل ناحیه‌ی فعالیت باشد. در واقع فومیگانت‌ها به داخل خاک تزریق می‌شوند و سطح خاک پوشانده می‌شود تا از خروج گاز جلوگیری شود. برای ترکیبی با فراریت متوسط مانند متام سدیم خاک باید به وسیله پارچه پوشانیده شود و یا در مورد ترکیبات دارای فراریت بیشتر مانند متیل برماید باید به وسیله یک نوار پلی اتیلین پوشانیده شود (شکل ۱۱-۱۴). فومیگانت‌ها همچنین در مکان‌های بسته برای کشتن آفات (بیشتر حشرات) موجود در ساختمان یا روی آفات مستقر روی فراورده‌های داخل ساختمان استفاده می‌شوند. به کاربرد فومیگانت‌ها در مورد قبلی کنترل آفات ساختمانی گفته می‌شود و فومیگاسیون در مورد دومی بخشی از فرایند مدیریت آفات پس از برداشت[2] (محصول) برای فرآورده حمل شده بین نواحی یا کشورها است. برای همه آفت‌کش‌های غیر فومیگانت، فراریت بالا یک مشکل بالقوه جدی است. این مشکل در رابطه علف‌کش‌ها از اهمیت دوچندانی برخوردار است. مواد دارای فشار بخار بالا ممکن است از محل کاربرد خارج شوند و فعالیت مورد انتظار را نداشته باشند. آفت‌کش‌های با فراریت بالا باید به نحوی بکار برده شوند که از دست رفتن بخار به حداقل برسد یا بهتر است مورد استفاده قرار نگیرند. بعضی از علف‌کش‌های با فراریت متوسط، مانند EPTC، باید به طور مستقیم با خاک مخلوط شوند. شاید اختلاط سریع آن‌ها با خاک بعد از کاربرد، تلفات ناشی از فراریت را کاهش می‌دهد.

آفت‌کش‌ها در شکل گازی می‌توانند به آسانی جابجا شوند و روی هدف مورد نظر اثراتی داشته باشند اما ممکن است خطرات آلودگی ایجاد کنند. چنین جابجایی می‌تواند برای همه فومیگانت‌ها (تدخین شونده‌ها) یک مسئله باشد چنانچه با دقت مطابق با برچسبشان استفاده نشوند. مواد شیمیایی بکار رونده روی شاخ و برگ با فراریت بالا، از قبیل استرهای علف‌کش‌های فنوکسی (تو فور دی) می‌توانند به آسانی به خارج از محل هدف حرکت کنند و بنابراین استفاده از آن‌ها محدود می‌شود.

بادبردگی[3]

هدف از کاربرد آفت‌کش عبارتست از قرار دادن آفت‌کش روی یا نزدیک هدف دلخواه. یک آفت‌کش می‌تواند طی فرایند کاربرد به خارج از سطح هدف مورد نظر حرکت کند که به آن بادبردگی گفته می‌شود. جابجایی به خارج از هدف از چند اینچی که یک مشکل برای سمپاشی

[1] Fumigants
[2] Postharvest pest management
[3] Drift

نواری است تا چندین مایلی (که می‌تواند یک مشکل ناحیه‌ای جدی باشد) متغیر است. بادبردگی می‌تواند در یکی از سه شکل زیر صورت گیرد:

۱- قطرات ریز سمپاشی از حامل حاوی آفت‌کش

۲- قطرات ریز یا ذرات اصلی آفت‌کش (هنگامی رخ می‌دهد که حامل تبخیر می‌شود یا وقتی فرمولاسیون خشک مانند گردها استفاده می‌شود)

۳- تبخیر آفت‌کش، در مورد ترکیبات فرار

باد بردگی آفت‌کش موجب مشکلات زیر می‌شود:

۱- اتلاف فعالیت. آفت‌کشی که به خارج از سطح هدف بادبردگی دارد دیگر نمی‌تواند فعالیت مطلوبی داشته باشد. برای مزارع بزرگ با سم‌پاشی وسیع این وضعیت مشکل جدی نیست ولی در سم‌پاشی نواری در بالای ردیف، ممکن است مشکل خیلی جدی باشد زیرا سطح سم‌پاشی شده می‌تواند به تمام ردیف‌های محصول گسترش یابد.

۲- اثرات خارج هدف. بادبردگی آفت‌کش می‌تواند پیامدهایی برای موجودات در سطح (منطقه) مجاور داشته باشد.

۲-۱- گیاهان. بادبردگی آفت‌کش می‌تواند موجب خسارت با دامنه‌ای از علائم موقتی تا مرگ در محصولات مجاور شود. به طور معمول خسارت گیاه برای بادبردگی برخی از انواع آفت‌کش در نظر گرفته نمی‌شود.

۲-۲- انسان‌ها. بادبرگی آفت‌کش می‌تواند روی افراد موجب بیماری شود. این مشکل به ویژه در رابطه با کارگران در مزارع نزدیک مهم است. اهمیت آن بستگی به سمیت آفت‌کش مورد استفاده دارد. این وضعیت ممکن است در رابطه با تمام گروه‌های آفت‌کش رخ دهد.

۲-۳- حشرات مفید. بادبردگی حشره‌کش‌ها می‌تواند دشمنان طبیعی ساکن در پوشش گیاهی مجاور مزرعه هدف یا در مزارع مجاور مزرعه هدف را نابود کند.

۲-۴- جانوران وحشی (حیات وحش) در مناطق مجاور. به مورد ۲-۳ مراجعه شود.

۳- باقی‌مانده‌های غیرمجاز در محصولات مجاور. بادبردگی آفت‌کش روی محصول مجاور توانایی ایجاد باقی‌مانده غیرمجاز روی یا داخل محصول غیرمجاور را دارد. اگر بادبردگی در نزدیکی تاریخ برداشت برای محصول مجاور رخ دهد، می‌تواند منجر به باقی‌مانده‌های غیرمجاز شود و ممکن است انهدام محصول مورد انتظار باشد. مشکل باقی‌مانده آفت‌کش به ویژه برای کشاورزی ارگانیک وقتی چنین مزارعی در مجاورت مزارع سم پاشی شده به طور سنتی قرار داشته باشند مهم است زیرا هر گونه باقی‌مانده آفت‌کش منجر به از دست رفتن گواهی ارگانیک می‌شود.

درجه و میزان بادبردگی تحت تأثیر چندین عامل قرار می‌گیرد. وقتی بادبردگی مورد انتظار است متغیرهای زیر باید تعدیل شود تا پتانسیل بادبردگی به حداقل برسد:

۱ - اندازه قطره سمپاشی. قطرات بزرگ با احتمال کمتری نسبت به قطرات کوچک بادبردگی دارند. متغیرهای زیر بر اندازه قطره اثر می‌گذارند:

۱-۱- فشار. فشار بالا نسبت به فشار پایین قطرات ریزتری را ایجاد می‌کند.

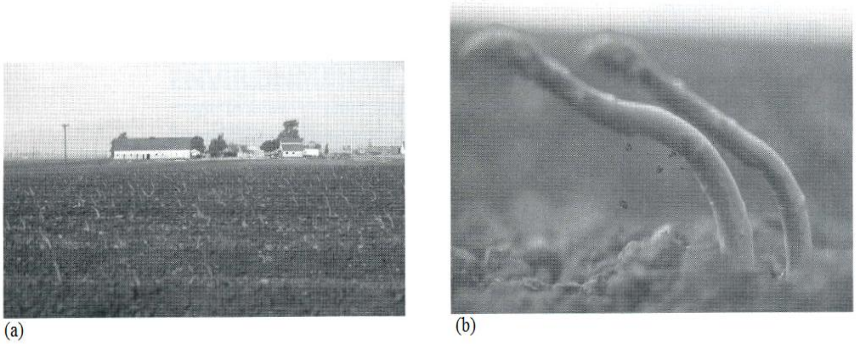
۱-۲- حجم سمپاشی. کاربردهای کم حجم، به دلیل ضرورت استفاده از نازل‌های دارای منافذ کوچک برای دستیابی به پوشش مناسب، قطرات ریزتری نسبت به کاربردهای با حجم زیاد به وجود می‌آورند.

۱-۳- برش. در نازل برش چرخشی بالا نسبت به برش چرخشی پایین ذرات مناسب بیشتری را تولید می‌کند؛ برش عملکردی از دو متغیر است.

۱-۳-۱- سرعت حامل. سرعت جابجایی سریعتر حامل برش چرخشی بزرگتری را سبب می‌شود.

۱-۳-۲- زاویه‌ی نازل. نازل‌های رو به پایین برش بزرگتری نسبت به نازل‌های رو به پشت ایجاد می‌کنند. به همین علت نازل‌ها در سم‌پاش‌های هوایی اغلب رو به پشتند تا اثر برش روی اندازه قطرات حداقل شود.

۱-۴- اندازه منفذ نازل. نازل‌های دارای اندازه کوچکتر (منافذ) ذرات کوچکتری نسبت به نازل‌های دارای اندازه بزرگتر در یک فشار معین ایجاد می‌کنند.



شکل ۱۱- ۱۶: خسارت مارچوبه به سبب بادبردگی علف‌کش. یک علف‌کش تماسی رشد نی‌های رو به باد را باز داشته و باعث خم شدن آن‌ها به سمت منبع بادبردگی شده. (a) منظره‌ای از مزرعه؛ (b) نمای بسته‌ای از نی‌های آسیب دیده. منبع: تصاویر از John Marcroft با مجوز.

۱-۵- نوع نازل. نازل‌ها علاوه بر تنظیم میزان جریان برای ایجاد الگوهای متفاوت و تعیین مشخصات اندازه قطر طراحی می‌شوند. در واقع نازل‌های نوع غرقابی نسبت به نازل‌های بادبزنی

تولید قطرات کوچکتری می‌کنند. استفاده از صفحه‌های دوار در نازل‌های جت درصد قطرات ریـز را افزایش می‌دهد.

۱-۶- افزودنی‌ها. غلیظ‌کننده‌ها، همان طوری که در ابتدای بخش کمک‌کننده‌ها ذکر شد، می‌تواننـد به محلول اسپری اضافه شوند.

۲ - سرعت باد. درجه بادبردگی بستگی به میزان جریان هوا دارد و هنگامی‌که سرعت باد افزایش می‌یابد بادبردگی به سرعت افزایش می‌یابد. سرعت‌های بیش از ۱۰ مایل بر سـاعت بـاد بـه طور معمول برای کاربردهای بیشتر آفت‌کش‌ها خیلی زیاد اسـت زیـرا بـادبردگی را افـزایش می‌دهد. سرعت باد بین ۱ تا ۵ مایل بر ساعت ترجیح داده می‌شـود. بایـد توجـه داشـت کـه شرایط سرد و ساکن نیز می‌تواند مشکل‌ساز باشد (مورد بعدی را ببینید). اثر سرعت باد روی بادبردگی می‌تواند تا اندازه معینی از طریق استفاده از بوم سرپوش‌دار روی تجهیزات زمینـی به حداقل رسانیده شود (شکل ۱۱-۱۷). در شکل بوم به نحـوی کـه طـرح سمپاشـی از بـاد حفظ شود پوشانیده می‌شود.

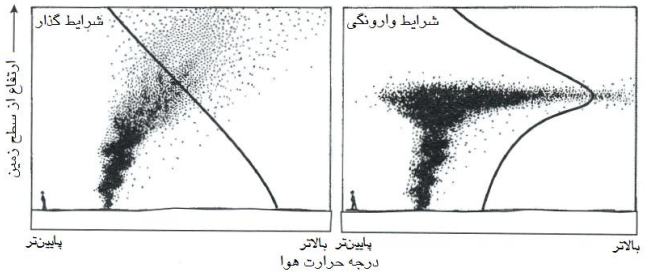
شکل ۱۱- ۱۷: سم‌پاش بوم‌دار با روکش بوم که بـادبردگی پاشـش را حـداقل مـی‌کنـد. منبـع: تصـویر از Norris Robert.

۳ - شرایط وارونگی. وارونگی اتمسفری هنگامی رخ می‌دهد که باد وجود نـدارد و دمـا در سـطح زمین نسبت به مکان‌های بلندتر اتمسفر (یعنی بالای ۱۰۰ فوت) سـردتر اسـت (شـکل ۱۱-۱۸). در نتیجه هوای سرد در سطح خاک به دام انداخته می‌شود و با بقیـه اتمسـفر مخلـوط نمی‌شود. اگر سمپاشی با این شرایط انجام شود، هوای راکد می‌تواند با ذرات یا قطـرات ریـز آفت‌کش پر شود. سپس، با از بین رفتن شرایط وارونگی، حجـم کلـی هـوا مـی‌توانـد بـا بـار آفت‌کش مربوطه حرکت کند. در بعضی از موارد بادبردگی علف‌کش در فواصـل طـولانی بـه سمپاشی هوایی تحت شرایط وارونگی نسبت داده می‌شود.

۴ - ارتفاع بوم. بوم بالای هدف شانس بادبردگی را بیشتر می‌کند.

۵ - مقیاس. اگرچه در سطوح بزرگتر مورد هدف کاربرد سریعتر صورت می‌گیرد اما پتانسیل بادبردگی بیشتر است.

احتمالاً بادبردگی در مورد همه آفت‌کش‌ها رخ می‌دهد ولی در مورد علف‌کش‌ها خیلی شدید است زیرا علائم روی گیاهان حساس، مدرک قابل مشاهده‌ای از باد بردگی هستند. بادبردگی قارچ‌کش و حشره‌کش تنها می‌تواند با ارزیابی‌های طراحی شده اختصاصی آشکار شود. علف‌کش‌های گروه فنوکسی (مانند توفوردی)، پاراکوات، گلیفوزات و سایرین به طور ویژه‌ای به ایجاد مشکلات بادبردگی حساس هستند. در برخی موارد بادبردگی در علف‌کش‌ها خسارت زیادی به محصولات مجاور وارد کرده است و تنها راه‌حل به استفاده از علف‌کش‌ها در شرایط معین و یا حتی به ممنوعیت استفاده از آن‌ها محدود شده است.



شکل ۱۱- ۱۸: نمودار پخش دود تحت شرایط گذار و گیرافتادن دود تحت شرایط وارونگی را نشان می‌دهد. اثبات چگونگی ریزش دقیق پاشش آفت‌کشی که در شرایط وارونگی گیر افتاده. منحنی‌ها حرارت به نسبت ارتفاع از سطح زمین را نشان می‌دهند. منبع: تصویر با تغییراتی از Marer، ۱۹۸۸.

رفتار آفت‌کش در خاک

بسیاری از آفت‌کش‌ها به طور مرسوم، مستقیم در خاک به کار برده می‌شوند و بسیاری از آفت‌کش‌های بکار رفته در شاخ و برگ سرانجام به خاک می‌رسند. بنابراین فعالیت آفت‌کش‌های بکار رونده در خاک و سرنوشت همه آفت‌کش‌ها در محیط، تا اندازه زیادی بستگی به پدیده‌هایی دارد که در خاک رخ می‌دهند.

پدیده‌های جذب و دفع مواد شیمیایی حل شده در فضای بین دو مرحله مشابه (برای مثال مایع و گاز؛ مایع و جامد) به سبب روابط شارژ مولکولی در چنین فضایی تجمع می‌یابند. انواع نیروهای جلب‌کننده از پیوند یونی قوی (برای مثال، شارژ مثبت در علف‌کش پاراکوات با شارژ منفی در ذرات خاک) تا پیوند هیدروژنی و تا اثرات الکترواستاتیکی مانند نیروهای واندروالس متغیر هستند.

همچنین مولکول‌های آفت‌کش ممکن است از لحاظ فیزیکی در ساختارهای شبکه‌ای خاک رس گرفتار شوند. غیر از پیوند یونی، جذب یک پدیده برگشت‌پذیر است و بستگی به عواملی دارد که ظرفیت جذبی را تغیر می‌دهند. عوامل اصلی، درصد رس و درصد ماده آلی هستند.

پدیده‌های جذب موجب می‌شوند آفت‌کش‌ها در خاک به فضای آب خاک / خاک جلب شوند. این دو اثر مهم در چگونگی استفاده از آفت‌کش‌ها نقش دارند.

در دسترس بودن آفت‌کش در خاک دسترسی آفت‌کش برای فعالیت علیه آفت کاهش می‌یابد و در نتیجه فعالیت و کارایی آفت‌کش پایین می‌آید. آفت‌کش‌هایی مانند پاراکوات که به شدت جذب می‌شوند در خاک فعالیتی ندارند و بنابراین نمی‌توانند در خاک مورد استفاده قرار گیرند. در مورد بسیاری از آفت‌کش‌های مورد استفاده در خاک (به ویژه علف‌کش‌ها) باید میزان آفت‌کش مورد استفاده بر اساس ظرفیت جذبی خاک تنظیم شود. برای نمونه خاک‌های رسی نیازمند مقادیر مورد استفاده بیشتری از آفت‌کش نسبت به خاک‌های شنی هستند و بسیاری از آفت‌کش‌های مورد استفاده در خاک نمی‌توانند در خاک‌های حاوی کود حیوانی به علت مقادیر بالای مواد آلی و ظرفیت جذبی بالا استفاده شوند. اطلاعاتی درباره میزان تعدیل‌کننده‌ها در رابطه با نوع خاک در برچسب آفت‌کش نشان داده می‌شود (شکل ۱۱-۱۹).

Preemergence: Apply to the soil surface at planting (behind the planter) or after planting, but before weeds or crop emerge.

Table 3: Bicep II – Preplant Surface, Preplant Incorporated, or Preemergence – Corn

Soil Texture	Broadcast Rate Per Acre	
	Less Than 3% Organic Matter	3% Organic Matter or Greater
COARSE Sand, loamy sand, sandy loam	1.5 qts.	1.8 qts.
MEDIUM Loam, silt loam, silt	1.8 qts.	2.4 qts.
FINE Sandy clay loam, silty clay loam, clay loam, sandy clay, silty clay, clay	2.4 qts.	**A.** 2.4 qts.
		B. 2.4-3.0 qts.*
Muck or peat soils (more than 20% organic matter)	DO NOT USE	

*For cocklebur, yellow nutsedge, and velvetleaf control on fine-textured soils above 3% organic matter: Apply 3.0 qts. of Bicep II per acre.

A. Do not exceed this rate on highly erodible land with less than 30% plant residue cover. Control of certain weeds may be reduced and a tank mix partner or an application of a postemergence herbicide may be needed.

B. Use this rate for all other applications.

شکل ۱۱- ۱۹: برچسب علف‌کش مورداستفاده در خاک که تغییرات نرخ استفاده بسته به نوع خاک را نشان می‌دهد. منبع: تصویر از Robert Norris.

آبشویی[1] وقتی یک آفت‌کش به خاک می‌رسد، در بین ذرات خاک – آب تجمع می‌یابد و در واقع با خاک "پیوند" شده است. هنگامی که آب عاری از آفت‌کش از میان خاک حرکت می‌کند آفت‌کش پیوند یافته با خاک از محل‌های جذب آزاد شده و در آب حل می‌شود. ممکن است آفت‌کش‌هایی که به شدت جذب می‌شوند به طور فیزیکی با خاک مخلوط شوند تا همواره با آب از میان پروفیل خاک عبور نکنند (مانند تریفلورالین[2]). حرکت آفت‌کش همراه با آب در پروفیل خاک برای فعالیت و تماس با آفت و یا امکان دریافت به وسیله ریشه‌های گیاه ضروری است.

آفت‌کش‌های جذب شونده به طور ضعیف از ذرات خاک آزاد می‌شوند و همراه با آب در پروفیل خاک به طرف پایین حرکت می‌کنند (شکل ۱۱-۲۰). مقادیر فزاینده آب آبیاری یا بارن آفت‌کش را به عمق بیشتری در پروفیل خاک جابجا می‌کند. آفت‌کش‌های با شارژ منفی بیشترین استعداد نسبت به آبشویی را دارند، به طوری که از ذرات خاک رانده می‌شوند و به طور منفی شارژ می‌شوند. تمایل یک ماده شیمیایی به آبشویی می‌تواند برای چگونگی استفاده از چنین آفت‌کش‌هایی در خاک محدودیت‌هایی ایجاد کند. آبشویی منجر به آلودگی آب زیرزمینی به وسیله آفت‌کش و ایجاد نگرانی‌های زیست‌محیطی شده است (فصل ۱۹ را ببینید). میزان آبشویی به چهار ویژگی دارای برهم‌کنش بستگی دارد که پدیده‌های جذبی مهمترین آن‌ها است.

۱- پدیده جذب سطحی تعیین‌کننده چگونگی پیوند محکم بین آفت‌کش و ذرات خاک است و مهم‌ترین عامل تعیین‌کننده احتمال آبشویی است. پدیده جذب سطحی به وسیله عوامل زیر تنظیم می‌شود:

۱-۱- روابط ساختار شیمیایی. عواملی از قبیل شارژ یونی، وجود اتم‌های هیدروژن و اثرات الکترومغناطیسی پیوندهای بین اتمی حائز اهمیت هستند. پیش‌بینی جذبی بر مبنای علم شیمی خیلی دقیق نبوده است.

۱-۲- اجزای خاک. اندازه رس و مواد آلی موجود در خاک از عوامل تعیین‌کننده اصلی جذب سطحی است. جذب آفت‌کش در خاک‌هایی که دارای رس یا مواد آلی بالایی هستند شدید و در خاک‌های شنی که دارای مواد آلی پایینی هستند ضعیف است.

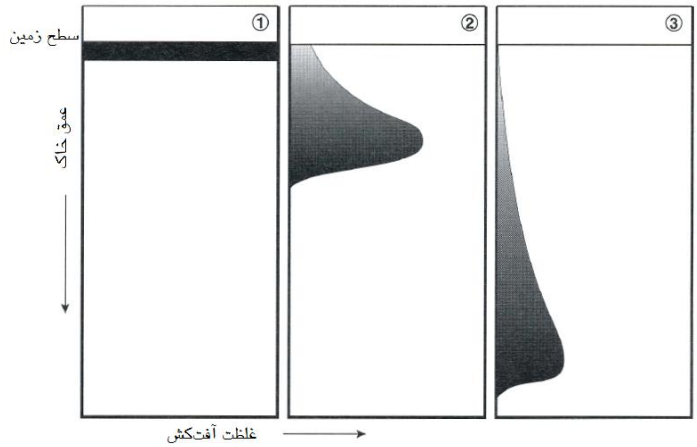
۲- حجم آب. برای یک نوع آفت‌کش و خاک معین هر چه مقدار بیشتری از آب از میان ستون خاک عبور کند، میزان آبشویی بیشتر می‌شود (شکل ۱۱-۲۰).

۳- حلالیت آب. در گروهی از مواد شیمیایی، افزایش حلالیت آب می‌تواند منجر به افزایش آبشویی شود. بین گروه‌های مواد شیمیایی روابط فعالیت / ساختمان شیمیایی به طور معمول نسبت به حلالیت آب اهمیت بیشتری دارند.

---

[1] Leaching
[2] Trifluralin

۴- پایداری. هر چه پایداری یک آفت‌کش در محیط بیشتر باشد، احتمال رخ دادن آبشویی بیشتر خواهد بود.



شکل ۱۱- ۲۰: نموداری از حرکت آفت‌کش در خاک با آب‌شویی. (۱) غلظت آفت‌کش در سطح زمین قبل از باران یا آبیاری؛ (۲) موقعیت آفت‌کش در خاک بعد از میزان متوسطی باران یا آبیاری؛ (۳) موقعیت آفت‌کش در خاک بعد از میزان زیادی باران یا آبیاری.

پایداری در خاک آفت‌کش‌ها در خاک از لحاظ شیمیایی تجزیه می‌شوند و یا به وسیله فعالیت متابولیکی موجودات ریز تجزیه می‌شوند. میزان تجزیه برحسب آفت‌کش خاص و شرایط محیطی متغیر است. به علت ضرورت فعالیت میکروبی در تبدیل و تجزیه آفت‌کش‌ها در خاک، عواملی که بر فعالیت میکروبی اثر می‌گذارد نقش اصلی در تعیین پایداری آفت‌کش در خاک بازی می‌کنند. عواملی که تجزیه آفت‌کش به وسیله میکروب‌ها و در نتیجه پایداری را تنظیم می‌کنند شامل موارد زیر هستند:

۱ - ساختمان شیمیایی. ساختمان شیمیایی یک مولکول آفت‌کش تعیین‌کننده احتمال کلی واکنش شیمیایی یا حمله میکروبی است.

دمای خاک. دما تنظیم‌کننده فعالیت میکروارگانیسم‌ها و در نتیجه تجزیه آفت‌کش است. آفت‌کش‌ها تحت شرایط سرد نسبت به شرایط گرم پایداری خیلی طولانی‌تری دارند زیرا فعالیت میکروبی در هوای سرد پایین است. تجزیه طی ماه‌های زمستان اغلب به کندی صورت گرفته یا رخ نمی‌دهد.

۲ - سطح رطوبت خاک. رطوبت خاک نیز فعالیت میکروبی را تنظیم می‌کند. در خاک خشک به سبب کاهش فعالیت میکروبی، تجزیه کند بوده و پایداری افزایش می‌یابد. در

خاک‌های گرم و مرطوب تجزیه دارای بیشترین سرعت است. خاک‌های رسی سنگین تمایل دارند که غیر هوازی شوند، شرایطی که طول عمر بعضی از آفت‌کش‌ها را افزایش می‌دهد (مانند آفت‌کش‌های آلی کلره مانند ددت) یا تجزیه آفت‌کش‌های دیگر را افزایش می‌دهد (مانند علف‌کش‌های دی نیتروآنیلین)

۳ - مواد آلی خاک برای موجودات میکروبی غذا هستند و در نتیجه خاک‌های غنی از مواد آلی جمعیت‌های میکروبی بالا را حمایت می‌کنند. پایداری آفت‌کش در خاک‌های دارای مواد آلی پایین طولانی‌تر است زیرا چنین خاک‌هایی جمعیت‌های میکروبی کمتر را حمایت می‌کنند؛ تجزیه در خاک‌های دارای مواد آلی بالاتر با سرعت بیشتری صورت می‌گیرد.

۴ - درجه جذب. آفت‌کشی که به شدت به کلوئیدهای خاک می‌چسبد در دسترس تجزیه میکروبی نیست (مانند پاراکوات) و چنین آفت‌کش‌هایی در خاک طول عمر فزاینده‌ای دارند.

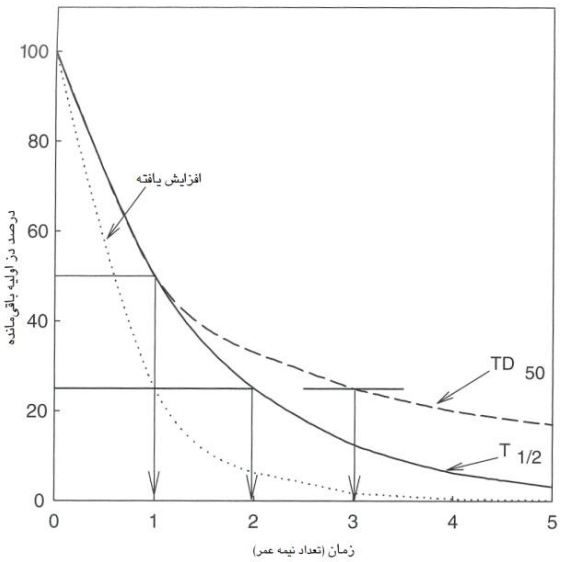
۵ - عمق خاک. لایه‌های فوقانی خاک دارای بیشتری فعالیت میکروبی هستند. در لایه‌های عمیق‌تر فعالیت میکروبی کمی وجود دارد بنابراین آفت‌کش‌ها در لایه‌های عمیق‌تر خاک پایداری بیشتری دارند.

بهترین روش برای کمی‌کردن پایداری، تعیین زمان مورد نیاز برای تجزیه ۵۰ درصد ماده مورد استفاده است. این مقدار برای پدیده‌های به طور کامل فیزیکی نیمه عمر یا $T_{1/2}$ (شکل ۱۱-۲۱: خط درشت) نامیده می‌شود. آنگاه مقدار ماده شیمیایی باقی‌مانده می‌تواند به صورت نسبتی از تعداد نیمه عمرهایی که سپری شده است باشد. برای نمونه بعد از چهار نیمه عمر اندازه باقی‌مانده ماده شیمیایی که در ابتدا بکار رفته برابر ۱/۱۶ خواهد شد. شاید برای آفت‌کش‌ها، مفهوم زمان ۵۰ درصد پراکندگی یا DT_{50} (شکل ۱۱-۲۱: خط چین) نسبت به ثابت $T_{1/2}$ مفیدتر باشد زیرا پراکندگی با کاهش غلظت باقی‌مانده آفت‌کش، کاهش می‌یابد. این نتایج در پایداری طولانی‌تر با استفاده از مقادیر ثابت $T_{1/2}$ پیش‌بینی می‌شود؛ در تصویر نظری، DT_{50} برای ۵۰ درصد کاهش دوم، دو برابر آن در پیش‌بینی $T_{1/2}$ است. مقادیر DT_{50} از چند دقیقه برای تعدادی از آفت‌کش‌ها تا ماه‌ها یا حتی سال‌ها در بعضی از مواد متغیر است. نیمه عمر یک ماده شیمیایی یک مقدار ثابت نیست ولی در دامنه‌ای بسته به شش عامل قبلی متغیر است.

تعداد زیادی از آفت‌کش‌ها تجزیه چند مرحله‌ای[1] را نشان می‌دهند. یعنی، تجزیه اولیه که ممکن است خیلی سریع باشد، به وسیله نرخ‌های آهسته‌تری از تجزیه ادامه می‌یابد. دلایل این منحنی‌های

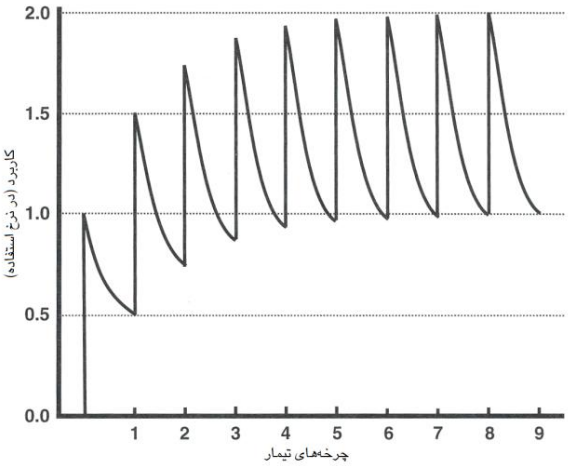
[1] Multiphasic degradation

دو مرحله‌ای یا چند مرحله‌ای پیچیده هستند و همواره به طور کامل شناخته شده نیستند. یک تفسیر احتمالی مربوط به خاک است که از قسمت‌های متنوعی با نرخ‌های جذب و دفع متفاوتی تشکیل شده است. با گذشت زمان، اکثر آفت‌کش‌ها به قسمت‌هایی از خاک حرکت می‌کنند که نرخ رهاسازی خیلی کمتر و در نتیجه مواد شیمیایی برای تجزیه و آبشویی کمتر موجود هستند.



شکل ۱۱- ۲۱: نمودار نظری کاهش آفت‌کش را نسبت به زمان نشان می‌دهد، اثبات مفهوم نیمه‌عمر (T1/2) با (نقطه چین) یا بدون (خط ممتد) بی‌اثر شدن افزایشی، و مفهوم زمان تا ۵۰ درصد اتلاف DT50 (خط تیره‌ها).

استفاده از مفهوم نیمه عمر نشان می‌دهد اگر کاربردهای مکرر فقط در زمان یا بعد از زمان مورد نیاز برای رسیدن به $T_{1/2}$ انجام شوند بیشینه تجمع آفت‌کش در خاک می‌تواند فقط دو برابر نرخ کاربرد باشد (شکل ۱۱-۲۲). این حالت تنها موقعی است که کاربردها در زمان‌های کوتاهتری نسبت به اولین زمان $T_{1/2}$ (DT_{50}) انجام می‌شوند و یک آفت‌کش می‌تواند در خاک تا سطوح بالاتر از دو برابر نرخ آفت‌کش تجمع یابد. هیچیک از آفت‌کش‌های کشاورزی مورد استفاده امروزی در فراوانی بیشتر از DT_{50} که از توصیه‌های برچسب استفاده می‌کند، دوباره بکار گرفته نمی‌شوند به استثناء علف‌کش پاراکوات که به شدت با خاک پیوند می‌یابد و تجزیه میکروبی رخ نمی‌دهد.



شکل ۱۱-۲۲: نمودار نظری انباشت یک آفت‌کش در خاک به دنبال کاربرد مکرر در زمان رسیدن بـه ۵۰ درصد اتلاف.

یک فهرست برگزیده از آفت‌کش‌هایی که نشان‌دهنده دامنه احتمالی نیمه عمرهایی است که در بین آفت‌کش‌ها وجود داشته در جدول ۱۱-۳ ارائه شده است. بیشتر آفت‌کـش‌هـای امـروزی دارای نیمه عمرهایی هستند که در دامنه‌ای از یک یا دو روز تا چند ماه قرار می‌گیرند. پیامدهای پایـداری آفت‌کش در سطوح اکوسیستم در فصل ۱۹ بررسی می‌شود.

محدودیت Plant-Back: آفت‌کش‌های پایدار می‌توانند به مدت طـولانی در خـاک بـاقی بماننـد بـه طوری که وقتی محصول بعدی کشت می‌شود باقی‌مانده‌های قابل توجهی وجود دارد. آفت‌کش باقی مانده در خاک دو مشکل متفاوت ایجاد می‌کند که این مشکلات، محدودیت‌های Plant-Back نیز نامیده می‌شوند و به طول دوره زمانی بین کاربرد یک آفت‌کـش و کشـت محصـول بعـدی مربـوط می‌شوند.

۱- قابلیت گیاه‌سوزی در محصول. پایداری برای تعداد زیادی از آفت‌کش‌ها یـک مشـکل اسـت زیرا باقی‌مانده‌ها، محصولاتی را که می‌تواند در یک تناوب کشت شوند محدود مـی‌کنـد. تحمـل محصول به باقی‌مانده‌های آفت‌کش دلیلی است برای عدم استفاده از علف‌کش‌ها در سیستم‌های تولید محدود سبزیجات و همچنین عدم کاربرد آن‌ها در باغچه سبزیجات واقع در حیاط منـازل. تعداد زیادی از علف‌کش‌ها بر اساس باقی‌مانده‌های علف‌کـش مشـمول محـدودیت‌هـای Plant-Back هستند: در ادامه دو مثال وجود دارد.

جدول ۱۱-۳ نمونه‌هایی از نیمه‌عمر حشره‌کش‌های معمول و زمان‌های DT_{50} در خاک و پایداری نسبی آن‌ها

آفت‌کش	نوع استفاده	$T_{1/2}$[1]	DT_{50}[2](روز)	سطح پایداری
DDT	حشره‌کش	۲ تا ۱۵ سال	۱۲۴۱۹	بسیار پایدار
پاراکوآت	علف‌کش	۱/۵ تا ۱۳ سال	۵۰۰	بسیار پایدار
بنومیل	قارچ‌کش	۳ ماه تا یک سال	۲۲۰	پایدار
پیکلروم	علف‌کش	۳ ماه تا یک سال	۱۶۸/۵	پایدار
آترازین	علف‌کش	۳ تا ۶ ماه	۸۱/۴	پایدار
کلروتالونیل	قارچ‌کش	یک تا ۳ ماه	۴۹/۵	پایداری متوسط
متولاکلر	علف‌کش	۲ تا ۸ هفته	۳۵/۹	پایداری متوسط
آبامکتین	حشره‌کش	۲ تا ۸ هفته		پایداری متوسط
تربوفوس	حشره‌کش	۲ تا ۴ هفته	۱۲/۲	پایداری متوسط
توفوردی	علف‌کش	قریب به ۷ روز	۱۱/۷	پایداری کم
متام سدیم	ضدعفونی‌کننده تدخینی خاک	۱ تا ۷ روز	۵/۰	پایداری کم
کاپتان	قارچ‌کش	یک تا ۵ روز	۳/۰	پایداری کم
مالاتیون	حشره‌کش	یک یا ۲ (تا۵)روز	۱/۰	پایداری کم

[1] مقادیر نیمه عمر، میانگین دامنه‌ی پیش‌بینی شده تحت شرایط مطلوب برای بی‌اثر شدن است؛ شرایط نامساعد تا حد زیادی این زمان را افزایش می‌دهد. تمام داده‌ها از وب سایت ExToxNet (۲۰۰۰) گرفته شده است. [2] مقادیر DT_{50} از Gustafsom (۱۹۹۳).

۱-۱- پیکلرام[1] در زمین‌های زراعی استفاده نمی‌شود زیرا طی دو تا سه سال بعد از یک بار کاربرد علف‌کش به بیشتر محصولات پهن برگ خسارت وارد کرده یا از آن‌ها را بین می‌برد. استفاده از پیکلرام به علت محدودیت‌های Plant- Back به مراتع و مناطق غیر زراعی محدود می‌شود.

۱-۲- آترازین[2] گسترده‌ترین آفت‌کش مورد استفاده است ولی به سبب پایداری در خاک، تناوب ذرت یا سورگوم برای ۱۸ ماه بعد از کاربرد علف‌کش محدود می‌شود. این محدودیت ناحیه‌ای است و در تک‌کشتی‌های مداوم مانند کشت ذرت بعد از ذرت مهم نیست ولی در

[1] Picloram
[2] Atrazine

ناحیه‌هایی که محصولاتی مانند یونجه، گوجه‌فرنگی، چغندرقند و لوبیای قرمز در تناوب با ذرت کشت می‌شوند یک محدودیت مهم است.

۲- اقی‌مانده آفت‌کش در محصولات تناوبی. وقتی آفت‌کشی به‌دنبال کاربرد در خاک باقی می‌ماند ممکن است محصول بعدی در تناوب آن را دریافت کند. اگر این آفت‌کش روی محصول تناوبی ثبت نشده باشد، هر مقداری از آفت‌کش غیرمجاز بوده و تخریب محصول می‌تواند مورد انتظار باشد. برای اجتناب از احتمال باقی‌مانده‌های غیر مجاز، محدودیت‌های Plant-Back مورد نیاز هستند تا آفت‌کش قبل از کشت محصول بعدی در تناوب تجزیه شود. محدودیت‌های Plant-Back ممکن است در پایان چرخه تولید محصول به دلیل پتانسیل باقی‌مانده‌ها برای هر آفت‌کش مورد کاربرد، استفاده شود ولی در حشره‌کش‌ها و قارچ‌کش‌ها دارای بیشترین تداوم است زیرا اغلب در نزدیک برداشت استفاده می‌شوند.

محدودیت‌های Plant-Back به طور واضح روی برچسب آفت‌کش معین می‌شود (بخش بعدی این فصل را ببینید) و این محدودیت‌ها باید پیگیری شوند.

خاک‌های دارای مشکل کاربرد مکرر آفت‌کش‌ها در خاک ممکن است به کاهش کارایی آفت‌کش با گذشت زمان منجر شود زیرا موجودات ریزی که قادر به تجزیه آفت‌کش هستند از طریق کاربردهای مکرر انتخاب (به گزین) می‌شوند. تراکم فزاینده جمعیت‌های این میکروب‌ها باعث افزایش نرخ تجزیه آفت‌کش می‌شود (شکل ۱۱-۲۱: خط نقطه‌چین). خاک‌هایی که با چنین افزایشی مواجه هستند " خاک‌های دارای مشکل " نامیده می‌شوند. در ادامه مثال‌هایی ذکر شده است.

۱ -اگر علف‌کش‌های فنوکسی در گذشته بکار رفته باشند در خاک‌ها خیلی سریع‌تر تجزیه می‌شوند. این واقعیت در اوایل دهه ۱۹۶۰ ثابت شد و اولین مثال از این پدیده بود.

۲ -کاربردهای مکرر علف‌کش‌ها و حشره‌کش‌های کاربامات باعث کاهش فعالیت آن‌ها در کاربردهای بعدی به ویژه در کمربند ذرت ایالات متحده شده است. این نتیجه با نبود کارایی در موارد شدید کامل شده است. یک راهکار برای حل این مشکل اضافه کردن ترکیباتی به فرمولاسیون آفت‌کش بوده که عمل آنزیم‌های دخیل در تجزیه آفت‌کش را متوقف می‌کنند.

برهم‌کنش‌های بین آفت‌کش‌ها

در بسیاری از مواقع بیش از یک آفت‌کش برای یک محصول بکار گرفته می‌شود. آفت‌کش‌ها ممکن است در زمان‌های متفاوتی یا به طور همزمان بکار گرفته شوند. در مورد اخیر مخلوط کردن دو آفت‌کش و کاربرد عملی آن‌ها با همدیگر درست و منطقی به نظر خواهد رسید ولی ممکن است

مناسب نباشد. ممکن است در صورتی که آفت‌کش‌ها با یکدیگر مخلوط شوند برهم‌کنش‌های غیرمنتظره‌ای بین مواد شیمیایی یک گروه یا گروه‌های متفاوت آفت‌کش‌ها رخ دهد و این برهم‌کنش‌ها می‌تواند کارایی آفت‌کش را کاهش داده یا منجر به گیاه‌سوزی در محصول شود. برای مثال، برهم‌کنش‌ها می‌تواند بین دو علف‌کش، دو حشره‌کش یا بین یک علف‌کش و یک حشره‌کش رخ دهد.

ناسازگاری فرمولاسیون

گاهی مخلوط کردن آفت‌کش‌های دارای فرمولاسیون‌های مختلف ضروری است. به هرحال، مخلوط تعدادی از فرمولاسیون‌های آفت‌کش در یک مخزن سمپاشی ممکن است یک واکنش منفی را نتیجه دهد. یک مشکل اساسی تولید رسوب است که به صورت ته‌نشست‌هایی که به سمپاش چسبیده، ظاهر می‌شود. یک قانون کلی در سازگاری این است که اگر دو آفت‌کش مخلوط می‌شوند، یکی به صورت پودر وتابل و دیگری به صورت غلظت امولسیون شونده[1] استفاده شود، ابتدا پودر با آب مخلوط و سپس فرمولاسیون امولسیون شونده اضافه می‌شود. مخلوط کردن دو پودر موجب می‌شود مخلوط به صورت کیک مانند در آمده و رسوب کند ولی امولسیون ذرات پودر را پوشش می‌دهد و موجب آمیختگی آن‌ها می‌شود. دو قاعده دیگر برای مخلوط کردن آفت‌کش‌ها وجود دارد. مهم‌ترین این است که اگر هشدارهای برچسب مغایر با انجام چنین اختلاطی باشد آفت‌کش‌ها نباید با یکدیگر مخلوط شوند. اگر در برچسب هیچ شاخصی راجع به سازگاری مخلوط‌ها وجود نداشته باشد، بهتر است مقدار کمی از دو آفت‌کش را باهم مخلوط و برآیند واکنش مشاهده شود.

تغییر تحمل محصول

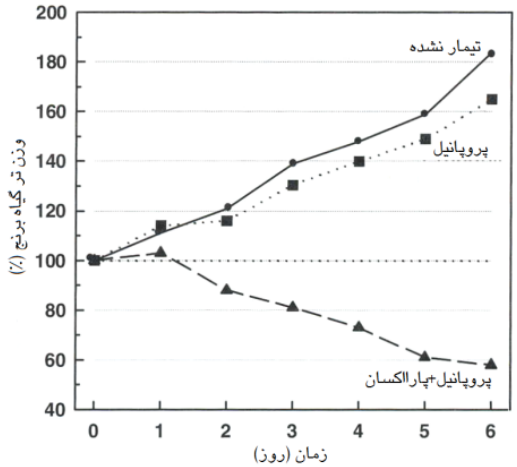
مخلوط آفت‌کش‌ها ممکن است فعالیت یک یا هر دو آفت‌کش‌ها را روی موجودات آفت یا غیر هدف تغییر دهد که می‌تواند یک مشکل باشد. یک مثال از این نوع برهم‌کنش از بین رفتن تحمل محصول به برخی علف‌کش‌ها است اگر آن‌ها با حشره‌کش‌ها مخلوط شوند. برنج به طور طبیعی به علف‌کش پروپانیل[2] مقاوم است ولی در حضور حشره‌کش‌های آلی فسفره این تحمل از بین رفته و علف‌کش برنج را از بین می‌برد (شکل ۱۱-۲۳). این وضعیت هنگامی رخ می‌دهد که علف‌کش و حشره‌کش در مخزن با همدیگر مخلوط شوند یا آن‌ها روی گیاه به طور جداگانه به کار برده شوند. یک نقصان مشابه انتخابی بودن در ذرت رخ می‌دهد وقتی علف‌کش‌های معین سولفونیل اوره با حشره‌کش تربوفوس استفاده می‌شود و در سویا وقتی حشره‌کش‌های معینی با علف‌کش

[1] Emulsifiable concentrate
[2] Propanil

متریبوزین[1] سویا بکار برده شود. همان قواعدی که در بالا برای ناسازگاری شیمیایی ذکر شده است برای این نوع برهم‌کنش بکار برده می‌شود.

تغییر کارایی

مخلوط آفت‌کش‌ها می‌تواند کارایی یک یا هر دو ترکیبات شیمیایی را روی گونه‌های هدف‌شان تغییر دهد. افزایش فعالیت مفید است ولی کاهش فعالیت می‌تواند مشکل ایجاد کند. در موارد شناخته شده در جایی که فعالیت آنتاگونیسم رخ می‌دهد، برچسب‌های آفت‌کش نشان می‌دهد که آن‌ها نباید مخلوط شوند.



شکل ۱۱- ۲۳: نمودار اثر علف‌کش پروپانیل روی برنج در فقدان و حضور حشره‌کش ارگانوفسفات پاراکسان را نشان می‌دهد. منبع: رسم مجدد از Matsunaka، ۱۹۶۸.

سمیت آفت‌کش

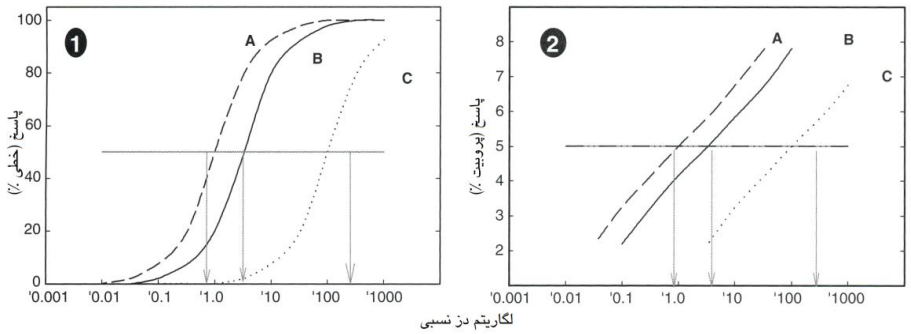
بنا به تعریف، آفت‌کش یک ماده شیمیایی است که آفت را کشته یا به آن آسیب می‌رساند. این بدان معنی است که همه آفت‌کش‌ها در حداقل مقدار برای آفت هدف سمی هستند. آفت‌کش‌ها همچنین می‌توانند برای گونه‌های غیرهدف نظیر کاربران انسانی یا کارگران مزرعه سمی باشند. مطالعه عمل مواد شیمیایی سمی، سم‌شناسی نامیده می‌شود. بخش‌های بعدی به مبانی سم‌شناسی می‌پردازد.

[1] Metribuzin

رابطه دز / واکنش

دز سم را می‌سازد، یک بیان مشهور است و بدان معنی است کـه غلظـت سـم و دوره قرارگیـری در معرض سم تعیین‌کننده اثر آن روی یک موجود است. مثال‌هایی از مواد شیمیایی بالقوه که انسان‌ها ممکن است در یک مبنای متداول با آن‌ها مواجه باشند شامل الکل، نمک طعام، نیکوتین، کـافیئن، آسپیرین و گازولین هستند. در دزهای بالا همه این مواد شیمیایی سمی هستند و می‌توانند کشنده باشند، در دزهای مناسب متوسط مفید بوده و در دزهای به اندازه کـافی پـایین اثـرات سـمی قابـل تشخیص ندارند.

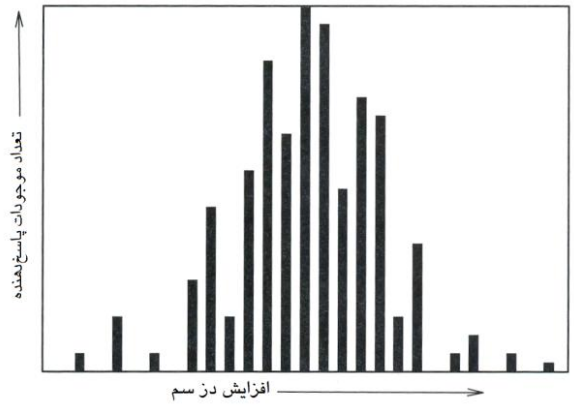
افزایش دز منجر به افزایش اثر می‌شود (شکل ۱۱-۲۴). وقتی جمعیتی از موجودات مـورد آزمـایش در معرض یک ماده سمی[1] قرار می‌گیرند، تعدادی بسیار اندکی از افراد به دزهای بـه نسـبت پـایین واکنش نشان می‌دهند، بیشتر آن‌ها به دزهای متوسط واکنش نشان می‌دهند و تعداد کمی نیازمنـد دز به نسبت بالایی بوده تا تحت تأثیر قرار گیرند (شکل ۱۱-۲۵). وقتی واکنش در شکل ۱۱-۲۵ به صورت تعداد تجمعی از افراد تحت تأثیر طراحی می‌شود یک الگـوی واکـنش سـیگموئیدی حاصـل می‌شود که با سطح پایینی از فعالیت شروع می‌شود و هر قـدر دز افـزایش یابـد، بـه نسـبت سـریع افزایش می‌یابد قبل از اینکه به آهستگی به یک بیشینه مجانبی برسد (شکل ۱۱-۲۴). پـایین‌تـرین دزی که در آن یک اثر قابل تشخیص است سطح اثر غیرقابل مشاهده[2] نامیده می‌شود.



شکل ۱۱- ۲۴: نمودار منحنی‌های دز پاسخ نظری را نشان می‌دهد. A، B وC پاسخ گونه‌ها یا بیوتیپ‌های آزمایشی مختلف را به یک سم خاص، یا یک گونه‌ی آزمایشی خاص به سه سم مختلف را نشان می‌دهنـد. نمودار (۱) با استفاده از مقیاس خطی محورy رسم شده و نمودار (۲) با استفاده از مقیاس پروبیت محور y رسم شده. هر دو نمودار با استفاده از مقیاس لگاریتمی محور x رسم شده‌اند.

[1] Toxicant
[2] No Observable Effect Level (NOEL)

نظریه رابطه دز – واکنش به طور همگانی پذیرفته نشده و واکنش‌های دیگری به یک سم امکان-پذیر است. یک پدیده با عنوان hormesis برای بسیاری از مواد شیمیایی نظیر آفت‌کش‌ها وجود دارد که در ماده شیمیایی بجای عمل به حالت یک سم (توکسین)، در دزهای بسیار پایین موجب افزایش رشد می‌شود. استفاده عملی از اثرات دزهای پایین آفت‌کش‌ها نیازمند ارزیابی مجدد مفهوم سطح اثر مشاهده و کاربرد سطح اثر غیرقابل مشاهده برای تجزیه و تحلیل خطر باقی‌مانده آفت‌کش‌ها خواهد بود.



شکل ۱۱- ۲۵: نمونه‌ی نموداری نظری از تناسب پاسخ جمعیت موجودات آزمایشی به افزایش دز یک سم.

سمیت حاد

سمیت مواد شیمیایی نظیر آفت‌کش‌ها از طریق آزمایش روی حیوانات تعیین می‌شود. اطلاعات به طور غیرمستقیم از آزمایش حیوانات یا از قرارگیری تصادفی افراد در معرض مواد شیمیایی کشف شده‌اند. سمیت تعیین شده از طریق آزمایش حیوانات بسته به اندازه، گونه و جنسیت متغیر است. با توجه به اندازه‌های متفاوت حیوانات، سمیت به صورت واحدهایی از ماده سمی به ازاء هر واحد از وزن بدن (یعنی میلی گرم بر کیلوگرم) بیان می‌شود. اطلاعات سمیت حاد نسبت به نحوه قرارگیری در معرض سم از طریق گوارش، تنفس یا جذب از طریق پوست یا چشم‌ها بیان می‌شود.

LD50. دز کشنده ۵۰ درصد، تنها دزی از سم است که وقتی وارد بدن موجود مورد آزمایش می‌شود ۵۰ درصد جمعیت را می‌کشد (خطوط افقی در شکل۱۱-۲۴ را ببینید).

مثال‌هایی از مقادیر LD50 در موش‌های صحرایی برای مواد شیمیایی از گروه‌های مختلف آفت‌کش در شکل ۱۱-۲۶ نشان داده شده است. مقادیر LD50 برخی از مواد شیمیایی خانگی

شناخته شده در منابع آورده شده است کـه امکـان مقایسـه‌ی سـمیت نسـبی گـروه‌هـای مختلـف آفت‌کش را فراهم می‌کند. درمورد حشره‌کش‌ها و نماتدکش‌ها هدف جانوران آفت بوده و نسـبت بـه قارچ‌کش‌ها و علف‌کش‌ها که هدفشان سیستم‌های فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی است، بـرای جـانوران سمیت بیشتری دارند. اطلاعات مورد استفاده در شـکل ۱۱-۲۶ از آزمـایش مـواد شـیمیایی اصـلی حاصل شده‌اند و فرمولاسیون‌ها برای کاربرد دستکاری شده تا سمیت فراورده تجاری در مقایسـه بـا ماده شیمیایی اصلی کاهش یابد. از طرفی داده‌ها از عوامل آزمایش مربوط به موش‌های صحرایی نـر به‌دست آمده‌اند چراکه فراوانی بیشتری دارند. حتی موش‌های صـحرایی مـاده ممکـن اسـت همـان واکنش‌ها را نداشته باشند. سایر جانوران مـورد آزمـایش شـامل مـوش‌هـای خـانگی، خرگـوش‌هـا، سگ‌های تازی پاکوتاه، ماهی‌ها (مانند bluegill) و پرندگان (مانند بلدرچین) بوده و ممکـن اسـت حساسیت‌های متفاوتی به آفت‌کش‌ها و دزها داشته باشند. تمامی برآوردها از سـمیت آفـت‌کـش‌هـا برای انسان بر مبنای نتایج موجودات مورد آزمایش استوار است.

دز کشندگی LC50 وقتی مسیر قرارگیری در معرض یک ماده سمی در هوا یا آب باشد سمیت بـر مبنای غلظت و دوره قرارگیری بیان می‌شود به‌جای اینکه به صورت میلی‌گرم به ازای هر واحد وزن بدن بیان شود. غلظت کشنده LC50 نیمی ازموجودات مورد آزمایش را می‌کشد. برای نمونـه یـک LC50 ممکن است ۱۵ قسمت در میلیون برای ۱۲ ساعت باشد (ممکن است به صورت ۱۵ میلـی گرم در لیتر بیان شود).

حساسیت در مبنای بیوشیمیایی، حساسیت در سطح فیزیولوژیکی توصیف مـی‌شـود. مقـدار مـاده سمی مورد نیاز برای ایجاد یک واکنش کشنده در بین گونه‌ها و انواع موجـودات متفـاوت اسـت. در شکل ۱۱-۲۴ حساسیت بین گونه A و B کمتر از یک درجه بزرگـی مقـدار مـاده سـمی اسـت در صورتی‌که حساسیت بین A و C بیش از دو درجه بزرگی است (همه ردیف‌های عمـودی در شـکل ۱۱-۲۴ نشان داده شده است).

سمیت مزمن

برای پی بردن به اثرات آفت‌کش‌ها روی موجودات، تعیین اثرات قرارگیـری طـولانی مـدت در برابـر دزهایی از ماده سمی که بلافاصله موجود را نمی‌کشند، ضروری است و مطالعات طـولانی مـدت یـا مزمن نامیده می‌شود. قرارگیری طولانی مدت در معـرض مـواد سـمی واکـنش‌هـای متفـاوتی را در موجودات نتیجه می‌دهد. واکنش‌های فیزیولوژیکی زیر برای آفت‌کش‌ها مورد ارزیابی قرار می‌گیرند:

۱ - سرطان‌زایی- تولید یا افزایش سرطان‌ها با قرارگیری موجودات مورد آزمـایش در معـرض یک ماده سمی که مستلزم مطالعات تغذیه‌ای در طول عمر یـا مطالعـات تنفسـی بلنـد مـدت است.

۲ - ناهنجاری‌زایی[1]- تغییر در فراوانی معایب و نواقص تولد با قرارگیری طولانی مدت در برابر سموم. این تست مستلزم وجود حداقل دو نسل در موجودات مورد آزمایش است.

۳ - غده زایی- تغییر در فراوانی تومورهای غیر سرطانی با قرار گیری بلند مدت در برابر ماده سمی که مستلزم مطالعات تنفسی یا تغذیه‌ای در طول عمر است.

۴ - اختلال در سیستم غدد درون ریز. قابلیت یک ماده سمی برای اختلال در سیستم هورمونی درون‌ریز در جانوران ارزیابی می‌شود.

در ایالات متحده، تعیین سمیت مزمن برای همه آفت‌کش‌های توسعه یافته از زمان تصویب قانون حشره‌کش، قارچ‌کش و موش‌کش فدرال اجباری است (بخش‌های بعدی در این فصل را ببینید) که ارزیابی اجباری اختلال غدد درون‌ریز در سال ۱۹۹۶ به این قانون اضافه شد. اطلاعات سم‌شناسی توسعه یافته پیش از آن زمان باید تحت نظارت EPA اصلاح شوند. آزمایش سم‌شناسی طولانی مدت مستلزم صرف زمان و هزینه است. در جامعه علمی در مورد تعریف مناسب و دقیق پروتوکل‌های آزمایشی برای ارزیابی اثرات مزمن بحث وجود دارد که می‌تواند به طور معنی‌داری برای انسان‌ها مورد استنتاج واقع شود.

انواع قرارگیری در معرض آفت‌کش

ممکن است موجودات به چند طریق در معرض آفت‌کش‌ها قرار گیرند نظیر:

۱ - قرارگیری از طریق گوارش یا دهانی. آفت‌کش بلعیده یا خورده می‌شود. نگرانی عمده برای آلودگی غذا و نوشیدنی وجود دارد.

۲ - قرارگیری از طریق تنفس. آفت‌کش موجود در هوا به وسیله شش‌ها استنشاق می‌شود. نگرانی عمده برای کارگران مزرعه، کاربران آفت‌کش و افرادی است که در نزدیکی مزارع سمپاشی شده هستند و ممکن است بخار گرد سمپاشی را تنفس کنند.

۳ - قرارگیری در معرض سم از طریق پوست. آفت‌کش از طریق پوست جذب می‌شود که می‌تواند بسیار سریع رخ دهد. از مخلوط کردن آفت‌کش‌ها با دست‌های برهنه باید اجتناب شود زیرا دریافت پوستی آفت‌کش‌هایی نظیر متیل پارایتون (مدت مدیدی نیست که استفاده می‌شود) از طریق پوست می‌تواند موجب مرگ شود. راه رفتن با پای برهنه در میان شاخ و برگ گیاه فوق‌العاده خطرناک است. دریافت سم از طریق پوست می‌تواند از طریق لباس‌های آلوده صورت گیرد.

۴ - قرارگیری در معرض سم از طریق اندام بینایی. تماس مستقیم آفت‌کش با چشم‌ها منجر به دریافت سریع سم می‌شود که با آسیب به قرنیه و در موارد شدید کوری یا مرگ همراه

[1] Teratogenesis

است. بیش‌ترین نگرانی برای کاربران آفت‌کش، نفوذ آفت‌کش از طریق چشم است چراکه با کنستانتره آفت‌کش سر و کار دارند.

افراد مرتبط با مدیریت حرفه‌ای آفات از اهمیت راه‌های قرارگیری در معرض سم که مسیرهای ورود آفت‌کش به داخل بدن را فراهم می‌کند به خوبی آگاه هستند. کارگران مزرعه آموزش ندیده به ویژه در کشورهای کمتر توسعه یافته و بسیاری از صاحب خانه‌ها اغلب به روش غیر ایمن با آفت‌کش‌ها سروکار دارند زیرا از سمی بودن همه آفت‌کش‌ها و راه‌های نفوذ آن‌ها بی اطلاع هستند.

خطر[1]

خطر به معنای سمیت نیست. یک آفت‌کش می‌تواند فوق‌العاده سمی باشد ولی اگر پتانسیل قرارگیری در معرض نداشته باشد خطری وجود ندارد. اگر یک ماده شیمیایی خیلی سمی نباشد خطر قابل توجهی ندارد، مانند پودر تالک. در رابطه با آفت‌کش‌ها، خطر به موارد زیر بستگی دارد:

۱ - سمیت ذاتی ماده شیمیایی. این خطر یک مشکل وابسته به دز است و در تجزیه و تحلیل خطر فرض بر این است که با کاهش کمیت آفت‌کش خطر کاهش می‌یابد. تنها کنترل هدفمند سمیت ذاتی به صورت خطر آفت‌کش عدم استفاده از ترکیباتی است که خیلی سمی هستند.

۲ - قرارگیری در معرض آفت‌کش. کاهش شانس و دوره قرارگیری در معرض آفت‌کش خطر را کاهش می‌دهد. افرادی که با مخلوط کردن و حمل آفت‌کش‌ها برای کاربرد سر و کار دارند از بیشترین خطر آفت‌کش‌ها برخوردار هستند زیرا بیشترین احتمال قرارگیری در معرض آفت‌کش‌ها را دارند. ادراک عمومی و قوامین تحمیل می‌کنند که آفت‌کش‌ها هرگز نباید در ظروف نوشیدنی قرار داده نشوند و همچنین می‌بایست در هنگام سر و کار داشتن با آفت‌کش، عینک ایمنی و کفش پوشیده شود. کاهش خطر از اهداف توصیه‌ها برای سیستم حمل و نقل آفت‌کش‌های گروه I است. این اقدامات قصد دارند از طریق کاهش شانس قرارگیری در معرض آفت‌کش خطر را کاهش دهند. این موارد باعنوان حفاظت از کارگران در ادامه این فصل به‌طور دقیق‌تر مورد بحث واقع می‌شوند.

در ایالات متحده، EPA سیستمی را برای درجه‌بندی خطرات آفت‌کش‌ها بر مبنای انواع اطلاعات سم‌شناسی حاد بحث شده در بخش‌های پیشین ایجاد کرده است. خلاصه‌ای از اطلاعات در جدول ۴-۱۱ ارائه می‌شود. همه آفت‌کش‌ها در گروههای جامعی قرار داده می‌شوند که در برگیرنده معیار سریع و قابل درکی از خطر نسبی ترکیبات هستند بدون این‌که دارای اطلاعات دقیق در مورد سم-شناسی باشند. فقط یک شاخص خطر مثبت برای قرار دادن یک آفت‌کش در یک گروه با خطر بالا

[1] Hazard

نیاز است. برای نمونه یک ماده شیمیایی اصلی با LD_{50} دهانی بین ۵۰ و ۵۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم (گروه II) با یک حلالی فرموله می‌شود که از بین برنده چشم‌ها است و در EPA در گروه I قرار داده می‌شود. گروه‌بندی آفت‌کش‌ها به دسته‌های خطر در رابطه با ایجاد برچسب و محدودیت‌های کاربرد فوق‌العاده مهم است.

جدول ۱۱-۴ میزان سمیت دهانی، پوستی و تنفسی آفت‌کش‌های دسته‌بندی شده با طبقه‌بندی سمیت EPA

	ردەهای آفت‌کش‌های EPA			
	I	II	III	IV
نامگذاری	پرخطر	خطر متوسط	کم خطر	به نسبت بی‌خطر
علامت	خطر- سم	هشدار	احتیاط	احتیاط
دز کشنده[1]	مقدار کم تا ۱tsp	۱tsp تا ۱oz	۱ oz تا ۱pt/lb	بیش از۱pt یا ۱lb
شاخص‌های خطر				
LD_{50} دهانی	تا حدی و شامل ۵۰ mg/kg	از ۵۰ تا ۵۰۰ mg/kg	از ۵۰۰ تا ۵۰۰۰ mg/kg	بیش از ۵۰۰۰ mg/kg
LD_{50} تنفسی	تا حدی و شامل ۰/۲ mg/liter	از ۰/۲ تا ۲ mg/liter	از 2 تا ۲۰ mg/liter	بیش از ۲۰ mg/liter
LD_{50} پوستی	تا حدی و شامل ۲۰۰ mg/kg	از ۲۰۰ تا ۲۰۰۰ mg/kg	از ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۰۰ mg/kg	بیش از ۲۰۰۰۰ mg/kg
اثرات چشمی	خورنده، ماتی قرنیه طی۷ روز برگشت‌پذیر نیست	ماتی قرنیه طی۷ روز برگشت‌پذیر است؛ سوزش تا ۷ روز	بدون ماتی قرنیه؛ سوزش برگشت‌پذیر طی ۷ روز	بدون سوزش
اثرات پوستی	خورنده	سوزش شدید تا ۷۲ ساعت	سوزش ملایم تا ۷۲ ساعت	سوزش ملایم یا کم تا ۷۲ ساعت

[1] دامنه‌ی تقریبی برای یک فرد ۱۵۵ lb

باقی‌مانده‌های آفت‌کش

بعد از کاربرد، باقی‌مانده‌های آفت‌کش به‌طور طبیعی بعد از گذشت زمان به طور تصاعدی کاهش می‌یابند (شکل ۱۱-۲۱). نرخ کاهش باقی‌مانده‌های آفت‌کش بستگی به تعداد زیادی از همان عواملی دارد که بر کاهش آن‌ها در خاک مؤثر هستند.

۱ - شیمی آفت‌کش. تعدادی از مولکول‌های مرکزی به تجزیه میکروبی نسبت به سایرین مقاوم‌تر هستند. حشره‌کش‌های کلره هیدروکربنی مثالی از آفت‌کش‌های با دوام طولانی هستند.

۲ - گیاه هدف. نرخ کاهش باقی‌مانده آفت‌کش برحسب گونه گیاه، مرحله رشدی گیاه که آفت‌کش بکار می‌رود، بخشی از گیاه که در معرض آفت‌کش واقع شده و بخشی از گیاه که برداشت می‌شود متغیر است.

۳ - فیزیولوژی. برهم‌کنش بین آفت‌کش و فیزیولوژی گیاه تجمع آفت‌کش در بافت‌های گیاه را تغییر می‌دهد. آفت‌کشی که در جریان تعرق (آب) گیاه حرکت می‌کند، در جایی که آب مصرف می‌شود مانند برگ‌ها و میوه‌های بزرگ حاوی آب تجمع خواهد یافت.

۴ - شرایط زیست‌محیطی. تغییرات در شرایط گیاه در واکنش به دما و دسترس بودن آب می‌تواند به طور چشمگیری سطوح باقی‌مانده را تغییر دهد. سطوح باقی‌مانده اغلب در گیاهان دچار استرس خشکی نسبت به گیاهان به طور کامل برخوردار از آب بالاتر هستند.

دو مشکل عملی زیست‌محیطی در سطح مزرعه مرتبط با باقی‌مانده‌های روی سطوح گیاه (یا خاک) در اثر چگونگی استفاده از یک آفت‌کش عبارتند از:

۱ - برخیزش[1]. هنگامی رخ می‌دهد که بخشی از باقی‌مانده آفت‌کش از سطوح هدف، تا حدی به‌سبب فراریت آفت‌کش رهاسازی شود. برخیزش می‌تواند باعث بادبردگی غیرقابل قبول شود.

۲ - باقی‌مانده‌های بیرون رانده شده. ذراتی از آفت‌کش هستند که می‌تواند از برگ‌ها و میوه‌ها به وسیله فعالیت کارگر مانند برس کشیدن روی گیاه بیرون رانده شود که ممکن است وقتی که کشاورزان دوباره وارد یک مزرعه تیمار شده (سمپاشی شده) می‌شوند مشکل‌ساز باشند.

باقی‌مانده‌های آفت‌کش در محصول برای مصرف عمومی در آینده نیز یک مشکل بالقوه جدی هستند و در ادامه این فصل بررسی می‌شود.

تحمل

تحمل آفت‌کش از لحاظ قانونی به صورت مقدار باقی‌مانده آفت‌کش که می‌تواند در محصول برداشت شده باقی بماند تعریف می‌شود. تحمل آفت‌کش به وسیله اندازه گرفتن سطح اثر غیرقابل مشاهده (NOEL) حاصل شده از طریق آزمایش سمیت حاد و مزمن و سپس با تقسیم کردن آن بر ۱۰۰ یا ۱۰۰۰ بسته به ویژگی‌های سم‌شناسی آفت‌کش تعیین می‌شود. تحمل به‌صورت قسمت در میلیون (ppm) یا قسمت در بیلیون (ppb) بیان می‌شود.

[1] Lift-off

پذیرش تحمل مستلزم تعیین دقیق آن است؛ چه مقدار باقی‌مانده در بافت‌های گیاهی که در آینده به مصرف می‌رسند وجود دارد. بر همین اساس، توسعه آفت‌کش مستلزم فرایند شناسایی یا استخراج دقیق و قابل اطمینان برای آفت‌کش اصلی و همه متابولیت‌های عمده آن است. سپس فرآورده تولید شده برای تعیین مقدار باقی‌مانده موجود تحت آزمایش تجزیه‌ای قرار می‌گیرد. چنانچه معلوم شود که فرآورده دارای باقی‌مانده‌ای است که از تحمل تجاوز کرده، فرآورده برگشت زده می‌شود و همه فروش‌ها و استفاده از آن به تعلیق در می‌آید. چنانچه باقی‌مانده‌ها به سطوح زیر تحمل تنزل نیابد فرآورده باید از رده خارج شود.

اگر آفت‌کشی برای یک محصول ویژه ثبت نشود، آنگاه سطح تحمل برای هر مقدار از آفت‌کش در آن محصول وجود ندارد. در صورت نداشتن تحمل، هر مقدار باقی‌مانده از آفت‌کش ثبت نشده غیر قانونی است. چنین باقی‌مانده‌های غیرقانونی نقش مهمی در رابطه با بادبردگی آفت‌کش و محدودیت‌های Plant-Back و برای هر گونه کاربرد در محصولاتی که برچسب آفت‌کش مشخص نشده است دارند.

دوره ورود مجدد[1]

بعد از این‌که یک آفت‌کش به‌کاربرده شد، زمان معینی باید سپری شود تا ورود مجدد کارگران به مزرعه بی‌خطر باشد. دوره ورود مجدد زمان مورد نیاز برای کاهش سطح باقی‌مانده‌های یک آفت‌کش تا یک سطح بی‌خطر به دنبال کاربرد آن است. دوره‌های ورود مجدد در ایالات متحده در دامنه‌ای از چهار ساعت (حداقل) تا چند روز بسته به سمیت آفت‌کش و نیمه عمر آن قرار دارد. مقتضیات ورود مجدد روی برچسب معین می‌شود. باید با نصب یک علامت هشداردهنده روی تیرک بیان شود که منطقه تیمار شده با چه آفت‌کشی سم‌پاشی شده است، محدودیت ورود مجدد چقدر طول می‌کشد و چه زمانی محدودیت‌های ورود مجدد پایان می‌یابد (بخش بعدی در این فصل را ببینید).

دوره پیش از برداشت[2]

دوره پیش از برداشت زمان مورد نیاز بین کاربرد آفت‌کش و برداشت محصول است. این دوره، زمان کافی برای کاهش باقی‌مانده‌های آفت‌کش روی یا داخل بافت‌های گیاهی مورد مصرف در آینده به سطوح زیر تحمل است. دوره‌های پیش از برداشت از صفر برای مواد غیرسمی مانند Bacillus تا ماه‌ها برای مواد شیمیایی پایدار مانند هیدروکربن‌های کلره متغیر است. دوره پیش از برداشت روی برچسب مشخص می‌شود و باید به آن عمل شود.

[1] Reentry interval
[2] Preharvest interval

جنبه‌های قانونی استفاده از آفت‌کش‌ها

مروری کلی بر آفت‌کش‌ها

سیاست آفت‌کش، نگرانی‌هایی از جامعه و مقتضیات اکوسیستم (فصل ۱۹ را ببینید) را مورد توجه قرار می‌دهد و اهداف جامع زیر را دنبال کرده است:

۱- توسعه کنترل کیفی آفت‌کش‌ها. تضمین کیفیت آفت‌کش‌ها دلیل اصلی وضع قوانین اولیه بود.

۲- توسعه مسئولیت سیاست‌های استفاده از آفت‌کش‌ها:

۲-۱- حفاظت محصول. اطمینان می‌دهد که عمل کردن آفت‌کش به‌صورت شرح داده شده بوده چراکه علت اصلی مقررات است.

۲-۲- حفاظت کاربرد آفت‌کش. اطمینان می‌دهد افرادی که با آفت‌کش‌ها کار می‌کنند در معرض خطر نیستند.

۲-۳- حفاظت از کارگر مزرعه. اطمینان می‌دهد کارگرانی که با آفت‌کش‌ها سر و کار دارند در معرض خطر نیستند.

۲-۴- حمایت از مصرف کننده. اطمینان می‌دهد که عموم در معرض سطوح خطرناکی از آفت‌کش‌ها قرار ندارند.

۲-۵- حفاظت از محیط‌زیست. اطمینان می‌دهد که اثرات استفاده از آفت‌کش‌ها در محیط‌زیست حداقل است.

۳- ایجاد تجارت بین‌المللی سالم:

۳-۱- حمایت از صادرات.

اطمینان از این نکته ضروری است که یک کشور، صادرکننده آفات یا باقی‌مانده آفت‌کش‌ها به کشور دیگر نیست.

۳-۲- حمایت از واردات. به‌طور مشابه، اطمینان از این نکته ضروری است که یک کشور، واردکننده آفات یا باقی‌مانده‌های آفت‌کش از کشورهای دیگری نیست.

۴- محرک فناوری: مقررات می‌تواند باعث توسعه فناوری‌های جدید در مدیریت آفات شود حتی اگر این هدف مورد نظر نباشد. برای نمونه، قانون مورد نیاز برای حمل آفت‌کش‌های مایع گروه I ازطریق سیستم بسته حمل در کالیفرنیا منجر به توسعه ابزاری جهت دستیابی به حکم قانون جدید شد.

۵- قویت برنامه‌های آموزشی درباره آفت‌کش‌ها

۶- ایجاد ارتباط بین سازمان‌ها و مؤسسات

تاریخچه مقررات آفت‌کش

مقررات آفت‌کش به آغاز قرن بیستم که در آن زمان در مورد حفاظت استفاده‌کنندگان آفت‌کش‌ها و اطمینان از کیفیت آفت‌کش‌ها نگرانی وجود داشت برمی‌گردد. اطلاعات زیر نمایی از رویدادهای مهم قانونی برای ایالات متحده است. بیشتر کشورهای صنعتی الگوی قانونی مشابه را دنبال کردند.

۱۹۱۰ لایحه حشره‌کشی فدرال. این مصوبه تلاشی برای تنظیم کیفیت آفت‌کش‌ها بود.

۱۹۳۸ لایحه غذایی، دارویی و آرایشی فدرال (FFDCA). این قانون فراهم‌کننده وسیله‌ای برای پایش باقی‌مانده‌های آفت‌کش بود که به علت باقی‌مانده‌های فراوان سرب و آرسنیک در محصولات مختلف در دهه ۱۹۳۰ رخ داد. این لایحه از سال ۱۹۳۸ چندین بار اصلاح شد ولی برای پایش باقی‌مانده‌های آفت‌کش در غذا هنوز هم از جامعیت برخوردار است.

۱۹۴۷ لایحه حشره‌کش، قارچ‌کش و موش‌کش فدرال (FIFRA). این لایحه با شروع عصر جدیدی همراه بود چنانکه آفت‌کش را به صورت «استفاده هدفمند» تعریف می‌کرد. آنچه که از معنایش بر می‌آید این است که مقررات هر ترکیبی که برای کشتن هر فرمی از آفت استفاده می‌شود تحت مقتضیات FIFRA خواهد بود. سال ۱۹۴۷ با شروع آفت‌کش‌های شیمیایی آلی مصنوعی (یعنی هیدروکربن‌های کلره مانند DDT و فنوکسی‌ها مانند توفوردی) همراه بود. FIFRA وسیله‌ای بود که مقتضیات قانونی برای ثبت آفت‌کش را مدیریت می‌کرد و بارها از زمان معرفی اصلاح شد. انجام همه مقتضیات FIFRA بر عهده بخش کشاورزی ایالات متحده (USDA) بود.

۱۹۵۸ بند Delaney به FFDCA اضافه شد. این اصلاحیه که تحمل صفر نیز نامیده می‌شد ملزم می‌کرد که هر ترکیب ایجاد کننده سرطان نباید امکان وارد شدن به غذا داشته باشد. کلمه **بند** امکان هر گونه آنالیز خطر به سود را فراهم نکرد. فناوری اصلاحی شناسایی مقادیر بسیار کوچک‌تر آفت‌کش‌ها را امکان‌پذیر ساخته و بند Delaney را توجیه ناپذیر کرده است. (FQPA ۱۹۹۶را ببینید).

۱۹۷۵ سازمان حفاظت محیط زیست (EPA) پیشنهاد کرد رئیس جمهور نیکسون همه الزامات تحت FIFRA به EPA از USDA تغییر داده شود. تا آن تاریخ، استفاده داخل ایالتی آفت‌کش‌ها که از لحاظ فدرالی قانون‌گذاری نشده بود امکان قانون‌گذاری یافتند. ثبت‌های تحت EPA قطع شد.

۱۹۹۵ استانداردهای دیگر فدرال برای حفاظت کارگران. این استانداردها در چارچوب لایحه سلامتی و ایمنی مسکونی (۱۹۷۰) صورت گرفت که بسیاری از جنبه‌های استانداردها روی استعمال و کاربرد آفت‌کش‌ها اثر می‌گذارند.

۱۹۹۶ لایحه حفاظت کیفیت غذا (FQPA). این لایحه بازنگری اصلی بر چگونگی ارزیابی باقی-مانده‌های آفت‌کش در غذا را فراهم کرد، ارزیابی خطر سرطان برای حل مشکل ایجاد شده به وسیله بند Delaney را بهبود بخشید، مختل‌کننده‌های سیستم اندوکرین را تنظیم کرد و مفهوم «جام خطر» برای قرارگیری در معرض باقی‌مانده آفت‌کش در طول عمر را پی‌ریزی کرد. جام خطر دلالت دارد بر این که باقی‌مانده‌های همه آفت‌کش‌ها با نحوه اثر مشابه باید نسبت به قرارگیری در معرض باقی‌مانده‌ها در نظر گرفته شوند چراکه مجزا نیستند و به طور تجمعی عمل می‌کنند.

لوایح دیگری از فدرال که اثرات مستقیمی روی مقررات و استفاده از آفت‌کش‌ها داشتند نیز تصویب شدند. اینها شامل لایحه هوای پاک (۱۹۷۰)، لایحه سلامتی و ایمنی مسکونی (۱۹۷۰) لایحه آب پاک (۱۹۷۷)، لایحه آب نوشیدنی سالم (۱۹۷۴)، لایحه حفظ و بازیافت منابع (۱۹۷۶)، لایحه گونه‌های در معرض خطر (۱۹۷۳) و لایحه اصلاحیه‌های سرمایه عالی و جواز مجدد (۱۹۸۶) هستند.

کدها و مقررات

قوانین به‌وسیله دولت‌های ایالتی و فدرال تصویب می‌شوند. قوانین ایجاد شده از طریق لوایح به عنوان جزئی از کد مقررات اجراء می‌شوند. در ایالات متحده، کد فدرال برای کشاورزی "هفت" است (همچنین تعدادی از آفت‌کش‌ها کدهای دیگری دارند). سازمان‌های مختلف دستوراتی در خصوص بخش‌های مقررات ارائه می‌دهند. سازمان‌های فدرال مسئول قانون‌گذاری آفت‌کش‌ها و مدیریت آفات در ایالات متحده، با فعالیت‌های مقرراتی ویژه به شرح زیر هستند:

سازمان حفاظت محیط زیست ایالات متحده (EPA) بر همه جنبه‌های آفت‌کش‌ها نظارت می‌کند.

بخش کشاورزی ایالات متحده (USDA) بر مقررات آفات قرنطینه‌ای و غیر بومی نظارت دارد.

سازمان خواروبار و دارو (FDA) سطوح قابل قبول باقی‌مانده آفت‌کش در غذاها را پایش می‌کند.

سازمان هوایی فدرال (FAA) - مجوزهای خلبانی مربوط به کاربرد هوایی آفت‌کش‌ها و همه جنبه‌های عملیات هواپیمایی کشاورزی را صادر می‌کند.

بخش حمل و نقل (DOT) - مقررات محموله‌های بین ایالتی آفت‌کش‌ها را وضع می‌کند.

بازرسی زمین‌شناسی ایالات متحده (USGS)- اطلاعاتی در زمینه آلودگی آفت‌کش‌ها در آب فراهم می‌کند.

سرویس حیات وحشی و شیلات در ایالات متحده – در وضع مقررات آفات یا آفت‌کش‌هایی که بر شیلات و حیات وحش اثر می‌کند دخالت دارد.

سازمان ایمنی و بهداشت حرفه‌ای (OSHA) – جنبه‌های ایمنی کارگران کشاورزی را وضع می‌کند.

مقتضیات اصلی FIFRA

FIFRA به بخش‌های متعددی تقسیم می‌شود که هر بخش به تعریف یک مجموعه خاصی از قوانین می‌پردازد. برای مثال، بخش ۳ به ثبت آفت‌کش‌ها می‌پردازد، بخش ۱۸ به معافیت‌های سازمان‌های فدرال و ایالتی و بخش ۲۴ به اختیارات خاص ایالتی می‌پردازد (۲۴c به نیازهای محلی خاص، برای استفاده از آفت‌کش‌های خاص می‌پردازد که در غیر این‌صورت وجود ندارند).

قبل از فروش یک آفت‌کش (اعم از اینکه معدنی، آلی مصنوعی، دارای مشتقات میکروبی، یا یک آفت‌کش بیوشیمیایی با منشاء بیولوژیکی باشد) در ایالات متحده، موارد زیر باید صورت گیرد:

۱ - همه آفت‌کش‌ها قبل از اینکه بتوانند مورد استفاده واقع شوند باید به ثبت برسند.

۲ - ثبت فرآورده مستلزم اطلاعات خاصی است به نحوی که فرآورده بر اساس راهنمایی‌های برچسب استفاده خواهد شد:

۲-۱- فهرست آفاتی که به طور مؤثر کنترل می‌شوند روی برچسب ذکر شده باشد.

۲-۲- به انسان‌ها، محصولاتی زراعی، دام‌ها و حیات وحش آسیب نرسد و به محیط-زیست خسارت وارد نشود.

۲-۳- باقی‌ماندهایی در غذا یا علوفه ایجاد نکنند.

۳ - آفت‌کش‌ها باید به آفت‌کش‌های با استفاده کلی یا با استفاده محدود تقسیم‌بندی شوند.

۴ - آفت‌کش‌های با استفاده محدود می‌توانند فقط به وسیله یک کاربر ویژه بکار برده شوند.

۵ - امکانات تولید آفت‌کش باید معین و به وسیله EPA مورد بازرسی قرار گیرد.

۶ - از استفاده هر نوع آفت‌کش در روشی ناهماهنگ با برچسب ممانعت بعمل آید: برچسب تأیید شده یک مدرک قانونی است و بکاربردن آفت‌کش به روش مغایر با برچسب به طور کامل غیر قانونی است.

۷ - ایالت‌ها ممکن است وقتی جایگزین‌هایی وجود ندارند آفت‌کش‌ها را در یک مقیاس محدود برای نیازهای محلی ثبت کنند. آن‌ها تحت بخش ۲۴ از کد FIFRA اشاعه می‌یابند. این مورد در راستای استفاده از یک آفت‌کش برای یک محصول یا محل است که به طور مرسوم از برچسب تبعیت نمی‌کند. این امر تحت بخش ۱۸ از کد FIFRA امکان‌پذیر شد پیش از آن‌که تحمل فدرال برای استفاده از آن غذا یا علوفه تعیین شود.

۸ - تخطی‌ها از مشخصات برچسب مشمول مجازات سنگین و یا زندان می‌شود.

۹ - EPA می‌تواند بر اساس FIFRA استفاده از آفت‌کش‌های ثبت شده قبلی را که بنظر می‌رسد برای مصرف‌کنندگان یا محیط زیست خطر غیر قابل قبولی داشته باشند را به تعلیق ، لغو یا محدود کند.

آفت‌کش‌های دارای استفاده محدود

EPA باید همه آفت‌کش‌ها را به صورت آفت‌کش‌های با استفاده محدود یا با استفاده کلی گروه-بندی کند. آفت‌کش‌های با استفاده محدود به اندازه‌ای خطرناکند که فقط افرادی که به طور مناسب آموزش دیده‌اند می‌توانند آن‌ها را به‌کار برند.

چند عامل (ویژگی‌های خاص خطرناک بودن آفت‌کش‌ها) وجود دارد که برای طبقه‌بندی یک آفت‌کش به صورت آفت‌کش با استفاده محدود استفاده می‌شود.

۱ - سم شناسی حاد. آفت‌کش به اندازه‌ای سمی است که خطر بهداشتی فوری وجود دارد (همه آفت‌کش‌های گروه I با LD_{50} ۵۰ میلی گرم بر کیلوگرم یا سمیت حاد پایین‌تر به صورت آفت‌کش‌های با استفاده محدود در نظر گرفته می‌شوند).

۲ - خطر اختصاصی برای کاربران یا کارگران (یعنی خطرناک بودن برای چشم به دلیل سمیت محلول مورد استفاده).

۳ - خطر برای جانوران غیر هدف مانند زنبور عسل یا برای حیات وحش.

۴ - دارا بودن مشکلات زیست‌محیطی مانند بادبردگی آفت‌کش روی سایر محصولات یا احتمالاً برای ایجاد آلودگی در آب زیرزمینی.

۵ - مشکلات مربوط به پایداری آفت‌کش‌ها در خاک به نحوی که پایداری آفت‌کش خطراتی برای محصولات بعدی داشته باشد.

آفت‌کش‌های با استفاده محدود می‌توانند فقط به‌وسیله یک کاربر دارای گواهی‌نامه به‌کار برده شوند که فرایندهای مربوطه را آموخته و امتحان کتبی را با موفقیت گذرانده است. اگر کشاورزان بخواهند آفت‌کش‌های با استفاده محدود را روی زمینشان به‌کار ببرند (یعنی نه برای دریافت دستمزد)، باید آموزشی معادل با آموزش کاربران دارای گواهی‌نامه ببینند. آفت‌کش‌های با استفاده محدود برای استفاده به وسیله عامه مردم در دسترس نیستند. هریک از ایالت‌ها می‌توانند شرایط دیگری را تحمیل کنند.

شرایط ثبت فدرال یک آفت‌کش با EPA

قبل از این‌که ثبت یک آفت‌کش بخواهد مورد تأیید قرار گیرد اطلاعات زیر باید فراهم شود:

۱- شیمی فرآورده باید به‌طور کامل تعیین شود.

۲- فرایندهای تجزیه‌ای برای استخراج و شناسایی و متابولیت‌های آن باید انجام شود نظیر کارایی استخراج همه بخش‌های مورد برداشت گیاهانی که آفت‌کش به ثبت خواهد رسید.

۳- خطرات برای موجودات زیر باید شناخته شود:

۳-۱- حیات وحش به ویژه پرندگان (مانند بلدرچین مورد استفاده در مطالعات سم‌شناسی)

۳-۲- موجودات آبزی: ماهی (مانند bluegill و انواع گونه‌های دیگر مورد آزمایش)

۳-۳- انسان و سایر جانوران (از آزمایش روی موش‌های صحرایی، موش‌های خانگی، خرگوش‌ها و سگ‌ها استنتاج می‌شود)

۳-۴- گیاه‌سوزی برای گیاهان غیر هدف

۴- باید سازگاری زیست‌محیطی آفت‌کش در آب و هوا به اثبات برسد.

۵- همه متابولیت‌های اصلی باید شناسایی شوند و خصوصیات سم شناسی آن‌ها تعیین شود.

۶- مطالعات سم‌شناسی زیر باید انجام شود:

۶-۱- سمی بودن حاد: تعیین LD_{50} و سایر اطلاعات مرسوم برای رده‌های مختلف جانداران.

۶-۲- سمی بودن مزمن. نیازمند آزمایش‌های تغذیه‌ای طولانی مدت در غلظت‌های زیر کشنده است. برای ارزیابی اثرات تولیدمثلی به دو نسل نیاز است (موش‌های خانگی، موش‌های صحرایی و سگ‌ها).

۶-۲-۱- جهش‌زایی (توانایی ایجاد تغییرات ژنتیکی. آزمایش Ames روی باکتری‌ها استفاده می‌شود)

۶-۲-۲- ناهنجاری‌زایی (توانایی ایجاد نقص‌های تولدی).

۶-۲-۳- سرطان‌زایی (توانایی ایجاد سرطان. مستلزم کالبدشکافی همه اندام‌های اصلی است).

۶-۲-۴- اختلال در سیستم غدد درون ریز (توانایی ایجاد تغییرات در تعادل هورمونی).

۷- اطلاعاتی باید برای اثبات اثر بخشی آفت‌کش حاصل شود. در حال حاضر، قانون فدرال این اطلاعات را برای پذیرش نیاز ندارد.

هزینه دستیابی به اطلاعات ذکر شده برای یک ماده مؤثر جدید نزدیک ۲۰ تا ۴۰ میلیون دلار است. بعد از تکمیل قانع کننده همه اطلاعات موردنیاز توسط ثبت‌کننده (به طور معمول یک شرکت شیمیایی اصلی)، خلاصه‌ای از اطلاعات که بسته اطلاعاتی نامیده می‌شود به EPA ارائه می‌شود. بعد از بازبینی اطلاعات ارائه شده توسط EPA، برای تصمیم‌گیری درمورد ثبت آفت‌کش نیازمند اطلاعات بیشتری است تا به حل مجدد سؤالات پاسخ داده نشده بپردازد یا ثبت آفت‌کش را رد کند. تصمیم ثبت برای ثبت کردن یک ماده مؤثر جدید در Federal register (اداره ثبت اقدامات دولتی در ایالات متحده) منتشر می‌شود. در زمان ثبت، به آفت‌کش یک شماره ثبت داده می‌شود که روی برچسب تأیید شده مشخص است. EPA هزینه تعیین سطوح تحمل برای یک ماده مؤثر جدید و هزینه سالانه نگهداری آن را به طور یکجا می‌پردازد. به دنبال ثبت فدرال و تأیید برچسب، ایالات باید ثبت را مورد تأیید قرار دهند. برای بسیاری از ایالات این فرایند به طور خودبخود صورت می‌گیرد ولی برای ایالت‌های دیگر، مانند کالیفرنیا، بررسی‌های جامع بیشتری قبل از اعطاء ثبت ایالتی انجام می‌گیرد.

امروزه فرایندهای ثبت مشابهی در بیشتر کشورهای توسعه یافته استفاده می‌شود (گارنرتال، ۱۹۹۹). به سبب افزایش تجارت بین‌المللی آفت‌کش‌ها و کالاهای به‌کار گیرنده آفت‌کش‌ها ضروری است که در مقیاس جهانی فرایندهای ثبت موشکافانه یکسانی مورد استفاده قرار گیرد ولی چنین یکنواختی هنوز بدست نیامده است.

در حال حاضر در بخشی از EPA در زمینه چگونگی ثبت گیاهان تراریخته عدم قطعیت وجود دارد، این گیاهان ژن‌هایی را بروز می‌دهند که یک ماده شیمیایی کنترل‌کننده آفت مانند ژن‌های Cry از باکتری Bt را تولید می‌کنند. این سازمان خط محکمی کشیده مبنی براینکه یک ماده شیمیایی که آفات را می‌کشد صرف نظر از منشاء آن، یک آفت‌کش است. در نتیجه محصولات تراریخته که یک توکسین مانند توکسین‌های Bt ایجاد می‌کنند باید به نام آفت‌کش ثبت شوند.

برچسب آفت‌کش

ثبت کننده بر چسب را می‌نویسد و آن را برای تأیید در زمان پیشنهاد شده ثبت به EPA ارائه می‌دهد. بعد از تأیید، برچسب تنها با تأیید مجدد EPA می‌تواند تغییر یابد. یک برچسب نیازمند اطلاعات خاصی است که باید فراهم شود. برچسب‌های فرضی DE PESTO (شکل ۱۱-۲۷) و DE WEED (شکل ۱۱-۲۸) انواع اطلاعات مورد نیاز روی برچسب را برای یک آفت‌کش با استفاده محدود (DE PESTO) و یک آفت‌کش با استفاده عمومی (DE WEED) نشان می‌دهند. شماره‌های بخش زیر موارد روی بر چسب‌های فرضی را بیان می‌کند.

۱. نام تجاری یا علامت تجاری ثبت شده (برحسب زبان و کشور متغییر است)
۲. نوع آفت‌کش (برای نمونه حشره‌کش، کنه کش، علف‌کش)
۳. نام شیمیایی ماده مؤثر که ماده مؤثر نامیده می‌شود
۴. نام شیمیایی عمومی
۵. نوع فرمولاسیون (برای نمونه. پودر وتابل، امولسیون شونده)
۶. فهرستی از مواد مؤثر
۷. محتویات کلی در مخزن (برای نمونه ۵ گالن،lb ۵)
۸. نام و آدرس کارخانه
۹. شماره ثبت ارائه شده به وسیله EPA در زمان تأیید برچسب
۱۰. شماره ساخت (که نشان می‌دهد آفت‌کش در کجا تولید شده است. ممکن است شامل چندین شماره دیگر نیز باشد.
۱۱. گروه‌بندی کاربرد آفت‌کش (استفاده عمومی یا محدود)
۱۲. کلمه علامت دهنده (خطر نسبی آفت‌کش را نشان می‌دهد و بر اساس خطرات ارائه شده در جدول ۱۱-۱۱ است):

۱۲-۱- علامت خطر DANGER (PELIGRO): علامت جمجمه و استخوان‌ها روی بسته بندی: گروه I

۱۲-۲- علامت هشدار WARNING (AVISO): گروه II

۱۲-۳- علامت احتیاط CAUTION : گروه‌های II و IV

۱۳. بیان‌های پیش احتیاطی (اطلاعاتی در زمینه چگونگی استفاده درست و سالم از آفت‌کش. چگونگی کاهش خطر برای چشم، پوست و غیره را شرح می‌دهد)

۱۴. تجهیزات حفاظت شخصی (PPE) (نوع تجهیزات حفاظتی که هنگام کاربرد آفت‌کش پوشیده می‌شود یا هنگامی که شخص قبل از اتمام دوره ورود مجدد وارد مزرعه سمپاشی شده می‌شود پوشیده می‌شوند، را نشان می‌دهد).

۱۵. راهنمایی‌هایی برای استفاده از آفت‌کش (مقدار مورد استفاده و چگونگی استفاده از آفت‌کش را بیان می‌کند. در واقع به چند زیر بخش تفکیک می‌شود)

۱۶. فهرست مقادیر کاربرد آفت‌کش (این فهرست حداکثر مقدار قانونی از آفت‌کش که می‌تواند بکار برده شود تعیین می‌کند. آفت‌کش می‌تواند در مقدار پایین‌تر از آنچه در برچسب فهرست شده استفاده شود ولی نمی‌تواند از مقادیر ذکر شده متجاوز شود. باید حداکثر مقدار برای هر فصل یا هر سال هنگامی که اجازه داده می‌شود آفت‌کش چندین بار استفاده شود ذکر شود)

۱۷. برای بیشتر آفت‌کش‌های کشاورزی، فهرستی از محل‌ها یا محصولاتی که آفت‌کش می‌تواند بکار گرفته شود ارائه می‌شود (این محل‌های (محصولات) فهرست شده فقط برای آن دسته از آفت‌کش‌هایی است که از لحاظ قانونی می‌توانند بکار برده شوند)

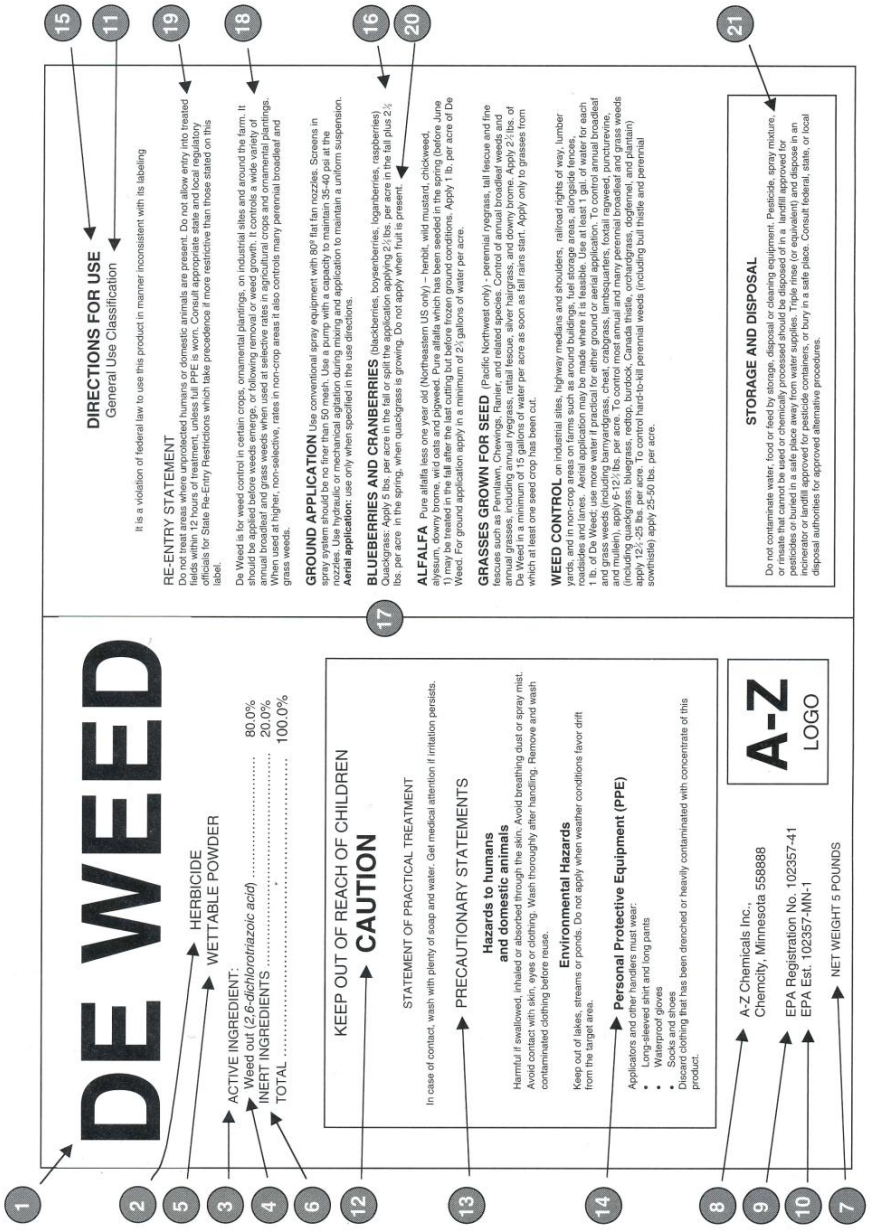
۱۸. فهرستی از موجوداتی که با قرارگیری در معرض آفت‌کش کنترل می‌شوند ارائه می‌شود

۱۹. بیان ورود مجدد نشان‌دهنده‌ی زمان مورد نیاز برای کارگران است تا بتوانند بدون خطر به محل (مزرعه) برگردند بدون این‌که PPE ویژه را بپوشند. این زمان از چهار ساعت تا چند روز بر حسب آفت‌کش و محصول متغییر است

۲۰. دوره پیش از برداشت (نشان‌دهنده زمانی است که باید بین زمان کاربرد و برداشت بی-خطر و قابل اطمینان محصول سپری شود و و بر اساس زمانی است که باقی‌مانده آفت‌کش به زیر سطح تحمل باقی‌مانده تعیین شده کاهش می‌یابد)

۲۱. نگهداری آفت‌کش و دور انداختن آن (بیانگر چگونگی نگهداری آفت‌کش، چگونگی دستکاری مخلوط سمپاشی و فرایندهای مناسب برای پاک‌سازی و دور انداختن ظروف خالی آفت‌کش است)

شکل ۱۱- ۲۶: برچسب فرضی یک حشره‌کش غیرواقعی با استفاده‌ی محدود. شماره‌ها مفاهیم کلیدیی از اطلاعات مورد نیاز روی برچسب را نشان می‌دهند و توضیح آن‌ها در متن آورده شده است.



شکل ۱۱- ۲۷: برچسب فرضی یک حشره‌کش غیرواقعی با استفاده‌ی عمومی. شماره‌ها مفاهیم کلیدیی از اطلاعات مورد نیاز روی برچسب را نشان می‌دهند و توضیح آن‌ها در متن آورده شده است.

اگرچه برچسب مجموعه‌ای از دستورالعمل‌ها در مورد چگونگی استفاده از آفت‌کش است، در حقیقت یک مدرک قانونی است که بی‌خطر بودن و مناسب بودن کاربردهای آفت‌کش را معین می‌کند. به‌کارگیری یک آفت‌کش در روشی ناهماهنگ با برچسب، غیر قانونی است و برای کسانی که آفت‌کش‌ها را در روشی مغایر با برچسب به‌کار گرفته‌اند مجازات مدنی و حتی کیفری وضع می‌شود. کاربرد آفت‌کش‌ها برخلاف اطلاعات برچسب موجب باقی ماندن سم در غذای انسان و خوراک دام شده و برای افراد یا جانورانی که فرآورده را می‌خورند وکارگران مزرعه خطرناک است و می‌تواند منجر به آلودگی آب‌های زیرزمینی یا اثرات نامطلوب روی موجودات غیرهدف شود.

مقررات آفت‌کش ایالتی و محلی

ایالت‌ها و نواحی محلی در یک کشور می‌توانند قوانینی تصویب کنند که محدودیت‌های دیگری در روش‌های IPM ایجاد کند. در ایالات متحده، شدت این قوانین محلی کمتر از قوانین وضع شده به وسیله دولت فدرال نیست، حتی ایالت‌ها می‌توانند مقتضیات شدیدتری نسبت به آنچه به وسیله دولت فدرال تحمیل شده وضع کنند. کالیفرنیا به پیروی از ایالات متحده و احتمالاً تمام جهان در وضع مقررات آفت‌کش‌ها، به هماهنگی و تناسب با نیازهای محلی آن ناحیه توجه داشته است. مثال‌های دیگری از مقتضیات کالیفرنیا در بخش بعدی این فصل ارائه خواهد شد. ایالات دیگر و نواحی محلی اقداماتی مشابه با کالیفرنیا را پذیرفته‌اند. در ارتباط با مدیریت آفات ضروری است هر شخص علاوه بر یادگیری مقررات فدرال که در این سطح مؤثرند، قوانین محلی که ممکن است مقتضیات دیگری را تحمیل کند یاد بگیرد.

استفاده کنندگان آفت‌کش

گروه‌های مختلف مردم در تصمیم‌گیری مدیریت آفات و کاربرد آفت‌کش‌ها شرکت دارند.

کشاورز/صاحب زمین زراعی همه افراد می‌توانند آفت‌کش‌های با استفاده عمومی را مطابق با برچسب آن‌ها برای محصولات زمین زراعی خود به کار ببرند. اگرچه صاحبان زمین زراعی برای کاربرد محدود یک آفت‌کش باید به مقتضیات کاربردی تضمین شده عمل کنند، یعنی آموزش دیده باشند و در همه مقتضیات خاص برای استفاده از آفت‌کش تجربه کسب کرده باشند.

مشاور کنترل آفت اگر مشاور کنترل آفت نظیر آن‌چه برای استفاده از آفت‌کش در ازاء دریافت دستمزد ارائه می‌کند، توصیه‌هایی ارائه دهد، مشاور کنترل آفت (PCA) نامیده می‌شود. امرزه این عنوان به طور گسترده‌ای به‌کار رفته است ولی سطوح نظارت مشاوران کنترل آفت (PCAs) در هر کشور و هر ایالت از ایالات متحده متغیر است.

یک توصیه‌ی سنجیده مدیریت آفات بسته به مقررات محلی شامل انواع اطلاعات زیر خواهد بود:

۱ - نام کشاورز یا مدیر مزرعه

۲ - نام مشاور مدیریت آفت که راهنمایی‌ها را ارائه می‌کند

۳ - نام محصولی که مورد تیمار (آفت‌کش) است

۴ - شناسایی آفت یا آفاتی که تحت کنترل هستند

۵ - نام آفت‌کش‌هایی که به‌کارگرفته می‌شوند و میزان کاربرد آن‌ها

۶ - محل تعیین اطلاعات

۷ - روش‌های جایگزین برای حل مشکل (احتمال موفقیت، هزینه‌ها و غیره) که جایگزین‌های کاهشی[1] نامیده می‌شوند

۸ - تعیین مناطق حساس از لحاظ زیست‌محیطی مانند پناهگاه حیات وحش، رودخانه و غیره

۹ - محصولات مجاور که ممکن است به بادبردگی سمپاشی حساس باشند (برای نمونه هندوانه نسبت به گرد گوگرد)

۱۰ - خطرات بهداشت عمومی در منطقه (مدارس، خانه‌ها یا سایر ساختمان‌ها)

۱۱ - دوره‌های ورود مجدد برای کارگران مزرعه

۱۲ - دوره‌های برداشت (مدت زمان کافی از سمپاشی تا برداشت برای از بین رفتن باقیمانده آفت‌کش)

۱۳ - بررسی‌های اختصاصی (برای نمونه PPE، محدودیت‌های Plant-Back).

برای جزئیات بیشتر فصل ۹ از کتاب Flint و Gouveia (۲۰۰۱) را ببینید.

کاربران کاربران آفت‌کش را در ازاء دریافت دستمزد به‌کار می‌برند و کاربران کنترل آفت یا PCOs نامیده می‌شوند. یک شرکت PCO توصیه ارائه نمی‌دهد. هر PCO می‌تواند آفت‌کش‌های با استفاده عمومی را بکار گیرد ولی تنها کاربران دارای مدرک معتبر که امتحان‌های اختصاصی مورد نیاز را گذرانده‌اند می‌توانند آفت‌کش‌های با استفاده محدود را بکار ببرند.

دلالان آفت‌کش این شرکت‌ها در واقع فقط آفت‌کش را می‌فروشند و بیشتر در ایالت مدرک گرفته‌اند.

شرکت‌های با سرویس کامل این شرکت‌ها کارهای مشاوره، فروش و کاربرد آفت‌کش‌ها را انجام می‌دهند. بنابراین شرکت‌های با سرویس کامل دارای PCAs هستند که توصیه‌هایی را ارائه داده، آفت‌کش‌ها را به‌فروش رسانده و آن‌ها را به‌کار می‌گیرند. برخی از این شرکت‌ها در ایالات متحده به طور ناحیه‌ای یا در سطح ملی فعالیت می‌کنند.

[1] Mitigation alternatives

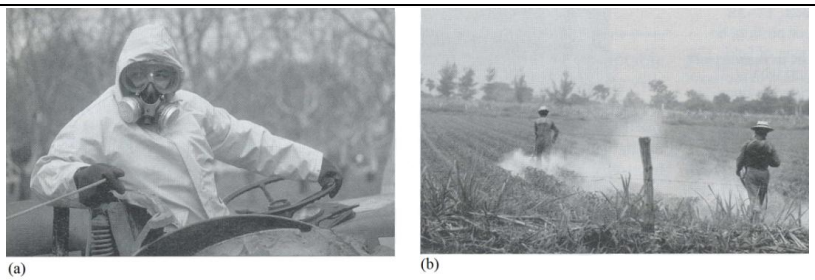
مصارف خانگی افراد می‌توانند آفت‌کش‌هایی که برای مصارف خانگی برچسب زده شده را دستکاری کرده و در مقدارهای کم به‌کار ببرند. شاید بیشترین کاربرد آفت‌کش و استفاده مفرط در مصارف خانگی رخ دهد. به این دلیل بیشتر آفت‌کش‌های موجود برای مصارف خانگی در فرمولاسیون‌های با غلظت کمتر نسبت به آفت‌کش‌های مورد استفاده در کشاورزی به فروش می‌رسند. استفاده‌کنندگان خانگی اغلب فاقد مهارت بوده و برای استفاده بی‌خطر آفت‌کش‌ها آموزش ندیده‌اند و دارای اطلاعات کمی درباره خطرهای بالقوه استفاده نادرست از آفت‌کش‌ها هستند. استفاده از لباس نامناسب در هنگام کاربرد آفت‌کش‌ها توسط افراد آموزش دیده حاکی از عدم توجه کلی به خطرات آفت‌کش‌ها در بسیاری از مصارف خانگی است. برچسب آفت‌کش‌ها بیان می‌کند که یک پیراهن آستین بلند، شلوار بلند، جوراب و کفش باید پوشیده شود.

گزارش استفاده از آفت‌کش

گزارش استفاده از آفت‌کش در بیشتر نواحی جهان مورد نیاز نیست بنابراین اطلاعات محدودی در زمینه میزان دقیق کاربرد آفت‌کش وجود دارد. دربیشتر مکان‌ها، داده‌ها برای کاربرد آفت‌کش تخمین زده می‌شود. در ایالات متحده مقتضیات فدرال برای گزارش استفاده از آفت‌کش‌ها وجود ندارد. از سال ۱۹۹۳ کالیفرنیا درخواست کرده است که کاربرد تجاری آفت‌کش‌ها باید از طریق رئیس اداره کشاورزی گزارش شود. این حالت گزارش ۱۰۰ درصدی کاربرد آفت‌کش نامیده می‌شود. از این‌رو داده‌های کالیفرنیا در زمینه استفاده‌ی آفت‌کش‌ها در کشاورزی موجود هستند. سایر ایالت‌ها و کشورها گزارش مشابهی را پذیرفته‌اند.

حفاظت از استفاده‌کنندگان آفت‌کش

ضروری است کارگرانی که آفت‌کش‌ها را به‌کار می‌برند و کارگرانی که در مزارع کشاورزی کار می‌کنند از مسمومیت آفت‌کش‌ها محافظت شوند. آفت‌کش‌هایی که برای اولین بار معرفی شدند استانداردهای حفاظتی پایینی داشته و در نتیجه بسیاری از کارگران مسموم شدند. در کشورهای پیشرفته استانداردهای امنیت به طور یکنواخت افزایش یافت تا جایی که با کاربرد مطابق برچسب، بعید بود کارگران در معرض سطوح سمی آفت‌کش قرار گیرند (شکل ۱۱-۲۹a). در کشورهای کمتر توسعه یافته حفاظت کارگران در برابر آفت‌کش‌ها ناچیز است (شکل ۱۱-۲۹b) و هر ساله بسیاری از کارگران مسموم می‌شوند.


(a) (b)

شکل ۱۱- ۲۸: (a) فردی با تجهیزات حفاظت شخصی کامل در حال کاربرد یک آفت‌کش؛ به استفاده از لباس غیر قابل نفوذ با کلاه کامل، دستکش، ماسک صورت و ماسک دهانی توجه کنید. (b) کارگرانی در یک کشور غیرصنعتی در حال استفاده از آفت‌کش بدون تجهیزات حفاظتی مناسب، که در معرض آفت‌کش‌های سمی هستند. منبع: تصویر (a) از Jack Clark در قالب برنامه IPM ایالتی دانشگاه کالیفرنیا؛ و تصویر (b) از Marcos Kogan.

در ایالات متحده قوانین عمومی و حفاظت از کارگر و قوانین ایمنی تغییراتی داشتند. در زیر مثال-هایی از استانداردهای متداول حفاظت کارگران در ایالات متحده برای استفاده‌کنندگان آفت‌کش‌های کشاورزی وجود دارد.

۱ - دانستن واقعیت. همه کارگران باید در مورد خطرات مربوط به آفت‌کش‌ها مطلع شوند.

۲ - مقتضیات آموزش. همه کارگران باید در رابطه با خطر آفت‌کش و آنچه که در مواقع اضطراری باید انجام دهند آموزش داده شوند.

۳ - گزارش‌ها و آزمایش‌های پزشکی. می‌بایست مقادیر خط مبنا کولین استراز تعیین شود و باید برای همه افرادی که با کاربرد آفت‌کش‌ها سروکار دارند مراقبت دوره‌ای انجام شود.

۴ - تجهیزات حفاظتی شخصی (PPE). چنین تجهیزاتی بر حسب گروه آفت‌کش متغیر است، شرایط روی برچسب توضیح داده شده است. دامنه‌ی PPE از ماسک کامل و پوشش غیرقابل نفوذ (کفش یا چکمه، روپوش و دستکش) تا روپوش و کفش معمولی است.

۵ - دوره ورود مجدد و نصب هشدارها روی تیرک. اطلاعات مربوط به هشدارهای نصب شده روی تیرک کارگران را آگاه می‌سازد که تا چه وقت ورود مجدد به مزرعه بی‌خطر است. این دوره از چهار ساعت برای مواد غیرسمی تا چند روز برای ترکیبات سمی با دوام‌تر متغیر است. دوره ورود مجدد باید روی تیرک نصب (شکل ۱۱-۳۰) و قابل مشاهده باشد. شخصی که پیش از پایان دوره ورود مجدد وارد مزرعه می‌شود، باید PPE تعیین شده به وسیله برچسب را بپوشد.

۶ - موانع مربوط به زبان. برچسب‌های آفت‌کش باید برای کارگران مزارع کشاورزی خارجی به زبانشان پرینت گرفته شده و یا باید برای آن کارگران ترجمه شود.

مخلوط‌کنندگان یا حمل‌کنندگان و کاربران بالاترین خطر قرارگیری در معرض آفت‌کش‌ها برای کارگرانی است که با حمل و مخلوط کردن آفت‌کش‌ها سروکار دارند و نیازمند استانداردهای امنیتی جدی‌تری هستند. دستورالعمل‌های مربوط به ایمنی شامل موارد زیر است:

۱ - پوشش محافظتی مناسب یا تجهیزات ایمنی باید به وسیله کارفرما (استخدام کننده) تهیه شود و مستخدم باید آن‌ها را بپوشد. همچنین کارفرما باید تسهیلاتی برای شستن و تعویض فراهم کند.

۲ - کارفرما باید آموزش مناسب برای مستخدم‌ها ارایه دهد و آموزش باید تثبیت شود.

۳ - کارفرما باید آزمایش به روز کولین استراز و خط مبنا برای افرادی که با انواع معینی از آفت‌کش‌ها کار می‌کنند فراهم کند.

۴ - همه آفت‌کش‌های مایع با سمیت بالا (گروه I) باید بوسیله سمپاش استفاده کننده از یک سیستم حمل بسته استفاده شود. چنان‌که در کالیفرنیا به صورت یک التزام پذیرفته شده است. هدف از چنین سیستم‌هایی امکان انتقال آفت‌کش بدون قرارگیری مستقیم فرد مخلوط کننده-حمل کننده در معرض آفت‌کش است.

کارگران مزرعه کارگران در واقع در معرض کنستانتره آفت‌کش قرار ندارند ولی می‌توانند برای یک دوره طولانی در تماس با باقی‌مانده‌های سمپاشی باشند. اغلب در قانون دستورالعمل‌هایی برای حفاظت از کارگران مزرعه وضع می‌شود که شامل موارد زیر است:

۱ - زمان‌های امن برای ورود مجدد، زمانی که برای ورود مجدد به یک مزرعه تیمار شده بر مبنای سمیت و مقدار باقی‌مانده‌ها که ممکن است از بین بروند، تعیین می‌شود. حداقل زمان ورود مجدد چهار ساعت و برای ترکیبات با دوام بیشتر که برای انسان سمی هستند تا چند روز طول می‌کشد. دوره ورود مجدد طولانی برای چیدن محصولات فاسد شدنی که امکان ذخیره آن‌ها نیست می‌تواند مشکلاتی ایجاد کند.

۲ - اطلاعیه‌های گفتاری و نوشتاری در مناطق تیمار شده مورد نیاز است.

۳ - علائم هشداردهنده باید روی تیرک‌هایی در اطراف مزرعه نصب شوند که نشان دهنده کاربرد آفت‌کش و دوره محدودیت ورود مجدد باشد (شکل ۱۱-۳۰).

شکل ۱۱- ۲۹: علامت یا آگهی اطراف مزرعه، حشره‌کش مورد استفاده و زمان ایمن برای ورود بدون تجهیزات حفاظتی مشخص را نشان می‌دهد. منبع: تصویر از Robert Norris.

بیماری‌های ناشی از آفت‌کش‌ها

در ایالات متحده مرگ و میر ناشی از مسمومیت تصادفی آفت‌کش‌ها پایین است. بیشتر مرگ و میرهای مربوطه به آفت‌کش، خودکشی بوده و تعداد اندکی از آن‌ها به قتل نسبت داده می‌شوند. همان طوری که ذکر شد، مرگ و میرهای ناشی از مسمومیت آفت‌کش‌ها در کشورهای کمتر توسعه یافته هنوز هم متداول است.

تعیین میزان بیماری‌ها در کارگران به سبب مسمومیت آفت‌کش‌ها مشکل است. در ایالات متحده مراکز ملی کنترل سموم شاید بیش از ۱۷۰۰۰ بیماری ایجاد شده به‌وسیله آفت‌کش را ثبت می‌کنند. سازمان بهداشت جهانی تخمین زده است که هر ساله شاید بیش از ۱۰۰۰۰۰۰ نفر در کشورهای کمتر توسعه یافته از بیماری‌های مربوطه به آفت‌کش رنج می‌برند. این محاسبات ممکن است نادرست باشد. اگرچه به سبب مشکلات در تعیین عامل دقیق یک بیماری، بیماری‌ها گزارش نمی‌شوند و کارگران ممکن است به دنبال خدمات پزشکی نباشند.

حفاظت از مصرف‌کنندگان

از اهداف اصلی قانون آفت‌کش، اطمینان از نبود باقی‌مانده‌های آفت‌کش غیرقابل قبول در غذا است. برای تعیین مقدار باقی‌مانده‌های آفت‌کش و اینکه آیا تحمل‌ها از حد مجاز تجاوز کرده است یا خیر، در مؤسسه غذا و داروی ایالات متحده نمونه‌برداری انجام می‌شود و بخش قوانین آفت‌کش‌ها در کالیفرنیا آزمایش مشابهی انجام می‌دهد.

تحمل‌های باقی‌مانده در محصول بر مبنای باقی‌مانده قابل قبول آفت‌کش استوار است و حفاظت از مصرف‌کننده را در برابر آفت‌کش‌های موجود در غذا فراهم می‌کند. باقی‌مانده عبارت است از مقدار آفت‌کش باقی‌مانده در محصول بعد از برداشت و تحمل به مفهوم حداکثر مقدار باقی‌مانده آفت‌کش

است که می‌تواند از لحاظ قانونی در محصول بعد از برداشت وجود داشته باشد و به صورت قسمت در میلیون (ppm) یا قسمت در بیلیون (ppb) بیان می‌شود. EPA، وقتی که برچسب ثبت مدنظر است، تحمل باقی‌مانده را تعیین می‌کند. تحمل باقی‌مانده بر مبنای سطح اثر غیر قابل مشاهده (NOEL) تعیین شده طی آزمایش سم‌پاشی استوار است. یک فاکتور ایمنی به صورت مجموعه‌ای از ۱۰۰ تا۱۰۰۰ بار پایین‌تر از NOEL برای تعین تحمل باقی‌مانده استفاده می‌شود. سازوکاری که در آن تحمل‌های باقی‌مانده تعیین می‌شود تا اندازه‌ای با عقیده سم‌شناسان چالش دارد. آن‌ها معتقدند آزمایش دزهای بالای آفت‌کش‌ها روی موش‌های حساس به سرطان ممکن است داده‌هایی که برای فعالیت دزهای پایین آفت‌کش در انسان‌ها حاصل می‌شود را فراهم نکنند. افراد حساس به آفت‌کش‌ها عقیده دارند که هر شاخصی از یک باقی‌مانده اهمیت زیادی دارد. به این عقیده بحث برانگیز پدیده Hormesis اضافه می‌شود. بنابراین تعیین خطرات و فواید آفت‌کش‌ها کار آسانی نیست و هدف بخشی از EPA در زمینه تخمین‌های سنتی مرسوم با اشتباه همراه بوده است.

تحمل باقی‌مانده تعیین شده بعنوان یک ابزار قانونی آفت‌کش است. باقی‌مانده یک آفت‌کش در محصول برداشت شده (غذای انسان یا خوراک دام) نمی‌تواند از لحاظ قانونی از سطح تحمل باقی-مانده تجاوز کند. وقتی هیچ باقی‌مانده‌ای از آفت‌کش در محصول یک گیاه ثبت نمی‌شود یعنی سطح تحمل تعیین نشده و وجود باقی‌مانده آفت‌کش غیر قانونی است.

بررسی‌های باقی‌مانده آفت‌کش در غذا

نمونه‌هایی از محصولات در مزرعه و مراکز توزیع محصول گرفته می‌شود و وجود باقی‌مانده آفت‌کش تجزیه و تحلیل می‌شود. تجزیه و تحلیل می‌تواند نظارت مراکز فروش آفت‌کش یا بقایای آفت‌کش هدف که ریسک بالایی دارد را شامل شود. چنانچه باقی‌مانده‌هایی که شناسایی می‌شوند از سطوح تحمل تجاوز کند از حمل و نقل محصول جلوگیری بعمل می‌آید و نمی‌تواند بفروش برسد، مگر این‌که باقی‌مانده به زیر سطح تحمل کاهش یابد. چنانچه باقی‌مانده‌های بیش از حد ناشی از کاربرد بیش از حد متعارف آفت‌کش باشد ممکن است اقدامات حقوقی و کیفری برای تولیدکنندگان در نظر گرفته شود. تخطی‌های کمی از مقدار باقی‌مانده‌های متعارف وجود دارد و بیشتر آفت‌کش‌های مورد شناسایی در تحمل باقی‌مانده تعیین شده قرار دارند.

اطلاعات برنامه‌های پایش نظارتی ۱۹۹۸ FDA و ۱۹۹۶(دسترسی کم) CDPR در جدول ۱۱-۵ آورده شده است. اطلاعات به دست آمده از غربال بقایا (بیش از ۲۰۰ آفت‌کش شناسایی شدند) به استثنای برنامه آفت‌کش کالیفرنیا که ۲۶ آفت‌کش هدف برای سلامتی بود تجزیه و تحلیل شد.

اغلب نمونه‌ها داخل یا زیر تحمل زیر ۱۰ درصد بقایای مجاز داشتند. برای کالیفرنیا ۰/۲۳ درصد از نمونه‌های متجاوز از یک آفت‌کش ثبت شده اورتحمل بودند و ۱/۳۱ درصد در محصولات بقایا داشتند که نشان می‌دهد آفت‌کش ثبت نشده است. مورد اخیر بیشتر در تحمل برای محصولات

ثبت شده است. هر دو سنجش FDA و کالیفرنیا نشان می‌دهد که اغلب محصولات وارداتی بقایای آفت‌کش دارند.

جدول ۱۱-۵ نتایج تحلیل بقایای آفت‌کش‌ها در فدرال و کالیفرنیا

سطح	تعداد نمونه‌ها	بدون بقایای شناسایی شده	نزدیک یا زیر تحمل	بیش از حد
		درصد از نمونه‌ها		
فدرال (FDA)	۳۵۹۷(بومی)	۶۴/۹	۳۴/۳	۰/۸
	۳۸۶۰(وارداتی)	۶۸/۱	۲۸/۹	۳/۰
کالیفرنیا (CDPR)	۶۰۹۷(بازاری)	۶۰/۴	۳۸/۱	۱/۵
	۱۴۷۲(ارجح)[۱]	۸۰/۰	۱۹/۸	۰/۲

[۱] تمام نمونه‌های ارجح از محصول‌های تیمار شده بودند. داده‌های FDA مربوط به سال ۱۹۹۸ و داده‌های دپارتمان تنظیم آفت‌کش‌های کالیفرنیا مربوط به سال ۱۹۹۶ است.

اطلاعات جدول ۱۱-۵ نمونه‌ای از آنچه در بقایا در ۳۰ سال گذشته در فدرال یا سطح ایالت یافت شده است. تحمل بقایا به ندرت تجاوز می‌کند و بیش از ۱ پی‌پی‌ام نمی‌شود. بقایای بیش از حد تحمل به سبب بادبردگی روی محصولات ثبت نشده، اثر بقایا در خاک یا نوسان‌های شرایط محیطی است و به ندرت به دلیل استعمال نادرست است.

مقررات در جامعه برای یافتن روش‌های جدید استفاده و سوء استفاده از آفت‌کش‌ها تکامل می‌یابند. جامعه به گسترش دانش آفات و اکوسیستم ادامه می‌دهد و فناوری برای مدیریت آفات، بهبود قوانین و مقررات مورد نیاز استفاده می‌شود.

منابع

Aspelin, A. L., and A. H. Grube. 1999. Pesticides industry sales and usage: 1996 and 1997 market estimates. Washington, D.C.: Biological and Economic Analysis Division, Office of Pesticide Programs, Office of Prevention Pesticides and Toxic Substances, U.S. Environmental Protection Agency, ii, 39.

Bohmont, B. L. 2000. The standard pesticide users guide. Upper Saddle River, NJ.: Prentice Hall Inc., 544.

Bureau of National Affairs. 1987. Pesticides: State and federal regulation. Rockville, Md.: Bureau of National Affairs, Inc., 151.

Calabrese, E. J., and L. A. Baldwin. 1999. Reevaluation of the fundamental dose response relationship. BioScience 49:725-732.

California EPA. 2001. California pesticide use summaries database, http://ucipm.ucdavis.edu/PUSE/puse1.html

Carson, R, 1962. Silent spring. New York: Fawcett Crest, 304.

Copping, L. G., ed. 1998. The biopesticide manual. Farnham, UK: British Crop Protection Council, xxxvii, 333. `

ExToxNet. 2000. Pesticide information profiles, http://ace.ace.orst.edu/info/extoxnet/pips/

Flint, M. L., and P. Gouveia. 2001. IPM in practice; Principles and methods of integrated pest management, Publication 3418. Oakland, Calif.: University of California, Division of Agriculture and Natural Resources, xii, 296.

Garner, W. Y., P Royal, and F Liem. 1999. International pesticide product registration requirements: The road to harmonization. Washington, D.C.: American Chemical Society, xi, 322.

Gustafson, D, I. 1993. Pesticides in drinking water New York: Van Nostrand Reinhold, xii, 241.

Hall, F R., and J. J. Menn, eds. 1999. Biopesticides: Use and delivery Methods in biotechnology vol. 5. Totowa, N.J.; Humana Press, xiii, 626.

Hardin, G. 1968. The tragedy of the commons. Science 162:1243-1248.

Harris, J. 2000. Chemical pesticide markets, health risks and residues. Wallingford, Oxon, UK; New York: CABl Publishing vii, 54.

Hewitt, H. G. 1998. Fungicides in Crop Protection. Wallingford, Oxon, UK; New York: CABI Publishing, vii, 221.

Lyle, C. 1947. Achievements and possibilities in pest eradication. J. Econ. Entomol. 40:1-8.

Marer, P J., M. L. Flint, and M. W. Stirnmann. 1988. The safe and ejfective use of pesticides. Oakland, Calif.: University of California Statewide Integrated Pest Management Project Division of Agriculture and Natural Resources, x, 387.

Matsunaka, S. 1968. Propanil hydrolysis inhibition in rice plants by insecticides. Science 160: 1360-1361.

Prakash, A., and J. Rao. 1997. Botanical pesticides in agriculture. Boca Raton, Fla.: Lewis Publishers, 480.

Tomlin, C., ed. 2000. The pesticide manual: A world compendium. Farnham, Surrey, UK: British Crop Protection Council, xxvi, 1250.

Van den Bosch, R. 1978. The pesticide conspiracy. Los Angeles, Calif.: The University of California Press, xiv, 226.

Ware, G. W. 1994. The pesticide book. Fresno, Calif.: Thompson Publications, 386.

Waxman, M. F. 1998. Agrochemical and pesticide safety handbook. Boca Raton, Fla.: Lewis Publishers, 616.

Weed Science Society of America. 1994. Herbicide handbook. Champaign, Ill.: Weed Science Society ofAmerica, x, 352.

Weed Science Society of America. 1998. Herbicide Handbook-Supplement to the seventh edition. Lawrence, Kans.: Weed Science Society ofAmerica, vi, 104.

فصل دوازدهم: مقاومت، طغیان مجدد و جایگزینی

رئوس مطالب این فصل

- مقدمه
- مقاومت
- طغیان مجدد
- جایگزینی
- هشدار درباره سه R

مقدمه

این فصل واکنش‌های اکولوژیکی جمعیت‌های آفت نسبت به روش‌های کنترل آفت را بیان می‌کند، با تاکید بر پدیده‌های مقاومت[۱]، طغیان مجدد[۲] و جایگزینی[۳] – سه R در IPM - که اغلب موقع استفاده از آفت‌کش‌ها رخ می‌دهند. پدیده‌های شرح داده شده در این فصل بیانگر یک نشانه عملی از اصول انتخاب طبیعی است. انتخاب طبیعی که گاهی اوقات به طور عامیانه «بقاء شایسته‌ترین» نامیده می‌شود با بقا و تولیدمثل جانداران متفاوت است چون به‌وسیله خصوصیات توارثی تعیین می‌شود. اصول انتخاب طبیعی و سازوکار آن برای تکامل موجود زنده به طور رسمی اولین بار در انجمن لینین[۴] در سال ۱۸۵۸ در یک مقاله مشترک به وسیله چالز داروین[۵] و آلفردروس والاک[۶] ارائه شد. انتخاب طبیعی یک نیروی قدرتمند است و اهمیت عملی آن در کشاورزی کاربردی و پزشکی نتوانسته مورد مبالغه قرار گیرد.

ممکن است هر روش مدیریت آفت یک فشار انتخابی قوی باشد و به واکنش‌های ویژه جمعیت‌های آفت به انتخاب به طور عام "پس رفت اکولوژیکی[۷]" اطلاق شده است. واکنش به انتخاب، توانایی بعضی از افراد داخل یک جمعیت آفت برای احیاء مجدد یا حتی رشد و نمو به دنبال استفاده از یک روش کنترل آفت را نتیجه می‌دهد و نشانه‌هایی از تکامل از طریق انتخاب طبیعی است.

[1] Resistance
[2] Resurgence
[3] Replacement
[4] Linnaean society
[5] Charles Darwin
[6] Alfred Russe Wallac
[7] Ecological backlash

یک روش خاص مدیریت آفت به صورت یک انتخاب طبیعی عمل می‌کند. زمانی که کاربرد یک روش علیه بعضی از افراد یک جمعیت بی‌اثر باشد و این افراد زنده باقی مانده و تولیدمثل کنند، نشان دهنده مقاومت نسبت به آن روش است. اگر کاربرد یک روش منجر به حذف شکارگرها و پارازیت‌های مفید شود، آفات بقاء یافته قادر به تولیدمثل در سطحی هستند که منجر به رشد سریع جمعیت می‌شوند و آفات در چنین وضعیتی طغیان مجدد را نشان می‌دهند. یک روش ممکن است آفت هدف را کنترل کند ولی به یک آفت کم اهمیت که قبل از آن خسارت‌زا نبوده اجازه می‌دهد جمعیت خود را افزایش دهد به طوری که موجب کاهش غیرقابل قبولی از محصول شود. این پدیده جایگزینی نامیده می‌شود.

موضوع کلی که در اینجا ارائه می‌شود با عناوین عمومی مقاومت، طغیان مجدد و جایگزینی است. این سه R در مدیریت آفت برای نابودی هر روش کنترلی قابل ملاحظه است و علت اصلی لزوم مدیریت تلفیقی آفات محسوب می‌شود. فهم اکولوژی سه R در صورت قابل تحمل بودن روش‌های مدیریت آفت لازم است و اگر کاربردی نباشد ارزشی ندارد.

مسئله فشار انتخابی که منجر به مقاومت آفت می‌شود به کشاورزی محدود نمی‌شود. عوامل بیماری‌زای باکتریایی در انسان‌ها، آفات انسانی هستند که موجب بروز عفونت‌ها، گلودردها، ذات-الریه و بسیاری از بیماری‌های دیگر می‌شوند. آنتی‌بیوتیک‌هایی که در اصل آفت‌کش هستند برای کنترل این آفات به‌کار رفته‌اند. استفاده گسترده از آنتی‌بیوتیک‌ها به صورت فشار انتخابی عمل کرده و منجر به تکامل مقاومت به آنتی‌بیوتیک‌ها در بسیاری از عوامل بیماری‌زای باکتریایی در انسان‌ها شده است. مبنای اکولوژیکی این انتخاب همانند مبنای اکولوژیکی برای مقاومت آفات کشاورزی است. یک روش خاص کنترلی به طور گسترده‌ای مورد استفاده قرار گرفته است و به عنوان یک فشار انتخابی قوی عمل می‌کند. امروزه بسیاری از آنتی‌بیوتیک‌ها به سبب این پدیده دارای اثر بخشی محدودی هستند.

راهکارهای مدیریت آفت باید فشارهای انتخابی در نظر گرفته شوند و چنانچه روش‌های مدیریت آفت برای دوره‌های طولانی سودمند باقی بمانند، باید پتانسیل آن‌ها برای ایجاد مقاومت ارزیابی شود.

مقاومت

وقتی یک جاندار دارای ژنوتیپی است که به آن امکان تحمل یا ایستادگی در برابر یک استرس محیطی را می‌دهد (خواه این استرس زنده یا غیر زنده باشد) گفته می‌شود که جاندار در برابر آن استرس دارای مقاومت است. تأکید بر این نکته حائز اهمیت است که واژه مقاومت در IPM دارای

دو مفهوم متفاوت است. در مفهوم اول، همچنان که در ابتدای این فصل بحث شد مقاومت آفات به آفت‌کش‌ها یا سایر روش‌های کنترلی، نامطلوب در نظر گرفته می‌شود. در مفهوم دوم، مقاومت گیاهان در برابر آفات به صورت یک روش IPM از مطلوبیت زیادی برخوردار است (فصل هفدهم را ببینید). کاربردهای این دو مفهوم مقاومت باید به روشنی شناخته شده و نباید اشتباه گرفته شود.

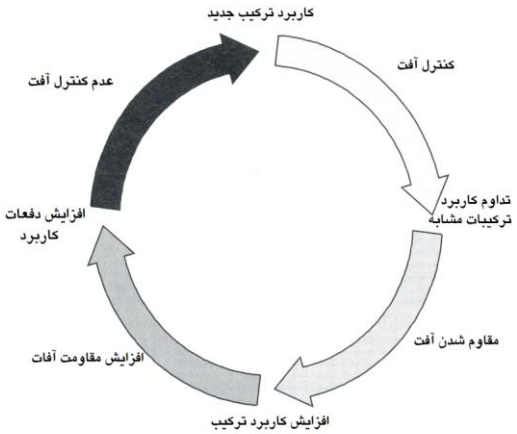
در IPM در بین سه R، مقاومت اهمیت بیشتری دارد. اگر یک روش مدیریتی به طور انحصاری و به دفعات زیاد استفاده شود بروز مقاومت اجتناب‌ناپذیر خواهد بود. در واقع جمعیت آفت تحمل خود را نسبت به آن روش توسعه داده و کنترل آفت مستلزم استفاده از یک روش جایگزین است. این پدیده به ویژه در مورد آفت‌کش‌ها به اثبات رسیده است. وقتی مقاومت به یک آفت‌کش شناسایی شود، آفت‌کش جدید به‌کاربرده می‌شود تا موقعی که آفت‌کش جدید نیز مؤثر واقع نشود. این وضعیت چرخه‌ی کاربرد آفت‌کش نامیده می‌شود (شکل ۱۲-۱). وقتی یک آفت‌کش ویژه به دفعات به‌کاربرده شود، بروز مقاومت مطرح نیست بلکه اندازه بروز مقاومت مطرح است. به‌جز در مواردی که کاربردهای مکرر آفت‌کش صورت می‌گیرد، انتخاب طبیعی تعیین‌کننده‌ی بروز مقاومت است.

مسئله مقاومت به آفت‌کش در آفات از دهه ۱۹۶۰ مورد توجه خاصی قرار گرفته است. گرچه اصل اکولوژیکی انتخاب طبیعی برای همه روش‌های مدیریت به‌کار می‌رود. تعدادی از اولین موارد آفات بروز دهنده مقاومت، علف‌های هرز بودند که به عملیات کشاورزی سازگاری داشتند. مقاومت آفت به آفت‌کش‌ها و سایر روش‌های کنترل یک مشکل عمده برای مدیریت آفت و به‌طور غیر مستقیم برای جامعه است. هنگامی‌که تأثیر آفت‌کش به سبب بروز مقاومت در یک آفت از بین می‌رود، باید جستجوی مداومی برای آفت‌کش‌های جدید یا روش‌های کنترلی جایگزین وجود داشته باشد. مقاومت آفت به آفت‌کش‌ها ممکن است در نهایت موارد زیر را نتیجه دهد:

۱ - افزایش خسارت آفت به سبب کنترل نامناسب منجر به کاهش دسترسی به غذا و فیبر و در نتیجه افزایش تلفات گیاه زراعی می‌شود.

۲ - افزایش هزینه‌های تولید برای مدیر اکوسیستم زراعی در صورت استفاده از آفت‌کش منجر به کاهش درآمد خالص می‌شود.

۳ - اگر مقاومت شناسایی نشود و استفاده‌کنندگان آفت کش مقادیر کاربرد را برای دستیابی به کنترل آفت افزایش دهند آلودگی زیست‌محیطی ایجاد می‌شود.



شکل ۱۲- ۱: تصویری از چرخه‌ی کاربرد آفت‌کش. منبع: با تغییراتی از Thompson، ۱۹۹۷.

۴ - اگر هزینه های ذکر شده در مورد شماره ۲ زیادتر شود و یا اگر قیمت کالاها به سبب کنترل ناکافی افزایش یابد هزینه‌های کالا برای مصرف‌کننده زیاد می‌شود.

۵ - اگر مقاومت آفت توسعه یابد، یک روش مؤثر مدیریت آفت (آفت‌کش) از بین رفته است.

۶ - کاهش فروش یک آفت‌کش غیر مؤثر با پیامد کاهش درآمدها برای کارخانه همراه است.

۷ - صرف مداوم زمان و تلاش در جهت ایجاد روش‌های کنترلی جایگزین.

اهمیت مقاومت به آفت‌کش‌ها در آفات چندان مورد تأکید قرار نگرفته است. کشاورزان و کارورزان کنترل آفت در خصوص مقاومت به آفت‌کش دچار اشتباه می‌شوند زیرا شروع مقاومت ممکن است ناگهانی و غیرمنتظره باشد به ویژه هنگامی که آفت‌کش در گذشته تأثیر خوبی داشته و کشاورز به اشتباه تصور می‌کند کاربرد آفت‌کش نادرست بوده است.

توسعه و دامنه تاریخی

اگرچه پدیده مقاومت به یک حشره‌کش قبل از ۱۸۹۷ مشاهده شده است، اولین گزارش مستند از مقاومت به ای.ال.میلاندر[1] نسبت داده می‌شود. او در سال ۱۹۱۴ مشاهده کرد شپشک سپردار سن ژوزه[2] در زیر لایه‌ای از سولفور آهک زنده می‌ماند. ذکر این نکته مهم است که اولین مورد مقاومت، مقاومت به یک آفت کش معدنی بوده که نشان می‌دهد این پدیده صرف نظر از نوع آفت کش رخ می‌دهد.

[1] A.L.Melander
[2] San Jose scale

حشره‌کش‌های آلی مصنوعی جدید و مؤثر مانند هیدروکربن‌های کلره (برای نمونه د.د.ت) در دهه ۱۹۴۰ معرفی شدند و به دنبال معرفی آن‌ها مقاومت توسعه یافت. پس از آن زمان، هر گروه جدیدی از حشره‌کش‌ها توسعه یافته مقاومت را در پی داشته‌اند. تخمین زده می‌شود که اکنون بیش از ۴۰۰ گونه حشره مقاوم به حداقل یک حشره‌کش وجود دارد (شکل ۱۲-۲) و بسیاری از حشره‌کش‌ها به سبب عدم کنترل مطلوب طولانی از بازار خارج شده‌اند.

اولین بار مقاومت به یک قارچ‌کش در سال ۱۹۴۰ ظاهر شد وقتی که Penicillium مقاوم به بی-فنیل[1] گزارش شد. با معرفی قارچ کش های سیستمیک خیلی فعال در دهه ۱۹۷۰، موارد مقاومت به سرعت افزایش یافت (شکل ۱۲-۲). امروزه بعضی از قارچ‌کش‌های مقاوم کنار گذاشته شده‌اند.

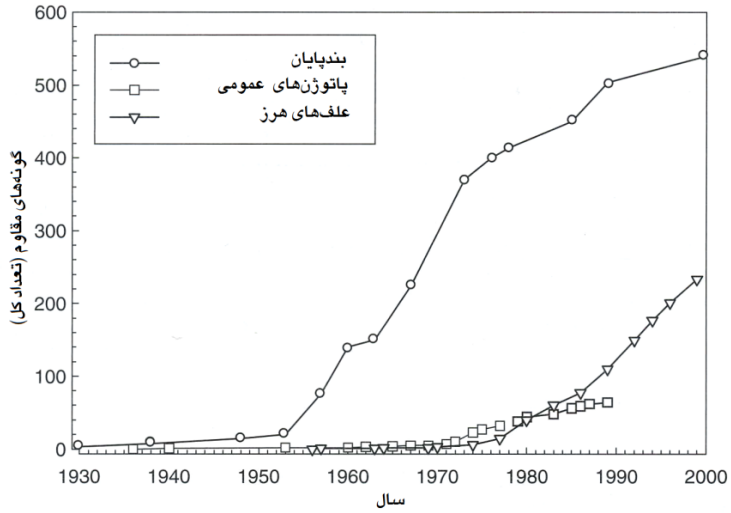
مقاومت به علف کش ها دیرتر ظاهر شد، و تا سال ۱۹۶۸ که مقاومت به تریازین در پیرگیاه معمولی[2] به طور مستند نشان داده شد، مقاومت به علف‌کش‌ها بروز نکرده بود. طی دهه ۱۹۷۰ تکوین مقاومت به علف‌کش‌ها آهسته و کند بود ولی از اوایل دهه ۱۹۸۰ تکوین سریع مقاومت وجود داشته است. اکنون بیش از ۲۰۰ گونه علف‌هرز مقاوم به یک علف‌کش یا بیشتر وجود دارد (شکل ۱۲-۲) و برخی از این علف‌کش‌ها به دلیل فقدان اثر بخشی کاربرد طولانی نداشته یا کاربرد آن‌ها بسیار محدود شده است.

مقاومت نماتدها به نماتدکش‌ها در شرایط صحرایی (مزرعه) نشان داده نشده است. مقاومت به آفت‌کش در جمعیت‌های مهره‌داران پایین است، به طوری‌که تنها مثال قابل توجه مقاومت به فاروارین در جوندگان است.

مسئله مقاومت به قدری شدید شده است که صنعت شیمی با همکاری جامعه علمی، در تلاش برای مورد توجه قراردادن این مشکل، کمیته‌های عملیاتی ایجاد کرده است. در ابتداء کمیته های ویژه نوع حشره و "خانواده" حشره‌کش تشکیل شد. در سال ۱۹۸۱، کمیته عملیاتی مقاومت قارچ‌کش[3] تشکیل شد. به دنبال آن در سال ۱۹۸۴، کمیسیون عملیاتی مقاومت حشره‌کش[4] تشکیل شد. در سال ۱۹۸۹ کمیته‌هایی عملیاتی مقاومت علف‌کش[5] تشکیل شد. همه این کمیته‌های عملیاتی مطالعات و بررسی‌های مقاومت در آفات مربوطه را منتشر ساختند و دستورالعمل‌هایی اجرایی بوجود آوردند. هدف غایی آن‌ها کند و آهسته کردن یا توقف توسعه مقاومت به آفت‌کش‌های موجود یا جدید است. همه کمیته‌های عملیاتی وب‌سایت‌هایی ایجاد کرده‌اند تا اطلاعات روز را ارائه دهند.

---

[1] Biphenyl
[2] Common groundsel
[3] Fungicide resistance
[4] Insecticide Resistance Action Committee (IRAC)
[5] Herbicide Resistance Action Committee (HRAC)



شکل ۱۲- ۲: توسعه مقاومت آفات برابر حشره‌کش‌ها، قارچ‌کش‌ها و علف‌کش‌ها در طول زمان. داده‌های مربوط به پاتوژن‌ها در حد جنس؛ بعد از سال ۱۹۹۰ داده‌ای ثبت نشده است. منبع: داده‌ها برای حشرات و پاتوژن‌ها از Georghiou و Lagunes Tejeda (۱۹۹۱) و Whalen (۲۰۰۱) و داده‌های برای علف‌های هرز از HRAC (۲۰۰۰).

اصطلاح شناسی[1] مقاومت

چندین اصطلاح در رابطه با مقاومت به آفت‌کش استفاده می‌شوند ولی به‌طور یکنواخت پذیرفته نشده‌اند.

مقاوم. ما یک تعریف عمومی پذیرفته شده از مقاومت ارائه کرده‌ایم. حشره‌شناسان واژه Insensitivity (بدون حساسیت) را به عنوان یک هم معنی[2] برای مقاوم[3] به‌کار برده‌اند. واژه تحمل[4] در علم علف‌های هرز در معانی مختلفی به‌کار رفته است. برای نمونه نشان‌دهنده این است که یک گونه علف‌هرز نمی‌تواند به‌وسیله دزی از علف‌کش کنترل شود که آن دز بیشتر گونه‌های هدف را می‌کشد. با وجود این، بیماری‌شناسی گیاهی اصطلاح تحمل را معادل با مقاوم بکار برده است. همان‌گونه که در ابتدا ذکر شد، اصطلاح مقاومت به وسیله اصلاح‌کنندگان نباتات برای نشان دادن یک واریته محصول که می‌تواند در برابر یک آفت پایداری کند، استفاده می‌شود.

[1] Terminology
[2] Synonym
[3] Resistant
[4] Tolerant

مقاومت تقاطعی[1] واژه مقاومت تقاطعی به‌طور گسترده استفاده می‌شود ولی دارای تفسیرهای گسترده‌ای است. یک تعریف ساده آن عبارتست از مقاومت یک آفت به دو آفت‌کش یا بیشتر به سبب سازوکار فیزیولوژیکی یکسان مقاومت. اغلب مقاومت به یک عضو از یک خانواده شیمیایی، مقاومت به سایر اعضای آن خانواده که دارای نحوه عمل یکسانی بوده را نتیجه می‌دهد. برای نمونه، مگس‌های خانگی مقاوم به د.د.ت (یک حشره‌کش آلی کلره) به سایر حشره‌کش‌های آلی کلره مانند BHC، کلردان یا هپتاکلر مقاوم هستند. مقاومت تقاطعی می‌تواند به‌وسیله یک یا چند ژن ایجاد شود.

مقاومت چند گانه[2] واژه مقاومت چندگانه بدین معنی است که آفت دارای دو یا تعداد بیشتری از سازوکارهای مختلف مقاومت است. مقاومت چندگانه به وسیله بیش از یک ژن (یک مشخصه ژنی) کنترل می‌شود که ایجاد کننده مقاومت در برابر نحوه اثرهای مختلف یا خانواده‌های مختلفی از آفت‌کش‌ها است. مفاهیم مقاومت تقاطعی و مقاومت چندگانه خطرناک هستند زیرا در این موارد مقاومت به یک آفت‌کش منجر به مقاومت به آفت‌کش‌های دیگری می‌شود که آفت هیچگاه در معرض آن ها قرار نداشته است. بدین معنی که مقاومت به ترکیبات شیمیایی جدید می‌تواند حتی پیش از آنکه آن ها برای استفاده در مزرعه آزاد شده باشند، وجود داشته باشد. مثال‌های متعددی از هر دوی، مقاومت تقاطعی و مقاومت چندگانه برای همه انواع آفت‌کش‌ها وجود دارد. در جدول ۱۲-۱ مثال‌هایی از هر دو نوع برای هر یک از گروه‌های اصلی آفت وجود دارد.

بروز مقاومت

بروز مقاومت می‌تواند به دنبال تغییرپذیری ژنتیکی، همراه با فرآیند انتخاب طبیعی در هر جمعیتی از جانداران زنده رخ دهد. وقتی یک استرس برای یک جمعیت به کاربرده می‌شود، افرادی از آن‌ها با ساختار ژنتیکی (ژنوتیپ) خاص با وجود استرس قادر به بقا و تولیدمثل بوده و تعدادشان افزایش خواهد یافت، در صورتی که تعدادی قادر به تحمل استرس نیستند و فراوانی آن‌ها رو به کاهش خواهد گذاشت. اگر ژنوتیپی که نتوانسته استرس را تحمل کند دارای بیشترین فراوانی باشد در ابتدا کل جمعیت کاهش خواهد یافت ولی هنگامی‌که فراوانی ژنوتیپ مقاوم به استرس افزایش یابد، سرانجام تعداد جمعیت به وضعیت پیش از استرس برخواهد گشت.

به افرادی که در یک جمعیت نتوانند یک آفت‌کش را تحمل کنند، حساس به آن آفت‌کش گفته می‌شود. آن‌ها از لحاظ ژنتیکی، بخاطر نحوه اثر ویژه‌شان حامل آلل (آلل‌های) S[3] یا حساس نامیده

[1] Cross-Resistance
[2] Multiple Resistance
[3] s- allele

می‌شوند. به افرادی که می‌توانند آفت‌کش را تحمل کنند مقاوم یا حامل آلل (آلل‌های) r [1] یا مقاوم گفته می‌شود. افرادی با آلل‌های r یا s در همه جمعیت‌ها وجود دارند. در نبود آفت‌کش، به طور طبیعی آلل های s در جمعیت نسبت به آلل ها ی r با فراوانی بیشتری یافت می‌شوند زیرا نتایج سوء شایستگی[2] به آلل های r مربوط است. بنابراین، در نبود فشار انتخابی، افرادی که حامل آلل r هستند هنگامی‌که با افراد دارای آلل s رقابت می‌کنند، در وضع نامساوی قرار می‌گیرند. فراوانی های طبیعی آلل‌های r کمتر از ۱ به ۱۰۰۰ بوده و اغلب پایین‌تر از ۱ به ۱۰۰۰۰۰۰ هستند. برای نمونه، تصور می‌شود آلل‌های r قارچی پایین‌تر از ۱ به ۱۰۰۰۰۰۰۰۰ باشد.

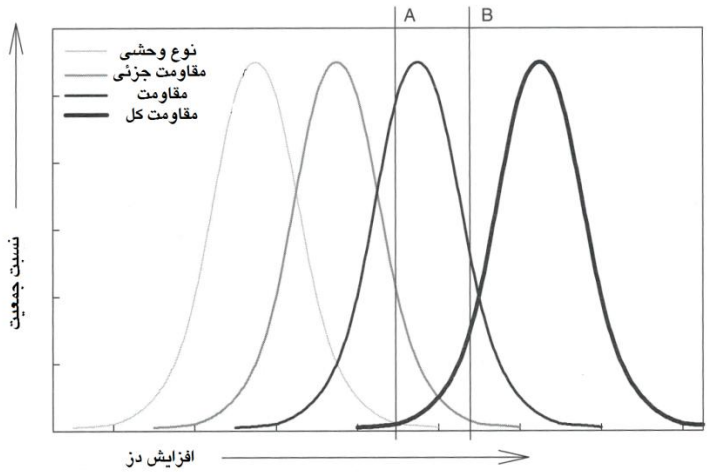
جدول ۱۲-۱ برخی آفات معمول و آفت‌کش‌های که حداقل برخی جمعیت‌ها به آن‌ها مقاوم شده‌اند

نوع آفت	آفت	آفت‌کشی که آفت بدان مقاوم شده
پاتوژن	*Botrytis cinerea*	بنزیمیدازول، دی‌کربوکسیمید، انیلوپیرمیدین
پاتوژن	*Late blight*	فنیل‌آمید
پاتوژن	*Erisyphe* سفیدک پودری	بازدارنده‌های بیوسنتز استرول، قارچ‌کش‌های STAR
علف‌هرز	چچم و آلوپکروس	تمام بازدارنده‌های ACCآز، بازدارنده‌های ALS، دی‌نیتروآنیلین، گلایفسفات، آمیترول و غیره
علف‌هرز	دم روباهی سبز	تمام بازدارنده‌های ACCآز، دی‌نیتروآنیلین
علف‌هرز	سلمه تره	بازدارنده‌های ALS، تراپزین، نوعی اکسین
حشره	سوسک کلرادوی سیب‌زمینی	ارگانوفسفات‌ها، کاربامات‌ها، پایریتروئیدها و غیره
حشره	شب پره‌ی پشت الماسی	ارگانوفسفات‌ها، کاربامات‌ها، پایریتروئیدها، Bt و غیره
حشره	سفیدبالک گلخانه	ارگانوفسفات‌ها، کاربامات‌ها، پایریتروئیدها
عنکبوت	کنه تارتن دولک‌های	ارگانوفسفات‌ها، کاربامات‌ها، پایریتروئیدها و غیره

کاربرد یک آفت‌کش باعث فشار انتخابی روی جمعیت آفت هدف می‌شود که فراوانی آلل‌های r را افزایش می‌دهد. تغییراتی در فراوانی این دو نوع آلل صورت می‌گیرد چراکه افراد دارای آلل r

[1] r- allele
[2] Fittness penalties

می‌توانند تولیدمثل کنند، در حالی که افراد دارای آلل s کشته شده یا باروری آن‌ها کاهش می‌یابد. بخش کوچکی از جمعیت نوع وحشی دارای آلل‌های r بوده و می‌توانند در این فشار انتخابی بقا داشته باشند (شکل ۱۲-۳). اگر این فشار انتخابی روی چندین نسل بکار گرفته شود، جمعیت هر نسل متوالی دارای نسبت بیشتری از آلل r بوده و افراد آن‌ها از بقا و تولیدمثل بیشتری برخوردار هستند. در مثال فرضی شکل ۱۲-۳ بعد از سه نسل دز آفت کش A تأثیر طولانی ندارد. واکنش مشهودی به استفاده از دز بالاتر B یا به افزایش فراوانی کاربرد ها صورت گرفته است. نسبت بالاتر یا فراوانی بیشتر کاربردها منجر به افزایش فشار انتخابی می‌شود و بنابراین فراوانی افرادی از جمعیت که حامل آلل r هستند را افزایش می‌دهد در نتیجه، LD_{50} برای جمعیت افزایش یافته است. در شکل ۱۱-۲۴، خط A نشان‌دهنده یک جمعیت حساس و خط B نشان‌دهنده یک جمعیت با مقاومت بالا است. در برخی موارد، هزینه کنترل بازدارنده بوده یا نگرانی های سم‌شناسی و زیست محیطی که به علت نسبت‌های بالاتر و فراوانی بیشتر کاربردهای آفت‌کش به‌وجود می‌آید منجر به توقف مصرف آفت‌کش می‌شود.



شکل ۱۲- ۳: اثر نظری کاربرد مکرر آفت‌کش روی جمعیتی از آفت که به آفت‌کش مقاومت نشان می‌دهد؛ در سمت چپ جمعیت حساس وحشی و در سمت راست جمعیت‌های در حال افزایش مقاومت. خط A دز آفت‌کش مورد استفاده برای کنترل جمعیت حساس را نشان می‌دهد؛ خط B افزایش دز آفت‌کش مورد نیاز برای کشتن آفات مقاوم را نشان می‌دهد که روی آفات مقاوم اثرگذار نیست.

یک مثال نظری از زمان مورد نیاز برای بروز مقاومت در یک جمعیت ممکن است تابع وضعیت ارائه شده در جدول ۱۲-۲ باشد. باید متذکر شد که در این جدول به جای استفاده از سال‌ها از نسل های آفت استفاده شده است. برای جاندارانی نظیر کنه‌های تارتن یا عوامل بیماری‌زایی که دارای چندین

نسل در هر فصل هستند، مقاومت در انتهای یک فصل بروز خواهد کرد و بعد از گذشت دو فصل تشدید خواهد شد. برای یک حشره یا یک عامل بیماری‌زای گیاهی دارای یک نسل در هر سال و جمعیت کمی که قادر به ادامه بقا بیش از یک سال هستند، مقاومت طی پنج سال بروز خواهد کرد. بعد از ۵ سال برای موجوداتی که مراحل غیرفعال و بیش از یک سال تحمل دارند مقاومت بروز نمی‌کند مانند علف‌های هرز با بانک بذر چراکه بذور در حال کمون در معرض فشار انتخابی نیستند.

جدول ۱۲-۲ ظهور نظری مقاومت در جمعیت آفت، بر پایه‌ی سطح کنترل ۹۹٪

چرخه	ظهور جمعیت حساس	درصد مقاومت (٪)
۱	حساسیت، کنترل کافی	۰/۰۰۲
۲	تداوم حساسیت، کنترل کافی	۰/۰۲
۳	کنترل قابل قبول، اما تعداد کمی نجات می‌یابند	۰/۲
۴	ممکن است کنترل هنوز کافی باشد اما نجات یافته‌ها قابل توجه هستند	۲
۵	آفت‌کش کنترل کافی را ایجاد نمی‌کند	۲۰

شایستگی[1]

شایستگی اکولوژیکی بیوتیپ‌های[2] مقاوم در مقایسه با بیوتیپ‌های حساس تعیین‌کننده نسبت‌های اولیه آن‌ها در جمعیت قبل از قرارگیری در معرض یک آفت‌کش و نرخی است که بعد از برداشته شدن فشار انتخابی دوباره به تعادل اولیه خواهد رسید. فشارهای انتخابی شایستگی نسبی ژنوتیپ‌های مختلف را تغییر می‌دهد.

شایستگی، هم چنان که در مفهوم اکولوژیکی تعریف شد، به طور ضروری به معنای«توانایی یا قدرت» نیست. در بسیاری از موارد آلل r در نتایج سوء شایستگی دخیل بوده که وقتی فشار انتخابی وجود ندارد بیوتیپ r را در سطح پایینی از جمعیت نگه می‌دارد. برای نمونه بیوتیپ های پیرگیاه معمولی[3] که مقاوم به آترازین هستند دارای نرخ‌های فتوسنتزی خیلی کمتری نسبت به گیاهان با آلل r هستند و بدین معنی است که گیاهان با آلل r به‌خوبی گیاهان با آلل s رشد نمی‌کنند. شته سبز هلو یکی از بهترین مثال های نتایج سوء شایستگی را در یک حشره مقاوم ارائه می‌دهد. نژادهای[4] شته دارای بیشترین مقاومت به حشره‌کش‌های آلی فسفره، کاربامات‌ها و پایرتروئیدها، شاید به‌دلیل نسبت بزرگی از پروتئین‌های بدن که به غیرسمی کردن حشره‌کش‌ها

[1] Fittness
[2] Biotypes
[3] Common groundsel
[4] Strains

منجر می‌شود، در نبود این حشره‌کش‌ها در حدود نیمی از شایستگی بیوتیپ‌ها حساس را دارند. در استرین‌های خیلی مقاوم، آنزیم‌های استراز غیرسمی‌کننده ۳ درصد کل پروتئین بدن هستند.

اگر آلل r یک نتیجه سوء شایستگی را حمل کند، هنگامی‌که فشار انتخابی حذف می‌شود فراوانی بیوتیپ r به تدریج کاهش می‌یابد. اگر بین بیوتیپ های با آلل های r یا s نتیجه سوء شایستگی وجود نداشته باشد به‌طوری‌که هر دوی این بیوتیپ‌ها از شایستگی یکسانی برخوردار باشند، آنگاه فراوانی آلل های r در نبود فشار انتخابی کاهش نخواهد یافت مگر این‌که مهاجرت به داخل[1] گسترده‌ای رخ دهد. آگاهی از اینکه آیا آفات با آلل r دارای شایستگی برابر یا کمتری نسبت به آفات با آلل s هستند می‌تواند راهکارها را برای برنامه مدیریت مقاومت اصلاح کند.

شدت مقاومت

شدت مقاومت ممکن است در بین بیوتیپ‌های مختلف یک گونه متفاوت باشد. شدت مقاومت بر حسب اینکه جمعیت مقاوم به آفت‌کش در مقایسه با جمعیت تیپ وحشی چه مقدار تحمل بیشتری دارد اندازه‌گیری می‌شود. در شکل ۱۱-۲۴، جمعیت C در حدود ۱۰۰ برابر نسبت به جمعیت A مقاوم‌تر است. و LD_{50} تا دو درجه بزرگی افزایش یافته است. وقتی LD_{50}، ۱۰ برابر افزایش نشان داده آنگاه مقاومت در طولانی مدت قابل مدیریت نبوده است. موارد زیادی وجود دارد که افزایش‌های بیشتر از ۱۰۰ برابری ثبت شده است.

نرخ بروز مقاومت

در یک جمعیت، نرخ بروز مقاومت به وسیله چندین عامل دارای برهم‌کنش تعیین می‌شود که بر مبنای سطح قرارگیری در معرض فشار انتخابی استوار هستند. موارد زیر تعدادی از مهم‌ترین این عوامل هستند:

۱- فراوانی آلل (آلل‌های) r در جمعیت تیپ وحشی و زیست‌شناسی جمعیت جاندار که تحت تأثیر موارد زیر قرار می‌گیرد:

۱-۱- تعداد نسل‌ها در هر سال روی سرعت تغییرپذیری ژنوتیپ جمعیت مؤثر است؛ تعداد بالاتری از نسل‌ها منجر به ظهور سریع‌تر مقاومت می‌شود.

۱-۲- سوء شایستگی مرتبط با آلل r ممکن است آلل (آلل‌های) r در فراوانی به نسبت پایینی نگه دارد. فقدان سوء شایستگی می‌تواند منجر به ظهور سریع‌تر مقاومت شود.

[1] Immigration

۱-۳- تعداد آلل‌های r مربوطه که می‌توانند نرخ ظهور مقاومت را اصلاح کنند. مقاومتی که به وسیله یک ژن کنترل می‌شود، نسبت به مقاومتی که به‌وسیله چندین ژن کنترل می‌شود با سرعت بیشتری بروز می‌یابد.

۱-۴- توانایی ژن‌ها برای تبادل آسان در بین اعضاء جمعیت (جریان ژنی) نرخ پراکنش آلل های r و s را در میان جمعیت اصلاح می کند. جریان ژنی بالاتر در بین جمعیت های تیمار شده و تیمار نشده تمایل به کندی ظهور مقاومت در جمعیت دارد.

۲- به نظر می‌رسد تجدیدنظرهای کلی در مورد چگونگی تاثیر شیمی آفت‌کش و نحوه اثر آن بر بروز مقاومت در بین خانواده های مختلفی از آفت‌کش ها امکان‌پذیر نباشد. سرعت ظهور مقاومت برای خانواده آفت کش مربوطه اختصاصی است و داخل یک خانواده، ترکیبات شیمیایی نزدیک اغلب گرایش مشابهی به انتخاب برای مقاومت نشان می‌دهند. بنظر می‌رسد برخی از نحوه اثرها انگیزه های خیلی بیشتری برای انتخاب مقاومت ایجاد کنند. به نظر می‌رسد در گیاهان مسیر سنتز استل استات[1] به‌ویژه مستعد برای بروز مقاومت به علف کش هایی باشد که درآن مسیر آنزیم‌ها را بلوکه می‌کنند. تعدادی از خانواده‌های حشره‌کش‌ها باز دارنده‌های کولین استراز[2] هستند؛ مقاومت به این حشره‌کش‌ها به طور معمول مربوط به تلفیقی از کاهش نرخ های بازدارندگی و غیر سمی شدن نهایی حشره کش است. بسیاری از موارد مقاومت تقاطعی در بین حشره‌کش‌های آلی فسفره و کاربامات نتیجه انتخاب (به گزینی) بیوتیپ‌هایی است که از اثر بازدارندگی کولین استراز حشره‌کش جلوگیری می‌کنند. مقاومت به بسیاری از قارچ کش های سیستمیک بعد از معرفی‌شان (طی چند سال) خیلی سریع بروز کرد، اگر چه هنوز هم مقاومت کمی یا عدم مقاومت به گوگرد یا قارچ‌کش‌های مسی وجود دارد.

۳- فعالیت طولانی مدت باقی‌مانده آفت‌کش و پایداری محیطی آن ممکن است منجر به ظهور سریعتر مقاومت شود. وقتی آفت‌کش برای دوره های طولانی مدت فعال باقی می‌ماند، فشار انتخابی به دلیل به‌کار گرفتن آن‌ها در یک دوره زمانی طولانی افزایش می‌یابد.

۴- هر چه دز بالاتری از آفت‌کش به‌کار گرفته شود، فشار انتخابی بیشتر است.

۵- استفاده زیاد از یک نوع آفت کش روی برخی محصولات یا کاربردهای مکرر در طول یک فصل روی یک نوع محصول منجر به ظهور سریع‌تر مقاومت می‌شود.

۶- اگر تمام جمعیت آفت تیمار شود مقاومت با بیشترین سرعت بروز خواهد کرد. برای بندبایان، عوامل بیماری‌زا و مهره‌داران وجود مناطق کشت نشده یا تیمار نشده‌های که پناهگاه آفات با آلل s هستند می‌تواند بروز مقاومت را آهسته کرده و می‌تواند جابجایی آفت به داخل منطقه تیمار

[1] Acetolacetate
[2] Cholinesterase inhibitors

شده را فراهم کند. در علف‌های هرز، بانک بذر در حال کمون در معرض علف‌کش قرار ندارد و بنابراین برای حفظ آلل‌های s در جمعیت عمل می‌کند.

۷- وقتی در یک جمعیت افراد با آلل های r برای یک آفت‌کش می‌توانند به داخل مناطق تیمار نشده جابجا شوند، می‌توانند موجب کاهش کارایی آن آفت‌کش شوند، حتی اگر آفت‌کش در گذشته در آن منطقه مورد استفاده قرار نگرفته باشد. حشرات متحرک و مهره داران می‌توانند ژن‌های مقاوم را به مناطق جدید انتقال دهند. در مورد علف‌های هرز، آلل های r می‌تواند در گرده گیاهان گرده‌افشانی شونده به‌وسیله باد منتقل شوند مانند جاروی زینتی[1] و گونه های تاج خروس، یا کل گیاه می‌تواند بذر های دارای آلل r را پراکنده و انتشار دهد مانند خاربن روسی[2]. در مورد عوامل بیماری‌زای گیاهی، اسپورهای بسیاری از گونه‌ها بادزاد هستند و ژن‌های مقاوم می‌توانند از یک منطقه به منطقه دیگر منتقل شوند.

درجدول ۱۲-۳ اهمیت برخی از عوامل ذکر شده در اینجا به طور خلاصه ارائه شده است. محصولات تراریخته‌ای[3] که برای مقاومت به آفات مهندسی شده‌اند ملاحظات ویژه‌ی انتخاب آفت را برای چرخش مقاومت افزایش می‌دهند. گردشی در نحوه عمل وجود ندارد و مادامی که محصول وجود دارد فشار انتخابی تداوم می‌یابد. مثال های رایج شامل انتقال ژن هایی که تولید اندوتوکسین Bt به داخل پنبه و ذرت را رمزگذاری کرده و انتقال ژن های پوشش پروتئینی ویروس های مختلف به داخل کدوئیان است. روش‌های خیلی دقیق برای مقاومت که باعث حفاظت توسط این ژن‌ها می‌شوند باعث کوتاه شدن زندگی آن‌ها می‌شود. به کارگیری محصولات حاوی ژن‌های ایجادکننده اندوتوکسین‌های Bt دارای قابلیت مصالحه شدید یا حتی حذف استفاده از Bt قابل پاشش هستند.

در به‌کارگیری محصولات تراریخته‌ای از طریق مهندسی ژنتیک در برابر آفات مقاوم باید احتیاط زیادی بعمل آید زیرا دلیل اکولوژیکی برای این فرضیه وجود ندارد که فناوری، راه‌حل پایدارتری را در مدیریت آفت نسبت به آنچه که به‌وسیله استفاده از آفت‌کش‌ها بدست می‌آید، فراهم خواهد کرد. در محصولات تراریخته خطرات اکولوژیکی مقاومت آفت به طور بالقوه برابر یا بیشتر از استفاده از آفت‌کش‌ها است. اثرات آفت‌کش‌های بدست آمده از طریق مهندسی ژنتیک محصولات تراریخته چنانچه ژن‌ها به داخل جمعیت‌های وحشی راه یابند و چنانچه به واریته‌های غیر تراریخته دسترسی طولانی وجود نداشته باشد ممکن است برگشت ناپذیر باشد.

---

[1] Kochia
[2] Russian thistle (Tumbleweeds)
[3] Transgenic crops

جدول ۱۲-۳ خلاصه‌ای از خطر مقاومت آفت‌کش در رابطه با روش‌های مدیریت آفات مختلف

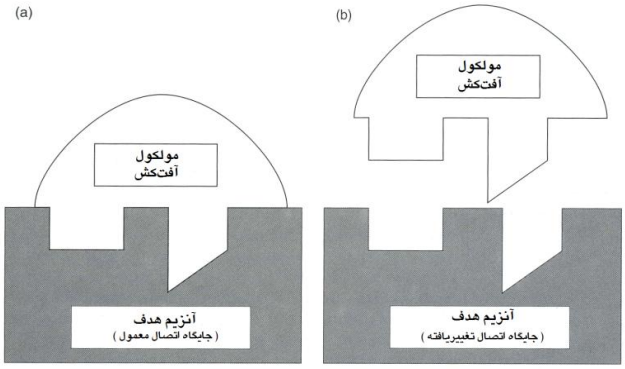
	خطر مقاومت		
گزینه‌ی مدیریت	**پایین**	**متوسط**	**بالا**
ترکیب آفت‌کش یا تناوب در سیستم زراعت	بیش از دو روش	دو روش	یک روش
استفاده از روش یکسان در هر فصل	یکبار	بیش از یکبار	تعداد دفعات زیاد
سیستم زراعت	تناوب چند محصولی	تناوب محدود	بدون تناوب
سطح آلودگی آفت	پایین	متوسط	بالا
کنترل آفت در سه چرخه‌ی آخر	خوب	در حال کاهش	ضعیف
سیستم مدیریت تلفیقی آفت	همه‌ی روش‌ها (بیولوژیکی، زراعی، فیزیکی، رفتاری، شیمیایی)	آفت کش و تا حدی سایر روش‌ها	فقط آفت‌کش

سازوکارهای مقاومت

مقاومت آفت به آفت‌کش می‌تواند ناشی از یک یا چندین تغییر فیزیولوژیکی در آفت باشد. موارد زیر شامل تعدادی از تغییرات عمده است که ممکن است رخ دهد:

۱ - دریافت یا جابجایی آفت کش در (بدن) آفت. تغییرات در دریافت یا جابجایی آفت کش بدین معنی است که آفت‌کش در (آفت) هدفش در غلظت‌هایی که برای فعالیت مناسب بوده، به مدت طولانی به محل عمل نمی‌رسد.

۲ - آنزیم هدف یا جایگاه عمل. تغییرات در جایگاه پیوند روی یک آنزیم یا پروتئین دیگر می‌تواند آفت‌کش را از انجام اثر بازدارندگی طبیعی آن متوقف کند (شکل ۱۲-۴). برای نمونه، علف‌کش آترازین که در گیاهان حساس به عنوان بازدارنده فتوسنتز عمل می‌کند، به محل فعالیت در مسیر فتوسنتزی پیرگیاه مقاوم پیوند (ترکیب) نمی‌شود. تغییر جایگاه عمل مهم‌ترین دلیل برای بروز مقاومت است.



شکل ۱۲- ۴: تصویری از تغییر جایگاه اتصال به منظور کاهش عمل یک آفت‌کش. (a) آفت‌کش به جایگاه فعال آنزیم متصل می‌شود و از اتصال سوبسترا جلوگیری می‌کند؛ (b) جایگاه اتصال تغییریافته و و آفت‌کش نمی‌تواند متصل شود و جایگاه برای سوبسترای معمول باز باقی می‌ماند.

۳ - افزایش متابولیسم آفت‌کش در آفت مقاوم. در این وضعیت آفت‌کش در آفت مقاوم سریع متابولیزه شده و به فرم غیرفعال در می‌آید.

۴ - تفکیک یا جداسازی آفت‌کش. آفت مقاوم در سلول‌هایش قادر به تفکیک آفت‌کش است به طوری‌که آفت‌کش نمی‌تواند به محل فعالیت برسد؛ برای نمونه از طریق تفکیک یا جداسازی در واکوئل‌ها. این سازوکار در رابطه با علف‌کش‌ها و قارچ‌کش‌ها رخ می‌دهد ولی برای حشره‌کش‌ها با اهمیت در نظر گرفته نمی‌شود.

۵ - مقاومت رفتاری. این مقاومت مربوط به آفات مقاومی است که می‌توانند به سبب رفتار خودشان از آفت‌کش اجتناب کنند و تنها مربوط به آفات متحرک دارای سیستم عصبی است. رفتار پشه‌های ساکن در محیط بیرون از منازل مقاومت آن‌ها را به د.د.ت موجب می‌شود زیرا به واسطه ننشستن روی دیوار منازل تیمار شده و سم‌پاشی شده از قرارگیری در معرض این آفت‌کش اجتناب می‌کنند. در عوض، پشه‌های ساکن در محیط داخل منازل به واسطه رفتارشان در نشستن روی دیوارهای منازل تیمار شده کشته می‌شوند. در واکنش به فشار انتخابی سم‌پاشی متداول دیوارهای داخلی با د.د.ت، جمعیت به سمت بیوتیپ ساکن در محیط بیرون منازل تغییر یافت. بیشتر مهره‌داران مانند موش‌های صحرایی و سنجاب‌های زمینی که از طریق طعمه مسموم تیمار شده با آفت‌کش بیمار ولی کشته نشده‌اند، این طعمه مسموم را دوباره مصرف نخواهند کرد؛ گفته می‌شود که آن‌ها «طعمه مسموم ترس[1]» هستند.

[1] Bait shy

اندازه گیری مقاومت

یک پرسش اساسی که در رابطه با مقاومت مطرح می‌شود عبارتست از پی بردن به (زمان) شروع مقاومت و چگونگی اندازه‌گیری پیشرفت آن در یک جمعیت. برای مدیریت مقاومت باید دامنه و گسترده‌ای که مقاومت وجود دارد تعیین شود. ارزیابی‌ها برای اندازه‌گیری مقاومت مختص نوع آفت بوده و می‌تواند شامل یکی از موارد زیر باشد:

۱- آزمایش‌های زیست‌سنجی[1]. منحنی‌های دز/پاسخ برای مقایسه جمعیت حساس با جمعیت مشکوک به مقاومت ایجاد می‌شوند. این منحنی‌ها اطلاعاتی درباره فراوانی و شدت مقاومت ارائه می‌دهند. آزمایش زیست‌سنجی به نوع آفت مورد ارزیابی بستگی خواهد داشت. زمان موردنیاز برای انجام آزمایش‌های زیست‌سنجی مشکل‌ساز است چراکه خط زمانی اطلاعات برای شروع اندازه-گیری‌های کاهش مقاومت مهم است.

۲- آزمایش‌های بیوشیمیایی و ایمونوشیمیایی[2]. این آزمایش‌ها وجود آنزیم‌های تغییر یافته در جمعیت مشکوک به مقاومت را شناسایی می‌کنند. چنین آزمایش‌هایی اغلب در سطح تحقیقاتی استفاده می‌شود ولی ممکن است در آینده در شرایط صحرایی (مزرعه) کاربرد عملی داشته باشد. به هر حال، انگیزه اقتصادی کمی برای توسعه این نوع آزمایش‌ها پیچیده‌تر، در سطح مزرعه وجود دارد.

۳- روش‌های ژنتیک مولکولی. تفاوت‌های DNA در بین جمعیت‌های مقاوم و حساس آفت می‌تواند با استفاده از روش‌های مولکولی شناسایی شود و اطلاعاتی درباره تفاوت‌های ژنتیکی بین جمعیت‌های یک گونه فراهم کند. در حال حاضر روش‌های ژنتیک مولکولی در سطح مزرعه استفاده نشده‌اند ولی به وسیله آزمایشگاه‌های تخصصی، محققین دانشگاهی و صنعت شیمی برای سنجش بهتر میزان مقاومت بکار گرفته شده است.

مدیریت مقاومت

مدیریت مقاومت مشتمل بر روش‌هایی است که فشارهای انتخابی یا نسبت جمعیتی که در معرض یک فشار انتخابی قرار می‌گیرند را کاهش می‌دهند. هدف نهایی در مدیریت مقاومت عبارتست از حفظ سودمندی روش‌های مدیریتی که مبتنی بر روش‌های زراعی، آفت‌کش‌ها یا ژن‌های مقاومت گیاه هستند (در مورد اخیر اطلاعات بیشتر در فصل هفدهم ارائه شده است). مدیریت مقاومت در گیا هان زراعی تراریخته Bt از اهمیت خاصی برخوردار بوده و باید بخشی از هر برنامه‌ای باشد که از چنین گیاهان زراعی استفاده می‌کند.

[1] Bioassays
[2] Biochemical and Immunochemical assays

حشره‌شناسان یک راهبرد با نام مدیریت تلفیقی مقاومت۱ (IRM) ارائه کرده‌اند. کمیته‌های عملیاتی صنعت آفت‌کش، مقاومت آفت‌کش را ارزیابی کرده و دستورالعمل‌هایی را برای مدیریت انواع آفت‌کش‌های مربوطه تهیه می‌کنند. روش‌های جلوگیری یا کاهش بروز مقاومت به طور معمول سعی دارند عواملی را که در بروز مقاومت شرکت دارند تغییر دهند. گام‌های زیر بخشی از یک برنامه مدیریت مقاومت هستند.

۱- پایش از واریته‌های مقاوم. اولین گام در مدیریت مقاومت تعیین فراوانی وقوع و قدرت مقاومت است. به منظور مدیریت مقاومت شناسایی اولیه ضروری است پیش از آنکه مقاومت سودمندی آفت‌کش را از بین ببرد. ممکن است مقاومت با کنترل ضعیف ناشی از عواملی نظیر، کاربرد آفت‌کش در مرحله رشدی نامناسبی از آفت، میزان کاربرد نادرست، کاربرد ناچیز که منجر به پوشش ناکافی آفت‌کش (در سطح مورد سمپاشی) می‌شود، و یا حتی استفاده از مواد شیمیایی معیوب یا غیر طبیعی، اشتباه گرفته شود. ارزیابی جمعیت مقاوم فرضی اگر ظهور مقاومت وجود داشته باشد، باید انجام شود. با فرض اینکه وجود مقاومت ثابت شود، می‌بایست بعضی از اقدامات بعدی صورت گیرد.

۲- اصلاح مصرف آفت‌کش

۲-۱- جایگزینی یا تناوب استفاده از آفت‌کش‌هایی که نحوه اثرهای متفاوتی دارند.

نباید به کاربرد یک نوع آفت‌کش یا آفت‌کش‌های دیگر با نحوه عمل یکسان ادامه داد. در اینجا یک مشکل وجود دارد، چراکه بیشتر مصرف‌کنندگان از نحوه اثر آفت‌کش‌ها آگاهی ندارند. کدگذاری ظروف آفت‌کش برای نشان دادن نحوه عمل به صورت راه‌حلی برای این مشکل پیشنهاد شده است. فقدان آفت‌کش‌های مؤثر با نحوه‌اثرهای متفاوت ممکن است گزینش آفت‌کش‌های جایگزین را محدود کند.

۲-۲- ضروری است که مسئله مقاومت تقاطعی و یا چندگانه بررسی شود. اگر آفت به بیش از یک نحوه اثر مقاوم باشد ممکن است جایگزینی یک آفت‌کش متفاوت با کاهش فشار انتخابی همراه نباشد.

۲-۳- باید مخلوطی از مواد مؤثر خانواده‌های مواد شیمیایی (آفت‌کش‌های) مختلف با نحوه اثرهای متفاوت مورد استفاده قرار گیرد. این روش به‌طور گسترده برای مدیریت عامل بیماری زا و علف هرز توصیه می‌شود ولی به طور معمول برای بندپایان به‌کار گرفته نمی‌شود.

۲-۴- استفاده از میزان کاهش‌یافته‌ای از یک آفت‌کش، یک توصیه استاندارد برای به تعویق انداختن بروز مقاومت است چون فشار انتخابی روی جمعیت هدف را کاهش می‌دهد.

---

[1] Integreated Resistance Management

۲-۵- تیمارهای مکرر با میزان پایینی از یک نوع آفت‌کش نباید استفاده شود، این نکته به‌ویژه برای بعضی از قارچ‌کش‌ها مورد توجه واقع می‌شود.

۲-۶- باید تا جایی که امکان دارد آفت‌کش‌های کم‌دوام استفاده شوند؛ چراکه آفت‌کش‌های کم‌دوام در مقایسه با فشار اعمال شده به‌وسیله استفاده از آفت‌کش‌های بادوام، فشار انتخابی را کاهش می‌دهند.

۲-۷- دفعات کاربرد آفت‌کش باید روی برچسب ذکر شود و زمان کاربرد باید معین شود به‌طوری‌که برای حساس‌ترین مرحله زندگی آفت به‌کار گرفته شوند. به‌نظر می‌رسد این (نکته) به ویژه برای حشرات حائز اهمیت باشد.

۲-۸- توسعه آفت‌کش‌های جدید (یک اقدام برای صنعت نه برای افراد کشاورز) راهکاری است که در گذشته به وسیله صنعت آفت‌کش استفاده شده است. تکیه بر آفت‌کش‌های جدید راه حل طولانی‌مدت برای مشکلات مربوط به مقاومت فراهم نخواهد کرد زیرا:

۲-۸-۱- بروز مقاومت در برابر هر آفت‌کش جدید موجب ایجاد چرخه‌ی کاربرد آفت‌کش می‌شود (شکل ۱۲-۱).

۲-۸-۲- عرضه آفت‌کش‌های جدید به بازار به طور فزاینده‌ای مشکل و پرهزینه شده است.

۲-۸-۳- مقاومت تقاطعی ممکن است فعالیت حتی آفت‌کشی که به تازگی توسعه یافته را به خطر بیاندازد.

۳- استفاده تلفیقی از روش‌های کنترل.

به این مورد تناوب عوامل مرگ و میر گفته می‌شود و دلیلی برای پیشرفت اولیه مفهوم مدیریت تلفیقی آفات است.

۳-۱- استفاده از آفت‌کش‌های جایگزین (مورد ۱-۲ را ببینید).

۳-۲- استفاده از مدیریت زراعی برای کاهش اثرات آفت تا حد ممکن.

۳-۳- استفاده از کنترل مکانیکی اگر امکان‌پذیر باشد، یک گزینش به‌ویژه متداول برای مدیریت علف‌های هرز مقاوم است. این راهبرد شامل استفاده از بیلچه‌های دستی برای حذف علف‌های هرزی است که از تیمار رهایی پیدا کرده‌اند.

۳-۴- حفاظت از جانداران مفید و اجرای کنترل بیولوژیک اگر امکان‌پذیر باشد. این روش به ویژه برای مدیریت مقاومت اغلب گروه‌های دیگر آفات کمتر متداول است.

۳-۴-۱- درک این نکته حائز اهمیت است که مقاومت به آفت‌کش‌ها یک صفت مطلوب در دشمنان طبیعی است. استرین‌های معینی از کنه‌های شکارگر مقاوم به حشره‌کش، به‌طور هدفمند برای رهاسازی انبوه جهت کنترل کنه‌های آفت تولید شده‌اند تا در تلفیق با کاربرد حشره‌کش‌های شیمیایی، آفات دیگر را کنترل کنند.

۴- تناوب محصولات. اجرای تناوب با یک محصول متفاوت اغلب، آفاتی را که باید کنترل شوند و آفت‌کش‌هایی که می‌توانند بکار برده شوند را تغییر می‌دهد. این روش برای مقاومت به علف‌کش‌ها بسیار سودمند است چون علف‌کش‌ها به سبب مقتضیات انتخابی بودن به طور معمول برای محصول به صورت اختصاصی عمل می‌کنند. تناوب با گیاه زراعی (محصول) دیگر برای گروه‌های دیگر آفت‌کش سودمند نیست زیرا نوع یکسانی از علف‌کش در محصولات مختلف استفاده می‌شود. همچنین تناوب برای مدیریت حشره و نماتد هنگامی که محصول تناوبی در چرخه زندگی آفت اختلال ایجاد می‌کند حائز اهمیت است (فصل ۱۶ را ببینید). تناوب یک گزینش برای محصولات دائمی (مانند درختان و تاک‌های استقرار یافته) نیست.

۵- حفاظت از ژن‌های حساس. اگر نسبتی از جمعیت آفت در معرض فشار انتخابی قرار نگیرند بروز مقاومت می تواند به تأخیر انداخته یا حتی متوقف شود. هدف از این راهبرد باقی گذاشتن حداقل نسبتی از جمعیت آفت به صورت بدون تیمار (آفت‌کش) است. این امر می‌تواند از طریق باقی گذاشتن نسبت‌هایی از محصول به صورت بدون تیمار از طریق کنار گذاشتن مناطق ویژ ه‌ای که با آفت‌کش تیمار نمی‌شوند انجام شود. مورد اخیر پناهگاه (جان‌پناه) نامیده می‌شود. یک مشکل که در رابطه با راهبرد حفظ و نگهداری آلل S وجود دارد این است که دستورالعمل‌های روشنی در خصوص اندازه یا نسبتی از جمعیت که می بایست بدون تیمار باقی بماند وجود ندارد. تحقیقات رایج در زمینه حفاظت زیستی و کاربرد مفاهیم جزیره جغرافیای زیستی[1] ممکن است سرانجام به طراحی پناهگاه‌های مؤثر کمک کند.

مشکلات اجرایی

در گذشته، اجرای روش‌ها برای کاهش بروز مقاومت جمعیت‌های آفت به آفت‌کش با موفقیت متوسطی همراه بوده است. در این خصوص، دلایل پیچیده‌ی متعددی وجود دارد که ما در اینجا تعدادی از آن‌ها را ذکر می‌کنیم:

صنعت آفت‌کش. صنعت آفت‌کش کلید مدیریت مقاومت را در اختیار دارد. مشکل عمده همکاری شرکت‌های رقیب است.

ایجاد کمیته‌های عملیاتی مقاومت در صنعت شیمیایی به غلبه بر مشکل اخیر کمک کرده است.

کشاورزان. اگر کشاورزان آگاهی اکولوژیکی نداشته باشند، از تولیداتی استفاده می‌کنند که بیشترین سود را دارند و به احتمال فراوان مقاومت در آینده توسعه می‌یابد.

[1] Island biogeography

۱ - استقرار نظم و آموزش. در ابتدا بخش عمومی برای بحث مقاومت و بیان اهمیت آن برای کشاورزان فعالیت چندانی نداشت. یک دانشمند علف‌هرز در آیداهو بیان کرد من قادر به پیش‌بینی مقاومت به کلرسولفورون هستم اما انجام نمی‌دهم. کمیته‌ی آکادمی و تنظیم می‌بایست به طور مداوم روی مشکلات ایجاد کننده‌ی مقاومت به مدیریت آفات تاکید کند.

۲ - عامه مردم. در ایالات متحده نسبتی از مصرف سالانه آفت‌کش در بیرون از سیستم‌های کشاورزی (مانند منازل، چمن‌های گلف، پارک‌ها) انجام می‌شود. مدیریت مقاومت که در این مناطق به طور ناچیزی شناخته شده بیشتر به استفاده مفرط از آنتی بیوتیک‌ها در بین مردم و بروز باکتری‌های مقاوم می‌پردازد.

مثال‌هایی از مقاومت/مدیریت

عوامل بیماری‌زا مقاومت در بسیاری از گروه‌های اصلی قارچ‌کش رخ می‌دهد و تغییرات در چگونگی استفاده از آفت‌کش‌ها را الزامی می‌کند. بهرحال، امروزه مدرکی از مقاومت به قارچ‌کش‌های مبتنی بر مس یا گوگرد وجود ندارد، اگرچه آن‌ها بیش از یک قرن به‌طور گسترده استفاده شده‌اند. همچنین مدارک اندکی در زمینه مقاومت به قارچ‌کش‌های دی تیوکاربامات[1]، فتالیمیدها[2]، یا دی نیتروفنل[3] وجود دارد. برای قارچ‌کش‌هایی که جدیدتر معرفی شده‌اند، بسیاری از قارچ‌کش‌های سیستمیک، بزرگی مقاومت ۱۰۰ تا ۵۰۰ برابری در مقایسه با حساسیت نوع وحشی گزارش شده است نظیر:

۱- آمینوپایریمیدین‌ها[4]. مقاومت در بسیاری از انواع عوامل بیماری‌زا وجود دارد، مهم‌ترین آن‌ها قارچ‌های جنس‌های *Botrytis* و *Venturia* هستند.

۲- بنزایمیدازول‌ها[5]. بسیاری از قارچ‌ها به این گروه از قارچ‌کش‌ها مقاوم هستند، نظیر *Botrytis* در درختان مو، *Penicillium* عامل پوسیدگی ها در مرکبات و *Mycosphaerella* در موز ها. مقاومت تقاطعی در بین همه قارچ‌کش‌های این گروه رخ می‌دهد، بنومیل بهترین مثال شناخته شده است. بعضی از عوامل بیماری‌زا به سرعت طی ۲ تا ۳ سال مقاومت بروز داده‌اند در حالی که در سایرین مقاومت طی ۱۰ تا ۱۵ سال صورت گرفته است.

۳- فنیل آمیدها. این گروه شامل متالاکسیل و قارچ‌کش‌های وابسته است که علیه قارچ‌های Oomycetes فعال هستند. این گروه از قارچ‌کش‌ها در سال ۱۹۷۷ معرفی شدند و طی سه سال

[1] Dithiocarbamate
[2] Phthalimides
[3] Pinitrophenol
[4] Aminopyrimidines
[5] Benzimidazoles

در سفیدک کرکی خیار، بلایت سیب زمینی و سفیدک کرکی درختان مو مقاومت ظاهر شد. مخلوط‌هایی از قارچ‌کش‌های دارای نحوه عمل متفاوت مقاومت را تا یک سطح قابل مدیریت حفظ کرده‌اند. مدیریت عوامل بیماری‌زای Oomycete بدون استفاده از مواد شیمیایی مشکل است.

۴- دی‌کربوکسی ایمیدها[1]. *Botrytis cinerea* عامل بیماری‌زای عمده‌ای است که نگرانی بروز مقاومت در آن به این گروه از قارچ‌کش وجود دارد. دی‌کربوکسی ایمیدها در اواسط دهه ۱۹۷۰ معرفی شدند و مقاومت طی سه تا پنج سال ظاهر شد. در دی‌کربوکسی ایمیدها مقاومت تقاطعی متداول است.

۵- بازدارنده‌های بیوسنتز استرول[2]. این‌ها دو گروه مختلف متشکل از بازدارنده‌های دی‌متیلاسیون[3] و مورفولین‌ها[4] هستند. به دنبال معرفی آن‌ها در اواسط دهه ۱۹۷۰ در بسیاری از این قارچ‌کش‌ها بعد از حدود ۱۰ سال مصر فشان مشکلات عملی مقاومت به‌وجود آمد. مهمترین عوامل بیماری‌زای سفیدک‌های کرکی در جو، خیار و درختان مو از جنس‌های *Erisyphe*، *Venturia* و جنس‌های دیگر هستند.

چند نوع قارچ‌کش دیگر وجود دارند که معلوم شده مقاومت به آن‌ها رخ می‌دهد. برای بحث عمیق تر در زمینه بسیاری از جنبه‌های مقاومت عوامل بیماری‌زا به قارچ‌کش‌ها به هینی و همکاران[5] (۱۹۹۴) مراجعه کنید یا وب سایت FRAC (۲۰۰۰) را بازدید کنید.

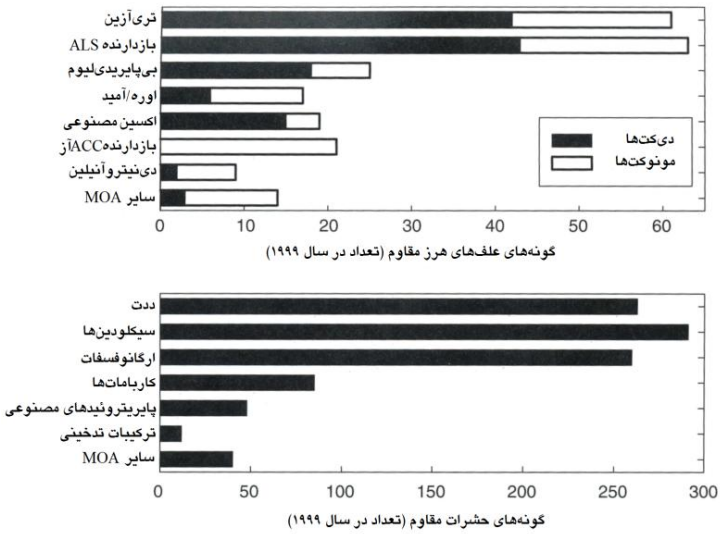
علف‌های هرز امروزه مقاومت به علف‌کش‌ها در جمعیت‌های علف‌هرز در سراسر جهان گسترش یافته است و بیشتر انواع علف‌کش‌های عمده را شامل می‌شود. شکل ۱۲-۵ مثال‌هایی از گروه‌های خاص ارائه می‌دهد. تعدادی از مثال‌های خاص به صورت زیر هستند:

۱ - تریازین‌ها[6]. آترازین اولین علف‌کش عمده که مقاومت به آن اثبات شد. امروزه نزدیک به ۶۱ گونه از علف‌های‌هرز شناخته شده‌اند که دارای جمعیت‌های مقاوم به آترازین و علف‌کش‌های تریازین وابسته هستند. تعداد زیادی از آن‌ها مقاومت تقاطعی به علف‌کش‌های تریازینی دیگر نشان می‌دهند.

۲ - بازدارنده های سنتز اسید آمینه دارای زنجیره منشعب. این علف‌کش ها بازدارنده آنزیم سنتاز استل استات[7] هستند. علف‌کش های گروه‌های سولفونیل اوره[8] و ایمیدازولینون[1] دارای این نحوه

[1] Dicarboximides
[2] Sterol Biosynthesis Inhibitors (SBIs)
[3] Dimethylation Inhibitors (DMIs)
[4] Morpholines
[5] Heaney et al.
[6] Triazines
[7] Acetolactate synthase
[8] Sulfonyl urea

عمل هستند. امروزه ۶۳ گونه علف‌هرز با جمعیت‌های مقاوم به این علف‌کش‌ها وجود دارد. علف‌های هرز مقاوم به یک علف‌کش مقاومت تقاطعی به همه علف‌کش‌های دیگر این گروه‌ها نشان می‌دهند. مقاومت در جمعیت‌های علف‌های هرز در حدود ۴ تا ۵ سال بعد از معرفی تجاری آن‌ها ظاهر شد. این مشکل به قدری جدی شده است که در برخی موارد استفاده از این تولیدات (علف‌کش‌ها) متوقف شده است.



شکل ۱۲- ۵: نمونه‌های تصویری از تعدادی علف‌هرز و حشره‌ی مقاوم به رده‌های مختلف علف‌کش‌ها و حشره‌کش‌ها.

۳ - بازدارنده‌های بیوسنتز لیپید. علف‌کش‌های دارای این نوع نحوه عمل بازدارنده آنزیم کربوکسیلاز استیل کوآنزیم A هستند و کنترل فوق‌العاده‌ای از علف‌های گرامینه [۲] را فراهم می‌کنند. در استرالیا گیاه تلخه [۳] به همه علف‌کش‌های گرامینه مقاوم شده است که تغییر کامل در برنامه مدیریت علف‌هرز را الزامی می‌کند. بیست و یک علف‌هرز عمومی به این علف‌کش‌ها مقاومت نشان داده‌اند نظیر یولاف وحشی، دم روباهی صحرایی و دم روباهی (آکالیف).

[1] Imidazolinone
[2] Grasses
[3] Ryegrass

۴ - گلیفوزات[1]. امروزه در استرالیا مقاومت به این علف‌کش‌ها اثبات شده است و احتمالاً در کالیفرنیا و مریلند[2] نیز وجود دارد.

۵ - محصولات (گیاهان زراعی) مقاوم به علف‌کش. مشابه محصولاتی که از طریق مهندسی ژنتیک به حشرات مقاوم شده اند، استفاده از محصولات مقاوم به علف‌کش (برای جزئیات بیشتر فصل هفدهم را ببینید) برای مدیریت مقاومت دارای چالش‌های فراوانی است. استفاده گسترده از یک نوع علف‌کش در محصولات مختلف منجر به افزایش فشار انتخابی در علف‌های هرز خواهد شد و افزایش ظهور علف‌های هرز مقاوم را تسریع می‌بخشد.

۶ - مقاومت به عملیات زراعی. اگر یک نوع عملیات زراعی به‌طور مکرر استفاده شود هیچ دلیل اکولوژیکی وجود ندارد مبنی براین‌که چرا مقاومت به آن عملیات زراعی بروز نخواهد کرد. از چندین مورد علف‌های هرزی که به عملیات زراعی مقاوم شده اند، یکی از اولین مثال‌ها کتان دروغی[3] است که انتخابی شده زیرا بذرهای این علف‌هرز هم‌اندازه بذرهای محصول زراعی است. در کالیفرنیا برداشت‌های متعدد یونجه برای فرم‌های خزنده دم روباهی زرد (شکل ۵-۲۳ را ببینید) انتخاب شد که تحت رژیم برش متعدد رشد می‌کنند.

برای بحث عمیق‌تر مقاومت علف‌های هرز به علف‌کش، پاولز و هولتوم[4] (۱۹۹۴) را ببینید یا وب سایت HRAC (۲۰۰۰) را بازدید کنید.

نرمتنان آفت‌کش‌های زیادی که برای کنترل راب‌ها و حلزون‌ها در سیستم‌های کشاورزی مصرف شوند وجود ندارند، بجز در محصولات اختصاصی دارای ارزش بالا مانند نباتات علوفه‌ای که در سواحل شمال غربی ایالات متحده برای تولید بذر کشت می‌شود. هیچ مدرکی در خصوص مقاومت بیوشیمیایی به متالدئید، عمومی‌ترین ماده مؤثر مورد استفاده در طعمه‌های راب‌ها، وجود ندارد. با وجود این، رمیدن (ترس) از طعمه مسموم در بعضی از جمعیت‌های نرمتنان مشاهده شده است.

حشرات مقاومت به همه‌ی انواع حشره‌کش‌ها توسعه یافته است (شکل ۱۲-۵) که نتیجه آن صرف نظر کردن از مصرف بسیاری از حشره‌کش‌ها و کنه‌کش‌ها به علت از بین رفتن کارایی آن‌ها بوده است. سازوکارهای مقاومت به حشره‌کش‌ها در جدول ۱۲-۴ ارائه شده است. مثال‌های زیر تنها تعدادی از مثال‌های متعدد دامنه و شدت مشکلات مقاومت در حشرات و کنه‌ها هستند:

۱- شب‌پره پشت الماسی[5] یک آفت کلمیان در سراسر جهان است. در تایلند این حشره به همه حشره‌کش‌های سنتزی موجود مقاوم است. در بیشتر نواحی جهان، شب‌پره پشت الماسی به

[1] Glyphosate
[2] Maryland
[3] False flax
[4] Poweles and Holtum
[5] Diamondback moth

ترکیبات آلی فسفره (ارگانوفسفات‌ها)، پایرتروئیدهای مصنوعی، بازدارنده‌های (سنتز) کیتین و ترکیبات دیگر مقاوم هستند.

۲- سفیدبالک‌های[1] جنس *Bemisia* به ارگانوکلرها (ترکیبات آلی کلره)، چند حشره‌کش از ارگانوفسفات‌ها، پایرتروئیدهای خاصی مقاوم هستند و مدارکی در خصوص کاهش حساسیت به چند حشره‌کش جدید با ساختمان‌های شیمیایی جدید در سراسر جهان وجود دارد. جمعیت‌های نشان‌دهنده مقاومت از ۳۶۰ تا بیش از ۱۰۰۰ گزارش شده است.

۳- در بعضی از بخش‌های جهان، شته سبز هلو به تعداد زیادی از حشره‌کش‌های متعلق به گروه‌های اصلی مقاوم است. در اواخر دهه ۱۹۰۰ گروه جدید نویدبخشی از حشره‌کش‌ها –کلرو نیکوتینیل‌ها-[2] معرفی شد ولی هم اکنون در بعضی از جمعیت‌ها مقاومت به آن در سطح پایین شناسایی شده است.

۴- بالپولک‌داران مینوز برگ[3] به بسیاری از انواع مختلف حشره‌کش‌ها مقاوم هستند. در فلوریدا طول عمر صحرایی یک آفت‌کش جدید پیش از آنکه مقاومت رخ دهد در اصل سه سال بوده است.

۵- شب پره های *Heliothini* شامل تعدادی از خطرناک‌ترین حشرات آفت در محصولات عمده هستند. گونه های مختلف پنبه، ذرت، سویا، توتون، سورگوم و تعداد زیادی از محصولات سبزی و صیفی به‌ویژه گوجه فرنگی را مورد حمله قرار می‌دهند. کرم خوشه ذرت (*Helicoverpa zea*) به بسیاری از حشره‌کش‌ها مقاومت بروز داده است ولی محصولاتی نظیر سویا را مورد حمله قرار می‌دهد که در آن‌ها فشار حشره‌کش کمتر است، بنابراین مقاومت گسترش نیافته یا به شدت مقاومت برای بعضی از گونه های دیگر نیست. در آمریکای شمالی، کرم جوانه خوار توتون (*Heliothis virescens*) و در بخش‌هایی از اروپا، آفریقا و آسیا کرم غوزه پنبه (*Helicoverpa armigera*) در معرض سم‌پاشی‌های شدید روی پنبه قرار دارند و جمعیت‌هایی به همه حشره‌کش‌های بکار رفته علیه آن‌ها در کمیت‌های معنی‌داری مقاومت بروز داده‌اند.

۶- بعضی از جمعیت‌های سوسک کلرادوی سیب‌زمینی در شرق ایالات متحده تقریباً به همه حشره‌کش‌های به کار رفته علیه آن‌ها مقاوم هستند.

۷- همان طوری که در فصل ۵ ذکر شد، کرم ریشه ذرت یک بیوتیپ جدید به‌وجود آورده است که به تناوب دو ساله ذرت / سویا که زمانی آن را کنترل می‌کرد سازگار شده است. این مورد مثالی روشن از مقاومت در برابر عملیات زراعی مدیریتی است و براین که مقاومت می‌تواند در جمعیت‌های آفت در واکنش به هر نوع فشار انتخابی بروز کند تأکید می‌کند.

---

[1] Whiteflies
[2] Chloronicotinyls
[3] Lepidopterous leaf miners

جدول ۱۲-۴	فهرستی از سازوکارهای اصلی مقاومت به حشره‌کش‌ها در بندپایان	
سازوکار	**الگوی مقاومت تقاطعی**	**ملاحظات**
نفوذ	ارگانوفسفات‌ها پایریتروئیدها پیرترین‌ها سیکلودین‌ها آبامکتین ددت ارگانوتین‌ها	به طور معمول سطوح پایینی از حفاظت. احتمال تاخیر در آغاز علائم یا غیرفعال شدن
متابولیسم		ممکن است حشرات مقاوم علائمی را نشان دهند اما خود را بازیابی می‌کنند
اکسیدازهای با عملکرد چندگانه MFO و هیدرلازها	حشره‌کش‌هایی با گروه عملکردی مشابه	
گلوتاتیون اس ترانسفرازها	ترجیح متوکسی در برابر اتوکسی ارگانوفسفات‌های معادل	
ددت‌آز	ددت و آنالوگ‌های کلروتان ددت	
عدم حساسیت سیستم عصبی:	ددت پایریتروئیدها پیرترین‌ها سیکلودین‌ها ارگانوفسفات‌های خاص و کاربامات‌ها	
نوع kdr	الگوی مقاومت تقاطعی به ایزوزایم استیل کولین استراز بستگی دارد	
نوع سیکلودین		
استیل کولین استرازهای تغییریافته		

منبع: با تغییراتی از Scott، ۱۹۹۰.

برای بحث عمیق‌تر در زمینه مقاومت بندپایان به حشره‌کش‌ها و کنه‌کش‌ها روش و تاباشنیک[1] (۱۹۹۰)، جورجیو و لاگونس-تیجدا[2] (۱۹۹۱) را ببینید یا وب سایت IRAC (۲۰۰۰) را بازدید کنید.

محصولات تراریخته ژن‌های باکتری خاکزی *Bacillus thuringiensis* که تولید اندوتوکسین‌های Bt را رمزگذاری می‌کنند، با استفاده از فناوری مهندسی ژنتیک به درون برخی از

[1] Roush and Tabashnik
[2] Georghiou and Lagunes-Tegeda

محصولات جای داده می‌شوند (فصل هفدهم را ببینید). این محصولات ژن‌هایی را متظاهر می‌سازند و منجر به تولید اندوتوکسین می‌شوند که به گیاهان توانایی کشتن حشرات حساس به اندوتوکسین Bt مربوطه را می‌دهد. پذیرش گسترده این محصولات تراریخته روی جمعیت‌های حشرات حساسی که از آن‌ها تغذیه می‌کنند فشار انتخابی را افزایش خواهد داد. در اواسط دهه ۱۹۸۰ در برخی مکان‌ها مقاومت به Bt قابل سمپاشی بروز کرد که نشان می‌دهد مقاومت به این اندوتوکسین‌ها در جمعیت‌های وحشی وجود دارد. کشت نسبتی از محصولات در سطح جریب با واریته‌هایی که فاقد اندوتوکسین Bt بوده، یک راهکار توصیه شده برای کاهش فشار انتخابی است. اگرچه، هیچ اجباری عملی در چنین کشت‌های مخلوط وجود ندارد. توانایی این پناهگاه‌ها در به تأخیر انداختن یا توقف بروز مقاومت آزمایش نشده است.

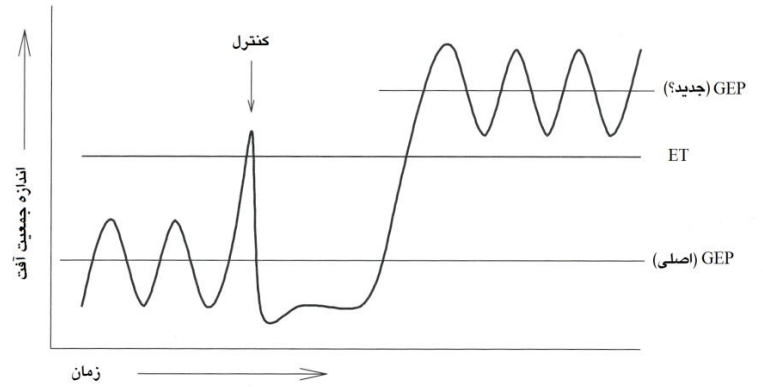
مهره‌داران در مهره‌داران آفت مقاومت به آفت‌کش متداول نیست. مقاومت به وارفارین هم در موش‌های صحرایی و هم در موش‌های خانگی گزارش شده است. مقاومت به وارفارین، یک ماده شیمیایی ضد انعقاد خون که بعد از بلع باعث خونریزی داخلی می‌شود، ممکن است از طریق افزایش تجزیه این ماده ضد انعقاد خون یا از طریق تغییر آنزیم های متابولیز کننده کمپلکس B ویتامین K بوجود آید. از لحاظ نظری این حقیقت وجود دارد که بعضی از استرین‌های موش‌های خانگی دارای سطح بالایی از مقاومت به د.د.ت هستند.

ترس از طعمه که در آن جانور هدف رفتار خود را تغییر داده و از خوردن طعمه های معینی اجتناب می‌کند شکلی از مقاومت است. در حال حاضر نگرانی کمی درباره مقاومت در مهره‌داران وجود دارد ولی پایش برای مقاومت احتمالاً با ارزش است.

طغیان مجدد

طغیان مجدد[1] پدیده‌ای است که به دنبال کاربرد آفت کش رخ می‌دهد. در ابتدا جمعیت آفت به‌وسیله کاربرد آفت‌کش کاهش می‌یابد ولی بعد از آن آفت جمعیت خود را بازیافته و به تراکم جمعیتی بالاتر از آنچه که پیش از کاربرد آفت‌کش وجود داشته می‌رسد (شکل ۱۲-۶).

[1] Resurgence



شکل ۱۲- ۶: بازیابی جمعیت آفت نظری که طغیان مجدد نامیده می‌شود. بـه دنبـال کـاربرد آفـت‌کـش حشرات مفیدی که جمعیت آفت را در گذشته زیر کنترل جزئی نگه می‌داشتند از بین می‌روند.

طغیان مجدد به برخی از فرایندهای اکولوژیکی که می‌توانند به‌وسیله آفت‌کش تحریک شوند نسبت داده می‌شود.

۱- کاهش کنترل بیولوژیک. آفت‌کش موجود مفیدی را که به‌طور طبیعـی انـدازه جمعیـت آفـت را تنظیم کرده از بین می‌برد. در نبود کنترل بیولوژیک مـؤثر، بـاقی‌مانـده جمعیـت آفـت بـه سـطوح بالاتری افزایش می‌یابد.

۲- کاهش رقابت. از لحاظ نظری آفت‌کشی که توانسته علیه یک موجود رقیـب تـأثیر متفـاوت‌تـری ایجاد کند، به آفت اصلی امکان می‌دهد با کاهش رقابت، خود را بازیابی کند و در نتیجه یـک تـراکم جمعیتی بالاتری بدست آورد. مدارک اندکی برای تقویت دخالت این فرایند در طغیان مجـدد آفـات وجود دارد.

۳- تحریک مستقیم آفـت. افـزایش فرآینـدهـای فیزیولـوژیکی بازمانـدگان، کـه آن‌هـا را از لحـاظ اکولـوژیکی سـازگارتر مـی‌سـازد ماننـد افـزایش تخمگـذاری در حشـرات. ممکـن اسـت در پدیـده hormesis دخالت داشته باشد. واژه hormesis یا hormoligosis از متون داروشناسی انسـانی منشاء گرفته است و به دارو هایی گفتـه مـی‌شـود کـه دارای هـر دوی، اثـرات تحریـک کننـدگی و بازدارندگی، بسته به دزها و زمان تیمار هستند.

۴- بهبود رشد گیاه زراعی. کاربرد تیمار (آفت‌کش)، تراکم آفت هدف را کاهش می‌دهد و در نتیجـه منجر به بهبود رشد گیاه می‌شود. در بازماندگان آفت، تولیدمثل از طریق افزایش کمیـت و کیفیـت بافت میزبان و در نتیجه کاهش رقابت درون گونه‌ای در بین آفات به طور مؤثری افزایش می‌یابد.

کاهش کنترل بیولوژیکی احتمالاً مهم‌ترین دلیل برای طغیان مجدد است. اگرچه طغیان مجدد وجود دارد اما هیچ دلیل اکولوژیکی ذاتی برای این‌که چرا پدیده‌های مشابهی در مورد سایر روش‌های مدیریت آفت رخ نمی‌دهد وجود ندارد.

به طور کلی طغیان مجدد آفات تنها در جایی رخ می‌دهد که رشد جمعیت به وسیله رقابت یا کنترل بیولوژیکی فعال به وسیله موجوداتی از همان نوع، محدود می‌شود. قابلیت تحریک مستقیم فرضی بوده و نقش hormesis در طغیان‌های مجدد آفت نامشخص است.

طغیان مجدد یک محدودیت جدی برای مدیریت بعضی از بندپایان آفت ایجاد کرده است. برای نمونه، بندپایانی مانند کنه‌های تارتن و لاروهای بالپولک‌داران[1] مختلف به وسیله استفاده از حشره‌کش‌هایی که جانوران مفید کنترل‌کننده طبیعی آفات را می‌کشند افزایش یافته‌اند.

نماتدکش‌ها بیشتر به صورت تیمارهای قبل از کشت به کار گرفته می‌شوند. بعد از تیمار، ممکن است افزایش جمعیت‌های نماتد به تراکم‌هایی بیشتر از مناطق تیمار نشده مشاهده شود. احتمالاً چنین طغیان‌های مجددی در جمعیت‌های نماتد به پدیده بهبود رشد گیاه زراعی مربوط است که شرح داده شد.

طغیان مجدد در رابطه با مدیریت علف‌هرز بحث نمی‌شود زیرا کنترل بیولوژیکی علف‌های هرز به‌وسیله گیاهان دیگر نادرست است. بنابراین، محرک اصلی برای طغیان مجدد عمل نمی‌کند. هیچ مدرکی وجود ندارد مبنی بر اینکه سازوکارهای دیگری روی علف‌های هرز عمل می‌کنند. با وجود این، تنظیم (جمعیت) علف های هرز به وسیله جانوران گیاه‌خوار در منابع کنترل بیولوژیکی استناد شده است (فصل ۱۳ را ببینید). کشتن یا حذف جانوران گیاه‌خوار منجر به افزایش تراکم جمعیت‌های علف‌های هرز خواهد شد. برای مثال هنگامی که (ویروس بیماری‌زای) Myxomatosis برای کنترل خرگوش به استرالیا واردسازی شد این وضعیت رخ داد.

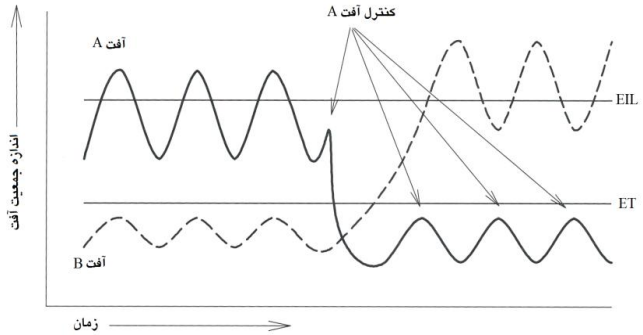
جایگزینی

جایگزینی[2] واژه‌ای است که در مدیریت بندپایان استفاده شده است ولی برای همه گروه های آفات قابل استفاده است و همانند طغیان مجدد، در واکنش به کاربرد آفت‌کش رخ می‌دهد. گاهی حشره‌شناسان واژه Upsurge را نیز به کار می‌برند.

همان طوری که در شکل ۱۲-۷ نشان داده می‌شود، جمعیت آفت هدف (A) کاهش می‌یابد ولی یک آفت کم اهمیت (B) افزایش یافته و منابعی که دیگر به وسیله آفت A استفاده نمی‌شود را مورد استفاده قرار می‌دهد. این فرایند به تبدیل آفت B به یک آفت اصلی می‌شود. جمعیت آفت B

[1] Caterpillars
[2] Replacement

پیش از کاربرد آفت‌کش نتوانسته افزایش یابد زیرا جمعیت آن به وسیله رقابت آفت A و به وسیله دشمنان طبیعی (در صورت جایگزین بندپای آفت) مهار شده است. با حذف رقیب برتر، آفت A، و طیفی از دشمنان طبیعی، عواملی که محدود کننده رشد جمعیت آفت B بوده‌اند تغییر یافته و به آن امکان می‌دهند تا جمعیتش افزایش یافته و به تراکم‌های بالایی دست یابد. جایگزینی مشکلی به طور بالقوه خطرناک است زیرا گونه‌های رهایی یافته کم اهمیت، ممکن است موجب زیان‌های بیشتری به گیاه زراعی نسبت به گونه آفت اولیه (اصلی) شوند. در مقایسه با همه پدیده‌های "پس رفت اکولوژیکی[1]" جایگزینی به عنوان نتیجه‌ای از مصرف آفت‌کش، احتمالاً از بیشترین خطر برخوردار است ولی ذکر این نکته مهم است که می‌تواند در واکنش به سایر روش‌های مدیریتی یا تغییر عملیات زراعی رخ دهد.



شکل ۱۲- ۷: جمعیت نظری دو گونه‌ی آفت در پاسخ به جایگزینی. آفت اصلی A با روش‌های مدیریت کنترل می‌شود در حالی که این روش‌ها آفت B را کنترل نمی‌کند و این آفت قادرست تا سطح خسارت افزایش یابد و با جایگزینی آفت A ایجاد مشکل کند.

عوامل بیماری‌زا در حال حاضر هیچ مدرک روشنی برای جایگزینی در عوامل بیماری‌زا وجود ندارد ولی هیچ دلیل نظری وجود ندارد که جایگزینی نمی‌تواند رخ دهد.

علف‌های هرز منابع مربوط به علف‌های هرز مملو از مثال‌هایی از علف‌های هرز کم اهمیت است که در نتیجه استفاده از علف‌کش‌ها به علف‌های هرز اصلی (عمده) تبدیل شده‌اند. علف‌کش‌ها دارای قابلیت انتخابی بوده و آن‌هایی که گیاه زراعی را نمی‌کشند به طور معمول گونه‌های گیاهی دارای وابستگی نزدیک را کنترل نمی‌کنند. علاوه بر این ممکن است گونه‌های غیر مربوط نیز از طریق ویژگی‌های تصادفی که تابع انتخابی بودن است از کنترل در امان بمانند. یک مثال بارز از جایگزینی

[1] Ecological backlash

علف‌هرز تغییر علف‌های هرز یکساله توام، بیشتر دو لپه‌ای، در غلات به علف‌های هرز بیشتر گرامینه‌ای بود. این تغییر بدنبال معرفی علف‌کش‌های فنوکسی صورت گرفت که این علف‌کش‌ها دو لپه‌ای‌ها را می‌کشند ولی هیچ اثری روی گرامینه‌های علفی ندارند. گرامینه‌های علفی در نبود رقابت دو لپه‌ای‌ها رشد می‌کنند. در یک مثال متفاوت، پذیرش گسترده علف‌کش‌های دی نیتروآنیلین[1] در پنبه منجر به تغییر در گونه‌های علف‌هرز به گونه‌هایی شد که به وسیله این علف‌کش‌ها کنترل نمی‌شود مانند گونه‌های تاج‌ریزی و اویارسلام. گونه‌های تاج‌ریزی که از وابستگان گوجه فرنگی هستند، تنها در سیستم‌های کشت گوجه فرنگی بعد از پذیرش علف‌کش‌های انتخابی، که بیشتر علف‌های هرز را کشته ولی محصول را از بین نمی‌برند مشکل ساز می‌شوند. گونه‌هایی که بدین سان تغییر می‌یابند فراوان بوده و باید با استفاده از علف‌کش‌ها پیشگیری شوند. برنامه‌های IPM برای مدیریت علف‌هرز باید این پدیده را مورد توجه قرار دهد.

نماتدها جایگزینی احتمالاً بعنوان یک نتیجه مستقیم استفاده از نماتدکش نیست زیرا نماتدکش‌ها از اختصاصی بودن اندکی برخوردارند. به هرحال، این احتمال وجود دارد که تغییرات در عملیات زراعی و استفاده از آفت‌کش‌ها ممکن است اهمیت نسبی نماتدها را در طول زمان تغییر دهد. یک مثال، نگرانی‌های محتمل نماتدهای انگل گیاهی در (تولید) آناناس در هاوایی است. در هاوایی تولید آناناس یک صنعت مهم در اواخر دهه ۱۸۰۰ و اوایل دهه ۱۹۰۰ بوده و نماتدهای ریشه گره‌ای، مهم‌ترین نماتدهای انگل گیاهی بودند. در اواسط دهه ۱۹۵۰ نماتد قلوه‌ای شکل[2] جایگزین نماتدهای ریشه گره‌ای، به عنوان نماتد اصلی ایجاد کننده کاهش عملکرد شدند. ذکر این نکته با ارزش است که در هاوایی نماتدکش‌های مؤثر در دهه ۱۹۴۰ کشف شدند و هنگامی که جایگزینی کشف شد، مصرف نماتدکش در آناناس در طول زمان افزایش یافت. بهرحال،در طول این دوره زمانی یکسان قدرت اسیدی[3] خاک مشکل ساز شد، به طوری‌که بسیاری از مزارع pH کم برابر با ۳/۸ داشتند. افزایش اهمیت نماتد قلوه‌ای شکل طی دهه ۱۹۵۰ تا انداز های به افزایش قدرت اسیدی خاک نسبت داده می‌شود.

بندپایان طغیان بسیاری از بندپایان در نتیجه جایگزینی رخ داده است. شاید بهترین مورد مستند طغیان مجدد یک آفت ثانویه *Heliothini* (کرم غوزه پنبه و کرم جوانه خوار توتون) در پنبه است. از زمان تهاجم سرخرطومی غوزه در دره Lower grande تگزاس، پنبه تحت یک برنامه سمپاشی مداوم قرار داشت؛ ابتدا با آرسنات کلسیم و بعد با حشره کش‌های آلی مصنوعی جدید. در اوایل دهه ۱۹۶۰ سرخرطومی غوزه به حشره‌کش‌های آلی کلره مقاوم شد و کشاورزان سمپاشی‌ها را به

[1] Dinitroaniline herbicides
[2] Reniform nematode
[3] Acidity

ترکیبات آلی فسفره (ارگانوفسفاتی) و کاربامات‌ها تغییر دادند. به هرحال، از آن زمان، این دو گونه *Heliothini* (که هنوز هم آفات ثانویه کم اهمیت در نظر گرفته می‌شوند) شروع به ظاهر شدن در جمعیت‌های بزرگ کردند و زیان‌های اقتصادی شدیدی ایجاد کردند. هنگامی‌که کرم جوانه توتون به همه گروه‌های موجود حشره‌کش‌ها مقاوم شد این وضعیت فاجعه‌آمیز شد. کشاورزان طی یک فصل رشد تا ۲۰ بار سمپاشی کرده و باز هم متحمل زیان‌های شدید ناشی از کرم جوانه خوار توتون شدند. این وضعیت تنها زمانی بهبود یافت که مدیریت تلفیقی آفات (IPM) در دهه ۱۹۷۰ برای کنترل سرخرطومی غوزه معرفی شد. در این دوره فشار آفت‌کش کاهش یافت و سرخرطومی‌ها دوباره مورد هدف جمعیت دشمنان طبیعی تجدید یافته قرار گرفتند.

هشدار درباره سه R

کلید مدیریت این سه R عبارتست از اجرای راهکارهای کاهش‌دهنده جمعیت پیش از آن‌که مقاومت، طغیان مجدد یا جایگزینی مشکل‌ساز شوند. به نظر می‌رسد متخصصین مدیریت با این مفهوم مشکل زیادی داشته باشند علی رغم این مقبولیت عمومی که یک مدیر باید عملیات IPM را بپذیرد و نباید روی تنها یک روش کنترل (عوامل مرگ و میر متناوب) تکیه کند. اگر همه اقدامات کاهش‌دهنده جمعیت با شکست مواجه شود، آفت‌کش کنار گذاشته می‌شود. تاریخ نشان می‌دهد که قابلیت حفظ منابع مدیریتی ما به طور مکرر به خاطر منافع کوتاه مدت به هدر رفته است. این مشکل هنوز هم در سطح کشاورز، مشاور کنترل آفت، صنعت آفت‌کش و حتی قانونگذاران دولتی وجود دارد. بنظر می‌رسد روش های جدید برای مهندسی مقاومت آفت منجر به فراموشی همگانی در این گروه‌های یکسان و توجه به نیاز به راهکارهای کاهش‌دهنده و راهکار IPM در مدیریت آفت شده است. این رویکرد نمی‌تواند ادامه یابد و مدیریت آفت در رفتار با دشواری‌های سه R سخت خواهد بود. اگر مدیریت سه R فرا گرفته نشود و آموخته‌ها به کار گرفته نشوند، سرانجام گزینه‌های کنترل آفت مدیران به اتمام می‌رسد.

منابع

FRAC. 2000. Fungicide Resistance Action Committee homepage, http://PlantProtection.org/FRAC/

Georghiou, G. P., and A. Lagunes-Tejeda. 1991. The occurrence of resistance to pesticides in arthropods. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, xxii, 318.

Green, M. B., H. M. LeBaron, and W. K. Moberg. 1990. Managing resistance to agrochemicals: From fundamental research ta practical strategies. Washington, D.C.: American Chemical Society. xiii, 496.

Heaney, S., D. Slawson, D. W. Holloman, M. Smith, P E. Russel, and D. W. Parry eds. 1994. Fungicide resistance. BCPC monograph 60. Farnham, Surrey, UK: British Crop Protection Council, xii, 418.

HRAC. 2000. Herbicide Resistance Action Committee homepage, http://PlantProtection.org/HRAC/

IRAC. 2000. Insecticide Resistance Action Committee homepage, http://P1antProtection.org/IRAC/ C

National Research Council, ed. 1986. Pesticide resistance: Strategies and tactics for management. Washington, D.C.: National Research Council, National Academy Press, xi, 471.

Perkins, J. H. 1982. Insects, experts, and the insecticide crisis: The quest far new pest management strategies. New York: Plenum Press, xviii, 304.

Powles, S. B., and J. A. M. Holtum, eds. 1994. Herbicide resistance in plants: biology and biochemistry Boca Raton, Fla.: Lewis Publishers, 353.

Roush, R. T.. and B. E. Tabashnik, eds, 1990. Pesticide resistance in arthropods, New York: Chapman and Hall, ix, 303.

فصل سیزدهم: کنترل بیولوژیک

دشمن دشمن من، دوست من است.

رئوس مطالب این فصل

- مقدمه
- چرا کنترل بیولوژیک؟
- مفاهیم کنترل بیولوژیک
- انواع کنترل بیولوژیک و اجرای آن‌ها
- مثال‌هایی از عوامل مختلف بیوکنترل مورد استفاده
- خلاصه

مقدمه

تعداد جانوران و گیاهان در جمعیت‌های طبیعی به‌طور معمول به سبب ترکیبی از اثرات نیروهای غیر زنده مانند اقلیم، شرایط خاک و بلایای طبیعی و نیروهای زنده مانند غذا، رقابت بین و درون گونه‌ای، شکارگرها و بیماری‌ها به طور معمول بین محدوده‌های بالایی و پایینی نوسان می‌کند. بیشتر جمعیت‌های حشرات نوسان‌های محلی دارند و در کل دامنه جغرافیایی یک گونه به ندرت انقراض یا انفجار جمعیت در یک وضعیت غیر قابل کنترل رخ می‌دهد. اگرچه ممکن است در شرایط معینی کاهش جمعیت‌ها تا حد انقراض به طور موضعی رخ بدهد اما در این مناطق نیز دوباره جمعیت ایجاد می‌شود (فصل ۵ را ببینید). اکولوژیست‌ها در خصوص اهمیت نسبی اجزاء محیط زیست که تعداد جمعیت را تنظیم می‌کنند، با یکدیگر اختلاف نظر دارند. با وجود این، امروزه پذیرفته شده که ویژگی‌های اکوسیستم تعیین می‌کند که کدام یک از نیروهای غیر زنده یا زیستی دارای بیشترین تأثیر در تنظیم جمعیت باشند و زمان عمل این عوامل را تعیین می‌کند. پذیرش عمومی وجود دارد که نوسان‌های اصلی نتیجه‌ی اختلالات کوتاه و بلند مدت محلی در اثر فشارهای تنظیمی است.

در هر اکوسیستم، محصول (گیاه زراعی) پایه و اساس شبکه غذایی را بوجود می‌آورد. یک شبکه غذایی، مجموعه‌ای از برهم‌کنش‌های غذایی در موجودات داخل سیستم است و همان‌طور که در فصل چهارم بحث شد بیان می‌کند که هر چیزی، چه می‌خورد. اکولوژیست‌ها برای درک چگونگی

اثر برهم‌کنش‌ها روی پویایی جمعیت گونه‌های برهم‌کنش کننده، برهم‌کنش‌های غذایی موجود در یک شبکه غذایی در بین گونه‌ها را مورد مطالعه طولانی قرار داده‌اند. این برهم‌کنش‌های مورد توجه شامل رقابت، گیاه‌خواری، شکارگری و پارازیتیسم است که همگی در اکوسیستم‌های کشاورزی در کنترل طبیعی دخیل هستند. بنابراین کنترل بیولوژیک روی دستکاری این برهم‌کنش‌ها برای کاهش تعداد آفت و محدود کردن خسارت به محصول متمرکز می‌شود.

همان طوری که امروزه تجربه شده است کشاورزی یکی از مهم‌ترین عوامل موثر در اختلال و برهم‌زنی اکوسیستم‌ها است. بروز آفات به کرات نتیجه مستقیم این اختلال بوده است. با وجود این، آفات بالقوه معینی به وسیله مجموعه‌ای از دشمنان طبیعی اندمیک موجود در یک منطقه تحت کنترل طبیعی نگه داشته می‌شوند. مدرک و دلیل این کارایی عوامل کنترل طبیعی در مواردی از طغیان مجدد و جایگزینی همچنان که در فصل ۱۲ بحث شد، فراهم می‌شود. از طرف دیگر، طغیان آفات روی همه محصولات اصلی سراسر جهان گواه این حقیقت است که آفات در نبود روش‌های کنترل، مخرب می‌شوند.

این حقیقت که بعضی از جانداران به وسیله بشر "آفت" در نظر گرفته می‌شوند نشان دهنده آن است که عوامل کنترل طبیعی که بقدر کافی محدود کننده تعداد موجودات بوده‌اند از زمانی که سیستم‌ها مختل شده‌اند، با شکست مواجه شده‌اند. به علاوه، تعادل‌های دینامیسمی طبیعی که در بین جانداران یک اکوسیستم وجود دارد به مدت طولانی عمل نکرده یا ممکن است ویژگی‌های سیستم مطلوب بشر را حفظ نکند. اگر کنترل بیولوژیک، یا سایر عوامل طبیعی تنظیم‌کننده رشد جمعیت، تعداد یک موجود را در زیر نقطه‌ای حفظ کنند که به وسیله فعالیت انسانی مختل می‌شود، آن موجود هنوز آفت در نظر گرفته نمی‌شود. به طور متناوب، در موارد معینی عوامل کنترل طبیعی، جمعیت آفت را در سطوح به نسبت پایین حفظ نمی‌کنند، اگرچه ممکن است تنظیم آفت بهینه به نظر برسد. به این علت که فعالیت انسان، سیستم را تا نقطه‌ای برهم زده که تنظیم جمعیت به وسیله دشمنان طبیعی امکان‌پذیر نیست ممکن است عوامل کنترل طبیعی در اکوسیستم‌های کشاورزی ناکافی باشند.

در کشورهای پیشرفته غربی، عملیات کشاورزی امروزی گسترده هستند و عملیات‌های اصلی تولید و کشت محدودکننده تنوع زیستی بوده و ممکن است در تنظیم طبیعی جمعیت نقش داشته باشند. در یک مقیاس اکولوژیکی یا تکاملی بعید است که بیشتر موجودات اندمیک، که به طور گسترده‌ای مورد هجوم قرار گرفته‌اند، آفات اصلی در نظر گرفته شوند چراکه از لحاظ بیولوژیکی تا نقطه‌ای کنترل خواهند شد که نیازی به روش‌های کنترلی دیگر نباشد. فعالیت انسان اکوسیستم‌ها را تا اندازه‌ای تغییر داده است که کنترل‌های طبیعی نمی‌توانند سطحی از مهار جمعیت آفت تحمیل شده به وسیله نیازهای انسان را فراهم کند. ضروری است که روش‌های مدیریتی نظیر

کاربرد آفت‌کش با روش‌های دیگر تلفیق شوند تا به کنترل‌های بیولوژیکی جهت محدود ساختن جمعیت آفت کمک کنند. در آینده، قابل تصور است که سیستم‌هایی درکشاورزی طراحی خواهند شد که اختلال در جمعیت آفت را به منظور تقویت کنترل بیولوژیکی آفت کاهش خواهند داد به طوری که مدیریت مناسب حفظ شود، بنابراین امکان تولید رضایت‌بخش مورد نیاز انسان فراهم خواهد شد.

گونه‌های غیربومی یا مهاجم، متفاوت از گونه‌های بومی هستند و همان طوری که در فصل ۱۰ بحث شد بسیاری از گونه‌های مهم در اکوسیستم‌های کشاورزی گونه‌های وارداتی هستند. گونه‌های وارداتی ممکن است به آفت تبدیل شوند زیرا زیستگاه جدید دارای غذای کافی برای حمایت از تولیدمثل فراوان آن‌ها هست و همچنین دشمنان طبیعی تنظیم‌کننده جمعیت آفت موجود در زیستگاه بومی، در محیط زیست جدید وجود ندارد. جستجو برای دشمنان طبیعی که آفت وارداتی را در زیستگاه بومی مهار می‌کنند می‌تواند منجر به یافتن جاندارانی شود که از آفت تغذیه کرده و اندازه جمعیت آن را تنظیم می‌کنند. فرایند اکتشاف و جستجوی دشمنان طبیعی در کشورهای منشاء یک آفت غیربومی (خارجی)، جهت استفاده از دشمنان طبیعی و رهاسازی آن‌ها در محیط زیست جدید «کنترل بیولوژیک کلاسیک» نامیده می‌شود.

بعید است که خیلی از گونه‌های علف هرز را بتوان از طریق روش‌های بیولوژیکی کنترل کرد زیرا بیشتر گیاهانی که علف‌های هرز در نظر گرفته می‌شوند در همه‌ی نواحی جهان علف هرز هستند، اگرچه تعدادی از علف‌های هرز دائمی (چند ساله) که به اکوسیستم‌های جدید وارد شده‌اند دستخوش کنترل بیولوژیک موفق قرار گرفته‌اند. نباید چنین مثال‌هایی را موفقیت در کنترل بیولوژیک برای همه گونه‌های علف‌های هرز دانست.

کنترل بیولوژیک تلاشی برای استقرار مجدد دشمن طبیعی تنظیم‌کننده جمعیت در اکوسیستم کشاورزی است که در یک وضعیت ناپایدار حفظ می‌شود. در کنترل بیولوژیک کلاسیک، دشمنان طبیعی آفات پیدا می‌شوند و به ناحیه‌ای که آفت تشکیل کلنی داده، وارد می‌شوند. در سراسر جهان مثال‌های متعددی از کنترل بیولوژیک موفقیت‌آمیز آفات اصلی در بسیاری از محصولات وجود دارد. شپشک استرالیایی در باغ‌های مرکبات امریکای شمالی (کالیفرنیا) قدیمی‌ترین و بهترین مثال شناخته شده از کنترل بیولوژیک کلاسیک موفق است (شکل ۳-۷ را ببینید). شپشک استرالیایی صنعت مرکبات را در قرن نوزدهم نابود کرد ولی امروزه از طریق کنترل بیولوژیکی بقدری کنترل شده که مدت زیادی است که یک آفت اصلی در نظر گرفته نمی‌شوند.

یک نگرانی درباره ایمنی اکولوژیکی کنترل بیولوژیک وجود دارد. بیشتر حشره‌شناسان عقیده دارند که کنترل بیولوژیک روشی بسیار مطلوب در یک برنامه مدیریت آفت است. باوجود این، این دیدگاه نیاز به ارزیابی دقیقی در رابطه با سایر گروه‌های آفت دارد. همه روش‌های کنترل آفت علاوه بر

فواید دارای معایب و محدودیت‌هایی هستند و در این زمینه، کنترل بیولوژیک، که شامل وارد کردن و رهاسازی بندپایان مفید خارجی است، با سایر روش‌های مدیریت آفت تفاوتی ندارد. استفاده از کنترل بیولوژیک ممکن است اثرات منفی نامطلوب و ناخواسته‌ای روی موجودات غیر هدف اکوسیستم داشته باشد. باید یادآوری کرد که ممکن است طبیعت نسبت به دستکاری‌های انسان برهم‌کنش‌های غیر قابل پیش بینی داشته باشد.

چرا کنترل بیولوژیکی؟

کنترل بیولوژیکی یک روش مهم در سیستم‌های مدیریت تلفیقی آفات (IPM) است و باید در هر جایی که امکان‌پذیر است مورد استفاده قرار گیرد. چندین مزیت در استفاده از کنترل بیولوژیک در مقایسه با سایر روش‌های کنترل آفت وجود دارد:

۱ - اگر جمعیت‌هایی از عوامل کنترل بیولوژیک مؤثر بتوانند در یک منطقه مستقر شوند هزینه‌های بعدی وجود ندارد. بنابراین هنگامی‌که هزینه‌های اولیه استقرار دشمنان طبیعی برآورده شود کنترل بیولوژیک موفق به نسبت ارزان است.

۲ - در یک برنامه کنترل بیولوژیک که با موفقیت ایجاد شده است، هیچگاه جمعیت آفت از سطوح زیان اقتصادی تجاوز نمی‌کند. اگر جمعیت آفت شروع به زیاد شدن کند، عامل کنترل بیولوژیک افزایش می‌یابد و نرخ رشد جمعیت آفت را به شکل وابسته به تراکم کاهش می‌دهد.

۳ - کنترل بیولوژیک، باقی‌مانده‌های آفت‌کشی که قادر به آلودگی محصول یا محیط باشد، بر جا نمی‌گذارد.

۴ - کنترل بیولوژیک می‌تواند در اکوسیستم‌های دائمی گسترده مانند محصولات دائمی یونجه، بسیاری از درختان و تاکستان‌ها و مراتع خیلی مؤثر باشد. ممکن است کنترل بیولوژیک در سیستم‌های مرتعی تنها روش دوام‌پذیر از لحاظ اقتصادی در مدیریت بسیاری از آفات باشد.

۵ - برخلاف آفت‌کش‌ها و روش‌های فیزیکی، کنترل بیولوژیکی در سایر عملیات کنترل آفت اختلال ایجاد نمی‌کند.

۶ - روش‌های کنترل بیولوژیک به‌طور مرسوم برای اکوسیستم‌ها غیرمختل کننده در نظر گرفته شده‌اند. با وجود این، در برخی از موارد ممکن است اثرات ناخواسته‌ای از رهاسازی دشمنان طبیعی غیربومی آفات روی موجودات غیر هدف در مناطق جدید وجود داشته باشد (بخش‌های بعدی این فصل را ببینید). دانشمندان از طریق تحقیقات با ارزیابی عوامل کنترل بیولوژیک راه‌هایی را جستجو می‌کنند تا چنین اثراتی را روی موجودات غیر هدف به حداقل رسانیده یا حذف کنند.

مفاهیم کنترل بیولوژیک

تعاریف

در تعریف این‌که کنترل بیولوژیک متشکل از چه چیزهایی است تنوعات زیادی وجود دارد. استفاده از یک جاندار (جاندار مفید) که یا از جاندار دیگر (آفت) تغذیه کرده یا با آن رقابت می‌کند تا نرخ رشد جمعیت و خسارت ایجاد شده به وسیله آفت را کاهش دهد. مفهوم اولیه حشره‌شناسی از کنترل بیولوژیک بر مبنای برهم‌کنش‌های سطوح غذایی چندگانه، شامل دشمنان طبیعی پارازیت یا شکارگر بود که از آفت (میزبان یا شکار نامیده شدند) به عنوان یک منبع غذایی استفاده می‌کنند. در بیماری‌شناسی گیاهی و مدیریت مهره‌داران آفت، این مفهوم ممانعت رقابتی را نیز شامل می‌شود. کاهش جانداران بیماری‌زای گیاهی در این روش اغلب مهار بیماری[1] نامیده می‌شود و اصطلاح خاک بازدارنده[2] به خاک‌هایی گفته می‌شود که به علت وجود میکروارگانیسم‌هایی که آنتاگونیست[3] نماتدها و عوامل بیماری‌زای خاکزاد هستند، بیماری‌ها را مهار می‌کنند. در بعضی از متون تعریف گسترده‌تری از کنترل بیولوژیک مورد پذیرش قرار گرفته است که شامل عملیات زراعی و مقاومت گیاه میزبان است؛ چنین تعریف گسترده‌ای در این کتاب مورد پذیرش قرار نگرفته است.

در اصطلاح‌شناسی IPM، عاملی که فراهم‌کننده کنترل بیولوژیکی است یک جاندار مفید، یک دشمن طبیعی یا یک آنتاگونیست نامیده می‌شود. کنترل بیولوژیک اغلب به صورت بیوکنترل[4] کوتاه و مخفف نوشته می‌شود.

مفهوم کنترل بیولوژیک

بعد از ورود یا واردسازی یک عامل کنترل بیولوژیک (نقطه A در شکل ۱-۱۳) به یک مزرعه یا منطقه، به طور تدریجی جمعیت آن افزایش می‌یابد. سر انجام جمعیت دشمن طبیعی تا نقطه‌ای افزایش می‌یابد که در آن نقطه، شروع به کاهش نرخ رشد جمعیت آفت هدف می‌کند. این یک توصیف از فعالیت وابسته به تراکم دشمن طبیعی است. وابستگی به تراکم[5] اصطلاحی است که سازوکار بازخورد[6] بین تراکم جمعیت دشمن طبیعی و آفت را شرح می‌دهد. تعداد دشمن طبیعی بعد از افزایش میزبان هدف افزایش می‌یابد (بازخورد مثبت). هنگامی‌که تعداد دشمن طبیعی افزایش می‌یابد، تراکم‌های جمعیت میزبان مهار می‌شوند (بازخورد منفی) و کاهش تدریجی در

[1] Disease suppression
[2] Suppressive soil
[3] Antagonist
[4] Biocontrol
[5] Density dependenc
[6] Feedback

تعداد دشمن طبیعی رخ می‌دهد. پارازیتیسم یا شکارگری وابسته به تراکم در دشمن طبیعی، موجب کاهش تدریجی جمعیت آفت به پایین‌تر از تراکم تعادل جمعیت خواهد شد که از لحاظ کاربردی در منابع حشره‌شناسی سطح تعادل عمومی (GEP[1]) نامیده می‌شود. جمعیت‌ها در وضعیت تعادل عمومی (GEP) با عامل کنترل بیولوژیک در تعادل هستند. در کنترل بیولوژیک مؤثر که نیاز به مداخله دیگری وجود ندارد، وضعیت تعادل عمومی (GEP) جدید آفت باید زیر سطح زیان اقتصادی باشد (شکل ۱۳-۱).

شکل ۱۳-۱ همچنین برخی از ویژگی‌های مهم کنترل بیولوژیک را نشان می‌دهد.

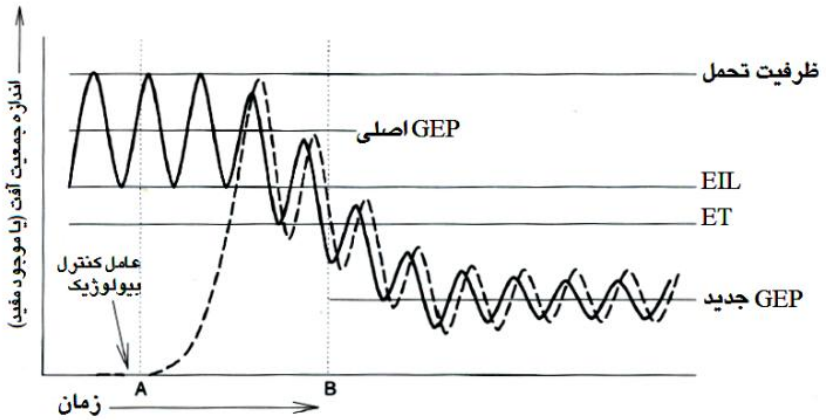
۱ - یک تأخیر زمانی اجتناب‌ناپذیر بین واردسازی عامل کنترل بیولوژیک (نقطه A) و زمان دستیابی به کاهش مؤثر آفت (نقطه B) وجود دارد. طول این تأخیر از یک یا دو هفته در موجودات (جانداران) با دوره‌های نسلی کوتاه (مانند کنه‌های تارتن) و تا چندین سال برای موجودات دارای دوره‌های نسلی طولانی (مانند یک علف هرز دائمی) متغیر است. در بیشتر موقعیت‌ها، کنترل بیولوژیک نمی‌تواند تراکم‌های جمعیت آفت را به سرعت کاهش دهد.

۲ - کنترل بیولوژیک نمی‌تواند کاهش ۱۰۰ درصدی در جمعیت آفت ایجاد کند ولی جمعیت آفت را تا حدی کاهش می‌دهد که در تعادل با جمعیت عامل کنترل بیولوژیک باشد. در برخی از موقعیت‌ها، وضعیت تعادل عمومی(GEP) ممکن است همواره بالای آستانه اقتصادی باشد. در یک برنامه کنترل بیولوژیک مؤثر باید باقی‌مانده جمعیت‌های آفت و موجود مفید روی یا داخل محصول وجود داشته باشند.

۳ - در یک سیستم کنترل بیولوژیک با کارکرد مؤثر در دوره‌های طولانی‌تر، باید دشمن طبیعی به مجردی که جمعیت آفت شروع به افزایش کرد قادر به افزایش تراکم جمعیت خود باشد (شکل ۱۳-۱: زمان بعد از نقطه B). این افزایش به وسیله موجود مفید در رابطه با تغییرات در جمعیت آفت باید به طور سریع صورت گیرد و می‌بایست افزایش تطابق زمانی با افزایش جمعیت آفت داشته باشد، در غیر اینصورت جمعیت آفت ممکن است از سطح زیان اقتصادی تجاوز کند.

۴ - ظرفیت نگهداری[2] (محیط) برای آفت تغییری نداشته باشد. هر گونه بی‌نظمی در سیستم که کارایی عامل کنترل بیولوژیک را کاهش می‌دهد بازگشت جمعیت آفت به یک سطح بالاتر را نتیجه خواهد داد.

[1] General Equilibrium Position
[2] Carrying capacity



شکل ۱۳- ۱: پویایی جمعیت نظری دلخواه یک آفت و عامل کنترل بیولوژیک در رابطه با وضعیت تعادل عمومی، آستانه‌ی اقتصادی و سطح زیان اقتصادی.

بررسی روابط غذایی

مفهوم پایه‌ای برای کنترل بیولوژیک این است که دشمن طبیعی از آفت تغذیه می‌کند و منجر به کاهش تعداد آفت می‌شود به‌طوری که آفت در بلند مدت خسارت اقتصادی ایجاد نمی‌کند. در کنترل بیولوژیک مبتنی بر ممانعت از رقابت، منابع مورد نیاز برای آفت کمتر قابل دسترس هستند زیرا به‌وسیله یک موجود غیر آفت تغذیه کننده از همان سطح غذایی مورد استفاده قرار می‌گیرند. رقابت برای منابع منجر به کاهش اثرات آفت می‌شود. استفاده از روابط غذایی مبنایی برای دستکاری عوامل کنترل بیولوژیک بوده و یک روش مدیریتی در مدیریت تلفیقی آفات (IPM) ایجاد می‌کند. اصطلاح‌شناسی مدیریت آفت به‌کار رفته برای موجودات زنده در سطوح غذایی مختلف زنجیره غذایی در فصل ۴ ارائه شد.

گیاهان، گیاه‌خواران، شکارگرها و پارازیت‌ها (انگل‌ها) شکارگری، پارازیتیسم و بیماری‌ها عمومی‌ترین انواع برهم‌کنش‌های مربوط به کنترل بیولوژیک بندپایان و علف‌های هرز هستند و همچنین در کنترل بیولوژیک نرمتنان، نماتدها و مهره‌داران به‌کار می‌روند. کنترل بیولوژیک عوامل بیماری‌زای گیاهی شامل رقابت و آنتی‌بیوز میکروبی[1]، به علاوه پارازیتیسم یا شکارگری است.

گوشت‌خواران و گیاه‌خواران دشمنان طبیعی، یا موجودات مفید، به طور معمول شکارگر یا پارازیت (انگل) مصرف‌کنندگان درجه دوم هستند که از گیاه‌خواران (مصرف‌کنندگان اولیه) تغذیه می‌کنند (شکل ۸-۴ زنجیره‌های A، B و D را ببینید). موارد استثناء شامل موجوداتی مانند نماتدها و

[1] Microbial antibiosis

کنه‌های گیاهی هستند که گیاه‌خواران را مورد حمله قرار نمی‌دهند ولی عوامل بیماری‌زای قارچی یا باکتریایی یا تجزیه‌کنندگان (به ترتیب قارچ‌خواران یا باکتری‌خواران) را طعمه خود قرار می‌دهند. گیاه‌خواران، عوامل کنترل بیولوژیک علف‌های هرز هستند: بنابراین آن‌ها بجای این‌که گوشت‌خوار باشند مصرف کنندگان اولیه هستند (شکل ۸-۴، زنجیره "علف هرز " را ببینید).

شکارگران ثانویه یا هیپرپارازیتوئیدها[1] شکارگران و پارازیت‌هایی وجود دارند که موجودات مفید را مورد حمله قرار می‌دهند و این موجودات سطح غذایی بالاتر می‌توانند کارایی عوامل کنترل بیولوژیک را محدود کنند. این قبیل موجودات با درجه بالاتر شکارگران ثانویه هستند، که وقتی بندپایان ثانویه را مورد حمله قرار می‌دهند هیپرپارازیت‌ها[2] و هیپرپارازیتوئیدها نامیده می‌شوند. در کنترل بیولوژیک علف‌های هرز، سطوح غذایی با درجه بالاتر را شکارگرهای اولیه‌ای تشکیل می‌دهند که از گیاه‌خواران (در این مورد، گیاه‌خوار دشمن طبیعی علف هرز است) تغذیه می‌کنند، بنابراین افراد یک رسته[3] موجودات مفید برای بندپایان هستند (شکل ۸-۴، زنجیره، علف هرز را ببینید). بنابراین برهم‌کنش‌های غذایی مشتمل بر هیپرپارازیت‌ها، مدیریت کنترل بیولوژیک بندپایان را با مشکل مواجه می‌کند ولی همان طوری که در پایان این فصل بحث خواهد شد آن‌ها برای کنترل بیولوژیک علف‌های هرز تأثیر مثبت دارند.

اصطلاح‌شناسی برهم‌کنش‌های سطوح غذایی با درجه بالاتر در رابطه با کنترل بیولوژیک باید با دقت به‌کار برده شود. برای نمونه، اصطلاح هیپرپارازیت تنها برای پارازیت‌های موجودات مفید به‌کار نمی‌رود. در اصطلاح‌شناسی بیماری‌شناسی گیاهی، هیپرپارازیت‌هایی از پارازیت‌های اولیه بیماری‌زای گیاهان وجود دارند. کنترل بیولوژیک تعدادی از قارچ‌های پارازیت گیاهی (مانند *Rhizoctonia solani*) می‌تواند از هیپرپارازیتیسم ناشی از قارچ‌های خاکزاد مانند *Trichoderma harziahum* بوجود آید.

رقابت در یک سطح غذایی بسیاری از بندپایان مفید (مانند شیخک معمولی[4] و بسیاری از عنکبوت‌ها) در چیزی که می‌خورند به نسبت غیر انتخابی عمل می‌کنند. دو گونه دشمن طبیعی متفاوت ممکن است از یک طعمه آفت به‌طور مشترک استفاده کنند، و همچنین این دو گونه ممکن است یکدیگر یا گونه‌های مفید دیگر را مورد حمله قرار دهند. پدیده اخیر شکار درون رسته‌ای[5] نامیده می‌شود. بعضی از دشمنان طبیعی حتی هم‌خوار[6] هستند و بنابراین (افراد) گونه

[1] Secondary predators and Hyperparasitoids
[2] Hyperparasites
[3] Guild
[4] Praying mantis
[5] Intraguild predation
[6] Cannibalistic

خودشان را مورد تغذیه قرار می‌دهند (مانند لاروهای بالتوری). شکار درون رسته‌ای و هم‌خواری در شبکه غذایی شکل ۸-۴، زنجیره A و شکل ۸-۴، زنجیره B برای درون گونه‌ها نشان داده می‌شود. این نوع برهم‌کنش‌های غذایی از دیدگاه کنترل بیولوژیکی (دارای تأثیر) منفی هستند، و می‌توانند کارایی و سودمندی چنین عوامل عمومی کنترل بیولوژیک را محدود کنند.

برهم‌کنش‌های پیچیده در بین گونه‌های دشمنان طبیعی که جان‌پناه‌های اکولوژیکی[1] مشابهی را اشغال می‌کنند، همچنین دارای یک هدف در کنترل بیولوژیک هستند. وقتی گونه‌های دشمن طبیعی به طور مستقیم وارد رقابت می‌شوند، ممکن است جایگزینی رقابت رخ بدهد که در این حالت یکی از گونه‌های این مجموعه به وسیله گونه دیگر جایگزین می‌شود. گونه جایگزین شده ممکن است در حالی که دو گونه قبلی هم زیستی داشتند در آن منطقه ناپدید شود. جایگزینی رقابتی در کالیفرنیا رخ داد به طوری که *Aphytis lignanensis* که برای کنترل شپشک سپردار قرمز کالیفرنیا واردسازی شده بود با واردسازی اخیر *Aphytis melinus* ناپدید شد. یک مثال متفاوت از جایگزینی رقابتی یا ممانعت رقابتی[2] در ادامه این فصل با موضوع کنترل بیولوژیکی عوامل بیماری‌زای گیاهی بحث می‌شود.

تغذیه سه‌سطحی و چندسطحی[3] برهم‌کنش‌های سه‌سطحی به فرایندهایی گفته می‌شود که در بین سه سطح غذایی رخ می‌دهد برای نمونه، برهم‌کنش‌های بین گیاه، آفت گیاه‌خوار و شکارگر اولیه. در برخی موقعیت‌ها آفت می‌تواند از گیاهانی که مورد تغذیه قرار می‌دهد مواد شیمیایی دریافت کند و این مواد شیمیایی ممکن است از طریق آن‌ها به موجودات مفیدی که از آفت تغذیه می‌کنند منتقل شود. این قبیل اثرات مشتمل بر سه سطح غذایی هستند. موجودات مفید در زنجیره D شکل ۸-۴ این قبیل اثر را تجربه می‌کنند؛ این ردیف در آفت D نشان می‌دهد که یک ماده از گیاه زراعی گذشته است (و به آفت منتقل شده است). بنظر می‌رسد برهم‌کنش‌های سه-سطحی به ویژه در کنترل بیولوژیک شته‌ها حائز اهمیت باشد ولی ممکن است حتی شکارگران عمومی مانند شیخک‌ها را تحت تأثیر قرار دهند. از دیدگاه کنترل بیولوژیک برهم‌کنش‌های سه-سطحی هنگامی می‌توانند مضر باشند که مواد شیمیایی منتقل شده از گیاه‌خوار روی گوشت‌خوار بازدارندگی داشته باشند. برهم‌کنش‌های سه‌سطحی دیگر، هنگامی که محرک‌های گیاهی مانند بوها (رایحه‌ها[4]) یا رنگ برای کمک به پیدا کردن طعمه (شکار) استفاده می‌شوند ممکن است برای گوشت‌خوار مطلوب باشد.

---

[1] Eological niches
[2] Competitive exclusion
[3] Tritrophic and Multitrophic feeding
[4] Odors

برهم‌کنش‌های چندسطحی در کنترل بیولوژیک بندپایان فراوان هستند. بسیاری از بندپایان مفید طی مراحل مختلف چرخه زندگی خود از سطوح غذایی مختلفی تغذیه می‌کنند. مرحله لاروی دشمنان طبیعی از یک گونه آفت تغذیه کرده و بنابراین رشد جمعیت آفت را محدود می‌کند در حالی که مرحله بالغ یا تغذیه نکرده یا از تولیدات گیاهی مانند گرده یا شهد تغذیه می‌کند. برای نمونه بسیاری از زنبورهای پارازیت برای گذاشتن تخم‌ها به تعداد زیاد، نیازمند شهد یا عسلک (از شته‌ها) هستند. به دلیل تغذیه چنین موجودات مفیدی به هر دو طریق گیاه‌خواری و گوشت‌خواری، گفته می‌شود که آن‌ها مولتی‌تروفیک هستند. یک رابطه مولتی‌تروفیکی منجر به پیچیده‌تر شدن نیازمندی‌های زیستگاه می‌شود، چون هم طعمه مناسب و هم گیاهان مناسب باید وجود داشته باشند و بنابراین دلیل اهمیت تنوع اکوسیستم برای کنترل بیولوژیک بندپایان را توضیح می‌دهد (فصل ۷ را ببینید).

پایداری منبع غذایی چرخه زندگی بیشتر عوامل کنترل بیولوژیک باید تا درجاتی از لحاظ زمانی و مکانی با منبع غذایی اولیه آن‌ها (آفت هدف) هماهنگی داشته باشد. یک دشمن طبیعی که به آفت به عنوان یک منبع غذایی متکی است، نیازمند مرحله‌ای در زندگی (مرحله استراحت) مانند اسپورها، تخم‌ها، لاروهای در حال دیاپور یا شفیره‌ها است که وقتی آفت وجود ندارد بدون غذا بقاء داشته باشند. بعضی از قارچ‌های پارازیت برای نمونه پارازیت نماتدها، موقعی که نماتدهای میزبان وجود ندارند قادر به رشد ساپروفتیک نیز هستند. بعضی از بندپایان مفید فاقد مرحله استراحت بوده و نیازمند منبع غذایی همیشگی از میزبان (میزبان‌های) مناسب هستند؛ بنابراین، وقتی آفت هدف اصلی وجود نداشته باشد یک میزبان جایگزین باید در دسترس باشد. این ویژگی به طور شماتیک در شکل ۸-۴ نشان داده شده، که در آن موجود مفید در زنجیره D نیز به عنوان یک میزبان در حال زندگی روی گیاهان خارج از اکوسیستم مدیریت شده بکار می‌رود. *Anagrus epos* پارازیت زنجرک برگ مو (شکل ۱۰-۶ را ببینید) مثالی از این نوع سازوکار بقاء است.

رقابت و آنتی‌بیوز میکروبی یک مورد اختصاصی از ممانعت رقابت شامل استفاده از منابع به وسیله یک موجود غیرهدف در سطح غذایی یکسان با آفت هدف است. این مفهوم از کنترل بیولوژیک به ویژه در کنترل عوامل بیماری‌زای گیاهی حائز اهمیت است. *Agrobacterium tumefaciens* عامل بیماری‌زای باکتریایی ایجاد کننده گال در ریشه می‌تواند با فرو کردن گیاهچه‌ها یا قلمه‌ها در یک سوسپانسیون از استرین مناسب *Agrobacterium radiobacter* کنترل شود. استرین *A. radiobacter* در ریشه‌ها تشکیل کلنی می‌دهد و یک آنتی بیوتیک (آگروسین[1]) تولید می‌کند که بازدارنده بیشتر آگروباکتری‌های بیماری‌زایی هستند که وارد ریشه می‌شوند. این عامل کنترل

[1] Agrocin

بیولوژیک اغلب آنتاگونیست نامیده می‌شود و در شکل ۶-۴ (ردیف افقی) نمایش داده شده است. همین مفهوم می‌تواند در مدیریت علف هرز که در آن یک گیاه غیر علف هرز (به طور معمول یک گیاه زراعی) از همان منابع مورد نیاز علف هرز استفاده می‌کند بکار برده شود. این روش بر خود گیاه زراعی و همچنین مقاومت گیاه میزبان مربوطه، متکی است و کنترل بیولوژیک در نظر گرفته نمی‌شود ولی شکلی از مدیریت زراعی تعریف شده و بنابراین در این کتاب ارائه می‌شود.

مفاهیم و اصطلاحات دیگر

همان‌طوری که در فصل ۱۰ ذکر شد بشر بسیاری از آفات را به نواحی جدید جهان منتقل کرده و این کار همچنان ادامه دارد. جابجایی موجودات غیربومی به مکان‌های جغرافیایی جدید یک مشکل مهم برای کشاورزی جهان، زیست‌شناسی حفاظتی، تنوع زیستی و اکولوژی است. هنگامی‌که موجودی در یک منطقه جدید مستقر می‌شود، حذف آن فوق‌العاده مشکل بوده یا امکان‌پذیر نیست. موجودات واردسازی شده به یک منطقه جدید به دلیل مناسب بودن اقلیم ممکن است رشد سریع جمعیت را تجربه کنند. آن‌ها با موجودات محلی فعالانه رقابت می‌کنند و به طور معمول بدون شکارگران و پارازیت‌های مربوطه واردسازی می‌شوند.

پارازیت‌ها موجوداتی هستند که در بیشتر دوره زندگی خود داخل یا روی بدن موجود دیگر (میزبان) زندگی کرده، مواد غذایی خود را از میزبان بدست آورده و خسارت واقعی در میزبان ایجاد می‌کنند. پارازیت‌ها می‌توانند داخلی (اندوپارازیت‌ها[1]) یا خارجی (اکتوپارازیت‌ها[2]) باشند. عوامل بیماری‌زا و نماتدهای آفت گیاهان از پارازیت‌ها هستند. پارازیت‌ها، مانند پارازیت‌های داخلی پستانداران، به طور معمول با میزبان خود در یک دوره زمانی طولانی همزیستی دارند. بقاء پارازیت بستگی به بقاء میزبان دارد، اگرچه میزبان به‌طور معمول در نتیجه تراکم‌های بالایی از پارازیت‌ها ضعیف می‌شوند. بعضی از پارازیت‌ها میزبان‌هایشان را می‌کشند و پارازیت‌هایی که مرتبط با گونه‌های میزبان جدید یا غیرمعمول هستند ممکن است برای میزبان‌ها کشنده باشند.

چون پارازیت‌های حقیقی میزبان‌هایشان را نمی‌کشند، بیشتر استفاده از آن‌ها به تلاش‌های کنترل بیولوژیکی محدود می‌شود. با وجود این، استثناهای مهمی وجود دارد مانند مواردی که پارازیت‌ها تولیدمثل در آفت هدف را از بین می‌برند. پارازیت‌هایی که در بخشی از چرخه زندگی خود میزبان-هایشان را می‌کشند توسط حشره‌شناسان پارازیتوئید به معنی «شبیه پارازیت» شناخته می‌شوند. حشرات پارازیتوئید بخاطر نیاز به نشو و نمای طبیعی خود از تخم تا حشره کامل، میزبان را می‌کشند. از لحاظ تاریخی (اصطلاح) پارازیتوئید تنها در رابطه با حشرات استفاده شده است. با

[1] Endoparasites
[2] Ectoparasites

وجود این، پارازیت‌های قارچی نماتدها، حشرات و بندپایان نیز در بخشی از چرخه زندگی خود میزبان‌هایشان را می‌کشند و بنابراین آن‌ها نیز به‌طور صحیح به‌عنوان پارازیتوئید توصیف خواهند شد. پارازیت‌های داخلی[۱] و پارازیتوئیدهای داخلی[۲] به طور داخلی محتویات بدن میزبان‌هایشان را مصرف می‌کنند؛ بسیاری از زنبورهای مفید و مگس‌ها دارای لاروهایی هستند که پارازیتوئیدهای داخلی بوده و بسیاری از قارچ‌ها به داخل بدن میزبان‌هایشان نفوذ کرده و در فرایند تولید اسپورهای جدید آن‌ها را می‌کشند. پارازیت‌های خارجی[۳] به خارج از بدن میزبان‌هایشان متصل می‌شوند و قادر به مکیدن محتویات بدن میزبان هستند. پارازیتیسم خارجی[۴] همچنین در بین زنبورها، مگس‌های پارازیت و سوسک‌ها رخ می‌دهد. به‌نظر می‌رسد پارازیتیسم داخلی در میزبان‌های حشره‌ای که در معرض دید هستند مانند لارو بالپولک‌داران تغذیه کننده از شاخ و برگ یا تخم‌ها، فراوانی بیشتری داشته باشد؛ و پارازیتیسم داخلی در نماتدهای خاکزی به نسبت عمومی است. پارازیتیسم خارجی در حشرات میزبانی که در مکان‌های حفاظت شده زندگی می‌کنند مانند برگ پیچاننده‌ها[۵]، ساقه‌خوارها و گالزاها و یا وقتی به وسیله پیله[۶] یا پوپاریوم[۷] حفاظت می‌شوند عمومیت بیشتری دارد.

هنگامی که به عوامل بیماری‌زا پرداخته می‌شود تمایز بین پارازیت‌های اجباری و پارازیت‌های اختیاری ضروری است. پارازیت‌های اجباری همیشه به یک میزبان زنده نیاز دارند در صورتی که پارازیت‌های اختیاری می‌توانند مواد غذایی را از طریق ساپروفاژی (گندخواری[۸]) نیز بدست آورند و یا از مواد پوسیده غیر زنده تغذیه کنند. حفاظت از پارازیت‌های اختیاری نسبت به پارازیت‌های اجباری آسانتر است. در بندپایان پارازیت اجباری، وقتی که میزبان اولیه اصلی وجود ندارد برای حفظ این موجودات مفید نیاز به یک طعمه جایگزین است. *Anagrus epos*، پارازیت زنجرک برگی مو، همیشه به یک میزبان مناسب نیاز دارد زیرا این پارازیت نمی‌تواند وارد دیاپوز[۹] شود (شکل ۱۰-۶ را ببینید). درختان مو خزان‌کننده[۱۰] هستند و بنابراین در زمستان زنجرک‌های برگی وجود ندارند تا پارازیته شوند. در طول فصل زمستان *Anagrus* با پارازیته کردن زنجرک برگی

[1] Endoparasites
[2] Endoparasitoids
[3] Ectoparasites
[4] Ectoparasitism
[5] Leaf roller
[6] Cocoon
[7] Puparium
[8] Saprophagy
[9] Diapause
[10] Deciduous

تمشک‌ها[1] به عنوان یک میزبان جایگزین زنده باقی می‌ماند. در بهار *Anagrus* به تاکستان‌ها بر می‌گردد و زنجرک‌های برگی برای پارازیته شدن وجود دارند. تاکستان‌های مجاور مناطق ساحلی که در آن‌ها تمشک‌ها رشد می‌کنند سطوح بالاتری از کنترل بیولوژیک را نسبت به تاکستان‌هایی مناطق دور افتاده‌تر، تجربه می‌کنند. همچنین طعمه جایگزین می‌تواند پیش از ظهور آفت هدف برای افزایش جمعیت حشره مفید استفاده شود. برای نمونه مگس‌های سیرفید[2] پیش از جابجایی برای شکار شته‌های گیاه زراعی، از شته خاربن استفاده می‌کنند.

شکارگرها جاندارانی هستند که به طور فیزیکی بخشی یا همه بدن طعمه را بلعیده و به طور معمول منجر به مرگ طعمه می‌شوند. آن‌ها به طور معمول به طور فیزیکی به بدن طعمه متصل نمی‌شوند و برای تکمیل رشد و نموشان چندین طعمه را مورد حمله قرار می‌دهند. این یک تفاوت میان شکارگران با پارازیت‌ها و پارازیتوئیدها است که در بیشتر چرخه زندگی خود تنها با یک میزبان در ارتباط هستند.

استفاده از آفت‌کش‌ها در برنامه‌های مدیریت تلفیقی آفات (IPM) نیازمند بررسی دقیق است زیرا آفت‌کش‌ها می‌توانند کنترل بیولوژیکی را مختل کنند. از مصرف آفت‌کش، به ویژه حشره‌کش‌ها در هر سیستمی که در آن عوامل کنترل بیولوژیک استقرار یافته و مؤثر هستند باید اجتناب کرد زیرا حشره‌کش‌های طیف وسیع می‌توانند بسیاری از بندپایان مفید را از بین ببرند. در اواخر دهه ۱۹۵۰ در کالیفرنیا مصرف حشره‌کش‌های طیف وسیع، کنترل بیولوژیک شپشک استرالیایی[3] را به‌وسیله کفشدوزک استرالیایی[4] در باغ‌های مرکبات حذف کرد. تنها با اجتناب از کاربرد حشره‌کش‌های طیف وسیع کنترل بیولوژیک دوباره به وجود آمد.

اگر حشره‌کش‌ها استفاده می‌شوند، بهتر است آن‌هایی که دارای سمیت پایینی برای جانداران مفید بوده، بکار برده شوند. اینها حشره‌کش‌های انتخابی هستند که در فصل ۱۱ بحث شد. به دلیل سازگاری بیشتر آفت‌کش‌های انتخابی در تلفیق با محیط زیست اغلب آفت‌کش‌های «نرم[5]» نامیده می‌شوند. سموم شیمیایی که به طور طبیعی در گیاهان و قارچ‌ها یافت می‌شوند در تولید آفت‌کش‌های زیستی[6] (آفت‌کش‌های با منشاء گیاهی[7] نامیده می‌شوند) مورد استفاده قرار گرفته‌اند. تعدادی از آفت‌کش‌های زیستی سطوح بالایی از انتخابی بودن را نشان می‌دهند و دارای حداقل

[1] Black berries
[2] Syrphid flies
[3] Cottony cushion scale
[4] Vedalia beetle
[5] Soft pesticides
[6] Biopesticides
[7] Biorational pesticides

تأثیر مستقیم روی جانداران مفید هستند. یک روش برای به حداقل رساندن تـأثیر حشـره‌کـش‌هـا روی جانداران مفید، انتخاب مصنوعی نژادها یا استرین‌هایی از دشمنان طبیعی مفیدی است که بـه حشره‌کش‌ها مقاوم هستند. تلاش‌های زیادی برای تولید استرین‌هـایی از کنـه‌هـای شـکارگر دارای سطوح بالایی از مقاومت به حشره‌کش صورت گرفته است.

قارچ‌کش‌ها و نماتدکش‌ها نیز دارای پتانسیل کاهش یا حذف کنترل بیولوژیکی حشرات و علف‌هـای هرز به وسیله عوامل بیماری‌زا و نماتدها هستند. به طور مشابه، ایـن مـواد شـیمیایی مـی‌تواننـد در کنترل بیولوژیکی عوامل بیماری‌زا و نماتدها اختلال ایجاد کنند. بنظر نمی‌رسد که علف‌کـش‌هـا در بیشتر موارد کنترل بیولوژیکی اثرات مستقیمی داشته باشند ولی استفاده از آفت‌کش‌ها می‌تواند بـه طور مستقیم منابع مورد نیاز عوامل کنترل بیولوژیک را از طریق تغییر در ترکیب فلـور اکوسیسـتم تغییر دهند.

اصول پایه‌ای

به منظور ایجاد یک برنامه کنترل بیولوژیک از چندین اصل باید پیـروی شـود. تعـدادی از آن‌هـا در بخش بعدی بحث می‌شود.

شناسایی دقیق آفت هدف شناسایی تاکسونومیکی دقیق آفت هدف ضروری است در غیر اینصورت جانداران مفید انتخاب شده برای استفاده ممکن است از آفت هدف تغذیه نکنند. بسیاری از عوامـل کنترل بیولوژیکی به نسبت از تخصص میزبانی برخوردار هستند و شناسـایی نادرسـت آفـت هـدف ممکن است به شکست عوامل کنترل بیولوژیک غیربومی واردسازی شـده منجـر شـود. یـک مثـال شپشک آردآلود ریشه قهوه[1] در کنیا است. شناسایی نادرست ایـن شپشـک آردآلـود منجـر بـه وارد کردن دشمنان طبیعی‌ای شد که از گونه شپشک آردآلود هدف تغذیه نکردند. تنها بعد از شناسـایی دقیق، عوامل کنترل بیولوژیک مناسب وارد شده و شپشـک آردآلـود را کنتـرل کردنـد. وارد کـردن اشتباهی گونه‌های گیاه‌خواران علیه سرخس آبی سالوینیا[2] مثال دیگری از اهمیت (علم) تاکسونومی است. همچنین دستیابی به شناسایی دقیق دشمنان طبیعی به‌کار گرفته شده به همین دلیـل مهـم است. تفاوت‌ها در زیست‌شناسی گونه‌های دارای وابستگی نزدیک ممکن است تعیین کننده موفقیت یا شکست یک برنامه کنترل بیولوژیک باشد.

منبع جاندار مفید در برنامه کنترل بیولوژیک باید از یک دشمن طبیعی مناسب اسـتفاده شـود. در حال حاضر، عوامل کنترل بیولوژیک بومی یا اندمیک[3] هستند. در آینـده، دشـمنان طبیعـی ممکـن است به کمک فناوری مهندسی ژنتیک تکثیر یا تولید شوند.

---

[1] Coffee root mealybug
[2] Salvinia
[3] Endemic

عوامل غیر بومی (خارجی) اکتشاف خارجی در ناحیه‌ای اجرا می‌شود که آفت به طور طبیعی یافت می‌شود و جاندارانی که آفت هدف را شکار یا پارازیته کرده شناسایی می‌شوند. چراکه بسیاری از آفاتی که مورد هدف کنترل بیولوژیک هستند در اصل واردسازی شده‌اند (فصل ۱۰ رابببینید). اکتشاف خارجی به طور معمول در منطقه جغرافیایی که آفت هدف از آن منطقه منشاء گرفته انجام می‌شود. هنگامی‌که یک دشمن طبیعی بالقوه شناسایی شد، پیش از آنکه بتواند برای اهداف کنترل بیولوژیک واردسازی شود دستخوش تحقیقات برای پتانسیل کارایی، اختصاصی بودن میزبان و ایمنی برای جانداران غیر هدف قرار می‌گیرد.

عوامل داخلی اگر جانداران مفید بومی در سیستم وجود داشته باشند، نیازی به وارد کردن نیست. عیب استفاده از جانداران مفید بومی در این است که آن‌ها خودشان دارای دشمنان طبیعی هستند یا جاندارانی با درجه بالاتر وجود دارند که از آن‌ها تغذیه می‌کنند. بیشتر این دشمنان طبیعی نرخ رشد جمعیت جاندار مفید مناسب را محدود می‌کنند به طوری که نمی‌توانند در آفت هدف کنترل کافی ایجاد کنند.

اختصاصی بودن عامل دامنه میزبانی عامل کنترل بیولوژیک باید تعیین شود. یک موضوع اساسی در کنترل بیولوژیک آن است که عامل بیوکنترل نباید هیچ جاندار غیر هدف سودمند برای انسان یا جانداران بومی اکوسیستم‌های طبیعی را مورد حمله قرار دهد.

اگر عوامل کنترل بیولوژیک علف‌های هرز گیاهان میزبان خود را تغییر دهند، نتیجه ممکن است به طور بالقوه اثرات اقتصادی بزرگتری نسبت به اینکه اگر یک حشره، میزبان خود را به حشره دیگری تغییر دهد، داشته باشد. با وجود این، تغییرات در هر دوی اینها ممکن است پیامدهای اکولوژیکی عمیقی داشته باشد. بعضی از عوامل کنترل بیولوژیک وارد شده به هاوایی برای مدیریت بندپایان آفت تغییر میزبان داده‌اند به طوری که از گونه‌های بومی همان خانواده به‌عنوان آفت تغذیه می‌کنند که نتیجه‌اش خطر انقراض گونه‌های محلی (بومی) است. انقراض چنین گونه‌های بومی تنوع زیستی را کاهش می‌دهد و می‌تواند عدم تعادل اکولوژیکی ایجاد کند. بعلاوه، یک عامل کنترل بیولوژیک بندپای واردسازی شده نباید زنبورهایی را که گرده‌افشان‌های مهمی هستند مورد حمله قرار دهد.

به‌طور مطلوب، یک عامل کنترل بیولوژیک باید دامنه میزبانی خیلی محدودی داشته باشد (الیگوفاژ[1] باشد)، تا حدی که وقتی میزبان در دسترس نباشد بمیرد یا این‌که عامل کنترل بیولوژیک باید وقتی که میزبان هدف وجود ندارد وارد یک مرحله استراحت غیر فعال شود. رهاسازی دشمنان طبیعی در مناطق جدید تنها هنگامی تأیید می‌شود که عامل کنترل بیولوژیک مورد آزمایش قرار گرفته و معلوم شود که هیچ تهدیدی برای طیف وسیعی از جانداران غیرهدف ندارد. در واقع،

[1] Oligophageus

کنترل فعالیت یک دشمن طبیعی علیه همه گونه‌های غیر هدف احتمالی امکان‌پذیر نیست. بنابراین رهاسازی هر عامل کنترل بیولوژیک غیر بومی (خارجی) یک خطر پیش‌بینی شده است.

کشت، پرورش و تحویل عوامل کنترل بیولوژیک اگر قرار باشد دشمنان طبیعی به تعداد زیاد رهاسازی شوند، باید یک روش قانع‌کننده‌ای برای پرورش عامل (کنترل بیولوژیک) در شرایط مصنوعی وجود داشته باشد. فرایندهای پرورش مؤثر به‌ویژه برای دشمنان طبیعی‌ای مهم هستند که برای رهاسازی‌های اشباعی تولید می‌شوند (بخش زیر را ببینید). پرورش می‌تواند مشکل‌ساز باشد. برای نمونه، *Pasteuria penetrans* پارازیت باکتریایی اجباری نماتد برای کنترل بیولوژیکی نماتدهای پارازیت گیاهی نظیر نماتدهای ریشه گره‌ای بسیار نویدبخش است ولی در حال حاضر روشی برای کشت تعداد کافی این عامل وجود ندارد. هزینه بالای پرورش عامل بیماری‌زای قارچی *Colletotrichum gloeosporoides* برای کنترل jointvetch شمالی، یکی از دلایل عدم دسترسی این عامل بیماری‌زای کنترل بیولوژیک از لحاظ تجاری برای مدت طولانی است.

نه تنها باید بتوان عامل کنترل بیولوژیک را پرورش داده یا کشت کرد بلکه سازوکارهایی نیز باید برای تحویل مناسب و توزیع عامل به داخل اکوسیستم وجود داشته باشد، بدون این‌که عامل کنترل بیولوژیک شایستگی خود را از دست بدهد. چنانچه هدف عامل کنترل بیولوژیک یک آفت خاکزی باشد، تحویل و توزیع آن در خاک فوق‌العاده مشکل است. رهاسازی‌های انبوه جانداران مفید روی زمین مشابه سمپاشی آفت‌کش نیستند، چراکه ماده مؤثر باید زنده و قوی نگه داشته شود به طوری که قادر باشد در محیط جدید به وظیفه خود به طور طبیعی عمل کند. برای تعداد به نسبت کمی از بندپایان متحرک، توزیع می‌تواند به سادگی از طریق باز کردن یک ظرف و اجازه دادن برای پرواز انجام شود. در جایی که روش‌های اشباعی به تعداد زیادی مورد نیاز باشند باید سیستم‌های تحویل پیشرفته‌ای تعبیه شود.

محدودیت‌های اکوسیستم یک عامل کنترل بیولوژیک کلاسیک تنها زمانی موفق خواهد بود که شرایط اکوسیستم برای افزایش سریع جمعیت مناسب باشد. قبل از واردسازی و رهاسازی یک عامل کنترل بیولوژیک بالقوه باید هر دوی، شرایط زیست محیطی و پایداری زیستگاه به طور مناسبی مورد ارزیابی قرار گیرد. اگر شرایط نامناسب باشد، دشمن طبیعی نخواهد توانست به شکل مطلوب آفت را کنترل کند یا ممکن است در یک زیستگاه نامطلوب مستقر شود.

محیط زیست در محیط زیستی که قرار است عامل کنترل بیولوژیک رهاسازی شود دامنه دمایی باید مناسب باشد. در بسیاری از سیستم‌ها، دماهای پایین بقاء عوامل کنترل بیولوژیک را محدود می‌کنند. برای نمونه، *Pediobius foveolatus*، یک زنبور پارازیت بومی در مناطق گرمسیری استوایی هندوستان، برای کنترل سوسک مکزیکی لوبیا روی سویا به نواحی گرم آمریکای شمالی

وارد شد. این پارازیتوئید طی فصل رشد تابستان مؤثر است ولی نمی‌تواند در زمستان زنده بماند. برای افزون‌سازی و توزیع طبیعی زنبور در مزارع سویا هر ساله محیط کشت‌های زنبورهای زمستانگذران در آزمایشگاه نگه‌داری می‌شوند و زنبورها در کرت‌های کوچک خزانه‌ای رهاسازی می‌شوند. بارندگی طول روز می‌تواند دامنه برخی از عوامل کنترل بیولوژیک را محدود کند. رطوبت برای استقرار عوامل بیماری‌زا در نقش عوامل کنترل بیولوژیک بسیار حائز اهمیت است. برای نمونه، رطوبت پایین سودمندی عوامل بیماری‌زا را برای کنترل بیولوژیک در نواحی با آب و هوای خشک محدود می‌کند.

پایداری زیستگاه بیشتر عوامل کنترل بیولوژیک برای رشد جمعیت و بقاء به زیستگاهی به نسبت پایدار نیاز دارند. عدم وجود پایداری در بیشتر اکوسیستم‌های کشاورزی به دلیل خاک‌ورزی دوره‌ای و عملیات برداشت مشکل‌ساز است. اگر عامل کنترل بیولوژیک نتواند در یک منطقه مستقر شود، باید آن عامل در دوره‌ای که ضرورت ایجاب می‌کند دوباره واردسازی شود. پایدار بودن اکوسیستم بزرگتر، دلیل اصلی موفقیت بیشتر عوامل کنترل بیولوژیک در باغات و سیستم‌های وسیع کشت نشده نسبت به محصولات ردیفی کشت‌پذیر با فصل رشدی کوتاه است.

عاری بودن از هیپرپارازیت‌ها اگر عامل کنترل بیولوژیک به یک منطقه جدید واردسازی شود ضروری است که پارازیت‌ها یا شکارگران این عامل همراه با آن واردسازی نشوند. برای نمونه، سودمندی سرخرطومی بذر خارخسک[1] به وسیله یک پارازیتی که مانع از دستیابی سرخرطومی به سطوح جمعیتی بالا شده، محدود می‌شود. پیش از رهاسازی یک عامل کنترل بیولوژیک باید جانداران سطح بالاتر برای تعیین دامنه هیپرپارازیتیسم احتمالی مورد ارزیابی قرار گیرند. البته، ارزیابی همه احتمالات مربوط به این موضوع مشکل است و هیپرپارازیت‌ها سودمندی برخی از عوامل بندپای واردسازی شده را محدود ساخته‌اند (بخش بعدی در مورد بندپایان در نقش عوامل کنترل بیولوژیک را ببینید).

پایش[2] فرایند پایش سطح کنترل بیولوژیک موجود در یک اکوسیستم کشاورزی یک بخش جدایی ناپذیری از IPM است. برنامه‌های مدیریتی برای بسیاری از حشرات، لزوم پایش گونه آفت و عوامل کنترل بیولوژیکی آن‌ها و همچنین سطوح فعالیت آن‌ها را مورد تأکید قرار می‌دهد. پایش، تخمین نسبتی از جمعیت آفت تحت کنترل بیولوژیک را امکان‌پذیر می‌سازد. برای پارازیت‌ها، چنین تخمین‌هایی به صورت درصدی از جمعیت آفت که به وسیله یک جاندار مفید مورد حمله قرار می‌گیرد و درصدی که مورد حمله قرار نمی‌گیرد، بیان می‌شود، در حالی‌که برای شکارگرها نسبت تعداد آفت به تعداد جانداران مفید بکار برده می‌شود. اگر فعالیت عامل کنترل بیولوژیک به اندازه

[1] Puncturevine seed weevil
[2] Monitoring

کافی بالا باشد ممکن است کاربرد تیمارهای دیگر ضرورتی نداشته باشد، یا ممکن است این پیش-بینی امکان‌پذیر باشد که عامل کنترل بیولوژیک بالاخره به سطح مناسبی افزایش خواهد یافت که در چنین سطحی تیمارهای دیگر غیرضروری هستند.

رابطه عددی بین فراوانی آفت و فراوانی دشمن طبیعی تعیین آنچه که «آستانه عمل» تعریف می‌شود را امکان‌پذیر می‌سازد. بعضی از آستانه‌های تصمیم‌گیری شامل ارزیابی کنترل بیولوژیک است. اگر (جمعیت آفت) به آستانه اقتصادی رسیده باشد ولی دشمنان طبیعی کافی در سیستم وجود نداشته باشند به تأخیر انداختن عملیات کنترل برای مشاهده اینکه آیا کنترل بیولوژیک به یک سطح قابل قبولی افزایش یابد امکان‌پذیر است. این حالت تنها برای محصولاتی بکار می‌رود که خسارت زیبایی[1] در آن‌ها ایجاد نمی‌شود. برای محصولاتی که معیارهای زیبایی در آن‌ها مطرح است خسارتی که طی دوره "wait and see" رخ می‌دهد احتمالاً غیر قابل قبول خواهد بود. یک معیار تجربی برای تعیین نیاز به تیمار کنه‌ها در درختان بادام عبارت است از تعیین نسبتی از (آفت) گیاه‌خوار به کنه‌های شکارگر و تریپس‌های شش نقطه‌ای (حشرات مفید). یک مثال دیگر کنترل پروانه یونجه است، توصیه به استفاده از حشره‌کش صورت نمی‌گیرد مگر اینکه بیش از ۱۰ لارو پارازیت نشده در هر نمونه از تور حشره‌گیری وجود داشته باشد. این تصمیم بر مبنای فراوانی لاروهای پارازیت نشده استوار است زیرا اگر کنترل بیولوژیک مناسبی وجود داشته باشد، تیمار یک آفت‌کش غیر ضروری بوده و حتی ممکن است وضعیت را بدتر کند، چون احتمال طغیان مجدد آفت همواره وجود دارد.

محدودیت‌ها در کنترل بیولوژیک

چندین عامل می‌تواند موفقیت کنترل بیولوژیک را محدود کند و بسیاری از این عوامل مخالف اصولی هستند که در بخش قبلی ذکر شد.

ارزش برای انسان چون مفهوم آفت یک مفهوم انسان‌محور[2] است، افرادی که در گروه‌های مختلف کار می‌کنند درک متفاوتی از علف‌های هرز دارند و ارزش‌های متفاوتی برای گیاهان یکسان قائل هستند. گیاهی که برای یک گروه علف هرز تلقی می‌شود ممکن است برای گروه دیگر یک گیاه مفید باشد. گل گندمی زرد یک چنین علف هرزی است که برای زنبورداران مفید تلقی می‌شود ولی یک مشکل بزرگ در مراتع غرب ایالات متحده است. تلاش‌ها برای واردسازی عوامل کنترل بیولوژیک این علف هرز برای زنبورداران یک نگرانی در نظر گرفته می‌شود زیرا گل گندمی زرد فراهم کننده یک منبع عالی گرده و شهد در مواقعی است که تعداد کمی گل‌های جایگزین وجود

[1] Cosmetic damage
[2] Anthropocentric

دارد. یک مورد مشابه از چنین دوگانگی در استرالیا رخ داد، هنگامی که تلاش‌ها برای واردسازی عامل کنترل بیولوژیک *Echium plantagineum* از دیدگاه افراد با بیم و دلهره یا امید همراه بود. این گیاه به وسیله زنبورداران، Salvation Jane، نامیده می‌شود زیرا منبع خوبی از شهد است. ولی به وسیله دامداران "Patterson" نامیده می‌شود زیرا این گیاه برای حیوانات چرنده سمی است. این قبیل دوگانگی در تعیین ارزش کنترل بیولوژیکی آفات به غیر از علف‌های هرز مشخص نشده است.

پایداری اکوسیستم اکوسیستم‌های کشاورزی همیشه اختلالاتی را تجربه می‌کنند و بنظر می‌رسد عدم وجود پایداری یک محدودیت جدی در موفقیت کنترل بیولوژیک است. همان طوری که در فصل ۷ بحث شد، پایداری اکوسیستم یک دلیل اصلی برای نظریه‌های افزایش تنوع در اکوسیستم‌های کشاورزی است. امروزه تلاش‌هایی برای افزایش تنوع در اکوسیستم‌های کشاورزی از طریق ایجاد پناهگاهایی در حاشیه‌های مزارع و حتی نوارهایی از علف‌های هرز در مزارع صورت گرفته است. در بیشتر موارد اطلاعات بیولوژیکی یا اقتصادی اندکی برای اثبات سودمندی این قبیل تغییرات زیستگاه برای اهداف کنترل بیولوژیکی وجود دارد. در نبود چنین اطلاعاتی، باید نقش این تغییرات در زیستگاه به سبب دارا بودن پتانسیل برهم‌کنش‌های مخرب از دیدگاه IPM مورد ارزیابی واقع شود (فصل ۷ رابببینید).

فقدان کنترل مناسب هم چنان که در ابتدا ذکر شد، از لحاظ اکولوژیکی این احتمال وجود ندارد که کنترل بیولوژیکی بتواند به مهار ۱۰۰ درصدی هر جمعیت آفت دست یابد. برای محصولات بازاری تازه که زیبایی ظاهری نقش مهمی‌در خرید آن‌ها ایفاء می‌کند، کنترل کمتر از ۱۰۰ درصدی آفت ممکن است قابل قبول نباشد، زیرا هر گونه خسارتی به این محصول می‌تواند آنرا غیر قابل خرید و فروش سازد (برای مشکلات مربوط به زیبایی ظاهری محصولات فصل ۱۹ را ببینید).

طول دوره زمانی که دشمنان طبیعی نیاز دارند تا جمعیت‌های آفت هدف را کاهش دهند ممکن است مشکل‌ساز باشد زیرا ممکن است کنترل بیولوژیکی در دستیابی به مهار کافی (جمعیت) آفت به نسبت به آهستگی عمل کند. جمعیت جانور مفید تنها بعد از افزایش جمعیت آفت، می‌تواند افزایش یابد که در آن موقع خسارت مربوط به زیبایی یا خسارت‌های دیگر ممکن است رخ داده باشد. بدین معنی که تشکیل جمعیت جانور مفید ممکن است به اندازه کافی سریع نباشد تا در محصولاتی بازاری تازه دارای فصل (رشدی) کوتاه مانند کاهو بتواند کنترل مناسبی ایجاد کند. برای نمونه، ویروس‌های پلی هیدروز[1] مورد استفاده در کنترل حشره سرانجام آفت هدف را می‌کشند. مشکلی که در زمان آلودگی وجود دارد این است که حشره به تغذیه خود ادامه می‌دهد و برای چند

[1] Polyhedrosis viruses

روز تا روزهای زیادی قبل از اینکه به وسیله ویروس از پای در آید، در محصول خسارت ایجاد می‌کند. گاهی وجود تأخیر بین کاربرد دشمن طبیعی و اثر آن روی آفت هدف پیامد محدود کننده برای محصولات با فصل (رشدی) بلند است مانند چغندر قند یا سویا، که یک Baculovirus با موفقیت زیادی به کار گرفته شده ولی می‌تواند برای محصولات با فصل (رشدی) کوتاه مانند کاهو یا کلم بروکلی[1] فاجعه‌آمیز باشد.

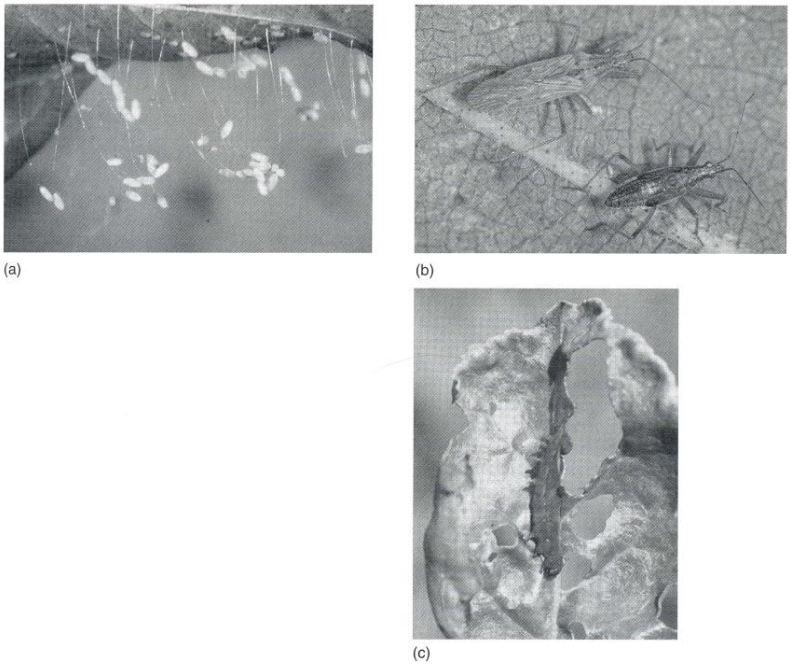
سازگاری با سایر روش‌های IPM در سیستم‌های IPM که از آفت‌کش‌ها استفاده می‌شود مشکلاتی در رابطه با ناسازگاری قارچ‌کش و حشره‌کش نسبت به عوامل کنترل بیولوژیک وجود دارد. این قبیل مواد شیمیایی می‌توانند رشد عوامل کنترل بیولوژیک را مختل کرده یا آن‌ها را بکشند. کنترل بیولوژیکی به طور معمول برای یک گونه معین آفت اختصاصی است و آفات دیگری که وجود دارند باز هم باید مدیریت شوند. اگر این مدیریت شامل استفاده از یک آفت‌کش باشد، سازگاری با کنترل بیولوژیک باید در نظر گرفته شود.

آلودگی در محصول برداشت شده یک امتیاز کنترل بیولوژیکی این است که در محصول باقی‌مانده‌های آفت‌کش بجای نمی‌گذارد. هرچند، عوامل کنترل بیولوژیکی باقی‌مانده می‌توانند خودشان در محصول برداشت شده یک مشکل باشند. در جوامع غربی بیشتر مصرف‌کنندگان، محصولات آلوده به حشرات مفید مانند تخم‌های بالتوری (شکل ۱۳-۲ a) یا سن‌ها (شکل ۱۳-۲ b) را بیشتر از محصولات آلوده به یک حشره آفت نخواهند خورد. این تحمیل کننده یک محدودیت جدی در زمینه قابلیت بهره‌مندی کنترل بیولوژیک برای IPM در این قبیل سبزیجات و میوه‌های تازه است زیرا این قبیل حشرات احتمالاً در محصول یافت خواهند شد. در این موقعیت، باقی‌مانده‌های عامل کنترل بیولوژیک می‌تواند مانع از استفاده کنترل بیولوژیک شود. کنترل بیولوژیکی به وسیله ویروس‌های پلی هیدروز می‌تواند بسیار مؤثر باشد، ولی لاشه‌های کرم (لارو) برای روزهای زیادی در محصول باقی می‌ماند (شکل ۱۳-c۲). وجود لاروهای مرده پروانه‌ها در کلم بروکلی یا مومیایی‌های شته‌های پارازیته شده در کاهو برای مصرف‌کنندگان ناخوشایند هستند.

ارزیابی عامل کنترل بیولوژیک برای جاندار هدف کنترل بیولوژیک بعضی از آفات می‌تواند از طریق توانایی عامل در پیدا کردن شکار (آفت) محدود شود. توانایی پیدا کردن میزبان یک جزء مهم در معادله کنترل بیولوژیک است. شته قرمز سیب[2] یک توکسین داخل برگ‌های سیب تزریق می‌کند که موجب پیچیدگی برگ می‌شود. شته داخل برگ‌های پیچیده زندگی می‌کند و از (دید) پارازیت‌هایی مانند زنبورها، مخفی شده و در نتیجه از شکار شدن یا پارازیتیسم رهایی می‌یابد.

[1] Broccoli
[2] Rosy apple aphid

عدم قابلیت دسترسی در جانداران مفید یک مشکل عمده در رابطه بـا برخـی از حشـرات آفـت در سبزیجاتی مانند کلم بروکلی و کلم‌گل (آفت در رأس گل مخفی می‌شود) و جوانـه‌هـای Brussels (شته‌های کلم داخل جوانه‌ها بسر برده و مخفی هستند) است.



شکل ۱۳- ۲: نمونه‌هایی از عوامل کنترل بیولوژیک که قادرند محصول تازه را آلوده کننـد. (a) تخـم‌هـای بالتوری؛ (b) سن و (c) بقایای لارو کشـته شـده توسـط یـک ویـروس چنـدوجهی. منبـع: تصـویر (a) از Marcos Kogan؛ تصویر (b) از Jack Clark در قالب برنامه IPM ایالتی دانشگاه کالیفورنیا و تصویر (c) از Robert Norris.

ایجاد کنترل بیولوژیک در خاک به دلیل عدم توانایی عوامل کنتـرل بیولوژیـک در پـراکنش و پیـدا کردن شکارشان مشکل است. به طور مشابه، افزودن عوامل کنترل بیولوژیک به خاک به روشی کـه توزیع و پراکنش عامل را در تمام پروفیل خاک تضمین کند به دلیل ماهیت نیمه جامد بودن خـاک مشکل است.

اختصاصی بودن نژاد میزبان همان پدیده‌های اکولوژیکی که برای مقاومت آفت‌کش در جمعیت‌های آفت انتخابی هستند در رابطه با عوامل کنترل بیولوژیک نیز انتخابی عمل می‌کننـد. عامـل کنتـرل بیولوژیک فشار انتخابی مداومی روی آفت میزبان ایجاد می‌کند، و بنابراین اجتناب‌ناپـذیر اسـت کـه

بیوتیپ‌هایی از میزبان که دشمن طبیعی را بهتر تحمل کرده یا از آن رهایی یافته، زنده باقی‌مانده و تولیدمثل کنند. چنین انتخابی ممکن است کارایی برنامه‌های کنترل بیولوژیک را وقتی میزبان هدف می‌تواند ایجاد مقاومت کند محدود کند (یعنی یک نژاد جدید). این پدیده در کنترل بیولوژیکی علف‌هرز اسکلتی در استرالیا با استفاده از قارچ زنگ *Puccinia chondrillina* مشاهده شده است. از موقعی که زنگ برای اولین بار واردسازی شد سطح کنترل کاهش یافته است و این کاهش به کارایی انتخاب نژادهای متحمل به زنگ در علف‌هرز نسبت داده می‌شود.

شاید بهترین مورد مستند از مقاومت بندپایان به یک عامل کنترل بیولوژیک، مقاومت گونه‌های مختلف آفت به عامل بیماری‌زای *Bacillus thuringiensis* باشد. مقاومت اولین بار علیه فرمولاسیون‌های Bt در جمعیت‌هایی از شب‌پره پشت الماسی در هاوایی گزارش شد و درباره پایداری واریته‌های محصول تغییر یافته از لحاظ ژنتیکی پرسش‌های جدی ایجاد کرد (در فصل ۱۲ و ۱۷ این بحث را ببینید). همچنین پارازیتوئیدهای با تخصص میزبانی بالا فشار انتخابی قابل توجهی روی میزبان‌هایشان اعمال می‌کنند به طوری که بروز مقاومت امکان پذیر می‌شود. به هرحال، گزارش‌های کمی از این قبیل بروز مقاومت وجود دارد. زنبور ایکنئومونید برای کنترل زنبور تخمریز اره‌ای کاج فرنگی[1] به آمریکای شمالی وارد شد. زنبور تخمریز اره‌ای بعد از ۲۷ سال قرارگیری در معرض زنبور ایکنئومونید ایمنی پیدا کرد. استرین مقاوم زنبور تخمریز اره‌ای دارای توانایی فیزیولوژیکی کپسوله کردن[2] پارازیتوئید داخلی بوده و مانع از تغذیه بیشتر میزبان به وسیله لاروهای زنبور پارازیتوئید می‌شود. هیچ گزارشی از بروز مقاومت در یک شکار نسبت به شکارگر وجود ندارد، که بیشتر بدلیل رفتار تغذیه‌ای عمومی‌تر شکارگرها است.

اختصاصی بودن میزبان اگر چه اختصاصی بودن میزبان در کنترل بیولوژیک علف‌های هرز ضروری در نظر گرفته می‌شود، اما یک مانع جدی برای افزایش پذیرش کنترل بیولوژیک علف هرز در محصولات ردیفی یکساله است. محصولات ردیفی یکساله دارای علف‌های هرز متعدد مرتبط با گیاه زراعی هستند. حذف یک گونه گیاهی، که پذیرش یک عامل کنترل بیولوژیک خاص گونه را اجتناب ناپذیر می‌سازد، ممکن است به سادگی منجر به غالب شدن یک علف هرز ثانویه شود و نمی‌تواند نیازهای مدیریتی کل علف هرز را برای آن محصول برطرف کند. علف‌های هرزی که دستخوش کنترل بیولوژیک مداوم قرار ندارند، حتی بیشتر از حد طبیعی رشد می‌کنند. همان طوری که در فصل ۱۲ شرح داده شد، عامل کنترل بیولوژیک به طور مؤثری جایگزینی را القا می‌کند. بعید است که کنترل بیولوژیکی قادر باشد مشکلات مدیریتی علف هرز را در محصولات ردیفی یکساله حل کند.

---

[1] Larch sawfly
[2] Encapsulate

عدم انتخابی بودن میزبان عامل کنترل بیولوژیک ممکن است به میزبان دیگری روی بیاورد. تغییر میزبان برخی از نگرانی‌ها را در کنترل بیولوژیکی به همراه داشته است. اختصاصی بودن یک نگرانی اصلی برای هر جاندار رهاسازی شده برای کنترل علف هرز است زیرا عوامل کنترل بیولوژیکی علف‌های هرز گیاه‌خوار هستند و ممکن است به محصولات یا گیاهان مفید دیگری روی بیاورند. مشکل اختصاصی بودن میزبان در عوامل کنترل بیولوژیک یک موضوع اصلی در بین بسیاری از اکولوژیست‌هایی است که نگران حفاظت و تنوع زیستی هستند. این مشکل تحت موضوع بعدی و در فصل ۱۹ بحث می‌شود.

اختلال اکولوژیکی طی دهه ۱۹۹۰، نگرانی‌ها در رابطه با اختلال یا در همریختگی اکولوژیکی بلندمدت و غیرقابل پیش‌بینی که از واردسازی عوامل کنترل بیولوژیکی ناشی می‌شود، افزایش یافت (در ادامه در فصل ۱۹ نگرانی‌های زیست محیطی یا اجتماعی را ببینید). همان طوری که گفته شد، در کنترل بیولوژیکی با استفاده از عوامل غیربومی وارداتی باید اثرات احتمالی روی جانداران غیرهدف مورد توجه قرار گیرد. این موضوع از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است زیرا پیامدهای اکولوژیکی طولانی‌مدت نسبت به پیامدهای ایجاد شده به‌وسیله آفت‌کش‌ها پتانسیل شدیدتری دارند و عوامل کنترل بیولوژیکی را که اثرات نامطلوبی روی جانداران غیرهدف ایجاد می‌کنند نمی‌توان به آسانی تعویض کرده یا متوقف کرد. اختلال اکولوژیکی از ارزیابی نادرست پتانسیل عامل کنترل بیولوژیک در حمله به جاندارانی غیر از آفت هدف ناشی می‌شود (یعنی اختصاصی بودن میزبان به اندازه کافی بالا نیست). در ادامه مثال‌هایی از این مشکل ذکر می‌شود.

نمس کوچک هندی[1] برای کنترل موش‌های صحرایی در مزارع کشاورزی به غرب هندوستان، جزایر هاوایی، موریتیس و فیجی واردسازی شد. کنترل مورد انتظار موش‌های صحرایی هرگز حاصل نشد زیرا نمس جانوری روز فعال است، و موش‌های صحرایی بیشتر شب فعال هستند. بنابراین نمس به شکار از جانوران دیگر روی آورد و به‌نظر می‌رسد امروزه خود یک آفت باشد زیرا کاهش پرندگان بومی در این مناطق به نمس نسبت داده می‌شود. به طور مشابه، راسوها برای کنترل موش‌های صحرایی به نیوزلند واردسازی شدند ولی همانند نمس امروزه خود یک آفت هستند.

ماهی برای مدیریت علف‌هرز آبزی در برخی از سیستم‌های آبی واردسازی شده است. این راهبرد اگرچه برای کشتن علف‌های هرز خیلی مؤثر است اما به دلیل تخریب تقریباً کامل همه پوشش گیاهی آبزی در این اکوسیستم‌ها خسارت عمده‌ای را نتیجه داده است. هر ماهی واردسازی شده برای کنترل علف هرز آبزی اثرات عمده مخربی روی گونه‌های غیرهدف داشته است.

[1] Small indian mongoose

هاوایی از آغاز قرن بیستم پیشگام کنترل بیولوژیک کلاسیک در رابطه با یک کشاورزی غنی مبتنی بر تولید محصولات با ارزش بوده است. بسیاری از محصولات عمده آن گونه‌های غیربومی بودند که از شمال و جنوب امریکا به هاوایی آورده شدند. بنابراین، اهداف مشخصی برای دشمنان طبیعی وارداتی بودند. در سال ۱۹۶۱ سن بدبوی سبز جنوبی به طور تصادفی به هاوایی واردسازی شد. به دنبال این واردسازی، دو مورد از دشمنان طبیعی اصلی سن‌های بدبو به این جزایر وارد شدند: یکی *Trissolcus basalis* زنبور پارازیتوئید تخم و دیگری *Trichopoda pilipes* یک مگس پارازیتوئید پوره‌های سن آخر و حشرات کامل. در سال‌های بعد از واردسازی این پارازیتوئیدها، جمعیت‌های گونه‌های بومی غیرهدف، سن کوآ[1]، همچنین تعداد کمی از گونه‌های بومی سن‌های بدبو شکارگر به طور چشمگیری کاهش یافت و اینها روی سن هارله‌کوئین[2] که آفتی کم اهمیت و غیربومی بود از بین رفتند. به طور مشابه، فون‌های غنی غیرآفت مگس میوه (خانواده Tephritidae) در هاوایی بعد از وارد کردن پارازیتوئیدها برای کنترل چهار آفت مگس میوه اصلی که این جزایر را در دهه آخر ۱۸۰۰ مورد تهاجم قرار داده بود، دچار نابودی شد.

عوامل کنترل بیولوژیکی واردسازی شده در شمال شرقی ایالات متحده برای کنترل شب پره ابریشم باف ناجور شاید مخرب‌ترین مثال از این اثرات روی حشرات بومی غیر هدف باشد. در سال ۲۰۰۱، محققین دریافتند که مگس‌های تاکینید واردسازی شده برای کنترل لاروهای شب پره ابریشم باف ناجور احتمالاً همه بالپولک‌داران بزرگ را در جنگل‌های چوب سخت این ناحیه حذف کرده‌اند.

در همه این موارد، پیشنهاد شده است که باید قبل از رهاسازی عوامل کنترل بیولوژیک جدید به زیست‌محیط‌های جدید بازاندیشی‌های محتاطانه‌ای صورت گیرد و بعد از رهاسازی باید مراقبت بسته‌ای انجام شود. آیا این خطرات می‌توانند پیش بینی شوند؟ فولت و دوئن[3] (۲۰۰۰)، سیمبرلوف و استیلینگ[4] (۱۹۱۶) و واجنبرگ و همکاران[5] (۲۰۰۱) این موضوع را به طور دقیق بررسی کردند.

انواع کنترل بیولوژیک و اجرای آن‌ها

در این بخش برخی از گروه‌های مختلف برنامه‌های کنترل بیولوژیک شرح داده می‌شود:

کنترل بیولوژیک کلاسیک

به‌طور معمول آفت هدف کنترل بیولوژیک یک گونه آفت خارجی وارداتی است. کنترل بیولوژیک کلاسیک از یک دشمن خارجی واردسازی شده از جایی که گونه آفت بومی آنجا بوده استفاده

[1] Koa bug
[2] Harlequin
[3] Follet and Duan
[4] Simberloff and Stiling
[5] Wajnberg et al.

می‌کند. از آنجا که عامل کنترل بیولوژیک واردسازی و مستقر می‌شود، کنترل بیولوژیک کلاسیک به طور معمول متکی به خود است.

کنترل بیولوژیک کلاسیک به‌طور معمول به‌وسیله سازمان‌های دولتی ناحیه‌ای و ملی با همکاری مؤسسات تحقیقاتی اجرا می‌شود؛ در واقع فرد مدیر آفت در کنترل بیولوژیک کلاسیک نقشی ندارد.

کنترل بیولوژیک تلقیحی

کنترل بیولوژیک تلقیحی شامل رهاسازی‌های دوره‌ای و استقرار مجدد یک عامل کنترل بیولوژیک است که هر ساله جمعیتش فروکش می‌کند، ولی در شرایط مناسب جمعیت آن بسرعت می‌تواند افزایش یابد. واردسازی مجدد سالانه پارازیتوئید لاروی برای کنترل سوسک مکزیکی لوبیا در لوبیای معمولی که شرح داده شد (فصل ۱۳، صفحه ۳۴۷ را ببینید) یک مثال از برنامه کنترل بیولوژیک تلقیحی است.

چون برنامه‌های کنترل بیولوژیک تلقیحی دارای ماهیت ناحیه‌ای هستند، از طریق مؤسسات دولتی محلی یا کار گروه‌های اختصاصی تشکیل شده، انجام می‌شوند. مشابه کنترل بیولوژیک کلاسیک، به طور معمول مدیران رهاسازی تلقیحی را انجام می‌دهند، اگرچه کشاورزان برنامه‌های معین بکار گیرنده رهاسازی کنه‌های شکارگر را اجرا می‌کنند.

کنترل بیولوژیک انبوه

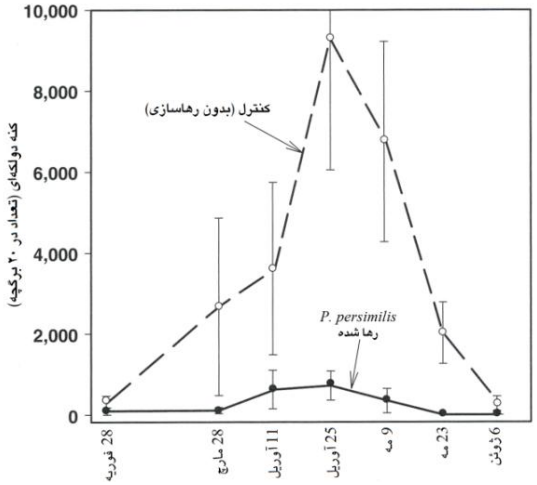
کنترل بیولوژیک تکثیری یا انبوه شامل رهاسازی دوره‌ای یک دشمن طبیعی، به طور معمول بومی است که از قبل وجود دارد (برای نمونه کفشدوزک‌ها در سبزیجات و محصولات میوه) ولی به اندازه کافی تشکیل جمعیت نمی‌دهد یا آفت را به طور صحیح کنترل نمی‌کند. شکل ۱۳-۳ نشان دهنده دینامیسم‌های جمعیت کنه گیاه‌خوار تارتن روی توت‌فرنگی‌ها در صورت عدم رهاسازی و رهاسازی‌های کنه شکارگر مفید *Phytoseiulus persimilis* است. این مثال نشان می‌دهد که چگونه رهاسازی یک عامل کنترل بیولوژیک تکثیری می‌تواند موثر باشد. فرد مدیر به طور معمول کنترل بیولوژیک تکثیری را انجام می‌دهد به طوری که نیاز به خرید دشمنان طبیعی مورد نیاز از یک تهیه‌کننده تجاری عامل کنترل بیولوژیک دارد.

کنترل بیولوژیکی اشباعی

رهاسازی انبوه عامل کنترل بیولوژیکی که نمی‌تواند تولیدمثل کند و بنابراین نمی‌تواند بدون دخالت انسان جمعیت خود را به اندازه کافی برساند، کنترل بیولوژیکی اشباعی نامیده می‌شود. رهاسازی‌های انبوه تریکوگراما که پارازیتوئیدهای تخم برای کنترل بالپولک‌داران آفت هستند در محصولات یکساله مانند ذرت و پنبه مثال‌هایی از این نوع کنترل بیولوژیک است. برای رهاسازی صدها هزار از این زنبورها در هر جریب، از برنامه‌های معینی استفاده می‌شود تا سطح مطلوبی از

کنترل بدست آید. در این موارد، عامل کنترل بیولوژیک یک آفت‌کش زیستی در نظر گرفته شده و عمل می‌کند.

روش‌های اشباعی می‌تواند در سطح ناحیه‌ای باشند و بنابراین به وسیله سازمان‌های دولتی انجام می‌شوند یا در سطح محصول منفرد بوده و به‌وسیله یک مدیر آفت انجام می‌شوند. در هر وضعیت، عامل کنترل بیولوژیک باید به طور مصنوعی پرورش یافته تا به تولید انبوه برسد که این راهبرد را در حمایت از فرآورده‌های تجاری پویا نگه می‌دارد.



شکل ۱۳- ۳: نموداری از تعداد کنه‌های تارتن دو لکه‌ای در مزرعه‌ی توت فرنگی در فقدان کنه شکارگر *Phytoseiulus persimilis* و بعد از رهاسازی آن. منبع: رسم نمودار با داده‌های Oatman و همکاران؛ ۱۹۷۷.

کنترل بیولوژیکی حفاظتی

کنترل بیولوژیکی حفاظتی سعی می‌کند کنترل بیولوژیک را به‌وسیله اجتناب از اختلال در نقش و عملکرد اکوسیستم به‌صورت بومی حفظ کند. این روش بیشتر در مدیریت بندپایان بکار می‌رود و به طور گسترده‌ای مورد بحث قرار گرفته است (برای نمونه، ون امدن[1] ۱۹۹۰؛ پیکت و باگ[2] ۱۹۹۸؛ کولین و کوالست[3] ۱۹۹۹). اگرچه بدست آوردن گواه و مدرک تجربی از فواید کنترل بیولوژیکی حفاظتی مشکل است، طغیان‌های آفات ثانویه به سبب اختلال در عوامل کنترل بیولوژیکی، که در فصل ۱۲ شرح داده شد، فراهم کننده یک مدرک غیرمستقیم معتبر در این زمینه است.

[1] Van Emden
[2] Picket and Bugg
[3] Collins and Qualset

کنترل بیولوژیک حفاظتی از طریق حفاظت زیستگاه انجام می‌شود که می‌تواند موجودات مفید را حفظ کند و در هر دوی، سطح مزرعه‌ای و ناحیه‌ای اجرا می‌شود. اجرای کنترل بیولوژیک حفاظتی به جای اینکه به خریدها و رهاسازی‌های مستقیم عوامل کنترل بیولوژیک نیاز باشد، مستلزم آن است که گیاهان میزبان مناسب کشت شوند و اینکه اقدامات اختصاصی صورت گرفته دشمنان طبیعی موجود را مختل نکند.

ممانعت رقابتی

روش‌های ممانعت رقابتی بیشتر برای عوامل بیماری‌زای گیاهی به‌کار می‌رود. این مفهوم اکولوژیکی از مفهوم تغذیه به وسیله یک جاندار در سطح غذایی بالاتر که محدودکننده رشد جمعیت شکار خود بوده، متفاوت است. ممانعت رقابتی ممکن است دربرگیرنده برهم‌کنش موجودات در سطح غذایی یکسان باشد. یک مثال در این زمینه کنترل گال طوقه در درختان میوه دارای استرین‌های غیر بیماری‌زای باکتری است.

فرد مدیر ممانعت رقابتی را اجرا می‌کند. همانند کنترل بیولوژیکی اشباعی، عوامل کنترل بیولوژیک به‌طور تجاری تولید شده و به وسیله مدیر خریداری می‌شوند.

تشکیل خاک‌های بازدارنده

تمایز بین اکوسیستم خاک و زیست محیط هوایی در رابطه با کنترل بیولوژیک عوامل بیماری‌زای گیاهی ضروری است. همان طوری که ذکر شد، کنترل بیولوژیک در خاک با محدودیت‌های متفاوتی نسبت به کنترل بیولوژیکی در زیست محیط هوایی مواجه است. افزایش موجودات خاک که نماتدها و عوامل بیماری‌زا را کاهش می‌دهند منجر به بازدارندگی خاک‌ها می‌شود. خاک‌های بازدارنده خاک‌هایی شناخته می‌شوند که در آن‌ها عامل بیماری‌زا یا نماتد وجود دارد ولی بیماری گیاهی و خسارت‌های محصول رخ نمی‌دهد. خاک‌های بازدارنده ممکن است به وسیله تک کشتی مداوم گیاهان خاص یا به وسیله کشت گونه‌های گیاهی که آنتاگونیست‌ها را حمایت می‌کنند، ایجاد شود. در مورد تک کشتی مداوم یک گیاه زراعی خاص، این گیاه زراعی به عامل بیماری‌زا یا نماتد اجازه داده تا تعداد جمعیت خود را افزایش دهند و به طور همزمان افزایش جمعیت آنتاگونیست‌های آفات دیگر را تقویت کنند. وقتی تک‌کشتی برای مدت زمانی حفظ می‌شود، آفت بقدری افزایش می‌یابد که تراکم‌های بالای دشمنان طبیعی خود را تقویت می‌کند و در نتیجه منجربه کاهش وابستگی به تراکم جمعیت آفت در دشمن طبیعی می‌شود. بالاخره، خاک بقدری بازدارنده می‌شود که حتی اگر آفت وجود داشته باشد، محصول می‌تواند بدون خسارت قابل توجهی رشد کند.

مثال‌هایی از عوامل مختلف بیوکنترل مورد استفاده

بیشتر مردم تصور می‌کنند که فقط تغذیه از جانور بندپا کنترل بیولوژیک در نظر گرفته می‌شود.

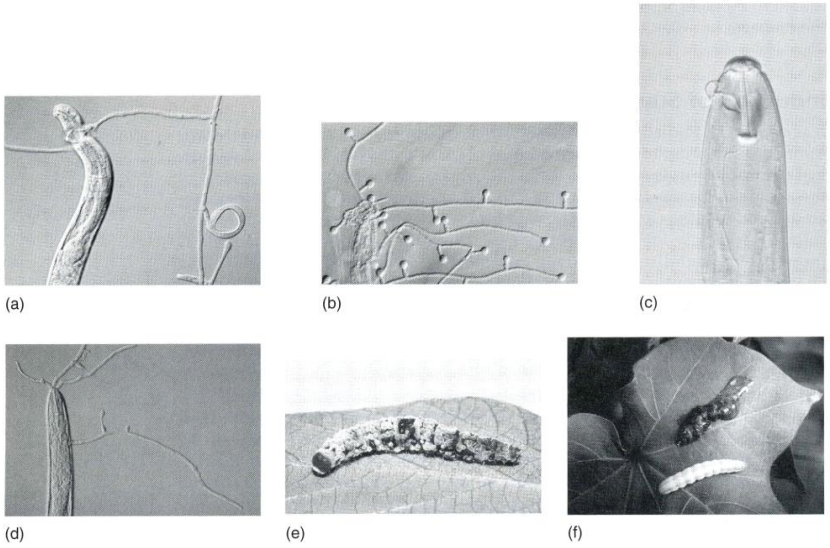
پارازیت‌های بیماری‌زا در نقش دشمنان طبیعی

جانداران بیماری‌زا، بیشتر قارچ‌ها، باکتری‌ها و ویروس‌ها، وظایف طبیعی میزبان‌های خود را مختل کرده و در نتیجه موجب کاهش رشد یا حتی مرگ میزبان می‌شوند. بنابراین عوامل بیماری‌زایی که از جانداران آفت استفاده می‌کنند، توانایی کنترل بیولوژیک میزبان‌هایشان را دارند (شکل ۱۳-۴).

عوامل بیماری‌زا علیه عوامل بیماری‌زا موجوداتی که مفید در نظر گرفته می‌شوند می‌توانند برای کنترل موجودات دیگری که آفات در نظر گرفته می‌شوند، مورد استفاده قرار گیرند. دامنه‌ای از برهم‌کنش‌های غذایی در این نوع کنترل دخالت دارند نظیر رقابت، آنتی بیوز[1] و پارازیتیسم. ممانعت رقابتی هنگامی رخ می‌دهد که جاندار مفید با آفت در سطح غذایی یکسانی رقابت می‌کند و از دستیابی آفت به منابع مورد نیاز برای رشد و تولیدمثل طبیعی ممانعت می‌کند. حدس اصلی این است که ناحیه‌ی آلودگی یا منطقه‌ی فیزیکی روی میزبان که برای آلودگی پاتوژن نیاز است با استرین‌های غیربیماری‌زای یک موجود اشغال می‌شود (دشمن طبیعی پاتوژن). این نوع رقابت ممکن است به تولید آنتی‌بیوتیک‌ها به وسیله دشمن طبیعی مربوط باشد.

هیپرپارازیت‌هایی از قارچ‌ها وجود دارند که قارچ‌های بیماری‌زای گیاهی را پارازیته می‌کنند. تعدادی از شناخته‌شده‌ترین قارچ‌های هیپرپارازیت در جنس *Trichoderma* وجود دارند. برای نمونه نشان داده شده است که *T. harzianum* در محیط کشت آزمایشگاهی (invitro) *Rhizoctonia solani* را پارازیته می‌کند. آزمایش‌ها در خاک بازدارنده نشان می‌دهد که *T. harzianum* همچنین *R. solani* را در یک وضعیت وابسته به تراکم پارازیته می‌کند. قارچ *Coniothyrium minitans* اسکلروت‌های (ساختارهای استراحت) بعضی از قارچ‌های بیماری‌زای گیاهی را پارازیته می‌کند و بنظر می‌رسد که این قبیل هیپرپارازیتیسم، بیماری گیاهی ایجاد شده به وسیله عوامل بیماری‌زای هدف را کاهش می‌دهد. اعتقاد بر این است که هیپرپارازیت‌های قارچی در بازدارندگی بیماری مشاهده شده در بسیاری از خاک‌ها، که یک سطح تحقیقاتی فعال در بیماری‌شناسی است، دخالت داشته باشد.

[1] Antibiosis



شکل ۱۳- ۴: نمونه‌هایی از پاتوژن‌های مورد استفاده در کنترل بیولوژیک. (a) قارچ در حال به دام انداختن نماتد؛ (b) قارچ *Monacrosporium* که دارای گره‌های چسبنده است در حال به دام انداختن نماتد؛ (c) اسپور قارچ *Hirsutella* در حال نفوذ به لارو نماتد؛ (d) *Hirsutella* در حال رشد در لارو مرده‌ی نماتد آلوده؛ (e) لارو پروانه‌ی کشته شده توسط یک پاتوژن حشرات و (f) کرم غوزه پنبه‌ی کشته شده توسط ویروس پاتوژن حشرات. منابع: تصاویر (a)، (b)،(c) و (d) از Bruce Jaffee با مجوز؛ تصویر (e) از Marcos Kogan و تصویر (f) از David Nance، USDA/ARS.

چندین مثال از کنترل بیولوژیک موفق عوامل بیماری‌زا شامل موارد زیر هستند:

۱. گال طوقه یک بیماری باکتریایی مهم در بعضی از محصولات باغی است که به وسیله باکتری *Agrobacterium tumefaciens* ایجاد می‌شود. کنترل بیولوژیکی این عامل بیماری‌زا با فرو کردن پیوندهای بدون ریشه به داخل یک سوسپانسیون از استرین غیر بیماری‌زای باکتری *Agrobacterium radiobacter* انجام می‌شود.
۲. بیماری آتشک در درختان گلابی به وسیله باکتری *Erwinia amylovora* ایجاد می‌شود. در مدیریت این بیماری، کنترل بیولوژیکی با استرین‌های غیر بیماری‌زای *Pseudomonas syringae* که به طور تجاری مورد استفاده قرار گرفته‌اند، انجام می‌شود.
۳. تلاش‌هایی برای تلقیح استرین غیر بیماری‌زایی از قارچ *Fusarium* به سیب‌زمینی‌های شیرین صورت گرفته است که از آن‌ها در برابر فرم بیماری‌زای قارچ حفاظت می‌کند.

۴. جنس‌های *Trichoderma*، *Gliocladium* و *Penicillium* و استرین‌هایی از این قارچ‌ها آنتاگونیست‌های *Botrytis cinerea* هستند که روی محصولات مختلف نظیر مو، توت فرنگی و پیاز مورد بررسی قرار گرفته‌اند.
۵. خاک‌های بازدارنده‌ای که با افزایش جمعیت‌های میکروبی آنتاگونیست عوامل بیماری‌زا و نماتدها مواجه‌اند، علی‌رغم وجود عامل بیماری‌زا منجر به کاهش شدت بیماری می‌شوند.
۶. باکتری‌خوارها[1] مورد ارزیابی قرار گرفته‌اند ولی با موفقیت همراه نبوده‌اند.

بجز موارد معدودی، کنترل بیولوژیک عوامل بیماری‌زا محدود است؛ اما با تحقیقات بیشتر، این قابلیت‌ها افزایش می‌یابد. محدودیت اصلی در بسیاری از موقعیت‌ها عدم شناسایی جانداری از سطح غذایی بالاتر است که فعالانه از عامل بیماری‌زا تغذیه کند. بعضی از مرورها (ساتون و پینگ[2] ۱۹۹۳، بکمن و همکاران[3] ۱۹۹۷، مهروترا و همکاران[4] ۱۹۹۷، روش و شروود[5] ۱۹۹۷) جزئیات بیشتری از کنترل بیولوژیکی عوامل بیماری‌زای گیاهی ارائه کرده‌اند.

بسیاری از موجودات از طریق آنتی‌بیوز عمل می‌کنند که با تولید توکسین‌هایی همراه است، این ویژگی فراهم‌کننده مبنایی از کاربرد موجودات زنده به عنوان آفت‌کش‌های زیستی است که دومین روش برای کنترل عوامل بیماری‌زای است.

عوامل بیماری‌زای علیه علف‌های هرز بسیاری از عوامل بیماری‌زا گیاهان را مورد حمله قرار می‌دهند و هنگامی که گیاهان مورد حمله، علف‌های هرز باشند، عامل بیماری‌زا می‌تواند قدرت علف هرز را کاهش دهد و (توانایی) رقابتی آن را کمتر کند. به طور معمول عوامل بیماری‌زا علف هرز را نمی‌کشند. چندین مورد از برنامه‌های کنترل بیولوژیک موفق با استفاده از عوامل بیماری‌زا وجود دارد. با وجود این، نگرانی وجود دارد که یک عامل بیماری‌زایی که علف‌های هرز را مورد حمله قرار می‌دهد ممکن است دامنه میزبانی خود را به گیاهان زراعی وابسته به (خویشاوند) علف هرز تغییر دهد. این مسئله توسعه این نوع کنترل بیولوژیکی را کند کرده است. مشکل اساسی دیگر در بکارگیری عوامل بیماری‌زا برای کنترل بیولوژیکی علف‌های هرز، مشکل بدست آوردن آلودگی قابل اطمینان در گونه علف هرز هدف، تحت شرایط مزرعه‌ای (صحرایی) است.

استفاده از قارچ عامل زنگ (*Puccinia condrillina*) در کنترل علف‌هرز اسکلتی[6] یک مثال از کنترل بیولوژیک کلاسیک بکار رفته در مدیریت علف هرز با استفاده از یک عامل بیماری‌زا است.

---

[1] Bacteriophages
[2] Sutton and Peng
[3] Backman et al.
[4] Mehrotra et al.
[5] Rush and Sherwood
[6] Rush skeleton weed

در استرالیا و غرب ایالات متحده کنترل این علف هرز کارایی داشته ولی مشکلات اختصاصی بودن نژاد و مقاومت، کارایی آنرا محدود کرده است. مشکل مهم دیگر این است که قارچ در شرایط آب و هوایی خشک به طور ضعیفی عمل می‌کند. عوامل بیماری‌زای متعدد دیگری برای کنترل بیولوژیک سایر علف‌های هرز مانند زنگ روی پنیرکیان و یا سیاهک روی گیاهان علوفه‌ای گرامینه مورد بررسی قرار گرفته‌اند.

دو مثال از رهاسازی اشباعی[1] عوامل بیماری‌زا در کنترل علف هرز وجود دارد. اصطلاح "Mycoherbicides " در رابطه با چنین استفاده‌ای از یک عامل بیماری‌زای بوجود آمده است چون بیشتر همانند یک علف‌کش استفاده می‌شود. فراورده تجاری Collego (مبتنی بر قارچ *Colletotrichum gloeosporoides*) برای کنترل Jointvetch شمالی در برنج در جنوب ایالات متحده توسعه یافت. تولید Collego به دلیل گران بودن و عدم سازگاری با قارچ‌کش مورد استفاده در این محصول زراعی متوقف شده است. یک فراورده تجاری به نام Devine (مبتنی بر قارچ *Phytophthora palmivora*)، برای کنترل Strangler vine در باغ‌های مرکبات فلوریدا استفاده شد. این عامل بیماری‌زا با تنها یک بار کاربرد که چندین سال بطول می‌انجامید از کارایی زیادی برخوردار بوده است. متاسفانه، به دلیل ضروری نبودن کاربردهای مکرر آن، درآمد اقتصادی حاصل از تولید تجاری عامل قارچی ناچیز بود و برای مدت طولانی وجود نداشت.

عوامل بیماری‌زا علیه نماتدها بعضی از انواع مختلف عوامل بیماری‌زای انگلی (پارازیت کننده) نماتدها را مورد حمله قرار داده و می‌توانند سطوح قابل‌توجهی از کنترل بیولوژیک را فراهم کنند.

قارچ‌ها بسیاری از قارچ‌های نماتدخوار، نماتدها را شکار کرده و نقش مهمی در کاهش جمعیت‌های نماتد در خاک ایفاء می‌کنند. تعدادی از قارچ‌ها دارای انواع مختلفی از سازگاری‌های مرفولوژیکی هستند که به آن‌ها امکان می‌دهد نماتد شکار خود را به طور مؤثری بدام بیاندازند (شکل ۱۳-۴ a و b)، در صورتی که قارچ‌های دیگر نماتدهای میزبان خود را پارازیته می‌کنند. انواع مختلفی از تله‌های چسبنده یا غیرچسبنده تولید شده به وسیله قارچ‌های "تله گذار- نماتد[2]" وجود دارد مانند تله‌های ساده‌ای از قبیل میسلیوم‌های چسبنده، انشعابات یا گره‌های هیفی و شبکه‌های سه بعدی که از طریق چسبیدن به صورت تله‌های نماتد به‌کار می‌روند. تعدادی از گونه‌ها دارای میسلیوم‌های بسیار توسعه یافته‌ای هستند که برای بدام انداختن نماتدها تشکیل حلقه‌هایی می‌دهند؛ به طوری که در صورت تماس با نماتد سریع منقبض می‌شوند و بنابراین نماتد داخل حلقه را فشرده می‌سازند (شکل ۱۳-۴ a). قارچ‌های دیگر مانند *Dactylella candida* گره‌های چسبنده و تله‌های حلقه-ای غیر چسبنده روی میسلیوم تولید می‌کند.

[1] Inundative release
[2] Nematode-trapping fungi

مثالی از خاک بازدارنده برای نماتدها مربوط به نماتد سیست غلات و غلات حساس در انگلستان است. غلات برای بیش از ۱۰ سال کشت شدند و اگر چه تعداد نماتد سیست طی چهار سال اول تک کشتی غلات افزایش یافت اما در طول ۱۰ سال بعدی تعداد نماتد سیست به طور چشمگیری کاهش یافت. مهار نماتد سیست در طول زمان از طریق افزایش تراکم‌های چهار گونه از قارچ‌های پارازیت نماتد نظیر *Nematophthora gynophila* و *Verticillium chlamydosporium* ایجاد شد. قارچ *N. gyhophila* سیست نماتدهای ماده را پارازیته می‌کند و طی یک هفته آن‌ها را نابود می‌کند.

باکتری‌ها باکتری‌های تشکیل دهنده اسپور داخلی و میسلیوم غیر معمول از جنس *Pasteuria* شامل گونه‌هایی است که پارازیت‌های داخلی نماتدهای پارازیت گیاهی هستند. نماتدهای ریشه گره‌ای به وسیله *Pasteuria* پارازیته می‌شوند، به طوری که این باکتری تولید اسپورهایی می‌کند که به کوتیکول لارو سن دوم نماتدها متصل می‌شوند. این نماتدها هنگامی که برای جستجوی ریشه‌های گیاه میزبان در خاک جابجا می‌شوند با اسپورها تماس پیدا می‌کنند. در حدود یک هفته بعد از اینکه یک اسپور با یک لارو نماتد تماس یافته و به آن متصل می‌شود. این اسپور جوانه زده و به کوتیکول نماتد نفوذ می‌کند. یک کلونی رویشی از سلول‌های باکتری حاصل و محتویات بدن نماتد مصرف می‌شود. نتیجه نهایی تخریب ظرفیت تولیدمثلی نماتد است. درنهایت اسپورانژیا[1] و اسپورهای داخلی[2]، لاشه نماتد میزبان را پر می‌کنند. طی دوره رشد باکتری، نماتد به تغذیه و رشد و نمو ادامه می‌دهد ولی بالاخره کشته می‌شود به طوری که نماتدهای ماده بالغ سرانجام با بیش از ۲ میلیون اسپور باکتری پر شده‌اند. سپس، ریشه‌ها و بدن نماتدها متلاشی شده و اسپورها به داخل خاک آزاد می‌شوند.

عوامل بیماری‌زا علیه نرمتنان اگرچه بعضی از عوامل بیماری‌زا نرمتنان را مورد حمله قرار می‌دهند، اما براساس گودان[3] (۱۹۸۳) برای کنترل بیولوژیک احتمالاً حائز اهمیت نیستند.

عوامل بیماری‌زا علیه حشرات برخی از انواع مختلف عوامل بیماری‌زای پارازیت، بندپایان را آلوده می‌کنند و می‌توانند سطوح قابل توجهی از کنترل بیولوژیک فراهم کنند. یک اپیدمی (همه‌گیری) از یک عامل بیماری‌زا علیه بندپایان (و سایر جانوران) اپی‌زوتیک[4] نامیده می‌شود. در شرایط مناسب، یک اپی‌زوتیک می‌تواند همه افراد حساس در یک جمعیت را بکشد و منجر به کاهش شدید جمعیت آفت هدف شود.

---

[1] Sporangia
[2] Endospores
[3] Godan
[4] Epizootic

قارچ‌ها بسیاری از قارچ‌ها حشرات را مورد حمله قرار می‌دهند. گونه‌های جنس *Entomophthora* احتمالاً شناخته‌شده‌ترین قارچ‌ها از این نوع هستند. وقتی که یک اپی‌زوتیک رخ می‌دهد، *Entomophthora* می‌تواند سطوح بسیار بالایی از کنترل را در تعداد زیادی از حشرات مانند شته‌ها، لاروهای بالپولک‌داران و ملخ‌ها فراهم کند (شکل ۱۳-۴ e). قارچ *Nomuraea rileyi* احتمالاً مهم‌ترین عامل تنظیم‌کننده جمعیت‌های کرم لوبیای مخملی در مناطق گرمسیری و نیمه گرمسیری شمال و جنوب آمریکا که سویا کشت می‌شود است. شروع اپی-زوتیک‌های *Nomuraea* بستگی به رطوبت کافی دارد، بنابراین در شرایط خشک ممکن است با تأخیر رخ دهد و به جمعیت‌های آفت امکان افزایش بیش از اندازه دهد. در انگلستان عامل بیماری‌زای *Verticillium lecanii* در کنترل بیولوژیک شته‌ها روی گل داودی نقش دارد. این عوامل بیماری‌زا همگی بومی بوده و شرایطی که منجر به اپی زوتیک می‌شود بخوبی شناخته نشده است. در حال حاضر کنترل بیولوژیکی فراهم شده به وسیله این عوامل بیماری‌زا به آسانی قابل مدیریت نیست ولی قارچ‌های معینی، برای نمونه *Metarrhizium anisopliae* برای واردسازی تلقیحی برای کنترل حشرات به صورت انبوه در آزمایشگاه تولید شده است.

باکتری‌ها باکتری *Bacillus thuringiensis* (Bt) گسترده‌ترین عامل بیماری‌زای بکاررفته در کنترل بیولوژیک حشرات است. این باکتری یک پروتئین کریستالی حشره‌کش تولید می‌کند که به سطح سلول متصل می‌شود. این پروتئین، که یک اندوتوکسین نامیده می‌شود، هنگامی که به وسیله لاروهای بالپولک‌داران (پروانه‌های روز پرواز و شب پره‌ها)، انواع سخت‌بالپوشان (سوسک‌ها) و دوبالان معینی (پشه‌های معمولی[1]) خورده شود سمی است. نوع حشره کنترل شده بستگی به استرین Bt بکار رفته دارد. اندوتوکسین Bt برای جانوران خونگرم غیر سمی است. استفاده از Bt یک روش اشباعی است و سوسپانسیون اسپور باکتری روی شاخ و برگی که باید محافظت شود پاشیده می‌شود و حشره با مصرف برگ این اسپورها را می‌خورد. اسپورهای خورد شده Bt، اندوتوکسین آزاد کرده و موجب توقف تغذیه حشره بعد از چند ساعت می‌شود و حشره طی یک یا دو روز می‌میرد. اسپری‌های Bt یکی از معدود حشره‌کش‌هایی هستند که در سیستم‌های کشاورزی ارگانیک برای مدیریت حشرات قابل پذیرش هستند.

در این باکتری بسیاری از ژن‌هایی که تولید اندوتوکسین‌ها را کد می‌کنند، شناسایی شده‌اند و آن‌ها را با استفاده از فناوری مهندسی ژنتیک به داخل بعضی از گیاهان زراعی وارد کرده‌اند (برای جزئیات بیشتر فصل هفدهم را ببینید).

[1] Mosquitoes

در استفاده از Bt دو محدودیت وجود دارد. محدودیت اول؛ نور ماوراء بنفش آفتاب اسپورهای باکتری را می‌کشد و بنابراین اسپری‌های Bt تنها برای چند روز معدود مؤثر هستند و اغلب کاربردهای مکرر آن‌ها ضروری است که یک صفت مطلوب برای یک فراورده تجارتی دوام‌پذیر است. دوم این‌که، همانند آفت‌کش‌های مصنوعی، آفات هدف می‌توانند در برابر Bt از خود مقاومت بروز دهند. اگر برای استفاده از Bt از دستورالعمل‌های مدیریت مقاومت سالم IPM پیروی نشود، مقاومت به Bt از پتانسیل محدودیت شدید کاربرد آن‌ها برخوردار خواهد بود.

باکتری‌های دیگری نیز برای کنترل بیولوژیک استفاده می‌شوند. یک مثال در این زمینه بیماری اسپور شیری[1] در لاروهای سوسک ژاپنی است که به وسیله باکتری *Bacillus popilliae* ایجاد می‌شود.

ویروس‌ها تعداد زیادی از ویروس‌ها که حشرات را مورد حمله قرار می‌دهند شناخته شده‌اند. ویروس‌های پلی هیدروسیس[2] که بومی هستند، گونه‌های زیادی از لاروهای بالپولک‌داران را می‌کشند و هنگامی که یک اپی زوتیک رخ می‌دهد، برای نمونه جمعیت‌های لاروی کرم غوزه پنبه (شکل ۱۳-۴ F) و کرم چغندر[3]، می‌توانند تلفات زیادی وارد کنند. ویروس‌های گرانولوسیس[4] برای کنترل کرم سیب مورد ارزیابی قرار گرفته‌اند. موفق‌ترین کاربرد یک ویروس برای کنترل بیولوژیک در مدیریت حشرات آفت، سمپاشی‌های *Baculovirus anticarsiae* در سوسپانسیون‌های آبی روی کرم لوبیای مخملی در مزارع سویای برزیل است.

با وجود این، استفاده از ویروس‌ها به سبب عدم قابلیت نگهداری عامل ویروسی در یک حالت پایدار در خارج از سلول زنده دارای برخی محدودیت‌ها است. تولید انبوه یک ویروس روی محیط کشت مصنوعی تحقق نیافته است. مشکل دیگر مرگ و میر به نسبت آهسته به دنبال آلودگی ویروس است. بر خلاف اندوکسین Bt که موجب توقف تغذیه لارو بالپولک‌داران طی چند ساعت می‌شود، لارو بالپولک‌دار آلوده به یک ویروس ممکن است برای چند روز به تغذیه ادامه بدهد.

عوامل بیماری‌زا علیه مهره‌داران استفاده از عوامل بیماری‌زا برای کنترل مهره‌داران خیلی متداول نیست. این قبیل عوامل بیماری‌زا موجب بیماری در جانور هدف می‌شوند که اغلب منجر به تأخیر در مرگ می‌شود. یک مشکل جدی دیگر مربوط به اختصاصی بودن عوامل بیماری‌زا است. عامل بیماری‌زای مورد استفاده در کنترل مهره‌داران نباید انسان‌ها، جانوران دست‌آموز، جانوران اهلی یا جانوران وحشی مطلوب را مورد حمله قرار دهد.

---

[1] Milky spore disease
[2] Polyhedrosis viruses
[3] Beet armyworm
[4] Granulosis

میگزوماتوز[1] یک مثال از استفاده یک عامل بیماری‌زا در مدیریت جانور مهره‌دار است؛ میگزوماتوز یک بیماری ویروسی خوش‌خیم در خرگوش‌های دم پنبه‌ای در آمریکای شمالی است که به وسیله ککها و کنه‌های حیوانی منتقل می‌شود. این بیماری در سال ۱۹۵۰ برای کنترل بیولوژیک خرگوش‌ها که خسارت‌های سنگینی ایجاد کرده بودند به استرالیا واردسازی شد. در برخی نواحی استرالیا مرگ ومیر اولیه بالایی برابر با ۹۰ درصد تخمین زده شد ولی به سبب بروز مقاومت در خرگوش‌ها جمعیت‌ها دوباره احیاء شدند. گسترش سریع بیماری نیازمند وجود ناقلین است و در برخی نواحی نبود حشرات ناقل مناسب سودمندی بیماری‌ها را به‌عنوان یک ابزار مدیریتی محدود می‌کند. میگزوماتوز در تلاش‌ها برای کاهش جمعیت خرگوش‌ها به برخی کشورهای اروپایی نیز واردسازی شد.

میگزوماتوز مثال دیگری از حالتی است که انتخاب طبیعی می‌تواند سودمندی کنترل بیولوژیک را به سبب بروز مقاومت کاهش دهد. استرین‌های ویروسی با قدرت بیماری‌زایی افزایش یافته علیه خرگوش‌های مقاوم نیز توسعه یافته‌اند و تداوم بیماری فراهم کننده کنترل مناسبی از جمعیت خرگوش در بسیاری از نواحی استرالیا است. به سبب تداوم مشکل مربوط به خرگوش‌ها در استرالیا، ویروس *Calicivirus* خرگوش نیز برای بیوکنترل احتمالی مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفته است.

گیاهان، نظیر علف‌های هرز، در نقش عوامل کنترل بیولوژیک

گیاهان برای کنترل بیولوژیک (بیوکنترل) دارای نقش منحصر بفردی هستند که از عوامل دیگر متفاوت هستند زیرا گیاهان در سطح غذایی یکسانی با محصول (گیاه زراعی) قرار دارند.

گیاهان علیه علف‌های هرز گاهی اوقات ممانعت رقابتی در علف‌های هرز کنترل بیولوژیک در نظر گرفته می‌شود. ولی ممانعت رقابتی به طور معمول با استفاده از گیاهان زراعی، یا غیر علف هرز به‌دست می‌آید. این مفهوم با موضوع روش‌های مدیریت زراعی بررسی می‌شود. این ویژگی آللوپاتی[2] نامیده می‌شود (فصل ۱۴ را ببینید) و می‌تواند شکلی از کنترل بیولوژیک در نظر گرفته شود. دامنه‌ای که آللوپاتی می‌تواند رشد علف هرز را تنظیم کند بحث برانگیز است و تا به امروز مثال صریح و روشنی وجود ندارد که در آن از آللوپاتی برای دستکاری رشد علف هرز استفاده شده باشد.

گیاهان علیه نماتد به دلیل آن‌که نماتدهای پارازیت گیاهی پارازیت‌های اجباری هستند، دستکاری هدفمند گیاهان میزبان موجود ممکن است برای کاهش تراکم‌های (جمعیت) نماتدها استفاده شود. برخی از گیاهان ترشحات ریشه‌ای تولید می‌کنند که برای نماتدها سمی هستند. گیاهان جنس

[1] Myxomatosis
[2] Allelopathy

Tagetes (گل جعفری آفریقایی[1]) هنگامی که در تناوب با گیاهان زراعی حساس کشت شوند موجب کاهش تعداد نماتدها می‌شوند (شکل ۱۳-۵). تعدادی از گیاهان مانند لوبیای مخملی، کرچک[2] و Sword bean جمعیت نماتدها را در خاک کاهش می‌دهند زیرا دارای باکتری‌های ریزوسفری[3] هستند که با نماتدهای سیست سویا و نماتد ریشه گره‌ای، آنتاگونیست[4] هستند. باکتری‌های مرتبط با ریشه‌های کرچک و Sword bean مانند *Pseudomonas cepacia* و *Pseudomonas gladioli* نسبت به باکتری‌هایی که بیشتر روی ریشه‌های سویا یافت می‌شوند گونه‌های متفاوتی هستند.

شکل ۱۳- ۵: نمونه‌ای از استفاده از گیاهان برای کنترل بیولوژیک؛ استفاده از گل جعفری آفریقایی (*Tagetes* spp.) در تناوب برای کنترل نماتد. منبع: تصویر از G. Caubel با مجوز.

گیاهان علیه بندپایان گیاهان به‌طور مستقیم حشرات مفید را از طریق فراهم کردن شکار جایگزین مورد حمایت قرار می‌دهند. همچنین گیاهان می‌توانند برای حشرات کامل مفید شهد و گرده فراهم کنند که می‌تواند هر دوی، طول عمر و باروری آن‌ها را بهبود بخشد. این نقش گیاهان، که می‌تواند علف‌های هرز را شامل شود، مبنای کنترل بیولوژیک حفاظت را تشکیل می‌دهد. گیاهان می‌توانند در مزارع یا در حاشیه‌های مزرعه کاشته شوند یا می‌توانند در مناطق کشت نشده به عنوان پناهگاه[5] اضافه شده تا شهد، گرده و منابع دیگر را فراهم کنند (شکل ۳-۷ را ببینید). گیاهان همچنین

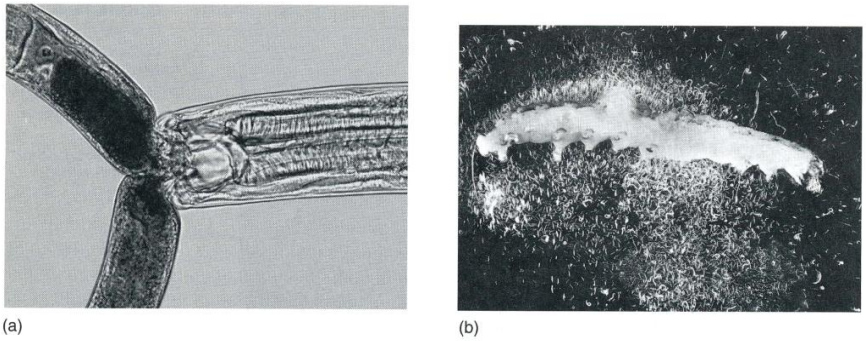
[1] Africian marigolds
[2] Castor bean
[3] Rhizosphere
[4] Antagonistic
[5] Refuge

می‌توانند به صورت تله برای بدام انداختن جمعیت‌های آفت به منظور نابودی آن‌ها، استفاده شوند. بهرحال، این کاربردها در فصل ۱۶ به‌طور شایسته‌تری مورد بحث قرار می‌گیرد.

نماتدها در نقش عوامل کنترل بیولوژیک

نماتدها علیه علف‌های هرز نماتدها می‌توانند از علف‌های هرز تغذیه کنند و چنین تغذیه‌ای می‌تواند شایستگی[1] علف هرز را کاهش دهد. در علف هرز کاهش رشد یا تولید تنها مختصر و جزئی بوده و کنترل مناسبی به‌وسیله آن فراهم نمی‌شود. تغذیه نماتدهای حلقوی از جگن‌ها در برنج قابلیت رقابتی جگن‌ها را به طور چشمگیری کاهش می‌دهد و نماتدهای گال روی گاوزبان[2] تولید بذر را کاهش می‌دهند. در حال حاضر هیچ تلاشی برای استفاده از نماتدها در کنترل بیولوژیک علف‌های هرز صورت نگرفته است.

نماتدها علیه نماتدها بسیاری از نماتدها، نماتدهای دیگر را شکار می‌کنند. این قبیل نماتدهای شکارگر دارای ساختارهای تغذیه‌ای مانند Largeteeth یا Oral spear هستند که به آن‌ها امکان می‌دهد تا محتویات بدن طعمه خود را بدست آورند (شکل ۱۳-۶ a). به طور معمول تعداد این قبیل شکارگرها در خاک نسبت به تعدا شکارهایشان کمتر است.



شکل ۱۳- ۶: نمونه‌هایی از استفاده از نماتدها برای کنترل بیولوژیک. (a) نماتد *Mononchus* (سمت راست) در حال تغذیه از لارو نماتد (سمت چپ)؛ (b) لارو شب‌پره‌ی زمستانه‌ی آلوده شده توسط *Steinernema carpocapsae*، با تشریح نماتدها بیرون ریخته‌اند. منبع: تصویر (a) از J. D. Eisenback با مجوز و تصویر (b) از Arno Hara با مجوز.

[1] Fitness
[2] Fiddleneck

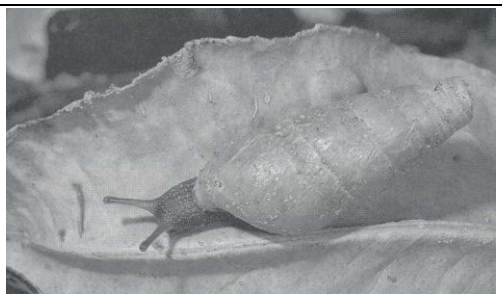
نماتدها علیه نرمتنان تعداد زیادی از نماتـدها (سیسـتـهـای Godan ۱۹۸۳ را ببینیـد) رابـها و حلزون‌ها را مورد حمله قرار می‌دهند و می‌توانند برای کنتـرل بیولوژیـک اسـتفاده شـوند. در حـال حاضر هیچیک از نماتدها به‌کار نرفته‌اند ولی تعدادی در دست ارزیابی و بررسی هستند.

نماتدها علیه حشرات گونه‌های معینی از نماتدها پارازیت حشرات هسـتند و تعـدادی در حشـرات بیماری‌زا هستند (که نماتـدهای بیمـاری‌زای حشـرات نامیـده مـی‌شـوند). نماتـدهای بیمـاری‌زای حشرات، .*Steinernema* spp و .*Heterorhabditis* spp حامل باکتری‌های همزیست داخلی هستند که برای حشرات کشنده هستند. این نماتدها ناقل بوده و باکتری‌ها را از یک حشره میزبـان به حشره میزبان دیگر منتقل می‌کنند. نماتد از طریق منافذ طبیعی وارد بدن حشره میزبان می‌شود و باکتری‌ها را در حفره عمومی بدن آزاد می‌کنند. بـاکتری‌هـا در بـدن حشـره تکثیـر یافتـه و آنـرا می‌کشند و هنگامی که در لاشه حشره تکثیر یافتند، نماتدها از آن‌ها تغذیه می‌کننـد (شـکل ۱۳-۶ b). سرانجام مرحله آلوده کننده نماتدها از لاشه خارج شده و باکتری‌های همزیست داخـل بدنشـان را حمل می‌کنند. نماتدهای بیماری‌زای حشرات نقش مفیدی در مدیریت آفت ایفـاء مـی‌کننـد، بـه طوری‌که تعدادی از آن‌ها در کنترل بیولوژیک حشرات آفت خاکزی (مانند، لاروهای سوسک ژاپنی، سـرخرطومیBlack-vine، سـرخرطومی ریشـه تـوت‌فرنگـی، Sod webworms، Tent caterpillar، پشه‌های قارچ، سن‌های غوزه، آبدزدک‌ها) با موفقیت استفاده شده‌اند. تولیـد انبـوه و تجاری‌سازی نماتدها برای کنترل بیولوژیک حشرات در حال گسترش است.

نرمتنان در نقش عوامل کنترل بیولوژیک

نرمتنان علیه علف‌های هرز اگرچه نرمتنان دارای ترجیحاتی در خوردن گیاهان هستند اما راب‌ها و حلزون‌ها به اندازه کافی انتخابی نبوده‌اند تا برای کنترل بیولوژیک علف‌های هرز استفاده شوند.

نرمتنان علیه حلزون‌ها حلزون دکولات (شکل ۱۳-۷) گیاه‌خوار و همچنین شکارگر حلزون قهوه‌ای باغ است. حلزون قهوه‌ای باغی یک مشکل جدی در تولید مرکبـات اسـت و حلـزون دکـولات بـرای کنترل بیولوژیک علیه حلزون قهوه‌ای بـاغ بـا موفقیـت بکـار گرفتـه شـده اسـت. حلـزون دکـولات همچنین گیاه‌خوار بوده و گیاهچه گیاهان زراعی را می‌خورد؛ بنابراین نباید به سیسـتم‌هـای کشـت گیاهان یکساله واردسازی شود.



شکل ۱۳- ۷: استفاده از حلزون دکولات برای کنترل بیولوژیک حلزون قهوه‌ای باغ مرکبات. منبع: تصویر از Jack Clark در قالب برنامه IPM ایالتی دانشگاه کالیفورنیا.

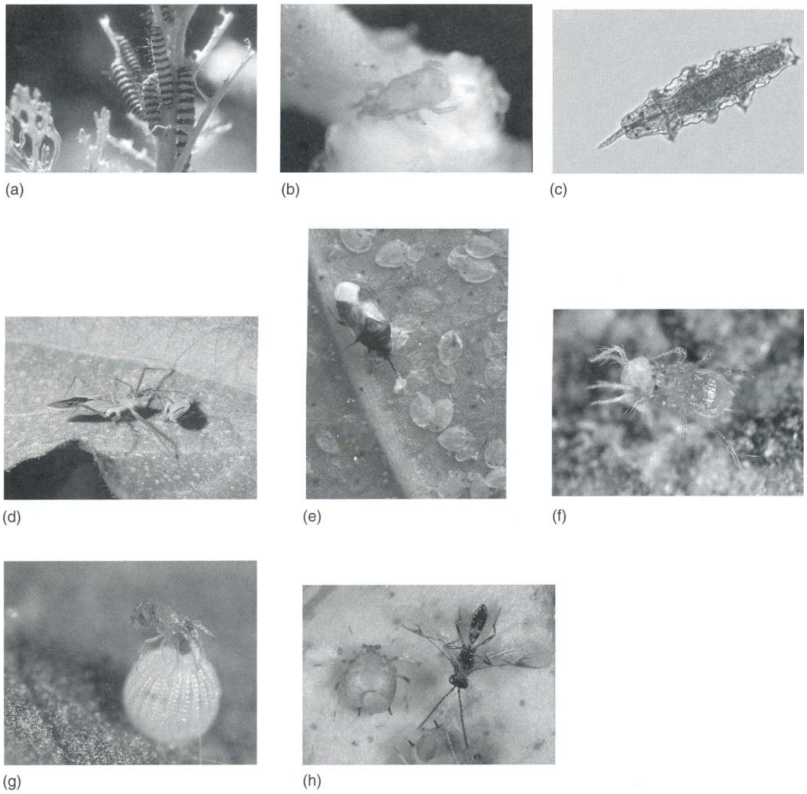
بند پایان در نقش عوامل کنترل بیولوژیک

بندپایان با تغذیه از شکاری در سطح غذایی پایین‌تر (یعنی گوشت‌خواران) یا گیاهان میزبان (یعنی گیاه‌خواران) به آن‌ها خسارت وارد کرده یا آن‌ها را می‌کشند. وقتی طعمه یا میزبان یک آفت است، این تغذیه می‌تواند کنترل آفت را نتیجه دهد. مثال‌هایی از برخی بندپایان عامل کنترل بیولوژیک در شکل ۱۳-۸ نشان داده شده است؛ برخی مثال‌های دیگر در شکل ۱۲-۲ نشان داده شدند.

بندپایان علیه عوامل بیماری‌زای گیاهی مثالی از بندپایان به‌کار گرفته شده برای کنترل بیولوژیک عوامل بیماری‌زای گیاهی وجود ندارد.

بندپایان علیه علف‌های هرز بندپایان گیاه‌خواری که بیشتر از علف‌های هرز تغذیه می‌کنند قدرت علف هرز را کاهش داده و قدرت رقابتی آن‌ها را کمتر می‌کنند، یا این‌که بذرهای علف هرز را می‌خورند. برای اینکه یک بندپای گیاه‌خوار در کنترل بیولوژیک استفاده شود باید انتخابی بوده و گونه‌های گیاهی غیرهدف را مورد حمله قرار ندهد. در عمل نشان داده شده انتخابی بودن عامل یک مشکل جدی بالقوه برای همه برنامه‌های کنترل بیولوژیکی است که هدف آن‌ها علف‌های هرز هستند. یک مثال، سرخرطومی بذری[1] (*Rhinocyllus conicus*) است که برای کنترل بعضی از گونه‌های علفی خار شتر واردسازی شد. در نبراسکا این سرخرطومی دامنه میزبانی‌اش را گسترش داده و گونه‌های در معرض خطر خارشتر را در بر می‌گیرد.

[1] Seedhead weevil



شکل ۱۳- ۸: نمونه‌هایی از بندپایان مورد استفاده در کنترل بیولوژیک. (a) لارو شب‌پره‌ی سینابار برای کنترل بیولوژیک کاسنی؛ (b) کنه خاکزی در حال تغذیه از تخم‌های *Meloidogyne chitwoodii*؛ (c) بندپای خاکزاد تاردیگراد در حال بلعیدن یک نماتد؛ (d) سن قاتل که یک شکارگر عمومیست در حال تغذیه از یک سن لیگوس؛ (e) سن سارق که یک شکارگر عمومیست در حال تغذیه از پوره‌های سفیدبالک؛ (f) کنه شکارگر *Phytoseiulus* در حال تغذیه از کنه دو لکه‌ای؛ (g) زنبور پارازیتوئید در حال تخم‌گذاری روی تخم کرم میوه‌ی گوجه‌فرنگی؛ و (h) زنبور پارازیتوئید شته‌های خربزه و شته‌ها (در پایین تصویر حفره‌ای در شته مشخص است). منبع: تصویر (a) از دپارتمان غذا و کشاورزی کالیفرنیا؛ تصویر (b) از Renato Inserra با مجوز؛ تصویر (c) از E. Bernard با مجوز؛ تصاویر (d)، (f)، (g) و (h) از Jack Clark در قالب برنامه IPM ایالتی دانشگاه کالیفورنیا؛ و تصویر (e) از Jack Dykinga، USDA/ARS.

چندین مثال از کنترل بیولوژیک کلاسیک علف‌های هرز با استفاده از گونه‌های بندپایان غیر بومی وارداتی وجود دارد. در قرن نوزدهم انجیر تیغی[1] به استرالیا واردسازی شد که به سرعت مناطق

[1] Prickly pear

بزرگی از مراتع را مورد حمله قرار داد. همان طور که در فصل سوم ذکر شد، پروانه *Cactoblastis cactorum* وارد و رهاسازی شد. (لاروهای) این پروانه با تغذیه از کاکتوس به آن خسارت وارد می‌کنند و عوامل بیماری‌زایی که در محل زخم تشکیل کلنی می‌دهند گیاه را می‌کشند. در بین سالهای ۱۹۲۹ تا ۱۹۴۰ دامنه هجوم کاکتوس بیش از ۸۰ درصد کاهش یافت و هنوز هم کنترل رضایت بخشی وجود دارد (شکل ۶- ۳ را ببینید). در غرب ایالات متحده Tansy ragwort به مراتع وارد شد. این گیاه که برای چارپایان اهلی چراکننده آن سمی است در این مراتع غالب شد (شکل ۱۳-۹ a) و مورد هدف (برنامه) کنترل بیولوژیک قرار گرفت. شب پره سینابار[1]، که دارای لارو تغذیه کننده از شاخ و برگ است (شکل ۱۳-۸ a)، واردسازی شد و این علف هرز را به سطوح قابل قبولی کاهش داد (شکل ۱۳-۹ b). به طور مشابه، علف هرز کلامتس[2] نیز، که St. Johns Wort نیز نامیده می‌شود، به غرب ایالات متحده وارد شد و در بسیاری از مناطق مرتعی به صورت (گیاه) غالب درآمد. این علف هرز بعد از واردسازی سوسک گیاه‌خوار *Chrysolina quadrigemmina* و حشرات دیگر از لحاظ بیولوژیکی کنترل شده است. نمونه دیگری از کنترل بیولوژیک موفق علف هرز کنترل Lantana در هاوایی است.

(a) (b)

شکل ۱۳- ۹: کنترل بیولوژیک کاسنی (a) قبل و (b) بعد از وارد کردن شب‌پره‌ی سینابار. منبع: تصاویر از مجموعه‌ی P. McEvoy با مجوز.

مثال‌های معدودی از کنترل بیولوژیک علف‌های هرز یکساله وجود دارد. در جنوب غربی ایالات متحده یک سرخرطومی بذر برای کنترل خارخسک[3] واردسازی شد. واردسازی این سرخرطومی

[1] Cinnabar moth
[2] Klamath weed
[3] Puncturevine

تنها با موفقیت مختصری همراه بوده است زیرا جمعیت‌های سرخرطومی بذر خودشان به وسیله یک پارازیت بومی محدود می‌شوند. خرفه معمولی[1] به وسیله دو مینوز برگ مورد حمله قرار می‌گیرد و علی رغم خسارت قابل توجه این حشرات به علف هرز، آن‌ها نمی‌توانند کنترل کافی ایجاد کنند تا نیاز به سایر روش‌های کنترلی را کاهش دهند. به ظاهر ماهیت مختل شده اکوسیستم و بیولوژی مینوز برگ کارایی کنترل بیولوژیک را محدود می‌کند.

بسیاری از بندپایانی که در یا روی خاک زندگی می‌کنند، مانند سوسکهای کارابید، شکارگران بانک علف هرز هستند. دامنه و اثرات واقعی طولانی مدت این شکارگری بخوبی شناخته نشده است و برای مدیریت این قبیل شکارگری در اهداف کنترل بیولوژیک هیچ تلاشی صورت نگرفته است.

بندپایان علیه نماتدها بندپایان میکروسکوپی خاکزی، مانند کنه‌های گیاهی (شکل ۱۳-۸ b)، پادمان و تاردیگرادها[2] (شکل ۱۳-۸ c) در خاک‌ها پراکنش گسترده‌ای داشته و فراوان هستند. بنظر می‌رسد تعدادی از کنه‌ها، شکارگران اختصاصی نماتد باشند و ممکن است پتانسیل کنترل بیولوژیک داشته باشند. این دشمنان طبیعی قادرند به طور مؤثری به محل‌هایی با خلل و فرج بزرگ که نماتدها در آن‌ها زندگی می‌کنند دست یابند، اگرچه محل‌های با خلل و فرج کوچکتر احتمالاً فراهم کننده پناهگاه نماتد هستند. تعدادی از کنه‌هایی که نماتدخوار بوده، بکرزا نیز هستند، این صفت در رابطه با کنترل بیولوژیک با ارزش است زیرا به دشمنان طبیعی (کنه‌ها) امکان می‌دهد تعدادشان را در خاک به سرعت افزایش دهند. از طرف دیگر، اگرچه نماتدخواری اجباری[3] ممکن است کارایی این دشمنان طبیعی را افزایش دهد، محدود کننده نیز است زیرا وقتی که تعداد نماتدها پایین است دشمنان طبیعی آسیب می‌بینند. بسیاری از محققین این دشمنان طبیعی را شکارگران مهم نماتد در نظر می‌گیرند چراکه دارای تأثیر قابل توجهی روی تعداد نماتدها در اکوسیستم‌های طبیعی به ویژه در محل‌های با خلل و فرج بزرگتر هستند. اهمیت کنه‌ها و پادمان در تنظیم تعداد نماتدها در خاک بمقدار ناچیزی شناخته شده است، و به ظاهر برای دستکاری این جانداران در کنترل بیولوژیک نماتد در اکوسیستم‌های کشاورزی تلاشی نشده است.

بندپایان علیه نرمتنان سوسک‌های کارابید و سوسک‌های دیگر، راب‌ها را مورد حمله قرار می‌دهند. کنه‌ها نیز می‌توانند راب‌ها و حلزون‌ها را مورد حمله قرار دهند. اگرچه معلوم شده که چنین تغذیه-ای رخ می‌دهد، هیچ تلاشی برای دستکاری آن‌ها برای اهداف IPM صورت نگرفته است.

بندپایان علیه بندپایان این برهم‌کنش تنها برهم‌کنشی است که بیشتر مردم آن را کنترل بیولوژیک تصور می‌کنند، با تصویرهایی مانند هنگامی که عنکبوت‌ها مگس‌های خانگی را در

[1] Common purslane
[2] Tardigrades
[3] Obligate nematophagy

شبکه‌های تار خود شکار می‌کنند تقویت می‌شود. بیشتر بندپایان یا مفید و یا خنثی بوده و تنها تعدا به نسبت کمی آفت هستند. بسیاری از حشرات مفید خیلی انتخابی نیستند، آن‌ها درست به همان سادگی که یک آفت را می‌خورند افراد گونه خودشان یا حشرات مفید دیگر را خواهند خورد (برای نمونه شیخک و لاروهای بالتوری). بندپایان مفید به دو گروه کلی تقسیم می‌شوند- شکارگران و پارازیتوئیدها

شکارگران شکارگران عمومی همه چیزخوار[1] تعداد زیادی از حشرات دیگر را می‌خورند. مثال‌هایی از شکارگران عمومی شامل شیخک (شکل ۱۲-۲a)، گونه‌های معینی از کفشدوزک‌ها (شکل ۱۲-۲ d)، مگس‌های سیرفید، سن‌های قاتل[2] (شکل ۱۳-۸ d)، سن‌های دوشیزه[3] (شکل ۱۳-۲b)، سن‌های چشم درشت[4] (شکل ۱۲-۲ c)، سن‌های سارق (شکل ۱۳-۸ e) زنبورهای مختلف، کنه‌ها (شکل ۱۲-۲ g و ۱۳-۸ f را ببینید) و بسیاری (از بندپایان) دیگر هستند. بسیاری از بندپایان که هدفشان کنترل بیولوژیکی حفاظت بوده است برای حفظ جمعیت‌هایی از شکارگران عمومی که به طور طبیعی وجود دارند هدایت شده‌اند.

چندین مشکل در رابطه با استفاده مؤثر از شکارگران عمومی وجود دارد. تعداد زیادی از آن‌ها متحرک هستند و چنانچه منبع غذایی رایج به‌طور قابل‌توجهی کاهش یابد برای پیدا کردن منبع غذایی به محل جدیدی جابجا می‌شوند. برای نمونه، رهاسازی‌های کفشدوزک‌ها ممکن است برای کنترل حشره محلی ارزش کمی داشته باشند زیرا آن‌ها به خارج از نقطه رهاسازی جابجا می‌شوند، اگرچه تحقیقات جدید اشاره دارد به اینکه شکارگران عمومی ممکن است پوشش گیاهی جدید را به جای میزبان‌های تناوبی در محل دیگر ترجیح بدهند. مشکل دیگر این است که شکارگران عمومی چنانچه مجال و فرصت داشته باشند حشرات مفید دیگر را خواهند خورد. علی رغم این معایب، شکارگران عمومی به طور معمول در مفهوم مدیریت تلفیقی آفات فوقالعاده مفید در نظر گرفته می‌شوند.

شکارگرانی که در گونه‌های شکار خود محدود می‌شوند شکارگران اختصاصی[5] نامیده می‌شوند و بیشتر مواقع تنها آفت هدف را شکار می‌کنند. کفشدوزک استرالیایی[6] (شکل ۷-۳) که در اواخر قرن نوزدهم برای کنترل شپشک استرالیایی[7] به کالیفرنیا واردسازی شد، مثالی از یک شکارگر

[1] Omnivorous
[2] Assassin bugs
[3] Damsel bugs
[4] Big-eyed bugs
[5] Specialists
[6] Vedalia beetles
[7] Cottony cushion scale

اختصاصی است. لاروها و حشرات کامل از همه مراحل زیستی این شپشک تغذیه می‌کنند. کنترل بیولوژیکی به وسیله کفشدوزک استرالیایی به اندازه کافی بالا بوده است به طوری‌که در حال حاضر شپشک استرالیایی یک مشکل در نظر گرفته نمی‌شود. کنه‌های شکارگر، مانند *Metaseiuluis*، که بیشتر از کنه‌های آفت یا تخم‌هایشان تغذیه می‌کنند، فراهم کننده سطوح بالایی از کنترل بیولوژیک هستند.

موارد متعدد دیگری از شکارگران اختصاصی برای کنترل بیولوژیک واردسازی شده‌اند و تخمین زده شده که ۱۶ از درصد طرح‌های کنترل بیولوژیک در کنترل آفت هدف با موفقیت کامل همراه بوده است.

پارازیت‌ها و پارازیتوئیدها پارازیتوئیدها مراحل مختلف چرخه زندگی حشره میزبان را مورد حمله قرار می‌دهند و بر اساس مرحله‌ای از میزبان که مورد حمله قرار گرفته، طبقه‌بندی می‌شوند. بیشتر پارازیتوئیدها، زنبورها از راسته بال‌غشائیان یا مگس‌ها از راسته دوبالان هستند، ولی گونه‌های پارازیت در سایر راسته‌های حشرات نیز وجود دارند.

پارازیتوئیدهای تخم، که به طور معمول زنبورهای کوچکی هستند، در هر تخم میزبان یک تخم می‌گذارند. لارو پارازیتوئید در تخم میزبان رشد می‌کند و سر انجام آن را می‌کشد. سطوح بالایی از کنترل بیولوژیک به وسیله پارازیتوئیدهای تخم حاصل می‌شود. پایش درصد تخم‌های پارازیته شده بخشی از برنامه‌های IPM برای بعضی از حشرات آفت مانند کرم میوه گوجه فرنگی است. تخم‌های کرم میوه گوجه فرنگی شمارش شده و درجه پارازیته شدن آن‌ها تعیین می‌شود (تخم‌هایی که دارای یک پارازیتوئید در خود بوده، رنگ متفاوتی دارند). وقتی نسبت بالایی از تخم‌ها پارازیته شوند، روش‌های مدیریتی دیگر (مانند، حشره‌کش‌ها) به طور معمول ضروری نیستند. زنبورهای جنس *Trichogramma* (شکل ۱۳-۸ g) می‌توانند سطوح بالایی از پارازیتیسم در تخم حشرات آفت ایجاد کنند. رهاسازی‌های اشباعی *Trichogramma* عمومیت داشته و به طور گسترده‌ای بکار گرفته شده است، اگرچه موفقیت چنین رهاسازی‌هایی اغلب نامشخص است.

پارازیتوئیدهای لاروی، مرحله لاروی حشره آفت را مورد حمله قرار می‌دهند. حشرات کامل یک تا چندین تخم در (بدن) لارو میزبان قرار می‌دهند و با رشد لارو پارازیتوئید لارو میزبان کشته می‌شود. بسیاری از زنبورهای خانواده‌های Ichneumonidae و Braconidae فراهم کننده سطوح قابل توجهی از کنترل بیولوژیک هستند. برای نمونه، زنبور *Apantales medicaginis* می‌تواند در پروانه یونجه[1] کنترل کافی ایجاد کند به طوری که تیمار دیگری ضرورت نداشته باشد.

[1] Alfalfa butterfly

پارازیتوئیدهای کامل (بالغ)، مرحله بلوغ حشره آفت را مورد حمله قرار می‌دهند. پارازیتوئید بالغ یک تخم در میزبان می‌گذارد. لارو در (بدن) میزبان رشد کرده، سرانجام آن را می‌کشد و به یک پوست خالی به نام مومیایی[1] تبدیل می‌کند که لارو در آن شفیره می‌شود. با تفریخ شفیره یک سوراخ خروجی در مومیایی ایجاد و حشره کامل از طریق آن خارج می‌شود. زنبورهایی مانند *Aphidius smithii* می‌توانند در شته‌ها کنترل قابل توجهی ایجاد کنند (شکل ۱۳-۸ h).

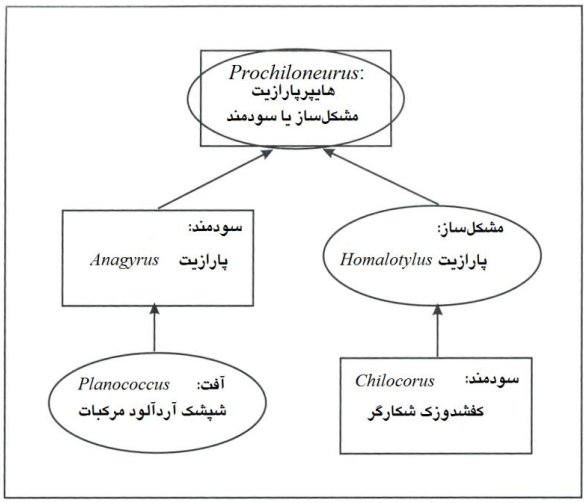
در واقع این مرحله لاروی بسیاری از پارازیتوئیدها است که فراهم کننده کنترل بیولوژیک است. مرحله بلوغ یا تغذیه نمی‌کند و یا از شهد یا گرده استفاده می‌کند. با وجود این، پارازیتوئیدهای اختصاصی معینی در مرحله بالغ از شپشک‌های سپردار[2] که مورد استفاده لاروها است تغذیه می‌کنند. در این موارد کارایی پارازیتوئید توسط هر دوی حشرات کامل و لاروهای دخیل در تخریب جمعیت آفت افزایش می‌یابد. برای بعضی از پارازیتوئیدهایی که نیازمند تغذیه تکمیلی از شهد یا گرده هستند، تدارک یک منبع غذایی مناسب می‌تواند عملکرد عامل کنترل بیولوژیک را بهبود بخشد. این یک دلیل اساسی برای افزایش تنوع زیستی گیاهی در اطراف مزارع کشاورزی است.

هیپرپارازیتوئیدها هیپرپارازیتوئیدها "پارازیتوئیدهای پارازیتوئیدها" یا جانداران سطح غذایی بالاتر، می‌توانند از عوامل کنترل بیولوژیک به عنوان منبع غذایی استفاده کنند. چنین بندپایان گوشت‌خوار ثانوی، هیپرپارازیتوئیدها نامیده می‌شوند و فعالیت آن‌ها ممکن است برای کنترل بیولوژیک مضر باشد. یک مثال هیپرپارازیتوئید زنبور *Hypersoter exigua* است که در کالیفرنیا کنترل مؤثری روی کرم چغندر[3] تا اواسط تابستان فراهم می‌کند. بعد از اواسط تابستان، جمعیت هیپرپارازیتوئید افزایش می‌یابد و کنترل بیولوژیک مؤثر کرم چغندر به وسیله *H. exigua* را از بین می‌برد.

هیپرپارازیت *Prochiloneurus* در مرکبات یک مثال پیچیده است. اینکه آیا *Prochiloneurus* برای یک برنامه IPM مفید یا مخرب است بستگی به میزبانی دارد که آن استفاده می‌کند (شکل ۱۳-۱۰). هنگامی که *Prochiloneurus* از *Anagyrus* به عنوان میزبان خود استفاده می‌کند، یک مشکل برای برنامه IPM است زیرا *Anagyrus* یک عامل کنترل بیولوژیکی است که شپشک آرد آلود مرکبات را مورد حمله قرار می‌دهد. از طرف دیگر، هنگامی که *Prochiloneurus* از *Homalotylus* تغذیه می‌کند، برای IPM مفید است زیرا آن کاهش دهنده یک پارازیت از کفشدوزک مفید *Chilocorus* است. این مثال ارزش درک دقیق اکولوژی

[1] Mummy
[2] Armored scales
[3] Beet armyworm

آفات و دشمنان طبیعی آن‌ها و برهمکنش‌های بین آن‌ها را مورد تأکید قرار می‌دهد. اگر بایستی تصمیمات مدیریتی مناسب گرفته شوند، شناخت دقیق زیست‌شناسی همه گونه‌ها ضروری است.



شکل ۱۳- ۱۰: برهم‌کنش سطح غذایی بالاتر هایپرپارازیت روی عملکرد کنترل بیولوژیک مرکبات؛ در بیضی‌ها موجودات آفت و در مستطیل‌ها موجودات سودمند (برای توضیح بیشتر متن را نکاه کنید).

مهره‌داران در نقش عوامل کنترل بیولوژیک

مهره‌دارانی که از جانداران سطح (غذایی) پایین‌تر تغذیه می‌کنند در بعضی از موقعیت‌ها دارای توانایی ایجاد کنترل در چنین جاندارانی هستند (شکل ۱۳-۱۱). به طور معمول فعالیت انسان کنترل بیولوژیک در نظر گرفته نمی‌شود، گرچه چنین فعالیت‌هایی در مدیریت آفت با تعریف بارز کنترل بیولوژیک متناسب است زیرا از دیدگاه اکولوژیکی، یک جاندار بر دینامیسم (جمعیت) جاندار دیگر تأثیرگذار است. پر واضح است انسان‌ها از اجزای زیستی مهم اکوسیستم‌های کشاورزی هستند. مشکلی که در اثر فعالیت انسان به صورت به نسبت متداول وجود دارد کشته شدن اغلب هردوی، جانداران خوب و بد است.

مهره‌داران علیه عوامل بیماری‌زا مهره‌داران برای کنترل بیولوژیکی عوامل بیماری‌زا مفید نیستند.

مهره‌داران علیه علف‌های هرز مهره‌داران گیاه‌خوار ممکن است علف‌های هرز را بخورند، و بنابراین می‌توانند علف هرز را کنترل کنند. با وجود این، یک مشکل انتخابی بودن آن‌ها است؛ جانور مهره-دار باید تنها علف هرز را بخورد. اگر از یک دشمن طبیعی مهره‌دار گیاه‌خوار در کنترل بیولوژیک استفاده می‌شود، باید محصول خوشایند انسان را پیدا نکند، باید محصول قادر به تحمل خسارت

تغذیه‌ای باشد، یا آن عامل کنترل بیولوژیک (مهره‌دار) باید با برخی روش‌ها محدود شود بـه طـوری که نتواند به محصول دسترسی داشته باشد.

شکل ۱۳- ۱۱: نمونه‌هایی از مهره‌داران مورد استفاده در کنتـرل بیولوژیـک. (a) غازهـا در حـال خـوردن علف‌ها در مزرعه گوجه، (b) گوسفندان در حال خوردن علف‌های هـرز در مزرعـه‌ی یونجـه؛ (c) شـاهین، شکاگری که از مهره‌دارانی مثل انواع موش تغذیه می‌کند، روی تیرک حفاظتی نشسته است. منابع: تصویر (a) از Tom Lanini با مجوز؛ تصویر (b) از Robert Norris ؛ و تصویر (c) از Terrell Salmon با مجوز.

شناخته‌شده‌ترین مثال از کنتـرل بیولوژیـک علـف هـرز بـه‌وسـیله مهـره‌داران اسـتفاده از غازهـای علف‌خوار است (شکل ۱۳-۱۱ a). غاز خوردن گیاهـان علفـی گرامینـه را تـرجیح مـی‌دهـد. آن‌هـا می‌توانند به طور انتخابی علف هرزی مانند سوروف[1] را از مزارع پنبه یا گوجـه فرنگـی حـذف کننـد زیرا آن‌ها دوست ندارند این محصـولات را بخورنـد. مثـال دیگـر اسـتفاده از مهـره‌داران در کنتـرل بیولوژیک علف هرز، استفاده از گوسـفندان بـرای چـرا در مـزارع یونجـه اسـت (شـکل ۱۳-۱۱ b). گوسفندان یونجه را می‌خورند ولی یونجه دوباره رشد می‌کند زیرا یونجه یک گیاه دائمی (چندساله) است، در صورتی‌که علف‌های هرز یکساله به طور معمول از بین می‌روند. بزها می‌توانند برای کنتـرل

[1] Barnyard grass

بوته‌ها استفاده شوند چون آن‌ها هر چیزی را می‌خورند، ولی باید از طریق موانع فلزی (فنس) بیرون از محصولات نگهداری شوند. چرای انتخابی به وسیله دام می‌تواند برای مهار جمعیت بذر گل گندم خاردار[1] استفاده شود.

استفاده از حیوانات اهلی برای کنترل بیولوژیک، برخی مشکلات را ایجاد می‌کند زیرا احتمالاً محصولات را خواهند خورد. آن‌ها باید حتی در مزارع بزرگ محدودسازی شوند. برای حیوانات باید آب فراهم شود و باید از آن‌ها در برابر آب و هوای نامساعد و همچنین شکارگرانی مانند گرگ‌ها و سگ‌ها حفاظت کرد. بنا به این دلایل، استفاده از مهره‌داران در کنترل بیولوژیک یک علف هرز به طور معمول به سیستم‌هایی محدود می‌شود که علف‌کش‌ها نتوانند استفاده شوند.

ماهی‌های گیاه‌خوار در برخی نواحی جهان برای کنترل علف‌های هرز در سیستم‌های آبی، استفاده شده‌اند. ماهی کپور علفی[2] در کنترل علف‌های هرز آبی نظیر Hydrilla به طور گسترده استفاده شده و کنترل مؤثری ایجاد کرده است. با وجود این، استفاده از ماهی گیاه‌خوار مشکلات جدی به همرا دارد زیرا غیرانتخابی هستند و ممکن است گیاهان غیرهدف را بخورند که منجر به تخریب زیستگاه می‌شوند. همچنین ممکن است جایگزین ماهی‌های بومی شوند و بر تنوع زیستی تأثیرگذار باشند.

بسیاری از پرندگان و جوندگان بذرهایی که روی سطح خاک افتاده‌اند را می‌خورند. این قبیل شکار بذر می‌تواند منجر به کاهش ۸۰ تا ۹۰ درصد بذور علف‌های هرز که در بانک بذر خاک ذخیره شده‌اند شود. این جنبه از کنترل بیولوژیک علف هرز اغلب نادیده گرفته می‌شود ولی می‌تواند یک جزء مهم در تنظیم جمعیت علف‌های هرز یکساله به علت اهمیت بانک بذر در حفظ جمعیت‌های علف‌های هرز باشد. همچنین مواردی از شکار بانک بذری پنهان شده در خاک وجود دارد ولی در مقایسه با شکار بذر سطحی خاک کم است. در حال حاضر تلاش‌های اندکی برای دستکاری سطوح شکار بانک بذر وجود دارد.

مهره‌داران علیه نرمتنان تعدادی از مهره‌داران حلزون‌ها را می‌خورند و فراهم‌کننده کنترل بیولوژیک در حلزون‌ها هستند. برای نمونه، اردک‌ها برای کنترل حلزون معمولی باغ به وسیله باغ-داران مرکبات کالیفرنیا استفاده می‌شوند. پرندگان دیگر مانند ماکیان و کلاغ‌ها نیز حلزون‌ها را می-خورند.

مهره‌داران علیه بندپایان پرندگان و سایر مهره‌داران حشرات را می‌خورند، که می‌توانند درجاتی از کنترل بیولوژیک را فراهم کنند. شاید بهترین مثال از این نوع کنترل بیولوژیک، کنترل زنبور

[1] Yellow starthistle
[2] Grass carp

تخمریز اره‌ای کاج[1] به‌وسیله موش‌های پوزه‌دار[2] در مناطق جنگلی باشد؛ موش‌های پوزه‌دار شفیره‌ها را می‌خورند و بقدری مؤثر هستند که اغلب پیدا کردن هر گونه شفیره در جاهایی که فعالیت موش پوزه‌دار رخ می‌دهد، امکان‌پذیر نیست. خفاش‌ها حشرات را می‌خورند و امروزه تلاش‌هایی برای پی بردن به اثر ایجاد لانه‌های مصنوعی برای خفاش‌ها در مناطق محدود جهت بررسی افزایش توانایی خفاش‌ها درکاهش جمعیت‌های حشرات در حال انجام است. کارایی این دستکاری باید تعیین شود. ماهی‌ها برای کنترل حشرات آبزی استفاده شده‌اند. ماهی پشه معمولی[3] (*Gamhusia* sp.) برای کنترل پشه‌های معمولی در برخی سیستم‌های آبی مانند شالیزارها ی برنج به طور گسترده‌ای به کار گرفته شده است.

مهره‌داران علیه مهره‌داران گوشت‌خواران سطوح غذایی بالاتر، مانند جغدها و عقاب‌ها (شکل ۱۳-۱۱ C)، از مهره‌داران گیاه‌خوار آفت مانند سنجاب‌های زمینی، موش‌های صحرایی و موش‌های خانگی تغذیه می‌کنند. تصور می‌شود این فعالیت تغذیه‌ای فراهم کننده کنترل بیولوژیک در بعضی از سیستم‌ها باشد. با وجود این، مدارک علمی کمی درباره تأیید یا رد این ادعا وجود دارد. کارایی واقعی شکار به‌وسیله شکارگران در کاهش تعداد این آفات به سبب دینامیک‌های (تغییرات عددی) جمعیت گونه آفت و قابلیت دستیابی این جانوران برای شکارگران بحث برانگیز است. برای نمونه، جانوران نقب زن مانند گوفرهای کیسه‌دار[4] ۹۵ درصد اوقات زیر زمین هستند و در نتیجه شکارگران شکارگران علیه گوفرها مؤثر نیستند. برای حفظ جمعیت‌های شکارگر در مناطقی که کنترل مهره-داران آفت مطلوب بوده، اغلب تیرک‌های استراحت و استراحتگاه‌ها و جعبه‌های لانه تهیه می‌شوند.

اختصاصی بودن طعمه هدف نیز می‌تواند یک مشکل برای شکارگران باشد. اگرچه آن‌ها گونه‌های آفت را مورد حمله قرار می‌دهند، اما ممکن است گونه‌های بومی غیر آفت و گونه‌های خانگی مانند مرغ‌ها و پرندگان و مارها را نیز شکار کنند. به عبارت دیگر آن‌ها به طور معمول ضوابط انتخابی مورد استفاده در عوامل کنترل بیولوژیک دیگر را ندارند. کنترل بیولوژیک مهره‌داران مثالی از پیچیدگی تلاش برای دستکاری جمعیت‌های آفات مهره‌دار است. کنترل کایوت‌ها[5] (نوعی گرگ)، افزایش جمعیت‌های روباه قرمز اروپایی را امکان‌پذیر کرده است، چون روباه قرمز اروپایی طعمه‌ای برای کایوت‌ها است. افزایش تعداد روباه‌ها منجر به افزایش شکار از لانه‌های اردک‌ها شده است. بنابراین مدیریت گرگ‌ها در چنین روشی برای حفظ لانه‌های اردک‌ها ضروری است.

---

[1] Spruce sawfly
[2] Shrews
[3] Mosquito fish
[4] Pocket gophers
[5] Coyotes

خلاصه

مثال‌هایی مذکور نشان‌دهنده راه‌های متعددی است که کنترل بیولوژیک می‌تواند به مدیریت آفات کمک کند. دشمنان طبیعی می‌توانند در موارد زیادی آفات را کنترل کنند و در نتیجه ضروری است مدیران آفت چنین عوامل متعدد کنترل بیولوژیک را تا حد امکان حفظ کنند.

به طور کلی، کنترل بیولوژیک برای بسیاری از حشرات آفت بخوبی کار می‌کند و اگر مختل نشود ممکن است برای حفظ بسیاری از حشرات آفت در زیر آستانه اقتصادی کافی باشد. با وجود این، استثنائاتی هم وجود دارد. برای تعداد کمی از علف‌های هرز دائمی در اکوسیستم‌های خیلی پایدار، کنترل بیولوژیک مؤثر بوده است ولی سودمندی آن علیه علف‌های هرز یکساله در سیستم‌های کشت زراعی با محدودیت مواجه بوده است. کنترل بیولوژیک بانک بذر علف هرز باعث کاهش قابل توجهی در جمعیت‌های علف هرز می‌شود ولی تاکنون مورد دستکاری قرار نگرفته است. در مورد عوامل بیماری‌زای خاکزاد و نماتدها کنترل بیولوژیک در موارد معدودی امکان‌پذیر است و کنترل بیولوژک بومی متداول است ولی کنترل بیولوژیک قابل پیش‌بینی و قابل دستکاری برای این آفات کمتر وجود دارد. کنترل بیولوژیک عوامل بیماری‌زای هوازی محدود و مشکل است و احتمالاً یک روش اصلی برای مدیریت بیماری‌های هوازی نیست. برای مهره‌داران آفت، بجز موارد معدودی بعید به‌نظر می‌رسد که کنترل بیولوژیکی بخواهد یک روش مدیریتی اصلی باشد.

حرف آخر درباره کنترل بیولوژیک این است که روش‌های مدیریتی باید به روش‌هایی استفاده شوند که حداقل اختلال را در کنترل بیولوژیک بومی که از قبل وجود داشته، ایجاد کنند. مدیرانی که اطلاعات بهتری درباره زیست‌شناسی و اکولوژی آفت دارند می‌توانند تحقیقات بهتری در مورد کنترل بیولوژیک انجام دهند.

منابع

Andow, D, A., D. W. Ragsdale, and R. F. Nyvall, eds. 1997. Ecological interactions and biological control. Boulder, Colo.: Westview Press, xiv. 334.

Backrnan, P. A., M. Wilson, and I. F. Murphy. 1907. Bacteria for biological control of plant diseases. In N. A. Rechcigl and I. E. Reclicigl, eds., Environmentally safe approaches to crop disease control. Boca Raton, Fla.: CRC/Lewis Publishers, 95-109.

Bellows, T. S. and T. W. Fisher, eds. 1999. Handbook of biological Control: Principles and applications of biological control. San Diego: Academic Press, xxiii, 1046.

Collins, W. W., and C. O. Quulset. 1999. Biodiversity in agroecosystem. Boca Raton, Fla.: CRC Press, 334.

Del Fosse, E. S., and R. R. Scott. 1902. Biological control of weeds. VIII International Symposium on Biological Control of weads. Lincoln University. Canterbury, New Zealand, 2-7 February 1992, Melbourne, Commonweath Scientific and Industrial Research Organization Australia, xxiii, 735.

Flint, M. L., and S. H. Dreisladt. 1998. Natural enemies handbook: The illustrated guide ta biological pest control. Oakland; Berkley. Calif.: UC Division of Agriculture and Natural Sciences, Univnrsilv of California Press viii 154.

Follett, P. A., and J. J. Duan. 2000. Nontarget effects of biological control. Boston: Kluwer Academic, xiii, 316.

Godan, D. 1983. Pest slugs and snails: Biology and control. Berlin; New York: Springer-Verlag, x, 445.

Hokkanen, H. M. T., and I. M. Lynch, eds. 1995. Biological control: Benefits and risks. Plant and Microbial Biotechnology Research Series, vol. 4. Paris; Cambridge; New York: Cambridge University Press. xxii, 304.

Khetan, S. K. 2001. Microbial pest Control. New York: M. Dekker, xiv, 300.

Lockwood, I. A., F. G. Howarth, and M. F. Purcell. 2001. Balancing nature: Assessing the impact of importing non-native biological Control agents, an international perspective. Lantham, Md.: Entomological Society of America, vi, 130.

Mehrotra, R. S., K. R. Aneja. and A. Aggerwal. 1997. Fungal control agents. In N. A. Rechcigl and J. E. Rechcigl, eds., Environmentally safe approaches to crop disease control. Boca Raton, Fla.: CRC/Lewis Publishers, 111-137.

Mukerji, K. G., and K. L. Garg. 1988. Biocontrol of plant diseases. Boca Raton. Fla.: CRC Press, 2 v.

Oatman, E. R., J. A. McMurtry, F. E. Gilstrap, and V. Voth. 1977. Effect of releases of *Ambylseius californicus*, *Phytoseiulus persimilis*, and *Typhlodromus occidentalis* on the two spotted spider mite on strawberry in Southern California. J. Econ. Entomol. 70:45-47.

Pickett, C. H., and R. L. Bugg. eds. 1998. Enhancing biological control: Habitat management to promote natural enemies of agricultural pests. Berkeley, Calif.: University of California Press, 422.

Rush, C. M., and J. L. Sherwood. 1997. Viral control agents. ln N. A. Rechcigl and J. E. Recltcigl, eds., Environmentally safe approaches to crop disease control. Boca Raton, Fla.: CRC/Lewis Publishers, 139-159.

Simberloff, D. and P. Stiling. 1996. How risky is biological control? Ecology 77: 1965-1974.

Stirling, G. R. 1991. Biological control of plant parasitic nematodes: Progress, problems and prospects. Wallingford, Oxon. U.K.: CAB. International, x. 282.

Sutton, I. C.. and G. Peng. 1993. Manipulation and vectoring of biocontrol organisms to manage foliage and fruit diseases in cropping systems. Annual Heview of Phytopathology 31:473-493.

Van Driesche. R. G., and T. S. Bellows, Jr. 1996. Biological control. New York: Chapman & Hall, 539.

van Emden, H. F. 1990. Plant diversity and natural enemy efficiency in agroecosystems. In M. Mackauer, L. E. Ehler, and I. Roland, eds., Critical issues in biological control. Andover; Hants, England: New York: Intercept: VCH Publishers. 63-80.

Wajnbcrg. E., I. K. Scott, and P. C. Quimby, eds. 2001. Evaluating indirect ecological effects of biological control. Wallingford. Oxon, UK; New York: CABI Pub., xvii, 201.

فصل چهاردهم: کنترل رفتاری

رئوس مطالب این فصل

- مقدمه
- روش‌های مبتنی بر بینایی
- روش‌های مبتنی بر شنوایی
- روش‌های مبتنی بر بویایی
- روش‌های مبتنی بر غذا

مقدمه

آنچه که جانوران در طبیعت برای پیدا کردن غذا، رهایی از دشمنان، زنده ماندن در آب و هوای نامساعد، جفتگیری، تولیدمثل و پرورش نتاج انجام می‌دهند جنبه‌هایی از رفتار جانوران است. انسان‌ها رفتار جانوران را در طول هزاران سال مشاهده کرده‌اند به ویژه رفتار جانورانی را که برای تغذیه شکار کرده یا بخاطر گیاهان وحشی خوراکی یا بالاخره گیاهان اهلی با آن‌ها رقابت کرده‌اند. هم‌چنان‌که انسان‌ها جانوران را رفیق یا چهارپایان مفید را اهلی می‌کردند، باعث شد تا قلمرو رفتارشناسی جانوران پیشرفت زیادی کند. امروزه مطالعه رفتار جانوران به دانشمندان کمک می‌کند تا آفات کشاورزی و دشمنان آن‌ها را بشناسند. کاربرد این دانش در IPM، قلمرو کنترل رفتاری است. این فصل در مورد دستکاری هدفمند رفتار جانوران بحث می‌کند که یک روش کنترل است و نشان می‌دهد که چگونه می‌توان دستکاری و تغییر دادن علائم خارجی که روی رفتار آفت اثر می‌گذارد را در مدیریت آفت استفاده کرد.

نماتدها، بندپایان و مهره‌داران دارای سیستم عصبی هستند که رفتار آن‌ها را تنظیم می‌کند، در صورتی که عوامل بیماری‌زا و نماتدها فاقد آن هستند. بر همین اساس، روش‌های مدیریتی مبتنی بر رفتار بیشتر برای عوامل بیماری‌زا و علف‌های هرز نامربوط در نظر گرفته می‌شوند، زیرا این آفات در رابطه با یک علامت خارجی نمی‌تواند به طور سریع و به طور آشکار رفتارشان را تغییر دهند. این گفته بدان معنی نیست که گیاهان و عوامل بیماری‌زا به علائم خارجی واکنش نشان نمی‌دهند – آن‌ها آنرا انجام می‌دهند – ولی واکنش‌هایشان بیشتر از طریق تغییرات در تکامل و رشد تنظیم می‌شوند که به ترتیب در طول دوره زمانی طولانی و فواصل (مسافت‌های) کوتاهی رخ می‌دهند.

همه جانوران جهان خارجی را به‌وسیله اطلاعاتی که به وسیله اندام‌های حسی پریفرال[1] پردازش می‌شوند درک می‌کنند که این اندام‌های حسی عبارتند از بینایی، بویایی، چشایی، لامسه و شنوایی. داده‌های اطلاعاتی موجود در محیط زیست به صورت علائم در سیستم عصبی شکل می‌گیرند و این علائم به صورت شکل، رنگ، حرکت، بو، طعم و صدا ترجمه و تفسیر می‌شود. ترکیبی از داده‌های حسی در سیستم عصبی یک جانور منجر به کنش و واکنش‌هایی می‌شود که نشان دهنده خزانه رفتاری جانور است. گرایش‌های کاربردی رفتارها در IPM مربوط به مواردی است که در زیر ذکر شده است:

- جفتگیری و تولید مثل
- جستجوگری یا انتخاب میزبان
- دفاع و فرار از شکارگران
- انتخاب پناهگاه
- جهت‌یابی عمومی

در کنترل رفتاری هردوی، مهره‌داران و بی مهرگان آفت مورد هدف واقع می‌شوند. در جهان مهره‌داران، رفتار غالب نتیجه محرک‌های بینایی است و در جهان بی‌مهرگان بدون شک محرک‌های شیمیایی از همه عوامل دیگر مهمتر هستند. این تفاوت‌ها در انتخاب و استفاده از روش‌های کنترل رفتاری حائز اهمیت است.

روش‌هایی که از پاسخ‌های رفتاری حیوانات در IPM استفاده می‌کنند نه تنها برای کنترل مستقیم استفاده می‌شوند بلکه در پایش جمعیت‌های آفت اهمیت دارند (در فصل ۸ بحث شد). برای مثال تله‌های جلب کننده بویایی برای سنجش مگس‌های میوه استفاده می‌شود تا لزوم کاربرد کنترل شیمیایی تعیین شود.

مزایا و معایب کنترل رفتاری

روش‌های کنترل رفتاری خاص گونه هستند. وقتی به‌طور مناسب به‌کار روند، تنها روی آفت هدف تأثیر می‌گذارند و در نتیجه با سایر روش‌های کنترل سازگاری دارند. کنترل رفتاری اغلب از تولیدات طبیعی استفاده می‌کند و بنابراین از لحاظ زیست محیطی مطلوب است. از آنجایی که روش‌های کنترل رفتاری در رفتارهایی که بیش از میلیون‌ها سال تکامل بوجود آمده‌اند اختلال ایجاد می‌کنند، بنظر می‌رسد که مقاومت به این روش‌ها بروز نمی‌کند. به هرحال، تکامل می‌تواند در واکنش به دستکاری انسان در محیط زیست به‌طور خیلی سریع رخ دهد. مهره‌داران از طریق یادگیری قادر به تغییر یک رفتار هستند و بنابراین آن‌ها می‌توانند یاد بگیرند که چگونه از یک

[1] Peripheral sense organs

روش کنترلی اجتناب کرده یا آن را نادیده بگیرند. جالب است چنین استنباط می‌شود که حشرات نیز ممکن است رفتارشان را در واکنش به استفاده مفرط از یک روش کنترلی معین تغییر دهند، به طوری که حتی روش‌های کنترل رفتاری در برابر مشکلات مقاومت در آفت مصون نیستند (فصل ۱۲ را ببینید).

رفتار جانور

بحث دقیق در مورد رفتار جانور خارج از حوزه این کتاب است. با این وجود، شناخت بعضی از مفاهیم پایه و واژه‌های فنی برای درک نحوه عمل روش‌های کنترل رفتاری و دستیابی به منابع فنی ضروری است.

جهت‌یابی اساسی‌ترین رفتار در همه جانوران از پروتوزواها تا پستاندارن است. جهت‌یابی اولیه طرز قرارگیری طبیعی بدن در هنگام استراحت است برای نمونه یک پروانه روز پرواز روی یک برگ بال‌های جمع کرده خود را مستقیم به طرف بالا قرار می‌دهد. جهت یابی ثانویه واکنش هدفدار به یک علامت یا محرک است. این سیگنال بیانگر اطلاعاتی از محیط زیست است که به وسیله جاندار با واکنش‌های رفتاری حاصله پردازش می‌شود. بیشتر واکنش‌ها رفتار غریزی، یا بدون یادگیری، هستند. این رفتارهای غریزی بیشتر به صورت زیر دسته بندی می‌شوند:

۱ - رفلکس‌ها[1] ساده‌ترین اشکال رفتار غریزی هستند. دمیدن جریان هوا در عقب یک سوسری در حال استراحت در کف آشپزخانه موجب می‌شود که سوسری روی یک خط مستقیم تا یک فوت یا بیشتر به طرف جلو بدود. یک مانع قرار داده شده در جلوی یک نماتد در حال حرکت موجب خواهد شد نماتد حرکت خود را متوقف کند و تا یک فاصله کوتاهی به عقب برگردد. اینها واکنش‌های آنی و فوری و کنش‌های رهایی‌دهنده یا اجتناب‌کننده هستند.

۲ - کینزها[2] واکنش‌های هدایت نشده هستند و حرکات تصادفی را افزایش می‌دهند که شدت واکنش بر حسب شدت محرک تغییر می‌کند. واکنش‌های کینتیک[3] منجر به افزایش حرکت می‌شوند بدون اینکه روی جهت حرکت مؤثر باشند. واکنش به شیب تغییر(گرادیان) یک محرک که منجر به افزایش حرکت می‌شود ارتوکینز[4] نامیده می‌شود. واکنشی که منجر به افزایش سرعت دور زدن و گشتن می‌شود کلینوکینز[5] نامیده می‌شود. ارتوکینز و کلینوکینز منجر به حرکت به، یا باقی ماندن در، مناطقی می‌شوند که دارای شرایط محیطی مناسب هستند، و اغلب به تغییرات رطوبت، دما و نور واکنش می‌دهند.

---

[1] Reflexes
[2] Kineses
[3] Kinetic
[4] Orthokinesis
[5] Klinokinesis

۳ - تاکس‌ها[1] حرکات هدایت شده به طرف یا خارج از منبع یک محرک هستند. جهت‌یابی هدایت‌شده در حرکت در طول خطی است که از میان منبع محرک و محور طولی بدن جانور عبور می‌کند. تاکس‌ها بر اساس نوع محرکی که واکنش را بر می‌انگیزد طبقه‌بندی می‌شوند. موارد زیر بعضی از محرک‌های اصلی و تاکس مربوطه هستند:

۳-۱- نور – فتوتاکسی[2]
۳-۲- تاریکی – اسکوتوتاکسی[3]
۳-۳- جاذبه – ژئو تاکسی[4]
۳-۴- باد- آنموتاکسی[5]
۳-۵- مواد شیمیایی یا بوها – کموتاکسی[6]
۳-۶- تماس - تیگموتاکسی[7]

۴ - جهت‌یابی تقاطعی هنگامی رخ می‌دهد که یک جانور بدن خود را در یک زاویه معینی نسبت به جهت منبع محرک قرار می‌دهد. مهمترین نوع جهت‌یابی تقاطعی واکنش به دریافت نور است که به جانور امکان می‌دهد به‌دنبال دریافت نور از یک منبع نوری دور دست (خورشید، ماه، ستاره‌ها) در مسافت‌های طولانی حرکت کند. مورچه‌ها، زنبورهای گرده‌افشان (Bees)، پروانه‌های روز پرواز، پرندگان و زنبورهای Wasp از این نوع جهت‌یابی استفاده می‌کنند.

رفلکس‌ها، کینزها، تاکس‌ها و جهت‌یابی تقاطعی اجزای اصلی رفتار جانور هستند. به طور معمول حشرات و نماتدها هنگامی‌که متولد می‌شوند الگوهای رفتاری از پیش برنامه‌ریزی شده‌ای را ظاهر می‌سازند، آنچه که آن‌ها نشان می‌دهند رفتار قالبی[8] نامیده می‌شود. اگرچه مهره‌داران با رفتارهای قالبی متولد می‌شوند، از طریق یادگیری رفتار رپرتواری[9] خود را توسعه می‌دهند. در عین حال به‌تازگی ثابت شده که حشرات و نماتدها نیز ممکن است رفتارهای یادگیری نشان دهند.

[1] Taxes
[2] Phototaxis
[3] Skototaxis
[4] Geotaxis
[5] Anemotaxis
[6] Chemotaxis
[7] Thigmotaxis
[8] Stereotyped behavior
[9] Repertiore

جانوران علاوه بر این الگوهای رفتاری پایه‌ای، دارای توانایی ایجاد علائم یا ارتباط با افراد دیگر همان‌گونه هستند و می‌توانند علائم منتشر شده به وسیله گونه‌های دیگر را تشخیص دهند. ارتباط درون گونه‌ای برای جفت‌گیری، اجتناب از خطر، یا برای تجمع حائز اهمیت است. ایجاد علائم بین گونه‌ای ممکن است ردیابی طعمه را برای شکارگر تسهیل کند یا برای طعمه پی بردن به (حضور) شکارگران را امکان‌پذیر سازد. شناخت و دستکاری علامت دهی و ارتباطات، نویدبخش‌ترین سطح را در کاربرد کنترل رفتاری جانور فراهم کرده است. اتکینز[1](۱۹۸۰)، الیز[2](۱۹۸۵)، و متیوز و متیوز[3] (۱۹۱۸) اطلاعات بیشتری در زمینه رفتار جانوری ارائه می‌دهند.

شرایط روش‌های کنترل رفتاری

هدف روش‌های کنترل سیستم رفتاری ویژۀ حیوانات مهره‌دار و بی‌مهره است. شرایط این روش‌ها می‌تواند بر اساس سیستم حسی و ماهیت علامت گروه‌بندی شود. اغلب این روش‌ها شامل چیموتاکسیس، آنموتاکسیس، فوتوتاکسیس و ترکیبی از این‌ها و سایر رفتارها است.

روش‌های مبتنی بر رفتار بینایی

جانورانی که دارای قدرت بینایی هستند به‌وسیله آنچه که آن‌ها می‌بینند تغییر داده می‌شوند. دامنه وسیعی از تیزبینی و حساسیت به طول موج در بین سیستم‌های بینایی جانوران مختلف وجود دارد. بیشتر جانوران مهره‌دار جهان را در دامنه‌ای از طیف الکترومغناطیسی می‌بینند که با آنچه توسط انسان‌ها درک شده شباهت دارد، اگرچه رنگ‌ها ممکن است بسته به گیرنده‌های نوری ویژه چشم به‌طور متفاوتی تجزیه شوند. بسیاری از حشرات قادر به تشخیص اشعه الکترومغناطیسی در طول موج‌های ماوراء بنفش هستند و تعداد کمی دارای گیرنده‌های اختصاصی اشعه مادون قرمز هستند. روش‌های کنترل رفتاری رنگ، شکل و حرکت اشیاء مختلف را دستکاری می‌کنند. تعیین دامنه‌ای که آفت در آن دامنه حساس و واکنش‌پذیر بوده، حائز اهمیت است.

روش‌های مبتنی بر بینایی برای بندپایان

۱ - تله‌های مختلفی رنگ‌آمیزی یا ساخته می‌شوند به نحوی که جانور بندپای هدف را جلب کنند. تله با یک ماده چسبنده پوشانده می‌شود که حشره در آن بدام افتاده و می‌میرد. این تله‌ها تلفیقی از کنترل رفتاری و فیزیکی هستند.

[1] Atkins
[2] Ellis
[3] Mattews and Mattews

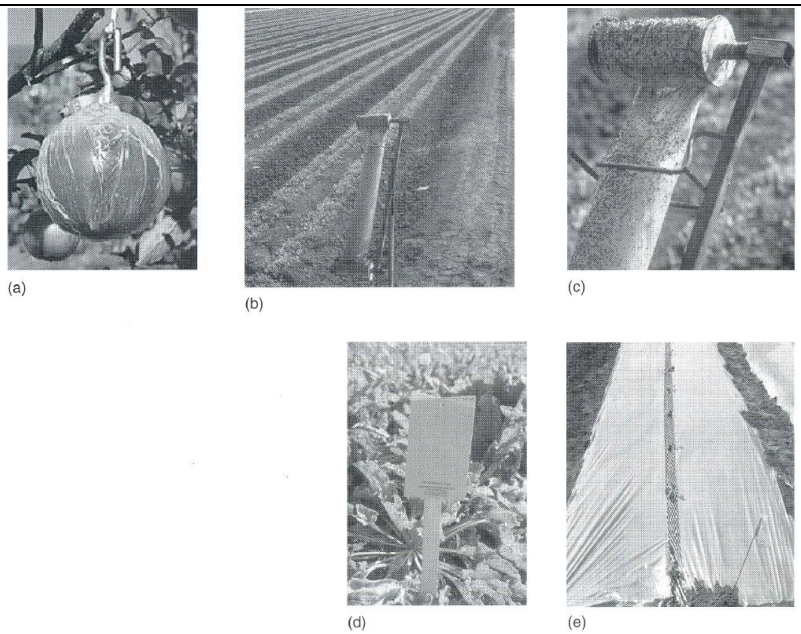
۱-۱- مگس‌های بالغ لارو (maggot) سیب به کره‌هایی که شکل و رنگ میوه‌های رسیده سیب را تقلید کرده، جلب می‌شوند (شکل ۱۴-۱ a). این کره‌ها با گریس چسبنده پوشانده می‌شوند و از لحاظ راهبردی در طول حاشیه باغ‌های سیب که لارو مگس وجود دارد، قرار داده می‌شوند. مگس‌های بالغ به این سیب‌های دروغین (کره‌ها) جلب شده و در گریس گرفتار می‌شوند. چنانچه یک منبع غذایی بودار (جلب کننده) در مجاورت این کره‌ها قرار داده شود کارایی کره‌ها در جلب مگس‌ها بسیار افزایش می‌یابد.

۱-۲- تله‌های چسبنده زرد گاهی اوقات برای بدام اندختن حشرات استفاده می‌شود (شکل ۱۴-۱ b، c و d). مواردی که تله‌های چسبنده زرد مفید است شامل سفیدبالک‌ها[1] در گلخانه‌ها، مینوزهای برگ[2] در اسفناج، و زنجرک‌های برگ در برخی محصولات است. تله‌های چسبنده سفید برای تریپس‌ها استفاده می‌شوند. سطح چسبنده تله ممکن است به وسیله گرد و خاک یا تعداد زیاد آفت هدف تأثیر خود را از دست بدهد. این تله‌ها همچنین برای پی‌بردن به حضور و فراوانی نسبی حشرات آفت معین، مفید است و چنین اطلاعاتی در تصمیم گیری مدیریت تلفیقی آفات (IPM) حائز اهمیت است.

۲ - مالچ‌های بازتابنده (انعکاسی)[3] مانع از فرود آمدن (نشستن) بعضی از حشرات روی گیاهان هدف می‌شوند (شکل ۱۴-۱ e). بنظر می‌رسد شته‌ها و سفیدبالک‌های در حال پرواز مالچ بازتابی را همانند آسمان درک کرده و روی زمین ننشینند. کاربرد عملی این روش با محدودیت همراه بوده است ولی در کرت‌های تحقیقاتی کوچک بخوبی انجام شده است و به ویژه در مدیریت ویروس برای دفع ناقلین (حشرات ناقل) به طور چشمگیری امید بخش بوده است.

۳ - تله‌های نوری به دلیل واکنش بی نظیر فتوتاکتیکی مثبت حشرات، شکار می‌کنند. نور ماوراء بنفش[4] برای تعداد زیادی از حشرات به طور ویژه‌ای جلب کننده است، بنابراین در تله‌های نوری حشرات اغلب نور ماوراء بنفش یا نور سیاه بکار می‌رود. گاهی تله‌های نور سیاه برای پایش شیوع آفات معین (شکل ۸-۷ e)، بیشتر شب‌پره‌ها، در سیستم‌های کشاورزی استفاده می‌شود ولی آن‌ها یک روش کنترل مؤثر نیستند.

[1] Whiteflies
[2] Leaf Miners
[3] Reflective Mulches
[4] Ultraviolet (Uv) Light



شکل ۱۴- ۱: روش‌های نظری جهت کنترل آفات بندپا. (a) یک تله‌ی لارو مگس سیب شامل کره‌ای قرمزرنگ با پوشش چسبناک که پوشش آن پلاستیکی و قابل تعویض است؛ (b) تله‌ی چسبناک زرد برای به دام انداختن مینوزهای برگ در مزرعه‌ی اسفناج ارگانیک (تله‌ی چسبناک زرد به سمت انتها می‌غلتد تا ناحیه‌ی چسبناک جدیدی را فراهم آورد)؛ (c) نمای نزدیک از قرقره‌ی جذب شکل b برای نمایش حشرات شکارشده؛ (d) کارت چسبناک رنگی برای کنترل حشراتی مانند سفیدبالک‌ها و تریپس‌ها؛ و (e) پوشش بازتابنده روی محصول خیار جهت بازداشتن حشراتی مانند شته و سفیدبالک. منابع: تصویر (a) از Ron Prokopy با مجوز؛ تصاویر (b) و (c) از Robert Norris؛ تصویر (d) از Larry Godfrey با مجوز؛ تصویر (e) از Jim Stapleton با مجوز.

روش‌های مبتنی بر بینایی برای مهره‌داران

بیشتر حیوانات دارای (قدرت) بینایی زیادی بوده و فعالیت‌هایشان را در رابطه با آنچه که می‌بینند، تغییر می‌دهند.

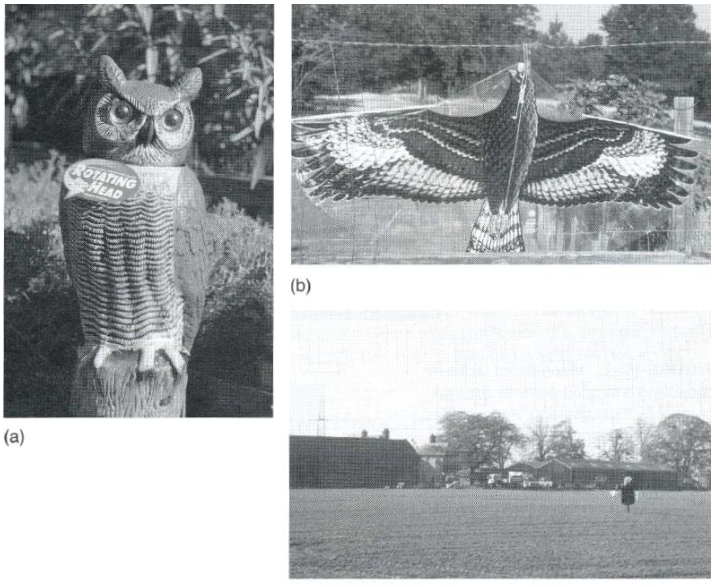
۱ - روش آویختن حیوانات مرده در محصول به‌طور گسترده استفاده نمی‌شود و کارایی آن مورد تردید است، اگرچه گاهی برای ترساندن پرندگان استفاده می‌شود.

۲ - ممکن است مجسمه‌های مدل از صیادان و شکارگران (مانند: جغدها، مارها) در مناطقی که قابلیت دید بالایی داشته قرار داده و مانع از بازدید آفات از آن مناطق شوند (شکل ۱۴-۲ a، b). اگرچه مدرکی مبنی بر کنترل این مدل‌ها روی آفات هدف وجود ندارد، بعضی از

پرندگان برای دوره‌های کوتاه از جستجو در مناطق معین که مدل‌هایی از شکارگران در معرض دید گذاشته می‌شوند، ممکن است منع (دور) شوند. در محوطه دانشگاه دویس[1] کالیفرنیا، در تعدادی از ساختمان در جاهایی که کبوترها جمع می‌شوند، مدل‌های سفالی جغدها قرار داده شدند. مشاهده شد که کبوترها به راحتی روی سر این مدل جغدها می‌نشینند.

۳ - استفاده از تندیس عقاب (شکل ۱۴-۲ c) یک روش مرسوم برای ترساندن پرندگان است. تندیس عقاب‌ها هنوز هم برای دور کردن گنجشک‌ها توصیه می‌شوند.

۴ - مواد بازتاب‌دهنده (انعکاسی) که در باد حرکت کرده و می‌درخشد برای دفع (دور کردن) پرندگان استفاده می‌شوند. کارایی آن‌ها بهتر از مدل‌های شکارگر است، ولی پرندگان به مرور زمان به حرکت اشیاء (عادت را ببینید) نیز عادت می‌کنند.



شکل ۱۴- ۲: روش‌های ترساندن نظری آفات مهره‌دار. (a) مدلی از یک جغد شکارگر؛ (b) کایت پلاستیکی به شکل شاهین؛ و (c) مترسک در مزرعه‌ی نخود. منابع: تصویر (a) از Edward Caswell-Chen؛ تصویر (b) از Terrell Salmon با مجوز؛ و تصویر (c) از Robert Norris.

[1] Davis

روش‌های مبتنی بر شنوایی

جانوران صداها را اغلب در دامنه‌ای از طیف الکترومغناطیسی درک می‌کنند که گسترده‌تر از دامنه-ای است که انسان می‌تواند درک کند. هر دوی، حشرات و مهره‌داران از صدا برای برقراری ارتباط استفاده می‌کنند. شب‌پره‌ها می‌توانند صداهای مافوق صوت[1] به‌کار رفته به وسیله خفاش‌ها برای ردیابی را شناسایی کنند و با توقف پرواز و انداختن ناگهانی خود به پایین (با حیله) از حمله خفاش رهایی می‌یابند. در حال حاضر روش‌های کنترل مبتنی بر صدا در IPM حشره استفاده نمی‌شوند.

شکل ۱۴- ۳: دستگاه تولید صدا در تاکستان جهت روش ترساندن پرندگان بر پایه‌ی صدا. منابع: تصویر از با مجوز Terrell Salmon.

صدا و صدای مافوق صوت، ارتعاشات و انفجارها برای ترساندن مهره‌داران استفاده می‌شوند. اغلب روش‌های ترساندن در سطح وسیع خیلی خوب کار نمی‌کنند. در بهترین حالت چند روزی کنترل ایجاد می‌کنند و بعد از آن حیوان یاد می‌گیرد که صدا تهدید واقعی نیست و آن را نادیده می‌گیرد و به صدا عادت می‌کند. مواردی از وسایل سیگنال شنوایی شامل:

۱ - وسایل ماوراء صوت برای جوندگان نقب زننده در زمین. هیچ مدرکی مبنی بر این‌که این وسایل کنترل رضایت‌بخشی فراهم کنند وجود ندارد.

۲ - کانون‌ها[2]. این وسایل صداهای انفجاری ایجاد می‌کنند که مشابه تفنگی است که شلیک می‌شود (شکل ۱۴-۳). کاربرد وسایل تولید کننده صدا هنگامی که به تنهایی استفاده

[1] Ultra sound
[2] Cannons

می‌شوند بخوبی عمل نمی‌کنند زیرا جانوران به این صداها عادت می‌کنند. اگر وسایل تولید کننده صدا در تلفیق با روش‌های دیگر دورکننده به‌کار گرفته شوند، می‌توانند به طور منطقی مؤثر باشند. صدای تولید شده به وسیله چنین وسایلی می‌تواند برای انسان‌هایی که در مجاورت آن‌ها زندگی می‌کنند فوق‌العاده آزاردهنده باشد.

۳ - ثبت آوازهای ناراحتی و رنج. بسیاری از جانوران، به ویژه پرندگانی نظیر کلاغ‌ها، برای آگاهی دادن افراد گروه از خطر قریب‌الوقوع آواز ناراحتی و رنج تولید می‌کنند. روش ثبت و سپس پاسخ دادن به آوازهای ناراحتی و رنج به طور الکترونیکی، هنگامی که به طور صحیح بکار رفته، کنترل مؤثری فراهم کرده است.

روش‌های مبتنی بر بویایی

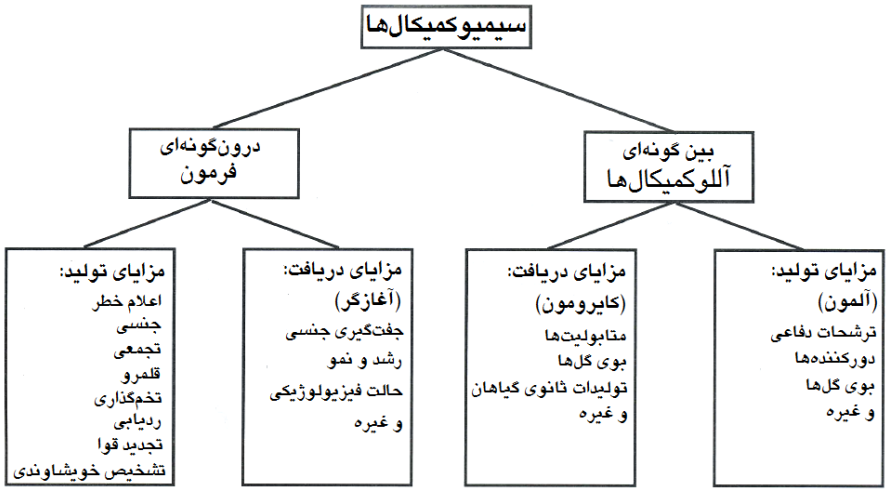
در بیشتر مهره‌داران، بندپایان و نماتدها، قابلیت تشخیص علائم شیمیایی در محیط زیست بسیار پیشرفت کرده است. از آنجایی که نماتدها فاقد سیستم بینایی هستند، بسیاری از اطلاعات خود را با تکیه بر علائم شیمیایی از محیط زیست بدست می‌آورند، که برای انتقال اطلاعات در هر دوی فواصل کوتاه و بلند استفاده می‌شوند. علائم شیمیایی که به وسیله اندام‌های بویایی و چشایی تشخیص داده می‌شوند، در برهم‌کنش‌های جانور بسیار حائز اهمیت هستند و مطالعه آن‌ها شاخه‌ای از علم موسوم به اکولوژی شیمیایی را به‌وجود آورده است. روش‌های مبتنی بر دستکاری حساسیت شیمیایی آفت مؤثرترین روش‌های کنترل رفتاری مورد استفاده برای حشرات آفت در IPM هستند.

تعاریف و اصول

سمیوکمیکال‌ها[1] تغییرات رفتاری ایجاد می‌کنند، مانند تغییر در جستجو، تجمع، پراکندگی، یا جلب برای جفتگیری، یا می‌توانند منجر به تغییرات فیزیولوژیکی در دریافت‌کننده شوند. سمیوکمیکال‌ها به آللوکمیکال‌ها[2] که بر گونه‌های مختلف غیر وابسته (غیر خویشاوند) جانداران تأثیر می‌گذارند و فرمون‌ها که بر جانداران داخل همان گونه (افراد همگونه) تأثیر می‌گذارند، تقسیم می‌شوند (شکل ۱۴-۴).

آللوکمیکال‌ها آللوکمیکال‌ها، سمیوکمیکال‌های آزاد شده‌ای هستند که در برهم‌کنش‌های بین گونه‌ای دخالت می‌کنند. چند گروه از آللوکمیکال‌ها شامل موارد زیر است:

[1] Semiochemicals
[2] Allelochemicals



شکل ۱۴- ۴: نموداری از روابط بیم سیمیوشیمیکال‌های مختلف. منبع: رسم مجدد از Howse و همکاران؛ ۱۹۹۸.

کایرومون‌ها[1] این آللوکمیکال‌ها به‌وسیله یک گونه (که منبع یا فرستنده نامیده می‌شود) تولید و به‌وسیله گونه دیگر (که دریافت کننده نامیده می‌شود) تشخیص داده می‌شود. کایرومون‌ها، بسته به واکنش رفتاری که آن‌ها در جاندار دریافت‌کننده ایجاد می‌کنند، جلب کننده‌های تغذیه‌ای، یا محرک‌های تخمریزی شناخته می‌شوند. بنابراین کایرومون‌ها یک مزیت سازگاری برای دریافت-کننده فراهم می‌کنند. برای نمونه، بسیاری از گیاهان خانواده چلیپائیان[2] (مانند کلم و کلم بروکلی، که اغلب چلیپائیان (کلمیان) گفته می‌شوند) مجموعه‌ای از مواد شیمیایی تولید می‌کنند که بیشتر گلوکوزیدهای روغن خردل[3] نامیده می‌شوند (خردل عضوی از خانواده چلیپائیان است). پروانه کلم و تعداد زیادی از حشرات دیگر تغذیه‌کننده از چلیپائیان با بوئیدن و چشیدن گلوکوزیدهای روغن خردل، گیاهان خانواده خردل (چلیپائیان) را جستجو و پیدا می‌کنند. گیاه علامتی منتشر می‌کند که در دریافت کننده، پروانه کلم، مزیت بوده و استفاده می‌شود.

به ظاهر نماتدهای انگل گیاهی مواد شیمیایی نظیر دی اکسید کربن منتشر شده به وسیله ریشه‌های میزبان را تشخیص و جهت‌یابی می‌کنند. در تعدادی از گونه‌های نماتد سیست، مانند گروه سیست سیب زمینی، تفریخ تخم به طور قابل توجهی به وسیله ترشحات ریشه میزبان تحریک می‌شود. این عوامل به سادگی در خاک جابجا شده و حتی در غلظت‌های پایین تفریخ را تحریک

[1] Kairomones
[2] Brassicaceae
[3] Mustard oil glucosides

می‌کنند. تجزیه مواد شیمیایی انتشار یافته از ریشه سیب‌زمینی، شناسایی عوامل محرک تفریخ تخم‌های نماتد سیست سیب زمینی، را امکان‌پذیر کرده است. یون‌های غیر آلی (معدنی) مانند روی تفریخ نماتدهای سیست سویا و چغندرقند را تحریک می‌کنند. از طرفی در نماتد سیست چغندرقند ترشحات ریشه گیاه محرک فرو کردن استایلت، رفتار جستجوی جهت و تجمع در مراحل نابالغی غیر آلوده (همه رفتارهای دخیل در پیدا کردن میزبان) است.

آلومون‌ها این آللوکمیکال‌ها برای جاندار تولید کننده یعنی فرستنده دارای مزیت هستند. آلومون‌ها به صورت دورکننده‌ها، بازدارنده‌های تغذیه‌ای یا تخمریزی عمل می‌کنند و بنابراین برای جاندار دریافت‌کننده مضر هستند. مشاهدات صورت گرفته در شرایط آزمایشگاهی نشان می‌دهد که مسیلیوم بعضی از قارچ‌های بدام اندازنده نماتد برای نماتدها جلب‌کننده است ولی اینکه جلب نماتدها در شرایط صحرایی (مزرعه) صورت می‌گیرد یا نه، معلوم نیست. برخی از آلومون‌های دورکننده نماتدهای انگل گیاهی در ترشحات ریشه گیاه شناسایی شده‌اند، اگرچه ماهیت آن‌ها از لحاظ شیمیایی مشخص نشده است. ریشه‌های گل همیشه بهار آفریقایی یک ماده شیمیایی، آلفاترتی‌انیل[1]، تولید می‌کنند که ممکن است برای نماتدها سمی یا دورکننده باشد و گل همیشه بهار آفریقایی برای کاهش تعداد برخی از نماتدهای انگل گیاهی در خاک‌ها مورد استفاده قرار گرفته است.

همان گلوکزیدهای روغن خردل که برای حشرات گیاه‌خوار اختصاصی چلیپائیان جلب‌کننده هستند، برای بیشتر حشرات گیاه‌خوار دیگر دورکننده است. در نتیجه، یک نوع ترکیب یکسان در یک گیاه ممکن است یک آلومون برای بسیاری از گونه‌های سیمپاتریک[2] حشره و یک کایرومون برای تعداد کمی از گونه‌های اختصاصی تغذیه کننده، باشد. این نقش دوگانه در بسیاری از ترکیبات گیاهی ثانویه مبنایی برای بیان نظریه تکامل متقابل بود.

دور کننده‌ها مبتنی بر رایحه شکارگر و سایر بوهای نفرت برانگیز به کرات در کنترل آفت مهره‌دار استفاده می‌شوند.

سینمون‌ها این آللوکیکال‌ها در گونه دریافت‌کننده یک واکنش رفتاری برمی‌انگیزیند که برای هر دوی، تولیدکننده و دریافت‌کننده مفید است. سینمون‌ها در روابط متقابل موچالیستی[3] بین جانداران میانجی‌گری می‌کنند. موچالیسم‌ها روابطی هستند که برای هر دو گونه از ارزش سازگاری برخوردارند. برای نمونه، بوی گل‌ها که زنبورهای گرده‌افشان و سایر گرده‌افشان‌ها را جلب می‌کند یک سینمون است.

---

[1] Alphaterthienyl
[2] Sympatric
[3] Mutualistic relationships

فرمون‌ها[1] فرمون‌ها مواد شیمیایی هستند که به‌وسیله یک فرد آزاد شده و بر افراد دیگر داخل همان‌گونه تأثیر می‌گذارند (اثرات درون گونه ای). فرمون‌ها بر حسب واکنش رفتاری که ایجاد می‌کنند به گروه‌های مختلف تقسیم می‌شوند.

فرمون‌های تجمعی[2] بعضی از این مواد شیمیایی به وسیله افراد یک گونه آزاد می‌شوند و افراد همگونه خود را به جانداران منبع جلب می‌کنند. سن‌های بودار[3] معین فرمون‌های تجمعی منتشر می‌کنند که هر دوی، سن‌های نر و ماده را به مجاورت آن‌ها جلب می‌کنند.

فرمون‌های اعلام خطر[4] این فرمون‌ها باعث رفتار فرار و دفاع می‌شوند. ترکیباتی با وزن مولکولی کم هستند که بسرعت پخش می‌شوند (برای نمونه، در میان یک کلنی) ولی دارای عمر کوتاهی هستند. گونه‌های معینی از شته‌ها در واکنش به شکارگران فرمون‌های اعلام خطر منتشر می‌کنند و فرمون اعلام خطر موجب می‌شود سایر افراد کلنی خود را از محلی در گیاه که جمع شده بودند به پایین بیاندازند.

فرمون‌های جنسی[5] این مواد شیمیایی فرمونی که دارای استفاده گسترده‌ای هستند، در جلب والدین جنسی برای افزایش احتمال جفتگیری دخیل هستند. آن‌ها به وسیله یک جنس برای جلب افراد جنس مخالف منتشر می‌شوند. در راسته بالپولک‌داران (شب پره‌ها و پروانه‌های روز پرواز) غدد تولید کننده فرمون‌ها در انتهای شکم قرار دارند.

نماتدهای نر به وسیله فرمون‌های جنسی به ماده‌ها جلب می‌شوند. اگرچه فرمون‌های جنسی در بیش از ۳۰ گونه نماتد به اثبات رسیده است، تنها فرمون جنسی نماتد که تاکنون از لحاظ شیمیایی شناخته شده است، اسید وانیلیک[6]، فرمون جنسی نماتد سیست سویا است.

فرمون‌های دیگر

فرمون‌های اپی دیکتیک[7] مواد شیمیایی هستند که موجب پراکنش افراد یک گونه و در نتیجه مانع از ازدحام جمعیت روی منابع می‌شوند.

فرمون‌های ردیابی[8] سمیوکمیکال‌هایی هستند که در رفتار جستجو و مهاجرت مورچه‌ها دخیل هستند.

---

[1] Pheromones
[2] Aggregation pheromones
[3] Stinkbugs
[4] Alarm pheromones
[5] Sex phereomones
[6] Vanillic acid
[7] Epidiectic
[8] Trail phreomones

فرمون‌های بلوغ[1] سمیوکمیکال‌هایی هستند که سرعت فرایندهای فیزیولوژیکی معینی را تغییر می‌دهند.

دورکننده‌ها[2] تعدادی از یون‌های ساده غیر آلی (معدنی)، نظیر K^+، NH_4^+، CS^+، NO_3^-، CL^- برای مراحل نابالغ نماتد ریشه گره‌ای بسیار دور کننده هستند و ممکن است در غلظت‌های کم (۰/۱ پی‌پی‌ام Ca) مراحل نابالغ را دور کنند. در آزمایشات گلخانه‌ای، شیب تغییر یون‌ها در خاک آلودگی به نماتد ریشه گره‌ای را در گیاهان مورد آزمایش کاهش داد. موفقیت دستکاری شیب تغییرات یون – خاک در مزرعه برای کاهش آلودگی نماتد تا کنون بدست نیامده است.

ساختمان شیمیایی و سنتز سیمیوکمیکال‌ها

اولین سمیوکمیکال‌های شناخته شده به طور مثبت کایرومون‌های گیاهان خانواده چلیپائیان بودند. ورشافلت[3] گیاه‌شناس در سال ۱۹۱۰، گلوکوزینولات‌ها[4] را به عنوان مواد شیمیایی دخیل در انتخاب میزبان‌های چلیپائیان به‌وسیله پروانه کلم شناسایی کرد. گلوکوزینولات‌ها جلب‌کننده و مهیج‌های تغذیه‌ای برای حشرات الیگوفاژ مرتبط با گیاهان خانواده چلیپائیان هستند. در جدول ۱۴-۱ کایرومون‌های مشتق شده از گیاهان ارائه شده است.

اولین فرمون جنسی که ساختمان شیمیایی آن تعیین شد مربوط به شب پره ابریشم معمولی بود (کارلسون و باتنانت[5]). از سال ۱۹۵۹، در حدود هزار ماده شیمیایی مختلف شناسایی شده‌اند که به صورت فرمون‌های جنسی در برخی از راسته‌های حشرات به کار می‌روند. در مطالعه فرمون‌ها، ابتدا مواد شیمیایی از جاندار منبع جداسازی و تغلیظ می‌شوند. این یک کار ساده نیست، چون فرمون‌ها اغلب در مقادیر زیاد، به ویژه در جانداران ریز مانند نماتدها تولید می‌شوند. هنگامی که ماده شیمیایی به قدر کافی بدست آورده شد، به کمک تلفیقی از روش‌ها مانند کروماتوگرافی گازی یا ستونی، همراه با اسپکترومتری جرمی IR یا NMR شناسایی می‌شود. روش‌های تجزیه‌ای مورد استفاده ممکن است در بین جانداران آفت تا حدودی متفاوت باشند چون خصوصیات شیمیایی فرمون‌های فرار حشرات هوازی ممکن است با ترکیبات فرار و غیر فرار فرمون‌های تولیدشده در لایه آبی خاک به‌وسیله نماتدها متفاوت باشد. به دنبال جداسازی و شناسایی مواد شیمیایی سازنده یک فرمون، فرایندهای سنتز این مواد شیمیایی ایجاد و توسعه داده می‌شوند.

---

[1] Maturation phremones
[2] Repellents
[3] Verschaffelt
[4] Glucosinolates
[5] Karlson and Butenadt

جدول ۱۴-۱ نمونه‌هایی از کایرومون‌های گیاهی فرار جذب کننده‌ی حشرات

حشره	کایرمون	منبع
بالپولکداران (شب‌پره‌ها و پروانه-ها)		
کرم بلال، کرم اروپایی ذرت و سایر شب‌پره‌های نوکتوئید	فنیل‌استالدهید	کلاله‌ی ذرت
کرم ثانوی آلو	ترپینئول استات	هلو
کرم سیب	α- فارنیزین، اتیل- ۲، ۴- دکادی‌نوآت	مختلف
سخت بالپوشان (سوسک‌ها)		
سوسک نواری خیار	ایندول	گل‌های خیار
کرم‌های ریشه	یوگنول، ایزویوگنول، سینامیل الکل، سینام‌آلدهید، ایندول، استراگول، β- ایونون	گل‌های خیار و مواد ساختگی
سوسک کلرادوی سیب‌زمینی	ترانس- ۲- هگزن-۱-ال، سیس – ۳- هگزن-۱-ال	سیب زمینی
کک‌های کلم	آلیل ایزوتیوسیانات	خانواده‌ی کلم
سرخرطومی‌شبدر شیرین	کومارین	شبدر شیرین
دوبالان (مگس‌ها و پشه‌ها)		
مگس مدیترانه	ترپینول استات، α- کوپاین، α- یلانجین	مختلف
مگس پیاز	دی‌پروپیل دی سولفید	پیاز
مگس کلم	آلیل ایزوتیوسیانات	خانواده‌ی کلم
مگس زنگ هویج	ترانس- اسارون، ترانس-۲-هگزنول، هگزانال، هپتانال	هویج
مگس سیب	بوتیل ۲- متیل‌بوتانوآت، پروپیل هگزانوآت، بوتیل هگزانوآت، هگزیل پروپانوآت، هگزیل بوتانوآت	سیب

بر پایه‌ی Metcalf و Metcalf، ۱۹۹۲.

در همه مراحل فرایند جداسازی و شناسایی، فعالیت این مواد شیمیایی باید با استفاده از یک آزمایش زیست‌سنجی مورد ارزیابی قرار گیرد. در آزمایشات زیست‌سنجی، جانداران زنده در معرض بو یا رایحه فرمون قرار داده شده و رفتار آن‌ها مشاهده می‌شود. شب‌پره‌های نر معین در واکنش به تحریک فرمون جنسی فرکانس‌های ویژه‌ای در بال زدن نشان می‌دهند و نماتدهای نر به طرف یک منبع فرمون جنسی مناسب حرکت خواهند کرد. الکتروفیزیولوژی[1] روشی متداول در مطالعه فرمون‌های حشره است، که در این روش شاخک‌های نر در نقش آشکارساز در کروماتوگرافی گازی برون‌ریز استفاده می‌شود. الکترودها در قاعده و انتهای شاخک‌ها فرو برده می‌شوند و دپلاریزه‌شدن[2]

[1] Electrophysiology
[2] Depolarization

شاخک‌ها در واکنش به تحریک شیمیایی روی یک اسیلوسکوپ[1] یا چارت ثبت‌کننده[2] مشخص می‌شود. به طور مشابه، در نماتدها دپلاریزه شدن عصب‌ها نسبت به تحریکات شیمیایی بررسی شده است. دپلاریزه شدن عصب در نماتدها نشان دهنده آغاز یک واکنش عصبی به یک ذره‌ی شیمیایی ویژه است و این ذرات برای مشخص شدن ترکیبات شیمیایی جمع آوری می‌شود.

فرمون‌ها شامل دامنه ای از ساختمان‌های شیمیایی، از الکل‌های زنجیره بلند به نسبت ساده تا آلدئیدها و کتون‌ها، و هیدروکربن‌های با زنجیره منشعب تا ترکیبات حلقوی مختلف هستند. هوس و همکاران[3] (۱۹۹۸) در فصل پنج کتاب خود مروری جالب از ماهیت شیمیایی فرمون ارائه داده‌اند.

ماهیت شیمیایی آللوکمیکال‌ها به ویژه آللوکمیکال‌های تولید شده به وسیله گیاهان خیلی پیچیده است. گیاهان خانواده‌های مختلف، مواد شیمیایی خاصی تولید می‌کنند که برای متابولیسم اولیه آن‌ها ضروری نیستند. این مواد شیمیایی ترکیبات گیاهی ثانویه نامیده می‌شوند و پذیرفته شده است که نقش اصلی بسیاری از این ترکیبات دفاع در برابر عوامل بیماری‌زا و گیاه‌خواران است. در فصل هفدهم ترکیبات گیاهی ثانویه بیشتر بحث می‌شوند. آللوکمیکال‌ها در کنترل رفتاری حشرات و نماتدها به عنوان جلب‌کننده‌ها و محرک‌های تغذیه ای (کایرومون‌ها) یا دورکننده‌ها (آلومون‌ها) استفاده می‌شوند.

فناوری توزیع

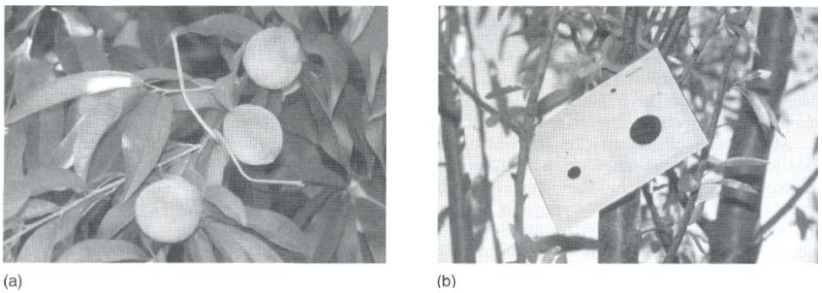
برای استفاده از فرمون‌ها در مدیریت آفت، ایجاد و توسعه فناوری توزیع فرمون به نحوی که بتواند قابل کاربرد باشد ضروری است. نیازمندی‌ها برای فناوری رهاسازی بهینه شامل موارد زیر است:

۱ - باید مقدار ثابتی از فرمون در واحد زمان، بسته به محصول (گیاه زراعی) یا آب و هوا رهاسازی شود.
۲ - تجهیزات باید قادر به رهاسازی فرمون‌های مختلف باشند.
۳ - همچنین تجهیزات باید قادر به فراهم کردن نرخ‌های رهاسازی مختلف باشند.
۴ - فرمون باید در برابر تجزیه شدن حفظ شود.
۵ - باید زمان رهاسازی برای یک آفت و محصول ویژه مناسب باشد.
۶ - دستگاه رهاسازی باید همه فرمون‌ها را رهاسازی کند.
۷ - فناوری رهاسازی باید امکان کاربرد آسان فرمون، نظیر کاربرد با هواپیما را فراهم کند.
۸ - وسایل توزیع‌کننده فرمون باید قابل تجزیه بیولوژیکی، غیرسمی و ارزان باشند.

[1] Oscilloscope
[2] Chart recorder
[3] Howse et al.

هیچ زمانی همهٔ این ملزومات برآورده نمی‌شود اما فناوری توزیع تا تکامل ادامه می‌یابد. وسایلی در گذشته استفاده شده‌اند یا هنوز برای توزیع فرمون استفاده می‌شوند، و همگی در یک دوره‌ی گسترده رهاسازی کنترل شده را ایجاد می‌کنند. فیبرهای توخالی که حاوی فرمون هستند و امکان رها شدن آن را از انتهای غیر قابل نفوذ نازک خود می‌دهند برای چندین فرمون استفاده می‌شوند. ورقه‌های پلاستیکی لایه لایه برای قرار دادن فرمون بین دو لایهٔ غیرقابل نفوذ استفاده می‌شوند و می‌توان با کپسوله کردن فرمون‌ها میکروکپسول‌هایی تهیه کرد. این‌ها در توزیع گسترده فرمون استفاده می‌شدند.

وسایلی نیز در مناطق مشخص‌تر مانند یک مزرعه یا یک باغ استفاده می‌شوند. طناب‌پیچ‌هایی که شبیه فیبرهای توخالی هستند و یک رشته‌ی سیمی دارند و در باغ‌ها روی شاخه‌ها استفاده می‌شوند (شکل ۱۴-۵ b). فرمون‌ها همچنین می‌توانند در غشای پلاستیکی قرار گیرند و به آرامی پخش شوند؛ لایه‌های پلاستیکی با یک نگهدارنده‌ی مقوایی مسدود می‌شوند و دارای گیره‌ای برای اتصال به شاخه درخت هستند. اخیرا دستگاه‌هایی به نام پوفر که آئروسول را موترایز می‌کنند و با برنامه‌ی زمان‌بندی اتوماتیک می‌تواند فرمون را بدمد توسعه یافته‌اند. فرمون می‌تواند داخل درپوش‌هایی پلاستیکی قرار گیرد و در تله‌های پایشی به طور گسترده پخش شود (شکل ۸-۷ d را ببینید).



شکل ۱۴- ۵: نمونه‌هایی از انواع مختلف پخش‌کننده‌ی فرمون. (a) یک پخش کننده‌ی طناب‌پیچ در درخت هلو؛ (b) یک پخش کننده‌ی ورقی، نمونه‌ی اینجا برای دو آفت کرم ثانوی آلو و سرشاخه‌خوار هلو؛ به گیره‌ی پلاستیکی در بالا برای نصب آسان به شاخه‌ها توجه کنید. منبع: تصاویر از Robert Norris.

کاربرد سیمیوکمیکال‌ها در IPM

سمیوکمیکال‌ها از چند طریق بخشی از مدیریت بندپایان آفت است:

پایش فرمون‌های جنسی برای پایش شیوع و فراوانی بندپایان آفت به طور گسترده‌ای استفاده می‌شوند (فصل ۸ را نیز ببینید). استفاده از فرمون‌ها در پایش بندپایان در دهه ۱۹۷۰ آغاز شد و استفاده از آن‌ها برای کاهش جمعیت قدمت بیشتری دارد. تله‌های فرمون جنسی برای جلب افراد،

به طور معمول نرها، با یک فرمون جنسی طراحی می‌شوند. تله‌های ویژه‌ای بوجود آمده‌اند که در آن‌ها فرمون، حشره را به داخل یک محفظه تونلی شکل با آستری از یک خمیر چسبنده جلب می‌کند. تله‌های مبتنی بر کایرومون‌ها نیز در پایش استفاده می‌شوند. برای نمونه، تله‌های حاوی جلب‌کننده‌های تغذیه‌ای برای پایش تخمریزی به وسیله کرم نارنجی ناول[1] در درختان بادام یا برای پی بردن به وجود مگس‌های میوه در باغ‌ها استفاده می‌شوند. تله‌گذاری برای اهداف پایشی به تنهایی کاهش‌های قابل توجهی در تعداد آفت هدف فراهم نمی‌کنند. تله‌گذاری اطلاعاتی که در زمان‌بندی روش‌های دیگر کنترل ضروری است فراهم می‌کند مانند کاربرد حشره‌کش یا تصمیم-گیری برای آغاز فرایندهای ریشه‌کنی در سطح وسیع همانند آنچه در مورد مگس میوه مدیترانه در کالیفرنیا صورت می‌گیرد.

شکار انبوه[2] (جلب کردن و کشتن) شکار انبوه تلاش‌هایی برای جلب و حذف تعداد کافی آفات هدف از جمعیت است به طوری که محصول از خسارت حفظ می‌شود. در عمل، استفاده موفق از این روش با برخی محدودیت‌ها مواجه است. محدودیت اول کارایی ناکافی تله‌ها و اشباع شدن آن‌ها با جمعیت‌های بالای آفت است. محدودیت دوم، لزوم جلب و شکار ماده‌هاست، زیرا آن‌ها بخش تولیدمثلی جمعیت‌ها هستند. با وجود این، بیشتر فرمون‌های جنسی نرها را جلب می‌کنند و تله‌های مبتنی بر فرمون جنسی به طور معمول نمی‌توانند نرها را به اندازه کافی شکار کنند تا بر باروری ماده تأثیر منفی داشته باشند. به هرحال، کایرومون‌های معینی می‌توانند به طورکامل مؤثر باشند زیرا هر دو جنس را شکار می‌کنند. بالاخره این که، به طور معمول کنترل مناسب مستلزم تراکم بالایی از تله‌ها است، و هزینه ممکن است بازدارنده باشد.

روش‌های مؤثری از جلب و کشتن توسعه یافته‌اند که نیازی به تله ندارند. سوسک‌های جنس *Diabrotica* و جنس‌های دیگر وابسته، یک رابطه غذایی را با گیاهان خانواده کدوئیان[3] (کدوهای حلوایی، کدوهای معمولی، کدوهای قلیایی) تکوین داده‌اند. سوسک‌های *Diabrotica* به شدت جلب گل‌ها می‌شوند و هنگامی که ترکیب ثانویه کوکوربیتاسین[4] که دارای انواع زیادی هستند را می‌چشند، فعالیت تغذیه‌ای آن‌ها تحریک می‌شود به نحوی که حتی سیلیکاژل[5] پوشیده شده با این ترکیب را می‌بلعند. در بخش‌های معینی از آمریکای جنوبی، کدوهای قلیایی وحشی برای جلب و کشتن آفت *Diabrotica* استفاده می‌شوند. کدوها از وسط بریده شده و یک حشره‌کش روی آن

[1] Navel orange worm
[2] Mass trapping
[3] Cucurbituceae
[4] Cucurbitacin
[5] Silicagel

پاشیده می‌شود تا حشرات را جلب و مسموم کنند. هزاران سوسک بالغ را می‌توان یافت که روی این طعمه مسموم‌های طبیعی مرده‌اند.

کشف اثر تحریک‌کنندگی این کوکوربیتاسین‌ها روی تغذیه سوسک به ایجاد روشی در مدیریت حشرات کامل کرم‌های ریشه ذرت (سه گونه از *Diabrotica*) که گاهی از مهم‌ترین آفات ذرت در میانه غرب ایالات متحده هستند، منجر شده است. ریشه‌های کدوی قلیایی وحشی که دارای مقدار زیادی کوکوربیتاسین بوده، را از خاک درآورده و به صورت پودر در می‌آورند و با یک دز پایین حشره‌کش مخلوط می‌کنند. این طعمه مسموم حشره‌کش روی برگ‌های ذرت پاشیده می‌شود. سوسک‌های بالغ کرم ذرت جلب و از آن تغذیه می‌کنند. این روش می‌تواند به طور مؤثری نسبت‌هایی از ۹۰ درصد تا ۹۸ درصد پایین‌تر از نسبت‌های متداول سم‌پاشی استفاده کند. ریشه‌های کدوی وحشی دارای کوکوربیتاسین‌های تلخ و تند به وسیله بیشتر حشرات دیگر استفاده نمی‌شود، بنابراین این طعمه مسموم برای آفت هدف اختصاصی عمل کرده و برای حشرات مفید بی‌خطر است. برای استفاده از این شیوه در مدیریت موفق کرم‌های ریشه باید تیمارها در مواقعی به‌کار برده شوند که حشرات بالغ جفت‌گیری کرده، (آماده برای تخمریزی) فعالانه تغذیه کنند. پایش وجود ماده‌های جفت‌گیری کرده یک بخش ضروری برنامه است.

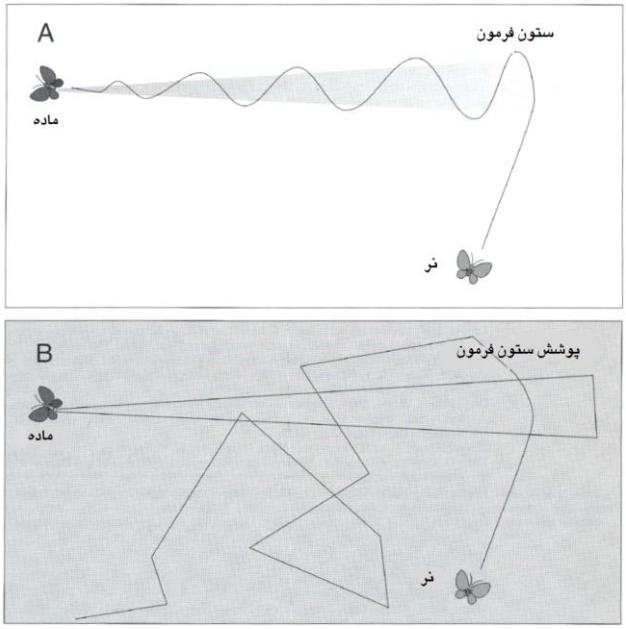
روش‌های جلب و کشتن دیگری نیز توسعه یافته‌اند که نیازی به تله ندارند. برای نمونه، یک روش در کنترل سرخرطومی‌های غوزه پنبه از "لوله جلب و کنترل سرخرطومی غوزه[1]" (BWACT) استفاده می‌کند. BWACT یک لوله سه فوتی است که با رنگ‌های زرد – سبز رنگ آمیزی می‌شود و حاوی فرمون تجمعی مرسوم به گراندلور[2] است. سطح BWACT با حشره‌کش مالایتون مخلوط شده با روغن پنبه تیمار می‌شود که به آن‌ها یک عامل جلب‌کننده گیاهی اضافه می‌کنند. در این مورد محرک‌های بینایی، بویایی و چشایی با یکدیگر تلفیق می‌شوند تا جلب و کشتن را به حداکثر برسانند. نتایج مربوط به کاربرد این لوله در آمریکای جنوبی مثبت بوده است و در برزیل و پاراگوئه در مناطق گسترده‌ای استفاده می‌شوند. با وجود این، در ایالات متحده آزمایش‌ها برای اثبات کارایی آن در کاهش جمعیت‌های سرخرطومی غوزه با شکست مواجه شد به طوری که متخصصین IPM پنبه، برای کنترل سرخرطومی غوزه BWACT را توصیه نمی‌کنند.

اختلال در جفت یابی[3] شب‌پره‌های نر و نماتدهای نر جفت‌های مورد نظرشان را از طریق دنبال کردن یک علامت شیمیایی انتشار یافته به وسیله ماده، یک فرمون جنسی، پیدا می‌کنند. از لحاظ نظری، موقعی که نر رایحه فرمون را تشخیص دهد به طرف شیب غلظت فرمون (کیموتاکسی

[1] Boll Weevil Attract and Control Tube
[2] Grandlure
[3] Mating disruption

مثبت[1]) حرکت یا پرواز خواهد کرد. رایحه فرمون از ماده در یک محیط پرمانند منتشر می‌شود که باعث ایجاد شیب فرمون می‌شود. نر با دنبال کردن شیب، به ماده نزدیک وآن را پیدا می‌کند (شکل ۶-۱۴ a). در حشرات جهت‌یابی نهایی ممکن است مربوط به بینایی و همچنین بویایی باشد.

با اشباع کردن یک سطح با فرمون مناسب، شیبی که نر جستجوکننده برای جهت‌یابی به کار می‌برد به طور مؤثری مختل می‌شود (شکل ۶-۱۴ b). اختلال منجر به سردرگمی نر شاید از طریق عادت کردن به فرمون می‌شود. افراد ماده باکره باقی می‌مانند زیرا نرها قادر به پیدا کردن آن‌ها نیستند و بنابراین تخم‌هایی تولید می‌شوند که قادر به زنده ماندن نیستند. به شرط آنکه ماده‌ها در بیرون از سطح هدف تلقیح نشوند، سردرگمی از طریق اشباع با فرمون جمعیت آفت را کاهش داده یا مانع از افزایش جمعیت آن می‌شود.



شکل ۶-۱۴: نموداری از اختلال در جفت‌گیری با فرمون جنسی. (a) نر به طور معمول ماده را با جهت-یابی شیب غلظت ستون فرمون مکان‌یابی می‌کند، و (b) نر قادر به مکان‌یابی ماده نیست، چراکه شیب ایجاد شده توسط ستون فرمون واقعی توسط فرمون سنتزی آزاد شده از پخش‌کننده دچار اختلال شده است.

از زمانی که روش کنترل رفتاری از فرمون‌های جنسی استفاده می‌کند به بیشترین موفقیت در مدیریت حشرات آفت دست یافته است. استفاده از فرمون‌های جنسی نماتد هنوز یک روش

[1] Positive chemotaxis

مدیریتی عملی نیست، اگرچه آزمایشات گلخانه‌ای نشان داده است که افزودن اسید وانیلیک، فرمون جنسی نماتد سیست سویا، به خاک ممکن است جمعیت‌های نماتد را کاهش دهد.

در مدیریت حشرات، سردرگمی و اختلال در جفت‌یابی برای کنترل کرم سرخ غوزه پنبه با استفاده از فرمون سنتزی Gossyplure موفق بوده است. همچنین فرمون‌های جنسی برای کنترل ابریشم‌بافناجور در جنگل‌های چوب سخت، کرم سیب در درختان میوه دانه‌دار و گردوها، شب پره شرقی میوه در درختان میوه هسته‌دار و کرم سرخ در گوجه‌فرنگی‌ها استفاده می‌شوند.

از جمله محدودیت‌های اختلال در جفت‌یابی با استفاده از فرمون‌های جنسی شامل موارد زیر است:

۱ - مهاجرت ماده‌های جفت‌گیری کرده به داخل سطح منطقه هدف می‌تواند روی کاهش تولیدمثل به وسیله ماده‌های باقی‌مانده اثر منفی بگذارد. اندازه کافی سطح منطقه تحت عملیات اختلال در جفت‌یابی مهم است زیرا تأثیر مهاجرت ماده‌های جفت‌گیری کرده را به بیرون از سطح هدف محدود می‌کند.

۲ - موفقیت این روش مستلزم توزیع و حفظ غلظت‌های مناسبی از فرمون در سراسر مناطق بزرگ است. این عمل از لحاظ فنی مشکل و پر هزینه است. انتشار فرمون‌های جنسی نماتد در خاک به‌طور ویژه‌ای مشکل‌ساز است.

۳ - فرمون‌های جنسی به طور معمول مختص گونه بوده و بنابراین تنها حشره هدفشان را کنترل می‌کنند. اگر سایر گونه‌های آفت وجود داشته باشند، سردرگمی و اختلال فرمونی تعداد آن‌ها را کاهش نخواهد داد، بنابراین ممکن است روش‌های دیگر ضروری باشند. با وجود این، استفاده موفقیت‌آمیز فرمون می‌تواند به کاهش مصرف حشره‌کش طیف وسیع علیه حشره کلیدی هدف منجر شود که می‌تواند پیشرفت کنترل سایر حشرات آفت با استفاده از دشمنان طبیعی که مدت طولانی به وسیله آفت‌کش کشته نمی‌شوند، را در پی داشته باشد.

روش‌های مبتنی بر غذا

شاید اساسی‌ترین الگوهای رفتاری، رفتارهایی هستند که مربوط به جستجو و جذابیت غذا برای آفات باشند. تلفیقی از کایرومون‌ها و فرمون‌های مربوط به سوسک‌های *Diabrotica* ذکر شده‌اند. یک مثال خوب از دستکاری رفتار جستجوگری در کنترل یک آفت در مورد کنترل خرگوش و موش صحرایی است. این روش از یک تکه غذای ارزان و مرجع آفت که با یک آنتی کواگولانت[1] (ضد انعقاد خون) یا سم دیگر آمیخته شده، استفاده می‌کند. طعمه مسموم در یک ظرف مناسب در جایی که جانوران (آفات) تمایل به جستجو دارند قرار داده می‌شود. این روش، به ویژه در کشاورزی غیر صنعتی، استفاده می‌شود. مثال‌ها شامل کنترل موش‌های صحرایی در مزارع برنج با استفاده از

[1] Anticoagulant

طعمه مسموم دانه برنج یا در کشت‌های نارگیل با طعمه مسموم تهیه شده از تکه‌های نارگیل است. روش‌های مبتنی بر غذا، همگی برای کشتن آفت هدف به یک آفت‌کش متکی هستند. عیب مهم روش‌های طعمه غذایی مسموم این است که جانداران غیر هدف ممکن است طعمه را خورده و مسموم شوند.

منابع

Alcock, J. 1998. Animal behavior: An evolutionary approach. Sunderland, Mass.: Sinauer Associates, 625.

Atkins, M. D. 1980. Introduction to insect behavior. New York: Macmillan, vii, 237.

Brooks, J. E., E. Ahmad, I. Hussain, S. Munir, and A. A. Khan, eds. 1990. A training manual on vertebrate pest management. Islamabad, Pakistan: GOP/USAID/DWRC & Pakistan Agricultural Research Council, 206.

Garde, R. T., and A. K. Minks, eds. 1997. Insect pheromone research: New directions. New York: Chapman & Hall, 684.

De Grazia, J. W., ed. 1984. Progress of vertebrate pest management in agriculture, 1966-1982. Denver, Colo.: U.S, Fish and Wildlife Service, Denver Wildlife Research Center and U.S. A.l.D., 60.

Dusenhery, D. B. 1992. Sensory ecology New York: W. H. Freeman, 558.

Ellis, D. V. 1985. Animal behavior and its applications. Chelsea, Mich.: Lewis Publishers, xiv, 329.

Foster, S. P., and M. O. Harris. 1997. Behavioral manipulation methods for insect pest management. Annu. Rev.Entomol.42:123-146.

Howse, P. E., I. D. R. Stevens, and O. T, Iones. 1998. Insect pheromones and their use in pest management. London; New York: Chapman & Hall, x, 369.

Jutsum, A. R., and R. F. S. Gordon, eds. 1989. Insect pheromones in plant protection. Chichester; New York: Wiley, xvi. 369.

Karlson, P., and A. Butenandt. 1959, Pheromones (ectohormones) in insects. Annu. Rev. Entomol. 4:39-58.

Matthews, R. W., and J. R. Matthews. 1978. Insect behavior. New York: Wiley, xiii, 507,

Metcalf, R. L., and E. R. Metcalf. 1992. Plant kairomones in insect ecology and Control. New York: Chapman and Hall, x, 168.

Mitchell, E. R., ed. 1981. Management of insect pests with semiochemicals: Concepts and practice. New York: Plenum Press, xiv. 514.

Nordlund, D. A., R. L. Jones, and W. J. Lewis, eds. 1981. Semiochemicals, their role in pest control. New York: Wiley, xix, 306.

Perry, R, N., and D. I. Wright. eds. 1998. The physiology and biochemistry of free- living and plant-parasitic nematodes. London, UK: CABI Publishing, xviii, 438.

Ridgway, R. L., R. M. Silverstein, and M. N. lnscoe. 1990. Behavior-modifying chemicals for insect management: Applications of pheromones and other attractants. New York: M. Dekker, xvi, 761.

Tan, K.-H., ed. 2000, Area-wide control of fruit flies and other insect pests. Pulau Pinang, Malaysia: Penerbit Universiti Sains Malaysia, 782.

فصل پانزدهم: روش‌های فیزیکی و مکانیکی

رئوس مطالب این فصل

- مقدمه
- تغییرات و تنظیمات محیطی
- ممانعت فیزیکی از ورود آفات
- کنترل مستقیم آفات

مقدمه

دستکاری مستقیم فیزیکی محیط‌زیست می‌تواند یک روش کنترل آفت باشد. این نحوه عمل با ایجاد تنش زیست‌محیطی که آفت نمی‌تواند آن را تحمل کند، آفات را کشته یا ناتوان می‌سازد. هدف‌گیری علیه جانداران آفت است و تغییری در گیاه زراعی ایجاد نمی‌کند. دستکاری‌های فیزیکی و مکانیکی در عملیات زراعی تمایل به اصلاح رشد گیاه زراعی دارند به طوری که مطلوبیت گیاه زراعی برای آفات کمتر باشد یا این که بهتر بتواند حمله آفت را تحمل کند.

اثر سریع روش‌های کنترل فیزیکی مشابه آفت‌کش‌ها است. چنین کاهش‌های سریع در تعداد آفت ممکن است کنترل فیزیکی را یک روش کنترلی مطلوب‌تر یا بهتری نسبت به دستکاری‌های زراعی سازد، زیرا نتایج روش‌های زراعی در مدت طولانی‌تری حاصل می‌شود. دستکاری‌های فیزیکی و مکانیکی گاهی بخشی از روش‌های مدیریت زراعی در نظر گرفته می‌شوند. ما معتقدیم که اصول اکولوژیکی زیر بنای این روش‌ها متفاوت است، بنابراین باید از یکدیگر متمایز در نظر گرفته شوند. راه‌های عمده‌ای که از این روش‌ها می‌توان در مدیریت آفت استفاده کرد شامل موارد زیر است:

۱ - تغییرات و تنظیمات زیست‌محیطی مانند تغییر دما، آب و نور می‌تواند رشد جمعیت آفت را تغییر دهد یا اینکه آفات را بکشد.

۲ - با استفاده از موانع یا با تله‌گذاری که می‌تواند مانع از دستیابی آفت به گیاهان زراعی شود می‌توان از لحاظ فیزیکی از ورود آفات جلوگیری کرد.

۳ - با روش‌های فیزیکی مستقیم مانند حذف فیزیکی، خاک‌ورزی (شخم)، زهکشی، دفن کردن (زیر خاک کردن) یا تیراندازی می‌توان آفات را از بین برد.

از زمان پیدایش کشاورزی، آفات با استفاده از روش‌های فیزیکی و مکانیکی کنترل شده‌اند. این فصل روش‌های فیزیکی مختلف برای مدیریت آفات را شرح می‌دهد و رابطه آن‌ها را با کنترل گروه-های مختلف آفات مورد بحث قرار می‌دهد.

به احتمال زیاد دما مهم‌ترین متغیر زیست‌محیطی است که می‌تواند تغییر داده شود، ولی دستکاری قابلیت دسترسی به آب و نور نیز می‌تواند برای کنترل گروه‌های معینی از آفات استفاده شود.

دما

دستکاری حدود غایی دما (دماهای خیلی بالا و خیلی پایین) می‌تواند یک روش باشد. حدود غایی دما می‌تواند موجب مرگ هر گروهی از جانداران آفت شود و دما تأثیر مستقیمی روی نرخ‌های رشد و نمو در همه جانداران آفت بجز جانوران خون گرم دارد (شکل ۱۱-۵ راببینید).

گرما دماهای بالا می‌تواند (بدن) جانداران را، خشکانده و دماهای خیلی بالا پروتئین‌ها را غیر طبیعی کرده و غشاهای سلول را تخریب می‌کند. گویی گرمای بیش از حد سلول‌ها را پخته و بنابراین موجب مرگ آن‌ها می‌شود. جانداران مختلف نسبت به حدود غایی دما تحمل‌های متفاوتی دارند و بعضی از آفات با دماهایی که به وسیله جانداران دیگر تحمل شده، کشته می‌شوند. بالا بردن دمای مواد کشت بدون این‌که گیاه را بکشد می‌تواند برای آفاتی که در بافت حضور دارند، کشنده باشد. مزایای استفاده از گرما شامل داشتن ماهیت تاثیر موقتی و این واقعیت است که خود گرما در مناطق تیمار شده باقی‌مانده‌ای بر جای نمی‌گذارد. اگرچه ممکن است گرما تجزیه مواد آلی را تحریک کرده که ممکن است باقی‌مانده‌هایی را نتیجه دهد. در بخش‌های بعدی برخی از روش‌های مهم‌تری که از گرما می‌توان در مدیریت آفت استفاده کرد، به طور خلاصه ارائه می‌شوند.

آتش در واقع این روش شامل آتش زدن پوشش گیاهی خشک است و ممکن است برای نابودی بعضی از آفات یا زیستگاه‌های آفت استفاده شود. همچنین کنترل مختصری از بذور علف‌های هرز و حشرات ایجاد می‌شود. از آتش‌زدن، برای حذف پوشش گیاهی از نهرها و کانال‌ها یا برای مدیریت جنگل برای حذف پوشش گیاهی اضافی یا گیاهان مرده قبل از کشت درختان جدید استفاده شده است.

از دیدگاه آلودگی هوا سوزاندن بقایای گیاهی مانند علف‌های هرز، به‌دلیل دودی که تولید می‌شود اغلب ناخوشایند است. بیشتر موارد کاربرد سوزاندن در کشاورزی به‌دلیل آلودگی هوا که به طور اجتناب‌ناپذیر ایجاد می‌شود محدود شده، یا در حال محدود شدن هستند، یا کنار گذاشته شده‌اند.

شعله دهی[1] در حقیقت سوزاندن یا افروختن آتش برای جانداران به منظور کشتن آن‌ها ضرورتی ندارد. شعله دهی مستلزم این نیست که جانداران آفت باید سوزانده شوند، بلکه بیشتر متکی به یک منبع سوخت خارجی برای بالا بردن دما بقدر کافی است تا آفت را بکشد. این روش اغلب برای

[1] Flaming

کنترل علف هرز استفاده می‌شود. شعله‌افکن ها از پروپان، نفت سفید یا دیزل استفاده می‌کنند تا شعله‌ای داغ که روی علف‌های هرز هدف هدایت شده، تولید کنند. معمولا برای کشتن علف‌های هرز در معرض بودن یک تا دو ثانیه‌ای نیاز است.

شعله‌دهی تنها هنگامی مؤثر است که علف های هرز کوچک هستند. شعله‌افکن ها می‌توانند دارای دامنه‌ای از یک شعله دستی برای کاربردهای لکه‌ای تا چندین شعله نصب شده روی یک بوم برای استفاده در مناطق بزرگ باشند (شکل ۱۵-۱ a). شعله‌دهی می‌تواند در یک روش غیرانتخابی برای کشتن تمام پوشش گیاهی روی زمین استفاده شود. مثال‌ها شامل کنترل علف هرز در یونجه در حال خواب (رکود) یا در بسترهای کم عمق پیش از کشت یک گیاه زراعی است. در حالت اول گیاه زراعی دائمی دارای ریشه عمیق قادر به جوانه زدن و از سرگیری رشد است ولی گیاهچه‌های محصولات یکساله از بین می‌روند.

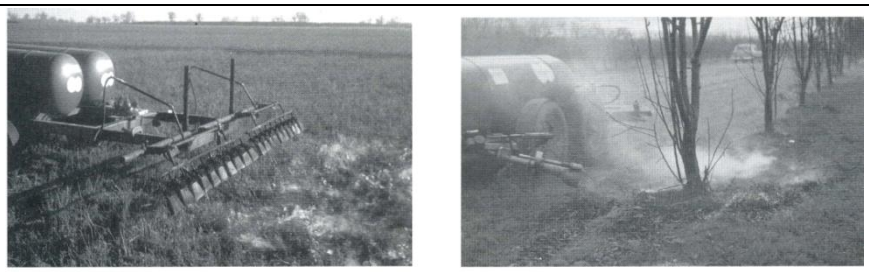
شعله‌دهی می‌تواند برای کنترل انتخابی علف‌های هرز، بدون کشتن محصول استفاده شود. شعله‌افکن باید به نحوی هدف‌گیری شود که شعله به گیاه زراعی برخورد نکند ولی به علف‌های هرز برخورد کند. شعله‌دهی انتخابی می‌تواند به چند طریق انجام شود:

۱ - وقتی گیاهچه‌های علف هرز قبل از بیرون آمدن محصول از خاک بیرون بیایند می‌تواند با شعله‌دهی کشته شوند. این روش هنگامی به خوبی موثر و کارگر است که گیاه زراعی نسبت به علف‌های هرز آهسته‌تر جوانه بزند. مثال‌ها شامل پیازها، هویج‌ها و فلفل‌ها است.

۲ - اگر گیاه زراعی ظاهر شده بلندتر از علف‌های هرز باشد، مانند پنبه، شعله می‌تواند به زیر تاج پوشش (آشکوب) گیاه زراعی هدایت شود.

۳ - در محصولات باغی، برای از بین بردن علف‌های هرز شعله‌افکن می‌تواند به داخل ردیف درخت هدایت شود (شکل ۱۵-۱ b). گرما (گرمای شعله) برای نفوذ و از بین بردن پوست درخت کافی نیست، اگرچه وقتی درختان جوان بوده و دارای پوست نازک هستند احتیاط لازم است.

شعله‌دهی می‌تواند حشرات را بکشد ولی به طور معمول برای این هدف غیرعملی است. هنگامی که در یونجه شعله‌دهی انجام می‌شود کنترل کافی تخم‌های سرخرطومی یونجه می‌تواند صورت گیرد به طوری که به روش کنترلی دیگر نیازی نباشد. شعله‌دهی برای کنترل ملخ‌ها هنگامی که پوره‌ها برای تشکیل جمعیت‌های انبوه تجمع یافته‌اند، استفاده شده است.

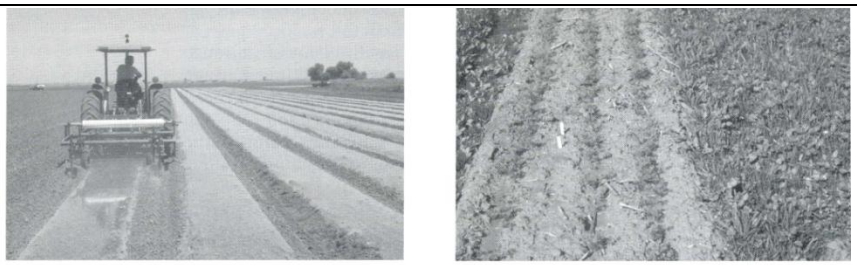


(a) (b)

شکل ۱۵- ۱: نمونه‌هایی از شعله‌افکن‌های مورد استفاده در کنترل آفات. (a) شعله‌افکن در مزرعه یونجه؛ (b) شعله افکن انفرادی در گلابی. منبع: تصویر (a) از Robert Norris ؛ و تصویر (b) از Clyde Elmore با مجوز.

آفتاب‌دهی[1] به این روش پاستوریزه کردن خاک نیز گفته می‌شود که با استفاده از انرژی خورشید دمای خاک را افزایش می‌دهد. آفتاب‌دهی برای کنترل بعضی از عوامل بیماری‌زا، بذور علف‌های هرز و نماتدها در سیستم‌های کشت به نسبت گران قیمت استفاده می‌شود. این روش اغلب در محیط‌های دارای ساعت‌های طولانی آفتاب و دماهای بالا موفقیت آمیز است و با قرار دادن ورقه های پلی‌اتیلنی شفاف به مدت ۶ تا ۸ هفته روی خاک مرطوب انجام می‌شود (شکل ۱۵-۲ a) دمای زیر پلاستیک به وسیله نور آفتاب گرم می‌شود و این گرما در زیر ورقه پلاستیکی بدام افتاده که از طریق یک اثر گلخانه‌ای دماهای بالایی را نتیجه می‌دهد. آفتاب‌دهی می‌تواند در چند اینچی بالای خاک دماهای بین ۵۰ و ۶۰ درجه سلسیوس را نتیجه بدهد که برای از بین بردن بسیاری از آفات کافی است. آفتاب‌دهی می‌تواند در علف‌های هرز (شکل ۱۵-۲ b) و عوامل بیماری‌زا کنترل جالبی را فراهم کند. با وجود این، یک مشکل در رابطه با این روش آن است که آفتاب‌دهی در پروفیل عمیق‌تر خاک نمی‌تواند دمای خاک را افزایش دهد، بنابراین آفاتی مانند نماتدها و بعضی از عوامل بیماری‌زا در زیر سطح خاک زنده می‌مانند. در نتیجه، کارایی این روش محدود می‌شود.
آفتاب دهی دارای برخی معایب مهم است. بعضی از گونه های آفت نسبت به گرما متحمل بوده و اغلب کنترل نمی‌شوند. ورقه پلاستیکی گران بوده و سرانجام باید از مزرعه حذف شود که مشکل ضایعاتی ایجاد می‌کند.
بخار بخار فشار بالای پرحرارت برای افزایش دمای خاک جهت از بین بردن همه‌ی انواع آفات خاکزاد استفاده می‌شود. استریل کردن خاک با بخار در اتوکلاوهای بزرگ یک روش گلخانه‌ای استاندارد است که برای فراهم کردن مخلوط کشت عاری از آفت استفاده می‌شود.

[1] Solarization



(a) (b)

شکل ۱۵- ۲: استفاده از آفتاب‌دهی جهت کنترل آفات. (a) قرار دادن پلاستیک شفاف روی بستر ایجاد شده برای آفتاب‌دهی؛ و (b) هویج‌های کاشته شده در بستر آفتاب‌دهی (چپ) در مقایسه با بستر عادی در سمت راست. منبع: تصاویر از Clyde Elmore با مجوز.

استفاده از بخار برای مدیریت نماتد و علف‌هرز در مزارع مورد توجه قرار گرفته است اما حرارت حجم کافی از پروفایل خاک دشوار و نیازمند انرژی زیادی است. استفاده از بخار برای حرارت دادن خاک‌های مزرعه در نواحی بزرگ هزینهٔ گزافی دارد.

گرما درمانی[1] فرو بردن در آب گرم یا قرارگیری در معرض دمای هوای بالا یک کنترل درمانی برای تعدادی از نماتدها و ویروس‌های مهم است و در مورد مواد گیاهی به‌کار رفته برای تکثیر رویشی استفاده می‌شود. گرمادهی یک روش فوق‌العاده مهم است زیرا روش دیگری برای حذف ویروس‌ها و نماتدها از مواد کشت گیاهی وجود ندارد. موفقیت این روش بستگی به حساسیت بافت گیاه به دماهای بالا دارد زیرا گیاه باید در دماهایی که برای کشتن آفت بقدر کافی بالا است، قادر به بقا (زنده‌مانی) باشد. فرایند گرما درمانی مستلزم کنترل دقیق دما است زیرا دمای نقطه مرگ برای عوامل بیماری‌زا به طور معمول خیلی پایین‌تر از دمای نقطه مرگ گیاه میزبان نیست. کنترل دقیق دمای آب در مخازن با عمق زیاد می‌تواند مشکل باشد.

برای کشتن نماتدهای ساقه و پیاز، اندام‌های رویشی مانند پیاز گل‌های نرگس، لاله و داودی با دقت در معرض تیمار گرما قرار داده می‌شوند و برای حذف نماتدها، ساقه های رونده توت‌فرنگی ممکن است در آب ۴۶ درجه سلسیوس به مدت ده دقیقه فرو برده شوند. فرو بردن در آب گرم یا قرارگیری در معرض هوای گرم مرطوب، برای کشتن ویروس‌ها در بعضی از محصولات تکثیریافته از طریق کلون‌کردن[2] مانند توت‌فرنگی‌ها و سیب‌زمینی‌ها به طور گسترده‌ای استفاده شده است. طولانی‌شدن قرارگیری در معرض دماهای بالا (دماهایی در حدود ۴۲ تا ۴۸ درجه سلسیوس) به مدت چند هفته می‌تواند منجر به عاری شدن جوانه انتهایی از عامل بیماری زا (بیشتر ویروس ها)

[1] Heat therapy
[2] Clonally propagated crops

شود. جوانه انتهایی عاری از ویروس بریده شده و در کشت بافت قرار داده شده تا یک گیاه عاری از عامل بیماری‌زا دوباره جوانه بزند. این روش مستلزم کشته شدن همه آفات موجود در بافت‌ها به وسیله گرما است؛ در غیر این صورت، جمعیت آفت همراه با رشد گیاه دوباره به حالت اول برمی‌گردد.

کاربردهای دیگر گرما تلاش‌هایی برای استفاده از انرژی ریزموج‌ها برای استریلیزه کردن خاک صورت گرفته است اگرچه این روش می‌تواند برای حجم‌های کوچک خاک عمل کند، برای حجم‌های بزرگ خاک مؤثر نیست زیرا این فرایند آهسته بوده و انرژی زیادی نیاز است.

تلاش‌هایی برای استفاده از لنزهای فرسنل جهت متمرکز کردن گرمای اشعه‌های خورشید با هدف کشتن آفات صورت گرفته است. به دلیل مشکلات حفظ کردن لنزها در ارتباط با آفتاب و تمیز نگه داشتن لنزها، هیچ فناوری مبتنی بر این روش توسعه نیافته است.

تخلیه‌ی ولتاژ بالا در موارد بسیاری برای الکتروکیوت علف‌های هرز و حتی نماتدها مورد توجه قرار گرفته است. مشکلات تکمیل مدار و تامین انرژی مانع توسعه‌ی تجهیزات قابل قبول تجاری شده است.

مشکلات مربوط به همه روش های استفاده کننده از گرما اگرچه چندین روش استفاده‌کننده از گرما می‌توانند کنترل آفات را فراهم کنند، مشکلات زیادی سودمندی آن‌ها را محدود می‌کند. گرمادهی می‌تواند از طریق کاربردهایی مانند آفتاب دهی در مزرعه، پاستوریزه کردن خاک‌های گلخانه، یا مخازن آب گرم برای ذخایر تکثیری بسیار مؤثر باشد؛ ولی استفاده از گرما و سرما برای کشتن آفات به‌طور کلی مستلزم مقادیر زیادی از انرژی برای تغییر دمای خاک یا مواد گیاهی هدف است. اگر روش‌های دیگر در دسترس باشند، ممکن است ارزان‌تر بوده و بنابراین استفاده از آن‌ها ترجیح داده می‌شود. در نتیجه گرما در مقایسه با روش های دیگر ممکن است ارزش موثری نداشته باشد. استفاده از گرما برای کاربران هنگام کاربرد شعله‌های باز به ویژه در تابستان که روش‌های گرما محور اثرگذارترند خوشایند نیست. هر نوع استفاده از گرما که تولید دود می‌کند آلودگی هوا ایجاد می‌کند.

سرما دمای پایین، یا سرمادهی، شکل دیگری از کنترل فیزیکی است. دماهای پایین بسیاری از موجودات فاقد توانایی تحمل یخ زدگی را می‌کشد. دماهای پایین که در برخی اقلیم‌ها رخ می‌دهد دامنه جغرافیایی بسیاری از آفات را محدود می‌کند زیرا دماهای زمستانی کشنده هستند (جدول ۱۵-۱). از طرف دیگر، تعدادی از حشرات، نماتدها، عوامل بیماری‌زا و علف‌های هرز دارای مراحلی هستند که دستخوش دیاپوز قرار گرفته یا دچار کمون می‌شوند و بنابراین در برابر یخ زدگی در دماهای زمستانی مقاومت می‌کنند.

جدول ۱۵-۱ نمونه‌هایی از آفاتی که به دلیل عدم توانایی در تحمل شرایط یخزدگی در گستره‌ی جغرافیایی محدودند			
علف‌های هرز	**بندپایان**	**پاتوژن‌ها**	**نماتدها**
گونه‌های اویارسلام	سوسک مکزیکی لوبیا	سوختگی برگ ذرت	نماتد ریشه گره‌ای (برخی از آن‌ها)
علف جانسون	تریپس‌ها	کپک آبی تنباکو	نماتد گرده‌ای
ایتچ‌گرس	سرخرطومی‌مصری یونجه		نماتد مرکبات
سنبل آبی	کرم لوبیا مخملی		

استفاده از یخ زدگی یا سرمادهی شدید برای گیاهان زنده قابل کاربرد نیست بنابراین برای نگهداری بعد از برداشت بکار نمی‌رود. با وجود این، سرمادهی یک روش قدرتمند برای حفاظت بعد از برداشت تولیدات گیاهی و غلات است. غلات انبار شده تولید گرما می‌کنند که اغلب برای رشد سریع حشرات و عوامل بیماری‌زایی که فراورده‌های انباری را مورد حمله قرار می‌دهند، مناسب است. در میانه غرب ایالات متحده، تلاش‌هایی برای کشتن حشرات در غلات آلوده از طریق حرکت دادن غلات در مواقعی که دماهای محیط به طور کامل سرد می‌شود، صورت می‌گیرد. سرد کردن میوه‌ها پس از برداشت تا نزدیک به نقطه انجماد (یخ بستن) یک عملیات متداول برای طولانی کردن طول عمر آن‌ها و کندکننده رشد قارچ‌های بیماری‌زا است.

سودمندی یخزدگی برای اهداف کنترل، فقط به حفاظت از تولیدات گیاهی بعد از برداشت محدود می‌شود. برای نمونه کاربرد یخزدگی در مقیاس کوچک، برای از بین بردن تخم‌ها و لاروهای کرم سیب[1] امکان‌پذیر است.

آب

همه جانداران زنده به آب نیاز دارند. آب بیش از حد (غرقاب کردن[2]) نیز می‌تواند برای کنترل بعضی از گروه‌های آفت استفاده شود.

غرقاب کردن غرقاب کردن می‌تواند برای کشتن بعضی از آفات استفاده شود زیرا شرایط مناسبی برای بعضی از کپک های مفید آبی ایجاد می‌کند و همچنین غلظت‌های اکسیژن را در خاک‌ها کاهش می‌دهد. ایستابی‌کردن آب روی زمین کشاورزی برای از بین بردن علف‌های هرز دائمی مانند ذرت خوشه‌ای یک نمونه است. این روش همچنین برای کنترل عوامل بیماری‌زای خاکزاد، مانند

[1] Codling moth
[2] Flooding

ریشه سیاهی[1] در پنبه و تعدادی از نماتدها استفاده می‌شود. عیب این روش نیاز داشتن به مقادیر زیادی از آب است زیرا آب باید برای مدت زمان کافی وجود داشته باشد و از طرفی این روش می‌تواند تنها در سطح مزارع استفاده شود. این عملیات همچنین تنها در خاک‌هایی امکان‌پذیر است که به سرعت آب را از دست نمی‌دهند. شاید بهترین مثال از کاربرد غرقاب کردن در کنترل آفت در کشت‌های گسترده برنج غرقابی در آسیا باشد. غرقاب کردن بیشتر برای کنترل علف‌های هرز در سیستم تولید برنج غرقابی استفاده می‌شود ولی همچنین بسیاری از حشرات مانند آبدزک‌ها و کرم‌های مسلح را خفه می‌کند.

غرقاب کردن می‌تواند برای کنترل آفات مهره‌دار ساکن خاک مانند گوفرها مؤثر باشد. در مزارع یونجه و در بعضی از سیستم‌های باغی که روش آبیاری غرقابی انجام می‌شود این آفات به طور طبیعی کنترل کافی می‌شوند و تغییر روش آبیاری از آبیاری غرقابی به آبیاری بارانی[2] می‌تواند باعث افزایش مشکلات ناشی از آفات مهره‌دار شود.

آب همچنین از لحاظ فیزیکی می‌تواند برای دفع بعضی از آفات استفاده شود. شته‌ها می‌توانند از طریق فشار آب از روی گیاهان به زمین بیافتند. این عملیات می‌تواند در مکان‌های با مقیاس کوچک کنترل موقتی ایجاد کند مانند رزها در یک مجموعه باغ یا در گلخانه های کوچک، ولی برای استفاده در مجموعه‌های زراعی تجاری کمتر عملی است. ممکن است آب به روش‌های دیگری استفاده شود. برای نمونه، در باغ‌های مرکبات کالیفرنیا مشاهده شده است که گردوغبار حاصل از راه‌آهن کثیف و خاک‌آلود نزدیک این باغ‌ها زنبورهای پارازیت خیلی کوچک که باعث کنترل بیولوژیک بسیاری شپشک‌های آفت هستند، را از بین می‌برد. با شستن گردوخاک روی درختان به طور دوره‌ای، از سرگیری مجدد کنترل بیولوژیک آفات امکان‌پذیر شده است.

در بعضی از موقعیت ها افزایش رطوبت نسبی در تاج پوشش های گیاهی امکان‌پذیر است. رطوبت های بالا برای کنه های تارتن که گرد و غبار را ترجیح می‌دهند، بازدارنده است. مشکل این روش آن است که افزایش رطوبت ممکن است منجر به افزایش حمله عامل بیماری‌زا شود که نشان‌دهنده نیاز به آگاهی از اکولوژی مجموعه (کمپلکس) آفت قبل از اجرای چنین روشی است. در مقابل، با آشکار ساختن تاج پوشش محصول بهبود جریان هوا امکان‌پذیر شده و رطوبت تاج پوشش کاهش می‌یابد. این عمل، خشک شدن را تسریع کرده و آلودگی قارچی را کاهش می‌دهد. حذف برگ‌های انگور از اطراف خوشه‌های میوه در حال رشد، یک روش فیزیکی است که شیوع پوسیدگی خوشه را کاهش می‌دهد. (شکل ۱۵-۳).

[1] Black root
[2] Sprinkler irrigation

شکل ۱۵- ۳: حذف جزیی تاج‌پوش درخت انگور جهت کاهش شیوع بیماری پوسیدگی خوشه. منبع: تصویر از Doug Gubler با مجوز.

خشک کردن برای آفات غیرمتحرک که برای رشد به آب نیاز دارند، مانند ساختارهای رویشی علف‌های هرز دائمی و نماتدها، چنانچه امکان دسترسی به آب وجود نداشته باشد منجر به خشک شدن و مرگ آن‌ها می‌شود. اگرچه خشک کردن خاک می‌تواند برای کشتن ریزوم علف‌های هرز دائمی مانند ذرت خوشه ای استفاده شود. فروکش کردن و خشک کردن نهرهای آبیاری و استخرها می‌تواند یک روش مؤثر برای کنترل بعضی از علف‌های هرز آبزی باشد.

خشک‌کردن خاک ممکن است یک روش سودمند مدیریت نماتد باشد. با وجود این، زیست‌شناسی نماتد باید شناخته شود زیرا نماتدها می‌توانند وارد مرحله ای بنام زندگی بدون آب[1] شوند و بنابراین در برابر خشک شدن عمومی بدن زنده می‌مانند. هنگامی که خاک خشک می‌شود، یک نماتد با از دست دادن تدریجی و آهسته آب بدنش وارد مرحله زندگی بدون آب می شود و آب را با قندهایی که تشکیل دهنده غشاها و پروتئین‌های بدن بوده، جایگزین می کند. در مرحله زندگی بدون آب، نماتد در حالت کمون قرار داشته و متابولیسم محسوسی ندارد و به روش های استاندارد مدیریت نماتد مقاوم است. وقتی آب به محیط‌زیست برمی‌گردد نماتدها مجددا آب دریافت کرده و فعالیت خود را از سر می گیرند. بعضی از نماتدها در مرحله زندگی بدون آب به مدت چندین هفته می‌توانند زنده بمانند. بنابراین، خشک کردن همهٔ گونه‌های نماتد را کنترل نخواهد کرد و ممکن است به بقا تعدادی از گونه‌ها کمک کند.

آبیاری در سیستم‌های کشاورزی تحت آبیاری، گاهی اوقات ممکن است آبیاری به نحوی اصلاح شود که برای محصول مطلوب بوده ولی برای آفت مطلوب نباشد. عواملی نظیر میزان آبیاری و زمان یا روش آبیاری می‌تواند برای تغییر فراوانی و خسارت آفت استفاده شود. یک بیماری روی گوجه-فرنگی مشهور به پوسیدگی انتهای شکوفه[2] به مدیریت نادرست آبیاری نسبت داده می‌شود.

[1] Anhydrobiosis
[2] Blossom end rot

همچنین شرایط خشک می‌تواند باعث افزایش سطوح گردوغبار شود و همان‌طور که بیان شد شرایط گردوغبار مشکلات ناشی از کنه تارتن را برای نمونه در پنبه، گوجه فرنگی و درختان بادام تشدید می‌کند.

آبیاری مفرط می‌تواند منجر به اشباع شدن خاک از آب شود که در نتیجه مشکلات ناشی از بیماری‌های خاکزاد را بدتر و وخیم‌تر می‌کند. *Phytophthora* در شرایط مرطوب زئوسپورهای[1] متحرک تولید می‌کند و این زئوسپورها میزبان را آلوده می‌کنند. بنابراین عملیات نادرست آبیاری می‌تواند منجر به افزایش مشکلات آفت شود.

زمانی از روز که آبیاری انجام می‌شود می‌تواند بر شدت آفت تأثیر داشته باشد. آبیاری های بارانی که در نیمه روز انجام می‌شود مشکلات دوره دسترسی به آب را زیاد می‌کند. این عمل می‌تواند جوانه-زدن و نفوذ اسپورهای قارچی در گیاه را امکان‌پذیر کند در حالی که شرایط خشک از بروز چنین آلودگی جلوگیری می‌کند. آبیاری‌های بارانی می‌تواند بسیاری از بیماری‌ها، مانند سوختگی در گلابی یا خال باکتریایی در گوجه‌فرنگی را تشدید کند. برای نمونه در یک باغ سیب سیستم آبیاری بارانی هوایی طراحی شده بود به طوری که این سیستم آبیاری، میوه‌ها را خنک و مرطوب می‌کرد؛ در نتیجه بیماری سوختگی به قدری شدید شد که باغ میوه به‌صورت متروکه رها شد.

همچنین زمان آبیاری ممکن است بر شیوع آفت مؤثر باشد. در شرایط گرم و خشک اگر آبیاری به قدری با فاصله انجام شود که محصول در بین دوره‌های آبیاری با استرس مواجه شود، این شرایط ممکن است برای طغیان‌های انفجاری کنه تارتن مناسب باشد. برعکس، در سیب‌زمینی خودداری از آبیاری، کمی بعد از کاشت، برای کمک به کاهش شیوع سندروم مرگ زودرس که توسط قارچ *Verticillium dahlia* و نماتد زخم ریشه ایجاد می‌شود مورد آزمایش قرار گرفت زیرا پاتوژن نمی‌تواند در رطوبت محدود به آسانی به ریشه حمله کند.

روش آبیاری می‌تواند مدیریت آفت را اصلاح کند. روشی از آبیاری که خشکی سطح خاک را حفظ می‌کند می‌تواند علف‌های هرز و شیوع بیماری‌های شاخ و برگ گیاه را کاهش دهد. برای نمونه، آبیاری جویی به طوری که بخش فوقانی بسترها خیس نشود آلودگی به *Sclerotinia minor*، که باعث بیماری افتادگی کاهو[2] می‌شود، (شکل ۲-۲ b) را کاهش می‌دهد. پیشرفت‌های اخیر در آبیاری قطره‌ای این امکان را فراهم کرده که لوله حاوی آب در زیر خاک پنهان شود که به مدیریت آب کمک زیادی می‌کند.

[1] Zoospores
[2] Lettuce drop disease

عملیاتی که پیش‌آبیاری[1] نامیده می‌شود می‌تواند در بعضی از محصولات به‌ویژه برای کنترل علف هرز استفاده شود. این آبیاری بعد از تکمیل آماده‌سازی خاک ولی پیش از کشت محصول صورت می‌گیرد. آبیاری باعث می‌شود علف‌های هرز جوانه بزنند که در ادامه می‌توان علف‌های هرز را از طریق شخم سطحی یا علف‌کش‌ها از بین برد. سپس گیاه زراعی داخل خاک خشک و شخم خورده کشت می‌شود. این روش برای گیاهان زراعی دارای بذر بزرگ مانند ذرت، لوبیا و پنبه به‌خوبی عمل می‌کند. پیش آبیاری برای کنترل آفات غیر از علف های هرز مرسوم نیست و برای کنترل علف های هرز دائمی تأثیر زیادی ندارد. این روش می‌تواند برای مدیریت علف هرز در کشاورزی سیراب شونده توسط بارندگی استفاده شود ولی دارای این خطر است که بارندگی خیلی زیاد می‌تواند منجر به مشکلاتی در کشت گیاه زراعی شود.

نوع دیگری از عملیات پیش آبیاری، عملیاتی است که بستر بذر کهنه نامیده می‌شود. در این وضعیت، بستر بذرها هفته‌ها یا ماه‌ها قبل از کشت گیاه زراعی آماده می‌شود. علف‌های هرزی که روی این بسترها ظاهر شده، قبل از کشت محصول کنترل می‌شوند. باوجود این، اگر این قبیل علف های هرز به مدت زیادی باقی بمانند ممکن است رشد علف‌های هرز و عوامل بیماری‌زا را تقویت کنند.

محدودیت‌ها اگر تجهیزات و زیرساخت‌های مورد نیاز آبیاری برای تولید کلی محصول در دسترس نباشد استفاده از آن برای مدیریت آفت با یک هزینه اضافی همراه است. به‌طور مشابه، اگر آب به‌عنوان یک روش مدیریت آفت در فقدان، یا علاوه بر، نیاز به آبیاری استفاده شود، با یک هزینه اضافی همراه است. بیشتر روش‌های آبیاری، به استثناء بستر بذر کهنه، برای محصولات دارای بذر کوچک به خوبی عمل نمی‌کنند.

نور

نور یک منبع مورد نیاز برای گیاهان سبز است و موانعی که نور را بلوکه می‌کنند ممکن است در مدیریت علف هرز مفید باشند. چنین موانعی وابستگی به مدیریت اغلب آفات دیگر را محدود کرده است زیرا نحوه عمل به فتوسنتز محدود می‌شود. موانعی که نور را بلوکه می‌کنند به طور معمول مالچ نامیده می‌شوند. مالچ‌ها ممکن است برای اهدافی غیر از کنترل علف هرز، به ویژه حفظ آب استفاده شوند و مالچ های انعکاسی ممکن است برای جلوگیری از نشستن حشرات روی گیاهان زراعی استفاده شوند. برخی از انواع مالچ‌ها بندرت برای اهداف متفاوتی استفاده می‌شوند.

[1] Pre-Irrigation

مالچ های مصنوعی (سنتزی) این نوع از مالچ‌ها از موادی نظیر پلاستیک پلی اتیلن سیاه و محکم، پلاستیک‌های تیره رنگ Spun- bonded و اشکال مختلفی از پلاستیک سیاه ساخته می‌شوند. نوع اخیر به آب امکان نفوذ داده و به‌طور معمول از پلی‌پروپیلن مقاوم به اشعه ماوراء بنفش ساخته می‌شود. در برخی محل‌ها پلاستیک تمیز و شفاف استفاده می‌شود که نور را بلوکه نمی‌کند. فایده آن‌ها در مدیریت آفت استفاده در گرمادهی است (آفتاب دهی را ببینید). مالچ‌های پلاستیکی اغلب Landscaping fabrics نامیده می‌شوند. آن‌ها می‌توانند به ویژه برای کنترل علف هرز در محل-هایی که تعداد زیادی از گونه‌های مختلف گیاهی در نزدیکی یکدیگر بوده و استفاده از علف‌کش‌ها مشکل‌ساز است مؤثر باشند (شکل ۱۵-۴ a).

عیب مالچ‌های مصنوعی این است که از فراورده‌های نفتی ساخته می‌شوند. همچنین در برابر نور آفتاب تجزیه شده و سرانجام متلاشی شده و به‌صورت تکه هایی که می‌توانند به وسیله باد به اطراف پراکنده شوند در می‌آیند. در بسیاری از محل‌ها برای بلوکه کردن نور آفتاب و افزایش طول عمر پلاستیک باید پلاستیک بیشتری پوشانیده شود. همچنین مشکل جدی در رابطه با ایجاد ضایعات در پایان فصل وجود دارد. هزینه مالچ‌های پلاستیکی به نسبت بالا بوده و آن‌ها به طور معمول فقط در گیاهان زراعی باارزش و باغ‌ها استفاده می‌شوند.

مالچ‌های طبیعی مالچ‌هایی نظیر پوست، پشم گوسفند، کاه، تکه‌های پارچه‌های ظریف و فراورده‌های کاغذی مختلف می‌تواند به عنوان مالچ استفاده شوند (شکل ۱۵-۴ b). بجز فراورده‌های کاغذی، چنین مالچ‌هایی باید به ضخامت چند اینچی باشند تا کنترل مناسبی از علف‌های هرز حاصل شود و بنابراین حتی علف‌های هرز دائمی داخل مالچ ظاهر خواهند شد. همچنین انواع مختلفی از تکه سنگ می‌تواند استفاده شود که البته به جای استفاده در اهداف مدیریت آفت بیشتر تزئینی هستند. همه مالچ‌ها برای نگهداری و حفظ آب مؤثر هستند. بجز تکه سنگ، بقیه مالچ‌های طبیعی مواد آلی هستند که سرانجام تجزیه می‌شوند. این ویژگی می‌تواند یک مزیت در نظر گرفته شود ولی بدان معنی است که مالچ‌های آلی باید هر چند وقت جایگزین شوند. مالچ‌های آلی دارای یک عیب جدی هستند که یک زیستگاه مطلوب برای برخی از آفات نظیر راب‌ها، حلزون‌ها، خرخاکی‌ها، سن‌های بدبو و گوشخیزک‌ها ایجاد می‌کنند و قرار دادن مالچ در گیاهان جالیزی باید با دقت زیادی انجام شود تا چنین آفاتی افزایش نیابند. مالچ‌های آلی در مدیریت درختان چندساله و درختان انگور، بجز در مرکبات که حلزون‌ها می‌توانند یک مشکل جدی ایجاد کنند، استفاده می‌شوند.

مالچ های زنده مالچ های زنده گیاهان به‌طور اختصاصی کاشته شده هستند که با علف‌های هرز با محدود کردن نور مورد نیاز علف‌های هرز رقابت می‌کنند. اگرچه سازوکار اصلی مالچ‌های زنده ممانعت از رسیدن نور است که برای کنترل علف‌های هرز فراهم می‌کنند، اما گاهی ممکن است

ترشحات ریشه‌ای آللوپاتیک نیز تولید کنند. مالچ‌های زنده در فصل ۱۶ تحت موضوع مدیریت زراعی بحث می‌شوند زیرا به جای یک فرایند فقط فیزیکی به گیاهان زنده مربوط هستند.

(a)

(b)

شکل ۱۵- ۴: نمونه‌هایی از انواع مالچ. (a) مالچ پلاستیکی سیاه مصنوعی جهت کنترل علف هرز؛ و (b) خرده چوب‌ها و تراشه‌های درخت هرس شده در نقش مالچ در یک زراعت زینتی. منبع: تصاویر از Robert Norris.

ممانعت فیزیکی از ورود آفات

هدف ممانعت فیزیکی از ورود آفات جلوگیری از رسیدن آفات به محصول است. این روش برای کشاورزی در مقیاس کوچک عملی است و در بیشتر موقعیت‌ها برای کشاورزی در مقیاس بزرگ بسیار گران است. بیشتر روش‌های زیر برای مدیریت آفت در باغ‌ها یا سیستم‌های تولید میوه و سبزیجات با ارزش از لحاظ اقتصادی عملی هستند.

موانع

موانع (فیزیکی) برای نگه داشتن آفت در خارج از منطقه کشت محصول استفاده می‌شوند. این که از چه موانعی استفاده می‌شود به گروه آفتی که کنترل می‌شود بستگی دارد.

موانع علیه راب‌ها و حلزون‌ها موانع (فیزیکی) تشکیل یافته از موادی که دفع کننده نرمتنان هستند می‌توانند روش‌های کنترلی مؤثری باشند. برای نمونه، ممکن است لایه‌هایی از خاک دیاتومه یا خاکسترها در اطراف گیاهان پاشیده شود. این مواد خراشنده هستند و وقتی خشک باشند، راب‌ها و حلزون‌ها از میان آن‌ها عبور نخواهند کرد؛ بنابراین مانع از ورود نرمتنان می‌شوند. آب، کارایی این نوع مانع را کاهش می‌دهد. راب‌ها و حلزون‌ها از میان نوارهای مسی به عرض یک اینچ یا بیشتر عبور نخواهند کرد (شکل ۱۵-۵ a). یک واکنش الکترولیتیکی بین ماده لزج روی

آن ها و مس رخ می‌دهد که جانور را دفع می‌کند. اگر یک مسیر جایگزین یا پل روی نوارهای مسی مانع وجود داشته باشد موانع مسی مؤثر نیستند. برای نمونه، در باغ‌های مرکبات شاخه های آویزان در پایین می‌توانند ارزش نوارهای مسی اطراف تنه درختان را از بین ببرند.

موانع علیه بندپایان تا این اواخر، ممانعت از ورود بندپایان آفت در یک مقیاس کوچک عملی بود. توسعه روکش‌های ردیفی شناور ساخته شده از پلی استر سبک وزن یا فیبرهای دیگر قابلیت ممانعت از ورود حشرات پرواز کننده در محصولات پرارزش را فراهم می‌کند (شکل ۱۵-۵ b و c).

شکل ۱۵- ۵: انواعی از روش‌های دفع. (a) نوار مسی برای حفاظت مرکبات از حلزون‌ها؛ (b) نمایی از روکش ردیفی شناور روی کرفس در مزرعه‌ای در دانمارک؛ (c) نمایی نزدیک از استفاده از روکش ردیفی شناور حفاظتی روی حلقه در باغ خانگی؛ (d) تور روی درخت گیلاس برای حفاظت آن از پرندگان؛ و (e) روکش درختان جوان جهت حفاظت پوست از جوندگانی مانند موش‌ها. منبع: تصاویر از Robert Norris.

فیبرها یا به طور مستقیم روی گیاهان زراعی قرار داده می‌شوند، نام روکش‌های ردیفی شناور[1] از این ویژگی گرفته شده است، و یا روی یک چارچوب در بالای محصول آویزان می‌شوند. روکش‌های ردیفی باید روی سطح خاک کشیده شده و لبه‌های آن داخل خاک قرار داده شود به طوری که حشرات نتوانند از زیر لبه‌ها خزیده و عبور کنند. روکش‌های ردیفی شناور حفاظت ویژه‌ای در برابر شته‌ها، سفیدبالک‌ها، شب‌پره‌ها، سوسک‌ها و سایر حشرات پرواز کننده فراهم می‌کنند. روکش‌های ردیفی شناور علاوه بر جلوگیری از تغذیه حشرات، در برابر بیماری‌های ویروسی که به وسیله حشرات منتقل می‌شوند نیز حفاظ ایجاد می‌کنند. بعلاوه، روکش‌های ردیفی شناور مانع از ورود گربه‌ها و پرندگان شده و محصولات را از سوختن به وسیله آفتاب و یخ زدگی حفظ می‌کنند.

عیب اصلی استفاده از روکش‌ها ی ردیفی شناور هزینه فیبر است و آن‌ها روی محصولات پرارزش یا در سیستم‌های ارگانیک که کالا با قیمت گزافی مورد تقاضا بوده، استفاده می‌شوند. عیب دیگر مانع روکشی ردیفی مطلوب بودن محیط زیر فیبر برای رشد علف هرز و راب‌ها و حلزون‌ها است. در سیستم‌های IPM که از روکش‌های ردیفی شناور استفاده می‌شود، باید آفات دیگر با دقت مورد پایش قرار گیرند.

نوع دیگری از موانع، قرار دادن میوه نارس در پاکت کاغذی است تا از تغذیه و تخم‌گذاری حشرات حفظ شوند. این روش پر زحمت بوده و برای میوه‌های پر ارزش در نواحی گرمسیر به ویژه علیه مگس‌های میوه استفاده می‌شود.

موانع علیه مهره‌داران ممانعت از ورود تنها راه برای مدیریت بعضی از مهره‌داران آفت است.

پرندگان پرندگان می‌توانند در بسیاری از گیاهچه های گیاهان زراعی و میوه های رسیده محصولات خسارت شدیدی ایجاد کنند به طوری که گیلاس‌های رسیده به طور ویژه آسیب‌پذیر می‌شوند. درختان میوه ایزوله و قطعه‌های باغی کوچک می‌توانند به وسیله پرندگان نابود شوند. برای عملیات های ویژه و کوچک استفاده از تور می‌تواند حفاظت عالی ایجاد کند (شکل ۱۵-۵ d). حفاظت فیزیکی در برابر پرندگان در یک مقیاس بزرگ به‌طور معمول مشکل‌تر است. در مناطقی که پرندگان بذرخوار فراوان هستند، شالیزارها ی برنج با استفاده از تور پوشانیده می‌شوند تا از دستیابی پرندگان به برنج جلوگیری شود.

پستانداران فنس ها به‌طور معمول برای ممانعت از ورود جانورانی مانند آهو و خرگوش به باغ های پشت حیاط و مزارع صیفی کوچک استفاده می‌شود. ارتفاع فنس و عمق آن در خاک باید برای جانورانی که از ورود آن‌ها جلوگیری به عمل می‌آید مناسب باشد. برای نمونه، فنس‌هایی که برای ممانعت از ورود خرگوش‌ها استفاده می‌شود نباید به بلندی فنس‌های مربوط به آهو باشد. در مورد

[1] Floating row covers

جانوران نقب زن، مانند خرگوش‌ها و موش‌های کوهی زمینی[1]، فنس‌ها باید در عمق بیشتری از نقب‌ها (دالان‌ها) به داخل خاک کشیده شوند. استفاده از فنس‌ها به‌طور معمول در ممانعت از ورود جانوران بزرگ مانند خرس‌ها، فیل‌ها و کرگدن‌ها مؤثر نیستند. همچنین فنس‌ها ممکن است تنها روش حفاظتی قابل قبول در برابر دزدی توسط انسان باشند.

برای ممانعت از ورود موش‌ها، انبارهای غله روی پایه‌های قارچی شکل ساخته می‌شوند (شکل ۳-۳) و ممانعت از ورود فیزیکی موش‌های صحرایی و موش‌های خانگی هنوز هم در ساختمان‌های انباری به کار برده می‌شود.

در محل‌هایی که ممکن است موش‌ها و خرگوش‌ها پوست درختان جوان را بخورند، پوشاندن قسمت پایینی تنه درخت با یک روکش (گونی) برای حفاظت از آن ها در برابر خسارت جویدن قابل کاربرد است (شکل ۱۵-۵ e). این روش برای ایجاد باغ‌های جدید و همه اشکال ایجاد درختان در پروژه‌های بازسازی پارک و جنگل‌داری به طور گسترده‌ای استفاده می‌شود. اگر آهوها در یک منطقه عمومیت داشته باشند باید در اطراف درختان جوان قفسه‌های فلزی قرار داده شوند.

تله‌های فیزیکی

تله های فیزیکی ممکن است برای شکار تعداد بالایی از آفات و کاهش تراکم های آفت تا سطوح قابل قبولی استفاده شوند. این کاربرد تله‌ها، از کاربرد تله‌ها برای پایش رشد جمعیت متمایز است. تله‌ها باید مؤثر بوده و آفات را جلب کنند و این هدف به‌طور معمول با استفاده از بعضی انواع طعمه‌های مسموم یا سیمیوکمیکال ها بدست می‌آید (همچنین فصل ۱۴ را ببینید). هیچیک از روش‌های بدام اندازنده (تله گذاری) ذکر شده در اینجا کنترلی بیش از کنترل مختصر آفت ایجاد نمی‌کنند. محدودیت‌های دیگری نیز وجود دارد. تله‌گذاری‌ها فقط کنترل موقتی ایجاد می‌کنند، به نیروی کار (کارگر) زیادی نیاز بوده و به نسبت گران هستند. با وجود این، در برخی موقعیت‌ها، استفاده از تله‌ها می‌تواند یک جزء مهم در یک برنامه IPM باشد.

تله‌ها علیه علف‌های هرز بذور علف هرز می‌توانند روی آب شناور شده و به داخل مزارع منتقل شوند. فیلترهای قرار داده شده در مسیر جریان آب آبیاری می‌تواند این بذرهای شناور را بدام بیاندازد. این روش اغلب در مدیریت زراعی بررسی می‌شود ولی در واقع یک ممانعت از ورود فقط فیزیکی است. اجرای این روش در جاهایی که سرعت جریان آب بالا بوده یا جاهایی که آب دارای خارو خاشاک زیادی بوده، با مشکل مواجه می‌شود.

[1] Groundhogs

تله‌ها علیه بندپایان انواع مختلف تله‌های بکار رفته برای کنترل بندپایان دارای سودمندی محدودی هستند. جلب‌کننده های مختلفی وجود دارند که به صورت جلب کننده (لور[1]) حشرات در تله‌ها استفاده می‌شوند. حشرات به رنگ‌های ویژه‌ای جلب می‌شوند و کارت‌های رنگی با ماده جلب کننده چسبناکی پوشانیده شده و حشره را بدام می‌اندازند. کاغذ چسبنده مگس[2] چندین دهه برای کشتن مگس های خانگی استفاده شده است و همچنین تله‌های زرد چسبنده[3] برای حشرات پرواز کننده مانند زنجرک های برگ، سفیدبالک ها و حشرات کامل مینوز برگ استفاده می‌شوند (شکل ۱۴-۱ b و c را ببینید). تله‌های چسبنده اغلب در گلخانه‌ها استفاده می‌شوند ولی ممکن است در حاشیه مزارع قرار داده شوند. کارایی تله چسبنده برای کنترل سفیدبالک‌ها در گلخانه‌ها بخوبی به اثبات رسیده است. در یک مطالعه مربوط به گلخانه گوجه فرنگی – یک میزبان مناسب – نسبت سفید بالک های شکار شده در تله های زرد چسبنده به سفیدبالک‌های شکار شده روی برگ‌های گوجه فرنگی برابر با ۴/۳ به ۱ بود. در گل‌های داودی گلخانه‌ای، یک میزبان با ترجیح کمتر، این نسبت در حدود ۱۰۷ به ۱ بود. استفاده از سایر روش های مدیریت مانند تله‌های چسبنده نه تنها برای کنترل بلکه برای پایش قابل اطمینان مفید است.

بدام انداختن حشراتی که ناقل نماتدها هستند می‌تواند شیوع بعضی از بیماری های نماتدی را کاهش دهد. مؤثرترین تله‌گذاری‌ها هنگامی رخ می‌دهد که تله‌ها در تلفیق با یک ماده شیمیایی جلب کننده مانند فرمون یا کایرومون (همان طوری که در فصل ۱۴ بحث شد) و یک آفت کش (همان طوری که در فصل ۱۱ بحث شد) استفاده می‌شوند، بنابراین ممکن است این قبیل تله های فیزیکی ترکیبی از چند روش باشند. یک مثال مدیریت بیماری حلقه قرمز در نارگیل است، که عامل آن یک نماتد است که از طریق سرخرطومی خرما منتقل می‌شود. تله‌های سرخرطومی ناقل یا سبدهای گارد برای جلب، به‌دام انداختن و کشتن، با تکه هایی از بافت نارگیل تازه آلوده به آفت-کش به‌عنوان یک جلب کننده پر می‌شوند و روی زمین در محل کشت نارگیل قرار داده می‌شوند.

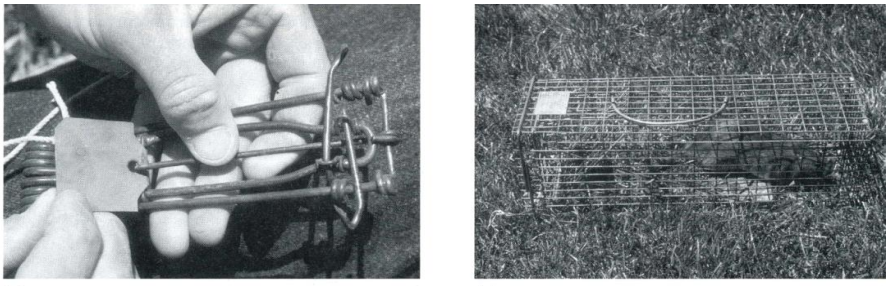
تخته ها یا سایر مواد زیستگاهی مناسب مانند مقوای موجدار[4] بندپایانی مانند سن های پیل[5] و گوشخیزک‌ها را که در زیستگاه دنبال پناهگاه می‌گردند جلب می‌کنند. رفتار آفت به نحوی است که آن ها را به ایجاد تماس نزدیک (تیگموتاکسی) با سطوح پناهگاه هدایت می‌کند و آفات بدام افتاده می‌توانند کشته شوند. راب ها و حلزون‌ها به طریق مشابهی می‌توانند کنترل شوند. نوارهای

[1] Lure
[2] Sticky fly papper
[3] Yellow sticky traps
[4] Corrugated cardboard
[5] Pillbugs

چسبنده و نوارهای مقوایی حلقوی که روی تنه درختان میوه باندپیچی می‌شوند می‌توانند حشرات خزنده مانند مورچه‌ها و لاروهای کرم سیب را بدام اندازند.

شکار انبوه مؤثر توده‌های خزنده ملخ‌ها با حفر گودال‌های عمیق در طول یک خط در جلوی توده پیشروی ملخ انجام شده است. ملخ ها به داخل گودال افتاده و آنگاه به وسیله آتش یا برخی راه‌های دیگر کشته می‌شوند.

تله‌ها علیه مهره‌داران تله‌گذاری برای کنترل مهره‌داران آفت برای هزاران سال استفاده شده است. دو نوع اصلی تله ها برای مهره داران وجود دارد. یک نوع تله، جانور را می‌کشد مانند تله مکابی[1] برای گوفرهای کیسه‌دار[2] (شکل ۱۵-۶ a). این نوع تله در دالان گوفر قرار داده می‌شود و هنگامی که گوفر از میان آن حرکت می‌کند آن را شکار می‌کند. تله موش خانگی و تله موش صحرایی تله های کشنده آشنا هستند. یک مشکل در رابطه با تله‌های کشنده این است که آن‌ها همیشه جانور را نمی‌کشند. تله زنده[3] نوع اساسی دیگری از تله است، دلیل نام‌گذاری آن‌ها با عنوان تله زنده این است که جانور را شکار می‌کنند بدون اینکه آن را بکشند (شکل ۱۵-۶ b). تله‌گذاری هنگامی می‌تواند روش کنترلی مؤثر باشد که جمعیت های مهره‌دار آفت پایین باشد ولی وقتی جمعیت ها بالا بوده و یا در جاهایی که این جانوران می‌توانند به مناطق مجاور نقل مکان کرده و دوباره تشکیل کلنی دهند، کاربرد ندارند. گرایش عامه مردم به تله‌گذاری برای آفات کشاورزی بستگی به نوع آفت دارد، تله‌گذاری برای موش‌های صحرایی مورد پذیرش بوده ولی تله‌گذاری برای خرگوش‌ها یا کایوت‌ها ممکن است قساوت و بیرحمی در نظر گرفته شود.



(a) (b)

شکل ۱۵- ۶: نمونه‌هایی از تله‌های آفات مهره‌دار. (a) کارگذاشتن تله‌ی ماکابی؛ تله‌ی کشنده‌ای با گیره-هایی که حیواناتی مانند گوفر را می‌گیرد؛ و (b) موش گیر افتاده در یک تله‌ی زنده. منبع: تصاویر از Terrell Salmon با مجوز.

[1] Macabee trap
[2] Pocket gophers
[3] Live trap

کنترل مستقیم آفات

کنترل مستقیم بدین معنی است که از یک فرایند فیزیکی برای کشتن جانداران آفت استفاده می‌شود. خاک‌ورزی[1] برای مدیریت علف هرز عمومی‌ترین شکل کنترل مستقیم است ولی گاهی این روش برای گروه‌های دیگر آفت نیز کاربرد دارد.

شکار با تفنگ[2]

شکار با تفنگ برای مهره‌داران آفت متداول است و گاهی می‌تواند برای حفاظت از یک محصول پرارزش موفقیت‌آمیز باشد. شکار با تفنگ برای کنترل جانوران بزرگ مانند آهو ها، کایوت‌ها (گرگ-ها)، روباه‌ها، خوک‌های وحشی و بزها ممکن است به طور موضعی موفقیت‌آمیز باشد و گاهی برای کنترل گوفرها، سنجاب‌های زیرزمینی و پرندگان استفاده می‌شود.

محدودیت اصلی در کارایی این روش متحرک بودن این آفات است. حتی وقتی تفنگ جانور (جانوران) مهاجم را می‌کشد، بقیه می‌توانند وارد منطقه شوند. در واقع شکار با تفنگ یک راه حل بلند مدت فراهم نمی‌کند زیرا مهره‌داران بزرگ از محلی به محل دیگر حرکت می‌کنند.

کارگر دستی

نیروی کار انسانی (کارگر) می‌تواند به‌طور فیزیکی برای حذف آفات استفاده شود. این روش به‌طور معمول به شکل جمع‌آوری و نابودی آفت یا عمل فیزیکی که آفت را در جای خود می‌کشد، انجام می‌شود. کنترل مستقیم آفات به ویژه علف‌های هرز به وسیله نیروی کار انسانی می‌تواند بسیار مؤثر باشد. در برخی موارد، مواد گیاهی عاری از نماتد با حذف دستی لایه‌های سطحی آلوده به نماتد در سوخ‌ها[3] و پیازها حاصل می‌شود. در برخی مناطق، استفاده گسترده از نیروی کار برای کنترل مستقیم آفت به خاطر هزینه محدود می‌شود. به هرحال، باید هزینه نسبت به منافع تولید و کمک‌های اقتصادی کلی برای جامعه مانند استخدام کارگر ارزیابی شود.

جمع‌آوری و نابودی آفت در بعضی از آفات مانند لارو شب‌پره‌ها (مانند کرم شاخدار گوجه فرنگی) یا راب‌ها و حلزون‌ها جمع‌آوری با دست امکان‌پذیر است. سپس آفات جمع آوری شده کشته می‌شوند. در مصر دانش‌آموزان مدرسه در سال‌های طغیانی برای جمع‌آوری تریپس‌ها و کرم‌های برگ‌خوار با دست به مزارع پنبه منتقل می‌شدند. این عملیات در مزارع بزرگ انجام می‌شد و صدها و شاید هزاران نوجوان در آن شرکت می‌کردند. به طور کلی، روش‌های جمع آوری آفت در باغ‌ها یا مزارع خیلی کوچک استفاده می‌شوند ولی در کشورهای صنعتی کاربرد آن در بیشتر زراعت‌های تجاری به کارگر زیادی نیاز دارد.

---

[1] Cultivation
[2] Shooting
[3] Corms

در برخی موارد، برای حذف بافت آلوده و آفت مربوطه در گیاه میزبان هرس صورت می‌گیرد مانند هرس اندام‌های آلوده درختان گلابی برای حذف آلودگی‌های سوختگی گلابی (شکل ۴-۴ را ببینید) یا حذف گال طوقه از درختان.

حذف و وجین‌کردن علف های هرز با دست و بیل از زمانی‌که محصولات کشت شدند روش بیرون کشیدن و وجین کردن با دست و بیل برای کنترل علف هرز داخل ردیف مورد استفاده قرار گرفته است. تنها در قرن بیستم، با توسعه علف‌کش‌های انتخابی تکیه به‌این شکل از کنترل علف‌های هرز کاهش یافته است.

حذف علف‌های هرز با دست، به همراه بیل زدن احتمالاً هنوز هم بهترین روش برای مدیریت علف هرز در باغ‌ها، کشاورزی غیرصنعتی و سیستم های تولید فشرده[1] سبزیجات است (شکل های ۱۵-۷ a و b). در سیستم‌های تولید ارگانیک این روش تنها روش مؤثر برای کنترل علف هرز داخل ردیف است. سیستم‌هایی از کنترل علف هرز که متکی به نیروی کار انسان هستند باید علف‌های هرز را موقعی که هنوز کوچک هستند حذف کنند زیرا هنگامی که علف های هرز بزرگ‌تر شوند هزینه های کنترل به سرعت افزایش می‌یابد. در سیستم‌های تولید ارگانیک هزینه بالای حذف علف‌های هرز دلیلی برای قیمت بالاتر تولیدات چنین سیستم‌هایی است.

(a) (b)

شکل ۱۵- ۷: کارگران در حال کندن علف‌های هرز. (a) کارگران در حال بیل زدن علف‌های هرز در مزرعه‌ی گوجه فرنگی؛ و (b) کندن علف‌های هرز فلفل در مراکش. منبع: تصاویر از Robert Norris.

در بعضی از سیستم‌ها حذف دستی علف‌های هرز باقی‌مانده (که گاهی رهایی‌یافته‌ها[2] نامیده می‌شوند) در محصولات ردیفی بعد از استفاده از روش‌های دیگر کنترل ممکن است مؤثر باشد. این روش از تولید بذر علف‌های هرز رهایی‌یافته جلوگیری می‌کند به طوری که آن‌ها به بانک بذر علف

[1] Intensive
[2] Escapes

هرز اضافه نمی‌شوند و در سال‌های بعد مشکلاتی ایجاد نمی‌کنند. این مفهوم برای کشاورزان ارگانیک و سیستم‌هایی که به علف‌کش‌ها متکی نیستند مهم‌تر است زیرا چنین سیستم‌هایی یک وسیله سریع برای ریشه‌کنی علف‌های هرز داخل ردیف ندارند. حتی در مزرعه تولید محصول با مقیاس کوچک، حذف دستی علف هرز تحت شرایط معینی عملی است. در برخی مناطق میانه غرب ایالات متحده، ذرت های خودرو روئیده در مزارع سویا اغلب به‌وسیله دست حذف می‌شوند و حتی گاهی اوقات دسته‌هایی از گاو پنبه و طوق که از کنترل علف‌کش رهایی یافته‌اند در اواسط فصل به طور دستی حذف می‌شوند.

در جوامع غربی، مدیریت علف هرز در محصولات ردیفی به دلیل هزینه ودر دسترس بودن نیروی کار مشکل‌ساز است. سیستم های استفاده کننده از نیروی کار (کارگر) برای کنترل علف هرز در زمان‌های بحرانی رشد محصول نیازمند تعداد زیادی نیروی کار هستند (شکل ۴-۲ را ببینید). در حال حاضر بر مبنای حداقل دستمزدها در آمریکای شمالی، هزینه وجین دستی علف های هرز در دامنه‌ای از ۳۰۰ دلار تا ۸۰۰ دلار در هر جریب برای محصولاتی مانند چغندرقندها و گوجه-فرنگی ها، تا بیش از ۴۰۰۰ دلار تا ۵۰۰۰ دلار در هر جریب برای گیاهان زینتی کاشته شده در گلدان قرار دارد. این هزینه ها از لحاظ اقتصادی توجیه ناپذیر هستند. بنابراین در کشورهای توسعه یافته، کشاورزی به وجین دستی علف‌های هرز به عنوان تنها روش انجام کنترل علف هرز داخل ردیف به خاطر هر دوی، دلایل اقتصادی و اجتماعی نمی‌تواند متکی باشد.

وجین دستی علف هرز در جایی که نیروی کار برای کارهای فصلی هرس کردن و برداشت نیز مورد نیاز است فراهم‌کننده مبنای اقتصادی برای حفظ نیروی کار در مناطق اصلی کشاورزی است. این مورد در برخی کشورهای تولیدکننده میوه و قهوه در آمریکای جنوبی وجود دارد.

خاک‌ورزی/شخم مکانیکی

هدف از خاک‌ورزی ریشه‌کن کردن یا تغییر زیستگاه است به طوری که آفات زنده باقی نمانند. یک هدف اصلی همه خاک‌ورزی‌ها مدیریت علف هرز است. علف‌های هرز، میزبان آفات دیگر مانند نماتدها هستند بنابراین مدیریت دقیق علف‌های هرز از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است به‌ویژه طی تناوب محصولاتی که برای مدیریت نماتد در نظر گرفته شده‌اند. پذیرش گسترده کشاورزی بدون خاک ورزی[1]، که در آن تولید محصول بدون انجام خاک ورزی حفظ می‌شود تکیه و اعتماد به علف‌کش‌ها در مدیریت علف‌های هرز را نتیجه داده است.

خاک‌ورزی علیه عوامل بیماری‌زا برای بیشتر عوامل بیماری‌زا خاک‌ورزی اثری ندارد ولی مثال‌هایی وجود دارند که خاک ورزی (شخم) یک بخش جدایی ناپذیر یک برنامه IPM است. داخل خاک

[1] No tillage

کردن برگ‌های افتاده سیب از طریق شخم به تجزیه برگ کمک می‌کند به طوری که اینوکولوم[1] زمستانگذاران قارچ لکه سیاه سیب[2] را از بین می‌برد، در نتیجه حذف اینوکولومی که برای شروع بیماری در سال بعد تخصیص یافته است چرخه بیماری متوقف می‌شود. در تعداد کمی از عوامل بیماری‌زا مانند بیماری افتادگی کاهو[3] زیرخاک کردن (مدفون ساختن) ساختارهای بقا مانند اسکروت‌ها در عمق خاک می‌تواند شیوع بیماری را کاهش دهد. با وجود این، ممکن است طولانی بودن بقا اسکروت‌های دفن شده در خاک کارایی خاک‌ورزی را محدود کند زیرا وقتی که شخم عمیق بعدی انجام می‌شود اسکروت‌های بقاء یافته (زنده) باز هم می‌توانند وجود داشته باشند.

خاک‌ورزی علیه علف‌های هرز اختراع ماشین بذرکاری امکان خاک‌ورزی دقیق بین ردیف را فراهم کرد (فصل سوم را ببینید). خاک‌ورزی گسترده‌ترین روش به کار رفته برای کنترل علف‌های هرز است. تأثیر خاک‌ورزی بستگی به عوامل زیر دارد.

۱ - دقت. تجهیزات خاک‌ورزی به طور مطلوب نزدیک به ردیف محصول تنظیم می‌شوند (شکل ۱۵-۸) بنابراین نوار خاک‌ورزی نشده که باید با بیل دستی وجین شده یا با علف کش اسپری شود باریک است.

۲ - اندازه علف هرز. وقتی که علف‌های هرز کوچک هستند وجین دستی با بیل یا خاک‌ورزی بسیار آسان‌تر انجام می‌شود. از ریشه درآوردن علف‌های هرز بزرگ مشکل است، زیرا در تجهیزات گیر می‌کنند و حذف آن‌ها ممکن است در محصول خسارت ایجاد کند. بنابراین، تعیین زمان درست خاک‌ورزی مهم است.

۳ - تلفیق خاک‌ورزی با عملیات زراعی. باید خاک‌ورزی با سایر عملیات زراعی تلفیق شود. شرایط رطوبتی خاک باید مناسب باشد زیرا اگر خاک خیلی مرطوب یا خیلی خشک باشد، کنترل ناچیزی از علف هرز حاصل می‌شود. به‌طور مطلوب بدنبال خاک‌ورزی نباید آبیاری یا بارندگی وجود داشته باشد زیرا در چنین شرایط رطوبتی، علف‌های هرزی که از ریشه در آورده شده‌اند می‌توانند دوباره ریشه تولید کرده و رشد خود را از سر بگیرند.

۴ - علف‌های هرز یکساله در مقایسه با علف‌های هرز دائمی. کنترل مکانیکی علف‌های هرز دائمی در مقایسه با علف‌های هرز یکساله تأثیر بسیار کمتری دارد. یک خاک‌ورزی صرف به طور معمول یک علف هرز را می‌کشد ولی تنها بخش‌هایی از علف هرز دائمی که روی زمین قرار دارد را حذف می‌کند. این علف‌ها بلافاصله از ریشه‌ها، غده‌ها یا ریزوم‌ها جوانه می‌زنند. برای از بین رفتن ذخایر زیرزمینی یک علف هرز دائمی به تکرار خاک‌ورزی نیاز است. چندین

[1] Inoculum
[2] Apple scab fungus
[3] Disease lettuce drop

سال خاک‌ورزی مداوم می‌تواند به‌طور قابل توجهی جمعیت یک علف هرز دائمی مانند پیچک صحرائی را کاهش دهد.

۵ - خاک‌ورزی در شب. قرارگیری در معرض نور، جوانه‌زنی بذرهای علف هرز دفن شده در خاک را برمی‌انگیزد. خاک‌ورزی در شب راهی برای ممانعت از نور در تحریک این قبیل جوانه‌زنی بذر علف هرز است. به نظر نمی‌رسد کاهش جوانه زنی بذر که به وسیله خاک‌ورزی در شب بدست می‌آید توجیه‌کننده مشکل انجام این عملیات در شب باشد.

۶ - مدفون سازی عمیق (ساختارهای رویشی علف هرز). استفاده از گاوآهن های برگردان[1] دو کاره اختصاصی (بخش تجهیزات خاک‌ورزی (شخم) را ببینید) می‌تواند غده‌ها و ریزوم‌های علف هرز دائمی را در عمق زیاد برابر با ۱۸ اینچی خاک مدفون سازد. آن ها نمی‌توانند از چنین عمقی بیرون بیایند (بروبند) و سرانجام می‌میرند. به نظر می‌رسد این روش برای کنترل اویارسلام ارغوانی[2] نویدبخش باشد. سودمندی مدفون‌سازی عمیق فقط علیه بذر ها با محدودیت همراه بوده است زیرا بذرها برای دوره‌های طولانی زنده باقی می‌مانند.

شکل ۱۵- ۸: ریشه‌ی چغندرقند بین تیغه‌های علف‌بر. منبع: تصویر از Robert Norris.

خاک‌ورزی علیه نماتدها در واقع نماتدها جانوران آبزی هستند. خاک‌ورزی خاک را بر می‌گرداند و لایه‌های عمیق‌تر خاک را آشکار می‌سازد و قطعات ریشه سریع خشک می‌شوند. اگر خاک سریع خشک شود می‌تواند منجر به خشک شدن و مرگ نماتدها مانند آن‌هایی که داخل ریشه‌ها بسر می‌برند شود. خاک‌ورزی می‌تواند اینوکولوم نماتد موجود در خاک را به‌طور مؤثری کاهش دهد. از

[1] Moldboard plows
[2] Purple nutsedge

آنجایی که نماتدها در تمام پروفیل خاک یافت می‌شوند، خاک‌ورزی سطحی ممکن است جمعیت نماتدها را به زیر آستانه خسارت کاهش ندهد. همان طوری که گفته شد، تعدادی از گونه های نماتد با وارد شدن به مرحله زندگی بدون آب قادر به بقا هستند و اگر آن‌ها وارد چنین مرحله‌ای شوند، به وسیله این روش کنترل نخواهند شد. از طرفی تخم‌های بعضی از گونه‌های نماتد که به آهستگی خشک می‌شوند زنده باقی می‌مانند، بنابراین کارایی این روش برای این نماتدها محدود می‌شود.

خاک‌ورزی علیه راب‌ها و حلزون‌ها خاک‌ورزی زیستگاه راب و حلزون را تخریب می‌کند. خاک‌ورزی پوشش را کاهش می‌دهد و بقایای آلی سطحی را داخل خاک مدفون می‌سازد که به نوبه خود ذخایر غذایی آن‌ها را کاهش می‌دهد؛ بنابراین راب‌ها و حلزون‌ها در مزارع کشاورزی شخم خورده (خاک ورزی شده) به ندرت مشکل‌ساز هستند. پذیرش کشاورزی بدون خاک‌ورزی که به بقایای گیاهی اجازه باقی ماندن روی سطح خاک می‌دهد منجر به افزایش مشکلات نرمتنان می‌شود.

خاک ورزی علیه بندپایان خاک‌ورزی کاربرد قابل توجهی در مدیریت بندپایان ساکن خاک مانند همنوعان[1] و حشراتی که یک مرحله زندگی خود را در خاک سپری می‌کنند مانند کرم‌های سفید[2]، کرم‌های مفتولی[3]، کرم‌های ریشه[4] و شفیره‌های زمستان‌گذران بالپولک‌داران و سخت‌بالپوشان داشته است. خرد کردن و تکه کردن گیاه زراعی که به وسیله گاوآهن برگردان انجام می شود برای کنترل ساقه خوار اروپایی ذرت، کرم غوزه پنبه و کرم خوشه ذرت و کرم سرخ غوزه در پنبه توصیه می‌شود. همچنین خاک‌ورزی می‌تواند بقا ریشه‌خوار انگور[5] را کاهش دهد. شخم بهاره برای مدیریت زنبور ساقه گندم توصیه می‌شود.

در برخی موارد، خاک‌ورزی می‌تواند منجر به افزایش شدت خسارت یک حشره آفت شود. در غرب کانادا، خاک ورزی در اواخر تابستان موفقیت کرم طوقه‌بر غربی[6] را افزایش می‌دهد زیرا خاک‌ورزی خاک را سست کرده و سله‌بندی را کاهش می‌دهد، بنابراین بهبود تخم‌ریزی را ممکن می‌سازد. افزایش انتخاب سیستم‌های با حداقل خاک‌ورزی یا بدون خاک‌ورزی تا اندازه‌ای روی بعضی از بندپایان آفت خاکزاد تاثیر داشته است، زیرا به آن ها اجازه داده می‌شود تا در خاک بدون برهم زدگی (دست نخورده) رشد و نمو خود را کامل کنند.

خاک‌ورزی علیه پستانداران خاک‌ورزی می‌تواند برای تخریب دالان‌های مهره‌داران آفت ساکن زمین مانند گوفرهای کیسه‌دار و موش‌های بیشه‌زار و محل زندگی خرگوش‌های دم‌پنبه‌ای استفاده

---

[1] Symphylans
[2] Hite grubs
[3] Wire worms
[4] Root worms
[5] Granpe root borer
[6] Western cutworm

شود. گوفرهای کیسه‌دار در مزارع شخم خورده به ندرت مشکل‌ساز هستند. انتخاب سیستم‌های بدون خاک‌ورزی یا با خاک‌ورزی کم ممکن است منجر به افزایش مشکلات مهره‌داران آفت به سبب عدم تخریب دالان شود.

تجهیزات خاک‌ورزی انواع ابزار مورد استفاده برای خاک‌ورزی بسته به هدف بکارگیری آن‌ها و وضعیت و نوع محصول متفاوت است.

گیاه زراعی وجود ندارد وقتی گیاه زراعی وجود ندارد، عملیات خاک‌ورزی به طور معمول قابل توجه بوده و شامل شخم عمده خاک از عمق چند اینچی تا ۱۸ اینچی یا بیشتر است. این خاک‌ورزی موقعی که قبل از کشت گیاه زراعی صورت گیرد اغلب خاک‌ورزی اولیه[1] نامیده می‌شود. طیفی از تجهیزات خاک‌ورزی ممکن است مورد استفاده قرار گیرد.

- گاوآهن برگردان[2]. (شکل ۱۵-۹ a) خاک را در حدود عمق ۱۰ تا ۱۲ اینچی زیرو رو می‌کند. برای زیر خاک کردن مقادیر بزرگی از پوشش گیاهی موجود استفاده می‌شوند و نیازمند حرکت به نسبت آهسته در مزرعه هستند. گاوآهن‌های برگردان دو عمقی، بقایای گیاهی را در عمق حدو ۱۸ اینچی خاک مدفون می‌سازند (شکل ۱۵-۹ b).
- دیسک‌ها[3]. گروه‌هایی از تیغه‌های مدور فولادی و تیز هستند که با زاویه‌ای داخل خاک کشیده می‌شوند (شکل ۱۵-۹ c). دیسک‌های بزرگ که برای نابودی پوشش گیاهی استفاده می‌شوند اغلب در لبه های خارجی خود شیاردار بوده تا به بردیدن بقایای گیاهی کمک کنند. دیسک ها می‌توانند خاک را در عمق چند اینچی تا حدود ۸ تا ۱۰ اینچی برهم بزنند و برای مخلوط کردن پوشش گیاهی و بقایای گیاهی موجود در خاک بسیار مؤثر هستند. تجهیزات دیسک‌زن می‌تواند با سرعت بیشتری نسبت به تجهیزات شخم زن در مزرعه حرکت کنند.
- چیزل‌ها[4]. دسته‌های عمودی در اندازه‌ها و انواع مختلفی هستند که تا عمق قابل توجهی در میان خاک کشیده می‌شوند. بیشتر برای سست کردن خاک استفاده می‌شوند و برای از بین بردن علف‌های هرز در مقایسه با گاوآهن یا دیسک‌ها تأثیر کمتری دارند.
- کلوخ شکن‌ها (چنگک)[5]. وسایل دارای دندانه فنری (شکل ۱۵-۹d) یا دندانه میخی ثابت (۱۵-۹ e) هستند که در میان خاک کشیده می‌شوند. در عمق به نسبت کم عمل می‌کنند و به طور معمول خاک را در عمق چند اینچی زیر و رو کرده و کاربرد اصلی آن‌ها در تهیه بستر بذر است و فقط در از بین بردن علف‌های هرز کوچک مؤثر هستند.

---

[1] Primary tillage
[2] Moldboard plows
[3] Disks
[4] Chisels
[5] Harrows

شکل ۱۵- ۹: نمونه‌هایی از ابزار اولیه‌ی خاک‌ورزی. (a) گاوآهن‌های برگردان تک عمق معمول؛ (b) گاوآهن برگردان دو عمقی جهت زیر خاک کردن بقایا؛ (c) دیسک کاه‌بن بزرگ (در جاده‌ی مزرعه جهت نشان دادن دیسک‌ها و دو دسته)؛ (d) کلوخ‌شکن دندانه فنری؛ و (e) چنگک دندانه میخی. منبع: تصاویر از Robert Norris.

خاک‌ورزی در بین ردیف این نوع خاک‌ورزی برای حذف علف‌های هرز در بین ردیف‌های محصول انجام می‌شود. خاک‌ورزی در بین ردیف باید به نسبت کم عمق باشد به‌طوری که حداقل خسارت به ریشه محصول (گیاه زراعی) وارد شود. مثال‌ها شامل:

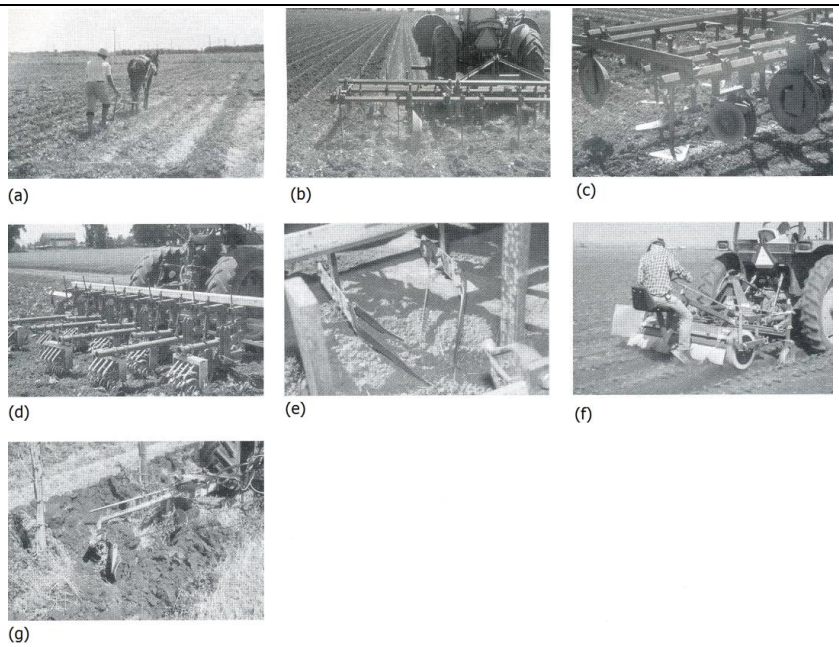
- کولتیواتورهایی که با هل دادن دستی و کشیدن حیوان (شکل ۱۵-۱۰ a) حرکت و علف هرز بین ردیف را حذف می‌کنند.
- کولتیواتورهای عمودی و زاویه‌دار و اسویپ‌های افقی که خاک را با ریشه‌کن کردن علف های هرز زیرسطحی بهبود می‌بخشند (شکل‌های ۱۵-۱۰ bوc).

- کولتیواتورهای غلتکی روزمینی گروه‌هایی از دیسک‌های ساخته شده از دندانه‌های خمیده هستند. این کولتیواتور برای بیرون آوردن (کندن) علف های هرز روی سطح خاک کشیده می‌شود (شکل ۱۵-۱۰ d). کولیتواتورهای دوار دارای این مزیت هستند که با سرعت به نسبت بالایی عمل می‌کنند و می‌توانند در میان مزرعه بسرعت عبور کنند.

خاک ورزی داخل ردیف کنترل مکانیکی علف هرز داخل ردیف گیاه زراعی مشکل است. وسایل خاصی به وجود آمده‌اند که داخل ردیف گیاهی زراعی کار می‌کنند و برای از ریشه در آوردن گیاهچه‌های کوچک استفاده می‌شوند بدون اینکه گیاهان زراعی بزرگتر را از بین ببرند؛ با وجود این، در عمل، به طور معمول خسارت قابل توجهی به محصول وارد می‌شود. مثال‌هایی از تجهیزات اختصاصی برای کنترل علف هرز شامل:

- رولرها[1]. برای از بین بردن علف‌های هرز پهن برگ در گیاهان علوفه‌ای استفاده شده‌اند ولی فقط تأثیر مختصری دارند.
- علف هرزکن‌های میله‌ای و انگشتی[2]. وسایل ماشینی هستند که داخل و بیرون از ردیف ضربه تند و نرم وارد کرده و علف های هرز کوچک را از ریشه بیرون می‌آورند (شکل ۱۵-۱۰ e).
- بیل‌های دوار[3]. وسایل دوار قدرتی هستند که تیغه‌های کوچک آن‌ها در میان ردیف محصول به حرکت در آمده، علف‌های هرز را از ریشه در می‌آورند. همچنین می‌توانند گیاهان زراعی را حذف کنند بنابراین باید با دقت استفاده شوند.
- بیل‌های برس‌دار[4]. برس‌های چرخنده درخلاف یکدیگر هستند و علف‌های هرز دارای ریشه سطحی را از خاک بیرون کشیده و گیاهان زراعی (محصولات) دارای ریشه به نسبت عمیق‌تر را حذف نمی‌کنند (شکل ۱۵-۱۰ f).
- گاوآهن فرانسوی[5]. یک گاوآهن اختصاصی برای کنترل علف هرز داخل ردیف در درختان و تاکستان‌ها است. این گاوآهن دارای سازوکاری است که به آن امکان می‌دهد در اطراف تاک (درخت انگور) به‌صورت رفت و برگشت حرکت کرده و سپس به داخل ردیف برگردد (شکل ۱۵-۱۰ g).

[1] Rollers
[2] Rod and Finger weeders
[3] Rotary hoes
[4] Brush hoes
[5] French plows



شکل ۱۵- ۱۰: نمونه‌هایی از تجهیزات خاک‌ورزی بین و درون ردیف. (a) کولتیواتور تک ردیفه با کشیدن حیوان در مزرعه‌ی فلفل در مراکش؛ (b) یک کولتیواتور بین ردیفی کششی معمولی در حین فعالیت؛ (c) کولتیواتور کششی بالا آمده جهت نشان دادن تیغه‌ها و پره‌ها؛ (d) کولتیواتور غلتکی رو زمینی؛ (e) کولتیواتور انگشتی بزرید برای کندن علف‌های هرز درون ردیف؛ (f) برس چرخشی مکانیکی جهت کندن علف‌های هرز درون ردیف؛ و (g) گاوآهن فرانسوی جهت کنترل علف‌های هرز درون ردیف در تاکستان. منبع: تصاویر (a)، (b)، (c)، (d) و (e) از Robert Norris؛ تصویر (f) از Steve Fennimore با مجوز؛ و تصویر (g) از Clyde Elmore با مجوز.

سیستم‌های اختصاصی، این سیستم‌ها برای وضعیت‌های خاص بوجود آمده‌اند.

- احیا یونجه. تلاشی برای ایجاد کنترل مکانیکی علف هرز در یک گیاه زراعی دائمی پراکنده است. دیسک زدن سبک یا چنگک‌کشی برای از ریشه درآوردن علف‌های هرز با حداقل اثر روی یونجه با ریشه عمیق استفاده می‌شود.
- سله‌بندی و الک‌کردن[1]. روشی است که در محصولات با بذرکاری مستقیم مانند گوجه‌فرنگی و فلفل که جوانه‌زنی به نسبت آهسته‌ای دارند، استفاده می‌شود. بعد از بذرکاری، یک سله

[1] Capping and Scalping

خاکی ۲ تا ۳ اینچی در بالای ردیف ایجاد می‌شود. همچنان که بذرهای گیاه زراعی شروع به جوانه‌زنی می‌کنند، سله‌بندی با تجهیزات خاک‌ورزی به طور فیزیکی حذف می‌شود و بذرهای جوانه زده علف هرز در سله خاک از بین می‌روند. تعیین زمان حذف سله مهم است.

معایب خاک‌ورزی اگرچه خاک‌ورزی به‌طور گسترده استفاده می‌شود و می‌تواند کنترل قابل توجهی روی علف‌های هرز و بعضی از انواع دیگر آفات ایجاد کند، دارای عیب‌های جدی است که باید در یک برنامه IPM در نظر گرفته شوند.

۱ - فرسایش خاک. خاک شخم خورده در معرض جدی فرسایش به‌وسیله آب (شکل ۱۵-۱۱) و باد قرار دارد. خاکی که شخم نخورده (خاک‌ورزی صورت نگرفته است) و به وسیله گیاهان پوشیده شده است کمتر در معرض فرسایش قرار دارد. کاهش خاک‌ورزی برای تولید محصول می‌تواند فرسایش خاک را به طور قابل توجهی کاهش دهد. برای نمونه، استفاده از سیستم‌های بدون خاک‌ورزی (فاقد شخم) می‌تواند فرسایش خاک را از دو تن در جریب در سیستم‌های شخم خورده به کمتر از ۲ پوند خاک در جریب در یک سیستم بدون خاک‌ورزی (فاقد شخم) طی یک رخداد خاص مانند بارندگی کاهش دهد. شاید فرسایش خاک بزرگ-ترین ضعف کاربرد خاک‌ورزی، به ویژه در ارتباط با بارش سنگین (مانند طوفان تندری شدید است) یا وقتی که بادهای شدیدی در شرایط خشک رخ می‌دهد، باشد. لزوم کاهش فرسایش خاک عامل اصلی بازگشت به انتخاب سیستم‌های کشاورزی بدون خاک‌ورزی بوده است. تشدید فرسایش خاک از طریق خاک‌ورزی ممکن است اثرات زیان‌بخش قابل مشاهده و سریع‌تری نسبت به استفاده از علف‌کش داشته باشد.

شکل ۱۵- ۱۱: فرسایش خاک در یک مزرعه گندم با زراعت سنتی. منبع: تصویر از Jack Dykinga، USDA/ARS.

۲ - صرف انرژی. خاک ورزی نیازمند جابه‌جایی مقادیر زیادی از خاک است که به نوبه خود مستلزم مقادیر زیادی از انرژی است. برای صدها سال، انرژی جانوری برای این هدف به کار گرفته شد. با شروع قرن بیستم، سوخت فسیلی مورد استفاده در موتورهای با احتراق داخلی تا اندازه زیادی جایگزین انرژی جانوری شد و در آغاز دهه ۱۹۴۰ استفاده از انرژی شیمیایی آفت‌کش‌ها پذیرفته شد.

۳ - تخریب زیستگاه. خاک‌ورزی موجب تخریب زیستگاه قریب به همه جانداران ساکن خاک می‌شود. علاوه بر آفات هدف موردنظر، حیات‌وحش از جانوران بزرگ مانند جغدهای نقب زن و روباه‌های کیت[1] گرفته تا کرم‌های خاکی و حتی موجودات زنده می‌توانند به شدت تحت تأثیر قرار گیرند. بیش از ۷۶ درصد کرم‌های خاکی می‌تواند به وسیله گاوآهن و دیسک زدن از بین بروند. به دنبال عملیات خاک‌ورزی پرندگان از جانداران آشکار شده به وسیله خاک‌ورزی تغذیه می‌کنند و بسیاری از جانداران خورده شده کرم‌های خاکی هستند.

۴ - ساختمان خاک. ساختمان فیزیکی خاک به وسیله خاک ورزی شکسته می‌شود. با خاک‌ورزی در موقعی که خاک به نسبت خشک است این مشکل به طور قابل توجهی کاسته می‌شود ولی خاک ورزی در خاک مرطوب موجب خسارت قابل توجه به ساختمان خاک می‌شود. تیلرهای دوار قدرتی به طور ویژه‌ای به ساختمان خاک خسارت وارد می‌کنند.

[1] Kit foxes

۵ - فشردگی خاک. راندن تجهیزات خاک‌ورزی سنگین در میان مزارع منجر به فشردگی خاک و تشکیل لایه‌های سخت[1] می‌شود که ریشه‌های گیاه نمی‌توانند در آن‌ها نفوذ کنند. لایه‌های سخت ممکن است مشکلات نماتد را تشدید کند زیرا ریشه‌ها به لایه‌های فوقانی‌تر خاک محدود می‌شوند که در آنجا نماتدها دارای بیشترین تعداد هستند. شکستن لایه‌های سخت به وسیله خاک‌ورزی عمیق به ریشه‌های گیاه زراعی امکان می‌دهد تا از میان لایه‌های فشرده عبور کنند تا به رطوبت و مواد غذایی در لایه‌های عمیق‌تر خاک دست یابند که بهبود دهنده رشد گیاه بوده و در برخی موارد افزایش دهنده تحمل به پارازیتیسم نماتد است.

۶ - بارندگی. بارندگی می‌تواند خاک را برای خاک‌ورزی خیلی مرطوب سازد ولی علف‌های هرز به رشد خود ادامه می‌دهند. در موقعی که کنترل علف هرز صورت نمی‌گیرد این امر می‌تواند منجر به خسارت شدید به گیاه زراعی یا حتی نابودی محصول شود.

۷ - گرد و غبار. خاک‌ورزی (شخم) در خاک خشک ایجاد گرد و غبار می‌کند. هنگامی که خاک شخم خورده خشک می‌شود، خاک سست بالای آن با وزش باد و توفان گرد و غبار ایجاد می‌کند. گرد و غبار روی برگ‌های گیاه ممکن است مشکلات ناشی از کنه های گیاهی را تشدید کند. گردو غبار جزئی از ذرات آلودگی هوا بوده و خطراتی برای قابلیت دید و سلامتی انسان ایجاد می‌کند. در بسیاری از نواحی جهان قوانینی برای کنترل آلودگی هوا به گرد و غبار تصویب شده‌اند و دارای پتانسیل اصلاح خاک‌ورزی به نحوی هستند که در مدیریت آفت استفاده می‌شود.

۸ - خسارت به محصول. ممکن است خاک ورزی مفید نباشد و اثر منفی روی گیاه زراعی داشته باشد. خسارت برای محصول ممکن است روی زمین یا زیر زمینی رخ دهد. وسیله‌ای که به طور صحیح تنظیم نشده است می‌تواند محصول را از بین ببرد. خسارت ناشی از تجهیزات خاک‌ورزی می‌تواند موجب زخم‌هایی در برگ‌ها و ساقه‌ها شود که نقاط ورودی بیماری‌های باکتریایی هستند مانند گال طوقه در محصولات باغی (مانند گردوها) و پوسیدگی‌های نرم در چغندرقند. برای بسیاری از محصولات خسارت به ریشه‌ها، که هرس ریشه نامیده می‌شود، رخ می‌دهد برای نمونه در جایی که خاک‌ورزی برای مدیریت علف هرز در محصولات باغی استفاده می‌شود.

۹ - محصولات پراکنده. به طور معمول اجرای خاک‌ورزی در محصولات پراکنده مشکل یا غیرممکن است.

[1] Hardpan layers

۱۰ - حمل و نقل اندام‌های تکثیری داخل مزارع یا از مزرعه‌ای به مزرعه دیگر. تجهیزات خاک‌ورزی در پراکنش همه جانداران آفت که در خاک زندگی می‌کنند یا دارای مرحله‌ای از زندگی داخل خاک هستند نقش دارند. این جانداران شامل بذر های علف هرز، نماتدها (شکل ۸-۳ c را ببینید)، بسیاری از عوامل بیماری زای خاکزاد و تعدادی از حشرات هستند. اهمیت این مسئله در پراکنش آفات به طور معمول بقدر کافی بررسی نشده است. بهداشت تجهیزات پیش از حرکت آن از یک مزرعه به مزرعه دیگر یک مفهوم مهم مدیریت آفت است. رعایت بهداشت تجهیزات زراعی در فصل ۱۶ بررسی می‌شود.

روش‌های مکانیکی اختصاصی

مدیریت علف هرز موارد زیر فرایندهای مکانیکی هستند که برای کنترل انواع خاصی از آفات در موقعیت‌های محدود بوجود آمده‌اند.

شخم عمیق با گاوآهن این روش برای زیر خاک کردن (مدفون ساختن) اندام‌های تکثیری آفت استفاده می‌شود به طوری که آن‌ها نمی‌توانند رشد کنند و در معرض مرگ و فساد قرار می‌گیرند. مثال ها شامل شخم عمیق با گاوآهن برای مدفون ساختن اسکلروت‌های قارچ افتادگی کاهو (شکل ۹-۱۵ b) و غده‌های اویارسلام زرد است. این روش نیازمند استفاده از گاوآهن‌های طراحی شده به طور اختصاصی بوده که می‌توانند خاک سطحی را در عمق ۱۸ تا ۲۴ اینچی زیر و رو کنند. کارایی این روش بحث‌برانگیز است زیرا شخم عمیق بعدی با گاوآهن، اندام های تکثیری زنده (زیست پذیر) را به سطح خاک برمی‌گرداند. به علاوه، بعضی از عوامل بیماری‌زا مانند نماتدها قادر به زنده ماندن در لایه‌های عمیق‌تر خاک در یک دوره بقدر کافی طولانی هستند به طوری که ریشه‌های گیاه جدید رشد کرده و نماتدها روی آن‌ها رشد می‌کنند.

علف‌چینی[1] این روش برای محدود کردن رشد علف هرز بدون از بین بردن این گیاهان استفاده می‌شود. علف‌چینی در باغ‌ها، مناطق کشت نشده و کنار جاده ها که وجود پوشش گیاهی همیشگی مطلوب است استفاده می‌شود. علف چینی خیلی نزدیک به سطح خاک می‌تواند برای کنترل سس که علف هرز انگل یونجه بوده، استفاده شود چون این علف هرز به ساقه های یونجه در حدود ۲ تا ۳ اینچی بالای خاک متصل می‌شود. تجهیزات مورد استفاده برای علف چینی شامل علف‌چین‌های دوار[2]، فلایل‌های عمودی[3] و علف‌چین‌های داسی[4] هستند. علف‌چینی یک عملیات کنترل موقتی است زیرا گیاهان دوباره رشد می‌کنند که تکرار علف‌چینی ضرورت دارد.

[1] Mowing
[2] Rotary mowers
[3] Vertical flails
[4] Sickle bar mowers

لایروبی کردن و زنجیر کردن[1] لایروبی کردن، که حذف فیزیکی خاک و مواد گیاهی از سیستم های آبی مانند کانال‌ها و آب انبارها (مخازن آب) است، برای کنترل علف هرز آبزی استفاده می‌شود. لایروبی کردن در سیستم‌های آبی تقریباً معادل خاک‌ورزی است و به طور گسترده در آبیاری و زهکشی کانال ها و نهرها استفاده می‌شود. لایروبی کردن گران و وقت‌گیر و نتایج آن موقتی است زیرا گیاهان هدف، گیاهان دائمی هستند و لایروبی کردن نمی‌تواند همه اندام‌های تکثیری آن‌ها را حذف کند. لایروبی کردن باید هر چند سال یک بار تکرار شود و هر بار کاربرد آن منجر به دور انداختن مقادیر زیادی از گل و لای و مواد گیاهی می‌شود.

همچنین فرایندی به نام زنجیر کردن برای کنترل علف هرز آبزی استفاده می‌شود و در جنگل‌داری به عنوان یک ابزار مدیریت علف هرز قبل از کاشت بکار برده می‌شود. دو تراکتور بزرگ برای کشیدن یک زنجیر سنگین از میان کانال یا پوشش گیاهی استفاده می‌شوند تا گیاهان ناخواسته (هرز) را از ریشه در آورند. محدودیت های زنجیر کردن زیاد بوده که همان محدودیت های مربوط به لایروبی کردن در محل‌های آبی هستند. از آنجایی که علف های هرز به وسیله زنجیر از کانال حذف نمی‌شوند، در منطقه زنجیر کرده حذف فیزیکی علف های هرز از ریشه درآمده در بستر کانال ضروری است.

مدیریت حشره تعداد کمی از وسایل مکانیکی به طور اختصاصی برای کنترل حشرات بوجود آمده‌اند. ارزش دو نوع از این وسایل در ادامه بیان شده است.

هاپردوزرها[2] در مناطقی که مورد هجوم طغیان‌های دوره‌ای ملخ‌های مهاجر واقع می‌شوند، وسیله-ای که هاپردوزر نامیده می‌شود برای جمع‌آوری و نابودی توده ملخ‌ها استفاده می‌شود. گزارش‌ها از اوایل دهه‌ی ۱۹۲۰ مدعیست کشاورزان قادر بوده‌اند در هر روز بیش از ۱۴ بوشل از ملخ‌ها را با هاپردوزرها جمع آوری کنند.

وسایل مکش توسعه مفهوم نمونه‌برداری مکشی (فصل ۸ را ببینید) با ساخت وسایل جمع‌آوری توده‌ای که به طور مکشی عمل می‌کنند همراه بوده است. این وسایل روی تراکتورها یا کامیون‌های کوچک (وانت‌ها) نصب می‌شوند. گاهی این وسایل مکنده بزرگ برای حذف توده‌ای حشرات از گیاهان زراعی استفاده شده‌اند به طوری که کارایی آن‌ها و حذف بسیاری از حشرات مفید بحث برانگیز بوده است. این وسایل در تولید توت فرنگی برای کنترل سن های لیگوس و حشرات متحرک دیگر مؤثر هستند ولی غیر مؤثر بودن آن ها برای حذف حشرات ساکن مانند شته ها به اثبات رسیده است.

---

[1] Dredging and Chaining
[2] Hopperdozers

فصل شانزدهم: مدیریت زراعی آفات

رئوس مطالب این فصل

- مقدمه
- پیشگیری
- بهداشت گیاهی
- دوره‌های بدون گیاه زراعی میزبان
- کنترل میزبان‌های تناوبی
- تناوب
- پرایمینگ یا پیش جوانه‌زنی گیاه زراعی
- کشت عمیق
- نشاءکاری
- شرایط خاک
- حاصل‌خیزی
- گیاهان زراعی همراه
- گیاهان تله
- گیاهان آنتاگونیست
- تنظیم برنامه‌های برداشت
- واریته‌های محصول
- کشت مخلوط
- پرچین‌ها، حاشیه‌های مزرعه و جان‌پناه‌ها
- خلاصه

مقدمه

مدیریت زراعی آفات شامل تغییراتی است که در مورد گیاه زراعی اعمال می‌شود تا آن را برای آفت نامناسب و آفت را برای دشمنان طبیعی مناسب سازد و یا توانایی گیاه زراعی را به ایستادگی و مقاومت در برابر حمله آفت افزایش دهد. هدف نهایی تغییر در اکوسیستم کشاورزی در چنین روشی، نگه داشتن جمعیت آفت زیر سطح زیان اقتصادی است. موارد زیر برخی بررسی‌های کلی درباره روش‌های مدیریت زراعی آفت هستند:

۱ - روش‌های زراعی از روش‌های فیزیکی و مکانیکی متفاوت هستند چراکه همه اثرات روش‌های زراعی، به جای هر گونه اثر مستقیم روی جاندار هدف، به گیاه زراعی یا محیط-زیست گیاه زراعی مربوط می‌شود (برای نمونه، تغییرات در میکروکلیمای داخل تاج پوشش محصول). از آنجایی که روش‌های مدیریت زراعی فقط به طور غیرمستقیم روی آفات اثر می‌گذارند، به طور معمول به نسبت کند و آهسته عمل می‌کنند و در نتیجه بیشتر این روش‌ها در حل مشکلات آفت که نیاز به عملیات درمانی سریع دارند، دارای ارزش محدودی هستند.

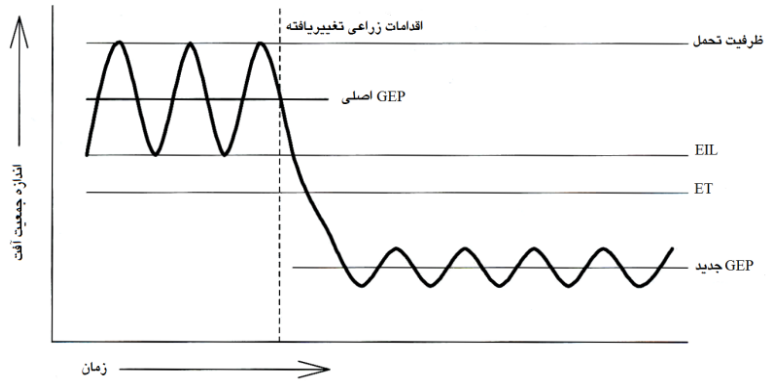
۲ - اثر روش‌های زراعی مورد استفاده برای مدیریت آفت، پویایی جمعیت آفت را به نحوی تغییر می‌دهد که تراکم آفت زیر سطح زیان اقتصادی نگه داشته شود (شکل۱۶-۱). بکارگیری روش‌های زراعی ظرفیت نگهداری محیط نسبت به آفت را تغییر نمی‌دهد، بنابراین اگر از روش یا روش‌های مدیریتی صرف‌نظر شود، جمعیت آفت می‌تواند به سطوح خسارت‌زای اولیه آن برگردد. در نتیجه، روش‌های مدیریت زراعی باید یک بخش همیشگی یک برنامه IPM باشند و نمی‌توانند متوقف و هنگام نیاز به اعمال کنترل سریع شروع شوند، در صورتی که بعضی از روش‌های دیگر این امکان را دارند.

۳ - روش‌های زراعی، با سطوح به نسبت کمی از نهاده‌ها شدت مشکلات آفت را کاهش می‌دهند و بنابراین اثرات زیست‌محیطی حداقلی دارند. این روش‌ها به طور معمول می‌توانند بدون تجهیزات اختصاصی و بدون استفاده از نهاده‌های خارجی به کار برده شوند چراکه بیشتر به تجهیزاتی که برای عملیات کشت طبیعی در دسترس است متکی هستند.

۴ - بیشتر روش‌های زراعی، همانند یک عملیات زراعی تک‌محوری، آفات را به طور کامل کنترل یا ریشه‌کن نمی‌کنند. روش‌های زراعی باید بخشی از یک برنامه مدیریتی باشند که در آن از چند روش برای حفظ جمعیت آفت زیر سطوح خسارت‌زا استفاده می‌شود.

۵ - بیشتر روش‌های مدیریت زراعی مستلزم صرف هزینه و زمان هستند، به نحوی که باعث افزایش هزینه‌های آموزشی برای مدیران می‌شوند. در نتیجه روش‌های کنترل زراعی باید از نظر افزایش مهارت‌های مدیریتی مورد نیاز و هزینه‌های مربوطه مورد ارزیابی قرار گیرند.

۶ - روش‌های مدیریت زراعی آفت اغلب مخصوص یک ناحیه هستند و ممکن است در یک ناحیه مؤثر و در ناحیه دیگر مؤثر نباشند. بجز در شرایط زیست‌محیطی مناسب باید در انتقال روش‌ها از یک ناحیه به ناحیه دیگر دقیق بود.



شکل ۱۶- ۱: پویایی جمعیت آفت نظری با روش‌های کنترل زراعی.

بعضی از موضوعات ارائه شده در روش‌های مدیریت زراعی در فصل ۷ مورد بحث قرار گرفتند و دوباره به طور دقیق به آن‌ها پرداخته نخواهد شد. اگرچه روش‌های مدیریت زراعی امتیازات زیادی فراهم می‌کنند، اما دارای محدودیت‌هایی نیز هستند که بحث خواهد شد.

پیشگیری

قابلیت‌ها

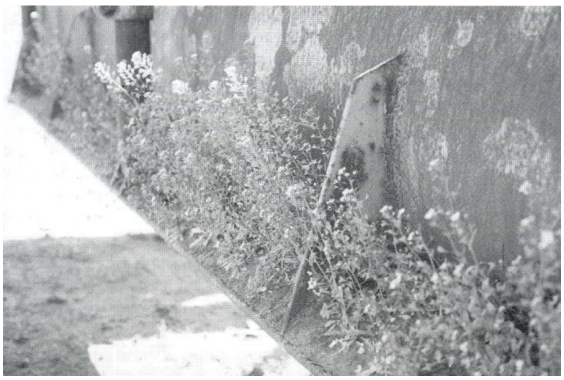
اگر آفتی در یک مزرعه یا منطقه وجود نداشته باشد، پیشگیری از تهاجم آن بسیار مطلوب خواهد بود. پیشگیری، در این بخش، به‌جای مقیاس کشوری و ناحیه‌ای (همان‌طور که در فصل ۱۰ ارائه شد) در مقیاس مزرعه محلی (شکل ۵-۱ را ببینید) بررسی می‌شود. پیشگیری در مقیاس مزرعه روشی است که می‌تواند به وسیله فرد مدیر به‌کار برده شود و شامل چند بخش است:

پیشگیری از انتقال آفات

آفات می‌توانند به روش‌های مختلف به مزارع هجوم آورند. جانوران قادرند به وسیله راه رفتن یا پرواز کردن فعالانه به مزارع هجوم آورند. هجوم نماتدها، عوامل بیماری‌زا، علف‌های هرز و بسیاری از حشرات کوچک و کنه‌ها به مزارع می‌تواند با روش‌های فعال انجام شود. روش‌های اصلی تهاجم فعال عبارتند از تهاجم از طریق باد، آب و فعالیت انسان. یک راه اصلی انتقال آفات به وسیله انسان

انتقال آفات داخل خاک و یا روی تجهیزات و همچنین روی یا داخل بذرها یا نشاءها است. انتشار آفت به وسیله بذرها و پیوندها در بخش جداگانه‌ای بحث خواهد شد.

تجهیزات آفات می‌توانند به وسیله ماشین‌های کشاورزی در مزارع یا از مزرعه‌ای به مزرعه دیگر جابجا شوند. نزدیک به همهٔ علف‌های هرز، همه عوامل بیماری‌زای خاکزاد، نماتدها و بندپایان می‌توانند همراه با خاک چسبیده به ماشین‌های کشاورزی پراکنده شوند. برای جلوگیری از پراکنش آفات، توصیه متعارف تمیز کردن همه تجهیزات قبل حرکت بین مزارع است. تمیز و پاک کردن با دقت تمام سطوحی که خاک یا بقایای گیاهی می‌توانند جمع شوند به ویژه در مورد تجهیزات خاک‌ورزی اولیه و برداشت حائز اهمیت است. اگرچه عملیات تمیز کردن تجهیزات توصیه می‌شود، اما اغلب از این توصیه پیروی نمی‌شود. شکل ۱۶-۲ علف‌های هرز رشد کرده از بذرهای موجود در خاک آلوده پشت یک هواپیما در کارگاه تجهیزات کشاورزی را نشان می‌دهد. اگر چه این عکس آلودگی خاک به علف هرز را نشان می‌دهد، اما این مفهوم برای نماتدها و عوامل بیماری‌زای خاکزاد نیز بکار می‌رود. حذف خاک از تجهیزات اغلب چند دقیقه طول خواهد کشید و از گسترش علف‌های هرز و سایر آفات خاکزاد به مزرعه دیگر جلوگیری می‌کند.



شکل ۱۶- ۲: کیسه کشیش‌های در حال رشد در خاک انتقال یافته به پشت بال هواپیمای فرسوده در انبار تجهیزات مزرعه؛ نشان می‌دهد آفات خاک‌زاد چگونه با تجهیزات منتقل می‌شوند. منبع: تصویر از Robert Norris.

تمیز کردن دقیق تجهیزات کشاورزی باید یک جزء متعارف مدیریت آفت در مزرعه باشد. گاهی تمیز کردن تجهیزات یک روش کنترلی فیزیکی در نظر گرفته می‌شود ولی این تجهیزات در بیشتر عملیات کنترل زراعی نقش دارند و بنابراین همراه با روش‌های کنترل زراعی بحث می‌شوند.

خاک خاک می‌تواند به تمام آفات خاکزاد شامل عوامل بیماری‌زا، بذرهای علف هرز و نماتدها آلوده شود. یک توصیه برای مدیریت نماتد این است که خاک نباید از مزرعه‌ای به مزرعه دیگر منتقل شود. کنترل نماتد سیست چغندرقند نشان‌دهنده مشکل انتقال آفات موجود در خاک است. برای سال‌ها در کالیفرنیا قبل از کشت چغندرقند، خاک خشک را جمع آوری و به مزارع بر می‌گرداندند. مشکل آنجا بود که خاک به همان مزرعه مبداء برگردانده نمی‌شد، و خاک یک مزرعه آلوده به نماتد سیست به یک مزرعه متفاوت، احتمالاً غیرآلوده، برگردانده می‌شد (شکل ۸-۳ c را ببینید). این جابجایی خاک در واقع باعث پراکنش نماتدهای سیست به همه مزارعی بود که به کارخانه سرویس‌دهی می‌کردند. از زمان شناسایی این مشکل، فرایند برگرداندن خاک خشک به مزارع متوقف شد.

گیاه زراعی عاری از آفات

مطلوبیت کشت بذر عاری از آفت بدیهی است و بذرهای گواهی شده عاری از آفات هستند. با وجود این، در بسیاری از موارد هیچ راهی برای شناخت آلودگی بذر به یک آفت وجود ندارد. در برخی موارد، ممکن است آفات همراه با یک گیاه زراعی کشت شوند، مانند وقتی که کشاورزان بذرهای آلوده به علف هرز را می‌کارند.

عوامل بیماری‌زا بسیاری از عوامل بیماری‌زا می‌توانند با نشاء یا بذر آلوده وارد شوند. عوامل بیماری‌زا می‌توانند خارجی یا داخلی باشند که دومی بیشتر پنهانی است. برای موفقیت برنامه‌ی IPM در مورد برخی عوامل بیماری‌زا (مانند ویروس‌ها) استفاده از بذرهای گواهی شده که عاری از عوامل بیماری‌زا هستند ضروریست.

آلودگی به عامل بیماری‌زا از دلایل اصلی کشت بذر گواهی شده یا گیاهان گواهی شده است. نشاء یا بذرهای گواهی شده، مورد کشت قرار می‌گیرند. از طرفی گواهی ممکن است کشت گیاه زراعی مادر در مناطق عاری از عامل بیماری‌زا را در پی داشته باشد. در این مناطق گیاه زراعی برای اطمینان از عاری بودن از عامل بیماری‌زا مورد بازرسی قرار می‌گیرد. گواهی به وسیله سازمان‌های دولتی ملی یا ناحیه‌ای و اغلب با همکاری دانشگاه‌های کشاورزی انجام می‌شود.

تصور می‌شود ذخیره گیاهی[1] گواهی شده روش اصلی برای جلوگیری از واردسازی مشکلات ویروس در محصولاتی مانند تاک‌ها باشد. اگر از ذخیره گیاهی آلوده به ویروس استفاده شود، برنامه IPM پیش از شروع، شکست خواهد خورد. استفاده از بذر گواهی شده بخش مهمی از IPM برای محدود کردن ویروس و سایر عوامل بیماری‌زا در سیب‌زمینی است.

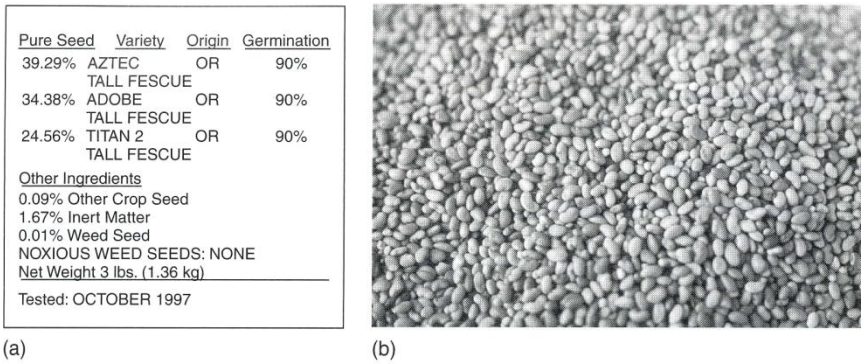
[1] Stock

ویروس‌ها می‌توانند در برخی از گیاهان زراعی، بذرزاد باشند. یک مثال خوب ویروس موزائیک کاهو است. بررسی بصری یک بذر کاهو و مشاهده علائم آلودگی، غیر ممکن است. بنابراین گروه‌هایی از بذرهای تجاری کاهو برای بررسی وجود موزائیک، تعیین شاخص می‌شوند. گروه‌هایی از بذر که دارای ویروس موزائیک هستند دور انداخته می‌شوند. استفاده از بذرهای عاری از عامل بیماری‌زا وقتی با رعایت بهداشت و دوره‌های بدون میزبان همراه باشد موثر است (بخش‌های بعدی این فصل که به این موضوع اختصاص یافته‌اند را ببینید).

علف‌های هرز بذر علف‌های هرز گاهی با بذر گیاه زراعی کشت می‌شوند. در مورد بعضی از محصولات مانند غلات، کشاورزان اغلب بذر این گیاهان را در برداشت قبلی ذخیره می‌کنند. بذرهای علف هرز ممکن است همراه با بذرهای گیاه زراعی برداشت شوند. بررسی‌ها در انگلستان و ایالات متحده نشان داد که بیش از ۲۰ درصد بذرکارهای غله مورد بررسی دارای بذرهای غله آلوده به بذرهای یولاف وحشی بودند.

بذرهای علف هرز بیشتر با بذر تجاری گیاه زراعی آلوده می‌شوند. مثال آشنا در این مورد، برچسب بذر علوفه چمنی در فروشگاه‌های باغبانی محلی است (شکل ۱۶-۳ a). بذر سس، گیاه گلدار انگل، یک مشکل بسیار جدی در بذر یونجه است (شکل ۱۶-۳ b). آلودگی بذر علف‌هرز در بذرهای گیاه زراعی یک مشکل همیشگی است و اگرچه تجهیزات مدرن پاک‌کننده بذر اهمیت این مشکل را کاهش داده‌اند، اما این مشکل ریشه‌کن نشده است.

استفاده از بذر گواهی شده عاری از علف هرز یک عمل منطقی در IPM است. استفاده از چنین بذری به مدیر اطمینان می‌دهد که او با کشت بذرها در مزرعه مشکل علف هرز ایجاد نخواهد کرد.



شکل ۱۶- ۳: ناخالصی بذر محصول با بذر علف هرز. (a) بسته‌ی بذر علوفه چمنی درصد آلودگی به علف هرز را نشان می‌دهد؛ و (b) مخلوط شدن بذر سس با بذر یونجه که تشابه آن‌ها، شناسایی یا حذف آن را به طور مکانیکی دشوار می‌کند. منبع: تصاویر از Robert Norris.

به‌طور متناقص، اگرچه پیشگیری از علف هرز مطلوب است، اما بعضی از گیاهان علفی (علف‌های هرز)، گیاهان مفید یا زینتی هستند که به طور تجاری به فروش می‌رسند. مانند چوفا[1] که اویارسلام زرد است و به طور بحث‌برانگیز از بدترین علف‌های هرز جهان به شمار می‌رود. نیلوفرهای یکساله و سنبل آبی به عنوان گیاهان زینتی بفروش می‌رسند، که اولی یک علف هرز جدی در برخی از محصولات مانند پنبه و لوبیا است و دومی (سنبل آبی) یکی از خطرناک‌ترین علف‌های هرز آبی در سراسر جهان است. علف هرز آبی *Hydrilla* در تجارت آکواریوم به طور گسترده‌ای به فروش می‌رسد، ولی میلیون‌ها دلار برای حذف این گیاه از کانال‌های آبیاری و زهکشی، سواحل و دریاچه‌ها خرج شده است. در نهایت، غذای پرندگان که به طور تجاری بفروش می‌رسد اغلب شامل بذرهای علف هرز است.

نماتدها نماتدها درست همانند عوامل بیماری‌زای قارچی و ویروسی، می‌توانند بذرها و ذخیره گیاهی رویشی[2] را آلوده کنند و به راحتی به مزارع غیر آلوده منتقل شوند که می‌تواند به ویژه در مورد پیازها، سوخ‌ها و غده‌ها مشکل‌ساز باشد. هنوز هم استفاده از بذر یا ذخیره گیاهی گواهی شده روش مورد ترجیح IPM است.

حشرات آلودگی بذر به وسیله حشرات نسبت به سایر آفات کمتر متداول است و می‌تواند با تیمار بذرها با حشره‌کش‌ها یا فومیگانت‌ها[3] (سموم گازی) پیشگیری شود. حشرات موجود در قلمه‌ها یا ریشه‌های مورد استفاده در تکثیر رویشی محصولات می‌توانند آغازگر آلودگی‌ها باشند. نیشکر به صورت قلمه‌هایی از نی کشت می‌شود. در برخی نواحی کشت نیشکر، لاروهای ساقه‌خوار بالپولک‌داران می‌توانند داخل نی باقی مانده و هنگام کشت گیاهان، آلودگی‌هایی را شروع کنند.

محدودیت‌ها

اگرچه استفاده از بذر گواهی شده یک عملیات منطقی و سالم IPM است، اما ممکن است بذر گواهی نشده یا ذخیره گیاهی ارزانتر بوده و مورد استفاده قرار گیرد. صرفه‌جویی اندک می‌تواند با ورود یک آفت جبران شود.

بهداشت گیاهی

قابلیت‌ها

[1] Chufa
[2] Vegetative planting stock
[3] Fumigants

بهداشت گیاهی[1] برای حذف گیاه زراعی و سایر بقایای گیاهی که ممکن است پناهگاه آفات باشند، استفاده می‌شود. وقتی گیاه زراعی مدت طولانی وجود نداشته باشد انجام روش‌های بهداشتی شامل حذف اینوکولوم‌های زمستانگذران و منابع غذایی بالقوه است. بنابراین بهداشت گیاهی احتمال انتقال آفت را از فصلی به فصل دیگر کاهش می‌دهد. بهداشت گیاهی مؤثر مستلزم شناخت چرخه زندگی آفت هدف است.

بین بهداشت گیاهی که یک روش IPM است و سیستم‌های کشاورزی بدون خاک‌ورزی یک تضاد وجود دارد. یک هدف عمده سیستم‌های بدون خاک‌ورزی، حفظ پوشش گیاهی در همه زمان‌ها است که می‌تواند فراهم‌کننده منابع برای آفاتی باشد که بهداشت گیاهی حذف‌کننده آن‌ها است. سیستم‌های بدون خاک‌ورزی به توسعه روش‌های مدیریتی جدید آفت به عنوان جایگزین روش‌های قبلی کنترل آفت که متکی بر خاک‌ورزی و حذف پوشش گیاهی بودند، نیاز دارند.

انتخاب‌ها در بهداشت گیاهی برحسب گروه آفت و گیاه زراعی مربوطه متغیر هستند. در مفهوم دقیق، بهداشت گیاهی در مدیریت علف هرز کاربرد ندارد. موارد زیر مثال‌هایی از روش‌های IPM بر مبنای بهداشت گیاهی هستند:

عوامل بیماری‌زا نابودی بقایای گیاهی که قارچ‌ها، مانند لکه سیاه سیب، در آن‌ها زمستان‌گذرانی می‌کنند یک راهبرد برای مدیریت بعضی از عوامل بیماری‌زا است. قارچ لکه سیاه سیب در برگ‌های مرده (خشک) روی زمین زمستان‌گذرانی می‌کند. در بهار قارچ در برگ‌های خشک تولید اسپورهایی می‌کند که در برگ‌های تازه ظاهر شده روی درخت و سیب‌های (میوه‌های) در حال رشد آلودگی ایجاد می‌کنند. روش کلیدی IPM، زیر خاک کردن برگ‌های قدیمی از طریق شخم یا اضافه کردن کود ازته برای تسریع تجزیه برگ به منظور کاهش اینوکولوم است. بیماری پوسیدگی قهوه‌ای در درختان هلو تا اندازه زیادی به همین روش مدیریت می‌شود، قارچ روی مومیایی[2] میوه‌های آلوده روی زمین زمستان‌گذرانی و اینوکولوم قارچ در سال بعد از این مومیایی‌ها رشد می‌کند.

می‌توان با هرس بخش‌های آلوده گیاه را حذف کرد به طوری که آن‌ها نتوانند اینوکولوم ایجاد کنند. این فرایند تنها برای محصولات دائمی قابل کاربرد است و برای نمونه در مهار آتشک در درختان گلابی و کاهش سفیدک پودری در درختان سیب استفاده می‌شود.

علف‌های هرز توقف رشد علف‌های هرز و تولید بذر گاهی یک روش بهداشتی برای مدیریت علف هرز نامیده می‌شود.

---

[1] Sanitation
[2] Mummies

نماتدها در برخی موارد، ماده گیاهی آلوده منبعی از اینوکولوم نماتد ایجاد می‌کند. ممکن است در بخشی از یک راهکار مدیریتی لازم باشد ماده گیاهی آلوده به نماتد نابود شود. گیاهان نخل آلوده به نماتد حلقه قرمز[1] به طور معمول قطع و مدفون (زیر خاک) می‌شوند تا اطمینان حاصل شود که سرخرطومی‌های ناقل موجود در تنه نخل‌های بیمار در نخل‌های دیگر ظاهر نمی‌شوند.

نرمتنان یکی از بهترین روش‌ها برای کاهش تعداد راب‌ها و حلزون‌ها حذف بقایای گیاهی است، چون آن‌ها از بقایای گیاهی برای هر دوی، پناهگاه و غذا استفاده می‌کنند. این روش به ویژه در موقعیت‌های زراعی و باغی حائز اهمیت است.

حشرات به نظر می‌رسد بهداشت گیاهی جزء ضروری برخی از برنامه‌های مدیریت حشرات باشد.

۱ - کرم نارنجی ناول یک آفت جدی در درختان بادام است. روش کلیدی مدیریت این حشره حذف میوه‌های بادام خشک و چروکیده از درختان است زیرا میوه‌های بادام حاوی شفیره‌های زمستانگذران هستند. هنگامی که میوه‌های بادام روی خاک قرار دارند باید با دیسک زیر خاک قرار گرفته یا به طور فیزیکی حذف شوند. این روش بهداشتی می‌تواند (جمعیت) آفت را زیر سطوح آستانه اقتصادی نگه دارد.

۲ - یکی از روش‌های اصلی کنترل حشرات آفت پنبه در سراسر جهان نابودی ساقه‌های باقیمانده (کلش) به وسیله شخم زدن یا استفاده از گاوآهن است. این روش عملیاتی، محل‌های زمستان‌گذرانی آفاتی نظیر کرم غوزه پنبه، سرخرطومی غوزه و کرم سرخ غوزه را نابود می‌کند. این عملیات در برخی از مناطق اجباری و بخشی از تلاش‌های گسترده برای مدیریت این آفات است. برای نمونه، برنامه ریشه‌کنی سرخرطومی غوزه در کمربند پنبه ایالات متحده نابودی بقایای محصول را اجباری می‌کند.

۳ - مراحل زمستان‌گذران برخی از ساقه‌خوارهای ذرت مانند ساقه خوار اروپایی ذرت[2]، ساقه خوار جنوب غربی ذرت[3]، و ساقه خوار جنوبی ذرت[4] به وسیله خرد کردن ساقه‌های ذرت که یک عملیات متداول در بسیاری از نواحی کشت ذرت در جهان است، نابود می‌شوند.

۴ - اگر میوه‌های باقی مانده روی زمین بعد از برداشت جمع‌آوری و نابود شوند، بقاء جمعیت‌های زمستانگذران کرم سیب روی گلابی به اندازه زیادی کاهش می‌یابد. این عملیات، اگر در سراسر یک منطقه بزرگ مورد پذیرش قرار گیرد، می‌تواند جمعیت‌های

[1] Red ring
[2] European corn borer
[3] Southwestern corn borer
[4] Southern cornstalk borer

بومی، نرخ افزایش آن‌ها درطول فصل رشد و در نتیجه، خسارت کلی ایجاد شده به وسیله آفت را به طور قابل توجهی کاهش دهد.

مهره‌داران نابودی پوشش گیاهی، زیستگاه و غذا را برای سنجاب‌های زمینی، گوفرها، موش‌های بیشه‌زار و سایر آفات مهره‌دار ساکن زمین (خاک) از بین می‌برد. حذف پوشش گیاهی یکی از مهم-ترین روش‌ها برای کاهش این آفات است.

محدودیت‌ها

در واقع معایب دیگری برای بهداشت گیاهی وجود ندارد مگر همان معایبی که در سیستم‌های کشاورزی بدون شخم (بدون خاک ورزی) گفته شد. اقدامات اجرایی بهداشت گیاهی در بیشتر موقعیت‌ها این معایب را روشن می‌سازد.

دوره‌های بدون گیاه زراعی میزبان

قابلیت‌ها

اگر گیاهان میزبان در طول دوره‌های کشت موجود نباشند، آفت نمی‌تواند از یک محصول به دیگری منتقل شود. مفهوم دوره‌های بدون میزبان نه تنها محصولات (گیاهان زراعی) میزبان بلکه همه میزبان‌های تناوبی احتمالی در ناحیه مانند علف‌های هرز را شامل می‌شود. دوره‌های بدون میزبان برای کشاورزی در مناطقی که شرایط آب و هوایی امکان کشت مداوم گیاه زراعی را می‌دهد کارآمد نیستند زیرا همپوشانی گیاهان زراعی به آفت امکان می‌دهد تا به محصول بعدی منتقل شود. برای کارآمدی دوره‌های بدون میزبان در نواحی با کشت و کار مداوم، با اطمینان از این که هیچگونه همپوشانی بین محصولات متوالی صورت نگیرد، تغییر دادن کشت بعدی ضروری است. دوره‌های بدون میزبان فقط به مدیریت علف‌های هرز وابستگی ندارند؛ عدم مدیریت علف هرز می‌تواند بر سودمندی دوره‌های بدون میزبان در مدیریت آفات دیگر تأثیر منفی داشته باشد.

مدیریت عامل بیماری‌زا استفاده از دوره‌های بدون میزبان در مدیریت بسیاری از بیماری‌ها حائز اهمیت است ولی در کنترل عوامل بیماری‌زا سخت‌کشتی[1] که به وسیله بندپایان منتقل می‌شوند، نظیر فیتوپلاسماها، تعدادی از باکتری‌ها و همه ویروس‌ها، بیشترین اهمیت را دارد. یک نمونه مدیریت ویروس موزائیک در دره سالیناز[2] کالیفرنیا است. در آب و هوای معتدل دره سالیناز کشت کاهو به طور مداوم صورت می‌گرفت و موزائیک کاهو یک مشکل همواره موجود بود. امروزه این بیماری با ایجاد محدودیت برای میزبان‌های آلوده به ویروس با تلفیقی از روش‌ها مدیریت می‌شود؛

[1] Fastidious
[2] Salinas valey

یک عامل کلیدی در این برنامه اجبار عدم کشت گیاهان کاهو در دسامبر است. امروزه ماه دسامبر یک ماه بدون میزبان در نظر گرفته می‌شود. مدیریت ترکیبی ویروس زردی چغندرقند که با شته منتقل می‌شود در ناحیه‌ای که محصول قادر به زمستان‌گذرانیست، یک برنامه ترکیبی برای محدودیت پیدایش میزبان‌های آلوده مورد نیاز است تا پاتوژن‌ها از یک محصول به دیگری منتقل نشوند. تعدادی زیادی از ویروس‌های دیگر می‌توانند از طریق استفاده از دوره‌های بدون میزبان مدیریت شوند و از طرفی، در نبود یک دوره فاقد میزبان مؤثر، تعدادی از ویروس‌ها نمی‌توانند مدیریت شوند.

نماتدها دوره بدون میزبان برای مدیریت نماتد با استفاده از تناوب با محصولات غیرمیزبان چندان مناسب نیست (تناوب را در ادامه این فصل می‌بینید). مقیاس زمانی برای چنین دوره‌های بدون میزبان به نرخ مرگ‌ومیر نماتدها بدون یک میزبان بستگی دارد و به جای نیاز به چند هفته همانند آنچه که برای ویروس‌ها ذکر شد، به طور معمول به حدود چند سال نیاز است. عواملی تعیین‌کننده طول دوره تناوب شامل گونه نماتد، دما، تفریخ خود به خودی[1] و سن تخم‌ها است. بعضی از نماتدها، مانند نماتدهای سیست قادرند برای دوره‌های طولانی (برای نمونه ۱۰ سال) به صورت تخم بقاء داشته باشند (زنده بمانند)، بنابراین برای کاهش تعداد نماتدها به زیر سطوح آستانه اقتصادی به دوره‌های بدون میزبان طولانی نیاز است. برای نمونه، تناوب‌های شش ساله در کاهش جمعیت‌های نماتد سیست، یک پارازیت عدس، لوبیا، نخود و ماش غیرمؤثر بود. دوره‌های طولانی بدون میزبان ممکن است منجر به انتخاب نژادهایی از نماتد شود که دارای عمر طولانی‌تر بوده و می‌توانند در تناوب‌های طولانی زنده بمانند.

مدیریت حشره دوره‌های بدون میزبان برای بعضی از برنامه‌های مدیریت حشره حائز اهمیت است. یک مثال مدیریت سن بدبوی سبز جنوبی[2] در هندوستان است. این گونه، اگرچه چندین‌خوار است، به دانه‌های بقولات ترجیح زیادی داشته، و به‌ویژه از غلاف‌های در حال رشد تغذیه می‌کند. در بعضی نواحی هندوستان گونه‌های بسیار مختلفی از دانه‌های بقولات در تمام سال بجز ماهای گرم آگوست و سپتامبر کشت شدند. در این شرایط، یک دوره بدون میزبان وجود داشت که منجر به کاهش شدید جمعیت‌های سن بدبو شد. با معرفی تولید صنعتی سویا به این ناحیه، رسیدگی غلاف در آگوست و سپتامبر رخ داد و دوره بدون میزبان حذف شد؛ در نتیجه جمعیت‌های خسارت‌زای سن در تمام سال بوقوع پیوست.

کرم سرخ غوزه پنبه مثال مهم دیگر از یک دوره بدون میزبان است. کرم غوزه در ساقه‌ها و بقایای پنبه زمستانگذرانی می‌کند. در دره مرکزی کالیفرنیا باید یک دوره بدون میزبان از ژانویه تا مارس

[1] Spontaneous hatching
[2] Southern green stinkbug

وجود داشته باشد. در نواحی که پنبه از ریشه رشد می‌کند، کرم سرخ غوزه همواره وجود دارد زیرا میزبان همواره وجود دارد. این نوع چندساله بوده و بعد از اولین برداشت دوباره رشد می‌کند، بنابراین محصول دومی تولید می‌شود.

مهره‌داران دوره‌های بدون میزبان برای مدیریت مهره‌داران به سبب قابلیت جابجایی این جانداران و به دلیل توانایی آن‌ها در استفاده از برخی منابع غذایی متفاوت مورد استفاده قرار نمی‌گیرد.

محدودیت‌ها

تعدادی مانع جدی در استفاده از دوره‌های بدون میزبان که یک روش IPM است وجود دارد. دوره‌های بدون میزبان برای مدیریت بسیاری از حشرات چندین‌خوار متحرک به دلیل فراوانی میزبان‌های تناوبی دارای ارزش محدودی هستند. یک مشکل اصلی در روش بدون میزبان، نیاز همکاری بین کشاورزان در سطح ناحیه‌ای است، زیرا اجرای آن در مقیاس تنها یک مزرعه به طور معمول برای آفات متحرک مؤثر نیست. استفاده از دوره‌های بدون میزبان نیازمند زمانی است که از لحاظ کشاورزی امکان‌پذیر بوده و از لحاظ اقتصادی برای پرورش محصول دارای مزیت باشد.

کنترل میزبان‌های تناوبی

قابلیت‌ها

یک مفهوم از دوره‌های بدون میزبان، کنترل میزبان‌های تناوبی است. وقتی گیاه زراعی وجود ندارد و با کنترل گیاهانی که میزبان‌های تناوبی هستند، محدود ساختن جمعیت زمستان‌گذران و کاهش نرخ رشد بسیاری از جمعیت‌های آفت امکان‌پذیر می‌شود. اگر چه این مفهوم در مورد همه آفات دارای اهمیت است، اما برای آفات متحرک مانند حشرات، عوامل بیماری‌زا و بعضی از مهره‌داران از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. پوشش گیاهی که به صورت میزبان تناوبی بکار می‌رود به طور ضروری نباید در مزرعه کشت محصول باشد بلکه می‌تواند در مناطق مجاور باشد.

عوامل بیماری‌زا بسیاری از عوامل بیماری‌زا دامنه‌های میزبانی گسترده دارند و وقتی گیاه زراعی وجود ندارد گیاهانی غیر از یک محصول خاص به عنوان میزبان‌های تناوبی آن‌ها بکار می‌روند. نمونه‌هایی از عوامل بیماری‌زایی که در میزبان‌های تناوبی یافت می‌شوند و در محصول اصلی ایجاد خسارت می‌کنند شامل ویروس موزائیک کاهو و کمپلکس ویروس زردی چغندرقند است. کنترل میزبان‌های تناوبی یک روش برای کاهش منابع اینوکولوم در ویروس‌ها است و این برای حشرات متحرک ناقل ویروس‌ها ارزش ویژه‌ای دارد.

بعضی از عوامل بیماری‌زا برای تکمیل چرخه زندگی خود نیازمند یک میزبان اجباری تناوبی هستند مانند عامل بیماری‌زای ایجاد کننده بیماری زنگ غلات. کنترل میزبان‌های تناوبی یک جنبه مهم در مدیریت این بیماری‌ها است.

علف‌های هرز علف‌های هرز که تولیدکنندگان اولیه هستند به استثناء بعضی از علف‌های هرز انگل مانند سس به میزبان نیاز ندارند، بنابراین کنترل میزبان‌های تناوبی در تقویت مدیریت علف هرز نقشی ندارد. علف‌های هرز میزبان‌های تناوبی بسیاری از آفات همه گروه‌های دیگر هستند؛ بنابراین، کنترل علف‌های هرز ممکن است تأثیر معنی‌داری روی پویایی و اثرات همه آفات دیگر داشته باشد (فصل‌های ۶ و ۷ را ببینید).

نماتدها وجود علف‌های هرز میزبان متناوب در حاشیه مزرعه و گیاهان زراعی مناطق مجاور به نماتدها امکان زنده ماندن و تولیدمثل را می‌دهد. اگرچه نماتدها خودشان به تنهایی نمی‌توانند مسافت‌هایی را بپیمایند، باد، آب و جانوران می‌توانند نماتدها را برای مثال از پوشش‌های گیاهی مجاور به داخل مزرعه منتقل کنند. بعلاوه، کنترل میزبان‌های تناوبی یک مشکل جدی در تناوب‌هایی است که برای کاهش تعداد نماتد در نظر گرفته شده‌اند (تناوب‌ها را ببینید).

حشرات در رابطه با مدیریت بندپایان کنترل میزبان‌های تناوبی به صورت یک شمشیر دو لبه است، چون ممکن است هر دوی، آفت و جانداران مفید روی میزبان‌های تناوبی زنده بمانند. نقش میزبان‌های تناوبی در حفظ جانداران مفید در فصل‌های ۷ و ۱۳ بحث شد. بسیاری از حشرات آفت می‌توانند از علف‌های هرز و و سایر پوشش‌های گیاهی غیر محصول برای زمستان‌گذرانی یا افزایش جمعیت استفاده کنند، مثال‌ها شامل موارد زیر هستند:

۱ - علف جانسون[1] یک میزبان ویژه برای پشه سورگوم[2] است. حذف میزبان‌های وحشی اطراف مزارع یک روش مهم برای کنترل پشه است.

۲ - زنجرک برگی چغندر[3] روی بسیاری از علف‌های هرز یکساله پهن برگ فصل سرد زیاد می‌شوند.

۳ - سن دروغی Chinch روی خردل افزایش می‌یابد و سپس به محصولاتی مانند موها (تاک‌ها) مهاجرت می‌کند.

۴ - سن‌های لیگوس روی بسیاری از علف‌های هرز رشد و نمو می‌کنند. پایش سن لیگوس روی علف‌های هرز (شکل ۵-۸ را ببینید) برای تخمین پتانسیل اثر آن روی محصولات مجاور استفاده می‌شود.

۵ - سفیدبالک‌ها وقتی که محصولات مناسب وجود نداشته باشند از بسیاری از علف‌های هرز جایگزین استفاده می‌کنند، این وضعیت حتی می‌تواند در شرایط گلخانه‌ای رخ دهد.

---

[1] Johnsongrass
[2] Sorghum midge
[3] Beet leafhopper

۶ - در فلوریدا بیش از ۸۰ درصد مینوزها ی برگ از علف‌های هرز بـه محصـولات جـالیزی منتقل می‌شوند.

۷ - زنجرک برگی چغندرقند در مناطق مرتعی و بیابـانی حوضـه رودخانـه مـار[1] در جنـوب ایداهو[2] از گیاهان علوفه‌ای برای زمستان‌گـذرانی و بقـاء در بهـار اسـتفاده مـی‌کنـد. نـابودی گیاهان علوفه‌ای و جایگزینی آن‌ها با گیاهان یکساله پهن بـرگ، اثـرات زنجـرک بـرگ روی بسیاری از محصولات تجاری در این ناحیه را با موفقیت کاهش داده است.

مفهوم نابودی میزبان تناوبی برای کاهش جمعیت حشرات یکی از استدلال‌ها برای برنامه‌های سطح گسترده IPM است. در وضعیت‌های پیشـین، و در بسـیاری از وضـعیت‌هـای دیگـر، ممکـن اسـت کنترل حشرات روی پوشش گیاهی خارج از مزرعه به جای کنترل در محصول بهتر باشد (شکل ۵-۸ را ببینید). این قبیل کنترل یک جزء اصلی از مدیریت حشره در سطح وسیع است. برنامـه سـطح وسیع IPM برای کنترل کرم غوزه در جنوب شرقی ایالات متحده یک مثال خـوب از ایـن راهبـرد است.

شته کاهو بیانگر یک مثال مهم از میزبان‌های تناوبی اجباری است. مشابه زنگ غلات و بوته زرشک، شته ریشه کاهو به درختان صنوبر که میزبان تناوبی اجباریست نیازمند است. اگر درختان صنوبر در نواحی‌ای که کاهو کشت می‌شود وجود داشته باشد، شته ریشه مشکل‌ساز خواهد بـود. شـته ریشـه کاهو در نواحی کشت کاهو در دره سالیناز کالیفرنیا یک مشکل دائمی بود تـا ایـن کـه بـه اهمیـت درختان صنوبر در چرخه زندگی شته پی برده شد. حذف درختان صنوبر مشکل شته ریشـه را حـل کرد. این روش ممکن است به نسبت ظالمانه به نظر برسد ولی روش‌های عـدم کشـت محصـول یـا افزایش قابل توجه مصرف حشره‌کش‌های قوی ممکن است جایگزین‌هـایی باشـند کـه کمتـر قابـل قبول هستند.

مهره‌داران میزبان‌های تناوبی می‌توانند برای سنجاب‌هـای زمینـی و مـوش‌هـای بیشـه‌زار اسـتفاده شوند. حذف پوشش گیاهی میزبان غیرمحصول یکی از بهترین روش‌ها در کاهش جمعیت‌ها است.

محدودیت‌ها

محدودیت اصلی در حذف میزبان تناوبی، وابستگی اثربخشـی ایـن روش کنترلـی بـه اجـرای آن در سطح ناحیه‌ای است. پوشش گیاهی میزبان تناوبی ممکن است روی زمینی باشد که به وسیله همان افرادی که مشکل آفت را تجربه کرده‌اند مدیریت نشود. این امر می‌تواند مانع استفاده از یک راهبـرد باشد، زیرا افراد مختلف پوشش گیاهی را از جنبه‌های مختلف بررسی می‌کنند.

[1] Snake river
[2] Southern Idaho

تناوب زراعی

قابلیت‌ها

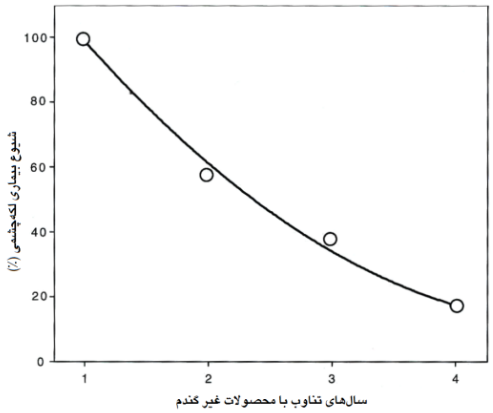
تناوب بدین معنی است که به جای کشت یک نوع گیاه زراعی به طور مکرر در تمام زمان‌ها، گیاهان زراعی مختلف به طور متوالی کشت می‌شوند. بسیاری از آفات از تعداد محدودی از گونه‌های میزبان گیاهی تغذیه می‌کنند، بنابراین تغییر گونه گیاه، مجموعه آفت مربوطه را تغییر می‌دهد. تناوب اغلب تضمین می‌کند که یک مشکل خاص آفت در یک محصول از سالی به سال بعد افزایش نمی‌یابد. این امر به ویژه برای آفاتی مهم است که دارای مراحل استراحت در خاک هستند نظیر بسیاری از عوامل بیماری‌زا، بذرهای علف هرز، نماتدها، بی‌مهرگان ساکن خاک و مهره‌داران. اصول مربوط به تناوب، محروم‌کننده آفات از گیاهان میزبان بوده و شامل عملیات مختلف مدیریتی در محصولات مختلف است.

عوامل بیماری‌زا اندام‌های تولیدمثل رویشی که اینوکولوم عامل بیماری‌زا هستند، بدون یک میزبان مناسب برای تولیدمثل نابود می‌شوند. کاهش شیوع بیماری لکه چشمی در گندم در طول زمان، یک مثال روشن و واضح از این روش است (شکل ۱۶-۴). بیشتر عوامل بیماری‌زای خاکزاد و نماتدها این نوع کاهش جمعیت را در طول زمان در نبود یک گیاه زراعی میزبان نشان می‌دهند نظیر افتادگی کاهو، پژمردگی‌های ورتیسلیوم[1] و بعضی از پوسیدگی‌های ریشه فیتوفترایی[2]. تناوب با گیاهان زراعی غیرمیزبان تنها زمانی مؤثر است که علف‌های هرز میزبان متناوب نیز اجازه کشت نداشته باشند (بخش نماتدها را ببینید). اگر عامل بیماری‌زا یک پارازیت اختیاری باشد که بتواند به صورت یک ساپروفیت نیز زندگی کند، استفاده از تناوب با گیاهان زراعی غیرمیزبان چندان مؤثر نیست. تلاش برای کاهش اینوکلوم قارچ ریشه بلوط از طریق عدم کشت درختان برای چندین سال ارزش ناچیزی داشت زیرا قارچ می‌توانست برای چندین سال در ریشه‌های مرده و در حال مرگ زندگی کند.

مدیریت علف هرز با تناوب محصول فرصت تغییر در فناوری کنترل به ویژه در استفاده از علف‌کش فراهم می‌شود زیرا تناوب فرصت کنترل علف‌هرز با علف‌کشی که در محصول قبلی قابل استفاده نبود را می‌دهد. برای نمونه، تناوب بین محصولات علوفه‌ای دائمی و محصولات ردیفی یکساله منجر به تغییرات در عملیات خاک‌ورزی یا استفاده از علف‌کش‌ها می‌شود که منجر به کاهش علف‌های هرز در هر دو سیستم می‌شود. به طور مشابه، تناوب بین یک محصول غله‌ای پراکنده و محصولات ردیفی یکساله نیز می‌تواند برای مدیریت علف هرز مفید باشد. تناوب با گیاهان زراعی غیر میزبان

[1] Werticillium wilts
[2] Phytophthora root rots

یک روش توصیه شده برای کنترل علف‌های هرز انگل ریشه از جنس‌های *Orobanche*، *Striga* است.



شکل ۱۶- ۴: کاهش بیماری لکه چشمی غلات در گندم در ارتباط با سال‌های تناوب با محصولات غیرمیزبان. منبع: رسم نمودار با داده‌های Schulz (۱۹۶۱).

نماتدها تناوب با گیاهان غیر میزبان یک توصیه متعارف برای کنترل زراعی بسیاری از نماتدها است. این روش به‌طور مرسوم در مدیریت نماتد سیست چغندرقند بکار گرفته می‌شود؛ چغندرقندها اغلب نبایستی بیشتر از هر سه یا چهار سال در خاک آلوده به نماتدهای سیست، بسته به تراکم جمعیت نماتد، کشت شوند. اگر نماتد آفت هدف دارای یک دامنه میزبانی وسیع در بین گیاهان زراعی باشد همچنان‌که در مورد نماتد زخم و بسیاری از نماتدهای ریشه گره‌ای مطرح است، اجرای تناوب مفید نیست.

علف‌های هرز در گیاهان زراعی می‌توانند اثر منفی بر تناوب زراعی داشته باشند. از آنجایی که بعضی از نماتدها دارای دامنه‌های میزبانی وسیع هستند، می‌توانند روی تعداد زیادی از علف‌های هرز زندگی و تولیدمثل کنند. وجود علف‌های هرز میزبان در محصولات تناوبی، مزایای مدیریت نماتد ناشی از تناوب با محصولات غیر میزبان را از بین می‌برد. برای نمونه، اجازه دادن به تاج خروس برای رشد در ذرت می‌تواند بعضی از نماتدهای ریشه گره‌ای را حفظ کند حتی اگر ذرت یک میزبان نباشد. بنابراین مدیریت خوب علف هرز یک جزء ضروری در تناوب برای مدیریت نماتد است.

حشرات تناوب با گیاهان زراعی می‌تواند برای کنترل بعضی از حشرات که دارای یک مرحله غیر متحرک ساکن خاک در چرخه زندگی خود هستند، مؤثر باشد. در میانه غربی ایالات متحده تناوب دو ساله با سویا، کرم ریشه ذرت را که در زراعت ذرت مشکل‌آفرین است را حذف می‌کند. با وجود

این، در سال‌های اخیر کرم ریشه ذرت غربی استرین‌هایی داشته که مدت دو سال را به صورت تخم‌های با دیاپوز در خاک سپری می‌کنند و استرین‌های دیگر برای تخمریزی در مزارع سویا سازگاری یافته‌اند، و درنتیجه اثربخشی تناوب‌های متعارف را برای مدیریت کرم‌های ریشه در میانه غربی ایالات متحده بسیار کاهش می‌دهند. در طراحی تناوب‌ها باید دقت و توجه کافی صورت گیرد زیرا انتخاب نادرست ترتیب و توالی محصول می‌تواند منجر به افزایش مشکل حشره شود. برای نمونه، کرم‌های مفتولی در سیب‌زمینی بعد از شبدر قرمز یا شبدر شیرین مشکل شدیدتری هستند.

مهره‌داران تناوب بین یک سیستم کشت شخم خورده و یک سیستم مبتنی بر یک محصول دائمی می‌تواند کنترل کوتاه مدتی از مهره‌داران فراهم کند ولی تحرک‌پذیری آفت کاربرد بلند مدت آن را محدود می‌کند.

محدودیت‌ها

محدودیت اصلی استفاده از تناوب در قالب یک روش مدیریت آفت این واقعیت است که بهترین گیاه زراعی برای اهداف مدیریت آفت ممکن است بهترین گیاه زراعی از لحاظ اقتصادی نباشد. اگر یک کشاورز نتواند از یک محصول سودی بدست آورد، تناوب با این محصول برای اهداف IPM ممکن است برای او از لحاظ اقتصادی پذیرفتنی نباشد. یک مثال مناسب تداوم کشت ذرت در میانه غرب ایالات متحده علی‌رغم خطر افزایش آلودگی‌های کرم ریشه ذرت است. تناوب ذرت – سویا با تحقیقات و ترویج توصیه شد، ولی برای سالیان زیادی ارزش اقتصادی محصول باعث شد پرورش-دهندگان توصیه‌ها را نادیده بگیرند.

آیش

آیش نوع اختصاصی از تناوب است که در آن هیچ گیاه زراعی برای یک دوره زمانی طولانی کشت نمی‌شود. آیش می‌تواند کاهش‌دهنده تراکم‌های آفت از طریق گرسنه نگهداشتن آن باشد. برای نمونه، بعضی از نماتدها نمی‌توانند بدون میزبان برای دوره‌های طولانی زنده بمانند و آیش می‌تواند تعداد آن‌ها را کاهش دهد. با وجود این، اگر علف‌های هرز میزبان وجود داشته باشند، آیش عمل نخواهد کرد. همچنین آیش دوره‌ای است که روش‌های کنترل آفت می‌توانند انجام شوند در صورتی که این روش‌ها در حضور گیاه زراعی امکان‌پذیر نیستند نظیر روش‌های غیر انتخابی در مقیاس بزرگ مانند خاک‌ورزی و خشک کردن. آیش برای کاهش دادن بانک بذرهای علف هرز، با استفاده از شخم سبک مکرر برای نابودی گیاهچه‌ها یا مصرف کردن (تهی کردن) ذخایر زیر زمینی ریشه گیاهان دائمی، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. از آنجایی که طی آیش هیچ محصولی تولید نمی‌شود، از دست رفتن تولید محصول و درآمد یک محدودیت جدی برای استفاده از آیش برای اهداف مدیریت آفت است. به سبب هزینه مالی، استفاده از آیش روش‌های کنترلی تناوبی بوجود آمده را کاهش داده است.

تاریخ‌های کشت

قابلیت‌ها

تاریخ کشت برای بعضی از محصولات تنظیم می‌شود. تنظیم تاریخ کشت، می‌تواند از آفت جلوگیری کند یا اثر آفت روی گیاه زراعی را بکاهد. دامنه‌ی دستکاری تاریخ‌های کشت برای اهداف مدیریت آفت ممکن است بسته به ناحیه اقلیمی، نوع محصول و طبیعت آفت متغیر باشد.

جدول ۱۶-۱ نمونه‌هایی گزینشی از اثرات تاریخ بذرافشانی روی شیوع بیماری[1]

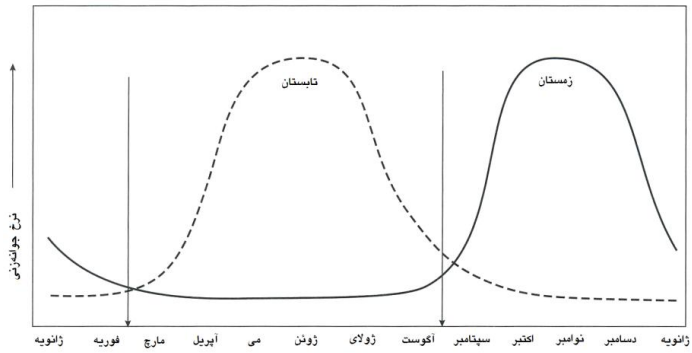
محصول	بیماری	کشور	اثر تاریخ بذرافشانی
باقلا	ویروس برگ قرمز شبدر زمینی	تاسمانی	بذرافشانی در سپتامبر مطابق با اوج پرواز ناقلین؛ بذرپاشی در می، ژولای یا نوامبر تماس کمتری دارد.
هویج	ویروس کوتولگی ناهمگون	استرالیا	تاخیر در بذرافشانی جهت سپری شدن دوره‌ی پراکنش ناقل.
ذرت	پوسیدگی ساقه	یوگسلاوی سابق	بذرپاشی در می جهت جلوگیری از خشکسالی و حرارت‌های بالا در مواقعی که محصول حساس است.
	سیاهک	ایالت متحده آمریکا	بذرپاشی پیش از موقع در بهار؛ افزایش درجه حرارت خاک بعد از شرایط مطلوب بیماری.
شلغم روغنی	سیاه‌پا	فرانسه	بذرپاشی در آگوست؛ گیاهان زمان کافی برای مقاوم شدن قبل از شرایط مطلوب بیماری را دارند.
برنج	نماتدهای *Pratylenchus*	ایالت متحده آمریکا	بذرپاشی دیرهنگام در پاییز موقعی که حرارت خاک زیر ۱۳ درجه سلسیوس است.
تنباکو	سفیدک کرکی	یونان	بذرپاشی در ژانویه یا دیرتر جهت کاهش دوره‌ی هجوم سفیدک.
گندم بهاره	پوسیدگی ریشه	کانادا	بذرپاشی پیش از موقع در می؛ افزایش درجه حرارت خاک بعد از شرایط مطلوب بیماری.
گندم زمستانه	سیاهک مخفی	ایالت متحده آمریکا و آلمان	بذرپاشی پیش از موقع در پاییز به سبب حساسیت کمتر بذرها به دومین اسپردهی.

[1] داده‌ها از جداول ۲/۲۴ و ۲/۲۵، صفحه‌ی ۱۷۰ تا ۱۷۳ از Palti، ۱۹۸۱.

عوامل بیماری‌زا با تغییر تاریخ‌های کشت موارد زیر امکان‌پذیر می‌شود (۱) اجتناب از فصولی که فعالیت جانور ناقل عامل بیماری‌زا به نقطه اوج می‌رسد (بخش بعدی در خصوص بندپایان را ببینید) (۲) به حداکثر رساندن سرعت رشد محصول در رابطه با فعالیت عامل بیماری‌زا و (۳) اجتناب از فصولی که اینوکلوم عامل بیماری‌زا از بیشترین میزان خود برخوردار است. کشت زود هنگام یا دیر هنگام بسته به محصول و ناحیه‌ای که محصول کشت می‌شود، می‌تواند منجر به

کاهش شیوع بسیاری از بیماری‌ها شود (جدول ۱۶-۱). این مثال‌ها تأکید می‌کنند که شناخت زیست‌شناسی محصول و عامل بیماری‌زا برای تصمیم‌گیری صحیح مدیریت بیماری ضروری است.

علف‌های هرز در برخی مکان‌ها تعیین تاریخی از کشت به طوری که برای رشد محصول مناسب بوده و برای رشد علف هرز مناسب نباشد، امکان‌پذیر است. کشت غلات در بهار می‌تواند اثرات بروم وحشی کرک‌دار[1]، یولاف وحشی و سایر گیاهان علوفه‌ای که طی زمستان رشد می‌کنند، را به حداقل برساند زیرا پیش از کشت گیاه زراعی آن‌ها را از بین می‌برند. در برخی نواحی، تاریخ کشت برای یونجه نیز می‌تواند تغییر داده شود که برای محصول مناسب و برای علف‌های هرز نامناسب است. یونجه کشت شده در اواخر تابستان در دره مرکزی کالیفرنیا، از علف‌های هرز تابستانی و زمستانی رهایی می‌یابد، در حالی که کشت آخر پاییز یونجه با ظهور علف هرز زمستانی هم‌زمان بوده و کشت بهاره با ظهور علف هرز تابستانی همزمان است (شکل ۱۶-۵).



شکل ۱۶- ۵: الگوی جوانه‌زنی کلی در علف‌های هرز زمستانه و تابستانه در رابطه با زمان در شرایط اقلیمی مدیترانه‌ای؛ فلش‌ها تاریخ کشت بهینه‌ی یونجه را نشان می‌دهند که اثر علف‌های هرز به حداقل می‌رسد.

نماتدها نماتدها جانوران خونسرد هستند و در دماهای سرد خاک، فعالیتشان کاهش می‌یابد. کشت محصولات حساس وقتی که دمای خاک پایین است می‌تواند منجر به کاهش آلودگی شود. کشت چغندرقند در اوایل بهار که دمای خاک پایین است، به چغندرقند امکان استقرار می‌دهد و بنابراین بعد از رشد چغندرقند از حمله نماتد جلوگیری می‌شود. در آب و هوای معتدل، چغندرقندها می‌توانند در پاییز کشت شوند و از اثرات عمده نماتدهای سیست تا بهار بعدی، که در آن زمان محصول در برابر عامل بیماری‌زا قابلیت تحمل بیشتری دارد، رهایی یابند. در جنوب کالیفرنیا کشت

[1] Downy brome

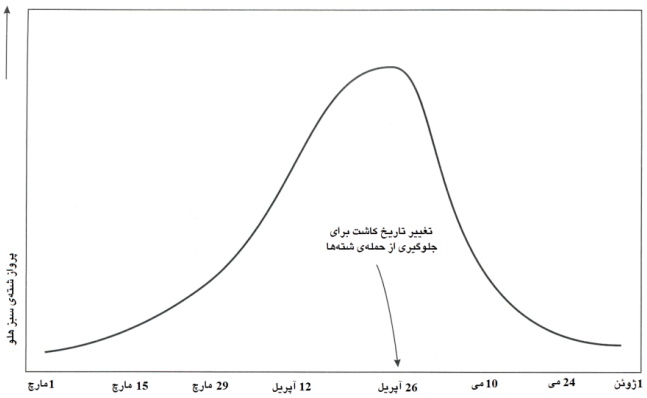
هویج در اواخر پاییز خسارت ایجاد گال و چنگالی شدن به‌وسیله نماتدهای ریشه گره‌ای را کاهش داد (شکل ۱۱-۲ را ببینید). نزدیک به ۵۰ درصد هویج‌ها در کشت‌های نیمه اکتبر به دلیل تشکیل گال، غیر قابل خرید و فروش بودند ولی در کشت‌های نیمه دسامبر تنها ۱۱ درصد از هویج‌ها غیر قابل خرید و فروش بودند.

بندپایان بین فنولوژی بسیاری از حشرات و فنولوژی گیاه زراعی یک رابطه نزدیک وجود دارد. بسیاری از حشرات با میزبان خاص به یک همزمانی کامل بین مرحله زندگی حشره و مرحله رشدی گیاه زراعی نیاز دارند. در بعضی از محصولات با تغییر تاریخ کشت، اختلال در این همزمانی امکان-پذیر می‌شود که برای محصول مفید و برای آفت مضر است. همچنین فعالیت حشره تا اندازه زیادی به وسیله دما تنظیم می‌شود. وقتی الگوهای زمانی پرواز فصلی معلوم شود، کشت محصولات برای اجتناب از چنین پروازهایی امکان‌پذیر می‌شود. در دره مرکزی کالیفرنیا چغندرقندها، به طور معمول بعد از پروازهای شته سبز هلو کشت می‌شوند تا از انتقال ویروس‌های زردی[1] به گیاه زراعی ممانعت بعمل آید (شکل ۱۶-۶). کشت خیلی زود چغندرقندها منجر به ظهور آن‌ها در اوج پرواز شته‌ها می‌شود؛ بنابراین شیوع بالایی از بیماری ویروسی حاصل می‌شود. این مثال پیچیدگی توسعه برنامه‌های واقعی IPM را نشان می‌دهد زیرا در کالیفرنیا تاریخ‌های کشت چغندرقند که برای مدیریت نماتد انتخاب می‌شوند با تاریخ‌هایی که برای مدیریت ویروس زردی انتخاب می‌شوند در تضاد هستند. پایش وضعیت آفت، هزینه روش‌ها و بررسی تقاضای اقتصادی محصول تعیین‌کننده بهترین مدیریت ارائه شده برای چنین تضادهایی است.

در مرکز ایالات متحده آلودگی‌های پاییزی پشه گندم به طور معمول با دو شرط مطلوب ایجاد می‌شود، تاریخ کشت زودتر از موعد و وجود یک واریته گندم حساس به پشه گندم. به طور ساده در بیشتر سال‌ها، به تأخیر انداختن کشت تا دوره نبود پرواز پشه گندم، آلودگی را کاهش داده یا از آن جلوگیری می‌کند ولی زمان کافی برای رشد و نمو گندم فراهم است.

در بعضی از نواحی کشت زودهنگام، پرورش واریته‌های با دوره فصلی کوتاه و برگ‌ریزی زودهنگام رسیدگی محصول پنبه را پیش از رسیدن جمعیت‌های سرخرطومی غوزه و کرم غوزه به سطوح خسارت‌زا تسریع می‌کند. با وجود این، در نواحی دیگر، راهبرد بهتر کشت دیر هنگام محصول است به طوری که وقتی جمعیت زمستان‌گذران ظاهر می‌شوند، همگی به سبب فقدان میزبان‌های مناسب می‌میرند. این تأکید مجددی بر ضرورت شناخت دقیق و درک زیست‌شناسی آفت نسبت به شرایط زیست محیط محلی برای طراحی بهترین برنامه IPM است.

[1] Yellows viruses



شکل ۱۶- ۶: الگوی عمومی پرواز شته سبز هلو در بهار در دره‌ی مرکزی کالیفرنیا. شته ناقل اصلی ویروس چغندرقند است؛ تاخیر در کاشت محصول از پرواز شته جلوگیری می‌کند و آلودگی را به حداقل می‌رساند.

مهره‌داران به طور معمول تغییر تاریخ کشت گیاه زراعی به سبب ماهیت دینامیکی جمعیت مهره‌داران خیلی مؤثر نیست. از آنجایی که مهره‌داران جانوران خونگرم هستند، فعالیت آن‌ها با دمای محیط زیست رابطه محکمی ندارد.

محدودیت‌ها

تنظیم تاریخ کشت ممکن است منجر به از دست دادن بهترین قیمت بازاری، به ویژه برای محصولات بازاری تازه شود. در بسیاری از نواحی، آب و هوا تعیین می‌کند که چه وقت آماده‌سازی زمین انجام شود. ممکن است به سبب شرایط آب و هوایی و خاک، مانند باران‌های بهاری، کشت زودهنگام امکان‌پذیر نباشد و به تأخیر انداختن کشت اگر باران با احتمال بیشتری با تأخیر در برداشت همراه باشد مشکل‌ساز باشد.

یک مشکل اساسی اکولوژیکی در رابطه با استفاده از تاریخ کشت برای اهداف مدیریتی وجود دارد. بسیاری از آفات مربوط به گیاهان زراعی همراه با گیاه زراعی تکامل یافته‌اند و بنابراین شرایطی که برای آفت نامطلوب است اغلب برای گیاه زراعی نیز نامطلوب هستند. اگر تغییر تاریخ کشت یک روش مدیریتی منظم و گسترده باشد، برای استرین‌هایی از آفت که نسبت به آن تاریخ بهترین سازگاری را دارند، به ویژه برای علف‌های هرز انتخابی خواهد بود؛ ولی برای حشرات و نماتدها نیز امکان‌پذیر است. تنظیم تاریخ کشت یک روش مهم برای بعضی از سیستم‌ها است و بیشتر در تلفیق با سایر روش‌ها استفاده می‌شود.

تراکم و فضای محصول

قابلیت‌ها

افزایش تراکم محصول توان رقابت با علف هرز را بالا می‌برد و استفاده از تراکم وابسته به رقابت از مزایای IPM است. همچنین افزایش تراکم پایه‌ها باعث رشد گیاهان صدمه دیده می‌شود که در نبود تراکم به زمین می‌افتند. افزایش پایه با افزایش سرعت بذرکاری و با کاشت با حداقل فاصله انجام می‌شود و به ظهور محصول یکنواخت بیشتر منجر می‌شود؛ برای نمونه کاشت عرضی در تراکم بالا در یونجه. بیشترین فایده در افزایش تراکم محصول مدیریت علف‌هرز است. کاهش تراکم محصول می‌تواند پراکنش حشرات، بیماری‌ها و نماتدها را کم کند اما افزایش تراکم محصول ممکن است با خسارت ناشی از آفات جبران شود. تراکم محصول یک دو راهی دشوار برای مدیریت آفات ایجاد می‌کند.

عوامل بیماری‌زا بیماری‌های گیاهچه‌ای مانند بیماری مرگ گیاهچه[1] گاهی با نسبت بالایی از گیاهچه جبران می‌شوند. این اقدام باید با در نظر گرفتن افزایش بیماری در نتیجه‌ی تراکم‌های بالا گیاهچه سنجیده شود. شرایط محلی ارزش انجام یا عدم انجام این روش را تحمیل می‌کنند.

علف‌های هرز گیاهان زراعی با علف‌های هرز رقابت می‌کنند. یک اصل اساسی در مدیریت علف هرز بیان می‌کند که بهترین شکل کنترل علف هرز، یک محصول سالم و قوی است. عرصه‌های دارای گیاهان زراعی ضعیف یا با تراکم پایین هجوم علف هرز را تحریک می‌کنند. بر عکس، عرصه‌های دارای گیاهان زراعی متراکم از هجوم و رشد علف هرز ممانعت می‌کنند. برای نمونه، افزایش تراکم نرخ کشت گندم از ۱۲۰ پوند در هر جریب تا ۱۸۰ پوند در هر جریب رشد کلی علف هرز را در حدود ۵۰ درصد کاهش داد. اثرات تراکم گیاه زراعی روی علف‌های هرز برای همه محصولات بکارمی‌رود ولی به طور معمول در محصولات پراکنده مانند غلات و یونجه اهمیت بیشتری دارد.

بندپایان به طور معمول حشرات گیاه‌خوار در محصولات ردیفی زودتر از دشمنان طبیعی تشکیل کلنی می‌دهند. نسبت پوشش گیاه به زمین بدون پوشش، که شاخص سطح برگ[2] نامیده می‌شود، برای محصولات تازه روئیده، کوچک است. شکارگران عمومی به طرف شاخ و برگ گیاهان برای یافتن طعمه جهت‌یابی می‌کنند. به طور معمول وقتی که تاج پوشش محصول متراکم است، کاهش فاصله ردیف موجب می‌شود تاج‌پوشش خیلی سریع به یکدیگر نزدیک شده و شرایط را برای تشکیل کلنی شکارگر فراهم کند. در سویا، مشاهده شده که شب‌پره‌های کرم خوشه ذرت تخمریزی

[1] Damoing off
[2] Leaf area index

در مزارع با تاج پوشش باز را ترجیح می‌دهند. در این مورد نیز، با کاهش فاصله ردیف، تاج پوشش به یکدیگر نزدیک شده و شرایط برای تخمریزی شب‌پره نامساعد می‌شود.

همانند عوامل بیماری‌زا، خسارت ایجاد شده به وسیله حشراتی که گیاهچه‌ها را از بین می‌برند، نظیر کرم طوقه‌بر و سوسک‌های تاریک‌زی زمینی[1]، گاهی با در نظر گرفتن نسبت بالاتری از بذر جبران می‌شود.

مهره‌داران در برخی از موقعیت‌ها خسارت پرندگان به گیاهچه‌ها با در نظر گرفتن نسبت بالاتری از بذر تا اندازه‌ای جبران می‌شود.

محدودیت‌ها

هزینه خرید بذر زیاد یکی از محدودیت‌های افزایش تراکم محصول است. این هزینه اضافی بایستی با هزینه سایر روش‌هایی که ممکن است بکار گرفته شوند تعدیل شود. از آنجایی که نسبت بذر اضافی باید قبل از رخ دادن خسارت آفت تعیین شود با وجود همه معایب اساسی، این روش یک روش پیشگیرانه است. اگر افزایش تراکم محصول تنها به مهار علف‌های هرز معطوف شود، برای مدیریت سایر آفات باید روش‌های دیگری بکار گرفته شود. اگر روش‌های دیگر، شامل استفاده از علف‌کشی که علف‌های هرز را صرف نظر از تراکم محصول حذف می‌کند باشند آنگاه هیچ دلیلی برای تنظیم تراکم محصول برای مدیریت علف هرز وجود ندارد. اغلب علف‌های هرز و سایر آفات فقط در بعضی از نقاط یک مزرعه وجود دارند، ولی افزایش نرخ بذر در تمام مزرعه انجام و باعث افزایش هزینه غیرضروری می‌شود. برای محصولات ریشه‌ای مانند چغندرقند و هویج، باید نرخ بالاتر بذربا دقت تعیین شود زیرا تراکم محصول بالاتر از حد بهینه می‌تواند ارزش بازاری محصول را کاهش دهد.

پرایمینگ[2] یا پیش جوانه‌زنی[3] گیاه زراعی

قابلیت‌ها

هر روشی که باعث استقرار سریع‌تر گیاه زراعی می‌شود دارای این منفعت بالقوه است که زمان قرارگیری گیاه زراعی را در برابر آفات مربوط به محل استقرار کاهش می‌دهد. استقرار سریع‌تر مشکلات بیماری گیاهچه را به حداقل می‌رساند و طول دوره زمانی که گیاهچه‌ها از بیشترین حساسیت به حمله حشرات برخوردارند، را کاهش می‌دهد. جوانه‌زنی و رویش سریع به گیاه زراعی امکان می‌دهد تا سریعتر از علف‌های هرز مستقر شود و بنابراین توانایی رقابت اولیه را افزایش

[1] Darling ground beetles
[2] Priming
[3] Pregermination

می‌دهد. پیش جوانه‌زنی در بذرکاری آبی برنج استفاده می‌شود. جوانه‌زنی باعث افزایش توانایی رقابتی گیاه زراعی می‌شود ولی دلیل اصلی استفاده از بذرکاری آبی، مدیریت آفت نیست.

روش دیگر در پیش جوانه‌زنی این است که به بذر گیاه امکان جذب آب داده شود و قبل از کشت از لحاظ فیزیولوژیکی فعال شود (جوانه‌زنی). این فرایند پرایمینگ بذر نامیده می‌شود که بیشترین استفاده را در سیستم‌های فشرده با مقیاس کوچک دارد، اگرچه برای استفاده تجاری در مقیاس بزرگ مورد ارزیابی قرار گرفته است. این روش برای محصولاتی نظیر هویج، فلفل و جعفری که به طور آهسته جوانه می‌زنند نسبت به محصولاتی نظیر ذرت و غلات که سریع جوانه می‌زنند دارای ارزش بالقوه بیشتری است.

محدودیت‌ها

فرایند پیش جوانه‌زنی یا پرایمینگ دستکاری بذرها را مشکل می‌سازد. اگر ریشه ظریف و شکننده روئیده باشد، باید دستکاری بذر به نحوی باشد که از خسارت فیزیکی به آن ممانعت شود و در فرایندهای فیزیولوژیکی که شروع شده‌اند اختلال ایجاد نشود. پیش جوانه‌زنی نسبت به بذرکاری مرسوم و متداول پرهزینه است. فرایندی به نام بذرپاشی ژل برای استفاده در محصولات ردیفی مورد آزمایش قرار گرفت که در طول بذرپاشی، بذر جوانه زده از ماترکس ژل بیرون می‌زد.

کشت عمیق

با کشت بذر گیاهان زراعی در عمقی بیشتر از عمق متداول، کاهش خسارت بعضی از آفات امکانپذیر می‌شود. این روش گاهی برای کاهش خسارت‌های ناشی از شکار بذر به وسیله پرندگان استفاده می‌شود. کشت عمیق به مدیریت آفات دیگر مربوط نمی‌شود و حتی دارای این محدودیت است که گیاهچه‌ها ضعیف‌تر بوده و ظهور (رویش) آن‌ها کندتر است. گیاهچه‌های ضعیف به آفات دیگر، مانند مرگ گیاهچه و کرم‌های طوقه‌بر حساسیت بیشتری دارند و در رقابت با علف‌های هرز در حال رشد هستند.

نشاءکاری

قابلیت‌ها

نشاءکاری فرایندی است که در آن گیاهان در حال رشد، به جای گیاهان استقرار یافته از طریق بذرهای کاشته شده در مزرعه، کاشته می‌شوند. نشاءکاری از بسیاری مشکلات مرتبط با محل استقرار گیاهچه جلوگیری می‌کند. گیاهان در شرایط کنترل شده رشد می‌یابند و وقتی که به اندازه کافی بزرگ شدند به مزرعه منتقل می‌شوند. گیاهان کوچکی که آماده کشت در مزرعه هستند نشاء نامیده می‌شوند. در استفاده از نشاءها مزایای زراعی وجود دارد، مانند وجود محصول یکنواخت‌تر در

عرصه کشت و کاهش هزینه بذر. کاهش هزینه بذر برای محصولاتی با هزینه زیاد بذر مانند گوجه فرنگی‌های هیبرید، یا وقتی که بذرها دارای ذخیره اندکی هستند به طور ویژه‌ای مهم است. با استفاده از نشاء دستیابی به برداشت زودتر امکان‌پذیر می‌شو. این وضعیت اغلب فراهم‌کننده قیمت بیشتر محصول در بازار بوده و یا می‌تواند به اجتناب از آفاتی که در آخر فصل به محصول مورد برداشت حمله می‌کنند کمک کند.

عوامل بیماری‌زا و نماتدها نشاءها به طور معمول خارج از مرحله رشدی قرار دارند که به بیماری-های بذرهای در حال جوانه زدن مانند مرگ گیاهچه حساس باشند. با وجود این، دستکاری‌ها می‌تواند منجر به پراکنش مکانیکی بیماری‌ها در محصولات حساس مانند توتون شود. همچنین فرایند نشاءکاری به ریشه‌ها خسارت وارد می‌کند، برای نمونه برای بعضی از عوامل بیماری‌زا در محل ورودی ایجاد زخم می‌کند مانند گال طوقه در درختان میوه. نشاءکاری، آلودگی به نماتد را به تأخیر می‌اندازد و به طور کلی گیاهان بزرگتر تحمل بیشتری به حمله نماتد دارند. همانند بیشتر روش‌های کنترل زراعی، بررسی‌های زراعی به طور معمول غالب هستند و مزایا و معایب مدیریت آفت شاید به استثنای مدیریت علف‌های هرز در درجه دوم باشد.

علف‌های هرز گیاه زراعی نشاءکاری شده خیلی بزرگتر از علف‌های هرز در حال جوانه زدن است (شکل ۱۶-۷ a) و بنابراین نسبت به گیاهچه‌های محصول که همانند علف‌های هرز در همان زمان از بذرها ظاهر می‌شوند دارای امتیاز رقابتی هستند. همچنین نشاءکاری امکان استفاده از علف‌کش‌های غیر قابل استفاده برای گیاهان زراعی که به طور مستقیم از بذر حاصل می‌شوند، را فراهم می‌کند؛ برای نمونه، تریفلورالین[1] می‌تواند در گوجه‌فرنگی‌های نشاء شده استفاده شود ولی در گوجه‌فرنگی‌هایی که به طور مستقیم از بذر حاصل می‌شوند بسیار سمی است. نشاءکاری برای هزاران سال جهت مبارزه با علف‌های هرز در تولید برنج استفاده شده است. هزینه‌های اقتصادی و اجتماعی این عملیات به دلیل زمان مورد نیاز برای نشاء یک محصول با فضای متراکم به طور روز افزون بحث برانگیز است.

بندپایان /نرمتنان وجود سیستم ریشه‌ای استقرار یافته و رشد بخش هوایی گیاه کاهش و یا حتی اجتناب از بسیاری از مشکلات مربوط به استقرار گیاه که می‌تواند به وسیله کرم‌های طوقه‌بر یا راب-ها ایجاد شود را به دنبال دارد.

محدودیت‌ها

برای بیشتر گیاهان زراعی هزینه رشد و پرورش نشاءها و سپس کشت آن‌ها در مزرعه خیلی بیشتر از محصولات حاصل از بذرکاری مستقیم است. به سبب هزینه‌های دیگر در نشاءکاری، این روش به

[1] Trifluralin

طور معمول تنها برای محصولات بازاری تازه پرارزش یا در جایی که نیروی کار (کارگر) ارزان بوده، از لحاظ اقتصادی مناسب است. نشاءکاری برای محصولات ریشه‌ای مانند هویج، چغندرقند و لاله به سبب خسارتی که طی فرایند نشاءکاری برای ریشه به طور اجتناب ناپذیری رخ می‌دهد قابل کاربرد نیست.

(a) (b)

شکل ۱۶- ۷: مدیریت علف‌های هرز در بذرپاشی مستقیم در مقایسه با نشاکاری در مزرعه گوجه‌فرنگی. (a) اغلب نشاهای گوجه‌فرنگی بدون علف‌هرز حدود سه هفته بعد از نشاکاری منتقل می‌شوند؛ و (b) ظهور علف‌های هرز کنترل نشده با روش بذرپاشی مستقیم در نبود کاربرد علف‌کش‌ها (ردیف‌های سمت چپ) حدود سه هفته بعد از بذرپاشی به طور کامل محصول را می‌پوشاند. منبع: تصاویر از Robert Norris.

شرایط خاک

قابلیت‌ها

دو جنبه از محیط خاک برای کمک به مدیریت آفت دستکاری می‌شود. نخست تغییر دادن الگوهای زهکشی به نحوی که آب در مناطق پایین جمع آوری نمی‌شود که می‌تواند رطوبت خاک را اصلاح کند. این وضعیت با بهبود جریان آب و تغییر فیزیکی توپوگرافی کلی برای تسطیح و نواحی سطح پایین حاصل می‌شود. جنبه دیگر، تنظیم pH خاک است که می‌تواند توانایی موجودات را برای زنده ماندن و حمله به میزبان‌ها تغییر دهد.

عوامل بیماری‌زا خاک مرطوب منجر به افزایش حمله عامل بیماری‌زا می‌شود. بسیاری از عوامل بیماری‌زای خاکزاد در چرخه زندگی خود دارای یک مرحله جنبنده هستند مانند زئوسپورها در *Phytophthora* که برای شنا کردن به طرف میزبان به آب آزاد نیازمند است. عوامل بیماری‌زا بدون وجود آب اضافی در خاک نمی‌توانند ریشه‌های گیاه را آلوده سازند. عملیات مدیریتی که آب آزاد خاک را کاهش می‌دهند، باعث کاهش شیوع بیماری‌های خاکزاد می‌شوند.

تغییر pH خاک (اسیدی بودن /قلیایی بودن) مناسب بودن محیط خاک برای بسیاری از موجودات میکروبی را تغییر می‌دهد. عامل بیماری‌زای قارچی که موجب بیماری مخرب در کلمیان[1] می‌شود، با نام بیماری ریشه چماقی (شکل ۱۶-۸) (درکلم فندقی)، تنها در خاک با pH کمتر از ۷ میزبان را آلوده می‌کند. بالا آوردن pH خاک به بیش از ۷ از طریق آهک دادن، کنترل فوق‌العاده‌ای ایجاد می‌کند. این عملیات، هسته مرکزی یک برنامه مدیریت بیماری ریشه چماقی است. بیماری جرب سیب زمینی[2]، که به وسیله یک گونه از Streptomyces ایجاد می‌شود، به طور کامل با مورد قبلی در تضاد است. راهبرد مدیریت این عامل بیماری‌زا اسیدی کردن خاک به pH برابر با ۵/۳ یا کمتر است، چون تنها موقعی سیب‌زمینی‌ها را آلوده می‌کند که pH خاک تا حدی بالا بوده و برابر با ۶ باشد. این تفاوت در واکنش به pH در عوامل بیماری‌زای مختلف، نیاز به شناسایی دقیق عوامل بیماری‌زا و درک زیست‌شناسی آن‌ها را مورد تأکید قرار می‌دهد.

شکل ۱۶- ۸: بیماری ریشه چماقی در کلم فندقی. به پایه‌ی متورم ساقه‌ها با ریشه‌ی بدون فیبر توجه کنید؛ در خاک با pH زیر ۷ رشد ریشه عادی و بیماری شیوع نمی‌یابد. منبع: تصویر از John Marcroft با مجوز.

علف‌های هرز علف‌های هرز متعددی وجود دارد که می‌توانند خاک مرطوب‌تری را نسبت به بیشتر محصولات تحمل کنند. علف کاناری[3] و یولاف وحشی[4]، در شرایط خاک مرطوب نسبت به بیشتر واریته‌های گندم بهتر رشد می‌کنند. تلاش برای پرورش گیاهان زراعی در مناطق مرطوب همیشه منجر به شیوع زیادتر علف‌های هرز می‌شود. ریشه‌های گیاهان زراعی در حال رشد در خاک

[1] Cole crops
[2] Potato scab
[3] Canary grass
[4] Wild oats

مرطوب در معرض غلظت‌های پایین اکسیژن قرار دارند و اغلب قدرت کمتری داشته یا حتی ممکن است بمیرند و در نتیجه کمتر قادر به رقابت با علف‌های هرز هستند. بهبود زهکشی خاک و حذف مناطق مرطوب می‌تواند به کاهش شدت مشکلات (ناشی از) علف‌های هرز کمک کند.

فشردگی خاک نیز می‌تواند برای علف‌های هرز مطلوب باشد، علف هفت‌بند معمولی[1] و تعدادی از فرفیون‌ها در خاک فشرده رشد می‌کنند ولی بیشتر محصولات در چنین خاکی رشد نمی‌کنند.

تنظیم pH خاک نمی‌تواند کنترل علف‌های هرز را فراهم کند ولی ممکن است ترکیب گونه‌های یک منطقه را به سبب ترجیحات فردی گونه به شرایط اسیدی یا بازی تغییر دهد.

نماتدها رطوبت بالای خاک منجر به شرایط غیرهوازی می‌شود که می‌تواند برای بعضی از نماتدها کشنده باشد. همان‌طوری که در فصل ۱۵ گفته شد، غرقاب کردن خاک یک ابزار مدیریتی برای کاهش تعداد نماتدها در خاک است. نماتدها نیز تحت تاثیر pH خاک هستند و pH بهینه در بین نماتدها متغیر است. در اوایل سده ۱۹۰۰، نماتدهای ریشه گره‌ای مشکل اصلی در تولید آناناس هاوایی بودند. به دلیل استفاده از کودهای سولفات آمونیوم در مزارع آناناس، خاک اسیدی شد و در دهه ۱۹۶۰ نماتد قلوه‌ای شکل به صورت نماتد انگل غالب درآمد. pH خاک همچنین بر فعالیت سایر موجودات زنده و سطح کنترل بیولوژیک طبیعی نماتد مؤثر است.

حشرات سورگوم در مرحله‌ای از زندگی بیشترین آسیب را از کرم پاییزی[2] می‌بینند. اگر سورگوم تحت شرایط اسیدی (pH کمتر از ۵/۴)، به جای سطوح pH بهینه (pH بیشتر از ۶)، رشد و پرورش داده شود، pH پایین رشد گیاه را به تأخیر انداخته و موجب طولانی‌تر شدن مرحله حساس می‌شود و بنابراین بیشتر در معرض تغذیه کرم مسلح قرار می‌گیرد، که خسارت بیشتر به گیاهان را نتیجه می‌دهد.

محدودیت‌ها

همان‌طور که گفته شد چنین تغییراتی تا وقتی که از لحاظ اقتصادی مناسب باشد باید انجام شود، زیرا شاید آسان‌ترین روش برای حل مشکل هستند.

حاصل‌خیزی

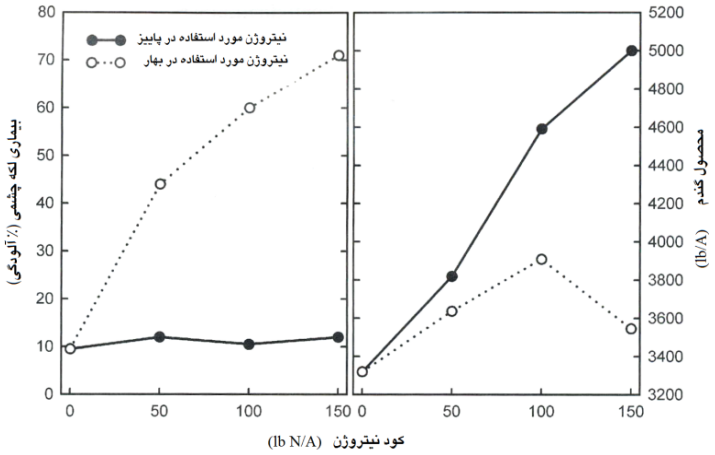
قابلیت‌ها

حاصلخیزی خاک نیز بر مدیریت آفت موثر است زیرا وضعیت مواد غذایی گیاه زراعی ممکن است حساسیت آن را به حمله آفت تعیین کند. به طور کلی مشخص شده که یک گیاه زراعی به طور

[1] Common knotweed
[2] Fall armyworm

بهینه کوددهی شده بهتر قادر به مقاومت در برابر حمله آفت است و همچنین هر دوی کوددهی کم یا زیاد اغلب منجر به افزایش حمله و خسارت‌های آفت می‌شوند. نیتروژن ماده غذایی است که ارتباط بیشتری با تغییر حمله آفت دارد. در واقع هزاران مطالعه در زمینه اثرات مواد غذایی معدنی روی آفات مرتبط با گیاهان زراعی انجام شده است.

عوامل بیماری‌زا کوددهی زیاد، به ویژه ازت، منجر به رشد رویشی فراوان شاخ و برگ می‌شود که حساسیت گیاه زراعی را به حمله عامل بیماری‌زا افزایش می‌دهد. اثر کود ازته بر بیماری لکه چشمی[1] در گندم پیچیدگی برهم‌کنش‌های عامل بیماری‌زا را نشان می‌دهد. (شکل ۱۶-۹). کاربرد کود نیتروژنی در پاییز موجب افزایش شیوع بیماری می‌شود که کاهش عملکردهای گیاه زراعی را نتیجه می‌دهد. بنابراین واکنش گیاه زراعی به کاربرد کود نیتروژنی (ازته) نه تنها نسبت میزان کود بکار رفته بلکه همچنین نسبت به زمان کاربرد کود، متغیر است. کتاب تألیف شده به وسیله انگلهارد[2] (۱۹۸۹) اثرات مواد غذایی روی شیوع بیماری‌ها را به طور دقیق بررسی کرده است.



شکل ۱۶- ۹: اثرات زمان‌بندی کاربرد و کیفیت کود ازت مورد استفاده برای گندم روی شدت بیماری لکه چشمی‌و محصول. منبع: رسم مجدد از Huber، ۱۹۸۹.

علف‌های هرز مواد غذایی معدنی منابع مستقیم برای علف‌های هرز هستند. بنابراین اثرات مواد غذایی اصلاح شده روی علف‌های هرز با اثرات آن روی انواع دیگر آفات متفاوت است. کوددهی بالای نیتروژن توانایی رقابت علف‌های هرز را افزایش می‌دهد. سطوح بالاتر کود نیتروژن منجر به

[1] Eyespot
[2] Engelhard

کاهش عملکرد گندم در حضور یولاف وحشی می‌شود زیرا سطوح بالاتر کود منجر به رقابت بالاتر و متفاوت‌تری در این علف هرز می‌شود. یک پدیده مشابه برای جگن[1] در برنج گزارش شده است، این نوع واکنش به ویژه هنگامی درست است که کوددهی درطیف وسیع بکار برده شود. کوددهی نواری در طول ردیف گیاه زراعی اثرات کوددهی بالا را روی رشد علف هرز کاهش می‌دهد. کوددهی بالای فسفر در بذرکاری می‌تواند توانایی رقابتی تاج خروس[2] را در مراحل گیاهچه‌ای افزایش دهد.

بندپایان به عنوان یک قاعده، حشرات روی گیاهان دارای مقادیر بالای آب و نیتروژن سریع‌تر و بهتر رشد و نمو می‌کنند. با وجود این، نتایج آزمایش‌ها به ویژه با توجه به مقادیر نیتروژن بسیار متفاوت بوده است. تفاوت در واکنش‌های حشرات به ماده غذایی نیتروژن موجود در گیاه میزبان ممکن است به سبب وضعیت تغذیه‌ای گیاه میزبان یا تبدیل نیتروژن به مواد شیمیایی دفاعی غنی از نیتروژن مانند آلکالوئیدها باشد. نیتروژن پایین یا پتاسیم بالای خاک موجب کاهش نیتروژن محلول موجود در آوند آبکشی کلم‌های بروکلی می‌شود، که نرخ‌های باروری و تولیدمثلی شته‌های تغذیه‌کننده از این گیاهان را تقلیل می‌دهد.

محدودیت‌ها

به طور معمول گیاه زراعی باید به قدر کافی کود داده شود تا عملکرد بهینه نسبت به شرایطی که آفت وجود ندارد حاصل شود. امتناع از کودهی از لحاظ اقتصادی برای اهداف مدیریت آفت قابل توجیه نیست، اگر چه حمله آفت نشان می‌دهد چرا کود اضافی نباید بکار برده شود.

گیاهان زراعی همراه[3]

قابلیت‌ها

استقرار بعضی از محصولات دائمی به نسبت کند و آهسته است مانند یونجه و بیشتر محصولات باغی. کشت یک "گیاه زراعی همراه" با رشد سریع هم‌زمان با کشت گیاه زراعی اصلی، دستیابی به حفاظت از محصول در برابر تغییرات شدید دمای محیطی و بعضی از آفات را امکان‌پذیر می‌کند، اصطلاح گیاه زراعی "همراه[4]" از این ویژگی گرفته شده است. گیاه زراعی همراه می‌تواند افزایش رقابت با علف‌های هرز را طی استقرار گیاه زراعی در زمانی که گیاه زراعی دارای رقابت کمی است، فراهم کند. در برخی مناطق، کشت یولاف‌های وحشی در یونجه و غلات یا لوبیاها در باغ‌های جوان انجام می‌شود. یک گیاه زراعی همراه که به طور مناسبی انتخاب شده، تنوع سیستم را زیاد می‌کند

[1] Sedge
[2] Redroot pigweed
[3] Nurse crops
[4] Nurse

و حمله آفت روی گیاه زراعی را کاهش می‌دهد. همچنین گیاه زراعی همراه می‌تواند پیش از آن که گیاه زراعی اصلی به تولید قابل برداشت برسد، درآمد ایجاد کند.

محدودیت‌ها

محصولات همراه ممکن است میزبان آفات باشند و همچنین می‌توانند با محصول اصلی رقابت کنند که اگر با دقت مدیریت نشوند منجر به نقصان در عملکرد می‌شوند. میزان نقصان در عملکرد با شرایط آب و هوایی تغییر می‌کند و استفاده از گیاهان زراعی همراه را تا اندازه‌ای خطرناک می‌سازد. گیاهان زراعی همراه پیچیدگی مدیریت، نظیر آبیاری و استفاده از کود را به طور تغییرناپذیری افزایش می‌دهد.

گیاهان تله

قابلیت‌ها

گیاهان تله، گیاهان زراعی یا غیر زراعی یا حتی علف‌های هرزی هستند که می‌توانند به چندین طریق برای مدیریت آفات استفاده شوند. دو فرایند اکولوژیکی متفاوت وجود دارد که در استفاده از گیاهان تله دخالت دارند. در برخی موارد، آفات به گیاه تله جلب می‌شوند. در موارد دیگر، گیاه تله ممکن است برهم‌کنش طبیعی آفت / گیاه زراعی را مختل کند. گیاهان تله در اطراف یا نزدیک گیاه زراعی هدف کشت می‌شوند یا ممکن است طی دوره‌های بین محصولی کشت شوند.

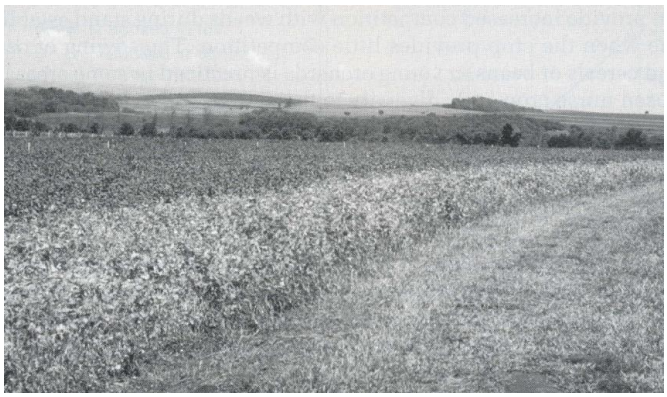
گیاه تله در نقش میزبان‌های مرجح

اولین فرایند اکولوژیکی دخیل، توانایی گیاه تله در جلب آفت است. استفاده از گیاهانی که نسبت به گیاه زراعی اصلی برای آفات جذاب و جلب‌کننده‌تر باشند، می‌توانند به عنوان برگرداننده آفات متحرک از گیاه زراعی اصلی به گیاه تله عمل کنند. تجمع جمعیتی از آفت روی گیاه تله، به محصول اصلی این امکان را می‌دهد تا از خسارت رهایی یابد. همچنین ممکن است آفت پیش از خسارت به محصول اصلی، روی گیاه تله کنترل شود. بسته به ماهیت گیاهان تله‌ی مورد استفاده، سرانجام می‌توانند از بین برده شوند.

بندپایان یک مثال کامل ثابت شده از کشت گیاه تله مربوط به مدیریت سن لیگوس در پنبه است. سن‌های لیگوس یونجه را به پنبه ترجیح می‌دهند. با کشت یونجه به صورت نوارهایی در مزارع پنبه جلب سن لیگوس به خارج از مزرعه پنبه امکان‌پذیر می‌شود. محدودیت استفاده از این روش تفاوت نیازهای زراعی یونجه و پنبه، به ویژه طرح‌های آبیاری و برداشت، است.

مثال دیگر از کاربرد گیاه زراعی به‌صورت گیاه تله، کشت ۸ تا ۱۰ ردیف از سویای زودرس در حاشیه مزارع یک واریته سویای دیررس است. گیاهان زودرس چند هفته قبل از گیاه زراعی اصلی به مرحله تشکیل غلاف می‌رسند و سن‌های بدبو ترجیح می‌دهد به این مرحله حمله کنند و

بنابراین به نوار تله حاشیه‌ای جلب می‌شوند (شکل ۱۶-۱۰). جمعیت‌های سن بدبو در این ردیف‌های تله ممکن است ۷۰ تا ۸۵ درصد کل جمعیت در مزرعه را شامل شوند، در حالی که این ردیف‌های تله کمتر از ۱۰ درصد مساحت مزرعه را شامل می‌شوند. سم‌پاشی ردیف‌های حاشیه‌ای سن‌های بدبو را می‌کشد و سطح جمعیت بومی را طی دوره باقیمانده فصل به شدت کاهش می‌دهد، که اغلب نیاز به کاربرد حشره‌کش را در محصول اصلی رفع می‌کند.



شکل ۱۶- ۱۰: کاشت رقم سویای زودرس (رنگ روشن‌تر در جلو) به صورت محصول تله جهت ممانعت از خسارت سن‌های بدبو به محصول اصلی دیررس (رنگ تیره‌تر در عقب). منبع: تصویر از M. Kogan، مرکز حفظ نباتات دانشگاه ایالتی ارگان.

در برزیل یک روش موفق متفاوت توسعه یافته و به‌کاربرده شده است. به جای سمپاشی نوار گیاه تله، زنبور پارازیتوئید تخم *Trissolcus basalis* رهاسازی می‌شود. این پارازیتوئید روی دسته‌های تخم که روی نوار تله تجمع یافته‌اند، تخمریزی می‌کند و زنبورها به سرعت تکثیر می‌شوند. وقتی محصول اصلی به مرحله تشکیل غلاف می‌رسد و برای سن‌های بدبو جلب‌کننده می‌شود، جمعیت بزرگی از پارازیتوئید برای نابودی بیشتر تخم‌های سن‌های بدبو وجود دارد، که باز هم نیاز به استفاده از حشره‌کش را مرتفع می‌سازد. از آنجا که پارازیتوئید در شرایط عادی، نمی‌تواند بموقع جمعیت‌های مؤثری تشکیل دهد و منجر به کاهش معنی‌دار تعداد سن‌های بدبو شود این روش استفاده می‌شود.

مثال دیگر از کاربرد گیاهان مختلف به صورت گیاهان تله، مدیریت سوسک شکوفه کلزا[1] در فنلاند است. سوسک‌ها به تغذیه از گل‌کلم سازگار شدند و یک عامل محدودکننده تولید شدند. نوارهای

[1] Rape blossom beetle

گیاه تله به طور استراتژیک داخل محصول به صورت مورب با جهت پراکنش سوسک توزیع شدند. این نوارها مخلوطی از کلم چینی، شلغم قمری و دانه روغنی، آفتابگردان و گل همیشه بهار بود. در زمان گلدهی، نوارهای گیاه تله به رنگ زرد روشن بوده و برای سوسک‌ها فوق‌العاده جذاب و جلب کننده بودند. این نوارها بعد از حمله سوسک‌ها در طول فصل چند بار سمپاشی شدند. عملکردهای بازاری گل‌کلم در مزارع دارای گیاه تله ۲۰ درصد بالاتر از مزارع دیگر بود.

مهره‌داران در مورد مهره‌داران، کشت گیاه تله شامل کشت یک منبع غذایی تناوبی مرجح در محیط پیرامون گیاه زراعی اصلی است که آفت به آن جلب می‌شود. محصولات کشت شده در مجاورت پناهگاه‌های حیات‌وحش یا سیستم‌های ساحل رود با جابجایی جانوران از چنین مناطقی به داخل گیاه زراعی متحمل تلفات سنگین می‌شوند. در چنین موقعیت‌هایی استفاده از طعمه مسموم یا شکار با تفنگ به‌طور معمول یک راهکار مدیریتی نیست. استفاده از یک گیاه تله کشت شده در بین منطقه حیات‌وحش و گیاه زراعی می‌تواند فراهم کننده حفاظت برای گیاه زراعی باشد.

گیاه تله در نقش محرک تفریخ /جوانه زدن

دومین فرایند اکولوژیکی دخیل در کشت گیاه تله، پرورش گیاهانی است که محرک یک موجود انگل ریشه برای رشد فعال، مانند تفریخ تخم یا جوانه زنی بذر، در نبود گیاه زراعی (میزبان) هستند. این مفهوم نشان می‌دهد که یک علامت شیمیایی رها شده به‌وسیله گیاه میزبان تنها هنگامی که یک میزبان وجود دارد موجب تفریخ تخم یا جوانه زدن بذر علف‌های هرز می‌شود. بعضی از گونه‌های گیاهی، که گیاهان تله نامیده می‌شوند، علائم شیمیایی تولید می‌کنند ولی برای پارازیت در نقش میزبان به‌کار نمی‌روند در حالی که گونه‌های دیگر این علائم را تولید کرده و همچنین می‌توانند در نقش میزبان برای آفت استفاده شوند. اگر گیاه تله در نقش میزبان عمل کند بایستی قبل از رسیدن انگل به مرحله تولیدمثلی نابود شود. استفاده از محصولات تله برای علف‌های هرز انگل کاربردی است اما استفاده از این روش برای نماتدها دشوار است چراکه نماتدها قادرند حتی بعد از مرگ قسمت فوقانی، روی ریشه زنده بمانند.

علف‌های هرز کشت گیاه تله برای مدیریت علف هرز در موارد خاصی از علف‌های هرز انگل ریشه از گونه‌های *Orobanche* spp. و *Striga* spp. مفید است. همانند تفریخ تخم در بعضی از نماتدها، این علف‌های هرز به یک محرک شیمیایی نیازمند هستند تا جوانه زنی بذر آغاز شود. کشت گیاهانی که جوانه زنی را القاء می‌کنند، ولی میزبان علف هرز نیستند می‌تواند به کاهش بانک بذر علف هرز انگل منجر شود. برای نمونه، لوبیای چشم بلبلی و پنبه جوانه‌زنی را در بعضی از گونه‌های *Striga* تحریک می‌کنند و سورگوم و جو محرک جوانه‌زنی *Orobanche crenata* هستند؛ در هر دو مورد، این گیاهان زراعی میزبان‌های علف هرز مربوطه نیستند.

نماتدها تفریخ تخم نماتد ممکن است به وسیله مواد شیمیایی آزاد شده از ریشه‌های گیاه میزبان افزایش یابد. تعدادی از گیاهان، میزبان‌های ضعیف و یا غیر میزبان هستند ولی مواد شیمیایی القاءکننده تفریخ تولید می‌کنند. چنین گیاهانی منجر به کاهش جمعیت نماتد می‌شوند، زیرا القاءکننده تفریخ هستند هرچند نماتدها در تغذیه و تولیدمثل موفقیت خیلی محدودی دارند. در اروپا واریته‌هایی از تربچه، دانه‌های روغنی و خردل‌ها بوجود آمده‌اند که تفریخ نماتد سیست چغندرقند را تحریک می‌کنند ولی میزبان‌های ضعیفی هستند و نماتدها بخوبی روی آن‌ها تولید-مثل نمی‌کنند. آن‌ها به عنوان گیاهان تله برای کاهش تعداد نماتدها در مزارع چغندرقند استفاده می‌شوند.

محدودیت‌ها

مقبولیت کنترل به‌دست آمده بر پایه اقتصاد استوار است و اگر هزینه اجرای این روش کنترلی از ارزش کنترل تجاوز کند، سودمندی این روش محدود می‌شود. اجرای این روش اغلب نیازمند استفاده از زمین زراعی بالقوه برای کشت گیاهان تله است که درآمد بالقوه را کاهش می‌دهد (که در اقتصاد یک "Opportunity cost" نامیده می‌شود). این روش برای علف‌های هرز و آفات غیر متحرک کارایی ندارد مگر برای موارد ذکر شده در بالا یا آن‌هایی‌که دارای میزبان تخصصی محدودی هستند مانند بسیاری از عوامل بیماری‌زا.

گیاهان آنتاگونیست

قابلیت‌ها

آنتاگونیسم[1] هنگامی رخ می‌دهد که مواد شیمیایی آزاد شده از یک گیاه، جمعیت یک آفت هدف را کاهش می‌دهند. آنتاگونیسم مبتنی بر مواد شیمیایی آزاد شده به وسیله گیاهان، آللوپاتی[2] نامیده می‌شود. این موضوع ممکن است بخشی از کنترل بیولوژیک در نظر گرفته شود ولی ما در اینجا آن را بخشی از مدیریت زراعی در نظر می‌گیریم.

علف‌های هرز یک مثال از آللوپاتی، جلوگیری از رشد گوجه‌فرنگی و گیاهان دیگر کشت شده زیر درختان گردو است. کاه و کلش بعضی از واریته‌های چاودار[3] هنگامی که تجزیه می‌شوند ترکیبات آللوپاتیکی آزاد می‌کنند و می‌توانند بعضی از گیاهچه‌های علف‌های هرز و بعضی از نماتدها را کنترل کنند. کاربرد عملی آللوپاتی برای مدیریت علف هرز دارای محدودیت است.

[1] Antagonism
[2] Allelopathy
[3] Rye

نماتدها بسیاری از گیاهان ترکیبات آللوپاتیکی آزاد می‌کنند که رفتار نماتد را تغییر می‌دهد و تعدادی تولید مواد شیمیایی می‌کنند که نماتدها را می‌کشد. کشت چنین گیاهانی در تناوب تعداد نماتد را در خاک کاهش می‌دهد. یک مثال از این روش کشت گونه‌های معینی از گل‌های همیشه بهار آفریقایی از جنس *Tagetes* (شکل ۱۳-۵ را ببینید) است. بعضی از افراد خانواده کلم[1] نیز ترکیبات نماتدکش طبیعی تولید می‌کنند. اگرچه پدیده گیاهان کشنده نماتد برای چندین دهه شناخته شده است، اما به طور گسترده‌ای به‌کار گرفته نشده است.

حشرات اثرات آللوپاتی روی حشرات و بندپایان دیگر به روشنی معین نشده است.

محدودیت‌ها

گیاهان آنتاگونیستیک برای استفاده در کشاورزی مدرن و گسترده دارای محدودیت هستند، اگرچه در عملیات کشاورزی ارگانیک در سطح کوچکتر استفاده می‌شوند. گیاهان تولیدکننده ماده شیمیایی ممکن است مجبور به رشد در زمانی باشند که محصولات وجود ندارند، که می‌تواند محدود کننده منافع اقتصادی باشد.

تنظیم برنامه زمانی برداشت

قابلیت‌ها

مفهوم اساسی این روش امکان برداشت زودهنگام محصول پیش از وقوع حمله آفت یا هنگام کمترین میزان اثرات آفت است. ممکن است برداشت زودهنگام نیازمند کشت زودهنگام باشد و یا اگر کشت دیرهنگام صورت می‌گیرد باید واریته‌هایی انتخاب شوند که از رسیدگی زودهنگام برخوردارند. در هر مورد، باید برنامه برداشت از پیش طراحی شود. برداشت زودهنگام به طور ضروری به مدیریت علف هرز بستگی ندارد.

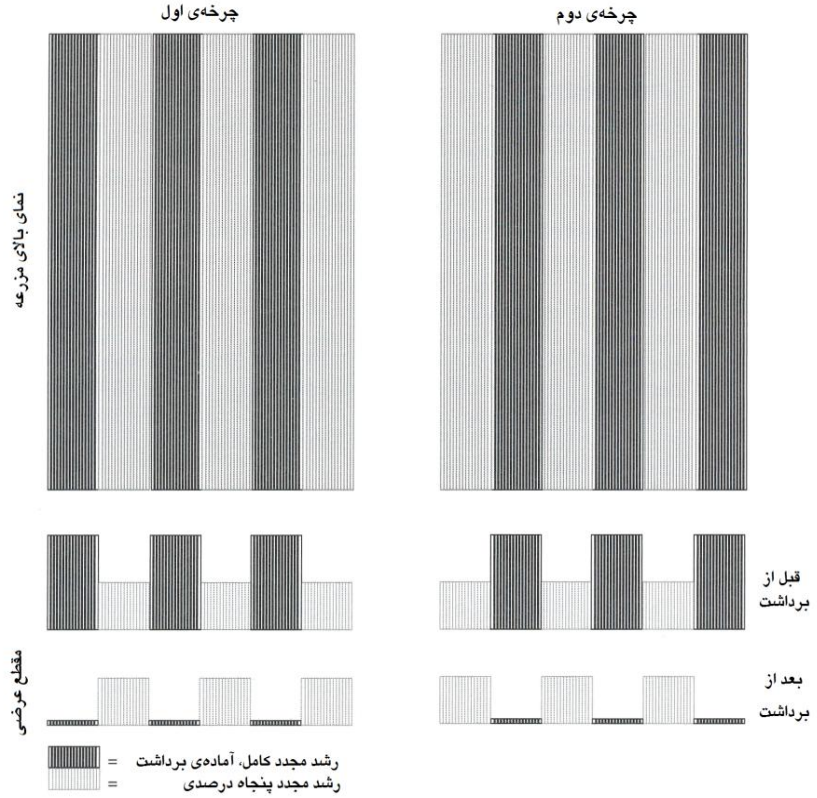
عوامل بیماری‌زا با برداشت زودهنگام در فصل، شدت سیاهک در ذرت، یا کپک سیاه و پوسیدگی‌های میوه در گوجه فرنگی کاهش می‌یابد. عکس این حالت نیز درست است؛ در برداشت‌های دیرهنگام این بیماری‌ها اغلب شدیدتر می‌شوند.

بندپایان همان‌طوری که در ابتدا گفته شد، بندپایان دارای یک فنولوژی هستند که تطابق و همزمانی نزدیکی با فنولوژی گیاه زراعی دارد. اغلب برداشت زودهنگام باعث عدم تطابق و ناهمزمانی‌های فنولوژیکی می‌شود که چرخه زندگی جانور بندپا را مختل می‌کند و برداشت محصول را پیش از بروز مرحله خسارت‌زا امکان‌پذیر می‌سازد. با جلو انداختن اولین تاریخ برداشت یونجه در حدود دو تا سه هفته، از خسارت سرخرطومی یونجه به میزان زیادی جلوگیری می‌شود.

[1] Brassicaseae

کرم خوشه ذرت[1] یک حشره آخر فصل در ذرت شیرین است و در نواحی با یک فصل رشد طولانی (مانند، نواحی آب و هوای مدیترانه‌ای) از طریق برداشت زود هنگام می‌توان به طور کامل از آن اجتناب کرد.

برداشت یونجه در یک سلسله نوار متناوب، گیاه یونجه را در مزرعه به نحوی حفظ می‌کند که سن‌های لیگوس مجبور به جابجایی و انتقال به گیاهان زراعی مجاور مانند پنبه نیستند (شکل ۱۶-۱۱). این مورد مثالی از یک راهکار سطح وسیع در مدیریت بوده که بر تغییر برنامه‌های برداشت متکی است.



شکل ۱۶- ۱۱: استفاده از روش برداشت نواری در یونجه جهت حفظ سن‌های لیگوس و حشرات مفید در مزارع.

یکی از موفق‌ترین کاربردهای برداشت زود هنگام یک محصول با رسیدگی زود، در مدیریت حشره، روشی موسوم به «سیستم تولیدمثلی- دیاپوز در کنترل سرخرطومی غوزه پنبه» است. شروع

[1] Corn earworm

موفقیت آمیز دیاپوز زمستانی در سرخرطومی غوزه و در نتیجه بقاء جمعیت زیست‌پذیر حشره کامل در سال بعد، به انباشته کردن چربی به مقدار کافی بستگی دارد که با تغذیه حشره کامل از غنچه‌ها و غوزه‌های پنبه بدست می‌آید. سیستم تولیدمثل – دیاپوز در مدیریت سرخرطومی غوزه ترکیبی از کاربرد حشره‌کش، برگ‌ریزی و برداشت سریع و نابودی ساقه‌های باقی‌مانده در مزرعه (کلش) با هدف گرسنه نگهداشتن یا کشتن سرخرطومی‌ها است به‌طوری که سرخرطومی‌ها به‌قدر کافی چربی برای زمستان‌گذرانی انباشته نمی‌سازند. این سیستم کاهش‌دهنده مصرف آفت‌کش، همراه با عملیات کنترل زراعی مانند استفاده از گیاه زراعی با رسیدگی زود و نابودی سریع بقایای گیاه زراعی طغیان‌های آفت ثانویه مانند کرم غوزه را بسیار کاهش داد. سیستم تولیدمثل – دیاپوز جزء مؤثر برنامه‌های مدیریت سرخرطومی غوزه در مناطق تولید پنبه ایالات متحده در جاهایی که سرخرطومی‌ها یافت می‌شوند باقی ماند.

مهره‌داران گاهی اوقات برداشت زودهنگام، خسارت‌های پرندگان مهاجر، در موقعی که گیاه زراعی قبل از جابجایی و انتقال پرندگان به داخل منطقه حذف شوند، را کاهش می‌دهد.

محدودیت‌ها

محصولاتی نیازمند به عمل‌آوری مانند چغندرقند، نیشکر و گوجه‌فرنگی تحت عمل‌آوری، دارای برنامه‌های زمانی برداشت بوده و به‌وسیله عمل‌آورندگان سهمیه‌بندی می‌شوند. کشاورز (پرورش دهنده محصولات) برای تحویل محصول تولید شده در یک تاریخ معین و به یک مقدار معین تحت فشار قرار دارد. تغییر دادن برنامه‌های زمانی برداشت تحت اختیار و کنترل کشاورز نیست. علاوه براین، تغییر دادن برنامه‌های زمان برداشت ممکن است عملیات کلی تولید محصول را با پیچیدگی و مشکل همراه سازد. اگرچه برداشت نواری متناوب یونجه همچنان که شرح داده شد در حفظ سن‌های لیگوس در یونجه مؤثر است، اما به‌طور گسترده استفاده نمی‌شود زیرا برنامه زمانبندی برداشت در مزرعه دو چندان بوده و مشکلات آبیاری نسبت به سایر جایگزین‌های موجود برای مدیریت سن لیگوس بیشتر است. ممکن است به تولید محصول در تمام فصل رشد نیاز باشد مانند ذرت شیرین و بنابراین تمرکز برداشت در زمانی که آفت وجود ندارد ممکن است یک راهکار گزینشی نباشد. از طرفی، ممکن است محصولات تجاری یا صنعتی محدودیت نداشته باشند و برای نمونه این سیستم به‌طور موفقیت‌آمیز در سویا و پنبه در یک مقیاس سطح وسیع اجرا شده است.

واریته‌های محصول

استفاده از واریته‌های محصول برای مدیریت آفات ممکن است یک روش زراعی تصور شود؛ اگرچه برخی واریته‌های مقاوم را یک روش کنترل بیولوژیک در نظر گرفته‌اند. هر چند، این موضوع برای

IPM از اهمیت کافی برخوردار است، در بیشتر منابع IPM در یک روش جداگانه به نـام، مقاومـت گیاه میزبان، بررسی می‌شود که مورد پذیرش این کتاب است (فصل هفدهم را ببینید).

کشت مخلوط

قابلیت‌ها

کشت مخلوط[1] عملیات کشت و پرورش همزمان دو یا چند محصـول در یـک مزرعـه اسـت. کشـت مخلوط تنوع داخل مزرعه را افزایش می‌دهد و به طور قابل توجه‌ای، آفات اختصاصی گیاه زراعـی را از تشکیل جمعیت‌ها به همان سرعت سیستم تک کشتی باز می‌دارد. این‌که چنین محدودیت‌هـایی ناشی از اثربخشی بیشتر عوامل بیوکنترل بوده یا ناشی از تغییرات در تمرکز منابع اصلی برای آفـت، برحسب نوع سیستم متغیر است و در بسیاری از موارد اثبات فواید کشت مخلوط بـا مشـکل همـراه بوده است. عملکرد هر محصول اغلب پایین‌تر از عملکرد همان محصول کشت شده بـدون محصـول همراه است ولی عملکرد کلی در هر واحد سطح اغلـب در کشـت مخلـوط بـالاتر اسـت. امـروزه در کشورهای توسعه یافته استفاده از کشت مخلوط به دلیل محدودیت‌های ذکر شده در زیر خیلی کـم مشاهده می‌شود. در کشورهای کمتر توسعه یافته کشاورزان در مقیاس کوچک از کشت مخلوط به‌طور گسترده‌ای استفاده می‌کنند و کشت‌ها ی مخلوط ذرت، لوبیا و کدو بکار برده می‌شود. تخمـین زده شده که ۹۸ درصد لوبیاهـای چشـم بلبلـی کشـت و پـرورش یافتـه در آفریقـا و ۹۰ درصـد از لوبیاهای کشت و پرورش یافته در کلمبیا از کشت مخلوط حاصل می‌شوند.

حشرات فواید کشت مخلوط در مورد بندپایان آفت بیش از هر گروه دیگری از آفات مـورد مطالعـه قرار گرفته است. در بسیاری از موارد، تعداد دشمنان طبیعی در سیستم‌های چنـد کشـتی افـزایش می‌یابد ولی مدرکی وجود ندارد مبنی بر این که این افزایش‌ها بر کـاهش شـیوع آفـت مـؤثر باشـد. برای نمونه در نیجریه در کشت مخلوط لوبیای چشم بلبلی با ذرت جمعیت‌های تریپس‌های گـل تـا ۴۲ درصد کاهش داده شد ولی روی آفات مهم دیگر مانند غلاف خوار لوبیا[2]، سن‌های مکنده غلاف[3] یا سوسک‌های تاول‌زا[4] تأثیری نداشت. چنـین نتـایج مبهمـی در بسـیاری از تجزیـه و تحلیـل‌هـای سیستم‌های کشت مخلوط وجود دارد. سود کلی در تـرویج دشـمنان طبیعـی، توجـه بـه سـازگاری سیستم‌هاست که تا زمانی که مدیریت سایر آفات بغرنج نشود از لحاظ اقتصادی قابل‌تحمل است.

[1] Intercropping
[2] Bean pod borer
[3] Pod- sucking bugs
[4] Blister beetles

محدودیت‌ها

در مدیریت علف‌هرز، کشت مخلوط مشکلات جدی دارد چون وجود دو یا چند گونه گیاه زراعی قابلیت کاربرد علف‌کش‌ها را از بین می‌برد و حتی خاک‌ورزی مکانیکی را محدود می‌کند. الزامات مدیریت علف هرز، کاربرد کشت مخلوط به‌عنوان یک روش مدیریت آفت در جاهایی است که نیروی کار ارزان در دسترس است را محدود می‌کند. محدودیت‌های تنوع به نسبت مدیریت آفت در فصل ۷ بحث شد.

پرچین‌ها، حاشیه‌های مزرعه، و جان‌پناه‌ها

جان‌پناه‌های کشت نشده می‌توانند برای موجودات مفید به‌ویژه حشرات و عنکبوت‌ها پناهگاه باشند (در فصل ۷ بحث اخیر را تحت عنوان تنوع ببینید). پرچین‌ها مزایایی از لحاظ حفاظت از خاک دارند و دشمنان طبیعی را تقویت می‌کنند. فواید پرچین‌ها در تنظیم جمعیت‌های شته در ایالات متحده مشاهده شده است در جایی که برای سالیان زیادی، در مناطق روستایی پرچین‌ها مرز بوده‌اند. مکانیزاسیون و افزایش تدریجی در اندازه مزارع منجر به کاهش پرچین‌ها و جان پناه‌های دیگر شده است. نقش آن‌ها برای مدیریت آفت هنوز بخوبی شناخته نشده است (فصل ۷ را ببینید).

خلاصه

در مدیریت آفت بیشتر روش‌های زراعی بر مبنای درک عمومی استوار بوده و باید با همه سیستم‌های مناسب IPM تلفیق شوند. با وجود این، چندین دلیل وجود دارد مبنی بر این که چرا روش‌های زراعی شاید هرگز یک روش مدیریتی صرف نبوده‌اند. بیشتر روش‌های زراعی تنها دارای تأثیر مختصری هستند بدین معنی که روش دیگری نیز باید به کار برده شود. هزینه اجرای این روش ممکن است بیشتر از درآمد باشد مانند اجرای تناوب با یک گیاه زراعی بدون سود و منفعت. روش‌های زراعی به طور سریع عمل نکرده و بنابراین نمی‌توانند یک مشکل آنی آفت را حل کنند. نیاز به کارشناسان مدیریتی و شناخت زیست‌شناسی آفت و اکوسیستم /محصول بیشتر از نیاز به روش‌های دیگر است چنانچه روش‌های مدیریت زراعی با نتایج رضایتبخشی انجام شوند. روش‌های کنترل زراعی باوجود این محدودیت‌های احتمالی، از لحاظ اکولوژیکی ستون اصلی سیستم‌های کشاورزی هستند.

منابع

Altieri, M. 1994. Biodiversity and pest management in agraecosystems. New York: Food Products Press, Xvii, 185.

Engelhard, A. W., ed, 1989. Soilborne plant pathogens: Management of diseases with macro- and microelements. St. Paul, Minn: APS Press, vi, 217.

Huber, D. 1989. Introduction. ln A. W. Engelhard, ed., Soilborne plant pathogens: Management of diseases with macro- and microelements, St. Paul, Minn.: APS Press, 1-8.

Palti, J. 1981. Cultural practices and infectious crop diseases. Berlin; New York: Springer-Verlag, xvi, 243.

Rechcigl, J. E., and N. A. Rechcigl, eds. 1999. Insect pest management: Techniques for environmental protection. Agriculture and Environment Series. Boca Raton, Fla.: CRC/Lewis Publishers, 422.

Rechcigl, N. A., and I. E. Rechcigl, eds. 1997. Environmentally safe approaches to crop disease Control. Agriculture and Environment Series. Boca Raton, Fla.: CRC/Lewis Publishers, 386.

Schulz, H. 1961. Verhutung von Fusskrankenheiten beini Getreide. Mitteilungen deutsches landwirtscllafts gessellschaft 76:1390-1392.

Singleton, G. R., ed. 1999. Ecologically-based management of rodent pests. ACIAR Monograph Series, no. 59. Canberra: Australian Centre for lnternational Agricultural Research, 494.

Van Vuren, D.. and K. S. Smallwood. 1996. Ecological management of vertebrate pests in agricultural systems. Biol. Agric. Hortic. 13:39-62.

فصل هفدهم: مقاومت گیاه میزبان و دستکاری‌های ژنتیکی در گیاهان و آفات

رئوس مطالب این فصل

- مقدمه
- مقاومت گیاه میزبان
- اصلاح نباتات سنتی
- مهندسی ژنتیک
- کاربردهای ژنتیک آفت در مدیریت تلفیقی آفات
- خلاصه

مقدمه

این فصل به تغییرات ژنتیکی در محصولات و آفات هنگامی که آن‌ها با سیستم‌های IPM مرتبط بوده، می‌پردازد و هر دوی روش‌های اصلاح نباتات کلاسیک و مهندسی ژنتیک را شامل می‌شود. مقاومت گیاه میزبان یک روش اساسی در مدیریت عوامل بیماری‌زا، نماتدها و بندپایان آفت است. فناوری‌های جدید فرصت‌هایی برای تقویت هر چه بیشتر سودمندی این روش در IPM فراهم می‌کنند. درک و شناخت توارث صفات بیولوژیکی و توسعه روش‌هایی برای دستکاری ژن‌هایی که این صفات را کنترل می‌کنند، انقلابی در زیست‌شناسی کاربردی، نظیر کشاورزی و مدیریت آفت بوجود آورده است. روش‌های مهندسی ژنتیک امکان تغییر جانداران برای اهداف دلخواه انسان که چندین دهه نتوانسته حاصل شود را فراهم می‌کنند. روش‌های پیشرفته اخیر در بیولوژی مولکولی که در مدیریت تلفیقی آفت استفاده می‌شود شامل روش‌هایی برای کشف ژن‌ها و روش‌هایی است که انتقال ژن‌ها بین جانداران و حتی بین گونه‌های مختلف را امکان‌پذیر می‌سازد. علاوه بر بررسی مقاومت در گیاهان زراعی در برابر آفات جانوری و عوامل بیماری زا، تغییر دادن گیاهان زراعی برای مقاوم ساختن آن‌ها به علف‌کش‌ها و دستکاری سیستم‌های تولیدمثل و ژنتیک آفت برای عقیم-سازی آفت نیز مورد بررسی قرار می‌گیرد زیرا آن‌ها دامنه‌ی گسترده‌ای از دستکاری ژنتیکی جانداران برای اهداف کاهش اثرات آفت را شامل می‌شوند.

مقاومت گیاه میزبان

باوجود مشکلات مربوط به آفات کشاورزی در پیرامون جهان، تنها گونه‌های به نسبت معدودی از آفات، گونه‌های گیاهی خاصی در هر ناحیه معین را مورد حمله قرار می‌دهند. گیاهان به بیشتر گیاه‌خواران، نماتدها و عوامل بیماری‌زا تا اندازه‌ای مقاوم هستند. اگر آن‌ها مقاومت نداشته باشند به تعداد خیلی کمتری در جهان وجود خواهند داشت. گیاهان تولیدکنندگان اولیه بوده و در قاعده زنجیره غذایی قرار دارند. آن‌ها قادر به حرکت و فرار از حمله نیستند بنابراین در همه زمان‌ها، فشار انتخابی قوی برای تکامل مقاومت به جاندارانی که آن‌ها را مورد تغذیه قرار می‌دهند، وجود داشته است. به‌علاوه، همچنان که گیاهان نسبت به جانداران مختلفی که آن‌ها را مورد تغذیه قرار داده‌اند دفاع هایی را تکوین داده‌اند، جانوران نیز برای غلبه بر دفاع های گیاه تکامل یافته‌اند. این‌ها جاندارانی هستند که ما امروزه وقتی گیاهان زراعی را مورد حمله قرار می‌دهند آن‌ها را آفات می‌نامیم. مفهوم تکامل متقابل[1]، که در اینجا صفات یک جاندار به‌صورت یک فشار انتخابی روی جاندار دیگر بکار می‌رود و برعکس، بیانگر تأثیر متقابل ژنتیکی بین دفاع های گیاه است که به عنوان فشار انتخابی عمل کرده و موجب تکامل در گیاه‌خواران و عوامل بیماری‌زا شده تا بر این دفاع غلبه کنند.

بسیاری از دفاع‌هایی که گیاهان برای دفع کردن آفات تکوین داده‌اند به وسیله انسان با اصلاح نباتات برای ایجاد توسعه مقاومت گیاه میزبان دستکاری شده‌اند. این استفاده از اصلاح نباتات برای تولید واریته‌هایی که به آفات مقاوم هستند اغلب روشی مطلوب در مدیریت بسیاری از آفات، به ویژه عوامل بیماری‌زا، نماتدها و تعداد زیادی از حشرات در نظر گرفته می‌شود.

مفهوم مقاومت گیاه میزبان برای آفاتی بکار می‌رود که از گیاهان تغذیه می‌کنند زیرا میزبان (گیاه زراعی) در سطح بیوشیمیایی با جاندارانی که روی آن تغذیه می‌کند برهم‌کنش دارد. از آنجایی که انتقال مستقیم منابع از گیاهان زراعی به علف‌های هرز وجود ندارد، اصلاح نباتات کاربرد کمی برای مدیریت علف‌های هرز دارد. توسعه گیاهان زراعی مقاوم به علف‌کش، که در ادامه این فصل بحث می‌شود، بیانگر یک روش جدید است که در آن دستکاری ژنتیکی گیاه زراعی به مدیریت علف هرز کمک می‌کند.

مزایای مقاومت گیاه میزبان برای مدیریت آفت

گیاهان زراعی مقاوم به آفت که از طریق اصلاح نباتات تولید شده‌اند دارای چندین مزیت نسبت به روش‌های دیگر مورد استفاده در IPM هستند. تعدادی از مزیت‌ها واقعی ولی تعدادی فرضی هستند، همانند موارد زیر:

[1] Coevolution

۱ - مقاومت گیاه میزبان وقتی که یک واریته خیلی مقاوم موجود باشد به طور معمول تنها روش موردنیاز برای مدیریت یک آفت است.

۲ - حفاظت در طول فصل طولانی وجود دارد، همچنان که محافظ همواره وجود دارد.

۳ - آفت همواره در حساسترین مرحله تحت تأثیر قرار می‌گیرد.

۴ - حفاظت مستقل از آب و هوا است.

۵ - همه بخش های گیاه حفظ می‌شوند، مانند بخش‌هایی که تیمار آن ها با استفاده از آفت‌کش‌های مرسوم مشکل است.

۶ - تنها آفاتی که از محصول تغذیه می‌کنند در معرض هستند که بیشتر اثرات غیر هدف را حذف می‌کند.

۷ - تنها آفات هدف کنترل می‌شوند و بیشتر جانداران مفید تحت تأثیر قرار نمی‌گیرند. یعنی، مقاومت گیاهی تمایل به انتخاب آفت هدف دارد. با وجود این، سازوکار های معین مقاومت ممکن است بر جانوران مفید نیز مؤثر باشد (برهم‌کنش‌های سطوح غذایی در فصل ۱۳ را ببینید). خصوصیت انتخابی بودن[1] برای عوامل بیماری‌زا، نماتدها و بندپایان بکار می‌رود.

۸ - دراغلب موارد، مقاومت گیاه با همه روش‌های مدیریتی دیگر نظیر آفت‌کش‌ها سازگار است. بنابراین برای سیستم‌های چندروشی IPM مطلوب است.

۹ - مقاومت گیاه میزبان برای کنترل بندپایان آفت اغلب یک اثر تجمعی دارد. اگر مقاومت برای چندین سال حفظ و واریته مقاوم به طور ناحیه‌ای کشت شود، جمعیت آفت کاهش خواهد یافت به طوری که یک جمعیت محدود باقی خواهد ماند.

۱۰ - عامل محافظ به‌طور معمول در بافتی که در آن تظاهر می‌کند، در محیط زیست وجود ندارد. بنابراین، دارای حداقل اثرات زیست‌محیطی بوده و مقاومت گیاه میزبان از لحاظ زیست‌محیطی مناسب و سازگار است.

۱۱ - عامل محافظ از لحاظ زیستی تجربه‌پذیر بوده و انتخاب ژن‌های مناسب تضمین می‌کند که برای انسان یا حیوانات اهلی سمی نیستند.

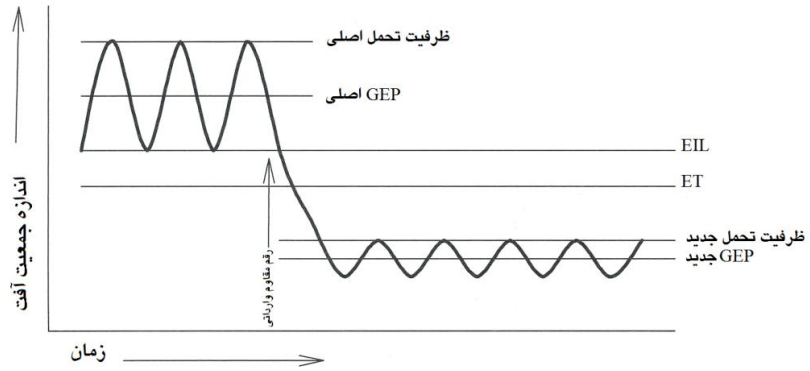
۱۲ - دارای مزایا و منافع اقتصادی هستند زیرا تنها هزینه برای کشاورز، بذر بوده که بخشی از بودجه از قبل تعیین شده هر کشاورز است. به‌علاوه، نیاز به تکرار کاربردهای سمپاشی داخل یک فصل وجود ندارد مادامی‌که مقاومت گیاه میزبان، شکننده مقاومت انتخابی نیست. بنابراین به تثبیت یک برنامه IPM کمک می‌کند. برعکس، شکست در مقاومت، می‌تواند یک برنامه IPM را که برای مقاومت گیاه میزبان استفاده می‌شود را ناپایدار سازد.

[1] Selectivity

اگرچه مزیت‌های معینی برای استفاده از مقاومت گیاه میزبان به‌عنوان یک روش برای مدیریت آفات وجود دارد، اما این روش محدودیت‌هایی دارد. این محدودیت‌ها در ادامه این فصل بحث می‌شوند.

شناخت و درک ژنتیک هر دوی، آفت و محصول، توسعه راهبردهای مدیریت مبتنی بر مقاومت به آفات را امکان‌پذیر ساخته است. در آغاز قرن بیستم یک تلاش سیستماتیک (منظم) برای شناسایی، منابع مقاومت شروع شد، ولی انتخاب واریته‌های مقاوم احتمالاً به طور غیرعمد برای قرن‌ها به وسیله کشاورزان تجربه شده است که بذر گیاهانی که بهترین ویژگی‌ها را داشته‌اند حفظ می‌کنند.

بر اساس اصل اکولوژیکی حاکم، استفاده از مقاومت باعث اختلال در شبکه غذایی می‌شود و با عرضه‌ی شایستگی از طریق تغییر میزبان از یک منبع به منبع نامناسب (منبع غذایی) حمایت می‌شود (شکل ۱۷-۱). عرضه‌ی منبع غذایی نامناسب می‌تواند یک تغییر ماندگاردر اگرواکوسیستم باشد مگر توانایی آفت برای غلبه بر مقاومت توسعه یابد.



شکل ۱۷- ۱: پویایی جمعیت آفت نظری در رابطه با روش‌های کنترل بر پایه‌ی اصلاح نژاد گیاهان که ظرفیت تحمل آفت پایین‌تر می‌آید.

اصلاح نباتات سنتی

اصول

کشیش استرالیایی، گریگور مندل[1]، وقتی که در سال ۱۸۶۵یافته‌هایش در زمینه وراثت نخود را منتشر کرد زیربنایی برای اصلاح نباتات شامل اصلاح مقاومت به آفات را پایه‌ریزی کرد. او کشف کرد که صفات از والد به نتاج در یک شکل قابل پیش‌بینی منتقل می‌شوند و وقتی والدین با صفات

[1] Gregor Mendel

متفاوت آمیزش کنند، نتاج دارای ترکیبی از این صفات می‌شوند. او همچنین ثابت کرد که ژن‌ها برای این صفات مغلوب و یا غالب هستند. مفاهیم مندل امروزه ژنتیک مندلی نامیده می‌شود و این اصول پایه و اساس کل اصلاح نباتات سنتی را تشکیل می‌دهد.

کشفیات مندل به مدت ۳۰ سال به فراموشی سپرده شدند ولی اوایل قرن بیستم وقتی محققین این واقعیت را درک کردند که مقاومت به بیماری زنگ در گندم یک صفت توارثی بوده است دوباره کشف شدند. آن‌ها مشاهده کردند که توارث مقاومت به زنگ تابع سازوکاری است که مندل کشف کرده بود. این مشاهده برای دانشمندان علم کشاورزی امکان داد تا روش‌های لازم برای انتقال صفات مطلوب از یک واریته به واریته دیگر را بوجود آورند. آمیزش واریته‌های گیاه زراعی با گیاهانی که به آفات خاصی مقاوم هستند، برای انتقال ژن‌های مقاومت به داخل واریته‌های گیاه زراعی استفاده می‌شود. در این روش، واریته‌هایی گیاه زراعی دارای مقاومت می‌توانند توسعه داده شده و برای اصلاح برهم‌کنش گیاه زراعی و آفت استفاده شوند.

روش اصلی مبتنی بر اصلاح نباتات برای مدیریت آفت توسعه یک واریته گیاه زراعی است که حساسیت زیادی به آفت ندارد (این واریته مقاوم است) یا قادر به تحمل حمله آفت است و به خسارت ایجاد شده به وسیله آفات حساسیت کمتری دارد. به طور معمول فرایند بکار رفته برای ایجاد یک واریته مقاوم با غربال‌سازی گیاه مناسب از بذرها، کلون‌ها، قلمه‌ها یا حتی کشت بافت گیاه زراعی مربوطه آغاز می‌شود. مؤسسات تحقیقاتی دولتی و مراکز تحقیقاتی بین‌المللی گیاه زراعی، کلکسیون‌های گسترده ژرم‌پلاسم بیشتر واریته‌های موجود، نژادهای زراعی و خویشاوندان وحشی گونه‌های گیاه زراعی اصلی را حفظ و نگهداری می‌کنند. سیستم ملی ژرم‌پلاسم گیاهی[1] در دپارتمان کشاورزی ایالات متحده یک منبع عالی از اطلاعات در زمینه کلکسیون‌ها برای گیاهان زراعی اصلی است. برای ایجاد و توسعه واریته‌های مقاوم مراحل زیر دنبال می‌شوند:

۱- شناسایی گیاهان همگونه با گیاه زراعی که به‌نظر می‌رسد حساسیت کمتری به آفت داشته باشند. دستیابی به مواد بذری از کلکسیون‌های ژرم‌پلاسم برای غربال‌سازی قلمه ها یک فرایند متداول در گام اول است.

۲- با شناسایی یک منبع بالقوه مقاومت، گام بعدی واردسازی[2] ژن (ژن‌ها) است که مقاومت را در رقم زراعی فراهم می‌کنند. واردسازی با ایجاد هیبریدهایی بین واریته مناسب گیاه حساس و گیاهان مقاوم همراه است.

۳- به دنبال اولین تلاقی، تنها ۵۰ درصد از ژنوم[1] از واریته گیاه زراعی والد است؛ ۵۰ درصد دیگر از گیاه مقاوم است. هیبرید حاصله به دلیل ویژگی‌های نامطلوبی که با تلاقی منتقل شده‌اند احتمالاً

[1] National Plant Germplasm System
[2] Introgression

یک واریته تجاری قابل قبول نخواهد بود. بنابراین به منظور حذف ویژگی‌های نامطلوب اغلب ضروری است تا تعداد متغیری تلاقی برگشتی[۲] بین هیبرید مقاوم جدید و واریته حساس گیاه زراعی والد انجام شود، که والد تکراری[۳] نامیده می‌شود. اطمینان از انتقال صفت مقاومت به نتاج، طی تلاقی برگشتی ضرورت دارد. تعدادی از نسل‌های تلاقی برگشتی موردنیاز است تا گیاهان مقاومی حاصل شود که بسته به عوامل زیر دارای حداقل ویژگی‌های مطلوب باشند:

۳-۱- تعداد ژن‌هایی که مقاومت را کنترل می‌کنند؛ هر چه تعداد بیشتر باشد این فرایند طولانی‌تر است.

۳-۲- درجه پیوستگی ژنی[۴] بین دو ژن یا ژن‌های مقاومت؛ هرچه پیوند محکم‌تر باشد بهتر است.

۳-۳- درجه پیوستگی بین ژن‌ها برای مقاومت و ژن‌هایی که صفات نامطلوب را کنترل می‌کنند؛ هر چه ضعیف‌تر باشد، واردسازی ژن‌های مقاومت فاقد صفات نامطلوب آسان‌تر است مانند شاترینگ در محصولات لگومی.

۳-۴- غالب بودن ژن‌ها؛ با ژن‌های غالب کار آسان‌تر است.

۴- بالاخره یک واریته مقاوم که از لحاظ ویژگی‌های زراعی مشابه با واریته حساس اولیه است، ایجاد و برای استفاده تجاری منتشر می‌شود.

از آنجایی که تلاقی برگشتی ممکن است در دفعات متعددی انجام شود، ورود ژن مقاومت به داخل یک واریته گیاه زراعی ممکن است نیازمند نسل‌های زیادی باشد. این بدان معنی است که سالیان زیادی طول می‌کشد تا یک واریته جدید مقاوم بتواند در گیاهان زراعی یکساله با استفاده از روش‌های اصلاح نباتات کلاسیک ایجاد شود. این فرایند برای محصولات درختی دائمی سالیان زیادی یا حتی چندین دهه طول می‌کشد و از اینرو تلاش‌های کمتری برای تحقیقات در زمینه اصلاح واریته‌های انگور و درختان صورت گرفته است. تصمیم برای ایجاد یک واریته مقاوم باید همواره شامل بررسی زمان مورد نیاز برای اصلاح نباتات در برابر احتمال غلبه آفت بر مقاومت باشد.

سازوکارهای مقاومت

مقاومت با چند سازوکار متفاوت در یک گیاه زراعی بوجود می‌آید. همه سازوکارها برای همه گروه‌های آفات بکار نمی‌روند و تفاوت‌هایی در ترمینولوژی مورد استفاده در نماتدشناسی، بیماری‌شناسی گیاهی و حشره‌شناسی، هنگامی که برای سازوکارهای مقاومت بکار برده می‌شوند وجود دارد.

---

[1] Genome
[2] Backcross
[3] Recurrent
[4] Linkage

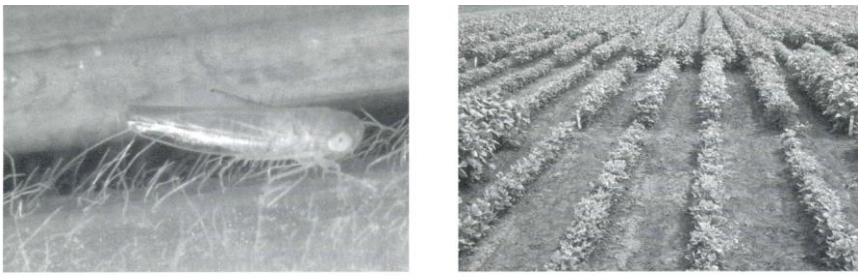
۱ - آنتی‌زنوز[1] (عدم رجحان[2]). رفتار آفت با روش‌های شیمیایی یا فیزیکی تغییر داده می‌شود تا از تشکیل کلنی آفت در گیاه میزبان کاسته یا ممانعت بعمل آید. این حالت عدم رجحان به وسیله آفت نیز نامیده می‌شود. با این روش‌ها یک گیاه‌خوار، گیاه را نخواهد خورد، یا آفت به وسیله گیاه رانده می‌شود و یا از تخمریزی روی آن اجتناب خواهد کرد.

۱-۱- آنتی‌زنوز فیزیکی. شکل‌شناسی گیاه باعث می‌شود کمتر موردپسند آفتی باشد که آن گیاه را مورد حمله قرار می‌دهد. مانند ویژگی‌های برگ مثل وجود قلاب‌ها، کرک‌ها (شکل ۱۷-۲ a و b)، غده‌ها و کوتیکول ضخیم‌تر.

۱-۲- آنتی‌زنوز شیمیایی. بسیاری از ترکیبات گیاهی ثانویه، بازدارنده رفتار انتخاب میزبان برای تغذیه (بازدارنده‌های تغذیه‌ای) یا برای تخمریزی (بازدارنده‌های تخمریزی) در آفت هستند.

۲ - بازدارندگی جوانه‌زنی. این سازوکار به طور معمول دارای ماهیت شیمیایی است و برای اسپورهای عوامل بیماری‌زا، یا تخم‌های حشرات و بندپایان بکار می‌رود.

۳ - آنتی‌بیوز. گیاه یک توکسین، به طور معمول یک متابولیت ثانویه، تولید می‌کند که این توکسین، جاندارانی را که از گیاه تغذیه می‌کنند تحت‌تأثیر قرار می‌دهد. تنها آن دسته از جاندارانی که به توانایی غلبه بر این توکسین دست یافته‌اند می‌توانند روی گیاه به صورت آفت باقی بمانند. همچنین آنتی‌بیوز ممکن است ناشی از فعالیت آنزیم‌های گیاه باشد که توانایی گیاه‌خواران را برای گوارش (هضم) غذا کاهش می‌دهد (عوامل کاهش-دهنده قابلیت گوارش).



شکل ۱۷- ۲: مقاومت سویا به زنجرک. (a) زنجرک روی رقم کرک‌دار توانایی رسیدن به گیاه را ندارد؛ و (b) تغییر مقاومت با رقم‌های مختلف سویا. تفاوت در ارتفاع ارقام مختلف. منبع: تصاویر از Marcos Kogan.

[1] Antixenosis
[2] Nonpreference

۴ - واکنش فوق حساسیت. یک مقاومت القائی و فعال بوده و واکنش دفاعی میزبان نسبت به آفت است. در واقع فوق حساسیت یک واکنش ناسازگار بین میزبان و آفت و واکنش دفاعی نسبت به عوامل بیماری زا و نماتدهای معینی است. وقتی گیاه آلوده می‌شود، پروتئین‌های بیماری‌زای خاص (محرک‌ها) با پروتئین‌های گیرنده میزبان واکنش نشان داده، و یک واکنش دفاعی فعال ایجاد می‌شود که در آن سلول‌هایی که در تماس با آفت هستند بلافاصله می‌میرند. این سازوکار در برابر عامل بیماری‌زا قبل از پراکنش عامل در بافت غیر آلوده مانعی ایجاد می‌کند. به نظر می‌رسد ژن‌های مقاومت گیرنده‌های میزبان برای تولید پروتئین‌ها در میزبان عمل می‌کنند.

۵ - تحمل[1]. کولیتوار زراعی مقاوم تغذیه و تولیدمثل آفت را تقویت می‌کند و بر این اساس دچار مقداری خسارت می‌شود ولی کیفیت و کمیت محصول از بین نمی‌رود.

۶ - ایمنی[2]. این اصطلاح بیانگر بالاترین سطوح مقاومت به یک عامل بیماری‌زا است. به گونه‌های گیاهی که نسبت به آفات خاصی غیرمیزبان هستند "ایمن" گفته می‌شود. واریته‌های مقاوم نسبت به آفات مربوطه بندرت ایمن هستند.

مبانی فیزیولوژیکی مقاومت

مواد شیمیایی با منشاء گیاهی مبانی هر دوی، آنتی‌بیوز و آنتی‌زنوز را تشکیل می‌دهند. این ترکیبات شیمیایی در فرایندهای متابولیکی تولید و ترکیبات گیاهی ثانویه نامیده می‌شوند. بسیاری از ترکیبات گیاهی ثانویه برای خانواده‌های گیاهی ویژه اختصاصی هستند؛ برای نمونه، گیاهان خانواده سولاناسه از آلکالوئیدها غنی هستند، گیاهان خانواده Apiaceae به طور معمول حاوی سطوح بالایی از فورانکومارین ها[3] هستند و گیاهان خانواده چلیپائیان حاوی گلوکوزیدهای روغن خردل هستند. بسته به فرایندهای بیوسنتز و انباشتگی این ترکیبات، مقاومت مربوط به این ترکیبات می‌تواند ساختمانی یا القائی باشد.

مقاومت ساختاری

اگر ترکیبات شیمیایی در یک گیاه به صورت بخشی از فرایندهای متابولیکی طبیعی آن، صرف نظر از وجود زیان آفت انباشته شوند، مقاومت از نوع ساختاری[4] است؛ گلوکوزیدهای روغن خردل در چلیپائیان ترکیبات ساختاری هستند. بوی تند کلم و گل‌کلم یا حتی بوی مشخص‌تر خردل، ناشی از این ترکیبات است. بیشتر حشرات از تغذیه روی این گیاهان رانده یا باز نگه داشته می‌شوند؛ با

[1] Tolerance
[2] Immunity
[3] Furancu maerins
[4] Constitutive resistance

وجود این، تکامل متقابل به تعداد معدودی از حشرات اختصاصی چلیپائیان امکان داده تا با غلبه بر این دفاع آن‌ها را به عنوان میزبان‌های مرجح پیدا و شناسایی کنند. این رابطه حشره- گیاه در اصلاح نباتات برای مقاومت معضل بوجود آورده است زیرا تعدادی از این عوامل شیمیایی تحمیل کننده مقاومت بر بسیاری از گیاه‌خواران هستند ولی حساسیت به تعداد کمی از حشرات اختصاصی را افزایش می‌دهند.

مقاومت القائی[1]

وقتی آفات گیاهان را مورد حمله قرار می‌دهند، یا وقتی گیاهان در معرض تنش‌های زیست-محیطی قرار می‌گیرند، واکنش های فیزیولوژیکی معینی در گیاه رخ می‌دهد. این واکنش‌ها واکنش-های القائی نامیده می‌شوند و ممکن است قابلیت عفونت‌زایی عامل بیماری‌زا یا شایستگی[2] گیاه‌خوار را تغییر دهند یا تغییر ندهند. آن دسته از واکنش های القائی که منجر به انباشتگی ترکیبات یا تغییرات فیزیکی می‌شوند که گیاه‌خواری یا قدرت بیماری‌زایی عامل بیماری‌زا را کاهش می‌دهند با عنوان مقاومت القائی نامیده می‌شوند. محرک‌ها واکنش القائی را تحریک می‌کنند.

واکنش اولیه گیاه به یک محرک شامل واکنش های فوق حساسیت متمرکز است و با واکنش‌های ثانوی در بافت‌هایی که در مجاورت محل واکنش اولیه قرار دارند دنبال می‌شود. بالاخره، بعد از واکنش‌های سریع متمرکز، واکنش‌های دفاعی منظم در تمام گیاه رخ می‌دهد به طوری که محرک-ها یک واکنش فیزیولوژیکی پی در پی ایجاد می‌کنند که داخل گیاه گسترش می‌یابد. یک حشره که یک برگ در پایین گیاه سیب‌زمینی یا سویا را جویده، موجب خواهد شد که برگ‌های واقع در چند گره بالایی برای همان حشره یا حشرات دیگر کمتر دلچسب باشند. به طور مشابه، آسیب مکانیکی یا آلودگی یک برگ با یک عامل بیماری‌زا ممکن است در برگ‌های دیگر روی همان گیاه مقاومت بیشتری به عامل بیماری‌زا ایجاد کند. واکنش‌های مقاومت القائی در میان برهم‌کنش‌های میزبان- آفت متغیر بوده و تمام این سه نوع واکنش همواره رخ نمی‌دهند.

کشف مقاومت القائی منجر به این پیشنهاد شد که گیاهان با قرارگیری کنترل شده در برابر محرک‌ها، علیه حشرات و عوامل بیماری‌زا "ایمن سازی" می‌شوند. برای نمونه، آلوده‌سازی درختان مو با کنه *Willamette* در ابتدای فصل در درختان مو مقاومت القائی ایجاد می‌کند. سپس تاک‌ها به آلودگی‌های بعدی با آسیب بیشتر از کنه‌ی پسفیک مقاوم می‌شوند. این مفهوم مشابه ایمن‌سازی انسان و جانوران اهلی علیه عفونت‌ها به وسیله استرین‌هایی از عامل بیماری‌زا است که دارای قدرت بیماری‌زایی کاهش یافته (Hypovirulence) یا فاقد قدرت بیماری‌زایی هستند. کاربرد عملی و گسترده این مفهوم در گیاهان با محدودیت همراه بوده است.

[1] Induced resistance
[2] Fittness

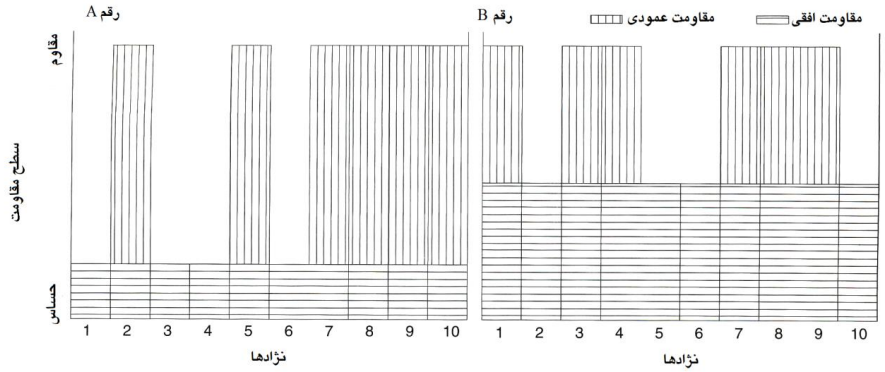
در سویا آلودگی با قارچ *Phytophthora megasperma* f.sp. *glycinea* که علت پوسیدگی فیتوفترایی است موجب پاسخ سیستماتیک و افزایش غلظت ترکیبات دفاعی به نام فیتوالکسین می‌شود. مطالعات روی سوسک مکزیکی لوبیا که از سویا تغذیه می‌کند مشخص کرد که همان فیتوالکسین یا مشابه آن بازدارنده‌ی تغذیه‌ی سوسک‌ها هستند. یک ژن منفرد به نام Mi درگوجه فرنگی با یک واکنش القائی، موضعی و فوق حساسیت در برابر آلودگی به نماتدهای ریشه گره‌ای مقاومت ایجاد می‌کند. در مدیریت نماتد ریشه گره‌ای از ژن Mi در عمل‌آوری گوجه فرنگی به طور گسترده‌ای استفاده شده است. مشاهده شده است که ژن Mi همچنین در برابر تغذیه شته مقاومت ایجاد می‌کند. اینها مثال‌هایی از همگرایی سازوکارهای مقاومت به آفات متعدد هستند.

ژنتیک مقاومت

مبنای ژنتیکی برای مقاومت گیاه میزبان با استفاده از اصطلاحاتی بیان می‌شوند که ژن‌های گیاهی مربوطه را شرح می‌دهند. مقاومتی که با ژن‌های چندگانه تعیین می‌شود پلی‌ژنیک یا مقاومت افقی نامیده می‌شود. مقاومتی که با یک ژن یا تعداد کمی ژن تعیین می‌شود به ترتیب مونوژنیک یا الیگوژنیک نامیده می‌شود یا به طور کلی مقاومت عمودی نام دارد. این مفاهیم به ژنتیک مقاومت که بیماری‌شناسان گیاهی توسعه داده‌اند مربوط می‌شود و بیشتر برای مقاومت عوامل بیماری‌زا و نماتدها به کار می‌رود و استفاده‌ی ناچیزی در مقاومت بندپایان دارد اگرچه در برخی موارد کاربرد دارد.

۱ - مقاومت افقی به طور معمول مقاومت ناقصی است که در بین نژادهای متعدد آفت وجود دارد (شکل ۱۷-۳). مقاومت افقی به وسیله ژن‌های متعددی، در برخی از موارد شاید بیش از ۱۰۰ ژن کنترل می‌شود. مقاومت پلی ژنیک به طور معمول پایدار بوده و آفات به سادگی بر آن غلبه نمی‌کنند ولی ممکن است بر حسب شرایط محیطی متغیر باشد. همچنین به این نوع مقاومت، مقاومت بادوام گفته می‌شود. مقاومت افقی نشان داده شده در واریته A (شکل ۱۷-۳) تنها ۲۰ درصد است در صورتی که مقاومت افقی واریته B، ۵۰ درصد است.

۲ - مقاومت عمودی، مقاومت کاملی نسبت به یک نژاد، یا چند نژاد یک عامل بیماری‌زا فراهم می‌کند ولی ممکن است روی نژاد دیگر اثری نداشته باشد. مقاومت عمودی به طور معمول به وسیله یک یا سه ژن اصلی ایجاد می‌شود. یک نژاد جدید آفت (به طور معمول یک عامل بیماری‌زا) می‌تواند به طور کامل براین نوع مقاومت غلبه کند. واریته‌های A و B (شکل ۱۷-۳) نسبت‌های مختلفی از مقاومت به نژادهای مختلف آفت فرضی نشان می‌دهند.



شکل ۱۷- ۳: نمونه‌ای نظری از مقاومت افقی و عمودی در دو رقم محصول (A و B) در رابطه با ۱۰ نـژاد آفت.

همچنین ژن‌های مقاومت ممکن است در درجه و اهمیت اثر فنوتیپی که روی یک آفت اعمال می-کنند، نقش داشته باشند به طوری که ژن‌های اصلی یک اثر بزرگ و ژن‌هـای فرعـی (کـم اهمیـت) اثرات کوچکتری را اعمال می‌کنند.

فلور[1] (۱۹۴۲) یکی از اولین افرادی بود که ژنتیـک هـر دوی، میزبـان و عامـل بیمـاری‌زا را مـورد ارزیابی قرار داد. او آزمایش‌هایی روی کتان و قارچ زنگ کتان انجام داد کـه منجـر بـه فرضـیه ژن- برای – ژن برای توضیح مبنای ژنتیکی برهم‌کنش عوامل بیماری زا و میزبان هـا شـد. فرضـیه ژن – برای – ژن بیان می‌کند کـه تشـخیص عامـل بیمـاری‌زا (مقاومـت) بـه وسـیله ژن‌هـای Single-resistance (ژن‌های R) در میزبان و به وسیله ژن‌های Single Avirulence (Avr) در عامـل بیماری‌زا تعیین می‌شود. عوامل بیماری‌زای عامل ژن‌هـای Avr قـادر بـه تولیـدمثل در حضـور ژن (ژن‌های) ویژه R نیستند. قدرت بیماری‌زایی ممکن اسـت بـه قابلیـت یـک عامـل بیمـاری‌زا بـرای تولیدمثل روی یک میزبان یا تمایل یک آفت برای ایجاد خسارت در میزبان گفتـه شـود. تشـخیص ژن- برای- ژن آفت با میزبان منجر به مقاومت از طریق مسیر پاسخ دفاعی گیاه می‌شود.

رابطه ژن- برای – ژن برای بسیاری از مجموعه‌های عامل بیماری زا یا میزبان ثابت شده است نظیر بسیاری از زنگ‌ها، سفیدک پودری، لکه سیاه سیب، بسیاری از باکتری‌ها و بسیاری از ویـروس‌هـا و برای نماتدها و تعدادی از حشرات مانند مگس گندم روی گنـدم و زنجـرک گیـاهی قهـوه‌ای[2] روی برنج. رابطه ژن – برای – ژن در تلاش‌ها برای اصلاح کولیتوارهای با مقاومت افقی به آفت از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. همان‌طوری که گفته شد، گیاهان و آفات آن‌ها با یکدیگر تکامل یافته اند. در

[1] Flor
[2] Brown planthoppers

گفتمان عمومی، به نظر می‌رسد تغییرات در قدرت بیماری‌زایی عامل بیماری‌زا همواره در تعادل با تغییرات در مقاومت میزبان باشد. نتیجه نهایی، ایجاد یک تعادل دینامیکی در سراسر دوره زمانی تکاملی بین قدرت بیماری‌زایی عامل بیماری‌زا و مقاومت میزبان است و این تعادل به وسیله رابطه ژن – برای – ژن حفظ می‌شود که به تکامل مقاومت جدید در میزبان خاص به ژن جدید بیماری زا منجر می‌شود. گونه های گیاهی احتمالاً دارای تعداد زیادی از، شاید هزاران، ژن‌های R (مقاومت) متفاوت هستند که عوامل بیماری‌زا را محدود می‌کنند و ژن‌های R ممکن است در جنبه های کلی واکنش های دفاعی گیاه، غیر از واکنش‌های ژن – برای – ژن، که آفات را محدود می‌کنند نقش داشته باشند.

آگاهی از نژادهای آفت موجود در یک مزرعه برای انتخاب واریته زراعی که در برابر آن نژاد مقاومت داشته باشد، ضروری است. شکل ۱۷-۳ یک مثال نظری ارائه می‌دهد. اگر نژاد ۶ وجود داشته باشد، بهترین انتخاب، واریته B خواهد بود ولی باز هم گیاه زراعی به نسبت خسارت خواهد دید. اگر نژادهای ۲ یا ۵ وجود داشته باشند، آنگاه واریته A بهترین انتخاب خواهد بود و اگر نژادهای ۸ یا ۹ وجود داشته باشند، آنگاه هر واریته‌ای می‌تواند استفاده شود.

برای اصلاح مقاومت مبتنی بر ژنتیک مندلی، به طور معمول منابع مقاومت از تنوع ژنتیکی که در بین گونه‌های وابسته (خویشاوند) وجود دارد، نظیر وابستگان وحشی گیاهان زراعی کشت شده، بدست می‌آید. در رابطه با تلاش‌های اصلاح نباتات سنتی، مشکلات بدست آوردن هیبریدهای بین گونه‌ها محدودیت‌هایی را تحمیل می‌کنند. امروزه این محدودیت برای تعدادی از آفات و گیاهان زراعی از طریق استفاده از مهندسی ژنتیک کاهش یافته است.

اندازه تنوع ژنتیکی که داخل و بین گونه‌ها وجود دارد یکی از جنبه‌های تنوع زیستی است. مطلوب بودن ژن‌های جدید مقاومت حاصله از تنوع ژنتیکی که داخل یک گونه وجود دارد یک دلیل اصلی برای حفظ کلکسیون‌های گیاهان متنوع از لحاظ ژنتیکی است. نیاز به ژن‌های مقاومت داخل محصول به وسیله اصلاح‌کنندگان گیاهی تشخیص داده شد و همان طوری که ذکر شد کلکسیون‌هایی از واریته‌هایی گیاهان زراعی و گیاهان وابسته (خویشاوند) در مراکز ژرم پلاسم در سراسر جهان نگهداری می‌شوند. چنین خزانه‌هایی از تنوع ژنتیکی، اهمیت زیادی برای بشر دارند، زیرا آن‌ها منابع ژنتیکی برای تلاش‌ها در هر دوی، اصلاح نباتات سنتی و مهندسی ژنتیک را فراهم می‌کنند.

مثال‌هایی از اصلاح نباتات سنتی برای مقاومت

عوامل بیماری‌زا واریته‌های مقاوم پشتیبان اصلی مدیریت بیماری برای بسیاری از محصولات یکساله هستند. در بسیاری از موارد، استفاده از واریته‌های زراعی مقاوم تنها روش پایدار برای

مدیریت عامل بیماری‌زا، به ویژه عوامل بیماری‌زای خاکزاد و ویروس‌ها هستند. بیماری‌های زنگی در غلات نمونه‌ای از عوامل بیماری زایی هستند که از طریق استفاده از واریته های مقاوم مدیریت می‌شوند زیرا روش‌های مدیریتی دیگر به طور کافی این بیماری‌ها را کنترل نمی‌کنند. یک نمونه از اصلاح نباتات موفق برای مقاومت، مقاومت به بیماری Black sigatoka در موزها است، که کنترل شیمیایی این عامل بیماری‌زا غیرعملی و از لحاظ اقتصادی غیرمنطقی بوده است.

فشار انتخابی تحمیل شده به وسیله استفاده از واریته‌های مقاوم علیه عوامل بیماری‌زا به تکامل نژادهای بیماری‌زا یا واریانت‌ها (Variants) در عامل بیماری‌زا منجر می‌شود. از بین رفتن مقاومت یک مشکل جدی در مدیریت مقاومت است، چون واریته‌های زراعی مقاوم جدید به وسیله تغییرات نژادی در عامل بیماری‌زا تخریب می‌شوند. بنابراین به تلاش‌های مداوم برای اصلاح واریته‌های با منابع جدید مقاومت نیاز است تا تکامل رو به جلو عامل بیماری‌زا را کنترل کند. اصلاح‌گران این تلاش‌ها را در مورد بیماری‌های زنگی غلات برای حدود ۱۰۰ سال انجام داده‌اند.

در ادامه مثال‌هایی از اصلاح نباتات برای مقابله با عوامل بیماری‌زا به طور جداگانه برای قارچ‌ها، باکتری‌ها و ویروس‌ها ارائه می‌شوند.

قارچ‌ها و باکتری‌ها

۱- بیماری‌های زنگی غلات؛ همان‌طور که در فصل ۱۰ گفته شد، معضلات تولید گندم از زمان اهلی شدن غلات وجود داشته‌اند. مدیریت بیماری‌های زنگی با اصلاح نباتات قدیمی‌ترین مثال از کنترل عامل بیماری‌زا به وسیله واریته‌های زراعی مقاوم است و تاریخ آن به آغاز قرن بیستم برمی‌گردد. نژادهای مختلفی از عوامل بیماری زای زنگ واریته های مختلفی از این گیاه زراعی را مورد حمله قرار می‌دهند (شکل ۱۷-۴). همه برنامه‌های اصلاح نباتات غلات هنوز هم بخش عمده-ای از مقاومت زنگ را حفظ می‌کنند چون عامل بیماری زا برای توسعه یک استرین جدید به پنج سال نیاز دارد، که در این زمان واریته مقاوم قبلی با حمله عامل بیماری‌زا از بین می‌رود.

۲- پژمردگی‌های فوزاریومی و ورتیسلیومی[1] به وسیله عوامل بیماری‌زایی ایجاد می‌شوند که با هر روشی غیر از مقاومت میزبان غیرقابل کنترل هستند. نمونه‌ای از محصولات مقاوم به این عوامل بیماری‌زا مقاوم، پنبه و گوجه‌فرنگی هستند. گوجه‌فرنگی‌هایی که بخشی از نام واریته آن‌ها به طور مخفف VFNT است به ورتیسلیوم، فوزاریوم، نماتد ریشه گره‌ای و ویروس موزائیک توتون مقاوم هستند. واریته های VFNT می‌توانند از خسارت‌های ناشی از این عوامل بیماری‌زا در مناطقی که آن عوامل بیماری‌زا بومی هستند جلوگیری کنند.

[1] Fusarium and verticillium wilts

۳- *Phytophthora* spp. عامل بیماری پوسیدگی ریشه در بسیاری از محصولات است و مشکلات ناشی از آن در گیاهان زراعی دائمی مانند یونجه و درختان میوه تشدید می‌شود. به طور معمول واریته‌های جدید یونجه مقاومت مختصری به فیتوفترا دارند. از آنجائی که جمعیت ژنتیکی یونجه جداسازی شده است، این واریته‌ها مخلوطی از ژنوتیپ‌های مقاوم و غیر مقاوم هستند. با کاهش اعضای حساس جمعیت با فعالیت‌هایی مانند افزایش نرخ بذرافشانی، مدیر می‌تواند کاهش ایجاد شده با فیتوفترا که اجتناب ناپذیرست را بپذیرد.

۴- ساقه‌ی زیرزمینی تعدادی از محصولات درختی به موجودات عامل پوسیدگی ریشه و نماتد ها مقاوم هستند. انتخاب ساقه‌ی زیرزمینی مناسب برای یک محل ویژه شالوده و زیر بنایی برای مدیریت طولانی مدت مشکلات آفات خاکزاد در محصولات باغی است.

شکل ۱۷- ۴: مقایسه‌ی رقم جوی حساس به زنگ نواری (سمت چپ) و رقمی مقاوم به نژاد ویژه‌ای از زنگ (راست). منبع: تصویر از Lee Jackson، با مجوز.

ویروس‌ها

مقاومت گیاه میزبان، روش کنترلی اولیه و بلند مدت برای بیماری‌های ویروسی است. کنترل موجودات ناقل به طور حتم فراهم‌کننده کنترل مناسب بیماری نیست یا از لحاظ اقتصادی بسیار پرهزینه بوده و اکوسیستم را مختل می‌کند. در نبود مقاومت گیاه میزبان، ممانعت از ورود ناقل تنها راه‌حل بالقوه مؤثر است. اصلاح نباتات برای مقاومت به ویروس‌ها می‌تواند کاربرد حشره‌کش های مورد استفاده برای کنترل ناقل را کاهش دهد و همچنین می‌تواند به تثبیت برنامه های IPM حشرات که با دشمنان طبیعی سروکار دارد کمک کند زیرا استفاده از حشره‌کش‌ها می‌تواند به جایگزینی آفت منجر شود (فصل ۱۲ را ببینید). موارد زیر مثال‌هایی از اصلاح نباتات برای مدیریت ویروس هستند.

۱ - رایزومانیا[1]، به‌وسیله ویروس زردی و نکروتیک رگبرگ چغندرقند[2]، ایجاد می‌شود و یک بیماری ویروسی است که به چغندرقندها حمله می‌کند. این بیماری در دهه ۱۹۸۰ در تمام نقاط کشت چغندرقند جهان گسترش یافت. عامل بیماری به‌وسیله یک عامل بیماری‌زای خاکزاد منتقل می‌شود. توسعه واریته‌هایی که به هر دوی، ناقل و ویروس مقاوم بوده، تولید چغندرقند را از کاهش‌های شدید محصول رهایی می‌بخشد.

۲ - موزائیک سویا یا پیچیدگی سویا، به‌وسیله ویروس موزائیک سویا[3] ایجاد می‌شود و در بعضی از نقاط جهان تولید سویا را محدود کرده است. این ویروس از طریق بذر منتقل می‌شود و همچنین می‌تواند به طور غیر پایا به وسیله سی گونه از شته‌ها منتقل شود. در بیشتر مناطق تولید سویای جهان، واریته‌های عمومی ژن‌هایی برای مقاومت دارند که دارای منشاء آسیایی هستند. مقاومت به وسیله یک جفت آلل‌ها بوجود می‌آید، یکی از آن‌ها غالب بوده و سطوح بالایی از مقاومت را فراهم می‌کند.

نماتدها

واریته های مقاوم یکی از بهترین راه‌ها برای مدیریت نماتدها هستند. گیاهانی نسبت به نماتدها مقاوم در نظر گرفته می‌شوند که رشدونمو و تولیدمثل نماتد را محدود کنند. مقاومت می‌تواند در دامنه‌ای از مقاومت پایین تا متوسط رخ دهد که به دنبال آن تولیدمثل به‌طور مختصر تا متوسط محدود می‌شود. مقاومت بالا، رشدونمو و تولیدمثل نماتد را به طور کامل از بین می‌برد.

بسیاری از ژن‌های شناسایی شده در مقاومت نماتد دارای رابطه ژن – برای – ژن با گونه‌های خاصی از نماتد یا یک گروه کوچک از گونه‌ها هستند. استفاده از مقاومت گیاه زراعی در مدیریت نماتد به قابلیت دسترسی به ژن‌های مناسب مقاومت محدود می‌شود. وقتی مقاومت به گونه‌های خاصی از نماتد وجود داشته باشد، بسیار مؤثر است. با وجود این، مقاومت یک فشار انتخابی روی جمعیت‌های نماتد بوده و انتخاب پاتوتیپ‌ها[4] و نژادهای شکننده مقاومت یک مشکل است به ویژه در گونه‌هایی مانند نماتد سیست که به صورت جنسی تولیدمثل می‌کنند. نماتدهای بکرزای ریشه گره‌ای نیز می‌توانند مقاومت را بشکنند. برای نمونه، تعدادی از پاتوتیپ‌های نماتد ریشه گره‌ای قادر به احاطه کردن ژن Mi در گوجه هستند.

تلاش‌های اصلاح نباتات سنتی منجر به ایجاد کولیتوارهای زراعی شده است که مقاوم به نماتدها هستند. در بسیاری از کولیتوارهای زراعی، مقاومت وجود دارد و از گیاهان اصلی که در آن‌ها

[1] Rhizomania
[2] *Beet necrotic yellow vein virus*
[3] *Soybean mosaic virus*
[4] Pathotypes

مقاومت به نماتد وجود دارد می‌توان به سویا، یونجه، شبدر، گندم، جو، یولاف، سیب زمینی، لوبیا، نخود، سیب زمینی شیرین، گوجه فرنگی، زرد آلو، مرکبات، انگور، گردو و ساقه‌های زیرزمینی Prunus اشاره کرد.

بعضی از ژن‌های مقاومت نماتد کلون شده‌اند، نظیر ژنی از یک خویشاوند وحشی چغندر که به نماتد سیست چغندرقند مقاومت است. همچنین یک ژن گوجه فرنگی (Mi) که در برابر برخی از گونه‌های مهم نماتد ریشه گره‌ای مؤثر بوده و یا یک ژن که به تعدادی از ایزوله‌های نماتد سیست سیب‌زمینی مقاومت است. بسیاری از ژن‌های مقاومت دارای برخی اشتراکات در ساختمان هستند، اگرچه زمان، محل و سازوکارهای واکنش‌های دفاعی تحمیل شده به وسیله این ژن‌ها متغیر به نظر می‌رسند. کلون کردن ژن‌های مقاومت تجزیه و تحلیل دقیق ژن و ساختمان‌های پروتئین، بررسی سازوکارهای بیوشیمیایی مقاومت و به طور بالقوه مهندسی واریته‌های مقام جدید را ممکن می‌سازد.

بیشتر درختان میوه و هسته‌دار روی یک ساقه‌ی زیرزمینی پیوند زده می‌شوند. از آنجائی که درختان گیاهان دائمی هستند، روش‌های مدیریت نماتد مانند تناوب و تدخین (گازدهی) نمی‌توانند همیشه استفاده شود. بر همین اساس ساقه‌ی زیرزمینی مقاوم به نماتد، مانند ساقه‌ی زیرزمینی Nemaguard برای Prunus، در برنامه‌های مدیریت نماتد مفید هستند.

راب‌ها و حلزون‌ها واریته‌های زراعی مقاوم به طور معمول در مدیریت نرمتنان آفت بکار گرفته نمی‌شوند، که دلیل آن احتمالاً عدم وجود تنوع (Variation) درون گونه‌ای در تحمل گیاه زراعی به تغذیه نرمتنان است. عدم وجود واریته‌های مقاوم به نرمتنان ممکن است به تشدید کلی این مشکل نیز منجر شود، زیرا نرمتنان آفت بسیار چندین‌خوار هستند. فراوانی آن‌ها در محصولات ناشی از شرایط اکولوژیکی مناسب است مانند کاه و کلش فراوان باقیمانده بعد از برداشت مزارع تولید بذر علوفه. نرمتنان در بیشتر گیاهان زراعی به ندرت زیان‌های اقتصادی ایجاد می‌کنند.

حشرات اصلاح نباتات برای مقاومت یکی از بهترین روش‌های برای مدیریت بندپایان آفت در نظر گرفته می‌شود و واریته‌های زراعی مقاوم به بندپایان بیش از ۱۵۰ سال مورد استفاده قرار گرفته‌اند. در بسیاری از موارد، مانند موارد زیر، در واقع این روش گیاه زراعی را از نابودی کلی نجات می‌دهد. استفاده از حشره‌کش های طیف وسیع برای مدیریت حشرات آفت می‌تواند جانداران مفید را بکشد و حشرات غیر هدف را از عوامل کنترل طبیعی رهایی بخشد به طوری که آن‌ها به آفات تبدیل می‌شوند (طغیان آفات ثانویه و جایگزینی آفت را در فصل ۱۲ ببینید). در بسیاری از موارد استفاده از واریته مقاوم می‌تواند نیاز به حشره‌کش ها را کاهش دهد، که در این صورت به جانداران مفید امکان تشکیل جمعیت و کنترل آفات دیگر کم اهمیت‌تر را می‌دهد. این یک دلیل اصلی برای استفاده از مقاومت گیاه میزبان است که می‌تواند یک تأثیر ماندگار روی برنامه‌های IPM داشته

باشد. در یک واریته حتی سطوح پایین مقاومت، به دلیل دارا بودن برهم‌کنش با کنترل بیولوژیک که کارایی هر دو روش کنترلی را افزایش داده، مفید است. موارد زیر مثال‌هایی از مقاومت گیاه میزبان برای مدیریت بندپایان هستند.

۱- فیلوکسرای مو. یک حشره شته مانند که ریشه های درختان مو (انگور) حساس را مورد حمله قرار می‌دهد. فیلوکسرای مو باعث کوتولگی شدید و حتی باعث مرگ موها می‌شود. واریته‌های مو Table و Wine حساسند ولی موهای بومی آمریکای شمالی میزبان های بدون علائم (خسارت) هستند. فیلوکسرا در اواسط دهه ۱۸۶۰ از ایالات متحده به فرانسه منتقل شد و در آنجا صنعت سرکه‌سازی را تا حد زیادی نابود کرد. محققین از طریق پیوند زدن واریته‌های موهای صنعت سرکه‌سازی فرانسه با ساقه‌ی زیرزمینی موهای آمریکای شمالی این مشکل را حل کردند. از آن زمان، بسیاری از ساقه‌ی زیرزمینی مقاوم با استفاده از مقاومت موهای آمریکای شمالی و سایرین توسعه یافته‌اند. این یکی از اولین مثال‌ها از کاربرد مقاومت برای مدیریت یک آفت است. به نظر می‌رسد که این روش همه سازوکارهای مقاومت (آنتی بیوز، آنتی زنوز و تحمل) را در بر می‌گیرد. در اواخر دهه ۱۹۸۰، یک بیوتیپی جدید از فیلوکسرا در کالیفرنیا ظاهر شد که بر مقاومت ساقه‌ی زیرزمینی رایج غلبه کرد و باعث تخریب بسیاری از تاکستان‌ها شد. توسعه‌ی ساقه‌های زیرزمینی مقاوم به بیوتیپ‌های جدید ضروری است چراکه فیلوکسرا با حشره‌کش‌ها کنترل نمی‌شود.

۲- ساقه خوار اروپایی ذرت. ساقه خوار اروپایی ذرت یکی از مخرب‌ترین آفات غلات در میانه غرب ایالات متحده است. تخم ها روی برگ‌ها گذاشته می‌شوند ولی لاروهای ظاهر شده به داخل ساقه ها نفوذ کرده و از دسترس حشره‌کش‌های تماسی متداول در امان هستند. این آفت دو نسل در سال دارد که نتاج اول و دوم نامیده می‌شوند. در ذرت، مقاومت به نتاج اول به خوبی شناخته شده است و اغلب به سبب وجود ترکیب DIMBOA است. این ترکیب در ذرت مثالی از کاربرد اصلاح نباتات در دستکاری سطحی از یک متابولیت ثانویه در یک گیاه زراعی است که به عنوان روشی برای کنترل بندپایان عمل می‌کند. توسعه واریته‌های مقاوم تنها راه‌حل عملی طولانی مدت برای کنترل ساقه خوار اروپایی ذرت بوده و امروزه در حدود ۹۰ درصد واریته های ذرت کشت شده در این ناحیه دارای مقاومت هستند.

۳- مقاومت برنج در برابر حشرات آفت. برنج، یکی از مهم‌ترین گیاهان زراعی (محصولات) غذایی، در سراسر جهان در سطحی بیش از میلیون جریب کشت می‌شود. در حدود ۱۰۰۰ گونه از بندپایان در رابطه با برنج گزارش شده‌اند و در حدود ۳۰ گونه از آن ها می‌توانند خسارت ایجاد کنند. زنجرک گیاهی قهوه ای برنج در آسیا یک آفت جدی برنج است. در سال ۱۹۷۳ در فیلیپین اولین واریته مقاوم به زنجرک گیاهی قهوه‌ای برنج به وسیله مؤسسه بین المللی تحقیقات برنج بوجود آمد. پس از آن زمان، واریته های مقاوم برنج در سطحی حدود ۳۸ میلیون جریب کشت شده اند. حداقل سه

بیوتیپ از زنجرک گیاهی قهوه‌ای شناسایی شده‌اند، که نیازمند تلاش مداوم برای ایجاد و توسعه واریته‌های جدیدی است که به همه بیوتیپ‌ها مقاومت داشته باشند.

۴- شته خالدار یونجه. شته خالدار یونجه با تغذیه از بافت‌های فتوسنتزکننده موجب کاهش رشد یونجه می‌شود ولی خسارت شدیدتر با تزریق یک توکسین (ماده سمی) به داخل یونجه ایجاد می‌شود. این توکسین رشد ساقه‌ها را متوقف می‌کند. این شته در سال ۱۹۵۴ به ایالات متحده واردسازی شد و در همه نواحی گرم باعث نابودی یونجه شد. مشخص شد واریته یونجه با نام، لاهونتون[1]، دارای مقاومت چند ژنی[2] بوده و در حدود ۹۰ درصد مقاومت دارد. مقاومت این گیاه زراعی را نجات داده است. این کشف نیک‌یابی بود، چون مقاومت در مزرعه ثبت شده و نیازی به غربال سازی گسترده ژرم‌پلاسم یونجه نداشت. بدلیل جابجایی شته‌ها داخل مزرعه، فواصل زمانی کوتاه برداشت که منجر به مشکلات باقیمانده حشره‌کش در گیاه می‌شود و هزینه چندین بار سم پاشی در یک گیاه زراعی به نسبت کم ارزش، نمی‌توان این شته را به وسیله حشره‌کش‌ها مدیریت کرد. ژن‌های مقاومت به هر رقمی که در نواحی استقرار شته خالدار یونجه استفاده می‌شد وارد شد. این مقاومت مثالی جالب از یک مقاومت با دوام طولانی مدت است. هنوز هم هیچ تغییری در توانایی شته برای غلبه بر مقاومت بعد از حدود ۵۰ سال صورت نگرفته است. این شته در نواحی کشت یونجه وجود داشته و به واریته‌های غیر مقاوم حمله می‌کند.

۵- مقاومت به کنه پیچیدگی گندم[3]. مقاومت به کنه پیچیدگی گندم ابتدا در هیبرید ایکس آگروپایرون[4] مشاهده شد. ژن مقاوم در آگروپایرون به عنوان یک صفت غالب شناسایی شد، ولی ژن‌های مقاوم دیگری نیز مورد شناسایی قرار گرفته است. علاوه بر خسارت مستقیم، این کنه ویروس موزائیک نواری گندم[5] را نیز منتقل می‌کند. کشت کولیتوارهای مقاوم به کنه هزینه‌های تیمار کنه‌کش و شیوع ویروس را کاهش می‌دهد.

مهره‌داران. استفاده از مقاومت به مهره‌داران از لحاظ نظری امکان‌پذیر است، گرچه بعید است استفاده شود، به ویژه برای پستانداران آفت، زیرا گیاه زراعی برای تغذیه سایر پستانداران تولید می‌شود. مقاوم ساختن گیاه زراعی در برابر حمله یک پستاندار آفت آن را به یک منبع غذایی غیر قابل استفاده برای انسان و حیوانات اهلی تبدیل می‌کند. تعدادی از واریته‌های سورگوم مقاوم به پرنده وجود دارند که این مقاومت به دلیل داشتن سطوح بالایی از تانن‌ها در بذر است. با وجود این، تانن‌ها می‌توانند این واریته را برای مصرف انسان نیز تحت تاثیر قرار بدهند.

---

[1] Lahonton
[2] Multigenic resistance
[3] Wheat curl mite
[4] X Agropyron
[5] *Wheat streak mosaic virus*

محدودیت‌ها

عامل اصلی محدودکننده اصلاح نباتات سنتی برای تولید واریته‌های مقاوم وقت‌گیر بودن این فرایند است. بعلاوه، اصلاح نباتات سنتی نیازمند آن است که ژن‌های مقاومت در یک گیاه از همان گونه یا گیاه زراعی خویشاوند موجود باشند. وقتی ژن‌هایی که در برابر یک آفت ویژه مقاومت فراهم می‌کنند شناخته نشوند، اصلاح نباتات سنتی نمی‌تواند برای توسعه کولیتوارهای مقاوم استفاده شود. به سبب محدودیت‌های تحمیلی دسترسی ژن‌های مقاوم در گونه‌های مشابه استقرار پایه‌ی ژنتیکی گسترده برای هر محصول ضروریست. بیشتر مجموعه‌های ژرم پلاسم شامل خویشاوندان زراعی بومی یا وحشی و نژادهای زراعی هستند که یک مخزن بالقوه از ژن‌های مختلف برای بسیاری از گیاهان زراعی مهم و آفات آن‌ها فراهم می‌کنند. یک نیاز جدی به وجود تنوع ژنتیکی برای اهداف اصلاحی وجود دارد. بیشتر محصولات مدرن بر مبنای زمینه های ژنتیکی خیلی محدودی استوار هستند و بنابراین در برابر آفات مربوطه حساس هستند. تنوع ژنتیکی در ارقام محلی در کشتزارهای کوچک که به دنبال محصول‌دهی بیشترند باعث نابودی اغلب واریته‌های تجاری که حساسیت بیشتری به آفات دارند می‌شود. انقلاب موسوم به انقلاب سبز یک عامل اصلی در از دست رفتن تنوع ژنتیکی در محصولاتی مانند برنج و گندم بود.

اصلاح واریته‌های جدید درختان میوه و هسته‌دار دائمی چندین سال بطول می‌انجامد که نیازمند زمان‌های طولانی برای کاربرد اصلاح نباتات برای این محصولات است. بجز توسعه ساقه‌های زیرزمینی مقاوم، هیچ تلاش جدی برای اصلاح مقاومت در محصولات درختی صورت نگرفته است زیرا زمان موردنیاز برای توسعه واریته‌های جدید در محصولات دائمی طولانی بوده و همچنین آفات طی چندسال بر مقاومت غلبه می‌کنند.

انتخاب طبیعی بیوتیپ‌های آفت که در واریته‌های توزیع شده، از مقاومت فرار می‌کنند یک محدودیت اصلی برای استفاده از مقاومت گیاه در مدیریت آفت است. حل این مشکل به حفظ پایش مداوم و برنامه‌های اصلاح نباتات مربوط است به طوری که واریته‌های جدید مقاومت می‌توانند به همان سرعتی که بیوتیپ‌های جدید ظاهر می‌شوند، تولید شوند. اصلاح کنندگان گندم در نگهداری مقاومت در برابر بیوتیپ های جدید مگس گندم موفقیت داشته‌اند و تاکنون ۱۶ بیوتیپ شناسایی شده‌است. تکامل بیوتیپ هایی که در کولیتوارهای کشت شده در مقیاس گسترده بر مقاومت غلبه می‌کنند دو مزیتی که در ابتدای این فصل آورده شده، را ندارند و فشار انتخابی آفاتی که می‌توانند بر مقاومت گیاه میزبان غلبه کنند را تشدید می‌کنند. به همین دلیل، روش مقاومت گیاه میزبان باید بخشی از یک روش تلفیقی در مدیریت آفت باشد. تکیه بر یک روش مدیریتی به طور معمول به توسعه مقاومت به آن روش در آفت هدف منجر می‌شود. مقاومت گیاه میزبان در برابر این مشکل ایمن و مصون نیست.

فقدان ژن‌های مناسب مقاومت به آفات معین بدین معنی بوده است که آن آفات، در گذشته، نتوانسته‌اند از طریق مقاومت گیاه میزبان مدیریت شوند. ممکن است مهندسی ژنتیک اهمیت این محدودیت را کاهش دهد.

علف‌های هرز اصلاح نباتات سنتی برای مدیریت علف هرز نسبت به گروه‌های دیگر آفت کمتر متداول است، مگر در حوزه مقاومت به علف‌کش که سبب فقدان هر گونه رابطه غذایی بین علف-های هرز و گیاهان زراعی شده است. با وجود این، علف‌های هرز برای نور و مواد غذایی با گیاهان رقابت می‌کنند. از لحاظ نظری اصلاح گیاهان زراعی با قدرت رقابتی بیشتر، امکان پذیر بوده و تلاش‌هایی در این زمینه صورت گرفته است. برای نمونه، افزایش سرعت ایجاد تاج پوشش در گیاه زراعی و افزایش قدرت رقابت آن، امکان‌پذیر است. مسئله اساسی این است که ساختار تاج پوشش به وسیله ژن‌های خاصی تعیین نمی‌شود و این ساختار در رابطه با گونه گیاه زراعی متغیر است.

دستیابی به تغییر کوچک در توانایی رقابت محصولاتی مانند چغندرقند، گوجه، کاهو و اکثر سبزیجات دشوار است چراکه این محصولات از علف‌هایی که با آن‌ها رقابت می‌کنند کوتاهترند. داخل گونه گیاه زراعی نیز تنوع در تحمل به علف‌کش‌ها وجود دارد. این تنوع، انتخاب واریته‌های گیاه زراعی مقاوم به علف‌کش را با استفاده از اصلاح نباتات سنتی امکان پذیر کرده است، مانند موارد زیر:

گروه علف‌کش	گیاه زراعی	توضیحات
تریازین	کانولا	تجاری شده در دهه ۱۹۸۰
ایمیدازولینون‌ها	ذرت،گندم	نام تجاری برای محصولات Imi است
سولفونیل اوره آز	سویا،پنبه	در دست توسعه
سیکلوهگزانیدینوز	ذرت	در دست توسعه

عدم وجود ژن‌های کافی در یک گونه، باعث محدودیت در توسعه گیاهان مقاوم به علف‌کش با استفاده از این روش شده که مقاومت انتخابی در برابر علف‌کش‌ها را در پی داشته است.

مهندسی ژنتیک

اصول

در اوایل دهه ۱۹۸۰ شناسایی ژن‌ها، مشخص کردن نقش آن‌ها و کپی‌برداری از آن‌ها (که کلون کردن نامیده می‌شود) در تحقیقات زیست‌شناسی سلولی و مولکولی امکان‌پذیر شد. روش‌های

شناسایی و نقشه برداری از ژن‌ها در جانداران به‌سرعت پیشرفت کرد. پروژه هایی با هدف توالی‌یابی[1] ژنوم کامل جانداران خاصی نظیر انسان، برخی از گیاهان زراعی، مگس‌های میوه، *Arabidopsis thaliana* (یک گیاه کوچک) و یک نماتد تعریف شده است. از زمانی‌که علم شناسایی ژن‌ها و رابطه آن با وظایف (جاندار) پیشرفت کرد، به‌سرعت معلوم شد که یکی از کاربرد این فناوری جدید می‌تواند در عرصه مدیریت آفت باشد.

مهندسی ژنتیک شاخه‌ای از علم فناوری زیستی است. با روش‌های مبتنی بر این علم ساختار ژنتیکی گیاه زراعی یا ژنوم آفت را تغییر می‌دهند که بیشتر با تخلیه یا بلوکه کردن ژن‌ها، یا با انتقال ژن‌ها از یک جاندار به جاندار دیگر انجام می‌شود. گیاهان زراعی که به وسیله یکی از این روش‌های تغییر دهنده ژن تغییر یافته‌اند جانداران تغییر یافته از لحاظ ژنتیکی[2](GMOs)، یا گیاهان زراعی GEO نامیده می‌شوند. این اصطلاح‌شناسی برای متمایز کردن واریته های زراعی تغییر یافته از لحاظ ژنتیکی از واریته هایی که با استفاده از فرایند سنتی اصلاح نباتات مندلی بوجود آمده‌اند، استفاده می‌شود. اصطلاح گیاه زراعی تراریخته هنگامی بکار برده می‌شود که تغییرات ژنتیکی شامل انتقال ژن (ژن‌ها) از یک جاندار به جاندار دیگر باشد. ژن‌هایی که با استفاده از مهندسی ژنتیک انتقال داده شده‌اند اغلب ترانس ژن‌ها نامیده می‌شوند تا آن‌ها را از ژن‌های داخل شونده به ارقام زراعی با استفاده از روش‌های سنتی اصلاح نباتات متمایز سازند.

یک تفاوت اساسی بین مهندسی ژنتیک و اصلاح نباتات سنتی وجود دارد. فناوری مهندسی ژنتیک امکان می‌دهد که صفات، و ژن (ژن‌های) مربوط به آن صفت، از همان گونه گیاه زراعی هدف بدست نیایند زیرا فناوری مهندسی ژنتیک انتقال ژن‌ها در بین گونه‌های مختلف را امکان‌پذیر ساخته است. همچنین انتقال ژن می‌تواند در بین جانداران به طور کامل متفاوت، مانند انتقال ژن از باکتری‌ها به گیاهان و حتی از جانوران به گیاهان باشد. غلبه بر محدودیت همسان بودن گونه در اصلاح نباتات سنتی پتانسیل زیادی برای مدیریت آفت ایجاد کرد ولی نگرانی‌های اکولوژیکی جدی نیز بوجود آورد.

مفهوم اساسی همه کاربردهای رایج مهندسی ژنتیک برای کنترل آفت عبارت است از شناسایی، جداسازی و کلون ژن (یا ژن‌های) حامل یک ویژگی یا صفت ویژه مانند توانایی مقاومت به یک آفت یا یک آفت کش. در گذشته با استفاده از فناوری تراریختی، ژن‌های حامل یک صفت شناسایی و کلون شده و به گیاهان زراعی مناسب غیرخویشاوند انتقال داده می‌شدند. مهندسی ژنتیک می‌تواند انواع جدیدی از مقاومت در بافت‌های گیاهی خاص علیه آفات خاص ایجاد کند.

---

[1] Sequencing
[2] Genetically Modified Organisms

معایب معدودی در رابطه با کلون کردن و تراریختی وجود دارد. کار شناسایی و تشخیص ژن‌ها ساده و آسان نیست و تنها از اوایل دهه ۱۹۸۰ امکان‌پذیر شده است. پذیرش این فناوری در سطح کشاورزی صنعتی سریع بود ولی مصرف‌کنندگان عمومی در کشورهای پیشرفته نسبت به پذیرش تولیدات حاصل از مهندس ژنتیک بی‌میلی نشان دادند. این بی‌میلی و عدم رضایت ممکن است به کاربرد این فناوری در یک مقیاس تجاری محدود باشد (اطلاعات بیشتر در این زمینه در آخر این فصل و فصل ۱۹ آورده شده است).

موارد زیر شرح مختصری از سه روش مورد استفاده در انتقال ژن‌ها بین جانداران با استفاده از فناوری مهندسی ژنتیک است. برای معرفی کامل‌تر بیولوژی مولکولی بکار رفته در مدیریت آفات مارشال و والتر (۱۹۹۸)[1] و پرسنلی و سیدو (۱۹۹۶)[2] را ببینید.

۱- سیستم طبیعی ناقل. باکتری بیماری‌زای *Agrobacterium tumetaciens* با ایجاد رشد غیرعادی به شکل تومور (غده) باعث آلودگی گیاهان می‌شود. باکتری این عمل را با وارد کردن DNA (ژن‌های) اختصاصی به داخل سلول گیاهی که باعث شروع تکثیر سلول‌ها می‌شود، انجام می‌دهد. ژن‌های اختصاصی روی DNA حلقوی کوچک که پلاسمیدها نامیده می‌شوند مستقر هستند. باکتری توانایی قرار دادن پلاسمید DNA به سلول میزبان را داراست که در آنجا به DNA میزبان ملحق می‌شود. با استفاده از زیست‌شناسی مولکولی ژن‌های ایجادکننده تومور می‌توانند از پلاسمید حذف و ژن‌های کلون شده‌ی مقاومت به این مکان وارد شوند. سپس باکتری پلاسمید حامل ژن‌های مقاومت را به سلول‌های میزبان هدف وارد می‌کند و به ژنوم میزبان متصل و توسط گیاه میزبان بیان می‌شود. این روش به گیاهانی که مورد هجوم عوامل بیماری زا هستند(بیشتر گونه‌های دولپه‌ای)، محدود می‌شود. سایر روش‌ها به علف‌های تراریخته نیاز دارد (همهٔ غلات اصلی).

۲- ترکیب مستقیم پلاسمید در پرتوپلاست ها. پرتوپلاست‌ها سلول‌های گیاهی بدون پوشش هستند که دیواره‌ی سلولی به طور آنزیمی حذف شده است. این روش نیز برای پلاسمیدهای کوچک حاوی ژن‌های دلخواه استفاده می‌شود که البته در این مورد در *Escherichia coli* رشد می‌کنند. پرتوپلاست‌ها در یک کشت سوسپانسیونی حاوی پلاسمیدهای رشد یافته در *E. coli* رشد می‌کنند. DNA پلاسمید می‌تواند با سلول‌ها برداشته و با ژنوم گیاه تلفیق شود. این روش به طور گسترده برای غلات استفاده می‌شود.

[1] Marshall and Walter (1998)
[2] Persley and Sidow (1996)

۳- بمباران ذرات. این روش، پرتاب قرص‌های فلزی با پوشش DNA در سلول‌های گیاهی هدف است که آن را میکرو آلودگی یا آلودگی بیولیستیک می‌نامند. بافت مورد استفاده بیشتر کشت کالوس است اما بذرهای خیسا و گیاهک نیز استفاده می‌شوند.

در دو روش اول طی فرایند تراریختی، از محیط‌کشت‌های تک‌سلولی و طی فرایند بمباران کردن از کالوس یا محیط کشت جنین استفاده می‌شود. از آنجایی که انتقال DNA به یک سلول خاص نامعلوم است، روش‌هایی به‌وجود آمده‌اند که شناسایی سلول‌ها یا جنین‌هایی که با موفقیت تراریخته شده‌اند را امکان‌پذیر می‌سازند. همچنین روش‌هایی وجود دارند که در محیط کشت از سلول‌های تراریخته منفرد، کل گیاه را دوباره تولید می‌کنند. به دنبال تولید مجدد موفقیت آمیز گیاهان تراریخته برای اطمینان از حفظ سایر صفات مطلوب زراعی ضروری است از (روش‌های) اصلاح نباتات سنتی استفاده شود.

می‌توان تعداد دو یا بیشتری از صفات تراریخته را فقط به یک واریته زراعی افزود. این حالت توده کردن[1] یا پیریمیدینگ[2] نامیده می‌شود و به چند روش انجام می‌شود.

۱- بیش از یک مکانیزم مقاومت را می‌توان علیه یک عامل بیماری‌زا توده کرد.

۲- می‌توان مقاومت را به بیش از یک آفت توده کرد. برای نمونه، مقاومت به دو ویروس متفاوت یا مقاومت به یک ویروس و یک حشره).

۳- می‌توان مقاومت را به بیش از یک علف‌کش توده کرد (برای نمونه، گلایفوزات و گلوفوزینات).

۴- می‌توان مقاومت را به یک علف‌کش و یک آفت توده کرد (برای نمونه، گلایفوزات و کرم ریشه ذرت).

روند توده کردن می‌تواند سریع باشد و محصولات تراریخته‌ی زیادی برای داشتن بیش از یک ویژگی وارد شده تغییر کنند.

محصولات تراریخته برای اهدافی غیر از مدیریت آفت نیز توسعه یافته‌اند، نظیر اهداف زراعی و کیفیتی. مانند گوجه‌فرنگی‌هایی که مهندسی شده تا به طور آهسته برسند (اولین GMO در ۱۹۹۲ به ثبت رسید) و یا بهبود لایه‌های روغن در کانولا (منداب دانه روغنی) و سویا. چنین استفاده‌هایی در اینجا مورد بحث قرار نمی‌گیرد.

مثال‌هایی از مهندسی ژنتیک برای مدیریت آفت

پیشرفت‌ها در سطح زیست‌شناسی مولکولی به طور سریع رخ می‌دهند و کاربردهای زیادی در رابطه با مدیریت تلفیقی آفات دارند. برخی پیشرفت ها هنوز آزمایشی هستند و برخی امروزه دارای استفاده تجاری هستند.

---

[1] Stacking
[2] Pyrimiding

عوامل بیماری‌زا روش‌های متفاوتی برای کاربرد مهندسی ژنتیک در مدیریت عامل بیماری‌زا مورد بررسی قرار گرفته‌اند.

مقاومت ناشی از عامل بیماری‌زا. توسعه واریته‌های تراریخته برای کنترل ویروس‌ها، به سبب مشکل بودن کنترل بیماری‌های ویروسی با سایر روش‌های IPM، در پیشاپیش این فناوری قرار داشته است. روش اصلی مورد استفاده، تلقیح واریته دارای بخش کوچکی از ژنوم عامل بیماری‌زا است، که بیماری ایجاد نمی‌کند ولی موجب مقاومت نسبت به عامل بیماری‌زا می‌شود. روش‌های مهندسی ژنتیک برای انتقال ژن‌هایی استفاده می‌شوند که تولید پروتئین‌های پوششی را کنترل می‌کنند. این ژن‌ها وقتی به گیاه واردسازی می‌شوند، حفاظتی در برابر ویروس ایجاد می‌کنند که از ژن‌ها مشتق می‌شود.

سازوکاری که منجر به این حفاظت می‌شود به طور کامل شناخته نشده است. مثال‌هایی از واریته‌های دارای مقاومت به ویروس شامل موارد زیر است:

۱- در واریته‌های مختلف کدو مقاومت به ویروس موزائیک خیار[1]، ویروس موزائیک هندوانه[2] و موزائیک زرد کدو وجود داشته است. منابع مربوط به واریته‌های زراعی تراریخته از اطلاعات ثبت شده در وب سایت USPA/APHIS کسب شده است. مدیریت این ویروس‌ها در بسیاری از گیاهان کدو و واریته‌های تراریخته اغلب کنترل بسیار مطلوبی فراهم می‌کند.

۲- در پاپایا مقاومت به ویروس لکه حلقوی[3] یکی از معدود نمونه‌ها از واریته‌های تراریخته توسعه-یافته به وسیله مؤسسات عمومی بوده (دانشگاه کورنل[4] و دانشگاه هاوایی) و ارزش زیادی برای صنعت پاپایا داشته است.

۳- از سال ۱۹۹۸مقاومت به ویروس پیچیدگی برگ سیب‌زمینی[5] همراه با مقاومت به حشره وجود داشته است (توده شده با ژن اندوتوکسین Bt، آخر این فصل را ببینید).

بیماری‌شناسان گیاهی عقیده دارند، ترکیب ژن‌های مقاومت انتخاب استرین‌های عامل بیماری‌زای شکننده مقاومت را به تأخیر می‌اندازد زیرا ممکن است در عامل بیماری زا دو جهش (موتاسیون) رخ دهد. از آنجایی که برخی از ژن‌های ویروسی متفاوت، منابع مقاومت تراریخته‌ای مؤثر بوده‌اند، توده شدن دو یا بیشتر از تراریخته‌های دارای منشأ ویروسی راهبردی است که ممکن است در آینده توسعه یابد. همچنین تراریخته‌ها ممکن است در یک واریته که برای مقاومت به طور سنتی اصلاح

---

[1] *Cucumber mosaic virus*
[2] *Watermelon mosaic virus*
[3] *Papaya ringspot virus*
[4] Cornell university
[5] *Potato leaf roll virus*

شده، ترکیب شده باشند. ترکیب یک تراریخته با یک ژن مقاومت توانست استفاده از ژن را امکان‌پذیر سازد در حالی که وقتی ژن به طور انفرادی استفاده شد کنترل مؤثری فراهم نکرد.

راهبردهای ضد قارچی و ضد باکتریایی (به دست آمده از میزبان). در این راهبرد ژن‌های مقاومت شناسایی و با استفاده از ژنتیک مولکولی به گیاهان زراعی غیرمقاوم منتقل می‌شوند. تاکنون تعداد معدودی از ژن‌های مقاومت شناسایی و کلون شده‌اند. از دیدگاه اختصاصی مدیریت آفت، این روش اگر قابل دستیابی باشد، راه خوبی برای مدیریت عوامل بیماری‌زا است. با وجود این، پیچیدگی‌های اکولوژیکی جدیدی وجود دارند که نیاز به بررسی خواهند داشت (آخر این فصل را ببینید).

مهندسی عامل بیماری‌زا برای کاهش قدرت بیماری‌زایی آن. تلاش‌هایی برای کاهش قدرت بیماری‌زایی عوامل بیماری‌زا با مهندسی ژنتیکی آن‌ها صورت گرفته است. از استرین‌های غیر بیماری‌زا در یک روش ممانعت رقابتی استفاده می‌شود. این روش برای کنترل آتشک در گلابی مورد ارزیابی قرار گرفته است ولی هیچ تاییدی برای این نوع جاندار تراریخته وجود ندارد.

نماتدها تلاش‌هایی برای ایجاد مقاومت به نماتدها در واریته‌های زراعی با مهندسی ژنتیک صورت گرفته است. برای نمونه، تحقیقاتی برای انتقال ژن Mi (عامل ایجاد مقاومت به نماتد ریشه گره‌ای در گوجه‌فرنگی) به گیاهان زراعی دیگر که به نماتدها مقاوم نیستند صورت گرفته است. همچنین چندین مقاومت که از نظر ژنتیکی مهندسی شده‌اند مورد بررسی قرار گرفته‌اند مانند ژن‌های ضد تغذیه که محل تغذیه نماتد را تخریب می‌کنند به طوری که محل‌های تغذیه‌ای برای نماتدها بازدارنده یا سمی هستند. در تلاش‌های هماهنگ، روش‌های مولکولی برای ایجاد مقاومت‌های جدید و بادوام به نماتدها بکار گرفته شده‌اند. اگرچه واریته‌های تراریخته مقاوم به نماتد به طور تجاری وجود ندارند، به نظر می‌رسد که پیشرفت‌های مهمی در راه است.

بندپایان کنترل آفات معینی از بندپایان از طریق انتقال ژن‌های مقاومت عرصه دیگری است که از اواسط دهه ۱۹۸۰ با پیشرفت قابل توجهی همراه بوده است. دو روش مهندسی ژنتیک برای تقویت کنترل بندپایان آفت به کار گرفته می‌شود.

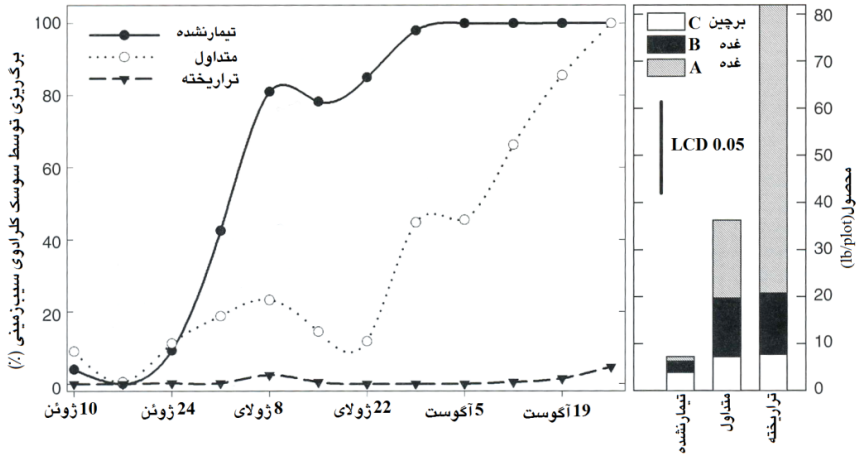
مواد سمی برای بندپایان که به وسیله گیاه زراعی تولید می‌شود. این مفهوم مستلزم شناسایی ژن-های ایجادکننده مقاومت به بندپایان و انتقال چنین ژن‌هایی به گیاهان زراعی است. برخی از سموم با منشاء گیاهی مورد ارزیابی قرار گرفته‌اند نظیر بازدارنده‌های آنزیم‌های پروتئولیتیک[1]، لکتین‌ها[2] (برای نمونه امروزه بازدارنده‌های پروتئاز لوبیای چشم‌بلبلی، CPTI، با گسترده‌ترین آزمایش‌ها همراه بوده است)، متابولیت‌های گیاهی ثانویه مانند DIMBOA، نیکوتین و روتنون و تولید

[1] Proteolytic enzymes
[2] Lectins

کیتینازها. تا تابستان ۲۰۰۱ واریته‌ای با استفاده از توکسین های مشتق شده از گیاه مورد تأیید قرار نگرفته است.

فعالیت عمده‌ای در عرصه توکسین‌های بدست آمده از باکتری *Bacillus thuringiensis* صورت گرفته است. ژن های کدکننده تولید اندوتوکسین ها جداسازی و کلون شده و به گیاهان زراعی انتقال داده شده‌اند. این ژن‌ها در سلول‌های گیاه زراعی تولید توکسین می‌کنند به طوری که گیاه برای خودش حشره‌کش تولید می‌کند.

مزایای واریته‌های زراعی تراریخته برای مدیریت آفت شامل مواردی است که در ابتدای این فصل بیان شد. مزیت دیگر برخورداری از پتانسیل کاهش استفاده از حشره‌کش‌های سنتزی (مصنوعی) و بهبود کنترل آفت هدف است مانند آنچه در رابطه با ریزش برگ‌ها (بی‌برگ‌سازی) در سیب‌زمینی به وسیله سوسک کلرادوی سیب‌زمینی به صورت نمودار نشان داده شده است (شکل ۱۷-۵).



شکل ۱۷- ۵: نمودار مقایسه‌ی برگ‌ریزی سیب‌زمینی توسط سوسک کلرادو روی سیب‌زمینی Russet Burbank و اثر آن روی محصول. سیب‌زمینی‌ها یا تراریخته نبودند که تیمار نشدند یا با حشره‌کش‌های متداول تیمار شدند یا تراریخته (بیان ژن Bt CrylA اندوتوکسین وارد شده) بودند. منبع: داده‌ها از Casey Hoy، مرکز توسعه و تحقیقات کشاورزی اوهایو، Wooster، Ohio، با مجوز.

در نبود هر گونه کنترل، در اواخر ماه ژولای سیب‌زمینی‌ها به طور کامل بی برگ شدند. یک حشره‌کش مورد استفاده در شاخ و برگ این گیاهان را از ریزش برگ در این فصل حفظ کرد، ولی در آخر فصل ریزش برگ تا سطح بالایی افزایش یافت. این کاهش کنترل به تجزیه حشره‌کش در محیط، که منجر به کاهش فعالیت آن می‌شود نسبت داده می‌شود. در واریته تراریخته در تمام فصل ریزش برگ ناشی از حشره رخ نمی‌دهد زیرا توکسین (ماده سمی) به طور مداوم وجود دارد. تا

مقاومت در جمعیت آفت توسعه یابد (بخش بعدی را ببینید)، این نوع کنترل مؤثر در بیشتر گیاهان زراعی تراریخته Bt مشاهده می‌شود.

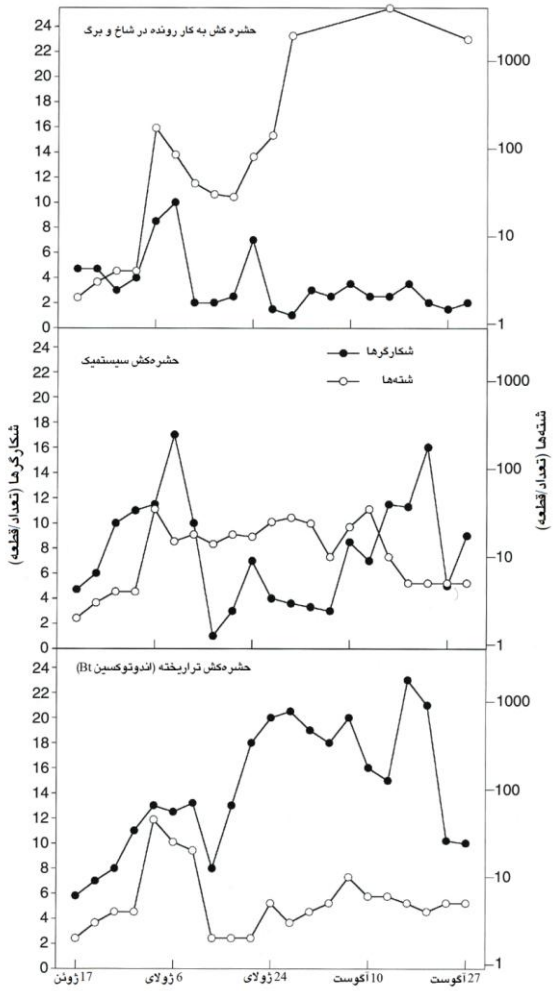
دومین مزیت اصلی گیاهان زراعی تراریخته مقاوم به حشره هنگامی آشکار می‌شود که کنترل آفت هدف منجر به کاهش استفاده از حشره‌کش‌های طیف وسیع شود. چنین کاهشی در رابطه با واریته تراریخته اندوتوکسین Bt سیب زمینی مقاوم به سوسک کلرادوی سیب زمینی به اثبات رسیده است (شکل ۱۷-۶).

استفاده از یک حشره‌کش مورد استفاده در شاخ و برگ برای کنترل لاروهای سوسک منجر به طغیان شته‌ها به سبب کاهش فعالیت شکارگران شد زیرا شکارگران به وسیله حشره‌کش کشته شدند. وقتی یک حشره‌کش سیستمیک که اثر کمتری روی شکارگران داشت استفاده شد، جمعیت‌های شته به سطوح بالا رسیدند. در واریته تراریخته سیب زمینی تراکم های شکارگر بیشتر از تراکم‌های آن‌ها روی گیاهان تیمار شده با حشره‌کش سیستمیک بود و جمعیت شته در سطوح بسیار پایینی حفظ شد. همان‌طور که در فصل ۱۲ بحث شد، استفاده از واریته تراریخته اهمیت طغیان مجدد یا جایگزینی آفت در پی نابودی دشمنان طبیعی بر اثر استفاده از حشره‌کش، را نشان می‌دهد.

برخی از استرین‌های *B. thuringiensis* توکسین‌های به نسبت متفاوتی تولید می‌کنند که برای حشرات مختلف آفت اختصاصی هستند. این توکسین‌ها پروتئین‌های کریستالی هستند. برای نمونه CryIII توکسینی است که بسیاری از بالپولک‌داران (شب‌پره ها و پروانه‌های روز پرواز) را می‌کشد در حالی که CryIA لارو سوسک ها را می‌کشد و برای کنترل سوسک کلرادوی سیب‌زمینی استفاده می‌شود. ژن‌های کد کننده تولید توکسین که امروزه در ایالات متحده آمریکا در واریته‌های تراریخته تأیید شده وجود دارند شامل موارد زیر هستند:

۱. پنبه - برای کنترل کرم‌های غوزه و بالپولک‌داران دیگر
۲. ذرت- برای کنترل ساقه خوار اروپایی ذرت و بالپولک‌داران دیگر
۳. سیب زمینی - برای کنترل کلرادوی سیب زمینی (شکل ۱۷-۷). کنترل شب پره غده[1] در آینده مورد انتظار است.
۴. سایر محصولات- تاکنون واریته‌های تراریخته‌ای مورد تأیید قرار نگرفته است.

[1] Tuber moth



شکل ۱۷- ۶: نمودار مقایسه‌ای جمعیت‌های شته و شکارگران روی سیب‌زمینی غیرتراریخته‌ی تیمار شده با حشره‌کش‌های موضعی برای کنترل سوسک کلرادوی سیب‌زمینی یا با حشره‌کش‌های سیستماتیک، در برابر سیب زمینی تراریخته با اندوتوکسین Bt. منبع: داده‌ها از Gary Reed، Hermiston، Oregon، با مجوز.

شکل ۱۷- ۷: مقایسه‌ی خسارت سوسک کلرادو سیب‌زمینی؛ برگ‌ریزی سیب‌زمینی‌های متداول بدون Bt در جلو و سیب‌زمینی‌های سالم تراریخته با Bt در عقب. منبع: تصویر از Marcos Kogan، مرکز بین-المللی حفظ نباتات در دانشگاه ایالتی ارگان.

امروزه محققین در نظر دارند مقاومت علف‌کش و حشره و مقاومت عامل بیماری‌زا و حشره را باهم تجمیع کنند.

یک مشکل اساسی در حفظ طولانی مدت گیاهان زراعی تراریخته برای مدیریت حشره مقاومت است (بحث بعدی را ببینید). توصیه متداول رها کردن گیاهان زراعی و گیاهان غیر تراریخته کمکی است. ابزار این روش هنوز به طور کامل مشخص نشده و معیارها تغییر می‌کنند. استفاده از پناهگاه-ها مستلزم کشت حد معینی از گیاه زراعی با یک واریته غیرتراریخته است و همچنین عدم تیمار مقداری از سطوح پوشش گیاهی که به عنوان میزبان‌های تناوبی بکار می‌روند. روش‌های مرسوم تجربی بر مبنای این راهکار وجود ندارد و بنابراین شک و تردید قابل توجهی در جامعه تحقیقاتی زیست‌شناسی – آفت در خصوص موفقیت راهکار پناهگاه وجود دارد. این مفهوم بر این فرض استوار است که یک جمعیت باقیمانده حساس حفظ خواهد شد و با جمعیتی که تحت فشار انتخابی شدید گیاهان زراعی تراریخته Bt قرار داشته، تبادل ژنی خواهد داشت. این تبادل ژنی مانع، یا حداقل به تأخیر اندازنده، شروع مقاومت خواهد بود.

یک مشکل قانونی در استفاده از محصولات تراریخته برای کنترل حشرات وجود دارد. از آنجا که گیاهان زراعی تراریخته حشره‌کش‌هایی تولید می‌کنند که به طور طبیعی قابل به تولید آن نیستند، برخی عقیده دارند که واریته تراریخته باید به‌عنوان یک آفت‌کش به ثبت برسد. بر اساس تفسیر صریح FIFRA این عقیده درست به‌نظر می‌رسد. ولی سایر محققین عقیده دارند از لحاظ سم‌شناسی بین تولید اندوتوکسین از Bt و بسیاری از ترکیبات طبیعی گیاهان که دارای خصوصیات حشره‌کشی بوده و تحت مقررات آفت‌کش قرار ندارند، تفاوتی وجود ندارد.

برای دستیابی به اطلاعات بیشتر در زمینه کاربرد مهندسی ژنتیک در مدیریت بندپایان، کتاب کاروزی و کوزئیل[1] (۱۹۹۷) را پیشنهاد می‌کنیم.

حشرات مفید تغییر یافته از لحاظ ژنتیکی. دومین روشی است که به روش مشابه مقاومت گیاه زراعی به علف‌کش‌ها را افزایش می‌دهد. اگر بتوان بندپایان مفید را به آفت‌کش‌ها مقاوم کرد، استفاده از آفت‌کش‌ها تلفات زیادی در جمعیت آن‌ها ایجاد نخواهد کرد. این مفهوم در مرحله تحقیقاتی قرار دارد، به طوری که بندپایان مفید مقاوم به حشره‌کش از لحاظ تجاری مورد تأیید قرار نگرفته‌اند. در حال حاضر تلاش‌هایی برای ایجاد مقاومت در کنه‌های شکارگر در دست انجام است.

علف‌های هرز مدیریت علف‌های هرز از طریق استفاده از گیاهان زراعی که از لحاظ ژنتیکی دستکاری شده و به یک علف کش متحمل هستند، یکی از عرصه هایی است که با توسعه تجاری سریعی همراه بوده است.

با پیدایش محصولات مهندسی شده از لحاظ ژنتیکی واژه مقاومت گیاه میزبان، معنی جدید در رابطه با مدیریت علف هرز دارد. در گذشته، مقاومت در گیاهان زراعی به توانایی ایستادگی گیاه زراعی در برابر حمله یک گیاه‌خوار یا یک عامل بیماری‌زا گفته می‌شد. امروزه با استفاده از مهندسی ژنتیک، مقاومت به معنی توانایی گیاه زراعی به ایستادگی در برابر اثرات یک علف‌کش نیز مطرح است. این مفهوم با آنچه که برای تغییر دادن مقاومت گیاه میزبان به آفات بکار رفته، متفاوت است. ژن‌هایی دخیل در توانایی تحمل به یک علف کش (صرف‌نظر از منبع) شناسایی و به گیاهان زراعی انتقال داده می‌شوند. در واقع این فرایند، علف‌کش را از غیر انتخابی به انتخابی تغییر می‌دهد. به همین دلیل، گیاهان زراعی تراریخته‌ی مقاوم به علف‌کش، محصولات مقاوم به علف‌کش (HRCs) نامیده می‌شوند.

سه روش متفاوت استفاده می‌شود:

۱- تغییر دادن محل عمل به‌طوری که علف‌کش نتواند اثرش را اعمال کند. این تغییر به طور معمول از طریق تغییر در محل پیوند با هدف انجام می‌شود.

۲- افزایش سرعت تجزیه علف‌کش به طوری که علف‌کش پیش از هر گونه اثر عمده، تجزیه می‌شود.

۳- تولید زیاد آنزیم‌هایی که تحت‌تأثیر علف‌کش قرار می‌گیرند به طوری که گیاه زراعی بتواند کاهش ایجاد شده به‌وسیلهٔ علف‌کش را تحمل کند.

[1] Carozzi and Koziel (1997)

مقاومت به سه علف‌کش متفاوت به شرح زیر توسعه داده شده است:

۱- گلایفوزات[1]. علف‌کش انتقالی طیف وسیع است که بیشتر گیاهان یک‌ساله و دائمی را می‌کشد. گیاهان زراعی تغییر شکل نیافته (nontransformed) دارای تحمل طبیعی ذاتی ناچیزی نسبت به علف‌کش یا فاقد تحمل هستند. همچنین گلایفوزات از لحاظ زیست محیطی بی خطر است زیرا دارای سمیت کمی برای پستانداران بوده و در خاک به سرعت تجزیه می‌شود. ژن‌های ایجادکننده حالت انتخابی بودن در هر دو تیپ دوم و سوم (موارد قبلی) در موجودات زنده شناسایی و به گیاهان زراعی انتقال داده شده‌اند. در سال ۱۹۹۴ سویا اولین گیاه زراعی تراریخته متحمل به گلایفوزات بود که برای استفاده تجاری به ثبت رسید. در سال ۱۹۹۹ گیاهان زراعی دیگری شامل پنبه، ذرت، کانولا[2] و چغندرقند برای استفاده تجاری به ثبت رسیدند. استفاده از گلایفوزات در این گیاهان زراعی میزان مصرف کلی علف‌کش را اصلاح نکرد زیرا از علف‌کش‌های دیگری استفاده می‌شد. ولی کنترل علف هرز بر پایه‌ی گلایفوزات که بعد از ظاهرشدن علف‌های هرز به کار برده می‌شود مؤثرتر و ارزان‌تر است (شکل ۱۷-۸). روش IPM ترجیحی برای پیشگیری مشکل است.

۲- گلوفوزینات[3]. این علف‌کش تماسی طیف وسیع، بیشتر گیاهان یک‌ساله را در مرحله رشدی گیاهچه می‌کشد. گیاهان زراعی تغییر شکل نیافته به این علف‌کش تحمل کمی دارند. ژن‌های ایجاد کننده مقاومت به این علف‌کش به واریته‌های ثبت شده پنبه، سویا، چغندر قند، ذرت و کانولا انتقال داده شده‌اند.

۳- بروموکسی‌نیل[4]. این علف‌کش بسیاری از گیاهان دو لپه‌ای را می‌کشد ولی فعالیت کمی روی گیاهان علوفه‌ای دارد و به طور گسترده‌ای برای کنترل علف هرز در غلات استفاده شده است. تحمل بروکسی‌نیل در بیشتر گیاهان زراعی دو لپه‌ای تغییر شکل نیافته پایین است. در سال ۱۹۹۴ واریته‌های پنبه تراریخته دارای مقاومت به بروموکسی‌نیل به ثبت رسیدند.

یک واریته تراریخته کانولا با تحمل زیاد در برابر باقیمانده علف کش سولفونیل اوره ایجاد و در سال ۱۹۹۹ به ثبت رسید. این واریته تراریخته می‌تواند به صورت یک گیاه زراعی تناوبی در جایی استفاده شود که باقیمانده علف‌کش به دنبال استفاده در یک گیاه زراعی غله‌ای پیشین در خاک پایدار است. این امر می‌تواند امکان تغییرات در علف کش مورد استفاده گیاهان زراعی غله‌ای پیشین را فراهم سازد.

---

[1] Glyphosate
[2] Canola
[3] Glufosinate
[4] Bromoxynil

شکل ۱۷- ۸: کنترل علف هرز یک‌ساله‌ی زمستانه با استفاده از گلایفوزات؛ رقم چغندرقند متحمل گلایفوزات (جلو) در مقایسه با تیمار نشده (عقب). منبع: تصویر از Robert Norris.

همان طور که در بحث مربوط به اصلاح نباتات سنتی ذکر شد، قابلیت رقابت بیشتر گیاهان زراعی با علف‌های هرز در حال بررسی و تحقیق است. این نکته قابل درک است که مهندسی ژنتیک توانسته برای این هدف به‌کار گرفته شود. در این زمینه هر پتانسیلی برای آینده وجود دارد.

پذیرش گیاهان زراعی تراریخته

بین سال ۱۹۹۶، که اولین کشت گیاهان زراعی تراریخته تجاری صورت گرفت تا سال ۱۹۹۹، افزایش سریعی در پذیرش تجاری گیاهان زراعی تراریخته رخ داد. بیشترین کاربرد گیاهان زراعی تراریخته در عرصه مدیریت آفت بود. در سال ۱۹۹۸، ۵۰ میلیون جریب از واریته‌های تراریخته گیاهان زراعی مقاوم به علف‌کش و ۱۹ میلیون جریب از واریته‌های مقاوم به حشره‌کشت شدند. ۷۴ درصد از کل گیاهان زراعی تراریخته کشت شده در سراسر دنیا مربوط به ایالات متحده ، ۱۳ درصد مربوط به آرژانتین و ۱۰ درصد مربوط به کانادا بودند.

جدول ۱۷-۱ جزئیاتی از کاربردهای اصلی گیاهان زراعی تراریخته را در ایالات متحده در سال ۱۹۹۸ ارائه می‌دهد.

چگونگی پیشرفت پذیرش گیاهان تراریخته برای مدیریت آفت در آینده معلوم نیست. عدم تمایل عمومی برای قبول تولیدات GMO در بسیاری از کشورهای پیشرفته، پذیرش این فناوری را کند کرده است. این موضوع دوباره در فصل ۱۹ بحث می‌شود.

جدول ۱۷-۱ استفاده از محصولات تراریخته در ایالات متحده در سال ۱۹۹۸

محصول	زمین کشت شده (میلیون آکر)	درصد تراریختگی(٪)	ویژگی‌های تراریختگی اصلی
سویا	۷۲	۳۲	مقاومت علف کش (گلایفوزات و گلوفوزینات)
ذرت	۸۰	۲۵	مقاومت حشره (کرم اروپایی ذرت)
پنبه	۱۳	۴۵	مقاومت حشره (کرم غوزه) و علف‌کش
سیب زمینی	۱/۴	۳/۵	مقاومت ویروس (پیچاننده برگ) و حشره (سوسک کلرادوی سیب‌زمینی)

محدودیت‌ها

به‌نظر می‌رسد فناوری مهندسی ژنتیک روش‌های فوق‌العاده جالبی برای افزایش گزینه‌های مدیریت آفات ارائه می‌دهد. با وجود این، پرسش‌های جدی پیش از پذیرش گسترده این فناوری مطرح است، که نیاز به پاسخ دارند.

پیچیدگی‌های اکولوژیکی یا زیست‌محیطی؛ گیاهان زراعی مهندسی شده یا تراریخته از لحاظ ژنتیکی چنانچه مشکلی ایجاد کنند نمی‌توانند از محیط‌زیست به طور کامل حذف شوند. هنگامی که تراریخته‌ها در محیط زیست رهاسازی می‌شوند ممکن است دارای این مشکلات باشند. نگرانی‌ها و ابهامات مربوط به رهاسازی ژن‌ها که با روش‌های غیرطبیعی در محیط زیست بوجود می‌آیند در آینده با موضوع پیچیدگی‌های اجتماعی بررسی خواهند شد.

کنترل سایر آفات؛ استفاده از محصولات تراریخته و روش‌های اصلاح نباتات سنتی برای مدیریت آفت، یک آفت خاص یا یک گروه از آفات وابسته (خویشاوند) را مورد هدف قرار می‌دهد. آفات غیر-هدف می‌توانند همچنان گیاه زراعی تراریخته را مورد حمله قرار دهند و در نتیجه به کاربرد سایر روش‌های کنترل نیاز است. مزیت آشکار کاهش مصرف آفت‌کش ممکن است کاهش یابد، چون گونه‌های کنترل نشده ممکن است نیازمند عملیات اضافی باشند.

مقاومت در جمعیت‌های آفت؛ پتانسیل مقاومت آفت به تراریخته‌ها مهم‌ترین عاملی است که ممکن است استفاده طولانی مدت از گیاهان زراعی تراریخته را محدود کند. در چندین مورد، مقاومت

حشرات به Bt بر مبنای فناوری کاربرد به وجود آمده است. ژن‌های کدکننده تولید توکسین که به داخل بسیاری از گیاهان زراعی واردسازی شده‌اند، به طور قابل توجهی افزایش دهنده فشار انتخابی هستند. برای نمونه مقاومت به گلایفوزات در چاودار؛ در واقع افزایش مصرف علف‌کش در گیاهان زراعی مقاوم به گلایفوزیت منجر به توسعه سریع‌تر مقاومت به علف‌کش در علف‌های هرز شده‌است.

بادبردگی علف‌کش؛ یک مشکل جدی، بادبردگی علف‌کش‌ها از گیاه زراعی هدف به یک گیاه زراعی غیرهدف است (بحث ابتدایی در فصل ۱۱ را ببینید). بادبردگی علف‌کش از گیاهان زراعی تراریخته مقاوم به علف کش ممکن است حتی مشکل جدی‌تر باشد زیرا سطوح بزرگی از گیاهان زراعی مقاوم به علف‌کش با نوع یکسانی از علف‌کش تیمار خواهند شد که افزایش دهنده احتمال بادبرگی است.

علف‌های هرز برتر؛ این نگرانی وجود دارد که ژن‌های مقاومت از گیاه زراعی به علف‌های هرز منتقل شوند. چنین انتقالی تنها با تبادل ژنی بین گیاهان و در بیشتر موارد، فقط در بین گیاه زراعی و علف‌های هرز همان گونه رخ می‌دهد. در برخی موقعیت‌ها بین گیاه زراعی با علف هرز سازگاری وجود دارد، برای نمونه در تعدادی از گیاهان جنس *Brassica* مانند کانولا و خردل وحشی، و بین گندمیان و تعدادی از گونه های جنس *Aegilops* واردسازی تراریخته‌ها به چنین علف‌های هرزی شایستگی آن‌ها را در نتاج حاصله افزایش می‌دهد. مشکلات انتقال مقاومت حشره یا عامل بیماری‌زا به علف‌های هرز احتمالاً خیلی بیشتر از انتقال مقاومت علف‌کش برای ایجاد علف-های هرز برتر خواهد بود زیرا باعث افزایش قابل توجه در شایستگی آن‌ها با کاهش گیاه‌خواری یا بیماری‌ها که به طور متداول به تنظیم جمعیت علف‌های هرز کمک می‌کنند، می‌شوند.

گیاهان تراریخته داوطلب؛ در رابطه با علف‌های هرز برتر، پایداری بذر گیاه زراعی تراریخته از فصلی به فصل دیگر یک مشکل است. در محصولاتی که HRCs هستند، یک برنامه مدیریت علف هرز جایگزین که نباید روی همان فناوری HRC متکی باشد ضروری است. یک مشکل جدی در بعضی از سیستم‌های کشاورزی علف‌های هرز هستند و استفاده از گیاهان زراعی تراریخته این مشکل را تشدید می‌کند.

واکنش آلرژیک به پروتئین‌های بیگانه؛ بکارگیری گیاهان زراعی تراریخته برای مدیریت آفت نیازمند وارد کردن پروتئین های جدید (بیشتر به شکل آنزیم ها) در گیاهان است. این نگرانی وجود دارد که چنین پروتئین‌هایی ممکن است موجب واکنش‌های آلرژیک در انسان (یا حیوانات) شوند که از گیاهان زراعی تراریخته تغذیه می‌کنند. آزمایش‌های واکنش آلرژیک یا تغذیه‌ای قبل از رهاسازی روی همه گیاهان زراعی تراریخته انجام می‌شود. بنابراین رهاسازی یک گیاه زراعی تراریخته که واکنش آلرژیک جدید تولید می‌کند بعید است. حداقل در یک مورد، واکنش آلرژیک در آزمایشی مشاهده و منجر به توقف توسعه آن واریته تراریخته ویژه شد.

نگرانی‌ها درباره کیفیت تغذیه‌ای؛ در کشورهای توسعه‌یافته عدم پذیرش عمومی گیاهان زراعی تراریخته یک مانع جدی برای به کارگیری این روش برای مدیریت آفت است. با وجود این، درکشورهای کمتر توسعه‌یافته این فناوری مفید است زیرا خطرات ناشی از گیاهان زراعی تراریخته احتمالاً از خطرات بعضی از آفت‌کش‌ها، یا خطرات ناشی از سوء تغذیه کمتر است. این منفعت بالقوه ممکن است به شکل تخفیف گرسنگی و سوء تغذیه و بهبود استاندارد عمومی زندگی باشد.

عدم درک منفعت؛ به‌نظر می‌رسد در کشورهای صنعتی عامهٔ مردم منافع بالقوه استفاده متداول از گیاهان زراعی تراریخته را برای مدیریت آفت درک نمی‌کنند. وقتی تنها افرادی که منفعت این فناوری را درک می‌کنند، صنایع کشاورزی و آگروشیمی را دارند، هیچ دلیلی برای استقبال از این فناوری برای عامه مردم وجود ندارد.

حق مالکیت منطقی؛ چه کسی صاحب ژن‌ها است؟ آیا یک کمپانی به دلیل شناسایی و کلون کردن یک ژن، دارای حق ثبت یک ژن است؟ آیا ژن‌ها متعلق به جمعیت انسان هستند؟ جامعه چه مقدار از هزینه‌های مربوط به شناسایی و کلون کردن ژن‌ها را می‌پردازد؟ این‌ها، موضوعات جدی هستند که پاسخ‌های روشنی ندارند.

به دلیل مشکلات واقعی و فرضی مذکور، بیشتر دانشمندان در به‌کارگیری گیاهان تراریخته برای اهداف مدیریت آفت و شاید اهداف دیگر احتیاط زیادی دارند.

کاربردهای ژنتیک آفت در مدیریت تلفیقی آفت (IPM)

یک شکل اختصاصی از مدیریت ژنتیکی آفت، بر مبنای رهاسازی حشرات نر زنده‌ای استوار است که به وسیله پرتوتابی یا سایر روش‌ها عقیم شده‌اند. این روش مدیریت آفت، روش رهاسازی حشره عقیم[1] نامیده می‌شود. در این روش از مزیت رفتار جفتگیری حشره استفاده می‌شود به‌طوری‌که حشرات منجر به نابودی خود می‌شوند. این روش به وسیله ادوارد نیپ‌لینگ[2] پیشکسوت این روش، روش خودکشی در کنترل حشره نامیده شد. عمومی‌ترین فرایند در روش رهاسازی حشره عقیم عبارت است از:

الف. پرورش انبوه حشرات هدف در آزمایشگاه‌های تولیدی بزرگ

ب. عقیم کردن حشرات به طور معمول با قرار دادن آن‌ها در معرض یک منبع پرتوتابی

ت. رهاسازی حشرات عقیم در مقادیر اشباعی جهت جفت‌گیری با ماده‌های وحشی و در نتیجه توقف تولیدمثل.

[1] Sterile Insect Release (SIR) Technique
[2] Edwrad Knipling

یک شرط ضروری برای موفقیت این روش توانایی رقابت نرهای عقیم با نرهای وحشی برای جفت-گیری با ماده‌های وحشی است. یک ماده جفت‌گیری کرده با یک نر عقیم، تخم‌هایی تولید می‌کند که قادر به زنده ماندن نیستند. راهکار رهاسازی حشره عقیم (SIR) در مدیریت حشرات در رشته‌های دیگر معادلی ندارد، اگرچه این مفهوم برای کنترل جوندگان پیشنهاد شده است ولی مورد استفاده قرار نگرفته است. کاربرد روش رهاسازی حشره عقیم محدودیت‌های زیادی دارد و بر اساس نظر نیپ‌لینگ باید تحت چهار موقعیت ممکن بررسی شود:

۱- برای مهار جمعیت آفتی که به طور کامل مستقر شده و به طور طبیعی در سطوح پایینی قرار دارد و توزیع آن‌ها طی برخی از دوره‌های چرخه زندگی‌شان محدود می‌شود.

۲- برای حذف جمعیت‌های در حال تشکیل در مناطق اولیه.

۳- برای جلوگیری از استقرار جمعیت‌های خسارت‌زا در مناطق جدید.

۴- برای ریشه‌کنی جمعیت‌های آفت به طور کامل مستقر شده که می‌توانند ابتدا با روش‌های دیگر کاهش یابند.

یکی از ملزومات روش SIR کاربرد آن در یک سطح بزرگ است و برای موفقیت بایستی در یک روش سطح وسیع بکاربرده شود.

اولین و هنوز هم جالب‌ترین مدرک مستند از روش رهاسازی حشره عقیم (SIR) حذف مگس های گوشت در دام‌های امریکا است. روش رهاسازی حشره عقیم به‌صورت بخشی از برنامه حذف مگس میوه مدیترانه‌ای در محل‌های مورد هجوم در کالیفرنیا استفاده شده است. به نظر می‌رسد این مگس ها از شمال مکزیک، کالیفرنیا را مورد هجوم قرار می‌دادند بنابراین یک برنامه ریشه‌کنی سطح وسیع برای تحت پوشش قرار دادن هجوم این آفت ایجاد شد. هدف برنامه بزرگ دیگری، رهاسازی‌های انبوه حشره عقیم در آلودگی‌های مربوط به پراکنش کرم سرخ پنبه (یک آفت مخرب پنبه) بوده است. از سال ۱۹۷۰ روش SIR در دره بزرگ سن‌ژوزه کالیفرنیا مورد استفاده قرار گرفت. مهار کرم سرخ غوزه انجام گرفت و پنبه با روش تلفیقی مورد حمایت واقع شد. از سال ۱۹۹۴، این برنامه به دره ایمپریال در جنوب کالیفرنیا کشیده شد چراکه این آفت به طور کامل در آنجا مستقر شده بود. پیدایش پنبه تراریخته مقاوم به حشره، تلفیق پنبه مقاوم و روش SIR فرصت های جدیدی برای ریشه‌کنی آفت در مناطقی که آفت برای مدت طولانی مستقر شده بود فراهم کرد. استفاده از SIR در تلفیق با سایر روش‌ها برای کنترل کرم سیب در درختان سیب و گلابی در شمال ایالت واشنگتن و دره اوکاناگان[1] در ایالت بریتیش کلمبیا در کانادا بکار رفته است. در یک برنامه بزرگ و سطح وسیع، اختلال در جفت‌گیری با فرمون‌های جنسی و روش SIR تلفیق

[1] Okanagan

شدند تا کاهش جمعیت آفت به زیر سطح اقتصادی حاصل شود. سؤالات جدی در مورد کارایی این روش در متن IPM و اثرات اکولوژیکی برنامه‌های بزرگ ریشه‌کنی مطرح است.

خلاصه

مقاومت گیاه میزبان حاصل از اصلاح نباتات سنتی شاید بهترین راه‌حل برای مشکلات آفت در مناطقی است که این روش مناسب وجود دارد. از آنجایی که مقاومت گیاه میزبان، منبع غذایی آفت هدف را حذف می‌کند، این روش یک راه حل پایدار برای مشکل آفت فراهم می‌کند به طوری که دارای معایب اقتصادی یا اکولوژیکی نیست (شکل ۱۷-۱ را ببینید). علت اصلی شکست روش مقاومت گیاه میزبان، توانایی آفات برای گسترش استرین‌های جدیدی است که بر مقاومت فائق می‌شوند. نبود ژن‌های مناسب در ژرم‌پلاسم گونه‌های زراعی، یک محدودیت اصلی در کاربرد جهانی روش مقاومت گیاه میزبان بوده است. مهندسی ژنتیک امکان الحاق ژن‌های مقاومت از گونه‌های غیرخویشاوند به گیاهان زراعی را فراهم کرده و در زمینه کنترل برخی از آفات که اصلاح نباتات سنتی جوابگوی آن‌ها نبوده، پیشرفت‌های جالبی حاصل شده است. استفاده از گیاهان زراعی تراریخته (گیاهانی که با استفاده از روش‌های مولکولی، ژن‌هایی به آن‌ها واردسازی شده است) با پرسش‌های جدی زیست‌محیطی و اخلاقی همراه بوده است.

منابع

Anonymous. 2000. Current status of petitions (biotechnology permits), http:/www.aphis_usCla.gov/biotech/petday. html .

Carey, J. R. 1996. The incipient Mediterranean fruit fly population in California: Implications for invasion biology. Ecology 77:1690-1697.

Carozzi, N., and M. Koziel, eds. 1997. Advances in insect control: The role of transgenic plants. London; Bristol, Pa.: Taylor & Francis, xvi, 301.

Clement, S. L., and S. S. Quisenberry, eds. 1999. Global plant genetic resources for insect-resistant crops. Boca Raton, Fla.: CRC Press, 295.

Flor, H. H. 1942. Inheritance of pathogenicity of *Melampsora lini*. Phytopathology 32:653-669.

Karban, R., and I, T, Baldwin. 1997. Induced responses to herbivory, Chicago: University of Chicago Press, ix, 319.

Marshall, G., and D. Walters, cds. 1994. Molecular biology in crop protection. London, UK: Chapman & Hall, xii, 283.

Maxwell, F. G., and P. R. jennings, eds. 1980. Breeding plants resistant to insects. environmental science and technology. New York: Wiley, xvii, 683.

Panda, N., and G. S, Khush. 1995, Host-plant resistance to insects. Wallingford; Oxon, UK: CAB International, in association with the International Rice Research Institute, xiii, 431.

Persley, G. J., and J. N. Sidow. 1996. Biotechnology and integrated pest management. Oxon, UK: CAB International, xvi, 475.

Readshaw, J. L. 1986. Screwworm eradication a grand illusion? Nature 320:407-410.

Tallamy, D. W, and M. J. Raupp, eds. 1991. Phytochemical induction by herbivores. New York: Wiley, xx, 431.

Van der Plank, J. E. 1984. Disease resistance in plants. Orlando, Fla.: Academic Press, xiv, 194.

Young, L. D. 1998. Breeding for nematode resistance and tolerance. In K. R. Barker, G. A. Pederson, and G. L. Windham, eds., Plant ana' nematode interactions, Madison, Wis.: American Society of Agronomy, 187-207.

فصل هجدهم: برنامه‌های مدیریت تلفیقی آفات؛ توسعه و اجرا

رئوس مطالب این فصل:

- مرور مدیریت تلفیقی آفات
- توسعه برنامه مدیریت تلفیقی آفات
- مثال‌هایی از برنامه‌های مدیریت تلفیقی آفات
- اجرای برنامه مدیریت تلفیقی آفات
- خلاصه

هفده فصل اول این کتاب زیست‌شناسی، اکولوژی و انواع روش‌های مورد استفاده در مدیریت آفات را شرح دادند. کاربرد ساده روش‌های منفرد برای مدیریت آفات خاص بدون در نظر گرفتن سایر آفات در اکوسیستم کشاورزی یک برنامه IPM را تشکیل نمی‌دهد. روش‌های منفرد ابزارهایی هستند که برای سنگ‌بنای یک برنامه مدیریت تلفیقی بکار می‌روند. این فصل چگونگی تلفیق اجزای روشی به راهبردهای مورد استفاده برای اجرای یک برنامه IPM را بیان می‌کند.

مرور مدیریت تلفیقی آفات

تعاریف

یکی از مشکلات اصلی با بحث درمورد اجزای یک برنامه IPM به‌وجود می‌آید زیرا تنوع گسترده‌ای در تعاریف IPM وجود دارد و تصورات و انتظارات افراد درباره چگونگی بکارگیری درست IPM متفاوت است.

پیدایش مفهوم IPM در دهه ۱۹۵۰ بود اما در عمل این مخفف در سال ۱۹۷۲ وضع شد. اصطلاح IPM امروزه کم و بیش به طور همگانی درک شده است (لسلی و کوپروس[1] ۱۹۹۳، مورس و بولر[2] ۱۹۹۷، کوگان[3] ۱۹۹۸)، ولی این که چه چیزی یک برنامه IPM را تشکیل می‌دهد هنوز جای بحث دارد. موارد زیر سه تعریف مختلف از مدیریت تلفیقی آفات (IPM) هستند.

[1] Leslie and Cuperus
[2] Morse and Buhler
[3] Kogan

۱ - یک روش سیستم‌ها برای کنترل آفت که از راهبردهای مناسب بهره می‌گیرد تا اثرات آفت را به حداقل برساند در عین حال از محیط زیست محافظت کرده و درآمد اقتصادی قابل قبولی فراهم می‌کند.

۲ - یک روش جامع برای کنترل آفت که از ترکیب روش‌ها بهره می‌گیرد تا تعداد آفت را به سطوح قابل تحمل کاهش دهد و در عین حال کیفیت محیط‌زیست را حفظ کند.

۳ - تلفیق سازگار و هماهنگ روش‌های مناسب که با در نظر گرفتن محیط‌زیست و دینامیسم‌های جمعیت آفت، باعث می‌شود تعداد آفت قادر به ایجاد خسارت اقتصادی نباشد.

دو تعریف پیشین با این مفهوم سازگاری دارند؛ در حالی که بسیاری از تعاریف (مانند تعریف ۳) بر آستانه‌های اقتصادی تأکید دارند و بنابراین به سمت مدیریت حشره گرایش دارند. به طور معمول چنین تعاریفی تنها باعث شناخت لازم برای نیاز به مدیریت گروه‌های دیگری از آفات هستند. لزوم تلفیق مدیریت همه گروه‌های آفت در این تعریف، امری اجتناب‌ناپذیر است؛ زیرا کشاورز، مدیر یا کارورزان IPM باید همه جنبه‌های مدیریت آفت و عملیات تولید را تلفیق کنند و آفات به صورت جدا از یکدیگر در محصول یافت نمی‌شوند. اغلب برنامه‌های مدیریت آفت روی رده‌های خاص آفت تمرکز کرده‌اند و در سطح یک تلفیق هستند (در ادامه بحث می‌شود) و می‌بایست در مراحل پیشرفته‌تری توسعه یابند.

اهداف مدیریت تلفیقی آفات (IPM)

در تعاریف مختلف IPM توجه به عناصر پایه و یک سری اهداف کاربردی مفید است.

۱ - برنامه IPM باید قابلیت اطمینان اقتصادی در مدیریت آفت را حفظ کند. اگر فعالیت‌های IPM پیشنهاد شده از لحاظ اقتصادی مناسب نباشند تولیدکنندگان با آن سازگار نخواهند شد.

۲ - عملیات IPM باید خطر خسارت محصول را کاهش دهد. هر عملیاتی که منجر به افزایش خطر شود بکار گرفته نخواهد شد.

۳ - به سبب اهمیت مقاومت آفت به روش‌های مدیریت آفت، به ویژه آفت‌کش‌ها، یک برنامه IPM باید طوری طراحی شود تا فشار انتخابی روی آفات را کاهش داده تا سودمندی این روش‌ها در آینده حفظ شود. هر برنامه‌ای که این موضوع را مورد توجه قرار ندهد مشکلات مربوط به مقاومت آفت را تجربه خواهد کرد.

۴ - یک برنامه IPM باید تلاش کند تا کیفیت محیط‌زیست را حفظ و از کاربرد روش‌هایی که به صورت غیرضروری در اکوسیستم‌ها اختلال یا خسارت وارد می‌کنند، اجتناب کند به ویژه اکوسیستم‌هایی که مورد هدف مدیریت نیستند.

کاهش مصرف آفت‌کش، هدف روشن بیشتر برنامه‌های IPM بیان نمی‌شود، اگرچه کاهش‌هایی در مصرف آفت‌کش اغلب در اثر اجرای درست IPM حاصل می‌شود. با وجود این، بیشتر سیستم‌های مدیریت حشرات آفت مستلزم جایگزینی حشره‌کش‌های طیف وسیع با حشره‌کش‌های انتخابی هستند، بنابراین مصرف آفت‌کش به خودی خود کاهش نمی‌یابد. به بیان دقیق‌تر، در مورد سیستم‌های مدیریت حشرات آفت کاهش مصرف آفت‌کش طیف وسیع یک هدف روشن است.
درک نادرست متداول دیگر، مرتبط ساختن IPM با اصول کشاورزی ارگانیک است. کشاورزی ارگانیک یک هدف مستقیم IPM نیست، اگرچه کشاورزی ارگانیک بسیاری از اصول IPM را بکار می‌گیرد.

راهبردهای مدیریت تلفیقی آفات (IPM)

یک راهبرد مدیریت آفت باید به صورت ترکیب بهینه‌ای از روش‌های مدیریت آفت برای یک اکوسیستم زراعی خاص و محیط‌زیست در نظر گرفته شود. راهبردهای بهینه نمی‌تواند برای همه گروه‌های آفت تعمیم داده شود. ترکیبی از روش‌های کنترل که برای یک گروه از آفت بهینه بوده به احتمال زیاد برای گروه دیگر بهینه نخواهد بود. حتی در درون گروه‌های آفت، ترکیب بهینه روش‌ها بسته به موارد زیر متغیر خواهد بود:

۱- اکوسیستم مدیریت شده مانند محصول ردیفی کوتاه فصل در مقایسه با محصولات درختی دائمی.

۲- مقتضیات اکوسیستم و محیط‌زیست، مانند سیستم آبیاری شده در مقایسه با سیستمی که در آن بارندگی صورت گرفته است.

۳- فلسفه تولید مدیریت شده در اکوسیستم زراعی مانند کشاورزی ارگانیک در مقایسه با کشاورزی سنتی.

۴- گروه (گروه‌های) آفات و به ویژه تعداد آفات کلیدی که باید مدیریت شوند مانند آفات خاکزاد در مقایسه با آفات هوازی یا آفات ساکن در مقایسه با متحرک.

۵- اقتصاد اکوسیستم زراعی مانند ۳۰۰ دلار گندم به ازاء هر جریب در مقایسه با ۱۰ هزار دلار توت فرنگی به ازاء هر جریب

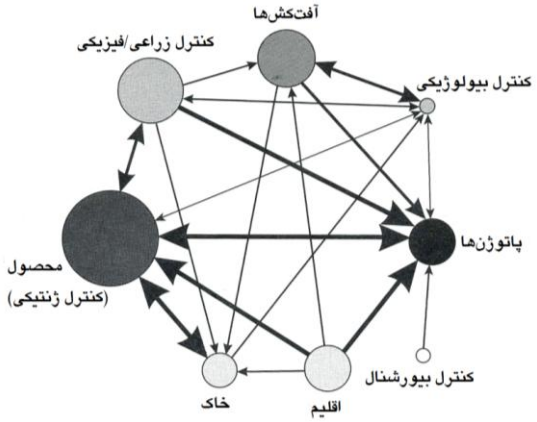
هوی[1] (۱۹۹۴) با استفاده از یکسری نمودارها (شکل‌های ۱۸-۶ تا ۱۸-۸) اهمیت نسبی انواع روش‌های مدیریت بندپایان در راهبردهای مدیریتی متفاوت را نشان داده است. این نمودارها الگوهای مفیدی فراهم کرده‌اند که راهبردهای مدیریتی مختلف را در بین گروه‌های آفت مقایسه می‌کند. بسط این الگوها (شکل‌های ۱۸-۱ تا ۱۸-۵) اهمیت نسبی روش‌های کنترلی متفاوت داخل یک سیستم IPM برای هر یک از گروه‌های اصلی آفت را نشان می‌دهد. به طور کلی استثناهای خاصی از وضعیت معمول منحرف می‌شوند و الگوهای تشخیص می‌بایست چنین محدودیت‌هایی را مدنظر قرار دهند.

در الگوهای زیر اندازهٔ نسبی دایره اندازهٔ سهم روش را در IPM کلی نشان می‌دهد و ضخامت پیکان اهمیت روش روی موجودات زنده درگیر مختلف را نشان می‌دهد. توجه به اهمیت نسبی تفاوت روش‌های مورد استفاده برای مدیریت آفات در بین اگرواکوسیستم‌ها مهم است و با عوامل بسیاری شامل شدت مدیریت، مقبولیت روش‌های ویژه و ارکان چهاروجهی آفت (شکل ۱-۶ را ببینید) تعریف می‌شود. برخی اگرواکوسیستم‌ها و ترکیب‌های آفت ویژگی‌هایی دارند که استفاده از روش‌هایی که در سیستم‌های دیگر به ندرت به‌کار می‌روند را تحمیل می‌کنند. استدلال هر پارادایم به طور جداگانه بحث شده است.

عوامل بیماری‌زا

الگوی مدیریت عامل بیماری‌زا بیانگر نیاز به تأکید اصلی روی گیاه زراعی برای مدیریت بسیاری از عوامل بیماری‌زا است (شکل ۱۸-۱). واریته‌های زراعی مقاوم پشتیبان بسیاری از برنامه‌های مدیریت عامل بیماری‌زا هستند. مدیریت خاک و عملیات زراعی و همچنین استفاده از آفت‌کش‌ها (مانند قارچ‌کش‌ها، آنتی‌بیوتیک‌ها) برای بسیاری از عوامل بیماری‌زا حائز اهمیت هستند. کنترل بیولوژیک مدیریت شده متداول و مصرف آفت‌کش‌های بیورشنال[2] (طبیعی و شبه طبیعی) نقش به نسبت کم اهمیتی در مدیریت عوامل بیماری‌زا ایفاء می‌کنند. تاکید بیشتر روی پایش شرایط اقلیمی برای مدیریت پاتوژن‌ها به‌ویژه بیماری‌های پلی‌سیکلیک از مدیریت سایر گروه‌های آفت معمول‌تر است. مدیریت ارگانیک پاتوژن‌ها اهمیت نسبی اغلب روش‌ها را تغییر نمی‌دهد اما استفاده از اغلب آفت‌کش‌ها را حذف می‌کند.

[1] Hoy
[2] Biorational



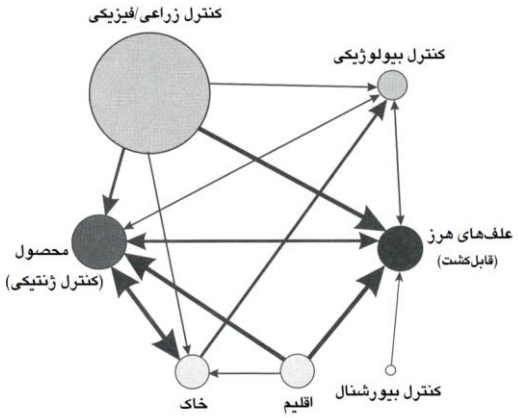
شکل ۱۸-۱: نمودار الگویی از IPM برای مدیریت عوامل بیماری‌زا. اندازه‌ی دایره‌ها سهم نسبی هر روش و ضخامت پیکان‌ها اثر نسبی هر روش را نشان می‌دهد.

علف‌های هرز

این الگو بیانگر تغییر در اهمیت روش‌های مختلف در رابطه با مدیریت تولیدکنندگان (گیاهان) به جای مصرف‌کنندگان اولیه ا ست.

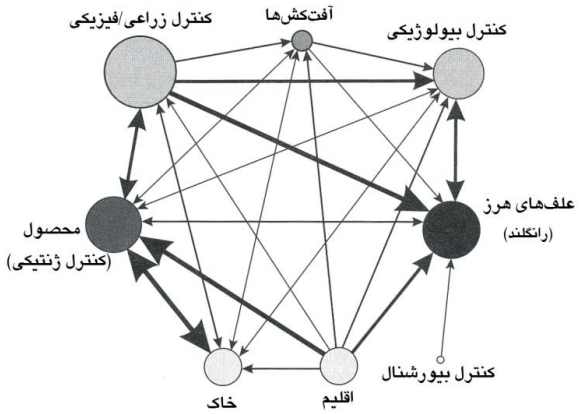
در علف‌های هرز محصولات مزروعی (قابل کشت) دستکاری یا تغییر دادن مستقیم گیاه زراعی برای علف‌های هرز نسبت به عوامل بیماری‌زا و آفات دیگر کم اهمیت‌تر است (شکل ۱۸-۲)، زیرا روابط غذایی مستقیمی بین علف‌های هرز و گیاه زراعی وجود ندارد. مهم‌ترین روش‌ها عبارتند از عملیات زراعی، کنترل‌های فیزیکی و آفت‌کش‌ها (علف‌کش‌ها). اهمیت کنترل بیولوژیکی مدیریت شده و کنترل‌های بیورشنال کم است. خاک و اقلیم بیشترین نقش کمی در برنامه‌های مدیریت علف هرز ایفاء می‌کنند.

مدیریت ارگانیک علف هرز مدیریت ارگانیک علف هرز به میزان زیادی بر روش‌های کنترل فیزیکی و زراعی متکی بوده و با تأکید کمتری از کنترل بیولوژیکی و صفات زراعی برای مدیریت سنتی علف هرز استفاده می‌شود (شکل ۱۸-۳). اهمیت نسبی روش‌های مختلف برای مدیریت ارگانیک علف‌های هرز باید با این روش‌ها برای مدیریت ارگانیک بندپایان و همچنین غالب بودن کنترل بیولوژیکی، مورد مقایسه قرار گیرد (شکل ۱۸-۳ و شکل ۱۸-۶).



شکل ۱۸- ۲: نمودار الگویی از IPM برای مدیریت ارگانیک علف‌های هرز محصولات قابل کشت بدون استفاده از علف‌کش‌ها. اندازه‌ی دایره‌ها سهم نسبی هر روش و ضخامت پیکان‌ها اثر نسبی هر روش را نشان می‌دهد.

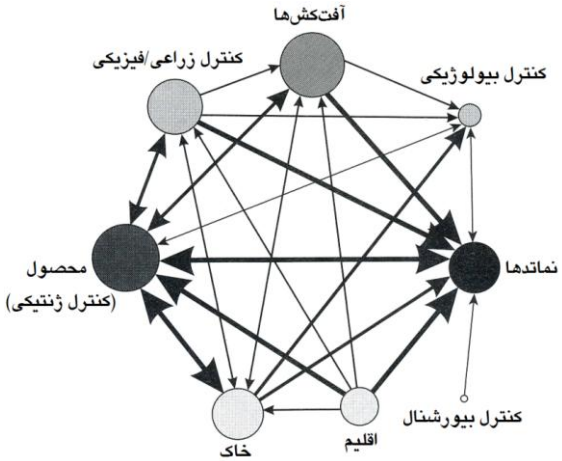
مدیریت علف هرز مرتعی این الگو بیانگر کاهش اهمیت آفت‌کش‌ها (علف‌کش‌ها) و افزایش اهمیت کنترل بیولوژیک برای مدیریت علف هرز در سیستم‌های به نسبت پایدار مرتعی است که درآمدهای نقدی بالایی وجود ندارد (شکل ۱۸-۴). همچنین بیانگر مدیریت علف هرز در بیشتر سیستم‌های جنگلی است.



شکل ۱۸- ۳: نمودار الگویی از IPM برای مدیریت رایج علف‌های هرز در اکوسیستم‌های رانگلند/پایدار. اندازه‌ی دایره‌ها سهم نسبی هر روش و ضخامت پیکان‌ها اثر نسبی هر روش را نشان می‌دهد.

نماتدها

در سیستم‌های زراعی یک‌ساله، روش‌های مدیریت نماتد قبل از کشت، تعیین و بکار برده می‌شوند. اگر کولیتوارهای مناسب مقاوم به نماتد موجود باشند، استفاده می‌شوند. همچنین نماتدکش‌ها اغلب مورد استفاده قرار می‌گیرند. در سیستم‌های محصولات دائمی، برای گیاهانی که دوباره کشت می‌شوند، روش‌ها می‌توانند بکار گرفته شوند ولی برای گیاهان مستقر شده کمتر در دسترس هستند. به طور کلی، الگوی مدیریت نماتد مشابه با الگوی مدیریت علف هرز قابل کشت است (شکل ۱۸-۵)، ولی با تأکید کمتر روی مقاومت و تا اندازه کمتری روی روش‌های کنترل زراعی و فیزیکی؛ اگر چه در بعضی از سیستم‌ها روش‌های زراعی و فیزیکی بسیار خوب عمل می‌کنند. حفظ سلامت عمومی و توان و قدرت گیاه در برابر سایر تنش‌ها حائز اهمیت است. نوع خاک و شرایط خاک در مدیریت نماتد نسبت به آفات دیگر از اهمیت بیشتری برخوردار است. میزان استفاده از کنترل بیولوژیک و مواد شیمیایی بیورشنال پایین است، اگرچه استفاده از آن‌ها به طور روزافزون توسعه یافته است.

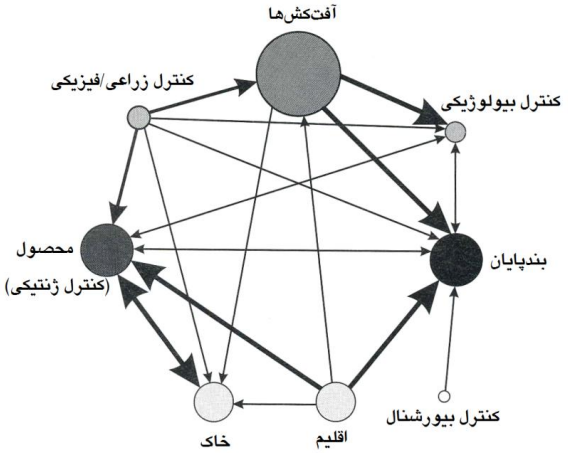


شکل ۱۸- ۴: نمودار الگویی از IPM برای مدیریت نماتدها. اندازه‌ی دایره‌ها سهم نسبی هرروش و ضخامت پیکان‌ها اثر نسبی هر روش را نشان می‌دهد.

بندپایان

هوی (۱۹۹۴) سه الگو برای مدیریت بندپایان ارائه کرد که در رابطه با میزان استفاده از آفت‌کش‌ها متفاوت هستند و عبارتند از آفت‌کش‌های مرسوم، مدیریت ارگانیک بندپایان و مدیریت تلفیقی بندپایان.

آفت‌کش‌های مرسوم و رایج الگویی که بر استفاده از آفت‌کش‌ها تاکید دارد و استفاده به نسبت کم از روش‌های کنترل بیولوژیک یا روش‌های فیزیکی/ زراعی را توصیه می‌کند (شکل ۱۸-۶)، در خارج از حوزه IPM قرار می‌گیرد و همان‌طور که در اخر این فصل تعریف می‌شود، یک روش کنترل آفت است که در اثر آن، جمعیت آفت زیر آستانه IPM باقی می‌ماند. روش‌های بیورشنال نیز به میزان کمی مورد استفاده قرار می‌گیرند. الگوی رایج آفت‌کش برای کنترل بندپایان با روش مبتنی بر آفت‌کش برای مدیریت سایر گروه‌های آفات یکسان نیست. برای نمونه، مدیریت علف هرز تأکید بسیار زیادتری روی کنترل‌های زراعی و فیزیکی دارد (شکل ۱۸-۲) و مدیریت عامل بیماری‌زا تا اندازه خیلی زیادی از راهبردهای مدیریتی مبتنی بر محصول بهره می‌برد (شکل ۱۸-۱).



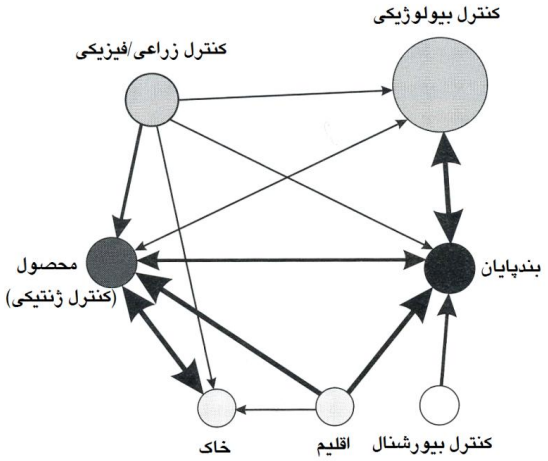
شکل ۱۸- ۵: نمودار الگویی از IPM برای مدیریت بندپایان بر پایه‌ی آفت‌کش‌ها (رسم مجدد از Hoy، ۱۹۹۴). اندازه‌ی دایره‌ها سهم نسبی هر روش و ضخامت پیکان‌ها اثر نسبی هر روش را نشان می‌دهد.

مدیریت ارگانیک بندپایان استفاده از آفت‌کش بسیار کاهش یافته و حشره‌کش‌های «طبیعی» که از گیاهان و روغن‌ها بدست می‌آیند و صابون‌های حشره‌کش به‌طور معمول جایگزین حشره‌کش‌های آلی مصنوعی می‌شوند. یک افزایش قابل توجه در تکیه بر کنترل بیولوژیک و استفاده از روش‌های بیورشنال وجود دارد. این الگو با روش‌های مدیریت ارگانیک علف هرز یا عامل بیماری‌زا هماهنگ و سازگار نیست (شکل ۱۸-۷ را با شکل‌های ۱۸-۱ و ۱۸-۲ مقایسه کنید).

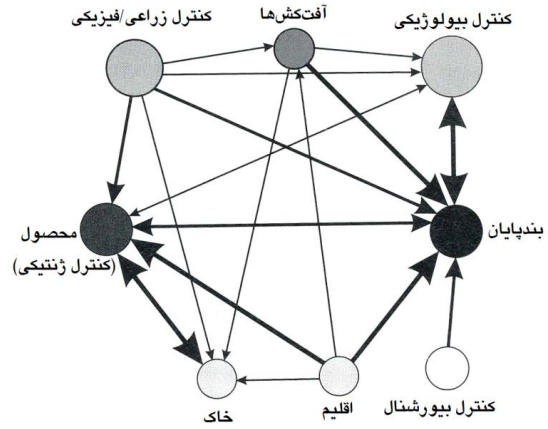
مدیریت تلفیقی بندپایان این الگو مدیریت سنتی و رایج بندپایان برای گیاهان زراعی اصلی و بیشتر محصولات دائمی (مانند درختان میوه و تاک‌ها) را بیان می‌کند (شکل ۱۸-۸). روش‌های اصلی کنترل بر مبنای کنترل زراعی/مکانیکی، کنترل بیولوژیک و روش‌های بیورشنال، همراه با

تکیه متوسط روی آفت‌کش‌ها و مقاومت گیاه میزبان، استوار هستند. این الگو بیانگر مدیریت بندپایان در گیاهان جالیزی کوتاه فصل، که به شکل ۱۸-۶ بسیار نزدیک‌تر بوده، نیست.

مقایسه اهمیت نسبی هر روش مدیریت آفت با هر گروه از آفات در جدول ۱۸-۱ به طور خلاصه ارائه شده است. متخصصین مدیریت تلفیقی آفات (IPM) هنگام طراحی سیستم برای مدیریت آفت در یک محصول باید این تفاوت‌ها را در نظر بگیرند، به طوری که برنامه کلی مدیریت برای همه گروه‌های آفت مؤثر باشد.



شکل ۱۸- ۶: نمودار الگویی از IPM برای مدیریت ارگانیک بندپایان (رسم مجدد از Hoy، ۱۹۹۴). اندازه‌ی دایره‌ها سهم نسبی هر روش و ضخامت پیکان‌ها اثر نسبی هر روش را نشان می‌دهد.



شکل ۱۸- ۷: نمودار الگویی از IPM برای مدیریت تلفیقی بندپایان (رسم مجدد از Hoy، ۱۹۹۴). اندازه-ی دایره‌ها سهم نسبی هر روش و ضخامت پیکان‌ها اثر نسبی هر روش را نشان می‌دهد.

جدول ۱۸-۱ اهمیت نسبی روش‌های مختلف مورد استفاده در مدیریت رده‌های مختلف آفات

آفت	سیستم IPM	اصلاح ژنتیکی محصول	زراعی/فیزیکی	شیمیایی	بیولوژیکی	رفتاری	بیورشنال	اقلیم	خاک
پاتوژن‌ها	متداول	+++	+++	++	+	×	+	++	++
	ارگانیک	+++	+++		+	×	+	+++	+++
علف‌های هرز	قابل‌کشت	_	+++	+++	_	×	_	+	+
	ارگانیک	+	+++		+	×	_	+	++
	رانگلند	+	++	+	++	×	_	+	+
نماتدها	متداول	+++	++	++	+	×	_	_	++
بندپایان	متداول	++	++	+++	+	_	+	_	_
	(حشره) IPM	++	++	+	++	+	++	_	+
	ارگانیک	++	+++		+++	++	++	_	+
مهره‌داران	متداول	_	+++	+	++	++	×	_	_

کلید علائم که سطح اهمیت را نشان می‌دهد: +++: پر اهمیت، ++: مهم، +: کم اهمیت، _: اهمیت ناچیز، ×: روشی قابل اجرا نیست، خانه‌های خالی: روشی استفاده نمی‌شود.

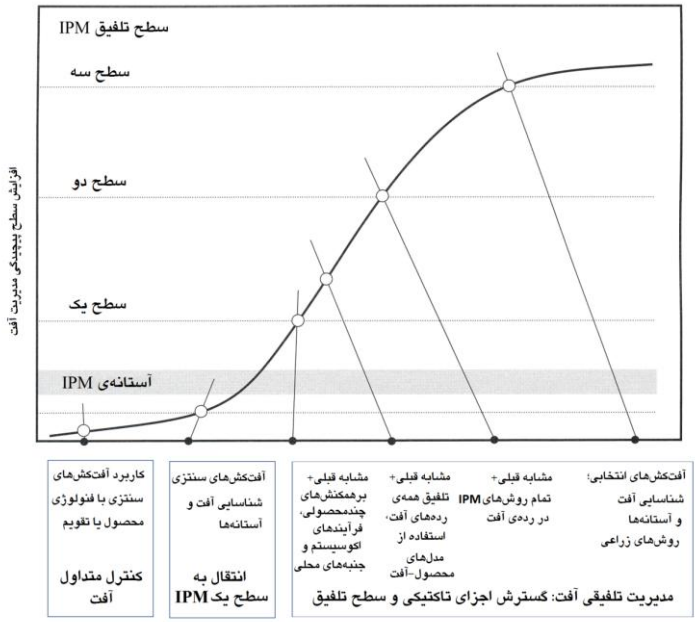
سطوح IPM و تلفیق

مدیریت آفت می‌تواند زنجیری پیوسته در نظر گرفته شود که در دامنه‌ای از انجام ندادن هیچ کاری و پذیرفتن خطر خسارت قابل توجه محصول تا اعتماد و اتکاء کامل بر سمپاشی آفت‌کش بر مبنای تقویم، و تا برنامه‌های فوق‌العاده پیچیده‌ای که امکان برهم‌کنش‌های پیچیده بین آفات، اکوسیستم و جامعه را امکان‌پذیر ساخته، قرار دارد (شکل ۱۸-۹ و شکل ۱۸-۱۰).

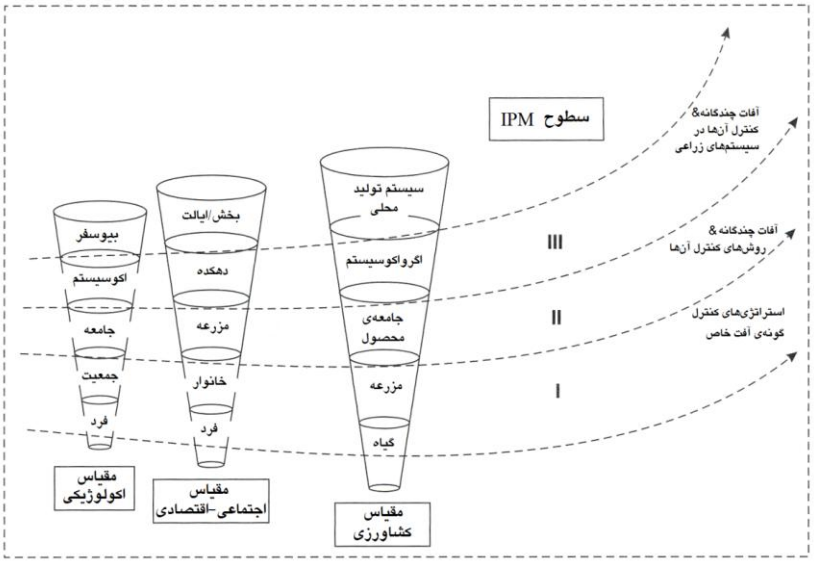
به‌طور مشابه، مدیریت تلفیقی آفت می‌تواند زنجیری در نظر گرفته شود که دامنه آن از حالتی که که آفات به صورت گونه‌های منفرد بدون در نظر گرفتن آفات دیگر، مدیریت می‌شوند تا حالتی که مدیریت تلفیقی به طور کامل (ایده‌آل) با در نظر گرفتن همزمان همه گروه‌های آفت و جانداران مفید از شیوه‌های پیچیده تصمیم‌گیری مبتنی بر قانون تا بهینه کردن همه روش‌ها نسبت به آستانه‌های اقتصادی چند آفتی استفاده می‌کند، قرار دارد. اولین حد در زنجیره مدیریت، روش‌ها را حتی داخل یک گروه از آفات تلفیق نمی‌کند و در واقع IPM نیست. چنین روشی منجر به مشکلات زیادی در رابطه با کنترل آفت که فقط بر روش‌های آفت‌کش شیمیایی متکی هستند، می‌شود. دومین حد در زنجیره‌ی مدیریت مطلوب است ولی وجود ندارد زیرا قاعده تصمیم مورد

اشاره و آستانه‌های اقتصادی چندآفتی توسعه نیافته‌اند (و حتی ممکن است عملی نباشند به استثنای حد نهایی در شکل ویژهٔ مکانی).

مدیریت تلفیقی آفات (IPM) می‌تواند در سطوح مختلفی از تلفیق در نظر گرفته شود، به طوری که هر سطح متشکل از اجزاء سطح قبلی است. اساسی‌ترین شکل تلفیق مدیریت آفت هنگامی رخ می‌دهد که روش‌ها برای کنترل یک آفت یا یک مجموعه آفات داخل یک گروه تلفیق می‌شوند. این تلفیق روش‌ها، سطح اول IPM نامیده می‌شود (شکل‌های ۱۸-۹ و ۱۸-۱۰). سطح اول IPM به وسیله الگوهای شرح داده شده در بخش قبلی مثال زده می‌شود. این سطح از مدیریت آفت مستلزم استفاده از دیده‌بانی و آستانه‌ها برای تصمیم‌گیری است و مجموعه‌ای از روش‌های کنترل را به‌کار می‌گیرد. بیشتر برنامه‌های رایج IPM در سطح اول تلفیق قرار دارند.



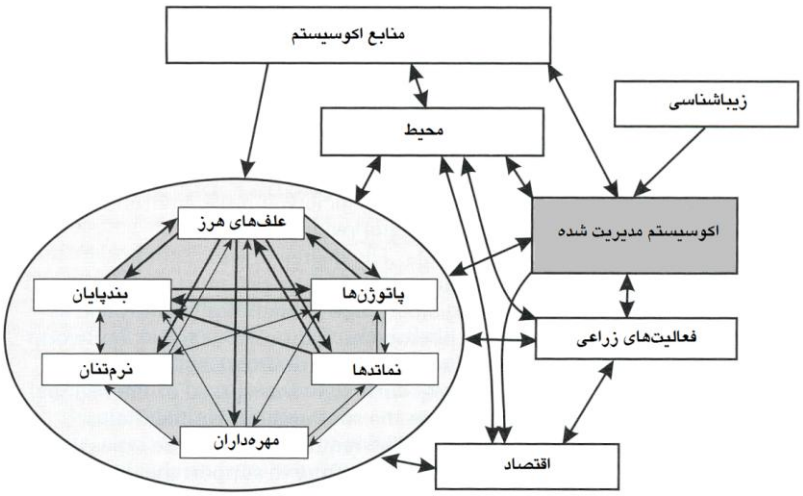
شکل ۱۸- ۸: نمودار زنجیره‌ی IPM و پیچیدگی نسبی سطوح مختلف تلفیق را نشان می‌دهد. منبع: رسم مجدد از Kogan و Bajwa، ۱۹۹۹.



شکل ۱۸- ۹: نمودار نسبت سطوح مختلف IPM را بـه مقیـاس‌هـای اکولـوژیکی، اجتمـاعی-اقتصـادی و کشاورزی نشان می‌دهد.

همان‌طور که در فصل ۶ بحث شد، آفات به طور جداگانه یافت نمی‌شوند ولی در هر اکوسیستم بـه نسبت در قالب مجموعه‌ای از گروه‌ها وجود دارند. برای توسعه یک سیستم واقعی مدیریت تلفیقـی، درک برهم‌کنش‌هایی که بین گروه‌های آفت و روش‌های کنترل بـرای آن‌هـا رخ مـی‌دهـد ضـروری است (شکل ۱۸-۱۱) اما در تعداد معدودی از برنامه‌هـای رایـج IPM انجـام مـی‌شـود. سـطح دوم IPM در مقیاس کل مزرعه عملی است.

در نهایت قرار دادن سیستم مدیریت مجموعه آفت در یک چارچوب گسترده اجتماعی اقتصادی در یک مقیاس ناحیه‌ای ضروری است (شـکل‌هـای ۱۸-۱۰ و ۱۸-۱۱) کـه سـطح سـوم IPM نامیـده می‌شود. بنابراین هدف کلی یک برنامه IPM تلفیق نیازهای تمام گروه‌هـای مختلـف آفـت در یـک برنامه جامع معین است. این سطح در هیچ برنامه رایج IPM انجام نمی‌شود.



شکل ۱۸- ۱۰: نمودار قرار گرفتن شش‌وجهی آفت (شکل ۱-۶) در چارچوب اکولوژیکی و اجتماعی را نشان می‌دهد.

توسعه برنامه مدیریت تلفیقی آفات

افراد، برنامه‌های IPM را توسعه نمی‌دهند. به‌دلیل ماهیت پیچیده برنامه‌های IPM، تیمی از متخصصین رشته‌های مختلف آفت، متخصصین علوم زراعی، متخصصین هواشناسی و اکولوژیست‌های اکوسیستم برای ایجاد برنامه‌های IPM همکاری می‌کنند. هنگامی که برنامه IPM آزمایش و توسعه یافت، به وسیله دست‌اندرکاران IPM اجرا می‌شود. پیدایش میکروکامپیوترها استفاده از مدل‌های مؤثر، پیش‌بینی فنولوژیکی و پیش‌آگاهی بیماری را امکان‌پذیر ساخته است. به طور مشابه، میکروکامپیوترها همراه با سیستم‌های ارتباطی مدرن الکترونیکی، به ویژه شبکه گسترده جهانی (WWW) انتشار اطلاعات و استفاده از ابزارهای تصمیم‌گیری را بسیار آسان کرده است (بخش بعدی این فصل را ببینید). برای ایجاد یک برنامه IPM انواع معینی از اطلاعات ضروری هستند. موارد زیر تعدادی از مهم‌ترین جنبه‌های برنامه IPM است.

جنبه‌های کلیدی برنامه IPM

سیستم‌های IPM دانش فشرده هستند و یک برنامهٔ IPM بر مبنای درک زیست‌شناسی و اکولوژی سیستم، اقتصاد و مقتضیات اقتصادی اجتماعی استوار است. در ادامه انواع اطلاعات ضروری ذکر می‌شوند:

۱ - شناسایی آفات کلیدی. آفاتی که احتمالاً روی تولید سیستم تأثیر اقتصادی دارند باید شناسایی شوند. همچنین آفات ثانویه که احتمالاً به آفات کلیدی تبدیل می‌شوند می‌بایست مورد شناسایی قرار گیرند. در جاهایی که کنترل بیولوژیک، جزء کلیدی اکوسیستم به شمار می‌آید شناسایی دشمنان طبیعی نیز حائز اهمیت است.

۲ - زیست‌شناسی و اکولوژی آفت. چرخه زندگی، عادات تولیدمثلی، رفتارها، عادات تغذیه‌ای، ترجیح میزبانی، الگوهای فعالیت، سازوکارهای پراکندگی، حساسیت به شرایط زیست‌محیطی، قدرت بیماری‌زایی، شکار(طعمه)، شکارگران، پارازیت‌ها، رقابت‌کننده‌ها و جنبه‌های تعیین‌کننده وابسته به تراکم از عناصر قبلی، برای همه آفات سیستم باید به خوبی درک و شناخته شود.

۳ - ویژگی‌های سیستم ناحیه‌ای تولید محصول. یک برنامه مؤثر IPM نیازمند درک و شناخت همه جنبه‌های سیستم تولید محصول، زیست‌شناسی و اکولوژی همه آفات موجود در سیستم، مزایا و معایب راهبردهای مختلف کنترل آفت، مقتضیات زیست‌محیطی، نیازمندی‌های اجتماعی و مقررات محلی، ایالتی و فدرال (مرکزی) است. دستیابی و تفسیر چنین مجموعه پیچیده‌ای از اطلاعات مشکل بوده و بیانگر یکی از موانع پذیرش IPM است.

۴ - مدل‌های پیش‌بینی قابل اطمینان. قابلیت پیش‌بینی رخدادهای فنولوژیکی در هر دوی، گیاه و آفات، و همچنین پیش‌بینی اثرات عملکرد و اقتصاد، مطلوب است.

۵ - اطلاعات هزینه- سود در مورد روش‌های کنترل. قابلیت دسترسی و سود و هزینه همه راهبردهای مدیریت باید ارزیابی شود نظیر استفاده مدبرانه و عاقلانه از آفت‌کش‌ها. در سطوح پیشرفته تلفیق IPM، نه تنها هزینه و سودهای مستقیم برای تولیدکننده بلکه هزینه‌ها و سودها برای جامعه و محیط‌زیست نیز حائز اهمیت است. با وجود این، چنین اطلاعاتی اغلب به سادگی در دسترس نیست.

۶ - اجزاء مدیریت ناحیه‌ای. میزان وجود جزء ناحیه‌ای برای مدیریت آفات باید دانسته و به برنامه ملحق شود. تلفیق شامل عواملی مانند ممانعت از ورود (مانند، تله‌های فرمونی برای کشف کرم سرخ غوزه و رهاسازی‌های انبوه) و نقش برنامه‌های کنترل ناحیه‌ای است مانند زنجرک برگ چغندرقند در کالیفرنیا برای کاهش گسترش و شیوع ویروس پیچیدگی برگ چغندرقند یا برنامه ریشه‌کنی ناحیه‌ای سرخرطومی غوزه در جنوب شرقی ایالات متحده.

۷ - سیستم‌های شمارش دیده‌بانی و پایش. نیاز به انواع و دامنه دیده‌بانی و پایش جمعیت به منظور حمایت از فرایند تصمیم‌گیری و همچنین چگونگی انجام پایش و تعیین افراد انجام‌دهنده باید تعیین شود.

۸ - ثبت و نگهداری سوابق. نوع سوابق موردنیاز بایستی تعیین شوند. این نیاز ممکن است در بین گروه‌های مختلف آفت به طورکامل متفاوت باشد. داده‌ها و اطلاعات زیر در مورد اجزاء سیستم باید ثبت شود.

۸-۱- شناسایی آفت، اندازه جمعیت و فنولوژی همه انواع آفات (برای جزئیات بیشتر ثبت سوابق را در فصل ۸ ببینید).

۸-۲- روش‌های کنترل آفت به ویژه کاربرد آفت‌کش‌ها، نظیر روش‌های مورد استفاده و تاریخ بکارگیری آن‌ها، انواع مواد شیمیایی بکار رفته، نسبت‌های کاربرد (چنانچه مناسب باشند) نظیر رهاسازی‌های عوامل کنترل بیولوژیک یا نصب تله‌های فرمونی و پخش-کننده‌ها و روش کاربرد روش‌ها.

۸-۳- نتایج روش‌های کنترل آفت. چگونگی تاثیر مناسب روش‌های کنترل؛ این ثبت‌ها در پایش سطوح مقاومت به آفت‌کش‌ها یا وقوع بیوتیپ‌های بیماری‌زا در واریته‌های مقاوم گیاهان از اهمیت خاصی برخوردار هستند.

۸-۴- عملکرد محصول. ثبت عملکرد در بعضی از محصولات و استفاده از سیستم‌های پایش محصول بسیار متداول شده است. عملکرد گیاه زراعی می‌تواند به موفقیت یا شکست روش‌های IPM مربوط شود.

۸-۵- مواد غذایی مورد استفاده. ثبت انواع، مقادیر (نسبت‌ها) و زمان کاربرد مواد مغذی نه تنها در رابطه با بررسی اثرات ممکن آن‌ها روی آفات، مهم هستند بلکه امکان آنالیز صحیح بودجه را نیز فراهم می‌سازند.

۸-۶- داده‌ها و اطلاعات آب و هوا در مورد حداقل دما و بارش نه تنها برای تفسیر نتایج عملکرد بلکه برای استفاده در مدل‌های فنولوژیک حائز اهمیت هستند. تعیین برنامه زمانی آبیاری در جاهایی که آبیاری مناسب وجود دارد عنصری ضروری برای ثبت سوابق است.

۸-۷- ثبت‌های مهم دیگر عبارتند از واریته گیاه زراعی، هزینه‌های کارگر و سایر موارد.

۹ - مدیریت مقاومت. توسعه و اجرای راهبردهای مدیریت مقاومت باید به برنامه الحاق شود.

۱۰ - مقتضیات اکولوژیکی و اجتماعی. تمام مقتضیات اکولوژیکی و اجتماعی متداول باید در نظر گرفته شود (برای جزئیات بیشتر فصل ۱۹ را ببینید).

طراحی رو به جلو، کلید توسعه یک برنامه IPM موفقیت‌آمیز است. یک برنامه‌ی IPM مشکلات آفت را در مقایسه با واکنش ساده‌ای که هنگام حضور آفت رخ می‌دهد پیش‌بینی می‌کند. بسیاری

از روش‌های کنترل می‌بایست قبل از حمله‌ی آفت استفاده شوند. طراحی بلندمدت که در بخش بعد ذکر شده برای محصولات کوتاه فصل و همچنین چندساله مفید است.

بررسی‌های کلی

برای ایجاد یک برنامه IPM، انواع اطلاعات اختصاصی زیر باید بررسی شوند.

قبل از کشت در گیاهان زراعی یکساله تعیین گونه آفت کلیدی در همه گروه‌هایی که محصول را مورد هجوم قرار می‌دهند، خواه وجود دارند یا ندارند، و تعدادشان و پتانسیل ایجاد خسارت توسط آن‌ها حائز اهمیت است. با این اطلاعات مدیر مجبور به بررسی همه موجودات در مزرعه نیست، بلکه بهتر است در حد معقول آن‌هایی که زیان غیر قابل قبول ایجاد می‌کنند را در نظر داشته باشد. شناخت آفات کلیدی ایجاد نقشه‌هایی که هر یک از آفات کلیدی را در بر می‌گیرند امکان‌پذیر می‌سازد. اگر تنها روش کنترلی مناسب می‌بایست قبل از کشت گیاه زراعی به‌کار گرفته شود دانش اولیه درباره آفات کلیدی ممکن است ضروری باشد مانند نماتدهای آفت. ثبت سوابق خوب از فصل‌های کشت گذشته می‌تواند به طراحی برنامه‌هایی که مشکلات آفت را پیش بینی می‌کنند کمک کند. در حد امکان، طراحی نیازمند نمونه برداری پیش از کشت برای تعیین تراکم‌های اینوکولوم برای عوامل بیماری‌زا و نماتدها است.

در برخی نواحی، مقررات برای استفاده اولیه آفت‌کش‌های معین طی فصل، نیازمند توسعه هستند و قبل از کشت گیاه زراعی باید اختیارات مناسب داده شود (همان‌طور که در فصل ۱۱ گفته شد).

در مواقع لزوم، نیاز در نظر گرفتن جنبه‌های ناحیه‌ای برنامه باید در این مرحله انجام شود. چنانچه در نواحی مجاور عملیات‌هایی رخ دهد توسعه‌ی یک برنامه‌ی IPM خنثی بی‌فایده است. در طول فرایند طراحی تشخیص تفاوت‌های مقیاسی ضروری است.

در طول چرخه‌ی محصول روش پلکانی تصمیم مشروح در فصل ۸، راهنمایی مناسب برای فعالیت-های موردنیاز مدیریت آفت در طول چرخه‌ی محصول را فراهم می‌کند. باید رشد محصول و ظهور آفت پایش و فعالیت‌های کنترل مناسب به کار گرفته شوند. خصوصیات به ناحیه، محصول و آفت وابسته هستند.

بعد از برداشت محصول مدیریت برخی آفات نیازمند اعمالی بعد از برداشت محصول است. مدیریت تلفیقی آفات در محصولات چندساله، انواعی از اعمال مشابه است اما برای محصولات یکساله که بقایای محصول می‌توانند پناهگاه اینوکلوم عوامل بیماری‌زا یا مراحل کمون بندپایان باشند و ممکن است در طول انبار یا فصل رشد بعدی خسارت بزنند، متفاوت است. از اعمال بعد از برداشت می-توان به کنترل علف هرز برای جلوگیری از تولید بذر و انهدام محصول برای حذف اینوکلوم و منبع زمستان‌گذرانی اشاره کرد.

مثال‌هایی از برنامه‌های مدیریت تلفیقی آفات

مدیریت آفت برای همه محصولات وجود دارد، ولی سطح تلفیق روش‌های کنترل در بین گروه‌های آفت اغلب بسیار پایین است. جزئیات ویژه بر حسب ناحیه متغیر است. نوشته‌های گسترده‌ای از برنامه‌های IPM برای تعداد زیادی از محصولات وجود دارد. بیشتر آن‌ها روی گروه‌های آفت خاص متمرکز شده‌اند ولی در مجموع برای هر کسی که علاقه‌مند به IPM باشد یک منبع با ارزش را تشکیل می‌دهند. یک فهرست جامع از مرورهای اصلی این برنامه‌ها، کتابچه‌ها و مشروح کارگاه‌ها و سمپوزیوم‌ها را می‌توان در وب سایت www.ippc.orst.edu/ipmreviews یافت.

در این کتاب سه مثال انتخاب شده تا نشان داده شود چگونه برنامه‌های IPM برای محصولات متناسب با نیازمندی‌ها و مقتضیات مختلف مدیریت آفت توسعه داده می‌شوند. تعدادی از ویژگی-های مهم برای توسعه یک برنامه IPM برای محصولات در جدول ۱۸-۲ خلاصه شده است.

جدول ۱۸-۲ مقایسه‌ی ویژگی‌های زراعی محصولات انتخابی

عملکرد زراعی	کاهو	پنبه	سیب و گلابی
بذرپاشی تا برداشت	۴۵ تا ۷۰ روز	۷ یا ۸ ماه	سال‌های زیاد
فروش مستقیم	بله	خیر	بله
برداشت	دستی	ماشینی	دستی
شروع با	بذر یا نشاء	بذر	نشاء
استانداردهای ظاهری	بله	خیر	بله
پایداری سیستم	به شدت ناپایدار	ناپایدار	به نسبت پایدار
A/ارزش بازاری	$۲۰۰۰	$۳۵۰	$۳۵۰۰

۱ - کاهو معرف یک گیاه جالیزی ویژه، ناپایدار و کوتاه فصل است که بدون عمل آوری به طور مستقیم به مصرف‌کننده فروخته می‌شود.

۲ - پنبه یک گیاه زراعی ردیفی با فصل بلند و در مقیاس وسیع است که قبل از فروش به مصرف‌کننده مورد عمل‌آوری قرار می‌گیرد.

۳ - درختان دانه‌دار مثالی از یک سیستم محصول درختی دائمی هستند که محصول برداشت شده به طور مستقیم به مصرف‌کننده فروخته می‌شود اگرچه بخشی از محصول می‌تواند برای عمل‌آوری مدیریت شود.

IPM برای کاهو

کاهو و تعدادی از محصولات گلدار با ارزش، معرف طیفی از شرایط محصول/ مصرف‌کننده هستند که عوامل اجباری برای ایجاد و پذیرش IPM را تحمیل می‌کنند.

آفات کلیدی در کاهو؛ کاهو یک گیاه زراعی فصل سرد است و به‌نظر می‌رسد دارای آفات مربوط به آب و هوای سرد باشد. این نکته باید در ایجاد برنامه IPM در نظر گرفته شود.

عوامل بیماری‌زا برخی از بیماری‌های ویروسی مانند موزائیک کاهو، رگ بزرگی و پوسیدگی کرکی، کاهو را مورد حمله قرار می‌دهند. ضروری است که برنامه IPM چگونگی مدیریت این بیماری‌های ویروسی را مورد توجه قرار دهد. مشکلات ویروسی می‌تواند بقدری جدی باشند که مدیریت آن‌ها تحمیل‌کننده چگونگی برخی از اجزاء برنامه‌ای باشد که طراحی می‌شود. سایر عوامل بیماری‌زای کلیدی شامل افتادگی کاهو و سفیدک پودری هستند.

علف‌های هرز علف‌های هرز یکساله فصل سرد شامل بیشتر دولپه‌ای‌ها، به‌ویژه خانواده Astraseae، بعلاوه گزنه سوزان، کیسه کشیش، پنیرک و خرفه هستند. کاهو یک رقابت‌کننده ضعیف است بدین معنی که سطوح بالایی از کنترل علف هرز باید صورت گیرد تا عملکردهای قابل قبول از لحاظ تجاری بدست آید. گزنه‌ی سوزان می‌تواند به‌دلیل آسیب زدن به کارگران یک مشکل جدی در هنگام برداشت باشد.

نماتدها نماتد ریشه گره‌ای می‌تواند یک مشکل باشد ولی دماهای سرد برای تولید کاهو اهمیت نماتد را محدود می‌کند.

بندپایان شته‌ها، مینوزهای برگ و لاروهای بالپولک‌داران مختلف جدی‌ترین مشکلات بندپایان هستند.

مهره‌داران و نرمتنان مهره‌داران و نرمتنان به طور طبیعی در تولید تجاری کاهو مشکل‌ساز نیستند، ولی در مزارع کوچک و حیاط منازل می‌توانند خیلی خطرناک شوند.

بررسی‌های زراعی؛ برخی از عوامل، تعداد عملیات IPM مورد استفاده را دیکته می‌کنند. کاهو یک محصول باارزش است و بنابراین می‌تواند نهاده‌های به نسبت بالای مدیریتی را توجیه کند. از طرفی یک محصول بازاری تازه است بدین معنی که بدون عمل‌آوری به‌طور مستقیم به مصرف‌کنندگان عرضه می‌شود. کاهو به سرعت رشد می‌کند و می‌تواند در دوره بسیار کوتاه ۴۵ روزه برداشت شود. وقتی کاهو سرعت رشد پایینی دارد محصول حدود ۶۰ تا ۷۵ روزه برداشت می‌شود. در هنگام برداشت، اغلب روی زمین پوشش کاملی را ایجاد نمی‌کند. این محصول با دست برداشت می‌شود و بنابراین کارگران در هنگام برداشت باید بتوانند وارد مزرعه شوند.

ارزش بازاری کاهو متغیر است و می‌تواند عملکردی برابر با دو هزار دلار خالص در هر جریب در یک هفته داشته باشد و به‌دلیل ناپایداری بازار در رابطه با عرضه و تقاضا نباید برداشت آن بیش از دو هفته به طول انجامد. متغیر بودن ارزش بازاری کاهو تجزیه و تحلیل سود- هزینه را در تصمیمات IPM مشکل می‌سازد.

محدودیت‌ها؛ واقعیت‌های زراعی و بازاری، برخی محدودیت‌ها را در روش‌هایی IPM که می‌توانند استفاده شوند، تحمیل می‌کند. به دلیل کوتاهی دوره این محصول ممکن است زمان کافی بین تیمار آفت‌کش و برداشت محصول برای کاهش باقی‌مانده‌های آفت‌کش به سطوح قابل قبول وجود نداشته باشد. محدودیت باقی‌مانده آفت‌کش مانع استفاده از آفت‌کش‌هایی می‌شود که نمی‌توانند به سرعت تجزیه شوند و در محصول و در خاک به تدریج کم می‌شوند. مورد اخیر، می‌تواند شانس تناوب محصولات یا شانس آفت‌کش مورد استفاده در کاهو را محدود کند. مقاومت Plant- Back برای علف‌کش‌ها و آفت‌کش‌هایی دیگر در همه گیاهان زراعی (محصولات) فصل کوتاه از اهمیت ویژه ای برخوردار است.

برای خسارت به زیبایی در کاهو تحمل اندکی وجود دارد (فصل ۱۹ را ببینید). این محصول باید در هنگام برداشت، عاری از همه حشرات و لکه‌ها باشد، در غیر این صورت مصرف‌کنندگان در کشورهای صنعتی آن را قبول نخواهند کرد. این یک مشکل جدی برای برنامه IPM ایجاد می‌کند زیرا استفاده از کنترل بیولوژیک را حذف می‌کند. استانداردهای زیبایی واقعی هستند و بیشتر مصرف‌کنندگان در سوپرمارکت کاهو را به دقت مورد بازبینی قرار داده و آن‌هایی که فاقد هر گونه علائم یا خسارت آفت هستند، مانند شته‌ها یا سوراخ‌هایی در برگ‌های بیرونی یا گاهی سفیدک، را انتخاب می‌کنند.

در گفتمان کلی، کنترل بیولوژیک اغلب در محصولات فصل کوتاه وقتی که سطوح خسارت‌زایی آفت افزایش می‌یابد به خوبی عمل نمی‌کند زیرا جانداران مفید نمی‌توانند به اندازه کافی کنترل مناسبی ایجاد کنند (زمان تاخیر، شکل ۱۳-۱ را ببینید). استانداردهای زیبایی برای جانداران مفید نیز بکار می‌روند زیرا برای مصرف‌کنندگان وجود حشرات مفید همانند وجود حشرات آفت است.

نوسانات قیمت برای محصول بازاری تازه، استفاده از آستانه‌های اقتصادی را با مشکل مواجه می‌سازد. وقتی این مشکل با استاندارهای زیبایی همراه می‌شود، بیشتر مدیران وجود حشره یا عامل بیماری‌زا را در نزدیکی برداشت تحمل نمی‌کنند.

IPM برای پنبه

برنامه‌های جامعی برای پنبه توسعه یافته و در بیشتر نواحی جهان که این محصول کشت می‌شود به میزان متغیری اجرا شده است. پذیرش IPM در استرالیا در سطح بالایی قرار دارد که بسیار بیشتر از پذیرش آن در ایالات متحده و برخی از کشورهای آمریکای جنوبی، به ویژه برزیل و پرو است. در برخی نواحی این برنامه‌ها به سطح سوم IPM رسیده‌اند.

آفات کلیدی در پنبه پنبه یک گیاه زراعی فصل گرم با آفات فصل گرم است.

عوامل بیماری‌زا قارچ‌های عامل پژمردگی ورتیسلیومی و فوزاریومی از مهمترین عوامل بیماری‌زا هستند. ریشه سیاهی طی مرحله استقرار گیاهچه می‌تواند یک مشکل جدی باشد.

علف‌های هرز علف‌های هرز یکساله فصل گرم مانند برخی از گونه‌های تاج‌خروس، تاج‌ریزی و نیلوفر و همچنین چندین علف‌هرز چندساله مانند علف جانسون، اویارسلام زرد و ارغوانی و پیچک صحرایی می‌توانند مشکلات جدی در تولید پنبه ایجاد کنند.

نماتدها نماتدهای ریشه گره‌ای یک مشکل جدی در پنبه هستند. گونه و نژاد نماتد ریشه گره‌ای باید تعیین شود زیرا *Meloidogyne acronea* و نژادهای میزبان۳ و ۴ از *M. incognita* قادر به پارازیته کردن پنبه هستند. نماتد کلیوی شکل در بسیاری از مناطق تولید پنبه در ایالات متحده مشکل سازتر شده است و نماتد نیزه‌ای کلمبیا[1] نیز در برخی شرایط مشکل‌ساز است.

بندپایان بندپایان آفت کلیدی شامل سرخرطومی غوزه، کرم سرخ و سایر کرم‌های غوزه، زنجرک‌های برگی پنبه، سفیدبالک‌ها، شته پنبه، سن‌های لیگوس، سن‌های گیاهی دیگر، تریپس‌ها و کنه‌های تارتن هستند. همه این حشرات در همه مناطقی که پنبه کشت می‌شود مشکل‌ساز نیستند. به طور کلی، مناطقی که به وسیله کرم سرخ غوزه یا سرخرطومی غوزه (که آفات اختصاصی تیره پنیرکیان هستند) آلوده نمی‌شوند، دارای مشکلات کمتری از بندپایان آفت هستند.

مهره‌داران و نرمتنان مهره‌داران و نرمتنان به طور عادی در تولید پنبه تجاری مشکل‌ساز نیستند.

بررسی‌های زراعی؛ پنبه یک گیاه دائمی است ولی به طور معمول به صورت یک گیاه یکساله کشت می‌شود. پنبه حتی به صورت یک گیاه یکساله دارای فصل رشد طولانی است که بیشتر از شش ماه طول می‌کشد. از آنجایی که همه آفات در همه نواحی کشت پنبه وجود ندارند، ممانعت از ورود یک راهکار مدیریتی در مناطقی است که چنین آفاتی وجود ندارند. به سبب سهولت در تجارت و مسافرت بین‌المللی، ممانعت از ورود به نسبت غیرموثر شده است، به طوری که یک مثال در این مورد هجوم به نسبت جدید سرخرطومی غوزه به نواحی تولید پنبه در برزیل است.

پنبه با ماشین برداشت و به طور مکانیکی پاک می‌شود و الیاف پنبه به طور مکانیکی ریسیده شده و به نخ تبدیل می‌شوند. برخی از گونه‌های آفت بر قابلیت عمل‌آوری پنبه تأثیر منفی می‌گذارند که به هنگام طراحی یک برنامه IPM باید در نظر گرفته شوند. طی فرایند پنبه پاک‌کنی همه مواد برداشت شده‌ای که بذر یا الیاف پنبه نباشد حذف می‌شوند. این مواد آشغال پنبه پاک‌کنی[2] نامیده می‌شوند و به طور بالقوه حاوی بذور علف هرز، اینوکولوم عامل بیماری‌زا و تخم‌های حشره هستند. دور ریختن آشغال پنبه پاک‌کنی یک مشکل IPM است زیرا این آشغال اگر به مزارع پنبه برگردانده شود ممکن است موجب شیوع آفات شود.

محدودیت‌ها؛ به دلیل دائمی بودن، گیاه پنبه قابلیت زنده ماندن از یک فصل به فصل بعدی را دارد و بنابراین اینوکولوم آفت را از سالی به سال دیگر تقویت می‌کند. بنابراین نابودی گیاه زراعی در

[1] Columbia lance nematode
[2] Gin trash

محصول پنبه نسبت به نابودی گیاه زراعی در بیشتر گیاهان زراعی یکساله برای IPM از اهمیت بیشتری برخوردار است.

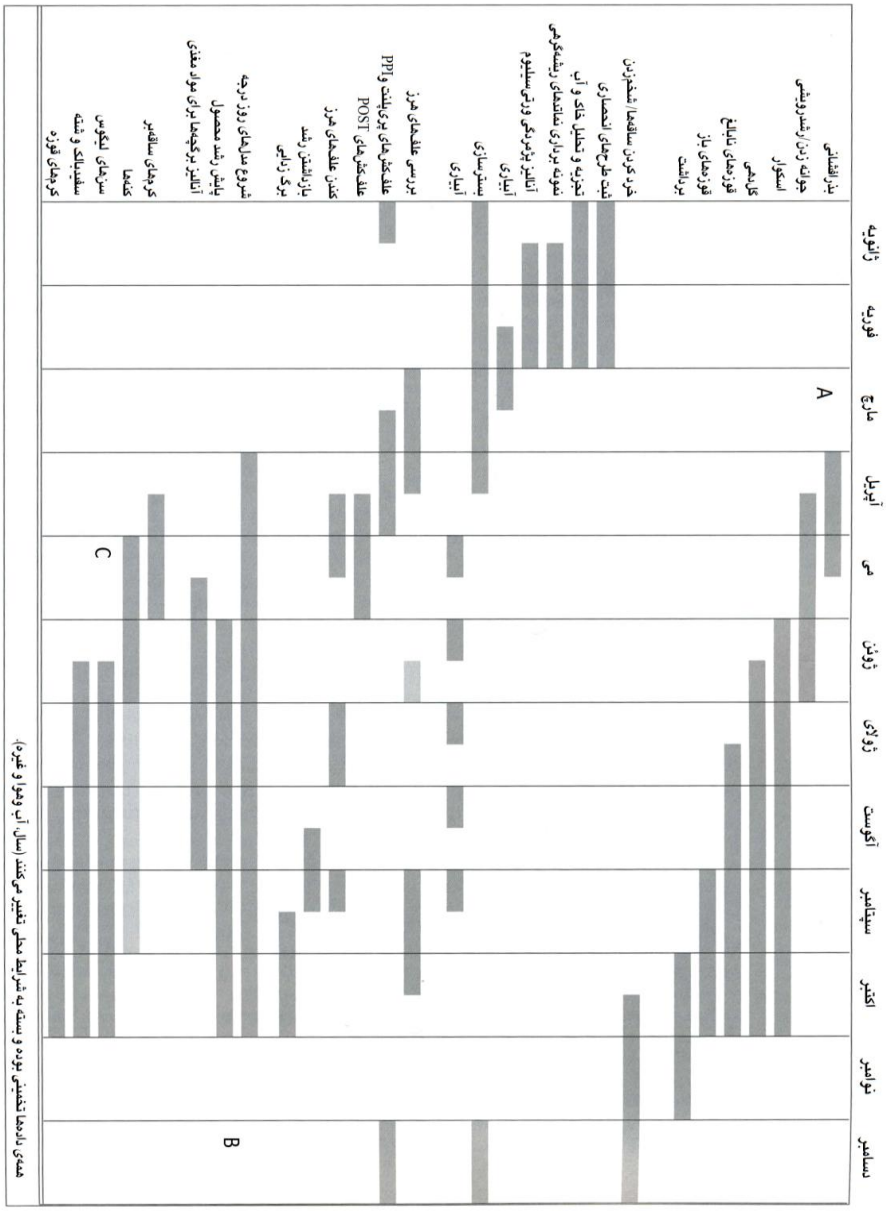
خط زمانی؛ پنبه روشی که در یک برنامه IPM برای یک محصول ردیفی تک فصله تحت شرایط نیمه خشک تلفیق می‌شود را با مثال توضیح می‌دهد؛ برای نمونه دره‌ی سن‌ژوزه در کالیفرنیا (شکل ۱۸-۱۲). برنامه IPM پنبه در این دره برای شرح اجزای سیستم پایه بیان شده است. این برنامه شامل اجزایی است که برای نواحی تولید پنبه که با باران آبیاری می‌شوند و کرم سرخ غوزه پنبه و سرخرطومی غوزه آفات کلیدی هستند رایج است. برنامه IPM باید متناسب با شرایط محلی، از قبیل وجود آفات و شرایط اقلیمی برای دیگر نواحی کشت پنبه تغییر داده شود.

قبل از کشت؛ باید بررسی‌های زیر در رابطه با انتخاب واریته گیاه‌زراعی در مدیریت آفت انجام شود.

۱ - مقاومت به بیماری. هنگامی که مقاومت حقیقی وجود ندارد، تنها راه مؤثر برای مدیریت پژمردگی ورتیسلیومی کشت یک واریته متحمل است. این روش تا میزان قابل توجهی برای پژمردگی فوزاریومی موثر است. اگر کنترل این بیماری با استفاده از واریته‌های متحمل به طور مناسب انجام نشود، ممکن است برای چند سال معدود، کشت یک گیاه زراعی غیر از پنبه که میزبان عوامل بیماری‌زا نیست ضروری باشد تا امکان کاهش سطح اینوکولوم بیماری‌ها در خاک فراهم شود.

۲ - مقاومت به نماتد ریشه گره‌ای. برای شناسایی پتانسیل مشکلات ناشی از نماتد باید قبل از کشت گیاه زراعی نمونه‌هایی از خاک گرفته شود. یک روش مؤثر برای مدیریت نماتد ریشه گره‌ای استفاده از واریته‌های مقاوم است. استفاده از یک واریته مقاوم به نماتد، به کاهش پژمردگی فوزاریومی کمک خواهد کرد زیرا خسارت نماتد به ریشه منجر به سطوح بالاتری از آلودگی به وسیله عامل بیماری‌زا می‌شود (شکل ۷-۲ i را ببینید). اگر جمعیت‌های نماتد خیلی بالا باشند ممکن است تناوب با یگ گیاه زراعی غیرمیزبان ضروری باشد.

۳ - مقاومت به حشره. در بسیاری از واریته‌های رایج، سطوح پایینی از مقاومت به حشره وجود دارد ولی برای جلوگیری از کاربرد روش‌های مدیریتی دیگر مناسب نیستند و بنابراین مقاومت به حشره موضوع اصلی مورد بررسی در انتخاب یک واریته نیست. این ویژگی با معرفی واریته‌های تراریخته Bt علیه تعدادی از خطرناک‌ترین آفات بالپولک‌دار پنبه مانند کرم غوزه پنبه، کرم جوانه و کرم سرخ غوزه در حال تغییر است. با وجود این، استفاده از این واریته‌ها باید تابع مقتضیات رایج برای مدیریت مقاومت در جمعیت آفت باشد زیرا مستلزم کشت واریته‌های حساس غیرتراریخته در بخشی از کل زمین بر حسب جریب است.



شکل ۱۸-۱۱: سیر زمانی فعالیت‌های زراعی و IPM برای تولید پنبه در دهکده‌ی سن‌ژوزه‌ی کالیفرنیا.

۴ - مقاومت به علف‌کش. اگر استفاده از علف‌کش غیر انتخابی مورد انتظار است، انتخاب یک واریته تراریخته مناسب قبل از کشت ضروری است.

۵ - محدودیت‌های مربوط به کیفیت. طول فیبر (رشته) و ضخامت آن تحمیل کننده نیازهای اختصاصی برای انتخاب واریته و روش‌های زراعی است.

اگر انتظار می‌رود که بیماری‌های گیاهچه مشکل‌ساز باشند، ممکن است ضرورت داشته باشد که از بذر تیمار شده با قارچ‌کش برای کنترل ریشه سیاهی[1] استفاده شود. غرقاب کردن در تابستان پیش از کشت گیاه پنبه می‌تواند کنترل مناسبی از اینوکولوم این قارچ فراهم کند.

در نواحی معین تولید، مقررات ایالتی ممکن است به تهیه یک طرح، قبل از فصل کشت، با اختیارات مناسب نیاز داشته باشند اگرچه آفت‌کش‌های محدود شده در IPM بکار گرفته می‌شوند.

در بسیاری از موقعیت‌ها، مدیریت علف‌هرز به استفاده از علف‌کش‌ها قبل از کشت گیاه زراعی نیاز دارد، زیرا علف‌کش‌های مناسب پس از ظهور[2] وجود ندارند. اتخاذ تصمیم درست برای استفاده از علف‌کش‌های قبل از کشت[3] تنها با شناخت گونه‌های موجود در فلور علف‌هرز مزرعه میسر است. برخی از علف‌کش‌های قبل از کشت به قدری در خاک دوام دارند که می‌توانند برای چندین ماه قبل از کشت بکار برده شوند. چنین کاربرد زودهنگامی این مزیت را دارد که طی دوره شلوغی طرح و برنامه کشت، عملیات کمتری صورت می‌گیرد.

طی رشد محصول؛ طی دوره‌ای که گیاه در مزرعه در حال رشد و بلوغ است، آفات باید بر یک مبنای منظم و متداول مورد پایش قرار گیرند و وضعیت گیاه زراعی به دقت ارزیابی شود. شناخت فنولوژی گیاه و وضعیت هر دوی گیاه زراعی و آفات به منظور اتخاذ بهترین تصمیمات ضروری است. اطلاعات زیر لازم هستند:

۱- نقشه کشت پنبه. داده‌های ضروری که باید ثبت شود شامل تعداد گره‌های اصلی ساقه، موقعیت شاخه‌ها، موقعیت شاخه‌های دارای گل و آرایش غوزه‌ها است.

۲- محاسبه درصد بقای غوزه بر مبنای درصد گل‌هایی که تشکیل غوزه می‌دهند؛ برای نمونه، فعالیت تغذیه‌ای سن لیگوس موجب ریزش گل‌ها و غوزه‌ها می‌شود.

۳- ارزیابی سطح زیان شاخ و برگی (حشره‌شناسان به آن سطح برگ‌ریزی می‌گویند). تصمیمات مربوط به مدیریت بندپایان تغذیه‌کننده از شاخ و برگ به طور معمول بر پایه ترکیبی از سطح تراکم

[1] Thielaviopsis
[2] Postemergence
[3] Preplant

جمعیت و سطح متداول زیان، استوار است. بی برگی (برگ‌ریزی) با مشاهده تخمین زده می‌شود، روشی که نیازمند آموزش بوده و با تفاوت‌های گسترده‌ای همراه است.

۴- ارزیابی فراوانی نسبی دشمنان طبیعی به ویژه شکارگران عمومی، مانند سن‌های غارتگر ریز[1]، لاروهای بالتوری و دیگر سن‌های شکارگر موجود در مزرعه. چنانچه دشمنان طبیعی به قدر کافی وجود داشته باشند تا جمعیت آفت را به زیر سطح زیان اقتصادی برسانند مدل‌های معینی یک تصمیم بدون نیاز به تیمار آفت‌کش را فراهم می‌کنند.

۵- تهیه جداول و مدل‌های تصمیم‌گیری. این جداول و مدل‌ها امکان تحمل بندپایان آفت اصلی و یا نیاز به تیمار آفت‌کش را تعیین می‌کنند. یعنی مشخص می‌کنند جمعیت به آستانه اقتصادی رسیده است یا خیر.

پایش مناطق اطراف (مزارع یونجه، مزارع آفتابگردان، علف‌های هرز و پوشش گیاهی بومی) برای وجود سن لیگوس حائز اهمیت است (به قسمت C در شکل ۱۸-۱۲ توجه کنید، همچنین شکل ۸-۵ را ببینید). زیرا این سن‌ها ممکن است از سایر گیاهان زراعی برداشت شده یا گیاهان سالخورده به مزرعه پنبه منتقل شوند.

در نواحی معینی، یک روش سطح وسیع برای مدیریت حشرات آفت کلیدی با موفقیت استفاده شده است. این برنامه‌ها دربرگیرنده یک جزء قانونی و مستلزم شرکت فعال هر دوی، موسسات عمومی ایالتی و فدرال هستند.

در سال ۱۹۷۸ در جنوب شرقی ایالات متحده، یک برنامه گسترده مهار سرخرطومی غوزه در یک سطح وسیع اجراء شد. این برنامه شامل تله‌گذاری فرمونی، تیمارهای شیمیایی و عملیات کشاورزی بود که در یک دوره بیش از ۲/۵ ساله بکار برده شد. در مناطق حساس، مانند نزدیکی مدارس، بیمارستان‌ها، مناطق مسکونی این روش‌ها به فناوری کنترل جایگزین که تمایل به حداقل رساندن استفاده از آفت‌کش‌ها را دارد اضافه شدند. عملیات سمپاشی در حدود یک ماه بعد از تله‌گذاری که وجود جمعیت‌های سرخرطومی در ناحیه را نشان می‌دهد آغاز می‌شود. تداوم تله‌گذاری، لکه‌ها را نشان می‌دهد و تیمارهای لازم برای نابودی تمام سرخرطومی‌ها را سبب می‌شود. اجرای کامل برنامه ریشه‌کنی واقعی سرخرطومی‌ها در حدود ۲/۵ سال به طول می‌انجامد. مالاتیون حشره‌کشی با سمیت خیلی کم برای پستانداران، یک آفت‌کش اولیه است که در برنامه مورد استفاده قرار گرفت. این حشره‌کش در نسبت حجمی خیلی پایین در سمپاشی با هواپیما یا در یک فرمولاسیون آهسته رهش در سمپاشی‌های زمینی بکار برده می‌شود. دیمیلین، یک تنظیم‌کننده رشد حشره، ممکن است در اطراف برخی مناطق حساس به صورت یک روش کاهش‌دهنده تعداد کاربردهای

[1] Minute pirate bugs

آفت‌کش‌های سمی‌تر استفاده شود. این برنامه استفاده از حشره‌کش‌ها تنها در مزارعی که آلودگی شناسایی شده و ضوابط سمپاشی مناسب هستند را دیکته می‌کند. طی اواخر تابستان، تله‌گذاری انجام و برای ارزیابی میزان آلودگی در مناطق جدید تحت‌پوشش برنامه مورد بازدید قرار می‌گیرند. مزارعی که آلوده هستند در پاییز به‌طور متوسط هفت بار سم‌پاشی می‌شوند.

برنامه دیگر مهار سطح وسیع در کالیفرنیا علیه کرم سرخ غوزه بکار گرفته شد. در این مورد، مهار با رهاسازی نرهای عقیم حاصل شد (فصل ۱۷ را ببینید).

بعد از برداشت؛ یک جزء اصلی از برنامه‌ی مهار کرم سرخ پنبه و سرخرطومی غوزه، بعد از برداشت است که همه بقایای محصول خرد شده و دیسک زده می‌شوند. (قسمت B در شکل، ۱۸-۱۲ را ببینید). همه علف‌های هرزی که ممکن است زیستگاه زمستان‌گذرانی سفید بالک برگ نقره‌ای[1] باشند باید حذف شوند.

IPM برای درختان میوه دانه‌دار

درختان میوه دانه‌دار گیاهان دائمی هستند و انواع گلابی و سیب را شامل می‌شوند. برنامه‌های IPM برای این محصولات، بیشتر در سطح اول تلفیق، در مدیریت حشره هدفمند می‌شوند و در آمریکای شمالی، اروپا و نیوزلند توسعه یافته‌اند. سطح دوم IPM که شامل بررسی مدیریت حشره، علف‌هرز، نماتد و عامل بیماری‌زا است در ماساچوست ایالات متحده با موفقیت بکار گرفته شد.

آفات کلیدی درختان میوه دانه‌دار

عوامل بیماری‌زا بیماری‌های اصلی، لکه سیاه گلابی و سیب هستند. در درختان گلابی، آتشک گلابی و زوال گلابی نیز بیماری‌های مخربی هستند. همچنین ممکن است سفیدک روی درختان سیب مشکل‌ساز باشد. عوامل بیماری‌زای پوسیدگی ریشه، مانند فیتوفترا[2] و قارچ ریشه بلوط[3] برای همه انواع درختان میوه مشکل‌ساز هستند.

علف‌های هرز به‌طور تقریبی همه گونه‌های علف‌هرز موجود در یک ناحیه را می‌توان در باغ‌های میوه دانه‌دار پیدا کرد. علف‌های دائمی نسبت به علف‌های هرز یکساله اهمیت بیشتری دارند.

نماتدها نماتدهای ریشه گره‌ای، زخم ریشه، خنجری و حلقوی همگی مشکل‌ساز هستند.

بندپایان در مقیاس جهانی کرم سیب یک آفت بندپای کلیدی در درختان میوه دانه‌دار است؛ بالپولک‌داران دیگر شامل پیچاننده‌ی برگ پاندمیس، بید پرتقال و سایر برگ‌پیچان‌ها هستند. سایر حشرات شامل شته قرمز سیب، شته مومی سیب و لارو مگس سیب در درختان سیب و سرخرطومی هلو، کنه‌ها، سن‌های گیاهی و بدبو و پسیل گلابی در درختان گلابی هستند.

---

[1] Silverleaf whitefly
[2] *Phytophthora*
[3] Oak root fungus

مهره‌داران به سبب پایداری نسبی اکوسیستم باغی، مهره‌داران به ویژه در باغ‌های جوان، می‌توانند خسارت قابل توجهی ایجاد کنند. موش‌های صحرائی و انواع سنجاب‌ها باعث مشکلات جدی می‌شوند زیرا درختان و تجهیزات آبیاری را جویده و در خاک تونل ایجاد می‌کنند. مهره‌داران به ویژه در درختان جوان حائز اهمیت هستند زیرا وقتی پیرامون درخت به وسیله جوندگان جویده می‌شود، می‌تواند درخت را خشک کند. در برخی مناطق، آهو نیز ممکن است مشکل‌ساز باشد.

بررسی‌ها؛ این محصولات دائمی بوده و برای سالیان زیادی نگهداری می‌شوند بنابراین در کشت این درختان، تصمیمات اهمیت زیادی دارند زیرا تصمیمات نادرست می‌تواند گران تمام شوند. علاوه بر این، اگر یک آفت خاکزاد مستقر شود، انجام عملیات معالجه‌ای سودمند ممکن است بسیار مشکل باشد زیرا یک محصول دائمی نمی‌تواند با یک محصول غیرمیزبان برای آفت به آسانی تناوب داده شود. اگر گیاه کشت می‌شود، ضروری است معلوم شود که آفات با نهال‌های کاشت شده در خاک یا گیاهچه‌ها حمل و نقل نمی‌شوند. اگر امکان وجود آفات خاکزاد وجود داشته باشد، شناسایی آفت مهم بوده و انتخاب پایه‌های مقاوم مناسب ضروری است.

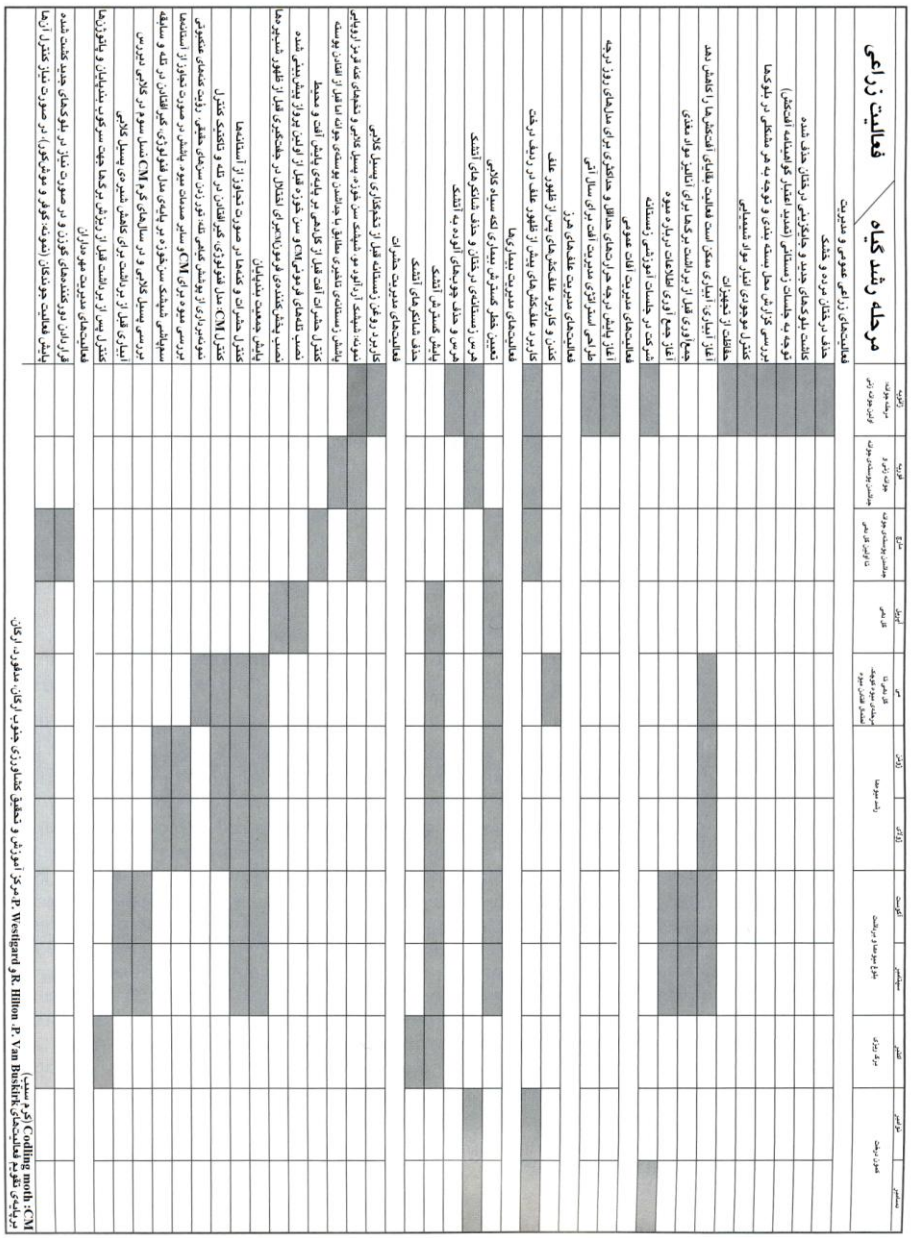
از آنجائی که سیستم کشت هر سال حذف نمی‌شود، IPM مداوم و بلندمدت برای حفظ دشمنان طبیعی قابل قبول است. به دلیل پایداری نسبی سیستم، آفات نیز ممکن است با نظم بیشتری بازگشت کنند. اغلب طراحی روش‌های کنترلی امکان‌پذیر در پایان فصل فوایدی بیش از فواید کنترل در طول فصل دارند. برای نمونه، کاربرد روغن‌ها در مرحله خواب زمستانی، تخم‌های بندپایان و اشکال زمستان‌گذران حشرات آفت را می‌کشد.

محدودیت‌ها؛ محصولات دائمی که برای سالیان متعددی در یک محل رشد می‌کنند در رابطه با اجرای IPM دارای چالش‌های متفاوتی نسبت به محصولات یکساله هستند. یکی از آشکارترین آن‌ها افزایش اهمیت مهره‌داران آفت است. همچنین باید در نظر داشت که تشخیص نادرست یک مشکل ناشی از آفت مهره‌دار می‌تواند منجر به نابودی درختان شود. پیامدهای طولانی مدت تصمیمات مدیریتی مهم هستند زیرا برای فصل‌های متعددی پایدار هستند. با استقرار تاج‌پوشش بزرگ و بلند، مدیریت علف‌های هرز آسان‌تر می‌شود. در بسیاری از باغ‌های مدرن یک سطح عاری از علف‌هرز که با علف‌کش تیمار شده در طول ردیف درخت حفظ می‌شود ولی پوشش گیاهی بین ردیف با وسایل مکانیکی مدیریت می‌شود. مدیریت مناسب پوشش گیاهی کف باغ رطوبت را حفظ می‌کند و زیستگاه مناسبی برای دشمنان طبیعی آفات میوه فراهم می‌کند. تحت همه شرایط کشت پایه‌های عاری از بیماری، به ویژه برای بیماری‌های ویروسی ضروری است. به دلیل ماهیت دائمی محصول، اقدامات کنترلی معین مانند تناوب محصول قابل کاربرد نیستند.

خط زمانی؛ ما یک خط زمانی برای مدیریت آفات گلابی در جنوب اورگن[1] ارائه می‌کنیم (شکل ۱۸-۱۳) تا معرف یک سیستم IPM برای میوه‌های دانه‌دار باشد. برای نواحی دیگر به هماهنگی‌هایی نیاز خواهد بود.

پیشرفته‌ترین سیستم‌های IPM برای محصولات میوه دانه‌دار بر مبنای مفهوم تولید تلفیقی میوه[2] توسعه یافته است. تولید تلفیقی میوه (IFP) در برخی از کشورها اروپایی پذیرفته شده و بیانگر روشی برای سطح سوم IPM است. در ایالات متحده تولید تلفیقی میوه (IFP) در چند ناحیه محدود تولید میوه، نخست در منطقه رودخانه هود[3] در اورگن، با موفقیت مورد آزمایش قرار گرفته است.

[1] Oregon
[2] Integrated Fruit Production (IFP)
[3] Hood river



شکل ۱۸-۱۳: سیر زمانی فعالیت‌های زراعی و IPM برای تولید گلابی در ارگان جنوبی.

اجرای برنامه مدیریت تلفیقی آفات

چه کسی برنامه‌های IPM را انجام می‌دهد؟ پاسخ یکسانی به این پرسش وجود ندارد. همه کشاورزان همچنان که سعی دارند تا محصولشان را از خسارت ایجاد شده به وسیله آفات حفظ کنند، برخی از اشکال کنترل را انجام می‌دهند. در مدیریت آفات باید همه آفاتی که محصولات را مورد حمله قرار خواهند داد مدیریت شوند. در میزان تلفیق روش‌ها برای موفقیت کلی برنامه اختلافاتی وجود دارد.

برخی از موضوعات مهم در رابطه با تصمیم‌گیری در IPM باید مورد توجه قرار گیرد. با مشخص شدن مسئول تصمیم‌گیری در IPM، موضوعات مهم باید شناسایی شوند؟ چه گروه‌هایی از مردم در تصمیم‌گیری IPM سهیم هستند؟

موضوعات مهم

۱ - با افزایش حساسیت IPM نیاز بیشتری به دانش زیست‌شناسی و فنی است. همه سیستم‌های IPM، به ویژه سیستم‌هایی که فقط به آفت‌کش‌ها متکی هستند، روی دانش تمرکز دارند. این پرسش که چه کسی نیازمند دانش است کم اهمیت نیست. سیستم‌های مبتنی بر کامپیوتر در این زمینه مفید هستند زیرا می‌توانند با ارزیابی اطلاعات ذخیره شده، همکاری کارشناسی سریع فراهم کنند.

۲ - از دیدگاه اجتماعی، یک پرسش جدی در مورد شخصی که باید تصمیم بگیرد وجود دارد. آیا شخص دریافت‌کننده باید یک سلیقه‌ی مطلق داشته باشد یا می‌بایست گرایش شخصی در تصمیمات داشته باشد؟ موضوع برخورد سلیقه‌ها در فصل ۱۹ بحث شده است.

۳ - پرسش اساسی دیگر مربوط به شخصی است که اطلاعات مدیریت آفت را تهیه می‌کند. نقش صنعت آفت‌کش، صنعت فناوری زیستی، تعاونی‌های پرورش‌دهندگان و سازمان‌های مشابه، نهادهای آموزش یا دولت چیست؟ در واقع کاربرد برنامه‌های IPM شامل ترکیبی از همه‌ی این گروه‌ها می‌شود اما کمیته‌ی کشاورزی در هماهنگی چنین فعالیتی تجربه دشواری دارد.

۴ - استفاده از IPM به نسبت کاربرد منظم آفت‌کش افراد بیشتری را در برمی‌گیرد. پرسش خاص درباره شخصی است که هزینه‌های جاری را پرداخت می‌کند.

کارورزان IPM

افرادی که برای مدیریت آفت تصمیماتی اتخاذ می‌کنند یا با هر یک از مراحل IPM سروکار دارند کارورزان IPM نامیده می‌شوند. هر شخصی که در عرصه تصمیم‌گیری IPM برای دریافت مزد کار می‌کند (یعنی برای خدماتی که انجام می‌دهد به او اجرت پرداخت می‌شود) یک مشاور کنترل آفت

(PCA[1]) نامیده می‌شود. مشاوران کنترل آفت به طور معمول بخشی از وظایف یک مشاور فنی محصول که در زمینه مواد زراعی مانند واریته محصول و مصرف کود مشاوره می‌دهد، را انجام می‌دهند. سایر افرادی که در فرایند تصمیم گیری IPM سهیم هستند شامل موارد زیر هستند:

۱ - مدیر/مالک مزرعه. وقتی کنترل آفت محدود به فرایند سمپاشی با یک آفت‌کش باشد، بسیاری از کشاورزان وظایف تصمیم‌گیری را خودشان انجام می‌دهند. اغلب اطلاعات موردنیاز را از فروشندگان یا تهیه‌کنندگان مواد شیمیایی کشاورزی بدست می‌آورند. به سبب پیچیدگی‌های انجام IPM، حتی سطح یک IPM، برای کشاورزان کسب فرصت یا مهارت کافی برای اجراء برنامه‌های IPM بسیار مشکل خواهد بود. بعضی از مشاوران مدیریت آفات[2] (PCAs) مزارع بسیار بزرگ را اجاره می‌کنند تا کار اختصاصی موردنیاز برای یک برنامه IPM را انجام دهند. با وجود این، بیشتر کشاورزان که IPM را بکار می‌گیرند متخصصین مدیریت آفات را در یکی از پنج گروه بعدی اجاره کرده یا کنترات کرده تا در برنامه IPM به آن‌ها کمک کنند.

۲ - صنعت شیمی. استفاده از آفت‌کش‌ها جزء اصلی بسیاری از برنامه‌های IPM است ولی امکان ندارد صنعت آفت‌کش بتواند مفهوم کلی سطح یک IPM یا سطوح بالاتر را اجراء کند.

۳ - فروشندگان آفت‌کش. غیرمتحمل است که شخصی که در فروش آفت‌کش درگیرست بتواند به طور کامل در کاربرد مفاهیم IPM که اغلب مخالف علایق شخصیش است شرکت کند (برخورد سلایق را ببینید).

۴ - شرکت‌های با سرویس کامل. چنین شرکت‌هایی، آفت‌کش‌ها و کودها را می‌فروشند، و می‌توانند تجهیزات و کاربردهای اختصاصی را فراهم و متخصصین مدیریت آفات را آموزش دهند تا تصمیمات برنامه‌های IPM را اتخاذ کنند. این متخصصین مدیریت آفات از مزارع کشاورزان مراجعه‌کننده به آن‌ها بازدید کرده و نیاز به کنترل آفت را ارزیابی می‌کنند. شرکت‌های با سرویس کامل به مراجعه‌کنندگان در ثبت سوابق و کار دفتری مربوط به مدیریت آفت کمک می‌کنند. از آنجایی که چنین شرکت‌هایی، آفت‌کش‌ها را می‌فروشند، متخصصین مدیریت آفات که برای این شرکت‌ها کار می‌کنند ممکن است در اتخاذ تصمیم-گیرهای مدیریتی تضاد سلیقه داشته باشند.

۵ - تعاونی‌ها. کشاورزانی که در مزارع کوچک کار می‌کنند تشکیل یک تعاونی می‌دهند و به مشاوران کنترل آفت اجرت می‌دهند تا در برنامه IPM به راهنمایی آن‌ها بپردازند. در

[1] Pest Control Advisor (PCA)
[2] Pest Management Experts

بعضی از موقعیت‌ها، تعاونی‌ها ممکن است در تدارکات کلی کشاورزان و آفت‌کش‌ها دخالت کنند. در سال ۱۹۲۱ در سائو پائولو[1] برزیل، کشاورزان دارای تبار ژاپنی یک تعاونی تشکیل دادند که سرویس‌های کامل را برای اعضاء فراهم کرده و حتی در مناطق معینی تحقیقاتی انجام دادند. این تعاونی‌ها یکی از قویترین نیروهای اقتصادی در کشاورزی ایالت شد و مدلی برای بسیاری از کشورهای دیگر آمریکای جنوبی شد.

۶ - مشاوران مستقل. در این نوع مشاوره به ازای هر جریب ارائه مهارت IPM اجرتی پرداخت می‌شود مانند طراحی راهبردهای مدیریت آفت، شمارش و پایش آفات، توصیه‌ها و تصمیم‌گیری در مدیریت آفت و کمک به کار دفتری مربوط به IPM مانند پر کردن سالانه طرح‌ها و پرکردن گزارشات کاربردی. مشاوران مستقل به طور معمول اقدامات عملی مدیریت آفت را انجام نمی‌دهند و آفت‌کش‌ها را نمی‌فروشند. بنظر می‌رسد مشاوران مستقل تضاد سلیقه کمتری نسبت به متخصصین مدیریت آفات در شرکت‌های با سرویس کامل دارند. اهمیت آن‌ها در اجرای IPM در حال افزایش بوده و می‌تواند روش اصلی اجرای IPM در آینده شود.

۷ - مؤسسات عمومی. مؤسسات عمومی مختلف اطلاعاتی را ایجاد و توسعه می‌دهند که از برنامه‌های IPM حمایت می‌کند. ایجاد، توسعه و نمایش اولیه برنامه اغلب به‌وسیله مؤسسه انجام می‌شود ولی مؤسسه به‌ندرت برنامه‌های روزمره IPM را، وقتی آن‌ها از لحاظ تجاری موفقیت‌آمیز باشند، انجام می‌دهد. مشاوران، متخصصین مدیریت آفات و کشاورزان هنگامی که این برنامه به طور رضایت‌بخشی عمل می‌کند آن را اجراء می‌کنند. مؤسسات عمومی زیر با IPM سروکار دارند:

۷-۱- دانشگاه‌های کشاورزی. دپارتمان‌های تحقیقاتی و شبکه آن‌ها در ایستگاه‌های آزمایشگاهی به طور معمول منبع تحقیقات پایه‌ای هستند که داده‌های ضروری برای اجرا برنامه‌های IPM را فراهم و تقویت می‌کنند.

۷-۲- سرویس‌های تعاونی ترویج. سرویس ترویج کشاورزی در ایالات متحده بخش جدایی‌ناپذیر رشته کشاورزی در سیستم دانشگاه است. در تعدادی از کشورها، وظایف سرویس ترویج تحت‌نظر وزارت کشاورزی یا دپارتمان‌های کشاورزی ایالت است. عوامل ترویج و متخصصان، تحقیقات کاربردی انجام داده، فناوری جدید را سنجش کرده و نتایج تحقیقات را به کارورزان IPM منتقل می‌کنند.

[1] Sao Paulo

۷-۳- دپارتمان‌های فدرال یا وزارت کشاورزی. دپارتمان کشاورزی ایالات متحده (USDA) یک شعبه تحقیقاتی مستقل دارد و همراه با مؤسسات دیگر و با همکاری بین دانشگاه‌های ایالتی، مقرراتی در مورد آفات وضع و وظایف قرنطینه را مشخص می‌کند تا از هجوم آفات جلوگیری کنند.
۷-۴- گروه‌های کشاورزی ایالتی. این گروه‌ها مروج عملیات کشاورزی مانند IPM، که در سیستم‌های کشاورزی محلی متداول بوده، هستند و به طور معمول با IPM عملی رایج در سطح کشاورزی سرو کار ندارند.

منابع اطلاعات IPM

در ادامه دورنمایی از منابع اطلاعاتی در زمینه IPM بیان می‌شود:
۱- منابع چاپی. همه رشته‌های آفت دارای کتاب‌های جامعی بوده که آفات خاص و مدیریت آن‌ها را در برمی‌گیرد (منابع کلی IPM را در پایان این کتاب ببینید). ماهیت این کتاب‌ها به تأکید یا تلفیق مدیریت نمی‌پردازد ولی روی کنترل گروه ویژه‌ای از آفت تأکید می‌کند و به طور معمول هیچ‌گونه بررسی درمورد اثرات آن روی سایر رشته‌های مدیریت آفت ندارد. همچنین انتشارات ناحیه‌ای متعددی وجود دارند که به وسیله دانشگاه‌ها و مؤسسات دولتی تهیه می‌شوند که مدیریت آفت در ناحیه را به طور اختصاصی تحت پوشش قرار می‌دهند ولی به صورت پراکنده به رشته آفت نیز می‌پردازند. صنایعی که با فرآورده‌های مدیریت آفت سرو کار دارند بروشورهای بازاری تهیه می‌کنند که فراورده آن‌ها را توصیف می‌کند ولی به ندرت به تلفیق روش‌ها می‌پردازند. آن‌ها به طور معمول روشی خاص در کنترل آفت را مورد تمجید و تحسین قرار می‌دهند.
۲- سازمان‌های حرفه‌ای
۲-۱- سازمان‌های حرفه‌ای رشته آفت. هر رشته آفت یک انجمن حرفه‌ای در سطح بین‌المللی، سطح ملی (جدول ۱۸-۳) و سطح ناحیه‌ای (مانند، انجمن علمی علف هرز کالیفرنیا) دارد. این‌ها اطلاعاتی را فراهم و تحقیقاتی برای رشته مربوطه انجام می‌دهند ولی تنها به اطلاعات درباره IPM در محدوده آن رشته، می‌پردازند.

جدول ۱۸-۳ انجمن‌های حرفه‌ای در ایالت متحده

نوع آفت	انجمن حرفه‌ای	مخفف
عوامل بیماری‌زا	انجمن بیماری‌شناسی گیاهی آمریکا	APS
علف‌های هرز	انجمن علمی‌علف‌هرز آمریکا	WSSA
نماتدها	انجمن نماتدشناسی	SON
بندپایان	انجمن حشره‌شناسی آمریکا	ESA
مهره‌داران	انجمن زندگی وحشی	TWS

۲-۲- سازمان‌های معرف مدیریت تلفیقی آفت. کنسرسیوم حفاظت تلفیقی محصول[1] و کنگره‌های بین‌المللی گیاه‌پزشکی معرف سازمان‌هایی در سطح جهانی هستند که اطلاعاتی در زمینه IPM فراهم می‌کنند. اگرچه هدف ابتدایی آن‌ها مدیریت حشرات بود، اما امروزه روی همه رشته‌های گیاه‌پزشکی متمرکز شده‌اند. سازمان غذا و کشاورزی (فائو)[2] نیز اطلاعات و مهارت قابل توجهی در زمینه IPM، به ویژه برای کشورهای کمتر توسعه یافته فراهم می‌کند. ایالات متحده دارای یک برنامه ملی IPM است که در بین رشته‌های مدیریت آفت تعامل ایجاد می‌کند بدون آن که به طور مستقیم اطلاعات متداولی برای کارورزان فراهم کند.

۳- ملاقات عمومی. اطلاعات IPM به طور روزمره در ملاقات عمومی سازماندهی شده به وسیله هر دوی، مؤسسات صنعتی خصوصی و دولتی (مانند سرویس تعاونی ترویج در ایالات متحده) برای افراد علاقمند ارائه می‌شود.

۴- روزهای زراعی. بسیاری از مؤسسات تحقیقاتی عمومی روزهای زراعی عملیات مدیریت آفت را مشخص می‌کنند که در بیشتر نقاط، رشته‌های جهت‌داری بوده و دارای اطلاعات کمی درباره تلفیق هستند.

۵- رسانه‌های گروهی. مجلات و تلویزیون برای بازاریابی آفت‌کش‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند.

۶- الکترونیک. قابلیت دسترسی به کامپیوتر برخی پیشرفت‌ها را در روشی که اطلاعات مدیریت آفت می‌توانند ذخیره، بازیابی، ارائه و استفاده شوند فراهم کرده است. اینترنت با قابلیت دسترسی در سطح وسیع به اطلاعات مدیریت آفت به اشکال مختلفی آن‌ها را ارائه می‌کند:

۶-۱- تشخیص. اطلاعاتی مانند عکس‌های آفت، علائم و کلیدهای ساده برای کمک به تشخیص در فرمت CD ROM یا به طور مستقیم در وب‌سایت‌ها برای بسیاری از محصولات و آفات در دسترس هستند. کیفیت آن‌ها متغیر بوده و اغلب اطلاعات زیادی در مورد تلفیق روش‌های کنترل فراهم نمی‌کنند. قابلیت دسترسی به عکس‌ها در مزارع با لپ-تاپ برای کمک به شناسایی آفت در حال افزایش است.

۶-۲- مدل‌سازی و پیشگویی. از اوایل دهه ۱۹۸۰ پیدایش کامپیوترهای ارزان و قدرتمند و سنسورهای محیطی کوچک، در سطح کلی مدل‌سازی نقش داشته است. بسیاری از تلاش‌ها در سطح تحقیقاتی باقی مانده ولی برخی سیستم‌های مبتنی بر مدل به ویژه برای فنولوژی گیاه زراعی و پیش آگاهی از بیماری، به طور تجاری مورد استفاده قرار گرفته است.

۶-۲-۱- مدل‌های رشد محصول. مدل‌های رشد محصول بسیاری بوجود آمده‌اند برای نمونه، یونجه (ALFSIM)، سویا (SOYGRO)، گندم (CERES-WHEAT)، برنج (INTERCOMP)

[1] Integrated Crop Protection consortium
[2] Food and Agriculture Organization (FAO)

و پنبه (GOSSYM). این مدل‌ها مبنایی برای پیش آگاهی از خسارت محصول تشکیل می‌دهند و در سیستم‌های خبره (۶-۲-۴ را ببینید) استفاده می‌شوند. مدل‌های رشد محصول در ابتدا در سطح تحقیقاتی استفاده می‌شوند. INTERCOMP همچنین توانایی شبیه‌سازی رقابت بین محصول و علف‌های هرز را دارد.

۶-۲-۲- پیشگویی رخدادها. مدل‌های مبتنی بر داده‌های آب و هوایی واقعی زمانی، برای پیشگویی رخدادهای فنولوژیکی در چرخه‌های زندگی آفت استفاده می‌شوند. بعضی از مدل‌های مؤثر در IPM برای حشرات آفت درختان میوه نظیر کرم سیب و برخی از گونه‌های پیچاننده برگ تهیه شده‌اند. پیش‌آگاهی‌دهنده‌های مؤثر بیماری، یا سیستم‌های اعلان خطر بیماری نیز بوجود آمده‌اند. از آن جمله می‌توان به پیش آگاهی کامپیوتری برای سوختگی سیب زمینی (BLITECAST)، پیش آگاهی‌دهنده سفیدک پیاز (DOWNCAST)، مدل پیش آگاهی سفیدک کرکی انگور (PLASMO) و سیستم اعلان خطر بیماری لکه سیاه در سیب، اشاره کرد.

۶-۲-۳- کمک در تصمیم‌های مربوط به علف‌کش. مدل‌هایی مانند مدل‌های مربوط به عملکرد محصول بر مبنای تراکم علف هرز، انتخابی بودن علف‌کش و هزینه در تصمیم‌گیری برای مصرف علف‌کش، به کار می‌روند. یک نمونه مدل HERB است.

۶-۲-۴- سیستم‌های خبره. این مدل‌های بزرگ همه جنبه‌های مدل‌سازی رشد محصول با همه جنبه‌های مدیریت زراعی، مدیریت آفات و اقتصاد را تلفیق می‌کنند. مثال‌های رایج شامل سیستم‌هایی نظیر CALEX، COMAX/ GOSSYM و TEXCIM برای پنبه است. از آنجا که فرایند تصمیم‌گیری یک مشاور با تجربه محصول را تقلید می‌کنند سیستم‌های خبره نامیده می‌شوند. استفاده از سیستم‌های خبره در IPM در حال حاضر به تعداد معدودی از مثال‌های مؤثر محدود می‌شود.

۶-۳- اینترنت و WWW. در دهه ۱۹۹۰ سودمندی و استفاده از ابزارهای انتشار اطلاعات الکتریکی به سرعت افزایش یافت و انتظار می‌رفت استفاده از آن در مدیریت آفت افزایش یابد. اینترنت، اطلاعات مربوط به بسیاری از جنبه‌های IPM را فراهم می‌کند. همچنان که استفاده از ارتباطات اینترنتی متحرک آسان‌تر شده، امروزه دستیابی به اطلاعات در سطح مزرعه از طریق اینترنت متداول شده است. باید تأکید کرد که توجه یا کنترلی بر اطلاعات منتشر شده در زمینه IPM روی WWW وجود ندارد و با ارزش بودن اطلاعات مبتنی بر WWW باید همواره مورد بررسی و تأیید قرار گیرد. کاربران باید بدانند که اطلاعاتی که روی وب‌سایت به عنوان حقایق معرفی شده‌اند، ممکن است مورد تأیید قرار نگرفته باشند، بنابراین معلوم کردن منبع این اطلاعات و مقایسه سایت‌های مختلف یک راه سنجیده و محتاطانه برای اجتناب از اطلاعات نادرست است.

داده‌های در دسترس IPM در .WWW	
۱. شناسایی آفت Pest identification	۵. مدل‌های پیش‌بینی Forecasting models
۲. زیست‌شناسی و اکولوژی آفت Pest biology and ecology	۶. مدل‌های فنولوژی Phenological models
۳. سوابق مزرعه Field records	۷. داده‌های آب‌وهوا (تاریخی و جاری) Weather data (historic and current)
۴. اطلاعات برچسب آفت‌کش Pesticide label information	۸. توصیه‌های کنترل Control recommendations

پذیرش برنامه‌های IPM

بر اساس نظر دولت فدرال ایالات متحده، ۷۵ درصد زمین‌های کشاورزی بر حسب جریب، در سال ۲۰۰۰ تحت پوشش IPM قرار داشته‌اند. در تعیین میزان پذیرش IPM بدون یک تعریف پذیرفته شده (ابتدای این فصل و فصل یک را ببینید) تفاوت قابل توجهی وجود دارد. بسته به چگونگی تعریف IPM، می‌توان بیان کرد که ۷۵ درصد هدف حاصل شده یا نشده است. در یک نگاه به داده‌های کم موجود، میزان پذیرش به درستی معلوم نیست.

بر اساس تعریف پذیرفته شده برای IPM در این کتاب، استفاده عملی از مدیریت تلفیقی آفات هنوز هم به نسبت کم است. یک مرور جهانی از نوشته‌ها سراسر جهان نشان می‌دهد که در سطح جهانی پذیرش کمی از IPM وجود دارد (کوگان و باجوا[1] ۱۹۹۹). IPM سطح دوم برای حدود ۵ درصد محصولات بکار برده شده است. یک ارزیابی از کشاورزان در ایلینویس[2] (سزاپار و همکاران[3] ۱۹۹۵) نشان داد که تنها کاربرد اندکی از IPM داشته‌اند. اگر IPM یک زنجیرهٔ پیوسته باشد، بعضی از اجزاء آن نسبت به سایرین با گستردگی بیشتری پذیرفته شده‌اند. از دهه ۱۹۶۰ مدیریت آفت در بسیاری از اکوسیستم‌های زراعی به طور چشمگیری تغییر یافته و فلسفه IPM نقش عمده‌ای در آن داشته است. IPM بایستی یک کار در حال پیشرفت در نظر گرفته شود و پذیرش متوسط IPM به دلیل بسیاری از عوامل غیرقابل پیش‌بینی، نظیر قیمت‌های کالا و وضعیت‌های اجتماعی، بوده است. پذیرش IPM در هر زمانی و در یک دور زمانی به نسبت کوتاه به طور قابل توجهی تغییر می‌یابد.

چرا پذیرش IPM با وجود توسعه‌ی برنامه‌ها برای همه‌ی محصولات اصلی، کند است؟ محصولاتی که برای برنامه‌های IPM توسعه یافته‌اند شامل گندم، برنج، پنبه، ذرت، سویا، سورگوم، لوبیا چشم-بلبلی، کاساوا، گوجه، یونجه، فلفل، بسیاری از سبزیجات، گیاهان تزئینی، مرکبات، بادام، سیب،

[1] Kogan and Bajwa
[2] Illinois
[3] Czapar et al.

گلابی و بسیاری از محصولات کوچک دیگر هستند. علل ارائه شده توسط کشاورزان و فعالان کنترل آفت در بررسی سازگاری پایین برنامه‌های IPM شامل موارد زیر است:

۱ - پذیرش IPM به علت هزینه‌ی پایش جمعیت و استقرار روش‌های جایگزین آفت‌کش در محصولات کم ارزش دشوار است (علت ۴ را ببینید).

۲ - پرورش‌دهندگان دریافته‌اند که برنامه‌های IPM از مدیریت مرسوم آفت خطر بیشتری دارند. برای پذیرش یک برنامه IPM باید خطر زیان اقتصادی کشاورز کاهش یابد.

۳ - بسیاری از کشاورزان متذکر می‌شوند که اغلب برنامه‌های IPM تا این تاریخ روی مدیریت بندپایان متمرکزند. کشاورزان تاکید دارند که نمی‌توانند از برنامه IPM که مدیریت علف هرز را لحاظ نمی‌کند استفاده کنند؛ فعالیت‌های خاص پیشنهاد شده برای مدیریت آفت ممکن است با مدیریت بلندمدت علف هرز مغایرت داشته باشد. یک نمونه توصیه‌ی مدیریت زیستگاه برای افزایش دشمن طبیعی است. برنامه‌های IPM باید مدیریت تلفیقی همه‌ی گروه‌های آفت را مدنظر قرار دهند تا به طور وسیع پذیرش شوند.

۴ - پذیرش برنامه‌های IPM به سبب افزایش نیاز ارزیابی جمعیت و ثبت رکورد اغلب از مدیریت مرسوم آفت‌کش محور گران‌تر است. یک برنامه‌ی IPM امکان پذیرش ندارد مگر مزیت اقتصادی واضحی وجود داشته باشد. از این نظر استانداردهای اجتماعی و احساس در پذیرش IPM نقش دارند. اگر مشتری غیرکشاورز هزینه‌ی اضافی IPM را شاید از طریق برنامه‌های یارانه‌ای دولت پرداخت کند پذیرش IPM افزایش می‌یابد. محصولاتی که مزیت اقتصادی ایجاد می‌کنند چنین یارانه‌ای را نیاز ندارند.

۵ - فقط برنامه‌های IPM خاص که به طور محلی پذیرفته شده‌اند می‌توانند اثرگذار باشند که به برنامه‌های ناحیه‌ای معروفند. اغلب برنامه‌های IPM جاری برای کاربرد در سطح مزرعه توسعه یافته‌اند. در هر حال کنترل برخی آفات به ویژه آفات متحرک مانند ویروس‌ها، کرم سیب در سیب و گلابی، سن لیگوس در یونجه و پنبه، *Helicoverpa* spp. در پنبه و برخی شته‌ها نیازمند مدیریت در سطح ناحیه هستند. کاربرد IPM در سطح ناحیه دشوار است چراکه نیازمند هماهنگی بخش‌های مختلف جامعه است.

کوگان و باجوا (۱۹۹۹) دلایل پذیرش بیشتر مدیریت مرسوم آفت‌کش محور را نسبت به IPM ارزیابی کردند. این نتایج در جدول ۱۸-۴ با برخی تغییرات آورده شده است.

جدول ۱۸-۴ ویژگی‌های مقایسه‌ای فناوری استفاده از آفت‌کش و IPM که دلایل محتمل برای پذیرش سریع و پذیرش کند هستند.

حشره‌کش‌ها	IPM
فناوری فشرده از کشف تا کاربرد.	فناوری پراکنده با اجزای چندگانه. گاهی سازگاری آن با کشاورزی جاری دشوار است.
الحاق آسان به کشاورزی منظم	
ترویج توسط بخش خصوصی.	ترویج توسط بخش عمومی.
جاذبه‌ی اقتصادی قوی؛ بودجه زیاد برای تحقیق و توسعه.	بدون جاذبه‌ی اقتصادی؛ بودجه محدود برای تحقیق و توسعه.
ترویج فروش با فعالیت‌های تبلیغاتی حرفه‌ای.	ترویج با دولت و مربیانی که آموزش دهنده هستند نه فروشنده.
استفاده‌ی مهارتی از رسانه‌های ارتباطی گروهی.	حمایت محدود برای استفاده از رسانه‌ی گروهی یا برای استخدام رسانه‌های ارتباطی شخصی.
توانایی تشویق پذیرش (اطلاعات رایگان، نشریات خوش‌نما، جایزه و هدایای کوچک).	بدون مواد تشویقی. حمایت تکنیکال ایجادشده با دسترسی محدود یا ناکافی.
نتایج آزمایش‌ها سریع آشکار می‌شود.	مزایا اغلب در کوتاه مدت آشکار نیست؛ ممکن است تشخیص دشوار باشد (برای نمونه کنترل بیولوژیک).
در نتیجه، فناوری استفاده از آفت‌کش پذیرش سریعی دارد.	**در نتیجه، پذیرش IPM کند است.**

خلاصه

به‌نظر می‌رسد پذیرش IPM منطقی باشد و هیچ مدیری نخواهد پایه‌ی اکولوژیکی کارکرد را نابود یا منابع خیلی اساسی معیشت را کاهش دهد. اگرچه کارآفرینان بی‌وجدان محدودی وجود دارند اغلب کشاورزان از مسئولیت مربوط به نظارت زمین‌های کشاورزی آگاهند. آن‌ها به استفاده‌ی IPM مطابق با عملکرد مزرعه و حفظ سودمندی عملکرد واقفند. تجربه نشان داده است که وقتی گرایش‌های اقتصادی پرورش‌دهندگان برآورده شود پذیرش IPM رخ می‌دهد. به هر حال مشهود است که تولیدکنندگان موفق در تجزیه و تحلیل بودجه نه فقط به هزینه و سود در مزرعه بلکه همچنین به هزینه و سودهای بلندمدت به محیط نیاز خواهند داشت. مصرف‌کنندگان می‌بایست نقش معنی‌دار پذیرش برنامه‌های IPM را نه فقط با گرایش به کاهش استفاده از آفت‌کش بلکه

همچنین از طریق خواسته‌ی قابل‌توجه برای کیفیت، کمیت و قیمت تولید، تشخیص دهند. برای نمونه برخورد مصرف‌کنندگان در اتحادیه‌ی اروپا با موجودات تغییریافته‌ی ژنتیکی پیامدهایی برای تولیدات کشاورزی داشت. نگرش مصرف‌کننده و خواسته‌ها برای کمیت از طریق رده‌های بازار و جزئیات قراردادهای مالی برای کشاورز مشخص می‌شود. مصرف‌کننده، مقبولیت آسیب زیبایی و شکاف‌های کوچک در محصول را تعیین می‌کند و این خواسته‌ها به کشاورز منتقل می‌شود. موفقیت کشاورزی ارگانیک در ایالت متحده و خارج از آن، رضایت‌مندی برخی مصرف‌کنندگان برای پرداخت هزینه بیشتر برای محصولی که برای سلامتی انسان و محیط ایمن‌تر است را نشان می‌دهد.

منابع

Hoy, M. A. 1994. Parasitoids and predators in management of arthropod pests, In R. L. Metcalf and W. H. Luckmann, eds., Introduction to insect pest management. New York: Wiley, 129-198.

Hoy, M. A., and D. C. Herzog. 1985. Biological control in agricultural IPM systems. Orlando, Fla: Academic Press, xv, 589.

Kogan, M. 1998. Integrated pest management; Historical perspectives and contemporary developments. Annu, Rev. Entomol. 43:243-277.

Kogan, M., and W. l. Baiwa. 1999. lntegrated pest management: A global reality? An. Soc. Entomol. Brasil 28:1-25.

Leslie, A. R., and G. W. Cuperus. 1993. Successful implementation of integrated pest managementfor agricultural crops. Boca Raton, Fla: Lewis Publishers, 193.

Morse, S., and W. Buhler. 1997. Integrated pest management: Ideals and realities in developing countries. Boulder, Colo.: Lynne Rienner Publishers, ix, 171.

فصل نوزدهم: محدودیت‌های اجتماعی و زیست محیطی در روش‌های مدیریت تلفیقی آفات

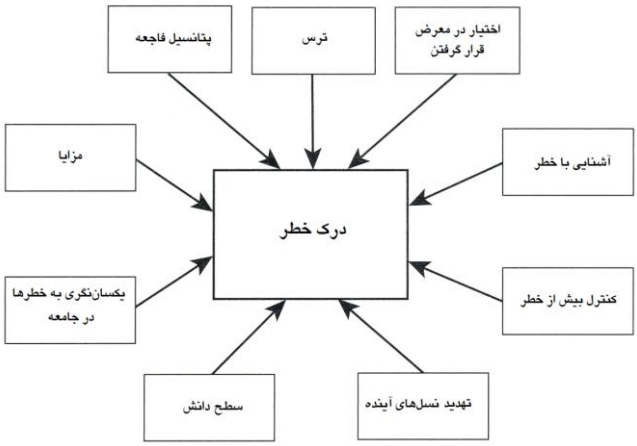
رئوس مطالب این فصل

- موانع اجتماعی و نگرش‌های عمومی
- موضوعات زیست‌محیطی
- خلاصه

روند سریع تغییر فناوری طی ۳۰ سال گذشته فرصت‌های جدید و مهیج برای بهبود روش‌ها و راهکارهای مدیریت آفت ایجاد کرده است. با وجود این، ارزیابی کاربرد فناوری‌های جدید برای ایمنی بلندمدت انسان و محیط‌زیست، در عدم قطعیت‌های مربوط به پذیرش کاربرد این فناوری‌ها نقش دارد. به‌علاوه نیازها و نگرانی‌ها در جوامع مختلف در هر زمانی متغیر است و این نگرانی‌ها موانعی برای چگونگی استفاده از روش‌های مبتکرانه مدیریت آفت ایجاد می‌کند. این موارد در IPM محدودیت هستند و در این فصل برخی مشکلات ناشی از پذیرش روش‌های ویژه IPM به‌طور خلاصه مورد بررسی قرار می‌گیرد.

موانع اجتماعی و نگرش‌های عمومی

میزان درک افراد و انتظارات عمومی اغلب بر روش‌های مورد استفاده و نسبت و اندازه‌ای که آن‌ها در یک برنامه IPM مورد پذیرش قرار می‌گیرند، تأثیر می‌گذارند. سیاست‌های عمومی دولت فدرال و ایالتی یا ناحیه‌ای که بر IPM تأثیر می‌گذارند ممکن است تحت فشار درک و انتظارات عمومی ایجاد شده باشند. خطری که وجود دارد این است که چنین سیاست‌هایی به جای داشتن مبنای علمی ممکن است به‌طور نامناسب تحت‌تأثیر افکار یا اطلاعات محدود قرار گیرند و در نتیجه ممکن است برای پیشرفت IPM مضر باشند (شکل ۱۹-۱). یک چشم‌انداز تاریخی در زمینه چگونگی پذیرش عقاید جدید علمی ممکن است به روشن شدن چگونگی میزان و مسیر کشف علمی کمک کند ولی کاربرد آن تحت‌تأثیر باورها و عقاید اجتماعی قرار می‌گیرد. تا اواسط قرن بیستم، عقاید مذهبی القا می‌کردند که بیماری یک کردار و کنش خداوند بوده و قارچ‌ها و باکتری‌های مرتبط با بیماری‌ها، عامل بیماری نیستند بلکه نتیجه بیماری هستند. چنین باورها و عقایدی، درک عامل بیماری را به تأخیر انداختند.



شکل ۱۹- ۱: عوامل اثرگذار روی درک عمومی خطر. منبع: رسم مجدد از Peterson و Higley، ۱۹۹۳.

به طور مشابه، عقیده تولید خودبخودی جانداران، دانشمندان را دچار سردرگمی کرد. برای نمونه، عقیده ایجاد لاروهای مگس از نجاست برای قرن‌ها زیست‌شناسان را در مورد چرخه زندگی حشرات دچار سردرگمی کرد.

سهیم بودن در تولیدات کشاورزی

در جوامع روستایی، بیشتر مردم به‌طور مستقیم در تولید سهیم هستند و درک می‌کنند که یک فرآورده غذایی قابل اطمینان، به وسیله توانایی آن‌ها در کنترل آفات به ویژه علف‌های هرز و یا کاهش امکان خسارت اجتناب‌ناپذیر آفات با افزایش دامنه‌ی کشت و پرورش تعیین می‌شود.

در جوامع صنعتی، برای نمونه ایالات متحده، تنها بخش کوچکی از جمعیت، در حدود ۲ درصد به‌طور مستقیم در تولیدات کشاورزی سهیم هستند (شکل ۱-۱ را ببینید). بر همین اساس، در این جوامع برای بیشتر مردم ضروری است تا اهمیت مدیریت آفت برای حفظ یک فراورده غذایی قابل اطمینان مشخص شود. از آنجایی که بیشتر مردم در کشاورزی سهیم نیستند، عموم مردم در کشورهای صنعتی درک کمی نسبت به اهمیت موارد زیر دارند:

۱- خسارت‌های محصول که به وسیله آفات ایجاد می‌شود (فصل‌های ۱ و ۲ را ببینید).

۲- هزینه‌های تولید غذا.

۳- نقشی که آفت‌کش‌ها در برنامه IPM برای حفظ کیفیت و کمیت غذای تولیدشده ایفا می‌کنند.

۴- پیچیدگی مدیریت آفات، به ویژه مشکلات فراوان اجرای درست IPM به دلیل اطلاعات دقیقی که موردنیاز است.

جمعیت غیرکشاورز در کشورهای صنعتی ممکن است درک‌هایی خیلی متفاوتی از واقعیتی که در مزرعه وجود دارد داشته باشند. این مردم غیرکشاورز، در حدود ۹۸ درصد از جمعیت ایالات متحده، ممکن است تأثیر جدی روی سیاست همگانی داشته باشند. آموزش عموم مردم بر مبنای علمی IPM برای اجتناب از درک نادرست که ممکن است منجر به هدایت نادرست سیاست همگانی شود، ضروری است. علاوه بر چهار نکته‌ای که مربوط به اجرای IPM هستند، موارد زیر از سایر موضوعات اجتماعی هستند که مشکلات آفات محصول را تشدید می‌کنند.

تهاجم آفت

بسیاری از مردم واردسازی یک جاندار غیربومی را مشکل خیلی جدی در نظر نمی‌گیرند (برای نمونه فصل ۱۰ را ببینید). نیاز کلی عامه مردم، شناخت و آگاهی از مفهوم گونه‌های غیربومی (خارجی) و پیامدهای واردسازی آن‌ها است (مانند پرنده مایکونیا[1] در هاوایی و نماتد سیست سیب زمینی در منطقه لونگ ایسلند[2]). شاید مشکل خیلی جدی‌تر برای جامعه، قاچاق عمدی مواد گیاهی و خاک است که می‌توانند پناهگاه آفات باشند. عملیات قاچاق، دامنه‌ای از همه محموله‌های بزرگ غیرقانونی محصولاتی که به‌طور نامناسب دادوستد می‌شوند تا بذرها یا مواد گیاهی که ممکن است با یک چمدان حمل شوند (انتشار چمدانی[3] نامیده می‌شود) را شامل می‌شود. انتقال غیرقانونی محصول و وارد کردن پنهانی بذرها و اجزاء گیاه، مانند قلمه‌هایی از واریته‌های انگور حامل ویروس یا شته فیلوکسرا، توانایی ایجاد مشکلات جدی برای تولیدات کشاورزی دارد.

طی قرن گذشته مسافرت جهانی افزایش یافته است. در جامعه وابسته به جهانگردی مدرن، جابجایی آگاهانه و عمدی آفات افزایش یافته است (شکل ۱۰-۲ را ببینید). مردم باید از قوانین مربوط به انتقال جانداران موجود در خاک یا گیاهان، اجزاء گیاهی و جانوران در بین نواحی و کشورها پیروی کنند. واردسازی چنین جاندارانی باید با تأیید برنامه‌های بهداشت گیاهی یا تسهیلات قرنطینه‌ای ایجاد شده صورت گیرد.

واردات قانونی یا غیرقانونی که منجر به واردسازی یک آفت خارجی می‌شود مشکلات زیادی برای متصدیان امور مقرراتی ایجاد می‌کند. وقتی آلودگی وارد شد تیمار مناطق شهری اغلب ضرورت پیدا می‌کند. اقدامات ریشه‌کنی در مقیاس وسیع اغلب با مخالفت‌های شدیدی از طرف عامه مردم مواجه می‌شود، اگرچه مسؤلان امور مقرراتی با عامهٔ مردم به‌خوبی رفتار می‌کنند.

---

[1] Miconia
[2] Long Island
[3] Suitcase spread

استانداردهای زیبایی

بیشتر مصرف‌کنندگان در کشورهای صنعتی توقع محصول عاری از لکه و تولیدات عاری از آفات (به ویژه حشرات یا اجزاء حشرات) را دارند. این انتظارات محدودیت‌های اصلی برای چگونگی اجرای IPM در بیشتر محصولات بازاری تازه ایجاد می‌کند.

به حالتی که آفات یا خسارت آفت، عملکرد را بخودی خود کاهش ندهد ولی ارزش محصول را کاهش دهد خسارت زیبایی[1] گفته می‌شود (شکل ۸-۹ را ببینید). تعداد کمی جای زخم یا سوختگی در سطح بیرونی یک پرتقال یا تعداد کمی شته روی کاهو عملکرد یا ارزش غذایی محصول را تغییر نمی‌دهد. استانداردهای زیبایی تا اندازه زیادی، مستلزم استفاده از حشره‌کش و قارچ‌کش روی محصول تازه در مواقعی است که برداشت محصول فرا رسیده است. این استانداردها به وسیله گروه کشاورزی ایالات متحده در ایالات متحده آمریکا تعیین می‌شود و سطوح عمل نقص[2] نامیده می‌شود. متصدیان خرید فروشگاه، متصدیان بسته‌بندی محصول و حمل‌کنندگان باید DALs را اجرا کنند. در بیشتر موقعیت‌ها استفاده از آفت‌کش تنها روشی است که می‌توان به استانداردهای زیبایی دست یافت.

چرا استانداردهای زیبایی وجود دارند؟ در جوامع مرفه دلیل، انتظار مصرف‌کنندگان است. مصرف-کنندگان در چنین جوامعی زیباترین میوه‌ها و سبزیجات را انتخاب می‌کنند و افراد کمی محصول آسیب دیده لک‌دار یا آلوده به حشره را انتخاب می‌کنند. اگر تولیدکننده یا مدیر تولید محصول را تمیز و بی‌عیب نگه ندارند امکان فروش آن را ندارد. در بهترین حالت محصول فراوری شده بازده اقتصادی بسیار پایینی دارد.

اگر مصرف‌کنندگان رغبت به پذیرش لکه‌های روی محصول و سطح پایینی از آلودگی حشرات و پاتوژن‌ها را داشته باشند نیاز به استفاده از آفت‌کش‌ها برای دستیابی به استانداردهای بالای زیبایی کاهش می‌یابد. جامعه IPM را یک مسئله‌ی غیرممکن برای کاهش مصرف آفت‌کش معرفی می-کند اما به تولید زیبا ادامه می‌دهد. راه‌حل علمی آسانی برای این معما وجود ندارد.

ترجیحات، کیفیت غذا و استفاده از آفت‌کش در IPM

آفت‌کش‌ها یک روش مهم در بسیاری از برنامه‌های IPM هستند ولی نگرانی‌های مستدلی در رابطه با استفاده از آفت‌کش‌ها در IPM وجود دارد.

درک خطر انسان‌ها دارای یک ظرفیت محدود برای ارزیابی دقیق اهمیت خطرات هستند مانند بررسی حالت عصبی افراد قبل از وارد شدن به یک هواپیما نسبت به افرادی که با اطمینان خاطر سوار اتومبیل شخصی‌شان می‌شوند. در کدام یک از این دو شکل انتقال خطر زیان فردی بیشتری

[1] Cosmetic damage
[2] Defect action levels (or DALs)

وجود دارد؟ به طور معمول، بدیهی است که مسافرت با اتومبیل شخصی خطر کمتری نسبت به مسافرت با هواپیما دارد. درک خطر نقش عمده‌ای در چگونگی عکس‌العمل افراد به آفت‌کش‌ها و باقی‌مانده‌های احتمالی آفت‌کش در غذایشان ایفاء می‌کند. عواملی که در ارزیابی خطر دخیل هستند در شکل ۱۹-۱ ارائه شده‌اند. عدم توانایی در ارزیابی‌های دقیق خطر ممکن است ترس از خطر را افزایش دهد.

ترس و آشنایی با خطر ترس می‌تواند به دلایل متعددی نظیر عدم آشنایی، عدم درک و تشخیص، تفسیر نادرست یا اختلال در اطلاعات و مقایسه با خطرات شناخته شده به‌وجود آید. عدم درک و تشخیص ماهیت شیمیایی آفت‌کش و اکوتوکسیکولوژی[1] ممکن است درک خطر و در نتیجه ترس از باقی‌مانده‌های آفت‌کش در غذا را درشت‌نمایی و غلو کند. به‌دلیل این عدم شناخت و آگاهی، برای بیشتر مردم برآوردهای دقیق خطرات مربوط به باقی‌مانده‌های آفت‌کش مشکل است.

تهدید برای نسل‌های آینده تهدید برای نسل‌های آینده هنگامی احساس می‌شود که خطرات برای دوره طولانی مدت درنظر گرفته می‌شوند. اثرات احتمالی آفت‌کش‌ها، مانند دوام طولانی باقی-مانده‌های آفت‌کش در محیط، چرخه سموم در زنجیره غذایی و خسارت ژنتیکی ناشناخته ایجاد شده به وسیله قرارگیری مزمن در برابر آفت‌کش‌ها، از جمله این نگرانی‌های بلند مدت هستند.

فواید فواید حاصل از آفت‌کش‌ها مانند سهم آن‌ها در قیمت پایین غذاها، ممکن است برای عموم مصرف‌کنندگان در کشورهای صنعتی روشن و آشکار نباشد. یک درک نادرست متداول این است که تنها بخشی از جامعه که از آفت‌کش‌ها منتفع می‌شوند صنعت شیمیایی و شاید کشاورزان هستند.

پتانسیل فاجعه‌آمیزی نگرانی در مورد خطر، اشاره به فاجعه‌ی بزرگ نزدیکی است که عدم اعتماد به استفاده از آفت‌کش به وجود می‌آورد. بعضی از مردم بر اساس درک خطر یک وضعیت ضد آفت‌کش را پذیرفته‌اند. کشاورزی ارگانیک به طور روز افزون در خور تقاضای مصرف‌کنندگانی بوده که ترجیح می‌دهند کالاهایی را بخرند که در معرض کاربردهای آفت‌کش قرار نداشته‌اند.

آفت‌کش‌ها و سلامت عمومی آفت‌کش‌ها سمی هستند و باید طبق پروتکول‌ها ایمنی مناسب استفاده شوند. بی دقتی در دست زدن به آفت‌کش‌ها ممکن است به آسیب‌های جدی یا حتی مرگ منجر شود. به سبب تصویب و اجرای قوانین مربوط به مصرف آفت‌کش در کشورهای صنعتی، مرگ و میرهای به نسبت کمی در این کشورها در اثر آفت‌کش‌ها وجود دارد. سمیت حاد از یک دز خاص، برای بیشتر مردم مسئله نیست زیرا آن‌ها به طور عادی در معرض ماده موثره آفت‌کش قرار نمی‌گیرند. با وجود این، کارگرانی که با آفت‌کش سروکار دارند می‌توانند در معرض ماده موثره

[1] Ecotoxicology

آفت‌کش قرار گیرند و آن‌هایی که در مزارع عمومی کار می‌کنند می‌توانند در معرض سطوح بالایی از باقی‌مانده‌های آفت‌کش قرار گیرند. قوانینی وضع شده‌اند که وقتی پیروی شوند (فصل ۱۱ را ببینید)، قرارگیری کارگران را در معرض سطوح زیان‌آور آفت‌کش‌ها محدود می‌کنند. بین سال‌های ۱۹۱۵ تا ۱۹۸۶، ۱۱ مورد مرگ و میر شغلی در کالیفرنیا به آفت‌کش‌ها نسبت داده شد (ویلکینسون[1]، ۱۹۹۰ را ببینید). در مقابل، طی همان دوره، ۱۳۰ نفر از کارگران مزرعه در اثر تصادف تراکتور جان باختند و بیش از ۱۰۰۰ نفر در اثر تصادفات کاری مرتبط با کامیون و اتومبیل مردند.

نیاز به آگاهی از بیماری‌های مرتبط با آفت‌کش به ویژه در کشورهای کمتر توسعه یافته، همواره وجود دارد. سازمان بهداشت جهانی، موارد زیادی از مسمومیت و مرگ و میر ناشی از آفت‌کش‌ها را، بیشتر در کارگران مزرعه، در کشورهای کمتر توسعه یافته گزارش می‌کند. این امر به نبود آموزش و تعلیم در زمینه خطرات مربوطه، فقدان تجهیزات حفاظتی مناسب و فقدان مقررات یا عدم رعایت مقررات نسبت داده می‌شود. مشکلات می‌توانند هنگامی رخ دهند که آفت‌کش‌ها به افرادی فروخته می‌شوند که چگونگی استفاده درست آن‌ها را نمی‌دانند یا تجهیزات لازم برای کاربرد ایمن آن‌ها را ندارند، که در نتیجه منجر به وارد شدن آسیب به پرسنل مربوطه می‌شود. اگرچه دولت‌های محلی ممکن است مقررات آفت‌کش‌ها برای حفاظت از سلامتی کارگران کشاورزی و مصرف‌کنندگان را پذیرفته باشند، در بسیاری از موارد ممکن است هیچگونه اجرا و نظارتی وجود نداشته باشد.

ایمنی غذا آفت‌کش‌ها ترکیبات سمی هستند (فصل ۱۱ را ببینید) و خطراتی در رابطه با استفاده از آن‌ها وجود دارد. قرارگیری طولانی مدت مزمن در معرض بقایای آفت‌کش‌های بکار رفته به طور صحیح یک نگرانی است ولی به نظر می‌رسد خطر چنین قرارگیری پایین باشد. مقررات اخیر در ایالات متحده آمریکا یک ارزیابی مجدد در بسیاری از آفت‌کش‌ها نظیر بررسی قرارگیری طولانی مدت مزمن و تجمعی در برابر آفت‌کش‌ها را مصوب کرده است (در فصل ۱۱، FQPA را ببینید). ارزیابی علمی چنین خطر طولانی مدتی بسیار مشکل است.

مؤسسه تحقیقاتی تکنولوژیست‌های غذایی[2] (IFT) که از ۱۴ انجمن علمی مربوط به علم غذا و تغذیه تشکیل شده، در سال ۱۹۸۹ به نتایج زیر رسید: (با در نظر گرفتن آگهی ذکر شده به وسیلهٔ FQPA در سال ۱۹۹۶)

- درک خطرناک بودن تهیه غذا به وسیله داده‌ها علمی حمایت نمی‌شود: تهیه غذای آمریکایی در بین بی‌خطرترین‌ها در جهان قرار دارد.
- جامعه علمی نسبت به عامه مردم به طور مؤثرتری به آگاهی از مفهوم خطر نیاز دارد.

[1] Wilkinson
[2] Institute of food technologists

- تخصیص رایج منابع برای ایمنی غذا متناسب با خطرات واقعی نیست بلکه برای خطراتی است که به وسیله عموم درک می‌شود.

منبع: مؤسسه تحقیقاتی تکنولوژیست‌های غذایی، ۱۹۸۹.

IFT نتیجه گرفت که خطرات ناشی از باقی‌مانده‌های آفت‌کش در غذا از درجات اهمیت کمتری نسبت به برخی از جنبه‌های دیگر تهیه غذا و تغذیه برخوردار است. موضوعات ایمنی غذا بر اساس درجه اهمیت به شرح زیر رتبه بندی شده‌اند:

۱ - بیماری‌های غذازاد (مانند سالمونلا و سایر جانداران مربوط به بیماری‌های روده)

۲ - سوء تغذیه (یا با فرآورده غذایی نامناسب یا از طریق نخوردن یک رژیم غذای متعادل)

۳ - آلودگی زیست‌محیطی (ایجاد شده به‌طور طبیعی به‌وسیله انسان ولی آفت‌کش‌ها را شامل نمی‌شود)

۴ - مسمومیت‌هایی که به طور طبیعی رخ می‌دهند (مانند مواد سمی موجود در قارچ کلاهک‌دار و بسیاری از مایکوتوکسین‌های موجود در غذا مانند افلاتوکسین در بادام زمینی)

۵ - آفت‌کش‌ها، مواد افزودنی غذا و سایر مواد شیمیایی کشاورزی.

سمیت و خطرات بالقوه آفت‌کش‌ها نباید نادیده گرفته شوند، ولی باقی‌مانده‌های آفت‌کش نسبت به خطرات دیگری که مرتبط با غذا هستند بایستی با دقت بیشتری نگریسته شوند. یک نگرانی عمده قابلیت باقی‌مانده‌های آفت‌کش در غذا در بروز سرطان است. سرطان تنها یک بیماری نیست و تنها یک عامل برای همه سرطان‌ها وجود ندارد. وقوع تعدادی از گروه‌های سرطان و بیماری‌های دیگر به استفاده از آفت‌کش نسبت داده می‌شود. تعیین عامل واقعی چنین مشکلات بهداشتی ناحیه‌ای مشکل است، زیرا عوامل زیادی ممکن است در وقوع آن‌ها دخیل باشند. آمیس[1]، از دانشگاه برکلی کالیفرنیا، در یکسری از مقالات همراه با گولد[2]، توانایی آفت‌کش‌ها در ایجاد سرطان را مورد توجه قرار داد (آمیس و همکاران b و a ۱۹۹۰؛ گولد و همکاران ۱۹۹۲؛ آمیس و گولد ۱۹۹۳). آن‌ها نتیجه گرفتند عوامل اصلی قابل پیشگیری برای سرطان که تاکنون شناسایی شده‌اند عبارتند از توتون (سیگار)، نامتعادل بودن رژیم غذایی، هورمون‌ها، عفونت‌ها و قرارگیری در معرض دزهای بالای آفت‌کش در یک ارتباط شغلی. آنچه بیشتر برای کنترل این خطرات اصلی مورد نیاز است به

[1] Ames
[2] Gold

طور قابل اطمینانی شناخته شده است. از دیدگاه آن‌ها آفت‌کش‌ها هنگامی که بـه طـور مناسـب در یک برنامه IPM استفاده شدند یک خطر قابل توجه ایجاد سرطان برای عموم نبودند.

جایگزین‌های مدیریت آفت برای استفاده از آفت‌کش‌ها

مدیریت تلفیقی آفات (IPM) تلاش می‌کند تا روش‌های سالم از لحاظ اکولوژیکی و امکـان‌پـذیر از لحاظ اقتصادی را برای تنظیم جمعیت آفـت تـرویج و گسـترش دهـد. بـاتوجـه بـه ماهیـت تولیـد کشاورزی مدرن، مواردی وجود دارد که قدرت درمـانی و سـریع آفـت‌کـش‌هـا بـرای کنتـرل آفـات ضروری می‌شود. این حقیقت اغلب برای کنترل علف هـرز و همچنـین بـرای بسـیاری از بنـدپایان، نماتد و آلودگی‌های عوامل بیماری‌زا صادق است.

تضاد سلیقه

یک تضاد سلیقه هنگامی وجود دارد که فردی که استفاده از آفت‌کش‌ها را توصیه مـی‌کنـد همـان فرد فروشنده آفت‌کش است. صنعت آفت‌کش معتقد است که چنین تضاد سلیقه‌ای خـود تنظیمـی است، از این جهت فردی که به توصیه استفاده از آفت‌کش‌ها می‌پردازد وقتی نیـازی وجـود نداشـته باشد در کسب و کار خود به دلیل فشار رقابتی برای مـدت طـولانی بـاقی نخواهـد مانـد. بـه سـبب پتانسیل تضاد سلیقه ممکن است در آینده ضروری باشد تا توصیه کنتـرل آفـت از فـروش فنـاوری کنترل آفت جدا شود.

موضوعات زیست محیطی

نگرانی‌ها درباره کیفیت یا عملکرد زیست‌محیطی می‌تواند بر سودمندی روش‌های کنترل آفت موثر باشد. دورنمایی از آن‌ها در اینجا ارائه می‌شود ولی هیچ اولویت‌بندی وجود ندارد.

فرسایش خاک

خاک‌ورزی که گسترده‌ترین روش استفاده شده در مدیریت علف هـرز اسـت، دارای معایـب زیسـت-محیطی است زیرا فرسایش خاک را تشدید می‌کند (فصل ۱۵ را ببینید). ثابت شده است که کاهش خاک‌ورزی به سطوح بسیار پایینی از فرسایش خاک به ویژه به دنبـال بارنـدگی‌هـای شـدید منجـر می‌شود که در این حالت کاهش‌های هزار برابری در از دست رفتن خاک ثبت شده اسـت. بـا وجـود این، کاهش خاک‌ورزی برای مدیریت علف هرز بر علف‌کش‌ها اتکاء بیشتری دارد.

آلودگی هوا

خطرات گردو غبار خاک‌ورزی در خاک اقلیم‌های خشک به فرسایش بادی و گردو غبار منجر مـی-شود. جوامع شهری ممکن است چنین گردوغباری را غیر قابل پذیرش به شمار آورند. مقرراتی برای کنترل پخش ذرات ریز کمتر از ۱۰ میکرون وضع شده است که به استانداردهای ۱۰ پی‌ام معروفند.

مقررات کاهش ۱۰ پی‌ام ذرات، پتانسیل اصلاح استفاده از خاک‌ورزی در مدیریت علف‌هرز را دارد و همچنین می‌تواند به افزایش اتکاء بر علف‌کش‌ها منجر شود.

دود[1] در کشورهای زیادی از آتش برای مدیریت آفت استفاده شده است و سوزاندن باقی‌مانده محصول، عملیاتی استاندارد برای کاهش اینوکولوم زمستانگذران عوامل بیماری‌زا در برخی از محصولات مانند محصولات علوفه‌ای بذری و برنج در نظر گرفته شده است. امروزه بسیاری از جوامع چنین آلودگی هوا را غیرقابل پذیرش می‌شمارند. سیستم‌هایی از IPM توسعه یافته‌اند یا در حال توسعه هستند که از روش‌های جایگزین استفاده می‌کنند.

ترکیبات آلی فرار بسیاری از آفت‌کش‌ها به‌صورت محلول‌های آلی فرار فرموله می‌شوند. بعد از کاربرد آفت‌کش، بخارات محلول موجب آلودگی هوا می‌شوند. سپس ترکیبات آلی فرار[2] با اکسیدهای نیتروژن ترکیب شده و منجر به تولید ازن می‌شومد. آلودگی ترکیبات آلی فرار برای آفت‌کش‌هایی که به صورت گرد یا در آب فرموله می‌شوند مشکل‌ساز نیست. به سبب نگرانی‌های مربوط به آلودگی ترکیبات آلی فرار برخی از آفت‌کش‌ها بدون چنین حلال‌هایی دوباره فرموله شده یا می‌شوند. این فرمولاسیون مجدد ممکن است به کارایی آن‌ها لطمه وارد کند.

بادبردگی[3] در واقع همه کاربردهای سمپاشی آفت‌کش‌ها به بادبردگی حساس هستند (فصل ۱۱ را ببینید). اگر مشخص شود یک آفت‌کش خطر بادبردگی غیرقابل‌قبولی روی محصولات مجاور یا اکوسیستم دارد استفاده از آن محدود می‌شود. محدودیت‌ها می‌توانند به شکل مشخص کردن نوع تجهیزات کاربرد، زمانی از سال که کاربرد نمی‌تواند انجام شود و یا موانع کاربرد بروز کنند. برای نمونه، بسیاری از آفت‌کش‌ها به دلیل خطر بادبردگی نمی‌توانند به وسیله هواپیما بکار برده شوند. محدودیت‌های استفاده از آفت‌کش که از طرف دولت فدرال تأیید شده است روی برچسب‌های آفت‌کش بیان می‌شود (فصل ۱۱ را ببینید). در ایالات متحده، اجرای محدودیت‌های ناحیه‌ای استفاده از آفت‌کش بر حسب ایالت متغیر است.

گونه‌های در معرض خطر انقراض

یک برنامه IPM نباید برای جانداران غیرهدف کمیاب مضر باشد. در ایالات متحده آمریکا، مصوبه گونه‌های در معرض خطر انقراض استفاده می‌شود، بدین معنی که هر عملیات کشاورزی، نظیر IPM، نباید یک گونه را در معرض خطر قرار دهد. وجود یک گونه در معرض خطر انقراض در یک مزرعه، یا در منطقه محلی، می‌تواند انتخاب روش‌های مدیریت آفت مانند استفاده محدود از آفت‌کش‌ها، توقف بکارگیری کنترل بیولوژیک و حتی کاهش استفاده از خاک‌ورزی را محدود کند.

---

[1] Smoke
[2] Volatile Organic Compounds (VOCs)
[3] Drift

حفاظت از گونه‌های در معرض خطر انقراض مهم است بنابراین، برنامه‌های IPM باید مشکلات آفت را بدون اثر روی گونه‌های در معرض خطر انقراض حل کنند.

ملاحظات زنجیره غذایی

اگر یک ماده یا ترکیب شیمیایی به مقدار ناچیزی متابولیزه و دفع شود و در چربی انباشته شود، آنگاه پتانسیل تجمع زیستی[1] یا تجمع بیولوژیکی وجود دارد. تجمع زیستی می‌تواند به انباشتگی آفت‌کش‌ها و فلزات سنگین در جانورانی مانند ماهی و شکارگران منجر شود.

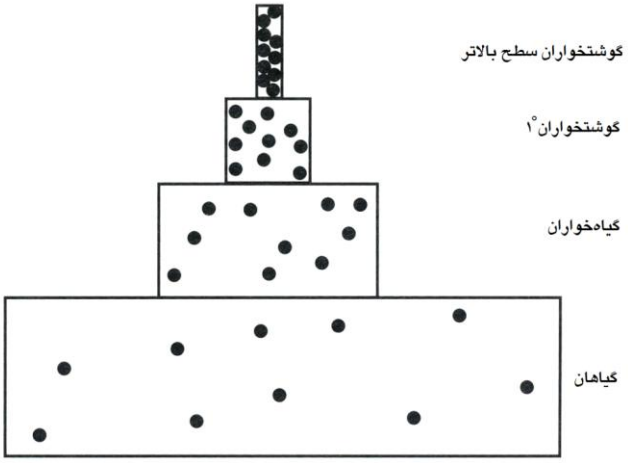
تجمع زیستی در شکل ۱۹-۲ به صورت نمودار ارائه شده است. آفت‌کش‌ها بعد از کاربرد، به نسبت پایینی در گیاهان وجود دارند. وقتی یک گیاه‌خوار این گیاهان را می‌خورد، مقداری از آفت‌کش را می‌بلعد ولی به دلیل تجزیه نشدن، آفت‌کش در چربی انباشته می‌شود و در بدن گیاه‌خوار باقی می‌ماند. البته گیاه‌خوار تنها یک گیاه را نمی‌خورد بلکه ترجیح می‌دهد به مصرف گیاهانی که حاوی سطوح پایینی از آفت‌کش هستند ادامه دهد و در نتیجه در طول زندگی گیاه‌خوار، آفت‌کش بتدریج انباشته می‌شود و سرانجام به غلظت بالاتری نسبت به غلظت اولیه می‌رسد (شکل ۱۹-۲). وقتی یک گوشت‌خوار اولیه این گیاه‌خوار را می‌خورد، این فرایند تکرار می‌شود و آفت‌کش در بدن گوشت‌خوار حتی به غلظت بالاتری می‌رسد. در هر سطح غذایی بالاتر متوالی، نسبت غلظت آفت‌کش افزایش می‌یابد. ممکن است در مصرف‌کنندگان درجه بالاتر، سطوحی از انباشتگی آفت‌کش رخ دهد که موجب مشکلات فیزیولوژیکی یا حتی مرگ آن‌ها شود.

ضعیف شدن تخم‌های پرندگان بخشی از پیامدهای فیزیولوژیکی تجمع زیستی ددت است که منجر به مرگ جوجه‌های پرندگان می‌شود. راشل کارسون[2] در کتاب بهار خاموش[3] (۱۹۶۲) توجه جهان را به این موضوع جلب می‌کند. بیشتر آفت‌کش‌های رایج فاقد ویژگی‌هایی هستند که منجر به تجمع زیستی می‌شود، اگرچه تعداد کمی (مانند بیودیفاکوم[4]، یک جونده‌کش) دارای تمایل به تجمع و انباشتگی هستند و مصرف آن‌ها با دقت مورد پایش قرار می‌گیرد.

ددت و بیشتر حشره‌کش‌های هیدروکربن کلره، ویژگی‌های شیمیایی دارند که موجب پایداری آن-ها در محیط زیست و انباشتگی در چربی می‌شود و تجمع زیستی آن‌ها در زنجیره غذایی را در پی دارد. با شناخت اهمیت تجمع زیستی، استفاده از چنین مواد شیمیایی محدود یا متوقف شد. نگرانی برای تجمع زیستی در زنجیره غذایی بقدری زیاد است که همه آفت‌کش‌های جدید برای تجمع زیستی سنجش می‌شوند.

---

[1] Biomagnifications
[2] Rachel Carson
[3] Silent spring
[4] Biodifaconm



شکل ۱۹- ۲: تصویری از افزایش زیستی بقایای آفت‌کش‌ها در زنجیره غذایی. هر نقطه بقایای آفت‌کش را نشان می‌دهد و هر جعبه کاهش زیست‌توده را در هر سطح غذایی بالاتر نشان می‌دهد. تعداد نقاط در هر جعبه مشابه است تا چگونگی تجمیع آفت‌کش را در سطوح غذایی بالاتر نشان دهد.

مرداب‌ها

بسیاری از مناطق، به‌صورت مناطق محافظت شده مردابی جدا می‌شوند. پتانسیل آبرفت آفت‌کش یا بادبرگی به داخل مرداب‌ها از بزرگترین نگرانی‌ها است. برای جلوگیری از آلودگی استفاده از آفت‌کش در مجاورت یک منطقه مردابی ممکن است محدود شود.

آلودگی آب زیرزمینی

یکی از خطرناک‌ترین اثرات آفت‌کش‌ها، آلودگی غیرعمدی و ناخواسته در آب زیر زمینی است. آفت‌کش از طریق آب از محل کاربرد به مناطق دیگر منتقل می‌شود. برخی از آفت‌کش‌ها در شرایط معین به داخل آب زیر زمینی منتقل شده‌اند. آب زیرزمینی یک منبع برای آب نوشیدنی است و تصفیه آن به منظور مصرف انسان پرهزینه است. بر همین اساس، دور نگهداشتن آفت‌کش‌ها از آب زیرزمینی در اولویت بالایی قرار دارد.

در بسیاری از نواحی به منظور بررسی آلودگی آفت‌کش در آب چاه‌ها پایش روزانه انجام می‌شود. در بررسی‌های زمین‌شناسی ایالات متحده داده‌هایی در دسترس است. در بیش از دو دهه گذشته، در ۴۳ ایالت آفت‌کش‌ها یا فراورده‌های جانبی آن‌ها در آب‌های زیر زمینی شناسایی شده‌اند. آفت‌کش‌های پرمصرف مورد شناسایی شامل علف‌کش‌های تریازینی و استانیلیدی[1] هستند (مانند

[1] Acetanilids herbicidies

آترازین، سیمازین، آلاکلر و متاکلر). برخی آفت‌کش‌ها به دلیل مشکلات آلودگی با گستردگی بیشتری نمونه‌برداری شده و با فراوانی بیشتری شناسایی شده‌اند. آلدیکارب حشره‌کش – نماتدکش و فرآورده‌های تغییر شکل یافته آن و سموم گازی DBCP و اتیلن دی برماید در بین این آفت‌کش‌ها قرار دارند. در تعداد محدودی از چاه‌ها بیش از ۱۴ آفت‌کش دیگر؛ به‌علاوه ۲۱ فرآورده تغییر شکل یافته شناسایی شده‌اند. در بیشتر بررسی‌های آفت‌کش‌ها در آب زیرزمینی گزارش شده است که بیش از ۹۸ درصد موارد شناسایی شده از یک میکروگرم در هر لیتر (۱ قسمت در بیلیون) بیشتر نیستند. بیشینه سطوح آلودگی[1] (MCLs) که به وسیله EPA ایالات متحده برای آب نوشیدنی تعیین می‌شود در کمتر از ۱ درصد محل‌های نمونه‌برداری شده بیشتر بود. به‌نظر می‌رسد میزان خطر برای سلامتی محدود باشد ولی در جاهایی‌که چنین آلودگی‌هایی رخ می‌دهد این نگرانی منطقی وجود دارد که چندین آفت‌کش در آب زیرزمینی وجود دارد. وجود طولانی مدت چند آفت‌کش نسبت به وجود آفت‌کش‌ها به‌طور انفرادی خطر بیشتری دارد.

آلودگی آب زیرزمینی در موقعیت‌های زیر با احتمال بیشتری رخ می‌دهد:

۱ - در محل‌هایی که سطح ایستایی آب به سطح زمین نزدیک است

۲ - برای آفت‌کش‌هایی که به سادگی شسته شده، و به‌طور به نسبت آهسته‌ای تجزیه و در زمان‌های مختلفی به‌کار برده می‌شوند

۳ - ویژگی‌های پروفیل خاک که بر حرکت و تجزیه آفت‌کش‌ها در زمان عبور از پروفیل خاک مؤثر است برای نمونه، عمق خاک، میزان مواد آلی، بافت، قابلیت هدایت هیدرولیکی، لایه‌های نفوذ ناپذیر، و فعالیت میکروبی

۴ - رخدادهای آبرفتی اصلی مانند سیلاب

۵ - چاه‌های خسارت دیده یا با ساختمان ضعیف

۶ - تصادفات، بی‌دقتی‌ها و عدم توجه به کاربرد درست آفت‌کش

کاهش آلودگی آفت‌کش در آب زیرزمینی مستلزم شناسایی و اصلاح قابلیت دسترسی یا الگوهای استفاده از آفت‌کش است. در جایی که آلودگی رخ داده است باید تغییراتی صورت گیرد تا شانس رسیدن آفت‌کش به آب زیرزمینی را کاهش داده یا از بین ببرد. استانداردهای بهترین عملیات مدیریتی[2] (BMP) برای کاهش احتمال حرکت آفت‌کش‌ها به سمت آب زیرزمینی معرفی شده‌اند. در برخی از نواحی (مانند هلند) آفت‌کش‌هایی که متناسب با معیارهای پایداری و آبشویی نیستند

[1] Maximum Containminant Levels (MCLs)
[2] Best management practice

در شرایط محدود استفاده می‌شوند یا به مدت طولانی استفاده نمی‌شوند. برای نمونه، همه مصارف علف‌کش بنتازون در برنج کالیفرنیا به دلیل مشکلات آلودگی آب زیرزمینی لغو شد.

اهمیت رهاسازی ژن‌ها

جامعه به طور مرسوم درباره ایجاد و توسعه گیاهان زراعی مقاوم از طریق اصلاح نباتات سنتی نگرانی نداشته است. با وجود این، استفاده از مهندسی ژنتیک برای ایجاد محصولاتی که مقاوم به آفات یا آفت‌کش‌ها هستند نگرانی‌هایی ایجاد کرده است. در برخی نقاط جهان نگرانی‌ها در پذیرش این قبیل واریته‌های محصول برای اهداف مدیریت آفت، محدودیت‌هایی به وجود آورده است.

مهندسی ژنتیک امکان انتقال ژن‌ها را که با استفاده از روش‌های اصلاح نباتات سنتی امکان‌پذیر نیست، فراهم می‌کند. با استفاده از فناوری‌های مهندسی ژنتیک، ژن‌ها می‌توانند داخل یک گونه، بین گونه‌های مختلف، بین جنس‌های مختلف و حتی بین جانداران شاخه‌های مختلف منتقل شوند. همچنین فرم‌های جدیدی از ژن‌ها می‌توانند طراحی و جانداران با این ژن‌ها تغییر شکل داده شوند. بکارگیری گسترده ژن‌ها در پس‌زمینه‌های ژنتیکی جاندارانی که در گذشته این ژن‌ها را نداشته‌اند از نگرانی‌های جدید در این زمینه است. این نگرانی‌ها به دلایل متعددی به وجود می‌آیند و برخی از آن‌ها در بندهای زیر ارائه می‌شوند.

۱- بروز آفات مقاوم با مقاومت مهندسی شده.

ممکن است توسعه مقاومت در آفت هدف رخ دهد. پذیرش گسترده یک روش مبتنی بر مهندسی ژنتیک، فشار انتخابی بسیار زیادی روی آفات وارد خواهد کرد که با پتانسیل تکامل مقاومت آفت همراه خواهد بود. در رابطه با این نگرانی تلاش‌هایی صورت گرفته تا سازوکارهای مقاومت با نحوه عملی ایجاد شوند که فرایندهای فیزیولوژیکی اساسی در آفت را مورد هدف قرار دهند به طوری که فائق آمدن بر این سازوکار بعید باشد.

۲- جریان ژن از گیاهان مهندسی شده به گیاهان وحشی.

واژه علف‌های هرز برتر برای گیاهان مارک‌داری بکار رفته است که ممکن است مقاومت به علف‌کش را از گیاهان زراعی حامل مقاومت مهندسی شده به علف‌کش بدست آورده باشند. داشتن این ژن‌های مقاوم تنها تحت فشار انتخابی از آن علف‌کش ویژه یک منفعت برای علف هرز خواهد بود. اگر مقاومت به حشره یا عامل بیماری‌زا به طور تصادفی به علف‌های هرز منتقل شود ممکن است شایستگی علف هرز به سبب کاهش کنترل بیولوژیک بومی علف هرز با حشرات یا عوامل بیماری‌زا، افزایش یابد.

۳- اختلال در اکوسیستم.

اکولوژیست‌ها دریافته‌اند که گیاه‌خواران و عوامل بیماری‌زا در بسیاری از فرایندهای مهم اکوسیستم دخیل هستند. اگر ژن‌های مقاومت از گیاهان زراعی خارج شده و به گونه‌های گیاهی دیگر منتقل

شوند، ممکن است بر ثبات اکوسیستم به سبب اصلاح شایستگی گونه‌های گیاهی سازنده آن اثر بگذارند. تغییرات در خصوصیات اکوسیستم به طور نامحسوس رخ می‌دهد و اثرات اصلی ممکن است مدت‌های طولانی ناشناخته باقی بماند.

۳-۱- تغییر در فون‌های حشره‌ای. اگر ژن‌های مقاومت حشره مانند آن‌هایی که در تولید اندوتوکسین Bt در گیاهان نقش دارند، به گیاهان وحشی، رسته‌های[1] حشره‌ای و همه جانداران درجه بالاتری که از آن‌ها تغذیه می‌کنند وارد شوند ممکن است تغییراتی ایجاد کنند.

۳-۲- تغییرات در عوامل بیماری‌زا. اگر ژن‌های فراهم‌کننده مقاومت به عوامل بیماری‌زا به گیاهان زراعی واردسازی شوند و در ادامه به گیاهان وحشی فرار کنند، این احتمال وجود خواهد داشت تا توانایی مقاومت گیاهان وحشی در برابر بیماری‌ها تغییر کند که ممکن است به نوبه خود روابط رقابتی در جامعه را تغییر دهد.

اهمیت رهاسازی عوامل کنترل بیولوژیک

اکولوژیست‌ها اثرات طولانی مدت رهاسازی جانداران غیرهدف در یک اکوسیستم را مورد سؤال قرار داده‌اند. توانایی برهم‌کنش‌های غیرمنتظره و نامطلوب در بین جانداران وجود دارد. واردسازی عوامل کنترل بیولوژیک شامل عوامل بیماری‌زا، شکارگران یا پارازیتوئیدها، پتانسیل تأثیر روی دینامیسم‌های جمعیت موجودات غیرهدف را دارد. به همین دلیل، تست جامعی برای ارزیابی پتانسیل برهم‌کنش‌های غذایی نامطلوب قبل از رهاسازی عامل کنترل بیولوژیک به یک محیط انجام می‌شود (فصل ۱۳ را ببینید).

مثال‌های زیادی از مشکلات ایجاد شده با رهاسازی عمدی گونه‌های غیربومی[2] برای اهداف کنترل بیولوژیک وجود دارد. یک سرخرطومی بذرخوار برای کنترل بیولوژیک خارشتر علفی واردسازی شد ولی امروزه دامنه آن به گونه‌های بومی غیرعلفی خارشتر کشیده شده است، که تعداد زیادی از آن‌ها حتی قبل از آغاز حمله سرخرطومی، گونه‌های در معرض خطر انقراض در نظر گرفته می‌شدند. مثال دیگر مگس تاکینید رهاسازی شده برای کنترل ابریشم باف ناجور در شرق ایالات متحده است که تعدادی از شب پره‌های بزرگ بومی را حذف کرد. مثال‌های دیگری که در فصل‌های ۱۰ و ۱۳ ذکر شده‌اند شامل rosy wolfsnail در هاوایی و نمس در برخی نواحی هستند.

احتمال چنین برهم‌کنش‌های پیش‌بینی نشده برای عوامل بیوکنترل وجود دارد زیرا تعیین دقیق همه برهم‌کنش‌های غذایی محتمل برای یک جاندار قبل از رهاسازی آن به یک محیط جدید و تعیین پتانسیل تغییرات میزبان که ممکن است بعد از واردسازی جاندار مربوطه به یک محیط

[1] Guilds
[2] Non indigenous species

جدید رخ دهد امکان‌پذیر نیست. پیامد رهاسازی حشره و عامل بیماری‌زا بـه علـت مشـاهده اثـرات دیرهنگام با اهمیت است. طبق مصوبه گیاه‌پزشـکی در سـال ۲۰۰۰، لازم اسـت ارزیـابی مجـدد از چگونگی رهاسازی گونه‌های غیربومی انجام شود که ممکن است مانع اسـتفاده از چنـین جانـدارانی در برنامه‌های کنترل بیولوژیک شود.

اثرات تنوع زیستی

بسیاری از فعالیت‌های انسان بر تنوع بیولوژیکی اثر می‌گذارند. آگاهی رو بـه رشـدی دربـاره فوایـد حفظ تنوع بیولوژیکی اکوسیستم‌ها وجود دارد. با وجود این، کـاربرد اصـول حفاظـت بیولـوژیکی در کشاورزی پیچیده است و هنوز برای بیشتر سیستم‌های کشت آزمایشی و غیـر قطعـی اسـت. مـورد بعدی بر مبنای نتایج یک مقاله درباره نقش حفاظت حشره در IPM استوار است (کوگان و لاتـین[1] ۱۹۹۲). اگرچه این مفهوم بر حشره‌شناسی متمرکز است، اما بعضـی از مفـاهیم و مفروضـات بـرای همه اجزای جامعه گیاهی بکار می‌رود.

در حقیقت بیشتر آزمایش‌ها در جوامع کشاورزی در سیستم‌های خیلی ساده با تنها تعداد کمـی از گونه‌های مربوطه انجام می‌شود که بسیاری از آن‌هـا نظیـر خـود گیاهـان زراعـی، علـف‌هـای هـرز، جانوران آفت و جانداران مفید غیربومی هستند. این یـک میـراث بیولـوژیکی از پیـدایش و توسـعه تاریخی در سیستم‌های تولید کشاورزی اسـت زیـرا بخـش بزرگـی از اقـدامات گذشـته بـر مصـرف آفت‌کش متکی بودند. مفهوم IPM و اخیرا کشاورزی قابل تحمل بر تغییر برنامه‌هایی که منجـر بـه تنوع بیشتر فون و فلور در سیستم زراعت می‌شود، تاکید داشته‌اند. موفقیت این برنامه‌ها بـر تلفیـق روش‌های کنترل بیولوژیک، زراعی و شیمیایی و درک برهم‌کنش‌های چند گانه گیـاه زراعـی/ آفـت /دشمن طبیعی متکی است. موفقیت کنترل‌های بیولوژیک و شیمیایی تا اندازه زیادی به دسـتکاری ماهرانه تعدادی از گونه‌های گیاهی و جانوری در زمان و مکان بسـتگی دارد. ایـن تغییـر در الگـوی کنترل به طور مستقیم موجب افزایش تنوع زیستی در هر دوی، گیاهان و جانوران می‌شود. از لحاظ نظری، اگر تعداد گونه‌ها تنها مورد هدف بوده است هدف حفاظت زیسـتی و افـزایش تنـوع زیسـتی حاصل شده است. در آینده حرکت به سمت حفاظت از گونه‌ها، مستلزم کاهش گونه‌های غیربومی و افزایش گونه‌های بومی است.

بیشتر گیاهان زراعی گونه‌های خارجی (غیربومی) هستند و این واقعیـت تغییـر نمـی‌کنـد. بیشـتر علف‌های هرز و بسیاری از حشرات آفت اصلی نیـز خـارجی هسـتند. حـداقل بعضـی از گونـه‌هـای حشرات مفید نیز خارجی هستند. به طور کلی، در سیستم‌های کشت ایالات متحـده پارازیـت‌هـای خارجی وجود دارند. مجموعه شکارگرها به احتمال زیاد متشکل از گونه‌های بومی هستند. اگـر ایـن

[1] Kogan and Lattin

کلی‌گویی‌ها درست باشد، در برخی بخش‌های سیستم کشت، مناطقی وجود دارد که با احتمال بسیار زیاد گونه‌های غیربومی کاهش و گونه‌های بومی افزایش یافته‌اند. یکی از بخش‌های مهم و اغلب مفید از یک روش IPM، حفاظت از مجموعه‌ی شکارگر است. به طور مشخص افزایش حفاظت از حشرات بومی، شانس بزرگی برای افزایش تنوع و تعداد شکارگر است. از آنجایی که بسیاری از شکارگرها از هر دوی گونه‌های شکار بومی و غیربومی تغذیه می‌کنند، نگهداری سطوح جمعیت مناسب شکارگران، به طور معمول مستلزم حفظ گونه‌های شکار که در آینده تنوع حشره را افزایش می‌دهند نیز است.

راه دیگر برای تشویق حفاظت از گونه‌های بومی، کاهش گیاهان غیر زراعی خارجی با استفاده از عوامل کنترل بیولوژیک است. با وجود این، کنترل بیولوژیک علف‌های هرز این معضل را ایجاد می‌کند که موجودات غیربومی دیگری که به سیستم واردسازی شده‌اند (یعنی حشرات یا بیماری‌ها) خطرات دیگری ایجاد کنند به طوری که حمله خود را به گیاهان غیرهدف تغییر دهند. روش‌های کنترل زراعی مؤثر ممکن است عمل مطلوبتری باشند. همچنین ممکن است استفاده از سیستم‌های کشت چندگانه سنجیده شود؛ استفاده از یک محصول رقیب برای علف‌های هرز به صورت معکوس. محصولات پوششی و مالچ‌های زنده رضایتمندی زیادی ایجاد کرده‌اند؛ اگر گونه‌های گیاهی بومی به جای گیاهان غیربومی انتخاب شوند، منجر به افزایش تنوع زیستی خواهند شد. این تلاش‌ها به متنوع کردن گونه‌های بومی داخل و اطراف سیستم کشت می‌پردازد که در آینده با افزایش تنوع زیستی همراه خواهد بود.

جنبه‌های عملی معین، دامنه گیاهان بومی که می‌توانند به داخل سیستم‌های کشت وسیع ملحق شوند را محدود می‌کنند. تنوع حشرات بومی با استفاده بیشتر از گیاهان بومی بعنوان بخشی از یک تلاش برای افزایش تنوع و غنای گونه در مجموعه شکارگرها می‌تواند افزایش یابد. یک فون متنوع از شکارگرها، شامل طیف وسیعی از گونه‌ها، شاید نسبت به تکیه بر تنها تعداد کمی از گونه‌های غیربومی که اغلب علیه یک گونه آفت خاص انتخاب شده‌اند تأثیر بیشتری دارد. با وجود این، استفاده از روش‌ها برای افزایش تنوع از منظر اکوسیستم قبل از پذیرش یک برنامه IPM باید مورد تجزیه تحلیل قرار گیرد.

خلاصه

اقدامات جامعه موانع زیادی در روش‌هایی که برای اجرای برنامه IPM بکار گرفته شود ایجاد می‌کند. بسیاری از این موانع، محققین مدیریت آفت و کارورزان را به ایجاد روش‌های بهتر برای مدیریت آفات وادار کرده است. سایر موانع، محدودیت شدیدی بر قابلیت کنترل آفات دارند و در موارد معدودی مجبور به تغییر در تولید محصول شده‌اند.

منابع

Ames, B. N.. and L. S. Gold. 1993, Environmental pollution and cancer: Some misconceptions. In K. R. Foster, D. E, Bernstein, and R W. Huber, eds., Phantom risk. Cambridge, Mass.: The MIT Press, 153-181.

Ames, B. N., M. Profet, and L. S. Gold. 1990a. Dietary pesticides (99.99-percent all natural). Proc. Nat. Acad. Sci. USA 87:7777-7781.

Ames, B, N., M. Profet, and L. S. Gold. 1990b. Nature's chemicals and synthetic chemicals-Comparative toxicology 3. Proc, Nat Acad. Sci. USA 87:7782-7786.

Baker, S. R., and C. F, Wilkinson, eds. 1990. The effects of pesticides on human health: Proceedings of a workshop, May 9-11, 1988, Keystone, Colo. Advances in modern environmental toxicology vol. 18. Princeton, N.J.: Princeton Scientific Pub. Co., xxi, 438.

Barbash, J. E., and E. A. Resek. 1996. Pesticides in groundwater: Distribution, trends, and governing factors. Chelsea, Mich.: Ann Arbor Press, xxvii, 588.

Barbash, J. E., G. P. Thelin, D. W. Kolpin, and R. J, Gilliom. 1999. Distribution of major herbicides in groundwater ofthe United States. Sacramento. Calif.: U.S. Geological Survey, 58.

Carson, R. 1962. Silent spring, New York: Fawcett Crest, 304.

Gold, L. S., T. H. Slone, B. R. Stern, N. B. Manley, and B.N.Ames. 1992. Rodent carcinogens; setting priorities. Science 258:261-265.

Gustafson, D. I. 1993. Pesticides in drinking water. New York: Van Nostrand Reinhold, xii, 241.

Huber, P. W., K. R. Foster, and D. E. Bernstein. 1993. Phantom risk: Scientific inference and the low. Cambridge, Mass.: MIT Press, X, 457.

Institute of Food Technologists. 1989. Assessing the optimal system for ensuring food safety: A scientific consensus. IFT office of scientific public affairs. IFT Toxicology and Safety Evaluation Division. released April 5, 1989. Chicago, Ill.: Institute of Food Technologists, 25.

Kogan, M., and J. D. Lattin. 1993. Insect conservation and pest management. Biodiversity and Conservation 2:242-257.

Peterson, R. K. D., and L. G. Higley. 1993. Communicating pesticide risks. Amer. Entomol.39:206-211.

Pimentel, D., and H. Lehman, eds. 1993. The pesticide question environment, economics, and ethics. New York: Chapman and Hall, xiv, 441.

Richardson, M., ed. 1988. Risk assessment of chemicals in the environment. London, UK: Royal Society of Chemistry, xx, 579.

Tweedy, B. G., H. J. Dishburger, L. G. Ballantine, and J. McCarthy, eds. 1991. Pesticide residues and food safety: A harvest of viewpoints, ACS Symposium Series 446. Washington, D.C.: American Chemical Society. xv, 360.

Van den Bosch, R. 1978. The pesticide conspiracy: Los Angeles, Calif.: The University of California Press, xiv, 226.

Vighi, M., and E. Funari, eds. 1995. Pesticide risk in groundwater. Boca Raton, Fla.: Lewis Publishers, 275.

Wilkinson, C. F. 1990. Introduction and overview. ln S. R. Baker and C. F. Wilkinson, eds., The effects of pesticides on human health: Proceedings of a workshop, May 9-11. 1988, Keystone, Colo. Advances in modern environmental toxicology vol. 18. Princeton, N.J.: Princeton Scientific Pub. Co., 5-33.

فصل بیستم: مدیریت تلفیقی آفات در آینده

اگر نمی‌دانید به کجا می‌روید باید مراقب باشید زیرا ممکن است در آنجا چیزی نیابید. آینده آن چه قرار بوده باشد نیست (یوگی برا[1]).

رئوس مطالب این فصل

- مقدمه
- چگونگی اندازه‌گیری پیشرفت در مدیریت تلفیقی آفات
- مسیرهای تغییرات احتمالی
- پیشرفت‌های راهبردی
- خلاصه

مقدمه

از زمانی که عبارت «مدیریت تلفیقی آفات (IPM)» در اواخر دهه ۱۹۶۰ با صراحت مطرح شد، این مفهوم به دقت بررسی شده است . این عبارت مورد انتقاد قرار گرفت، نام‌های جایگزین پیشنهاد و شرایطی اضافه شد ولی طی نیمه دوم قرن بیستم IPM به‌صورت یکی از محکم‌ترین مفاهیم در علوم کشاورزی ظاهر شد. امروزه به طور کلی توافق شده است که پذیرش IPM یک گزینه اختیاری نیست، اگرچه پذیرش آن در بیشتر محصولات و در بیشتر بخش‌های جهان با کندی همراه بوده است. اگر تولید کشاورزی بخواهد نیازهای یک جمعیت در حال رشد انسان را فراهم کند پذیرش IPM یک اجبار است. IPM یک کار در حال پیشرفت است و اگر چه IPM مطلوب در هر سیستم کشت ویژه حاصل نمی‌شود، اما در بسیاری از سیستم‌ها تلاش‌های فراوانی در جهت IPM صورت گرفته است.

در زندگی واقعی، مدیران باید همه جنبه‌های مدیریت آفت را در قالب یک سیستم تولید کشاورزی تلفیق کنند. همه اجزای سیستم تولید، از انتخاب گیاه زراعی، انتخاب واریته، آماده‌سازی خاک، روش‌های مدیریت آفت قبل از کشت و طی برداشت و انبارداری، دارای ارتباط نزدیکی به هم هستند و همگی روی ماهیت و شدت مشکلات آفت اثر می‌گذارند. چالش آینده برای دانشمندان کشاورزی به همراه تولیدکنندگان و فعالان مدیریت آفت، میزان توان گسترش و استفاده از دانش

[1] Yogi Berra

عملکرد زیست‌شناسی و اکوسیستم برای حفظ تولیدات کشاورزی همزمان با دستیابی به کمترین اثر موازی ممکن روی محیط و بالاترین بازگشت ممکن برای تولیدکنندگان و کل جامعه است.

نگاه به آینده سرشار از تردید است، اما برخی موارد با میزانی از اطمینان ممکن است پیش‌بینی شود. انسان‌ها به پرورش غذا و فیبر برای برآوردن نیازهای اساسی‌شان ادامه خواهند داد اگرچه برخی اساسی نیستند اما برای جوامع مرفه‌تر موردنیاز هستند. سایر موجودات (آفات) برای به اشتراک گذاشتن محصولات با انسان‌ها کوشش خواهند کرد و ادامه‌ی رقابت یا مقابله بین انسان‌ها و آفات نیاز انسان به بهترین مدیریت آفت را نشان می‌دهد. آینده چگونه خواهد بود؟ با تلاش همه‌ی انسان‌ها پیش‌بینی دشوار است، پیشرفت‌های علمی قابل پیش‌بینی نیستند. فیزیکدانی به نام نیلز بور[1] می‌گوید پیش‌گویی دشوار است به ویژه درباره‌ی آینده! ایده‌های زیر با احتیاط برای همه‌ی پیش‌گویی‌های بلندمدت، بر پایه‌ی احتمال اشتباه، عرضه می‌شوند.

مدیریت آفت در نظر دارد اکوسیستم را به سود علایق انسان تغییر دهد. هدف IPM می‌بایست دستیابی به سطح موردانتظار از دخالت در فرایندهای اکوسیستم برای تنظیم اثرات آفت با حداقل اثرات غیرمنتظره روی سایر عملکردهای اکوسیستم باشد. توقف فعالیت‌هایی که اثرات منفی خیلی بزرگی دارند ممکن است در آینده همچنان که در گذشته رخ داده لازم باشد. توقف استفاده از حشره‌کش ددت و نماتدکش DBCP نمونه‌هایی از این تصمیم هستند.

چگونگی اندازه‌گیری پیشرفت در مدیریت تلفیقی آفات

دولت ایالات متحده یک آرمان ایالتی ایجاد کرد تا به تشویق پذیرش عملیات IPM بپردازد؛ به طوری که در سال ۲۰۰۰، ۷۵ درصد کشاورزی تحت برخی از سطوح IPM قرار گرفت. مسئله‌ای که در مورد این هدف وجود داشت، مشکل اندازه‌گیری پذیرش IPM و یک خط پایه از سطح پذیرش IPM در بیشتر محصولات بود (فصل‌های ۱و ۱۹)

کثرت تعاریف رایج برای IPM و پرسش‌هایی که امروزه درباره‌ی دامنه‌ی مدیریت تلفیقی آفت مطرح است نشان می‌دهد بررسی اولیه برای آینده، یک تعریف پذیرفته شده همگانی برای IPM، فراهم می‌کند. ارزیابی پذیرش IPM در سطح تحقیقاتی یا عملی تا تکمیل این تعریف مشکل خواهد بود.

همان‌طور که ذکر شد، مدیریت آفت نیاز به آینده قابل پیش‌بینی دارد و مدیران برخی از اشکال IPM را در محدوده دانش خود انجام می‌دهند. عامل کلیدی دامنه‌ای است که IPM داخل و در بین خطوط رشته‌های مختلف تلفیق خواهد شد بدان معنی که آفات به طور منفرد یا بخشی از

[1] Niels Bohr

برهم‌کنش‌های چندگانه در سیستم کشاورزی در نظر گرفته می‌شوند. در پذیرش IPM پیشرفت‌هایی صورت گرفته است و در آینده این پذیرش بیشتر خواهد شد.

مسیرهای تغییرات احتمالی

فصل‌های ۱۰ تا ۱۷ روش‌های کنترل را معرفی کردند که سنگ بنای اصلی IPM را تشکیل می‌دهند. مدیریت آفت ممکن است در آینده با راه‌های زیادی تغییر کند. بیشتر این تغییرات به طور حتم در توسعه و پیشرفت روش‌های موجود رخ می‌دهند ولی بعضی از پیشرفت‌های ضروری در رابطه با دستیابی، سازماندهی و قابلیت دسترسی اطلاعات رخ خواهد داد که مستلزم بهبود سیستم‌های حمایتی تصمیم‌گیری است.

زیست‌شناسی و اکولوژی آفت

دانش شالوده و پشتیبانی برای IPM است؛ اگرچه این گفته بدیهی به نظر می‌رسد، هنوز در حال درک و پذیرش است. پیشرفت مداوم در درک زیست‌شناسی و اکولوژی جانداران آفت ضروری است تا امکان تلفیق IPM در سطوح بالاتری فراهم شود. اغلب به نظر می‌رسد چنین درکی، دوراندیشی کاربرد زیست‌شناسی و اکولوژی پایه را از بین برده است ولی کمک‌های چنین اطلاعاتی در مدیریت کاربردی آفت نمی‌تواند اغراق‌آمیز باشد. درک برهم‌کنش‌های چندگانه آفت و برهم‌کنش‌های عوامل کنترل با محیط‌زیست منجر به بهبود راهبردهای مدیریتی و افزایش تصمیم‌گیری‌های پیچیده می‌شود. نقش و اثرات تنوع اکوسیستم در رابطه با IPM بتدریج روشن و منجر به بهبود سطوح ناحیه‌ای برنامه‌های IPM خواهد شد. IPM در این سطح نیازمند تغییرات و دگرگونی‌های راهبردی قابل توجه خواهد بود و IPM سطح وسیع یک مثال از چنین دگرگونی است.

پایش آفت و تصمیم‌گیری

از آغاز دهه ۱۹۸۰ پیشرفت‌های فناورانه، روش‌های پایش بندپایان آفت و تصمیم‌گیری درباره آن‌ها را تغییر داده است. پیشرفت‌ها در زمینه شناسایی، خالص‌سازی و استفاده از فرمون‌ها و کایرمون‌ها به عنوان جلب‌کننده در تله‌ها فواید زیادی در جهت افزایش دقت در پایش بندپایان آفت داشته است.

پیشرفت‌های مهم دیگر بر مبنای گسترش و توسعهٔ سریع رایانه و فناوری‌های ارتباطی جهانی از آغاز دهه ۱۹۸۰ استوار هستند. شاید افزایش قدرت رایانه و کاهش اندازه و وزن آن، سهم زیادی در استفاده از رایانه‌ها برای تشخیص در مزرعه و تصمیم‌گیری به موقع داشته است. بازیافت و ثبت داده‌ها، مدل‌های جاری و سیستم‌های خبره مورد استفاده در مزرعه، با استفاده از رایانه‌ها قابل حمل قدرتمند و داده نگارها افزایش خواهد یافت. با این ابزارها در مزرعه و در جایی که داده‌ها جمع آوری می‌شوند، بهبود سرعت و دقت در فرایندهای تصمیم‌گیری رخ خواهد داد. به طور قابل

تصور، استفاده از رایانه‌ها برای پردازش داده‌ها تنها در حالتی امکان‌پذیر است که در مدیریت آفت تلفیق صورت گیرد زیرا میزان زیادی از داده‌ها باید پردازش شوند. تغییرات مورد انتظار در آینده شامل موارد زیر است:

۱ - تشخیص آفت. دستیابی به سیستم خبره تشخیص آفت نظیر کاتالوگ‌های تصویری آفات امری پیش پا افتاده خواهد بود. قابل تصور است که رایانه‌ها، از طریق فناوری تصویری دیجیتال، قادر خواهند بود تا به سرعت جانداران آفت را تشخیص دهند. با پروفیل‌های ژنتیکی و استفاده از مارکرهای ژنتیکی تشخیص آفت تسریع خواهد شد و از عملیات استانداردتری به ویژه برای جانداران مخفی مانند عوامل بیماری‌زا برخوردار خواهد بود.

۲ - پیش آگاهی. پیشرفت‌ها در توانایی ایجاد مدل‌هایی که به پیش آگاهی رخدادها می‌پردازند یک عرصه مهم برای مدیریت بیماری و حشرات آفت خواهد بود. در برخی نواحی پیشرفت‌ها در پیش آگاهی برای ظهور علف‌های هرز نیز ممکن است ابزاری با ارزش در مدیریت علف‌های هرز باشد.

۳ - اصلاح آستانه‌ها و پایش. پیشرفت در سیستم‌های خبره کاربردی که روی رایانه‌های دستی در مزرعه عمل می‌کنند قابلیت استفاده از آستانه‌های اقتصادی را، در جایی که چنین پارامترهایی مفید هستند، بسیار بهبود بخشیده است. کاربرد دیگر رایانه استفاده از مدل‌های روز- درجه برای پیشگیری از شیوع آفت و فراوانی احتمالی آن است. مدل‌های روز- درجه یک جزء ضروری از سیستم‌های حمایتی تصمیم‌گیری برای IPM بوده و در مزرعه به سادگی قابل استفاده هستند. چنین مدل‌هایی در WWW. رایج هستند، به طوری که داده‌های دقیق آب و هوایی مربوط به چنین مدل‌هایی از شبکه گرفته می‌شود.

۴ - ذخیره و بازیابی داده‌ها برای توصیه‌ها. دستیابی سریع و آسان به بانک بزرگ داده‌ها در مزرعه، مانند ثبت‌های تاریخی مزرعه، زیست‌شناسی آفت، توصیه‌های کنترل و اطلاعات برچسب آفت‌کش، توانایی مشاوران مدیریت آفت برای تصمیم‌گیری IPM در محل مزرعه را افزایش می‌دهد.

۵ - فناوری تصویری دیجیتال رایانه‌ای. چنین پیشرفت‌هایی امکان شناسایی به موقع محصول و آفت (به ویژه علف هرز) را به وسیله ماشین فراهم خواهند کرد. در نتیجه برنامه‌ریزی تجهیزات روباتیک برای کنترل سمپاش و سایر تجهیزات مکانیکی مزرعه (در ادمه می‌بینید) امکان‌پذیر می‌شود و مصرف آفت‌کش و خطرات آن برای کاربران انسانی کاهش خواهد یافت.

کشاورزی دقیق استفاده از رایانه‌ها برای کشاورزی دقیق (کشاورزی ویژه در محل[1] یا کشاورزی نسخه‌ای[2] نیز نامیده می‌شود) از طریق سیستم موقعیت‌یابی جهانی[3] و سیستم اطلاعات جغرافیایی[4] منجر به کاربرد ویژه روش‌های کنترل در محل موردنظر در زمانی درست خواهد شد. این حالت استفاده از روش‌ها را در مناطقی که مورد نیاز هستند ممکن خواهد کرد.

نقشه عملکرد طراحی شده است ولی موارد زیر ممکن است در آینده در دسترس باشند:

۱ - طراحی نقشه توزیع آفت در مزرعه به‌ویژه برای آفات کم تحرک‌تر مانند علف‌های هرز و عوامل بیماری‌زای خاکزاد و نماتدها

۲ - پایش شیوع اپیدمی بیماری‌های متحرک و هجوم بندپایان

۳ - پایش حرکت عوامل کنترل بیولوژیک رهاسازی شده در نقاطی از مزارع

سپس این اطلاعات برای پیشرفت بهتر پیشگویی آفت و پراکنش آن استفاده خواهند شد. برای نمونه، وقتی یک گیاه زراعی به دلیل یک بیماری ناشی از زهکشی ضعیف خاک قدرت رقابت پایینی دارد وجود علف هرز بدیهی است در چنین شرایطی ممکن است کاربرد علف‌کش برای کنترل علف‌های هرز بهترین روش نباشد. چنین مشکلاتی ممکن است به وسیله اطلاعات دقیق فضایی و کامل‌تر از لحاظ تاریخچه بهتر تشخیص داده شود.

کنترل‌های قانونی

هدف از قوانین و مقررات، محدود کردن هجوم آفات به مناطقی است که در گذشته مورد حمله قرار نگرفته‌اند و این هجوم در مقیاس جهانی به طور یقین افزایش خواهد یافت. از چشم‌انداز تاریخی محتمل است که کنترل‌های قانونی خیلی موفق نباشد مگر این که عموم مردم به طور قابل توجهی به سمت تغییر در گسترش گونه‌های غیربومی حرکت کنند. دستیابی به هر گونه تغییرات معنی‌دار در این عرصه، مستلزم آموزش همگانی خواهد بود. در بیشتر مناطق مقررات دولتی در استفاده از آفت‌کش و استفاده از GMOs، همواره در حال بروزرسانی هستند.

آفت‌کش‌ها

استفاده از آفت‌کش‌ها ادامه خواهد یافت ولی پیش‌بینی می‌شود کارایی این فرآورده‌ها، ایمنی استفاده از آن‌ها و ماهیت و نحوه عمل آن‌ها (به ویژه حشره‌کش‌ها) در آینده تغییر خواهد کرد. توسعه آفت‌کش‌های مصنوعی جدید با گام‌های آهسته‌تری نسبت به نیمه دوم قرن بیستم همراه خواهد بود. استفاده از حشره‌کش‌های انتخابی‌تر و آفت‌کش‌های زیستی مشتق‌شده از جانداران زنده

[1] Site- specific farming
[2] Prescription farming
[3] Global Positioning System (GPS)
[4] Geographic Information System (GIS)

افزایش خواهد یافت. از بین همه این آفت‌کش‌ها، مصرف علف‌کش‌ها در بیشترین مقادیر و در بیشترین سطوح برای مدیریت علف هرز ادامه خواهد یافت.

فناوری پخش آفت‌کش در حال تغییر است و «سم‌پاشی‌های هوشمند[1]» که می‌توانند وجود علف‌های هرز را تشخیص دهند برای مدیریت پس از رویش علف‌هرز استفاده خواهند شد. این سم-پاش‌های جستجوگر علف هرز، بسته به وجود علف هرز روشن و خاموش شده و مصرف علف‌کش را کاهش خواهند داد. سم‌پاشی‌های باغی اندازه درخت را تشخیص و به طور خودکار الگوهای سم-پاشی را تنظیم خواهند کرد. نازل‌ها و فناوری‌های سم‌پاشی اصلاح خواهد شد تا خطرات بادبردگی و اثرات غیرهدف را کاهش دهد.

مدیریت مقاومت، طغیان مجدد و جایگزینی

تداوم بلندمدت IPM، مستلزم افزایش آگاهی از روش‌های کنترلی است که فشار انتخابی روی آفات وارد می‌کنند و از طرفی در مدیریت مقاومت، طغیان مجدد و جایگزینی جانداران آفت، به تلاش فزاینده‌ای نیاز خواهد بود. در گذشته، روش‌های خاص و موانع تکنولوژیکی و اقتصادی از توسعه سریع روش‌های جدید به ویژه آفت‌کش‌ها جلوگیری کرده‌اند. بنابراین، به جایگزینی روش‌های فراموش شده نمی‌توان اطمینان کرد. روش IPM چند روشی، برای مدیریت این سه (مدیریت مقاومت، طغیان مجدد و جایگزینی جانداران آفت) در مدیریت آفت به امری عادی تبدیل خواهد شد.

کنترل بیولوژیک

کنترل بیولوژیک، شالوده و اساس بیشتر برنامه‌های مدیریت بندپایان خواهد بود و این روش در کنترل عوامل بیماری‌زا و نماتدها و احتمالاً به‌صورت متعادل‌تری علف‌های هرز پیشرفت بیشتری خواهد کرد. همچنین بررسی و دقت بیشتری روی اثرات غیرعمدی و ناخواسته جانداران واردسازی شده صورت خواهد گرفت و مقررات بیشتری برای واردات دشمنان طبیعی وجود خواهد داشت. چنین مقرراتی ممکن است تلاش‌ها برای کنترل به موقع گونه‌های مهاجم غیربومی را ناکام سازد.

کنترل‌های رفتاری

در آینده استفاده از سمیوکمیکال‌ها به‌ویژه فرمون‌های جنسی، برای مدیریت بندپایان آفت افزایش خواهد یافت. کاربرد ابزارهای شیمیایی مدرن برای شناسایی سریع سمیوکمیکال‌ها نظیر فرمون‌ها و پیدایش روش‌های جدید برای توزیع آن‌ها در قالب سیستم‌های IPM، راه‌ها و مسیرهای جدیدی برای مدیریت بندپایان آفت باز خواهد کرد.

[1] Smart sprayers

روش‌های زراعی

از اواسط دهه ۱۹۷۰، دو عرصه در کشت و زرع گیاه زراعی شامل مدیریت آبیاری و سیستم‌های بدون خاک‌ورزی یا با خاک‌ورزی کاهش یافته مدیریت آفت را تغییر داده است.

مدیریت آبیاری در نواحی از جهان که آبیاری بخشی از کشاورزی است، تغییر در روش کاربرد آب می‌تواند برخی از جنبه‌های IPM را اصلاح کند. با استفاده از سیستم‌های توزیع متمرکز، مانند آبیاری قطره‌ای قابلیت مدیریت آفات بهبود خواهد یافت. در مقایسه با آبیاری غرقابی یا بارانی، سیستم‌های قطره‌ای با کاهش میزان رطوبت خاک مشکلات ایجاد شده به وسیله عوامل بیماری‌زا، نماتدها و علف‌های هرز را کاهش خواهند داد.

سیستم‌های بدون شخم و سیستم‌های با شخم کاهش یافته در برخی نواحی جهان به ویژه در بخش‌هایی از میانه غرب ایالات متحده سیستم‌های بدون شخم و سیستم‌های با شخم کاهش یافته به طور گسترده‌ای پذیرفته شده‌اند. در کشاورزی بدون شخم با کاهش فرسایش خاک افزایش سودمندی پیش‌بینی می‌شود. تغییر در سیستم‌های شخم بر دینامیسم‌های جمعیت و کنترل آفات خاکزاد و آفاتی که از پوشش گیاهی بهره می‌برند، تأثیر خواهد داشت. پیشرفت سیستم‌های IPM با هدف کشاورزی بدون شخم ضروری خواهد بود.

کنترل‌های فیزیکی و مکانیکی

محدودیت در عملیات شخم، فرسایش خاک و آلودگی ذرات هوا را کاهش می‌دهد و بر بسیاری از برنامه‌های IPM تأثیر دارد. در روش‌های مبتنی بر سوزاندن و شعله‌دهی به‌دلیل مصرف انرژی (هزینه‌های سوخت) و آلودگی هوا محدودیت‌های بیشتری رخ خواهد داد. با پیشرفت فناوری تصویری رایانه‌ای، همراه با سیستم‌های موقعیت‌یابی جهانی، تجهیزات کشاورزی امکان حرکت دقیق‌تر داخل ردیف گیاه زراعی و تنظیم خودکار موقعیت را خواهند داشت. این فناوری امکان عملیات خاک‌ورزی نزدیک‌تری را به گیاه زراعی فراهم می‌کند و نسبت به تراکتورهای دارای راننده انسانی با سرعت بیشتری عمل خواهد کرد.

مقاومت گیاه میزبان / اصلاح نباتات

اصلاح نباتات کلاسیک با استفاده از اصول ژنتیک مندلی برای توسعه مقاومت به آفات در گیاهان زراعی ادامه یافته و با روش‌های ژنتیک مولکولی تکمیل خواهد شد. ژنتیک مولکولی نشان داده است که نقش ژن در ژنوم‌ها پیچیده است. گسترش دانش در زمینه سازوکارهای عملکرد ژن در گیاه زراعی و آفت امکان دست‌کاری‌های مناسب گیاه زراعی برای گونه‌های ویژه آفات را فراهم ساخته و انتخاب انواع شکننده مقاومت را بهتر می‌کند.

مهندسی ژنتیک قابلیت‌های زیادی در رابطه با مقاومت گیاه میزبان به آفت فراهم می‌کند. مهندسی ژنتیک گیاهان زراعی با جابه‌جایی ویژگی‌های مطلوب ژن‌ها به داخل کولیتوارهای زراعی و ایجاد

واریته‌های جدید بیانگر پیشرفت قابل توجه از طریق اصلاح نباتات کلاسیک است. این فناوری می‌تواند مدیریت بیماری، حشره و نماتد را به طور کامل متحول کند. ایجاد گیاهان زراعی مقاوم به علف‌کش ممکن است مفهوم کلی کنترل انتخابی علف هرز با استفاده از علف‌کش‌ها را دگرگون کند. با وجود این، پیشرفت‌ها در عرصه گیاهان زراعی تراریخته باید در رابطه با درک پیامدهای بلند مدت در مصرف‌کنندگان (در مفهوم اکولوژیکی) و محیط زیست و پذیرش عمومی این فناوری تعدیل شود. نوآوری‌های فناورانه به معرفی پایش مناسب و اقدامات احتیاطی برای جلوگیری از ایجاد مشکلات مشابه به وسیله بعضی از آفت‌کش‌ها نیاز دارد. به طور همزمان، آفت‌کش‌ها نیز دچار تحول و نوآوری جدید می‌شوند ولی بسیاری از مشکلات بالقوه به سادگی قابل پیش‌بینی نیستند.

سیستم‌های IPM

سطح آگاهی و تلفیق درست برنامه‌های IPM به طور تدریجی افزایش خواهد یافت و در نهایت شامل تلفیق روش‌ها در بین گروه‌های آفت خواهد شد.

مشاوره کنترل آفت

فردی که به توصیه‌های کنترل آفت می‌پردازد به ویژه در کشورهای کمتر توسعه یافته، به طور یقین آموزش بهتری خواهد دید. هم اکنون برخی از دانشگاه‌ها مدارک و درجاتی در زمینه مدیریت آفت ارائه می‌دهند. به سبب افزایش پیچیدگی در تصمیم‌گیری برای IPM، این احتمال وجود دارد که کشاورزان و صاحبان زمین به دلیل عدم مهارت و آموزش اجازه تصمیم‌گیری درباره استفاده از آفت‌کش‌ها را نخواهند داشت. یک شورای حرفه‌ای در مدیریت، برای دادن مدرک دکتری در زمینه بهداشت گیاهی، مشابه فرایندهای به‌کار رفته به وسیله حرفه‌های پزشکی تأسیس خواهد شد. تاکنون بعضی از جوامع حرفه‌ای چنین شوراهایی را تأسیس کرده‌اند؛ برای نمونه، انجمن حشره‌شناسی آمریکا یک برنامه شورای گواهی حشره‌شناسی بنیان نهاده است که متقاضیان نیازمند دادن امتحان سرپرستی انجمن هستند.

پیشرفت‌های راهبردی

اگر در آینده بتوان برای روش‌های منفرد با نتیجه‌گیری از رخدادهای تاریخی در مزارع مختلف، رخدادهای آتی را پیش بینی کرد، پیش‌بینی تغییرات عمده راهبردی بسیار مشکل‌تر خواهد بود. در ابتدا IPM برای اجرا در سطح یک مزرعه به ذهن بشر خطور کرد و ایجاد شد. بیشتر ابزارهای تصمیم‌گیری مانند سطوح زیان اقتصادی و سیستم‌ها پایش برای استفاده در یک مزرعه طراحی شدند. با وجود این، بسیاری از آفاتی که دارای تحرک زیاد هستند روی رخدادهای مزارع مجاور تاثیر می‌گذارند. پیشرفت در IPM نیازمند طراحی و اجرای آن در مقیاس‌های فضایی بزرگتر خواهد بود. توسعه اخیر در مفهوم IPM سطح وسیع، بیانگر حرکت قابل توجه در این مسیر است.

در برخی موارد، IPM سطح وسیع، در سطح یک پارک متمرکز است. راهبردهای آینده در برگیرنده اکوسیستم در تمامی نواحی اکولوژیکی خواهد بود. سطح سازمانی و پیچیدگی این برنامه‌ها از آنچه که هم اکنون وجود دارد فراتر خواهد بود.

خلاصه

پیشرفت فناوری از جمله عوامل داخلی اثرگذار روی IPM است اما مسیر آینده IPM، شاید حتی به‌طور عمیق‌تر، به وسیله عوامل خارجی تحت‌تأثیر قرار خواهد گرفت. فرایندهای طبیعی دینامیکی در یک ماهیت جهانی و همچنین فرایندهای تعیین شده به وسیله جوامع و دولت‌ها، روی سیستم‌های IPM تاثیر می‌گذارند. فرایندهای طبیعی همواره در حال تغییر، منجر به لزوم پایش مداوم شرایط گیاهان زراعی و آفاتی که آن‌ها را مورد حمله قرار می‌دهند می‌شوند. تغییر مقررات و قوانین یا تقاضای مصرف‌کننده، همچنین تأثیری قوی بر روش‌هایی که می‌توانند به یک راهبرد IPM ملحق شوند دارند. مصوبه حفاظت از کیفیت غذا[1] در ایالات متحده (فصل ۱۱ را ببینید) و محدودیت‌های محلی، ناحیه‌ای و جهانی، مثال‌هایی از عوامل ایجاد شده اجتماعی هستند. گونه‌های مهاجم از لحاظ بیولوژیکی و تغییرات آب و هوایی، مثال‌هایی از عوامل ناشی از رخدادهای طبیعی هستند. این عوامل بر جهت‌گیری‌های IPM در آینده نزدیک تأثیر زیادی خواهند داشت.

اگرچه مردم سراسر جهان در عقاید مذهبی، فلسفه سیاسی، استانداردهای زراعی، تجربه‌ها و موقعیت‌های مالی فردی متفاوت هستند، همه آن‌ها در نیاز به خوردن مواد مغذی و با کیفیت بالا دارای وجه اشتراک هستند. نیاز به افزایش تولید غذا و پوشاک برای رضایت‌مندی جمعیت رو به رشد جهان، در حدود ۱/۸ درصد در هر سال، چالشی برای مدیران آفت خواهد بود تا همواره سیستم‌های IPM را بهبود بخشیده تا خسارت‌های ناشی از آفت را کاهش دهند. چنین خسارت-هایی باوجود پیشرفت‌های تکنولوژیکی جدید هنوز هم سالیانه ۳۰ درصد برآورد می‌شوند.

تجربه آفت‌کش‌ها و خوش‌بینی‌های اولیه به خاطر کنترل معجزه‌آسای آفت که به دنبال آن نارضایتی‌های ناگهانی بیشتری به‌وقع پیوست، آموخت که فناوری گلوله نقره‌ای همه مشکلات آفت را حل نخواهد کرد. با وجود این، تجربه IPM در ۳۰ سال گذشته نشان داده است که تلفیق روش‌های کنترل تنها روش سالم از لحاظ اکولوژیکی برای مدیریت آفت است. الگوی IPM مدلی برای سایر اجزای کشاورزی پایدار است.

[1] Food quality protection act

منابع

در فهرست زیر منابع مربوط به عنواین اصلی این کتاب ذکر شده است. ترتیب منابع بر اساس ترتیب الفبایی موضوع‌ها است.

IPM

Anonymous. Integrated pest management. University of California Statewide Integrated Pest Management Project, DANR publications. Year of publication varies. Available for the following crops: alfalfa (4104), rice (3280), tomatoes (3274), cotton (3305), lettuce and cole crops (3307), apples and pears (3340), almonds (3308), walnuts (3270), citrus (3303), small grains (3333), potatoes (3316), strawberries (3351), and pests of landscape trees and shrubs (3359). Some now in second editions.

Anonymous. 1992.'Beyond *pesticides. Biological approaches to pest management in California.* Oakland, Calif.: DANR Publications, University of California, 183.

Beirne, B. P. 1967. *Pest management.* London: L. Hill, 123.

Bellows, T. S. , and T. W. Fisher, eds. 1999. *Handbook of biological control: Principles and applications of biological control.* San Diego, Calif.: Academic Press, xxiii, 1046.

Burn, A. J., T. H. Coaker, and P. C. Jepson. 1987. *Integrated pest management.* London; San Diego, Calif.: Academic Press, xi, 474.

Cook, R. J., and R. Veseth. 1991. *Wheat health management.* St. Paul, Minn.: APS Press, x, 152. Delucchi, V. L. , ed. 1987. *Integrated pest management protection integree: Quo vadis? An international perspective.* Geneva, Switzerland: Parasitis, 411.

Dent, D., and N.C. Elliott. 1995. *Integrated pest management.* London; New York: Chapman & Hall, xii, 356.

Ennis, W. B., ed. 1979. *Introduction to crop protection*, Foundations for Modern Crop Science Series. Madison, Wise.: American Society of Agronomy, xv, 524.

Fletcher, W. W. 1974. *The pest war.* New York: Wiley, x, 218.

Flint, M. L. 1998. *Pests of the Garden and Small Farm: A grower's guide to using less pesticide.* Oakland, Calif.: Statewide Integrated Pest

Management Project, University of California Division of Agriculture and Natural Resources, x, 276.

Flint, M. L., and S. H. Dreistadt. 1998. *Natural enemies handbook: The illustrated guide to biological pest control.* Oakland; Berkley, Calif.: UC Division of Agriculture and Natural Sciences, University of California Press, viii, 154.

Flint, M. L., and P. Gouveia. 2001. *IPM in practice; Principles and methods of integrated pest management.* Oakland, Calif.: University of California, Division of Agriculture and Natural Resources, Publication 3418, xiii, 296.

Flint, M. L., and R. Van den Bosch. 1981. Introduction to integrated pest management. New York: Plenum Press, xv, 240.

Gaston, K. J. 1996. Biodiversity: A biology of numbers and difference. Oxford; Cambridge, Mass.: Blackwell Science, x, 396.

Glass, E. H. 1992. Constraints to the implementation and adoption of IPM. In F. G. Zalom and W. E. Fry, eds., Food, crop pests, and the environment: The need and potential for biologically intensive integrated pest management. St. Paul, Minn.: APS Press, 167-174.

Hawksworth, D. L. 1994. The identification and characterization of pest organisms. Third Workshop on the Ecological Foundations of Sustainable Agriculture (WEFSA III). Wallingford,UK: CAB International in association with the Systematics Association, xvii, 501.

Heitefuss, R. 1989. Crop and plant protection: The practical foundations. Chichester, England: Ellis Horwood; New York: Halsted, 261.

Henkens, R. , C. Bonaventura, V. Kanzantseva, M. Moreno, J. O'Daly, R. Sundseth, S. Wegner, and M. Wojciechowski. 2000. Use of DNA technologies in diagnostics. In G. C. Kennedy and T. B. Sutton, eds., Emerging technologies for integrated pest management. St. Paul, Minn.: APS Press, American Phytopathological Society, 52-66.

Heywood, V. H., and R. T. Watson. 1995. Global biodiversity assessment. Cambridge, Mass.; New York: Cambridge University Press, x, 1140.

Hoy, M.A., and D. C. Herzog. 1985. Biological control in agricultural IPM systems. Orlando, Fla.: Academic Press, xv, 589.

Kennedy, G. C., and T. B. Sutton, eds. 2000. Emerging technologies for integrated pest management. St. Paul, Minn.: APS Press, American Phytopathological Society, xiv, 526.

Kogan, M. 1986. Ecological theory and integrated pest management practice. New York: Wiley, xvii, 362.

Kranz, J., H. Schmutterer, and W. Koch. 1978. Diseases, pests, and weeds in tropical crops. Chichester, England; New York: Wiley, xiv, 666, [32]leaf plates.

Landis, A. D. , F. D. Menalled, J. C. Lee, D. M. Carmona, and A. Perez-Valdez. 2000. Habitat management to enhance biological control in IPM. In G. C. Kennedy and T. B. Sutton, eds., Emerging technologies for integrated pest management. St. Paul, Minn.: APS Press, American Phytopathological Society, 226-239.

Leslie, A. R., and G. W. Cuperus. 1993. Successful implementation of integrated pest management for agricultural crops. Boca Raton, Fla.: Lewis Publishers, 193.

Mengech, A. N., K. N. Kailash, and H. N. B. Gopalan, eds. 1995. Integrated pest management in the tropics: Current status and future prospects. Chichester, England; New York: Published on behalf of United Nations Environment Programme (UNEP) by Wiley, xiv, 171.

Morse, S., and W. Buhler. 1997. Integrated pest management: Ideals and realities in developing countries. Boulder, Colo.: Lynne Rienner Publishers, ix, 171.

Olkowski, W., S. Daar, and H. Olkowski. 1991. Common-sense pest control. Newtown, Conn.: Taunton Press, xix, 715.

Pimentel, D. 1991. CRC handbook of pest management in agriculture. Boca Raton, Fla.: CRC Press, 3 v.

Reuveni, R., ed. 1995. Novel approaches to integrated pest management. Boca Raton, Fla.: Lewis Publishers, xiv, 369.

Roberts, D. A. 1978. Fundamentals of plant-pest control. San Francisco: W. H. Freeman and Company, 242.

Ruberson, J. R., ed. 1999. Handbook of pest management. New York: Marcel Dekker, xvii, 842.

Sill, W. H. 1982. Plant protection: An integrated interdisciplinary approach. Ames, Ia: Iowa State University Press, xiii, 297.

Thresh, J. M., ed. 1981. Pests, pathogens and vegetation. London, UK: Pitman Books Limited, 517.

United States Congress. Office of Technology Assessment. 1987. Technologies to maintain biological diversity. Washington, D.C.: Congress of the U.S. Office of Technology Assessment. For sale by

the Superintendent of Documents. U.S. Government Printing Office, vi, 334.

Van Driesche, R. G., and T. S. Bellows, Jr. 1996. Biological control. New York: Chapman & Hall, 539.

Ware, G. W. 1996. Complete guide to pest control: With and without chemicals. Fresno, Calif.: Thomson Publications, xii, 388.

Weinberg, H. 1983. Glossary of integrated pest management. Sacramento, Calif.: State of California, Department of Food and Agriculture, 84.

Zalom, F. G., R. E. Ford, R. E. Frisbie, C. R. Edwards, and J. P. Tette. 1992. Integrating pest management: Addressing the economic and environmental issues of contemporary agriculture. In F. G. Zalom and W. E. Fry, eds. , Food, crop pests, and the environment: The need and potential for biologically intensive integrated pest management. St. Paul, Minn.: APS Press, 1-12.

Zalom, F. G., and W.. E. Fry, eds. 1992. Food, crop pests, and the environment: The need and potential for biologically intensive integrated pest management. St. Paul, Minn.: APS Press, vi, 179.

عوامل بیماری‌زا

Agrios, G. N. 1997. Plant pathology. San Diego, Calif.: Academic Press, xvi, 635.

Ainsworth, G. C. 1981. Introduction to the history of plant pathology. Cambridge, England; N~w York: Cambridge University Press, xii, 315, [1]leaf plate.

Blakeman, J.P., and B. Williamson, eds. 1994. Ecology of plant pathogens. Wallingford, England: CAB International, xv, 362.

Brunt, A. A. 1996. Viruses of plants: Descriptions and lists from the VIDE database. Wallingford; Oxon, UK: CAB International, 1484.

Butler, E. J., and S. G. Jones. 1949. Plant pathology. London: Macmillan, xii, 979.

Ebbels, D. L., and J. E. King. 1979. Plant health: The scientific basis for administrative control of plant diseases and pests. Oxford, UK: Blackwell Scientific Publications, 217-235.

Fox, R. T.V. 1993. Principles of diagnostic techniques in plant pathology. Wallingford, England: CAB International, viii, 213.

FRAC. 2000. Fungicide Resistance Action Committee homepage, http:/ /PlantProtection.org/FRAC/

Fry, W. E. 1982. Principles of plant disease management. New York: Academic Press, x, 378.

Hadidi, A., R. K. Khetarpal, and H. Koganezawa. 1998. Plant virus disease control. St. Paul, Minn: APS Press, xix, 684.

Hall, R., ed. 1996. Principles and practice of managing soilborne plant pathogens. St. Paul, Minn: APS Press, xii, 330.

Holliday, P. 1998. A dictionary of plant pathology. Cambridge; New York: Cambridge University Press, xxiv, 536.

Horsfall, J. G., and E. B. Cowling, eds. 1977. Plant disease: An advanced treatise. New York: Academic Press, 5 v.

Maloy, 0. C. 1993. Plant disease control: Principles and practice. New York: J. Wiley, x, 346.

Maloy, 0. C., and T. D. Murray, eds. 2000. Encyclopedia of plant pathology. New York: John Wiley and Sons Inc. ,' 2200.

Manners, J. G. 1993. Principles of plant pathology. Cambridge; New York: Cambridge University Press, xii, 343.

Maramorosch, K. , and K. F. Harris, eds. 1981. Plant diseases and vectors: Ecology and epidemiology. New York: Academic Press, xii, 368.

Matteson, P. C., M. A. Altieri, and W. C. Gagne. 1984. Modification of small farmer practices for better pest management. Annu. Rev. Entomol. 29:383-402.

Matthews, R. E. F. 1992. Fundamentals of plant virology. San Diego, Calif.: Academic Press, xii, 403.

Narayanasamy, P. 1997. Plant pathogen detection and disease diagnosis. New York: Marcel Dekker, vi, 331.

Nyvall, R. F. 1989. Field crop diseases handbook. New York: Van Nostrand Reinhold, 817.

Parker, C. A., and J. F. Kollmorgen, eds. 1985. Ecology and management of soilborne plant pathogens, St. Paul, Minn.: American Phytopathological Society, ix, 358.

Rechcigl, N. A., and J. E. Rechcigl, eds. 1997. Environmentally safe approaches to crop disease control, Agriculture and Environment Series. Boca Raton, Fla.: CRC/Lewis Publishers, 386.

Roberts, D. A., and C. W. Boothroyd. 1984. Fundamentals of plant pathology. New York: W. H. Freeman and Co., xvi, 432.

Schots, A., F. M. Dewey, and R. P. Oliver, eds. 1994. Modern assays for plant pathogenic fungi: Identification, detection and quantification. Wallingford; Oxford, UK: CAB International, xii, 267.

Schumann, G. L. 1991. Plant diseases: Their biology and social impact. St. Paul, Minn.: APS Press American Phytopathological Society, viii, 397.

Sutic, D. D., R. E. Ford, and M. T. Tosic. 1999. Handbook of plant virus diseases. Boca Raton, Fla.: CRC Press, xxiii, 553.

Vidhyasekaran, P., ed. 1997. Fungal pathogenesis in plants and crops: Molecular biology and host defense mechanisms, Books in Soils, Plants, and the Environment. New York: Marcel Dekker, viii, 553.

علف‌های هرز

Aldrich, R. J., and R. J. Kremer. 1997. Principles in weed science. Ames, Ia: Iowa State University Press, 472.

Anderson, W. P. 1996. Weed Science: Principles and applications. Minneapolis/ St. Paul, Minn.: West Pub. Co., xx, 388.

Ashton, F. M., T. J. Monaco, and M. Barrett. 1991. Weed science: Principles and practices. I'Jew York: Wiley, vii, 466.

Buhler, D. D., ed. 1999. Expanding the context of weed management. Binghampton, N.Y.: The Haworth Press, Inc., 289.

California Weed Conference 1989. Principles of weed control in California. Fresno, Calif.: Thomson Publications, 511.

Cousens, R., and M. Mortimer. 1995. Dynamics of weed populations. Cambridge; New York: Cambridge University Press, xiii, 332.

Holm, L. G. 1997. World weeds: Natural histories and distribution. New York: Wiley, xv, 1129.

Holm, L. G., D. L. Plucknett, J. V. Pancho, and J.P. Herberger. 1977. The world's worst weeds: Distribution and biology. Honolulu, Hawaii: Published for the East-West Center by the University Press of Hawaii, xii, 609.

HRAC. 2000. Herbicide Resistance Action Committee homepage, http:/ /PlantProtection.org/HRAC/

lnderjit, K. M. M. Dakshini, and C. L. Fay. 1999. Principles and practices in plant ecology: Allelochemical interactions. Boca Raton, Fla.: CRC Press, 589.

Leek, M.A., V. T. Parker, and R. L. Simpson, eds. 1989. Ecology of soil seed banks. San Diego, Calif.: Academic Press, xxii, 462.

Parker, C., and C. R. Riches. 1993. Parasitic weeds of the world: Biology and control. Wallingford; Oxon, UK: CAB International, xx, 332, [16] plates.

Radosevich, S. R., J. S. Holt, and C. Ghersa. 1997. Weed ecology: Implications for management. New York: J. Wiley, xvi, 589.

Rees, N. E., P. C. J. Quimby, G. L. Piper, E. M. Coombs, C. E. Turner, N. R. Spencer, and L. V. Knutson, eds. 1996. Biological control of weeds in the west.

Bozeman, Mont.: Western Society of Weed Science in cooperation with USDA Agricultural Research Service, Montana Dept. of Agriculture, Montana State University, 1 v. (unpaged).

Ross , M.A., and C. A. Lemhi. 1999. Applied weed science. Upper Saddle River, N.J.: Prentice Hall, viii, 452.

TeBeest, D. 0. 1991. Microbial control of weeds. New York: Chapman and Hall, viii, 284.

Weed Science Society of America. 1994. Herbicide handbook. Champaign, Ill.: Weed Science Society of America, x, 352.

Weed Science Society of America. 1998. Herbicide handbook-Supplement to the seventh edition. Lawrence, Kans.: Weed Science Society of America, vi, 104.

Zimdahl, R. L. 1989. Weeds and words: The etymology of the scientific names of weeds and crops. Ames, Ia: Iowa State University Press, xix, 125.

Zimdahl, R. L. 1999. Fundamentals of weed science. San Diego, Calif.: Academic Press, xx, 556.

نماتدها

Barker, K. R. , G. A. Pederson, and G. L. Windham, eds. 1998. Plant and nematode interaction's, Agronomy 36. Madison, Wise.: American Society of Agronomy, xvii, 771.

Dropkin, V. H. 1989. Introduction to plant nematology. New York: Wiley, ix, 304.

Evans, K. , D. L. Trudgill, and J. M. Webster. 1993. Plant parasitic nematodes in temperate agriculture. Wallingford, UK: CAB International, xi, 648.

Khan, M. W., ed. 1993. Nematode interactions. London; New York: Chapman & Hall, xi, 377.

Nickle, W. R. , ed. 1991. Manual of agricultural nematology. New York: Marcel Dekker, Inc., 1035.
Weischer, B., and D. J. F. Brown. 2000. An introduction to nematodes: General nematology; A student's textbook. Sofia, Bulgaria: Pensoft, xiv, 187.
Whitehead, A. G. 1998. Plant'nematode control. Oxon, UK; New York: CAB International, viii, 384.

نرم‌تنان

Barker, G., ed. 2001. The biology of terrestrial molluscs. Wallingford, UK: CABI Publishing, xiv, 558.
Barker, G. , ed. 2002. Natural enemies of terrestrial molluscs. Wallingford, UK: CABI Publishing, 320.
Godan, D. 1983. Pest slugs and snails: Biology and control. Berlin; New York: Springer-Verlag, x, 445.
Henderson, I. 1989. Slugs and snails in world agriculture. Thornton Heath, UK: British Crop Protection Council, 422.
Henderson, I. 1996. Slug and snail'pests in agriculture. Farnham; Surrey, England:British Crop Protection Council, 450.

بندپایان

Arnett, R. H. 1993. American insects. A handbook of the insects of America and Northern Mexico. Gainesville, Fla.: The Sandhill Crane Press, Inc., 850.
Borror, D. J., C. A. Triplehorn, and N. F. Johnson. 1992. An introduction to the study of insects. Philadelphia; Fort yYorth, Tex.: Saunders College Pub.; Harcourt Brace College Pub. , xiv, 875.
Dent, D. 2000. Insect pest management. Ascot, UK: CABI Bioscience, xiii, 432.
Elzinga, R. J. 1997. Fundamentals of entomology. Upper Saddle River, N.J.: Prentice Hall, xiv, 475.
Evans, H. E., and J. W. Brewer. 1984. Insect biology: A textbook of entomology. Reading, Mass.: Addison-Wesley Pub. Co. , x, 436.
Gordh, G., and D. H. Headrick. 2001. A dictionary of entomology. New York: Oxford University Press, 900.
Hill, D. S. , and J. D. Hill. 1994. Agricultural entomology. Portland, Ore.: Timber Press, 635.

Horn, D. J. 1988. Ecological approach to pest management. New York: Guilford Press, xiii, 285.

Huffaker, C. B., and A. P. Gutierrez. 1999. Ecological entomology. New York: John Wiley & Sons, xix, 756.

IRAC. 2000. Insecticide Resistance Action Committee homepage, http:/ /PlantProtection.org/IRAC/

Knipling, E. F. 1979. The basic principles of insect population suppression and management. Washington, D.C.: U.S. Dept. of Agriculture. For sale by U.S. Superintendent of Documents, U.S. Government Printing Office, ix, 659.

Metcalf, R. L., and W. H. Luckmann, eds. 1994. Introduction to insect pest management, Environmental Science and Technology. New York: Wiley, xiii, 650.

Metcalf, R. L., R. A. Metcalf, and C. L. Metcalf. 1993. Destructive and useful insects: Their habits and control. New York: McGraw-Hill, 1 v. (various pagings).

Pedigo, L. P. 1999. Entomology and pest management. Upper Saddle River, N.J.: Prentice Hall, xxii, 691.

Rechcigl, J. E., and N. A. Rechcigl , eds. 1999a. Biological and biotechnological control of insect pests, Agriculture and Environment Series. Boca Raton, Fla.: CRC/Lewis Publishers, 386.

Rechcigl, J. E., and N. A. Rechcigl, eds. 1999b. Insect pest management: Techniques for environmental protection, Agriculture and Environment Series. Boca Raton, Fla.: CRC/Lewis Publishers, 422.

Schoonhoven·, L. M., T. Jermy, and J. J. A. van Loon. 1998. Insect-plant biology: From physiology to evolution. London; New York: Chapman & Hall, 409. van Emden, H. F. 1989. Pest Control. London: Edward Arnold, x, 117.

مهره‌داران

Anonymous. 1970. Vertebrate pests: Problems and control. Washington, D.C.: National Academy of Sciences, National, Research Council (U.S.), Committee on Plant and Animal Pests, Subcommittee on Vertebrate Pests, 153.

Baumler, W., J. Godinho, C. Grilo, M. Maduriera, I. Moreira, C. Naumann-Etienne, M. Ramalhino, T. Sezinando, and A. Vinhas. 1989. Field rodents and their control. Eschborn, Germany: Deutsche Gesellschaft fur Technische Zusammenarbeit, 151.

Buckle, A. P. , and R. H. Smith. 1994. Rodent pests and their control. Oxford, UK: CAB International, x, 405.

Dolbeer, R. A. 1999. Overview and management of vertebrate pests. In J. R. Ruberson, ed., Handbook of pest management. New York: Marcel Dekker, Inc., 663-691.

Prakash, I. 1988. Rodent pest management. Boca Raton, Fla.: CRC Press, 480.

Putman, R. J., ed. 1989. Mammals as pests. London; New York: Chapman and Hall, xi, 271.

Richards, C. G. J., and T.-y. Ku. 1987. Control of mammal pests. London; New York: Taylor & Francis, x, 406.

Singleton, G. R., ed. 1999. Ecologically-based management of rodent pests. ACIAR

Monograph Series No. 59. Canberra: Australian Centre for International Agricultural Research, 494.

Van Vuren, D. , and K. S. Smallwood. 1996. Ecological management of vertebrate pests in agricultural systems. Bioi. Agric. Hortic. 13:39-62.

Wright, E. N., I. R. Inglis, and C. Feare, eds. 1980. Bird problems in agriculture. Croydon, UK: BCPC Publications, 210.

آفت‌کش‌ها

Altman, J. , ed. 1993. Pesticide interactions in crop production: Bfmeficial and deleterious effects. Boca Raton, Fla.: CRC Press, Inc., 592.

Anonymous. 1998. Crop protection chemicals reference: CPCR. New York: Chemical and Pharmaceutical Press, viii, 2101, S63.

Anonymous. 2000. The future role of pesticides in US agriculture. Washington, D.C.: National Academy Press, xx; 301.

Atkin, J., K. M. Leisinger, and B. Angehrn, eds. 2000. Safe and effective use of crop protection products in developing countries. Wallingford, UK: CABI and Novartis Foundation for Sustainable Development, xvii, 163.

Bohmont, B. L. 2000. The standard pesticide user's guide. Upper Saddle River, N.J.: Prentice Hall Inc., 544.

ExToxNet. 2000. Pesticide information profiles, http:/ /ace.ace.orst.edu/info/extoxnet/pips/

Gustafson, D. I. 1993. Pesticides in drinking water. New York: Van Nostrand Reinhold, xii, 241.

Harris, J. 2000. Chemical pesticide markets, health risks and residues. Wallingford; Oxon, UK; New York: CABI Pub. , vii, 54.

Hewitt, H. G. 1998. Fungicides in crop protection. Wallingford; Oxon, UK; New York: CAB International, vii, 221.

Kamrin, M.A., ed. 1997. Pesticide profiles: Toxicity, environmental impact, and fate. Boca Raton, Fla.: CRC/Lewis Publishers, 676.

Linn, D. M.,T H. Carski, M. L. Brasseau, and F. H. Chang, eds. 1993. Sorption and degradation of pesticides and organic chemicals in soil, SSSA Special Publication 32. Madison, Wise.: Soil Science Society of America, American Society of Agronomy, xix, 260.

Marer, P. J., M. L. Flint, and M. W. Stimmann. 1988. The safe and effective use of pesticides. Oakland, Calif.: University of California Statewide Integrated Pest Management Project, Division of Agriculture and Natural Resources , x, 387.

Matthews, G. A. 1999. Application of pesticides to crops. London: Imperial College Press, xiii, 325.

Matthews, G. A., and E. C. Hislop, eds. 1993. Application technology for crop protection. Wallingford, UK: CAB International, viii, 359.

Perkins, J. H. 1982. Insects, experts, and the insecticide crisis: The quest for new pest management strategies. N~w York: Plenum Press, xviii, 304.

Prakash, A., and J. Rao. 1997. Botanical pesticides in agriculture. Boca Raton, Fla.: Lewis Publishers, 480.

Tomlin, C., ed. 2000. The pesticide manual: A world compendium. Farnham; Surrey, UK: British Crop Protection Council, xxvi, 1250.

Turnbull, G. J., D. M. Sanderson, and J. L. Bonsall, eds. 1985. Occupational hazards of pesticide use. London; Philadelphia: Taylor & Francis, xii, 184.

Tweedy, B. G., H. J. Dishburger, L. G. Ballantine, and J. McCarthy, eds. 1991. Pesticide residues and food safety: A hmvest of viewpoints, ACS Symposium Series 446. Washington, D.C.: American Chemical Society, xv, 360.

Vighi, M., and E. Funari, eds. 1995. Pesticide risk in groundwater. Boca Raton, Fla.: Lewis Publishers, 275.

Ware, G. W. 1994. The pesticide book. Fresno, Calif.: Thompson Publications, 386.

Waxman, M. F. 1998. Agrochemical and pesticide safety handbook. Boca Raton, Fla.: Lewis Publishers, 616.

مقاومت به آفت‌کش‌ها

Alstad, D. N., and D. A. Andow. 1995. Managing the evolution of insect resistance to transgenic plants. Science 268:1894-1896.

Anonymous, ed. 1986. Pesticide resistance: Strategies and tactics for management. Washington, D.C.: National Research Council, National Academy Press, xi, 471.

Delp, C. J. 1988. Fungicide resistance in North America. St. Paul, Minn.: APS Press, American Phytopathological Society, v, 133.

Denholm, I., J. A. Pickett, and A. L. Devonshire, eds. 1999. Insecticide resistance: From mechanisms to management. Wallingford; Oxon, UK; New York: CABI Pub., vi, 123.

Feldman, J., and T. Stone. 1997. The development of a comprehensive resistance management plan for potatoes expressing the Cry3A endotoxin. InN. Carozzi and M. Koziel, eds., Advances in insect control: The role of transgenic plants. London; Bristol, Penn.: Taylor & Francis, 49-61.

FRAC. 2000. Fungicide Resistance Action Committee homepage, http:/ /PlantProtection.org/FRAC/

Georghiou, G. P. 1972. The evolution ofresistance to pesticides. Annu. Rev. Ecol. Syst. 3:144-168.

Georghiou, G. P., and A. Lagunes-Tejeda. 1991. The occurrence of resistance to pesticides in arthropods. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, xxii, 318.

Green, M. B., H. M. LeBaron, and W. K. Moberg. 1990. Managing resistance to agrocherrlicals: From fundamental research to practical strategies. Washington, D.C.: American Chemical Society, xiii, 496.

Heaney, S., D. Slawson, D. W. Holloman, M. Smith, P. E. Russel, and D. W. Parry, eds. 1994. Fungicide resistance, BCPC Monograph No. 60. Farnham; Surrey, UK: British Crop Protection Council, xii, 418.

Hoy, M. A. 1999. Myths, models and mitigation of resistance to pesticides. In I. Denholm, J. A. Pickett, and A. L. Devonshire, eds., Insecticide resistance: From mechanisms to management. Wallingford; Oxon, UK; New York: CABI Pub., 111-119.

HRAC. 2000. Herbicide Resistance Action Committee homepage, http:/ /PlantProtection.org/HRAC/

IRAC. 2000. Insecticide Resistance Action Committee homepage, http:/ /PlantProtection.org/IRAC/

McKenzie, J. A. 1996. Ecological and evolutionary aspects of insecticide resistance. Austin, Tex.: R. G. Landes, 185.

Powles, S. B., and J. A.M. Holtum, eds. 1994. Herbicide resistance in plants: Biology and biochemistry. Boca Raton, Fla.: Lewis Publishers, 353.

Roe, R. M., W. D. Bailey, F. Gould, C. E. Sorensen, G. G. Kennedy, J. S. Bacheler, R. L. Rose, E. Hodgson, and C. L. Sutula. 2000. Detection of resistant insects and IPM. In G. C. Kennedy and T. B. Sutton, eds., Emerging technologies for integrated pest management. St. Paul, Minn.: APS Press, American Phytopathological Society, 67-84.

Roush, R. 1997. Managing resistance to transgenic crops. InN. Carozzi and

M. Koziel, eds., Advances in insect control: The role" of transgenic plants. London; Bristol, Penn.: Taylor & Francis, 271-294.

Roush, R. T., and B. E. Tabashnik, eds. 1990. Pesticide resistance in arthropods. New York: Chapman and Hall, ix, 303.

Tabashnik, B. E. , Y.-B. Liu, T. Malvar, D. G. Heckel, L. Masson, and J. Ferre. 1999. Insect resistance to Bacillus thuringiensis: Uniform of diverse. In I. Denholm, J. A. Pickett, and A. L. Devonshire, eds., Insecticide resistance: From mechanisms to management. Wallingford; Oxon, UK; New York: CABI Pub., 75-80.

مقررات

Bright, C. 1998. Life out of bounds: Bioinvasion in a borderless world. New York: Norton, 287.

Brock, J. H. 1997. Plant invasions: Studies from North America and Europe. Leiden, Netherlands: Backhuys, vi, 223.

Chapman, S. R. 1998. Environmental law and policy. Upper Saddle River, N.J.: Prentice Hall, xviii, 258.

Ebbels, D. L., and J. E. King. 1979. Plant health: The scientific basis for administrative control of plant diseases and pests. Oxford, UK: Blackwell Scientific Publications, 217-235.

Foster, J. A. 1982. Plant quarantine problems in preventing the entry into the United States of vector-borne plant pathogens. InK. F. Harris and K. Maramorosch, eds., Pathogens, vectors, and plant diseases: Approaches to control. New York: Academic Press, 151.

Garner, W. Y. , P. Royal, and F. Liem. 1999. International pesticide product registration requirements: The road to harmonization. Washington, D.C.: American Chemical Society, xi, 322.

Kahn, R. P. 1989. Plant protection and quarantine. Boca Raton, Fla.: CRC Press, 3 v.

Pysek, P. 1995. Plant invasions: General aspects and special problems. Amsterdam: SPB Academic Pub., xi, 263.

Singh, K. G., ed. 1983. Exotic plant quarantine pests and procedures for introduction of plant materials. Serdang, Malaysia: ASEAN Plant Quarantine Centre and Training Institute, viii, 333.

Stout, 0. 0., H. L. Roth, J. F. Karpati, C. Y. Schotman, and K. Zammarano. 1983. International plant quarantine treatment manual. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, x, 220.

مسائل اجتماعی و محیطی

Avery, D. T. 1995. Saving the planet with pesticides and plastic: The environmental triumph of high-yield farming. Indianapolis, Ind.: Hudson Institute, x, 432.

Baker, S. R., and C. F. Wilkinson, eds. 1990. The effects of pesticides on human health: proceedings of a workshop, May 9-11,1988, Keystone, Colo. Advances in modern environmental toxicology, v. 18. Princeton, N.J.: Princeton Scientific Pub. Co., xxi, 438.

Barbash, J. E., and E. A. Resek. 1996. Pesticides in ground water: Distribution, trends, and governing factors. Chelsea, Mich.: Ann Arbor Press, xxvii, 588.

Beatty, R. G. 1973. The DDT myth: Triumph of the amateurs. New York: John Day Co., xxii, 201.

Benbrook, C. 1996. Pest management at the crossroads. Yonkers, N.Y.: Consumers Union, xii, 272.

Carson, R. 1962. Silent spring. New York:·Fawcett Crest, 304.

Curtis, C. R. 1995. The public & pesticides: Exploring the interface. Columbus, Ohio; Washington, D.C.: Ohio State University and the National Agricultural Pesticide Impact Assessment Program, U.S. Dept. of Agriculture, viii, 96.

Dinham, B. 1993. The pesticide hazard: A global health and environmental audit. London; Atlantic Highlands, N.J.: Zed Books, 228.

Evans, L. T. 1998. Feeding the ten billion: Plants and population growth. Cambridge, UK; New York:. Cambridge University Press, xiv, 247.

Foster, K., D. Bernstein, and P. Huber. 1993. Phantom risk: Scientific inference and the law. Risk management 40:46-56.

McHughen, A. 2000. Pandora 's picnic basket: The potential and hazards of genetically modified foods. New York: Oxford University Press, viii, 277.

Pimentel, D., and H. Lehman, eds. 1993. The pesticide question environment, economics, and ethics. New York: Chapman and Hall, xiv, 441.

Taylor, S. L. , and R. A. Scanlan, eds. 1989. Food toxicology: A perspective on the relative risks, IFT Basic Symposium Series. New York: Marcel Dekker, xiii, 466.

Van den Bosch, R. 1978. The pesticide conspiracy. Los Angeles, Calif.: The University of California Press, xiv, 226.

van Emden, H. F., and D. B. Peakall. 1996. Beyond silent spring: Integrated pest management and chemical safety. London; New York: Chapman & Hall, xviii, 322.

Van Ravenswaay, E. 1995. Public perceptions of agrichemicals. Ames, Ia: Council for Agriculture Science and Technology, vi, 35.

University of Guilan Press

Concepts in Integrated Pest Management

Edited by:

Robert F. Norris
Edward P. Caswell-Chen
Marcos Kogan

Translated by:

Latif Salehi, Ph.D
Sattar Gholipour **Davood Shayegan**