



اثر کشندگی سه حشره کش بوپروفازین، پایری پروکسی فن و کلرپایریفوس روی شپشک آردآلود مرکبات *Planococcus citri* و کفشدوزک نقابدار دولکه‌ای *Chilocorus bipustulatus*

شیمای شفیع نژاد بلالامی^۱

محمود محمدی شریف^{۲*}

معصومه شایان مهر^۳

<https://orcid.org/0009-0006-7887-8093>

<https://orcid.org/0000-0001-8520-7336>

<https://orcid.org/0000-0002-5024-1182>

۱، ۲ و ۳- گروه گیاه پزشکی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران

چکیده: کنترل آفات با استفاده از حشره کش‌های کم خطر یکی از شیوه‌های موثر حفاظت از دشمنان طبیعی است. در این پژوهش اثرات دو حشره کش IGR بوپروفازین و پایری پروکسی فن نسبت به حشره کش فسفره کلرپایریفوس روی شپشک آردآلود مرکبات *Planococcus citri* و کفشدوزک نقابدار دولکه‌ای *Chilocorus bipustulatus* بررسی شد. زیست‌سنجی شپشک آردآلود به روش تماس با سطح آغشته به حشره کش و کفشدوزک شکارگر به روش تماس با سطح و غذای آغشته به حشره کش انجام شد. زیست‌سنجی مقایسه‌ای با هدف تعیین غلظت‌های ایمن روی دشمن طبیعی نیز انجام شد. مقدار LC₅₀ بوپروفازین، پایری پروکسی فن و کلرپایریفوس روی پوره‌های سن دوم شپشک به ترتیب ۷۱/۴، ۵۷/۳ و ۱/۸۹ میلی گرم ماده موثر در لیتر بود. آزمایش کلرپایریفوس روی لاروهای سن یک کفشدوزک *C. bipustulatus* نشان داد این ترکیب کشندگی شدیدی روی این دشمن طبیعی دارد و غلظت ۲ میلی گرم ماده موثر در لیتر آن که حدود ۴۰۰ برابر کوچکتر از غلظت رایج مزرعه‌ای کلرپایریفوس است، حدود ۷۳ درصد مرگ و میر ایجاد کرد. کشندگی ناشی از دو غلظت ۱۲۰ و ۳۰۰ میلی گرم ماده موثر در لیتر از حشره کش بوپروفازین روی لاروهای کفشدوزک پس از چهار روز به ترتیب ۳۲ و ۵۶ درصد و کشندگی ناشی از دو غلظت ۳۰ و ۷۵ میلی گرم ماده موثر در لیتر پایری پروکسی فن به ترتیب ۳۲ و ۴۷ درصد بود. زیست‌سنجی مقایسه‌ای نشان داد که کلرپایریفوس روی زنده‌مانی کفشدوزک به شدت اثر سوء دارد و غلظت مزرعه‌ای رایج حشره کش‌های IGR نیز برای کفشدوزک ایمن نبوده، هر چند حشره کش پایری پروکسی فن نسبت به بوپروفازین اثر منفی کمتری ایجاد کرد.

تاریخ دریافت:

۱۴۰۴/۴/۲۱

تاریخ پذیرش:

۱۴۰۴/۶/۸

واژه‌های کلیدی: حشره کش‌های IGR، حفاظت از دشمنان طبیعی، زیست‌سنجی مقایسه‌ای، شکارگر

Citation: Shafeinejad Balalami, Sh., Mohammadi Sharif, M. & Shayanmehr, M. (2025). The lethal effect of three insecticides, buprofezin, pyriproxyfen and chlorpyrifos, on the citrus mealybug *Planococcus citri* and the heather ladybird *Chilocorus bipustulatus*. *Plant Pest Research*, 15(2), 31-45. **Doi:** <https://doi.org/10.22124/iprj.2025.31165.1646>



*Corresponding author: msharif1353@yahoo.com

مقدمه

کفشدوزک‌ها (خانواده Coccinellidae) گروهی از حشرات هستند که به‌طور گسترده مورد شناسایی قرار گرفته‌اند و به‌خاطر رنگ‌بندی روشن و نقشی که در کنترل حشرات آفت دارند، مورد توجه بوده‌اند. حدود ۶۰۰۰ گونه از این خانواده شناسایی شده است که بیشتر آنها شکارگر حشراتی مانند شته‌ها، پسیل‌ها، شپشک‌ها و سپردارها هستند (Virteiu et al., 2015). کفشدوزک نقابدار دولکه‌ای *Chilocorus bipustulatus* L. شکارگری چندخوار بوده و از شته‌ها، سپردارها و شپشک‌های متعلق به خانواده‌های Asterolecaniidae، Coccidae، Eriococcidae و Pseudococcidae تغذیه می‌کند (Atrchian et al., 2016). این گونه تاکنون از بیشتر استان‌های ایران گزارش شده و در بسیاری از اکوسیستم‌های کشاورزی و طبیعی مستقر است (Jaihani et al., 2008; Abdolahi Mesbah et al., 2016; Toozandejani & Ajamhassani, 2021; Assari et al., 2023).

شپشک آردآلود مرکبات *Planococcus citri* (Risso) یکی از میزبان‌های کفشدوزک نقاب دار دولکه‌ای است. این شپشک میزبان‌های زیادی داشته و روی گیاهانی متعلق به ۸۳ خانواده گیاهی یافت شده است. شپشک مرکبات در نواحی شمالی ایران به‌خصوص در استان مازندران روی انواع گونه‌های مرکبات فعالیت داشته و خسارت وارد می‌کند (Moghaddam, 2010; Moghaddam, 2015). این آفت از طریق تغذیه از شیره پرورده گیاهان میزبان، تولید عسک و رشد قارچ‌های ساپروفیت باعث آسیب به گیاهان میزبان شده و کنترل آن نیازمند سم پاشی‌های منظم است (Mortazavi Malekshah et al., 2015). توانایی تولید مثل بالا و تعداد نسل زیاد همراه با خسارت مستقیم به میوه مرکبات باعث شده که باغ‌داران به صورت منظم برای کنترل آن از حشره کش‌های شیمیایی استفاده کنند (Sahragard et al., 2010).

کلرپایرفوس یکی از حشره کش‌های فسفره رایج برای کنترل بسیاری از آفات در مزارع و باغ‌ها بوده که مصرف آن از سال ۱۴۰۳ توسط سازمان حفظ نباتات کشور ممنوع شده است. این ترکیب فسفره برای کنترل سپردارها و شپشک‌های مرکبات به نسبت ۱/۵ تا ۲/۵ در هزار و مخلوط با روغن‌های معدنی توصیه شده است (Nourbakhsh, 2023; Sheikhi-Garjan et al., 2023). کلرپایرفوس رایج‌ترین حشره کش مورد استفاده در باغ‌های مرکبات استان مازندران بوده است. اثرات نامطلوب این حشره کش روی زنده‌مانی و سایر ویژگی‌های زیستی کفشدوزک‌های مختلف از جمله کفشدوزک *Cryptolaemus montrouzieri* Mulsant که یکی از شکارگرهای مهم شپشک‌های آرد آلود است، گزارش شده است (Mostafaloo, 2012; Mostafaloo, 2013). کلرپایرفوس همچنین نرخ تفریح تخم‌ها، نرخ زنده‌مانی لاروها، باروری، طول عمر و نرخ زنده‌مانی حشرات کامل کفشدوزک *Hippodamia convergens* Guerin-Meneville را کاهش داد (Santos et al., 2017). اثرات نامطلوب این حشره کش روی کفشدوزک‌های دیگری از جمله *Harmonia axyridis* (Pallas) (Galvan et al., 2007) و *Cycloneda sanguinea* (L.) (Fernandes et al., 2016) گزارش شده است.

حشره کش‌های تنظیم کننده رشد حشرات (IGRs) ترکیبات شیمیایی با ارزشی در سیستم‌های کشاورزی هستند که به‌طور گسترده در برنامه‌های کنترل تلفیقی آفات به کار برده می‌شوند. این ترکیبات در کنار اثر کنترلی مناسب روی آفات هدف، اثر نامطلوب کمی روی دشمنان طبیعی داشته و به حفظ و تداوم جمعیت‌های طبیعی شکارگرها و پارازیتوئیدها کمک می‌کنند (James, 2004). این ترکیبات از طریق جلوگیری از سنتز زیستی کیتین یا مشابهت با هورمون جوانی و یا مشابهت با هورمون‌های اکدی‌استروئیدی عمل می‌کنند (He et al., 2018). بوپروفزین حشره کشی از گروه بازدارنده سنتز کیتین است که از اواسط دهه ۱۹۸۰ میلادی به‌طور گسترده برای کنترل گروه‌های مختلف حشرات در سرتاسر دنیا مورد استفاده بوده است (James, 2004). این حشره کش در ایران برای کنترل انواع مختلفی از شپشک‌ها، سپردارها و سفید بالک‌ها کاربرد دارد. پایی پروکسی فن یک حشره کش شبه هورمون جوانی طیف وسیع است که برای کنترل آفات خانگی و پزشکی و همچنین آفات مختلف کشاورزی کاربرد دارد. این حشره کش در ایران نیز برای کنترل شپشک‌ها، پسیل‌ها و سفید بالک‌ها به ثبت رسیده است (Nourbakhsh, 2023; Sheikhi-Garjan et al., 2023). از آنجا که ترکیبات IGR به‌طور عمومی اثرات نامطلوب کمی روی بندپایان مفید دارند، نیاز است که

سازگاری آنها با عوامل کنترل زیستی مورد ارزیابی قرار گیرد. اثرات نامطلوب برخی حشره کش های IGR روی کفشدوزک هایی از جمله *Eriopsis connexa* Germar (Rimoldi et al., 2017)، *Harmonia axyridis* (Pallas) (Silva et al., 2021)، *Rodolia cardinalis* (Mulsant) (Grafton-Cardwell & Gu, 2003) و *Serangium japonicum* Chapin (Li, et al., 2015) نشان داده شده است. در طرف مقابل، آزمایش پایی پروکسی فن روی کفشدوزک *Hippodamia convergens* Guérin-Méneville (Parkins et al., 2024)، نشان دهنده امنیت نسبی آن برای این دشمن طبیعی بود.

کفشدوزک نقاب دار دو لکه ای *C. bipustulatus* یکی از شکارگرهای طبیعی در بسیاری از اکوسیستم های کشاورزی استان مازندران بوده که در باغ های فاقد برنامه های کنترل شیمیایی از جمعیت مناسبی برخوردار است. در این پژوهش، کارایی حشره کش های کلرپایریفوس، بوپروفرزین و پایی پروکسی فن برای کنترل شپشک آردآلود مرکبات مقایسه و اثرات نامطلوب احتمالی آنها روی کفشدوزک نقاب دار دو لکه ای *C. bipustulatus* بررسی شد.

مواد و روش ها

پرورش شپشک آردآلود مرکبات *P. citri*

شپشک آردآلود از یک باغ آلوده مرکبات جمع آوری شد و برای پرورش آن از کدو حلوائی و غده های سیب زمینی استفاده شد. روی کدو حلوائی خراش های طولی ایجاد شد تا حشرات کامل شپشک آردآلود براحتی مستقر شوند. غده های سیب زمینی هم به مدت ۲۵ تا ۳۰ روز در محیط تاریک قرار گرفت تا جوانه دار شوند و سپس حشرات کامل روی آنها رهاسازی شدند. حشرات در اتاق پرورش با دمای 26 ± 2 درجه ی سلسیوس، رطوبت نسبی 65 ± 5 درصد و دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی نگهداری شدند. برای ایجاد حشرات همسن و یکنواخت، از نسل سوم به بعد، حشرات کامل روی هر عدد میزبان فاقد حشره، یک تا سه روز قرار گرفت و سپس به کدو یا سیب زمینی جدید منتقل شدند. میزبان های حاوی نسل جدید، در شرایط مشابه نگهداری شدند و پوره های سن دو در زیست سنجی ها مورد استفاده قرار گرفتند.

پرورش کفشدوزک دو نقطه ای

کلنی اولیه ی کفشدوزک *C. bipustulatus* از یک باغ مرکبات در استان مازندران جمع آوری شد. پرورش کفشدوزک ها در ظروف پلاستیکی شفاف به ابعاد $20 \times 15 \times 8$ سانتی متر انجام شد. شپشک آرد آلود مرکبات به عنوان غذای اصلی کفشدوزک و شاخه های آلوده به سپردار توت *Pseudauleacaspis pentagona* (Targioni) از درختان توت و انگور ژاپنی به عنوان غذای کمکی مورد استفاده قرار گرفت. بررسی های مقدماتی نشان داد که استفاده از سپردار توت تخم گذاری حشرات کامل ماده کفشدوزک را افزایش داد. علاوه بر آن، در ظروف پرورش کفشدوزک دانه گرده و پنبه آغشته به محلول آب و عسل (۱۰ درصد) نیز قرار گرفت (Hattingh & Samways, 1993). هر دو روز یکبار تخم های گذاشته شده جمع آوری شده و در ظروف پتری به قطر ۹ سانتی متر قرار گرفتند. از پنبه مرطوب به منظور حفظ رطوبت تخم ها استفاده شد. تخم ها ۵ تا ۷ روز پس از جمع آوری تفریخ شده و لاروهای حاصل (به دلیل پدیده هم گونه خواری) به صورت مجزا در ظروف پتری قرار گرفته و با میزبان تغذیه شدند. پرورش کفشدوزک ها تا سه نسل به منظور تثبیت کلنی ادامه یافته و از نسل سوم کفشدوزک ها برای انجام زیست سنجی ها استفاده شدند.

حشره کش های مورد استفاده

در پژوهش حاضر از فرمولاسیون تجارتي حشره کش های بوپروفرزین (۴۰٪ SC، شرکت کاوش کیمیا کرمان)، پایی پروکسی فن (۱۰٪ EC، شرکت کاوش کیمیا کرمان) و کلرپایریفوس (۴۰/۸٪ EC، شرکت گل سم گرگان) استفاده شد.

زیست سنجی ها

شپشک آردآلود مرکبات

زیست‌سنجی‌ها به شیوه تماسی و روی پوره‌های سن دو انجام شد. ابتدا آزمایش‌های مقدماتی برای تعیین محدوده غلظت‌های کشنده انجام شد. آزمایش‌های نهایی با پنج غلظت بر مبنای فاصله لگاریتمی در محدوده مورد نظر انجام شد. این غلظت‌ها برای حشره کش بوپروفرین ۲۰، ۳۹/۲، ۷۸/۸، ۱۵۸ و ۳۲۰ میلی گرم ماده موثر در لیتر، حشره کش پایی پروکسی فن ۱۰، ۱۷/۸، ۳۱/۶، ۵۶/۲ و ۱۰۰ میلی گرم ماده موثر در لیتر و کلرپایرفوس ۰/۴، ۰/۶۸، ۱/۱۲، ۱/۹۲ و ۳/۲ میلی گرم ماده موثر در لیتر بودند. از برگ‌های هم‌اندازه گیاه گل قاشقی، *Peperomia magnoliifolia* (Jacq.) به عنوان سطح آغشته به حشره کش استفاده شد. غلظت‌های مختلف با استفاده از آب مقطر و کاربرد فرمولاسیون تجاری حشره کش‌ها تهیه شدند. برگ‌ها به مدت ۳۰ ثانیه در محلول حشره کش فرو برده شده و پس از آن اجازه داده شد که به مدت ۱۰ دقیقه در دمای اتاق خشک شوند. برای حفظ رطوبت و شادابی برگ‌ها طی انجام آزمایش، دور دمبرگ‌ها قطعه‌ای از پنبه مرطوب پیچیده شد. برای شاهد از آب مقطر استفاده شد. تعداد ۱۵ عدد پوره سن ۲ یکروزه روی هر برگ رهاسازی شد. برگ‌های تیمار شده در ظروف پتری قرار گرفته و به اتاق پرورش منتقل شدند. زیست‌سنجی‌ها برای هر غلظت پنج بار تکرار شد و نتایج پس از ۲۴، ۴۸، ۷۲ و ۹۶ ساعت پس از تیمار ثبت شد. حشراتی مرده در نظر گرفته شدند که در صورت تحریک با سوزن واکنشی نشان ندادند. در مورد دو حشره کش بوپروفرین و پایی پروکسی فن، بدشکلی‌های هنگام تعویض جلد که منجر به عدم تحرک می‌شد نیز به عنوان علایم مرگ‌ومیر در نظر گرفته شد.

کفشدوزک نقابدار دو لکه‌ای *C. bipustulatus*

زیست‌سنجی‌ها روی لاروهای سن یک ۲۴ ساعته انجام شد. از روش میزبان غذایی و سطح آغشته به حشره کش برای برآورد اثر حشره کش‌ها استفاده شد (Grafton-Cardwell & Gu 2003). درپوش و کف ظروف پتری شیشه‌ای به قطر ۹ سانتی‌متر هر کدام با دو میلی‌لیتر محلول حشره کش آغشته و پس از دور ریختن باقیمانده محلول، اجازه داده شد که این ظروف در دمای اتاق خشک شوند. سپس قطعات شاخه درختان توت یا انگور ژاپنی دو تا چهار سانتی‌متری آلوده به تعداد یکنواختی سپردار توت به مدت ۵ ثانیه در محلول حشره کش فرو برده شد و پس از خشک شدن قطرات در دمای اتاق، داخل ظروف پتری تیمار شده قرار گرفت. در هر تکرار از هر غلظت ۶ تا ۸ لارو استفاده و به دلیل پدیده هم‌گونه‌خواری، هر لارو در یک ظرف پتری مجزا قرار داده شد. سپس ظروف پتری به اتاقک پرورش منتقل شدند. پس از ۴۸ ساعت، ظروف پتری و غذای تیمار نشده جدید در اختیار لاروها قرار داده شد. میزان مرگ‌ومیر هر ۲۴ ساعت یک‌بار تا چهار روز پس از تیمار ثبت شد. لاروهایی مرده در نظر گرفته شدند که در صورت تحریک پاها با وسیله‌ای نوک تیز واکنشی نشان ندادند. در اینجا نیز بدشکلی‌های هنگام تعویض جلد ایجاد شده توسط دو حشره کش بوپروفرین و پایی پروکسی فن که منجر به عدم تحرک می‌شد نیز به عنوان علایم مرگ‌ومیر در نظر گرفته شد.

پس از انجام آزمایش‌های مقدماتی دو غلظت ۴۰/۸ و ۶/۳ میلی گرم ماده موثر در لیتر از حشره کش کلرپایرفوس روی کفشدوزک نقابدار دو لکه‌ای آزمایش شد. با توجه به نتایج حاصل، در آزمایش بعدی دو غلظت ۸/۲ و ۲ میلی گرم ماده موثر در لیتر نیز مورد زیست‌سنجی قرار گرفت. بر مبنای غلظت توصیه شده مزرعه‌ای برای حشره کش بوپروفرین دو غلظت ۳۰۰ و ۱۲۰ میلی گرم ماده موثر و برای حشره کش پایی پروکسی فن دو غلظت ۷۵ و ۳۰ میلی گرم ماده موثر در لیتر در نظر گرفته شد. برای تیمار شاهد از آب مقطر استفاده شد. هر کدام از آزمایش‌ها ۷ بار تکرار شد. در مجموع تعداد ۵۳۰ لارو در تیمارها استفاده شد.

زیست‌سنجی مقایسه‌ای حشره کش‌ها

بر اساس نتایج آزمایش‌های زیست‌سنجی قبلی و با مبنای قرار دادن غلظت توصیه شده مزرعه‌ای آزمایش‌هایی برای آگاهی از سازگاری زیست‌محیطی این سه حشره کش در ارتباط با دشمنان طبیعی انجام شد. برای هر یک از حشره کش‌ها هم روی آفت (پوره سن دو) و هم روی دشمن طبیعی (لارو سن ۱) دو غلظت در محدوده کشندگی بالا (۷۰ تا ۸۰ درصد) و پایین (۲۰ تا ۳۰ درصد) تعیین و آزمایش شد (Erkilik & Uygun, 1997; He et al., 2018). شیوه زیست‌سنجی مشابه آزمایش‌های قبلی بود، با این تفاوت که فقط نتایج مرگ‌ومیر در روز چهارم مبنای مقایسه قرار گرفت. زیست‌سنجی‌ها برای هر حشره کش هم روی آفت و هم دشمن طبیعی با سه غلظت (دو غلظت حشره کش و غلظت شاهد) چهار بار تکرار شد. غلظت توصیه شده مزرعه‌ای کلرپایرفوس ۱/۵

تا ۲/۵ در هزار و برای هر دو حشره کش IGR برابر ۰/۵ تا ۰/۷۵ در هزار است (Nourbakhsh, 2023; Sheikhi-Garjan *et al.*, 2023). در مقایسه‌ها، حد وسط غلظت توصیه شده مزرعه‌ای مورد استفاده قرار گرفت که برای حشره کش کلرپایریفوس ۸۱۶ میلی گرم ماده موثر در لیتر، برای حشره کش بوپروفرین ۲۵۰ میلی گرم ماده موثر در لیتر و برای حشره کش پاییروکسی فن ۶۲/۵ میلی گرم ماده موثر در لیتر در نظر گرفته شد. غلظت‌های آزمایش شده برای حشره کش کلرپایریفوس روی شپشک آردآلود مرکبات ۰/۸ و ۶ و روی کفشدوزک دو نقطه‌ای ۱ و ۱/۸ میلی گرم ماده موثر در لیتر در نظر گرفته شد. این غلظت‌ها برای حشره کش بوپروفرین روی آفت ۲۸ و ۸۵ و روی کفشدوزک ۱۳۵ و ۲۵۰ میلی گرم ماده موثر در لیتر و برای حشره کش پاییروکسی فن روی آفت ۲۰ و ۱۲۰ و روی کفشدوزک ۵۵ و ۱۱۰ میلی گرم ماده موثر در لیتر بود.

تجزیه و تحلیل آماری

در صورت وجود مرگ‌ومیر در شاهد، مرگ‌ومیر تیمارهای زیست‌سنجی مقایسه‌ای با استفاده از فرمول ابوت اصلاح شد (Finney, 1971). آزمایش‌ها در قالب طرح کاملاً تصادفی و با روش ANOVA تجزیه و تحلیل شدند. مقایسه میانگین‌ها با آزمون دانکن انجام شد. تجزیه تحلیل آماری و آنالیز پروبیت با استفاده از نرم‌افزار SPSS صورت گرفت.

نتایج

زیست‌سنجی شپشک آردآلود مرکبات

با توجه به کند اثر بودن حشره کش‌های تنظیم کننده رشد، مرگ‌ومیر در روز چهارم پس از تیمار مورد تجزیه تحلیل قرار گرفت (جدول ۱). میزان LC₅₀ بوپروفرین و پاییروکسی فن به ترتیب ۷۱/۴ و ۵۷/۳ میلی گرم ماده موثر در لیتر به دست آمد که بر مبنای همپوشانی محدوده اطمینان تفاوت معنی‌داری نداشتند. این شاخص برای حشره کش کلرپایریفوس ۱/۸۹ میلی گرم ماده موثر در لیتر بود که نشان‌دهنده سمیت بیشتر این ترکیب شیمیایی سنتزی نسبت دو حشره کش IGR بود. مقایسه میزان LC₉₀ دو حشره کش اخیر نسبت به LC₅₀ آنها نشان می‌دهد که برای دستیابی به ۹۰ درصد کنترل نسبت به ۵۰ درصد کنترل در مورد حشره کش پاییروکسی فن با ۷/۵ برابر امکان‌پذیر است، در حالی که در مورد بوپروفرین این نسبت، بالاست. در نتیجه می‌توان انتظار داشت که در شرایط مزرعه‌ای، پاییروکسی فن، کنترل موثرتری ایجاد کند.

جدول ۱- تجزیه پروبیت مرگ‌ومیر ناشی از حشره کش‌ها (چهار روز پس از تیمار) روی شپشک آردآلود مرکبات

Planococcus citri

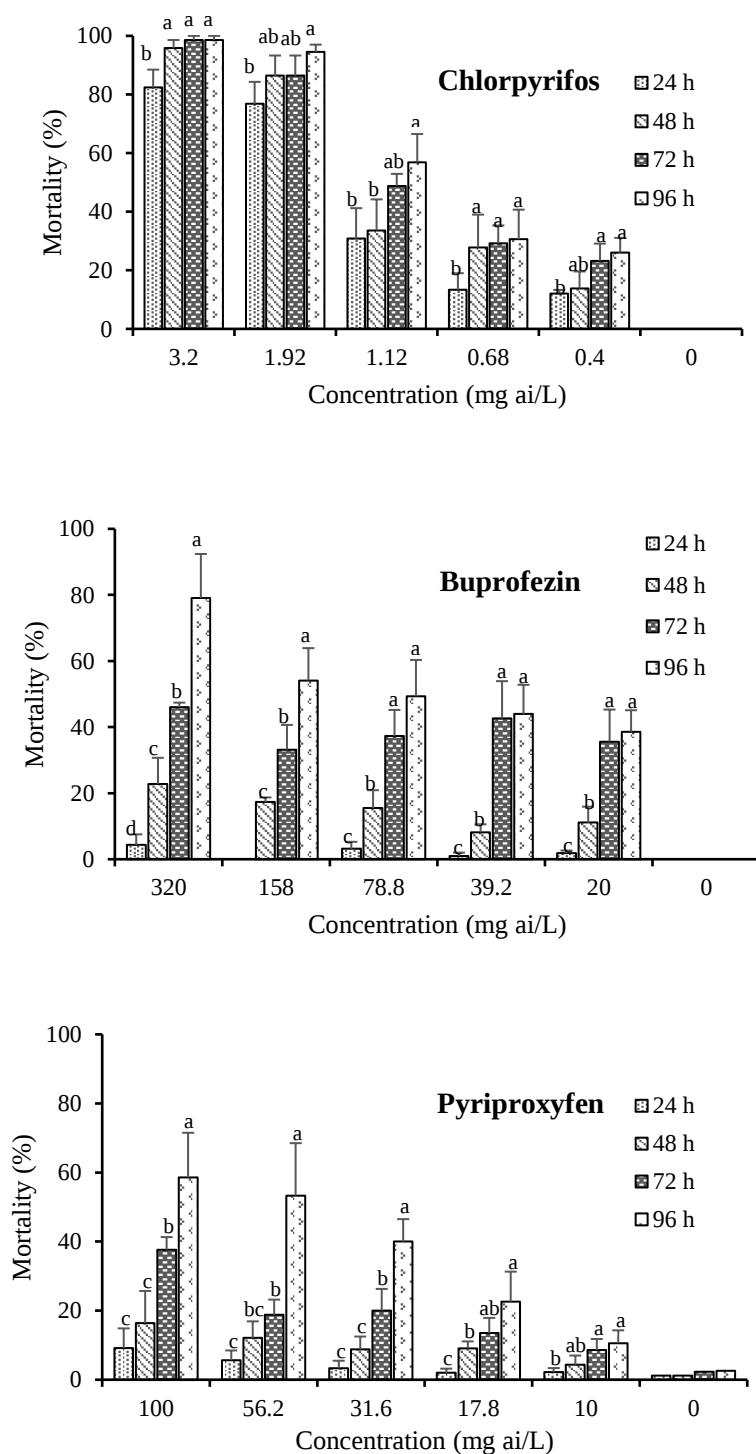
Table 1. Probit analysis of mortality caused by the insecticides (four days after treatment) on citrus mealybugs *Planococcus citri*

Insecticide	Number of Insects	LC ₅₀ (mg ai/L) (95% CI*)	LC ₉₀ (mg ai/L) (95% CI)	Slope (±SE)	X ² (df)	P-value
Buprofezin	442	71.4 (38.8-124.4)	1976.9 (791.7-17055)	0.6 (±0.15)	1.11 (3)	0.775
Pyriproxyfen	450	57.3 (45.7-77.6)	431.9 (243.8-1153)	1.46 (±0.2)	2.51 (3)	0.473
Chlorpyrifos	436	1.89 (1.19-2.69)	4.6 (3.12-13.09)	3.34 (±0.31)	10.18 (3)	0.17

* Upper and lower limits of the 95% confidence interval

تجزیه واریانس اثر تیمارها نشان داد که اثر غلظت حشره کش کلرپایریفوس در ۲۴ ساعت ($F_{5,24} = 13.7, P < 0.01$)، ۴۸ ساعت ($F_{5,24} = 21.9, P < 0.01$) و ۷۲ ساعت ($F_{5,24} = 27.9, P < 0.01$) پس از تیمار معنی‌دار بود. مقایسه میانگین اثر زمان (شکل ۱) نشان داد که با گذشت زمان مرگ‌ومیر افزایش یافت. با این حال از آنجا که کلرپایریفوس

حشره کش تند اثری است، در بیشتر موارد (به خصوص دو غلظت بالا) مرگ و میر در روز چهارم و روز دوم از نظر آماری معنی دار نبود.



شکل ۱- مقایسه میانگین اثر زمان در مرگ و میر ناشی از غلظت های مختلف حشره کش های کلرپایر فوس، بوپروفزین و پایی پروکسی فن روی شپشک آرد آلود مرکبات *Planococcus citri*

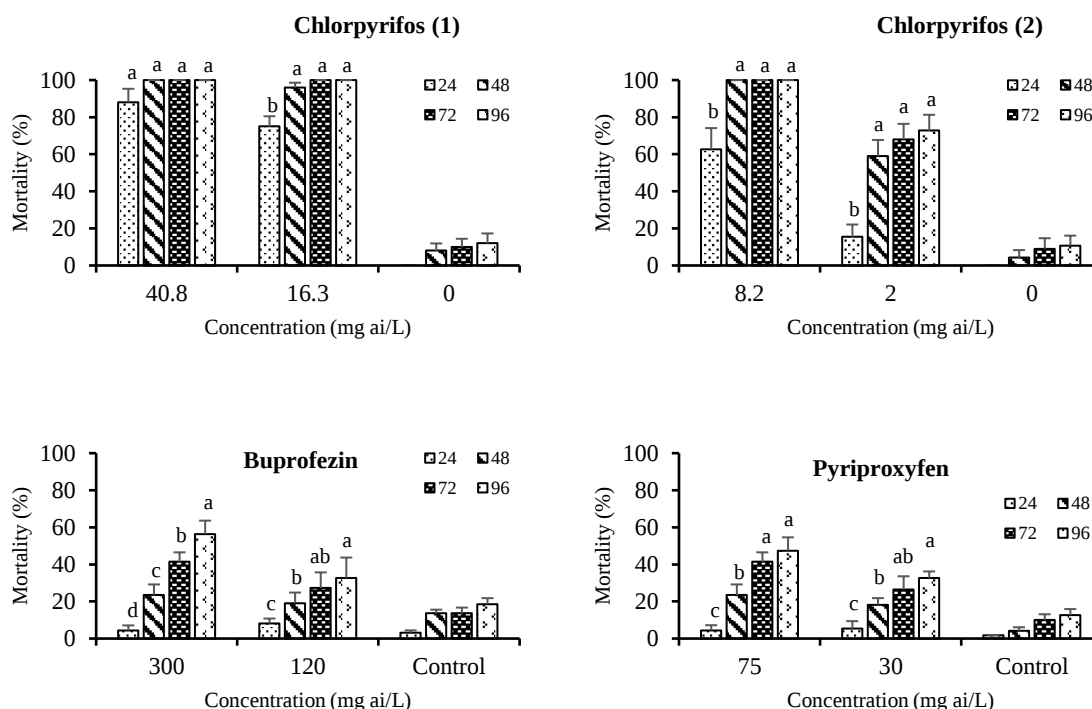
Figure 1. Comparison the average effect of time on the mortalities caused by various concentrations of the insecticides chlorpyrifos, buprofezin and pyriproxyfen on citrus mealybugs *Planococcus citri*

در مورد حشره کش بوپروفرزین تجزیه واریانس اثر تیمار نشان داد که اثر غلظت‌ها در ۲۴ ساعت ($F_{5,30}=0/9, P=0/47$) و ۴۸ ساعت ($F_{5,30}=2/9, P=0/29$) پس از تیمار معنی‌دار نبود. با توجه به مرگ‌ومیر پایین ثبت شده در همه غلظت‌ها تا دو روز پس از تیمار، این نتیجه قابل انتظار است. بیشترین مرگ‌ومیر ثبت شده در ۲۴ ساعت حدود ۵ درصد و در ۴۸ ساعت در بالاترین غلظت (۳۲۰ میلی گرم ماده موثر در لیتر) ۲۲/۸ درصد بود. اثر غلظت‌ها در ۷۲ ساعت ($F_{5,30}=5/4, P<0/01$) و ۹۶ ساعت ($F_{5,30}=5/7, P<0/01$) پس از تیمار معنی‌دار بود. مقایسه میانگین اثر زمان (شکل ۱) نشان داد که کشندگی این حشره کش وابسته به زمان بوده و بیشترین اثر در چهار روز پس از تیمار ثبت شد. در مورد سه غلظت بالاتر این حشره کش مرگ‌ومیر در روز چهارم به‌طور معنی‌داری بیشتر از روزهای قبل بود.

در مورد حشره کش پایی پروکسی فن نیز نتایج مشابه بود. اثر غلظت‌ها در ۲۴ ساعت ($F_{5,30}=1/0, P=0/43$) و ۴۸ ساعت ($F_{5,30}=1/2, P=0/32$) پس از تیمار معنی‌دار نبود. بیشترین میزان مرگ‌ومیر در ۲۴ و ۴۸ ساعت پس از تیمار ناشی از بالاترین غلظت (۱۰۰ میلی گرم ماده موثر در لیتر) به ترتیب ۹/۱ و ۱۶/۴ درصد بود. اثر غلظت‌ها در ۷۲ ساعت ($F_{5,30}=3/1, P<0/05$) و ۹۶ ساعت ($F_{5,30}=4/8, P<0/01$) پس از تیمار معنی‌دار بود. مقایسه میانگین اثر زمان (شکل ۱) نشان داد که کشندگی این حشره کش نیز وابسته به زمان بوده و همانند بوپروفرزین بیشترین مرگ‌ومیر پوره‌های سن دو شپشک آردآلود مرکبات در چهار روز پس از تیمار (حدود ۵۹ درصد در غلظت ۱۰۰ میلی گرم ماده موثر در لیتر) ثبت شد. میزان مرگ‌ومیر در روز چهارم در همه غلظت‌ها (بجز پایین‌ترین غلظت) به‌طور معنی‌داری بیشتر از روزهای قبل بود.

زیست‌سنجی کفشدوزک نقابدار دو لکه‌ای

بالاترین غلظت در آزمایش اول کلرپایرفوس ۴۰/۸ میلی گرم ماده موثر در لیتر بود که معادل ۰/۰۵ غلظت رایج مزرعه‌ای (۲) در هزار یا ۸۱۶ میلی گرم ماده موثر در لیتر) در نظر گرفته شد. مرگ‌ومیر ناشی از این غلظت در روز اول ۸۸ درصد بود که در روز دوم به ۱۰۰ درصد افزایش یافت (شکل ۲). اثر زمان در این غلظت معنی‌دار نبود. اثر تیمار (مرگ‌ومیر اصلاح شده، داده‌ها ارائه نشده است) نیز معنی‌دار نبود ($P>0/05$). مرگ‌ومیر ناشی از غلظت ۱۶/۳ میلی گرم ماده موثر در لیتر پس از ۲۴ ساعت ۷۵ درصد و پس از ۴۸ ساعت ۹۶ درصد بود که در روز سوم به ۱۰۰ درصد رسید. در مورد این غلظت فقط کشندگی در ۲۴ ساعت پس از تیمار به‌طور معنی‌داری کمتر بود و در ادامه اثر زمان تفاوت آماری معنی‌داری نداشت. در آزمایش بعدی دو غلظت پایین‌تر یعنی ۲ و ۸/۲ میلی گرم ماده موثر در لیتر روی لاروهای کفشدوزک آزمایش شد (شکل ۲). در این آزمایش اثر تیمار (مرگ‌ومیر اصلاح شده، داده‌ها ارائه نشده است) برای همه زمان‌های ثبت نتایج معنی‌دار بود ($P<0/05$). غلظت ۲ میلی گرم ماده موثر در لیتر که حدود چهارصد برابر کمتر از دوز مزرعه‌ای رایج کلرپایرفوس است، پس از چهار روز باعث ۷۲/۸ درصد مرگ‌ومیر در لاروهای کفشدوزک نقابدار دو لکه‌ای شد. در مورد هر دو غلظت کشندگی در ۲۴ ساعت پس از تیمار به‌طور معنی‌داری کمتر از سایر روزهای آزمایش بود.



شکل ۲- مقایسه میانگین اثر زمان در مرگ و میر ناشی از غلظت های مختلف حشره کش های کلرپایر فوس، بوپروفزین و پایری پروکسی فن روی لاروهای سن یک کفشدوزک نقابدار دو لکه ای *Chilocorus bipustulatus*

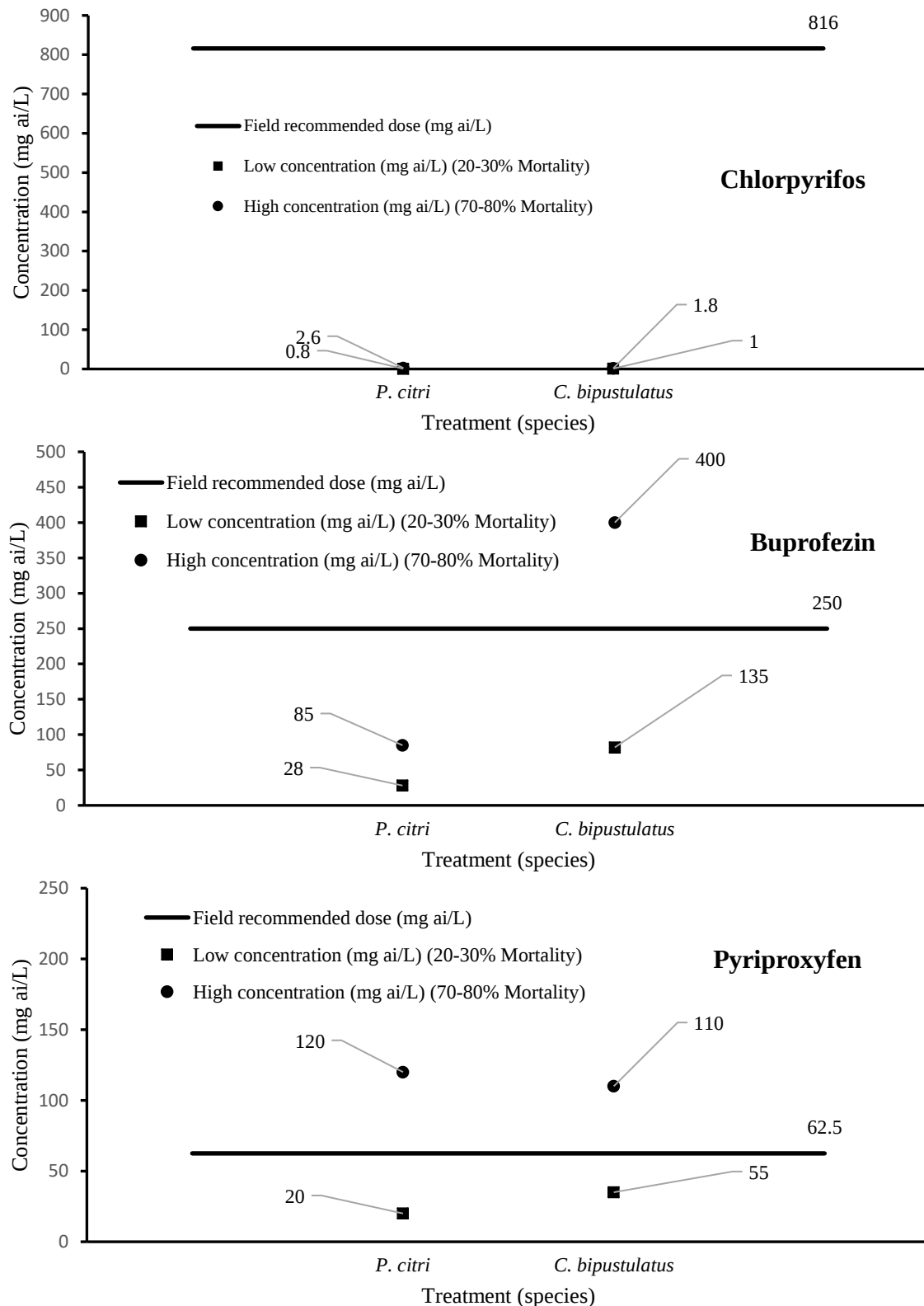
Figure 2. Comparison the average effect of time on the mortalities caused by various concentrations of the insecticides chlorpyrifos, buprofezin and pyriproxyfen on heather ladybird *Chilocorus bipustulatus*

در شکل ۲ نتایج کشندگی ناشی از دو غلظت ۳۰۰ و ۱۲۰ میلی گرم ماده موثر در لیتر از حشره کش بوپروفزین نیز روی لاروهای سن دوم کفشدوزک نقابدار دو لکه ای طی چهار روز ارائه شده است. با توجه به نحوه اثر این حشره کش، در ۲۴ ساعت پس از تیمار مرگ و میر قابل توجهی مشاهده نشد، اما در ادامه مرگ و میر افزایش یافت و برای دو غلظت بیان شده پس از چهار روز به ترتیب به ۵۶/۴ و ۳۲/۷ درصد رسید. در مورد غلظت بالاتر، مرگ و میر در روز چهارم به طور معنی داری بیشتر از سایر زمان های ثبت نتایج بود. اثر تیمار (مرگ و میر اصلاح شده، داده ها ارائه نشده است) تنها برای روز چهارم معنی دار بود ($P < 0.05$).

نتایج کشندگی ناشی از دو غلظت ۷۵ و ۳۰ میلی گرم ماده موثر در لیتر از حشره کش پایری پروکسی فن نیز نشان داد که در ۲۴ ساعت پس از تیمار مرگ و میر قابل توجهی ایجاد نشد (شکل ۲). در ادامه مرگ و میر افزایش یافت و برای دو غلظت بیان شده پس از چهار روز به ترتیب به ۴۷/۴ و ۳۲/۷ درصد رسید. در هر دو غلظت مرگ و میر روزهای سوم و چهارم اختلاف معنی داری نداشتند، اما بیشتر از دو زمان قبلی ثبت نتایج بود. اثر تیمار (مرگ و میر اصلاح شده، داده ها ارائه نشده است) برای روزهای سوم و چهارم معنی دار بود ($P < 0.05$).

زیست سنجی مقایسه ای حشره کش ها

نتایج زیست سنجی مقایسه ای حشره کش کلرپایر فوس (شکل ۳) نشان داد که گرچه این ترکیب شپشک آرد آلود مرکبات را به خوبی کنترل می کند، اما سمیت بسیار زیادی برای کفشدوزک نقابدار دو لکه ای دارد. غلظت موثر کنترل کننده شپشک آرد آلود در شرایط آزمایشگاهی (۲/۶ میلی گرم ماده موثر در لیتر) بیشتر از غلظت تخریب کننده جمعیت دشمن طبیعی (۱/۸ میلی گرم ماده موثر در لیتر) بود. میانگین غلظت مزرعه ای ۸۱۶ میلی گرم ماده موثر در لیتر در نظر گرفته شد و این غلظت حدود ۴۵۳ برابر بیشتر از غلظت مخربی است که در شرایط آزمایشگاهی به دست آمد.



شکل ۳- نتایج زیست‌سنجی‌های مقایسه‌ای حشره‌کش‌های کلرپایریفوس، بوپروفه‌زین و پیروپروکسیفن روی شپشک آردآلود مرکبات *Planococcus citri* و کفشدوزک نقابدار دولک‌های *Chilocorus bipustulatus*

Figure 3. The results of comparative bioassays mortality of the insecticides chlorpyrifos, buprofezin and pyriproxyfen on citrus mealybugs *Planococcus citri* and heather ladybird *Chilocorus bipustulatus*

نتایج زیست سنجی مقایسه‌ای برای حشره کش بوپروفوزین (شکل ۳) نشان داد که غلظت موثر روی شپشک آردآلود در شرایط آزمایشگاهی (۸۵ میلی گرم ماده موثر در لیتر) اثر نامطلوب کمی (حداکثر ۳۰ درصد) روی کفشدوزک دارد. با این حال، در شرایط مزرعه‌ای از دوزهای بالاتری استفاده می‌شود (۲۰۰ تا ۳۰۰ میلی گرم ماده موثر در لیتر) و می‌توان انتظار داشت که این غلظت‌ها تا ۵۰ درصد جمعیت دشمن طبیعی را کاهش دهند. در مورد این حشره کش، میانگین غلظت مزرعه‌ای (۲۵۰ میلی گرم ماده موثر در لیتر)، ۱/۶ برابر کمتر از غلظت مخرب جمعیت کفشدوزک بود، اما همچنان حدود ۱/۸ برابر بیشتر از غلظت مطلوب برای این دشمن طبیعی تعیین شد.

آزمایش‌های مقایسه‌ای مربوط به حشره کش پایی پروکسی فن نشان داد که این ترکیب IGR گزینه مناسبی برای کنترل این آفت نیست، چرا که غلظت موثر برآورد شده در شرایط آزمایشگاهی حدود دو برابر غلظت رایج مزرعه‌ای است (شکل ۳). علاوه بر این، غلظت موثر روی آفت تقریباً در محدوده غلظت مخرب جمعیت دشمن طبیعی بود که نشان‌دهنده نامطلوب بودن کاربرد این حشره کش است. از طرفی میانگین غلظت مزرعه‌ای برای این ترکیب (۶۲/۵ میلی گرم ماده موثر در لیتر) فقط حدود ۱/۱۴ بیشتر از غلظت مطلوب برای کفشدوزک نقابدار دو لکه‌ای برآورد شد.

بحث

مدیریت تلفیقی بهترین شیوه برای کنترل موثر، طولانی مدت و زیست‌سازگار آفات است. کاربرد ترکیبات شیمیایی در اکوسیستم‌های کشاورزی ایران جزء اصلی برنامه‌های کنترلی است. در شرایطی که کنترل زیستی چندان مورد توجه کشاورزان نیست، حفاظت از دشمنان طبیعی موجود در اکوسیستم‌ها راهکار جایگزین مناسبی برای کاهش اثرات نامطلوب ترکیبات شیمیایی است. حفظ دشمنان طبیعی مستلزم کاربرد آفت‌کش‌های کم‌خطر برای دشمنان طبیعی است که در عین حال کنترل موثری روی آفات فراهم کنند.

این پژوهش با هدف نشان دادن اثرات نامطلوب حشره کش فسفره کلرپایرفوس روی کفشدوزک نقابدار دولکه‌ای و معرفی جایگزین‌هایی مناسب از گروه حشره کش‌های تنظیم کننده رشد، انجام شد. کفشدوزک نقابدار دولکه‌ای *C. bipustulatus* از جمله شکارگرهای رایج و فعال در باغ‌های مرکبات استان مازندران است که از گونه‌های مختلفی از شپشک‌های گیاهی تغذیه می‌کند (Malekzadeh et al., 2022). کلرپایرفوس به عنوان یک گزینه رایج سالیان طولانی است که در مدیریت آفات مرکبات در استان مازندران مورد استفاده بوده است. نتایج این پژوهش نشان داد که این حشره کش اثر کشندگی شدیدی روی کفشدوزک نقابدار دولکه‌ای داشته و می‌توان انتظار داشت که کاربرد کلرپایرفوس، جمعیت‌های طبیعی این دشمن طبیعی را به شدت کاهش دهد. در حالی که غلظت رایج برای این حشره کش، دو در هزار معادل ۸۱۶ میلی گرم ماده موثر در لیتر است، غلظت دو میلی گرم ماده موثر در لیتر پس از چهار روز ۷۲ درصد مرگ و میر ایجاد کرد و کشندگی ناشی از غلظت ۸ میلی گرم ماده موثر در لیتر تنها پس از دو روز ۱۰۰ درصد بود. در یک پژوهش میدانی با هدف بررسی کارایی کلرپایرفوس (۱/۵ در هزار) و روغن معدنی برای کنترل سپردار زرد شرقی مرکبات *Aonidiella orientalis* Newstead اثرات منفی آنها روی لاروها و حشرات کامل کفشدوزک نقابدار دولکه‌ای نیز بررسی و ادعا شد که این حشره کش در گروه ترکیبات کم‌خطر قرار دارد. با این حال داده‌های پژوهش مذکور نشان می‌دهد که تیمار با این حشره کش جمعیت لارو کفشدوزک را ۶۳ تا ۸۴ درصد و جمعیت حشرات کامل آن را ۵۸ تا ۶۶ درصد کاهش داده است (Ranjbar et al., 2018). بر اساس دسته‌بندی گروه سمیت آفت‌کش‌ها روی دشمنان طبیعی (Vogt, 1994) گروه II (کمی مضر) آن‌هایی هستند که جمعیت دشمن طبیعی را در شرایط مزرعه‌ای بین ۲۵ تا حداکثر ۵۰ درصد کاهش می‌دهند. در پژوهش دیگری شمارش تعداد لاروهای این کفشدوزک در باغ‌های مرکبات تیمار شده با غلظت دو در هزار کلرپایرفوس نشان داد که در روزهای مختلف ثبت نتایج جمعیت لاروها ۲۵ تا ۱۰۰ درصد کاهش یافت (Malekzadeh et al., 2022). اثرات نامطلوب کلرپایرفوس روی مراحل تخم و لارو کفشدوزک *C. montrouzieri* (Mostafaloo et al., 2012)، لاروهای

کفشدوزک آسیایی (*H. axyridis* (Pallas) (Galvan et al., 2005)، حشرات کامل کفشدوزک *Cycloneda sanguinea* (L.) (Fernandes et al., 2016) و لارهای کفشدوزک *H. convergens* (Santos et al., 2017) نیز نشان داده شده است. بوپروفزین با نام تجاری آپلاود^۱ یک حشره کش بازدارنده سنتز کیتین است که به عنوان گزینه مناسبی در برنامه‌های تلفیقی آفات مختلف مورد استفاده بوده است. نتایج پژوهش حاضر نشان داد که غلظت مزرعه‌ای این ترکیب اثر کنترلی مناسبی روی شپشک آردآلود مرکبات *P. citri* خواهد داشت. آزمایش سازگاری این حشره کش با کفشدوزک نقابدار دو لکه‌ای، بر مبنای زیست‌سنجی مقایسه‌ای، نشان داد که غلظت مناسب برای پایداری جمعیت این دشمن طبیعی ۱۳۵ میلی گرم ماده موثر در لیتر است. همچنین غلظت ۳۰۰ میلی گرم ماده موثر در لیتر بوپروفزین پس از چهار روز بیش از ۵۶ درصد لاروهای سن دو کفشدوزک را از بین برد. بنابراین سازگاری این حشره کش با گونه‌های کفشدوزک‌هایی که به صورت طبیعی در اکوسیستم‌های کشاورزی حضور دارند، محل تردید است. در پژوهش مشابهی غلظت توصیه‌شده مزرعه‌ای بوپروفزین به شیوه سطح ظروف پتری آغشته به حشره کش روی لاروهای کفشدوزک نقابدار دو لکه‌ای آزمایش و میزان مرگ‌ومیر ۳۳ درصد گزارش شد (Erkilik & Uygun, 1997). در پژوهش مذکور علاوه بر این که کشندگی کمتر از ۵۰ درصد در گروه بی‌خطر قرار گرفته است، روش زیست‌سنجی هم متفاوت بوده و بایستی در نظر داشت که زیست‌سنجی حشرات تنها با سطح آغشته به حشره کش، اثرات احتمالی حشره کش را نشان نخواهد داد. همان گونه که آزمایش غلظت توصیه‌شده مزرعه‌ای بوپروفزین (۰/۳ در هزار) روی لاروهای سن ۱ و ۲ کفشدوزک *Chilocorus nigritus* (F.) نشان داد که این حشره کش اثر نامطلوب زیادی روی این گونه داشته و مرگ‌ومیر این سنین لاروی پس از ۷ روز به ترتیب ۱۰۰ و ۶۰ درصد بود. زیست‌سنجی مذکور از طریق طعمه آلوده به حشره کش انجام شده بود (Magagula & Samways, 2000). تفاوت کشندگی در دو روش زیست‌سنجی تماسی و تغذیه‌ای در مورد لاروهای کفشدوزک استرالیایی *R. cardinalis* نیز نشان داده شده است. بوپروفزین به صورت نامطلوبی جمعیت لاروها را کاهش داد و کشندگی حشره کش در زیست‌سنجی تغذیه‌ای بیش از زیست‌سنجی تماسی بود (Grafton-Cardwell & Gu, 2003). چنین نتایج متفاوتی در مورد کفشدوزک *H. axyridis* نیز گزارش شده است. تیمار لاروهای سن ۲ این کفشدوزک با غلظت ۷۵۰ میلی گرم ماده موثر در لیتر به شیوه تماسی باعث ۳۶ درصد مرگ‌ومیر شد و بوپروفزین جزو گروه II سمیت (کمی سمی) دسته‌بندی شد (He et al., 2018). در حالی که در نتیجه تیمار همین گونه با غلظت ۵۴۰ گرم ماده موثر در هکتار به روش پاشش مستقیم میزان تبدیل لاروهای سن ۱ و ۲ به حشره کامل به ترتیب صفر و ۲۸/۹ درصد بود (James, 2004). اثرات منفی این حشره کش روی کفشدوزک *Scymnus coccivora* Aiyar (Boopathi et al., 2017) و *Delphastus catalinae* (Horn) (Liu & Stansly, 2004) نیز گزارش شده است.

پایری پروکسی فن با نام تجاری آدمیرال^۲ یک حشره کش تنظیم‌کننده رشد از گروه شبه‌هورمون جوانی است که برای کنترل شپشک‌های گیاهی استفاده می‌شود. در پژوهش حاضر میزان LC₅₀ آن برای شپشک آردآلود مرکبات ۵۷/۳ میلی گرم ماده موثر در لیتر برآورد شد. با توجه به غلظت توصیه‌شده مزرعه‌ای (۵۰ تا ۷۵ میلی گرم ماده موثر در لیتر) و اینکه غلظت موثر در زیست‌سنجی مقایسه‌ای ۱۲۰ میلی گرم ماده موثر در لیتر به دست آمد، احتمالاً پایری پروکسی فن گزینه مناسبی برای کنترل موثر این آفت نباشد. زیست‌سنجی مقایسه‌ای روی لاروهای سن ۲ کفشدوزک *C. bipustulatus* نشان داد که غلظت ایمن پایری پروکسی فن برای این دشمن طبیعی ۵۵ میلی گرم ماده موثر در لیتر بود که در محدوده غلظت توصیه‌شده مزرعه‌ای این ترکیب (۵۰ تا ۷۵ میلی گرم ماده موثر در لیتر) است. از آنجا که سایر زیست‌سنجی‌ها نشان داد که غلظت ۷۵ میلی گرم ماده موثر در لیتر پس از ۴ روز ۴۷ درصد مرگ‌ومیر روی لاروهای سن یک ایجاد کرد، می‌توان پایری پروکسی فن را ترکیب نسبتاً امنی برای کفشدوزک نقابدار دو لکه‌ای در نظر گرفت. آزمایش غلظت توصیه‌شده مزرعه‌ای پایری پروکسی فن (۰/۳ در هزار) روی لاروهای سن یک و دو کفشدوزک *C.*

1. Applaud®

2. Admiral®

nigritus نشان داد که این حشره کش برای کفشدوزک کاملاً ایمن بوده و مرگ و میر این سنین لاروی پس از ۷ روز به ترتیب ۶ و صفر درصد بود (Magagula & Samways, 2000). در یک زیست سنجی مقایسه ای اثر کنترلی پایی پروکسی فن روی شپشک *Ferrisia dasyilirii* (Cockerell) و ایمنی آن برای کفشدوزک *Tenuisvalvae notata* (Mulsant) بررسی شد. نتایج نشان داد که گرچه پایی پروکسی فن برای این کفشدوزک کاملاً ایمن بود، اما کنترل موثری نیز روی شپشک ایجاد نکرد. نرخ زنده ماندی شپشک پس از ۵ روز ۷۰ درصد بود (Barbosa et al., 2018). امنیت این حشره کش برای کفشدوزک *C. montrouzieri* (Cloyd & Dickinson, 2006) و *D. catalinae* (Liu & Stansly, 2004) نیز نشان داده شده است. در مقابل عدم امنیت این حشره کش برای کفشدوزک استرالیایی *R. cardinalis* (Grafton-Cardwell & Gu, 2003)، کفشدوزک *H. axyridis* (He et al., 2018) و کفشدوزک *S. japonicum* (Li et al., 2015) نیز گزارش شده است.

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که حشره کش فسفره کلرپایرفوس اثر منفی شدیدی روی کفشدوزک نقابدار دولکهای *C. bipustulatus* دارد. در بین دو ترکیب IGR آزمایش شده بوپروفوزین اثر کنترلی بیشتری نسبت به پایی پروکسی فن روی شپشک آردآلود مرکبات *P. citri* داشت. در مقابل پایی پروکسی فن امنیت بیشتری نسبت به بوپروفوزین روی کفشدوزک نشان داد. بایستی توجه نمود که تعمیم داده های آزمایشگاهی به شرایط میدانی نیازمند انجام آزمایش های مشابهی در باغ های مرکبات است.

References

- Abdollahi Mesbah, R., Nozari, J., Allahyari, H., & Zare Khormizi, M. (2016). Checklist and distribution of lady beetles (Coleoptera: Coccinellidae) in Iran. *Iranian Journal of Animal Biosystematics*, 12, 1-35. DOI: 10.11646/zootaxa.5493.2.1.
- Assari, M. J., Mahdian, K., Esfandiarpour Boroujeni, I., & Zohdi, H. (2023). Identification of the predominant predator of the date palm scale, *Parlatoria blanchardi*, using molecular markers in the palm groves of Bam. *Biocontrol in Plant Protection*, 11, 97-108. (in Farsi). DOI: 10.22092/bcpp.2024.366314.369.
- Atrchian, H., Mahdian, K., & Shahidi, S. (2016). Effect of different natural and factitious diets on development and life history parameters of *Chilocorus bipustulatus*. *BioControl*, 61, 703-715. DOI: 10.1007/s10526-016-9754-z
- Barbosa, P. R., Oliveira, M. D., Barros, E. M., Michaud, J. P., & Torres, J. B. (2018). Differential impacts of six insecticides on a mealybug and its coccinellid predator. *Ecotoxicology and environmental safety*, 147, 963-971. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoenv.2017.09.021>
- Boopathi, T., Sankari Meena, K., Ravi, M., & Thirunavukarasu, K. (2017). Impact of insecticides on spiralling whitefly, *Aleurodicus disperses* (Hemiptera: Aleyrodidae) and its natural enemy complex in cassava under open field conditions. *Crop Protection*, 94, 137-143. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.cropro.2016.12.021>
- Cloyd, R. A., & Dickinson, A. (2006). Effect of insecticides on mealybug destroyer (Coleoptera: Coccinellidae) and parasitoid *Leptomastix dactylopii* (Hymenoptera: Encyrtidae), natural enemies of citrus mealybug (Homoptera: Pseudococcidae). *Journal of Economic Entomology*, 99, 1596-1604. DOI: <https://doi.org/10.1093/jee/99.5.1596>.
- Erkilik, L. B., & Uygün, N. (1997). Studies on the effects of some pesticides on white peach scale, *Pseudaulacaspis pentagona* (Targ.-Tozz.) (Homoptera: Diaspididae) and its side-effects on two common scale insect predators. *Crop Protection*, 16, 69-72. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0261-2194\(96\)00059-2](https://doi.org/10.1016/S0261-2194(96)00059-2).
- Fernandes, M. E. S., Alves, F. M., Pereira, R. C., Aquino, L. A., Fernandes, F. L., & Zanuncio, J. C. (2016). Lethal and sublethal effects of seven insecticides on three beneficial insects in laboratory assays and field trials. *Chemosphere*, 156, 45-55. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.chemosphere.2016.04.115>.
- Finney, D.J. (1971). Probit Analysis. Cambridge University Press, London, UK.
- Galvan, T. L., Koch, R. L., & Hutchison, W. D. (2005). Toxicity of commonly used insecticides in sweet corn and soybean to multicolored Asian lady beetle (Coleoptera: Coccinellidae). *Journal of Economic Entomology*, 98, 780-789. DOI: doi.org/10.1603/0022-0493.98.3.780.

- Grafton-Cardwell, E. E., & Gu, P. (2003). Conserving vedalia beetle, *Rodolia cardinalis* (Mulsant) (Coleoptera: Coccinellidae), in citrus: A continuing challenge as new insecticides gain registration. *Journal of Economic Entomology*, 96, 1388-1398. DOI: <https://doi.org/10.1093/jee/96.5.1388>.
- Hattingh, V., & Samways, M. J. (1993). Evaluation of artificial diets and two species of natural prey as laboratory food for *Chilocorus* spp. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 69, 13-20. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1570-7458.1993.tb01723.x>.
- He, F., Sun, S., Sun, X., Ji, S., Li, X., Zhang, J., & Jiang, X. (2018). Effects of insect growth-regulator insecticides on the immature stages of *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae). *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 164, 665-674. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2018.08.076>.
- Jaihoni, M., Sahragard, A., & Salehi, L. (2008). Behavioural response of *chilocorus bipustulatus* (Coleoptera: Coccinellidae) to variation in *Unaspis eunymi* (Homoptera: Diaspididae) density at spatial scales. *Munis Entomology and Zoology*, 3, 749-760.
- James, D. G. (2004). Effect of buprofezin on survival of immature stages of *Harmonia axyridis*, *Stethorus punctum picipes* (Coleoptera: Coccinellidae), *Orius tristicolor* (Hemiptera: Anthracoridae), and *Geocoris* spp. (Hemiptera: Geocoridae). *Journal of Economic Entomology*, 97, 900-904. DOI: <https://doi.org/10.1093/jee/97.3.900>.
- Li, P., Chen, Q. Z., & Liu, T. X. (2015). Effects of a juvenile hormone analog, pyriproxyfen, on *Serangium japonicum* (Coleoptera: Coccinellidae), a predator of *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae). *Biological Control*, 86, 7-13. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.biocontrol.2015.03.008>.
- Liu, T. X., & Stansly, P. A. (2004). Lethal and sublethal effects of two insect growth regulators on adult *Delphastus catalinae* (Coleoptera: Coccinellidae), a predator of whiteflies (Homoptera: Aleyrodidae). *Biological Control*, 30, 298-305. DOI: [doi:10.1016/j.biocontrol.2004.01.007](https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2004.01.007).
- Magagula, C. N., & Samways, M. J. (2000). Effects of insect growth regulators on *Chi/acarus nigrinus* (Fabricius) (Coleoptera: Coccinellidae), a non-target natural enemy of citrus red scale, *Aonidiella aurantia* (Maskell) (Homoptera: Diaspididae), in southern Africa: Evidence from laboratory and field trials. *African Entomology*, 8, 47-56.
- Malekzadeh, M., Sharifi, M., & Rafiei, B. (2022). Survey on the effects of some pesticides on Armoured scale (*Chrysomphalus dictyospermi*) and the heather ladybird (*Chilocorus bipustulatus*). *Genetic Engineering and Biosafety Journal*, 11, 191-200. (in Farsi).
- Moghaddam, M. (2010). Scale insect (Hemiptera: Coccoidea) fauna of the southern coast of Caspian Sea (Golestan, Mazandaran and Gilan provinces, Iran). *Journal of Entomological Society of Iran*, 29, 65-98. (in Farsi).
- Moghaddam, M. (2015). Scale insects of ornamental plants in Iran (Hem.: Sternorrhyncha: Cocomorpha). *Journal of Entomological Society of Iran*, 34, 83-91. (in Farsi)
- Mortazavi Malekshah, S. A., Ranjbar Aghdam, H., Khalghani, J., & Rezapanah, R. (2015). Effect of temperature on life table parameters of *Cryptolaemus montrouzieri* Mulsant feeding on citrus mealybug, *Planococcus citri* (Risso). *Journal of Applied Research in Plant Protection*, 4, 145-160. (in Farsi).
- Mostafaloo, V., Afshari, A., Yazdani, M., & Sarailoo, M. H. (2012). Effects of chlorpyrifos and abamectin on development of the immature stages of *Cryptolaemus montrouzieri* Mulsant (Coleoptera: Coccinellidae). *Plant Pests Research*, 2, 39-47. (in Farsi)
- Mostafaloo, V., Afshari, A., Yazdani, M., & Sarailoo, M. H. (2013). Effects of chlorpyrifos and abamectin on survival and fecundity of the adult *Cryptolaemus montrouzieri* Mulsant (Coleoptera: Coccinellidae). *Journal of Entomological Research*, 5, 133-147. (in Farsi).
- Nourbakhsh, S. (2023). List of important pests, diseases and weeds of major agricultural products, Pesticides and recommended methods to control them. Ministry of Agriculture, Plant Protection Organization, Vice President of Pest Control.
- Parkins, A. J., Kheirodin, A., Perier, J. D., Cremonez, P. S. G., Riley, D. G., Simmons, A. M., & Schmidt, J. M. (2024). Direct and indirect effects of selective insecticides on 2 generalist predators of *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae). *Journal of Insect Science*, 24, 1-13. DOI: <https://doi.org/10.1093/jisesa/ieae104>.

- Ranjbar, S., Heidari, A., & Ziaei Madbouni, M. A. (2018). Evaluation of the efficacy of the Volk oil and chlorpyrifos (EC 40.8%) on *Aonidiella orientalis* and *Chilocorus bipustulatus*. *Pesticides in Plant Protection Sciences*, 5, 9-21. (in Farsi) DOI: 10.22092/jppps.2018.116943
- Rimoldi, F., Fogel, M. N., Ronco, A. E., & Schneider, M. I. (2017). Comparative susceptibility of two Neotropical predators, *Eriopis connexa* and *Chrysoperla externa*, to acetamiprid and pyriproxyfen: Short and long-term effects after egg exposure. *Environmental Pollution*, 231, 1042-1050. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.envpol.2017.08.097>
- Sahragard, A., Ghadamyari, M., & Memarizadeh, N. (2010). An investigation on susceptibility to permethrin in two populations of *Planococcus citri* (Risso) (Hem.: Pseudococcidae). *Iranian Journal of Plant Protection Science*, 40, 15-25. (in Farsi)
- Santos, K. F. A., Zanardi, O. Z., Morais, M. R., Jacob, C. R. O., de Oliveira, M. B., & Yamamoto, P. T. (2017). The impact of six insecticides commonly used in control of agricultural pests on the generalist predator *Hippodamia convergens* (Coleoptera: Coccinellidae). *Chemosphere*, 186, 218-226. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.chemosphere.2017.07.165>.
- Sheikhi-Garjan, A., Najafi, H., Abbasi, S., Azimi, H., & Moradi, M. (2023). Organic and chemical pesticide guide of Iran. Rahdan Book Press.
- Silva, T. G., Souza, J. R., Moreira, L. B., Lima, L. L. R., & Carvalho, G. A. (2021). Survival, development and reproduction of *Harmonia axyridis* (Pallas, 1773) (Coleoptera: Coccinellidae) under effects of insecticides used in tomato plants. *Ecotoxicology*, 30, 863-872. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10646-021-02415-4>.
- Toozandejani, M., & Ajamhassani, M. (2021). Faunistic survey of ladybirds (Col.: Coccinellidae) in Shahrood region (Semnan province) and determination of dominant species. *Journal of Animal Research (Iranian Journal of Biology)*, 34, 141-155. (in Farsi).
- Virteiu, A. M., Grozea, I., Stef, R. Vlad, M., & Dobrin, I. (2015). Faunistic study of ladybirds (Coleoptera: Coccinellidae) in the Banat region, Romania. *Bulletin USAMV series Agriculture*, 72, 576-581.
- Vogt, H. (1994). Side-effects of pesticides on beneficial organisms: Comparison of laboratory, semi-field and field results. IOBC/WPRS publication.

The lethal effect of three insecticides, buprofezin, pyriproxyfen and chlorpyrifos, on the citrus mealybug *Planococcus citri* and the heather ladybird *Chilocorus bipustulatus*

Sh. Shafeinejad Balalami¹, M. Mohammadi Sharif^{*2} and M. Shayanmehr³

1, 2 & 3. Department of Plant Protection, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran

✉ shafeinejadbalalamishima@gmail.com

✉ msharif1353@yahoo.com

✉ shayanm30@yahoo.com

 <https://orcid.org/0009-0006-7887-8093>

 <https://orcid.org/0000-0001-8520-7336>

 <https://orcid.org/0000-0002-5024-1182>

Received: 11 July 2025 | Accepted: 29 August 2025 |

Abstract

Using low-risk insecticides for pest management is an efficient approach to preserving natural enemies. In this study the effects of two insect growth regulators (IGRs), buprofezin and pyriproxyfen, in comparison with the widely used organophosphorus insecticide chlorpyrifos were investigated against the citrus mealybug, *Planococcus citri* and the heather ladybird, *Chilocorus bipustulatus*. The citrus mealybug bioassay was conducted using residual methods, while the ladybird predator bioassay was performed through both residual and host-treated approaches. Based on the assay results, a comparative bioassay was also conducted to determine safe concentrations for the natural enemy. The LC₅₀ values of buprofezin, pyriproxyfen, and chlorpyrifos, on second instar nymphs of citrus mealybug were 71.4, 57.3, and 1.89 mg ai/L, respectively. The bioassay of chlorpyrifos on *C. bipustulatus* first instar larvae indicated that this insecticide is highly lethal to this natural enemy and a concentration of 2 mg ai/L, approximately 400 times lower than the common field dose of chlorpyrifos, resulted in about 73% mortality. The mortality rates of buprofezin at concentrations of 120 and 300 mg ai/L on ladybird larvae after four days were 32% and 56%, respectively. For pyriproxyfen, the lethality at concentrations of 30 and 75 mg ai/L was 32% and 47%, respectively. The comparative bioassays indicated that chlorpyrifos has severe adverse effects on the heather ladybird survival and the field doses of both IGR insecticides were not completely safe for this predator, however pyriproxyfen caused less detrimental effects than buprofezin.

Key words: Comparative bioassay, Conservation of natural enemies, IGR insecticides, Predator

Citation: Shafeinejad Balalami, Sh., Mohammadi Sharif, M. & Shayanmehr, M. (2025). The lethal effect of three insecticides, buprofezin, pyriproxyfen and chlorpyrifos, on the citrus mealybug *Planococcus citri* and the heather ladybird *Chilocorus bipustulatus*. *Plant Pest Research*, 15(2), 31-45. **Doi:** <https://doi.org/10.22124/iprj.2025.31165.1646>



*Corresponding author: msharif1353@yahoo.com