تحقیقات آفات گیاهی
۱۰۴-۸۹ :(۳)۱۰- ۱۳۹۹

علمی پژوهشی

پاسخ‌های جمعیتی شته جالیز *Aphis gossypii* (Hem.: Aphididae) به‌غلظت‌های زیرکشنده قارچ بیمارگر *Beauveria bassiana* (Asc.: Hypocreales)

زینب نجفی سی‌سخت، امین صدارتیان جهرمی*و مجتبی قانع جهرمی
گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه یاسوج، یاسوج، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۷/۱ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۹/۸)

چکیده

در پژوهش حاضر، تأثیرغلظت‌های زیرکشنده (LC_{10} = 255, LC_{20} = 3702 and LC_{30} = 25461 conidia/ml) قارچ بیمارگر *Beauveria bassiana* Bals. (Vuill.) بر ویژگی‌های زیستی شته جالیز، *Aphis gossypii* Glover، در شرایط آزمایشگاهی با دمای ۱±۲۵ درجه سلسیوس، رطوبت نسبی ۵±۶۵ درصد و دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی با استفاده از روش تجزیه جدول زندگی دو جنسی ویژه سن-مرحله رشدی مورد بررسی قرار گرفت. بر اساس نتایج به‌دست آمده، اگرچه غلظت‌های مورد مطالعه اثرات معنی‌داری بر طول عمر شته‌های بالغ نداشتند، اما با افزایش غلظت، میزان باروری به‌صورت معنی‌داری افزایش یافت. علاوه بر افراد تیمار شده، نتاج آن‌ها نیز تحت تأثیر غلظت‌های مورد مطالعه قرار گرفتند.کم‌ترین طول دوره رشد و نمو مراحل نابالغ در غلظت زیرکشنده LC_{30} مشاهده شد (۴/۳۶ روز). علاوه بر این، کم‌ترین طول دوره قبل از تخم‌ریزی کل (TPOP) نیز در این تیمار به‌دست آمد (۴/۶۰ روز). مرگ و میر مراحل نابالغ شته جالیز نیز با افزایش غلظت‌های مورد مطالعه افزایش یافت و بیش‌ترین درصد مرگ و میر در غلظت زیرکشنده LC_{30} ثبت شد (۲۴/۲۴ درصد). تیمارهای مختلف مورد مطالعه اثرات معنی‌داری بر نرخ ذاتی افزایش جمعیت (r) و نرخ متناهی افزایش جمعیت (λ) شته جالیز داشتند. نتایج حاصل از پژوهش حاضر می‌تواند به‌منظور افزایش میزان کارایی قارچ‌های بیمارگر حشرات در برنامه‌های مدیریتی آفات مختلف مورد استفاده قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: بیمارگرهای حشرات، پارامترهای رشد جمعیت، غلظت‌های زیرکشنده، مدیریت تلفیقی، مهار زیستی

* نویسنده مسئول: Sedaratian@gmail.com; Sedaratian@yu.ac.ir

مقدمه

تولید محصول در مزارع و گلخانه‌های خیار همانند سایر زیست‌بوم‌های کشاورزی، توسط عوامل متعددی محدود شده است که از جمله مهم‌ترین آن‌ها می‌توان به شته‌ها اشاره نمود (Rahsepar *et al*., 2016). شته جالیز، *Aphis gossypii* Glover، گونه‌ای همه‌جازی و چندخوار می‌باشد که در مناطق نیمه‌گرمسیری، گرمسیری و معتدل کره زمین وجود دارد (Razmjou *et al*., 2011). چرخه زندگی این آفت دارای ۵ مرحله رشدی (پوره‌های سنین اول تا چهارم و شته بالغ) می‌باشد و افزایش جمعیت آن بر بکرزایی افراد ماده استوار است (Xia *et al*.,1999). این گونه با دارا بودن حدود ۲۲۰ گونه میزبان گیاهی پتانسیل قابل توجهی در حفظ جمعیت خود در شرایط مختلف محیطی دارا می‌باشد (Patil, 2013). شته جالیز با استفاده از قطعات دهانی زننده - مکنده خود بافت گیاه میزبان را سوراخ کرده و با تغذیه از شیره گیاهی موجود در آوند آبکش موجب ضعف آن شده و در نهایت، خسارت مستقیم این آفت خشکیدگی کامل گیاه را به‌دنبال خواهد داشت (Blackman and Eastop, 2000; Takalloozadeh, 2010). علاوه بر این، شته جالیز از توانایی قابل توجهی در انتقال بیماری‌های ویروسی گیاهی برخوردار می‌باشد و ویروس موزاییک خیار (Cucumber Mosaic Virus) از جمله مهم‌ترین عوامل بیماری‌زای گیاهی می‌باشد که از طریق تغذیه این آفت به گیاه خیار منتقل می‌شود (Pinto *et al*., 2008).

مهار زیستی که در حقیقت استفاده از دشمنان طبیعی (شکارگرها، پارازیتوئیدها و بیمارگرها)، جمعیت‌های رقیب و موجودات آنتاگونیست به‌منظور کاهش جمعیت آفات و بیماری‌های گیاهی می‌باشد، از جمله راهکارهایی است که در کشاورزی نوین به‌منظور کاهش اثرات سوء ناشی از مصرف بی‌رویه آفتکش‌های شیمیایی در کانون توجه قرار گرفته است. در این میان، استفاده از توانایی بیمارگرهای حشرات (باکتری‌ها، قارچ‌ها، ویروس‌ها، نماتدها و موجودات تک‌سلولی) به‌منظور کاهش جمعیت آفات گیاه‌خوار موضوعی است که در سال‌های اخیر به شدت مورد توجه پژوهشگران مختلف قرار گرفته و حجم قابل توجهی از پژوهش‌ها را به خود اختصاص داده است (Islam and Omar, 2012).

قارچ بیمارگر *Beauveria bassiana* Bals. (Vuill.) یکی از مهم‌ترین قارچ‌های بیمارگر حشرات با دامنه میزبانی گسترده می‌باشد که تاکنون فعالیت بیماری‌زایی آن از راسته‌های مختلف حشرات نظیر سخت‌بالپوشان، بالپولکداران و نیم‌بالان گزارش شده است (Hajek, 2004). باتوجه به این‌که جدایه‌های مختلفی از این بیمارگر در طبیعت وجود دارند، می‌توان استفاده از آن‌ها را به‌عنوان یکی از عوامل مهم مهار زیستی در برنامه‌های مدیریتی آفات کشاورزی مد نظر قرار داد (Van *et el*., 2007). تاکنون پژوهش‌های متعددی در ارتباط با ارزیابی تأثیر قارچ بیمارگر *B. bassiana* روی پارامترهای زیستی حشرات آفت انجام شده است که از آن جمله می‌توان به بررسی‌های صورت گرفته روی مگس میوه مدیترانه‌ای (Quesada-Moraga *et al*., 2006)، کنه تارتن دولکه‌ای (Seyed-Talebi *et al*., 2012)، شته جالیز (Rashki and Shirvani, 2013; Lopez *et al*., 2014) و تریپس غربی گل (Zhang *et al*., 2015) اشاره نمود.

با وجود آن‌که پژوهش‌های متعددی در ارتباط با ارزیابی توانایی قارچ بیمارگر *B. bassiana* در کاهش جمعیت آفات مختلف صورت پذیرفته است، اما مرور منابع موجود حاکی از آن است که پژوهش‌های صورت گرفته در خصوص ارزیابی اثرات زیرکشندگی این بیمارگر روی شته جالیز بسیار اندک می‌باشد. این امر در حالی است که در بررسی کارایی این عامل بیولوژیک، توجه به اثرات زیرکشندگی نیز گاه به اندازه انجام بررسی‌های مربوط به اثرات کشندگی حائز اهمیت می‌باشد. بر همین اساس، در پژوهش حاضر اثرات زیرکشندگی قارچ بیمارگر *B. bassiana* روی ویژگی‌های زیستی شته جالیز به‌عنوان یکی از آفات مهم و کلیدی گلخانه‌ها و مزارع خیار کشور

در دو نسل متوالی و با استفاده از جدول زندگی ویژه سن- مرحله رشدی مورد مطالعه قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

پرورش گیاه میزبان

بذرهای خیار رقم امپراطور از فروشگاه‌های مورد تأیید سازمان حفظ نباتات استان کهگیلویه و بویراحمد تهیه و بعد از جوانه‌دار شدن در گلدان‌های پلاستیکی که با نسبت‌های مساوی از خاک معمولی، کود حیوانی پوسیده و ماسه پر شده بودند، کاشته شدند.گلدان‌های مذکور در شرایط گلخانه با دمای ۵±۲۵ درجه سلسیوس، رطوبت نسبی ۵±۶۵ درصد و شرایط روشنایی طبیعی درون قفس‌های توری با ابعاد ۱/۵×۰/۶×۰/۶ متر نگهداری شدند. کاشت گیاهان جدید به‌صورت هفتگی و تا پایان بررسی‌های آزمایشگاهی ادامه یافت. عملیات آبیاری و کوددهی گیاهان به‌صورت منظم و براساس توصیه‌های کارشناسان سازمان حفظ نباتات استان کهگیلویه و بویراحمد صورت پذیرفت. علاوه بر این، از هیچ‌گونه آفت‌کشی در طول مراحل انجام آزمایش استفاده نشد.

تشکیل کلنی شته جالیز

به‌منظور تشکیل کلنی شته جالیز در شرایط گلخانه، نمونه‌هایی از مراحل مختلف زندگی این آفت از روی میزبان‌های اصلی آن در مزارع و گلخانه‌های اطراف شهر یاسوج جمع‌آوری شده و به آزمایشگاه گروه گیاهپزشکی دانشگاه یاسوج منتقل شدند. نمونه‌های مذکور ابتدا به دقت زیر استریومیکروسکوپ بررسی شده و پس از حذف عوامل ناخواسته (شکارگرها، نمونه‌های پارازیته شده و افراد آلوده به بیمارگر) به شرایط گلخانه منتقل شدند. این نمونه‌ها پس از انتقال به گلخانه، دورن قفس‌های توری (ابعاد ۱/۵×۰/۶×۰/۶ متر) که حاوی بوته‌های خیار در مرحله ۶-۸ برگی بودند، قرار گرفتند و مراحل مختلف زیستی آن‌ها روی این گیاهان سپری شد. از این نمونه‌ها در انجام بررسی‌های آزمایشگاهی استفاده شد. لازم به ذکر است که کلنی مذکور قبل از استفاده در آزمایش‌ها حداقل به‌مدت سه نسل در شرایط گلخانه نگهداری شد. علاوه بر این، در طول مراحل انجام آزمایش نمونه‌هایی از مناطق اولیه نمونه‌برداری جمع‌آوری و به کلنی موجود اضافه شدند.

بیمارگر مورد مطالعه

در پژوهش حاضر از جدایه MZ قارچ بیمارگر *B. bassiana* که توسط تله گالریا از مزارع ذرت شهرستان مشکین دشت جمع‌آوری شده بود، استفاده شد. ایزوله مذکور در کلکسیون قارچ‌های بیمارگر حشرات آزمایشگاه کنترل بیولوژیک گروه گیاهپزشکی دانشگاه تهران نگهداری می‌شود. در پرورش ایزوله مورد مطالعه از محیط کشت SDAY ساخت شرکت مرک آلمان به همراه مخمر (Sabouraud Dextrose Agar + Yeast) استفاده شد. محیط کشت پس از آماده‌سازی ابتدا به‌مدت ۱۵ دقیقه در دمای ۱۲۱ درجه سلسیوس در دستگاه اتوکلاو ضدعفونی شده و سپس زیر هود و درون ظروف پتری با قطر ۸ سانتی‌متر ریخته شد. پس از ۲۴ ساعت، قطعاتی از میسیلیوم ایزوله مورد مطالعه توسط سوزن‌های استریل از کشت اصلی جدا شده (زیر هود و در شرایط استریل) و به ظروف پتری حاوی محیط کشت منتقل شدند. ظروف پتری به‌صورت وارونه درون دستگاه انکوباتور با دمای ۲۵ درجه سلسیوس و در شرایط تاریکی کامل قرار گرفته و تا زمان اسپورزایی (۱۴ روز) در این شرایط نگهداری شدند. اسپورهای غیرجنسی تهیه شده در این مرحله در انجام بررسی‌ها مورد استفاده قرار گرفتند.

تهیه سوسپانسیون اسپورهای بیماری‌زا

به‌منظور تهیه سوسپانسیون اسپورهای بیماری‌زای قارچ *B. bassiana*، ابتدا سطح محیط کشت با لوپ استریل خراش داده شده و اسپورهای برداشت شده درون لوله‌های پلاستیکی (حجم ۵۰ میلی‌لیتر) ریخته شدند. به هر لوله ۲۰ میلی‌لیتر آب مقطر استریل به همراه ۱ سی‌سی توئین ۸۰ (۰/۰۲ درصد) و ۵-۱۰ دانه مهره شیشه‌ای اضافه شد. سپس، مخلوط حاصل به‌مدت ۱۵ دقیقه روی شیکر قرار گرفت. پس از گذشت این مدت، به‌منظور حذف قطعات محیط کشت، میسیلیوم قارچ و مهره‌های شیشه‌ای، سوسپانسیون اسپور تهیه شده از کاغذ صافی واتمن شماره ۱ عبور داده شد. مقدار ۱۰۰ میکرولیتر از سوسپانسیون تهیه شده توسط

سمپلر برداشته شده و غلظت اسپور در هر میلی‌لیتر از سوسپانسیون با استفاده از لام گلبول شمار تعیین شد. سپس، به‌منظور تهیه غلظت مادری، غلظت اسپور در سوسپانسیون تهیه شده با استفاده از آب دوبار تقطیر سترون به 10^8 کاهش داده شد (Fazeli-Dinan *et al*., 2016).

آزمایش زیست سنجی

در انجام آزمایش زیست‌سنجی از غلظت‌های 10^2، 10^3، 10^4، 10^5، 10^6، 10^7 و 10^8 اسپور در میلی‌لیتر از بیمارگر مورد مطالعه استفاده شد. آب دوبار تقطیر سترون به‌همراه توئین ۸۰ (۰/۰۲ درصد) به‌عنوان شاهد مورد استفاده قرار گرفت. در ابتدا دیسک‌های برگی از برگ‌های خیار عاری از هرگونه آلودگی تهیه شد. در تهیه دیسک‌های مذکور برگ‌ها به صورت دایره‌ای به قطر ۸ سانتی‌متر برش داده شدند. سپس، یک لایه پنبه در کف ظروف پتری با قطر ۸ سانتی‌متر قرار داده شده و با آب مقطر اشباع شد. برگ‌های برش داده شده به‌طوری‌که پشت آن‌ها رو به بالا باشد روی لایه پنبه مرطوب قرار گرفتند. با استفاده از قلم موی ظریف تعداد ۲۰ شته ماده بالغ بی‌بال با طول عمر حداکثر ۲۴ ساعت از کلنی موجود در شرایط گلخانه انتخاب شده و روی هر دیسک برگی انتقال داده شد. غلظت‌های مختلف تهیه شده از سوسپانسیون اسپور قارچ با استفاده از اسپری دستی روی شته‌های قرار گرفته در دیسک‌های برگی پاشیده شدند. سپس، درب پتری‌ها به مدت ۲۴ ساعت بسته شد و اطراف آن‌ها با هدف تأمین رطوبت لازم برای جوانه‌زنی اسپورهای بیماری‌زا با نوار پارافیلم مسدود شد. پس از ۲۴ ساعت، درب دیسک‌های برگی با درب‌های سوراخ‌دار که سوراخ‌های آن‌ها با توری‌های ارگانزا پوشانده شده بود، تعویض شد. آزمایش در هر غلظت با حداقل ۶ تکرار انجام پذیرفت. دیسک‌های مورد مطالعه به مدت ۱۴ روز در دستگاه ژرمیناتور (دمای ۲±۲۵ درجه سلسیوس، رطوبت نسبی ۵±۶۵ درصد و دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی) نگهداری شدند و تعداد افراد مرده در طول این مدت ثبت شد. به‌منظور حصول اطمینان از این‌که مرگ افراد در اثر فعالیت بیمارگر مورد مطالعه صورت گرفته است، افراد مرده در هر تکرار به صورت جداگانه درون ظروف پتری و روی کاغذ صافی قرار گرفته و تشکیل توده میسیلیومی روی بدن آن‌ها به‌دقت مورد بررسی قرار گرفت. در پایان، نتایج به دست آمده با استفاده از آزمون Probit و نرم‌افزار آماری SAS مورد بررسی قرار گرفتند.

بررسی اثرات زیرکشندگی قارچ بیمارگر *B. bassiana* روی شته جالیز

تمام بررسی‌های این مرحله درون ژرمیناتور با دمای ۲±۲۵ درجه سلسیوس، رطوبت نسبی ۵±۶۵ درصد و دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی و روی دو نسل متوالی شته جالیز (ماده‌های بالغ و نتاج) انجام شد.

ارزیابی اثرات زیرکشندگی روی ماده‌های بالغ

در انجام این بررسی از غلظت‌های زیرکشنده LC_{10}، LC_{20} و LC_{30} قارچ بیمارگر *B. bassiana* استفاده شد. آب دوبار تقطیر سترون به همراه توئین ۸۰ (۰/۰۲ درصد) نیز به‌عنوان شاهد در نظر گرفته شد. در هر غلظت ۱۰۰ شته ماده بالغ بی‌بال با طول عمر حداکثر ۲۴ ساعت مورد مطالعه قرار گرفت. پس از آن‌که غلظت‌های مختلف زیرکشنده روی افراد مورد مطالعه پاشیده شدند، هر فرد با استفاده از قلم موی ظریف به دیسک برگی جداگانه (قطر ۶ سانتی‌متر) انتقال داده شد. افراد مذکور به صورت روزانه مورد بازدید قرار گرفته و علاوه بر ثبت طول عمر، میزان پوره‌زایی آن‌ها نیز ثبت شد. اثرات زیرکشندگی بیمارگر *B. bassiana* روی طول عمر شته‌های بالغ ماده و پوره‌زایی آن‌ها با استفاده از آزمون آنالیز واریانس یک‌طرفه (One-Way ANOVA) و نرم‌افزار آماری SAS مورد ارزیابی قرار گرفت. در صورت مشاهده اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها، از آزمون SNK در سطح احتمال ۰/۰۵ درصد به‌منظور گروه‌بندی میانگین‌ها استفاده شد.

ارزیابی اثرات زیرکشندگی روی نتاج ماده‌های بالغ تیمار شده

در روز سوم پوره‌زایی، از افراد بالغ تیمار شده در هر تیمار به‌صورت تصادفی تعداد ۸۰ پوره سن یک با طول عمر حداکثر ۱۲ ساعت انتخاب شده و هر فرد به‌صورت جداگانه درون یک دیسک برگی قرار گرفت. افراد مذکور

به‌صورت روزانه مورد بازدید قرار گرفته و طول مراحل مختلف رشدی به همراه میزان مرگ و میر آن‌ها ثبت شد. پس از بلوغ، علاوه بر طول مرحله بالغ، میزان پوره‌زایی روزانه هر فرد نیز ثبت شد. در تجزیه و تحلیل نتایج به‌دست آمده در این مرحله، از نظریه جدول زندگی دو جنسی ویژه سن-مرحله رشدی استفاده شد (Chi, 1988). محاسبه مقادیر کاذب پارامترهای مختلف زیستی شته جالیز با استفاده از تکنیک بوت‌استرپ (Bootstrap) و در نظر گرفتن ۱۰۰۰۰۰ نمونه‌برداری انجام شد. مقایسه آماری مقادیر کاذب به‌دست آمده نیز با استفاده از آزمون بوت‌استرپ جفت شده (Paired-bootstrap) و در سطح احتمال ۰/۰۵ درصد صورت پذیرفت. تمام تجزیه و تحلیل‌های این مرحله با استفاده از نرم افزار TWOSEX MSChart صورت پذیرفت (Chi, 2016).

نتایج و بحث

آزمون زیست‌سنجی

نتایج حاصل از آزمون زیست‌سنجی قارچ بیمارگر *B. bassiana* روی حشرات بالغ شته جالیز در جدول ۱ نشان داده شده است. بر اساس نتایج حاصل از پژوهش حاضر، مقدار LC_{50} بیمارگر مورد مطالعه نسبت به حشرات ماده بالغ شته جالیز $۶/۲ \times ۱۰^{۵}$ اسپور/میلی‌لیتر محاسبه شد. علاوه بر این، پایین بودن میزان عددی آماره مربع کای محاسبه شده (۲/۲۶) به‌همراه بالا بودن مقدار P محاسبه شده (۰/۸۱۲)، حاکی از برازش مناسب مدل پروبیت با داده‌های به‌دست آمده در پژوهش حاضر می‌باشد.

اثرات زیرکشندگی قارچ بیمارگر *B. bassiana* روی طول عمر و باروری ماده‌های بالغ

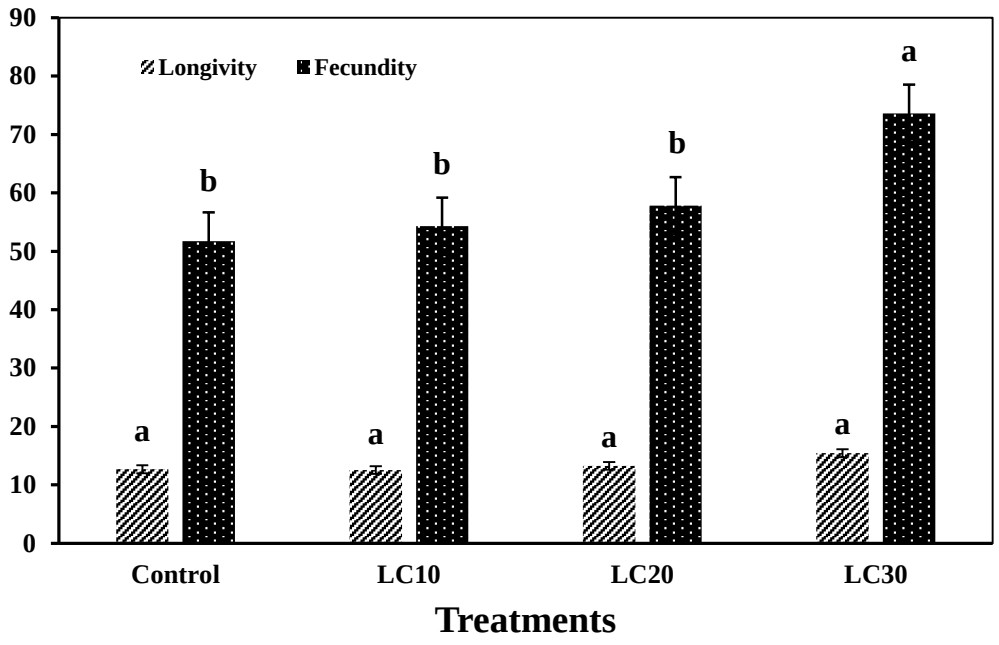
شکل ۱ اثرات غلظت‌های زیرکشنده قارچ بیمارگر *B. bassiana* روی طول عمر و میزان باروری شته‌های بالغ تیمار شده را نشان می‌دهد. همان‌گونه که در این شکل نیز مشخص است، میزان باروری افراد تیمار شده با غلظت‌های زیرکشنده LC_{10} و LC_{20} تفاوت معنی‌داری با تیمار شاهد نداشت، اما در غلظت LC_{30} میزان باروری کل ثبت شده بیش از سایر تیمارهای مورد مطالعه بود. بالا بودن میزان باروری افراد در این تیمار به احتمال فراوان می‌تواند به دلیل عکس‌العمل افراد زنده مانده به غلظت بالاتر قارچ بیمارگر باشد که به نوعی درجهت جبران خسارت وارده به جمعیت برآمده و سعی دارند با افزایش میزان تولیدمثل قدرت جمعیت را برای تحمل شرایط نامساعد حفظ نمایند. با این وجود، طول عمر افراد تیمار شده تحت تأثیر غلظت‌های مختلف مورد استفاده قرار نگرفت.

جدول ۱- زهرآگینی قارچ بیمارگر *Beauveria bassiana* علیه حشرات بالغ شته جالیز *Aphis gossypii*

Table 1. Toxicity of *Beauveriabassiana* on the adult of *Aphis gossypii*

Sublethal concentrations(Conidia/ml) (Fiducial limits)			LC_{50}	No.*	Slope	χ^2 (*df*)	*P*
LC_{10}	LC_{20}	LC_{30}					
2.5×10^2 (8×10^1-6.5×10^2)	3.7×10^3 (1.5×10^3-7.5×10^3)	2.5×10^4 (1.3×10^4-4.6×10^4)	6.2×10^5 (3.5×10^5-1.1×10^6)	1220	7.07	2.26 (5)	0.81

* Number of subject



* Different letters indicate significant difference ($P< 0.05$).

شکل ۱- اثرات زیرکشندگی قارچ بیمارگر *Beauveria bassiana* روی طول عمر بالغ و میزان باروری (میانگین ± خطای معیار) شته *Aphis gossypii*

Figure 1. Sublethal effects of *Beauveria bassiana* on adult longevity and fecundity (mean ± SE) of *Aphis*

سیدطالبی و همکاران (Seyed-Talebi *et al.*, 2012) بیان کردند که تیمار کنه تارتن دولکه‌ای با قارچ بیمارگر *B. bassiana* طول عمر افراد بالغ نر و ماده را تحت تأثیر خود قرار می‌دهد. این امر در حالی است که میزان باروری کنه تارتن دولکه‌ای تحت تأثیر تیمارهای مختلف این بیمارگر قرار نگرفته و مشابه با یافته‌های حاصل از پژوهش حاضر، میزان باروری پس از تیمار با قارچ بیمارگر *B. bassiana* کاهش نیافت. لازم به ذکر است که این ویژگی در جمعیت شته‌ها و کنه‌ها می‌تواند به دلیل دارا بودن قدرت تولیدمثلی بالا در این گروه از آفات به‌همراه دارا بودن توانایی زنده‌زایی در شته‌ها باشد. کائور و همکاران (Kaur *et al.*, 2011) اثرات غلظت‌های $۱/۴۷\times۱۰^{۵}$، $۴/۰۳\times۱۰^{۶}$ و $۲/۰۳\times۱۰^{۸}$ اسپور/میلی‌لیتر این بیمارگر را روی طول عمر و باروری شب‌پره *Spodoptera liutralis* Fabricius مورد بررسی قرار داده و نشان دادند که تیمارهای مختلف مورد مطالعه به‌صورت معنی‌داری طول عمر و باروری این آفت را تحت تأثیر قرار داده و با افزایش غلظت مورد مطالعه از مقادیر پارامترهای مذکور کاسته می‌شود. در بررسی صورت گرفته توسط کیم (Kim, 2007) غلظت‌های $۱۰^{۸}$ و $۱۰^{۴}$ قارچ *Lecanicillium attenuatum* Zare & Gams طول عمر پوره‌های سن اول و سوم شته جالیز را به‌صورت معنی‌داری کاهش دادند. در پژوهشی مشابه توسط اکسی و مانیانا (Ekesi and Maniania, 2000)، طول عمر تریپس *Megalurothrips sjostedti* (Trybom) و شته *Aphis crassivora* Koch با افزایش غلظت بیمارگرهای *B. bassiana* و *Metharhizium anisopliae* Metsch. کاهش پیدا کرد. هم‌چنین، قارچ‌های بیمارگر *B. bassiana* و *Lecanicillium lecanii* (Zimm.) به‌طور قابل توجهی کاهش میزان باروری شته کاهو و شته روسی گندم را به‌دنبال داشتند (Fournier and Brodeur, 2000). در پژوهش صورت گرفته توسط ژانگ و همکاران (Zhang *et al.*, 2015) نیز استفاده از قارچ بیمارگر *B. bassiana* کاهش طول عمر و پتانسیل تخم‌ریزی تریپس

غربی گل *F. occidentalis* را به‌دنبال داشت. یافته‌های حاضر، مغایر با نتایج به‌دست آمده در اغلب پژوهش‌های فوق بوده و مؤید آن است که شته جالیز می‌تواند پس از مواجهه با غلظت‌های زیرکشنده بیمارگر *B. bassiana* عکس‌العمل مناسبی در راستای جبران خسارت وارده به جمعیت از خود نشان دهد. نتایج مشابهی نیز پس از مواجهه این آفت با غلظت‌های زیرکشنده قارچ بیمارگر *M. anisopliae* توسط علیزاده گل‌سفیدی (Alizadeh-Gelsefidi, 2017) گزارش شده است. آن‌چه که در این‌جا بدان اشاره شد، بسیار قابل توجه بوده و بیان‌گر آن است که در طولانی مدت امکان توسعه جمعیت‌های مقاوم شته جالیز نسبت به بیمارگرهای مورد استفاده در برنامه‌های مدیریتی این آفت وجود دارد. بر همین اساس، انجام بررسی‌های تکمیلی در خصوص تغییرات فیزیولوژیک صورت گرفته در افرادی که با غلظت‌های زیرکشنده قارچ‌های بیمارگر حشرات مواجه می‌شوند، بسیار ضروری می‌باشد.

اثرات زیرکشندگی قارچ بیمارگر *B. bassiana* روی پارامترهای زیستی نتاج حاصل از ماده‌های تیمار شده

طول دوره‌های مختلف رشدی و باروری

جدول ۲ اثرات زیرکشندگی قارچ بیمارگر *B. bassiana* بر طول دوره‌های مختلف رشدی نتاج حاصل از شته‌های بالغ تیمار شده را نشان می‌دهد. بیش‌ترین طول دوره قبل از پوره‌زایی کل این آفت (TPOP[1]) در غلظت زیرکشنده LC_{10} (۵/۱۷ روز) و تیمار شاهد (۵ روز) مشاهده شد. کم‌ترین طول این دوره زیستی نیز در تیمار LC_{30} محاسبه شد (۴/۶۰ روز). کاهش طول دوره رشدی مراحل نابالغ سبب می‌شود که افراد در مدت زمان کوتاه‌تری به مرحله بلوغ رسیده و تولیدمثل خود را آغاز نمایند. این مسأله می‌تواند یکی از دلایل افزایش مقادیر محاسبه شده نرخ ذاتی افزایش جمعیت شته جالیز (r) در غلظت زیرکشنده LC_{30} باشد (جدول ۴). از طرفی، باید به این مسأله نیز توجه نمود که کاهش طول دوره رشد و نمو مراحل نابالغ یک آفت می‌تواند اثرات نامطلوبی بر رشد و نمو مراحل نابالغ پارازیتوئیدهای آن در شرایط طبیعی داشته باشد (Erb *et al*., 2001; Sedaratian *et al*., 2013).

بررسی‌های صورت گرفته توسط کیم (Kim, 2007) حاکی از آن است که طول این دوره رشدی در شته جالیز تحت تأثیر قارچ بیمارگر *L. lecanii* قرار نمی‌گیرد. زکی (Zaki, 1998) گزارش کرد که طول دوره پورگی شته *A. carassivora* با افزایش غلظت قارچ *B. bassiana* کاهش پیدا کرد که این مسأله هم‌سو با یافته‌های حاصل از پژوهش حاضر می‌باشد. ژانگ و همکاران (Zhang *et al*., 2015) نشان دادند که غلظت‌های زیرکشنده قارچ بیمارگر *B. bassiana* طول دوره رشد و نمو مراحل نابالغ تریپس غربی گل را تحت تأثیر خود قرار نمی‌دهند. تفاوت در نتایج گزارش شده توسط پژوهشگران مختلف علاوه بر تفاوت در شرایط انجام آزمایش، گیاه میزبان و آفت مورد مطالعه، می‌تواند به‌دلیل متفاوت بودن جدایه‌های بیمارگر مورد مطالعه نیز باشد. علاوه بر این، اطلاعات ارائه شده در جدول ۲ نشان می‌دهد که میزان پوره‌زایی نتاج شته جالیز نیز در غلظت زیرکشنده LC_{30} بیش از سایر تیمارهای مورد مطالعه است (۶۷/۰۸ پوره) که به نوعی مؤید توانایی این حشره در افزایش میزان پوره‌زایی پس از مواجهه با شرایط نامطلوب می‌باشد.

[1]. Total pre-oviposition period

جدول ۲- طول دوره‌های مختلف رشدی (میانگین ± خطای معیار) نتاج شته جالیز *Aphis gossypii* تیمار شده با غلظت‌های زیرکشنده قارچ بیمارگر *Beauveria bassiana*

Table 2. Duration of different life stages (mean ± SE) in offsprings of *Aphis gossypii* treated by sublethal concentrations of *Beauveria bassiana*

Treatments	Different life stages				
	Pre-adult (day)	APOP (day)	TPOP (day)	Longevity (day)	Fecundity (egg)
Control	4.69 ± 0.13^{ab}	0.31 ± 0.08^{a}	5.00 ± 0.13^{ab}	14.80 ± 1.12^{a}	48.84 ± 4.09^{b}
LC_{10}	4.89 ± 0.16^{a}	0.28 ± 0.08^{a}	5.17 ± 0.14^{a}	15.23 ± 0.85^{a}	49.71 ± 3.75^{b}
LC_{20}	4.47 ± 0.09^{bc}	0.20 ± 0.06^{a}	4.67 ± 0.09^{bc}	14.25 ± 1.19^{a}	55.68 ± 3.58^{b}
LC_{30}	4.36 ± 0.10^{c}	0.24 ± 0.08^{a}	4.60 ± 0.09^{c}	15.70 ± 1.66^{a}	67.08 ± 3.54^{a}

* Different letters in a same column indicate significant difference (Paired bootstrap test, $P< 0.05$).

مرگ و میر دوره‌های مختلف رشدی

میزان مرگ و میر مراحل پیش از بلوغ نتاج شته جالیز در اثر غلظت‌های زیرکشنده LC_{10}، LC_{20} و LC_{30} قارچ بیمارگر *B. bassiana* و تیمار شاهد در جدول ۳ نشان داده است. همان‌گونه که اطلاعات ارائه شده در این جدول نشان می‌دهد، بیش‌ترین درصد مرگ و میر مراحل نابالغ در غلظت LC_{30} (۲۴/۲۴ درصد) و کم‌ترین آن در تیمار شاهد (۵/۸۵ درصد) ثبت شد.

در پژوهشی دیگر، اثرات قارچ‌های بیمارگر *B. bassiana* و *M. anisopliae* روی مرگ و میر مگس میوه مدیترانه *Ceratitis capitata* Wiedemann مورد مطالعه قرار گرفت و مشخص شد قارچ بیمارگر *B. bassiana* در غلظت 10^9 اسپور/میلی‌لیتر سبب افزایش مرگ و میر مگس مدیترانه تا ۶۵/۷۰ درصد شده است. هم‌چنین، قارچ بیمارگر *M. anisopliae* در غلظت 10^9 اسپور/میلی‌لیتر مرگ و میر ۸۰/۷۳ درصدی در جمعیت مگس میوه مدیترانه ایجاد کرد (Khlaywi *et al.*, 2014). بالابودن میزان مرگ و میر مراحل نابالغ شته جالیز پس از تیمار با غلظت LC_{30} قارچ بیمارگر *B. bassiana* سبب می‌شود که درصد کم‌تری از جمعیت به مرحله بلوغ برسند. از طرفی، افرادی که به مرحله بلوغ رسیده‌اند بخش بیش‌تری از انرژی خود را برای مبارزه با بیمارگر مهاجم مورد استفاده قرار داده‌اند. این مسأله می‌تواند عامل محرکی برای ماده‌های بالغ قلمداد شده و آن‌ها را وادار کندکه در جهت رفع خسارت وارده به جمعیت، تعداد پوره‌های بیش‌تری تولید نمایند. البته جهت بررسی این فرضیه انجام آزمون‌های بیش‌تر مورد نیاز می‌باشد.

جدول ۳- اثرات غلظت‌های زیرکشنده قارچ بیمارگر *Beauveria bassiana* روی مرگ و میر مراحل نابالغ (میانگین ± خطای معیار) نتاج شته جالیز *Aphis gossypii*

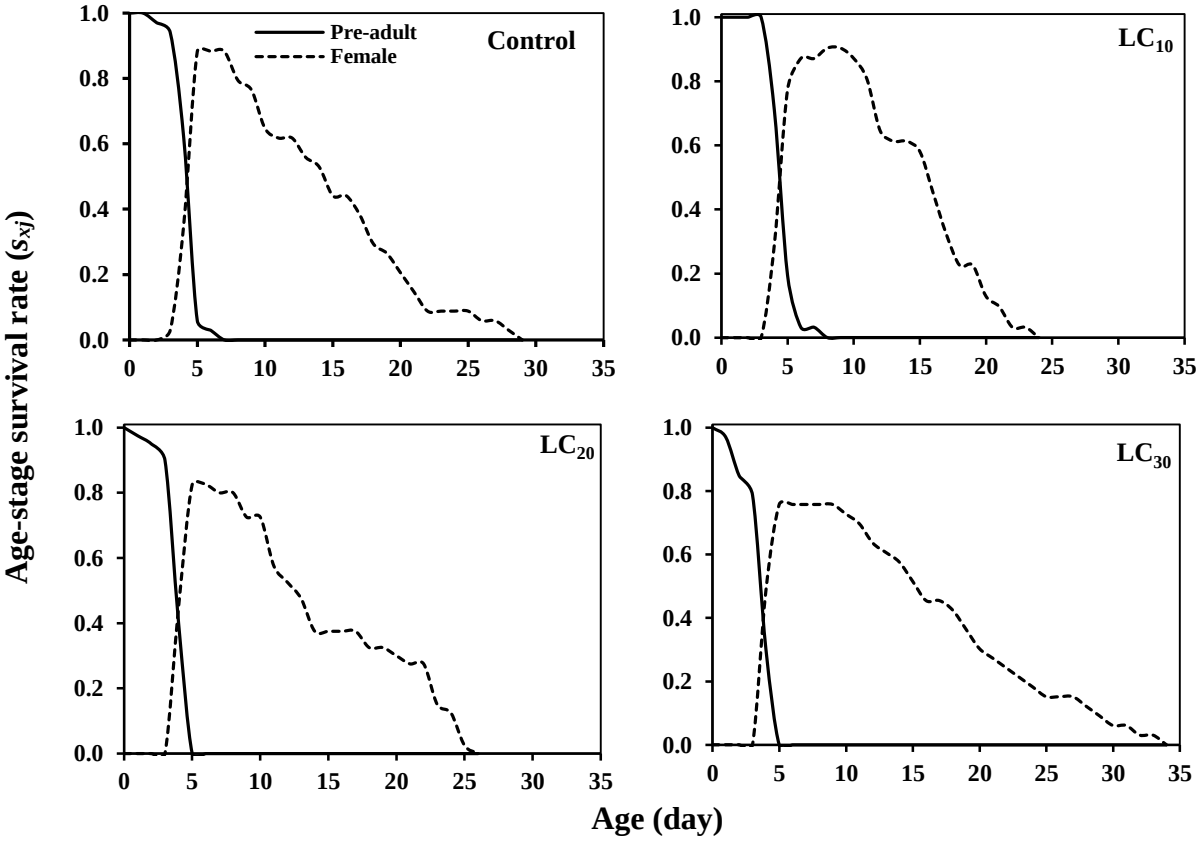
Table 3. Sublethal effects of *Beauveria bassiana* on pre-adult mortality (mean ± SE) in offsprings of *Aphis gossypii*

	Different treatments			
	Control	LC_{10}	LC_{20}	LC_{30}
Mortality (%)	5.88 ± 0.04^{b}	9.67 ± 0.05^{ab}	15.00 ± 0.05^{ab}	24.24 ± 0.07^{a}

* Different letters indicate significant differences (Paired bootstrap test, $P< 0.05$).

نرخ زنده‌مانی و باروری

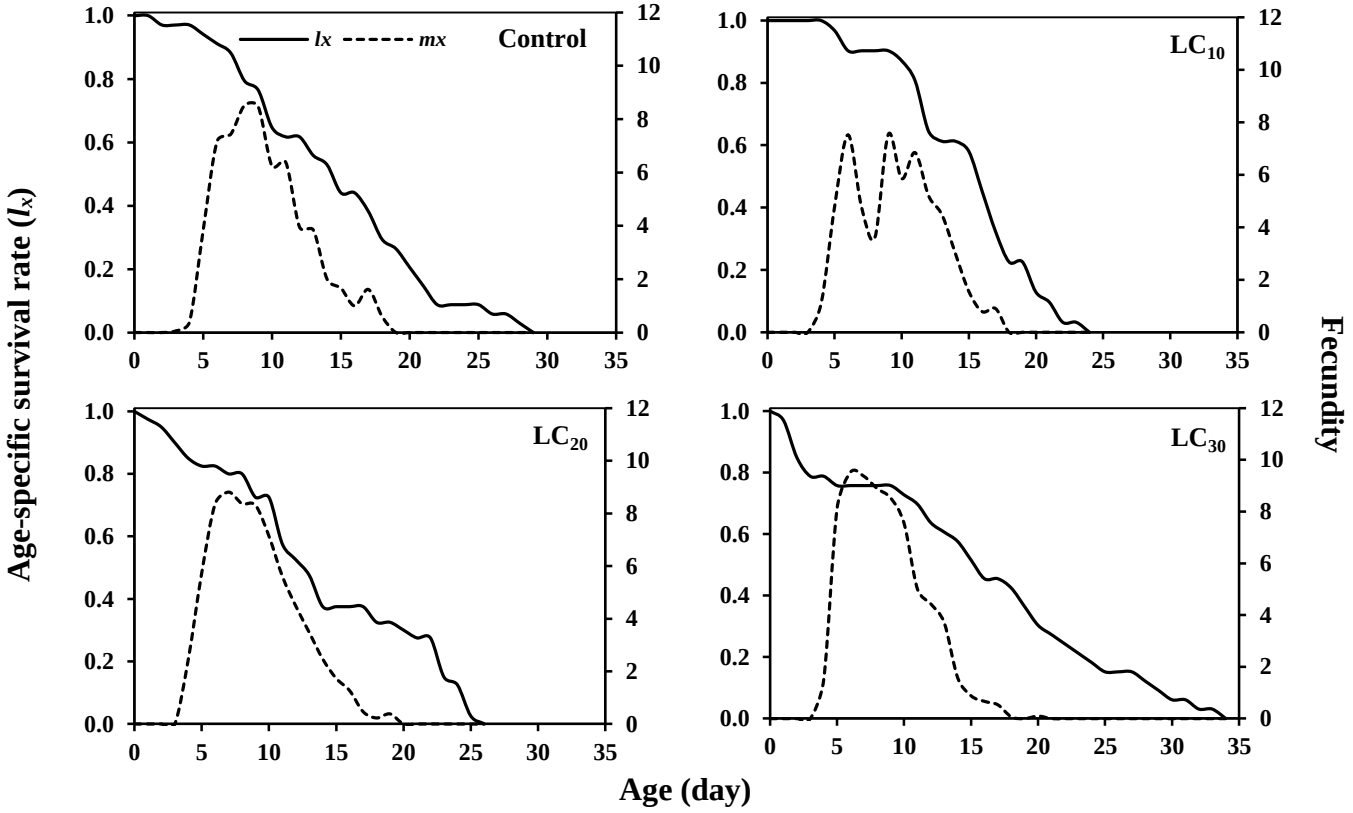
اثرات زیرکشندگی بیمارگر *B. bassiana* روی نرخ زنده‌مانی ویژه سن-مرحله رشدی نتاج حاصل از شته‌های ماده تیمار شده در شکل ۲ نشان داده شده است. همان‌گونه که در این منحنی نشان داده شده است، بیش‌ترین نرخ زنده‌مانی در هنگام ظهور شته‌های بالغ در تیمار شاهد مشاهده شد (۸۸ درصد). این مسأله هم‌سو با یافته‌های حاصل از بررسی میزان مرگ و میر مراحل مختلف رشدی این آفت می‌باشد (جدول ۳).



شکل ۲- اثرات زیرکشندگی قارچ بیمارگر *Beauveria bassiana* روی نرخ زنده‌مانی ویژه سن-مرحله رشدی (s_{xj}) نتاج شته *Aphis gossypii*

Figure 2. Sublethal effects of *Beauveria bassiana* on age-stage survival rate (s_{xj}) of offspring from treated *Aphis gossypii*

کم‌ترین مقدار این پارامتر نیز در غلظت زیرکشنده LC_{30} محاسبه شد (۷۶ درصد). منحنی نرخ زنده‌مانی ویژه سنی (l_x) که در حقیقت فرم ساده شده منحنی ارائه شده در شکل ۲ می‌باشد، در شکل ۳ نشان داده شده است. همان‌گونه که در این شکل مشاهده می‌شود، منحنی‌های زنده‌مانی ویژه سنی این آفت در تیمارهای مختلف مورد مطالعه شباهت بسیار زیادی به منحنی‌های زنده‌مانی نوع سوم که در آن بیش‌ترین میزان مرگ و میر در سنین انتهایی رشد مشاهده می‌شود، دارند. علاوه بر نرخ زنده‌مانی ویژه سنی، شکل ۳ منحنی باروری ویژه سن-مرحله رشدی این آفت را نیز نشان می‌دهد. در این نمودار نیز اثر محرک قارچ بیمارگر مورد مطالعه بر کارایی تولیدمثلی این آفت مشاهده می‌شود و بیش‌ترین میزان پوره‌زایی روزانه در غلظت زیرکشنده LC_{30} مشاهده می‌شود (۹/۵۲ پوره در روز ششم).

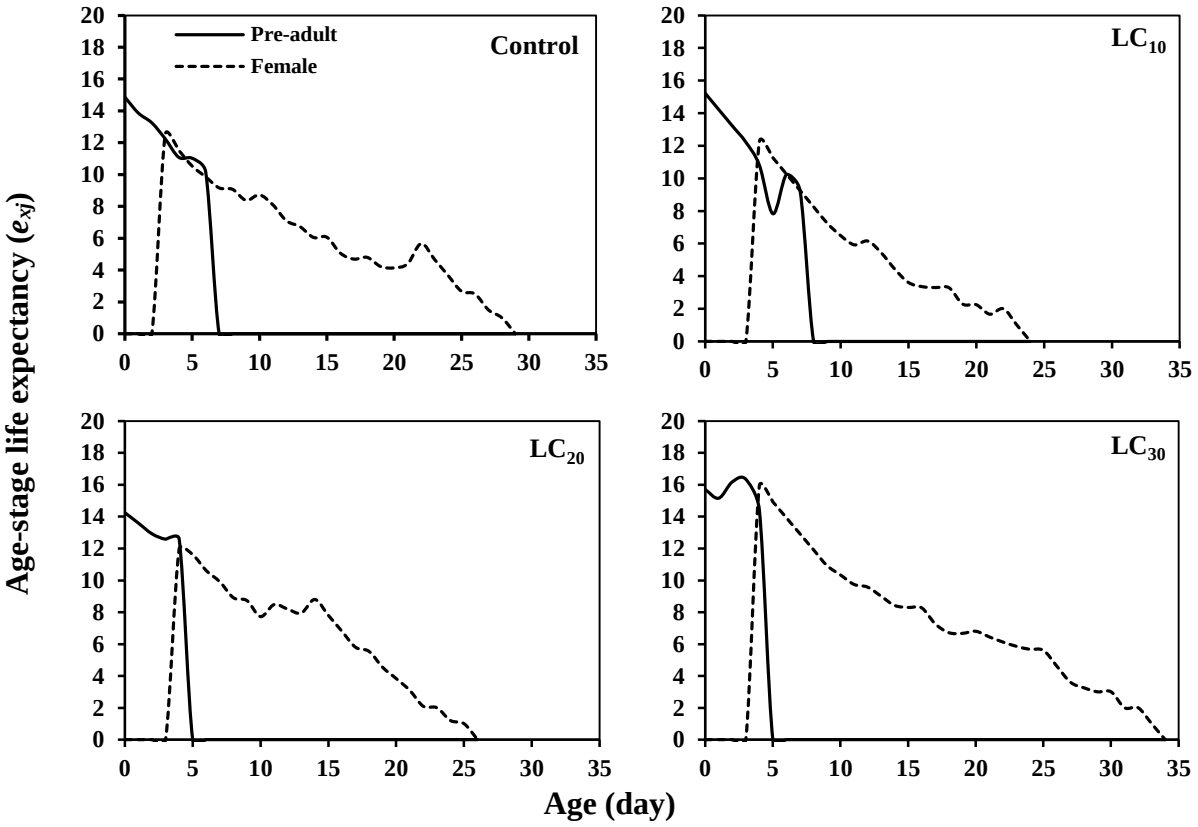


شکل ۳- اثرات زیرکشندگی قارچ بیمارگر *Beauveria bassiana* روی نرخ زنده‌مانی ویژه سنی (l_x) و باروری ویژه سن-مرحله رشدی (f_{xj}) نتاج شته *Aphis gossypii*

Figure 3. Sublethal effects of *Beauveria bassiana* on age-specific survival rate (l_x) and age-stage fecundity (f_{xj}) of offspring from treated *Aphis gossypii*

امید به زندگی

منحنی‌های امید به زندگی ویژه سن - مرحله رشدی که بیانگر مدت زمانی است که افراد در سن x و مرحله رشدی j امید است زنده بمانند، در شکل ۴ نمایش داده شده است. بر اساس اطلاعات ارائه شده در این نمودار، بیش‌ترین میزان امید به زندگی در زمان ظهور افراد ماده در نتاج حاصل از ماده‌های تیمار شده با غلظت زیرکشنده LC_{30} مشاهده شد (۱۵/۹۲ روز). باتوجه به این‌که افراد نابالغ در این تیمار مرگ و میر بیش‌تری را متحمل شدند، در نتیجه پس از عبور از این مرحله رشدی که در حقیقت مرحله حساس زندگی افراد در این تیمار به‌شمار می‌رود، میزان امید به زندگی در افراد زنده مانده افزایش یافته و به بالاترین میزان در میان تیمارهای مختلف مورد مطالعه رسیده است. همین مسأله باعث شده است که شته‌ها در این تیمار پس از عبور از مرحله حساس زندگی خود و رسیدن به بلوغ تا روز ۳۴ام زنده بمانند که بیش‌ترین طول دوره زندگی در میان تیمارهای مختلف مورد مطالعه می‌باشد. افزایش طول عمر افراد بالغ فرصت بیش‌تری را جهت پوره‌زایی در اختیار آن‌ها قرار می‌دهد و این مسأله می‌تواند دلیل دیگری برای ثبت بالاترین میزان باروری در این تیمار باشد.



شکل ۴- اثرات زیرکشندگی قارچ بیمارگر *Beauveria bassiana* روی امید به زندگی ویژه سن-مرحله رشدی (e_{xj}) نتاج شته *Aphis gossypii*

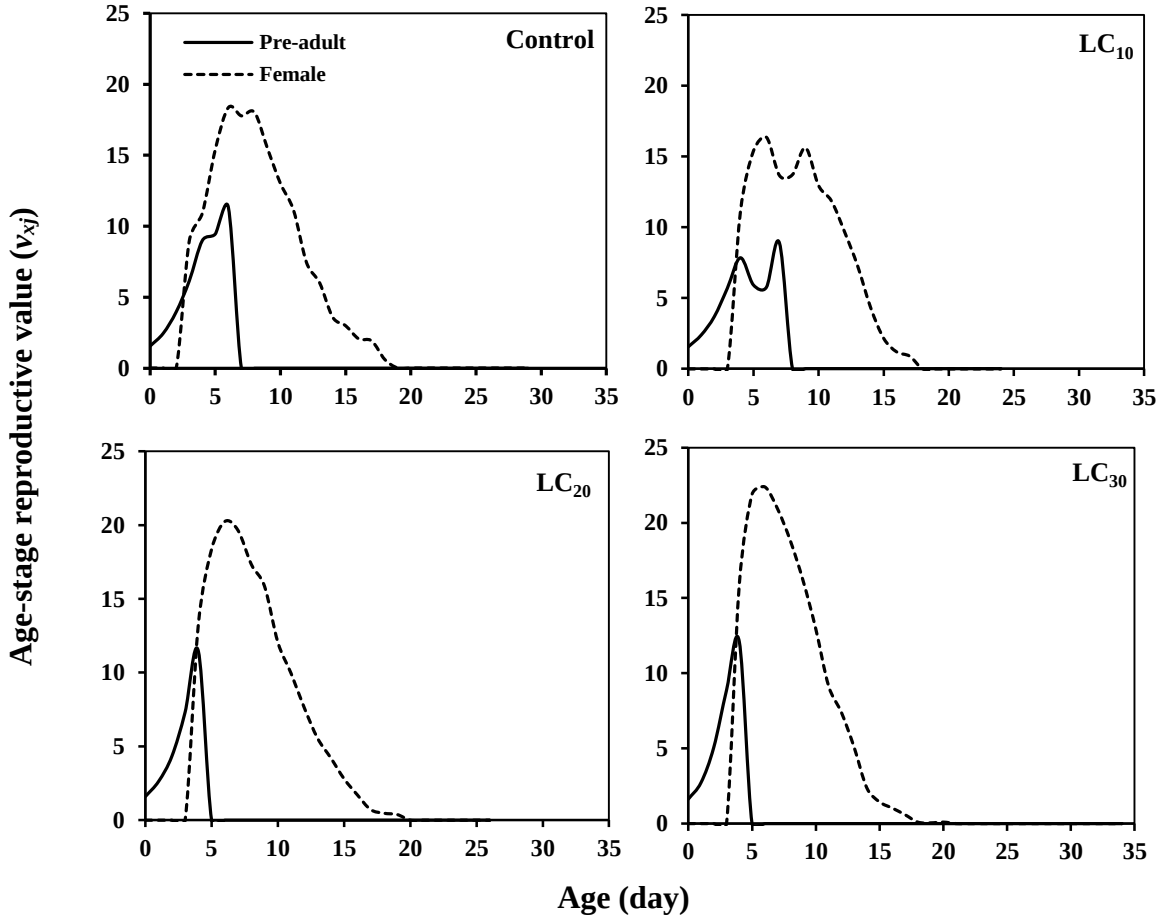
Figure 4. Sublethal effects of *Beauveria bassiana* on age-stage life expectancy (e_{xj}) of offspring in *Aphis gossypii*

ارزش تولید مثلی

نمودارهای ارزش تولید مثلی ویژه سن-مرحله رشدی که بیانگر نقش افراد در تولید جمعیت آینده می‌باشند، در شکل ۵ نمایش داده شده است. همان‌گونه که در این نمودار مشاهده می‌شود، افراد ماده بیش‌ترین مشارکت را در تولید جمعیت آینده دارا می‌باشند. مقدار عددی این پارامتر برای پوره‌های سن اول یک روزه (v_{01}) برابر با نرخ متناهی افزایش جمعیت می‌باشد (شکل ۵ و جدول ۴). علاوه بر این، میزان این مشارکت در زمان رسیدن به اوج پوره‌زایی به بیش‌ترین مقدار خود می‌رسد. با این وجود، بیش‌ترین مقدار عددی محاسبه شده برای این پارامتر در تیمار زیرکشنده LC_{30} محاسبه شد.

پارامترهای رشد جمعیت

پارامترهای رشد جمعیت که مهم‌ترین آماره‌های زیستی یک حشره را ارائه می‌نمایند، برای شته‌های تیمار شده با غلظت‌های مختلف زیرکشنده قارچ بیمارگر *B. bassiana* در جدول ۴ نشان داده شده‌اند. همان‌گونه که در این جدول مشاهده می‌شود، مقادیر محاسبه شده نرخ خالص تولید مثل (R_0) این آفت در تیمارهای مختلف مورد مطالعه از نظر آماری اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نداشتند. مغایر با این یافته‌های این بررسی، راشکی و شیروانی (Rashki and Shirvani, 2013) گزارش نمودند که با افزایش غلظت قارچ بیمارگر *B. bassiana* نرخ خالص تولید مثل شته جالیز کاهش می‌یابد. تفاوت ژنتیکی در جمعیت‌های مختلف مورد مطالعه، ایزوله‌های قارچی مورد بررسی و هم‌چنین میزبان گیاهی مورد استفاده را می‌توان به عنوان برخی از دلایل احتمالی بروز چنین اختلافاتی عنوان نمود.



شکل ۵ - اثرات زیرکشندگی قارچ بیمارگر *Beauveria bassiana* روی ارزش تولیدمثلی ویژه سن-مرحله رشدی (v_{xj}) نتاج شته *Aphis gossypii*

Figure 5. Sublethal effects of *Beauveria bassiana* on age-stage reproductive value (v_{xj}) of offspring in *Aphis gossypii*

جدول ۴- اثرات غلظت‌های زیرکشنده قارچ بیمارگر *Beauveria bassiana* روی پارامترهای جمعیتی (میانگین ± خطای معیار) نتاج شته جالیز *Aphis gossypii*

Table 4. Sublethal effects of *Beauveria bassiana* on population parameters (mean ± SE) of offspring in *Aphis gossypii*

Treatments	*GRR* (offspring/individual)	R_0 (offspring/individual)	r (day^{-1})	λ (day^{-1})	T (day)
Control	63.16±2.45^{ab}	45.97±4.27^{a}	0.450±0.011^{ab}	1.568±0.017^{ab}	8.50±0.14^{ab}
LC_{10}	55.76±2.94^{b}	44.90±4.24^{a}	0.434±0.013^{b}	1.544±0.029^{b}	8.75±0.17^{a}
LC_{20}	68.13±2.70^{a}	47.32±4.30^{a}	0.471±0.012^{a}	1.602±0.019^{a}	8.18±0.13^{bc}
LC_{30}	70.40± 3.72^{a}	50.81±5.66^{a}	0.486±0.017^{a}	1.626±0.027^{a}	8.07±0.11^{c}

* Different letters in a same column indicate significant differences (Paired bootstrap test, $P< 0.05$).

در میان پارامترهای رشد جمعیت، نرخ ذاتی افزایش جمعیت (r) مهم‌ترین پارامتر می‌باشد که عوامل متعددی نظیر طول دوره رشد و نمو مراحل نابالغ، نرخ زنده‌مانی مراحل نابالغ، پتانسیل تولیدمثلی و .... تعیین کننده مقادیر عددی آن می‌باشند. بر اساس نتایج ارائه شده در جدول ۴، غلظت‌های مختلف قارچ بیمارگر *B. bassiana* اثرات معنی‌داری بر این پارامتر جمعیتی داشتند. همان‌گونه که در مباحث پیشین بدان اشاره شد، اگرچه میزان مرگ و میر مراحل نابالغ با افزایش غلظت بیمارگر مورد مطالعه افزایش یافت، اما حشرات زنده مانده با افزایش میزان تولیدمثل توانسته‌اند خسارت وارده به جمعیت را به‌خوبی جبران نمایند. بر همین اساس، مقدار عددی این پارامتر در غلظت زیرکشنده LC_{30} بیش‌تر از سایر تیمارهای مورد مطالعه بود. اثرات معنی‌دار قارچ بیمارگر *Isaria fumosorosea* Wize روی نرخ ذاتی افزایش جمعیت سفید بالک پنبه و شب‌پره پشت الماسی در پژوهش صورت گرفته توسط هوآهنگ و همکاران (Huang *et al*., 2010) مورد تأیید قرار گرفت. در پژوهشی دیگر، راشکی و شیروانی (Rashki and Shirvani, 2013) کاهش نرخ ذاتی افزایش جمعیت شته جالیز را پس از تیمار با قارچ بیمارگر *B. bassiana* گزارش کردند. نکته‌ای که باید بدان توجه نمود آن است که برخلاف پژوهش‌های ذکر شده، در پژوهش حاضر محاسبه پارامترهای جمعیتی در نتاج افراد تیمار شده صورت پذیرفته است و بدون تردید این مسأله تأثیر به‌سزایی در مشاهده چنین اختلافاتی خواهد داشت.

در پژوهش حاضر، پارامترهای جمعیتی شته جالیز پس از مواجهه با غلظت‌های زیرکشنده قارچ بیمارگر *B. bassiana* روی گیاه خیار مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج به‌دست آمده نشان داد که تماس شته جالیز با مقادیر پایین بیمارگر مورد مطالعه نه تنها سبب اختلال در روند رشد جمعیت آن نخواهد شد، بلکه افراد تیمار شده تاحدی قادر به جبران خسارت وارد شده به جمعیت نیز می‌باشند. این مسأله موضوعی است که در استفاده از قارچ‌های بیمارگر حشرات در برنامه‌های مدیریتی آفات باید به دقت مورد توجه قرار گیرد. بدون تردید، نتایج به‌دست آمده در پژوهش حاضر کمک شایانی به استفاده پایدار از این بیمارگر در برنامه‌های مدیریتی آفات مختلف کشاورزی خواهد نمود.

سپاسگزاری

پژوهش حاضر بخشی از بررسی‌های صورت گرفته در پایان‌نامه کارشناسی ارشد نویسنده اول می‌باشد که با حمایت مالی دانشگاه یاسوج صورت پذیرفته و نویسندگان بدینوسیله مراتب قدردانی خود را اعلام می‌دارند.

References

Alizadeh-Gelsefidi, Z. 2017. Sublethal interactions of *Metarhizium anisopliae* (Asc.: Hypocreales) with parasitoid wasp *Aphidius matricariae* (Hym.: Braconidae) in management programs of *Aphis gossypii* (Hem.: Aphididae). MSc. Thesis. Yasouj University.

Blackman, R. L. and Eastop, V. F. 2000. Aphids on the world's crops: an identification and information guide. John Wiley & Sons, Ltd.

Chi, H. 1988. Life-table analysis incorporating both sexes and variable development rates among individuals. **Environmental Entomology** 17: 26-34.

Chi, H. 2016. TWOSEX-MSChart: a computer program for the age-stage, two-sex life table analysis. (http://140.120.197.173/Ecology/Download/TwosexMSChart.zip) (Accessed 25 April 2016).

Ekesi, S. and Maniania, N. K. 2000. Susceptibility of *Megalurothrips sjostedti* developmental stages to *Metarhizium anisopliae* and the effects of infection on feeding, adult fecundity, egg fertility and longevity. **Entomologia Experimentalis et Applicata** 94 (3): 229-236.

Erb, S. L., Bourchier, R. S., van Frankenhuyzen, K. and Smith, S. M. 2001. Sublethal effects of *Bacillus thuringiensis* Berliner subsp. kurstaki on *Lymantria dispar* (Lepidoptera: Lymantriidae) and the Tachinid parasitoid *Compsilura concinnata* (Diptera: Tachinidae). **Environmental Entomology** 30: 1174-1181.

Fazeli-Dinan, M., Talaei-Hassanloui, R. and Allahyari, H. 2016. Host preference of *Encarsia formosa* (Hym.: Aphelinidae) towards untreated and *Lecanicillium longisporum*-treated *Trialeurodes vaporariorum* (Hem.: Aleyrodidae). **Journal of Asia-Pacific Entomology** 19: 1145-1150.

Fournier, V. and Brodeur, J. 2000. Dose-response susceptibility of pest aphids and their control on hydroponically grown lettuce with the entomopathogenic fungus *Verticillium lecanii*, azadirachtin, and insecticidal soap. **Environmental Entomology** 29 (3): 568-578.

Hajek, A. E. 2004. Natural enemies: an introduction to biological control. Cambridge University Press.

Huang, Zh., Ali, Sh., Ren, Sh. X. and Wu, J. H. 2010. Effect of *Isaria fumosoroseus* on mortality and fecundity of *Bemisia tabaci* and *Plutella xylostella*. **Insect Science** 17 (2): 140-148.

Islam, M. T. and Omar, D. B. 2012. Combined effect of *Beauveria bassiana* with neem on virulence of insect in case of two application approaches. **Journal of Animal and Plant Science** 22 (1): 77-82.

Kaur, S., Kaur, H. P., Kaur, K. and Kaur, A. 2011. Effect of different concentrations of *Beauveria bassiana* on development and reproductive potential of *Spodoptera litura* (Fabricius). **Journal of Biopesticides** 4 (2): 161-168.

Khlaywi, S. A., Khudhair, M. W., Alrubeai, H. F., Shbar, A. K. and Hadi, S. A. 2014. Efficacy of *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* to control Mediterranean fruit fly *Ceratitis capitata*. **International Journal of Entomological Research** 2 (3): 169-173.

Kim, J. J. 2007. Influence of *Lecanicillium attenuatum* on the development and reproduction of the cotton aphid *Aphis gossypii*. **BioControl** 52 (6): 789-799.

Lopez, D. C., Zhu-Salzman, K., Julissa Ek-Ramos, M. and Sword, G. A. 2014. The entomopathogenic fungal endophytes *Purpureocillium lilacinum* (formerly *Paecilomyces lilacinus*) and *Beauveria bassiana* negatively affect cotton aphid reproduction under both greenhouse and field conditions. **PlosOne** 9 (8): 1-8.

Patil, S. J. and Patel, B. R. 2013. Evaluation of different synthetic and botanical insecticide against aphid, *Aphis gossypii* Glover infesting isabgol crop. **Bioscan** 82 (2): 705-707.

Pinto, Z. V., Rezende, J. A. M., Yuki, V. A., Piedade, S. M. S. 2008. Ability of *Aphis gossypii* and *Myzus persicae* to transmit Cucumber mosaic virus in single and mixed infection with two Potyviruses to Zucchini Squash. **Summa Phytopathol** 34 (2): 183-185.

Quesada-Moraga, E., Ruiz-García, A. and Santiago-Alvarez, C. 2006. Laboratory evaluation of entomopathogenic fungi *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* against puparia and adults of *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae). **Journal of Economic Entomology** 99 (6): 1955-1966.

Rahsepar, A., Haghani, M., Sedaratian-Jahromi, A., Ghane-Jahromi, M. and Farrar, N. 2016. Different cucumber (*Cucumis cativus*) varieties could affects biological performance of cotton

aphid *Aphis gossypii* Glover (Hemiptera: Aphididae) a case study at laboratory condition. **Entomofauna** 37 (21): 353-364.

Rashki, M. and Shirvani, A. 2013. The effect of entomopathogenic fungus, *Beauveria bassiana* on life table parameters and behavioural response of *Aphis gossypii*. **Bulletin of Insectology** 66 (1): 85-91.

Razmjou, J., Mohammadi, M. and Hassanpour, M. 2011. Effect of vermicompost and cucumber cultivar on population growth attributes of the melon aphid (Hemiptera: Aphididae). **Journal of Economic Entomology** 104 (4): 1379-1383.

Sedaratian, A., Fathipour, Y., Talaei-Hassanloui, R. and Jurat-Fuentes, J. L. 2013. Fitness costs of sublethal exposure to *Bacillus thuringiensis* in *Helicoverpa armigera*: a carryover study on offspring. **Journal of Applied Entomology** 137: 540-549.

Seyed-Talebi, S. F., Kheradmand, K., Talaei-Hassanloui, R. and Talebi-Jahromi, Kh. 2012. Sublethal effects of *Beauveria bassiana* on life table parameters of two–spotted spider mite, *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). **Biocontrol Science and Technology** 22 (3): 293-303.

Takalloozadeh, H. M. 2010. Effects of host plants and various temperatures on population growth parameters of *Aphis gossypii* Glover (Hom.: Aphididae). **Middle East Journal of Scientific Research** 6 (1): 25-30.

Van, H. V., Suk, I. H. and Keun, K. 2007. Selection of entomopathogenic fungi for aphid control. **Journal of Bioscience and Bioengineering** 104 (6): 498- 505.

Xia, J. Y., van der Werf, W. and Rabbinge, R. 1999. Influence of temperature on bionomics of cotton aphid, *Aphis gossypii*, on cotton. **Entomologia Experimentalis et Applicata** 90 (1): 25-35.

Zaki, F. N. 1998. Efficiency of the entomopathogenic fungus, *Beauveria bassiana* against *Aphis crassivora* Koch and *Bemesia tabaci* Gennandius. **Journal of Applied Entomology** 122 (1-5): 397-399.

Zhang, T., Reitz, S. R., Wang, H. and Lei, Zh. 2015. Sublethal effects of *Beauveria bassiana* (Ascomycota: Hypocreales) on life table parameters of *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae). **Journal of Economic Entomology** 108 (3): 975-985.

Plant Pest Research
2020- 10(3): 89-104

Research paper

Population responces of *Aphis gossypii* (Hem.: Aphididae) to sublethal concentrations of *Beauveria bassiana* (Asc.: Hypocreales)

Z. Najafi-Sisakht, A. Sedaratian-Jahromi* and M. Ghane-Jahromi
Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, Yasouj University, Yasouj, Iran

(Received: September 22, 2020- Accepted: October 29, 2020)

Abstract

In the present study, sublethal effects (LC_{10} = 255, LC_{20} = 3702 and LC_{30} = 25461 conidia/ml) of entomopathogenic fungus, *Beauveria bassiana* Bals. (Vuill.) on the biological attributes of Cotton aphid, *Aphis gossypii* Glover, was evaluated under laboratory conditions (25 ± 1 °C, relative humidity of 65 ± 5% and a light period of 16 h.). Data analysis was performed using the Age-stage two sex life table theory. Based on the results obtained, although sublethal concentrations had no significant effects on the female longevity, but their effects on the fecundity of treated individuals was significant. In addition to the treated individuals, we also present data supporting that the sublethal effects could carry over to their offspring. The lowest recorded value for pre-adult development of *A. gossypii* was observed at LC_{30} (4.36 day). Furthermore, the lowest value for duration of total pre-ovipositional period (TPOP) was also recorded at this sublethal concentration (4.60 day). The highest mortality of immature stages was recorded at LC_{30} (24.24 %). Different treatments had significant effects on the intrinsic (r) and finite (λ) rates of increase. The results obtained could be helpful for increasing efficiency of entomopathogenic fungi in management programs of different pests.

Key words: Entomopathogens, Population parameter, Sublethal concentration, Integrated management, Biological control

* Corresponding author: Sedaratian@gmail.com; Sedaratian@yu.ac.ir