اثرات زیرکشندگی چند جدایه از قارچ‌های بیمارگر روی رشد، تولید مثل و شاخص‌های جدول زیستی شته‌ی مومی کلم *Brevicoryne brassicae* L. (Hemiptera: Aphididae)

سمانه اکبری[۱]، شهرام میرفخرایی[۲*]، شهرام آرمیده[۲]، محمدحسن صفرعلیزاده[۳]

۱- دانشجو دکتری حشره‌شناسی کشاورزی، گروه‌گیاه‌پزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه .
۲- استادیاران گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه.
۳- استاد گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه:
*مسئول مکاتبه: Sh.mirfakhraei@yahoo.com
تاریخ د ریافت: ۹۸/۷/۱۶ تاریخ پذیرش: ۹۸/۱۱/۲۶

چکیده

شته‌ی مومی کلم، *Brevicoryne brassicae* L. یکی از آفات مهم گیاهان تیره‌ی کلمیان می‌باشد. در دهه‌های اخیر کنترل زیستی و استفاده از قارچ‌های بیمارگر حشرات، به عنوان جایگزین یا مکمل آفت‌کش‌های شیمیایی برای کنترل شته‌ها توسعه یافته است. در مدیریت تلفیقی آفات ارزیابی تاثیرات زیرکشندگی عوامل بیمارگر نظیر قارچ‌های بیماریزا، به اندازه‌ی ایجاد مرگ و میر دارای اهمیت می‌باشد. لذا در تحقیق حاضر اثر غلظت‌های زیرکشنده‌ی LC_{25} جدایه‌های *Acremonium sclerotigenum*، *Lecanicillium muscarium*، *Beauveria bassiana*، *Paecilomyces. variotii* و *Simplicillium* sp.، روی رشد، تولید مثل و شاخص‌های جدول زیستی باروری شته‌ی مومی کلم، در شرایط آزمایشگاهی مورد بررسی قرار گرفت. بالاترین میزان کشندگی بین جدایه‌ها متعلق به *L. muscarium* با LC_{50} برابر با $۲/۵۷\times۱۰^{۳}$ کنیدی‌درمیلی‌لیتر بدست آمد. غلظت زیرکشنده‌ی قارچ‌ها در مقایسه با شاهد موجب کاهش معنی‌دار سرعت نشو و نمای پورگی، طول عمر و باروری شته گردید ($P<۰/۰۵$). نرخ ذاتی افزایش جمعیت (r_m) شته‌ی مومی کلم در غلظت زیرکشنده‌ی جدایه‌های *A. sclerotigenum*، *L. muscarium*، *B. bassiana*، *P. variotii* و *Simplicillium* sp. به ترتیب ۰/۰۰۹±۰/۲۲۵، ۰/۰۱۱±۰/۲۱۹، ۰/۰۰۸±۰/۲۴۶، ۰/۰۰۴±۰/۲۵۴و ۰/۰۰۸±۰/۲۱۵ بر روز به دست آمد که در مقایسه با شاهد (۳۳۲/۰۰۸±۰/۰ بر روز) به طور معنی‌داری کاهش نشان داد. نتایج مطالعه‌ی حاضر نشان داد با توجه به اثرات زیرکشندگی قابل توجه قارچ‌های بیمارگر *A. sclerotigenum*، *L. muscarium* و *B. bassiana*، به شرط تکرار نتایج قابل قبول در شرایط مزرعه‌ای می‌توان این عوامل را در تدوین برنامه‌های مدیریت تلفیقی این آفت مورد نظر قرار داد.

واژه‌های کلیدی: کنترل زیستی، اثر کشندگی، جدول زندگی، شته‌ی کلم.

مقدمه

شته‌ی مومی کلم *Brevicoryne* (Hemiptera: Aphididae) *brassicae* L. یکی از عوامل خسارت‌زا و آفت کلیدی گیاهان تیره‌ی کلمیان و کلزا می‌باشد (Ellis and Farrell, 1995). این شته علاوه بر خسارت مستقیم، باعث انتقال ویروس‌ها در گیاه میزبان می‌شود. عسلک تولید شده توسط این شته باعث رشد کپک‌های سیاه می‌گردد که فتوسنتز گیاه را تحت تاثیر قرار می‌دهد (Ahmad and Aslam, 2005). این آفت ناقل ۲۰ نوع ویروس بیمارگر در گیاهان مختلف است و تعدادی از ویروس‌ها مانند ویروس موزاییک گل کلم و شلغم را انتقال می‌دهد (Aslam and Ahmad, 2002). شته‌ها به رغم داشتن دشمنان طبیعی فراوان، به خاطر زاد و ولد سریع، بوسیله دشمنان طبیعی به طور کامل کنترل نمی شوند (Van Emden and Harrington, 2007). در حال حاضر روش رایج کنترل این

آفت، استفاده از سموم شیمیایی می‌باشد که علی رغم کنترل نسبی این آفت، دارای اثرات سوء نظیر باقی مانده‌ی سموم روی محصولات کشاورزی، از بین رفتن دشمنان طبیعی، مقاومت شته‌ها و آلودگی محیط زیست می باشند (Van Lenteren *et al*., 2003). بنابراین استفاده از جایگزین‌های کم خطر و بی‌خطر نظیر عوامل بیولوژیک مورد توصیه می‌باشد که در این میان قارچ‌های بیماریزای حشرات یکی از انتخابهای مهم در کنترل شته‌ها هستند (Butt *et al*., 2001). تاکنون بیش از ۷۵۰ گونه قارچ بیمارگر حشرات شناسایی شده که بیماریزایی آن‌ها روی گروه‌های مختلفی از حشرات شامل شته‌ها، سفید بالک‌ها، شپشک‌ها، سخت‌بال‌پوشان، بال‌پولکداران، کنه‌ها و همچنین نماتدها به اثبات رسیده است (Abedi and Dayer, 2005). قارچ‌های بیمارگر حشرات بسیار متنوع می‌باشند که مهمترین آن‌ها جنس‌های *Lecanicillium*، *Metarhizium* و *Beauveria* می‌باشد (Vega *et al*., 2009). در تحقیقی ۱۲ جدایه از قارچ بیمارگر (.*Lecanicillium* (Zimm *lecanii* در کنترل شته در شرایط دمایی ۲۵ درجه‌ی سلسیوس و رطوبت ۷۵٪ مورد ارزیابی قرار گرفتند که جدایه 41185 بالاترین بیماری‌زایی را روی هر دو شته *Myzus perisica* (Sulzer) و *Aphis gossypii* Glover داشت (Vu *et al*., 2007). اثر شش جدایه از قارچ *B. bassiana* روی شته‌ی روسی گندم بررسی و مشاهده شد که جدایه‌ی SGBB601 کمترین LC_{50} معادل (۱۰^{۵} ×۰/۵۷ کنیدی‌درمیلی لیتر) و کمترین میزان LT_{50} را در بین جدایه‌ها دارا بود (Feng *et al*, 1990). در یک تحقیق تاثیر بیماری‌زایی قارچ‌های *L. lecanii* و *B. bassiana* روی شش گونه از شته‌های غلات بررسی و LT_{50} و LC_{50} برای هر کدام مشخص گردید نتایج نشان دهنده‌ی اختلاف معنی‌دار در حساسیت به دو گونه قارچ بیمارگر در بین شته‌ها بود و قارچ *B. bassiana* باعث مرگ و میر سریع شته‌ها گردید (Feng *et al*., 1990).دریک تحقیق تاثیر جدایه‌هایی از *B. bassiana*، روی پسیل معمولی پسته در شرایط آزمایشگاهی مطالعه شد و کمترین و بیشترین غلظت و زمان کشندگی در جدایه‌های DEBI008 و DEBI007 مشاهده گردید (Alizadeh *et al*., 2006). اثر بیمارگری (SGBB601) *B. bassiana* روی شته‌ی رازک (*Phorodon humuli*) بررسی و کمترین غلظت ۵۰ درصد کشندگی معادل ۱۰^{۵}×۱/۳۷ کنیدی‌درمیلی‌لیتر و کمترین LT_{50} برابر با شش روز ثبت شد (Dorschner *et al*., 1991). قدرت بیمارگری جدایه‌های مختلف قارچ *B. bassiana* روی حشرات کامل شته‌ی روسی گندم بررسی و مشاهده شد که همه‌ی جدایه‌ها قادر به آلوده سازی این شته می‌باشند اما جدایه DEBI002 بیشترین بیماری‌زایی را نسبت به دیگر جدایه‌ها نشان داد (محمدی‌پور و همکاران، ۱۳۸۸). تاثیر غلظت‌های مختلف کنیدیوم قارچ‌های بیمارگر روی شته‌ی مومی کلم مطالعه و نتایج نشان داد با افزایش غلظت کنیدیوم و مدت زمان تماس روی حشره، میزان مرگ و میر افزایش می‌یابد (Asi *et al*., 2009). بیماری‌زایی شش جدایه شامل دو جدایه از *B. bassiana* و سه جدایه از .*Paecilomyces* sp و یک جدایه از *L. lenanii* علیه شته‌ی پنبه (*A. gossypii*) مطالعه گردید که جدایه‌ی *L. attenuatum* CS625 بالاترین میزان بیماریزایی را نسبت به شته‌ی پنبه نشان داد (Kim and Kim, 2008). در آزمایشی برای کنترل شته‌ها در باغات میوه، شدت بیماریزایی جدایه‌ی قارچی *Isaria fumosorosea* (ARSEF 3581) علیه سه گونه شته *Monellia caryella, Melanocallis caryaefolia* و *Monelliopsis pecanis* بررسی و میزان مرگ و میر برای دو شته *M. caryella* و *M. caryaefolia* حدود ۹۰ درصد و برای شته‌ی *M. pecanis* حدود ۷۰ درصد مشاهده شد (Shapiro-Ilan *et al*., 2008). اثر سه جدایه‌ی جدید و دو جدایه موجود از *M. anisopliae* و *B. bassiana* علیه شته *M. persicae*، زنبور پارازیتوئید *Encarsia formosa* و کفشدوزک شکارگر *Cryptolaemus montrouzieri* مطالعه شد که در این آزمایش صددرصد حشرات بر اثر مایه زنی قارچ کشته شدند. در این بررسی با افزایش دز قارچ، میزان مرگ و میر حشرات افزایش یافت (Ibrahim *et al*., 2011). آزمون‌های زیست سنجی که تنها یک عامل مرگ را بررسی می‌کنند به تنهایی برای ارزیابی کافی نیستند (Brattsten *et al*., 1986). در مدیریت مبارزه و تصمیم‌گیری صحیح در کنترل آفات، لازم است تا شاخص‌های رشد جمعیت، عوامل موثر بر

افزایش آن و آماره‌های تولید مثلی مشخص شوند. امروزه جدول زندگی به عنوان یک روش قابل اطمینان برای تعیین بهترین زمان کنترل آفات (Chi, 1990) و یک ابزار مهم در مطالعه جمعیت آن‌ها مورد توجه است (Sakai *et al.*, 2001). جداول زندگی باروری با برآورد آماره‌های نرخ ذاتی افزایش جمعیت (r_m)، نرخ خالص تولید مثل (R_0)، میانگین طول مدت یک نسل (T)، زمان دو برابر شدن جمعیت (DT)، و نرخ افزایش متناهی جمعیت (λ)، برای توصیف زمان رشد و نمو و نرخ بقای هر مرحله‌ی رشدی، پیش بینی اندازه‌ی جمعیت یک آفت و ساختار سنی آن در یک زمان مشخص به کار می‌روند (Ansari *et al.*, 2014). در تحقیقی تاثیر جدایه-های قارچ‌های اندوفیت *B. bassiana* و *L. lecanii* روی قدرت زنده‌مانی و تولید مثل شته‌ی *Aphis gossypii* بررسی و نتایج بدست آمده نشان داد که تماس شته با کنیدی‌های هر دو قارچ، طول مدت زمان تولید مثل شته را کاهش می‌دهد، ضمن این که قارچ‌های *B. bassiana* و *L. lecanii* کشت شده در آزمایشگاه به طور قابل توجهی مرگ‌ومیر حشرات را افزایش دادند (Gurulingappa *et al.*, 2011). همچنین تاثیر جدایه CS625 *Lecanicillium attenuatum* در رشد و تولیدمثل شته‌ی پنبه (*A. gossypii*) بررسی و نتایج معلوم کرد که افزایش غلظت اسپوری تاثیر بسزایی روی مراحل پورگی، مدت زمان سن پورگی و طول دوره‌ی قبل از بلوغ نداشته، اما تاثیر عمده روی طول عمر، طول دوره‌ی تولید مثلی و باروری بوده است (Kim, 2007). در این مطالعه مقادیر LC_{50} و LT_{50} جدایه‌های قارچی *A. sclerotigenum*، *L. muscarium*، *B. bassiana*، *P. variotii* و *Simplicillium* sp.، روی شته‌ی مومی کلم تعیین و اثر غلظت زیر کشنده (LC_{25}) جدایه‌های قارچی روی فراسنجه‌های جدول زیستی باروری مورد ارزیابی قرار گرفت.

مواد و روش

پرورش گیاه میزبان و آفت

گیاه کلم پیچ سفید (*Brassica oleracea* var. *capitata*) جهت پرورش شته‌ی مومی کلم به تعداد ۴۰ گلدان در شرایط گلخانه ۲±۲۵ درجه‌ی سلسیوس و رطوبت نسبی ۱۰±۶۰ درصد و دوره‌ی روشنایی ۱۶:۸ (تاریکی: روشنایی) ساعت کشت شد. حشرات طی بازدیدهای مداوم از مزارع کلم منطقه نازلو ارومیه جمع آوری و به آزمایشگاه گروه گیاه‌پزشکی دانشکده کشاورزی دانشگاه ارومیه منتقل و بعد از شناسایی در سطح گونه (رضوانی، ۱۳۸۱) روی گیاهان رهاسازی و در سه نسل پرورش داده شدند.

تهیه و کشت قارچ

برای انجام آزمایش‌ها از جدایه‌های قارچ بیمارگر حشرات *Acremonium sclerotigenum* FCCUU490، *Lecanicillium muscarium* FCCUU420، *Beauveria bassiana* FCCUU438، *Paecilomyces variotii* FCCUU425 و *Simplicillium* sp. FCCUU478 استفاده شد. برای کشت جدایه‌ها و بدست آوردن کنیدی به منظور آلوده‌سازی شته-ها از محیط کشت (SDA) استفاده گردید. بعد از کشت قارچ روی محیط کشت ذکر شده، ظروف پتری به مدت دو هفته در انکوباتور با دمای ۲±۲۵ درجه‌ی سلسیوس و در تاریکی قرار گرفتند تا کنیدی‌زایی قارچ به اندازه کافی انجام گیرد.

تهیه‌ی غلظت‌های مورد نظر قارچ

جهت تهیه‌ی غلظت‌های مختلف از جدایه‌های مورد آزمایش، ابتدا محیط‌های کشت حاوی قارچ که کنیدی‌زایی آن‌ها به حد کافی انجام شده بود، انتخاب شد و اسپورها توسط اسکالپل استریل از سطح محیط کشت خراش داده شده و به داخل لوله‌های آزمایش حاوی آب مقطر استریل به همراه ۰/۰۵ درصد توئین-۸۰ منتقل و به صورت سوسپانسیون درآمدند. سپس از چند لایه پارچه ململ عبور داده شدند تا میسلیوم‌ها و قطعات محیط کشت حذف شوند. برای تعیین تراکم کنیدی بعد از رقت سازی سریالی[2] از لام گلبول شمار استفاده گردید و غلظت‌های مورد نظر اسپوری با افزودن مقدار مشخص آب مقطر استریل به داخل سوسپانسیون اصلی تهیه شد. جوانه‌زنی اسپورها با پخش

[1]. Sabouraud's Dextrose Agar

[2]. Serial Dilution

کمترین غلظت سریالی از سوسپانسیون روی محیط کشت SDA و نگهداری ظروف پتری در انکوباتور با دمای ۲۵ درجه‌ی سلسیوس بعد از گذشت ۲۴ ساعت تعیین شد. کنیدی‌هایی که طول لوله‌ی تندش از عرض آن بیشتر بود، به عنوان جوانه زده محسوب گردیدند. پس از انجام آزمایشات مقدماتی و تعیین غلظت‌های 10^4 ، 10^5 ، 10^6، 10^7 و 10^8 کنیدی‌درمیلی‌لیتر، آزمون زیست‌سنجی انجام شد.

آزمایش‌های زیست‌سنجی

برای ارزیابی میزان بیماریزایی جدایه‌های قارچی از روش زیست‌سنجی غوطه‌ورسازی استفاده گردید. برای این منظور، پس از انجام آزمایش‌های مقدماتی و تهیه‌ی غلظت-های مورد نظر کنیدی، ۶۰ عدد حشره بالغ مورد آزمایش به طور هم‌زمان به مدت ۱۰ ثانیه در ۱۰ میلی‌لیتر از سوسپانسیون کنیدی غوطه‌ور شدند، برای تیمار شاهد در شرایط یکسان و با ۱۰ میلی‌لیتر آب مقطر استریل همراه با ۰/۰۵ درصد توئین−۸۰ استفاده شد. حشرات تیمار شده به داخل پتری‌های هشت سانتی‌متری که حاوی برگ‌های تازه-ی کلم بودند، منتقل شدند. ارزیابی آلودگی حشرات بعد از گذشت ۲۴ ساعت تا هفت روز ادامه یافت. ظروف مورد آزمایش به طور روزانه بررسی و برگ‌های تازه در اختیار حشرات قرار داده شد و حشرات مرده از سایر حشرات جدا و در درون ظروف پتری حاوی کاغذ صافی استریل خیس قرار داده شدند و مجموعه به انکوباتور با دمای ۲۵±۲ درجه‌ی سلسیوس منتقل شد، بعد از آن ظروف هر روز بررسی و در صورت مشاهده پوشش قارچی در سطح بدن حشرات به عنوان آلوده شده توسط قارچ محاسبه شدند. آزمایش‌های زیست‌سنجی در سه تکرار انجام گردید.

اثر غلظت زیرکشنده‌ی (LC_{25}) جدایه‌های قارچی روی فراسنجه‌های جدول زندگی باروری

برای برآورد اثرات زیرکشندگی قارچ‌ها روی فراسنجه-های زیستی شته‌ی مومی کلم از غلظت LC_{25} استفاده شد. در این آزمایش حشرات تازه بالغ شده‌ی شته‌ی مومی کلم به روش غوطه‌وری در سوسپانسیون تیمار شدند. در شاهد از آب مقطر سترون حاوی ۰/۰۵درصد توین _۸۰ استفاده شد. بعد از خشک شدن بدن حشرات تیمار شده (۶۰ عدد برای هر تکرار)، هر حشره به طور جداگانه توسط قلم‌مو روی برگ‌های کلم درون ظروف پتری مجزا قرار گرفت. مرگ احتمالی حشرات کامل تیمار شده به صورت روزانه ثبت و پوره‌های متولد شده شمارش و حذف گردید. این شمارش تا زمان مرگ آخرین حشره کامل ادامه داشت. آزمایش سه بار تکرار شد. طول دوره‌ی پوره زایی، تولید مثل روزانه، تعداد کل پوره‌ها به ازای هر فرد ماده و فراسنجه‌های نرخ خالص تولید مثل (R_0)، نرخ ذاتی افزایش جمعیت (r_m)، نرخ متناهی افزایش جمعیت (λ) و مدت زمان یک نسل(T) محاسبه شدند. برای بررسی مراحل نابالغ پوره-های حاصل از حشرات بالغ تیمار شده به محیطی سالم منتقل شد و روزانه تا آخرین روز زندگی مورد بررسی قرار گرفت. و دوره‌ی تخمگذاری، میزان باروری و طول عمر (S_x، L_xm_x، e_x و V_x) آن‌ها ثبت گردید. فراسنجه‌های جدول زندگی طبق فرمول‌های زیر محاسبه شد (Chi 1988). نرخ بقاء ویژه‌ی مرحله‌ی سنی (S_{xj}) احتمال بقاء یک پوره تازه متولد شده تا سن x و مرحله j را نشان می‌دهد.

L_x: نسبت سرانه مدت زمان زنده ماندن در فاصله سنی x تا $x+1$ می‌باشد که از رابطه‌ی زیر به دست می‌آید.

$$l_x = \sum_{j=1}^{k} s_{xj} \qquad [۱]$$

باروری ویژه‌ی سنی جمعیت (m_x):

$$m_x = \frac{\sum_{j=1}^{k} sxfxj}{\sum_{j=1}^{k} sxj} \qquad [۲]$$

برای محاسبه‌ی نرخ خالص رشد (R_0) از فرمول:

$$R_0 = \sum_{x=0}^{\infty} l_x m_x \qquad [۳]$$

نرخ متناهی افزایش جمعیت (λ):

$$\lambda = e^2$$

تعداد روزهایی است که یک فرد بعد از گذشتن از سن معینی زنده مانده (T) است که از رابطه‌ی زیر به دست می‌آید.

$$T = \frac{\ln R_0}{r} \qquad [۴]$$

امید زندگی (e_x): در سن x، به معنی متوسط تعداد روزهایی است که یک فرد پس از رسیدن به سن (x) معین زنده می‌ماند. برای محاسبه آن از رابطه‌ی زیر استفاده می‌شود [۵]

$$e_{xj}=\sum_{i=x}^{\infty}\sum_{y=j}^{k} S_{iy}$$

نرخ تولید مثل (v_{xj}) نیز با فرمول زیر محاسبه شد. [۶]

$$v_{xj}=\frac{e^{r(x+1)}}{S_{xj}}\sum_{i=x}^{\infty} e^{-r(i+1)}\sum_{y=j}^{k} s_{iy}f_{iy}$$

تجزیه و تحلیل آماری

جهت محاسبه کشندگی، تعداد حشرات مرده در ظروف تیمار و شاهد شمارش و درصد مرگ و میر طبق فرمول آبوت اصلاح شد. داده‌های به دست آمده در نرم افزار SPSS (V. 20) تجزیه پروبیت گردید. جهت تجزیه واریانس و مقایسه میانگین تأثیر غلظت‌های مختلف قارچ از تجزیه واریانس یک طرفه[1] و آزمون توکی در سطح آماری پنج درصد استفاده شد، همچنین از روش چی و برنامه TWO SEX - MS Chart به منظور تعیین پارامترهای جدول زندگی استفاده شد (Chi, 2018). میانگین و خطای معیار فراسنجه‌های رشد جمعیت بر اساس Bootstrap (با ده هزار تکرار) محاسبه شد.

نتایج

آزمون بیمارگری جدایه‌های قارچی

تجزیه واریانس مرگ و میر تجمعی حشرات کامل شته‌ی مومی کلم با غلظت‌های 10^4، 10^5، 10^6، 10^7 و 10^8 توسط پنج جدایه *L. muscarium*، *A. sclerotigenum*، *B. bassiana*، *P. variotii* و *Simplicillium* sp. بعد از هفت روز در جدول ۱ ارائه شده است. نتایج نشان داد که درصد مرگ و میر توسط جدایه‌ها در غلظت‌های فوق دارای اختلاف معنی‌دار هستند (به‌ترتیب $F_{5، 12}=44/64$؛ $P<0/0001$، $F_{5، 12}=21/56$؛ $P<0/0001$، $F_{5، 12}=39/69$؛ $P<0/0001$، $F_{5، 12}=56/96$؛ $P<0/0001$ و $F_{5، 12}=45/76$؛ $P<0/0001$). با توجه به نتایج، جدایه‌های *L. muscarium*، *A. sclerotigenum* و *B. bassiana* نسبت به سایر جدایه‌های مورد آزمایش در تمام غلظت‌ها به طور معنی‌داری زهرآگینی بیشتری داشته اند.

تعیین پنجاه درصد کشندگی (LC_{50}) جدایه‌های قارچ

شاخص LC_{50} جدایه‌های قارچی روی حشرات بالغ شته‌ی مومی کلم هفت روز بعد از تیمار در جدول ۲ نشان داده شده است. بالاترین میزان کشندگی بین جدایه‌های قارچی با توجه به شاخص LC_{50} معادل $2/57\times10^3$ کنیدی در میلی‌لیتر متعلق به *L. muscarium* می‌باشد.

مدت زمان تلفات ۵۰ درصد (LT_{50}) جمعیت شته‌ی بالغ

مدت زمان لازم برای تلفات ۵۰ درصدی از جمعیت شته‌ی بالغ مورد آزمایش در پنج غلظت نشان داد که زمان کشندگی مربوط به جدایه *A. sclerotigenum* و *L. muscarium* به‌ترتیب ۰/۲۸ و ۱/۳۲ روز در غلظت 10^8 و ۱/۱۸ و ۱/۸۴ روز در غلظت 10^7 و۱/۵۶ و ۲/۷۸ روز در غلظت 10^6 می‌باشد (جدول ۳). این نتایج حاکی از زهرآگینی بالای جدایه قارچی *A. sclerotigenum* می‌باشد. نرخ مرگ رابطه‌ی مستقیمی با غلظت کنیدی داشت. همچنین سرعت مرگ نیز رابطه‌ی مستقیمی با شدت زهرآگینی هر جدایه داشت.

اثرات زیر کشندگی (LC_{25}) جدایه قارچ‌ها روی پارامترهای زیستی

طول دوره‌ی رشدی مراحل نابالغ

اثر تیمار جدایه‌های *A. sclerotigenum* و *B. bassiana*، *P. variotii*، *Simplicillium* sp.، *L. muscarium* روی طول دوره‌ی مراحل نابالغ شته در جدول ۴ ارایه شده است. بر اساس نتایج، جدایه‌ها نشوونمای مراحل نابالغ را به طور معنی‌داری تحت تاثیر قرار دادند. طولانی‌ترین و کوتاه‌ترین طول دوره‌ی نابالغ (پوره سن اول تا ظهور حشره کامل) به ترتیب مربوط به قارچ *Simplicillium* sp. و شاهد می‌باشد.

[1] . One way ANOVA

جدول ۱. مقایسه میانگین درصد مرگ و میر شته‌ی مومی کلم، *Brevicoryne brassicae* در غلظت‌های مختلف جدایه‌های *A. sclerotigenum, B. bassiana, P. variotii, Simplicillium* sp., *L. muscarium*

Table 1. Mean comparison of mortality on adult cabbage aphid by different concentrations of fungal isolates *A. sclerotigenum, B. bassiana, P. variotii, Simplicillium* sp., *L. muscarium*

Concentrations (conidia/ml) غلظت‌ها (کنیدی در میلی‌لیتر)	Percentage of mortality (Mean ± SE) مرگ و میر حشرات بالغ(میانگین±انحراف معیار)					
	L. muscarium	*A. sclerotigenum*	*B. bassiana*	*Simplicillium* sp.	*P. variotii*	Control
10^4	73.3±1.15a	60.0±0.01b	66.7±1.15a	36.7±0.57c	20.0±0.03c	13.3±1.01c
10^5	83.3±0.33a	76.7±0.57a	80.5±1.03a	53.3±0.57b	31.4±1.01c	20.0±0.03c
10^6	93.3±1.15a	86.7±1.15a	94.3±0.57a	63.2±1.01b	43.3±0.57b	9.7±0.03c
10^7	95.7±0.33a	95.3±0.33a	94.7±0.33a	61.0±0.33b	46.7±0.88b	12.2±0.03c
10^8	98.5±0.01a	97.2±0.01a	96.4±0.01a	71.2±3.32b	63.3±0.33b	7.3±0.33c

حروف غیر مشابه در هر ردیف نشان‌دهنده‌ی وجود اختلاف آماری معنی‌دار می‌باشد (آزمون توکی، $P<0.05$).

The means followed by different letters in the same row are significantly different (Tukey's test, $P<0.05$).

جدول ۲- تجزیه پروبیت حاصل از تاثیر غلظت‌های مختلف جدایه‌های قارچی روی حشرات بالغ شته‌ی مومی کلم بعد از هفت روز

Table 2. Probit analysis by different concentrations of fungal isolates on adult cabbage aphids after 7 days

Isolates (جدایه‌ها)	Number تعداد	Slope±SE شیب خط	Intercept+5 عرض از مبدا	χ^2(df) کای اسکور	P احتمال	LC_{25} (CLs**) * غلظت ۲۵٪ کشندگی	LC_{50} (CLs) * غلظت ۵۰٪ کشندگی	LC_{90} (CLs) * غلظت ۹۰ ٪ کشندگی
A. sclerotigenum	60	0.59±0.14	2.973	1.053(3)	0.788	1.9×10^2 ($0.5\text{-}1.8\times10^3$)	2.7×10^3 ($7.5\times10^1\text{-}1.2\times10^4$)	1.6×10^6 ($4.3\times10^5\text{-}3.4\times10^7$)
B. bassiana	60	0.70±0.17	2.496	1.909(3)	0.592	4.1×10^2 ($2.4\text{-}2.6\times10^3$)	3.7×10^3 ($1.7\times10^2\text{-}1.3\times10^4$)	8.4×10^5 ($2.5\times10^5\text{-}1.5\times10^7$)
P. variotii	60	0.35±0.08	2.525	0.630(3)	0.889	1.1×10^5 ($7.02\times10^3\text{-}4.6\times10^5$)	8.1×10^6 ($2.0\times10^6\text{-}7.3\times10^7$)	3.2×10^{11} ($6.3\times10^9\text{-}5.8\times10^{15}$)
Simplicillium sp.	60	0.21±0.07	3.781	0.049(3)	0.997	3.4×10^2 ($1.4\times10^2\text{-}1.3\times10^4$)	4.7×10^5 ($1.1\times10^4\text{-}5.8\times10^6$)	2.1×10^{13} ($1.8\times10^{10}\text{-}1.0\times10^{29}$)
L. muscarium	60	0.64±0.16	2.808	0.682(3)	0.877	2.2×10^2 ($0.5\text{-}1.9\times10^3$)	2.5×10^3 ($5.9\times10^1\text{-}1.1\times10^4$)	9.3×10^5 ($2.5\times10^5\text{-}1.9\times10^7$)

*کنیدی در میلی‌لیتر**حدود اطمینان

***Conidia/ml** ** Confidence limits**

پارامترهای رشد جمعیت پایدار

مقادیر مربوط به فراسنجه‌های رشد جمعیت شته‌ی مومی کلم تیمار شده با غلظت LC_{25} جدایه‌های قارچی و شاهد در جدول ۵ نشان داده شده است. پارامترهای نرخ خالص تولید مثل(R_0) و نرخ ذاتی افزایش جمعیت (r_m) شته‌های تیمار شده اختلاف معنی‌داری با شاهد داشتند.

جدول ۳- تجزیه پروبیت جهت تعیین مدت زمان تلفات مرگ و میر ۵۰ درصد در سه غلظت 10^8، 10^7 و 10^6 از جدایه‌های قارچی.

Table 3. Probit analysis to determine LT_{50} in different times by 10^8, 10^7 and 10^6 concentrations of fungal isolates.

Concentrations (conidia/ml) غلظت‌ها (کنیدی در میلی-لیتر)	Isolates جدایه‌ها	Intercept(a)+5 عرض از مبدا	χ^2 کای اسکور	P احتمال	Slope±SE شیب خط±انحراف معیار	LT_{50} (day) (CLs) مدت زمان ۵۰٪ کشندگی (روز)
10^6	*A. sclerotigenum*	4.57	5.79	0.32	2.17±0.36	1.56 (1.06-1.99)
	B. bassiana	2.65	8.48	0.13	2.17±0.36	3.20 (2.52-3.54)
	P. variotii	2.54	5.97	0.30	2.67±0.56	8.24 (6.52-13.27)
	Simplicillium sp.	3.28	2.48	0.77	2.55±0.42	4.70 (3.97-5.76)
	L. muscarium	3.20	2.74	0.74	2.73±0. 42	2.78 (2.41-3.14)
10^7	*A. sclerotigenum*	4.84	2.18	0.82	3.09±0.37	1.18 (0.69-1.59)
	B. bassiana	2.88	5.24	0.38	4.21±0.52	3.19 (2.80-3.57)
	P. variotii	2.50	6.87	0.23	2.80±0.56	7.78 (6.28-11.76)
	Simplicillium sp.	3.29	1.23	0.94	2.73±0.42	4.27 (3.58-5.00)
	L. muscarium	3.76	0.76	0.98	4.65±0. 56	1.84 (1.31-2.33)
10^8	*A. sclerotigenum*	5.76	1.52	0.91	6.32±0.44	0.28 (0.03-0.70)
	B. bassiana	3.48	5.70	0.33	5.34±0.62	1.92 (1.66-2.16)
	P. variotii	3.41	5.31	0.37	1.81±0.40	7.40 (5.62-13.38)
	Simplicillium sp.	3.96	1.54	0.90	2.23±0.36	2.92 (2.33-3.53)
	L. muscarium	4.41	0.91	0.96	4.96±0. 75	1.32 (1.09-1.52)

جدول ۴- میانگین(انحراف معیار±) تاثیر جدایه‌های مختلف قارچی روی مراحل رشدی نابالغ شته‌ی مومی کلم.

Table 4. Mean ± Se of effect different fungal isolates on preadult stages of cabbage aphid.

Treatment تیمارها	Nymph 1 پوره سن ۱	Nymph 2 پوره سن ۲	Nymph 3 پوره سن ۳	Nymph 4 پوره سن ۴	Preadult stage مراحل نابالغ
Control	1.06±0.04d	1.72±0.11c	1.62±0.12e	1.81±0.12e	6.22±0.19d
A. sclerotigenum	1.58±0.10a	1.60±0.10d	2.15±0.13c	2.68±0.11b	7.84±0.21b
L. muscarium	1.44±0.11b	1.73±0.11c	2.16±0.16c	2.42±0.15c	7.75±0.16bc
B. bassiana	1.41±0.09b	1.69±0.09c	2.07±0.11d	2.89±0.12a	8.00±0.16a
P. variotii	1.34±0.10c	1.88±0.10b	2.06±0.12a	2.42±0.10c	7.71±0.12c
Simplicillium sp.	1.56±0.13a	1.97±0.06a	2.33±0.10b	2.25±0.12d	8.07±0.15a
P value	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
F(5, 12)	386.23	153.36	784.17	2187.29	623.30

*حروف غیر مشابه در هر ستون نشان‌دهنده‌ی وجود اختلاف آماری معنی‌دار می‌باشد (آزمون توکی، $P<0.05$).

* The means followed by different letters in the same column are significantly different (Tukey's test, $P<0.05$).

تاثیر جدایه‌ها روی بقای ویژه سنی (l_x) و باروری ویژه سنی (m_x)

نرخ بقای ویژه سنی (l_x)، باروری ویژه سنی (m_x) و زادآوری ویژه سنی ($l_x m_x$) در شکل ۱ نشان داده شده است. بقای ویژه سنی (l_x) و باروری ویژه سنی (m_x) تیمار شده با غلظت LC_{25} جدایه‌ها همراه با افزایش سن، کاهش یافته، همانطور که مشاهده می‌شود برای تیمارهای جدایه های *A. sclerotigenum*، *L. muscarium*، *B. bassiana*، *P. variotii* و *Simplicillium* sp. و شاهد مرگ و میر به ترتیب از روزهای ۲، ۲، ۳، ۵، ۳ و ۹ از چرخه زندگی شروع شده است.

این نمودار نشان می‌دهد که یک فرد از پوره‌ی سن یک تا مرگ در تیمارهای فوق به ترتیب تا ۲۷، ۲۶، ۲۹، ۳۳، ۲۹ و ۳۶ روز زنده مانده است. توانایی زنده ماندن در تیمار *P. variotii* بعد از شاهد با ۳۳ روز بیشترین و در تیمار *L. muscarium* با ۲۶ روز کمترین بوده است. بنابراین جدایه *L. muscarium* و *A. sclerotigenum* زنده ماندن را در شته‌ها نسبت به شاهد کاهش داده است.

جدول۵- میانگین(انحراف معیار±) فراسنجه های رشد جمعیت شته‌ی مومی کلم بعد از تیمار جدایه‌های قارچی.

Table 5. Mean ± Se of population growth parameters of cabbage aphid after treatment by fungal isolate.

Isolates جدایه‌ها	R_0 (female/female/generation) نرخ خالص تولید مثل (ماده/ماده/نسل)	r_m (female/female/day) نرخ ذاتی افزایش جمعیت (ماده/ماده/روز)	λ (female/day) نرخ متناهی افزایش جمعیت (ماده/روز)	T (days) میانگین طول مدت یک نسل (روز)	GRR (female/female/generation) نرخ ناخالص تولید مثل (ماده/ماده/نسل)
Control	**74.90±4.18a**	**0.3329±0.00a**	**1.3950±0.01a**	**12.97±0.29b**	**86.18±0.32a**
A. sclerotigenum	**21.91±2.50d**	**0.2257±0.00cd**	**1.2533±0.01b**	**13.67±0.33ab**	**42.69±3.23d**
L. muscarium	**19.10±2.43d**	**0.2190±0.01d**	**1.2448±0.01cd**	**13.47±0.34ab**	**33.36±2.13f**
B. bassiana	**31.10±3.15c**	**0.2466±0.00bc**	**1.2797±0.01bc**	**13.94±0.23b**	**47.04±1.89c**
P. variotii	**38.65±2.51b**	**0.2541±0.00b**	**1.2893±0.01bc**	**14.37±0.20a**	**50.93±2.74b**
***Simplicillium* sp.**	**20.22±2.56d**	**0.2159±0.00d**	**1.2410±0.00d**	**13.91±0.28b**	**37.38±2.19e**
P value	**0.001**	**0.001**	**0.001**	**0.015**	**0.001**
F(5, 12)	**724.80**	**138.40**	**62.18**	**4.56**	**2104.01**

***حروف غیر مشابه در هر ستون نشان‌دهنده‌ی اختلاف آماری معنی‌دار در سطح احتمال 5% است (آزمون توکی).**

*** Different letters within columns show statistically significant variations (α = 0.05, Tuckey test).**

تاثیر جدایه‌ها روی امید به زندگی(e_{xj})

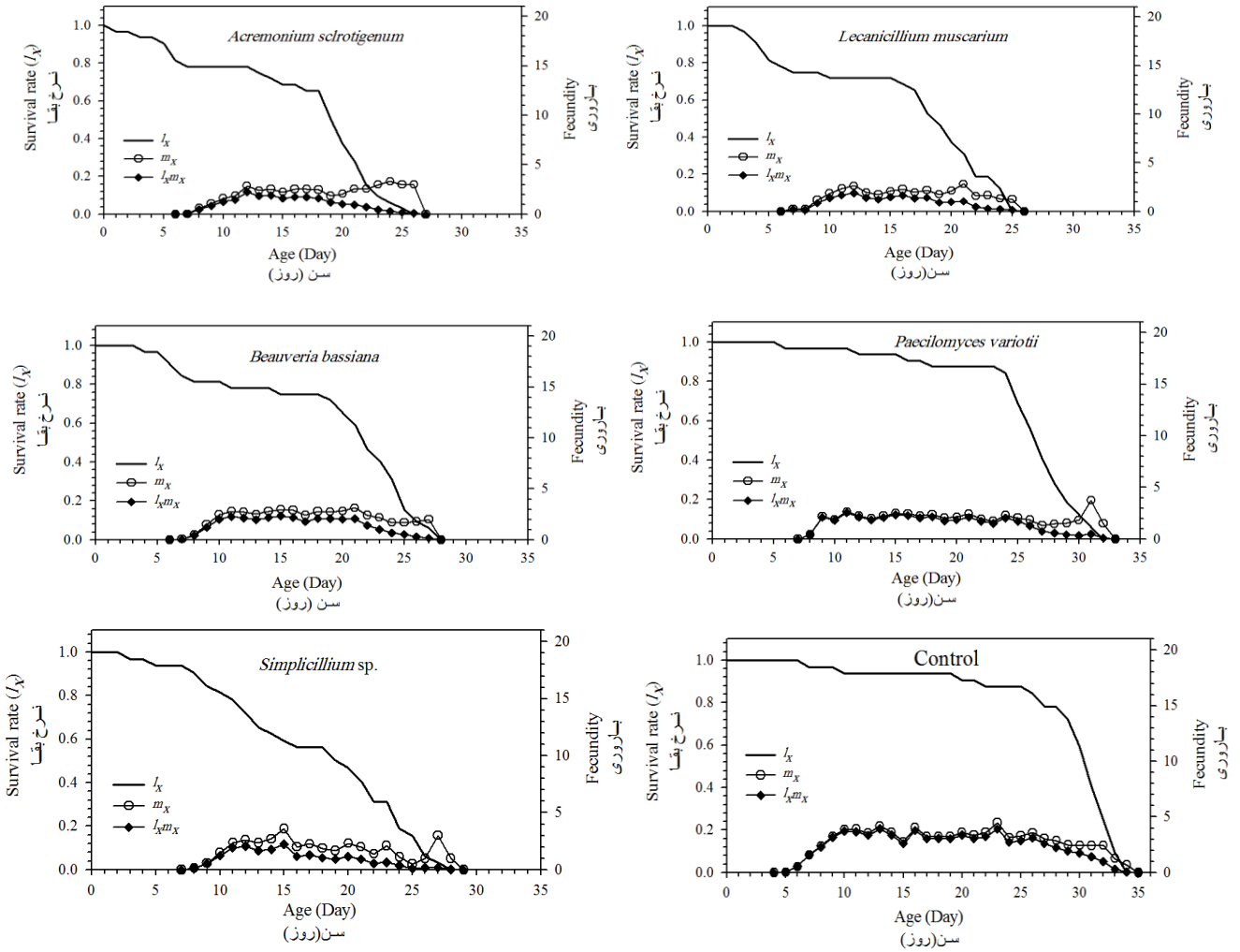
از دیگر تابع‌های جدول زندگی، امید به زندگی در سن x است. امید به زندگی هر گروه سنی(e_{xj}) شته‌ی مومی کلم زمان مورد انتظاری است که هر فرد در سن x و مرحله j زنده خواهد ماند. امید به زندگی شته‌ی مومی کلم متناسب با افزایش سن به صورت یکنواخت کاهش یافت. کوتاه‌ترین امید به زندگی در حشرات تیمار شده در جدایه‌های *A. sclerotigenum* و *L. muscarium* با ۱۴/۲۴ و ۱۴/۴۵ روز که در مقایسه با امید به زندگی در شاهد که برابر با ۲۴/۶۳ روز به دست آمده است کاهش چشمگیری داشته است (شکل ۲).

تاثیر جدایه‌ها روی نرخ بقاء ویژه‌ی مرحله‌ی سنی (S_{xj})

نرخ بقاء ویژه‌ی مرحله‌ی سنی (S_{xj}) احتمال بقاء یک پوره تازه متولد شده تا سن x و مرحله j را نشان می‌دهد. مقدار نرخ بقاء ویژه سنی (S_{xj}) شته در شکل ۳ نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می‌شود بالاترین نرخ بقاء مرحله سن ۱ پورگی در تیمار *P. variotii*، معادل ۰/۹ روز می‌باشد که نشان می‌دهد این جدایه باعث طولانی شدن مراحل نابالغ می‌شود. بیشترین نرخ بقاء حشرات کامل ماده در تیمار جدایه‌های *A. sclerotigenum*، *L. muscarium*، *B. bassiana*، *P. variotii* و *Simplicillium* sp. و شاهد به ترتیب برابر با ۰/۷۸، ۰/۷۵، ۰/۸۱، ۰/۹۶، ۰/۸۱ و ۰/۹۶ روز به دست آمد.

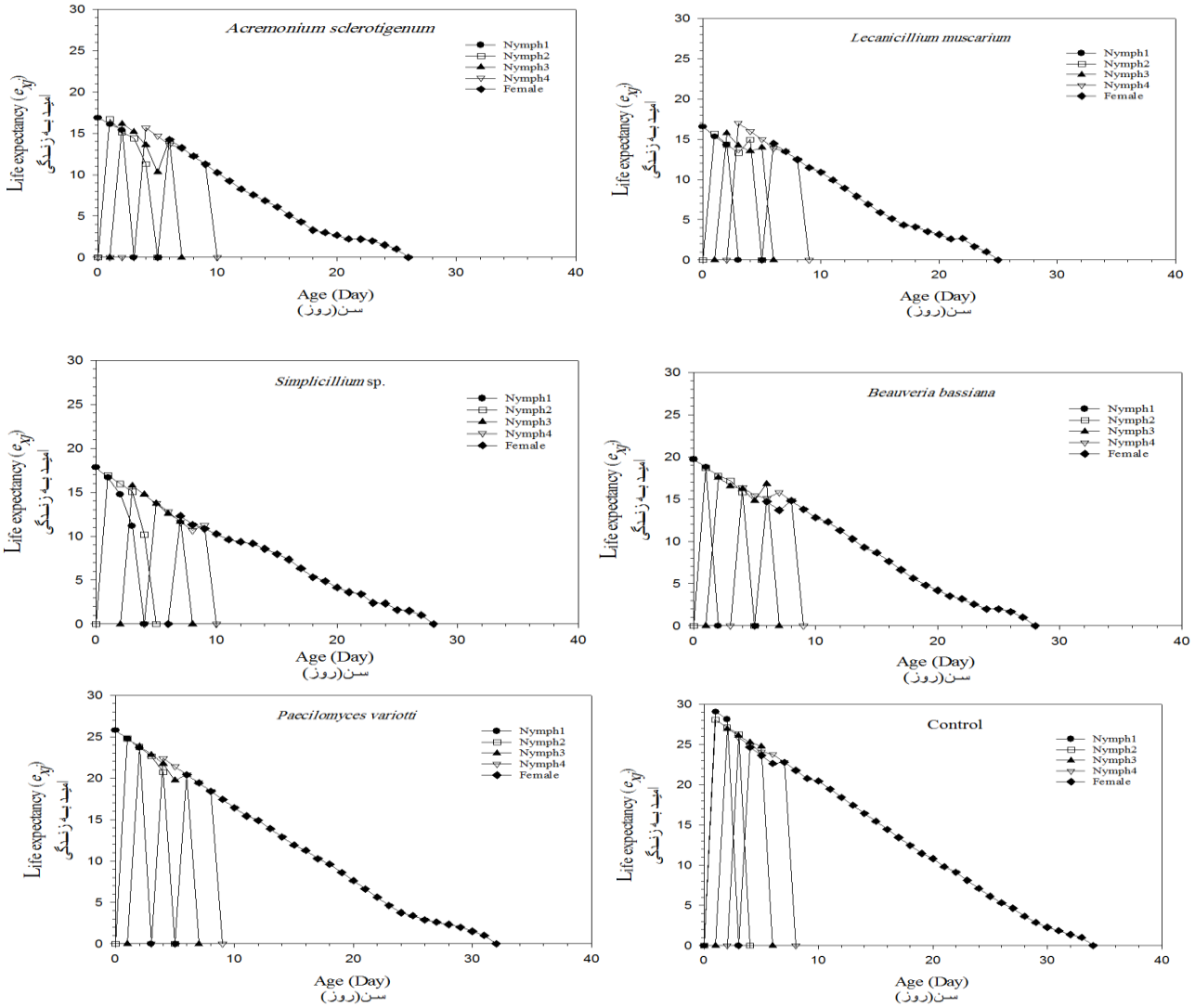
بحث

در بین عوامل کنترل زیستی، قارچ‌های بیمارگر از اهمیت ویژه ای برخوردار هستند. این عوامل با نفوذ مستقیم از کوتیکول میزبان موجب آلودگی در آفت هدف نظیر شته‌ها می‌شوند (St. Leger *et al.*, 1999). در مدیریت آفات، لازم است تا شاخصهای رشد جمعیت، عوامل مؤثر بر افزایش آن و آماره‌های تولیدمثلی مشخص شوند و جدول زندگی به عنوان یک روش موثر در این زمینه پیشنهاد می‌گردد (Sakai



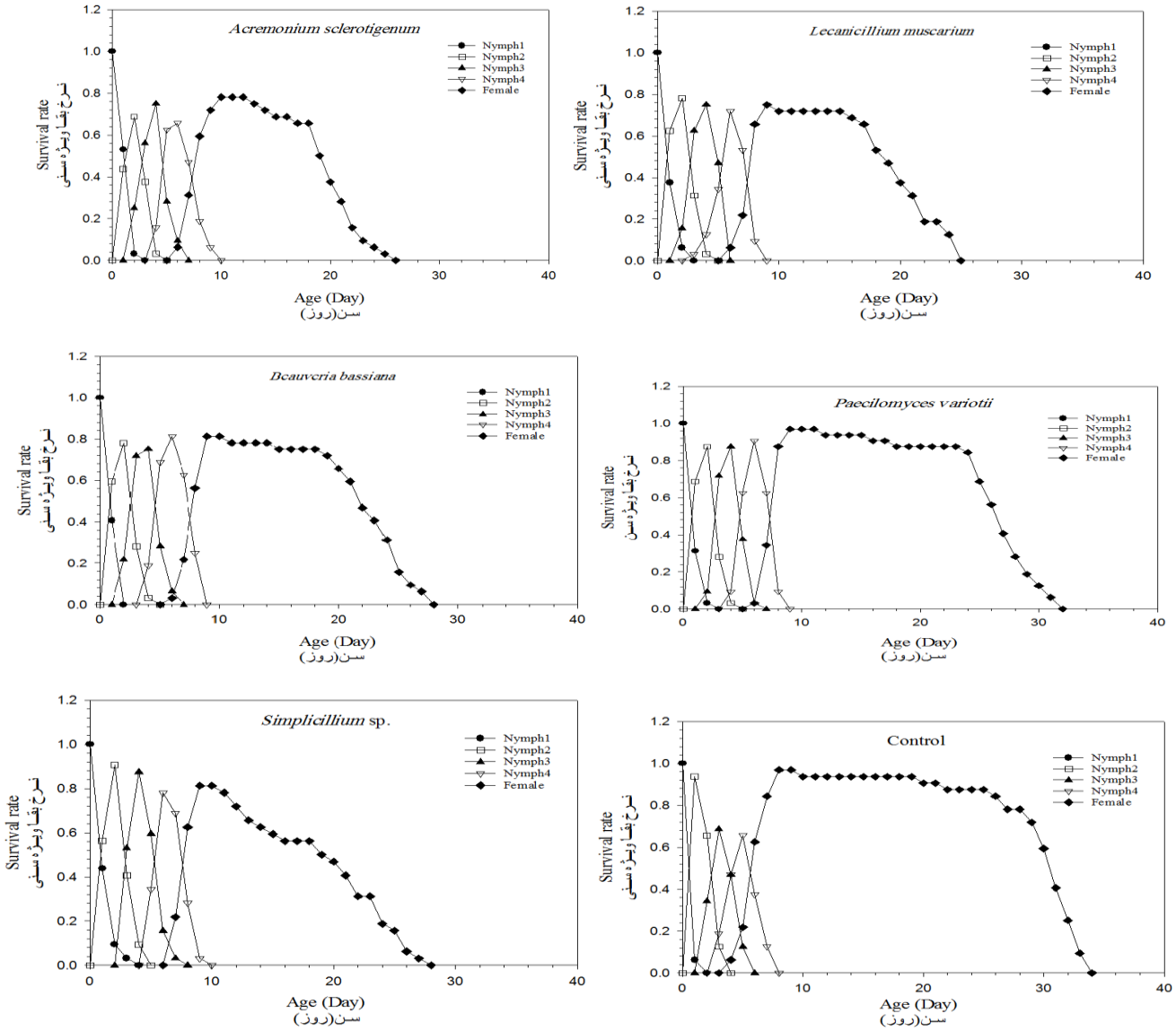
شکل ۱-نرخ بقاء (l_x) و باروری (m_x) ویژه‌ی سنی شته‌ی مومی کلم تیمار شده با غلظت LC_{25} جدایه‌های *A. sclerotigenum، L. muscarium، B. bassiana، P. variotii، Simplicillium* sp. و شاهد.

Figure 1. Age-specific survival (l_x) and fertility (m_x) of cabbage aphid in treated with LC_{25} concentration of *A. sclerotigenum, L. muscarium, B. bassiana, P. variotii, Simplicillium* sp. and control.



شکل۲- نمودار امید به زندگی شته‌ی مومی کلم (e_x) تیمار شده با غلظت LC_{25} جدایه‌های *A. sclerotigenum*، *L. muscarium*، *B. bassiana*، *P. variotii*، *Simplicillium* sp. و شاهد.

Figure 2. Age-stage life expectancy (e_{xj}) of cabbage aphid in treated with LC_{25} concentration of the fungus, *A. sclerotigenum*, *L. muscarium*, *B. bassiana*, *P. variotii*, *Simplicillium* sp. and control.



شکل ۳- نرخ بقاء ویژه‌ی سن (S_{xj}) شته‌ی مومی کلم تیمار شده با غلظت LC_{25} جدایه‌های *A. sclerotigenum* ،*L. muscarium* ،*B. bassiana* ،*P. variotii* ،*Simplicillium* sp. و شاهد.

Figure 3. Age-stage survival rate (s_{xj}) of cabbage aphid in treated with LC_{25} concentration of the fungus, *A. sclerotigenum*, *L. muscarium*, *B. bassiana*, *P. variotii*, *Simplicillium* sp. and control.

al et., 2001). در این مطالعه، قدرت بیمارگری جدایه‌های قارچی *A. sclerotigenum*، *L. muscarium*، *B. bassiana*، *P. variotii* و *Simplicillium* sp. روی حشرات کامل شته‌ی مومی کلم بررسی شد. بالاترین میزان کشندگی بین جدایه‌های قارچی متعلق به *L. muscarium* با LC_{50} برابر با ۲/۵۷×۱۰^{۳} کنیدی در میلی‌لیتر مشاهده شد. نتایج نشان داد نرخ افزایش مرگ و میر رابطه‌ی مستقیم با غلظت کنیدی ایزوله‌ها دارد. فنگ و همکاران (Feng *et al*., 1990) تاثیر بیماری‌زایی قارچ‌های *Lecanicillium lecanii* و *B. bassiana* روی شش گونه از شته‌های غلات را با میزان LT_{50} و LC_{50} مشخص کردند که نتایج نشان دهنده‌ی اختلاف معنی دار در حساسیت به دو قارچ بیمارگر می‌باشد. قارچ *B. bassiana* موجب مرگ و

میر سریع‌تر در شته‌ها شد که با نتایج تحقیق حاضر مبنی بر بیمارگری بالا در قارچ *B. bassiana* مطابقت دارد. در تحقیقی ۱۲ جدایه از قارچ بیمارگر *L. lecanii* برای کنترل شته در شرایط دمایی ۲۵ درجه‌ی سلسیوس و رطوبت نسبی ۷۵٪ مورد ارزیابی قرار گرفتند که جدایه 41185 بالاترین بیماری‌زایی برای هر دو شته‌ی *Myzus persicae* و *Aphis gossypii* را نشان داد. میزان LT_{50} این جدایه با افزایش غلظت کنیدی کاهش یافته است (Vu *et al*., 2007)، که با نتایج این بررسی مبنی بر حساسیت شته‌ها به قارچ‌های بیمارگر مطابقت داشته و LT_{50} جدایه‌ها نیز با افزایش غلظت کنیدی کاهش یافت. علیزاده و همکاران (2006) تاثیر جدایه‌های قارچ *B. bassiana*، روی پسیل پسته در شرایط آزمایشگاهی مورد مطالعه قرار دادند کمترین و بیشترین غلظت و زمان کشندگی در جدایه‌های DEBI008 و DEBI007 بدست آمد که با نتایج تحقیق حاضر مبنی بر خاصیت حشره کشی قارچ *B. bassiana* مطابقت دارد. در بررسی آلودگی طبیعی شته‌های غلات به قارچ‌های بیمارگر حشرات، جدایه SGBB8601 از قارچ *B. bassiana* بیماری‌زایی نسبتاً بالایی روی شته‌های غلات از جمله شته‌ی روسی گندم نشان داد (Feng *et al*., 1990)، که با نتایج تحقیق حاضر مبنی بر خاصیت حشره کشی قارچ *B. bassiana* روی شته‌ها مطابقت دارد. اثر بیمارگری *B. bassiana* (SGBB601) روی شته رازک (*Phorodon humuli*) بررسی و کمترین غلظت کشندگی ۵۰ درصد را $۱/۳۷\times۱۰^{۵}$ کنیدی در میلی‌لیتر و کمترین LT_{50} معادل شش روز به دست آوردند (Dorschner *et al*., 1991)، در این مطالعه نیز LC_{50} جدایه‌ی *B. bassiana* معادل $۳/۷\times۱۰^{۳}$ کنیدی در میلی‌لیتر و کمترین LT_{50} در غلظت $۱۰^{۸}$ معادل ۱/۹۲ روز بدست آمد. محمدی پور و همکاران (2009) قدرت بیمارگری جدایه‌های مختلف قارچ *B. bassiana* روی حشرات کامل شته‌ی روسی گندم بررسی و مشاهده کردند که همه‌ی جدایه‌ها قادر به آلوده‌سازی شته هستند اما جدایه DEBI002 بیشترین بیماری‌زایی را نسبت به دیگر جدایه‌ها نشان داد. کمترین زمان ۵۰ درصد مرگ و میر مربوط به این جدایه در غلظت $۱۰^{۶}$ کنیدی در میلی لیتر معادل ۲/۸ روز بود. در تحقیق حاضر LT_{50} جدایه‌ی قارچ *B. bassiana* در غلظت $۱۰^{۶}$ کنیدی در میلی لیتر ۲/۱۷ روز محاسبه شد که بسیار نزدیک به تحقیق فوق می‌باشد. در بررسی تاثیر جدایه‌های قارچ‌های اندوفیت *B. bassiana* و *L. lecanii* روی قدرت زنده مانی و تولیدمثل شته *Aphis gossypii* نتایج نشان داد که تماس شته با کنیدی‌های هر دو قارچ، طول مدت زمان تولیدمثل شته را کاهش می‌دهد، ضمن این که قارچ‌های *B. bassiana* و *L. lecanii* کشت شده در آزمایشگاه به طور قابل توجهی مرگ و میر حشرات را افزایش دادند (Gurulingappa *et al*., 2011). در تحقیق حاضر نیز با دو جدایه فوق نتایج مشابه به‌دست آمد. آزمایش بیماری‌زایی شش جدایه شامل دو جدایه از *B. bassiana* و سه جدایه از *Paecilomyces* spp. و یک جدایه از *L. lenanii* بر علیه شته‌ی پنبه (*A. gossypii*) بررسی کردند که جدایه *L. attenuatum* CS625 بالاترین میزان بیماریزایی را نسبت به شته‌ی پنبه نشان داد (Kim and Kim, 2008). در تحقیق حاضر نیز جدایه *L. muscarium* با کمترین LC_{50} بالاترین بیماری‌زایی را در بین جدایه‌ها داشت. در برنامه‌های کنترل میکروبی آفت تنها اثرات مستقیم کشنده بیمارگر موفقیت را کنترل نمی‌کند بلکه اثرات زیرکشندگی بیمارگر نیز در انبوهی و مدیریت تلفیقی جمعیت حشره میزبان حائز اهمیت است (Latifian *et al*. 2010). در آزمایشی تاثیر جدایه *Lecanicillium attenuatum* CS625 در رشد و تولیدمثل شته‌ی پنبه (*A. gossypii*) بررسی شد، نتایج نشان داد افزایش غلظت اسپور تاثیر بسزایی روی مراحل پورگی، مدت زمان سن پورگی و طول دوره‌ی قبل از بلوغ نداشت، اما روی مدت معین زندگی، طول دوره‌ی تولیدمثلی و باروری موثر بوده و نرخ خالص تولید مثل از ۵۹ پوره در شاهد به ۲۱/۷، ۳۳/۴ و ۴۹/۳ پوره در غلظت‌های $۱۰^{۸}$، $۱۰^{۶}$ و $۱۰^{۴}$ کاهش یافت که نشان دهنده‌ی کاهش باروری کل در شته‌های آلوده نسبت به شته‌های شاهد است (Kim, 2007). در تحقیق حاضر جدایه‌ی *L. muscarium* باعث کاهش طول عمر، طول دوره‌ی تولید مثلی و باروری شد و نرخ خالص تولید مثلی را در غلظت LC_{25} از ۷۴/۹۰ پوره در شاهد به ۱۹/۱۰ پوره کاهش داد. مطالعات انجام شده در ارتباط با

اثرات غلظت‌های زیرکشنده‌ی قارچ‌های بیمارگر بر توانایی تولید مثل حشرات میزبان بسیار اندک بوده است. قناسی و همکاران (۲۰۱۰) گزارش نمودند که قارچ *L. lecanii* مقدار R_0 را در شته معمولی گندم *Schizaphis graminum* Zimm. در مقایسه با تیمار شاهد به طور معنی‌داری کاهش می‌دهد، در تحقیق حاضر نیز مقدار R_0 در شته‌های تیمار شده با غلظت زیرکشنده جدایه‌های قارچی به صورت معنی‌داری کاهش یافت. نتایج غلظت‌های زیرکشندگی قارچ *L. longisporum* نشان داد تاثیر معنی‌داری روی رشد، تولید مثل و شاخص-های جدول زیستی باروری شته *Sipha maydis* در مقایسه با شاهد دارد (فدایی وطن و همکاران، ۱۳۹۴). همچنین غلظت زیرکشندگی جدایه DEMI001 از قارچ *M. anisopliae* اثر معنی داری در کاهش قدرت تولید مثل شته *B. brassicae* نشان داد و نرخ خالص افزایش جمعیت (R_0) و نرخ ذاتی افزایش جمعیت (r_m) برای شته‌های تیمار شده با غلظت LC_{30} جدایه مذکور معادل ۲۶/۹۸ و ۰/۲۸ برآورد شد که اختلاف آماری معنی‌داری با شاهد داشتند. در تحقیق حاضر نیز نرخ ذاتی افزایش جمعیت (r_m) شته‌ی مومی کلم در غلظت زیر کشنده‌ی جدایه‌های *A. sclerotigenum*، *L. muscarium*، *B. bassiana*، *P. variotii* و *Simplicillium* sp. به ترتیب معادل ۰/۲۲، ۰/۲۱، ۰/۲۴، ۰/۲۵ و ۰/۲۱ ماده/ماده/روز به دست آمد که در مقایسه با شاهد (۰/۳۳ ماده/ماده/روز) به طور معنی‌داری کاهش نشان داد. به صورت مشابه گزارش شده است که *B. bassiana* مقدار R_0 را به صورت معنی‌داری در سفید بالک پنبه کاهش داده است (Torrado *et al*., 2006). محققین دریافتند که جدایه DEBI001 قارچ *B. bassiana* به طور معنی‌داری پارامترهای جدول زندگی را تحت تاثیر قرار می‌دهد و با افزایش غظت کنیدی مقادیر l_x و m_x کاهش می-یابد(Rashki and Shirvani, 2013; Emami *et al*., 2016). که با نتایج این تحقیق همسو می‌باشد.

با توجه به نقش موثر زمان در بحث بیمارگری قارچ‌های بیمارگر، هر چه مقدار LT_{50} کمتر باشد، آن جدایه از نظر اقتصادی و مبارزه زیستی اهمیت بیشتری دارد، در این مطالعه جدایه *A. sclertigenum* و *L. muscarium* با LT_{50} به ترتیب، ۰/۲۸ و ۱/۱۸ روز در غلظت 10^8 کنیدی در میلی لیتر و ۰/۳۹ و ۱/۵۶ روز در غلظت 10^7 کنیدی در میلی لیتر اثر بهتری نشان دادند بنابراین می‌توان پس از انجام بررسی-های تکمیلی از این جدایه‌ها در برنامه کنترل زیستی شته‌ی مومی کلم استفاده کرد.

سپاسگزاری

این تحقیق با حمایت مالی دانشگاه ارومیه در قالب پایان نامه دکتری انجام شده است که بدینوسیله از مسئولین محترم دانشگاه تشکر و قدردانی میگردد.

منابع

رضوانی، ع. ۱۳۸۱. کلید شناسایی شته‌های ایران. سازمان تحقیقاتی آموزش و ترویج کشاورزی. ۳۱۶ ص.

فدایی وطن، ص.، مروج، غ و کریمی، ج. ۱۳۹۴. غلظت‌های کشنده قارچ بیمارگر *Lecanicillium langisporum* روی رشد و تولید مثل و شاخص‌های جدول زیستی باروزی شته جو *Sipha maydis*. سومین همایش ملی کنترل بیولوژیک در کشاورزی و منابع طبیعی. دانشگاه فردوسی مشهد، دانشکده کشاورزی.

محمدی‌پور، ع.، بغدادی، ا.، غزوی، م.، میر کریمی، ا و نیک پور، ن. ۱۳۸۸. تا ثیر جدایه‌های ایرانی قارچ *B. bassiana* روی شته روسی گندم (Homoptera: Aphididae) *Diuraphis noxia* (Mordvilk) در شرایط آزمایشگاهی. مجله کشاورزی. دوره ۱۱، شماره ۱، صفحات ۱۱۵-۱۲۷

Abedi A, and Dayer MS, 2005. Evaluation of the effect of the fungus *Metarhizium anisopliae*, as a biological control agent, on German cockroaches *Blattella germanica*. Modares Journal of Medical Sciences: Pathobiology 8(1): 31-36.

Ahmad M, and Aslam M, 2005. Resistance of cabbage aphid, *Brevicoryne brassicae* (Linnaeus) to endosulfan, organophosphates and synthetic pyrethroids. Pakistan Journal of Zoology 37(4): 293-295.

Alizadeh A, Kharrazi Pakdel A, Talebi- Jahromi KH and Samih M, 2006. The effect of some *Beauveria bassiana* isolates on common pistachio psylla *Agonoscena pistaciae*. Proceedings of the 17th Iranian Plant Protection Congress. Tehran. Page 6.

Ansari A, Gheibi M and Hesami Sh, 2014. Effects of Azadirachtin on reproductive parameters of rose aphid, *Macrosiphum rosae* (Hemiptera: Aphididae) in the laboratory conditions. Plant Protection Journal 6(3): 225-240. (In Persian)

Asi MR, Bashir, MH, Afzal, M and Imran S, 2009. Effect of conidial concentration of entomopathogenic fungi on mortality of cabbage aphid, *Brevicoryne brassicae* L. Pakistan Journal of Life and Social Sciences 2: 175-180.

Aslam M and Ahmad M, 2002. Effectiveness of some insecticides against cabbage aphid, *Brevicoryne brassicae* (Linnaeus) (Homoptera: Aphididae). Journal of Research Science 13(2): 145-150.

Brattsten L B, Holyoke C W, Leeper J R and Raffa K F, 1986. Insecticide resistance: Challenge to pest management and basic research. Science 231: 1255-1260.

Butt T M, Jackson C and Magan N. 2001, Fungi as biocontrol agents: Progress problems and potential, CABI.

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

Chi H, 1990. Timing of control based on the stage structure of pest populations: stimulation approach. Journal of Economic Entomology 83: 1143-1150.

Chi H, 2018. TWOSEX-MS Chart: a computer program for the age–stage, two-sex life table analysis. http://140.120.197.173/Ecology/Download/ TWOSEX-MSChart.rar

Dorschner KW, Feng M and Baird CR, 1991. Virulence of an aphid derived isolate of *Beauveria bassiana* (Fungi: Hyphomycetes) to the hop aphid, *Phorodon humuli* (Homoptera: Aphididae). Environmental Entomology 20: 690–693.

Ellis PR and Farrell JA, 1995. Resistance to cabbage aphid (*Brevicoryne brassicae* L.) in six *Brassica* accessions in New Zeland. Journal of Crop and Horticultural Science 23: 25-29.

Emami S, Safavi S A and Gusta Y, 2016. Lethal and sublethal effects of *Metarhizium anisoplinae* on fertility life table parameters of *Brevicoryne brassicae* in laboratory conditions. Biological Control of Pests and Plant Diseases 5(2): 261-268

Feng M, Johnson JB and Kish LP, 1990. Virulence of *Verticillium lecanii* and an aphid derived isolate of *Beauveria bassiana* (Fungi: Hyphomycetes) for six species of cereal infesting aphids (Homoptera: Aphididae). Environmental Entomology 19: 815-820.

Ganassi S, Grazioso P, Moretti A and Sabatini MA, 2010. Effects of the fungus Lecanicillium *lecanii* on survival and reproduction of the aphid *Schizaphis graminum*. Biocontrol 55 (2): 299–312.

Gurulingappa P, McGee PA and Sword G, 2011. Endophytic *Lecanicillium lecanii* and *Beauveria bassiana* the survival and fecundity of *Aphis gossypii* following contact with conidia and secondary metabolites. Crop Protection 30: 349-353.

Ibrahim L, Hamieh A, Ghanem H and Ibrahim SK, 2011. Pathogenicity of Entomopathogenic fungi from Lebanese soils against aphid, whitefly and non-target beneficial insects. International Journal of Agriculture Sciences 3(3): 156-164.

Kim JJ and Kim KC, 2008. Selection of a highly virulent isolate of *Lecanicillium attenuatum* against cotton aphid. Journal of Asia-Pacific Entomology 11: 1-4.

Kim JJ, 2007. Influence of *Lecanicillium attenuatum* on the development and reproduction of the cotton aphid, *Aphis gossypii*. Biocontrol 52: 789-799.

Latifian M, Soleymannejadian E, Ghazavi M, Mosadegh MS and Hayati J, 2010. Effects of sublethal concentrations of fungus *Beauveria bassiana* on the reproductive potentials of saw-toothed beetle *Oryzaephilus surinamensis* on commercial date cultivars. Plant Protection Journal 2(4): 297-310. (In Persian)

Mohammadipour A, Baghdadi A, Ghazavi M, MirKarimi A and Nikpour N, 2009. Efficacy of Iranian isolate of *Beauveria bassiana* against Russian wheat aphid *Diuraphis noxia* (Mordvilko) (Homoptera: Aphididae) on the laboratory conditions. Journal of Agriculture 11(1): 11-127. (In Persian).

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.

Rostami N, Maroufpoor M, A Sadeghi, M Mansour Ghazi and R Atlıhan. 2018. Demographic characteristics and population projection of *Phytonemus pallidus* fragariae reared on different strawberry cultivars. Experimental and Applied Acarology 76(4): 473-486.

Sakai AK, Allendorf FW, Lodge DM, Molofsky KA, Baughman S, Cabin RJ and Cohen JE, Ellstrand NC, 2001. The population biology of invasive species. Annual Review of Ecological System 32: 305-332.

Shapiro-Ilan DI, Cottrel TE, Jackson MA and Wood BW, 2008. Virulence of hypocreals fungi to pecan aphids (Hemiptera: Aphididae) in the laboratory. Journal of Invertebrate Pathology 99: 312-317.

SPSS, 2013. IBM SPSS Statistics for Windows, Version 22.0. Armonk, NY: IBM Corp.

St. Leger RJ, Goettel MS, Roberts DW and Staples RC, 1991. Prepenetration events during infection of host cuticle by *Metarhizium anisopliae*. Journal of Invertebrate Pathology 58: 168-179.

Torrado-Leon E, Montoya-Lerma J and Valencia-Pizo E, 2006. Sublethal effects of *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin (Deuteromycotina: Hyphomycetes) on the whitefly *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae) under laboratory conditions. Mycopathologia 162: 411-419.

Van Emden HF and Harrington R, 2007. Aphids as Crop Pests, CAB International. Wallingford/Oxford, UK, pp. 153–186.

Van Lenteren J, Babendreier D, Bigler F, Burgio G, Hokkanen H, Kuske S, Loomans A, Menzler-Hokkanen I, Van Rijn P and Thomas M, 2003. Environmental risk assessment of exotic natural enemies used in inundative biological control. BioControl 48(1): 3-38.

Vega FE, Goettel MS, Blackwell M, Chandler D, Jackson MA, Keller S, Koike M, Maniania NK, Monzon A and Ownley BH, 2009. Fungal entomopathogens: new insights on their ecology. Fungal Ecology 2(4): 149-159.

Vu VH, Hong SI and Kim K, 2007. Selection of entomopathogenic fungi for aphid control. Journal of Bioscience and Bioengineering 104(6): 498-505.

Sublethal Effects of Some Entomopathogenic Fungi Isolates on Growth, Reproduction and Life Table Parameters of *Brevicoryne brassicae* L. (Hemiptera: Aphididae)

S Akbari[1], Sh Mirfakhraie*[2], Sh Aramideh[3] and M H Safaralizadeh[4]

[1]Ph.D. Student, Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran.
[2]Assistant Professors, Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran.
[3]Professor, Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran.
*Corresponding author: Sh.mirfakhraei@yahoo.coms
Received: 8 October 2019 Accepted: 15 February 2020

Abstract

The cabbage aphid(CA), *Brevicoryne brassicae* L. (Hem.: Aphididae) is an important pest of brassicaceae family plants. In recent decades, biological control and use of entomopathogenic fungi (EPF) have been developed as an alternative or supplement of chemical pesticides to control aphids. Evaluation of the sublethal effects of pathogenic agents, such as EPF, is as important as mortality itself. Therefore, in this study, sublethal (LC_{25}) effects of EPFs, *Acremonium sclerotigenum*, *Lecanicillium muscarium*, *Beauveria bassiana*, *Paecilomyces variotii* and *Simplicillium* sp., were studied on development, reproduction and life table parameters of the cabbage aphid under laboratory conditions. Among the tested isolates, the highest LC_{50} value was 2.57×10^3 conidia ml^{-1} in *L. muscarium*. The fungal treatment significantly (P<0. 05) reduced developmental rate, life span and fecundity of CA in comparison with control. The r_m values in treatments of *A. sclerotigenum*, *L. muscarium*, *B. bassiana*, *P. variotii* and *Simplicillium* sp., were 0.225±0.009, 0.219±0.011, 0.246±0.008, 0.254±0.004 and 0.215±0.008 day^{-1}, respectively, which were significantly reduced in comparison with control (0.332±0.008 day^{-1}). Results of peresent study showed that, *A. sclerotigenum*, *L. muscarium* and *B. bassiana* had greats effect on fertility, longevity, and life table parameters od CA and can be used as an effective microbial agent in integrated pest management of this pest if the results can be repeated in the field condition.

Keywords: Biological control, Cabbage aphid, Lethal effects, Life table.