

اثرات زیرکشدگی 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- دانشجوی دکتری حشره‌شناسی کشاورزی، گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه .

۲- اسنادیاران گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه.

۳- استاد گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه:

*مسئول مکاتبه: Sh.mirfakhraei@yahoo.com

تاریخ دریافت: 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 زیرکشدگی عوامل بیمارگر نظیر قارچ‌های بیماریزا، به اندازه‌ی ایجاد مرگ و میر دارای اهمیت می‌باشد. لذا در تحقیق حاضر اثر غلظت‌های زیرکشنده‌ی LC₂₅ 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 LC₅₀ برابر با $2/57 \times 10^{-3}$ کنیدی در میلی‌لیتر بدست آمد. غلظت زیرکشنده‌ی قارچ‌ها در مقایسه با شاهد موجب کاهش معنی‌دار سرعت نشو و نمای پورگی، طول عمر و باروری شته گردید ($P < 0/05$). 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 $0/225 \pm 0/009$ ، $0/219 \pm 0/011$ ، $0/246 \pm 0/008$ ، $0/254 \pm 0/004$ و $0/215 \pm 0/008$ بر روز به دست آمد که در مقایسه با شاهد ($0/332 \pm 0/008$ بر روز) به طور معنی‌داری کاهش نشان داد. نتایج مطالعه‌ی حاضر نشان داد با توجه به اثرات زیرکشدگی 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

قرار می‌دهد (Ahmad and Aslam, 2005). این آفت ناقل ۲۰ نوع ویروس بیمارگر در گیاهان مختلف است و تعدادی از ویروس‌ها مانند ویروس موزایک 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 نمی‌شوند (Van Emden and Harrington, 2007). در حال حاضر روش رایج کنترل این

شته‌ی مومی کلم (*Brevicoryne brassicae* L. (Hemiptera: Aphididae) 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

بیمارگری (*B. bassiana* (SGBB601) روی شته‌ی رازک (*Phorodon humuli*) بررسی و کمترین غلظت ۵۰ درصد کشندگی معادل 1.0×10^5 /۳۷ کنیدی در میلی لیتر 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 پارازیتوید *Encarsia formosa* و کفشدوزک شکارگر *Cryptolaemus montrouzieri* مطالعه شد که در این آزمایش صد درصد 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

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 می‌باشند (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 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 *Aphis gossypii* Glover و *Myzus persica* (Sulzer) (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 (1.0×10^5) /۵۷ کنیدی در میلی 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). در یک 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

گلخانه 25 ± 2 درجه‌ی سلسیوس و رطوبت نسبی 60 ± 10 درصد و دوره‌ی روشنائی ۱۶:۸ (تاریکی: روشنائی) 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 *Beauveria lecanicillium muscarium* FCCUU420 و *Paecilomyces variotii* FCCUU425 *bassiana* FCCUU438 و *Simplicillium* sp. FCCUU478 استفاده شد. برای کشت جدایه‌ها و بدست آوردن کنیدی به منظور آلوده‌سازی شته‌ها 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 25 ± 2 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 $0.5/0$ درصد توئین-۸۰ منتقل و به صورت سوسپانسیون درآمدند. سپس از چند لایه پارچه ملل عبور داده شدند تا میسلیوم‌ها و قطعات محیط کشت حذف شوند. برای تعیین تراکم کنیدی بعد از رقت سازی سریالی 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

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 جدایه‌های 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 *Lecanicillium attenuatum* CS625 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

از آب مقطر سترون حاوی ۰/۰۵ درصد 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 پوره‌های 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 (V_x و e_x ، $L_x m_x$ ، S_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.

$$l_x = \sum_{j=1}^k S_{xj} \quad [1]$$

باروری ویژه‌ی سنی جمعیت (m_x):

$$m_x = \frac{\sum_{j=1}^k S_{xj} f_{xj}}{\sum_{j=1}^k S_{xj}} \quad [2]$$

برای محاسبه‌ی نرخ خالص رشد (R_0) از فرمول:

$$R_0 = \sum_{x=0}^{\infty} l_x m_x \quad [3]$$

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.

$$T = \frac{\ln R_0}{r} \quad [4]$$

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 ۱۰^۴، ۱۰^۵، ۱۰^۶، ۱۰^۷ و ۱۰^۸ کنیدی در میلی‌لیتر، 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 غلظت‌های 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 توین-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 زیرکشنده‌ی قارچ‌ها روی فراسنجه‌های 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

امید زندگی (e_x): در سن x ، به معنی متوسط تعداد روزهایی است که یک فرد پس از رسیدن به سن (x) معین زنده می ماند. برای محاسبه آن از رابطه‌ی زیر استفاده می شود

[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^۱ و آزمون توکی در سطح آماری پنج درصد استفاده شد، همچنین از روش چای و برنامه TWO SEX - MS Chart به منظور تعیین پارامترهای جدول زندگی استفاده شد (Chi, 2018). میانگین و خطای معیار فراسنجه-های 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 *A. sclerotigenum*، *L. muscarium*، *P. B. bassiana* و *variotii* *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 (به ترتیب $F_{5, 12} = 21/56$ ؛ $P < 0/0001$ ، $F_{5, 12} = 44/64$ ؛ $P < 0/0001$ ، $F_{5, 12} = 39/69$ ؛ $P < 0/0001$ ، $F_{5, 12} = 56/96$ ؛ $P < 0/0001$ ، $F_{5, 12} = 45/76$ ؛ $P < 0/0001$). با توجه به نتایج، جدایه‌های

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 $10^2 \times 2/57$ 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* به ترتیب $0/28$ و $1/32$ روز در غلظت 10^8 و $1/18$ و $1/84$ روز در غلظت 10^7 و $1/56$ و $2/78$ 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 *P. B. bassiana*، *variotii* *Simplicillium* sp.، *L. muscarium* روی طول دوره-ی مراحل نابالغ شته در جدول ۴ ارائه شده است. بر اساس نتایج، جدایه‌ها نشوونمای مراحل نابالغ را به طور معنی‌داری تحت تأثیر قرار دادند. طولانی‌ترین و کوتاه‌ترین طول دوره-ی 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 $\pm$ SE) مرگ و میر حشرات بالغ (میانگین $\pm$ انحراف معیار)					
	<i>L.</i> <i>muscarium</i>	<i>A.</i> <i>sclerotigenum</i>	<i>B.</i> <i>bassiana</i>	<i>Simplicillium</i> sp.	<i>P.</i> <i>variotii</i>	Control
10^4	73.3 $\pm$ 1.15a	60.0 $\pm$ 0.01b	66.7 $\pm$ 1.15a	36.7 $\pm$ 0.57c	20.0 $\pm$ 0.03c	13.3 $\pm$ 1.01c
10^5	83.3 $\pm$ 0.33a	76.7 $\pm$ 0.57a	80.5 $\pm$ 1.03a	53.3 $\pm$ 0.57b	31.4 $\pm$ 1.01c	20.0 $\pm$ 0.03c
10^6	93.3 $\pm$ 1.15a	86.7 $\pm$ 1.15a	94.3 $\pm$ 0.57a	63.2 $\pm$ 1.01b	43.3 $\pm$ 0.57b	9.7 $\pm$ 0.03c
10^7	95.7 $\pm$ 0.33a	95.3 $\pm$ 0.33a	94.7 $\pm$ 0.33a	61.0 $\pm$ 0.33b	46.7 $\pm$ 0.88b	12.2 $\pm$ 0.03c
10^8	98.5 $\pm$ 0.01a	97.2 $\pm$ 0.01a	96.4 $\pm$ 0.01a	71.2 $\pm$ 3.32b	63.3 $\pm$ 0.33b	7.3 $\pm$ 0.33c

حروف غیر مشابه در هر ردیف نشان‌دهنده 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 $\pm$ SE شیب خط	Intercep t+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
<i>A. sclerotigenum</i>	60	0.59 $\pm$ 0.14	2.973	1.053(3)	0.788	1.9 $\times$ 10 ² (0.5-1.8 $\times$ 10 ³)	2.7 $\times$ 10 ³ (7.5 $\times$ 10 ¹ -1.2 $\times$ 10 ⁴)	1.6 $\times$ 10 ⁶ (4.3 $\times$ 10 ⁵ - 3.4 $\times$ 10 ⁷)
<i>B. bassiana</i>	60	0.70 $\pm$ 0.17	2.496	1.909(3)	0.592	4.1 $\times$ 10 ² (2.4-2.6 $\times$ 10 ³)	3.7 $\times$ 10 ³ (1.7 $\times$ 10 ² -1.3 $\times$ 10 ⁴)	8.4 $\times$ 10 ⁵ (2.5 $\times$ 10 ⁵ -1.5 $\times$ 10 ⁷)
<i>P. variotii</i>	60	0.35 $\pm$ 0.08	2.525	0.630(3)	0.889	1.1 $\times$ 10 ⁵ (7.02 $\times$ 10 ³ -4.6 $\times$ 10 ⁵)	8.1 $\times$ 10 ⁶ (2.0 $\times$ 10 ⁶ -7.3 $\times$ 10 ⁷)	3.2 $\times$ 10 ¹¹ (6.3 $\times$ 10 ⁹ -5.8 $\times$ 10 ¹⁵)
<i>Simplicillium</i> sp.	60	0.21 $\pm$ 0.07	3.781	0.049(3)	0.997	3.4 $\times$ 10 ² (1.4 $\times$ 10 ² -1.3 $\times$ 10 ⁴)	4.7 $\times$ 10 ⁵ (1.1 $\times$ 10 ⁴ -5.8 $\times$ 10 ⁶)	2.1 $\times$ 10 ¹³ (1.8 $\times$ 10 ¹⁰ -1.0 $\times$ 10 ²⁹)
<i>L. muscarium</i>	60	0.64 $\pm$ 0.16	2.808	0.682(3)	0.877	2.2 $\times$ 10 ² (0.5-1.9 $\times$ 10 ³)	2.5 $\times$ 10 ³ (5.9 $\times$ 10 ¹ -1.1 $\times$ 10 ⁴)	9.3 $\times$ 10 ⁵ (2.5 $\times$ 10 ⁵ -1.9 $\times$ 10 ⁷)

*کنیدی در میلی‌لیتر **حدود اطمینان

*Conidia/ml ** Confidence limits

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.

پارامترهای رشد جمعیت پایدار مقادیر مربوط به فراسنجه‌های رشد جمعیت شته‌ی مومی کلم تیمار شده با غلظت LC₂₅ جدایه‌های قارچی و شاهد در

جدول ۳- تجزیه پروبیت جهت تعیین مدت زمان تلفات مرگ و میر ۵۰ درصد در سه غلظت 10^6 ، 10^7 و 10^8 از جدایه های 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) غلظت ها کنیدی در میلی- لیتر)	Isolates جدایه ها	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	<i>A. sclerotigenum</i>	4.57	5.79	0.32	2.17±0.36	1.56 (1.06-1.99)
	<i>B. bassiana</i>	2.65	8.48	0.13	2.17±0.36	3.20 (2.52-3.54)
	<i>P. variotii</i>	2.54	5.97	0.30	2.67±0.56	8.24 (6.52-13.27)
	<i>Simplicillium</i> sp.	3.28	2.48	0.77	2.55±0.42	4.70 (3.97-5.76)
	<i>L. muscarium</i>	3.20	2.74	0.74	2.73±0.42	2.78 (2.41-3.14)
10^7	<i>A. sclerotigenum</i>	4.84	2.18	0.82	3.09±0.37	1.18 (0.69-1.59)
	<i>B. bassiana</i>	2.88	5.24	0.38	4.21±0.52	3.19 (2.80-3.57)
	<i>P. variotii</i>	2.50	6.87	0.23	2.80±0.56	7.78 (6.28-11.76)
	<i>Simplicillium</i> sp.	3.29	1.23	0.94	2.73±0.42	4.27 (3.58-5.00)
	<i>L. muscarium</i>	3.76	0.76	0.98	4.65±0.56	1.84 (1.31-2.33)
10^8	<i>A. sclerotigenum</i>	5.76	1.52	0.91	6.32±0.44	0.28 (0.03-0.70)
	<i>B. bassiana</i>	3.48	5.70	0.33	5.34±0.62	1.92 (1.66-2.16)
	<i>P. variotii</i>	3.41	5.31	0.37	1.81±0.40	7.40 (5.62-13.38)
	<i>Simplicillium</i> sp.	3.96	1.54	0.90	2.23±0.36	2.92 (2.33-3.53)
	<i>L. muscarium</i>	4.41	0.91	0.96	4.96±0.75	1.32 (1.09-1.52)

جدول ۴- میانگین (انحراف معیار±) تاثیر جدایه های مختلف قارچی روی مراحل رشدی نابالغ شته ی 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
<i>A. sclerotigenum</i>	1.58±0.10a	1.60±0.10d	2.15±0.13c	2.68±0.11b	7.84±0.21b
<i>L. muscarium</i>	1.44±0.11b	1.73±0.11c	2.16±0.16c	2.42±0.15c	7.75±0.16bc
<i>B. bassiana</i>	1.41±0.09b	1.69±0.09c	2.07±0.11d	2.89±0.12a	8.00±0.16a
<i>P. variotii</i>	1.34±0.10c	1.88±0.10b	2.06±0.12a	2.42±0.10c	7.71±0.12c
<i>Simplicillium</i> 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 نشان دهنده وجود اختلاف آماری معنی دار می باشد (آزمون توکی، $P<0.05$).

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

یافته، همانطور که مشاهده می شود برای تیمارهای جدایه های *B. bassiana*، *L. muscarium*، *A. sclerotigenum* و *Simplicillium* sp. *variotti* و شاهد مرگ و میر به ترتیب از روزهای ۲، ۲، ۳، ۵، ۳ و ۹ از چرخه زندگی شروع شده است.

تاثیر جدایه ها 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} جدایه ها همراه با افزایش سن، کاهش

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.

این نمودار نشان می‌دهد که یک فرد از پوره‌ی سن یک تا مرگ در تیمارهای فوق به ترتیب تا ۲۷، ۲۶، ۲۹، ۳۳ و ۲۶ روز زنده مانده است. توانایی زنده ماندن در تیمار *P. variotii* بعد از شاهد با ۳۳ روز بیشترین و در تیمار *L.*

جدول ۵- میانگین (انحراف معیار $\pm$) فراسنجه‌های رشد جمعیت شته‌ی مومی کلم بعد از تیمار جدایه‌های قارچی.

Table 5. Mean $\pm$ 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 $\pm$ 4.18a	0.3329 $\pm$ 0.00a	1.3950 $\pm$ 0.01a	12.97 $\pm$ 0.29b	86.18 $\pm$ 0.32a
<i>A. sclerotigenum</i>	21.91 $\pm$ 2.50d	0.2257 $\pm$ 0.00cd	1.2533 $\pm$ 0.01b	13.67 $\pm$ 0.33ab	42.69 $\pm$ 3.23d
<i>L. muscarium</i>	19.10 $\pm$ 2.43d	0.2190 $\pm$ 0.01d	1.2448 $\pm$ 0.01cd	13.47 $\pm$ 0.34ab	33.36 $\pm$ 2.13f
<i>B. bassiana</i>	31.10 $\pm$ 3.15c	0.2466 $\pm$ 0.00bc	1.2797 $\pm$ 0.01bc	13.94 $\pm$ 0.23b	47.04 $\pm$ 1.89c
<i>P. variotii</i>	38.65 $\pm$ 2.51b	0.2541 $\pm$ 0.00b	1.2893 $\pm$ 0.01bc	14.37 $\pm$ 0.20a	50.93 $\pm$ 2.74b
<i>Simplicillium</i> sp.	20.22 $\pm$ 2.56d	0.2159 $\pm$ 0.00d	1.2410 $\pm$ 0.00d	13.91 $\pm$ 0.28b	37.38 $\pm$ 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 ($\alpha = 0.05$, Tuckey test).

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*، *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

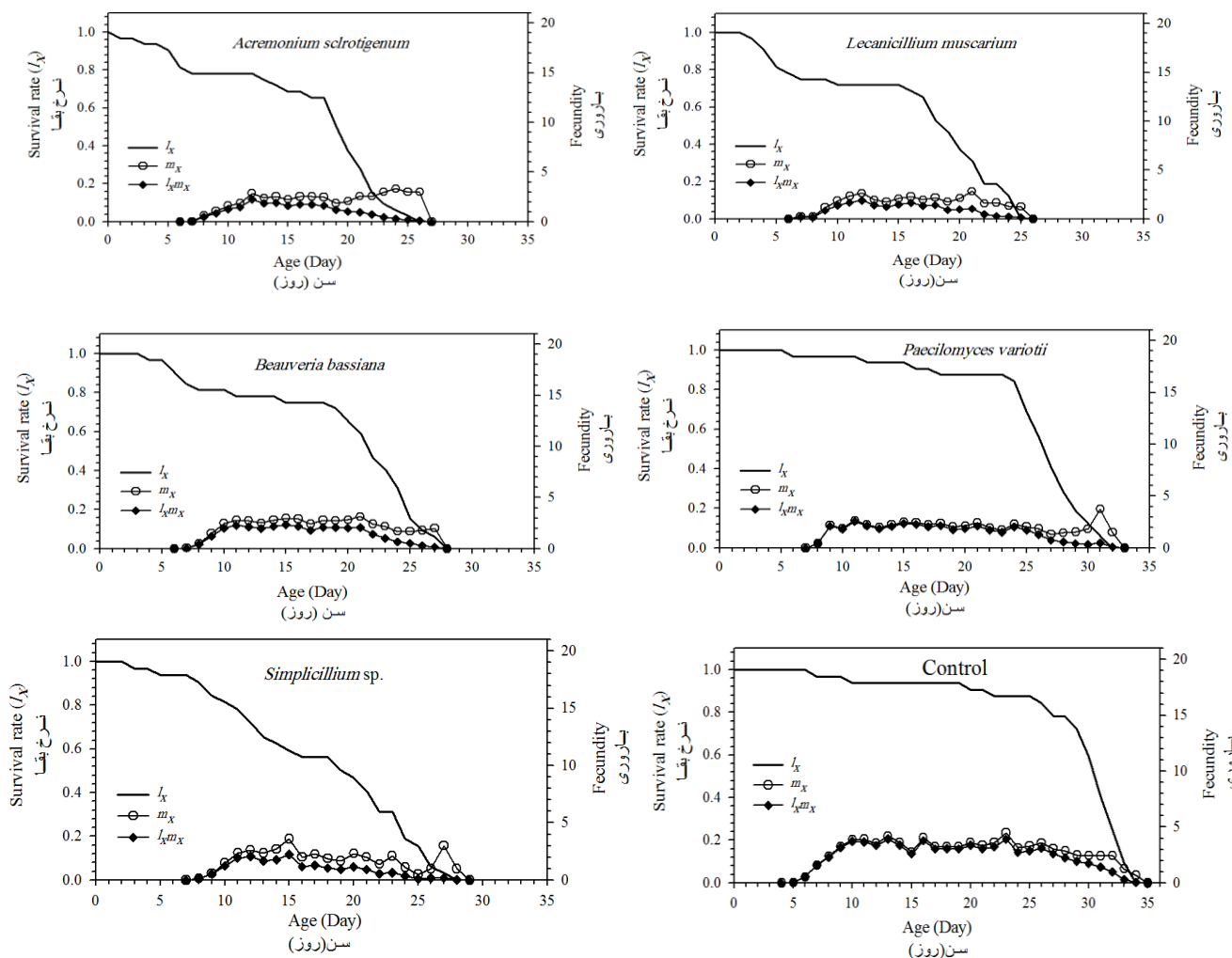
در بین عوامل کنترل زیستی، قارچ‌های بیمارگر از اهمیت ویژه‌ای برخوردار هستند. این عوامل با نفوذ مستقیم از کوتیکول میزبان موجب آلودگی در آفت هدف نظیر شته‌ها می‌شوند (St. Leger et al., 1999). در مدیریت آفات، لازم است تا شاخصهای رشد جمعیت، عوامل مؤثر بر افزایش آن و آماره‌های تولیدمثلی مشخص شوند و جدول زندگی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

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).

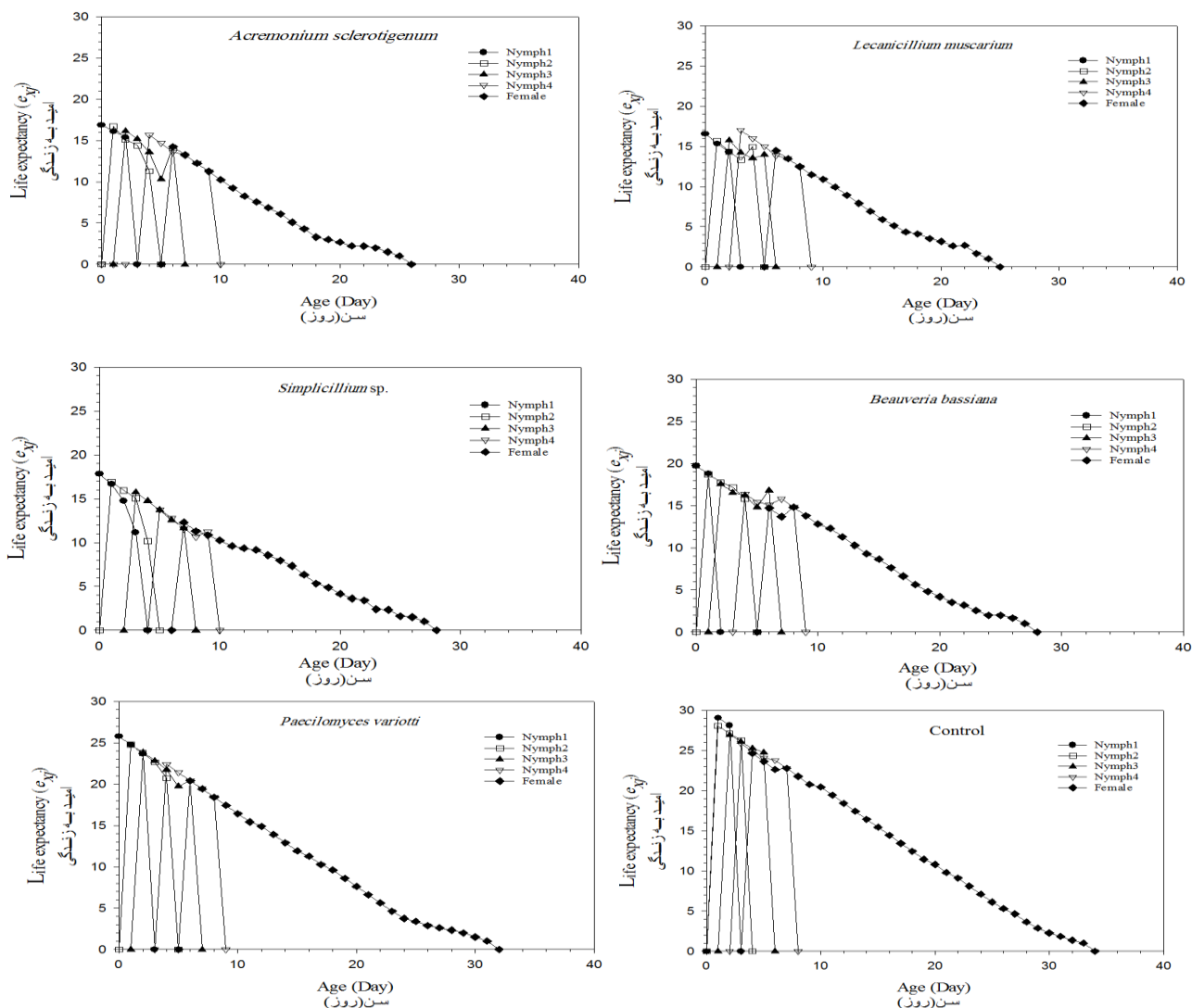
تاثیر جدایه‌ها روی نرخ بقاء ویژه‌ی مرحله‌ی سنی (S_{xj})

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 ویژه‌ی سنی (S_{xj}) شته در شکل ۳ نشان داده شده



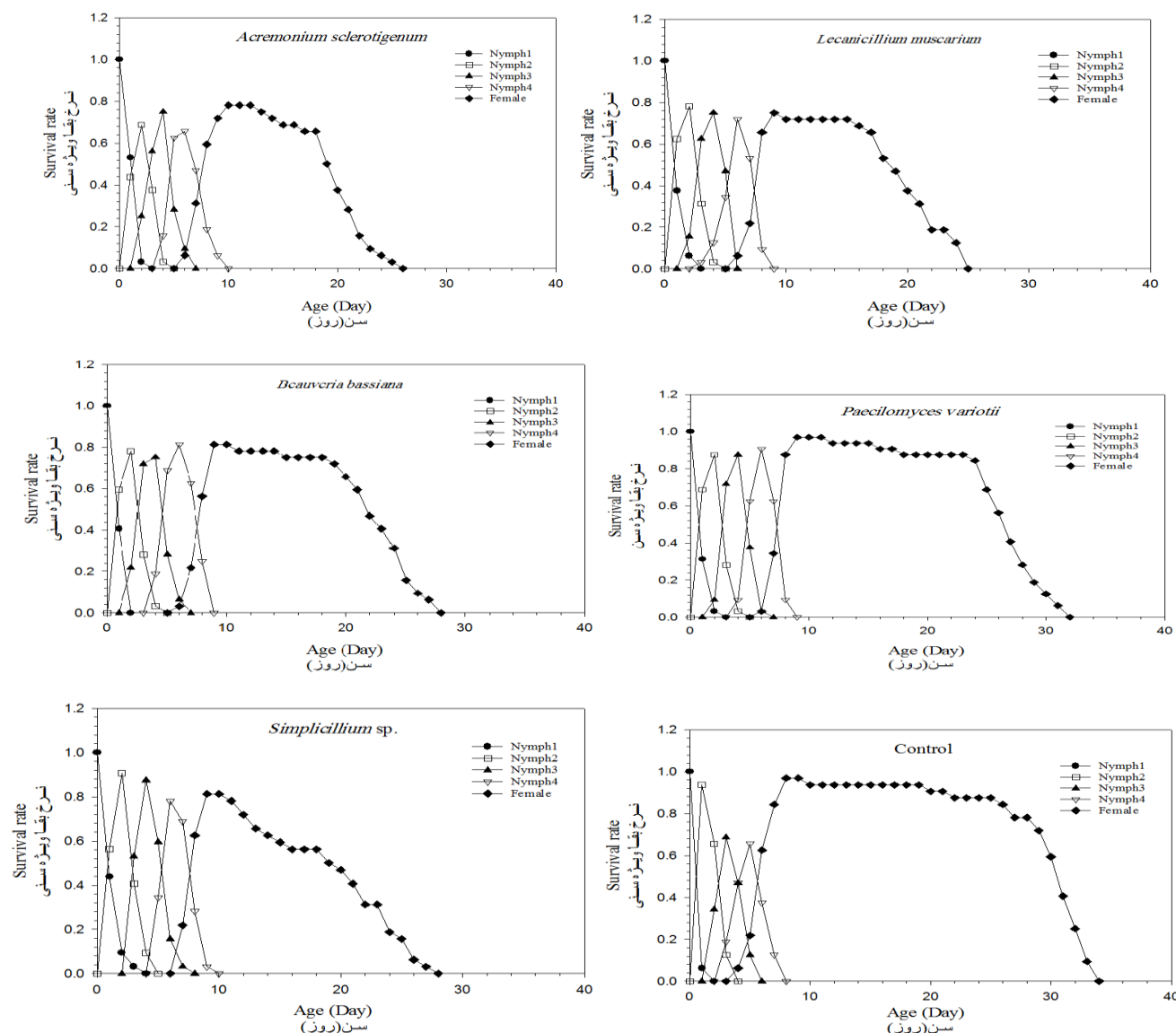
شکل ۱- نرخ بقاء (l_x) و باروری (m_x) ویژه سنی شته‌ی مومی کلم تیمار شده با غلظت LC₂₅ جدایه‌های *A. sclerotigenum*, *L. muscarium*, *B. bassiana*, *P. variotii*, *Simplicillium sp.* و شاهد.

Figure 1. Age-specific survival (l_x) and fertility (m_x) of cabbage aphid in treated with LC₂₅ concentration of *A. sclerotigenum*, *L. muscarium*, *B. bassiana*, *P. variotii*, *Simplicillium sp.* and control.



شکل ۲- 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.

مرگ و میر رابطه‌ی مستقیم با غلظت کنیدی ایزوله‌ها دارد. فنگ و همکاران (Feng et al., 1990) تاثیر بیماری‌زایی قارچ‌های *B. bassiana* و *Lecanicillium lecanii* 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

مرگ در این مطالعه، قدرت بیمارگری جدایه‌های قارچی *A. sclerotigenum*، *L. muscarium*، *B. bassiana*، *P. variotii* روی حشرات کامل شته‌ی مومی کلم بررسی شد. بالاترین میزان کشندگی بین جدایه‌های قارچی متعلق به *L. muscarium* با LC_{50} برابر با $2/57 \times 10^2$ کنیدی در میلی‌لیتر مشاهده شد. نتایج نشان داد نرخ افزایش

بود. در تحقیق حاضر LT_{50} جدایه‌ی قارچ *B. bassiana* در غلظت 10^6 کنیدی در میلی لیتر $2/17$ روز محاسبه شد که بسیار نزدیک به تحقیق فوق می‌باشد. در بررسی تاثیر جدایه‌های قارچ‌های اندوفیت *B. bassiana* و *L. lecanii* روی قدرت زنده مانى 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. lecanii* 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 زیرکشنده 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 59 پوره در شاهد به $21/7$ ، $33/4$ و $49/3$ پوره در غلظت‌های 10^8 ، 10^6 و 10^4 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 $74/90$ پوره در شاهد به $19/10$ پوره کاهش داد. مطالعات انجام شده در ارتباط با

میر سریع‌تر در شته‌ها شد که با نتایج تحقیق حاضر مبنی بر بیمارگری بالا در قارچ *B. bassiana* مطابقت دارد. در تحقیقی 12 جدایه از قارچ بیمارگر *L. lecanii* برای کنترل شته در شرایط دمایی 25 درجه‌ی سلسیوس و رطوبت نسبی 75% 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. عزیزاده 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 (SGBB601) *B. bassiana* روی شته رازک (*Phorodon humuli*) بررسی و کمترین غلظت کشندگی 50 درصد را $10^5 \times 1/37$ 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 $10^2 \times 3/7$ کنیدی در میلی‌لیتر و کمترین LT_{50} در غلظت 10^8 معادل $1/92$ 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 50 درصد مرگ و میر مربوط به این جدایه در غلظت 10^6 کنیدی در میلی لیتر معادل $2/8$ روز

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 غلظت کنیدی مقادیر l_x و m_x کاهش می‌یابد (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. sclerotigenum* 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 بررسی‌های 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.

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. 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 زیرکشنده‌ی قارچ *L. longisporum* نشان داد تاثیر معنی‌داری روی رشد، تولید مثل و شاخص‌های جدول زیستی باروری شته *Sipha maydis* در مقایسه با شاهد دارد (فدایی وطن و همکاران، ۱۳۹۴). همچنین غلظت زیرکشنده‌ی جدایه DEMI001 از قارچ *M. anisopliae* اثر معنی‌داری 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*، *B. L. muscarium*، *P. variotii* *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

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 باروری 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. تاثیر جدایه‌های ایرانی قارچ *B. bassiana* روی شته روسی گندم (*Diuraphis noxia* (Mordvilck) (Homoptera: Aphididae) 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 *Agonoscyta 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. TWSEX-MS Chart: a computer program for the age–stage, two-sex life table analysis. <http://140.120.197.173/Ecology/Download/TWSEX-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 anisopliae* 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 Atlihan. 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, Cottrell TE, Jackson MA and Wood BW, 2008. Virulence of hypocreal 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 Akbari¹, Sh Mirfakhraie^{*2}, Sh Aramideh³ and M H Safaralizadeh⁴

¹Ph.D. Student, Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran.

²Assistant Professors, Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran.

³Professor, 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 (LC₂₅) 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 LC₅₀ 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.