پژوهش و توسعه جنگل
جلد ۹، شماره ۱، صفحه ۱۴۴-۱۲۹، (۱۴۰۲)
DOI: 10.30466/jfrd.2022.54357.1626
DOR: 20.1001.1.24763551.1402.9.1.9.4

مقالهٔ پژوهشی

تأثیر جدایه‌های قارچ بیمارگر حشرات *Beauveria bassiana* (Bals. Criv.) Vuill روی بقا و فراسنجه‌های رشد جمعیت شته *Myzocallis coryli* Goetze

سمانه اکبری[۱] و شهرام آرمیده[*۲]

۱- دکتری حشره شناسی، گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران. (sama8akbari@gmail.com)
۲- دانشیار گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده‌کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران. (sh.aramideh@Urmia.ac.ir)

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۶/۰۵ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۷/۰۲

چکیده

این بررسی برای تعیین تأثیر دوجدایه از قارچ *Beauveria bassiana* (Bals. Criv.) Vuill روی زنده‌مانی و فراسنجه‌های رشد جمعیت شتهٔ فندق (*Myzocallis coryli* Goetze) از مهم‌ترین آفات فندق انجام شد. اثر غلظت کم‌کشنده LC_{30} روی رشد، تولیدمثل و شاخص‌های جدول زیستی باروری شته مومی فندق، در شرایط آزمایشگاهی بررسی شد. مقدار کشندگی جدایه‌ها IRAN429 و Z-1 با LC_{50} برابر با $۹/۸۶\times۱۰^{۴}$ و $۱/۰۳\times۱۰^{۶}$ کنیدی‌درمیلی‌لیتر به‌دست آمد. تیمارهای قارچ در مقایسه با شاهد موجب کاهش معنی‌دار طول دوره پورگی، طول عمر و باروری شته بالغ شد (P< ۰/۰۵). نرخ ذاتی افزایش جمعیت (r_m) شته فندق در غلظت کم کشنده جدایه‌های IRAN429 و Z-1 به‌ترتیب معادل ۰/۱۵ و ۰/۱۶ ماده/ماده/روز به‌دست آمد که در مقایسه با شاهد (۰/۱۸ ماده/ماده/روز) به‌طور معنی‌داری کاهش نشان داد. طول عمر در تیمار IRAN429 (۳۱/۷۵ روز) و Z-1 (۳۹/۴۵ روز) نسبت به شاهد (۴۳/۵۰ روز) تفاوت معنی‌دار نشان داد. پوره‌زایی (Fecundity) شته فندق در IRAN429، Z-1 و شاهد به‌ترتیب برابر با ۳۱/۷۵، ۳۹/۴۵ و ۷۸/۴۱ (پوره/ماده) است که اختلاف معنی‌داری با هم‌دیگر دارند. نرخ متناهی جمعیت (λ) در دو جدایه IRAN429 و Z-1 به‌ترتیب برابر با ۱/۱۷ و ۱/۱۷ ماده/روز نسبت به شاهد ۱/۱۹ ماده/روز کاهش نشان دادند. نتایج این بررسی نشان داد با توجه به تأثیر قابل توجه قارچ‌های بیمارگر در غلظت کم‌کشنده روی شاخص‌های بقاء و تولیدمثل شته، می‌توان در تدوین برنامه‌های مدیریت تلفیقی و بیولوژیک آفات هدف مورد استفاده قرار داد.

واژه‌های کلیدی: اثر زیرکشندگی، جدول زندگی، رشد جمعیت، مهار زیستی

* نویسنده مسئول شمارهٔ تماس: ۰۹۱۴۳۴۷۵۹۱۴

مقدمه

درخت فندق میزبان آفات مختلفی است که در بین آنها شته فندق *Myzocallis coryli* (Goeze) (Hemiptera: Aphididae)، از آفات مهم آن در امریکای شمالی، ایتالیا، اسپانیا، ترکیه و ایران محسوب می‌شود (Guncan and Gumus, 2017; Alikhani et al., 2010). با افزایش جمعیت آفت، برگ‌ها خشک شده و درنتیجه کیفیت محصول پایین می‌آید (Gantner, 2000; Aker and Abaci, 2016). خسارت این آفت با ترشح شدید عسلک همراه است که به‌نوبه خود موجب جلب مورچه‌ها، زنبور و مگس‌های مختلف و تجمع گرد و خاک می‌شود. این حشرات ممکن است سبب انتقال بیماری‌های ویروسی نیز شوند (Puente et al., 2014). استفاده از آفت‌کش‌های شیمیایی برای کنترل این آفت موجب مقاومت به آفت‌کش‌ها، تأثیر سوء روی دشمنان طبیعی و آلودگی محیط زیست می‌شود (Katundu and Aliniazee, 1990). بنابراین استفاده از جایگزین‌های کم خطر و بی‌خطر مانند عوامل بیولوژیک قارچ‌های بیماری‌زای حشرات در کنترل آفت‌ها و بیماری‌ها توصیه می‌شود (Butt et al., 2001; Aramideh, 2016; Kavosi et al., 2018). قارچ‌های بیمارگر حشرات بسیار متنوع هستند که مهم‌ترین آن‌ها جنس‌های *Lecanicillium*، *Metarhizium* و *Beauveria* است. آکر و آباسی (Aker and Abaci, 2016) در بررسی اثر قارچ *Metarhizium anisopliae* (Metch.) Sorokin در کنترل شته فندق *M. coryli* به این نتیجه رسیدند که این قارچ در کنترل بیولوژیک پوره‌های شته فندق بسیار توانا است. در تحقیقی تأثیر قارچ *M. anisopilae* جدایه M14 روی پوره سن دوم فندق بسیار مؤثر بوده و همچنین، برای کنترل مرحله پورگی شته در شرایط صحرایی به غلظت بالاتری از سوسپانسیون قارچی در مقایسه با شرایط آزمایشگاهی نیاز است (Aghazadeh et al., 2022). در پژوهشی با هدف تعیین بهره‌وری از قارچ *B. bassiana* و *Metarhizum* sp. برای کنترل شته *Lipaphis erysimi* هر دو قارچ دارای کشندگی مطلوبی روی این شته بودند (Arauio et al., 2009). آزمایش‌های زیست‌سنجی به تنهایی برای ارزیابی کافی نیستند زیرا تنها عامل مرگ را بررسی می‌کنند (Brattsten et al., 1986). شاخص‌های رشد جمعیت، عوامل مؤثر بر افزایش آن و فراسنجه‌های تولید مثلی نیز در در کنترل آفات، لازم است (Sakai et al., 2001). امروزه جدول زندگی به‌عنوان یک روش قابل اطمینان برای تعیین بهترین زمان کنترل آفات و یک ابزار مهم در بررسی جمعیت آن‌ها مورد توجه است (Chi, 1990). در بررسی نرخ ذاتی افزایش جمعیت (r_m) شته مومی کلم *B. brassicae* تحت تأثیرغلظت زیرکشنده جدایه‌های قارچی *A. sclerotigenum*، *B. bassiana*، *L. muscarium*، *P. variotii* و *Simplicillium* sp. در مقایسه با شاهد به‌طور معنی‌داری کاهش نشان داد (Akbari et al., 2020). نرخ خالص تولیدمثل (R_0)، نرخ ذاتی افزایش جمعیت (r_m) و نرخ متناهی افزایش جمعیت (λ) به‌طور معنی‌داری در شته‌های تیمارشده در مقایسه با حشرات شاهد کاهش یافت (Safavi and Taheri, 2019). فراسنجه‌های جدول زندگی شته جالیز *Aphis gossypii* تحت تأثیر قارچ بیمارگر *Beauveria bassiana* (Bals. Criv.) Vuill. ثبت شد که در مقایسه با شاهد دارای اختلاف معنی‌داری بودند (Rashki and Shirvani, 2013). در تحقیقی اثر کشندگی و زیرکشندگی قارچ بیمارگر حشرات *Metarhizium anisopliae* (Metch.) Sorokin بر فراسنجه‌های جدول زندگی شته مومی بررسی شد، نتایج نشان داد قارچ بیمارگر در مقایسه با تیمار شاهد تأثیر سوء روی شاخص‌های زیستی این آفت دارد (Emami et al.,

2016). در همین راستا برای کاهش آلودگی‌های ناشی از کاربرد سموم شیمیایی و کاهش جمعیت آفت شته فندق *M. coryli* که خسارت سنگینی به این گیاه وارد می‌کند، در این تحقیق اثر کشندگی و زیرکشندگی جدایه قارچ *Beauveria bassiana* بر فراسنجه‌های رشد جمعیت شته فندق مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

پرورش شته فندق *M. coryli*

جمعیت اولیه شته از بخش‌های آلوده باغ فندق دانشگاه ارومیه انتخاب شد. برگ درختان آلوده نشانه‌گذاری‌شده و داخل ظروف پتری دیش با درب حاوی تور که مانع ورود دشمنان طبیعی بود، قرار گرفتند.

ایجاد حشرات همسن برای انجام آزمایشات زیست سنجی

به‌منظور همسن‌سازی، تعداد ۱۰ حشره بالغ بدون بال به برگ‌های داخل پطری دیش از قبل آماده شده منتقل شدند تا پوره‌زایی کنند. بعد از گذشت ۲۴ ساعت، حشرات بالغ حذف شدند. پوره‌ها پس از بالغ شدن برای آزمایش استفاده شدند.

قارچ مورد آزمایش

دو جدایه از قارچ *B. bassiana* که از مناطق جغرافیایی متفاوت جداسازی شده بودند در آزمایش‌های زیست‌سنجی این بررسی مورد استفاده قرار گرفتند. برخی از مشخصات این دو جدایه در جدول ۱ ذکر شده‌اند.

جدول ۱- جدایه‌های قارچ‌های بیماری‌زای استفاده‌شده در آزمایشات زیست سنجی

Tabel 1. Isolates of entomopathogenic fungi used in bioassay test

جدایه‌های قارچی Fungi isolates	میزبان Host	مکان جداسازی Place of isolation
IRAN429C	*Chilo supperssalis* (Lep.: Pyrlidae)	رشت- ایران Iran-Rasht
Z-1	*Leptinotarsa decemlineata* (Col.: Chrysomelidae)	ارومیه – ایران Iran-Urmia

تکثیر قارچ

برای تکثیر آزمایشگاهی جدایه‌های قارچی از محیط کشت Sabourauds Dextrose Agar (SDA) استفاده شد. برای تهیه محیط کشت، مقدار ۶۵ گرم از پودر SDA با آب مقطر استریل مخلوط و حجم آن به یک لیتر رسانده شد. عمل استریل کردن در اتوکلاو و با دمای ۱۲۱ درجه سلسیوس و فشار ۱۱/۵ اتمسفر به‌مدت ۲۰ دقیقه انجام شد. بعد از خارج کردن محیط کشت از اتوکلاو و خنک شدن آن، محیط کشت در زیر هود و در کنار شعله، به درون ظروف پتری استریل هشت سانتی‌متری ریخته شد و بعد از بستن محیط کشت مورد استفاده قرار گرفتند. جدایه‌های مذکور قارچی در داخل ظروف پتری کشت داده شدند. کشت دادن و تکثیر قارچ در زیر هود و در کنار شعله چراغ گاز در شرایط کاملا استریل انجام شد. عمل کشت توسط لوپ استریل انجام شد و نمونه برداشته شده از محیط کشت مادر به محیط کشت جدید منتقل و به‌سرعت درب آن مسدود شد. بعد از کشت قارچ روی محیط کشت ذکر شده ظروف پتری به‌مدت ۱۵ روز در انکوباتور با دمای۲±۲۵ درجه سلسیوس و در شرایط تاریکی نگهداری شدند تا کنیدی‌زایی قارچ به اندازه کافی انجام شود.

تهیه سوسپانسیون کنیدیومی

برای تهیه سوسپانسیون کنیدیومی، از کشت‌هایی که در آن‌ها کنیدیوم‌زایی به‌طور کامل انجام شده بود (۱۵ تا ۲۰ روز پس از کشت) استفاده شد. کنیدیوم‌ها توسط تیغه آزمایشگاهی استریل از سطح محیط کشت خراش داده شد و داخل لوله‌های آزمایش حاوی ۱۰ میلی‌لیتر آب مقطر استریل که به آن ۰/۰۳ درصد Tween 80 اضافه شده بود، به‌صورت سوسپانسیون درآمدند. درب لوله‌ها بسته شده و لوله‌ها به‌خوبی تکان داده شدند و سپس از چند لایه پارچه ململ عبور داده شدند تا میسیلیوم‌ها و احتمالا قطعات محیط کشت حذف شوند. برای تهیه سوسپانسیون‌هایی با غلظت بالا، لوله‌های آزمایش در دمای اتاق برای مدت یک ساعت قرار داده شده و پس از ته‌نشین‌شدن کنیدی‌ها، آب مقطر رویی دور ریخته شده و کنیدی‌های چند لوله با هم مخلوط شدند. برای تعیین تراکم اسپوری از لام نئوبار (گلبول شمار) استفاده شد و غلظت مورد نظر اسپوری با افزودن مقدار مشخص آب مقطر استریل به داخل سوسپانسیون اصلی تهیه شد.

تعیین درصد جوانه‌زنی کنیدیوم‌ها

برای تعیین درصد جوانه‌زنی کنیدیوم‌های جدایه‌های مختلف قارچ‌های مورد استفاده، قطراتی از سوسپانسیون روی محیط کشت SDA پخش شد و ظروف پتری در انکوباتور با دمای ۲±۲۵ درجه سلسیوس به‌مدت ۲۴ ساعت نگهداری شد. بعد از گذشت این‌مدت ظروف در زیر میکروسکوپ بررسی شدند و کنیدیوم‌هایی که طول لوله تندشی آن‌ها از قطر کنیدیوم بیشتر بود، به‌عنوان جوانه زده محاسبه شدند.

روش زیست‌سنجی

برای ارزیابی مقدار بیماری‌زایی دو جدایه قارچ *B. bassiana* از روش زیست‌سنجی غوطه‌ورسازی استفاده شد. برای این منظور، پس از انجام آزمایش‌ها مقدماتی و تهیه غلظت‌های مورد نظر کنیدیومی، حشرات در مرحله بالغ مورد آزمایش به‌طور هم‌زمان به‌مدت ۱۰ ثانیه در پنج میلی‌لیتر از سوسپانسیون کنیدیومی غوطه ور شده و سپس به درون ظروف پتری به قطر هشت سانتی‌متر حاوی کاغذ صافی سترون مرطوب و برگ‌های تازه فندق منتقل شدند. برای تیمار شاهد در شرایط یکسان و تنها از ۱۰ میلی‌لیتر آب مقطر استریل همراه با ۰/۰۳ درصد توئین ۸۰ استفاده شد. ارزیابی آلودگی حشرات بعد از گذشت یک روز تا ۱۴ روز ادامه یافت. ظروف مورد آزمایش به‌طور روزانه بررسی شدند و برگ‌های تازه در اختیار حشرات قرار داده می‌شد و حشرات مرده از دیگر حشرات جدا می‌شدند. این حشرات به داخل ظروف پتری حاوی کاغذ صافی استریل خیس شده قرار داده شد و مجموعه در انکوباتور با دمای ۲±۲۵ درجه سلسیوس نگهداری شد. بعد از آن که ظروف هر روز بررسی شدند در صورت مشاهده پوشش قارچی در سطح بدن حشرات به‌عنوان آلوده شده توسط قارچ محاسبه شدند. آزمایش‌ها در پنج تکرار و هر تکرار حاوی ۲۰ حشره انجام شد.

تهیه جدول زندگی

برای بررسی اثر زیرکشندگی دو جدایه قارچ *B. bassiana* در این آزمایش، ۱۰۰ عدد حشره بالغ انتخاب شدند و هر کدام جداگانه روی برگ‌های گیاهان فندق قرار گرفتند و بعد از پوره‌زایی، شته‌های مادر حذف شد و سپس تعداد ۶۰ پوره هم‌سن انتخاب شد و روزانه بررسی شدند. وقتی پوره‌ها بالغ شدند، توسط غلظت LC_{30} جدایه‌های IRAN429C و Z-1 به روش غوطه‌وری تیمار شدند و هر کدام از آن‌ها برای تدوین جدول زندگی کامل به‌صورت جداگانه روزانه بررسی شدند و تعداد پوره‌های آن‌ها روزانه شمرده شد. طول دوره پوره‌زایی، تولید مثل روزانه، تعداد کل پوره‌ها به‌ازای 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 دوره تخم‌گذاری، مقدار باروری و طول عمر (L_xm_x, e_x, S_x, V_x) آن‌ها ثبت شد.

تهیه جدول باروری

برای محاسبه فراسنجه‌های تولیدمثل، جدول زندگی باروری تنظیم شد. که روش محاسبه فراسنجه‌های آن در جدول ۲ آمده است (Carey, 1993).

جدول ۲- معرفی و فرمول‌های فراسنجه‌های تولیدمثل

Table 1. Identification and formula of stable population parameters

فراسنجه‌ها Parameters	فرمول‌ها Formulae	توضیحات Identification
R_0 (NRR)	$\Sigma\, l_x\, m_x$	متوسط ماده‌های تولید شده هر گروه هم سن ماده‌ها در طول زندگی‌شان Females produced on average in each age group during their lives
r_m	$1 = \sum_x^B {}^{rx} l_x m_x = \alpha^{e-}$	بیشینه نرخ افزایش توسط یک جمعیت در حال رشد، در شرایط محیطی مشخص The maximum pace of population growth under specific environmental circumstances
λ	$\lambda = e^r$	نرخ متناهی افزایش جمعیت Finite rate of increase
T	$T = (\ln R_0/r)$	متوسط مدت زمان یک نسل The mean generation time
DT	$DT = (\ln 2/r)$	مدت زمان دو برابر شدن جمعیت The amount of time required for a population to double

تجزیه‌وتحلیل آماری

این تحقیق در قالب طرح کاملاً تصادفی با شش تیمار (پنج تیمار اصلی به همراه شاهد) در غلظت‌های مختلف برای بررسی مقدار LC_{50} انجام شد. تلفات برای تعیین مقدار LC_{50} بعد از ۱۰ روز آلودگی با جدایه‌های قارچی بررسی و تعداد حشرات مرده در ظروف تیمار و شاهد شمارش و درصد مرگ و میر طبق فرمول آبوت تصحیح شد (Abbott, 1925). داده‌های به‌دست آمده با نرم‌افزار SPSS تجزیه و تحلیل شده و مقادیر LC_{50} و LC_{30} برای غلظت‌های مختلف محاسبه شد. برای مقایسه میانگین مقدار تأثیر غلظت‌های مختلف جدایه‌ها از آزمون توکی در سطح آماری ۵ درصد استفاده شد. همچنین از روش چی و برنامه TWO SEX - MS Chart برای تعیین فراسنجه‌های جدول زندگی استفاده شد(Chi, 2018). میانگین و خطای معیار فراسنجه‌های رشد جمعیت بر اساس Bootstrap (۱۰۰۰۰۰ تکرار) محاسبه شد.

نتایج

تعیین پنجاه درصد کشندگی

آزمایش تعیین درصد جوانه‌زنی کنیدیوم جدایه‌ها مشخص کرد که میانگین درصد جوانه‌زنی در جدایه‌های مختلف در آزمایش‌های زیست‌سنجی به مقدار مورد قبولی بود. شاخص LC_{50} جدایه‌های قارچی روی حشرات بالغ شته فندق ۱۰ روز بعد از تیمار در جدول ۳ نشان داده شده است. مقدار کشندگی جدایه IRAN429C با توجه به شاخص LC_{50} معادل $۹/۸۶\times۱۰^{۴}$ کنیدی بر میلی‌لیتر نسبت به جدایه Z-1 ($۱/۰۳\times۱۰^{۶}$ کنیدی بر میلی‌لیتر) بیشتر است.

جدول ۳- مقادیر LC_{50} و LC_{30} جدایه IRAN429C و Z-1 از قارچ *B. bassiana* روی حشرات بالغ شته *M. Coryli*

Table 3. LC_{50} and LC_{30} values of IRAN429c and Z-1 isolates of *B. bassiana* on adults of *M. Coryli*

تیمارها Treatments	شیب Slope	کای اسکور (درجه آزادی) $\chi 2$ (df)	عرض از مبدا ± انحراف معیار Intercept (+5) ± SE	احتمال p	LC_{50}(CLs) *	LC_{90}(CLs) *	LC_{30}(CLs) *
IRAN429c	0.46±0.04	2.691(3)	2.69±0.27	0.44	9.86×10^4 (4.53×10^4-1.86×10^5)	5.82×10^7 (2.19×10^7-2.31×10^8)	7.24×10^3 (2.03×10^3-1.79×10^4)
Z-1	0.50±0.04	0.149(3)	1.98±0.28	0.98	1.03×10^6 (5.89×10^5-1.80×10^6)	3.71×10^8 (1.31×10^8-1.57×10^9)	9.26×10^4 (4.16×10^4-1.74×10^5)

* Conidia/ml, CLs= Confidence limits

* کنیدی بر میلی‌لیتر (CLs = حدود اطمینان)

نتایج حاصل از تجزیه آماری نشان می‌دهد که با اطمینان ۹۵ درصد بین مرگ‌ومیر ناشی از غلظت‌های مختلف جدایه‌های IRAN429C (P<۰/۰۰۰۱ , $F_{۲۴, ۵}$= ۳۴۰/۸۸) و Z-1 (P<۰/۰۰۰۱, $F_{۲۴, ۵}$= ۲۸۴/۰۴) از قارچ مورد بررسی علیه حشرات بالغ شته فندق اختلاف معنی‌داری وجود دارد.

درصد مرگ و میر حشرات بالغ شته فندق در این تحقیق در بالاترین غلظت ($۱۰^۸$ کنیدی بر میلی‌لیتر) جدایه IRAN429C ۹۵/۰۰ درصد و بالاترین غلظت جدایه Z-1 مقدار۸۴/۰۰ درصد تعیین شد. نتایج به‌دست‌آمده از مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون توکی نشان می‌دهد که بین میانگین تلفات ناشی از غلظت‌های مختلف هر دو جدایه روی حشرات بالغ شته فندق در سطح آماری ۵ درصد اختلاف معنی‌دار مشاهده می‌شود (جدول ۴ و ۵).

جدول ۴- میانگین درصد تلفات حشرات بالغ شته فندق در اثر جدایه قارچی *B. bassiana* IRAN429C

Table 4. The mean percentage of adult insect mortality caused by the fungal isolate *B. bassiana* IRAN429C in hazelnut aphids.

غلظت‌ها (کنیدی بر ملی‌لیتر) Concentrations (Conidia/ml)	10^8	10^7	10^6	10^5	10^4	شاهد Control
میانگین ± انحراف معیار Mean ± SE	95 ± 0.31^a	79 ± 0.37^b	65 ± 0.44^c	51 ± 0.37^d	34 ± 0.36^e	2 ± 0.24^f

* حروف غیر مشابه در هر ردیف نشان‌دهنده وجود اختلاف آماری معنی‌دار است (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 ۵- میانگین درصد تلفات حشرات بالغ شته فندق در اثر جدایه قارچی *B. bassiana* Z-1

Table 5. The mean percentage of adult insect mortality caused by the fungal isolate B. bassiana Z-1 in hazelnut aphids

غلظت‌ها (کنیدی بر ملی‌لیتر) Concentrations (Conidia/ml)	10^8	10^7	10^6	10^5	10^4	شاهد Control
میانگین ± انحراف معیار Mean ± SE	84 ± 0.37^a	69 ± 0.24^b	49 ± 0.37^c	32 ± 0.40^d	15 ± 0.44^e	2 ± 0.24^f

* حروف غیر مشابه در هر ردیف نشان‌دهنده وجود اختلاف آماری معنی‌دار است (آزمون توکی، P<0.05).

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

اثر زیرکشندگی (LC_{30}) جدایه قارچ‌ها روی فراسنجه‌های زیستی

طول دوره رشدی مراحل نابالغ

اثر تیمار جدایه‌های *B. bassiana* روی طول دوره مراحل نابالغ شته فندق در جدول ۶ ارایه شده است. بر اساس نتایج، جدایه‌ها نشو و نمای مراحل نابالغ را به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر قرار دادند. کوتاه‌ترین طول دوره نابالغ (پوره تا ظهور حشره بالغ) مربوط به جدایه IRAN429C است.

جدول ۶- مقایسه میانگین تأثیر دو جدایه *B. bassiana* روی مرحله پورگی *M. coryli*

Tabel 6. A comparison of the mean effects of two isolates of *B. bassiana* on the nymph stage of *M. coryli*

تیمارها Treatments	پوره سن۱ Nymph 1	پوره سن۲ Nymph 2	پوره سن ۳ Nymph 3	پوره سن ۴ Nymph 4	مراحل پیش از بلوغ Preadult stage
Control	4.06±0.13^{a}	3.06±0.11^{a}	2.81±0.10^{a}	4.12±0.11^{a}	14.06±0.28^{a}
Z-1	3.78±0.12^{b}	2.50±0.11^{b}	2.44±0.10^{b}	3.26±0.11^{b}	12.01±0.24^{b}
IRAN429C	3.28±0.10^{c}	2.25±0.12^{c}	2.31±0.09^{bc}	3.00±0.13^{bc}	10.84±0.29^{c}

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

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

میانگین طول دوره قبل از پوره‌گذاری شته‌های بالغ (APOP)، روزهای پوره‌زایی، کل دوره قبل از پوره‌زایی (TPOP)، پوره‌زایی (Fecundity) و طول عمر (روز) شته فندق *M. coryli* در دو تیمار قارچ *B. bassiana* در جدول ۷ نشان داده شده است. دوره قبل از تخم‌ریزی در شته‌های بالغ در دو تیمار و شاهد باهم تفاوت معنی‌داری ندارد. طول عمر در تیمارهای IRAN429C (۳۱/۷۵) و Z-1 (۳۹/۴۵) نسبت به شاهد (۴۳/۵۰) تفاوت معنی‌دار دارد. پوره‌زایی (Fecundity) شته فندق در IRAN429C، Z-1 و شاهد به‌ترتیب برابر با ۳۱/۷۵، ۳۹/۴۵ و ۷۸/۴۱ (پوره/ماده) است که اختلاف معنی‌داری با هم‌دیگر دارند (جدول۷).

فراسنجه‌های رشد جمعیت پایدار

مقادیر مربوط به فراسنجه‌های رشد جمعیت شته مومی فندق تیمارشده با غلظت LC_{30} جدایه‌های قارچی و شاهد در جدول ۸ نشان شده است. نرخ خالص تولید مثل(R_0)، نرخ ذاتی افزایش جمعیت (r_m) برای شته‌های تیمارشده اختلاف معنی‌داری با شاهد داشتند.

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

نرخ بقای ویژه سنی (l_x) و باروری ویژه سنی (m_x) و زادآوری ویژه سنی (l_xm_x) در شکل ۱ نشان داده شده است. در تیمارها بقای ویژه سنی (l_x) و باروری ویژه سنی (m_x) در غلظت LC_{30} جدایه‌ها همراه با افزایش سن کاهش یافت. درتیمارهای IRAN429C، Z-1 و شاهد مرگ و میر به‌ترتیب از روزهای ۲۶، ۳۱ و ۳۶ از چرخه زندگی شروع شد. توانایی زنده ماندن در تیمار IRAN429C با مقدار ۳۶ روز و در تیمار Z-1 با مقدار ۳۹ روز نسبت به شاهد (۴۸ روز) کاهش یافت.

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

نرخ بقای ویژه سنی (l_x) و باروری ویژه سنی (m_x) و زادآوری ویژه سنی (l_xm_x) در شکل ۱ نشان داده شده است. در تیمارها بقای ویژه سنی (l_x) و باروری ویژه سنی (m_x) در غلظت LC_{30} جدایه‌ها همراه با افزایش سن کاهش یافت. درتیمارهای IRAN429C، Z-1 و شاهد مرگ و میر به‌ترتیب از روزهای ۲۶، ۳۱ و ۳۶ از

چرخه زندگی شروع شد. توانایی زنده ماندن در تیمار IRAN429C با مقدار ۳۶ روز و در تیمار Z-1 با مقدار ۳۹ روز نسبت به شاهد (۴۸ روز) کاهش یافت.

جدول ۷- میانگین فراسنجه‌های زیستی شته فندق *M. coryli* تیمار شده با دو جدایه قارچی *B. bassiana*

Table 7. Mean biological parameters of hazelnut aphid *M. coryli* treated with two fungal isolates of *B. bassiana*

مراحل Stages	(LC30) IRAN429		(LC30) Z-1		شاهد Control	
	n	میانگین ± انحراف معیار Mean ± SE	n	میانگین ± انحراف معیار Mean ± SE	n	میانگین ± انحراف معیار Mean ± SE
دوره پیش از تخم‌ریزی در حشرات بالغ APOP	32	1.53±0.22a	31	1.48±0.24a	32	0.56±0.12a
دوره تخم‌ریزی Oviposition	32	15.03±0.41b	31	13.42±0.35c	32	25.72±0.31a
کل دوره قبل از تخم ریزی TPOP	32	12.38±0.38c	31	13.48±0.36b	32	14.62±0.29a
زادآوری تعداد کل تخم‌ها Total fecundity	32	31.75±1.07c	31	39.45±1.09b	32	78.41±1.31a
طول عمر حشرات ماده Female total longevity	32	33.28±0.45c	31	35.81±0.36b	32	43.50±0.43a

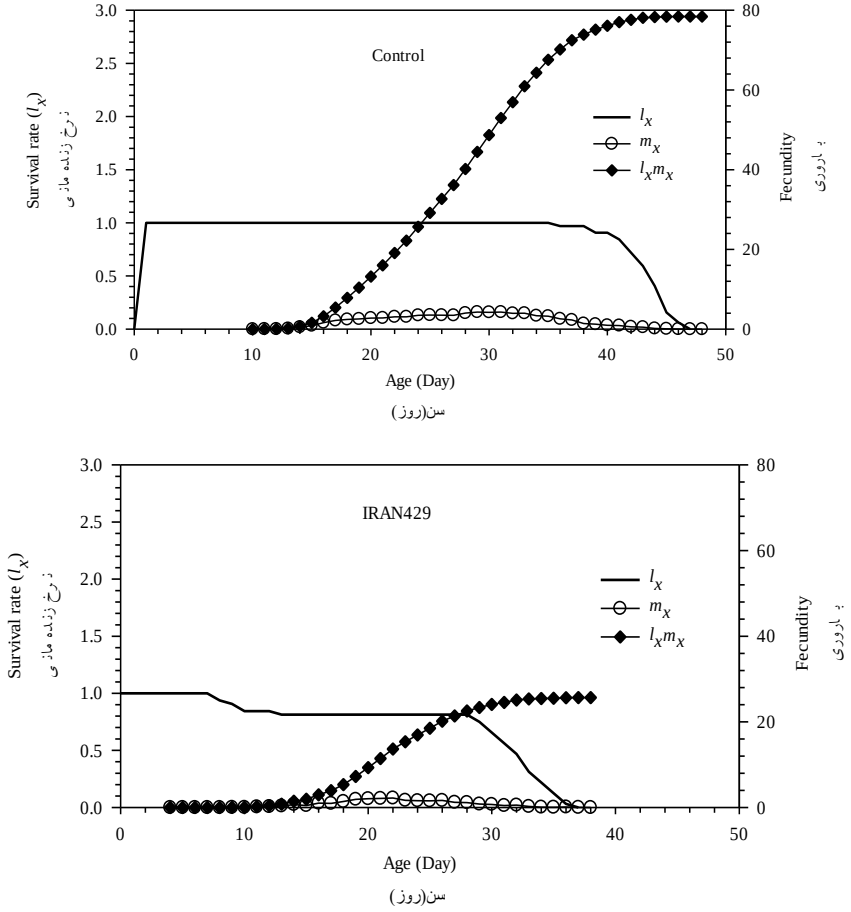
* خطاهای استاندارد با روش بوتسترپ با ۱۰۰۰۰تکرار به‌دست آمده اند. اختلاف بین تیمارها با روش بوتسترپ جفت شده مقایسه شده است (p<۰/۰۵). حروف متفاوت در ردیف‌ها بیانگر اختلاف معنی‌دار بین تیمارها است.

* Standard errors were estimated by using the bootstrap technique with 10,000 resampling. Difference was compared with paired bootstrap test ($p < 0.05$). The mean followed by different lower case letters in rows indicate significant differences between treatments.

جدول ۸- مقایسه میانگین ± انحراف معیار تأثیر دو جدایه قارچ بیماریزای *B. bassina* روی شاخص‌های رشدی شته فندق *M. coryli*

Table 8. Comparison of the average ± SE effect of two isolates of the pathogenic fungus *B. bassina* on the growth parameters of the hazelnut aphid *M. coryli*

جدایه‌ها Isolates	نرخ خالص تولیدمثل R_0 (female/female/generation)	نرخ ذاتی افزایش جمعیت r_m (female/female/day)	نرخ متناهی افزایش جمعیت λ (female/day)	متوسط مدت زمان یک نسل T (days)	نرخ ناخالص تولیدمثل GRR (female/female/generation)
Control	78.40±1.11a	0.18±0.001a	1.19±0.003a	24.10±0.38a	72.50±1.18a
Z-1	38.21±1.59b	0.16±0.002b	1.17±0.003b	22.02±0.32b	40.82±1.11b
IRAN249C	25.65±2.40c	0.15±0.005c	1.17±0.006b	20.61±0.42c	34.48±1.49c



شکل ۱- نرخ بقای ویژه سنی (l_x)، باروری روزانه(m_x) و نرخ ویژه مرگ و میر ($l_x m_x$) شته فندق تیمارشده با دو جدایه قارچی *B. bassiana* و شاهد

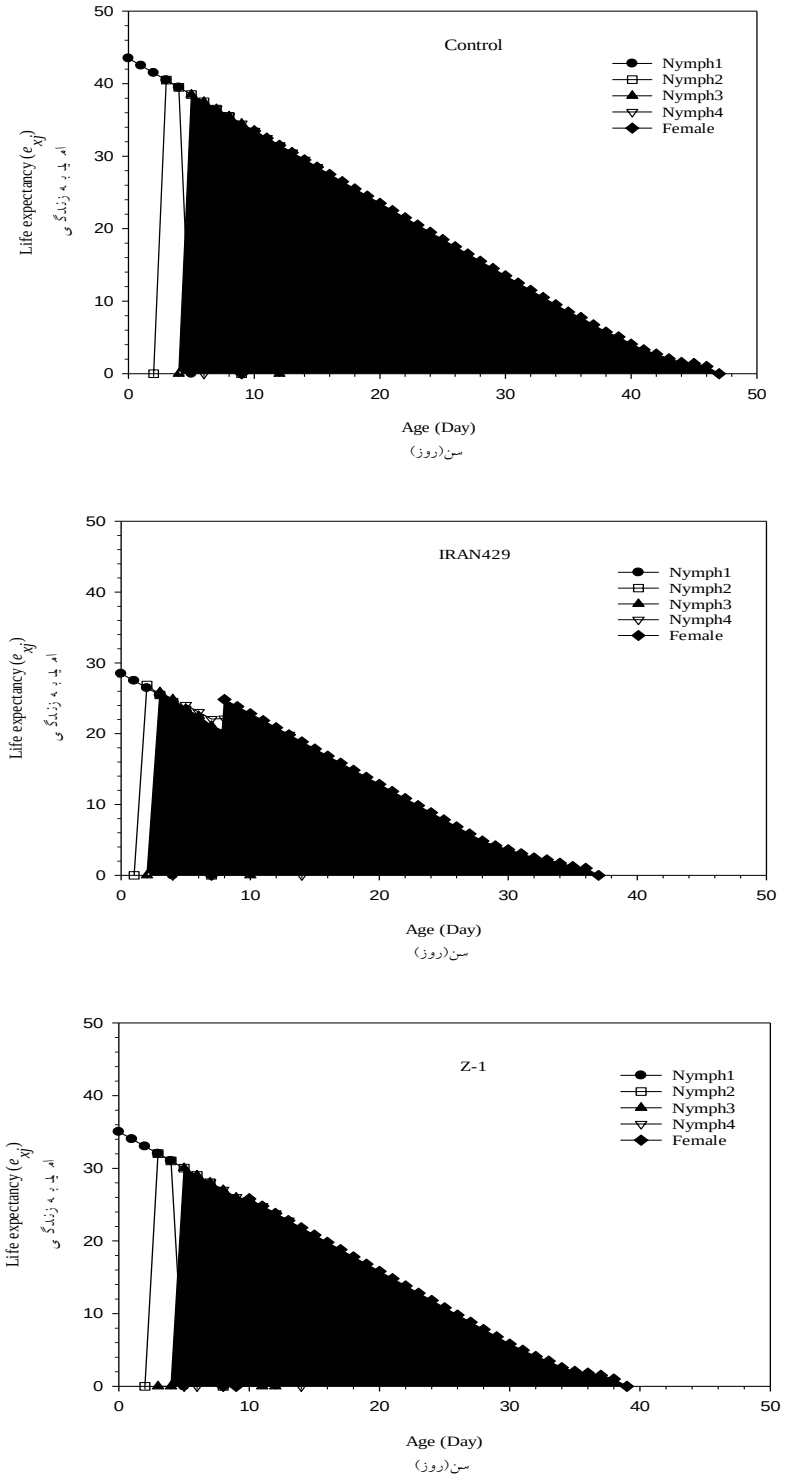
Figure 1. Age-specific survival rate (l_x), age-specific fecundity (m_x), and age specific maternity ($l_x m_x$) of *M. coryli* treated by two isolates of *B. brassicae* and control

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

امید به زندگی هر گروه سنی(e_{xj}) شته فندق زمان مورد انتظاری است که هر فرد در سن x و مرحله j زنده خواهد ماند. امید به زندگی شته فندق با افزایش سن کاهش یافته است. امید به زندگی حشرات بالغ شته فندق تیمار شده با جدایه‌هایIRAN429Cو Z-1 برابر با ۲۴/۸۴ و ۲۵/۸۰ روز محاسبه شد که در مقایسه با امید به زندگی حشرات شاهد برابر با ۳۳/۵۰ روز، کاهش چشم‌گیری داشت (شکل ۲).

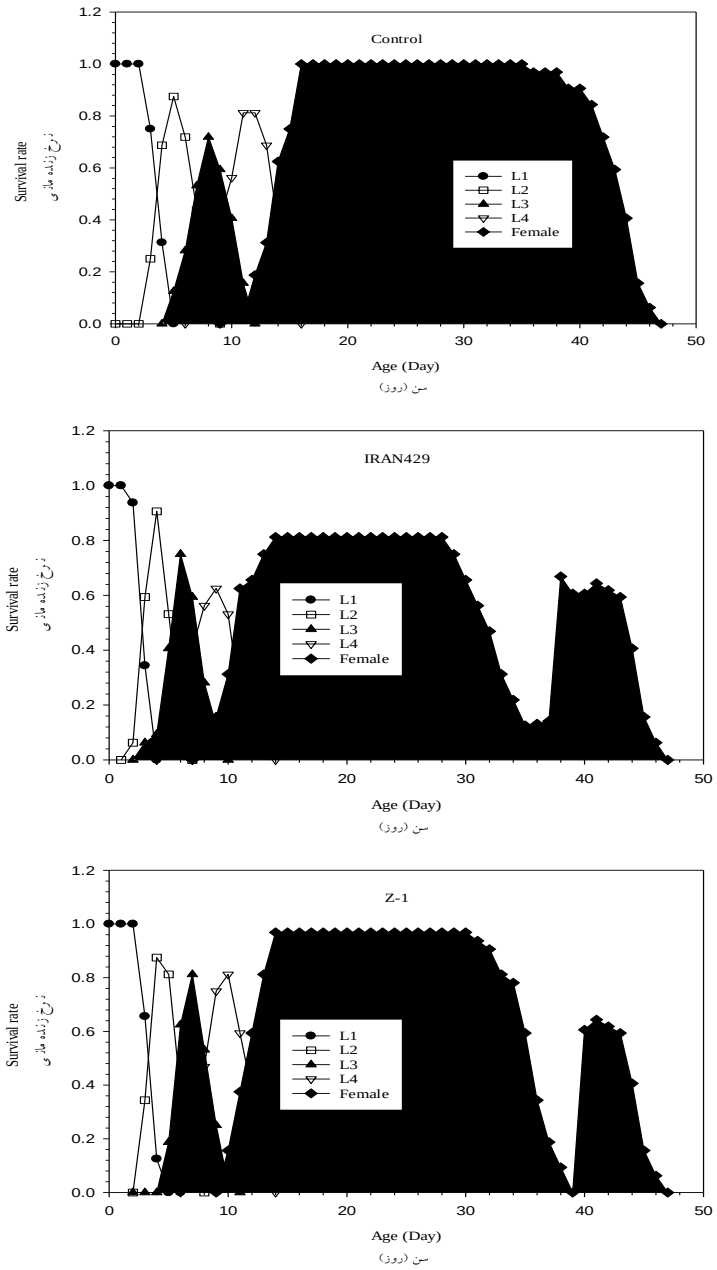
تأثیر جدایه‌ها روی نرخ بقاء ویژه مرحله سنی (S_{xj})

نرخ بقاء ویژه مرحله 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. بیشترین نرخ بقاء حشرات بالغ ماده در تیمارهای جدایه‌های IRAN429C، Z-1 و شاهد به‌ترتیب برابر با ۰/۸۱، ۰/۹۶ و ۱/۰۰ روز به‌دست آمد.



شکل ۲- نمودار امید به زندگی شته فندق (e_x) و تیمار شده با غلظت LC_{30} دو جدایه IRAN429C، Z-1 از قارچ بیمارگر *B. bassiana* و شاهد

Figure 2. Age-stage-specific life expectancy (e_{xj}) of *M. coryli* treated by LC_{30} concentration of two isolates of *B. brassicae* IRAN429C, Z-1and control



شکل ۳- نرخ بقاء ویژه سن (S_{xj}) شته فندق تیمارشده با غلظت LC_{30} دو جدایه IRAN429C، Z-1 قارچ بیمارگر *B. bassiana* و شاهد

Figure 3. Age-stage survival rate (*Sxj*) of *M. coryli* treated by LC_{30} concentration of two isolates of *B. brassicae* IRAN429C, Z-1 and control.

بحث

نتایج این پژوهش نشان داد که دو جدایه IRAN429C و Z-1 از قارچ بیمارگر *B. bassiana* نه تنها در غلظت‌های بالا سبب مرگ و میر شته‌های فندق *M. coryli* می‌شود بلکه در غلظت کم‌کشنده نیز سبب کاهش زنده مانی و تولیدمثل می‌شود. در مدیریت آفات، لازم است تا شاخص‌های رشد جمعیت، عوامل مؤثر بر افزایش آن و فراسنجه‌های تولیدمثلی مشخص شوند و جدول زندگی به‌عنوان یک روش مؤثر در این زمینه پیشنهاد

می‌شود (Sakai et al., 2001). مقدار کشندگی جدایه‌های قارچی IRAN429C و Z-1 با LC_{50} برابر با $۹/۸۶\times۱۰^{۴}$ و $۱/۰۳\times۱۰^{۶}$ کنیدی در میلی‌لیتر مشاهده شد. نتایج نشان داد نرخ افزایش مرگ‌ومیر رابطه مستقیم با غلظت کنیدی جدایه‌ها دارد. Feng et al. (1990) تأثیر بیماری‌زایی قارچ‌های *Lecanicillium lecanii* و *B. bassiana* روی شش گونه از شته غلات را با بررسی مقدار LC_{50} مشخص کردند که نتایج نشان دهنده اختلاف معنی‌دار در حساسیت به دو قارچ بیمارگر است. قارچ *B. bassiana* موجب مرگ و میر سریع‌تر در شته‌ها شد که نتایج این محققین با نتایج تحقیق حاضر مطابقت دارد. در بررسی اثر قارچ *M. anisopliae* در کنترل شته فندق *M. coryli* نتایج نشان داد که این قارچ در کنترل بیولوژیک پوره‌های شته فندق بسیار توانا است. در دمای ۲۵ درجه ۳۸/۸ درصد کشندگی بعد از ۳ روز از ایجاد آلودگی مشاهده شد (Aker and Abasi, 2016). در بررسی تأثیر قارچ *M. anisopilae* جدایه M14 روی پوره سن دوم فندق بسیار مؤثر بوده و LC_{50} برابر با $۱/۱۱\times۱۰^{۶}$ کنیدی بر میلی‌لیتر به‌دست آمده است و همچنین، برای کنترل مرحله پورگی شته در شرایط صحرایی به غلظت بالاتری از سوسپانسیون قارچی در مقایسه با شرایط آزمایشگاهی نیاز است (Aghazadeh et al., 2022). Alizadeh et al. (2006) تأثیر جدایه‌های قارچ *B. bassiana*، روی پسیل پسته در شرایط آزمایشگاهی مورد بررسی قرار دادند کمترین و بیشترین غلظت در جدایه‌های DEBI008 و DEBI007 به‌دست آمد که با نتایج این پژوهش مبنی بر خاصیت حشره کشی قارچ *B. bassiana* مطابقت دارد. محققین 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 به‌دست آوردند (Dorschner et al., 1991). دانشمندان در پژوهشی نشان داند که تماس شته *Aphis gossypii* با کنیدی‌های هر دو جدایه قارچی *B. bassiana* و *L. lecanii*، طول مدت زمان تولیدمثل شته و قدرت زنده مانی و تولیدمثل شته *Aphis gossypii* را کاهش می‌دهد، ضمن این که قارچ‌های *B. bassiana* و *L. lecanii* کشت شده در آزمایشگاه به‌طور قابل توجهی مرگ و میر حشرات را افزایش دادند (Gurulingappa et al., 2011). در تحقیق حاضر نیز با دو جدایه مذکور نتایج مشابه به‌دست آمد. در برنامه‌های کنترل میکروبی آفت نه تنها اثر مستقیم کشنده بیمارگر بلکه اثر زیرکشندگی آلودگی ناشی از بیمارگر نیز در شناخت مکانیسم اثر و نحوه همه‌گیری بیماری در جمعیت حشره میزبان حائز اهمیت است (Latifian et al., 2010). در آزمایشی تأثیر جدایه *Lecanicillium attenuatum* CS625 در رشد و تولیدمثل شته پنبه (*A. gossypii*) بررسی شد. نتایج نشان داد که افزایش غلظت اسپوری تأثیر بسزایی روی مراحل پورگی، مدت زمان سن پورگی و طول دوره قبل از بلوغ نداشته است، اما روی طول عمر، طول دوره تولیدمثلی و باروری مؤثر بوده و نتایج نشان داد نرخ خالص تولید مثل از ۵۹ پوره در شاهد ۲۱/۷، ۳۳/۴ و ۴۹/۳ پوره در غلظت‌های $۱۰^{۸}$، $۱۰^{۶}$ و $۱۰^{۴}$ کاهش یافت که نشان دهنده کاهش باروری کل در شته‌های آلوده نسبت به شته‌های شاهد است (Kim, 2007). در تحقیق حاضر جدایه IRAN429C سبب کاهش طول عمر، طول دوره تولید مثلی و باروری بوده است و نرخ خالص تولید مثلی را در غلظت LC_{30} از ۷۸/۴۰ پوره در شاهد به ۲۵/۶۵ پوره کاهش داشت. پژوهش‌های انجام شده در ارتباط با اثر غلظت‌های زیرکشنده قارچ‌های بیمارگر بر توانایی تولید مثل حشرات میزبانش اندک بود. در بررسی چندین قارچ بیمارگر حشرات روی *B. brassicae* مشخص شد کوتاه‌ترین امید به زندگی شته

در حشرات تیمارشده در جدایه‌های *Acremonium sclerotigenum* و *Lecaniciliium muscarium* با ۱۴/۲۴ و ۱۴/۴۵روز که در مقایسه با امید به زندگی در شاهد که برابر با ۲۴/۶۳ روز به‌دست آمده است، کاهش چشم‌گیری داشت (Akbari et al., 2020). در این پژوهش نیز کوتاه‌ترین امید به زندگی شته های تیمار شده در جدایه‌های IRAN429 و Z-1 با ۱۴/۲۴ و ۳۵/۵۰ روز که نسبت به شاهد (۳۵/۵۰ روز) کاهش یافت. محققان گزارش کردند که قارچ *L. lecanii* مقدار R_0 را در شته معمولی گندم (*Schizaphis graminum* Zimm.) در مقایسه با تیمار شاهد به‌طور معنی‌داری کاهش می‌دهد (Ganassi et al., 2010). در تحقیق حاضر نیز مقدار R_0 در شته‌های تیمار شده با غلظت LC_{30} جدایه‌های قارچی به‌صورت معنی‌داری کاهش یافت. محققین دریافتند که جدایه DEBI001 قارچ *B. bassiana* به‌طور معنی‌داری شاخص‌های جدول زندگی را تحت تأثیر قرار می‌دهد و با افزایش غظت کنیدی مقادیر l_x و m_x کاهش می‌یابد (Rashki and Shirvani, 2013). در بررسی نرخ ذاتی افزایش جمعیت (r_m) شته مومی کلم *B. brassicae* تحت تأثیرغلظت زیرکشنده جدایه‌های قارچی *A. sclerotigenum*، *L. muscarium*، *B. bassiana*، *P. variotii* و *Simplicillium* sp. در مقایسه با شاهد (۰/۳۳ روز) به‌طور معنی‌داری کاهش نشان داد و r_m به‌دست آمده از تیمار قارچی *B. bassiana* مقدار ۰/۲۴ روز به‌دست آمد (Akbari et al., 2020). نرخ خالص تولیدمثل (R_0) و نرخ متناهی افزایش جمعیت (λ) به‌طور معنی‌داری در شته‌های تیمار شده در مقایسه با حشرات شاهد کاهش یافت. نرخ ذاتی افزایش جمعیت (r_m) در غلظت‌های 10^7، 10^6، 10^5 و 10^4 کنیدی بر میلی‌لیتر به‌ترتیب برابر با ۰/۱۹، ۰/۲۲، ۰/۲۳ و ۰/۲۴ ماده/ روز به‌دست آمد، که در مقایسه با شاهد ۰/۲۶ کاهش داشت (Safavi and Taheri, 2019). در این پژوهش نیز نرخ ذاتی افزایش جمعیت (r_m) شته فندق در غلظت زیر کشنده جدایه‌های IRAN429Cو Z-1 به‌ترتیب معادل ۰/۱۵ و ۰/۱۸ ماده/ماده/روز به‌دست آمد که در مقایسه با شاهد (۰/۱۸ ماده/ماده/روز) به‌طور معنی‌داری کاهش نشان داد. در تحقیقی نرخ خالص افزایش جمعیت (R_0) برای شته مومی کلم *B. brassicae* تیمار شده با غلظت LC_{30} جدایه DEMI001 از قارچ *M. anisopliae* ۲۶/۹۸ ماده/ماده/ نسل برآورد شد که اختلاف آماری معنی‌داری با شاهد (۶۴/۲۱) نشان داد و همچنین نرخ ذاتی افزایش جمعیت (r_m) در جدایه مذکور ۰/۲۸ ماده/ماده/ روز محاسبه شد که نسبت به شاهد (۰/۳۳) کاهش نشان داد. نتایج تحقیق حاضر نیز بیانگر آن است که شاخص‌های مذکور در غلظت LC_{30} جدایه قارچی IRAN429C و Z-1 در مقایسه با شاهد کاهش داشته است. (Emami et al., 2016). تحقیق حاضر نشان داد که جدایه‌های قارچی *B. bassiana* نه تنها سبب کاهش طول عمر شته *M. coryli* می‌شود بلکه در غلظت LC_{30} سبب کاهش مقدار تولید مثل و توسعه شته‌های آلوده به قارچ می‌شود.

نتیجه‌گیری کلی

دو جدایه‌های IRAN429C و Z-1 از قارچ *B. bassiana* داری اثر کشندگی و زیرکشندگی در شرایط آزمایشگاهی روی شته *M. coryli* است و برای استفاده در شرایط مزرعه‌ای و در مدیریت تلفیقی نیازمند انجام تحقیقات میدانی و بررسی اثر آنها روی پارازیتوئیدها و شکارگرها است.

تشکر و قدردانی

این تحقیق با حمایت مالی دانشگاه ارومیه انجام شد که بدین‌وسیله از مسئولین محترم دانشگاه تشکر و قدردانی می‌شود.

References

Abbott, W. S., A method of computing the effectiveness of an insecticide. *J. econ. Entomol* **1925,** *18* (2), 265-267.

Aghazadeh, R.; Zargaran, M.; Aramideh, S.; Razmi, M., The lethal effects of entomopathogenic fungi Metarhizium anisopliae isolets against 2nd nymphal stage of filbert aphid Myzocallis coryli. *Plant Pests Research* **2022,** *12* (1), 15-25. (In Persian).

Akbari, S.; Mirfakhraei, S.; Aramideh, S.; Safaralizadeh, M., Sublethal Effects of Some Entomopathogenic Fungi Isolates on Growth, Reproduction and Life Table Parameters of Brevicoryne brassicae L. (Hemiptera: Aphididae). *Journal of Applied Research in Plant Protection* **2020,** *9* (1), 71-86. (In Persian).

Aker, O.; Abacı, S. H., Entomopathogenicity of Metarhizium anisopliae and some fungi toward the filbert aphid, Myzocallis coryli Goetze (Hemiptera: Aphididae). *International Journal of Fauna and Biological Studies* **2016,** *3* (5), 32-37.

Alikhani, M.; Rezwani, A.; Rakhshani, E.; Madani, S., Survey of aphids (Hem., Aphidoidea) and their host plants in central parts of Iran. *Journal of Entomological Research* **2010**, *2* (2), 7- 16. (In Persian).

Alizadeh, A.; Kharrazi Pakdel, A.; Talebi-Jahromi, K.; Samih, M. In *The effect of some Beauveria bassiana isolates on common pistachio psylla Agonoscena pistaciae*. Presented at 17th Iranian Plant Protection Congress. Tehran, 2006; p 6. (In Persian)

Aramideh, S., Effect of active charcoal and starch on enhancement pathogenicity of Bacillus thuringiensis var. kurstaki against second instars larvae of ash tree pest Nyssia graecarius Staudinger (Lep.: Geometridae). *Forest Research and Development* **2016,** *2* (2), 143-152. (In Persian).

Arauio, J.; Marques, E.; Oliveria, J., Potential of Metarhizium and Beauveria bassiana isolates and neem oil to control the Aphid lipaphis erysimi (kalt) (Hemiptera: Aphididae). *Neotropical Entomology* **2009,** *38* (4), 520-525.

Brattsten, L.; Holyoke Jr, C.; Leeper, J.; Raffa, K., Insecticide resistance: challenge to pest management and basic research. *Science* **1986,** *231* (4743), 1255-1260.

Butt, T. M.; Jackson, C.; Magan, N., Introduction-fungal biological control agents: progress, problems and potential. In *Fungi as biocontrol agents: progress, problems and potential*, CABI publishing Wallingford UK: 2001; pp 1-8.

Carey, J. R., *Applied demography for biologists: with special emphasis on insects*. Oxford University Press: 1993.

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

Chi, H., Timing of control based on the stage structure of pest populations: a simulation approach. *Journal of Economic entomology* **1990,** *83* (4), 1143-1150.

Dorschner, K. W.; Feng, M.-G.; Baird, C. R., Virulence of an aphid-derived isolate of Beauveria bassiana (Fungi: Hyphomycetes) to the hop aphid, Phorodon humuli (Homoptera: Aphididae). *Environmental Entomology* **1991,** *20* (2), 690-693.

Emami, S.; Safavi, S. A.; Gusta, Y., 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* **2016,** *5* (2), 261-268.

Feng, M.-G.; Johnson, J. B.; Kish, L. P., 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* **1990,** *19* (3), 815-820.

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

Gantner, M., Aphidofauna of hazel bushes (Corylus L.) on a protected plantation, an unprotected plantation and in a forest. *Annales Universitatis Mariae Curie-Skłodowska. Sectio EEE, Horticultura* **2000,** *8*, 155-167.

Güncan, A.; Gümüş, E., Influence of different hazelnut cultivars on some demographic characteristics of the filbert aphid (Hemiptera: Aphididae). *Journal of economic entomology* **2017,** *110* (4), 1856-1862.

Gurulingappa, P.; McGee, P. A.; Sword, G., Endophytic Lecanicillium lecanii and Beauveria bassiana reduce the survival and fecundity of Aphis gossypii following

contact with conidia and secondary metabolites. *Crop protection* **2011,** *30* (3), 349-353.

Katundu, J. M.; Aliniazee, M., Variable Resistance of Filbert Aphid (Homoptera: Aphid. idae) to Insecticides in the Willamette Valley, Oregon. *Journal of economic entomology* **1990,** *83* (1), 41-47.

Kavosi, M. R.; Yavarian, R.; Mohammadzadeh, A.; Karami, J., The effect of biological compounds and fungicides to combat Biscogniauxia mediterranea causal agent of "Charcoal Disease" in vitro. *Forest Research and Development* **2018,** *3* (4), 343-360. (In Persian)

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

Latifian, M.; Soleimannejadian, E.; Ghazavi, M.; Mosadegh, M.; Hayati, J., Effects of sublethal concentrations of fungus Beauveria bassiana on the reproductive potentials of sawtoothed beetle Oryzaephilus surinamensis on commercial date cultivars. *Plant Protection Journal* **2010,** *2* (4), 277-290. (In Persia).

Puente, A. A.; Neculmán, R.; Ranz, R. E. R., Predatory capacity of Adalia angulifera (Coleoptera: Coccinellidae) larvae on Myzocallis coryli (Hemiptera: Aphididae) in Chile. *Ciencia e investigación agraria: revista latinoamericana de ciencias de la agricultura* **2014,** *41* (1), 81-88.

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

Safavi, S. A.; Sarhozaki, M. T., Effects of the entomopathogenic fungus, Lecanicillium longisporum on survival and population growth parameters of the cabbage aphid, Brevicoryne brassicae (Hemiptera: Aphididae) under laboratory conditions. *Journal of Entomological Society of Iran* **2019,** *38* (4), 377-388. (In Persian).

Sakai, A. K.; Allendorf, F. W.; Holt, J. S.; Lodge, D. M.; Molofsky, J.; With, K. A.; Baughman, S.; Cabin, R. J.; Cohen, J. E.; Ellstrand, N. C., The population biology of invasive species. *Annual review of ecology and systematics* **2001,** *32* (1), 305-332.

Effects of the entomopathogenic fungus, *Beauveria bassiana* (Bals. Criv.) Vuill on survival and population growth parameters of *Myzocallis coryli* Goetze

S. Akbari[1] and Sh. Aramideh[*2]

1- PhD of Entomology, Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, I. R. Iran. (sama8akbari@gmail.com)
2- Associate Professor, Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, I. R. Iran. (sh.aramideh@urmia.ac.ir)

Received: 27.08.2022 Accepted: 24.09.2022

Abstract

This study was carried out to determine the effects of the entomopathogenic fungus, *Beauveria bassiana* (Bals. Criv.) Vuill, on survival and population growth parameters of the *Myzocallis coryli* Goetze one of important pest of hazelnut. Effect of LC_{30} on development, reproduction and life table parameters of the Filbert aphid were studied under laboratory conditions. The LC_{50} values of IRAN429 and Z-1 isolates were 9.86×10^4 and 1.03×10^6 conidia ml^{-1}. The fungal treatment significantly ($P<0.005$) reduced nymphal period, life span and fecundity of the aphid in comparison with control. The r_m values of IRAN429 and Z-1 in LC_{30} were 0.15 and 0.16 female/female/day respectively which was significantly reduced in comparison with control aphid (0.18 female/female/day). The lifelong of IRAN429 (31.75 day) and Z-1 (39.45 day) treatments were had significant difference with control (43.50 day). The fecundity value of IRAN429, Z-1 and control were 31.75, 39.45 and 78.41 (nymph/ female) that have significant difference with each other. Finite rate of increase (λ) was significantly reduced in treated aphids (IRAN429= 1.17 and Z-1=1.17 female/female/day) compared to control (1.19 female/female/day) treatment. The results of the present study showed that due to the significant effect of pathogenic fungi in sub-lethal concentration on the survival and reproduction indicators of aphids, it can be used in the integrated and biological management program of target pests.

Keywords: Sub-lethal effect, Life table, Population growth, Biocontrol.

[*] Corresponding author Tel: +989143478914