



تأثیر زیرکشندگی قارچ‌های بیمارگر *Beauveria bassiana* و *B. pseudobassiana* روی شته جالیز *Aphis gossypii*

فرشته بازگیر^۱
<https://orcid.org/0000-0001-8832-105X>
جهانشیر شاکرمی^{۲*}
<https://orcid.org/0000-0003-3948-4113>
عیدی بازگیر^۳
<https://orcid.org/0000-0002-0797-5527>

۱، ۲ و ۳ - گروه گیاه پزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان، خرم آباد، ایران

چکیده: در مطالعه حاضر، اثرات زیرکشنده (LC_{25}) سویه‌های بومی از دو گونه مهم قارچ بیمارگر (*Beauveria bassiana* OQ421528 و *B. pseudobassiana* OQ421529) بر ویژگی‌های زیستی شته جالیز، *Aphis gossypii* Glover، در شرایط آزمایشگاهی (دمای 25 ± 1 درجه سلسیوس، رطوبت نسبی 65 ± 10 درصد و دوره نوری $16:8$ ساعت روشنایی: تاریکی) ارزیابی شد. مقادیر LC_{25} برای *B. bassiana* و *B. pseudobassiana* به ترتیب $9/35 \times 10^3$ و $4/54 \times 10^4$ کنیدی در میلی‌لیتر بود. تیمارهای قارچی در مقایسه با شاهد موجب افزایش طول دوره رشد و کاهش میزان زنده‌مانی، طول عمر حشرات بالغ و باروری شدند. نتایج نشان داد که طولانی‌ترین دوره رشد مراحل نابالغ در تیمار با *B. bassiana*، $5/62$ روز و در تیمار شاهد، $4/48$ روز بود. طول عمر افراد بالغ شته جالیز زمانی که در معرض غلظت زیرکشنده LC_{25} قارچ بیمارگر *B. bassiana* قرار گرفتند، در مقایسه با *B. pseudobassiana* و شاهد به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. نرخ ذاتی افزایش جمعیت (r) و نرخ متناهی افزایش جمعیت (λ) در گروه شاهد بیشترین و در تیمار *B. bassiana کمترین بود. آلودگی قارچی موجب کاهش نرخ خالص تولیدمثل (R_0) در افراد تیمار شده با *B. bassiana* ($18/67$ نتاج/فرد) و *B. pseudobassiana* ($53/12$ نتاج/فرد) در مقایسه با شاهد ($77/63$ نتاج/فرد) شد. نتایج این مطالعه نشان داد که قارچ‌های بیمارگر آزمایش شده می‌توانند به عنوان یک جایگزین مناسب در برنامه‌های مدیریت تلفیقی آفات علیه شته جالیز عمل کنند و *B. bassiana* OQ421528 امیدوارکننده‌ترین قارچ بیمارگر برای بررسی بیشتر است.*

تاریخ دریافت:

۱۴۰۴/۱/۱۴

تاریخ پذیرش:

۱۴۰۴/۳/۲۶

واژه‌های کلیدی: پارامترهای رشد جمعیت، جدول زندگی، قارچ‌های بیمارگر حشرات، کنترل زیستی

Citation Bazgir, F., Shakarami, J. & Bazgir, E. (2025). Sublethal effects of entomopathogenic fungi species, *Beauveria bassiana* and *B. pseudobassiana*, on *Aphis gossypii*. *Plant Pest Research*, 15(1), 85-96. **Doi:** <https://doi.org/10.22124/iprj.2025.30580.1637>



*Corresponding author: shakarami.j@lu.ac.ir

مقدمه

شته جالیز (*Aphis gossypii* Glover) از آفات مهم محصولات جالیزی به شمار می‌رود و کنترل آن بیشتر متکی بر استفاده از آفت‌کش‌های شیمیایی است. استفاده بی‌رویه از آفت‌کش‌های شیمیایی علیه این آفت باعث به‌خطر افتادن سلامت مصرف‌کنندگان، طغیان مجدد آفات، مقاوم‌شدن حشرات، ظهور آفات درجه دوم و حذف دشمنان طبیعی می‌شود. (Vu et al., 2007) یکی از روش‌های کم‌خطر و جایگزین برای کنترل شیمیایی آفات گیاهی، به‌کارگیری عوامل زیستی به‌ویژه میکروارگانیسم‌های بیمارگر حشرات است. استفاده از قارچ‌های بیمارگر حشرات در کنترل آفات مختلف نتایج خوبی به‌دنبال داشته و به همین دلیل بررسی‌های زیادی در زمینه کنترل بیولوژیک آفات توسط قارچ‌ها صورت گرفته است. (Butt et al., 2001)

قارچ‌های جنس *Beauveria* به عنوان یکی از کارآمدترین قارچ‌های بیمارگر حشرات شناخته می‌شوند که به علت طیف میزبانی گسترده و ایمنی زیستی، جایگاه ویژه‌ای در مدیریت آفات گیاهی دارند و می‌توانند طیف بیشتری از حشرات از جمله راسته سخت‌بالپوشان، بالپولک‌داران، دوبالان و بال‌غشائیان را آلوده کنند. (Hajek & Leger, 1994; Waseem et al., 2004) در میان گونه‌های این جنس، دو گونه قارچ بیمارگر *B. pseudobassiana* و *B. bassiana* (Balsamo-Crivelli) Vuillemin به عنوان گونه‌های کلیدی در کنترل زیستی آفات متعدد از جمله سفیدبالک گلخانه، تریپس‌ها، شته‌ها و دیگر آفات مطرح هستند. (Purian et al., 2010; Ghodke et al., 2013; Wang et al., 2020) تاکنون پژوهش‌های متعددی تأثیر این قارچ‌ها را روی شاخص‌های زیستی (نرخ مرگ‌ومیر، طول عمر، زادآوری و ...) آفات مختلف ارزیابی کرده‌اند که از آن جمله می‌توان به بررسی‌های صورت گرفته روی شته کلم (Zaki, 1998; Mousavi et al., 2022)، کنه تارتن دولکه‌ای (Seyed-Talebi et al., 2012)، سفیدبالک (Zhang et al., 2018)، شته جالیز (Rashki & Shirvani, 2013; Najafi-Sisakht et al., 2020) و آفات انباری (Ondráčková, 2015) اشاره نمود.

استفاده از قارچ‌های بیمارگر حشرات به دلیل ویژگی‌های منحصر به فردشان، یعنی اختصاصی بودن علیه آفات هدف، فرمولاسیون‌های سازگار با محیط زیست و سازگاری با حشره‌کش‌ها، در کنترل آفات مورد توجه فزاینده‌ای قرار گرفته است. بنابراین، آنها به عنوان عوامل بیولوژیکی بخش اساسی برنامه‌های مدیریت تلفیقی آفات (IPM) در نظر گرفته می‌شوند (Mousavi et al., 2022). سطح بیماری‌زایی قارچ‌های بیمارگر حشرات به شرایط اکولوژیکی که به خوبی با آن سازگار شده‌اند بستگی دارد. علاوه بر این، اثربخشی آنها بین سویه‌ها بسته به عوامل محیطی رایج در مکان‌هایی که به دست آمده‌اند، متفاوت است (Jaronski, 2007). بنابراین، ارزیابی کارایی و بیماری‌زایی قارچ‌های بیمارگر حشرات برای به دست آوردن آفت‌کش‌های زیستی مؤثرتر و قوی‌تر مهم است (Mesquita et al., 2020). بر این اساس، مطالعه حاضر با هدف مقایسه کارایی جدایه‌های بومی از دو گونه قارچ *B. pseudobassiana* و *B. bassiana* روی شته جالیز در شرایط آزمایشگاهی طراحی شد.

مواد و روش‌ها

پرورش شته جالیز

برگ‌های خیار آلوده به شته جالیز از گلخانه‌های دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان جمع‌آوری شدند. پس از انتقال گونه مورد نظر، کلنی شته در ظروف پلاستیکی به ابعاد ۱۴×۱۲×۵ سانتی‌متر و در دمای ۲۵ درجه سلسیوس، رطوبت نسبی ۶۵ درصد و شرایط نوری ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی قرار داده شد. برای همسن‌سازی پوره‌های سن یک و همچنین برای حذف اثر سن مادری، شته‌های ماده جمع‌آوری شده روی برگ خیار (رقم نگین) قرار داده شدند تا به مدت ۲۴ ساعت پوره‌زایی کنند. بعد از سه نسل پرورش، شته‌های بالغ حذف و پوره‌ها تا رسیدن به مرحله بلوغ نگهداری شدند. سپس، از این شته‌های بالغ برای تولید پوره‌های سن اول، به منظور انجام آزمایش‌ها استفاده شد.

جدایه قارچ بیمارگر *B. pseudobassiana* و *B. bassiana*

در پژوهش حاضر از جدایه قارچ‌های بیمارگر *B. pseudobassiana* OQ421529 و *B. bassiana* OQ421528 از آزمایشگاه قارچ‌شناسی دانشکده کشاورزی دانشگاه لرستان روی محیط کشت PDA تهیه و استفاده شد. محیط کشت تلقیح شده پس از آماده‌سازی به دستگاه انکوباتور با دمای ۲۵ درجه سلسیوس و شرایط تاریکی کامل منتقل شد. بعد از گذشت دو هفته و رشد کامل قارچ‌ها در شرایط استریل مقدار ۲۰ میلی‌لیتر آب مقطر به همراه یک میلی‌لیتر Tween 80 (۰/۰۲ درصد) درون محیط کشت حاوی قارچ ریخته شد و سپس این سوسپانسیون به لوله آزمایش استریل انتقال داده شد. سوسپانسیون تهیه شده به مدت ۱۰ دقیقه ورتکس و به منظور جدا شدن قطعه‌های هیف از کاغذ صافی عبور داده شد. برای تهیه سوسپانسیون‌هایی با غلظت بالا، سوسپانسیون‌ها سانتریفوژ شده و پس از ته‌نشین شدن کنیدی‌ها، آب مقطر رویی دور ریخته و کنیدی‌های چند لوله با هم مخلوط شدند. بعد از آماده شدن سوسپانسیون‌ها، با استفاده از سمپلر مقدار ۱۰ میکرولیتر از سوسپانسیون برای شمارش کنیدی روی لام گلبول‌شمار ریخته شد و زیر میکروسکوپ شمارش شد.

روش زیست‌سنجی

غلظت‌های مورد آزمایش برای هر دو قارچ بیمارگر *B. pseudobassiana* و *B. bassiana* شامل غلظت‌های 1×10^4 ، 1×10^5 ، 1×10^6 ، 1×10^7 ، 1×10^8 کنیدی در میلی‌لیتر انتخاب شدند (Alizadeh-Gelsefidi et al., 2019; Najafi-Sisakht et al., 2020). به منظور برآورد میزان بیماری‌زایی قارچ‌های بیمارگر *B. pseudobassiana* و *B. bassiana* از روش محلول‌پاشی مستقیم روی پوره سن سوم شته استفاده شد. به این صورت که پس از تهیه غلظت‌های مورد نظر کنیدی، برای هر تکرار تعداد ۱۰ عدد پوره سن سوم شته (در مجموع پنج تکرار) با دو میلی‌لیتر از هر سوسپانسیون قارچی با استفاده از محلول‌پاش دستی اسپری شد. شته‌هایی که به عنوان شاهد در نظر گرفته شده بودند نیز با دو میلی‌لیتر آب مقطر حاوی Tween80 تیمار شدند. برای آزمایش از دیسک‌های برگ‌ی شش سانتی‌متری استفاده شد که به صورت وارونه در ظروف پتری ۹ سانتی‌متری روی یک لایه پنبه مرطوب قرار داده شدند. تکرارها هر ۲۴ ساعت یکبار به مدت پنج روز مورد بررسی قرار گرفتند و مرگ و میر مربوط به آن‌ها ثبت شد. به منظور بررسی فعالیت بیمارگر و اثبات بیماری‌زایی، افراد مرده در هر تکرار روی کاغذ صافی درون ظروف پتری جداگانه قرار گرفتند. تشکیل پوشش میسلیومی سفید روی بدن شته‌های مرده، بیانگر مرگ و میر در اثر قارچ بیمارگر بود.

بررسی اثرات زیرکشنده‌گی روی فراسنجه‌های زیستی شته جالیز

به منظور بررسی پارامترهای زیستی شته جالیز، غلظت زیرکشنده‌گی (LC₂₅) قارچ‌های مذکور و آب مقطر حاوی Tween 80 به عنوان شاهد تهیه شد. برای هر تیمار شش دیسک برگ‌ی خیار به قطر شش سانتی‌متر تهیه شد. دیسک‌های برگ‌ی به مدت ۱۰ ثانیه در سوسپانسیون مورد نظر (ده میلی‌لیتر) غوطه‌ور شدند و سپس در ظروف پتری (به قطر نه سانتی‌متر) جداگانه قرار گرفتند. روی هر دیسک برگ‌ی ۱۰ پوره سن چهار (که با اسپری دستی تحت غلظت زیرکشنده قرار گرفته بودند) قرار داده شد تا از برگ‌های تیمار شده تغذیه کنند. بعد از چهار روز از پوره‌های یک‌روزه حاصل از افراد بالغ هم‌سن به منظور بررسی تأثیر قارچ روی نتاج استفاده شد. به این صورت که در ابتدا دیسک‌های برگ‌ی از برگ‌های خیار (به قطر سه سانتی‌متر) عاری از هر گونه آلودگی تهیه شد. با استفاده از قلم‌موی ظریف تعداد یک عدد پوره سن یک شته روی هر دیسک برگ‌ی قرار داده و ظروف به دستگاه ژرمیناتور با شرایط دمایی بیان شده در بالا منتقل شدند. به منظور جلوگیری از فرار شته‌ها و خشک شدن برگ‌ها یک لایه نازک از پنبه مرطوب در کف ظروف قرار داده شد و همچنین اطراف برگ‌ها با لایه نازکی از دستمال کاغذی پوشانده شد و روزانه رطوبت آن‌ها تأمین شد. پارامترهای زیستی شته شامل طول دوره رشد و نمو پوره‌ها، میزان مرگ و میر تمام مراحل پورگی و بلوغ و میزان تولید مثل به طور روزانه مشاهده و ثبت شد. معیار تعیین ستین مختلف پورگی، وجود پوسته روی دیسک برگ‌ی بود. ثبت مشاهده‌ها تا زمان مرگ آخرین فرد ادامه یافت. برای هر تیمار ۶۰ تکرار در نظر گرفته شد.

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

داده‌های جدول زندگی با استفاده از نرم‌افزار رایانه‌ای TWOSEX-MSChart تجزیه آماری شدند. نرخ زنده‌مانی ویژه سن-مرحله (S_{ij}) (در اینجا i = سن و j = مرحله)، نرخ زنده‌مانی ویژه سن (l_x)، باروری ویژه سن (m_x) و پارامترهای رشد جمعیت شامل نرخ ذاتی افزایش جمعیت (r)، نرخ خالص تولیدمثل (R_0)، میانگین مدت زمان نسل (T)، نرخ متناهی افزایش جمعیت (λ) و نرخ ناخالص تولیدمثل (GRR) محاسبه شد. مقایسه میانگین بین پارامترهای مورد بررسی، با آزمون بوت‌استرپ جفت‌شده (paired-bootstrap) با ۱۰۰,۰۰۰ تکرار و با استفاده از برنامه کامپیوتری TWOSEX-MSChart انجام شد (Chi, 2024).

نتایج و بحث

آزمون زیست‌سنجی

نتایج به‌دست‌آمده از آزمایش زیست‌سنجی قارچ‌های بیمارگر *B. bassiana* و *B. pseudobassiana* روی شته جالیز در جدول ۱ نشان داده شده است. این نتایج نشان دادند که در هر دو گونه بیمارگر قارچی با افزایش غلظت، میزان مرگ و میر شته‌ها افزایش می‌یابد. غلظت LC_{50} قارچ‌های بیمارگر بیان‌شده روی شته *A. gossypii* به ترتیب $2/39 \times 10^5$ و $1/30 \times 10^6$ کنیدی در میلی‌لیتر ثبت شد.

جدول ۱- زیست‌سنجی قارچ‌های بیمارگر *Beauveria bassiana* و *Beauveria pseudobassiana* روی *Aphis gossypii*
Table 1. Bioassay of entomopathogenic fungi *Beauveria bassiana* and *Beauveria pseudobassiana* on *Aphis gossypii*

	LC_{25}	LC_{50}	Slope ($\pm$ SE)	χ^2	P	df
<i>B. bassiana</i>	9.35×10^3 ($1.5 \times 10^3 - 3.0 \times 10^4$)	2.39×10^5 ($8.9 \times 10^4 - 5.4 \times 10^5$)	0.48 ± 0.06	0.59	0.90	3
<i>B. pseudobassiana</i>	4.54×10^4 ($9.7 \times 10^3 - 1.2 \times 10^5$)	1.30×10^6 ($5.5 \times 10^5 - 3.1 \times 10^6$)	0.46 ± 0.06	1.63	0.65	3

بر اساس نتایج حاصل از آزمایش نجفی سی‌سخت و همکاران، غلظت LC_{50} قارچ بیمارگر *B. bassiana* روی شته جالیز $6/17 \times 10^5$ کنیدی در میلی‌لیتر ثبت شد (Najafi-Sisakht et al., 2020). در آزمایشی مقدار کشندگی جدایه‌های IRAN429 و Z-1 از قارچ بیمارگر *B. bassiana* روی شته فندق (*Myzocallis coryli* Goetze) به ترتیب برابر $9/86 \times 10^4$ و $1/03 \times 10^6$ کنیدی در میلی‌لیتر به‌دست آمد (Akbari & Aramideh, 2023). تفاوت‌های ایجاد شده در مقدار کنیدی را می‌توان به تفاوت در جدایه قارچ مورد بررسی و همچنین جمعیت شته جالیز بررسی شده نسبت داد.

تحقیق حاضر نشان داد که با افزایش غلظت هر یک از جدایه‌های مورد بررسی درصد مرگ و میر شته افزایش می‌یابد. مشابه این بررسی خسروی و همکاران (Khosravi et al., 2014) روی چهار جدایه از قارچ بیمارگر *B. bassiana* نشان دادند که تمام جدایه‌ها قادر به آلوده کردن لاروهای پروانه برگ‌خوار توت (*Glyphodes pyloalis* Walker) بودند و درصد مرگ و میر لاروها با افزایش غلظت افزایش یافت. در بررسی انجام‌شده روی دو گونه قارچ بیمارگر *B. bassiana* و *Metarhizium anisopliae* در کنترل چهار گونه شته *Schizaphis graminum*، *Rhopalosiphum padi*، *Brevicoryne brassicae* و *Lipaphis erysimi* در شرایط مزرعه نشان داده شد که بالاترین غلظت به کار گرفته شده (1×10^8) بیشترین میزان تنظیم جمعیت را در مدت زمان کوتاهی ایجاد می‌کند (Saif et al., 2024).

اثرات غلظت زیر کشنده قارچ‌های بیمارگر *B. bassiana* و *B. pseudobassiana* روی طول مراحل زیستی

اثرات غلظت زیرکشنده قارچ‌های بیمارگر *B. bassiana* و *B. pseudobassiana* روی میانگین طول مراحل مختلف رشد و نمو شته جالیز در جدول ۲ بیان شده است. نتایج به‌دست‌آمده تفاوت معنی‌داری را بین میانگین طول دوره‌های پورگی سن اول، سن دوم و سن سوم شته جالیز در تیمار با قارچ‌های بیمارگر و شاهد نشان داد ($P < 0.05$). بیشترین کل طول مراحل نابالغ مربوط به تیمار استفاده از بیمارگر *B. bassiana* (۵/۶۲ روز) و کمترین میزان آن مربوط به شاهد (۴/۴۸ روز) بود. بیشترین مقدار TPOP^۱ (کل دوره پیش از پوره‌زایی) در بیمارگر *B. bassiana* (۵/۷۴ روز) و کمترین آن در شاهد (۴/۵ روز) ثبت شد (جدول ۲). در کنترل آفت به‌وسیله عوامل میکروبی علاوه بر اثر مستقیم کشنده بیمارگر، اثر زیرکشنندگی بیمارگر نیز در شناخت مکانیسم اثر و نحوه همه‌گیری بیماری در جمعیت آفت حائز اهمیت است (Latifian et al., 2010). در بررسی انجام‌شده روی طول دوره رشد و نمو مراحل نابالغ شته جالیز تحت تأثیر دزهای زیرکشنده LC₁₀، LC₂₀ و LC₃₀ قارچ بیمارگر *B. bassiana*، مقدار این پارامتر به‌ترتیب ۴/۸۹، ۴/۴۷ و ۴/۳۶ گزارش شد که بین مقادیر این پارامتر در دزهای انجام‌شده اختلاف معنی‌داری وجود داشت (Najafi-Sisakht et al., 2020). اکبری و آرمیده (Akbari & Aramideh, 2023) بیان کردند که در قارچ بیمارگر *B. bassiana* هر دو جدایه IRAN429 و Z-1 روی طول دوره رشدی مراحل نابالغ شته فندق مؤثر بوده و جدایه IRAN429 با ۱۰/۸۴ روز در مقایسه با شاهد (۱۴/۰۶ روز) و جدایه دیگر (۱۲/۰۱ روز) دارای پایین‌ترین طول دوره بود. کاهش طول دوره رشد در شته فندق در مقایسه با این مطالعه می‌تواند ناشی از تفاوت در گونه شته، نوع میزبان و یا تفاوت در جدایه‌های قارچی باشد.

جدول ۲- اثرات زیرکشنندگی قارچ‌های *Beauveria bassiana* و *Beauveria pseudobassiana* روی طول دوره‌های

مختلف رشدی (میانگین $\pm$ خطای معیار) *Aphis gossypii*

Table 2. Sublethal effects of *Beauveria bassiana* and *Beauveria pseudobassiana* on duration of different life stages (mean $\pm$ SE) of *Aphis gossypii*

Parameter	<i>B. bassiana</i>		<i>B. pseudobassiana</i>		Control	
	Mean $\pm$ SE	N	Mean $\pm$ SE	N	Mean $\pm$ SE	N
N1 (day)	1.36 $\pm$ 0.07a	59	1.21 $\pm$ 0.06a	58	1.07 $\pm$ 0.03b	60
N2 (day)	1.90 $\pm$ 0.17a	50	1.27 $\pm$ 0.06b	55	1.18 $\pm$ 0.06b	60
N3 (day)	1.28 $\pm$ 0.08a	43	1.20 $\pm$ 0.05a	55	1.05 $\pm$ 0.03b	56
N4 (day)	1.51 $\pm$ 0.13a	39	1.42 $\pm$ 0.08a	53	1.24 $\pm$ 0.06a	54
Preadult (day)	5.62 $\pm$ 0.2a	39	5.02 $\pm$ 0.07b	53	4.48 $\pm$ 0.07c	54
APOP (day)	0.11 $\pm$ 0.06a	38	0.09 $\pm$ 0.03a	53	0.02 $\pm$ 0.001a	54
TPOP (day)	5.74 $\pm$ 0.21a	38	5.11 $\pm$ 0.07b	53	4.5 $\pm$ 0.07c	54

The means followed by different letters in the same row are significantly different ($p < 0.05$, paired-bootstrap).

اثرات غلظت زیرکشنده قارچ‌های بیمارگر *B. pseudobassiana* و *B. bassiana* روی طول دوره پوره‌زایی و میزان باروری شته جالیز

میانگین طول عمر افراد بالغ، طول دوره پوره‌زایی و میزان باروری کل شته جالیز تحت تأثیر غلظت زیرکشنده قارچ‌های بیمارگر *B. pseudobassiana* و *B. bassiana* در جدول ۳ آمده است. کمترین طول عمر افراد بالغ و طول دوره پوره‌زایی شته جالیز مربوط به زمانی بود که این آفت با بیمارگر *B. bassiana* تیمار شد که به‌ترتیب برابر با ۶/۰۳ و ۴/۹۵ روز بود. میزان زادآوری شته جالیز نیز به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر تیمارهای قارچی قرار گرفت، به‌طوری‌که بیشترین میزان این پارامتر در شاهد (۸۶/۲۶ نتاج) و کمترین میزان در *B. bassiana* (۲۹/۴۷ نتاج) دیده شد.

^۱ . Total pre-ovipositional period

جدول ۳- اثرات زیر کشندگی قارچ‌ها *Beauveria bassiana* و *Beauveria pseudobassiana* روی طول عمر افراد بالغ و

میزان باروری (میانگین $\pm$ خطای معیار) *Aphis gossypii*

Table 3. Sublethal effects of *Beauveria bassiana* and *Beauveria pseudobassiana* on longevity and fecundity (mean $\pm$ SE) of *Aphis gossypii*

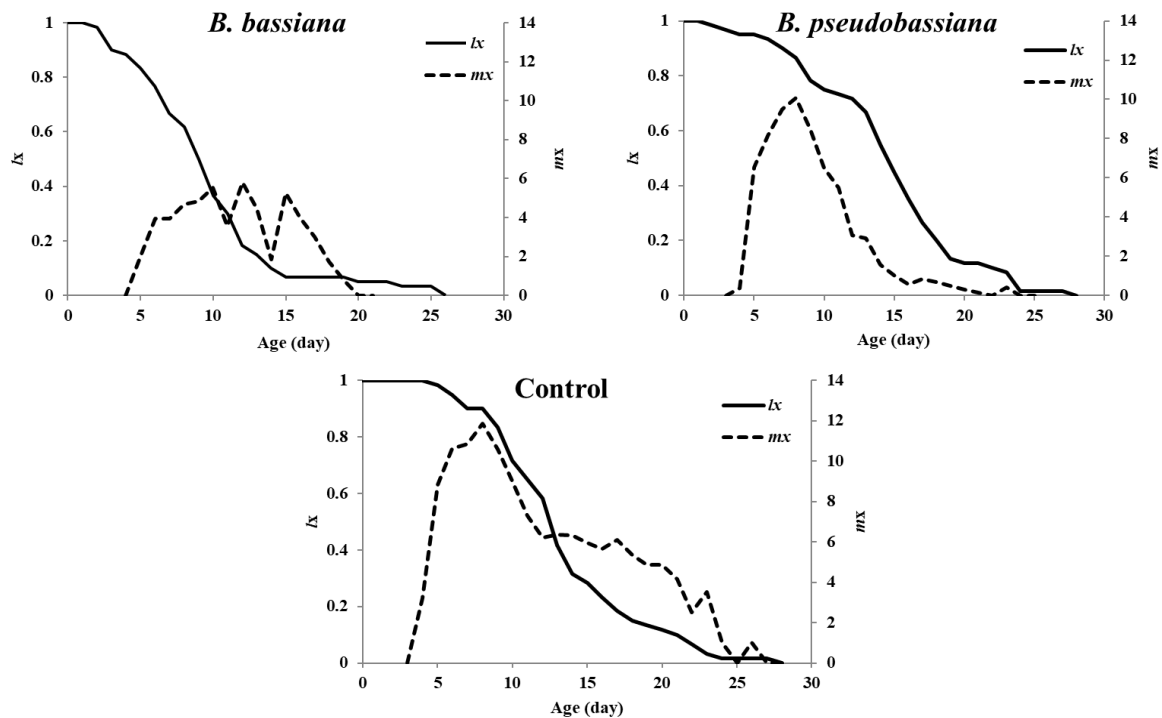
Parameter	<i>B. bassiana</i>		<i>B. pseudobassiana</i>		Control	
	Mean $\pm$ SE	N	Mean $\pm$ SE	N	Mean $\pm$ SE	N
Adult duration (day)	6.03 $\pm$ 0.76b	39	10.83 $\pm$ 0.62a	53	9.94 $\pm$ 0.61a	54
Longevity (day)	11.64 $\pm$ 0.78b	38	15.85 $\pm$ 0.62a	53	14.43 $\pm$ 0.60a	54
Reproductive days (day)	4.95 $\pm$ 0.55b	38	8.19 $\pm$ 0.45a	53	9.37 $\pm$ 0.58a	54
Fecundity (eggs/female)	29.47 $\pm$ 4.11c	38	60.13 $\pm$ 3.57b	53	86.26 $\pm$ 6.35a	54

The means followed by different letters in the same row are significantly different ($p < 0.05$, paired-bootstrap).

در بررسی انجام شده روی سه جدایه بومی از دو قارچ بیمارگر (*Metarhizium anisopliae* AB) *M. anisopliae* Iran 245 و *B. bassiana* 106 نشان داده شد که طول عمر افراد بالغ و میزان باروری شته کلم *Brevicoryne brassicae* L. می‌تواند تحت تأثیر غلظت زیر کشنده هر یک از جدایه‌های بیان شده به‌طور قابل توجهی کاهش یابد (Mousavi et al., 2022). همچنین، استفاده از قارچ‌های بیمارگر *B. bassiana* و *L. lecanii* به‌طور قابل توجهی کاهش میزان بارور شته روسی گندم (*Diuraphis noxia* (Mordvilko)) و شته کاهو (*Nasonovia ribisnigri* Mosely) را به دنبال داشت (Fournier & Brodeur, 2000). نتایج کلی ما با پژوهش‌های متعددی که اثرات زیر کشنده قارچ‌های بیمارگر حشرات را بر آفات مختلف از جمله شته گزارش کرده‌اند، مطابقت دارد (Fournier & Brodeur, 2000; Najafi-Sisakht et al., 2020; Mousavi et al., 2022). بر اساس این بررسی‌ها می‌توان نتیجه گرفت که اثرات زیر کشنده از طریق اختلال در ویژگی‌های رفتاری آفت قابل مشاهده است که منجر به کاهش زنده‌مانی، تأخیر در رشد و کاهش باروری می‌شود. علاوه بر این تأثیر قوی‌تر *B. bassiana* نسبت به *B. pseudobassiana* بر شته جالیز را می‌توان به تفاوت در قدرت بیماری‌زایی و همچنین تفاوت در میزان آنزیم‌های تولید شده به وسیله این جدایه بیماری‌زا نسبت داد.

اثرات غلظت زیر کشنده قارچ‌های بیمارگر *B. bassiana* و *B. pseudobassiana* روی نرخ زنده‌مانی و باروری شته جالیز

نرخ زنده‌مانی (I_x) شته جالیز *A. gossypii* از زمان تولد ($x=1$) تا پایان عمر تحت تأثیر غلظت زیر کشنده دو بیمارگر *B. bassiana* و *B. pseudobassiana* محاسبه شد. کمترین میزان زنده‌مانی در بیمارگر *B. bassiana* (۰/۸۳) بود، در حالی که بیشترین آن در شاهد و *B. pseudobassiana* (۰/۹۸) دیده شد. میزان باروری (m_x) تحت تأثیر دو بیمارگر *B. bassiana* و *B. pseudobassiana* به ترتیب ۱۰ پوره و ۶ پوره است. در صورتی که میزان این پارامتر در شاهد ۱۲ پوره بود (شکل ۱). نرخ زنده‌مانی ویژه سن-مرحله‌ی زیستی (S_{xj}) احتمال رسیدن یک فرد تازه متولد شده به هر سن و مرحله زیستی را نمایش می‌دهد. نرخ زنده‌مانی شته جالیز تحت تأثیر دو بیمارگر مورد نظر قرار گرفت، به‌طوری‌که در بین مراحل نابالغ، مرحله پوره سن یک دارای بیشترین میزان زنده‌مانی بود و در بین تیمارهای مختلف شاهد با ۹۳ درصد و *B. bassiana* با ۶۸ درصد به ترتیب بیشترین و کمترین میزان زنده‌مانی را داشتند. در افراد بالغ نیز کمترین میزان نرخ زنده‌مانی متعلق به بیمارگر *B. bassiana* بود (شکل ۲).

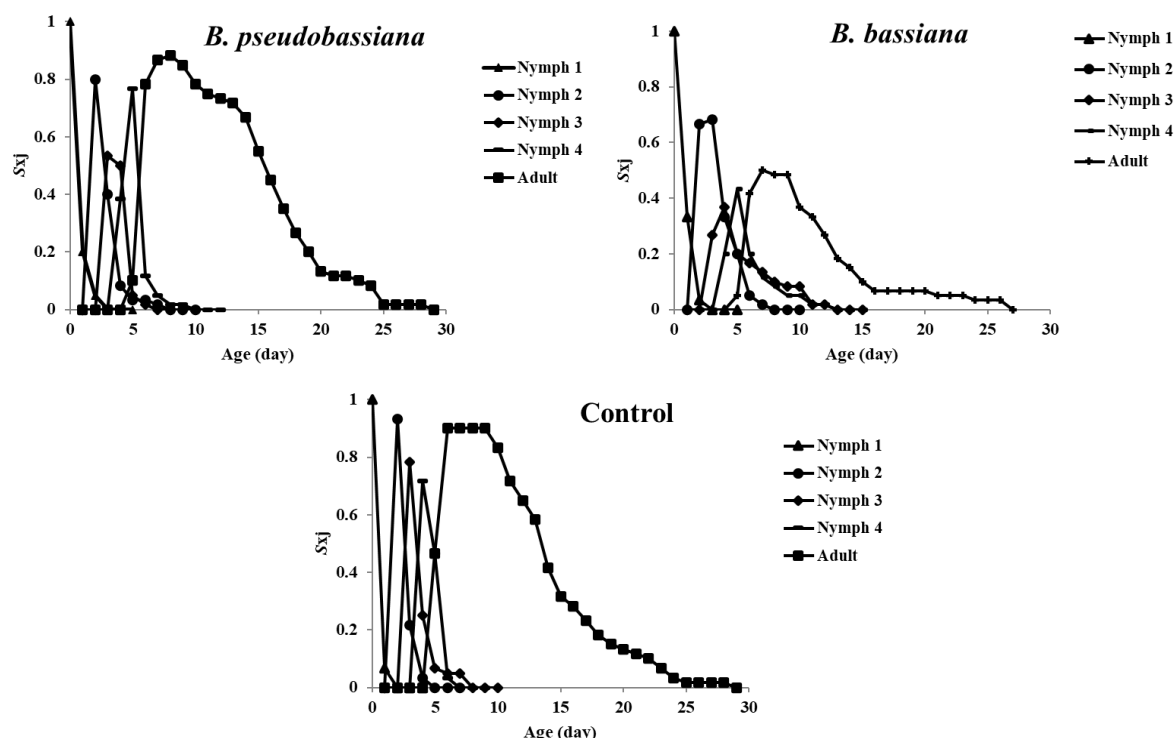


شکل ۱- اثرات زیر کشندگی قارچ‌ها *Beauveria pseudobassiana* و *Beauveria bassiana* روی نرخ زنده‌مانی (l_x) و باروری (m_x) ویژه سنی *Aphis gossypii*

Figure 1. Sublethal effects of *Beauveria bassiana* and *Beauveria pseudobassiana* on age-specific survival rate (l_x) and age-stage fecundity (m_x) of *Aphis gossypii*

پارامترهای رشد جمعیت

مقادیر حاصل از پارامترهای رشد جمعیت شته جالیز تحت تأثیر تیمارهای مختلف با استفاده از روش بوت‌استرپ برآورد شد (جدول ۴). نرخ ذاتی افزایش جمعیت شته جالیز تحت تأثیر بیمارگرهای *B. bassiana* و *B. pseudobassiana* و شاهد اختلاف معنی‌داری داشت. بالاترین میزان آن در شاهد (۰/۵۵ برروز) و کمترین آن در بیمارگر *B. bassiana* (۰/۳۳ برروز) دیده شده است. در پژوهشی هم‌سو، نجفی سی‌سخت و همکاران (Najafi-Sisakht et al., 2020) بیان داشتند که این پارامتر تحت تأثیر غلظت‌های زیر کشنده قارچ *B. bassiana* اختلاف معنی‌دار دارند. بیشترین مقدار آن در تیمار LC_{30} با مقدار ۰/۴۸ برروز و کمترین آن در تیمار LC_{10} برابر ۰/۴۳ برروز می‌باشد. موسوی و همکاران (Mousavi et al., 2022) کاهش نرخ ذاتی افزایش جمعیت شته کلم را پس از تیمار با قارچ‌های *M. anisopliae* و *B. bassiana* گزارش کردند. از آنجا که یکی از اجزای اصلی تشکیل‌دهنده کوتیکول حشرات پروتئین می‌باشد، پروتئازها نقش ویژه‌ای در فرآیند نفوذ قارچ‌ها دارند. بنابراین، این آنزیم می‌تواند قدرت بیماری زایی قارچ را در طول فرآیند آلودگی حشرات مشخص نماید (Khorrami et al., 2018). بر این اساس می‌توان قدرت بیماری زایی بیشتر قارچ بیمارگر *B. bassiana* نسبت به گونه *B. pseudobassiana* را به بالاتر بودن سطح فعالیت آنزیم پروتئاز در ایجاد بیماری زایی روی شته جالیز نسبت داد.



شکل ۲- اثرات زیر کشندگی قارچ‌های *Beauveria pseudobassiana* و *Beauveria bassiana* روی نرخ زنده‌مانی ویژه سن مرحله رشدی *Aphis gossypii* (S_{xj})

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

نرخ خالص تولیدمثل (R_0) نشانگر تعداد نتاج ماده تولید شده توسط یک ماده با در نظر گرفتن احتمال زنده‌مانی آن بوده و به عبارتی پتانسیل تولیدمثل هر نسل در جمعیت را نشان می‌دهد. بیمارگرهای *B. bassiana* و *B. pseudobassiana* و شاهد روی این پارامتر اثر معنی‌داری داشتند. مقادیر آن به ترتیب ۱۸/۶۷، ۵۳/۱۲ و ۷۷/۶۳ نتاج در تیمار *B. pseudobassiana*، *B. bassiana* و شاهد بود (جدول ۴). راشکی و شیروانی بیان کردند با افزایش غلظت قارچ بیمارگر *B. bassiana* مقدار نرخ خالص تولیدمثل کاهش می‌یابد (Rashki & Shirvani, 2013). مغایر با یافته‌های این بررسی، نجفی سی سخت و همکاران (Najafi-Sisakht et al., 2020) گزارش کردند که با افزایش غلظت قارچ بیمارگر *B. bassiana* مقدار این پارامتر افزایش می‌یابد. در بررسی انجام شده توسط امامی و همکاران (Emami et al., 2016) در غلظت زیر کشنده LC_{30} قارچ بیمارگر *M. anisopliae* نرخ خاص تولیدمثل شته مومی کلم ۲۶/۹۶ نتاج گزارش شد که این مقدار با شاهد اختلاف معنی‌داری نداشت. دلایل بروز این اختلاف‌ها را می‌توان به تفاوت در گونه‌ها و جمعیت‌های مورد مطالعه و همچنین جدایه‌های قارچی نسبت داد.

در نتیجه، تعیین اثرات زیر کشنده قارچ‌های بیمارگر حشرات برای ارزیابی مناسب آن‌ها ضروری است. همانطور که در مطالعه حاضر نشان داده شد، غلظت‌های زیر کشنده ممکن است با تأثیر بر ویژگی‌های زیستی نتاج آفت از جمله رشد، زنده‌مانی، باروری و طول عمر اثرات غیرمستقیم بر نسل‌های بعدی آنها داشته باشند. علاوه بر این، استفاده از غلظت‌های زیر کشنده ممکن است عوارض جانبی قارچ‌های بیمارگر را بر حشرات مفید کاهش دهد (Emami et al., 2021) و ممکن است مقدار و هزینه تلقیح مورد نیاز برای قارچ‌های بیمارگر حشرات را کاهش دهد (Liu et al., 2020; Sharififard et al., 2011). نتایج ما نشان داد که بیمارگرهای بومی آزمایش شده بر ویژگی‌های زیستی شته جالیز تأثیر منفی داشتند و بیشترین تأثیر مربوط به *B. bassiana* OQ421528 بود. یافته‌های این تحقیق می‌توانند در ایجاد یک برنامه مدیریتی مؤثر برای شته جالیز مورد استفاده قرار گیرند.

جدول ۴- اثرات زیر کشندگی دو بیمارگر *Beauveria bassiana* و *Beauveria pseudobassiana* روی پارامترهای رشد جمعیت (میانگین $\pm$ خطای معیار) *Aphis gossypii*

Table 4. Sublethal effects of *Beauveria bassiana* and *Beauveria pseudobassiana* on population growth parameters (mean $\pm$ SE) of *Aphis gossypii*

	r (day ⁻¹)	λ (day ⁻¹)	R_0 (offspring/individual)	T (day)	GRR (offspring/individual)
<i>B. bassiana</i>	0.338 $\pm$ 0.020c	1.40 $\pm$ 0.03c	18.67 $\pm$ 3.14c	8.67 $\pm$ 0.25a	55.4 $\pm$ 6.59b
<i>B. pseudobassiana</i>	0.486 $\pm$ 0.009b	1.63 $\pm$ 0.02b	53.12 $\pm$ 4.00b	8.18 $\pm$ 0.10a	67.02 $\pm$ 3.59b
Control	0.550 $\pm$ 0.010a	1.73 $\pm$ 0.02a	77.63 $\pm$ 6.56a	7.91 $\pm$ 0.12ab	136.13 $\pm$ 9.18a

The means followed by different letters in the same column are significantly different ($p < 0.05$, paired bootstrap).

سیاسگزاری

از مسئولین محترم دانشگاه لرستان برای حمایت مالی از این تحقیق قدردانی می‌شود.

References

- Akbari, S., & Aramideh, S. (2023). Effects of the entomopathogenic fungus, *Beauveria bassiana* (Bals. Criv.) Vuill on survival and population growth parameters of *Myzocallis coryli* Goetze. *Journal of Forest Research and Development*, 9(1), 129-144. DOI: 10.30466/JFRD.2022.54357.1626 (In Farsi)
- Alizadeh-Gelsefidi, Z., Sedaratian-Jahromi, A., & Ghane Jahromi, M. (2019). Sublethal effects of *Metarhizium anisopliae* on *Aphis gossypii* at three constant temperatures. *Applied Entomology and Phytopathology*, 87(1), 117-128. DOI: 10.22092/jaep.2019.125102.1267 (In Farsi)
- Butt, T. M., Jackson, C. W., & Murugan, W. (2001). Fungi as Biocontrol agents progress, problems and potential. CABI Publishing Co, U. K. pp. 240-242.
- Chandler, D., Davidson, G., Pell, J. K., Ball, B. V., Shaw, K., & Sunderland, K. D. (2000). Fungal biocontrol of Acari. *Biocontrol Science and Technology*, 10, 357-84. DOI: <https://doi.org/10.1080/09583150050114972>
- Chi, H. (2024). TWSEX-MSChart: A computer program for the age-stage, two-sex life table analysis. [http:// 140.120.197.173/Ecology/Download/TWSEX-MSChart.rar](http://140.120.197.173/Ecology/Download/TWSEX-MSChart.rar)
- Emami, S., Aramideh, S., Pirs, S., & Michaud, J. P. (2021). Lethal effects of fungi *Beauveria bassiana* (Bals.) and nanosilica on cabbage aphid *Brevicoryne brassicae* (L.) and its parasitoid *Diaeretiella rapae* (McIntosh) in laboratory conditions. *Journal of Plant Protection*, 35(3), 333-345. DOI: <https://doi.org/10.22067/jpp.2021.70807.1030>
- Emami, S., Safavi, S. A., & 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. DOI: <https://doi.org/10.22059/jbioc.2016.61636> (In Farsi)
- Fournier, V., & Brodeur, J. (2000). Dose-response susceptibility of pest aphids and their control on hydroponically grown lettuce with the entomopathogenic fungus *Verticillium lecanii* azadirachtin and insecticidal soap. *Environmental Entomology*, 29(3), 568-578. DOI: <https://doi.org/10.1603/0046-225X-29.3.568>
- Ghodke, A. B., Chavaan, S. G., Sonawane, B. V., & Bharose, A. A. (2013). Isolation and in vitro identification of proteinase inhibitors from soybean seeds inhibiting *Helicoverpa* gut proteases. *Journal of plant interactions*, 8(2), 170-17. DOI: <https://doi.org/10.1080/17429145.2012.668952>
- Hajek, A. E., & St. Leger, R. J. (1994). Interaction between fungal pathogens and insect Hosts. *Annual Review of Entomology*, 39, 293- 322. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev.en.39.010194.001453>
- Jaronski, S. T. (2007). Soil ecology of the entomopathogenic ascomycetes. A critical examination of what we (think) we know. In: Ekesi, S., Maniania, N. K. (Eds). Use of entomopathogenic fungi in biological pest management. Research Signpost, Kerala, pp. 91-143.

- Khorrami, F., Ghosta, Y., Ojaghi Aghbash, K., Soleymanzade, A., & Forouzan, M. (2018). Efficacy of two *Metarhizium anisopliae* isolates and nano-fungus *Metarhizium anisopliae*@ Fe₃O₄ against Diamondback moth. *Genetic Engineering and Biosafety Journal*, 7(2), 175-187. DOI: **20.1001.1.25885073.1397.7.2.6.7** (In Farsi)
- Khosravi, R., Jalali Sendi, J., & Zibae, A. (2014). Pathogenecity of four isolates of *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin on larvae of lesser mulberry pyralid *Glyphodes pyloalis* Walker (Lep.; Pyralidae) in laboratory conditions. *Plant Pest Research*, 4(3), 51-60. (In Farsi)
- Latifian, M., Soleimannejadian, E., Ghazavi, M., Mosadegh, M., & Hayati, J. (2010). Effects of sublethal concentrations of fungus *Beauveria bassiana* on the reproductive potentials of sawtoothed beetle *Oryzaephilus surinamensis* on commercial date cultivars. *Plant Protection Journal*, 2(4), 277-290. (In Farsi)
- Liu, J. F., Zhang, Z. Q., Beggs, J. R., Paderes, E., & Zou, X. (2020). Lethal and sublethal effects of entomopathogenic fungi on tomato/potato psyllid, *Bactericera cockerelli* (Šulc) (Hemiptera: Triozidae) in capsicum. *Crop Protection*, 129(2), (105023), 1-12. DOI: **https://doi.org/10.1016/j.cropro.2019.105023**
- Mesquita, E., Marciano, A. F., Corval, A. R., Fiorotti, J., Corrêa, T. A., Quinelato, S., Bittencourt, V. R., & Golo, P. S. (2020). Efficacy of a native isolate of the entomopathogenic fungus *Metarhizium anisopliae* against larval tick outbreaks under semifield conditions. *Biological Control*, 65: 353–362. DOI: **https://doi.org/10.1007/s10526-020-10006-1**
- Mousavi, M., Mehrkhou, F., Güz, N., Goosta, Y., & Atlihan, R. (2022). Sublethal effects of two entomopathogenic fungi species, *Metarhizium anisopliae* and *Beauveria bassiana*, on the cabbage aphid (*Brevicoryne brassicae*). *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 46(4), 441-452. DOI: **https://doi.org/10.55730/1300-011X.3016**
- Najafi-Sisakht, Z., Sedaratian-Jahromi, A., & Ghane-Jahromi, M. (2020). Population responses of *Aphis gossypii* (Hem.: Aphididae) to sublethal concentrations of *Beauveria bassiana* (Asc.: Hypocreales). *Plant Pest Research*, 10(3), 89-104. (In Farsi).
- Ondráčková, E. (2015). The use of entomopathogenic fungi in biological control of pests. *Acta Fytotechnica et Zootechnica*, 18, 102–105. DOI: **https://doi.org/10.15414/az.2015.18.SI.102-105**
- Rashki, M., & 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.
- Saif, I., Sufyan, M., Baboo, I., Jabbar, M., Shafiq, A., Saif, R. N., Liaqat, U., & Lackner, M. (2024). Efficacy of *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* against wheat aphid. *Eurobiotech Journal*, 8(1), 23-31. DOI: **https://doi.org/10.2478/ebtj-2024-0003**
- Seyed-Talebi, S. F., Kheradmand, K., Talaie-Hassanloui, R., & Talebi-Jahromi, K. H. (2012). Sublethal effects of *Beauveria bassiana* on life table parameters of two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). *Biocontrol Science and Technology*, 22(3), 293-303. DOI: **https://doi.org/10.1080/09583157.2012.655709**
- Sharififard, M., Mossadegh, M. S., Vazirianzadeh, B., & Mahmoudabadi, A. Z. (2011). Laboratory evaluation of pathogenicity of entomopathogenic fungi, *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. and *Metarhizium anisopliae* (Metch.) Sorok. to larvae and adults of the house fly, *Musca domestica* L. (Diptera: Muscidae). *Asian Journal of Biological Sciences*, 4(2), 128-137.
- Vu, V. H., Hong, S. I. I., & Kim, K. (2007). Selection of entomopathogenic fungi for aphid control. *Journal of Bioscience and Bioengineering*, 104 (6), 498-505. DOI: **https://doi.org/10.1263/jbb.104.498**
- Wang, Y., Tang, D. X., Duan, D. E., Wang, Y. B., & Yu, H. (2020). Morphology, molecular characterization, and virulence of *Beauveria pseudobassiana* isolated from different hosts. *Journal of invertebrate pathology*, 172, 107333. DOI: **https://doi.org/10.1016/j.jip.2020.107333**
- Waseem, A., Lord, J. C., Nechols, J. R., & Howard, R. W. (2004). Diatomaceous earth increases the efficacy of *Beauveria bassiana* against *Tribolium castaneum* larvae and increases conidia attachment. *Journal of Economic Entomology*, 97(2), 273- 280. DOI: **10.1603/0022-0493-97.2.273**
- Zaki, F. N. (1998). Efficiency of the entomopathogenic fungus, *Beauveria bassiana* against *Aphis crassivora* Koch and *Bemesia tabaci* Gennandius. *Journal of Applied Entomology*, 122(1-5), 397-399. DOI: **10.1111/j.1439-0418.1998.tb01518.x**

- Zhang, C., Zhen-fang, S., Yue-ye, H., Xing-min, W., & Ze-qing, W. (2018). Effects of *Aschersonia aleyrodis* on the life table and demographic parameters of *Bemisia tabaci*. *Journal of Integrative Agriculture*, 17 (2), 389–396. DOI: [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(17\)61773-8](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(17)61773-8)
- Zhang, T., Reitz, S. R., Wang, H., & Lei, Z. H. (2015). Sublethal effects of *Beauveria bassiana* (Ascomycota: Hypocreales) on life table parameters of *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae). *Journal of Economic Entomology*, 108(3), 975-985. DOI: <https://doi.org/10.1093/jee/tov091>

Sublethal effects of entomopathogenic fungi species, *Beauveria bassiana* and *B. pseudobassiana*, on *Aphis gossypii*

F. Bazgir¹, J. Shakarami^{*2} and E. Bazgir³

1 & 2. Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, Lorestan University, Khorramabad, Iran

✉ bazgir.f@lu.ac.ir
✉ shakarami.j@lu.ac.i
✉ bazgir.ei@lu.ac.ir

 <https://orcid.org/0000-0001-8832-105X>
 <https://orcid.org/0000-0003-3948-4113>
 <https://orcid.org/0000-0002-0797-5527>

Received: 2 April 2025 | Accepted: 16 June 2025 |

Abstract

In the present study, the sublethal effects (LC_{25}) of native strains of two important entomopathogenic fungi (EPF) species, *Beauveria bassiana* OQ421528 and *B. pseudobassiana* OQ421529, on the biological attributes of the cotton aphid, *Aphis gossypii* Glover, were evaluated under laboratory conditions ($25\pm1^{\circ}C$, relative humidity of $65\pm10\%$, and a photoperiod of 16:8 h L:D). The LC_{25} values of *B. bassiana* and *B. pseudobassiana* were 9.35×10^3 and 4.54×10^4 conidia ml^{-1} , respectively. The fungal treatments increased development time and reduced survival rate, adult longevity, and fecundity compared to the control. The results indicated that the longest pre-adult development of *A. gossypii* was 5.62 days in the *B. bassiana* treatment and in the control treatment was 4.48 days. Exposure to the LC_{25} of *B. bassiana* significantly reduced the adult longevity of *A. gossypii* compared to *B. pseudobassiana* and control treatments. The intrinsic rate of increase (r) and finite rate of increase (λ) were highest in the control group and lowest in the *B. bassiana* treatment. Fungal infection contributed to a reduced net reproductive rate (R_0) in treated individuals with *B. bassiana* (18.67 offspring/individual) and *B. pseudobassiana* (53.12 offspring/individual) compared to the control (77.63 offspring/individual). The results of this study indicated that the tested pathogenic fungi could serve as suitable alternatives in integrated pest management (IPM) programs against *A. gossypii* and *B. bassiana* OQ421528 being the most promising pathogenic fungus for further investigation.

Key words: Biocontrol, Entomopathogenic fungi, Life table, Population growth parameters

Citation: Bazgir, F., Shakarami, J. & Bazgir, E. (2025). Sublethal effects of entomopathogenic fungi species, *Beauveria bassiana* and *B. pseudobassiana*, on *Aphis gossypii*. *Plant Pest Research*, 15(1), 85-96. **Doi:** <https://doi.org/10.22124/iprj.2025.30580.1637>



*Corresponding author: shakarami.j@lu.ac.ir