

اثرات زیرکشندگی قارچ بیماری‌گر *Metarhizium anisopliae* روی شته جالیز *Aphis gossypii* در سه دمای ثابت

زهرا علیزاده گل سفیدی، امین سدارتیان جهرمی[✉]، مجتبی قانع جهرمی

گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه یاسوج، یاسوج، ایران

(تاریخ دریافت: بهمن ۱۳۹۷؛ تاریخ پذیرش: اردیبهشت ۱۳۹۸)

چکیده

در پژوهش حاضر، اثرات زیرکشندگی (LC_{30}) قارچ بیماری‌گر *Metarhizium anisopliae* روی شته *Aphis gossypii* در سه دمای ثابت ۲۰، ۲۵ و 30 ± 1 درجه سلسیوس، رطوبت نسبی 65 ± 5 درصد و دوره روشنایی ۱۶ ساعت با استفاده از روش تجزیه جدول زندگی دو جنسی ویژه سن مرحله زیستی مطالعه شد. کم‌ترین طول دوره زیستی مراحل نابالغ این آفت در دمای ۲۵ درجه سلسیوس $4/37$ روز، بیش‌ترین طول عمر ماده‌های بالغ نیز در همین دما $16/73$ روز بود. باروری کل افراد تیمار شده با غلظت زیرکشنده قارچ *M. anisopliae* نیز در دماهای مختلف مورد مطالعه از نظر آماری متفاوت بود و کم‌ترین میزان این پارامتر در دمای ۳۰ درجه سلسیوس $3/60$ پوره بود. پارامترهای رشد جمعیت نتاج افراد تیمار شده نیز تحت تأثیر دماهای مختلف مطالعه شد. در دمای ۳۰ درجه سلسیوس، به دلیل بالاتر بودن نرخ مرگ نسبت به تولد، مقدار نرخ ذاتی افزایش جمعیت (r) برابر با $-0/091$ (بر روز) بود. مقادیر محاسبه شده نرخ خالص تولید مثل (R_0) نیز در دو دمای ۲۰ و ۳۰ درجه سلسیوس به ترتیب $5/66$ و $0/47$ نتاج/فرد بود که به صورت معنی‌داری کم‌تر از دمای ۲۵ درجه سلسیوس، $66/29$ نتاج/فرد بود. نتایج به دست آمده نشان داد که دماهای ۲۰ و ۳۰ درجه سلسیوس قدرت بیماری‌زایی قارچ بیماری‌گر *M. anisopliae* روی شته جالیز را به صورت معنی‌داری تحت تأثیر قرار می‌دهند. یافته‌های پژوهش حاضر تأثیر به‌سزایی در افزایش کارایی بیولوژیک بیماری‌گر میکروبی *M. anisopliae* در برنامه‌های مدیریتی آفات مختلف خواهد داشت. **واژه‌های کلیدی:** بیماری‌گر حشرات، پارامترهای رشد جمعیت، جدول زندگی، کنترل بیولوژیک، مدیریت تلفیقی

Sublethal effects of *Metarhizium anisopliae* on *Aphis gossypii* at three constant temperatures

Z. ALIZADEH-GELSEFIDI, A. SEDARATIAN-JAHROMI[✉], M. GHANE-JAHROMI

Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, Yasouj University, Yasouj, Iran

Abstract

In the present study, sublethal effects of *Metarhizium anisopliae* (LC_{30}) on *Aphis gossypii* were evaluated at three constant temperatures of 20, 25 and 30 °C, relative humidity of $65 \pm 5\%$ and a light period of 16h. Data analysis was performed using Age-stage two sex life table procedure. The lowest duration of immature stages for *A. gossypii* was estimated at 25 °C (4.37 day). The highest recorded value for female longevity was also recorded at this temperature (16.73 day). Different temperatures had significant effects on total fecundity of treated individuals with sublethal concentration of *M. anisopliae* and the lowest recorded value for this parameter was obtained at 30 °C (3.60 nymph). Furthermore, sublethal effects of *M. anisopliae* on population growth parameters of offspring from treated individuals were also significantly different at temperatures tested. Since the recorded value of birth rate was dramatically lower than death ones at 30 °C, the estimated value for intrinsic rate of increase (r) showed a negative value (-0.091 day^{-1}) at this temperature. The estimated values of net reproductive rate (R_0) at 20 and 30 °C (5.46 and 0.47 offspring/individual, respectively) were significantly lower than recorded value for this parameter at 25 °C (66.29 offspring/individual). The results obtained revealed that temperatures of 20 and 30 °C significantly affect pathogenicity of *M. anisopliae* to *A. gossypii*. Our findings could increase the efficiency of *M. anisopliae* in management programs of different pests.

Keywords: Biological control, entomopathogens, integrated management, life table, population growth parameters.

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

مقدمه

از جمله آفات گیاه خیار، *Cucumis sativus* Linnaeus، می‌توان به شته‌ها اشاره نمود و شته جالیز، *Aphis gossypii* Glover، در زمره مهم‌ترین آفات است که خسارات قابل توجهی به این گیاه در شرایط مزرعه و گلخانه وارد می‌سازد (Rahsepar et al., 2016). این آفت گونه‌ای همه‌جازی و چندخوار می‌باشد که در مناطق نیمه‌گرمسیری، گرمسیری و معتدل کره زمین وجود دارد (Xia et al., 1999; Razmjou et al., 2011; 2006). دارا بودن توان تغذیه‌ای بالا این آفت را قادر می‌سازد تا با استفاده از قطعات دهانی زننده مکنده خود از بیش از حدود ۲۲۰ میزبان گیاهی تغذیه نماید (Goh et al., 2001; Patil, 2013). این آفت با تغذیه از شیر گیاهی، تولید عسلک، ایجاد شرایط مناسب جهت رشد قارچ فوماژین و انتقال بیماری‌های ویروسی اثرات منفی قابل توجهی در کاهش کمیت و کیفیت محصول تولید شده داشته (Blackman and Eastop, 2000; Takaloozadeh, 2010) و بر همین اساس، کنترل جمعیت آن از اهمیت به‌سزایی برخوردار می‌باشد. در حال حاضر، بیش‌ترین روش مورد استفاده در برنامه‌های مدیریتی این آفت استفاده از سموم شیمیایی است که تکیه بیش از حد به این روش پیامدهای ناگوار متعددی نظیر بروز مقاومت، طغیان مجدد آفات، پیدایش آفات ثانویه، بروز اثرات نامطلوب بر دشمنان طبیعی، آلودگی‌های زیست‌محیطی، باقیمانده سموم در محصول، تهدید سلامت انسان و ... را به دنبال داشته است. از همین رو، یافتن جایگزین‌های مناسب به‌منظور مدیریت جمعیت‌های مختلف این آفت در شرایط مزرعه و گلخانه بسیار ضروری می‌باشد (Vu et al., 2007).

مهارزیستی که در حقیقت استفاده از دشمنان طبیعی (شکارگرها، پارازیتوئیدها و بیمارگرها) به‌منظور کاهش جمعیت آفات می‌باشد، از جمله راهکارهایی است که در کشاورزی نوین به‌منظور کاهش اثرات سوء ناشی از مصرف بی‌رویه سموم شیمیایی در کانون توجهات قرار گرفته است. در این میان، استفاده از پتانسیل بیمارگرهای حشرات

(باکتری‌ها، قارچ‌ها، ویروس‌ها، نماتدها، پروتوزوئرها و ...) به‌منظور کاهش جمعیت آفات گیاهخوار موضوعی است که در سالیان اخیر به شدت مورد توجه پژوهشگران مختلف قرار گرفته و حجم قابل توجهی از مطالعات را به خود اختصاص داده است (Islam and Omar, 2012). از جمله قارچ‌هایی که توانایی آن در کنترل آفات مختلف گیاهخوار مورد توجه قرار گرفته است می‌توان به قارچ بیمارگر *Metarhizium anisopliae* Sorokin (Metsch.) اشاره نمود که به‌دلیل تولید اسپورهای سبز رنگ در سطح بدن میزبان‌های خود به موسکاردین سبز نیز معروف می‌باشد. قدرت زهرآگینی این بیمارگر توسط محققین مختلف به تأیید رسیده (Nguyen et al., 2007) و امروزه تولید انبوه آن به‌صورت تجاری در حال انجام می‌باشد (Zimmermann, 2007). در پژوهش صورت گرفته توسط Gurulingappa et al. (2011) مشخص شد که استفاده هم‌زمان از دو قارچ بیمارگر *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillimen و *Lecanicillium lecanii* Zimmermann اثرات قابل توجهی در کاهش جمعیت شته جالیز دارد. در ارتباط با ارزیابی پتانسیل قارچ بیمارگر *M. anisopliae* نیز پژوهش‌های مختلفی صورت گرفته است. طی بررسی‌های (Emami et al. 2016) اثرات کشندگی و زیرکشندگی این بیمارگر بر جمعیت شته مومی کلم *Brevicoryne brassicae* Linnaeus مطالعه شد. استفاده از این بیمارگر می‌تواند در برنامه‌های مدیریتی شته سبز هلو *Mysuz persicae* Sulzur مناسب باشد (Talepour et al. 2015). از دیگر پژوهش‌های صورت گرفته در این زمینه می‌توان به ارزیابی اثرات دو قارچ بیمارگر *M. anisopliae* و *B. bassiana* روی مراحل نابالغ و بالغ مگس میوه مدیترانه‌ای *Ceratitis capitata* Wiedemann اشاره نمود (Quesada-Moraga et al., 2006). بیمارگر قارچی *M. anisopliae* فاقد اثرات نامطلوب بر ویژگی‌های زیستی زنبور پارازیتوئید *Spalangia cameroni* Perkins بوده و می‌تواند در تلفیق با این دشمن طبیعی در مزرعه استفاده شود (Nielsen et al. 2005). اثرات مستقیم و غیرمستقیم قارچ بیمارگر *M. anisopliae* بر سوسک *Meligethes*

جمعیت آفات هدف را تحت تأثیر خود قرار دهند، در پژوهش حاضر اثرات غلظت زیرکشنده (LC30) قارچ بیمارگر *M. anisopliae* بر پارامترهای زیستی دو نسل متوالی شته جالیز در سه دمای ثابت ۲۰، ۲۵ و ۳۰ درجه سلسیوس مطالعه شد. نتایج حاصل از پژوهش حاضر نقش به‌سزایی در ارزیابی چگونگی تأثیر دماهای مختلف محیطی بر کارایی بیولوژیک قارچ بیمارگر *M. anisopliae* خواهد داشت.

روش بررسی

کاشت گیاه میزبان در شرایط گلخانه: در پژوهش حاضر، به‌منظور استقرار کلنی شته جالیز در شرایط گلخانه و هم‌چنین انجام بررسی‌ها، از رقم خیار امپراطور استفاده گردید. بذور این رقم از فروشگاه‌های مورد تأیید سازمان حفظ نباتات استان کهگیلویه و بویراحمد تهیه شدند. بذره‌های تهیه شده ابتدا جوانه‌دار شده و سپس درون گلدان‌های پلاستیکی که با خاک حاصلخیز مزرعه (۱ قسمت خاک زراعی + ۱ قسمت کود دامی پوسیده + ۱ قسمت ماسه) پر شده بودند، کاشته شدند. به‌منظور جلوگیری از آلودگی گیاهان کاشته شده به آفات ناخواسته، کلیه گیاهان درون قفس‌های توری (از جنس حریر) با ابعاد ۶/۶x۰/۶x۰/۵ متر نگهداری شدند. در مدت زمان انجام آزمایش، کاشت گیاهان جدید به‌صورت هفتگی ادامه یافت. علاوه بر این، عملیات آبیاری (در فواصل زمانی ۳ روزه) و کوددهی (کود شیمیایی ۲۰-۲۰-۲۰ در مواقع لزوم) گیاهان به‌صورت منظم صورت پذیرفت. لازم به ذکر است که در مراحل پرورش گیاه میزبان، از هیچ‌گونه آفت‌کشی استفاده نشد. شرایط دمایی گلخانه مورد استفاده ۲۵±۵ درجه سلسیوس، با رطوبت نسبی ۶۵±۵ و شرایط روشنایی طبیعی بود. استقرار کلنی شته جالیز در شرایط گلخانه: نمونه‌های اولیه شته جالیز (سنین مختلف پورگی و حشرات کامل) از کلنی موجود در گلخانه گروه گیاهپزشکی دانشگاه یاسوج تهیه شدند. در آزمایشگاه برگ‌های جمع‌آوری شده از کلنی مذکور زیر استریومیکروسکوپ به‌دقت چک شده و پس از حصول

F. aeneus و دو زنبور پارازیتوئید مرحله لاروی این آفت، *Phradis morionellus* Holm. و *Diospilus capito* Ness. مطالعه شده است (Husberg and Hukkanen 2001).

علی‌رغم مزیت‌هایی که استفاده از قارچ‌های بیمارگر حشرات در برنامه‌های مدیریتی آفات دارد، کاربرد این گروه از عوامل بیولوژیک با محدودیت‌هایی نیز مواجه می‌باشد که از جمله مهم‌ترین آن‌ها می‌توان به وابستگی قارچ‌های بیمارگر حشرات به رطوبت نسبی محیط به‌منظور جوانه‌زنی اسپوره‌های بیماری‌زای آن‌ها اشاره نمود. همین مسأله باعث شده است که جوانه‌زنی اسپوره‌های بیماری‌زا در محیط‌هایی با رطوبت نسبی پایین اغلب کم‌تر از میزان مورد انتظار باشد و اثرات کشندگی مورد انتظار حاصل نگردد. بر همین اساس، دریافت مقادیر زیرکشنده از اسپوره‌های بیماری‌زا در صورت عدم تأمین رطوبت کافی امری اجتناب‌ناپذیر می‌باشد که این مسأله تأثیر قابل توجهی بر کاهش کارایی بیولوژیک این گروه از دشمنان طبیعی خواهد داشت.

موضوع اثرات زیرکشنندگی قارچ‌های بیمارگر حشرات از جمله مباحثی است که کم‌تر مورد توجه محققین قرار گرفته است. از جمله محدود پژوهش‌های صورت گرفته در این زمینه می‌توان به بررسی‌های صورت گرفته توسط Seyed-Talebi *et al.* (2012) در خصوص ارزیابی اثرات زیرکشنندگی قارچ بیمارگر *B. bassiana* روی پارامترهای زیستی کنه تارتن دولکه‌ای، *Tetranychus urticae* Koch. و مطالعات صورت گرفته توسط Jarrahi and Safavi 2016 در ارتباط با بررسی اثرات زیرکشنندگی قارچ بیمارگر *M. anisopliae* روی پارامترهای زیستی زنبور پارازیتوئید *Habrobracon hebetor* Say اشاره نمود. مشاهدات آزمایشگاهی نشان داد که غلظت‌های مختلف زیرکشننده (LC10، LC20 و LC30) از قارچ بیمارگر *M. anisopliae* پارامترهای زیستی شته *A. gossypii* را تحت تأثیر خود قرار می‌دهند (داده‌های منتشر نشده). با توجه به اینکه عوامل مختلف محیطی مانند رطوبت نسبی هوا و دما می‌توانند چگونگی تأثیر عوامل بیماری‌زا بر

شد. سپس، به منظور حذف قطعات محیط کشت و میسلیوم، سوسپانسیون اسپور تهیه شده از پارچه ملامل عبور داده شد. مقدار ۱۰۰ میکرولیتر از سوسپانسیون تهیه شده توسط سمپلر برداشته شده و غلظت اسپور در هر میلی لیتر از سوسپانسیون با استفاده از لام گلبول شمار تعیین شد. در مرحله بعد، غلظت اسپور در سوسپانسیون تهیه شده به 10^8 اسپور در میلی لیتر کاهش داده شد.

آزمایش های زیست سنجی: در آزمایش های زیست سنجی از غلظت های مختلف قارچ بیماریگر *M. anisopliae* شامل 10^2 ، 10^3 ، 10^4 ، 10^5 ، 10^6 ، 10^7 و 10^8 اسپور در میلی لیتر استفاده شد. لازم به ذکر است که آب مقطر سترون به همراه توئین ۸۰ (۰/۰۲ درصد) به عنوان شاهد در این بررسی استفاده شد. تمامی بررسی ها در این پژوهش با استفاده از دیسک های برگری صورت گرفت. در ابتدا دیسک های برگری از برگ های عاری از هرگونه آلودگی تهیه شد (دوایری به قطر ۷ سانتی متر). این برگ ها روی یک لایه پنبه مرطوب و در کف یک ظرف پتری با قطر ۸ سانتی متر به گونه ای که پشت آن ها رو به بالا باشد، قرار گرفتند و اطراف آن ها با نوارهای پنبه ای محصور شد. این نوارها علاوه بر اینکه رطوبت لازم جهت مانع از خشکیدگی برگ را در طول انجام بررسی ها تأمین می نمودند، مانع از فرار شته ها از دیسک های برگری مورد مطالعه نیز می شدند.

با استفاده از قلم موی ظریف، تعداد ۲۰ شته بالغ بی بال با طول عمر حداکثر ۲۴ ساعت از کلنی موجود در شرایط گلخانه انتخاب شده و به هر دیسک برگری انتقال داده شدند. سپس، غلظت های مختلف تهیه شده از سوسپانسیون اسپور قارچ با استفاده از اسپری دستی روی شته های قرار گرفته در دیسک های برگری پاشیده شد. پس از این مرحله، با هدف تأمین رطوبت لازم جهت جوانه زنی اسپورها، درب پتری ها به مدت ۲۴ ساعت با نوار پارافیلیم مسدود شد و سپس درب های سوراخ دار که سوراخ های آن ها با توری های ارگانزا پوشانده شده بود، روی ظرف ها قرار گرفت. آزمایش در هر غلظت با

اطمینان از عدم آلودگی به عوامل ناخواسته (بیمارگرها، پارازیتوئیدها و شکارگرها)، به قفس های پرورش مستقر در شرایط گلخانه منتقل شدند. درون این قفس ها ۱۰ بوته خیار که در مرحله ۶-۸ برگگی بودند قرار گرفته و مراحل مختلف زیستی شته جالیز روی این گیاهان سپری شد. در طول انجام آزمایش، بوته های جدید به قفس ها اضافه شده و بوته های خشک شده حذف گردید. از نمونه های پرورش یافته در شرایط گلخانه به منظور انجام بررسی های آزمایشگاهی استفاده شد. علاوه بر این، در طول مراحل انجام آزمایش نمونه های جدیدی به صورت ماهانه به کلنی موجود در شرایط گلخانه اضافه شد.

بیمارگر مورد مطالعه: در پژوهش حاضر از جدایه MYG-

101 قارچ بیماریگر *M. anisopliae* از آزمایشگاه قارچ شناسی دانشگاه ارومیه استفاده شد. در پرورش جدایه مورد مطالعه از محیط کشت SDA-Y (Yeast Extract Sabouraud Dextrose Agar +) ساخت شرکت مرک آلمان استفاده شد. محیط کشت پس از آماده سازی و ضد عفونی در دستگاه اتوکلاو (۱۵ دقیقه در دمای ۱۲۱ درجه سلسیوس) در ظروف پتری سترون با قطر ۸ سانتی متر ریخته شد. پس از ۲۴ ساعت، قطعاتی از هیف جدایه قارچی مورد مطالعه در شرایط سترون از کشت اصلی جدا شده و به ظروف پتری حاوی محیط کشت منتقل شده و به دستگاه انکوباتور با دمای ۲۵ درجه سلسیوس و در شرایط تاریکی کامل منتقل شده و تا زمان اسپورزایی (حدود ۱۴ روز) در این شرایط نگهداری شدند. اسپورهای غیرجنسی قارچ که بدین صورت تولید می شد، در انجام بررسی ها استفاده شد.

تهیه سوسپانسیون اسپور قارچ: به منظور تهیه سوسپانسیون

اسپور قارچ بیماریگر مورد مطالعه، ابتدا سطح محیط کشت با لوپ استریل خراش داده شده و اسپورهای برداشت شده به درون لوله های پلاستیکی (حجم ۵۰ میلی لیتر) ریخته شدند. به هر لوله ۲۰ میلی لیتر آب مقطر سترون به همراه یک میلی لیتر توئین ۸۰ (۰/۰۲ درصد) و ۱۰-۵ دانه مهره شیشه ای اضافه شد. مخلوط حاصل به مدت ۱۵ دقیقه روی شیکر تکان داده

بر ثبت طول عمر، میزان پوره‌زایی آن‌ها نیز ثبت شد. در پایان، وجود اختلاف معنی‌دار بین طول عمر حشرات بالغ و هم‌چنین میزان پوره‌زایی افراد تیمار شده با قارچ بیمارگر *M. anisopliae* در دماهای مختلف مورد مطالعه، با استفاده از آزمون آنالیز واریانس یک‌طرفه (One-Way ANOVA) و نرم‌افزار آماری SAS ارزیابی شد. گروه‌بندی میانگین‌ها نیز در صورت مشاهده اختلاف معنی‌دار با استفاده از آزمون SNK و در سطح احتمال ۰/۰۵ درصد صورت پذیرفت.

انجام بررسی‌ها روی نتاج ماده‌های بالغ تیمار شده (نسل دوم):

در این مرحله، از شته‌های بالغ تیمار شده در هر دما در روز سوم پوره‌زایی به‌صورت تصادفی تعداد ۸۰ پوره سن یک با طول عمر حداکثر ۱۲ ساعت انتخاب شده و هر فرد به‌صورت جداگانه درون یک دیسک برگی (قطر ۶ سانتی‌متر) قرار گرفت. افراد مذکور به صورت روزانه مورد بازدید قرار گرفته و طول مراحل مختلف زیستی به همراه میزان مرگ و میر آن‌ها ثبت شد. باتوجه به اینکه طول برخی از سنین پورگی این آفت کم‌تر از یک روز به طول می‌انجامید، در بازدیدهای روزانه (یک بازدید در هر ۲۴ ساعت) امکان ثبت طول دوره‌های مختلف پورگی به‌صورت مجزا فراهم نشد. بر همین اساس، ثبت اطلاعات و ارائه نتایج (طول دوره‌های مختلف زیستی، درصد مرگ و میر، توزیع پایدار، نرخ زنده‌مانی، امید به زندگی و ارزش تولیدمثلی) به‌صورت مجموع مراحل نابالغ صورت پذیرفت. پس از بلوغ، علاوه بر طول مرحله بالغ، میزان پوره‌زایی روزانه نیز تا زمان مرگ آخرین فرد ثبت شد. در آنالیز نتایج به‌دست آمده در این مرحله از تئوری جدول زندگی دو جنسی ویژه سن-مرحله زیستی استفاده شد (Chi, 1988). انجام بررسی‌ها نیز با استفاده از نرم‌افزار آماری TWOSEX MSChart صورت پذیرفت (Chi, 2016). علاوه بر این، محاسبه مقادیر کاذب پارامترهای مختلف زیستی شته جالیز با استفاده از تکنیک بوت‌استرپ (Bootstrap) و در نظر گرفتن ۱۰۰۰۰۰ نمونه‌برداری انجام شد. مقایسه آماری مقادیر کاذب به‌دست آمده نیز با استفاده از آزمون

حداقل ۶ تکرار انجام پذیرفت. دیسک‌های مورد مطالعه به مدت ۱۴ روز در دستگاه ژرمیناتور (دمای 25 ± 2 درجه سلسیوس، رطوبت نسبی 65 ± 5 درصد و دوره روشنایی ۱۶ ساعت) نگهداری شدند و تعداد شته‌های مرده در طول این مدت ثبت گردید. در این بررسی، افرادی که پس از تحریک با قلم مو هیچ واکنش و تحرکی از خود نشان نمی‌دادند به‌عنوان افراد مرده در نظر گرفته شدند. به‌منظور حصول اطمینان از اینکه مرگ افراد در اثر فعالیت بیمارگر مورد مطالعه صورت گرفته است، افراد مرده در هر تکرار ابتدا با استفاده از محلول الکل رقیق شده به‌صورت سطحی ضدعفونی شده و سپس به صورت جداگانه درون ظرف پتری و روی کاغذ صافی قرار گرفتند. ظروف مذکور درون انکوباتور با شرایط دمایی ذکر شده در مباحث پیشین نگهداری شده و تشکیل توده میسلیومی روی بدن شته‌های مرده به‌دقت تحت نظر قرار گرفت. در پایان، نتایج به دست آمده با استفاده از رویه Probit و نرم‌افزار آماری SAS مورد بررسی قرار گرفت.

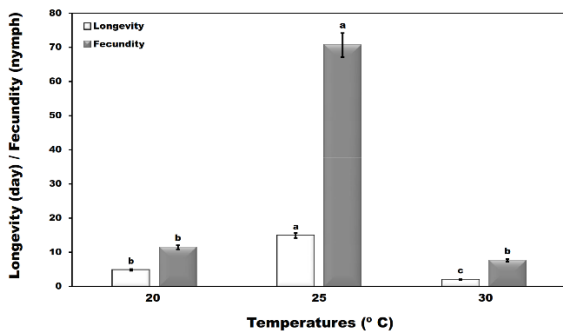
ارزیابی اثرات زیرکشندگی (LC_{30}) قارچ بیمارگر

M. anisopliae روی شته جالیز در سه دمای ثابت: در این بررسی، اثرات زیرکشندگی (LC_{30}) قارچ بیمارگر *M. anisopliae* روی پارامترهای زیستی دو نسل متوالی شته جالیز در سه دمای ثابت ۲۰، ۲۵ و ۳۰ درجه سلسیوس، رطوبت نسبی 65 ± 5 درصد و دوره روشنایی ۱۶ ساعت مطالعه شد.

انجام بررسی‌ها روی ماده‌های بالغ تیمار شده (نسل اول):

در دماهای مختلف مورد مطالعه، ۱۰۰ عدد شته بالغ بی‌بال با طول عمر حداکثر ۲۴ ساعت مطالعه شد. بدین‌منظور، ابتدا غلظت زیرکشنده (LC_{30}) از اسپورهای بیماری‌زای بیمارگر *M. anisopliae* تهیه شد و با استفاده از اسپری دستی روی افراد مورد مطالعه پاشیده شد. پس از آن، هر فرد با استفاده از قلم موی ظریف به دیسک برگی جداگانه (قطر ۶ سانتی‌متر) انتقال داده شده و در دمای مورد نظر قرار گرفت. افراد مورد مطالعه در هر دما به صورت روزانه مورد بازدید قرار گرفتند و علاوه

قرار می‌دهد. علاوه بر این، (Kaur et al., 2011) بیان می‌کنند که قارچ بیماریارگر *B. bassiana* اثرات معنی‌داری بر طول عمر و باروری شب‌پره *Spodoptera lituralis* Fabricius دارد.



شکل ۱- اثرات زیرکشندگی (LC_{30}) قارچ بیماریارگر

Metarhizium anisopliae روی طول مرحله بالغ و میزان باروری (میانگین \pm خطای معیار) افراد بالغ تیمار شده شته *Aphis gossypii* (نسل اول) در سه دمای ثابت.

Fig. 1. Sublethal effects (LC_{30}) of *Metarhizium anisopliae* on adult longevity and fecundity of treated *Aphis gossypii* (first generation) at three constant temperatures

اثرات زیرکشندگی قارچ بیماریارگر *M. anisopliae* بر پارامترهای زیستی نتاج ماده‌های تیمار شده در سه دمای ثابت (نسل دوم) طول مراحل مختلف زیستی و باروری: دماهای مختلف مورد مطالعه به صورت معنی‌داری طول مراحل مختلف زیستی و باروری نتایج ماده‌های تیمار شده با غلظت زیرکشنده قارچ بیماریارگر *M. anisopliae* را تحت تأثیر خود قرار دادند (جدول ۲). کم‌ترین طول دوره زیستی مراحل نابالغ این آفت در دمای ۲۵ درجه سلسیوس محاسبه شد و مقادیر محاسبه شده این پارامتر در دو دمای دیگر به صورت معنی‌داری بیش‌تر از دمای ۲۵ درجه سلسیوس بود ($P < 0.05$). مقادیر محاسبه شده برای طول عمر حشرات بالغ نیز به صورت معنی‌داری در دو دمای ۲۰ و ۳۰ درجه سلسیوس کم‌تر از دمای ۲۵ درجه سلسیوس بود ($P < 0.05$). علاوه بر موارد فوق، میزان باروری کل نتاج ماده‌های تیمار شده نیز تحت تأثیر دماهای مختلف مورد مطالعه قرار گرفت و در دو دمای ۲۰ و ۳۰ درجه باروری به مراتب کم‌تری نسبت به دمای ۲۵ درجه سلسیوس ثبت

بوت‌استرپ جفت شده (Paired-bootstrap) و در سطح احتمال ۰/۰۵ درصد صورت پذیرفت (Chi, 2016; Bahari et al., 2018).

نتیجه و بحث

در پژوهش حاضر، اثرات غلظت زیرکشنده (LC_{30}) قارچ بیماریارگر *M. anisopliae* روی پارامترهای زیستی دو نسل متوالی شته جالیز در سه دمای ثابت آزمایشگاهی مورد مطالعه قرار گرفت.

آزمون زیست‌سنجی: براساس نتایج به دست آمده، داده‌های به دست آمده در پژوهش حاضر برآزش مناسبی با مدل پروبیت داشت (جدول ۱). بر همین اساس، غلظت ۱۱۳۵۶۱۳ اسپور/میلی‌لیتر از قارچ بیماریارگر مورد مطالعه به عنوان غلظت LC_{50} محاسبه گردید. علاوه بر این، غلظت‌های ۱،۴۳/۲۵، ۳۱۲۳ و ۲۸۸۲۳ اسپور/میلی‌لیتر به ترتیب به عنوان غلظت‌های زیرکشنده LC_{10} ، LC_{20} و LC_{30} محاسبه شده و در انجام بررسی‌ها استفاده شد.

اثرات زیرکشندگی قارچ بیماریارگر *M. anisopliae* بر طول عمر و باروری ماده‌های بالغ در سه دمای ثابت (نسل اول): براساس نتایج به دست آمده، اثرات قارچ بیماریارگر *M. anisopliae* بر طول عمر حشرات بالغ و میزان باروری آن‌ها به صورت معنی‌داری تحت تأثیر دماهای مختلف مورد مطالعه قرار گرفت (شکل ۱). بیش‌ترین طول عمر حشرات بالغ تیمار شده در دمای ۲۵ درجه سلسیوس ثبت شد و کم‌ترین طول این دوره زیستی نیز در دمای ۳۰ درجه سلسیوس به دست آمد. علاوه بر این، باروری حشرات بالغ تیمار شده نیز در دماهای مختلف مورد مطالعه متفاوت بود و بیش‌ترین میزان باروری در دمای ۲۵ درجه سلسیوس محاسبه شد. باروری کل این آفت در دو دمای ۲۰ و ۳۰ درجه سلسیوس به صورت معنی‌داری از دمای ۲۵ درجه سلسیوس کم‌تر بود (شکل ۱). مشابه با یافته‌های پژوهش حاضر، (Seyed-Talebi et al., 2012) بیان می‌کنند که تیمار کنه تارتن دولکه‌ای با بیماریارگر قارچی *B. bassiana* طول عمر افراد بالغ نر و ماده را تحت تأثیر خود

شد. اثرات قارچ‌های بیمارگر حشرات بر مرگ و میر جمعیت آفات توسط محققین مختلف مورد اشاره قرار گرفته است. در پژوهشی، اثرات قارچ‌های بیمارگر *M. anisopliae* و *B. bassiana* روی مرگ و میر مگس میوه مدیترانه *Ceratitis capitata* Wiedemann مطالعه شد و مشخص شد قارچ بیمارگر *B. bassiana* سبب افزایش مرگ و میر مگس میوه مدیترانه تا ۶۵/۷۰ درصد شد. همچنین، قارچ بیمارگر *M. anisopliae* نیز مرگ و میر ۸۰/۷۳ درصدی در جمعیت این آفت ایجاد نمود (Khlaywi et al., 2014).
توزیع پایدار مراحل مختلف زیستی: براساس نتایج ارائه شده در جدول ۱، بیش‌ترین بخش جمعیت پایدار نتاج ماده‌های تیمار شده در مرحله نابالغ قرار دارد. این مسأله تحت تأثیر دماهای مختلف مورد مطالعه قرار نگرفت. قدرت بالای تولیدمثلی این آفت و دارا بودن پتانسیل بکرزایی از جمله مهم‌ترین دلایل مشاهده این موضوع می‌باشد. علاوه بر این، این شواهد نشان می‌دهد که به‌منظور مدیریت جمعیت‌های مختلف شته جالیز، تمرکز ویژه‌ای باید بر کنترل مراحل نابالغ این آفت معطوف شود.

گردید. این شواهد می‌تواند به دلیل اثرات نامطلوب دو دمای ۲۰ و ۳۰ درجه سلسیوس بر ویژگی‌های زیستی شته جالیز باشد. در بررسی صورت گرفته توسط Kim (2007)، تیمار شته جالیز با قارچ بیمارگر *Lecanicillium attenuatum* Zare & Gams طول عمر پوره‌های سن اول و سوم را به‌صورت معنی‌داری کاهش داد. در پژوهشی مشابه توسط Ekesi and Maniania (2000)، طول عمر تریپس *Megalurothrips sjostedti* و شته *Aphis crassivora* Koch با افزایش غلظت بیمارگرهای *M. anisopliae* و *B. bassiana* کاهش پیدا کرد.
درصد مرگ و میر مراحل مختلف زیستی: جدول ۳ درصد مرگ و میر مراحل مختلف زیستی در نتاج شته‌های تیمار شده با غلظت LC_{30} از قارچ بیمارگر *M. anisopliae* را در دماهای مختلف مورد مطالعه نشان می‌دهد. بر این اساس، بیش‌ترین درصد مرگ و میر مراحل نابالغ این آفت در دمای ۳۰ درجه سلسیوس محاسبه شد. مراحل نابالغ این آفت در دمای ۲۵ درجه سلسیوس هیچ مرگ و میری نداشتند. علاوه بر این، مرگ و میر مراحل بالغ نیز تحت تأثیر تیمارهای مختلف مطالعه شد و کم‌ترین درصد مرگ و میر در دمای ۳۰ درجه سلسیوس ثبت

جدول ۱- تجزیه پروبیت و بیماری‌زایی قارچ بیمارگر *Metarhizium anisopliae* علیه شته جالیز *Aphis gossypii*.

Table 1. Probit analyses and pathogenicity of *Metarhizium anisopliae* to *Aphis gossypii*.

Concentrations (spore/ml) (Fiducial limits)									
LC ₁₀	LC ₂₀	LC ₃₀	LC ₅₀	Intercept ± SE	Slope ± SE	χ ²	P	df	
143.25 (27.08-500.00)	3123 (978.41-7779)	28823 (12107-60420)	1135613 (563700-2459731)	-1.99 ± 0.16	0.33 ± 0.03	2.05	0.84	5	

جدول ۲- اثرات زیرکشدگی (LC_{30}) قارچ *Metarhizium anisopliae* روی طول مراحل مختلف زیستی و باروری (میانگین ± خطای معیار)

نتاج افراد تیمار شده شته جالیز *Aphis gossypii* در دماهای مختلف مورد مطالعه

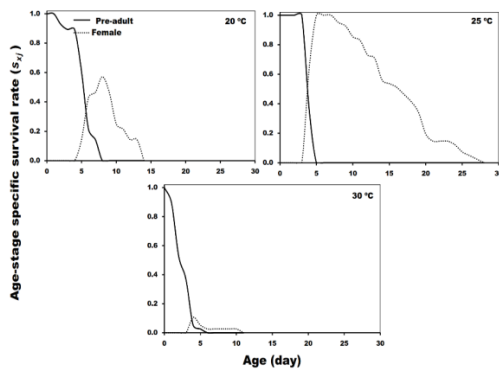
Table 2. Sublethal effects (LC_{30}) of *Metarhizium anisopliae* on duration of different life stages and fecundity (mean ± SE) at different temperatures tested of offspring from treated *Aphis gossypii*

Stages and fecundity	Temperatures (°C)		
	20	25	30
Pre-adult (day)	0.25 ± 6.33 ^a	4.37 ± 0.08 ^b	0.40 ± 4.40 ^b
APOP (day)	1.77 ± 0.34 ^a	0.49 ± 0.09 ^c	0.67 ± 0.31 ^b
TPOP (day)	8.23 ± 0.23 ^a	4.85 ± 0.09 ^b	5.33 ± 0.82 ^b
Longevity (day)	4.39 ± 0.61 ^b	16.73 ± 0.83 ^a	2.20 ± 0.71 ^c
Life span (day)	10.72 ± 0.50 ^b	21.10 ± 1.90 ^a	6.60 ± 1.10 ^c
Fecundity (nymph)	2.34 ± 8.50 ^b	66.29 ± 3.15 ^a	2.21 ± 3.60 ^b

*میانگین‌های با حروف متفاوت در هر ردیف با یکدیگر اختلاف معنی‌دار دارند (آزمون بوت استرپ جفت شده، $P < 0.05$).

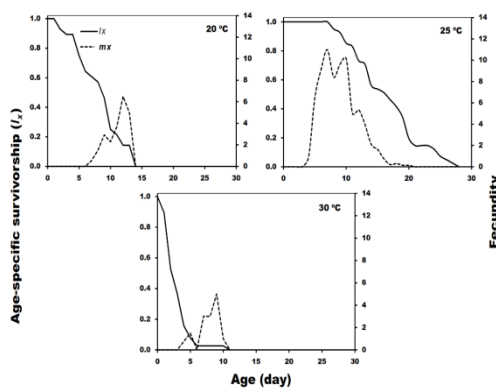
*Different letters in a same row indicate significant difference (paired bootstrap test, $P < 0.05$).

شده است. بر این اساس، افراد متولد شده در دمای ۲۵ درجه سلسیوس بالاترین میزان امید به زندگی را در بدو تولد دارا بودند (۱۶/۷۳ روز). کم‌ترین میزان امید به زندگی افراد تازه متولد شده نیز در دمای ۳۰ درجه سلسیوس مشاهده شد (۳/۱۶ روز). علاوه بر این، مشاهده نرخ‌های صعودی محدود در روند کاهشی امید به زندگی، نشانگر عبور افراد از سنین حساس زندگی می‌باشد.



شکل ۲- اثرات زیرکشندگی (LC₃₀) قارچ بیماری‌گر *Metarhizium anisopliae* روی نرخ زنده‌مانی ویژه سن-مرحله زیستی (s_{xj}) نتاج افراد تیمار شده شته *Aphis gossypii* در سه دمای متفاوت.

Fig. 2. Sublethal effects (LC₃₀) of *Metarhizium anisopliae* on age-stage survival rate (s_{xj}) of offspring from treated *Aphis gossypii* at three different temperatures.



شکل ۳- اثرات زیرکشندگی (LC₃₀) قارچ بیماری‌گر *Metarhizium anisopliae* روی نرخ زنده‌مانی (l_x) و باروری ویژه سنی (m_x) نتاج افراد تیمار شده شته *Aphis gossypii* در سه دمای متفاوت.

Fig. 3. Sublethal effects (LC₃₀) of *Metarhizium anisopliae* on age-specific survivorship (l_x) and fecundity (m_x) of offspring from treated *Aphis gossypii* at three different temperatures.

نرخ زنده‌مانی ویژه سن-مرحله زیستی (s_{xj})، نرخ زنده‌مانی (l_x) و باروری ویژه سنی (m_x): شکل ۲ نمودار نرخ زنده‌مانی ویژه سن-مرحله زیستی (s_{xj}) شته جالیز را در دماهای مختلف مورد مطالعه نشان می‌دهد. همانگونه که اطلاعات ارائه شده در این شکل نشان می‌دهد، نتاج ماده‌های تیمار شده در هر سه دمای مورد مطالعه قادر به تکمیل چرخه زندگی خود بودند. با این وجود، این آفت کوتاه‌ترین چرخه را در دمای ۳۰ درجه سلسیوس تجربه نمود. بیش‌ترین طول دوره زندگی نیز در دمای ۲۵ درجه سلسیوس ثبت شد. لازم به ذکر است که این نمودار نرخ زنده‌مانی را به تفکیک دو مرحله نابالغ و بالغ نمایش می‌دهد که این مسأله از جمله ویژگی‌های استفاده از جداول زندگی دوجنسی می‌باشد. نمودارهای نرخ زنده‌مانی ویژه سنی (l_x) که در حقیقت شکل خلاصه شده نمودارهای شکل ۲ می‌باشند، در شکل ۳ ارائه شده است. آنچه در این نمودارها قابل مشاهده می‌باشد، تفاوت بارز شکل منحنی زنده‌مانی در دمای ۳۰ درجه سلسیوس با دماهای دیگر می‌باشد. در این دما، مرگ و میر بیش‌تری در سنین ابتدایی مشاهده می‌شود که این مسأله ایجاد منحنی زنده‌مانی نوع سوم را بر خلاف دو دمای مورد مطالعه دیگر به دنبال داشته است. طبیعتاً این امر باعث می‌شود که افراد کم‌تری در جمعیت به مرحله بلوغ رسیده و قادر به پوره‌زایی باشند که در این صورت، کاهش پتانسیل تولیدمثلی جمعیت امری اجتناب‌ناپذیر خواهد بود. در دو دمای ۲۰ و ۲۵ درجه سلسیوس، مرگ و میر افراد بیش‌تر در اواخر دوره زندگی مشاهده شد که این مسأله ایجاد منحنی زنده‌مانی نوع اول را باعث شد. علاوه بر موارد فوق، شکل ۲ مقادیر باروری ویژه سنی (m_x) این آفت را نیز در دماهای مختلف مورد مطالعه نمایش می‌دهد. بر این اساس، بیش‌ترین مقدار باروری روزانه این آفت در دمای ۲۵ درجه سلسیوس (۱۰/۹۸ پوره در روز هفتم) مشاهده شد. کم‌ترین میزان این پارامتر نیز در دمای ۳۰ درجه سلسیوس به دست آمد.

امید به زندگی ویژه سن-مرحله زیستی (e_{xj}): نمودارهای امید به زندگی ویژه سن-مرحله زیستی این آفت در شکل ۴ ارائه

درصد زنده‌مانی این آفت در دو دمای ذکر شده می‌باشد. بیش‌ترین میزان نرخ خالص تولیدمثل نیز در دمای ۲۵ درجه سلسیوس ثبت شد (۶۶/۲۹ نتاج/فرد). نرخ ذاتی افزایش جمعیت (r) به دلیل آنکه فاکتورهای متعددی مانند تولیدمثل، نرخ زنده‌مانی، طول دوره زیستی مراحل نابالغ و غیره را در بر می‌گیرد، مهم‌ترین پارامتر زیستی یک آفت یا دشمن طبیعی آن می‌باشد (Sedaratian et al., 2013; 2014). در پژوهش حاضر، به دلیل ثبت کم‌ترین درصد مرگ و میر در مراحل نابالغ، و هم‌چنین بالاترین نرخ تولید مثل این آفت در دمای ۲۵ درجه سلسیوس، بیش‌ترین میزان نرخ ذاتی افزایش جمعیت نیز در این دما ثبت شد. نکته قابل توجه، منفی بودن نرخ ذاتی افزایش جمعیت این آفت پس از تیمار با غلظت زیرکشنده قارچ بیماری‌گر *M. anisopliae* در دمای ۳۰ درجه سلسیوس است که این مسأله حاکی از شرایط بسیار نامناسب ایجاد شده در این دما به منظور رشد شته *A. gossypii* می‌باشد. منفی بودن نرخ ذاتی افزایش جمعیت در شته‌ها در پژوهش صورت گرفته توسط Karami et al. (2018) نیز مورد اشاره قرار گرفته است. با این وجود، از جمله مهم‌ترین دلایل منفی بودن نرخ ذاتی افزایش جمعیت در دمای ۳۰ درجه سلسیوس می‌توان به درصد مرگ و میر بسیار بالای این آفت (جدول ۳ و شکل ۳) به همراه کوتاه بودن طول عمر حشرات بالغ (جدول ۲) و باروری پایین (جدول ۵) اشاره نمود. اثرات معنی‌دار قارچ بیماری‌گر *Isaria fumosorosea* Wize روی نرخ ذاتی افزایش جمعیت سفید بالک پنبه و شب‌پره پشت الماسی در پژوهش صورت گرفته توسط Huang et al. (2010) تأیید شده است. در پژوهشی دیگر، Rashki and Shirvani (2013) نیز کاهش مقادیر نرخ ذاتی افزایش جمعیت شته جالیز را پس از تیمار با قارچ بیماری‌گر *B. bassiana* گزارش نمودند. متوسط مدت زمان یک نسل این آفت نیز در دمای ۲۰ درجه سلسیوس بیش‌ترین میزان خود را داشت (۱۰/۹۳ روز).

نتایج حاصل از بررسی حاضر نشان داد که در هنگام استفاده از قارچ‌های بیماری‌گر حشرات در قالب برنامه‌های

جدول ۳- اثرات زیرکشنده گی (LC₃₀) قارچ بیماری‌گر

Metarhizium anisopliae روی مرگ و میر مراحل مختلف زیستی (میانگین \pm خطای معیار) نتاج افراد تیمار شده شته جالیز *Aphis gossypii* در سه دمای ثابت.

Table 3. Sublethal effects (LC₃₀) of *Metarhizium anisopliae* on mortality of different life stages (mean \pm SE) of offspring from treated *Aphis gossypii* at three constant temperatures.

Stages	Temperatures (°C)		
	20	25	30
Pre-adult (day)	0.09 \pm 36.00 ^c	0.00 \pm 0.00 ^b	0.05 \pm 86.84
Female (day)	64.09 \pm 0.09 ^b	99.00 \pm 0.00 ^a	13.16 \pm 0.05 ^c

* میانگین‌های با حروف متفاوت در هر ردیف با یکدیگر اختلاف معنی‌دار دارند (آزمون بوت استرپ جفت شده، $P < 0.05$).

* Different letters in a same row indicate significant difference (paired bootstrap test, $P < 0.05$)

ارزش تولید مثلی ویژه سن-مرحله زیستی (v_{xj}):

نمودارهای ارزش تولید مثلی ویژه سن-مرحله زیستی که بیانگر مشارکت افراد در تولید نتاج آینده می‌باشد، در شکل ۵ نمایش داده شده است. همانگونه که در این شکل مشاهده می‌شود، بیش‌ترین میزان این پارامتر در تمامی تیمارهای مورد مطالعه متعلق به افراد ماده می‌باشد که این مسأله در زمان رسیدن افراد به اوج پوره‌زایی بسیار بارز است. بیش‌ترین میزان این پارامتر (۲۲/۳۹) مربوط به ماده‌های روز ششم و در دمای ۲۵ درجه سلسیوس بود. علاوه بر این، مقدار ارزش تولید مثلی محاسبه شده در بدو تولد در تمامی تیمارهای مورد مطالعه برابر با نرخ متناهی افزایش جمعیت می‌باشد (جدول ۵).

پارامترهای رشد جمعیت: نتایج حاصل از بررسی حاضر

حاکی از وجود اثرات معنی‌داری دماهای مختلف مورد مطالعه بر پارامترهای رشد جمعیت نتاج افراد تیمار شده با غلظت LC₃₀ از قارچ بیماری‌گر *M. anisopliae* می‌باشد (جدول ۵). بیش‌ترین میزان نرخ ناخالص تولید مثل (GRR) این آفت در دمای ۲۵ درجه سلسیوس ثبت شد. تفاوت میان مقادیر ثبت شده این پارامتر با نرخ خالص تولیدمثل (R_0) حاکی از اثر نرخ زنده‌مانی می‌باشد که تفاوت زیاد میان مقادیر این دو پارامتر در دو دمای ۲۰ و ۳۰ درجه سلسیوس بیانگر پایین بودن

به دمای ۲۵ درجه سلسیوس نامساعدتر بوده که این امر کاهش توان دفاعی شته جالیز در مقابل این بیماری‌گر را به‌دنبال داشته و در نتیجه سبب افزایش کارایی بیولوژیکی این بیماری‌گر شده است. البته لازم به ذکر است که به‌منظور تأیید یافته‌های حاصل از پژوهش حاضر، ادامه چنین بررسی‌هایی در شرایط گلخانه و مزرعه بسیار حائز اهمیت می‌باشد.

جدول ۴- اثرات زیرکشندگی (LC₃₀) قارچ بیماری‌گر

Metarhizium anisopliae روی توزیع پایدار مراحل مختلف زیستی (%) نواح افراد تیمار شده شته جالیز *Aphis gossypii* در سه دمای متفاوت.

Table 4. Sublethal effects (LC₃₀) of *Metarhizium anisopliae* on stable stage distribution (%) of offspring from treated *Aphis gossypii* at three different temperatures.

Stages	Temperatures (°C)		
	20	25	30
Pre-adult	83.24	88.92	86.33
Female	16.76	11.08	13.67

مدیریت تلفیقی آفات، توجه به اثرات متقابل موجود میان عوامل محیطی و این گروه از عوامل بیولوژیکی بسیار حائز اهمیت بوده و در این میان نقش دما به‌عنوان مهم‌ترین فاکتور غیرزنده محیطی از اهمیت بسیاری برخوردار می‌باشد. چنین بررسی‌هایی می‌توانند تعیین‌کننده زمان مناسب استفاده از این گروه از عوامل بیولوژیکی در شرایط طبیعی بوده و نقش به‌سزایی در اجرای موفقیت‌آمیز برنامه‌های کنترل بیولوژیکی خواهند داشت. آنچه که در پژوهش حاضر مشاهده شد، وابستگی میزان تأثیر قارچ بیماری‌گر *M. anisopliae* روی پارامترهای زیستی شته جالیز به دماهای مختلف مورد مطالعه بود. چنین شواهدی می‌تواند به دو دلیل عمده باشد. دلیل اول تأثیر دماهای مختلف بر قدرت بیماری‌زایی این بیماری‌گر و دلیل دوم تأثیر این فاکتور محیطی بر رشد و نمو حشره میزبان می‌باشد. این احتمال وجود دارد که شرایط ایجاد شده به‌منظور رشد شته جالیز در دو دمای ۲۰ و ۳۰ درجه سلسیوس نسبت

جدول ۵- اثرات زیرکشندگی (LC₃₀) قارچ بیماری‌گر *Metarhizium anisopliae* روی پارامترهای رشد جمعیت (میانگین \pm خطای معیار) نتاج افراد تیمار شده شته جالیز *Aphis gossypii* در سه دمای ثابت.

Table 5. Sublethal effects (LC₃₀) of *Metarhizium anisopliae* on population growth parameters (mean \pm SE) of offspring from treated *Aphis gossypii* at three constant temperatures.

Parameters	Temperatures (°C)		
	20	25	30
GRR (offspring/individual)	22.29 \pm 3.26 ^b	74.86 \pm 2.42 ^a	13.50 \pm 5.26 ^c
R ₀ (offspring/individual)	5.46 \pm 1.67 ^b	66.29 \pm 3.15 ^a	0.47 \pm 0.33 ^c
r (day ⁻¹)	0.155 \pm 0.028 ^b	0.506 \pm 0.000 ^a	-0.091 \pm 0.026 ^c
λ (day ⁻¹)	1.168 \pm 0.032 ^b	1.659 \pm 0.000 ^a	0.913 \pm 0.127 ^c
T (day)	10.93 \pm 0.45 ^a	8.28 \pm 0.10 ^b	8.23 \pm 1.60 ^b

* میانگین‌های با حروف متفاوت در هر ردیف با یکدیگر اختلاف معنی‌دار دارند (آزمون بوت استرپ جفت شده، $P < 0.05$).

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

نویسندگان مراتب قدردانی خود را از جناب آقای دکتر یوبرت قوستا به خاطر همکاری در تهیه جدایه قارچ بیماری‌گر مورد مطالعه اعلام می‌دارند.

سپاسگزاری

بدینوسیله از حمایت‌های دانشگاه یاسوج در تمامی مراحل انجام این بررسی قدردانی می‌شود. علاوه بر این،

References

- BAHARI, F., Y. FATHIPOUR, A. A. TALEBI and Z. ALIPOUR, 2018. Long-term feeding on greenhouse cucumber affects life table parameters of two-spotted spider mite and its predator *Phytoseiulus persimilis*, Systematic and Applied Acarology, 23 (12): 2304-2316.
- BLACKMAN, R. L. and V. F. EASTOP, 2000. Aphids on the world's crops: an identification and information guide. John Wiley & Sons, Ltd.
- CHI, H. 1988. Life-table analysis incorporating both sexes and variable development rates among individuals, Environmental Entomology, 17: 26-34.
- CHI, H. 2016. TWSEX-MSChart: a computer program for the age-stage, two-sex life table analysis. (<http://140.120.197.173/Ecology/Download/TwosexMSChart.zip>) (Accessed 25 April 2016).
- EKESI, S. and N. K. MANIANIA, 2000. Susceptibility of *Megalurothrips sjostedti* developmental stages to *Metarhizium anisopliae* and the effects of infection on feeding, adult fecundity, egg fertility and longevity, Entomologia Experimentalis et Applicata, 94 (3): 229-236.
- EMAMI, S., S. A. SAFAVI and Y. GUSTA, 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.
- GOH, H. G., J. H. KIM and M. WEE HAN, 2001. Application of *Aphidius colemani* Viereck for control of the aphid in greenhouse, Journal of Asia-Pacific Entomology, 4 (2): 171-174.
- GURULINGAPPA, P., P. ALLAN MCGEE and G. SWORD, 2011. Endophytic *Lecanicillium lecanii* and *Beauveria bassiana* reduce the survival and fecundity of *Aphis gossypii* following contact with conidia and secondary metabolites, Crop Protection, 30: 349-353.
- HUANG, ZH., SH. ALI, SH. X. REN and J. H. WU, 2010. Effect of *Isaria fumosoroseus* on mortality and fecundity of *Bemisia tabaci* and *Plutella xylostella*, Insect Science, 17(2): 140-148.
- HUSBERG, G. B. and H. M. T. HOKKANEN, 2001. Effects of *Metarhizium anisopliae* on the pollen beetle *Meligethes aeneus* and its parasitoids *Phradis morionellus* and *Diospilus capito*, BioControl, 46: 261-273.
- ISLAM, M. T. and D. B. OMAR, 2012. Combined effect of *Beauveria bassiana* with neem on virulence of insect in case of two application approaches, Journal of Animal and Plant Science, 22 (1): 77-82.
- JARRAHI, A. and S. A. SAFAVI, 2016. Sublethal effects of *Metarhizium anisopliae* on life table parameters of *Habrobracon hebetor* parasitizing *Helicoverpa armigera* larvae at different time intervals, BioControl, 61 (2): 167-175.
- KARAMI, A., Y. FATHIPOUR, A. A. TALEBI and G. V. P. REDDY, 2012. Canola quality affects second (*Brevicoryne brassicae*) and third (*Diaeretiella rapae*) trophic levels, Arthropod-Plant Interactions, 12: 291-301.
- KAUR, S., H. P. KAUR, K. KAUR and A. KAUR, 2011. Effect of different concentrations of *Beauveria bassiana* on development and reproductive potential of *Spodoptera litura* (Fabricius), Journal of Biopesticides, 4 (2): 161-168.
- KHLAYWI, S. A., M. W. KHUDHAIR, H. F. ALRUBEAI, A. K. SHBAR and S. A. HADI, 2014. Efficacy of *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* to control Mediterranean fruit fly *Ceratitis capitata*, International Journal of Entomological Research, 2 (3): 169-173.
- KIM, J. J. 2007. Influence of *Lecanicillium attenuatum* on the development and reproduction of the cotton aphid *Aphis gossypii*, BioControl, 52 (6): 789-799.
- NGUYEN, N. T. H., C. BORGEMEISTER, H. M. POEHLING and G. ZIMMERMANN, 2007. Laboratory investigations on the potential of entomopathogenic fungi for biocontrol of *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) larvae and pupae, Biocontrol Science and Technology, 17 (8): 853-864.
- NIELSEN, C., H. SKOVGARD and T. STEENBERG, 2005. Effect of *Metarhizium anisopliae* (Deuteromycotina:

- Hyphomycetes) on survival and reproduction of the filth fly parasitoid, *Spalangia cameroni* (Hymenoptera: Pteromalidae), *Environmental Entomology*, 34 (1): 133-139.
- PATIL, S. J. and B. R. PATEL, 2013. Evaluation of different synthetic and botanical insecticide against aphid, *Aphis gossypii* Glover infesting isabgol crop, *The Bioscan*, 82 (2): 705-707.
- QUESADA-MORAGA, E., A. RUIZ-GARCIA and C. SANTIAGO-ALVAREZ, 2006. Laboratory evaluation of entomopathogenic fungi *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* against puparia and adults of *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae), *Journal of Economic Entomology*, 99 (6): 1955-1966.
- RAHSEPAR, A., M. HAGHANI, A. SEDARATIAN-JAHROMI, M. GHANE-JAHROMI and N. FARRAR, 2016. Different cucumber (*Cucumis sativus*) varieties could affects biological performance of cotton aphid *Aphis gossypii* Glover (Hemiptera: Aphididae) a case study at laboratory condition, *Entomofauna*, 37 (21): 353-364.
- RASHKI, M. and A. SHIRVANI, 2013. The effect of entomopathogenic fungus, *Beauveria bassiana* on life table parameters and behavioral response of *Aphis gossypii*, *Bulletin of Insectology*, 66 (1): 85-91.
- RAZMJOU, J., M. MOHAMMADI and M. HASSANPOUR, 2011. Effect of vermicompost and cucumber cultivar on population growth attributes of the melon aphid (Hemiptera: Aphididae), *Journal of Economic Entomology*, 104 (4): 1379-1383.
- RAZMJOU, J., S. MOHARRAMIPOUR, Y. FATHIPOUR and S. Z. MIRHOSEINI, 2006. Demographic parameters of cotton aphid, *Aphis gossypii* Glover (Homoptera: Aphididae) on five cotton cultivars, *Insect Science*, 13(3): 205-210.
- SEDARATIAN, A., Y. FATHIPOUR and R. TALAEI-HASSANLOUI, 2014. Deleterious effects of *Bacillus thuringiensis* on biological parameters of *Habrobracon hebetor* parasitizing *Helicoverpa armigera*, *BioControl*, 59: 89-98.
- SEDARATIAN, A., Y. FATHIPOUR, R. TALAEI-HASSANLOUI and J. L. JURAT-FUENTES, 2013. Fitness costs of sublethal exposure to *Bacillus thuringiensis* in *Helicoverpa armigera*: A carryover study on offspring, *Journal of Applied Entomology*, 137: 540-549.
- SEYED-TALEBI, S. F., K. KHERADMAND, R. TALAEI-HASSANLOUI and KH. TALEBI-JAHROMI, 2012. Sublethal effects of *Beauveria bassiana* on life table parameters of two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae), *Biocontrol Science and Technology*, 22 (3): 293-303.
- TAKALLOOZADEH, H. M. 2010. Effects of host plants and various temperatures on population growth parameters of *Aphis gossypii* Glover (Hom.: Aphididae), *Middle East Journal of Scientific Research*, 6 (1): 25-30.
- TALEPOUR, F., M. RASHKI and A. SHIRVANI, 2015. Control of green peach aphid by using fungus, *Metarhizium anisopliae*, and Imidacloprid, on three canola cultivars, under microcosm conditions, *Journal of Plant Protection*, 28 (4): 589-595.
- VU, V. H., S. I. I. HONG and K. KIM, 2007. Selection of entomopathogenic fungi for aphid control, *Journal of Bioscience and Bioengineering*, 104 (6): 498-505.
- XIA, J. Y., W. VANDER and R. RABBINGE, 1999. Influence of temperature on bionomics of cotton aphid, *Aphis gossypii*, on cotton, *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 90 (1): 25-35.
- ZIMMERMANN, G. 2007. Review on safety of the entomopathogenic fungus *Metarhizium anisopliae*, *Biocontrol Science and Technology*, 17 (9): 715-728.