

اثر کاربرد هم‌زمان قارچ بیماری‌گر *Beauveria bassiana* (Ascomycota, Hypocreales) و ارقام مختلف گندم روی شته روسی گندم *Diuraphis noxia* (Hem.: Aphididae)

۱. مریم راشکی*؛ ۲. مژده اسمعیل بیگی

۱. استادیار، گروه تنوع زیستی، پژوهشکده علوم محیطی، پژوهشگاه علوم و تکنولوژی پیشرفته و علوم محیطی، دانشگاه تحصیلات تکمیلی صنعتی و فناوری پیشرفته، کرمان
۲. کارشناس ارشد آزمایشگاه، گروه اکولوژی، پژوهشکده علوم محیطی، پژوهشگاه علوم و تکنولوژی پیشرفته و علوم محیطی، دانشگاه تحصیلات تکمیلی صنعتی و فناوری پیشرفته، کرمان
- (تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱/۲۶ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۹/۳۰)

چکیده

اثر کاربرد هم‌زمان قارچ بیماری‌گر *Beauveria bassiana* جدایه DEBI008 و ارقام مختلف گندم روی ویژگی‌های زیستی شته روسی گندم *Diuraphis noxia* در شرایط آزمایشگاهی (دمای 25 ± 1 درجه سلسیوس، رطوبت نسبی ۸۵ درصد، دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی) مورد مطالعه قرار گرفت. بدین منظور، تعداد ۳۰ واحد آزمایشی از هر رقم گندم، هر کدام حاوی یک پوره سن اول آماده شد. این پوره‌ها از افراد کامل تیمار شده با قارچ بیماری‌گر با غلظت LC_{10} روی هر رقم به دست آمدند. تعداد پوره‌های تولید شده توسط هر شته تیمار شده تا زمان مرگ به طور روزانه ثبت شد. داده‌ها بر اساس جدول زندگی دو جنسی و نرم‌افزار رایانه‌ای TWSEX-MSChart تهیه و آنالیز شد. در تحقیق حاضر، کمترین مقدار LC_{10} قارچ متعلق به رقم ارگ بود؛ اما اثر معنی‌دار بر فراسنجه‌های جدول زندگی نتایج شته روی ارقام مختلف گندم نداشت. همچنین، طول دوره پورگی نتایج به استثنای سن اول، بین شاهد و تیمارها روی سه رقم مورد مطالعه اختلاف معنی‌دار نداشت. تنها رقم الوند باعث طولانی‌تر شدن مرحله حشره کامل حاصل از شته‌های تیمار شده با قارچ در مقایسه با دو رقم ارگ و پیشناز شد. نتایج، نشان‌دهنده اثر رقم گندم بر بیماری‌گری مستقیم قارچ روی شته روسی بود.

کلیدواژه‌گان: جدول زندگی، رقم، شته، مرحله رشدی.

Effect of simultaneous use of the entomopathogenic fungus, *Beauveria bassiana* (Ascomycota, Hypocreales) and different cultivars of wheat on the Russian wheat aphid, *Diuraphis noxia* (Hem.: Aphididae)

Maryam Rashki^{1*} and Mozhdeh Esmailbeygi²

1. Assistant Professor, Department of Biodiversity, Institute of Science and High Technology and Environmental Sciences, Graduate University of Advanced Technology, Kerman, Iran

2. M.Sc. Staff of Laboratory, Department of Ecology, Institute of Science and High Technology and Environmental Sciences, Graduate University of Advanced Technology, Kerman, Iran

(Received: Apr. 14, 2016 - Accepted: Dec. 20, 2016)

ABSTRACT

The effect of simultaneous use of entomopathogenic fungus, *Beauveria bassiana* and different cultivars of wheat was investigated on Russian wheat aphid (RWA), *Diuraphis noxia* under laboratory conditions (25 ± 1 °C, 85 % RH and a photoperiod of 16L: 8D). Thirty experimental units of each cultivar were prepared and each replicate was consisted of one first nymphal instar. The nymphs were produced by the adults infected with LC_{10} of the fungus on each cultivar. The number of nymphs produced by each treated aphid was daily recorded until death. The data were prepared and analyzed according to the two-sex life table using TWSEX-MSChart software. In the current research, the lowest value of LC_{10} of the DEBI008 isolate was belonging to the Arg cultivar; however, there was no significant variation among different wheat cultivars on the RWA offspring. Also, the duration of nymphal instar, with exception of the first nymphal instar, had no significant difference between the control and fungal treatments. Only the Alvand cultivar caused to prolong the adult longevity gained from fungus-infected aphids as compared to the Arg and Pishtaz cultivars. The results showed that the wheat cultivars influenced direct pathogenicity of the fungus on the RWA.

Keywords: Aphid, cultivar, development time, life table.

* Corresponding author E-mail: ma_rashkigh@yahoo.com

تازه‌های تحقیق

مطالعات کمی درخصوص اثر ویژگی‌های گیاه میزبان روی برهمکنش میان حشرات و قارچ‌های بیمارگر وجود دارد. نتایج حاصل از اثر مستقیم قارچ *B. bassiana* جدایه DEBI008 روی مرگ و میر شته‌ی روسی گندم نشان داد تعامل میان شته روسی گندم و قارچ بیمارگر می‌تواند تا حدودی تحت تاثیر میزبان گیاهی تغییر کند. تفاوت در ترکیبات شیمیایی و ساختار ارقام مختلف می‌تواند حساسیت شته روسی گندم را به آلودگی به قارچ بیمارگر تغییر دهند. به عبارت دیگر، رقم ارگ بر بیمارگری مستقیم قارچ *B. bassiana* روی شته روسی گندم اثر دارد و به همراه رقم پیش‌تاز تنها بر طول دوره رشدی شته کامل (حاصل از نتاج شته‌ی روسی گندم) اثر معنی‌دار داشت و باعث کاهش آن شد. بر اساس نتایج به‌دست آمده از تجزیه پروبیت تلفات شته *Diuraphis noxia* تیمار شده با قارچ *B. bassiana* روی ارقام مختلف گندم، کارایی قارچ بیمارگر روی رقم ارگ بیشتر از دو رقم دیگر است که این مسأله می‌تواند برنامه‌های مدیریت تلفیقی شته روسی گندم را ارتقا بخشد.

مقدمه

گندم از قدیمی‌ترین گیاهان زراعی است که در نقاط مختلف دنیا به منظور تولید دانه برای تهیه نان، تغذیه حیوانات و مصارف صنعتی کشت می‌شود. این گیاه به‌عنوان غذای اصلی نیمی از جمعیت دنیا از اهمیت بسیار زیادی برخوردار است به همین دلیل یک گیاه استراتژیک تلقی می‌شود. این گیاه از نظر سطح زیر کشت و تولید سالانه، مقام اول را بین هشت غله اصلی دارا می‌باشد (Kelman 1993, Bhattarai and Hess 1991, and Qualset 1991). شته‌ها به‌عنوان آفات مهم کشاورزی، علاوه بر تغذیه مستقیم از گیاه با انتقال عوامل بیماری‌زای گیاهی باعث ایجاد خسارت زیادی می‌شوند. ده گونه شته روسی گندم‌های کشت شده در ایران گزارش شده است که شته روسی گندم (*Diuraphis noxia* (Mordvilko) (Hem.: Aphididae) یکی از آنهاست (Ahmadi and Sarafrazi 1993). این شته از آفات مهم گندم و جو و بومی نواحی جنوب شوروی سابق، ایران، افغانستان و کشورهای واقع در حوزه مدیترانه می‌باشد (Tran et al. 1997).

توسعه مقاومت به حشره‌کش‌های شیمیایی و اثرات زیان‌آور مربوط به آن‌ها روی سلامت انسان و محیط زیست، محرکی قوی برای توسعه عوامل کنترل میکروبی فراهم کرده است. مجموعه گوناگونی از میکروارگانیسم‌ها، به‌طور رایج به‌عنوان عوامل کنترل حشرات شامل ویروس‌ها، باکتری‌ها، پروتوزوا و قارچ‌ها استفاده می‌شوند (Inglis et al. 2001). یکی از عمومی‌ترین قارچ‌های بیمارگر حشرات، گونه *Beauveria bassiana* (Ascomycota, Hypocreales) (Bals.) Vuill. اولین قارچ بیماری‌زای شناخته شده در حشرات می‌باشد و به نام عامل بیماری موسکاردین سفید معرفی شده است (Leathers and Subhash 1993). این قارچ دارای دامنه میزبانی گسترده می‌باشد و روی بیش از ۷۰۰ گونه از راسته‌های گوناگون حشرات، کنه‌ها و بندپایان دیگر بیماری ایجاد می‌کند (Inglis et al. 2001).

روابط میان حشرات گیاهخوار و دشمنان طبیعی غالباً تحت تأثیر میزبان‌های گیاهی قرار می‌گیرند (Price et al. 1980). به‌طورمثال، گیاهان مقاوم باعث افزایش حساسیت (*Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) به ویروس پلی هدر (NPV) شدند (Hamm and Wiseman 1986).

با این وجود، مطالعات کمی درخصوص اثر ویژگی‌های گیاه میزبان روی برهمکنش میان حشرات و قارچ‌های بیمارگر وجود دارد (Poprawski and Jones 2000) و بیشتر مطالعات روی نقش گیاه میزبان در روابط میان حشرات با پارازیتوئیدها و شکارگرها بوده است (Kennedy 2003, Ode 2006). این پژوهش با هدف بررسی برهمکنش قارچ بیمارگر *B. bassiana* جدایه DEBI008 و شته روسی گندم روی سه رقم گندم ارگ، الوند و پیش‌تاز انجام شد تا میزان کارایی جدایه مذکور تحت تأثیر غیرمستقیم ارقام مختلف گندم با توجه به غلظت زیرکشنده قارچ و فراسنجه‌های جدول زندگی شته روسی مشخص شود. به عبارت دیگر اثر مستقیم جدایه فوق روی شته روسی با تعیین غلظت زیرکشنده آن و همچنین به‌طور غیر مستقیم روی فراسنجه‌های جدول زندگی نتاج شته روسی سه رقم گندم محاسبه شد.

مواد و روش‌ها

گیاه میزبان

استفاده از معادله $C_1V_1 = C_2V_2$ سایر غلظت‌های مورد نظر یعنی، 1×10^4 ، 1×10^5 ، 1×10^6 ، 1×10^7 و 1×10^8 کنیدی در میلی لیتر در توپین ۸۰ (۰/۰۲٪) تهیه شد و از محلول ۰/۰۲٪ توپین ۸۰ نیز به‌عنوان شاهد استفاده و از هر غلظت سه تکرار فراهم شد. در هر تکرار ۱۵ شته استفاده شد. روزانه طی ۱۰ روز پس از پاشش قارچ روی شته‌ها، مرگ آن‌ها در اثر قارچ ثبت و تایید شد. با استفاده از نرم‌افزار POLO-PC 2002 غلظت LC_{10} روی هر رقم به‌دست آمد.

بذر سه رقم گندم الوند، پیش‌تاز و ارگ از مرکز تحقیقات کشاورزی کرمان تهیه و داخل گلدان‌های پلاستیکی به قطر ۱۵ سانتی‌متر و ارتفاع ۱۲ سانتی‌متر حاوی مخلوطی از کود دامی: ماسه: خاک گلخانه به نسبت ۱:۱:۲ کشت شدند و در گلخانه با دمای 25 ± 1 درجه سلسیوس و دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی و رطوبت نسبی 5 ± 60 درصد قرار گرفت.

تهیه نوارهای برگی

بررسی فراسنجه‌های جدول زندگی شته روسی گندم

تحت تأثیر قارچ *B. bassiana* و ارقام مختلف گندم برای انجام این آزمایش تعداد ۳۰ واحد آزمایشی از هر رقم گندم آماده شد که هر کدام حاوی یک پوره سن اول بود. این پوره‌ها از افراد کامل یک روزه و تیمار شده با قارچ بیمارگر با غلظت LC_{10} به روش اسپری از فاصله ۴۰ سانتی‌متری به صورت عمود به ظرف به‌دست آمدند. شاهد شامل شته‌های تیمار شده با توپین ۸۰ (۰/۰۲٪) بود. پس از پیچیدن پارافیلیم دور درب ظروف پتری، این ظروف در ژرمیناتور با دمای 25 ± 1 درجه سلسیوس، رطوبت نسبی ۸۵ درصد، دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی منتقل شدند. تعداد پوره‌های تولید شده توسط هر شته تا زمان مرگ به‌طور روزانه ثبت شد.

برای این منظور، از ظروف پتری با قطر ۵۸ میلی‌لیتر استفاده شد. به منظور تهیه، درب پتری‌ها به قطر ۳ سانتی‌متر سوراخ و با توری مناسب پوشانده شدند. محلول آب-آگار ۲ درصد داخل هر ظرف پتری ریخته شد و پس از نیمه جامد شدن این محلول، ۶ نوار از برگ‌های ۱۴ روزه گندم روی محیط قرار داده شد. این مجموعه به‌عنوان یک واحد آزمایشگاهی مورد استفاده قرار گرفت.

پرورش شته روسی گندم

شته روسی گندم *D. noxia* از مزارع گندم اطراف بردسیر کرمان جمع‌آوری شد و برای پرورش، روی برگ‌های گندم با طول عمر دو هفته قرار گرفتند. گلدان‌های گندم آلوده به شته از هر سه رقم به اتاقک رشد با دمای 25 ± 1 درجه سلسیوس، رطوبت نسبی 5 ± 60 درصد، دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی منتقل شدند تا جمعیت شته‌ها افزایش یابد. در تمامی آزمایش‌ها از پوره‌های سن سوم شته استفاده شد. به منظور هم‌سن سازی شته‌ها، تعدادی افراد کامل ماده به مدت ۱۲ ساعت پوره‌زایی کردند سپس ماده‌ها حذف و پوره‌های سن سوم مورد استفاده قرار گرفتند.

تجزیه و تحلیل داده‌ها

داده‌های مربوط به طول دوره مراحل مختلف زندگی شته با استفاده از نرم‌افزار SAS تجزیه و تحلیل شدند و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از روش توکی در سطح پنج درصد صورت گرفت. فراسنجه‌های جدول زندگی بر اساس جدول زندگی دوجنسی (Chi and Liu 1985) و نرم‌افزار رایانه‌ای TWSEX-MSChart (Chi 2015) تجزیه و محاسبه شد. مقایسه میان ارقام مختلف گندم با آزمون بوتسترپ انجام شد (Akkopru et al. 2015). فراسنجه‌های جمعیت شامل نرخ بقا (l_x) و باروری (m_x) ویژه سن، نرخ خالص تولیدمثل (R_0)، نرخ ذاتی افزایش جمعیت (r_m)، نرخ متناهی افزایش جمعیت (λ)، میانگین زمان یک نسل (T) و نرخ ناخالص تولیدمثل (GRR) هستند که به شرح زیر محاسبه می‌شوند:

تعیین غلظت LC_{10} از قارچ بیمارگر *B. bassiana*

پس از عبور قارچ *B. bassiana* جدایه DEBI008 از شته روسی گندم، روی محیط کشت حاوی Sabouraud (SDA) dextrose agar به علاوه مخمر کشت شد تا کنیدی‌زایی انجام شود. تراکم کنیدی در واحد حجم با استفاده از گلبول شمار و فرمول 5×10^4 محاسبه و با

در تحقیقات دیگر نیز نشان داده شد که کارایی قارچ *Frankliniella* علیه *B. bassiana* جدایهٔ GHA روی گیاه *Impatiens walleriana* (Balsaminaceae) (Hook) F. نسبت به گیاه لوبیا ضعیف بود (Ugine et al. 2006, Ugine et al. 2005). فرضیهٔ دیگری وجود دارد مبنی بر این‌که حساسیت متفاوت حشرات روی گیاهان میزبان مختلف، نتیجهٔ مقادیر متفاوت کنیدی برداشت شده توسط حشره است؛ به طوری که، تریپس‌هایی که در معرض شاخ و برگ لوبیای آلوده به قارچ *B. bassiana* قرار گرفتند، ۷۵٪ کنیدی بیشتری نسبت تریپس‌های روی شاخ و برگ *I. walleriana* برداشت کردند (Ugine et al. 2007).

بنابراین، گیاه میزبان می‌تواند روی برهمکنش حشرات گیاهخوار و بیمارگرها تأثیر بگذارد. حتی وارپته‌های گیاه میزبان نیز می‌تواند اثرات قابل توجهی در این برهمکنش داشته باشند. تفاوت‌های درون گونه‌ای و برون گونه‌ای در ساختار و ترکیبات شیمیایی گیاه می‌تواند حساسیت حشرات را به آلودگی به بیمارگرها تغییر دهد و همچنین می‌تواند روی تکثیر و پایداری بیمارگر در محیط اثر بگذارد (Cory and Hoover 2006). مطالعات در مورد گیاهان و قارچ‌های بیمارگر بر بهبود کنترل حشرات آفت از طریق کاهش شایستگی (fitness) حشرات تأکید دارد، بدین معنی که گیاهان می‌توانند به‌طور غیرمستقیم بر برهمکنش حشره - بیمارگر تأثیر داشته باشند (Cory and Hoover 2006). در تحقیقی دیگر نشان داده شد که گیاه میزبان بر مرگ‌ومیر شتهٔ نخودفرنگی (*Acyrtosiphon pisum* (Harris) (Hemiptera: Aphididae) *Pandora neoaphidis* به قارچ *Zygomycetes: (Remaudière & Hennebert) Humber* Entomophthorales مؤثر است (Duetting et al. 2003).

اثر غلظت LC_{10} قارچ *B. bassiana* بر طول دورهٔ رشد و نمو پورگی، طول عمر افراد کامل شتهٔ روسی گندم (نتاج شته‌های تیمار شده) روی ارقام مختلف گندم در جدول ۲ نشان داده شده است. طول دورهٔ پوره سن اول شتهٔ روسی گندم در سه رقم مورد مطالعه بین تیمارهای شاهد (توین ۸۰) و تیمارها روی سه رقم ارگ، الوند و پیشتاز اختلاف معنی‌داری نداشت

$$R_0 = \sum l_x m_x$$

$$\sum_{x=0}^{\infty} e^{-r(x+1)} l_x m_x = 1$$

$$\lambda = e^r$$

$$T = \frac{\ln(R_0)}{r}$$

نتایج و بحث

غلظت LC_{10} قارچ *B. bassiana* جدایهٔ DEBI008 علیه شته روسی گندم روی ارقام ارگ، الوند و پیشتاز به ترتیب $9/0 \times 10^2$ ، $3/7 \times 10^2$ و $1/4 \times 10^2$ کنیدی در میلی‌لیتر به‌دست آمد (جدول ۱). فنگ و جانسون نشان دادند که این جدایه دارای کارایی بالایی بوده و با غلظت کم و در مدت کوتاه باعث مرگ‌ومیر شته روسی گندم شده است (Feng and Johnson 1990). در تحقیق حاضر، کمترین مقدار LC_{10} در قارچ *B. bassiana* جدایهٔ DEBI008 متعلق به رقم ارگ بود که نشان‌دهندهٔ تفاوت اثر مستقیم قارچ بر شته روسی سه رقم گندم است.

کیفیت گیاه میزبان در برهمکنش بین قارچ بیمارگر و حشرات می‌تواند اثرگذار باشد (Hare and Andreadis 1983, Tanada and Kaya 1993, Poprawski and Jones 2000). از آنجا که کاهش رشد و تولید مثل حشرات به دلیل کیفیت پایین گیاه می‌تواند حساسیت آن‌ها را به بیماری‌ها افزایش دهد (Cory and Hoover 2006, Shikano et al. 2010)، ممکن است در مورد رقم ارگ به دلیل کیفیت پایین از نظر تغذیه‌ای برای شته روسی، قارچ بیمارگر تأثیر کشندگی بیشتری داشته است. از طرفی وجود مواد شیمیایی نیز می‌تواند باعث کاهش کارایی بیمارگرها شوند، به‌طور مثال برخی ترکیبات ضد قارچی در مواد مترشحه از برگ یا رایحه‌های برگ می‌تواند با تماس مستقیم با کنیدی‌های قارچ بیمارگر حشرات، از جوانه‌زنی یا فرایند آلودگی آن جلوگیری کند (Brown et al. 1995, Vega et al. 1997, Lacey and Mercadier 1999; Inyang et al. 1998). در رقم پیشتاز کشندگی پایین قارچ ممکن است به‌دلیل وجود همین مواد شیمیایی باشد که این موارد نیاز به بررسی دارد.

شته در روی رقم الوند و پیشتاز بود. در مورد طول دوره پوره‌های سن سوم شته روسی گندم، تیمارهای شاهد (تویین ۸۰) روی ارقام مختلف با یکدیگر تفاوت معنی‌دار نداشتند ($P > 0.05$). اما با تیمارهای قارچی روی رقم ارگ و رقم الوند تفاوت معنی‌دار دیده شد ($P = 0.0002$ ، $F = 5.27$ ، $df = 5$ و 122).

($P > 0.05$). تفاوت معنی‌دار در طول دوره پوره سن دوم روی رقم ارگ بین شاهد با تیمار قارچی مشاهده نشد ($P > 0.05$). در حالی‌که، در رقم الوند و رقم پیشتاز بین شاهد با پوره‌های سن دوم در تیمارهای قارچی تفاوت معنی‌دار وجود داشت ($P = 0.0001$ ، $F = 5.14$ ، $df = 5$ و 141) که نشان‌دهنده اثر قارچ روی پوره سن دوم ($F = 6.41$)

جدول ۱. نتایج تجزیه پروبیت تلفات شته *Diuraphis noxia* تیمار شده با قارچ *Beauveria bassiana* روی ارقام مختلف گندم

Table 1. Results of the probit analysis for *Diuraphis noxia* treated with *Beauveria bassiana* on different wheat cultivars

Cultivars	n	LC ₁₀ (CI) conidia/ml	Slope±SE	b±SE	χ ²	HF
Arg	225	$\frac{9.0 \times 10^1}{(4.0 \times 10^1 - 9.1 \times 10^2)}$	0.67±0.14	-2.59±0.75	2.80	0.93
Alvand	225	$\frac{3.7 \times 10^2}{(1.0 \times 10^1 - 2.0 \times 10^3)}$	0.82±0.16	-3.37±0.80	2.06	0.69
Pishtaz	225	$\frac{1.4 \times 10^3}{(8.0 \times 10^1 - 3.9 \times 10^3)}$	1.55±0.39	-6.14±1.70	0.03	0.01

n: تعداد شته‌های تیمار شده؛ b: عرض از مبدأ؛ CI: فاصله اطمینان (احتمال ۰/۹۵)؛ HF: فاکتور ناهمگونی.
n: number of treated nymphs; b: intercept; CI: confidence intervals (95% probability); HF: heterogeneity factor.

جدول ۲. طول دوره‌های مختلف زندگی (میانگین±خطای استاندارد) *Diuraphis noxia* تحت تأثیر قارچ *Beauveria bassiana* (Ba) روی ارقام مختلف گندم (LC₁₀)

Table 2. Duration of different life stages (Mean±SE) of *Diuraphis noxia* affected with *Beauveria bassiana* (Ba) (LC₁₀)

Cultivar	Treatment	Life stage					Adult
		Nymph I	Nymph II	Nymph III	Nymph IV	Nymph I-IV	
Arg	Tween 80 (Control)	1.66±0.10a	1.55±0.09abc	1.54±0.10a	1.95±0.09a	6.90±0.23a	7.37±0.34a
	Ba	1.60±0.13a	1.16±0.09cd	1.00±0.00c	1.10±0.10b	4.90±0.23b	4.80±0.36b
Alvand	Tween 80 (Control)	1.77±0.08a	1.61±0.10ab	1.62±0.11a	1.72±0.11a	6.77±0.19a	6.61±0.29a
	Ba	1.44±0.12a	1.15±0.08d	1.16±0.09bc	1.07±0.07b	4.86±0.14b	7.21±0.35a
Pishtaz	Tween 80 (Control)	1.73±0.82a	1.70±0.09a	1.54±0.10ab	1.68±0.11a	6.79±0.15a	7.16±0.45a
	Ba	1.80±0.82da	1.27±0.10bcd	1.26±0.10abc	1.00±0.00b	5.39±0.18b	4.54±0.48b

میانگین‌ها با حروف مشابه در هر ستون اختلاف معنی‌دار ندارند (آزمون توکی، $P < 0.05$).
Means followed by the same letter in the same column are not significantly different (Tukey's test, $P < 0.05$).

معنی‌دار داشت ($F = 9.26$ ، $df = 5$ و 92 ، $P = 0.0001$)، اما این تفاوت با رقم الوند مشاهده نشد ($P > 0.05$). کمترین طول عمر افراد کامل شته در تیمار قارچی روی رقم ارگ و پیشتاز و بیشترین آن روی رقم الوند مشاهده شد. در تحقیقی دیگر، میزبان گیاهی نه تنها بر فراسنجه‌های جدول زندگی *Homalodis cavitripennis* (Hem.: Cicadellidae) (Germar) تأثیر داشت بلکه بر طول دوره مراحل رشدی پورگی نیز مؤثر بود به نحوی که باعث طولانی شدن آن روی گیاه شمشاد معمولی و کوتاه شدن آن روی گیاه آفتابگردان شد (Chen et al. 2010). دلیل آن می‌تواند بخاطر غلظت عناصر غذایی مانند نیتروژن باشد؛ به طوری‌که، طول دوره پورگی در سفیدبالک گلخانه‌ای *Trialeurodes vaporariorum* (Hem.: Aleyrodidae) با افزایش غلظت نیتروژن در دو

پوره‌های سن چهارم شته روسی گندم در شاهد با تیمارها تفاوت معنی‌دار داشت ($F = 9.2$ ، $df = 5$ و $P = 0.0001$). همچنین نتایج به دست آمده از طول عمر پوره سن یک تا پوره سن چهارم نشان داد که در هر سه رقم شاهد با تیمارها تفاوت معنی‌داری داشت ($F = 25.16$ ، $df = 5$ و 92 ، $P = 0.0001$). نتایج نشان داد قارچ و رقم گیاه اثر معنی‌داری بر طول دوره رشد و نمو پوره سن یک نداشتند. اما اثر این دو عامل بر طول دوران رشد افراد کامل به طور معنی‌دار مشهود بود. کل دوران رشد و نمو پورگی نتایج شته روسی گندم (سن اول تا چهارم) در تیمار با قارچ بیمارگر با تیمار شاهد اختلاف معنی‌دار داشت. این مسأله در مورد هر سه رقم گندم صادق بود. طول عمر افراد کامل شته روسی گندم بین شاهد و تیمار شده روی ارقام ارگ و پیشتاز تفاوت

غلظت زیرکشدگی (LC₁₀) قارچ بیماری‌گر *B. bassiana* جدایه EUT116 (۱×۱۰^۲ کنیدی در میلی‌لیتر) بر فراسنجه‌های جدول زندگی نتاج زنبور *Aphidius matricariae* Haliday (Hym.: Braconidae) پارازیتوید شته سبز هلو مؤثر بود و باعث کاهش مقادیر r_m و λ و افزایش مقدار T شد ولی روی مقدار R_0 تأثیری نداشت (Rashki et al. 2009). همچنین، شته *Aphis craccivora* Koch (Hem.: Aphididae) با غلظت‌های زیرکشدنده (LC₁₀) قارچ بیماری‌گر *B. bassiana* جدایه DEBI008 شامل 7×10^4 ، $4/3 \times 10^4$ و 8×10^4 به ترتیب روی لوبیا چیتی، لوبیا قرمز و لوبیا چشم بلبلی تیمار و سپس فراسنجه‌های جدول زندگی شته محاسبه شد و نتایج نشان داد در شته‌های تیمار شده با قارچ، مقادیر r_m ، T و λ در نتاج آن‌ها بین لوبیا چیتی و لوبیا چشم بلبلی به‌طور معنی‌دار متفاوت بود (Ezzatabadipoor et al. 2015). با این حال، اختلاف معنی‌دار در مقادیر R_0 میان ارقام مختلف گیاهی وجود نداشت و تیمار قارچی به‌طور معنی‌دار باعث کاهش باروری، طول عمر حشره کامل و طول زندگی نتاج شته با تغذیه روی هر کدام از واریته‌های گیاهی شد. بیشترین تأثیر جدایه قارچ روی شته لوبیا چشم بلبلی زمانی به‌دست آمد که شته‌ها روی گیاه لوبیا چیتی تغذیه کردند. علاوه بر اثر غیر مستقیم این جدایه روی نتاج شته لوبیا چشم بلبلی، غلظت زیرکشدگی جدایه مذکور به‌طور مستقیم بر مرگ‌ومیر شته اثر داشت (Ezzatabadipoor et al. 2015).

رقم مختلف گوجه فرنگی گیلاسی کاهش یافت (Park et al. 2009).

نتایج مربوط به فراسنجه‌های جدول زندگی نتاج شته روسی گندم تحت تأثیر قارچ بیماری‌گر و رقم گندم (جدول ۳) نشان داد این دو عامل تأثیری بر فراسنجه‌های جدول زندگی شامل r_m ، R_0 ، λ و T نداشتند؛ به‌عبارت دیگر، رقم گندم اثر غیر مستقیم بر بیماری‌گری قارچ *B. Bassiana* جدایه DEBI008 روی نتاج شته روسی گندم نداشت. بر اساس این نتایج، برخلاف نتایج به‌دست آمده توسط چن و همکاران (Chen et al. 2010)، میزبان گیاهی بر فراسنجه‌های جدول زندگی و طول دوره نابالغ شته روسی گندم مؤثر نبوده است. نتایج مشابهی نشان داده است که میزبان‌های گیاهی مختلف تأثیری بر تعامل میان سفیدبالک *Bemisia afer* (Priesner & Hosny) (Hemiptera: Aleyrodidae) و دو قارچ بیماری‌گر *Paecilomyces fumosoroseus* Wize (Ascomycota, Hypocreales) و *Lecanicillium lecanii* (Zimm.) Zare & Gams (Ascomycota, Hypocreales) نداشت (Ethel 2007). همچنین، نتایج مشابهی در مورد اثر یکسان دو نوع رقم میزبان گیاهی روی حساسیت *Mythimna unipuncta* (Lep.: Noctuidae) نسبت به ویروس بیماری‌گر (NPV) حشرات به‌دست آمد (Keathley et al. 2012).

بر خلاف نتایج به‌دست آمده در این تحقیق در خصوص اثر غلظت زیرکشدگی قارچ‌های بیماری‌گر حشرات روی حشره میزبان، تحقیق دیگر نشان داد که

جدول ۳. فراسنجه‌های جدول زندگی (میانگین \pm خطای استاندارد) *Diuraphis noxia* تحت تأثیر قارچ *Beauveria bassiana* (Ba)

روی ارقام مختلف گندم (LC₁₀)

Table 3. Life table parameters (Mean \pm SE) of *Diuraphis noxia* influenced with *Beauveria bassiana* (Ba) (LC₁₀) on different wheat cultivars

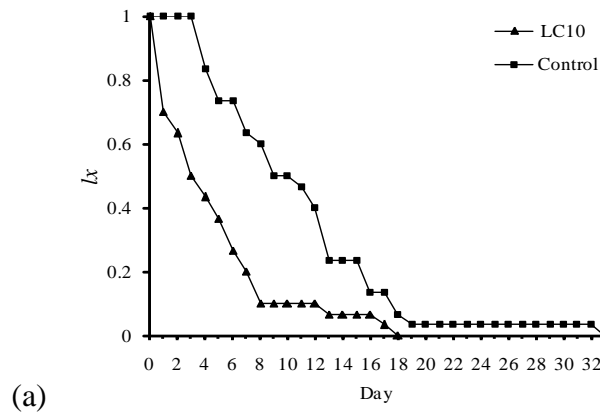
Cultivar	Treatment	Parameter			
		r_m	R_0	λ	T
Arg	Tween-80 (Control)	0.105 \pm 0.072a	3.130 \pm 1.575a	1.114 \pm 0.076a	8.952 \pm 0.991a
	Ba	0.105 \pm 0.072a	3.130 \pm 1.566a	1.114 \pm 0.076a	8.955 \pm 0.988a
Alvand	Tween-80 (Control)	0.203 \pm 0.029a	5.966 \pm 1.477a	1.226 \pm 0.036a	8.628 \pm 0.344a
	Ba	0.203 \pm 0.029a	5.969 \pm 1.481a	1.226 \pm 0.036a	8.628 \pm 0.341a
Pishtaz	Tween-80 (Control)	0.181 \pm 0.046a	4.597 \pm 1.594a	1.200 \pm 0.054a	8.031 \pm 0.280a
	Ba	0.181 \pm 0.046a	4.588 \pm 1.595a	1.120 \pm 0.055a	8.032 \pm 0.283a

میانگین‌ها با حروف مشابه در هر ستون اختلاف معنی‌دار ندارند ($P < 0.05$). r_m ، نرخ ذاتی افزایش جمعیت؛ R_0 ، نرخ خالص تولیدمثل؛ λ ، نرخ متناهی افزایش جمعیت؛ T، مدت زمان یک نسل.

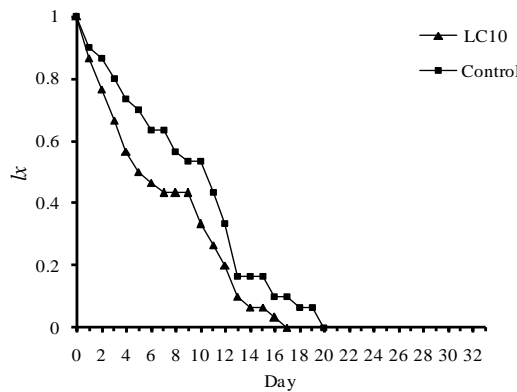
Means followed by different letter in the same column are significantly different (Tukey's test, $P < 0.05$). r_m , intrinsic rate of increase, R_0 , net reproductive rate, λ , finite rate of increase, T, mean generation time.

شاهد و در تیمار قارچی مشابه بود. اما در تیمار شاهد روی رقم ارگ، شته‌روسی گندم بقای بیشتری نسبت به دو رقم دیگر داشت. تیمار شته‌روسی گندم با قارچ بیمارگر باعث کاهش l_x روی هر سه رقم شد. نوسانات m_x شته در تیمار قارچی روی سه رقم در بازه روز چهار تا ۱۶ تقریباً روی هر سه رقم مشابه است.

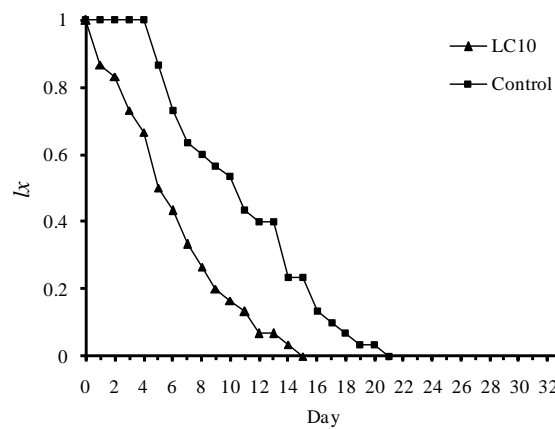
تعداد شته‌های زنده مانده در زمان x (l_x) و تعداد نتاج تولید شده به ازای هر ماده در هر روز (m_x) تحت تأثیر غلظت زیرکشندگی قارچ بیمارگر قارچ *B. Bassiana* جداییه DEBI008 و توپین-۸۰ به‌عنوان شاهد روی سه رقم گندم ارگ، الوند و پیشتاز به‌ترتیب در شکل‌های ۱ و ۲ نشان داده شده است. نوسانات l_x تقریباً بین ارقام مختلف گندم در



(a)



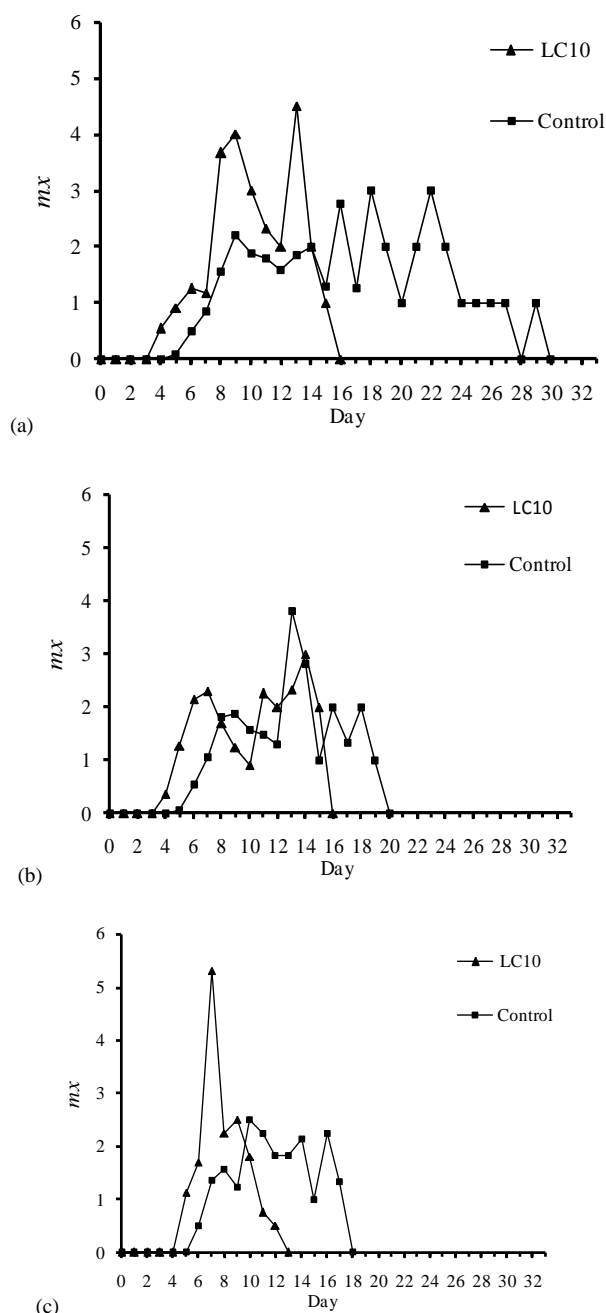
(b)



(c)

شکل ۱. نرخ بقا (l_x) شته *Diuraphis noxia* تحت تأثیر غلظت زیرکشندگی قارچ *Beauveria bassiana* (LC₁₀) قارچ *Beauveria bassiana* در مقایسه با شاهد (توین ۸۰) روی ارقام (a) ارگ؛ (b) الوند؛ (c) پیشتاز.

Figure 1. Survival rate (l_x) of *Diuraphis noxia* influenced by sub-lethal concentration (LC₁₀) of *Beauveria bassiana* compared to control (Tween 80) on a) Arg, b) Alvand, c) Pishtaz cultivars.



شکل ۲. تعداد ماده تولید شده به ازای هر ماده در روز (m_x) توسط شته *Diuraphis noxia* تحت تأثیر غلظت زیر کشندگی (LC_{10}) قارچ *Beauveria bassiana* در مقایسه با شاهد (تویین-۸۰) روی ارقام (a) ارگ، (b) الوند، (c) پیشتاز.

Figure 2. Number of females produced per female per day (m_x) of *Diuraphis noxia* influenced by sub-lethal concentration (LC_{10}) of *Beauveria bassiana* compared to control (Tween 80) on a) Arg, b) Alvand, c) Pishtaz cultivars

بیمارگر تغییر دهند. به عبارت دیگر، رقم ارگ بر بیماری‌گری مستقیم قارچ *B. bassiana* روی شته روسی گندم اثر دارد و به همراه رقم پیشتاز تنها بر طول دوره رشدی شته کامل (حاصل از نتاج شته روسی گندم) اثر معنی‌دار داشت و باعث کاهش آن شد. بر اساس نتایج به‌دست آمده از تجزیه پروبیت تلفات شته *Diuraphis*

نتایج حاصل از اثر مستقیم قارچ *B. bassiana* جداییه DEBI008 روی مرگومیر شته روسی گندم نشان داد تعامل میان شته روسی گندم و قارچ بیماری‌گر می‌تواند تا حدودی تحت تأثیر میزبان گیاهی تغییر کند. تفاوت در ترکیبات شیمیایی و ساختار ارقام مختلف می‌توانند حساسیت شته روسی گندم را به آلودگی به قارچ

سپاسگزاری

این پژوهش با حمایت مالی دانشگاه تحصیلات تکمیلی صنعتی و فناوری پیشرفته و به شماره طرح ۱/۲۸۳۹ انجام شد.

noxia تیمار شده با قارچ *B. bassiana* روی ارقام مختلف گندم، کارایی قارچ بیمارگر روی رقم ارگ بیشتر از دو رقم دیگر است که این مسأله می‌تواند برنامه‌های مدیریت تلفیقی شته روسی گندم را ارتقا بخشد.

REFERENCES

- Ahmadi A, Sarafrazi A** (1993) Distribution and natural enemies of Russian wheat aphid *Diuraphis snoxia* (Mordvilko) in Fars province. In: the 11th Iranian Plant Protection Congress, 28 August -2 September, Gilan University, Rasht, Iran. 104. (in Persian)
- Akkopru EP, Atlıhan R, Okut H, Chi H** (2015) Demographic assessment of plant cultivar resistance to insect pests: A case study of the dusky-veined walnut aphid (Hemiptera: Callaphididae) on five walnut cultivars. *Journal of Economic Entomology* 108(2): 1-10.
- Bhattarai T, Hess D** (1993) Yield responses of Nepalese spring wheat (*Triticum aestivum*) cultivars to inoculation with *Azospirillum* spp of Nepalese origin. *Plant and Soil* 151: 67-76.
- Brown GC, Prochaska GL, Hildebrand DF, Nordin GL, Jackson DM** (1995) Green leaf volatiles inhibit conidial germination of the entomopathogen *Pandora neoaphidis* (Entomophthorales: Entomophthoraceae). *Environmental Entomology* 24 (6): 1637-1643.
- Chen W, Leopold RA, Boetel MA** (2010) Host plant effects on development and reproduction of the glassy-winged sharpshooter, *Homalodis cavitripennis* (Homoptera: Cicadellidae). *Environmental Entomology* 39: 1545-1553.
- Chi H** (2015) TWSEX-MSChart: a computer program for the age-stage, two-sex life table analysis. <http://140.120.197.173/Ecology> (accessed 8 February 2015).
- Chi H, Liu H** (1985) Two new methods for the study of insect population ecology. *Bulletin of the Institute of Zoology* 24: 225-240.
- Cory JS, Hoover K** (2006) Plant-mediated effects in insect-pathogen interactions. *Trends in Ecology and Evolution* 21(5): 278-286.
- Duetting PS, Ding H, Neufeld J, Eigenbrode SD** (2003) Plant waxy bloom on peas affects infection of pea aphids by *Pandora neoaphidis*. *Journal of Invertebrate Pathology* 84: 149-158.
- Ethel C** (2007) Tritrophic interaction between whiteflies, insect pathogenic fungi and host plant. M.Sc., Sverigeslantbruksv Universitet (SLU), Sweden.
- Ezzatabadipoor Z, Shirvani A, Rashki M** (2015) Effects of host plants on the susceptibility of Cowpea Aphid, *Aphis craccivora* (Hemiptera: Aphididae) to the entomopathogenic fungus, *Beauveria bassiana* (Ascomycota, Hypocreales). *Journal of Entomological Society of Iran* 35(1): 27-36.
- Feng MG, Johnson JB** (1990) Relative virulence of six isolates of *Beauveria bassiana* on *Diuraphis noxia* (Homop: Aphididae). *Environmental Entomology* 19: 785-790.
- Hamm JJ, Wiseman BR** (1986) Plant resistance and nuclear polyhedrosis virus for suppression of the fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae). *Florida Entomologist* 69: 541-549.
- Hare JD, Andreadis TG** (1983) Variation in the susceptibility of *Leptinotarsa decemlineata* (Coleoptera: Chrysomelidae) when reared on different host plants to the fungal pathogen, *Beauveria bassiana* in the field and laboratory. *Environmental Entomology* 12: 1892-1897.
- Inglis GD, Goettel MS, Butt TM, Strasser H** (2001) Use of hyphomycetous fungi for managing insect pests, In: Butt TM, Jackson C, Magan N (eds.), *Fungi as biocontrol agents: progress, problems and potential*. CABI publishing, UK. pp. 23-69.
- Inyang EN, Butt TM, Beckett A, Archer S** (1999) The effect of crucifer epicuticular waxes and leaf extracts on the germination and virulence of *Metarhizium anisopliae* conidia. *Mycological Research* 130: 419-426.
- Keathley CP, Harrison RL, Potter DA** (2012) Baculovirus infection of the armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) feeding on spiny- or smooth-edged grass (*Festuca* spp.) leaf blades. *Biological Control* 61: 147-154.
- Kelman WM, Qualset CO** (1991) Breeding for salinity stressed environments: recombinant inbred wheat line under saline irrigation. *Crop Science* 31: 1223-1228.
- Kennedy GG** (2003) Tomato, pests, parasitoids, and predators: tritrophic interactions involving the genus *Lycopersicon*. *Annual Review of Entomology* 48: 51-72.
- Lacey LA, Mercadier G** (1998) The effect of selected allelochemicals on germination of conidia and blastospores and mycelial growth of the entomopathogenic fungus, *Paecilomyces fumosoroseus* (Deuteromycotina: Hyphomycetes). *Mycopathologia* 142: 17-25.

- Leathers TD, Subhash CG** (1993) Susceptibility of the eastern tent caterpillar (*Malacosoma americanum*) to the entomogenous fungus *Beauveria bassiana*. *Journal Invertebrate Pathology* 61: 217-219.
- Ode PJ** (2006) Plant chemistry and natural enemy fitness: effects on herbivore and natural enemy interactions. *Annual Review of Entomology* 51: 163-185.
- Park MK, Kim JG, Song YH, Lee JH, Shin KL, Cho K** (2009) Effect of nitrogen levels of two cherry tomato cultivars on development, preference and honeydew production of *Trialeurodes vaporariorum* (Hemiptera: Aleyrodidae). *Journal of Asia-Pacific Entomology* 12: 227-232.
- Poprawski TJ, Jones WJ** (2000) Host plant effects on activity of the mitosporic fungi *Beauveria bassiana* and *Paecilomyces fumosoroseus* against two populations of *Bemisia* whiteflies (Homoptera: Aleyrodidae). *Mycopathologia* 151: 11-20.
- Price PW, Bouton CE, Gross P, McPherson BA, Thompson JN, Weis AE** (1980) Interactions among three trophic levels: influence of plants on interactions between insect herbivores and natural enemies. *Annual Review of Ecology and Systematics* 11: 41-65.
- Rashki M, Kharazi-pakdel A, Allahyari H, van Alphen JJM** (2009) Interactions among the entomopathogenic fungus, *Beauveria bassiana* (Ascomycota: Hypocreales), the parasitoid, *Aphidius matricariae* (Hym.: Braconidae), and its host, *Myzus persicae* (Hom.: Aphididae). *Biological Control* 50: 324-328.
- Shikano I, Ericsson J, Cory J, Myers JH** (2010) Indirect plant-mediated effects on insect immunity and disease resistance in a tritrophic system. *Basic and Applied Ecology* 11: 15-22.
- Tanada Y, Kaya HK** (1993) *Insect pathology*. Academic press, San Diego, CA.
- Tran P** (1997) Plant proteinase inhibitors are potential anti cereal aphid compounds. *Journal of Economic Entomology* 90(6): 1672-1677.
- Ugine TA, Wraight SP, Brownbridge M, Sanderson JP** (2005) Development of a novel bioassay for estimation of median lethal concentrations (LC50) and doses (LD50) of the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana*, against western flower thrips, *Frankliniella occidentalis*. *Journal of Invertebrate Pathology* 89: 210-218.
- Ugine TA, Wraight SP, Sanderson JP** (2006) Effects of manipulating spray-application parameters on efficacy of the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana* against western flower thrips, *Frankliniella occidentalis*, infesting greenhouse impatiens crops. *Biocontrol Science and Technology* 5: 185-192.
- Ugine TA, Wraight SP, Sanderson JP** (2007) A tritrophic effect of host plant on susceptibility of western flower thrips to the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana*. *Journal of Invertebrate Pathology* 96: 162-172.
- Vega FE, Dowd PF, McGuire MR, Jackson MA, Nelsen TC** (1997) In vitro effects of secondary plant compounds on germination of blastospores of the entomopathogenic fungus *Paecilomyces fumosoroseus* (Deuteromycotina: Hyphomycetes). *Journal of Invertebrate Pathology* 79: 209-213.