دانش گیاهپزشکی ایران
دورهٔ ۴۶، شمارهٔ ۲، پاییز و زمستان ۱۳۹۴ (ص ۲۴۸-۲۴۱)

تأثیر بقایای گیاهی حاوی قارچ اندوفایت بر جمعیت پروانهٔ مینوز گوجه‌فرنگی *Tuta absoluta*

نفیسه پورجواد[1*]، خدیجه دارابی[2] و محمدرضا سبزعلیان[3]
۱ و ۲. استادیار و دانشجوی کارشناسی‌ارشد گروه گیاه‌پزشکی دانشگاه صنعتی اصفهان
۳. استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه صنعتی اصفهان
(تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۲/۲۳ - تاریخ تصویب: ۱۳۹۴/۱۲/۱۹)

چکیده

در این تحقیق تأثیر کاربرد بقایای گیاهی گونهٔ *Lolium perenne* حاوی قارچ اندوفایت *Epichloe festucae* در بستر کشت گیاه گوجه‌فرنگی بر فراسنجه‌های جدول زندگی- باروری و طول مراحل مختلف زندگی پروانهٔ مینوز گوجه‌فرنگی *Tuta absoluta* در شرایط آزمایشگاهی بررسی شده است. تیمارها شامل بسترهای کشت دارای ۱/۵ و ۳/۵ درصد بقایای گیاهی دارای اندوفایت، و ۱/۵ و ۳/۵ درصد بقایای گیاهی بدون اندوفایت و شاهد (بدون بقایای گیاهی) در نظر گرفته شد. نتایج نشان داد جمعیت پرورش‌یافته روی تیمار حاوی ۳/۵ درصد بقایای گیاهی آلوده به قارچ اندوفایت، دارای بالاترین نرخ مرگ لاروی (۱۴/۲۸درصد) و مدت زمان دو برابر شدن جمعیت (۸/۶۷±۰/۰۵ روز) و کمترین مقدار نرخ ذاتی افزایش جمعیت (۰/۰۸±۰/۰۱ در روز)، نرخ ناخالص افزایش جمعیت (۱۵/۸۶±۳/۴۵ تخم)، نرخ متناهی افزایش جمعیت (۱/۰۸±۰/۰۱ در روز)، نرخ خالص تولیدمثل (۱۱/۴۶±۲/۹۶ تخم)، میانگین تعداد تخم به ازای هر ماده (۳۶/۴۵±۱/۹۰) و درصد تفریخ تخم (۳۳/۷۵±۰/۰۱) است. تأثیر منفی استفاده از بقایای گیاهی حاوی قارچ اندوفایت در بستر کشت گیاه گوجه‌فرنگی بر شایستگی پروانهٔ مینوز گوجه‌فرنگی ابزار بالقوه‌ای در مدیریت این آفت به‌ویژه در کشت‌های گلخانه‌ای است.

واژه‌های کلیدی: **بستر کشت، گوجه‌فرنگی، مدیریت آفات، نرخ ذاتی افزایش جمعیت.**

مقدمه

قارچ *Epichloe festucae* Var. *lolii* متعلق به خانوادهٔ Clavicipitaceae و اندوفایت است (Clay & Schardl, 2002). به‌طور کلی، واژهٔ اندوفایت برای میکروارگانیسم‌هایی استفاده می‌شود که کل یا قسمتی از چرخهٔ زندگی آن‌ها در بین بافت‌های گیاه میزبان زندگی می‌کند، ولی هیچ علایمی از آلودگی در گیاه ایجاد نمی‌کند (Petrini, 1991; Wilson, 1995; Saikkonen *et al.*, 1998). قارچ‌های جنس *Epicholoe* به صورت بین‌سلولی و بدون نفوذ یا خسارت به سلول‌های میزبان رشد می‌کند و هم‌زمان با رشد ساقهٔ گل‌دهندهٔ میزبان وارد پریموردیای گل و در نهایت وارد تخمدان لقاح نیافته می‌شود. پس از لقاح و تشکیل بذر، قارچ اندوفایت در بیرونی‌ترین لایهٔ آندوسپرم (آلورون) محاط می‌شود (Schardl & Philips, 1997) و با جوانه‌زنی بذر گیاه میزبان، از لایهٔ آلورون وارد آندوسپرم نشاسته‌ای بذر می‌شود و گیاهچهٔ جوان را آلوده می‌سازد. میسیلیوم‌های این قارچ در طوقه، غلاف‌های برگ و ساقه‌های گل‌دهندهٔ گیاه میزبان به مقدار فراوان و در پهنک برگ و ریشه با تراکم کمتر یا به‌ندرت حضور دارد (Siegle *et al.*, 1985; Azevedo & Welty, 1995; Schardl & Philips, 1997).

* تلفن: ۰۳۱-۳۳۹۱۳۴۰۲، ۰۹۳۵۹۶۵۹۷۳۸
E-mail: npoorjavad@cc.iut.ac.ir

قارچ‌های اندوفایت با تغییر فیزیولوژی گیاه میزبان مقاومت به تنش‌های زیستی مانند مقاومت به حشرات گیاهخوار (Lane *et al*., 2007)، بیماری‌های قارچی (Lacava & Azevedo, 2014)، ویروس‌ها (Bacon *et al*., 1997) و مقاومت به تنش‌های غیرزیستی مانند خشکی، شوری، گرما، سرما و آلوده‌کننده‌های محیطی (Redman *et al*., 2001; Marquez *et al*., 2007; Rodriguez *et al*., 2008; Khan & Doty, 2011) را موجب می‌شود. همچنین، افزایش جذب نیتروژن، بهبود فتوسنتز (Spiering *et al*., 2006)، افزایش بیومس و قابلیت رقابتی گیاه میزبان (Marks *et al*., 1991; Mei & Flinn, 2010; Clay & Holah, 1999) از جمله مزایای این هم‌زیستی برای گیاه میزبان است. اگرچه این قارچ‌ها به طور طبیعی در بخش‌های هوایی گیاه ساکن است، باعث مقاومت در برابر حشرات آسیب‌زننده به بخش زیرزمینی گیاه و ریشه نیز می‌شود. مواد بیوشیمیایی قابل‌انتقال مانند آلکالوییدهای ارگوپپتین، لولین و پیرامین که از مهم‌ترین ترکیبات مؤثر بر حشرات است در این مقاومت دخیل است (Hatami *et al*., 2006). در گراس‌ها، آلودگی با اندوفایت‌ها رشد حشرات (Pennell *et al*., 2010) و حملهٔ پاتوژن‌ها قارچی و باکتری‌ها (Gimenez *et al*., 2007) را کاهش می‌دهد. البته، در بعضی موارد بر سطوح تغذیه‌کنندهٔ بالایی نیز تأثیر دارد (Hartley & Gange, 2009).

پروانهٔ مینوز گوجه‌فرنگی *Tuta absoluta* (Lep.; Gelechiidae) از آفات مهم گیاهان خانوادهٔ سولاناسه است که در چند سال اخیر وارد ایران شده و به سرعت در تمام مناطق گوجه‌کاری اعم از مزرعه و گلخانه گسترش یافته است و در حال حاضر خطرناک‌ترین آفت گوجه‌فرنگی است (Desneux *et al*., 2010). روش اصلی کنترل این آفت متکی بر استفاده از حشره‌کش‌های شیمیایی است، اما رفتار تغذیه‌ای لارو (به صورت مینوز در برگ و مخفی در میوهٔ گوجه‌فرنگی)، توسعهٔ مقاومت به حشره‌کش‌های رایج (Marcela *et al*., 2005; Khalid *et al*., 2012) و توجه روزافزون به استفاده از مواد غذایی عاری از سم، روش‌های دیگر کنترل این آفت است. در همین زمینه تأثیر کاربرد بقایای گیاهی گونهٔ *Lolium perenne* (Poaceae) حاوی قارچ اندوفایت *Epichloe festucae* Var. *lolii* در بستر کشت گیاه گوجه‌فرنگی بر ویژگی‌های زیستی پروانهٔ مینوز گوجه‌فرنگی در شرایط آزمایشگاهی بررسی شده است. گونهٔ *L. perenne* از گراس‌های سردسیری است و آلودگی با اندوفایت برای آن مزایای گزارش‌شده‌ای مانند مقاومت به نماتد (Ball *et al*., 1997)، آفات گیاهی (Popay *et al*., 1999)، پاتوژن‌های قارچی (Tian *et al*., 2008; Ma *et al*., 2014) و خشکی (Hesse *et al*., 2005) را داشته است.

مواد و روش‌ها

تهیهٔ بقایای گیاهی حاوی اندوفایت.

به منظور تهیهٔ بقایای گیاهی حاوی اندوفایت، در مزرعهٔ آموزشی پژوهشی دانشگاه صنعتی اصفهان، دو کرت جداگانه در نظر گرفته شد و در یک کرت گیاه *Lolium perenne* (Poaceae) آلوده به قارچ *Epichloe festucae* و در کرت دیگر گیاه غیرآلوده کشت شد. برای تولید گیاه عاری از اندفایت از قارچ‌کش استفاده شد (Sabzalian, 2003). بعد از رشد گیاه تا ارتفاع حدود ۳۰ سانتی‌متر، سبزینهٔ گیاه از هر دو کرت به صورت جداگانه برداشت و به قطعات کوچک (۰/۵ تا ۱ سانتی‌متر) خرد و در دمای ۲۰±۲ درجهٔ سلسیوس و در شرایط سایه خشک شد.

تهیهٔ بستر کشت

تیمارهای آزمایش در دو سطح ۱۵ و ۳۵ گرم از بقایای گیاهی آلوده و غیرآلوده به اندوفایت به ازای هر کیلوگرم خاک (به ترتیب ۱/۵ و ۳/۵ درصد) در نظر گرفته شد. برای تهیهٔ بستر کشت به صورت زیر عمل شد: پنج کیسه خاک پنج کیلویی به طور جداگانه وزن شد و در اتوکلاو به مدت ۴۸ ساعت قرارگرفت. سپس، بقایای وزن‌شده از گیاهان آلوده و غیرآلوده هر کدام در دو سطح ۱۵ و ۳۵ گرم به ازای هر کیلوگرم خاک به صورت جداگانه و به‌طور کاملاً یکنواخت با خاک هر کیسه مخلوط شد. به منظور تجزیهٔ بقایای گیاهی، مخلوط خاک و بقایا به گلدان‌های بزرگ که ته آن‌ها زهکشی شده بود منتقل شد و گلدان‌ها همراه با یک گلدان به عنوان شاهد که فقط حاوی خاک بود در کیسه‌های پلاستیکی مشکی در گلخانه گذاشته شد و هر ۴۸ ساعت به مدت ۴۵ روز تحت آبیاری سطحی قرار گرفت.

پرورش گیاه گوجه‌فرنگی

گیاه گوجه‌فرنگی به دو منظور، یکی برای پرورش پروانهٔ مینوز گوجه‌فرنگی و دیگری انجام آزمایش‌ها کاشته شد. نشاهای گوجه‌فرنگی رقم 'Early Urbana-Y-703' در مرحلهٔ دو برگی به گلدان‌های حاوی خاک برای پرورش پروانهٔ مینوز گوجه‌فرنگی منتقل شد. برای انجام آزمایش‌ها، نشاهای هم‌اندازهٔ گوجه‌فرنگی انتخاب و به گلدان‌های نیم کیلویی حاوی بقایای گیاهی و شاهد منتقل شد. به خاک گلدان‌ها هیچ گونه کود حیوانی، گیاهی، شیمیایی یا هر نوع افزودنی دیگری اضافه نشد. بعد از کاشت، این گلدان‌ها به قفس توری با مش ۱ میلی‌متر (به منظور آلوده‌نشدن به آفات گیاهی) در گلخانه منتقل و روزانه در حد مرطوب نگه‌داشتن خاک گلدان‌ها آبیاری شد.

پرورش پروانهٔ مینوز گوجه‌فرنگی

این پروانه از گلخانهٔ هیدروپونیکی دانشگاه صنعتی اصفهان از روی گوجه‌فرنگی جمع‌آوری و شناسایی شد. برای شناسایی این آفت از روی حالت مخصوص دالان‌های ایجادشده روی برگ گوجه، همچنین مشخصات ظاهری و مشخص لارو آفت (وجود لکهٔ سیاه‌ابرو مانند روی سر لارو) استفاده شد (Cheraghian & Javadi Emamzadeh, 2014). برای پرورش آن از قفسی فلزی به ابعاد ۲×۲×۲ متر و محصور با پلاستیک و در قسمت جلویی دارای دریچه‌ای با توری مش ۱ میلی‌متری مسدود شده استفاده شد. آفت برای سه نسل و روی گیاه گوجه‌فرنگی پرورش داده شد و بعد از سه نسل آزمایش‌ها روی آن انجام گرفت.

بررسی جدول زندگی باروری پروانهٔ مینوز گوجه‌فرنگی روی گیاهان تیمارشده.

این آزمایش در قالب جدول زندگی باروری، در پنج تیمار شاهد (بدون بقایای گیاهی)، آلودهٔ ۱/۵ و ۳/۵ درصد (به ترتیب، حاوی ۱۵ و ۳۵ گرم بقایای گیاهی آلوده به اندفایت در یک کیلوگرم خاک)، غیرآلودهٔ ۱/۵ و ۳/۵ درصد (به ترتیب حاوی ۱۵ و ۳۵ گرم بقایای گیاهی غیرآلوده به اندوفایت در یک کیلوگرم خاک) و تحت شرایط دمایی ۱±۲۵ درجهٔ سلسیوس و رطوبت نسبی ۵±۶۰ درصد با دورهٔ نوری ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی انجام شد. برای انجام آزمایش‌ها از ظروف پلاستیکی (ابعاد ۸×۶×۵ سانتی‌متر) استفاده شد که قسمتی از در آن‌ها به منظور تهویه بریده و با توری پوشانده شده بود و کف آن‌ها با دستمال مرطوب به منظور تأمین رطوبت برگ طی دورهٔ آزمایش مفروش بود. از گیاهان پرورش داده شده تحت تیمارهای مختلف به صورت کاملاً تصادفی تعدادی برگچه (حدود ۶۰ عدد) انتخاب و برگچه‌های هر تیمار در ظرف بزرگ پلاستیکی (۵۰ سانتی‌متر قطر×۶۰ سانتی‌متر ارتفاع) برای تخم‌ریزی پروانهٔ مینوز گوجه‌فرنگی قرار داده شد و پروانه‌های تازه‌ظاهرشدهٔ مینوز گوجه‌فرنگی به ظرف‌ها اضافه شد. پس از تخم‌ریزی پروانه‌ها، برگ‌ها زیر بینوکولار بررسی و تنها یک تخم روی هر برگ نگه‌داشته شد و این برگ‌ها به صورت تکی به ظروف ذکرشده منتقل شد. برای هر تیمار ۳۵ عدد تخم پروانهٔ مینوز گوجه‌فرنگی در نظر گرفته شد. در بازدید روزانه، ویژگی‌هایی مانند طول دورهٔ جنین، طول دورهٔ لاروی، طول دورهٔ شفیرگی، طول عمر بالغان ظاهرشده و جنسیت آن‌ها (شکم پروانهٔ نر خاکستری‌رنگ، باریک و در انتها کشیده است اما در ماده کرم‌رنگ، پهن‌تر و حجیم‌تر است). همچنین، مرگ هر مرحله ثبت شد. ماده‌ها و نرهای ظاهرشده از هر تیمار به صورت جفتی به ظروف شیشه‌ای با حجم ۷۰۰ میلی‌لیتر منتقل شد که در آن با توری مش ریز پوشانده شده بود. کف این ظروف با دستمال مرطوب پوشانده شده بود و روزانه تا هنگام مرگ حشرهٔ ماده، برگچه‌های تازهٔ گیاه گوجه‌فرنگی در اختیار پروانه‌ها برای تخم‌گذاری قرارگرفت. تعداد تخم گذاشته شده و درصد تفریخ آن‌ها روزانه ثبت شد.

ویژگی‌های جدول زندگی نظیر نرخ بقا (L_x)[1]، متوسط تولید نوزاد ماده (m_x)[2]، نرخ خالص تولیدمثل[3] (R_0)، میانگین مدت زمان یک نسل[4] (T)، مدت زمان دو برابر شدن جمعیت[5] (DT)، نرخ متناهی افزایش جمعیت[6]

1. Age-specific survival rates (lx)
2. Average number of female offspring (mx)
3. Net reproductive rate
4. Generation time
5. Doubling time
6. Finite rate of increase

(λ)، نرخ ناخالص افزایش جمعیت[1] (GRR) و نرخ ذاتی افزایش جمعیت[2] (r_m) محاسبه شد. برای محاسبهٔ خطای استاندارد ویژگی‌های رشدی جمعیت و ایجاد تکرارهای کاذب از روش بوت استرپ[3] (Meyer *et al.*, 1986) استفاده و فرایند محاسبه با نرم‌افزار جدول زندگی دو جنسی ویژهٔ سن- مرحله نسخهٔ ۲۰۱۵۰۴۱۹[4] (Chi, 2015) انجام شد. برای مقایسهٔ معناداری پارامترهای جدول زندگی از آزمون بوت‌استرپ[5] استفاده شد. مقایسهٔ داده‌های مربوط به زیست‌شناسی پروانهٔ مینوز گوجه‌فرنگی با استفاده از نرم‌افزار SPSS (Advanced Models, Chicago, IL 2006) و تجزیهٔ واریانس یک‌طرفه[6] و بر اساس آزمون توکی در سطح ۵ درصد صورت گرفت.

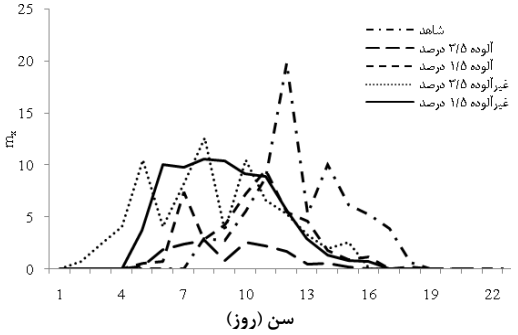
نتایج و بحث

داده‌های حاصل از آزمایش نشان داد که نرخ مرگ دورهٔ لاروی در تیمارهای مختلف متفاوت است، به‌طوری که بالاترین نرخ مرگ لاروی (۱۴/۲۸درصد) در تیمار آلودهٔ ۳/۵درصد به قارچ اندوفایت مشاهده شد و بقیهٔ تیمارها در یک گروه آماری قرارگرفت. طول دورهٔ لاروی در هر دو جنس نر و ماده تحت تأثیر تیمارهای آزمایش قرارگرفت (جدول ۱)، به‌طوری که در حشرات نر بالاترین طول دورهٔ لاروی در تیمار آلوده به قارچ ۳/۵ درصد مشاهده شد و در جنس ماده طولانی‌ترین دورهٔ لاروی در تیمار شاهد و پس از آن در دو تیمار آلوده به قارچ ۱/۵ و ۳/۵ درصد محاسبه شد. همچنین، کمترین طول دورهٔ لاروی در جنس ماده مربوط به دو تیمار غیرآلوده به قارچ اندوفایت بود که متأثر از تغییر کیفیت میزبان در اثر استفاده از بقایای گیاهی *Lolium perenne* در بستر کشت گوجه‌فرنگی است. طول دورهٔ شفیرگی در دو جنس نر و ماده و طول عمر افراد بالغ در جنس ماده در تیمارهای مختلف تفاوت معناداری نشان داد به‌طوری‌که طولانی‌ترین دورهٔ شفیرگی در جنس نر و ماده و بیشترین طول عمر حشرهٔ ماده در تیمار شاهد مشاهده شد (جدول ۱).

نرخ ذاتی افزایش جمعیت، نرخ متناهی افزایش جمعیت و نرخ خالص تولیدمثل تحت تأثیر استفاده از بقایای گیاهی حاوی اندوفایت قرارگرفت (جدول ۲)، به‌طوری‌که کمترین و بیشترین مقدار برای پارامترهای ذکرشده به ترتیب در تیمار حاوی قارچ اندوفایت و تیمارهای بقایای گیاهی غیرآلوده به اندوفایت مشاهده شد که نشان‌دهندهٔ تأثیر منفی قارچ اندوفایت و اثر مثبت بقایای گیاهی بر پارامترهای رشد جمعیت پروانهٔ مینوز گوجه‌فرنگی است. همچنین، حشرات پرورش‌یافته روی تیمار بقایای آلوده به اندوفایت کمترین نرخ ناخالص افزایش جمعیت و طولانی‌ترین مدت زمان دو برابر شدن جمعیت را داشت (جدول ۲).

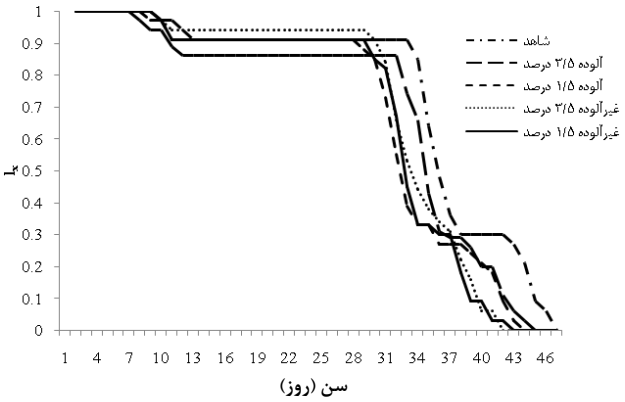
در بررسی پارامترهای دورهٔ تخم‌ریزی حشرات پرورش‌یافته برای یک نسل روی گیاهان تیمارشده، مشخص شد که کمترین مقدار پارامترهای طول دورهٔ تخم‌ریزی، میانگین تعداد تخم در روز و میانگین تعداد کل تخم به ازای هر ماده و درصد تفریخ تخم‌ها در تیمار ۳/۵ درصد بقایای آلوده به اندوفایت و پس از آن در تیمار ۱/۵ درصد آلوده به اندوفایت دیده می‌شود (جدول ۳).

کمترین و بیشترین متوسط تولید نوزاد ماده به ترتیب در تیمار ۳/۵ درصد آلوده به قارچ اندوفایت و تیمار شاهد مشاهده شد (شکل ۱). در رابطه با منحنی بقا می‌توان گفت اگرچه روند مشابهی را در همهٔ تیمارها دارد، بالاترین نرخ بقا مربوط به تیمار شاهد است (شکل ۲).



شکل ۱. متوسط تولید نوزاد ماده به ازای هر فرد ماده (m_x) پروانهٔ مینوز گوجه‌فرنگی تحت تیمارهای متفاوت

1. Gross Reproductive Rate (GRR)
2. Intrinsic Rate of Increase
3. Bootstrap
4. Age-Stage, Two-Sex Life Table (TWOSEX-MSChart, version: 20150419)
5. Pooled bootstrap test
6. One-Way ANOVA



شکل ۲. نرخ بقا (L_X) پروانهٔ مینوز گوجه‌فرنگی تحت تیمارهای مختلف

جدول ۱. میانگین± انحراف معیار دورهٔ جنینی، لاروی، شفیرگی و بالغ پروانهٔ مینوز گوجه‌فرنگی روی برگ گیاه گوجه‌فرنگی تحت تیمارهای مختلف

تیمار	طول دورهٔ جنینی (روز)		طول دورهٔ لاروی (روز)		طول دورهٔ شفیره (روز)		طول عمر بالغ (روز)	
	نر	ماده	نر	ماده	نر	ماده	نر	ماده
شاهد	۵/۸۰±۰/۰۹^{a}	۵/۹۰±۰/۱۰^{a}	۱۲/۳۰±۰/۱۸^{b}	۱۴/۶۰±۰/۴۳^{a}	۹/۸۵±۰/۱۱^{a}	۸/۰۰±۰/۰۰^{a}	۵/۹۰±۰/۱۴^{a}	۱۴/۶۰±۰/۱۶^{a}
آلودهٔ ۳/۵ درصد	۵/۵۸±۰/۱۲^{a}	۵/۱۸±۰/۲۳^{a}	۱۳/۱۱±۰/۱۹^{a}	۱۳/۱۸±۰/۳۰^{b}	۷/۹۵±۰/۰۵^{b}	۷/۸۲±۰/۲۳^{ab}	۶/۰۵±۰/۱۶^{a}	۱۳/۲۷±۰/۵۲^{b}
آلودهٔ ۱/۵ درصد	۵/۴۳±۰/۱۳^{a}	۵/۶۷±۰/۱۷^{a}	۱۱/۴۸±۰/۲۴^{c}	۱۳/۳۳±۰/۲۴^{b}	۷/۳۸±۰/۱۵^{c}	۷/۱۱±۰/۲۶^{b}	۶/۱۰±۰/۱۴^{a}	۱۳/۶۷±۰/۲۴^{ab}
غیرآلودهٔ ۳/۵ درصد	۵/۶۱±۰/۱۴^{a}	۵/۴۲±۰/۱۹^{a}	۱۱/۶۷±۰/۲۹^{c}	۱۰/۸۳±۰/۴۴^{c}	۸/۰۶±۰/۰۶^{b}	۷/۹۲±۰/۰۸^{ab}	۵/۵۹±۰/۱۲^{a}	۱۲/۵۸±۰/۴۷^{b}
غیرآلودهٔ ۱/۵ درصد	۵/۵۵±۰/۱۴^{a}	۵/۴۰±۰/۱۶^{a}	۱۱/۲۰±۰/۲۲^{c}	۱۱/۵۰±۰/۲۷^{c}	۸/۰۰±۰/۰۰^{b}	۸/۰۰±۰/۰۰^{a}	۵/۹۵±۰/۱۱^{a}	۱۲/۵۰±۰/۴۸^{b}
P	۰/۴۵۱	۰/۰۷۲	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۱۴	۰/۰۶۸	۰/۰۰۵۹

میانگین‌های دارای حروف غیرمشابه در هر ستون در سطح احتمال ۰/۰۵ اختلاف معناداری با هم دارد.

جدول ۲. میانگین ± انحراف معیار پارامترهای جدول زندگی- باروری پروانهٔ مینوز گوجه‌فرنگی پرورش‌یافته روی برگ‌های گوجه‌فرنگی تحت تیمارهای مختلف

تیمار	r_m(در روز)	λ(در روز)	R_0 (تخم)	T(روز)	GRR (تخم)	DT(روز)
شاهد	۰/۱۱۰±۰/۰۱۲^{ab}	۱/۱۲۴±۰/۰۱۰^{ab}	۴۱/۳۳۱±۱۱/۱۶۲^{b}	۳۳/۵۹۱±۰/۴۳۰^{a}	۷۱/۰۹۲±۱۲/۸۶۲^{ab}	۶/۲۶۱± ۰/۰۱۰^{ab}
آلودهٔ ۳/۵ درصد	۰/۰۸۱±۰/۰۱۱^{b}	۱/۰۸۲±۰/۰۱۲^{b}	۱۱/۴۶۴±۲/۹۶۵^{c}	۳۰/۴۹۰±۰/۵۵۱^{cb}	۱۵/۸۶۴±۳/۴۵۱^{b}	۸/۶۷۰±۰/۰۵۱^{a}
آلودهٔ ۱/۵ درصد	۰/۱۰۸±۰/۰۱۰^{b}	۱/۱۱۳±۰/۰۱۰^{b}	۲۱/۸۲۲±۶/۹۱۰^{bc}	۳۱/۰۲۱±۰/۴۹۱^{b}	۴۶/۳۸۵±۹/۰۰۸^{ab}	۶/۹۹۱±۰/۰۹۱^{a}
غیرآلودهٔ ۳/۵ درصد	۰/۱۴۳±۰/۰۱۲^{a}	۱/۱۵۱±۰/۰۱۴^{a}	۵۳/۲۵۳±۱۱/۵۸۳^{ab}	۲۸/۹۲۸±۰/۵۴۰^{c}	۷۵/۹۲۰±۱۳/۱۹۰^{a}	۵/۰۵۰±۰/۰۷۳^{b}
غیرآلودهٔ ۱/۵ درصد	۰/۱۳۲±۰/۰۱۰^{a}	۱/۱۴۰±۰/۰۱۰^{a}	۴۶/۵۸۰±۱۲/۵۵۰^{b}	۲۹/۸۰۱±۰/۳۳۲^{c}	۷۳/۴۷۷±۱۴/۲۳۳^{a}	۵/۳۸۷±۰/۰۶۱^{b}
P	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۱۲	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۱۱۱

میانگین‌های دارای حروف غیرمشابه در هر ستون در سطح احتمال ۰/۰۵ اختلاف معناداری با هم دارد.

جدول ۳. میانگین ± انحراف معیار دورهٔ تخم‌ریزی، تعداد کل تخم و تخم‌ریزی روزانه در هر فرد ماده و درصد تفریخ تخم پروانهٔ مینوز گوجه‌فرنگی پرورش‌یافته روی برگ گیاه گوجه‌فرنگی تحت تیمارهای مختلف

تیمار	تعداد بالغان		دورهٔ تخم‌ریزی (روز)	تخم روزانه در هر فرد ماده	کل تخم در هر فرد ماده	درصد تفریخ تخم
	نر	ماده				
شاهد	۲۳	۱۰	۸/۱۰±۰/۲۲^{a}	۱۰/۰۴±۱/۰۷^{b}	۱۳۶/۳۰±۴/۶۶^{b}	۹۱/۰۶±۰/۰۶^{a}
آلودهٔ ۳/۵ درصد	۱۸	۱۰	۵/۵۴±۰/۲۳^{b}	۲/۴۳±۱/۶۸^{d}	۳۶/۴۵±۱/۹۰^{d}	۳۳/۷۵±۰/۰۰^{c}
آلودهٔ ۱/۵ درصد	۲۰	۹	۷/۵۵±۰/۳۸^{a}	۵/۸۲±۱/۹۹^{c}	۸۰/۰۰±۱/۸۹^{c}	۶۳/۶۱±۰/۰۰^{b}
غیرآلودهٔ ۳/۵ درصد	۱۹	۱۳	۸/۰۰±۱/۲۵^{a}	۱۰/۷۹±۱/۸۳^{ab}	۱۴۲/۰۰±۶/۰۹^{ab}	۸۹/۶۲±۰/۱۶^{a}
غیرآلودهٔ ۳/۵ درصد	۲۱	۱۱	۷/۶۰±۱/۱۱^{a}	۱۲/۵۹±۲/۹۸^{a}	۱۵۳/۷۰±۴/۲۰^{a}	۸۹/۲۲±۰/۷۲^{a}
P			۰/۰۰۱	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰

میانگین‌های دارای حروف غیرمشابه در هر ستون در سطح احتمال ۰/۰۵ اختلاف معناداری با هم دارد.

نتایج این تحقیق نشان داد که قارچ اندوفایت موجود در گیاه میزبان بر ویژگی‌های زیستی پروانهٔ مینوز گوجه‌فرنگی تأثیرگذار است و باعث کاهش شایستگی آن می‌شود. این کاهش شایستگی در پروانهٔ *Helicoverpa armigera* رهاسازی شده روی گیاه گوجه‌فرنگی تلقیح‌شده با قارچ اندوفایت نیز مشاهده شده است، به‌طوری که کاهش معناداری در نرخ رشد، طولانی‌شدن زمان رشد و نمو لاروی، ممانعت از پوست‌اندازی و تولید شفیره‌های کوچک در جمعیت این گونه گزارش شد (Jallow *et al*., 2004). در تحقیق ذکرشده تفاوت معناداری بین دورهٔ قبل از تخم‌ریزی و بقای بالغانی که لارو آن‌ها روی برگ‌های گیاهان شاهد و تلقیح‌شده تغذیه کردند وجود نداشت، در صورتی که تغذیه روی گیاهان تلقیح‌شده نسبت به شاهد بر باروری ماده‌ها تأثیر منفی دارد و تعداد کل تخم‌های گذاشته‌شده را به طور معناداری کاهش داد (Jallow *et al*., 2004). بررسی آثار قارچ اندوفایت *Acremonium alternatum* بر رشد و نمو و تغذیهٔ لارو پروانهٔ پشت‌الماسی *Plutella xylostella* در شرایط آزمایشگاهی نشان داد که لاروهای تغذیه‌کننده روی برگ‌های دارای اندوفایت، مرگ زیادی به‌خصوص در ده روز اول رشد داشت و تفاوت‌های جنسی در راندمان بهره‌وری مواد غذایی وجود داشت، به‌طوری که نتاج ماده با حساسیت بیشتری نسبت به نرها، به آلودگی کلم به اندوفایت، واکنش نشان داد و کاهش راندمان غذای خورده‌شده را با افزایش نرخ مصرف پاسخ داد (Raps & Vidal, 1998).

مطالعهٔ دیگری نشان داد که خسارت و تراکم جمعیت *Blissus leucopterus* روی علف چاودار با افزایش نسبت اندوفایت در گیاه، به طور خطی کاهش می‌یابد به‌طوری که پوره‌های سن که روی بوته‌های دارای مقادیر بیشتر اندوفایت بود بیشتر و سریع‌تر از روی این گیاهان به گیاهان دیگر مهاجرت کرد (Richmond & Shetlar, 2000). همچنین، حضور اندوفایت در گیاه فسکیوی بلند باعث مرگ ۱۰۰ درصد دو شتهٔ *Rhopalosiphum padi* و *Schizaphis graminum* شد (Johnson *et al*., 1985). در آزمایش دیگری با نتایج مشابه، تولید متابولیت‌های قارچی که ممکن است مانع جذب کلسترول و کاهش دسترس‌پذیری استرول‌های رژیم غذایی شود دلیل کاهش نرخ رشد و نمو گیاهخوار ذکر شده است (Bernay, 1993). اگرچه گزارش‌های زیادی تأثیر منفی قارچ‌های اندوفایت روی گیاهخواران را بیان می‌دارد (Johnson *et al*., 1985; Ball *et al*., 2006; Crawford *et al*., 2010; Shiba *et al*., 2011; Matsukura *et al*., 2012)، در رابطه با استفاده از بقایای گیاهی حاوی اندوفایت در بستر کشت گیاهان و چگونگی تأثیر آن بر حشرات گیاهخوار تحقیقی صورت نگرفته است. البته، در تحقیقی نشان داده شد که جمعیت حشرات خاکزی در خاک‌های دارای گیاهان حاوی اندوفایت تحت تأثیر آلکالوییدهای قارچی رهاشده در خاک قرارمی‌گیرد (Bernard *et al*., 1997).

نتیجه‌گیری کلی

نتایج تحقیق حاضر نشان می‌دهد استفاده از بقایای گیاهی حاوی قارچ اندوفایت در بستر کشت گیاه گوجه‌فرنگی تأثیر منفی در فراسنجه‌های رشد و باروری جمعیت پروانهٔ مینوز گوجه‌فرنگی داشت و ابزاری بالقوه در مدیریت این آفت به‌ویژه در کشت‌های گلخانه‌ای است. همچنین، تحقیقات بیشتر برای تعیین نوع متابولیت‌های قارچی تولیدشده، سازوکار انتقال آن‌ها به گیاه و نحوهٔ تأثیر آن‌ها روی گیاهخوار کاربرد بهینهٔ این پسماندهای گیاهی حاوی قارچ اندوفایت در بستر کشت گیاهان را در بر خواهد داشت.

REFERECENS

1. Azevedo, M. D. & Welty, R. E. (1995). A study of fungal endophyte *Acremonium coenophialum* in the roots of tall fescue seedling. *Mycologia*, 83(3), 289- 297.
2. Bacon, C.W., Richardson, M.D. & White, J.F. (1997). Modification and uses of endophyte enhanced turfgrasses: a role for molecular technology. *Crop Science*, 37, 1415- 1425.
3. Ball, O. J. P., Coudron, T. A., Tapper, B. A., Davies, E., Trently, D., Bush, L. P., Gwinn, K. D. & Popay, A. J. (2006). Importance of host plant species, *Neotyphodium* endophyte isolate, and alkaloids on feeding by *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) larvae. *Journal of Economic Entomology*, 99(4), 1462-1473.

4. Ball, O.J.P., Bernard, E.C. & Gwinn, K. D. (1997). Effect of selected Neotyphodium lolii isolates on root knot nematode (*Meloidogyne marylandi*) numbers in perennial ryegrass. In: Proceeding of *the 50th New Zealand Plant Protection Society Conference*, 19 Aug., Palmerston North, Nz, p. 65.
5. Bernard, E.C., Gwinn, K.D., Pless, C.D. & Williver, C.D. (1997). Soil invertebrate species diversity and abundance in endophyte-infected tall fescue pastures. PP. 125-135. *In*: C. W. Bacon and N. S. Hill (Eds.), *Neotyphodium/Grass interactions.* (pp. 125-135).Plenum Press, New York.
6. Bernays, E.A. (1993). Plant sterols and host-plant affiliations of herbivores. In: E. A. Bernays (Ed.), *Insect-plant interactions*. (pp. 45–57). CRC, Boca Raton.
7. Cheraghian, A. & Javadi Emamzadeh P. (2014) First report of the tomato leaf miner, *Tuta absoluta* (Lep.: Gelechiidae), from Iran. *Journal of Entomological Society of Iran*, 33, 87-88. (In Farsi)
8. Chi, H. (2015). TWOSEX-MSchart, a computer program for the age stage, two–sex life table analysis. http://quarantine.entomol.nchu.edu.tw/ecology/Download/TWOSEX-MSChart.rar.
9. Clay, K. & Holah, J. (1999). Fungal endophyte symbiosis and plant diversity in succession fields. *Science*, 285, 1742-44.
10. Clay, K. & Schardl, K. (2002). Evolutionary origins and ecological consequences of endophyte symbiosis with grasses. *The American Naturalist*, 160, 99-127.
11. Crawford, K. M., Land, J. M. & Rudgers, J.A. (2010). Fungal endophytes of native grasses decrease insect herbivore preference and performance. *Oecologia*, 164(2), 431-444.
12. Desneux, N., Wajnberg, E. & Burgio, G. (2010). Biological invasion of european tomato crops by *Tuta absoluta*: ecology, geographic expansion and prospects for biological. *Journal of Pest Science*, 83, 197-215.
13. Giménez, C., Cabrera, R., Reina, M. & González-Coloma, A. (2007). Fungal entophytes and their role in plant protection. *Current Organic Chemistry*, 11(8), 707-720.
14. Hartley, S. E. & Gange, A. C. (2009). Impacts of plant symbiotic fungi on insect herbivores: mutualism in a multitrophic context. *Annual Review of Entomology*, 54, 323-42.
15. Hatami, B., Mirlohi, A. F. & Sabzalian, M. R. (2006). The effect of endophytic fungi of tall and meadow fescues on biological control of mealybug. *Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources, Water and Soil Science*, 10(2), 269-277. (in Farsi)
16. Hesse, U., Schöberlein, W., Wittenmayer, L., Förster, K., Warnstorff, K., Diepenbrock, W. & Merbach, W. (2005). Influence of water supply and endophyte infection (*Neotyphodium* spp.) on vegetative and reproductive growth of two *Lolium perenne* L. genotypes. *European Journal of Agronomy*, 22, 45-54.
17. Hsin, C. & Liu, H. (1994). Periodic mass rearing and harvesting based on the theories of both the age-specific life table and the age–stage, two sex life table. *Environmental Entomology*, 23, 535-542.
18. Jallow, M. A., Gobena, D. D. and Vida, S. (2004). Indirect interaction between an unspecialized endophytic fungus and a polyphagous moth. *Basic and Applied Ecology*, 5, 183-191.
19. Johnson, M. C., Dahlman, D. L., Siegel, M. R. Bush, L. P. Latch, G. M., Potter, D. A. & Varney, D. R. (1985). Insect feeding deterrents in endophyte-infected tall fescue. *Applied and Environmental Microbiology*, 49, 568-571.
20. Khalid, H., Berger, M., Bielza, P., Cifuentes, D. L., Field, M., Gorman, K., Rapisarda, C. & Bass, C. (2012). Identification of mutations associated with pyrethroid resistance in the voltage-gated sodium channel of the tomato leaf miner (*Tuta absoluta*). *Insect Biochemistry Molecular Biology*, 42, 506-513.
21. Khan, Z. & Doty, Z. (2011). Endophyte-assisted phytoremediation. *Plant Biology*, 12, 97-105.
22. Lacava, P. T. & Azevedo, J. L. (2014). Biological control of insect pest and diseases by endophytes. *Advances in Endophytic Research*, 13, 231-256.
23. Lane, G.A., Cao, M., Johnson, L.j., Koulman, A., Popay, A.J., Rasmussen, S. & Tapper, B.A. (2007). Anti-herbivore factors of grass endophytes: new prospects from metabolomics. *New Zealand Grassland Association: Endophyte Symposium*, 307-312.
24. Ma, M., Christensen, M. J. & Nan, Z. (2014). Effects of the endophyte *Epichloë festucae* var. *lolii* of perennial ryegrass (*Lolium perenne*) on indicators of oxidative stress from pathogenic fungi during seed germination and seedling growth. *European Journal of Plant Pathology*, 141, 571-583.
25. Marcela, M. L., Botto, E. & Raul, A. (2005). Insecticide resistance in argentine populations of *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae). *Crop Protection*, 34, 113-119.
26. Marks, S., Clay, K. & Cheplick, G. P. (1991). Effects of fungal endophytes on interspecific and intraspecific competition in the grasses *Festuca arundinacea* and *Lolium perenne*. *Journal of Applied Ecology*, 28, 194-204.
27. Marquez, L. M., Redman, R. S., Rodriguez, R. J. & Roossinck, M. J. (2007). A virus in a fungus in a plant three way symbiosis required for thermal tolerance. *Science*, 315, 513-515.
28. Matsukura, K., Shiba, T., Sasaki, T. & Matsumura, M. (2012). Enhanced resistance to four species of Clypeorrhynchan pests in *Neotyphodium uncinatum* infected Italian grass. *Journal of Economic Entomology*, 105, 129-134.

29. Mei, C. & Flinn, B. S. (2010). The use of beneficial microbial endophytes for plant biomass and stress tolerance improvement. *Recent Patents on Biotechnology*, 4, 81-95.
30. Meyer, J. S., Igersoll, C. G., MacDonald, L. L. & Boyce, M. S. (1986). Estimating uncertainty in population growth rates: jackknife *vs*. bootstrap techniques. *Ecology*, 67(5), 1156-1166.
31. Pennell, C. G. L., Popay, A. J., Ball, O. P. Hume, D. E. & Baird, D. B. (2005). Occurrence and impact of pasture mealybug (*Balanococcus poae*) and root aphid (*Aploneura lentisci*) on ryegrass (*Lolium* spp.) with and without infection by *Neotyphodium* fungal endophytes. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 48, 329-337.
32. Petrini, O. (1991). Fungal endophytes of tree leaves. In: J. H. Andrews, & S. S. Hirano (Eds.), *Microbial Ecology of Leaves*. (pp. 179–197). Spring-Verlag, New York.
33. Popay, A. J., Hume, D. E., Baltus, J. G., Latch, G. M., Tapper, B. A., Lyons, T. B., Cooper, B. M., Pennell, C. G., Eerens, J. J. & Marshall, S. L. (1999). Field performance of perennial ryegrass (*lolium perenne*) infected with toxinfree fungal endophytes (*Neotyphodium* spp.). *Grassland Research and Practice*, 7, 113-122.
34. Raps, A. & Vidal, S. (1998). Indirect effects of an unspecialized endophytic fungus on specialized plant herbivorous insect interactions. *Oecologia*, 114, 541-547.
35. Redman, R. S., Dunigan, D. D. & Rodriguez, R. J. (2001). Fungal symbiosis: from mutualism to parasitism, who controls the outcome, host or invader? *New Phytologist*, 151, 705–716.
36. Richmond, D. S. & Shetlar, D. J. (2000). Hairy Chinch Bug (Hemiptera: Lygaeidae) Damage, Population Density, and Movement in Relation to the Incidence of Perennial Ryegrass Infected by Neotyphodium Endophytes. *Entomological Society of America*. 93: 1167-1172.
37. Rodriguez, R. J., Henson, J. Van Volkenburgh, E., Hoy, M., Wright, L., Beckwith, F., Kim, Y. & Redman, R. S. (2008). Stress tolerance in plants via habitat-adapted symbiosis. *International Society of Microbial Ecology*, 2, 404–416.
38. Sabzalian, M. A. (2003). *Evaluation of induced salt tolerance by endophyte in tall fescue (Festuca arundinacea Schreb).* Ph. D. dissertation. Isfahan University of Technology, Iran.
39. Saikkonen, K., Faeth, S. H., Helander, M. & Sullivan, T .J. (1998). Fungal endophytes: a continuum of interactions with host plants. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 29, 319–343.
40. Schardl, C. L. & Philips, T. D. (1997). Protective grass endophytes: where are they from and where are they going? *Plant Disease*, 81(5), 430- 438.
41. Shiba, T., Sugawara, K. & Arakawa, A. (2011). Evaluating the fungal endophyte *Neotyphodium occultans* for resistance to the rice leaf bug, *Trigonotylus caelestialium*, in Italian ryegrass, *Lolium multiflorum*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 141, 45-51.
42. Siegle, M. R., Latch, G. M. & Johnson, M. C. (1985). Acremonium fungal endophytes of tall fescue and perennial rye grass: significance and control. *Plant Disease*, 69, 179-183.
43. Spiering, M. J., Greer, D. H. & Schmid, J. (2006). Effects of the fungal endophyte, *Neotyphodium lolii*, on net photosynthesis and growth rates of perennial ryegrass (*Lolium perenne*) are independent of in planta endophyte concentration. *Annals of Botany*, 98, 379-387.
44. SPSS Inc (2006) SPSS Base 15.0 for windows. SPSS Inc, Chicago, USA
45. Tian, P., Nan, Z., Li, C. & Spangenberg, G. (2008). Effect of the endophyte *Neotyphodium lolii* on susceptibility and host physiological response of perennial ryegrass to fungal pathogens. *European Journal of Plant Pathology*, 122, 593-602.
46. Wilson, D. (1995). Endophyte: the evolution of the term, and clarification of its use and definition. *Oikos*, 73, 274-276.

Iranian Journal of Plant Protection, Vol. 46, No. 2, Autumn & Winter 2015-2016

The effect of endophyte-infected plant residues on the population of tomato leaf miner, *Tuta absoluta*

Nafiseh Poorjavad[1*], Khadijeh Darabi[2] and Mohammadreza Sabzalian[3]
1, 2. Assistant Professor and M. Sc. Student, Department of Plant Protection, Isfahan University of Technology
3. Assistant Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Isfahan University of Technology
(Received: May 13, 2015 - Accepted: Mar. 9, 2016)

ABSTRACT

In this study, the effect of soil incorporated with endophyte-infected plant residues (*Lolium perenne* infected with *Epichloe festucae*) in tomato pot media was investigated on the tomato leaf miner, *Tuta absoluta*, population. Treatments were tomato plants planted in pod media containing 1.5% or 3.5% endophyte-infected and endophyte-free plant residues and control (without residues). Based on the results, population reared on plants which treated by 3.5% endophyte infected residue showed the highest larval mortality (14.28%) and doubling time of population (8.67±0.05 days) and lowest intrinsic rate of increase (0.08±0.01 day^{-1}), gross reproductive rate (15.86±3.45 offspring), finite rate of increase (1.08±0.01 day^{-1}), net reproductive rate (11.46±2.96 offspring), mean of eggs per female (36.45±1.90) and percentage of hatched egg (33.75±0.01). According to the results, it seems that application of endophyte-infected plant residues in tomato growing media, by reducing the *T. absoluta* fitness, can be considered as potential mean for the control of this pest, especially in greenhouse cultures.

Keywords: tomato, pod media, pest control, intrinsic rate of increase.

* Corresponding author E-mail: npoorjavad@cc.iut.ac.ir Tel: +98 31 33913402, +98 935 965 9738