

تأثیر شیوه‌های مختلف کاربرد ورمی کمپوست بر جمعیت بید گوجه‌فرنگی *Tuta absoluta* (Lep.; Gelechiidae)

عباس پیمانی‌فروشانی^۱ و نفیسه پورجوادی^{۲*}

۱ و ۲. دانشجوی کارشناسی ارشد و استادیار، گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان ۸۴۱۵۶-۸۳۱۱۱
(تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۳/۲۵ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۱۲/۱۶)

چکیده

استفاده از کودهای آلی با تغییر در سرعت رشد و نمو و فیزیولوژی گیاه، می‌تواند رابطه‌های بین گیاه و گیاهخواران را تحت تأثیر قرار دهد. در این پژوهش، تأثیر کاربرد کود ورمی کمپوست به دو صورت جامد و عصاره آبی (تی کمپوست) در بستر کشت گیاه گوجه‌فرنگی بر ترجیح میزبانی، بقا و فراسنجه‌های جدول زندگی باروری بید گوجه‌فرنگی *Tuta absoluta* بررسی شد. هر آزمایش شامل پنج تیمار؛ گیاهان گوجه‌فرنگی شاهد (بدون کود)، کود جامد ۳۰ و ۶۰ درصد بستر کشت و محلول ۲۰ و ۴۰ درصد تی کمپوست بود. نتایج آزمایش ترجیح میزبانی نشان داد کمترین میزان تخم به ازای برگ و بیشترین میزان مرگ‌ومیر لارو در تیمار کود جامد ۶۰ درصد است. در بررسی جدول زندگی-باروری کاهش معنی‌دار طول عمر افراد ماده (≈ 2 روز)، شمار تخم گذاشته‌شده به ازای هر فرد ماده (≈ 16 تخم)، نرخ ذاتی افزایش جمعیت (≈ 0.13 / روز)، نرخ خالص تولیدمثل (≈ 8 تخم) و نرخ متناهی افزایش جمعیت (≈ 0.1 / روز) بید گوجه‌فرنگی پرورش‌یافته روی گیاه تیمار شده با ورمی کمپوست به‌ویژه در تیمار کود جامد ۶۰ درصد مشاهده شد. تأثیر منفی استفاده از ورمی کمپوست بر جمعیت بید گوجه‌فرنگی می‌تواند به‌عنوان یک ابزار مدیریتی آفت مورد توجه قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: بید گوجه‌فرنگی، تی کمپوست، کشت گلخانه‌ای، گوجه‌فرنگی، نرخ ذاتی افزایش جمعیت.

Effects of different application methods of vermicompost on tomato leaf miner, *Tuta absoluta* (Lep., Gelechiidae) population

Abbas Peimani Foroushani¹ and Nafiseh Poorjavadi^{2*}

1, 2. M. Sc. Student and Assistant Professor, Department of Plant Protection, College of Agriculture, Isfahan University of Technology, Isfahan, 84156-83111, Iran
(Received: Jun. 14, 2016 - Accepted: Mar. 6, 2017)

ABSTRACT

Application of fertilizers in the plant growth medium can affect plant-herbivore interactions by changing plant growth and physiology. In this research, the effect, of solid and aqueous extract (tea compost) of vermicompost application in tomato potting media on host preference, survival and fertility life table parameters of tomato leaf miner, *Tuta absoluta*, were investigated. Five treatments including control (without vermicompost), 30% and 60% solid vermicompost fertilizer, 40% and 20% tea compost were used. Results of host preference test, results showed that the lowest number of eggs per leaf and the highest mortality in the larval stages were observed in 60% solid vermicompost treatment. In the life fertility table investigation, female adult longevity (≈ 2 days), the number of eggs laid per female (≈ 16 eggs), intrinsic rate of increase ($\approx 0.013 \text{ day}^{-1}$), net reproductive rate (≈ 8 nymphs), and finite rate of increase ($\approx 0.01 \text{ day}^{-1}$) of tomato leaf miner reared on plants treated with vermicompost were significantly decreased especially in 60% solid vermicompost treatment. The negative effect of vermicompost application on the tomato leaf miner population can be mentioned in integrated pest management.

Keywords: Greenhouse cultivation, intrinsic rate of increase, tea compost, tomato, tomato leaf miner.

* Corresponding author E-mail: npoorjavadi@cc.iut.ac.ir

مقدمه

ورمی کمپوست در نتیجه فعالیت کرم‌های خاکی و ریزجانداران (میکروارگانیزم‌ها) روی مواد زائد آلی تولید می‌شود که افزون بر تأثیر مثبت اثبات شده روی رشد و نمو گیاهان می‌تواند باعث کاهش جمعیت بیمارگر (پاتوزن)‌ها و آفت‌های گیاهی و در نتیجه آسیب آن‌ها شود (Edwards & Arancon, 2004). ورمی کمپوست می‌تواند به دو صورت کود جامد با نسبت‌های مختلف در خاک مخلوط شود و یا به صورت عصاره‌های آبی (تی کمپوست) در آبیاری یا پاشش روی شاخ و برگ گیاهان استفاده گردد. نخستین گزارش‌های کاهش آسیب آفات و بیمارگرهای گیاهی با استفاده از کودهای جامد ورمی کمپوست بوده است که می‌توان به کاهش آسیب شپشک‌های دروغین (*Pseudococcus spp.*) روی خیار و گوجه‌فرنگی و کنه دونقطه‌ای روی لوبیا و بادمجان (Arancon & Edwards, 2004; Arancon et al., 2005)، سوسک خیار و کرم شاخدار توتون به ترتیب روی خیار و گوجه‌فرنگی (Yardim et al., 2006) و کاهش آسیب شته سبز هلو روی کلم (Arancon et al., 2007) اشاره کرد. همچنین کاربرد عصاره‌های آبی ورمی کمپوست که به روش‌های مختلف تهیه می‌شود توانسته است کاهش آسیب آفاتمانند سوسک خیار روی خیار، کرم شاخدار توتون روی گوجه‌فرنگی و شته رز روی درختچه‌های رز را در پی داشته باشد (Edwards et al., 2007; 2009; Modarres-Najafabadi, 2014). با توجه به ارتباط موجود بین کاربرد ورمی کمپوست در خاک و رشد بهتر گیاهان که می‌تواند تحمل آن‌ها نسبت به تغذیه گیاهخواران را تحت تأثیر قرار دهد و همچنین وجود گزارش‌هایی که کاهش شایان توجه شماری از آفات را روی گیاهان تیمار شده با ورمی کمپوست نشان می‌دهد می‌توان از این ارتباط به‌عنوان یک راه‌حل دوستدار طبیعت در کنترل آفات استفاده کرد به‌طور مثال تأثیر مثبت کاربرد ورمی کمپوست بر رشد و نمو گیاه گوجه‌فرنگی به‌ویژه در مرحله رشد رویشی و تأثیر منفی آن بر جمعیت سفید بالک گلخانه که باعث کاهش آسیب این آفت می‌شود گزارش شده است (Peymani Foroshani et al., 2016).

اهمیت و گسترش روزافزون شب‌پره مینوز یا *Tuta absoluta* Meyrick بید گوجه‌فرنگی (Lep.; Gelechiidae) در کشت‌های گلخانه‌ای و فضای باز گوجه‌فرنگی و افزایش استفاده از کود برای تولید محصول بیشتر به‌ویژه در گلخانه‌ها این پرسش را مطرح می‌سازد که استفاده از کودهای دوستدار محیط‌زیست مانند ورمی کمپوست افزون بر افزایش محصول گوجه‌فرنگی چه تأثیری می‌تواند بر آفات آن از جمله بید گوجه‌فرنگی داشته باشد برای این منظور ورمی کمپوست به دو صورت جامد و تی کمپوست در نسبت‌های مختلف در پرورش گیاه گوجه‌فرنگی استفاده شد و تأثیر آن بر ویژگی‌های فیزیکی و برخی از عنصرهای موجود در گیاه در مرحله رویشی بررسی شد. همچنین در دو آزمایش دارای حق انتخاب و بدون حق انتخاب گیاهان تحت تیمار در اختیار شب‌پره بید قرار گرفت و به ترتیب ترجیح میزبانی، توان بقا و فراسنجه‌های جدول زندگی باروری بید گوجه‌فرنگی بررسی شد.

مواد و روش‌ها

پرورش گیاه گوجه‌فرنگی و تیمار گیاهان

بذرهای گوجه‌فرنگی (رقم Early UrbanaY-703) در آغاز در سینی نشا پلاستیکی و در کوکوپیت کاشته شدند و نشاها پس از رسیدن به مرحله دو برگگی به گلدان‌های اصلی (قطر ۱۰ سانتی‌متر و عمق ۸/۵ سانتی‌متر) انتقال داده شدند. آزمایش‌ها شامل پنج تیمار: شاهد (بدون کود ورمی کمپوست)، تی کمپوست ۲۰ و ۴۰ درصد، کود جامد ۳۰ و ۶۰ درصد ورمی کمپوست بود. ورمی کمپوست از شرکت سبز گستر دارما تهران که با استفاده از کود دامی (گاوی) خالص و با کرم *Eisenia fetida* Savigny تولید شده بود تهیه شد. تی کمپوست بنابر روش بیان شده توسط Edwards et al. (2009) به این صورت تهیه شد که برای تی کمپوست ۴۰ و ۲۰ درصد به ترتیب حجم ۱۵ لیتر و ۷/۵ لیتر کود در ظرف ریخته شد و با آب به حجم ۳۷/۵ لیتر رسانده شد. ظرف پر شده با آب و کود به مدت ۲۴ ساعت هوادهی شد، سپس با عبور مخلوط آب و کود از صافی، تی کمپوست به‌دست آمد. در

آبیاری شدند. گلدان‌های تیمارهای تی کمپوست ۲۰ درصد و ۴۰ درصد در هفته ۵ بار با ۵۰ میلی‌لیتر آب و ۲ بار با ۵۰ میلی‌لیتر از تی کمپوست ۲۰ و ۴۰ درصد به مدت ۲ ماه آبیاری شدند. برای آزمایش‌های ترجیح میزبانی و بررسی جدول زندگی باروری بید گوجه‌فرنگی، گیاهان تا حد ممکن یک اندازه و شبیه به یکدیگر استفاده شد و گیاهانی که رشد کمتر یا بیشتر از دیگران داشتند حذف شدند.

تیمارهای ورمی کمپوست ۳۰ و ۶۰ درصد با توجه به گنجایش گلدان‌ها (هر گلدان ۲۵۰ سانتی‌متر مکعب) به ترتیب از ۷۵ و ۱۵۰ سانتی‌متر مکعب کود جامد استفاده و بقیه حجم گلدان با خاک پر شد و خاک و کود با یکدیگر مخلوط شد. ویژگی‌های خاک استفاده‌شده در آزمایش‌ها در جدول ۱ آمده است. گلدان‌های شاهد و تیمارهای کود جامد ۳۰ درصد و ۶۰ درصد به مدت ۲ ماه هر روز با ۵۰ میلی‌لیتر آب،

جدول ۱. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده برای کاشت گیاه گوجه‌فرنگی در آزمایش‌ها

Table 1. Physical and chemical properties of the soil used for tomato planting media in the experiments

Nitrogen (%)	Potassium (%)	Calcium (%)	Magnesium (mg/kg)	Manganese (mg/kg)	Copper (mg/kg)	Zinc (mg/kg)	Iron (mg/kg)	ph	Electrical Conductivity (ds/m)	Apparent specific weight of soil (g/cm ³)	Actual density of soil (g/cm ³)	Total porosity (%)	Aeration porosity (%)
0.3	0.01	0.5	0.3	10	4	5.3	250	5.6	0.04	0.12	0.43	0.72	0.42

گرفته شد. گلدان‌های هر تکرار به صورت کامل تصادفی در قفسی به طول ۲ متر، عرض و ارتفاع ۱ متر که با توری مش‌ریز پوشانده شده بود قرار گرفتند و بوته‌ها به مدت ۱۵ روز در معرض آلودگی با ۱۸ پروانه (۶ ماده و ۱۲ نر) بود، پس از ۱۵ روز شب‌پره‌های باقی‌مانده حذف و شمار تخم به ازای هر برگ، محل تخم‌گذاری و درصد تفریح تخم محاسبه شد و با گذشت ۲۰ روز پس از آن، اندازه حفره‌های ایجادشده توسط لارو بررسی شد. اندازه حفره‌های ایجادشده به‌عنوان شاخصی از پیشروی لارو بررسی شد. برای این منظور حفره‌های ایجادشده توسط لاروها بر پایه قطر حفره به سه گروه کوچک، متوسط و بزرگ طبقه‌بندی شد و حفره‌های کمتر از ۰/۵ سانتی‌متر، حفره‌های ۰/۵ تا ۱ سانتی‌متر و بیشتر از ۱ سانتی‌متر به ترتیب به‌عنوان حفره‌های کوچک، متوسط و بزرگ در نظر گرفته شد.

تعیین شاخص‌های جدول زندگی دو جنسی بید گوجه‌فرنگی در تیمارهای مختلف

در این آزمایش حشره برای تخم‌ریزی و انتخاب گیاه میزبان محدود بود و تنها می‌توانست روی گیاهی که در اختیار داشت به زندگی خود ادامه دهد. برای هر تیمار ۸۰ عدد ظرف پلاستیکی به ابعاد ۸×۶×۵

پرورش بید گوجه‌فرنگی *T. absoluta*

بید گوجه‌فرنگی از گلخانه آبکشت (هیدروپونیک) دانشگاه صنعتی اصفهان از روی گوجه‌فرنگی گردآوری و شناسایی شد. برای پرورش از گیاه گوجه‌فرنگی در یک قفس فلزی به ابعاد ۲×۲×۲ متر که با پلاستیک محصورشده بود و دریچه توری عرض ۱/۵×۰/۷۵ متر داشت، استفاده شد. برای بررسی ترجیح میزبانی، همسن‌سازی حشرات کامل با گردآوری شفیره‌ها صورت گرفت و شب‌پره‌های خارج‌شده از این شفیره‌ها در یک دوره ۲۴ ساعته هم‌سن در نظر گرفته شدند. در بررسی جدول زندگی-باروری بید گوجه‌فرنگی که با گروه همزاد تخم آغاز و تخم‌های گذاشته‌شده در یک دوره چهار ساعته هم‌سن شدند.

بررسی تأثیر کود ورمی کمپوست بر بید گوجه‌فرنگی

آزمایش ترجیح میزبانی

در این آزمایش حشرات کامل بید گوجه‌فرنگی گلدان‌های شاهد و تیمار شده را هم‌زمان و هم‌مکان برای انتخاب محل تخم‌ریزی و استقرار در اختیار داشتند. این آزمایش در پنج تیمار یادشده و چهار تکرار در قالب طرح کامل تصادفی انجام شد و در هر تکرار برای هر تیمار دو گلدان (دو نمونه) در نظر

تکرار بررسی شد. فنول به روش فولین-سیو-کالتیو^۱ (Jaiwal *et al.*, 2012)، فسفر به روش الکترومتریک (Electerometric) (Wu *et al.*, 2009)، پتاسیم به روش طیف‌سنج نوری (اسپکتروفوتومتر)^۲ (Novoa- Munoz *et al.*, 2008) و نیتروژن به روش سدیم-نیتروپروساید (Karaki & Sato, 1988)^۳ در آزمایشگاه باغبانی دانشگاه صنعتی اصفهان اندازه‌گیری شد.

تجزیه داده‌ها

ویژگی‌های جدول زندگی شامل نرخ خالص تولیدمثل (Net Reproductive Rate) $R_0 = \sum l_x m_x$ ، مدت‌زمان یک نسل (Generation Time) $T = \ln R_0 / r$ ، نرخ متناهی افزایش جمعیت (Finite Rate of Increase) $\lambda = e^r$ و نرخ ذاتی افزایش جمعیت محاسبه شد:

$$\text{Intrinsic Rate of Increase} = \sum_{x=0}^{\infty} e^{-r(x+1)} l_x m_x = 1$$

برای اندازه‌گیری خطای استاندارد و ایجاد تکرارهای کاذب از روش بوت‌استرپ (Bootstrap) (Meyer *et al.*, 1986) استفاده شد و فرایند محاسبه با نرم‌افزار جدول زندگی دو جنسی ویژه سن-مرحله (Age-Stage, Two-Sex Life Table) نسخه ۲۰۱۵/۰۴/۱۹ (Chi, 2015) انجام شد. برای مقایسه معناداری فراسنجه‌های جدول زندگی از آزمون بوت‌استرپ^۴ استفاده شد. نرخ بقای ویژه سن (l_x) و باروری ویژه سنی (m_x) برای بید گوجه‌فرنگی در تیمارهای مختلف محاسبه و برای رسم نمودارها از نرم‌افزار اکسل (Excel) ۲۰۱۰ استفاده شد. مقایسه دیگر داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS (Advanced Models, Chicago, IL 2006) و تجزیه واریانس یک سویه (One-Way ANOVA) و بر پایه آزمون توکی در سطح ۵ درصد صورت گرفت. برای اصلاح داده‌هایی که به صورت درصد بودند از تبدیل داده‌ها به $\text{Arc sin } \sqrt{X}$ استفاده شد.

سانتی‌متر که با توری مش‌ریز (مش ۲ میلی‌متر) پوشانده شده بود در نظر گرفته شد. کف هر ظرف با یک دستمال نمناک برای تأمین رطوبت مورد نیاز برگ پوشانده شد و روی آن یک برگ از تیمار موردنظر که حاوی یک عدد تخم پروانه بود قرار گرفت. در انتخاب گروه همزاد، تخم‌هایی که در یک دوره چهار ساعته گذاشته شده بودند هم‌سن فرض شدند. برای حفظ رطوبت و تازگی برگ‌ها، روزانه میزانی آب روی دستمال کف ظرف پاشیده می‌شد و همه برگ‌ها هر سه روز یک‌بار تعویض می‌شدند. آزمایش درون اتاقک رشد (انکوباتور) با دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی در دمای 25 ± 1 درجه سلسیوس و رطوبت نسبی 60 ± 5 درصد انجام شد. با بررسی روزانه طول دوره جنینی، طول دوره لاروی، طول دوره شفیره، طول عمر بالغ، جنسیت افراد، شمار تخم‌های گذاشته شده توسط ماده‌های نسل جدید و درصد تفریح تخم‌های گذاشته شده توسط ماده‌های نسل جدید محاسبه شد. برای بررسی میزان تخم‌گذاری آن‌ها، ماده‌های ظاهر شده از هر تیمار به همراه نرهای خارج شده جفت شدند و میزان تخم‌ریزی روزانه و درصد تفریح تخم آن‌ها ثبت شد. با توجه به میزان متفاوت مرگ‌ومیر دوران پیش از بلوغ و نسبت جنسی افراد در تیمارهای مختلف، که شمار متفاوتی نر و ماده بالغ را در اختیار قرار می‌داد از هر تیمار تنها ده جفت نر و ماده انتخاب شد. هر جفت درون ظرف استوانه‌ای شکل پلاستیکی (۱۵ سانتی‌متر قطر و ۲۵ سانتی‌متر ارتفاع) که در آن با توری پوشانده شده بود قرار گرفتند و دو عدد برگ گوجه‌فرنگی در کف ظرف برای تخم‌ریزی قرار داده شد که روزانه تعویض می‌شدند.

ویژگی‌های بررسی‌شده در گیاه گوجه‌فرنگی تیمار شده با کود ورمی کمپوست

میزان عنصرهای نیتروژن، فسفر، پتاسیم و فنول، ارتفاع گیاه، شمار برگ گیاه، وزن خشک اندام‌های هوایی و ریشه گیاه در پنج تیمار یادشده و در سه

1. Folin-Ciocalteu
2. Spectrophotometer
3. Sodium nitroprussid
4. Paired bootstrap test

نتایج و بحث

تأثیر ورمی کمپوست بر بید گوجه‌فرنگی

آزمایش ترجیح میزبانی

پایین‌ترین میزان شمار تخم به ازای برگ در گیاهان تیمارشده با کود ورمی کمپوست جامد ۶۰ درصد و پس از آن در گیاهان تیمارشده با کود جامد ۳۰ درصد مشاهده شد (جدول ۲). تیمار گیاهان با تی کمپوست تأثیری در میزان رجحان بید در تخم‌گذاری روی گیاه نداشت. همچنین درصد تفریح تخم با کاربرد ورمی کمپوست در تیمارهای مختلف اختلاف معنی‌داری نشان نداد (جدول ۲) اما با کاربرد ورمی کمپوست رفتار تخم‌گذاری بید گوجه‌فرنگی تغییر

یافت به طوری که نسبت تخم گذاشته شده روی سطح برگ به کل تخم از ۷/۰۹ در گیاهان شاهد به ۱۶/۶۸ و ۱۰/۸۵ به ترتیب در تیمار کود جامد ۶۰ درصد و ۳۰ درصد افزایش یافت (جدول ۲). با توجه به اینکه به طور معمول بید گوجه‌فرنگی تخم‌های خود را در زیر برگ می‌گذارد (Cuthbertson & James, 2013; Desneux & Wajnberg, 2010). این تغییر رفتار تخم‌ریزی در شرایط طبیعی و با حضور عامل‌های نامساعد محیطی (شدت نور خورشید، وزش باد) و قرارگیری بیشتر تخم در معرض شکارگران و پارازیتوئیدها می‌تواند باعث افزایش تلفات تخم شود (Seraj, 2011).

جدول ۲. میانگین \pm خطای استاندارد شمار تخم به ازای برگ، درصد تفریح تخم، نسبت تخم گذاشته شده بید گوجه‌فرنگی روی سطح برگ به کل تخم و نسبت حفره‌های کوچک، متوسط و بزرگ به کل حفره‌های ایجاد شده توسط لارو در گیاهان تیمارهای مختلف
Table 2. Mean \pm SE number of eggs per leaf, percentage of hatching eggs, proportion of eggs on the adaxial leaf to total laid eggs and small, medium and large galleries produced by *T. absoluta* to total galleries on plants under different treatments

Treatments	No. of eggs per leaf	Hatching eggs (%)	Eggs on the adaxial leaf surface / total eggs	Small galleries in leaves / total galleries	Medium galleries in leaves / total galleries	Large galleries in leaves / total galleries
Control	0.37 \pm 0.03 ^a	81.48 \pm 2.64 ^a	7.09 \pm 2.62 ^c	0.00 \pm 0.00 ^c	0.05 \pm 0.00 ^c	0.95 \pm 0.04 ^a
20% tea compost	0.33 \pm 0.02 ^a	79.90 \pm 3.41 ^a	6.76 \pm 1.84 ^c	0.01 \pm 0.00 ^c	0.05 \pm 0.00 ^c	0.94 \pm 0.05 ^a
40% tea compost	0.29 \pm 0.01 ^{ab}	88.05 \pm 2.58 ^a	7.41 \pm 2.26 ^c	0.06 \pm 0.01 ^b	0.09 \pm 0.02 ^b	0.85 \pm 0.01 ^b
30% solid	0.23 \pm 0.01 ^{bc}	82.71 \pm 1.65 ^a	10.85 \pm 2.11 ^b	0.06 \pm 0.00 ^b	0.13 \pm 0.03 ^a	0.81 \pm 0.04 ^b
60% solid	0.18 \pm 0.01 ^c	84.90 \pm 2.95 ^a	16.68 \pm 2.63 ^a	0.15 \pm 0.02 ^a	0.08 \pm 0.01 ^b	0.77 \pm 0.03 ^c
F	12.560	11.709	8.301	15.129	4.216	6.012
p	0.000	0.086	0.000	0.000	0.008	0.001

* حرف‌های غیرهمسان در هر ستون نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها است (آزمون توکی).

* The means followed by different letters in each column are significantly different (Tukey test) (P < 0.01).

جدول زندگی - باروری بید گوجه‌فرنگی

در این آزمایش طول دوره جنینی، دوره لاروی، دوره شفیرگی و طول عمر افراد بالغ نر بید گوجه‌فرنگی هیچ‌گونه اختلاف معنی‌داری در تیمارهای مختلف نشان نداد (جدول ۳) درحالی‌که در جنس ماده طول دوره لاروی با کاربرد ورمی کمپوست افزایش یافت و طول دوره شفیرگی و طول عمر افراد بالغ کاهش یافت و بیشترین میزان کاهش در تیمار کود جامد ۶۰ درصد مشاهده شد. همچنین میزان مرگومیر دوره لاروی در نتیجه استفاده از ورمی کمپوست افزایش یافته، به گونه‌ای که بیشترین مرگومیر در به ترتیب در تیمارهای کود جامد ۶۰ درصد، کود جامد ۳۰ درصد و عصاره آبی ۴۰ درصد مشاهده شد (جدول ۴).

با بررسی اندازه تونل‌ها و حفره‌های ایجاد شده در برگ‌ها که نشان‌دهنده میزان رشد و نمو لاروها و پیشروی آن‌هاست مشخص شد که نسبت شمار حفره‌های کوچک و متوسط به کل در مقایسه با حفره‌های بزرگ در برگ‌های گیاه تیمارشده با ورمی کمپوست افزایش پیدا می‌کند (جدول ۲). این افزایش نسبت حفره‌های کوچک به کل حفره‌ها نشان می‌دهد که لارو در گیاهان تیمارشده نتوانسته به رشد خود ادامه دهد و از بین رفته است. به نظر می‌رسد کاربرد کود جامد در سطح ۶۰ درصد و ۳۰ درصد با کاهش میانگین شمار تخم به ازای هر برگ و افزایش نسبت حفره‌های کوچک و متوسط ایجاد شده در برگ نسبت به کل حفره‌ها، باعث کاهش آسیب بید گوجه‌فرنگی می‌شود.

جدول ۳. میانگین \pm خطای استاندارد طول مراحل مختلف رشدی بید گوجه‌فرنگی روی گوجه‌فرنگی تحت تیمارهای مختلف

Table 3. Mean \pm SE developmental time of different stage of *T. absoluta* on tomato under different treatments

Treatments	Embryo (days)		Larva (days)		Pupa (days)		Adult (days)	
	Male	Female	Male	Female	Male	Female	Male	Female
Control	6.30 \pm 0.21 ^a	6.66 \pm 0.23 ^a	16.20 \pm 0.41 ^a	16.11 \pm 0.20 ^c	5.70 \pm 0.21 ^a	7.55 \pm 0.24 ^a	8.00 \pm 0.14 ^a	13.00 \pm 0.55 ^a
20% tea compost	6.44 \pm 0.17 ^a	6.44 \pm 0.29 ^a	16.66 \pm 0.33 ^a	16.44 \pm 0.24 ^c	5.77 \pm 0.22 ^a	7.44 \pm 0.33 ^a	8.11 \pm 0.26 ^a	13.44 \pm 0.60 ^a
40% tea compost	6.60 \pm 0.22 ^a	6.33 \pm 0.16 ^a	16.55 \pm 0.23 ^a	16.77 \pm 0.27 ^{bc}	5.60 \pm 0.22 ^a	7.22 \pm 0.32 ^a	7.40 \pm 0.26 ^a	12.46 \pm 0.52 ^b
30% solid	6.50 \pm 0.53 ^a	6.87 \pm 0.29 ^a	16.75 \pm 0.36 ^a	16.89 \pm 0.18 ^b	5.89 \pm 0.37 ^a	7.02 \pm 0.16 ^{ab}	7.50 \pm 0.26 ^a	12.37 \pm 0.30 ^b
60% solid	6.12 \pm 0.12 ^a	6.50 \pm 0.18 ^a	17.12 \pm 0.35 ^a	17.31 \pm 0.14 ^a	5.75 \pm 0.31 ^a	6.62 \pm 0.18 ^b	7.37 \pm 0.32 ^a	11.87 \pm 0.17 ^c
p	0.718	0.750	0.064	0.038	0.879	0.026	0.123	0.033

* حرف‌های غیرهمسان در هر ستون نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها است (آزمون بوت استرپ).

* The means followed by different letters in each column are significantly different (Pooled bootstrap test) (P < 0.05).

جدول ۴. میانگین \pm خطای استاندارد مرگ‌ومیر دوره لاروی و شفیرگی، شمار تخم به ازای هر ماده و فراسنج‌های جدول

زندگی - باروری بید گوجه‌فرنگی تحت تیمارهای مختلف

Table 4. Mean \pm SE larval and pupal mortality, number of eggs per female and fertility life table parameters of *T. absoluta* under different treatments

Treatments	Larval mortality (%)	Pupal mortality (%)	Number of eggs per female	Intrinsic rate of natural increase (day ⁻¹)	Net reproductive Rate (nymphs)	Finite rate of increase (day ⁻¹)	Mean generation time (days)
Control	4.16 \pm 0.13 ^c	3.21 \pm 0.23 ^a	68.22 \pm 2.36 ^a	0.088 \pm 0.007 ^a	25.581 \pm 6.731 ^a	1.092 \pm 0.008 ^a	36.650 \pm 0.320 ^a
20% tea compost	12.50 \pm 0.00 ^d	4.04 \pm 0.09 ^a	70.88 \pm 4.18 ^a	0.088 \pm 0.006 ^a	26.544 \pm 7.100 ^a	1.093 \pm 0.006 ^a	37.160 \pm 0.207 ^a
40% tea compost	20.83 \pm 0.16 ^c	3.33 \pm 0.21 ^a	62.22 \pm 2.03 ^b	0.085 \pm 0.008 ^{ab}	23.336 \pm 6.175 ^b	1.089 \pm 0.009 ^{ab}	36.654 \pm 0.200 ^a
30% solid	25.00 \pm 0.50 ^b	3.87 \pm 0.19 ^a	58.25 \pm 2.22 ^c	0.080 \pm 0.009 ^b	19.412 \pm 5.592 ^{bc}	1.083 \pm 0.007 ^b	36.930 \pm 0.309 ^a
60% solid	37.50 \pm 0.12 ^a	3.85 \pm 0.18 ^a	52.62 \pm 2.32 ^d	0.075 \pm 0.006 ^c	17.540 \pm 5.104 ^c	1.080 \pm 0.005 ^b	36.170 \pm 0.260 ^a
p	0.000 [*]	0.737 [*]	0.000 [*]	0.0041	0.0008	0.0007	0.2330

* حرف‌های غیرهمسان در هر ستون نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها است (آزمون بوت استرپ و * آزمون توکی).

* The means followed by different letters in each column are significantly different (Pooled bootstrap test and Tukey test) (P < 0.01).

بقاء تا سن ۱۲ روزگی برای تیمارهای مختلف تا حدودی یکسان بود ولی از روز ۱۲ تا روز ۳۳ نرخ بقاء تیمار شاهد در بالاترین حد قرار گرفت، پس از آن تیمارهای تی کمپوست ۲۰ درصد و ۴۰ درصد و در نهایت کمترین نرخ بقاء در این بازه زمانی در تیمار کود جامد ۳۰ درصد و ۶۰ درصد مشاهده شد.

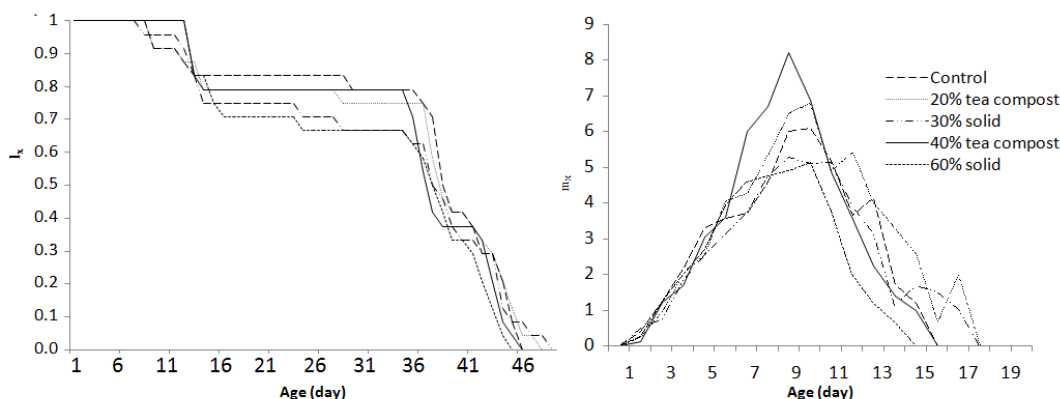
نتایج نشان داد، کاربرد ورمی کمپوست می‌تواند کاهش جمعیت و افزایش تلفات بید گوجه‌فرنگی را در پی داشته باشد، این نتایج با گزارش‌های دیگر محققان که روی آفات دارای قطعات دهانی جونده کار کرده بودند همسان بود، برای مثال Edwards *et al.* (2009) نشان دادند، کاربرد ۲۰ درصد ورمی کمپوست باعث کاهش جمعیت و آسیب سوسک خیار به میزان یک‌سوم روی خیار و کاهش جمعیت و آسیب کرم شاخدار توتون به نصف روی گوجه‌فرنگی می‌شود، همچنین Yardim *et al.* (2006) مشاهده کردند، جمعیت و آسیب کرم شاخدار گوجه‌فرنگی *Manduca quinquemaculata* Haworth و *Acalymma vittatum* and *Diabotrica undecimpunctata* با کاربرد ۱/۵ و ۲/۵ تن

شمار تخم گذاشته شده به ازای هر فرد ماده پرورش یافته روی گیاهان تیمار شده با کود ورمی کمپوست کاهش می‌یابد (جدول ۴) به گونه‌ای که کمترین میزان تخم‌گذاری به ترتیب در تیمار کود جامد ۶۰ درصد و کود جامد ۳۰ درصد بود. همچنین پرورش بید گوجه‌فرنگی روی برگ گیاهان تیمار شده با ورمی کمپوست باعث کاهش نرخ ذاتی افزایش جمعیت (r_m)، نرخ متناهی افزایش جمعیت (λ) و نرخ خالص تولیدمثل (R_0) بید گوجه‌فرنگی نسبت به تیمار شاهد می‌شود و بیشترین میزان کاهش به ترتیب در تیمارهای کود جامد ۶۰ و ۳۰ درصد دیده می‌شود. مدت زمان یک نسل (T) در تیمارهای مختلف اختلاف معنی‌داری نشان نداد (جدول ۴).

میانگین تولید نوزاد ماده به ازای هر فرد ماده (mx) و نرخ بقاء (Lx) ویژه سن در شکل ۱ آمده است. روند تولید نوزاد ماده در تیمارهای مختلف همسان است ولی میانگین تولید نوزاد ماده در ماده‌های پرورش یافته روی گیاهان تیمار شده با کود جامد ورمی کمپوست از دیگر تیمارها کمتر بوده است. نمودار نرخ

و در پی آن کاهش آسیب آفت برای مزارع توصیه کردند (Yardim *et al.*, 2006).

ورمی کمپوست در هکتار، در کشتزار کاهش می‌یابد، و کاربرد ۲/۵ تن در هکتار کود را به دلیل کاهش جمعیت



شکل ۱. تغییر نرخ بقا و زادآوری ویژه سنی بید گوجه‌فرنگی تحت تیمارهای مختلف
Figure 1. a) Age-specific survival rate (l_x), and b) fecundity (m_x) of *T. absoluta* under different treatments

که با کاربرد ۵۰ درصد ورمی کمپوست افزایش ۵ برابری در وزن خشک ریشه را مشاهده کردند و همچنین گزارش‌های دیگری (Arancon & Edwards, 2003;) همسان است. اختلاف به‌دست‌آمده بین تیمار شاهد و تیمارهای ورمی کمپوست در این تحقیق نسبت به گزارش دیگر محققان زیادتر است که علت آن می‌تواند استفاده از دیگر مکمل‌های غذایی در تیمار شاهد توسط دیگر محققان باشد که باعث کاهش اختلاف بین تیمار شاهد و تیمارهای کود ورمی کمپوست شده است ولی در این تحقیق در تیمار شاهد تنها از خاک استفاده شد.

تأثیر تیمارهای مختلف ورمی کمپوست روی برخی از ویژگی‌های گیاه گوجه‌فرنگی
نتایج به‌دست‌آمده نشان داد، تیمار گیاهان با کود جامد ۶۰ درصد باعث افزایش وزن خشک ریشه در حدود ۱۳ برابر بیشتر از تیمار شاهد می‌شود، همچنین در تیمار کود جامد ۳۰ درصد حدود ۴ برابر افزایش مشاهده شد، ولی تیمار تی کمپوست ۲۰ و ۴۰ درصد با شاهد اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۵). این نتایج با گزارش‌های (Lazcano *et al.*, 2009) که افزایش تا ۵ برابر وزن خشک ریشه را در اثر کاربرد ورمی کمپوست نشان می‌دهد (Sahni *et al.*, 2008)،

جدول ۵. میانگین \pm خطای استاندارد ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی گیاه گوجه‌فرنگی تحت تیمارهای مختلف
Table 5. Mean \pm SE physical and chemical characteristics of tomato plants under different treatments

Treatments	Root dry weight (gr)	Shoot dry weight (gr)	Plant height (cm)	Phosphorus mg/g (dry weight)	Potassium mg/g (dry weight)	Nitrogen mg/kg (dry weight)	Phenol (ppm)
Control	0.119 \pm 0.012 ^d	0.123 \pm 0.008 ^d	8.30 \pm 0.35 ^d	2.26 \pm 0.10 ^a	11.34 \pm 0.36 ^c	0.045 \pm 0.006 ^d	546.21 \pm 14.46 ^d
20% tea compost	0.110 \pm 0.011 ^d	0.134 \pm 0.011 ^d	10.68 \pm 0.45 ^d	2.13 \pm 0.09 ^a	11.34 \pm 0.27 ^c	0.090 \pm 0.011 ^c	628.51 \pm 13.44 ^c
40% tea compost	0.287 \pm 0.036 ^c	0.312 \pm 0.032 ^c	16.00 \pm 0.48 ^c	2.44 \pm 0.02 ^a	12.77 \pm 0.15 ^b	0.150 \pm 0.020 ^c	800.54 \pm 25.20 ^b
30% solid	0.544 \pm 0.046 ^b	0.975 \pm 0.071 ^b	18.70 \pm 0.45 ^b	2.25 \pm 0.08 ^a	13.58 \pm 0.15 ^a	0.280 \pm 0.027 ^b	851.54 \pm 26.57 ^b
60% solid	1.479 \pm 0.155 ^a	2.266 \pm 0.193 ^a	25.90 \pm 1.29 ^a	2.22 \pm 0.03 ^a	14.56 \pm 0.05 ^a	0.430 \pm 0.035 ^a	1130.46 \pm 29.26 ^a
F	281.306	175.391	187.735	2.212	39.877	44.292	4.263
P	0.008	0.000	0.000	0.141	0.0004	0.0002	0.0091

* حرف‌های غیرهمسان در هر ستون نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها است (آزمون توکی)

* The means followed by different letters in each column are significantly different (Tukey test) (P < 0.01).

خشک اندام‌های هوایی گیاه نسبت به تیمار شاهد شد، این نسبت در تیمار کود جامد ۳۰ درصد حدود ۸ برابر

تیمار گیاه گوجه‌فرنگی با کود جامد ۶۰ درصد ورمی کمپوست باعث افزایش بیش از ۱۸ برابر وزن

بیشترین میزان فنول در تیمار کود جامد ۶۰ درصد و کمترین آن در تیمار شاهد مشاهده شد (جدول ۵). در گزارش‌های بررسی‌شده میزان ترکیب‌های فنولی به‌صورت جداگانه بررسی‌شده که در همه آن‌ها میزان ترکیب‌های فنولی با کاربرد کود ورمی کمپوست افزایش یافته است (Arancon & Edwards, 2003; Atiyeh *et al.*, 2000a).

افزایش میزان نیتروژن باعث شادابی و آبدار شدن برگ‌ها می‌شود و این امر جلب شدن بیشتر حشرات به گیاه را موجب می‌شود (Little & Cardoza, 2011; Arancon & Edwards, 2003). ولی از آنجاکه میزان پتاسیم و فنول نیز به‌طور همزمان در گیاه افزایش می‌یابد نمی‌توان گفت که میزان آسیب حشرات با کاربرد ورمی کمپوست زیاد می‌شود. افزایش پتاسیم باعث محکم شدن دیوارهٔ یاخته‌ای می‌شود که تغذیه را برای حشرات سخت‌تر می‌کند (Arancon *et al.*, 2007). همچنین افزایش سطح فنول موجود در گیاه که یک مادهٔ دورکننده و زینابار برای حشرات است نیز عامل دیگری برای کاهش حمله حشرات به گیاه است (Arancon & Edwards, 2005; Arancon *et al.*, 2004; Edwards *et al.*, 2010; Yardim *et al.*, 2006).

نتیجه‌گیری کلی

نتایج این تحقیق نشان می‌دهد استفاده از کود ورمی کمپوست به‌صورت جامد در بستر کشت گیاه گوجه‌فرنگی می‌تواند با تأثیر مثبت روی ویژگی‌های گیاه و رشد و نمو بهتر آن که تحمل گیاه به تغذیهٔ آفت را بالا می‌برد و همچنین تأثیر منفی در فراسنجه‌های رشد و باروری جمعیت بید گوجه‌فرنگی به‌عنوان یک ابزار بالقوه در مدیریت این آفت به‌ویژه در کشت‌های گلخانه‌ای مورد توجه قرار گیرد.

به دست آمد (جدول ۵). در این زمینه Arancon & Edwards (2003) افزایش ۱/۵ برابر وزن خشک اندام‌های هوایی در گوجه‌فرنگی و ۳/۵ برابری در لفل را با کاربرد ۲۰ تن ورمی کمپوست در هکتار و Bachman & Metzger (2007) افزایش ۲ برابری در گوجه‌فرنگی را با کاربرد ۲۰ درصد ورمی کمپوست جامد گزارش کردند. گزارش‌های مختلف دیگری نیز مبنی بر افزایش وزن خشک اندام‌های هوایی با کاربرد کود ورمی کمپوست وجود دارد (Atiyeh *et al.*, 2001; Ecole *et al.*, 2001; Edwards *et al.*, 2010; Karungi *et al.*, 2010).

نتایج به‌دست‌آمده از اندازه‌گیری ارتفاع، در تیمارهای مختلف در سطح ۰/۰۱ اختلاف معنی‌داری نشان داد (جدول ۵) افزایش ارتفاع گیاهان در نتیجهٔ استفاده از کود ورمی کمپوست بیشتر گزارش شده است (Arancon & Edwards, 2003; Arancon *et al.*, 2007; Karungi *et al.*, 2010; Sahni *et al.*, 2008). کاربرد کود جامد باعث افزایش میزان نیتروژن در گیاه شد، به‌گونه‌ای که بیشترین سطح نیتروژن در تیمار کود جامد ۶۰ درصد و پس از آن در ۳۰ درصد مشاهده شد، درحالی‌که کاربرد تی کمپوست ۴۰ درصد و ۲۰ درصد تأثیری در میزان نیتروژن نداشت (جدول ۵). افزایش میزان نیتروژن با کاربرد ورمی کمپوست تا ۶ برابر بیشتر گزارش شده است (Arancon & Edwards, 2003; Arancon *et al.*, 2007; Atiyeh *et al.*, 2000b; 2001; Hwang *et al.*, 2008; Little & Cardoza, 2011). عنصر پتاسیم نیز با کاربرد کود جامد ورمی کمپوست افزایش یافته و تیمارهای کود جامد ۶۰ درصد و ۳۰ درصد در بیشترین حد قرار گرفتند (جدول ۵). میزان فنول موجود در گیاه با کاربرد ورمی کمپوست افزایش یافت و در این روند

REFERENCES

1. Arancon, N. Q. & Edwards, C. A. (2003). Effects of vermicomposts on growth and marketable fruits of field-grown tomatoes, peppers and strawberries. *Pedobiologia*, 47, 731-735.
2. Arancon, N. Q. & Edwards, C. A. (2004). Vermicomposts can suppress plant pest and disease attacks. *Biocycle*, 45, 51-53.
3. Arancon, N. Q. & Edwards, C. A. (2005). Effects of vermicomposts on plant growth. *Pedobiologia*, 42, 16-18.
4. Arancon, N. Q., Edwards, C. A., Yardim, E. N., Oliver, T. J., Byrne, R. J. & Keeney, G. (2007). Suppression of two-spotted spider mite (*Tetranychus urticae*), mealy bug (*Pseudococcus sp*) and aphid (*Myzus persicae*) populations and damage by vermicomposts. *Crop Protection*, 26, 29-39.

5. Arancon, N. Q., Galvis, P. A. & Edwards, C. A. (2005). Suppression of insect pest populations and damage to plants by vermicomposts. *Bioresource Technology*, 96, 1137-1142.
6. Atiyeh, R. M., Edwards, C. A., Subler, S. & Metzger, J. D. (2001). Pig manure vermicompost as a component of a horticultural bedding plant medium: effects on physicochemical properties and plant growth. *Bioresource Technology*, 78, 11-20.
7. Atiyeh, R. M., Arancon, N. Q., Edwards, C. A. & Metzger, J. D. (2000a). Influence of earthworm-processed pig manure on the growth and yield of greenhouse tomatoes. *Bioresource Technology*, 75, 175-180.
8. Atiyeh, R. M., Subler, S. and Edwards, C. A. (2000b). Effects of vermicomposts and composts on plant growth in horticultural container media and soil. *Pedobiologia*, 44, 579-590.
9. Bachman, G. R. & Metzger, J. D. (2007). Growth of bedding plants in commercial potting substrate amended with vermicompost. *Bioresource Technology*, 99, 3155-61.
10. Cuthbertson, A. G. S. & James, J. M. (2013). Population development of *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) under simulated UK glasshouse conditions. *Insects*, 4, 185-197.
11. Desneux, N. & Wajnberg, E. (2010). Biological invasion of European tomato crops by *Tuta absoluta*: ecology, geographic expansion and prospects for biological control. *Journal of Pest Science*, 83, 197-215.
12. Ecole, C. C., Picanco, M. C., Guedes, R. N., Guedes, C. & Bromonschenkel, S. H. (2001). Effect of cropping season and possible compounds involved in the resistance of *Lycopersicon hirsutum* f. *typicum* to *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lep., Gelechiidae). *Journal of Applied Entomology*, 125, 193-200.
13. Edwards, C. A., Arancon, N. Q., Emerson, E. & Pullian, R. (2007). Suppression of plant parasitic nematode and arthropod pests by vermicompost teas. *Biocycle*, 48, 61-63.
14. Edwards, C. A., Arancon, N. Q., Vasko-bennett, M., Askar, A. & Keeney, G. (2009). Effect of aqueous extracts from vermicomposts on attacks by cucumber beetles (*Acalymma vittatum*) (Fabr.) on cucumbers and tobacco hornworm (*Manduca sexta*) (L.) on tomatoes. *Pedobiologia*, 53, 141-148.
15. Edwards, C. A., Arancon, N. Q., Vasko-bennett, M., Askar, A., Keeney, G. & Little, B. (2010). Suppression of green peach aphid (*Myzus persicae*) (Sulz.), citrus mealybug (*Planococcus citri*) (Risso), and two spotted spider mite (*Tetranychus urticae*) (Koch.) attacks on tomatoes and cucumbers by aqueous extracts from vermicomposts. *Crop Protection*, 29, 80-93.
16. Hwang, S. Y., Liu, C. & Shen, T. C. (2008). Effects of plant nutrient availability and host plant species on the performance of two Pieris butterflies (Lepidoptera: Pieridae). *Biochemical Systematics and Ecology*, 36, 505-513.
17. Jaiwal, B. V., Shaikh, F. K., Waghire, H. B. & Sarwade, B. P. (2012). Evaluation of total phenolic contents and antioxidant activities in different solvent extracts of *Diospyros melanoxylon* Roxb. Bark. *Journal of Experimental Sciences*, 3, 11-14.
18. Karaki, H. & Sato, K. (1988). Effects of sodium nitroprusside on cytosolic calcium level in vascular smooth muscle. *European Journal of Pharmacology*, 156, 259-266.
19. Karungi, J., Kyammanywa, S. & Ekbon, B. (2010). Organic soil fertility amendments and tritrophic relationships on cabbage in Uganda: Experiences from on-station and on-farm trials. *African Journal of Agricultural Research*, 5, 2862-2867.
20. Laxcano, C., Arnold, J., Tato, A., Zaller, J. G. & Dominguez, D. (2009). Compost and vermicompost as nursery pot components: effects on tomato plant growth and morphology. *Journal of Agricultural Research*, 7, 944-951.
21. Little, A. G. & Cardoza, Y. J. (2011). Host plant effects on generalist and specialist lepidopterous cabbage pests modulated by organic soil amendment. *Pedobiologia*, 54, 353-359.
22. Modarres Najafabadi, S. (2012). Effect of various vermicompost tea concentrations on life table parameters of Macrosiphum rosae on Rose (Rosa hybrid) flower. *Journal of Ornamental Plants*, 4, 81-92.
23. Novoa-Munoz, J. C., Simsl-Gandara, J., Fernandez, D. & Lopez, E. (2008). Changes in soil properties and in the growth of Lolium multiflorum in an acid soil amended with a soil waste from wineries. *Bioresource Technology*, 99, 6771-9.
24. Peymani Foroshani, S., Poorjavad, N., Haghghi, M. & Khajehali, J. (2016) Effect of solid and aqueous extract of vermicompost on growth characteristics of tomato and greenhouse whitefly (*Trialeurodes vaporariorum*). *Journal of Science and Technology of Greenhouse Culture*, 7, 35-46. (in Farsi)
25. Sahni, S., Sarma, B. K., Singh, D. P., Singh, H. B. & Singh, K. P. (2008). Vermicompost enhances performance of plant growth-promoting rhizobacteria in *Cicer arietinum* rhizosphere against *Sclerotium rolfsii*. *Crop Protection*, 27, 369-376.
26. Seraj, A. A. (2011). *Principles of plant pest control*. (2nd ed). Shahid Chamran University. (in Farsi)
27. Wu, F., Yang, W. & Lu, Y. (2009). Effects of dwarf bamboo (*Fargesia denudate*) density on biomass carbon and nutrient distribution pattern. *Acta Ecologica Sinica*, 29, 192-198.
28. Yardim, E. N., Norman, Q. A., Edwards, C. A., Oliver, T. J. & Byrne, R. J. (2006). Suppression of tomato hornworm (*Manduca quinquemaculata*) and cucumber beetles (*Acalymma vittatum* and *Diabrotica undecimpunctata*) populations and damage by vermicomposts. *Pedobiologia*, 50, 23-29.