مقاله تحقیقی

تاثیر تیمار گیاه فلفل با قارچ *Trichoderma harzianum* و jasmonic acid روی پراسنجه‌های جدول زندگی کنه شکارگر *Amblyseius swirskii* با تغذیه از تریپس غربی گل

علی رضائی[۱]، محمد خانجانی[۲]، شهرام فرخی[۳]

۱، ۲– دانشجوی دکترای حشره شناسی کشاورزی، استاد کنه‌شناسی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران.

۳– استادیار، موسسه تحقیقات گیاه‌پزشکی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران.

مسئول مکاتبات: علی رضائی، ایمیل: rezai163@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۵/۱۷ ۱۰(۲)۴۷–۶۵ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۶/۲۶

چکیده

کنه شکارگر *Amblyseius swirskii* Athias and Henrioti یکی از عوامل کنترل بیولوژیک چندخوار موثر در مهار آفاتی نظیر تریپس‌ها، سفیدبالک‌ها و کنه‌های تارتن است. در حال حاضر از این عامل برای مهار تریپس غربی گل، *Frankliniella occidentalis* (Pergande) و برخی دیگر از آفات استفاده می‌شود، ولی در مواقع طغیان جمعیت آفت از کارایی آن کاسته شده و بکارگیری روش‌های مکمل برای مهار جمعیت آفت ضروری می‌باشد. در این پژوهش، اثر تیمار گیاه فلفل رنگی رقم لورکا، با هورمون جاسمونیک اسید (۰/۵ میلی‌مولار)، قارچ *Trichoderma harzianum* Rifai T22 (۱۰ میلی‌لیتر سوسپانسیون اسپور با غلظت 10^7 اسپور، به ازای هر گیاهچه) و تلفیق هورمون جاسمونیک اسید با قارچ تریکودرما (JA + Th) بر ویژگی‌های زیستی و پراسنجه‌های جدول زندگی کنه شکارگر *A. swirskii* با تغذیه از تریپس غربی گل بررسی شد. آزمایش با ۸۰ تکرار برای هر تیمار در شرایط ثابت محیطی (دمای ۱±۲۵ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی ۵±۶۵ درصد و دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی) انجام شد. براساس نتایج، طولانی‌ترین دوره رشد و نمو مراحل نابالغ (۹/۴۱ روز) و کوتاه‌ترین دوره رشد و نمو مراحل نابالغ (۷/۹۴ روز) به ترتیب در تیمار JA + Th و شاهد و همچنین کوتاه‌ترین طول عمر افراد بالغ ماده شکارگر (۲۴/۹۲ روز) در تیمار JA + Th مشاهده شد. تمامی پراسنجه‌های جدول زندگی شکارگر، تفاوت معنی‌داری را نشان دادند. بیشترین و کمترین مقدار پراسنجه‌های نرخ ذاتی افزایش جمعیت (r) به ترتیب ۰/۱۶۸۸ و ۰/۱۳۰۰ برروز، نرخ خالص تولیدمثل (R_0) به ترتیب ۲۴/۴۹ و ۱۱/۷۱ نتاج ماده و نرخ متناهی افزایش جمعیت (λ) به ترتیب ۱/۱۸۴ و ۱/۱۳۹ بر روز به ترتیب برای شاهد و تیمار JA + Th تخمین زده شد. نتایج این بررسی در بکارگیری کنه شکارگر *A. swirskii* همراه با تیمار JA + Th می‌تواند در برنامه‌های مدیریت تلفیقی تریپس غربی گل مورد استفاده قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: تریپس غربی گل، تریکودرما، جاسمونیک اسید، شکارگر، جدول زندگی، مدیریت تلفیقی آفات

مقدمه

کنه‌های خانواده Phytoseiidae به علت پتانسیل مطلوب در مهار زیستی کنه‌های گیاه‌خوار و تریپس‌ها روی محصولات مختلف مورد استفاده قرار گرفته‌اند. در سال‌های اخیر تحقیقات گسترده‌ای روی جنبه‌های زیستی آن‌ها صورت گرفته است. خانواده Phytoseiidae از راسته میان استیگمایان و بالاراسته Parasitiformes بوده که دارای ۲۴۳۶ گونه در ۹۱ جنس و سه زیرخانواده Amblyseiinae، Phytoseiinae و Typhlidrominae است (Chant, 1959; McMurtry *et al.*, 2015). زیرخانواده Amblyseiinae از بزرگ‌ترین زیرخانواده‌های Phytoseiidae است که ۱۷۴۸ گونه در ۶۵ جنس دارد. جنس *Amblyseius* با بیش‌ترین تعداد گونه از اهمیت بالایی در کنترل بیولوژیک برخوردار است. از مهم‌ترین گونه‌های این جنس می‌توان *Amblyseius*

Amblyseius eharia Amitai ،*barkeri* Hughes, 1948 and Swirski, 1981 و *Amblyseius swirskii* Athias and Henrioti, 1962 اشاره کرد (Chant, 1959; McMurtry *et al*., 2015; Asgari *et al*., 2020; San *et al*., 2021).

گونه *A. swirskii* از گروه‌های مختلف آفات مانند کنه‌های تارتن، سفیدبالک‌ها، تریپس‌ها و کنه‌های انباری تغذیه می‌کند و همچنین قابلیت زنده‌مانی روی منابع گیاهی مانند گرده گیاهان را نیز دارد (Lee & Gillespie 2011; Park *et al*., 2011; Riahi *et al*., 2017). در سال‌های اخیر برنامه‌های پرورش انبوه این عامل کنترل بیولوژیک توسط شرکت‌های تولیدکننده مورد توجه قرار گرفته است (van Lenteren, 2012; Fahim & El–Saiedy 2021). در میان دشمنان طبیعی تریپس غربی گل، *Frankliniella occidentalis* (Pergande) (Thysanoptera: Thripidae)، کنه شکارگر *A. swirskii* حائز اهمیت می‌باشد اما در مواقع طغیانی و افزایش بالای جمعیت آفت از کارایی آن کاسته می‌شود و بکارگیری روش‌های مکمل برای مهار جمعیت و خسارت آفت ضروری می‌باشد (Alinejad *et al*., 2014; Alipour *et al*., 2016; Rahmani Piyani *et al*., 2021).

گیاه‌درون‌رست‌ها، ریزاندامگان‌هایی با همزیستی اختیاری یا اجباری بوده و عمدتا در گروه باکتریایی و قارچی قرار دارند. این ریزاندامگان‌ها بدون ایجاد بیماری در بافت‌های داخلی گیاه زندگی می‌کنند و با همزیستی با گیاهان، به گیاه میزبان در سازگاری و تعامل با زیستگاه و دفاع در برابر تنش‌های زیستی و غیرزنده کمک می‌کنند (Bultman *et al*., 2006; Hermosa *et al*., 2012). گونه‌های متعلق به جنس *Trichoderma* مشهورترین و موثرترین جنس قارچی در زمینه کنترل زیستی آفات گیاهی می‌باشند که بعضی از سویه‌های آن‌ها به مرحله تجاری سازی رسیده و در سراسر جهان استفاده می‌شود (Batta, 2004; Harman *et al*., 2004; Alizadeh *et al*., 2013). قابلیت آنتاگونیستی گونه‌های جنس تریکودرما در کنترل زیستی آفات و بیماری‌های گوناگونی به اثبات رسیده است (Batta 2004; McLean *et al*., 2012; Coppola *et al*., 2017). قارچ تریکودرما، یکی از محرک‌های زنده موثر در القای مقاومت است که در بسیاری از اکوسیستم‌ها گسترش یافته و گونه‌های مختلفی از آن مانند *Trichoderma harzianum* Rifai، به عنوان همزیست غیربیماری‌زا موفق عمل کرده و با مکانیسم‌های مختلف تجزیه آنزیمی، ترشح آنتی بیوتیک‌ها و همچنین محلول کردن مواد غذایی و افزایش قابلیت جذب آن‌ها و توسعه‌ی ریشه موجب بهبود رشد گیاهان و کنترل بیمارگرهای گیاهی می‌شود (Harman *et al*., 2004; McLean *et al*., 2012). متاسفانه اغلب تحقیقاتی که تاکنون در مورد نقش قارچ‌ها در القای مقاومت در گیاهان صورت گرفته است، به توانایی این عوامل در مقابله با بیمارگرهای گیاه پرداخته است (Harman *et al*., 2004; Coppola *et al*., 2017) و تحقیقات اندکی در مورد القای مقاومت علیه آفات و نقش آن‌ها بر دشمنان طبیعی انجام شده است. در حالیکه فهم چگونگی روابط گیاه–گیاهخوار–دشمن طبیعی در اکوسیستم کشاورزی و مدیریت تلفیقی آفات نقش مهمی دارد (Fathipour & Maleknia, 2016).

جاسمونیک اسید یک هورمون گیاهی است که مهم‌ترین نقش آن ممانعت از رشد، ایجاد پیری و ریزش برگ گیاه است. علاوه بر نقشی که جاسمونیک اسید در رشد و تکوین گیاه دارد، به صورت پیوسته در تنظیم دفاع اولیه گیاه نیز موثر است (Schenk *et al*., 2000). آلودگی‌های میکروبی و حمله گیاه‌خواران در بیشتر موارد باعث افزایش تولید این هورمون و فعال‌سازی همزمان ژن‌های مرتبط با مقاومت می‌شود (Schenk *et al*., 2000; War *et al*., 2011). کاربرد خارجی این ترکیب نیز سطح مقاومت گیاه در برابر تنش‌ها را بالا می‌برد. این هورمون پس از زخم شدن گیاه به سرعت در بافت‌ها انباشته می‌شود (War *et al*., 2011). جاسمونیک اسید به عنوان ترکیب تنظیم کننده درون‌زای گیاهی موجب بهبود کمیت و کیفیت محصول و افزایش مقاومت به عوامل محیطی از جمله آفات می‌شود (Saikia, 2003).

اگرچه در تولید محصولات گلخانه‌ای، استفاده از ترکیب عوامل کنترل بیولوژیک مناسب بنظر می‌رسد اما باید اثرات متقابل آن‌ها را مد نظر قرار داد. سیستم‌های کشت

گلخانه‌ای به زیست بوم‌های پیچیده‌ای با جمعیت پایدار از گونه‌های دشمن طبیعی بندپایان متعدد تبدیل شده‌اند (Menjivar *et al*., 2012; Jaber & Araj 2018). هنگام وارد کردن عوامل کنترل بیولوژیک گوناگون در یک سیستم بسته، دامنه اثرات متقابل بین آن‌ها باید مدنظر قرار گیرد (Mesquita & Lacey, 2001; Fathipour & Maleknia, 2016). برای دهه‌ها، تحقیقات صرفا برای درک اثرات متقابل سه‌گانه گیاه میزبان، آفت و دشمن طبیعی متمرکز بود (Price *et al*., 1980; Agrawal, 2000). درحال حاضر مشخص شده است که اثرات متقابل سه‌گانه تحت تاثیر سایر اجزا و مولفه‌های زیست‌بوم قرار گرفته و در نتیجه، تحقیقات با موضوع درک مدیریت آفات از دیدگاه اثرات متقابل سه‌گانه به سمت چندگانه سوق یافته است. درک پیچیدگی اثرات متقابل اکولوژیکی میان انواع مختلف سطوح تغذیه و عوامل کنترل بیولوژیک موضوعی است که نیاز به تحقیقات گسترده‌ای دارد (Bultman *et al*., 2006; Fathipour & Maleknia, 2016; Waked *et al*., 2021). گرچه بیشتر شواهد، سازگاری بین انواع مختلف عوامل را نشان داده است (Mesquita & Lacey, 2001; Mohammed & Hatcher, 2017)، اما لازم است شرایط اساسی که موفقیت ترکیب آن‌ها را تضمین می‌کند، به صورت خاص برای هر عامل کنترل بیولوژیک مشخص شود.

گیاه‌درون‌رست‌هایی مانند قارچ *T. harzianum* در حال حاضر بخشی جدایی ناپذیر از برنامه‌های مدیریت آفات برای بهینه‌سازی تولید محصولات کشاورزی بوده و به صورت مستقیم و غیرمستقیم در کنترل آفات استفاده می‌شود (Batta, 2004; Harman *et al*., 2004; Hermosa *et al*., 2012). با این حال موفقیت بکارگیری گیاه درون رست‌ها به عنوان عوامل کنترل بیولوژیک مکمل نه تنها بستگی زیادی به اثر آن‌ها روی آفات هدف داشته، بلکه به تاثیر آن‌ها بر بندپایان مفید (پارازیتوئیدها و شکارگرها) نیز بستگی دارد و لازم است به صورت موردی برهم‌کنش آن‌ها در هر یک از برنامه‌های مدیریت تلفیقی آفات بررسی شود (Jaber & Araj, 2018). تنها تعداد محدودی از مطالعات مربوط به گیاه‌درون‌رست‌ها و پرایمینگ‌ها و دشمنان طبیعی بندپایان در شرایط گلخانه‌ای وجود دارد (Qayyum *et al*., 2015; Jaber & Araj, 2018). به نظر می‌رسد، چنین مطالعاتی شایسته توجه بیشتر است زیرا ممکن است به شناسایی تعاملات مکمل و هم افزایی بین گیاه‌درون‌رست‌ها، پرایمینگ‌ها و بندپایان طبیعی کمک کند و فرصت‌ها را برای تقویت و توسعه بیشتر کنترل بیولوژیک آفات افزایش دهد. لازم به ذکر است نقش گیاه‌درون‌رست‌ها در کنترل بندپایان آفت یک زمینه وسیع تحقیقاتی کاملا جدید است و آینده با اتکا بر یافته‌های جدید و استفاده از آن‌ها در تلفیق با عوامل کنترل بیولوژیک می‌تواند منجر به اثرات هم افزایی روی کنترل یک یا چند آفت و باعث کاهش هزینه‌های مدیریت تلفیقی آفات شود. لذا این پژوهش به منظور بررسی اثر تیمار گیاهان فلفل رنگی با هورمون گیاهی جاسمونیک اسید (JA) و قارچ *T. harzianum* بر ویژگی‌های زیستی و جدول زندگی کنه شکارگر *A. swirskii* با تغذیه از تریپس غربی گل انجام شد. هدف از این بررسی ارزیابی سازگاری، تعامل و هم‌افزایی اثر پرایمینگ ناشی از قارچ بیمارگر *T. harzianum* T22 و هورمون جاسمونیک اسید در گیاه (سطح اول) با تغذیه تریپس غربی گل (سطح دوم) بر کارایی کنه شکارگر *A. swirskii* (سطح سوم) بود.

مواد و روش‌ها

کاشت گیاه فلفل

بذر فلفل رنگی قرمز، رقم لورکا (*Capsicum annum* Lorca) از شرکت تولید کننده سمینیس و واردکننده فلات ایران تهیه شد. برای جوانه‌زنی، بذرها روی کاغذ صافی مرطوب قرار گرفت و سپس در بستر کشت استاندارد شامل کوکوپیت ۵۰٪ + پرلیت ۴۰٪ + پیت‌ماس ۱۰٪ استریل شده در گلدان‌های پلاستیکی (قطر دهانه ۱۲ سانتی‌متر) در شرایط گلخانه‌ای در دمای ۵ ± ۲۵ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی ۵ ± ۶۵ درصد بدون مصرف هیچ‌گونه آفت‌کش شیمیایی کشت داده شدند. جوانه‌های سبز شده، روزانه با آب استریل آبیاری شدند و گیاهان آلوده به صورت مستمر از گلخانه خارج شدند. گیاهچه‌ها در مرحله ۴ تا ۵ برگی (حدود ۶

هفته پس از کشت) برای آزمایش‌ها مورد استفاده قرار گرفتند.

پرورش تریپس غربی گل، *Frankliniella occidentalis*

جمعیت تریپس غربی گل از روی گل‌های فلفل رنگی از گلخانه‌های استان البرز (50° 81 N, 35° 84′ E, 1264 m) جمع‌آوری شد. شناسایی و تایید گونه با استفاده از منابع معتبر انجام گرفت (Minaei, 2013). پرورش جمعیت تریپس غربی گل با روش ارائه شده توسط DeGraaf & Wood (2009) و توسعه یافته توسط Mortazavi *et al.* (2015) انجام گرفت. بدین منظور، از میوه خیار به تعداد چهار عدد در ظرف‌های پلاستیکی (۲۰ × ۷/۵ سانتی‌متر) استفاده شد. ظرف در قسمت میانی به دو قسمت تقسیم شد، در قسمت بالایی میوه‌های خیار قرار گرفت و در قسمت زیرین بطری‌های کوچک حاوی آب مسدود شده با پنبه برای ایجاد رطوبت قرار گرفت. خیارهای تهیه شده با آب شست‌وشو و با پنبه الکلی ضدعفونی شد. سپس برای یک روز در انکوباتور با دمای ۳۷ درجه سلسیوس نگهداری شد. جایگزینی میوه‌های خیار در کلنی هر پنج روز یکبار انجام شد. پس از پنج روز، دو جفت حشره نر و ماده از کلنی برداشته و به ظرف جدید با شرایط مشابه منتقل شد. پس از حذف حشرات بالغ، لاروها در شرایط ذکر شده نگهداری شدند تا حشرات بالغ ظهور پیدا کند. حشرات بالغ ظهور یافته به عنوان نسل جدید در نظر گرفته شد. ظرف‌های پلاستیکی در شرایط دمایی ۱ ± ۲۵ درجه سلسیوس و رطوبت ۵ ± ۶۵ درصد و دوره روشنایی و تاریکی ۱۶ و ۸ ساعت نگهداری شدند. برای به دست آوردن لاروهای همسن تریپس، تریپس‌های بالغ از کلنی برداشته و به مدت دو روز میوه‌های خیار در اختیار آن‌ها قرار گرفت و به آن‌ها اجازه داده شد که برای مدت دو روز روی این میوه‌ها تخم‌گذاری نمایند. سپس میوه‌ها از دسترس حشرات بالغ خارج شده و تا زمان ظهور لاروها در ظرف جداگانه‌ای نگهداری شدند.

پرورش کنه شکارگر *Amblyseius swirskii*

جمعیت اولیه کنه شکارگر *A. swirskii* (Swirskii–System) از شرکت بایوبست بلژیک (Biobest®) تهیه شد. نمونه‌های مذکور با استفاده از روش جزیره پرورش داده شدند (Alipour *et al.*, 2016). استفاده از این روش شامل اسفنجی غوطه‌ور در ظرف آب می‌باشد که در سطح رویی آن طلقی پلاستیکی قرار گرفته است. غوطه‌وری اسفنج در آب به‌منظور تامین رطوبت و ممانعت از فرار کنه‌های شکارگر و ورود سایر عوامل می‌باشد. برای تغذیه کنه‌های شکارگر از کنه میوه انباری *Carpoglyphus lactis* L. و از نخ‌های کاموایی مشکی رنگ به عنوان بستر تخم‌گذاری استفاده شد (Jafary *et al.*, 2016). کنه‌های انباری هر سه روز یکبار به کلنی اضافه شده و اجساد حذف می‌شدند. به منظور پرورش آزمایشگاهی کنه انباری *C. lactis* نیز از ظرف‌های استوانه‌ای شکل که درهای آن برای تامین تهویه دارای چندین منفذ بود، استفاده شد. کنه‌های *C. lactis* داخل تشتک‌های ۹ سانتی‌متری، روی یک تکه یونولیت قرار گرفتند و کف ظرف تا حدود سه سانتی‌متر از آب پر شد. کنه *C. lactis* روی مخمر نانوایی *Saccharomyces cerevisiae* Meyen and Hansen تکثیر داده شد. شرایط پرورش این کنه‌ها دمای ۱ ± ۲۵ درجه سلسیوس و رطوبت ۵ ± ۶۵ درصد و شرایط نوری ۱۶ ساعت روشنایی بود. برای به دست آوردن کنه‌های شکارگر ماده همسن، تعدادی کنه شکارگر ماده از کلنی به درون ظرف‌هایی مستطیلی شکل (۱۳ ×۲۵ سانتی‌متر) که داخل آن تشتک‌های ۹ سانتی‌متری وجود داشت، منتقل شدند. تشتک‌ها حاوی تعدادی نخ به منظور محل تخم‌ریزی بود تا کنه‌های ماده بتوانند تخم‌ریزی کنند. پس از ۱۲ ساعت کنه‌های شکارگر از داخل ظرف‌ها حذف و تخم‌ها تا مرحله رسیدن به کنه بالغ پرورش داده شدند. از کنه‌های بالغ شده، در آزمایش‌ها استفاده شد. پیش از انجام آزمایش، کنه‌ها با روش ذکر شده به مدت سه نسل پرورش داده شدند.

تیمارهای جاسمونیک اسید (JA) و قارچ تریکودرما (Th)

محلول هورمون به روش Thaler *et al.* (1996) با غلظت ۰/۵ میلی‌مولار با استفاده از جاسمونیک اسید سنتز شده توسط شرکت Sigma aldrich تهیه و در یک نوبت پس از کاشت گیاه فلفل در گلدان در مرحله ۵–۴ برگی روی گیاهان محلول‌پاشی شد (Nemati *et al.*, 2020). جدایه T22 از قارچ *T. harzianum* (Trianum–P) از شرکت کوپرت (Koppert) تهیه و پس از تک اسپور کردن روی محیط PDA کشت شد. برای تهیه سوسپانسیون اسپور، ظرف‌های پتری به مدت یک هفته در انکوباتور در دوره نوری ۱۲:۱۲ (تاریکی: روشنایی) قرار گرفت. پس از اضافه کردن ۱۰ میلی‌لیتر آب مقطر به ظرف‌های پتری، اسپورهای قارچ از سطح ظرف جمع‌آوری و مجدد با آب مقطر استریل توسط سانتریفیوژ به مدت ۱۰ دقیقه در سرعت ۵۰۰۰ دور در دقیقه شست و شو شد. در نهایت تعداد اسپور در میلی‌لیتر توسط هموسیتومتر اندازه‌گیری و با افزودن سولفات منیزیوم، رقت مورد نظر سوسپانسیون به میزان 10^7 اسپور در هر میلی‌لیتر تهیه شد (Alizadeh *et al.*, 2013). مایه‌زنی گیاهچه در مرحله ۴ تا ۵ برگی سوسپانسیون اسپور با غلظت 10^7 اسپور در میلی‌لیتر به میزان ۱۰ میلی‌لیتر به ازای هر گیاهچه به خاک ریشه اضافه شد. چهار تیمار شامل شاهد (بستر بدون مواد افزودنی)، تیمار JA به تنهایی، تیمار Th به تنهایی و تیمار تلفیقی JA+Th در نظر گرفته شد.

پراسنجه‌های جدول زندگی کنه شکارگر *Amblyseius swirskii*

پراسنجه‌های زیستی کنه شکارگر *A. swirskii* روی تیمارهای ذکر شده (شاهد، تیمار JA به تنهایی، تیمار Th به تنهایی و تیمار تلفیقی JA+Th) بررسی شد. قبل از شروع آزمایش کلنی تریپس غربی گل حدود پنج نسل به صورت جداگانه روی تیمارهای ذکر شده پرورش یافت. سپس از ۸۰ عدد تخم هم‌سن (به طول عمر کمتر از ۲۴ ساعت) کنه‌های شکارگر به دست آمده از کلنی به منظور مطالعه پراسنجه‌های زیستی این شکارگر استفاده شد. در انجام آزمایش از دیسک‌های برگی تیمارهای ذکر شده گیاه فلفل (قطر ۱۰ سانتی‌متر) استفاده شد. این دیسک‌های برگی روی اسفنج مرطوب در تشتک پتری‌های ۱۲ سانتی‌متری قرار گرفت. همچنین برای جلوگیری از فرار کنه‌ها، داخل تشتک برای محصور کردن، با آب پر شد. به منظور تغذیه کنه شکارگر حدود ۴۰ لارو سن اول تریپس غربی گل توسط قلم مو داخل دیسک‌های برگی قرار داده شد. پس از تفریخ تخم، طول مراحل مختلف رشدی به همراه میزان تلفات افراد نابالغ ثبت شد. پس از بلوغ، افراد نر و ماده جفت شدند. علاوه بر زنده‌مانی، تعداد تخم‌گذاری روزانه هم ثبت شد. این آزمایش با ۸۰ تکرار برای هر تیمار در شرایط ثابت محیطی (دمای ۱ ± ۲۵ درجه سلسیوس و رطوبت ۵ ± ۶۵ درصد و شرایط نوری ۱۶ ساعت روشنایی) انجام شد.

تجزیه و تحلیل داده‌ها

داده‌های به دست آمده بر پایه تئوری جدول زندگی روش دوجنسی سن–مرحله رشدی (Chi & Liu, 1985; Chi, 1988; Chi, 2017) و با استفاده از نرم‌افزار TWOSEX–MSChart program 2019 محاسبه شد. برای تخمین میانگین و خطای استاندارد پراسنجه‌های جدول زندگی، از روش بوت‌استرپ با تکرار ۱۰۰۰۰۰ استفاده شد (Huang & Chi, 2013). مقایسه آماری نتایج به دست آمده با استفاده از فاصله اطمینان میانگین‌ها (CI) با روش بوت استرپ جفت شده (Paired Bootstrap) pooled)) توسط نرم‌افزار TWOSEX–MSChart program 2019 در فاصله اطمینان ۹۵٪ انجام شد.

نتایج

دوره نشو نمای مراحل مختلف زیستی

طول دوره نشو و نمای مراحل مختلف زیستی کنه شکارگر *A. swirskii* پرورش یافته روی تریپس غربی گل، *F. occidentalis*، تغذیه شده با گیاه فلفل رنگی تیمار شده با جاسمونیک اسید (JA)، قارچ تریکودرما (Th)، JA + Th و شاهد در جدول یک گزارش شده است. اثر تیمارهای ذکر شده بر تمامی فاکتورهای ارزیابی شده معنی‌دار بود.

کوتاه‌ترین دوره جنینی کنه شکارگر در شاهد (۲/۱۱ روز) مشاهده شد که با مقادیر متناظر در تیمار JA (CI: 0.150 & 0.424) و Th (CI: 0.115 & 0.381) و JA + Th (CI: 0.226 & 0.508) دارای اختلاف معنی‌داری بود. کوتاه‌ترین دوره لاروی در شاهد (۱/۱۱ روز) و طولانی‌ترین در تیمار JA + Th (۱/۳۳ روز) مشاهده شد. همچنین طول دوره پروتونمف و دئوتونمف نیز میان تیمارها تفاوت معنی‌داری را نشان داد. شاهد (به ترتیب ۲/۳۹ و ۲/۳۴ روز) دارای کوتاه‌ترین طول دوره‌های پروتونمف و دئوتونمف بود. کوتاه‌ترین دوره پیش از بلوغ در شاهد (۷/۹۴ روز) مشاهده شد. تیمارهای JA (۸/۹۵ روز)، Th (۸/۹۰ روز) و JA + Th (۹/۴۱ روز) در پارامتر دوره پیش از بلوغ دارای تفاوت معنی‌دار (CI: −7.716 & 1.009) نبودند. دوره پیش از تخم‌گذاری افراد کامل (APOP) برای شاهد و تیمارهای JA، Th و JA + Th به ترتیب ۲/۵۸، ۲/۳۳، ۲/۳۹ و ۲/۱۷ روز محاسبه شد. شاهد و تیمار Th در پارامتر APOP تفاوت معنی‌داری (CI: −1.102 & 0.476) را دارا نبودند. دوره پیش از تخم‌گذاری کل (TPOP) در تیمارهای ذکر شده به ترتیب ۱۰/۶۰، ۱۱/۳۸، ۱۱/۳۷ و ۱۱/۶۹ روز برآورده شد. همانند دوره APOP، شاهد و تیمار Th در پارامتر TPOP تفاوت معنی‌داری (CI: −1.069 & 1.545) را دارا نبودند. طولانی‌ترین طول عمر افراد کامل ماده کنه شکارگر در شاهد (۳۱/۰۲ روز) و کوتاه‌ترین در تیمار JA + Th (۲۴/۹۲ روز) مشاهده شد. اختلاف معنی‌داری (CI: −1.232 & 2.354) در طول عمر حشرات کامل ماده میان تیمارهای JA (۲۷/۶۹ روز) و Th (۲۸/۲۴ روز) مشاهده نشد. کوتاه‌ترین طول دوره تخم‌گذاری در تیمار JA + Th (۱۴/۸۶ روز) مشاهده شد که با مقادیر متناظر در تیمار JA (CI: 1.085 & 3.448) و Th (CI: 3.028 & 5.398) و شاهد (CI: 3.688 & 6.052) دارای اختلاف معنی‌داری بود.

زادآوری کنه شکارگر *A. swirskii* به صورت معنی‌داری تحت تاثیر تیمارها قرار گرفت. تیمارها از منظر معنی‌داری برای این پارامتر در چهار گروه مختلف قرار گرفتند. تعداد تخم گذاشته شده در بوته شاهد و تیمارهای JA، Th و JA + Th به ترتیب ۳۹/۷۳، ۲۹/۵۴، ۳۵/۹۵ و ۲۱/۱۴ ارزیابی شد.

جدول ۱– طول دوره نشو و نمای مراحل مختلف زیستی (روز)، باروری و نرخ زنده‌مانی پیش از بلوغ کنه شکارگر *Amblyseius swirskii* پرورش یافته روی تریپس غربی گل، *Frankliniella occidentalis*، در فلفل رنگی تیمار شده با جاسمونیک اسید (JA)، قارچ تریکودرما (Th)، JA + Th و گیاه شاهد (n: تعداد افراد)

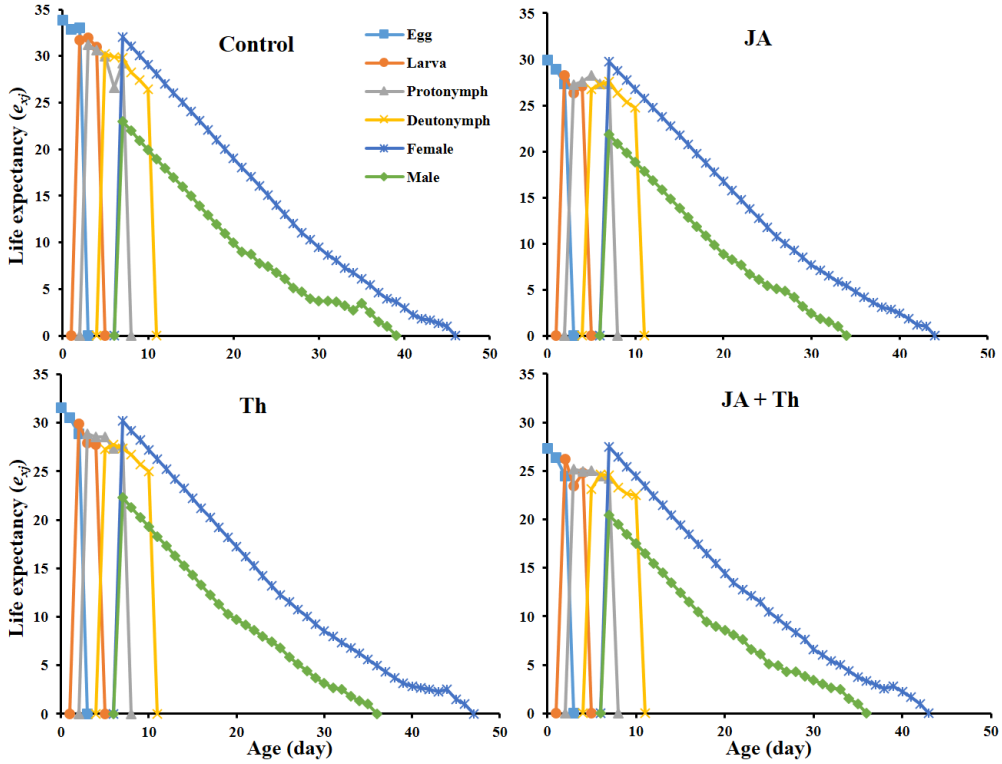
Table 1. Development time (day), fecundity, and preadult survival rate of different stages of *Amblyseius swirskii* reared on the western flower thrips, *Frankliniella occidentalis*, at treated pepper plant with Jasmonic acid (JA), *Trichoderma harzianum* (Th), JA + Th, and control (n: number of individuals)

Stage	Treatments							
	Control		JA		Th		JA + Th	
	n	Mean±SE	n	Mean±SE	n	Mean±SE	n	Mean±SE
Egg (day)	73	2.11±0.03b[1]	68	2.40±0.06a	70	2.36±0.06a	65	2.48±0.06a
Larva (day)	72	1.11±0.04b	65	1.18±0.05a	68	1.22±0.05ab	61	1.33±0.06a
Protonymph (day)	69	2.39±0.06b	60	2.70±0.06a	65	2.71±0.06a	57	2.82±0.05a
Deutonymph (day)	68	2.34±0.05b	58	2.62±0.06a	63	2.60±0.06a	53	2.75±0.06a
Immature stages (day)	68	7.94±0.16b	58	8.95±0.20a	63	8.90±0.19a	53	9.41±0.19a
Preadult survival rate	73	0.93±0.03a	68	0.85±0.04ab	70	0.90±0.04ab	65	0.81±0.04b
APOP[2] (day)	45	2.58±0.08a	39	2.33±0.08b	41	2.39±0.11ab	36	2.17±0.13b
TPOP[3] (day)	45	10.60±0.24b	39	11.38±0.25a	41	11.37±0.31ab	36	11.69±0.29a
Female adult longevity (d)	45	31.02±0.58a	39	27.69±0.62b	41	28.24±0.67b	36	24.92±0.77c
Male adult longevity (day)	23	22.17±0.82a	19	20.10±0.77ab	22	20.50±0.80ab	17	18.29±0.94b
Female total longevity (d)	45	39.04±0.66a	39	36.74±0.73bc	41	37.22±0.83ab	36	34.44±0.91c
Male total longevity (day)	23	29.96±0.97a	19	28.84±0.93a	22	29.27±1.03a	17	27.47±1.23a
Fecundity (eggs/female)	45	39.73±0.99a	39	29.54±0.75c	41	35.95±0.81b	36	21.14±0.65d
Oviposition period (days)	45	19.73±0.42a	39	17.13±0.41b	41	19.07±0.42a	36	14.86±0.44c

[1] The standard errors were estimated by using a bootstrap technique with 100000 resampling. The same letter within a row indicates no significant difference between treatments based on a paired bootstrap test at the 5% significance level.
[2] APOP was defined as the period between adult emergence and first oviposition.
[3] TPOP was defined as the time between the day an offspring is enclosed from the egg and the day of its first oviposition or the period from egg to adult plus the preoviposition period.

نرخ زنده‌مانی ویژه سنی، امید به زندگی و باروری

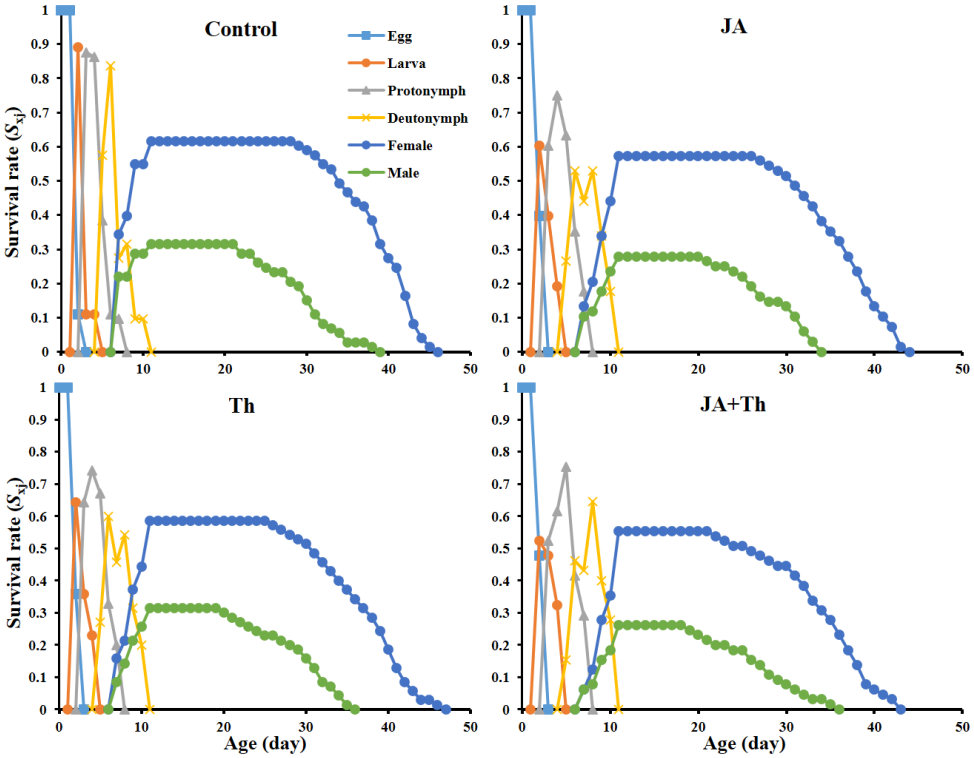
امید به زندگی ویژه سن–مرحله رشد (e_{xj}) یک فرد تازه متولد شده که شکارگر *A. swirskii* پرورش یافته روی تریپس غربی گل تغذیه شده روی شاهد و تیمارهای JA، Th و JA + Th در شکل یک نمایش داده شده است که به ترتیب معادل ۳۳/۸۵، ۲۹/۸۸، ۳۱/۵۴ و ۲۷/۳۵ روز است. این مقدار برای افراد نر به ۲۲/۹۶، ۲۱/۸۴، ۲۲/۲۷ و ۲۰/۴۷ روز و برای افراد ماده به ترتیب ۳۲/۰۴، ۲۹/۷۴، ۳۰/۲۲ و ۲۷/۴۴ روز برآورد شد.



شکل ۱– امید به زندگی ویژه سن–مرحله (e_{xj}) که شکارگر *Amblyseius swirskii* پرورش یافته روی تریپس غربی گل، *Frankliniella occidentalis*، تغذیه شده با فلفل رنگی تیمار شده با جاسمونیک اسید (JA)، قارچ تریکودرما (Th)، JA + Th و گیاه شاهد

Fig. 1. Age–stage specific life expectancy (e_{xj}) of *Amblyseius swirskii* reared on the western flower thrips, *Frankliniella occidentalis*, at treated pepper plant with Jasmonic acid (JA), *Trichoderma harzianum* (Th), JA + Th, and control

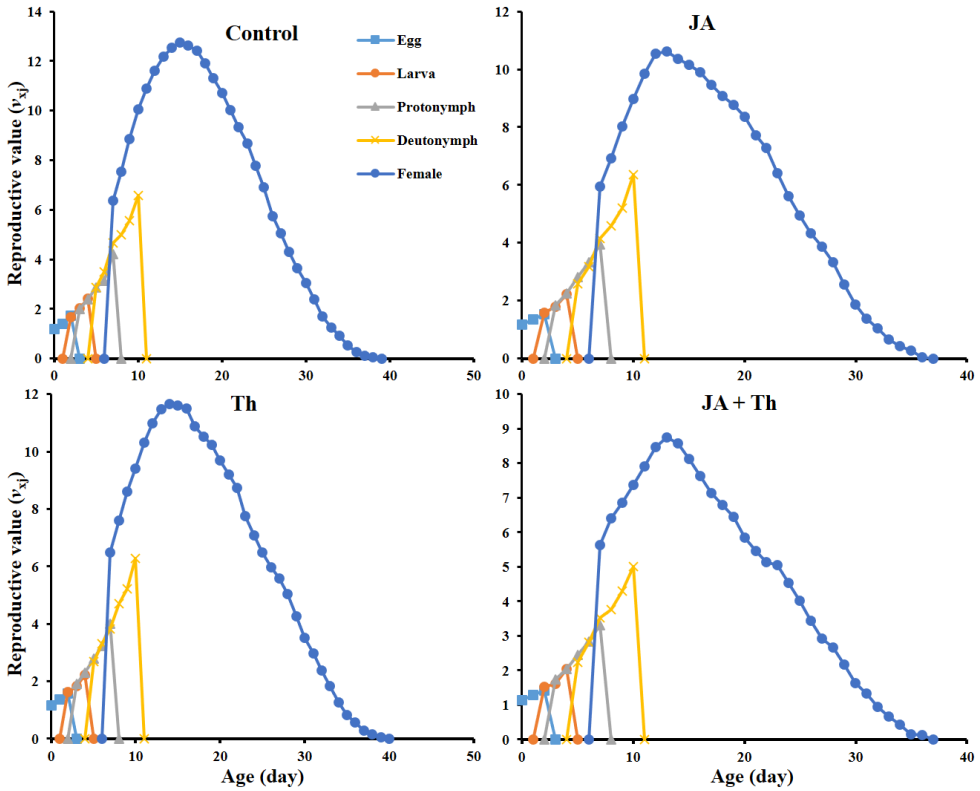
نرخ زنده‌مانی ویژه سن–مرحله (S_{xj}) که شکارگر *A. swirskii* پرورش یافته روی تریپس غربی گل در تیمارهای JA، Th، JA + Th و شاهد در شکل دو نشان داده شده است. مقدار نرخ زنده‌مانی ویژه سن–مرحله احتمال زنده‌مانی یک فرد تا سن x و مرحله j را نشان می‌دهد. این منحنی‌ها زنده‌مانی و تفاوت مراحل، روی هم افتادگی مراحل و تغییرات نرخ رشد بین افراد را نشان می‌دهند. بالاترین نرخ زنده‌مانی در مرحله لاروی در شاهد مشاهده شد که در شاهد و سایر تیمارها، JA، Th و JA + Th به ترتیب برابر با ۰/۸۹، ۰/۶۰، ۰/۶۴ و ۰/۵۲ روز بدست آمد.



شکل ۲– نرخ زنده‌مانی ویژه سن–مرحله (s_{xj}) کنه شکارگر *Amblyseius swirskii* پرورش یافته روی تریپس غربی گل، *Frankliniella occidentalis*، تغذیه شده با فلفل رنگی تیمار شده با جاسمونیک اسید (JA)، قارچ تریکودرما (Th)، JA + Th و گیاه شاهد

Fig. 2. Age–stage specific survival rate (s_{xj}) of *Amblyseius swirskii* reared on the western flower thrips, *Frankliniella occidentalis*, at treated pepper plant with Jasmonic acid (JA), *Trichoderma harzianum* (Th), JA + Th, and control

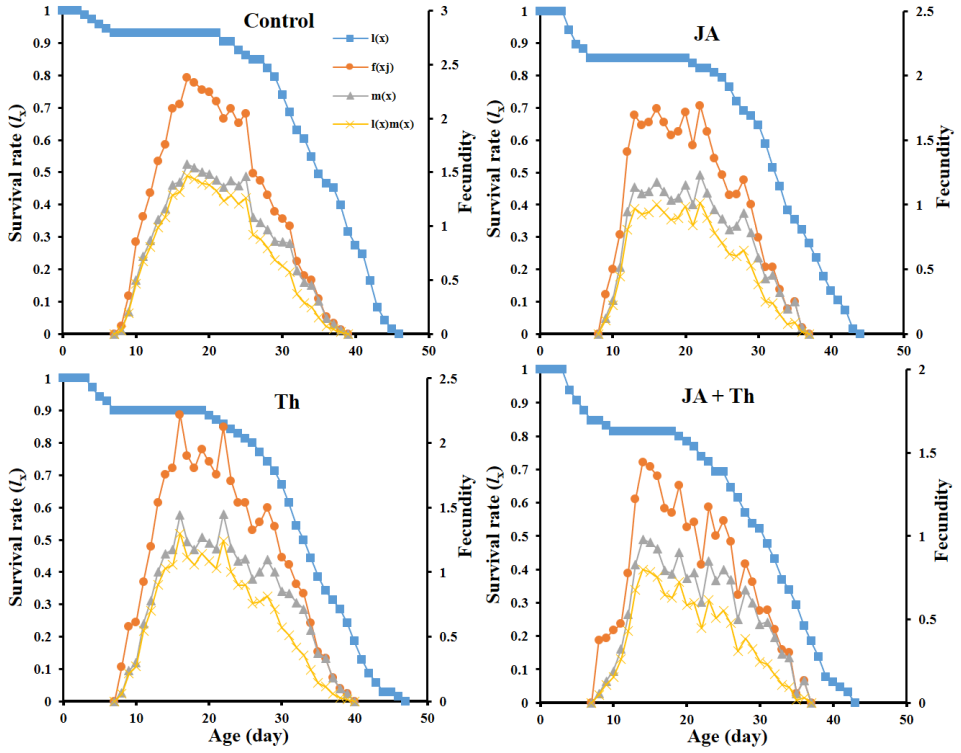
ارزش تولیدمثلی (Reproductive value) (v_{xj}) تعداد نتاجی است که انتظار می‌رود توسط یک فرد در سن x و مرحله j تولید شود. به عبارت دیگر سهم آن فرد (در سن x و مرحله j) را در جمعیت بعدی به کمی نشان می‌دهد. بالاترین ارزش تولیدمثلی کنه شکارگر *A. swirskii* در شاهد مشاهده شد و ارزش تولیدمثلی در تیمارهای شاهد، JA، Th و JA + Th و در زمان ظهور حشره کامل ماده به ترتیب ۱۲/۷۶، ۱۰/۶۱، ۱۰/۹۹ و ۸/۷۵ محاسبه شد. در تمامی تیمارها، ارزش تولیدمثلی پس از نقطه حداکثر برای حشرات ماده به تدریج کاهش یافت تا به صفر رسید (شکل ۳).



شکل ۳– ارزش تولید مثلی (v_{xj}) کنه شکارگر *Amblyseius swirskii* پرورش یافته روی تریپس غربی گل، *Frankliniella occidentalis*، تغذیه شده با فلفل رنگی تیمار شده با جاسمونیک اسید (JA)، قارچ تریکودرما (Th)، JA + Th و گیاه شاهد

Fig. 3. The reproductive value (v_{xj}) of *Amblyseius swirskii* reared on the western flower thrips, *Frankliniella occidentalis*, at treated pepper plant with Jasmonic acid (JA), *Trichoderma harzianum* (Th), JA + Th, and control

در شکل ۴ منحنی‌های نرخ زنده‌مانی ویژه سن (l_x) باروری ویژه سن–مرحله (f_{xj})، زادآوری ویژه سنی (m_x) و باروری ویژه سنی (l_xm_x) کنه شکارگر *A. swirskii* پرورش یافته روی تریپس غربی گل تغذیه شده با گیاه برای هر یک از تیمارهای شاهد، JA، Th و JA + Th ارائه شده است. همانگونه که مشاهده می‌شود برای تیمارهای ذکر شده، مرگ و میر به ترتیب از روزهای ۳، ۴، ۴ و ۴ از سیکل زندگی شروع شد. این منحنی‌ها نشان می‌دهند که یک فرد از تخم تا مرگ در تیمارهای فوق به ترتیب ۴۶، ۴۴، ۴۷ و ۴۳ روز زنده مانده است. همچنین بالاترین باروری ویژه سن–مرحله (f_{xj}) برای تیمارهای ذکر شده به ترتیب در روزهای ۱۸، ۲۲، ۱۶ و ۱۷ با تولید ۲/۳۳، ۱/۷۷، ۲/۲۲ و ۱/۶۷ تخم بر ماده می‌باشد.



شکل ۴– نرخ زنده‌مانی ویژه سن (l_x)، باروری ویژه سن–مرحله (f_{xj})، زادآوری ویژه سنی (m_x) و باوری ویژه سنی (l_xm_x) کنه شکارگر *Amblyseius swirskii* پرورش یافته روی تریپس غربی گل، *Frankliniella occidentalis*، تغذیه شده با فلفل رنگی تیمار شده با جاسمونیک اسید (JA)، قارچ تریکودرما (Th)، JA + Th و گیاه شاهد

Fig. 4. Age–specific survival rate (l_x), age–stage specific fecundity (f_{xj}), age–specific fecundity (m_x), and age specific maternity (l_xm_x) of *Amblyseius swirskii* reared on the western flower thrips, *Frankliniella occidentalis*, at treated pepper plant with Jasmonic acid (JA), *Trichoderma harzianum* (Th), JA + Th, and control

پراسنجه‌های جدول زندگی دوجنسی

پارامترهای رشد جمعیت کنه‌ی شکارگر *A. swirskii* پرورش یافته روی تریپس غربی گل، *F. occidentalis*، تغذیه شده با گیاه فلفل رنگی تیمار شده با جاسمونیک اسید (JA)، قارچ تریکودرما (Th)، JA + Th و شاهد در جدول ۲ نشان داده شده است. تمامی پارامترهای جدول زندگی که شکارگر *A. swirskii* روی تریپس غربی گل تغذیه شده با گیاه فلفل رنگی تیمار شده با JA، Th و JA + Th و تیمار شاهد به غیر از میانگین مدت زمان نسل دارای تفاوت معنی‌داری بودند (جدول ۲). بیشترین نرخ ناخالص تولیدمثل (*GRR*) این کنه شکارگر در شاهد (۲۸/۲۲ تخم به ازای هر ماده) مشاهده شد که با مقادیر متناظر در تیمار JA (CI: 0.927 & 12.393) و JA + Th (CI: 6.385 & 16.928) دارای اختلاف معنی‌داری بود. این پارامتر با تیمار Th دارای اختلاف معنی‌دار (CI: –4.411 & 7.905) نبود. مقدار نرخ خالص تولیدمثل (R_0) برای شاهد (۲۴/۴۹ نتاج ماده) دارای بیشترین مقدار بود. تیمارهای JA (۱۶/۹۴ نتاج ماده) و Th (۲۱/۰۶ نتاج ماده) دارای تفاوت معنی‌داری (CI: –1.431 & 9.668) از منظر نرخ خالص تولیدمثل نبودند. همچنین شاهد و تیمار Th نیز دارای اختلاف معنی‌دار (CI: –2.802 & 9.666) نبودند. کمترین مقدار این پارامتر در تیمار JA + Th (۱۱/۷۱ نتایج ماده) تخمین زده شد. مقدار نرخ ذاتی افزایش جمعیت (r) کنه شکارگر *A. swirskii* از ۰/۱۳۰۰ تا ۰/۱۶۸۸ بر روز به ترتیب برای تیمارهای JA + Th و شاهد متغیر بود. همچنین مقادیر بیشینه و کمینه برای نرخ متناهی افزایش جمعیت (λ) به ترتیب برای تیمارهای JA + Th (۱/۱۳۹ بر روز) و شاهد (۱/۱۸۴ بر روز) بود. میانگین مدت زمان نسل

(T) برای تیمارهای مورد بررسی اختلاف معنی‌داری نشان نداد.

جدول ۲– پارامترهای رشد جمعیت (SE ± میانگین) کنه شکارگر *Amblyseius swirskii* پرورش یافته روی تریپس غربی گل، *Frankliniella occidentalis*، در گیاه فلفل رنگی تیمار شده با جاسمونیک اسید (JA)، قارچ تریکودرما (Th)، JA + Th و گیاه شاهد

Table 2. Population growth parameters (Mean±SE) of *Amblyseius swirskii* reared on the western flower thrips, *Frankliniella occidentalis*, at treated pepper plant with Jasmonic acid (JA), *Trichoderma harzianum* (Th), JA + Th, and control

Parameters	Control	JA	Th	JA + Th
GRR (eggs/individual)	28.22±2.28 a	21.51±1.82 b	26.46±2.17 ab	16.51±1.44 c
R_0 (eggs/individual)	24.49±2.33 a	16.94±1.82 b	21.06±2.17 ab	11.71±1.35 c
r (day^{-1})	0.1688±0.0059 a	0.1499±0.0067b	0.1590±0.0066 ab	0.1300±0.0069 c
λ (day^{-1})	1.184±0.007 a	1.162±0.007 b	1.172±0.007 ab	1.139±0.007 c
T (day)	18.95±0.34 a	18.88±0.38 a	19.16±0.44 a	18.93±0.49 a

*Means followed by the same letters in each row are not significantly different (Paired bootstrap test, $P < 0.05$).

بحث

جدول زندگی، جامع‌ترین و مهم‌ترین تعریف از زنده‌مانی، طول زمان رشد و نمو و تولیدمثل جمعیت ارائه می‌دهد که مفهوم مهمی در اکولوژی نظری و کاربردی جمعیت است (Chi, 1988; Chi & Yang, 2003). در جدول زندگی با دنبال کردن فاکتورهایی مانند تعداد افراد متولد شده تا مرگ آخرین فرد از گروه هم‌سن و همچنین توصیف زمان رشد و نمو و نرخ زنده‌مانی هر مرحله رشدی، پیش‌بینی اندازه جمعیت و ساختار سنی آن در یک زمان مشخص میسر می‌شود (Carey, 1993; 2001). با توجه به گسترش استفاده از تئوری جدول زندگی دوجنسی ویژه سنی–مرحله رشدی در این مطالعه نیز از روش ذکر شده برای بررسی پراسنجه‌های جمعیت کنه شکارگر *A. swirskii* پرورش یافته روی تریپس غربی گل در فلفل رنگی تیمار شده با جاسمونیک اسید (JA)، قارچ تریکودرما (Th)، JA + Th و گیاه شاهد استفاده شد.

کیفیت شکار یکی از عوامل مهم برای دشمنان طبیعی می‌باشد که تاثیر چشمگیری را بر کارایی شکارگر دارد. چندین عامل بر کیفیت شکار اثرگذار می‌باشند که یکی از آن‌ها گیاه میزبان است (Alipour *et al*., 2016; Riahi *et al*., 2017). گیاهان به عنوان اولین سطح در سیستم سه‌گانه گیاه–گیاهخوار–شکارگر مطرح می‌باشند و ویژگی‌های آن‌ها روابط شکار–شکارگر را تحت تاثیر قرار می‌دهد (Messina & Hanks, 1998; Fathipour *et al*., 2019). فیزیولوژی، رفتار و اکولوژی شکارگرها داخل شبکه‌های غذایی در بر هم‌کنش با سطوح غذایی دیگر می‌باشد. در همین راستا بررسی اثرات سطح سوم غذایی برای درک بهتر بر هم‌کنش‌های شکارگر–شکار–گیاه ضروری می‌باشد (Price *et al*., 1980; Fathipour & Maleknia, 2016). به عبارت دیگر کیفیت گیاه، کارایی و ترجیح دشمنان طبیعی را تحت تاثیر قرار می‌دهند و در نتیجه گیاه با کیفیت پایین به صورت غیرمستقیم منجر به کاهش عملکرد دشمن طبیعی خواهد شد (Hunter & Price, 1992; Hunter, 2003; Alipour *et al*., 2019). در نقطه مقابل گیاهان با کیفیت غذایی بالا، عملکرد گیاهخوار و دشمن طبیعی آن را افزایش می‌دهند (Kagata *et al*., 2005).

براساس نتایج این مطالعه تمامی پراسنجه‌های جدول زندگی کنه شکارگر *A. swirskii* به غیر از میانگین مدت زمان نسل با تغذیه از تریپس‌های پرورش یافته روی تیمارهای JA، Th و JA + Th تحت تاثیر قرار گرفت و تفاوت معنی‌داری را در مقایسه با شاهد نشان داد. در تطابق با نتایج مطالعه حاضر، بررسی‌های دیگری نیز اثر گیاه میزبان (سطح سوم) را روی ویژگی‌های زیستی کنه‌های شکارگر (سطح اول) گزارش کرده‌اند (Khanamani *et al*., 2014; 2015; Alipour *et al*., 2016; Fathipour *et al*., 2019). برای مثال، ارقام حساس و مقاوم رز ویژگی‌های زیستی کنه

شکارگر *A. swirskii* را با تغذیه از کنه تارتن دولکه‌ای در شرایط آزمایشگاهی تحت تاثیر قرار داده است (Alipour *et al*., 2019). در مطالعه دیگری پراسنجه‌های جدول زندگی کنه شکارگر *Typhlodromus bagdasarjani* Wainstein & Arutunjan روی دو رقم حساس (اصفهان) و مقاوم (نیشابور) گیاه بادنجان با تغذیه از کنه تارتن دولکه‌ای بررسی شد. نتیجه‌گیری این بررسی نشان داد باوجود آنکه کمترین نرخ ذاتی افزایش جمعیت و بیشترین مرگ و میر کنه شکارگر *T. bagdasarjani* روی رقم مقاوم (نیشابور) بادنجان مشاهده شد اما در برنامه‌های مدیریت تلفیقی کنه تارتن دولکه‌ای استفاده از ارقام مقاوم باید مدنظر قرار گیرد (Khanamani *et al*., 2014).

براساس نتایج این مطالعه، طولانی‌ترین دوره رشد و نمو مراحل نابالغ و کمترین طول عمر افراد کامل ماده، دوره تخم‌گذاری و نرخ زنده‌مانی مراحل نابالغ کنه شکارگر *A. swirskii* در تیمار JA + Th مشاهده شد که تفاوت معنی‌داری را با شاهد دارا بود. این تفاوت ممکن است ناشی از تجمع بیشتر متابولیت‌های ثانویه در تریپس‌های تغذیه شده از گیاهان تیمار شده با JA + Th باشد. کاربرد این تیمار موجب تولید متابولیت‌هایی مانند ترکیبات فنولی و فلاونوئیدی در گیاه می‌شود که این ترکیبات کاهش پراسنجه‌های جدول زندگی حشره آفت را به دنبال دارند (Unpublished data, Rezaei *et al*.). لازم به ذکر است که تولید این ترکیبات لزوما موجب بی‌کیفیت شدن گیاه میزبان نخواهند شد اما در گیاه متابولیت‌هایی را تولید می‌کنند که ممکن است روی آنزیم‌های گوارشی و یا دیگر آنزیم‌های ضروری حشرات گیاهخوار اثر منفی داشته باشند. بنابراین شکار به یک غذای کم کیفیت برای شکارگر تبدیل می‌شود و در نتیجه ضعف شکار ممکن است ناشی از القای مقاومت در گیاه میزبان باشد (Agrawal, 2000; Muller *et al*., 2006). متابولیت‌های ثانویه ممکن است کنه شکارگر را از طریق سطوح سه گانه (اثرات آبشاری) تحت تاثیر قرار داده باشد (Sabelis, 1982; Khanamani *et al*., 2015).

افزایش طول عمر افراد ماده به عنوان یکی از ویژگی‌های فیزیولوژیکی مهم مطرح می‌باشد، از آنجایی‌که با کیفیت پایین منبع غذایی حشره می‌تواند نسل خود را ادامه دهد اما تنها تعداد افراد ماده محدودی در این شرایط قادر به بقا می‌باشند (Sedaratian *et al*., 2009). کاهش کیفیت گیاه میزبان موجب کاهش طول عمر کنه شکارگر می‌شود که ممکن است ناشی از انتقال متابولیت‌های ثانویه از طریق شکار به شکارگر باشد. در تیمار JA + Th کنه شکارگر *A. swirskii* طول عمر کمتری را داشت، طول عمر کمتر موجب می‌شود تا کنه شکارگر در طول زندگی خودت مدت زمان کمتری برای تغذیه و تولید مثل داشته باشد. مطالعات گذشته نیز این موضوع را اثبات می‌نمایند (Bahari *et al*., 2018; Fathipour *et al*., 2019). همچنین کمترین مقدار باروری کنه شکارگر *A. swirskii* در تیمار JA + Th مشاهده شد. دیگر مطالعات نیز باروری کمتر کنه‌های شکارگر را با تغذیه از ارقام مقاوم گزارش کرده‌اند (Khanamani *et al*., 2015; Bahari *et al*., 2018; Fathipour *et al*., 2019). ترکیبات غذایی که از گیاه میزبان وارد بدن شکار و سپس شکارگر می‌شود، در گیاهان مختلف متفاوت بوده و افزون بر شکار، در میزان رشد شکارگر نیز نقش دارد (Alipour *et al*., 2016). مواد غذایی مفیدتر موجب افزایش رشد و در نتیجه کاهش دوره‌های نموی می‌شوند. این تفاوت معنی‌دار با تیمار شاهد ممکن است ناشی از ترکیبات شیمیایی متفاوت گیاهان تیمار شده باشد. در تطابق با نتایج این مطالعه، اثبات شده است که ترکیبات شیمیایی گیاهان میزبان می‌تواند به صورت منفی باروری کنه تارتن دولکه‌ای و تغذیه کنه‌های شکارگر روی آن‌ها را تحت تاثیر قرار دهد (Bahari *et al*., 2018; Fathipour *et al*., 2019).

ویژگی‌های شیمیایی گیاه میزبان می‌تواند با اثرگذاری منفی پراسنجه‌های زیستی شکارگر را در راه‌های گوناگونی تحت تاثیر قرار دهد که شامل کاهش زنده‌مانی، اندازه بدن و یا باروری می‌باشد (Bergman & Tingey, 1979; Khanamani *et al*., 2014). نتایج این مطالعه نشان داد که تولیدمثل و زنده‌مانی کنه شکارگر *A. swirskii* با تغذیه از تریپس‌های پرورش یافته روی گیاهان فلفل رنگی تیمار شده با JA + Th کاهش پیدا می‌کند که این نکته کاملا در مقدار

نرخ ذاتی افزایش جمعیت شکارگر قابل ملاحظه می‌باشد. مشابه با نرخ ذاتی افزایش جمعیت کنه شکارگر *A. swirskii*، کمترین و بیشترین مقادیر نرخ خالص تولید مثل (R_0) در تیمار JA + Th و شاهد مشاهده شد.

نرخ ذاتی افزایش جمعیت (r) یکی از مهم‌ترین پراسنجه‌های رشد جمعیت است که تمامی پراسنجه‌های دموگرافیک و زیستی یک جمعیت را خلاصه می‌کند. به بیان دیگر این پراسنجه نشان‌دهنده سرعت رشد جمعیت در حالت نامحدود است (Carey, 1993; 2001). مقدار نرخ ذاتی افزایش جمعیت به عنوان فاکتوری در موفقیت یک شکارگر یا عامل کنترل بیولوژیک در کنترل یک آفت به کار می‌رود. در مطالعات مختلفی پراسنجه‌های جدول زندگی کنه شکارگر *A. swirskii* بررسی و گزارش شده است (Park *et al*., 2011; San *et al*., 2021; Rahmani Piyani *et al*., 2021). نتایج مربوط به پراسنجه‌های جدول زندگی این کنه شکارگر در مطالعات گذشته به صورت خلاصه در جدول ۳ گردآوری شده است. تفاوت‌های موجود در این مطالعات را می‌توان به متفاوت بودن گیاهان، ژنوتیپ‌ها و ارقام مختلف به کار رفته و در نتیجه اختلاف آن‌ها در خصوصیات مرفولوژیکی و فیزیولوژیکی خاص هر گیاه و نیز تفاوت در ارزش غذایی شیرهٔ پروردهٔ آن‌ها و ترکیبات اولیه و ثانویه موجود در گیاه و حتی شرایط محیطی حاکم در انجام تحقیق و نیز مرحلهٔ رشدی گیاه نسبت داد. نکته دیگر در مورد تفاوت تعداد تخم‌های گذاشته شده توسط شکارگر در پژوهش‌های انجام شده، ممکن است ناشی از تعداد مرتبه‌های جفت‌گیری یا طول مدت جفت‌گیری در شکارگر باشد. کنه‌های فیتوزئید برای رسیدن به بیشترین میزان باروری نیاز به جفت‌گیری بیش از یکبار دارند. همچنین طول مدت مناسب برای جفت‌گیری در تولید تعداد تخم بیشتر نقش مهمی دارد (Sculten *et al*., 1985; Takahashi & Chant, 1994).

جدول ۳– خلاصه‌ای از پراسنجه‌های جدول زندگی کنه شکارگر *Amblyseius swirskii* در مطالعات گذشته (۲۰۲۱ – ۱۹۹۱)

Table 3. Synopsis of demography parameters of *Amblyseius swirskii* in former studies (1991–2021)

Prey or pollen	Temperature (°C)	r (day^{-1})	R_0 (offspring)	λ (day^{-1})	T (day)	Reference
Carpoglyphus lactis	25	0.159	11.32	1.17	15.30	San *et al.*, 2021
Tetranychus turkestani	25	0.291	25.28	1.338	11.09	Rahmani Piyani *et al.*, 2021
Date palm pollen	25	0.396	20.04	1.486	7.56	
Bee pollen	25	0.159	5.67	1.123	12.88	
Tetranychus urticae	25	0.1413	9.62	1.151	16.01	Havasi *et al.*, 2021
Tetranychus urticae	27	0.235	26.396	1.264	13.937	Fahin and El–Saiedy 2021
Tetranychus urticae	25	0.181	13.35	1.192	14.35	Hosseininia *et al.*, 2020
Carpoglyphus lactis	25	0.164	12.95	1.173	15.61	
Trialeurodes vaporariorum	25	0.127	7.30	1.139	15.74	
Carpoglyphus lactis	25	0.3184	39.76	1.3750	0.20	Asgari *et al.*, 2020
Tyrophagus putrescentiae	25	0.3429	60.03	1.4091	11.94	
Aleuroclava jasmini	25	0.195	14.03	1.216	13.90	Shahbaz *et al.*, 2019
Eotetranychus frosti	25	0.179	18.50	1.19	16.32	Bazgir *et al.*, 2018
Cenopalpus irani	25	0.140	11.68	1.15	17.56	
Tetranychus urticae	25	0.1444	18.16	1.1553	20.08	Riahi *et al.*, 2017
Maize pollen	25	0.1726	20.90	1.1884	17.44	
Almond pollen	25	0.1852	25.29	1.2035	17.44	
Ephestia kuehniella (egg)	25	0.1198	13.90	1.1273	21.97	
Phyllocoptes adalius	25	0.172	12.59	1.18	14.72	Maroufpoor 2016
Carpoglyphus lactis	25	0.304	33.82	1.35	11.012	Jafari *et al.*, 2016
Cattail pollen	23	0.158	19.71	1.171	19.00	
Carpoglyphus lactis	23	0.175	20.58	1.191	17.33	
Tetranychus urticae	26	0.130	7.37	1.138	15.45	Alinejad *et al.*, 2014
Aculops lycopersici	25	0.201	24.77	1.22	15.99	Park *et al.*, 2011
Cattail pollen	25	0.185	17.93	1.20	15.56	
Cattail pollen	25	0.1353	11.14	1.1449	17.8	Lee and Gillespie 2011
Aceria ficus	29	0.155	21.25	1.16	19.74	Abou–awad *et al.*, 1999
Rhyncaphytoptus ficifoliae	29	0.122	15.62	1.13	22.37	

براساس نتایج، مقدار *r* در تیمار JA + Th کمتر از تیمارهای دیگر بود. مقدار نرخ ذاتی افزایش جمعیت به فاکتورهای گوناگونی از جمله زنده‌مانی، نسبت جنسی، باروری روزانه و دوره پیش از تخمگذاری وابسته می‌باشد (Carey, 1993). این پراسنجه با باروری روزانه ارتباط مستقیم و با دوره پیش از تخم‌گذاری ارتباط معکوس دارد. پایین بودن مقدار این پراسنجه در تیمار JA + Th بیانگر نامطلوب بودن این تیمار نسبت به دیگر تیمارها برای شکارگر و همچنین پتانسیل رشد کمتر جمعیت شکارگر روی این تیمار می‌باشد. از دلایل نامطلوب بودن تیمار JA + Th ممکن است مربوط به کوچک بودن اندازه شکار روی این تیمار باشد. از آنجایی‌که این تیمار ویژگی‌های زیستی تریپس غربی گل را نیز تحت تاثیر دارد و در مقایسه با دیگر تیمارها از مطلوبیت کمتری برای میزبان برخوردار بود (Unpublished data, Rezaei *et al.*). در چنین شرایطی شکارگر به تعداد بالایی از شکار برای رشد و نمو خود نیاز دارد که در نقطه مقابل ممکن است نرخ شکارگری بالای شکارگر را به همراه داشته باشد (Cogni *et al*., 2002; Khanamani *et al*., 2014). همچنین برای تیمار JA + Th ممکن است به دلیل مقاومت این تیمار تحرک شکار بیشتر باشد و این تحرک موجب برخورد بیشتر شکار با شکارگر شود (Kaitaniemi, 2004; Kaplan *et al*., 2007). برای مطالعات آینده پیشنهاد می‌شود که اندازه بدن میزبان با تغذیه از تیمارهای مورد بررسی و نرخ شکارگری کنه شکارگر تخمین زده شود تا اثر این عوامل بر پراسنجه‌های زیستی کنه شکارگر اثبات شود. همچنین اگر متابولیت‌های ثانویه گیاهی دلیل عدم مطلوبیت تیمار JA + Th باشند، نتایج نشان می‌دهد که این ترکیبات ثانویه در لاروهای تریپس غربی گل تغذیه شده با این تیمار، تجمع پیدا می‌کند و ویژگی‌های زیستی شکارگر را تحت تاثیر قرار می‌دهد. همچنین تفاوت در ارزش غذایی تیمارهای گوناگون ممکن است دلیل اختلاف ویژگی‌های زیستی شکارگر روی تیمارهای مورد بررسی باشد (Khanamani *et al*., 2014; Riahi *et al*., 2017).

با وجود اینکه پراسنجه‌های جدول زندگی کنه شکارگر *A. swirskii* روی تیمار JA + Th در مقایسه با دیگر تیمارها مطلوبیت بالایی نداشت اما برای برنامه‌های مدیریت تلفیقی تریپس غربی گل توصیه به استفاده از این تیمار در تلفیق با عامل کنترل بیولوژیک می‌باشد. چرا که این تیمار اثرات منفی بیشتری بر زنده‌مانی و باروری تریپس غربی گل بویژه در نسل بعدی خواهد گذاشت (Unpublished data, Rezaei *et al.*). در تطابق با این نتیجه‌گیری، برای کنه‌های شکارگر *T. bagdasarjani*، *A. swirskii* و *Phytoseiulus persimilis* Athias–Henriot با توجه به آنکه پراسنجه‌های زیستی شکارگر از جمله نرخ ذاتی افزایش جمعیت روی رقم مقاوم کمتر از رقم حساس گیاه میزبان بوده است اما توصیه به استفاده از ارقام مقاوم در برنامه‌های مدیریت تلفیقی آفت کنه تارتن دولکه‌ای بوده است (Khanamani *et al*., 2014; Alipour *et al*., 2016; Fathipour *et al*., 2019).

در رابطه با تاثیر قارچ تریکودرما و هورمون جاسمونیک اسید بر ویژگی‌های زیستی کنه‌های شکارگر اطلاعاتی در دسترس نیست. این مطالعه برای اولین بار به بررسی پراسنجه‌های جدول زندگی کنه شکارگر *A. swirskii* روی تیمارهای ذکر شده پرداخته است. در بررسی وطن پرست و همکاران (۱۳۹۹) میزان تخم‌گذاری کنه شکارگر *P. persimilis* با پرورش روی کنه تارتن دولکه‌ای پرورش یافته روی گیاهان لوبیا تیمار شده با قارچ *T. harzianum* Tr6 دستخوش تغییر نشد. به عبارت دیگر بین میانگین تخم‌گذاری شکارگر در شاهد و در حالت تعامل با قارچ تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. نتایج آن‌ها در تطابق با مطالعه حاضر است ازآنجایی‌که براساس نتایج این بررسی تفاوت معنی‌داری میان پراسنجه‌های جدول زندگی کنه شکارگر *A. swirskii* در تیمار Th و شاهد مشاهده نشد (Vatanparast *et al*., 2022).

تیمار JA + Th به واسطه دوره طولانی رشد و نمو، زنده‌مانی پایین مراحل نابالغ و نرخ تولید مثلی نسبتا پایین کنه شکارگر و در نتیجه مقدار پایین *r* روی آن، در مقایسه با شاهد و تیمارهای JA و Th مطلوبیت کمتری را برای

شکارگر داشت. در نقطه مقابل دوره رشد و نمو طولانی مراحل نابالغ کنه شکارگر *A. swirskii* روی تیمار JA + Th ممکن است زمان دستیابی بیشتری را برای شکار فراهم کند و در این دوره شکارگر از تعداد شکار بیشتری تغذیه کند. این موضوع برای کنه شکارگر *T. bagdasarjani* نیز با تغذیه از کنه تارتن دو لکه‌ای پرورش یافته روی رقم مقاوم بادنجان نیز به اثبات رسیده است (Khanamani *et al*., 2014).

رهاسازی‌های اشباعی و تلقیحی کنه شکارگر *A. swirskii* یکی از روش‌های موثر در برنامه مدیریت تلفیقی آفت تریپس غربی گل می‌باشد (Fathipour & Maleknia, 2016; San *et al*., 2021). مقاومت ایجاد شده در تیمار JA + Th تراکم جمعیت تریپس غربی گل را کاهش می‌دهد (Unpublished data, Rezaei *et al*.) و شرایط را برای فعالیت کنه شکارگر مهیا می‌کند تا در پایین نگه داشتن جمعیت آفت زیر آستانه اقتصادی موثر باشد. از آنجایی‌که ویژگی‌های زیستی شکارگر در نسل‌های متوالی متفاوت می‌باشد پیشنهاد می‌شود که در مطالعات آینده ویژگی‌های کنه شکارگر *A. swirskii* روی تیمارهای ذکر شده در نسل‌های متوالی نیز مورد بررسی قرار گیرد. همچنین برای بکارگیری تیمار JA + Th در تلفیق با کنه شکارگر *A. swirskii* در کنترل تریپس غربی گل نیاز به مطالعات میدانی در شرایط گلخانه‌ای و صحرایی می‌باشد تا کارایی این عامل کنترل بیولوژیک اثبات شود.

سپاسگزاری

این مقاله بخشی از رساله دکتری نویسنده اول می‌باشد، بخشی از هزینه مالی و امکانات مورد نیاز مطالعات آزمایشگاهی انجام پژوهش توسط دانشگاه بوعلی سینا فراهم شده است که بدینوسیله تشکر و قدردانی می‌شود.

References

Abou–Awad, B.A., El–Sawaf, B.M. & Abdel–Khalek, A.A. 2000. Impact of two eriophyoid fig mites, *Aceria ficus* and *Rhyncaphytoptus ficifoliae*, as prey on postembryonic development and oviposition rate of the predacious mite *Amblyseius swirskii*. Acarologia, 40(4): 367–371.

Agrawal, A.A. 2000. Mechanisms, ecological consequences and agricultural implications of tri–trophic interactions. Current Opinion in Plant Biology, 3(4): 329–335.

Alinejad, M., Kheradmand, K. & Fathipour, Y. 2014. Sublethal effects of fenazaquin on life table parameters of the predatory mite *Amblyseius swirskii* (Acari: Phytoseiidae). Experimental and Applied Acarology, 64: 361–373.

Alipour, Z., Fathipour, Y. & Farazmand, A. 2016. Age–stage predation capacity of *Phytoseiulus persimilis* and *Amblyseius swirskii* (Acari: Phytoseiidae) on susceptible and resistant rose cultivars. International Journal of Acarology, 42(4): 224–228.

Alipour, Z., Fathipour, Y., Farazmand, A. & Khanamani, M. 2019. Resistant rose cultivar affects life table parameters of two–spotted spider mite and its predators *Phytoseiulus persimilis* and *Amblyseius swirskii* (Phytoseiidae). Systematic and Applied Acarology, 24(9): 1620–1630.

Alizadeh, H., Behboudi, K., Ahmadzadeh, M., Javan–Nikkhah, M., Zamioudis, C., Pieterse, C.M. & Bakker, P.A. 2013. Induced systemic resistance in cucumber and *Arabidopsis thaliana* by the combination of *Trichoderma harzianum* Tr6 and Pseudomonas sp. Ps14. Biological Control, 65(1): 14–23.

Asgari, F., Moayeri, H.R.S., Kavousi, A., Enkegaard, A. & Chi, H. 2020. Demography and mass rearing of *Amblyseius swirskii* (Acari: Phytoseiidae) fed on two species of stored–product mites and their mixture. Journal of Economic Entomology, 113(6): 2604–2612.

Bahari, F., Fathipour, Y., Talebi, A. A. & Alipour, Z. 2018. Long–term feeding on greenhouse cucumber affects life table parameters of two–spotted spider mite and its predator *Phytoseiulus persimilis*. Systematic and Applied Acarology, 23(12): 2304–2316.

Batta, Y.A. 2004. Effect of treatment with *Trichoderma harzianum* Rifai formulated in invert emulsion on postharvest decay of apple blue mold. International Journal of Food Microbiology, 96(3): 281–288.

Bazgir, F., Shakarami, J. & Jafari, S. 2018. Life table and predation rate of *Amblyseius swirskii* (Acari: Phytoseiidae) fed on *Eotetranychus frosti* (Tetranychidae) and *Cenopalpus irani* (Tenuipalpidae). Systematic and Applied Acarology, 23(8): 1614–1626.

Bergman, J.M. & Tingey, W.M. 1979. Aspects of interaction between plant genotypes and biological control. Bulletin of the ESA, 25(4): 275–279.

Bultman, T.L., Pulas, C., Grant, L., Bell, G. & Sullivan, T.J. 2006. Effects of fungal endophyte isolate on performance and preference of bird cherry–oat aphid. Environmental entomology, 35(6): 1690–1695.

Carey, J.R. 1993. Applied demography for biologists: with special emphasis on insects. Oxford University Press.
Carey, J.R. 2001. Insect biodemography. Annual Review of Entomology, 46(1): 79–110.
Chant, D.A. 1959. Phytoseiid mites (Acarina: Phytoseiidae). The Memoirs of the Entomological Society of Canada, 91(S12): 5–166.
Chi, H. 1988. Life–table analysis incorporating both sexes and variable development rates among individuals. Environmental Entomology, 17(1): 26–34.
Chi, H. 2017. TWOSEX–MSChart: a computer program for the age–stage, two–sex life table analysis. http://140.120.197.173/Ecology/. National Chung Hsing University, Taichung Taiwan.
Chi, H.S.I.N. & Liu, H.S.I. 1985. Two new methods for the study of insect population ecology. Bulletin of the Institute of Zoology, Academia Sinnica, 24(2): 225–240.
Cogni, R., Freitas, A.V.L. & Amaral Filho, B.F. 2002. Influence of prey size on predation success by *Zelus longipes* L. (Het.: Reduviidae). Journal of Applied Entomology, 126(2-3): 74–78.
Coppola, M., Cascone, P., Chiusano, M.L., Colantuono, C., Lorito, M., Pennacchio, F., Roa, R., Woo, S.L., Guerrieri, E. & Digilio, M. C. 2017. *Trichoderma harzianum* enhances tomato indirect defense against aphids. Insect Science, 24(6): 1025–1033.
DeGraaf, H.E. & Wood, G.M. 2009. An improved method for rearing western flower thrips *Frankliniella occidentalis*. Florida Entomologist, 92(4): 664–666.
Fahim, S.F. & El–Saiedy, E.S.M. 2021. Life table parameters of *Amblyseius swirskii* and *Neoseiulus californicus* (Acari: Phytoseiidae) reared on two strawberry cultivars. International Journal of Acarology, 47(7): 568–574.
Fathipour, Y. & Maleknia, B. 2016. Mite predators. In Ecofriendly pest management for food security (pp. 329–366). Academic Press.
Fathipour, Y., Maleknia, B., Bagheri, A., Soufbaf, M. & Zalucki, M.P. 2019. Spider mite host plant resistance traits improve the predatory performance of *Phytoseiulus persimilis* on cucumber, despite negative life history impacts. Biological Control, 138: 104064.
Harman, G.E., Howell, C.R., Viterbo, A., Chet, I. & Lorito, M. 2004. Trichoderma species—opportunistic, avirulent plant symbionts. Nature Reviews Microbiology, 2(1): 43–56.
Havasi, M., Sangak Sani Bozhgani, N., Golmohmmadi, G. & Kheradmand, K. 2021. Impact of hexythiazox on life table parameters of the *Amblyseius swirskii* (Acari: Phytoseiidae) and its prey *Tetranychus urticae*. Journal of Crop Protection, 10(2): 295–308.
Hermosa, R., Viterbo, A., Chet, I. & Monte, E. 2012. Plant–beneficial effects of *Trichoderma* and of its genes. Microbiology, 158(1): 17–25.
Hosseininia, A., Khanjani, M., Asadi, M. & Soltani, J. 2020. Life–history of the predatory mite *Amblyseius swirskii* (Athias–Henriot) (Acari: Phytoseiidae) on *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae), *Carpoglyphus lactis* Linnaeus (Acari: Carpoglyphidae) and *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) (Hemiptera: Aleyrodidae). Journal of Ornamental Plants, 10(3): 155–166.
Huang, Y.B. & Chi, H. 2013. Life tables of *Bactrocera cucurbitae* (Diptera: Tephritidae): with an invalidation of the jackknife technique. Journal of Applied Entomology, 137(5): 327–339.
Hunter, M.D. & Price, P.W. 1992. Playing chutes and ladders: heterogeneity and the relative roles of bottom–up and top–down forces in natural communities. Ecology, 724–732.
Hunter, M.D. 2003. Effects of plant quality on the population ecology of parasitoids. Agricultural and Forest Entomology, 5(1): 1–8.
Jaber, L.R. & Araj, S.E. 2018. Interactions among endophytic fungal entomopathogens (Ascomycota: Hypocreales), the green peach aphid *Myzus persicae* Sulzer (Homoptera: Aphididae), and the aphid endoparasitoid *Aphidius colemani* Viereck (Hymenoptera: Braconidae). Biological Control, 116: 53–61.
Jafari, S., Moayeri, H. S. & Kavousi, A. 2016. Temperature–dependent life table of the predatory mite, *Amblyseius swirskii* (Mesostigmata: Phytoseidae) fed on stored product mite *Carpoglyphus lactis* (Astigmata: Carpoglyphidae). Journal of Entomological Society of Iran, 36(3): 163–179.
Kagata, H., Nakamura, M. & Ohgushi, T. 2005. Bottom-up cascade in a tri-trophic system: different impacts of host-plant regeneration on performance of a willow leaf beetle and its natural enemy. Ecological Entomology, 30(1): 58–62.
Kaitaniemi, P., Vehviläinen, H. & Ruohomäki, K. 2004. Movement and disappearance of mountain birch defoliators are influenced by the interactive effects of plant architecture and induced resistance. Ecological Entomology, 29(4): 437–446.
Kaplan, I., Lynch, M. E., Dively, G. P. & Denno, R. F. 2007. Leafhopper–induced plant resistance enhances predation risk in a phytophagous beetle. Oecologia, 152: 665–675.
Khanamani, M., Fathipour, Y. & Hajiqanbar, H. 2015. Assessing compatibility of the predatory mite *Typhlodromus bagdasarjani* (Acari: Phytoseiidae) and resistant eggplant cultivar in a tritrophic system. Annals of the Entomological Society of America, 108(4): 501–512.

Khanamani, M., Fathipour, Y., Hajiqanbar, H. & Sedaratian, A. 2014. Two–spotted spider mite reared on resistant eggplant affects consumption rate and life table parameters of its predator, *Typhlodromus bagdasarjani* (Acari: Phytoseiidae). Experimental and Applied Acarology, 63: 241–252.

Lee, H.S. & Gillespie, D.R. 2011. Life tables and development of *Amblyseius swirskii* (Acari: Phytoseiidae) at different temperatures. Experimental and applied acarology, 53: 17–27.

Maroufpoor, M. 2016. Comparison of predation rate of *Amblyseius swirskii* fed on *Phyllocoptes adalius* and *Tetranychus urticae* under laboratory conditions. Biocontrol in Plant Protection, 4(1): 85–92.

McLean, K.L., Hunt, J.S., Stewart, A., Wite, D., Porter, I.J. & Villalta, O. 2012. Compatibility of a *Trichoderma atroviride* biocontrol agent with management practices of Allium crops. Crop Protection, 33: 94–100.

McMurtry, J.A., Sourassou, N.F. & Demite, P.R. 2015. The Phytoseiidae (Acari: Mesostigmata) as biological control agents. In Prospects for biological control of plant feeding mites and other harmful organisms (pp. 133–149). Springer, Cham.

Menjivar, R.D., Cabrera, J.A., Kranz, J. & Sikora, R.A. 2012. Induction of metabolite organic compounds by mutualistic endophytic fungi to reduce the greenhouse whitefly *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) infection on tomato. Plant and Soil, 352(1): 233–241.

Mesquita, A.L. & Lacey, L.A. 2001. Interactions among the entomopathogenic fungus, *Paecilomyces fumosoroseus* (Deuteromycotina: Hyphomycetes), the parasitoid, *Aphelinus asychis* (Hymenoptera: Aphelinidae), and their aphid host. Biological Control, 22(1): 51–59.

Messina, F.J. & Hanks, J.B. 1998. Host plant alters the shape of the functional response of an aphid predator (Coleoptera: Coccinellidae). Environmental Entomology, 27(5): 1196–1202.

Minaei, K. 2013. Thrips (Insecta, Thysanoptera) of Iran: a revised and updated checklist. Zookeys, (330): 53.

Mohammed, A.A. & Hatcher, P.E. 2017. Combining entomopathogenic fungi and parasitoids to control the green peach aphid *Myzus persicae*. Biological Control, 110: 44–55.

Mortazavi, N., Aleosfoor, M. & Minaei, K. 2015. Comparison of seven methods for rearing western flower thrips *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae). Iran Agricultural Research, 34(2): 15–20.

Muller, M.S., McWilliams, S.R., Podlesak, D., Donaldson, J.R., Bothwell, H.M. & Lindroth, R.L. 2006. Tri-trophic effects of plant defenses: chickadees consume caterpillars based on host leaf chemistry. Oikos, 114(3): 507–517.

Nemati, A., Zahiri, B. & Khanjani, M. 2020. Systemic changes in tomato induced by foliar–treated hormone and cultivar interactions reduce the fitness of an invasive specialist herbivore, the tomato leaf miner. Iranian Journal of Plant Protection Science, 51(2): 221–233.

Park, H.H., Shipp, L., Buitenhuis, R. & Ahn, J.J. 2011. Life history parameters of a commercially available *Amblyseius swirskii* (Acari: Phytoseiidae) fed on cattail (*Typha latifolia*) pollen and tomato russet mite (*Aculops lycopersici*). Journal of Asia–Pacific Entomology, 14(4): 497–501.

Price, P.W., Bouton, C.E., Gross, P., McPheron, B.A., Thompson, J.N. & Weis, A.E. 1980. Interactions among three trophic levels: influence of plants on interactions between insect herbivores and natural enemies. Annual Review of Ecology and Systematics, 11(1): 41–65.

Qayyum, M.A., Wakil, W., Arif, M.J., Sahi, S.T. & Dunlap, C.A. 2015. Infection of *Helicoverpa armigera* by endophytic *Beauveria bassiana* colonizing tomato plants. Biological Control, 90: 200–207.

Rahmani Piyani, A.R., Shishehbor, P., Kocheili, F. & Riddick, E.W. 2021. Comparison of natural prey *Tetranychus turkestani*, date palm pollen, and bee pollen diets on development, reproduction, and life table parameters of the predator *Amblyseius swirskii*. Acarologia, 61(4): 890–900.

Riahi, E., Fathipour, Y., Talebi, A.A. & Mehrabadi, M. 2017. Natural diets versus factitious prey: comparative effects on development, fecundity and life table of *Amblyseius swirskii* (Acari: Phytoseiidae). Systematic and Applied Acarology, 22(5): 711–723.

Sabelis, M.W. 1982. Biological control of two–spotted spider mites using phytoseiid predators. Wageningen University and Research, Centre for Agricultural Publishing and Documentation, Netherlands.

Saikia, R., Singh, T., Kumar, R., Srivastava, J., Srivastava, A.K., Singh, K. & Arora, D.K. 2003. Role of salicylic acid in systemic resistance induced by *Pseudomonas fluorescens* against *Fusarium oxysporum* f. sp. ciceri in chickpea. Microbiological Research, 158(3): 203–213.

San, P.P., Tuda, M. & Takagi, M. 2021. Impact of relative humidity and water availability on the life history of the predatory mite *Amblyseius swirskii*. BioControl, 66: 497–510.

Schenk, P.M., Kazan, K., Wilson, I., Anderson, J.P., Richmond, T., Somerville, S.C. & Manners, J.M. 2000. Coordinated plant defense responses in Arabidopsis revealed by microarray analysis. Proceedings of the National Academy of Sciences, 97(21): 11655–11660.

Sculten, G.G.M., Mting, H.W. & Sabelis, M.W. 1985. Spider mites: their biology, natural enemies and control, Vol. 1B, Elsevier, Amesterdam, pp. 55–65.

Sedaratian, A., Fathipour, Y. & Moharramipour, S. 2009. Evaluation of resistance in 14 soybean genotypes to *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). Journal of Pest Science, 82: 163–170.

Shahbaz, M., Khoobdel, M., Khanjani, M., Hosseininia, A. & Khederi, S.J. 2019. Sublethal effects of acetamiprid on biological aspects and life table of *Amblyseius swirskii* (Acari: Phytoseiidae) fed on *Aleuroclava jasmini* (Hemiptera: Aleyrodidae). Systematic and Applied Acarology, 24(5): 814–824.

Takahashi, F. & Chant, D.A. 1994. Adaptive strategies in the genus *Phytoseiulus* Evans (Acari: Phytoseiidae). II. Survivorship and reproduction. International Journal of Acarology, 20(2): 87–97.

Thaler, J.S., Stout, M.J., Karban, R. & Duffey, S.S. 1996. Exogenous jasmonates simulate insect wounding in tomato plants (*Lycopersicon esculentum*) in the laboratory and field. Journal of Chemical Ecology, 22(10): 1767–1781.

van Lenteren, J.C. 2012. The state of commercial augmentative biological control: plenty of natural enemies, but a frustrating lack of uptake. BioControl, 57(1): 1–20.

Vatanparast, P., Zahedi Golpayegani, A., Saboori, A., Behboudi, K. & Mohammai, H. 2022. The effect of *Trichoderma harzianum* Tr6 on the interaction between *Phytoseiulus spersimilis* (Acari: Tetranychidae, Phytoseiidae) and its prey *Tetranychus urticae* on bean plant. Biological Control of Pests and Plant Diseases, 9(2): 185–195.

Waked, D.A., Elewea, M., Basha, A.A.E., Hendawy, M. & Saleh, G.S. 2021. Dispersal of entomopathogenic fungi, *Metarhizium anisopliae* and its synergistic with predatory mite, *Phytoseiulus macropilis* for controlling Tetranychus urticae. Research Square.

War, A.R., Paulraj, M.G., War, M.Y. & Ignacimuthu, S. 2011. Jasmonic acid–mediated–induced resistance in groundnut (*Arachis hypogaea* L.) against *Helicoverpa armigera* (Hubner) (Lepidoptera: Noctuidae). Journal of Plant Growth Regulation, 30(4): 512–523.

Effect of treated bell pepper with *Trichoderma harzianum* and jasmonic acid on life table parameters of predator mite, *Amblyseius swirskii* feeding on western flower thrips

Ali Rezaei[1], Mohammad Khanjani[2], Shahram Farrokhi[3]

1, 2. Ph.D. student of agricultural entomology, Professor of Acarology, Bu–Ali Sina University, Hamedan, Iran.

3. Assistant Professor, Iranian Research Institute of Plant Protection, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran.

Corresponding author: Ali Rezaei, email: rezai163@yahoo.com

Received: Aug., 08, 2023 10(2) 47–65 Accepted: Sep., 17, 2023

Abstract

The predator mite, *Amblyseius swirskii* Athias and Henrioti, is one of the effective and polyphagous biological control agents that feed on different pest species such as thrips, whiteflies, and two spotted spider mites. Currently, it is used to control western flower thrips (WFT), *Frankliniella occidentalis* (Pergande), and some other insect pests but in times of outbreak and high density of the pest population, its efficiency is reduced and it is necessary to use complementary methods to control the pest damage. In this study, the effect of treated bell peppers (Lorca variety) with Jasmonic acid (0.5 mm), *Trichoderma harzianum* Rifai T22 (10 ml per plant from 10^7 spore/ml suspension), and the combination of Jasmonic acid with *T. harzianum* (JA + Th) was investigated on the biological characteristics and life table parameters of *A. swirskii* reared on WFT the. The experiment was carried out with 80 replications for each treatment in constant environmental conditions (25 ± 1°C, 65 ± 5% RH, and 16:8 h light: dark). Based on the results, the longest (9.41 days) and shortest (7.94 days) developmental time of immature stages were obtained in JA + Th treatment and control, respectively. The shortest female adult longevity (24.92 days) were also observed in JA + Th treatment. All the life table parameters showed a significant difference. The highest and lowest values of the intrinsic rate of increase (r), net reproductive rate (R_0) and, finite rate of increase (λ) were estimated as 0.1688 and 0.1300 day^{-1}, 24.49 and 11.71 (eggs/individual), and 1.184 and 1.139 day^{-1} for control and JA + Th treatment, respectively. The results of this study could be used in the application of *A. swirskii* with JA + Th treatment in integrated management programs of WFT.

Keywords: western flower thrips, *Trichoderma*, jasmonic acid, predator, life table, integrated pest management