تحقیقات آفات گیاهی
۹۳-۷۵ :(۱) ۹- ۱۳۹۸

تأثیر قارچ بیمارگر *Beauveria bassiana* بر ترجیح و رفتار سویچینگ کنه شکارگر *Phytoseiulus persimilis* (Acari: Phytoseiidae)

مصطفی زمانپور[۱]، امین صدارتیان جهرمی[۱]*، حجت‌اله محمدی[۱] و مجتبی قانع جهرمی[۱]

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

(تاریخ دریافت: ۹۸/۱/۱۷ تاریخ پذیرش: ۹۸/۳/۲۳)

چکیده

کنه تارتن دولکه‌ای، *Tetranychus urticae* Koch، از جمله مهم‌ترین آفات گیاهی است که تکیه بیش از حد به سموم شیمیایی به‌منظور کنترل آن، عوارض جبران‌ناپذیر زیادی به‌دنبال داشته است. استفاده از دشمنان طبیعی روش مناسبی جهت کاهش تأثیر نامطلوب روش‌های قبلی تلقی می شود. در پژوهش حاضر، غلظت کشنده LC_{50} ($۱/۳ \times ۱۰^{۷}$ اسپور/میلی‌لیتر) از جدایه MZ قارچ بیمارگر *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. روی رفتارهای شکارگری انتخابی و غیرانتخابی، ترجیح تغذیه‌ای و سویچینگ کنه شکارگر *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot با تغذیه از مراحل مختلف رشدی کنه تارتن دولکه‌ای (تخم، لارو، پروتونمف، دئوتونمف، بالغ نر و ماده) در شرایط آزمایشگاهی مورد مطالعه قرار گرفت. در آزمون شکارگری غیرانتخابی و در غیاب بیمارگر *B. bassiana*، بیش‌ترین میزان تغذیه از مرحله تخم طعمه مشاهده شد (۰/۵۷ ± ۱۵/۲۲ تخم). با حضور قارچ بیمارگر، بیش‌ترین میزان تغذیه روی لاروهای کنه تارتن دولکه‌ای ثبت شد (۰/۶۴ ± ۴/۹۰ لارو). در آزمون شکارگری انتخابی و در نبود بیمارگر، بیش‌ترین میزان تغذیه از مرحله تخم مشاهده شد (۰/۵۶ ± ۱۴/۷۵ تخم). در شرایط حضور بیمارگر نیز بیش‌ترین میزان تغذیه از لاروهای طعمه ثبت شد (۰/۵۳ ± ۹/۹۰ لارو). بیش‌ترین مقدار محاسبه شده شاخص بتای منلی در شرایط عدم حضور قارچ بیمارگر *B. bassiana* روی مرحله تخم (۰/۰۳ ± ۰/۸۹) و پس از تیمار مراحل مختلف رشدی طعمه با استفاده از بیمارگر مورد مطالعه، روی مرحله لاروی مشاهده شد (۰/۰۵ ± ۰/۶۱). رفتار سویچینگ در کنه شکارگر *P. persimilis* در هر دو شرایط حضور و عدم حضور قارچ بیمارگر مشاهده نشد. نتایج حاصل از پژوهش حاضر مؤید آن است که در استفاده هم‌زمان دو عامل بیولوژیک باید توجه بیش‌تری به ارزیابی برهمکنش میان آن‌ها معطوف شود.

واژه‌های کلیدی: برهمکنش، دشمنان طبیعی، رفتار کاوشگری، شاخص بتای منلی

* نویسنده مسئول: Sedaratian@gmail.com; Sedaratian@yu.ac.ir

مقدمه

کنه تارتن دولکه‌ای از جمله مهم‌ترین آفات گیاهخوار می‌باشد که دارا بودن دامنه میزبانی وسیع، پتانسیل تغذیه‌ای بالا، طول نسل کوتاه، قدرت تولید مثل قابل توجه و توانایی ایجاد مقاومت نسبت به سموم شیمیایی، همواره کنترل جمعیت‌های خسارت‌زای آن‌را بسیار دشوار نموده است (Sedaratian *et al*., 2009; 2011). در حال حاضر، مهم‌ترین روش کنترل این آفت استفاده از سموم شیمیایی است که متأسفانه تکیه بیش از حد به آن‌ها عوارض جبران‌ناپذیری را به‌دنبال داشته است (Rezaei *et al*., 2018). از این‌رو، استفاده از روش‌های جایگزین به‌منظور به‌حداقل رساندن اثرات نامطلوب آفت‌کش‌های شیمیایی امری بسیار ضروری می‌باشد.

کنترل بیولوژیک که استفاده از دشمنان طبیعی به‌منظور کاهش جمعیت عوامل خسارت‌زا در زیست‌بوم‌های مختلف کشاورزی می‌باشد (DeBach, 1964)، از جمله راهکارهایی است که به‌منظور به حداقل رساندن اثرات نامطلوب آفت‌کش‌های شیمیایی بسیار مورد توجه قرار گرفته است. بر همین اساس، به‌منظور اجرای برنامه‌های کنترل بیولوژیک این آفت کلیدی می‌توان پتانسیل کنه‌های شکارگر خانواده Phytoseiidae و قارچ‌های بیمارگر را مدنظر قرار داد.

کنه شکارگر *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot از جمله مهم‌ترین کنه‌های شکارگر مورد استفاده در برنامه‌های کنترل بیولوژیک کنه‌های تارتن می‌باشد که از کارایی مناسبی به‌منظور استفاده در برنامه‌های کنترل بیولوژیک کنه تارتن دولکه‌ای برخوردار است (McMurtry *et al*., 2013). براساس نظر ایشان این کنه شکارگر تنها از گونه‌های جنس *Tetranychus* تغذیه می‌نماید و بر همین اساس، زنده‌مانی آن در محیط کاملاً وابسته به حضور طعمه می‌باشد (Sabelis and Dicke, 1985; Walzer and Schausberger, 1999). استفاده تجاری از این دشمن طبیعی از سال ۱۹۶۸ در گلخانه‌های اروپا مدنظر قرار گرفته است (van Lenteren and Woets, 1988). این کنه شکارگر قادر است تا روزانه از ۲۰-۳۰ تخم، ۱۰-۲۰ مراحل نابالغ و ۳-۵ کنه ماده بالغ تغذیه نماید (Escudero and Ferragut, 2005). پژوهش‌های صورت گرفته توسط بهاری و همکاران (Bahari *et al*., 2018) نشان می‌دهد که این دشمن طبیعی از توان تولیدمثلی قابل توجهی نیز برخوردار می‌باشد. پارامترهای شکارگری این کنه شکارگر توسط علیپور و همکاران (Alipour *et al*., 2016) مورد مطالعه قرار گرفت. در پژوهش صورت گرفته توسط فتحی‌پور و همکاران (Fathipour *et al*., 2018) پارامترهای واکنش تابعی کنه شکارگر *P. persimilis* نسبت به تراکم‌های مختلف تخم کنه تارتن دولکه‌ای مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج این محققین نشان داد که نوع واکنش تابعی این کنه شکارگر وابسته به سن آن بوده و شکارگرهای با سن بالاتر، واکنش تابعی نوع سوم را از خود نشان می‌دهند. در پژوهشی دیگر، ملک‌نیا و همکاران (Maleknia *et al*., 2012) رفتار تخم‌ریزی این کنه شکارگر را مورد مطالعه قرار دادند. نتایج به دست آمده نشان داد که میزبان‌های مختلف گیاهی رفتار تخم‌ریزی این شکارگر را تحت تأثیر قرار نمی‌دهند. به هر حال، اهمیت کنه شکارگر *P. persimilis* بر هیچ‌کس پوشیده نیست، به گونه‌ای که بر اساس نظر پیلکینگتون و همکاران (Pilkington *et al*., 2010) هرساله حدود ۱۲ درصد برنامه‌های کنترل بیولوژیک اجرا شده در شرایط گلخانه با تکیه به این دشمن طبیعی صورت می‌گیرد.

از جمله دیگر عوامل بیولوژیک مورد استفاده در برنامه‌های کنترل بیولوژیک کنه تارتن دولکه‌ای می‌توان به قارچ بیمارگر *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. اشاره نمود (van der Geest *et al*., 2000). دامنه بیماری‌زایی این عامل بیولوژیک تاکنون از راسته‌های مختلف حشرات نظیر Coleoptera، Lepidoptera و Hemiptera گزارش شده است (Hajek, 2004). بر همین اساس، می‌توان استفاده از آن را در برنامه‌های مدیریتی آفات مختلف

کشاورزی مد نظر قرار داد (Van *et el*., 2007). از جمله پژوهش‌های صورت گرفته در خصوص ارزیابی کارایی بیولوژیک این قارچ بیمارگر به‌منظور کاهش جمعیت آفات گیاه‌خوار می‌توان به پژوهش‌های صورت گرفته توسط ژانگ و همکاران (Zhang *et al*., 2015) در خصوص ارزیابی اثرات کشندگی قارچ بیمارگر *B. bassiana* روی پارامترهای زیستی تریپس گل غربی *Frankiniella occidentalis* Pergande اشاره نمود که نتایج به‌دست آمده دلالت بر اثرات مطلوب این بیمارگر داشت. در پژوهش‌های صورت گرفته توسط سید طالبی و همکاران (Seyed-Talebi *et al*., 2012)، اثرات این بیمارگر بر پارامترهای جدول زندگی کنه تارتن دولکه‌ای مورد بررسی قرار گرفت و نتایج به دست آمده نشان داد که کارایی قارچ بیمارگر *B. bassiana* در کاهش جمعیت این آفت قابل توجه می‌باشد. راشکی و شیروانی (Rashki and Shirvani, 2013) اثرات کشندگی این بیمارگر بر پارامترهای جدول زندگی شته جالیز را مورد ارزیابی قرار دادند. تأثیر قارچ‌های بیمارگر *B. bassiana* و *Metarhizium anisopliae* (Metschn.) در کنترل مگس میوه مدیترانه‌ای *Ceratitis capitata* Wiedemann نیز مورد مطالعه قرار گرفته است (Quesada-Moraga *et al*., 2006).

باتوجه به این‌که در اغلب موارد دشمنان طبیعی به تنهایی قادر به کاهش جمعیت آفات به سطح مطلوب نمی‌باشند، لذا استفاده هم‌زمان از دشمنان طبیعی در قالب برنامه‌های کنترل بیولوژیک تلفیقی از جمله راهکارهایی است که می‌توان به‌منظور افزایش کارایی بیولوژیک آن‌ها مدنظر قرار داد (Sher and Parella, 1996). استفاده تلفیقی از کنه‌های شکارگر و قارچ‌های بیمارگر نیز از جمله گزینه‌هایی است که می‌توان پتانسیل آن‌را به‌منظور کاهش جمعیت آفات فعال در شرایط گلخانه مورد توجه قرار داد. مطالعه برهمکنش موجود میان دشمنان طبیعی از جمله مهم‌ترین مواردی است که قبل از استفاده هم‌زمان از آن‌ها باید به‌صورت دقیق مورد ارزیابی قرار گیرد. پژوهش‌های صورت گرفته توسط جاکوبسون و همکاران (Jacobson *et al*., 2001) مشخص نمود که قارچ بیمارگر *B. bassiana* اثرات نامطلوبی بر ویژگی‌های زیستی کنه شکارگر *Neoseiulus cucumeris* Oudemans ندارد. عدم دارا بودن اثرات نامطلوب این بیمارگر بر کارایی بیولوژیک کنه شکارگر *Neoseiulus barkeri* Hughes، در پژوهش‌های صورت گرفته توسط وانگ و همکاران (Wang *et al*., 2011) نیز مورد اشاره قرار گرفته است. از جمله دیگر پژوهش‌های صورت گرفته در این زمینه می‌توان به بررسی صورت گرفته توسط سیدی و همکاران (Seiedy *et al*., 2012) اشاره نمود که طی آن تأثیر قارچ بیمارگر *B. bassiana* بر پارامترهای واکنش تابعی کنه شکارگر *P. persimilis* مورد ارزیابی قرار گرفته است. میزان سازگاری این بیمارگر با کنه شکارگر *N. barkeri* در برنامه‌های مدیریتی تریپس غربی گل نیز مورد مطالعه قرار گرفت (Sheng-Yong *et al*., 2015). با وجود این، مرور منابع موجود نشان می‌دهد که چنین اطلاعاتی در خصوص استفاده هم‌زمان از قارچ بیمارگر *B. bassiana* و کنه شکارگر *P. persimilis* در برنامه‌های مدیریتی کنه تارتن دولکه‌ای بسیار اندک می‌باشند. بر همین اساس، در پژوهش حاضر اثرات قارچ بیمارگر *B. bassiana* روی رفتار شکارگری کنه شکارگر *P. persimilis* در شرایط انتخابی و غیرانتخابی و هم‌چنین رفتار سویچینگ این شکارگر مورد بررسی قرار گرفت. رفتار سویچینگ که در حقیقت نشان دهنده تأثیر تراکم طعمه بر ترجیح تغذیه‌ای یک دشمن طبیعی می‌باشد (Murdoch, 1969)، موضوعی است که تاکنون اثرات قارچ بیمارگر *B. bassiana* بر آن به‌ویژه در مورد کنه شکارگر *P. persimilis* مورد بررسی قرار نگرفته و پژوهش حاضر برای اولین بار به این مهم پرداخته است. بر همین اساس، نتایج ارائه شده در این زمینه بسیار حائز اهمیت بوده و کمک بسیار قابل توجهی در خصوص استفاده هم‌زمان از کنه شکارگر *P.*

persimilis و قارچ بیمارگر *B. bassiana* در برنامه‌های مدیریت تلفیقی کنه تارتن دولکه‌ای خواهد نمود.

مواد و روش‌ها

پرورش گیاه میزبان

بذور خیار رقم نگین از فروشگاه‌های مورد تأیید سازمان حفظ نباتات استان کهگیلویه و بویراحمد تهیه و بعد از جوانه‌دار شدن در گلدان‌های پلاستیکی (ارتفاع ۱۸ سانتی‌متر و قطر ۲۰ سانتی‌متر) که با خاک حاصلخیز زراعی، کود حیوانی پوسیده شده و ماسه به نسبت‌های مساوی (۱:۱:۱) پر شده بودند، کاشته شدند. جوانه‌دار کردن بذور درون سینی‌های نشاء صورت پذیرفت. گلدان‌ها در شرایط گلخانه با دمای ۵±۲۵ درجه سلسیوس، رطوبت نسبی ۲۰±۶۵ درصد و دوره روشنایی طبیعی نگهداری شدند. به‌منظور جلوگیری از آلودگی گیاهان به آفات ناخواسته، تمامی گلدان‌ها درون قفس‌های توری با ابعاد ۱/۵×۱/۵×۲ متر نگهداری شدند. کاشت گیاهان جدید به‌صورت هفتگی و تا پایان بررسی‌های آزمایشگاهی انجام پذیرفت. عملیات آبیاری و کوددهی گیاهان به‌صورت منظم و براساس توصیه‌های کارشناسان سازمان حفظ نباتات استان کهگیلویه و بویراحمد صورت گرفت. علاوه بر این، از هیچ‌گونه آفت‌کشی در مراحل انجام آزمایش استفاده نشد.

تشکیل کلنی کنه تارتن دولکه‌ای

به‌منظور تشکیل کلنی کنه تارتن دولکه‌ای در شرایط گلخانه، نمونه‌هایی از مراحل مختلف زندگی این آفت از روی میزبان‌های اصلی آن در مزارع و گلخانه‌های شهر یاسوج جمع‌آوری شده و به آزمایشگاه گروه گیاه پزشکی دانشگاه یاسوج منتقل شدند. برگ‌های آلوده ابتدا به دقت زیر استریومیکروسکوپ بررسی شده و پس از حذف عوامل ناخواسته (سایر آفات، شکارگرها و افراد آلوده به بیمارگرها) به شرایط گلخانه انتقال یافتند. این نمونه‌ها پس از انتقال به گلخانه، دورن قفس‌های توری که حاوی بوته‌های خیار در مرحله ۶-۸ برگی بودند، قرار گرفتند و مراحل مختلف زیستی آن‌ها روی این گیاهان سپری شد. از کلنی‌ای که به این ترتیب در شرایط گلخانه تشکیل شده بود، در انجام بررسی‌های آزمایشگاهی استفاده شد. لازم به ذکر است که کلنی مذکور قبل از استفاده در آزمایش‌ها حداقل به‌مدت سه نسل در شرایط گلخانه پرورش داده شد. علاوه بر این، به‌منظور حفظ قدرت کلنی و کاهش اثرات ناشی از خویش‌آمیزی، در طول مراحل انجام آزمایش نمونه‌هایی از مناطق اولیه نمونه‌برداری جمع‌آوری شده و به کلنی موجود اضافه شد.

تشکیل کلنی کنه شکارگر

به‌منظور تشکیل کلنی کنه شکارگر *P. persimilis*، نمونه‌های این شکارگر با نام تجاری Spidex® از طریق شرکت گیاه نماینده رسمی شرکت کوپرت هلند در کشور تهیه شد. در پرورش این کنه شکارگر، از دیسک‌های برگی (قطر ۱۰ سانتی‌متر) که از برگ‌های سالم گیاه خیار تهیه شده بودند، استفاده شد. برای تهیه این دیسک‌ها، ابتدا برگ‌های سالم گیاه خیار به‌صورت دایره‌هایی با قطر ۱۰ سانتی‌متر بریده شدند. سپس برگ‌های بریده شده به گونه‌ای که پشت آن‌ها رو به بالا باشد، درون ظروف پتری شیشه‌ای با قطر ۱۵ سانتی‌متر قرار گرفتند. در زیر برگ‌ها نیز یک لایه نازک پنبه اشباع از آب قرار داده شد. علاوه بر این، به‌منظور تأمین رطوبت مورد نیاز برگ و ممانعت از فرار کنه‌ها، اطراف برگ‌ها توسط نوارهای پنبه‌ای مرطوب احاطه شد. در مرحله بعد، کنه‌های شکارگر به این دیسک‌ها منتقل شدند. روزانه برگ‌های خیار آلوده به مراحل مختلف زیستی کنه تارتن دولکه‌ای از کلنی این آفت در شرایط گلخانه تهیه شده و به این واحدهای پرورشی اضافه شدند. واحدهای پرورش مذکور درون دستگاه ژرمیناتور (دمای ۱±۲۵ درجه سلسیوس، رطوبت نسبی ۵±۶۵ درصد و دوره نوری ۱۴ ساعت روشنایی و ۱۰ ساعت تاریکی) نگهداری شدند. ماده‌های هم‌سن (طول

عمر کم‌تر از ۲۴ ساعت) کنه شکارگر *P. persimilis* با استفاده از قلم موی ظریف از کلنی جدا شده و در انجام آزمایش‌ها مورد استفاده قرار گرفتند.

بیمارگر مورد مطالعه

در پژوهش حاضر، از جدایه MZ قارچ بیمارگر *B. bassiana* که توسط تله گالریا از خاک مزارع ذرت شهرستان مشکین دشت جمع‌آوری شده بود، استفاده شد. ایزوله مذکور در کلکسیون قارچ‌های بیمارگر حشرات آزمایشگاه کنترل بیولوژیک گروه گیاه‌پزشکی دانشگاه تهران نگهداری می‌شود. ایزوله مورد مطالعه روی محیط کشت SDAY (Sabouraud Dextrose Agar + Yeast) ساخت شرکت مرک آلمان پرورش داده شد. محیط کشت پس از آماده‌سازی ابتدا به‌مدت ۱۵ دقیقه در دمای ۱۲۱ درجه سلسیوس در دستگاه اتوکلاو ضدعفونی شده و سپس زیر هود و در شرایط ضدعفونی شده درون ظروف پتری با قطر ۸ سانتی‌متر ریخته شد. پس از ۲۴ ساعت، قطعاتی از میسلیوم ایزوله مورد مطالعه از کشت اصلی جدا شده (زیر هود و در شرایط ضدعفونی شده) و به ظروف پتری حاوی محیط کشت منتقل شدند. ظروف پتری به انکوباتور با دمای ۱ ± ۲۵ درجه سلسیوس و در شرایط تاریکی کامل انتقال یافته و تا زمان اسپورزایی (۱۴-۱۶ روز) در این شرایط نگهداری شدند. اسپورهای تهیه شده در این مرحله در انجام بررسی‌ها مورد استفاده قرار گرفتند.

تهیه سوسپانسیون اسپور

به‌منظور تهیه سوسپانسیون اسپورهای بیماری‌زای بیمارگر *B. bassiana*، ابتدا سطح محیط کشت با استفاده از لوپ استریل خراش داده شده و اسپورهای برداشت شده درون لوله‌های پلاستیکی (حجم ۵۰ میلی‌لیتر) ریخته شدند. سپس به هر لوله ۲۰ میلی‌لیتر آب مقطر استریل به همراه ۱ سی‌سی توئین ۸۰ (۰/۰۲ درصد) و ۵-۱۰ دانه مهره شیشه‌ای اضافه شد. مخلوط حاصل به‌مدت ۱۵ دقیقه روی شیکر تکان داده شد. پس از گذشت این مدت، به‌منظور حذف قطعات محیط کشت و میسلیوم، سوسپانسیون اسپور تهیه شده از کاغذ صافی واتمن شماره ۱ عبور داده شد. مقدار ۱۰۰ میکرولیتر از سوسپانسیون تهیه شده توسط سمپلر برداشته شده و غلظت اسپور در هر میلی‌لیتر از سوسپانسیون با استفاده از لام گلبول شمار تعیین شد. سپس غلظت اسپور به 10^8 اسپور در میلی‌لیتر کاهش داده شد (Seiedy *et al*., 2012).

آزمایش زیست سنجی

در انجام آزمایش زیست‌سنجی از غلظت‌های 10^2، 10^3، 10^4، 10^5، 10^6، 10^7 و 10^8 اسپور در میلی‌لیتر بیمارگر مورد مطالعه استفاده شد. آب مقطر استریل به‌همراه توئین ۸۰ (۰/۰۲ درصد) به‌عنوان شاهد درنظر گرفته شد. در ابتدا دیسک‌های برگی از برگ گیاهان عاری از هرگونه آلودگی تهیه شد. در تهیه دیسک‌های مذکور برگ‌ها به صورت دایره‌هایی به قطر ۶ سانتی‌متر برش داده شدند. سپس یک لایه پنبه در کف ظروف پتری با قطر ۸ سانتی‌متر قرار داده شده و با آب اشباع شد. برگ‌های برش داده شده به‌گونه‌ای که پشت آن‌ها رو به بالا باشد، روی لایه پنبه مرطوب قرار گرفتند. با استفاده از قلم موی ظریف تعداد ۲۰ کنه ماده بالغ با طول عمر حداکثر ۲۴ ساعت از کلنی موجود در شرایط گلخانه جدا شده و روی هر دیسک برگی انتقال داده شد. غلظت‌های مختلف تهیه شده از سوسپانسیون اسپور قارچ با استفاده از اسپری دستی و از فاصله یکسان روی کنه‌های قرار گرفته در دیسک‌های برگی پاشیده شدند. سپس درپوش پتری‌ها به مدت ۲۴ ساعت بسته شد و اطراف آن‌ها با هدف تأمین رطوبت لازم جهت جوانه‌زنی اسپورها با نوار پارافیلم مسدود شد. پس از ۲۴ ساعت، درپوش پتری‌های حاوی دیسک‌های برگی با درپوش‌های سوراخ‌دار که سوراخ‌های آن‌ها با توری‌های ارگانزا پوشانده شده بود، تعویض شد. آزمایش در هر غلظت با حداقل ۸ تکرار انجام پذیرفت. دیسک‌های مورد مطالعه به مدت ۱۴ روز در دستگاه ژرمیناتور (دمای ۱±۲۵ درجه سلسیوس، رطوبت نسبی ۵±۶۵

درصد و دوره نوری ۱۴ ساعت روشنایی و ۱۰ ساعت تاریکی) نگهداری شدند. تعداد افراد مرده در طول این مدت ثبت شد. به‌منظور حصول اطمینان از این‌که مرگ افراد در اثر فعالیت بیمارگر مورد مطالعه صورت گرفته است، افراد مرده در هر تکرار به صورت جداگانه درون ظرف پتری و روی کاغذ صافی قرار گرفته و تشکیل توده میسیلیومی روی بدن آن‌ها به‌دقت تحت نظر قرار گرفت. در پایان، نتایج به دست آمده با استفاده از رویه Probit و نرم‌افزار آماری SAS مورد بررسی قرار گرفتند.

ارزیابی اثرات قارچ بیمارگر *B. bassiana* روی کنه شکارگر *P. persimilis*

در این پژوهش، تأثیر غلظت LC_{50} قارچ بیمارگر *B. bassiana* بر میزان شکارگری کنه شکارگر *P. persimilis* از مراحل مختلف رشدی کنه تارتن دولکه‌ای در شرایط انتخابی و غیرانتخابی و هم‌چنین رفتار ترجیح این شکارگر مورد مطالعه قرار گرفت. علاوه بر این، اثرات این بیمارگر بر رفتار سویچینگ کنه شکارگر نیز بررسی شد. مراحل مختلف رشدی کنه تارتن دولکه‌ای که در آزمون‌های شکارگری غیرانتخابی و انتخابی و ترجیح مورد مطالعه قرار گرفتند، عبارتند بودند از تخم، لارو، نمف، کنه بالغ نر و ماده. آزمون سویچینگ کنه شکارگر نیز با استفاده از دو مرحله تخم و ماده بالغ کنه تارتن دولکه‌ای انجام شد. تمامی بررسی‌ها در شرایط استاندارد آزمایشگاهی و درون دستگاه ژرمیناتور با دمای ۱±۲۵ درجه سلسیوس، رطوبت نسبی ۵±۶۵ درصد و دوره نوری ۱۴ ساعت روشنایی و ۱۰ ساعت تاریکی صورت پذیرفت.

شکارگری غیرانتخابی در شرایط حضور و عدم حضور قارچ بیمارگر *B. bassiana*

در این آزمون، شکارگری ماده‌های بالغ کنه شکارگر *P. persimilis* از مراحل مختلف رشدی کنه تارتن دولکه‌ای مورد بررسی قرار گرفت. ابتدا دیسک‌های برگی با استفاده از برگ‌های سالم گیاه خیار (با قطر ۶ سانتی‌متر) تهیه شد. با استفاده از قلم موی ظریف تعداد ۲۰ عدد از هر مرحله رشدی کنه تارتن دولکه‌ای به دیسک برگی انتقال داده شد. در مرحله بعد، به هر دیسک برگی یک کنه شکارگر ماده بالغ که ۲۴ ساعت گرسنگی را تحمل کرده بود، اضافه شد. دیسک‌های برگی درون دستگاه ژرمیناتور قرار گرفتند. به‌منظور ارزیابی اثرات قارچ بیمارگر *B. bassiana* بر میزان شکارگری کنه شکارگر *P. persimilis* در شرایط غیرانتخابی نیز آزمایش به‌همین صورت طراحی شد با این تفاوت که ابتدا غلظت LC_{50} از قارچ بیمارگر تهیه شده و با استفاده از اسپری دستی روی دیسک‌های برگی که حاوی مراحل مختلف رشدی کنه تارتن دولکه‌ای بودند، پاشیده شد. پس از ۲۴ ساعت، به هر دیسک برگی یک کنه شکارگر ماده بالغ اضافه شد (پس از تحمل ۲۴ ساعت گرسنگی). در روز بعد، تعداد افراد خورده شده در هر تکرار به‌صورت جداگانه شمارش و ثبت شد. بررسی‌ها در هر دو شرایط حضور و عدم حضور قارچ بیمارگر با استفاده از ۱۰ تکرار صورت پذیرفت.

آزمایش شکارگری انتخابی در شرایط حضور و عدم حضور قارچ بیمارگر *B. bassiana*

برای ارزیابی میزان تغذیه کنه شکارگر *P. persimilis* از مراحل مختلف رشدی کنه تارتن دولکه‌ای در شرایط انتخابی، ابتدا دیسک‌های برگی به قطر ۶ سانتی‌متر از برگ‌های سالم خیار تهیه شد. سپس روی هر دیسک تعداد ۲۰ عدد از هر مرحله رشدی کنه تارتن دولکه‌ای انتقال داده شد تا کنه‌های شکارگر قدرت انتخاب داشته باشند. در این مرحله، برای این‌که تخم‌های گذاشته شده توسط کنه‌های تارتن ماده اختلالی در انجام آزمایش ایجاد ننمایند، ابتدا کنه‌های ماده بالغ به واحدهای آزمایش انتقال داده شدند. پس از گذشت یک ساعت و استقرار کنه‌ها روی برگ، سایر مراحل رشدی طعمه نیز به دیسک‌های برگی منتقل شدند. لازم به ذکر است که در این بررسی، تخم‌های کاهی رنگ این آفت از کلنی

موجود در شرایط گلخانه انتخاب شده و به‌صورت تصادفی روی برگ قرار گرفتند. رنگ کاهی این تخم‌ها، آن‌ها را از تخم‌های شفافی که توسط کنه‌های ماده در طول آزمایش گذاشته می‌شدند، متمایز می‌نمود. در طول انجام آزمایش، دیسک‌های برگی هر از سه ساعت مورد بازبینی قرار گرفته و تخم‌های شفاف گذاشته شده توسط کنه‌های تارتن ماده از واحدهای آزمایش حذف شدند. در مرحله بعد، به هر دیسک یک کنه ماده بالغ شکارگر پس از تحمل ۲۴ ساعت گرسنگی، انتقال داده شد. پس از ۲۴ ساعت، تعداد افراد خورده شده از مراحل مختلف رشدی طعمه به‌صورت جداگانه شمارش و ثبت شد. ارزیابی اثرات غلظت LC_{50} قارچ بیمارگر *B. bassiana* بر میزان شکارگری کنه شکارگر *P. persimilis* در شرایط انتخابی نیز همانند آزمون غیرانتخابی انجام پذیرفت. بررسی‌های این مرحله نیز در هر دو شرایط مورد مطالعه با استفاده از ۱۰ تکرار انجام شد.

آزمایش سویچینگ در شرایط حضور و عدم حضور قارچ بیمارگر *B. bassiana*

در این آزمایش، رفتار سویچینگ کنه شکارگر *P. persimilis* در حضور نسبت‌های مختلف تخم و ماده‌های بالغ کنه تارتن دولکه‌ای مورد مطالعه قرار گرفت. نسبت‌های مورد مطالعه عبارتند بودند از ۹۰:۱۰، ۸۰:۲۰، ۷۰:۳۰، ۶۰:۴۰، ۵۰:۵۰، ۴۰:۶۰، ۳۰:۷۰، ۲۰:۸۰ و ۱۰:۹۰ (تخم: ماده ٪) که تعداد طعمه مورد استفاده در هر نسبت به‌ترتیب برابر با ۲:۱۸، ۴:۱۶، ۶:۱۴، ۸:۱۲، ۱۰:۱۰، ۱۲:۸، ۱۴:۶، ۱۶:۴ و ۱۸:۲ (تخم: ماده) بود. ابتدا دیسک‌های برگی با قطر ۶ سانتی‌متر با استفاده از برگ‌های سالم گیاه خیار تهیه شد. سپس با استفاده از قلم‌موی ظریف روی هر دیسک از نسبت‌های مختلف تخم و ماده بالغ کنه تارتن دولکه‌ای انتقال داده شد. در هر نسبت ۱۰ تکرار در نظر گرفته شد. در مرحله بعد، به هر دیسک برگی یک کنه شکارگر ماده که پس از بلوغ به مدت ۲۴ ساعت گرسنگی را تحمل کرده بود، انتقال داده شد. دیسک‌های برگی به مدت ۲۴ ساعت درون دستگاه ژرمیناتور قرار داده شدند و پس از پایان این مدت، میزان تغذیه کنه‌های شکارگر از مراحل تخم و کنه‌های ماده روی هر دیسک به‌صورت جداگانه شمارش و ثبت شد. لازم به ذکر است که جهت جلوگیری از ایجاد اختلال ناشی از تخم‌ریزی کنه‌های تارتن ماده در حین آزمایش، حذف تخم‌های شفاف تازه گذاشته شده همانند آن‌چه که در آزمون شکارگری انتخابی بیان شد، انجام پذیرفت. ارزیابی اثرات قارچ بیمارگر بر رفتار سویچینگ کنه شکارگر *P. persimilis* نیز همانند آن‌چه در بالا بدان اشاره شد صورت پذیرفت با این تفاوت که نسبت‌های مختلف تخم که در بررسی‌های این مرحله مورد مطالعه قرار گرفتند، ابتدا با غلظت LC_{50} قارچ بیمارگر تیمار شده و سپس به دیسک‌های برگی انتقال یافتند. در این بررسی، تنها تخم‌های کنه تارتن دولکه‌ای با قارچ بیمارگر *B. bassiana* تیمار شدند. هدف از این کار، ارزیابی توانایی بروز رفتار سویچینگ کنه‌های شکارگر در شرایطی که علاوه بر کاهش تراکم طعمه مرجح با آلودگی آن نیز مواجه می‌شوند، بود. بعد از آن، دیسک‌های برگی به مدت ۴۸ ساعت درون دستگاه ژرمیناتور قرار گرفتند. در مرحله بعد، کنه‌های ماده شکارگر پس از تحمل ۲۴ ساعت گرسنگی به دیسک‌های برگی انتقال یافتند.

تجزیه و تحلیل داده‌ها

میزان شکارگری کنه شکارگر *P. persimilis* از مراحل مختلف رشدی کنه تارتن دولکه‌ای در آزمون شکارگری غیرانتخابی و انتخابی با استفاده از آزمون تجزیه واریانس یک طرفه (One-Way ANOVA) مورد بررسی قرار گرفت. در صورت مشاهده اختلاف معنی‌دار، آزمون SNK به‌منظور گروهبندی میانگین‌ها مورد استفاده قرار گرفت ($P < 0.05$). تمام تجزیه و تحلیل‌های این مرحله با استفاده از نرم افزار آماری SAS انجام شد. ترجیح تغذیه‌ای کنه شکارگر *P. persimilis* نسبت به مراحل مختلف رشدی کنه تارتن

دولکه‌ای با استفاده از شاخص بتای منلی و با استفاده از فرمول زیر مورد مطالعه قرار گرفت (Manly *et al*., 1972):

$$\beta_i = \frac{log\left(\frac{e_i}{A_i}\right)}{\sum_{s=1}^{k} log\left(\frac{e_s}{A_s}\right)}$$

در معادله فوق β_i ترجیح شکارگر به شکار متعلق به دسته i، e_i شمار شکار زنده مانده متعلق به دسته i، A_i شمار اولیه شکار متعلق به دسته i، e_s شمار کل شکار زنده مانده متعلق به دسته s، A_s شمار کل اولیه شکار متعلق به دسته s و k شمار دسته‌های متفاوت شکار را نشان می‌دهند. مقدار شاخص β برای هر مرحله رشدی بین صفر تا یک متغیر است و مجموع شاخص‌های محاسبه شده برای مراحل مختلف رشدی برابر یک می‌باشد. مقادیر شاخص‌های ترجیح به‌دست آمده با استفاده از آزمون تجزیه واریانس یک‌طرفه مورد مقایسه قرار گرفتند ($P < 0.05$, SNK).

در بررسی رفتار سویچینگ، وجود رابطه رگرسیونی میان نسبت تخم کنه تارتن دولکه‌ای به مجموع طعمه‌های ارائه شده (تخم + ماده) به کنه شکارگر به‌عنوان متغیر مستقل (X) و مقادیر محاسبه شده شاخص بتای منلی در هر نسبت به‌عنوان متغیر وابسته (Y)، مورد مطالعه قرار گرفت (Heydari *et al*. 2016; Moradi *et al*. 2019). بر اساس این روش، در صورتی‌که رفتار سویچینگ در دشمن طبیعی مورد مطالعه وجود داشته باشد، رابطه رگرسیونی معنی‌دار خواهد بود.

نتایج و بحث

بیماری‌زایی قارچ بیمارگر *B. bassiana* علیه کنه تارتن دولکه‌ای

نتایج حاصل از آزمون زیست‌سنجی که بیانگر میزان کشندگی قارچ بیمارگر *B. bassiana* علیه کنه‌های ماده بالغ *T. urticae* می‌باشد، در جدول ۱ نشان داده شده است. همان‌گونه که در این جدول مشاهده می‌شود، مدل پروبیت برازش مناسبی با داده‌های به‌دست آمده داشته است ($P = 0.73$). علاوه بر این، پایین بودن مقدار محاسبه شده آماره مربع کای (χ^2) نشان‌دهنده نزدیکی داده‌های محاسبه شده توسط مدل پروبیت و داده‌های مشاهده شده می‌باشد. مقدار به‌دست آمده آماره R^2 نیز نشان می‌دهد که ۹۸/۶ درصد تغییرات مشاهده شده در میزان مرگ و میر کنه‌های بالغ به‌دلیل تغییر در غلظت‌های مورد مطالعه می‌باشد که این مسأله دقت مناسب آزمایش صورت گرفته را نشان می‌دهد. آن‌چه که در پژوهش حاضر مشاهده شد، اثرات قابل قبول ایزوله MZ قارچ بیمارگر *B. bassiana* در ایجاد مرگ و میر در جمعیت کنه تارتن دولکه‌ای بود. این اثر در ارتباط با سایر ایزوله‌های این بیمارگر نیز مشاهده شده است. در پژوهش صورت گرفته توسط سیدطالبی و همکاران (Seyed-Talebi *et al*., 2012) مشخص شد که ایزوله EUT105 این بیمارگر نیز از توان قابل توجهی به‌منظور کاهش جمعیت کنه تارتن دولکه‌ای برخوردار است. در مطالعات مشابه صورت گرفته، وان در گست و همکاران (van der Geest *et al*., 2000) و سیدی و همکاران (Seiedy *et al*., 2010) نیز به این مهم اشاره می‌نمایند. بررسی‌های صورت گرفته توسط شی و فنگ (Shi and Feng, 2009) نیز نشان داد که قارچ بیمارگر *B. bassiana* به‌خوبی قادر به کاهش توان تولیدمثلی کنه تارتن دولکه‌ای می‌باشد. اینگونه شواهد نشان‌دهنده توان قابل توجه قارچ‌های بیمارگر حشرات به‌منظور کاهش جمعیت کنه‌های تارتن می‌باشند و باتوجه به این‌که در کنترل شیمیایی این گروه از آفات عوارض نامطلوب متعددی مشاهده می‌شود، استفاده از بیمارگرهایی نظیر *B. bassiana* می‌تواند به‌عنوان راهکاری پایدار مدنظر قرار گیرد.

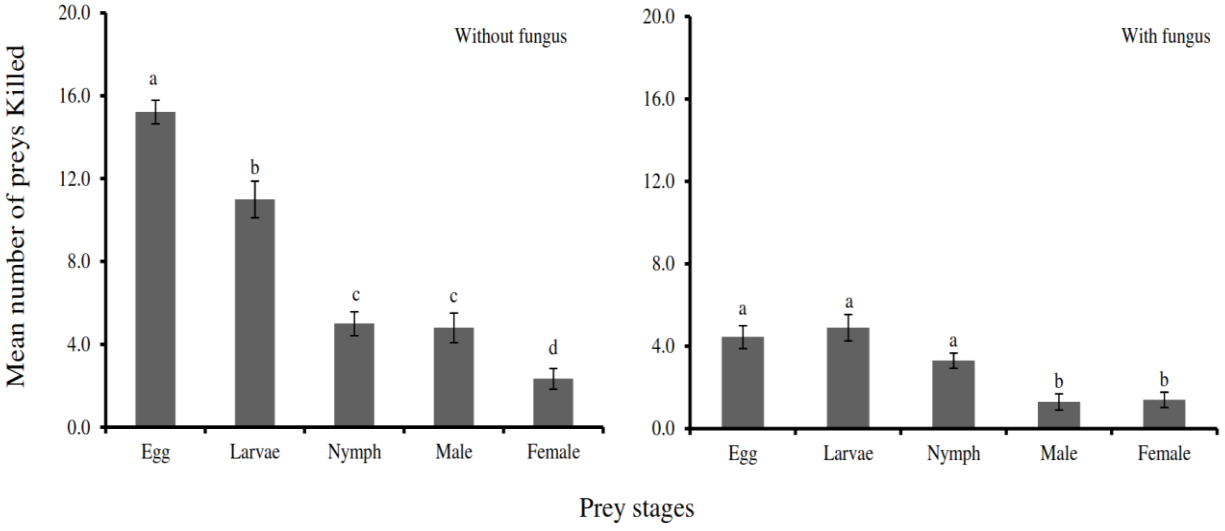
جدول ۱- تجزیه پروبیت و بیماری‌زایی قارچ بیمارگر *Beauveria bassiana* نسبت به افراد ماده بالغ کنه *Tetranychus urticae*

Table 1. Probit analyses and pathogenecity of *Beauveria bassiana* to female individuals of *Tetranychus urticae*

LC_{50} Conidia/ml	Intercept ± SE	Slope ± SE	χ^2 (*df*)	R^2	*P*-value
13312589	-1.6952 ± 0.1532	0.0238 ± 0.026	2.03 (4)	0.986	0.73

آزمون شکارگری غیرانتخابی در شرایط حضور و عدم حضور قارچ بیمارگر *B. bassiana*

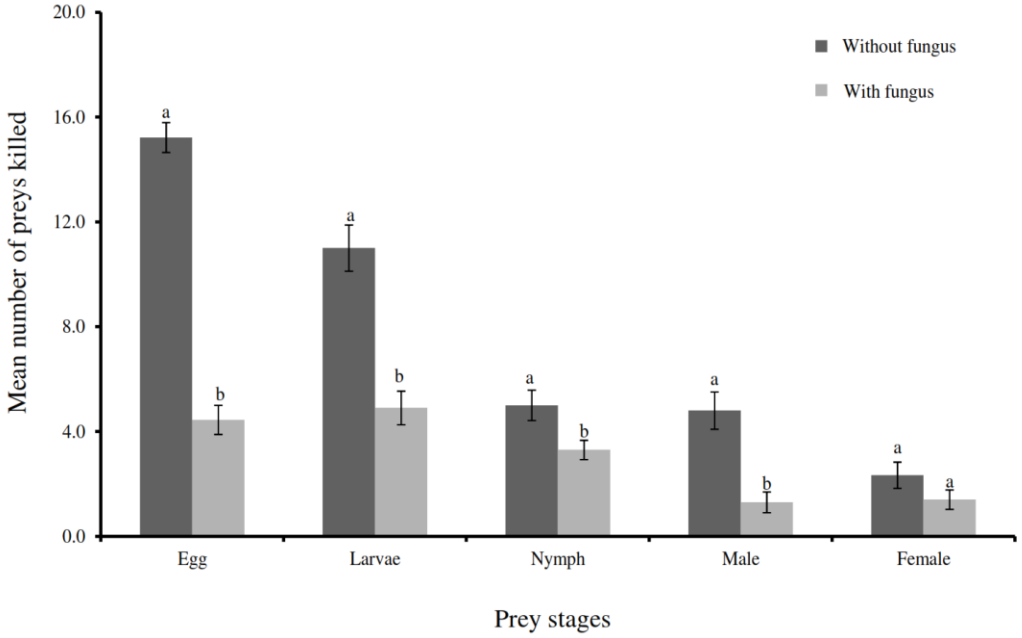
میزان تغذیه کنه شکارگر *P. persimilis* از مراحل مختلف رشدی کنه تارتن دولکه‌ای در شرایط غیرانتخابی و اثرات غلظت LC_{50} قارچ بیمارگر *B. bassiana* بر این پارامتر در شکل ۱ نشان داده شده است. نتایج به دست آمده نشان داد که میزان شکارگری کنه شکارگر *P. persimilis* از مراحل مختلف رشدی کنه تارتن دولکه‌ای در هر دو شرایط حضور ($F = 12.40, P < 0.0001$) و عدم حضور ($F = 62.29, P < 0.0001$) قارچ بیمارگر *B. bassiana* به‌صورت معنی‌داری متفاوت می‌باشد. در شرایط عدم حضور قارچ بیمارگر، بیش‌ترین میزان تغذیه کنه شکارگر از مرحله تخم (۱۵/۲۲ تخم) و کم‌ترین میزان تغذیه نیز از کنه‌های ماده بالغ (۲/۳۳ ماده) ثبت شد. در این آزمون و پس از استفاده از غلظت LC_{50} قارچ بیمارگر، میزان تغذیه از تخم به مقدار قابل توجهی کاهش یافت، به گونه‌ای که بیش‌ترین میزان تغذیه کنه‌های شکارگر از مرحله لاروی طعمه مشاهده شد (۴/۹۰ لارو). البته همانند مرحله قبل، کم‌ترین میزان تغذیه دوباره از افراد بالغ نر و ماده مشاهده شد.



شکل ۱- میانگین (±خطای معیار) تعداد طعمه خورده شده توسط کنه شکارگر *Phytoseiulus persimilis* از مراحل مختلف رشدی کنه *Tetranychus urticae* در آزمون شکارگری غیرانتخابی در شرایط حضور (راست) و عدم حضور (چپ) قارچ بیمارگر *Beauveria bassiana* (LC_{50}). حروف متفاوت بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها می‌باشند (SNK, $P < 0.05$).

Figure 1. Mean (±SE) of preys eaten by predatory mite, *Phytoseiulus persimilis* on different life stages of *Tetranychus urticae* in no-choice test with (right) and without (left) pathogenic fungus, *Beauveria bassiana* (LC_{50}). Different letters indicate significant differences among the means (SNK, $P < 0.05$).

مقایسه میزان تغذیه کنه‌های شکارگر بالغ از مراحل مختلف رشدی کنه تارتن دولکه‌ای در شرایط حضور و عدم حضور قارچ بیمارگر *B. bassiana* در شکل ۲ نمایش داده شده است. در شرایط حضور قارچ بیمارگر میزان تغذیه کنه شکارگر از مراحل مختلف رشدی کنه تارتن دولکه‌ای به‌صورت قابل ملاحظه‌ای کاهش یافت و اختلافات مشاهده شده تنها در میزان تغذیه از کنه‌های تارتن ماده معنی‌دار نبود (تخم: $P = 0.000$, $T = 13.52$، لارو: $P = 0.000$, $T = 5.60$، نمف $P = 0.027$, $T = 2.49$، نر بالغ: $P = 0.001$, $T = 4.30$ = و ماده بالغ: $P = 0.155$, $T = 1.50$).



شکل ۲- اثرات قارچ بیمارگر *Beauveria bassiana* (LC_{50}) بر میانگین تعداد طعمه خورده شده (±خطای معیار) از مراحل مختلف رشدی کنه *Tetranychus urticae* توسط کنه شکارگر *Phytoseiulus persimilis* در آزمون ترجیح غیرانتخابی. در هر مرحله رشدی، حروف متفاوت بیانگر وجود اختلاف معنی دار می باشند (T-test, $P < 0.05$).

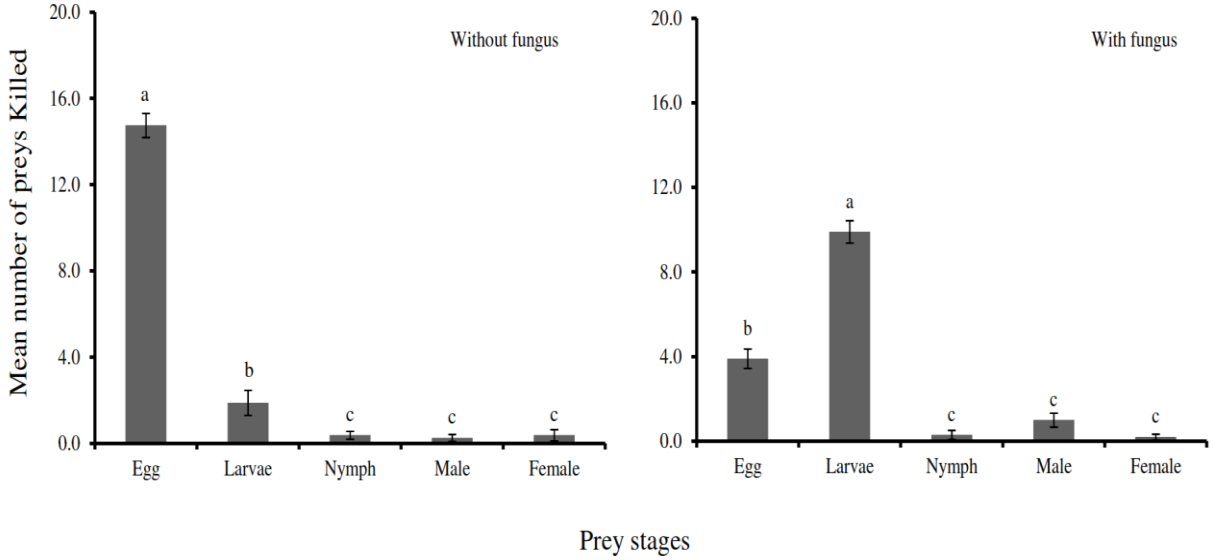
Figure 2. Effects of pathogenic fungus, *Beauveria bassiana* (LC_{50}) on mean number of preys eaten (±SE) on different life stages of *Tetranychus urticae* by predatory mite, *Phytoseiulus persimilis* in no-choice test. In each stage, different letters indicate significant differences (T-test, $P < 0.05$).

کاهش میزان تغذیه از طعمه‌های آلوده می‌تواند به دلیل توانایی تشخیص کنه‌های بالغ *P. persimilis* باشد. بر اساس نظر سیدی و همکاران (Seiedy *et al.*, 2013)، کنه شکارگر *P. persimilis* قادر است کنه‌های تارتن آلوده به قارچ بیمارگر *B. bassiana* را تشخیص داده و از تغذیه آن‌ها خودداری کند. این توانایی در پژوهش صورت گرفته توسط وو و همکاران (Wu *et al.*, 2018) نیز مورد اشاره قرار گرفته است. قدرت تشخیص سفید بالک‌های آلوده به قارچ بیمارگر *B. bassiana* و خودداری از تغذیه آن‌ها در کنه شکارگر *Amblyseius swirskii* Athias-Henriot نیز مشاهده شده است (Seiedy, 2015). طی بررسی‌های صورت گرفته توسط باوراستوک و همکاران (Baverstock *et al.*, 2009) مشخص شد که ترکیبات شیمیایی متصاعد شده از قارچ‌های بیمارگر حشرات توسط دشمنان طبیعی تشخیص داده شده و به‌عنوان ابزاری جهت اجتناب از برخورد با آن‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند. علاوه بر این، در پژوهش صورت

گرفته توسط وو و همکاران (Wu *et al.*, 2018) به رفتار حذف اسپورهای بیماری‌زا از سطح بدن (Grooming behavior) در کنه شکارگر *P. persimilis* اشاره شده است. این محققین بیان می‌کنند که هر فرد شکارگر روی برگ‌های آلوده به اسپورهای بیماری‌زای قارچ بیمارگر *B. bassiana* به‌صورت متوسط زمانی در حدود دو دقیقه را صرف تمیز کردن قسمت‌های مختلف بدن خود و حذف اسپورهای بیماری‌زا می‌نماید. بر همین اساس، می‌توان بیان نمود که کاهش میزان تغذیه کنه شکارگر *P. persimilis* از مراحل مختلف رشدی کنه *T. uritcae* در حضور قارچ بیمارگر *B. bassiana* می‌تواند ناشی از زمانی باشد که کنه‌های شکارگر صرف تمیز کردن قسمت‌های مختلف بدن خود و حذف اسپورهای بیماری‌زا می‌نمایند.

تأثیر قارچ بیمارگر *B. bassiana* بر شکارگری کنه *P. persimilis* در شرایط انتخابی

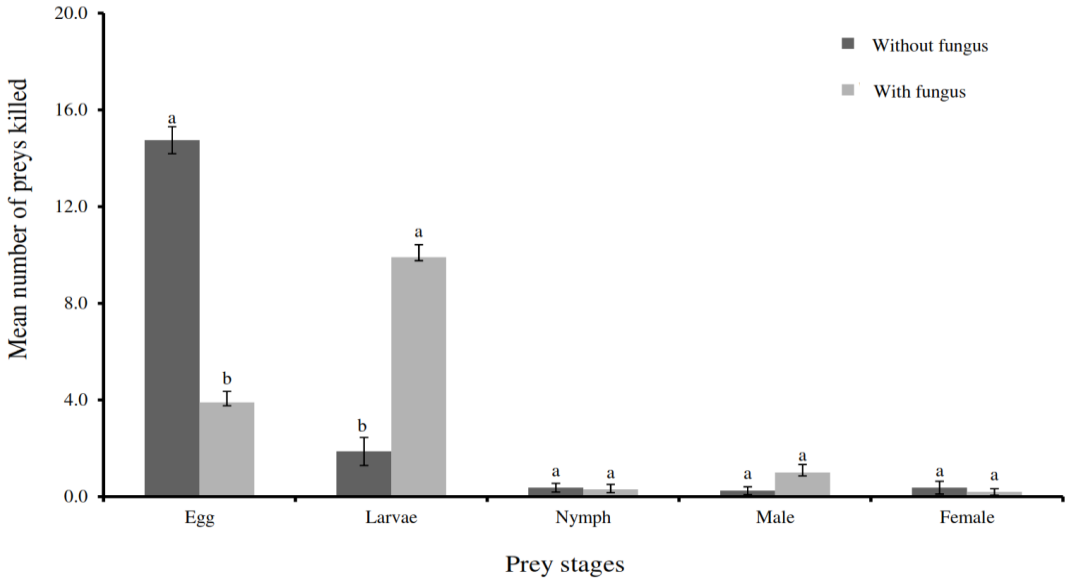
نتایج حاصل از آزمون شکارگری کنه شکارگر *P. persimilis* از مراحل مختلف رشدی کنه تارتن دولکه‌ای در شرایط انتخابی در شکل ۳ نشان داده شده است. در آزمون انتخابی نیز میزان تغذیه کنه شکارگر از مراحل مختلف رشدی کنه تارتن دولکه‌ای در شرایط حضور ($F = 127.69$; $P < 0.0001$) و عدم حضور ($F = 255.60$; $P < 0.0001$) قارچ بیمارگر *B. bassiana* از نظر آماری متفاوت بود. همانند آزمون غیرانتخابی، بیش‌ترین (۱۴/۷۵ تخم) میزان تغذیه کنه‌های شکارگر ماده در شرایط عدم حضور قارچ بیمارگر از مرحله تخم کنه تارتن دولکه‌ای مشاهده شد. کم‌ترین میزان شکارگری نیز روی مراحل نمفی و کنه‌های بالغ نر و ماده مشاهده شد که از نظر آماری تفاوت معنی‌داری میان میزان تغذیه کنه شکارگر از این مراحل رشدی مشاهده نشد. در شرایط حضور قارچ بیمارگر *B. bassiana*، بیش‌ترین میزان تغذیه کنه شکارگر *P. persimilis* از مرحله لاروی کنه تارتن دولکه‌ای مشاهده شد (۹/۹۰ لارو) که اختلاف معنی‌داری با سایر مراحل رشدی طعمه داشت.



شکل ۳- میانگین (±خطای معیار) تعداد طعمه خورده شده توسط کنه شکارگر *Phytoseiulus persimilis* از مراحل مختلف رشدی کنه *Tetranychus urticae* در آزمون شکارگری انتخابی در شرایط حضور (راست) و عدم حضور (چپ) قارچ بیمارگر *Beauveria bassiana* (LC_{50}). حروف متفاوت بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها می‌باشند (SNK, $P < 0.05$).

Figure 3. Mean (±SE) of preys eaten by predatory mite *Phytoseiulus persimilis* on different life stages of *Tetranychus urticae* in choice test with (right) and without (left) pathogenic fungus *Beauveria bassiana* (LC_{50}). Different letters indicate significant differences among the means (SNK, $P < 0.05$).

مقایسه میزان تغذیه کنه شکارگر *P. persimilis* از مراحل مختلف رشدی طعمه در آزمون شکارگری انتخابی و در شرایط حضور و عدم حضور قارچ بیمارگر *B. bassiana* در شکل ۴ نشان داده شده است. میزان تغذیه در دو مرحله رشدی تخم و لارو از نظر آماری متفاوت می‌باشد (تخم: $P = 0.000$, $T = 15.01$ و لارو: $P = 0.000$, $T = -10.24$)، اما در سایر مراحل رشدی اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (نمف: $P = 0.793$, $T = 0.27$، بالغ نر: $P = 0.066$, $T = -2.02$ و بالغ ماده: $P = 0.566$, $T = 0.59$).



شکل ۴- اثرات قارچ بیمارگر *Beauveria bassiana* (LC_{50}) بر میانگین تعداد طعمه خورده شده (±خطای معیار) از مراحل مختلف رشدی کنه *Tetranychus urticae* توسط کنه شکارگر *Phytoseiulus persimilis* در آزمون ترجیح انتخابی. در هر مرحله رشدی، حروف متفاوت بیانگر وجود اختلاف معنی دار می باشند (T-test, $P < 0.05$).

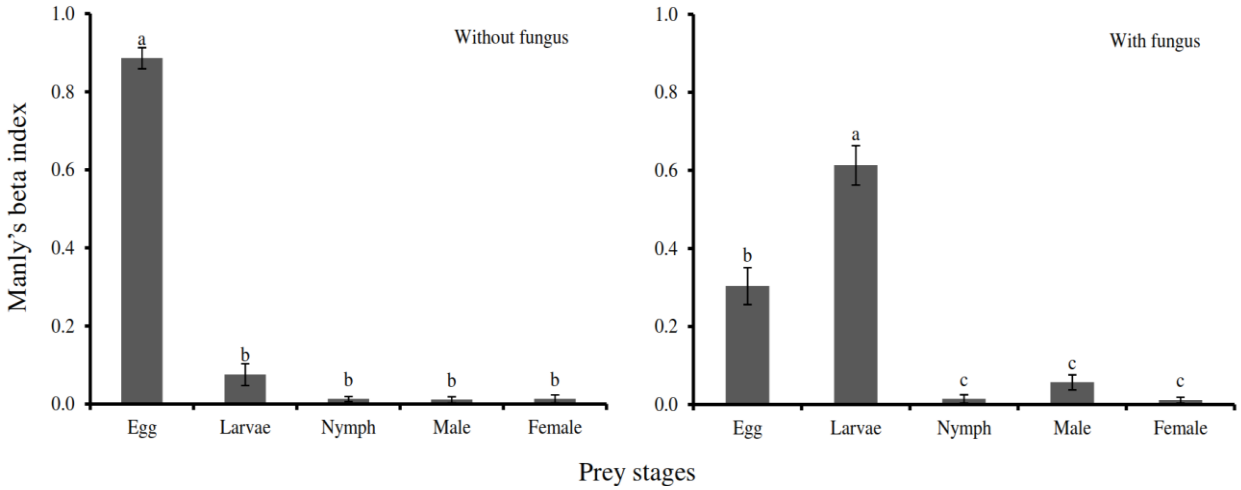
Figure 4. Effects of pathogenic fungus, *Beauveria bassiana* (LC_{50}) on mean number of preys eaten (±SE) on different life stages of *Tetranychus urticae* by predatory mite, *Phytoseiulus persimilis* in choice test. In each stage, different letters indicate significant differences (T-test, $P < 0.05$).

همان‌گونه که نتایج به دست آمده در پژوهش حاضر نشان می‌دهد، در هر دو آزمون شکارگری انتخابی و غیرانتخابی در شرایط عدم حضور قارچ بیمارگر، کنه شکارگر *P. persimilis* تغذیه بیش‌تری از مرحله تخم کنه تارتن دولکه‌ای در مقایسه با سایر مراحل رشدی این آفت داشته است. با وجود این، پس از استفاده از غلظت LC_{50} قارچ بیمارگر *B. bassiana*، میزان تغذیه از مرحله تخم در هر دو آزمون انتخابی و غیر انتخابی به‌صورت معنی‌داری کاهش یافت. با توجه به این‌که مرحله تخم فاقد حرکت می‌باشد، لذا احتمال این‌که کنه تارتن بتواند در این مرحله رشدی اسپورهای بیماری‌زای قارچ را از خود دور نماید، عملاً غیر ممکن می‌باشد و بر همین اساس، آلودگی تخم نسبت به سایر مراحل رشدی بالاتر می‌باشد. با توجه به قدرت کنه شکارگر *P. persimilis* در تشخیص طعمه‌های آلوده به بیمارگر *B. bassiana*، این موضوع می‌تواند دلیلی مناسب برای کاهش میزان تغذیه کنه‌های شکارگر از تخم‌های آلوده کنه تارتن دولکه‌ای باشد. کاهش میزان تغذیه از طعمه‌های آلوده به بیمارگر قارچی *B. bassiana* در سن شکارگر *Anthocoris*

nemorum (L.) نیز مشاهده شده است (Meyling and Pell, 2006).

ترجیح مراحل مختلف رشدی کنه تارتن دولکه‌ای توسط کنه شکارگر *P. persimilis* در شرایط حضور و عدم حضور قارچ بیمارگر *B. bassiana*

در پژوهش حاضر، به‌منظور مطالعه ترجیح تغذیه‌ای کنه شکارگر *P. persimilis* نسبت به مراحل مختلف رشدی کنه تارتن دولکه‌ای در هر دو شرایط حضور و عدم حضور قارچ بیمارگر *B. bassiana* از شاخص بتای منلی استفاده شد (شکل ۵). بر اساس نتایج به‌دست آمده، در هر دو شرایط مورد مطالعه تفاوت معنی‌داری میان مقادیر محاسبه شده شاخص بتای منلی برای مراحل مختلف رشدی کنه تارتن دولکه‌ای وجود داشت (عدم حضور بیمارگر $F = 433.26$; $P < 0.0001$، حضور بیمارگر $F = 63.88$; $P < 0.0001$). بیش‌ترین ترجیح کنه شکارگر *P. persimilis* در شرایط عدم حضور قارچ بیمارگر نسبت به تغذیه از مرحله تخم کنه تارتن دولکه‌ای بود، اما پس از استفاده از قارچ بیمارگر *B. bassiana* شکارگرهای ماده تمایل خود به تغذیه از تخم‌های آلوده را کاهش داده و بیش‌ترین ترجیح را نسبت به تغذیه از مرحله لاروی این آفت نشان دادند. در بررسی‌های صورت گرفته توسط سیدی و معزی‌پور (Seiedy and Moezipour, 2017) به این نکته اشاره شده است که بیماری‌زایی قارچ بیمارگر *B. bassiana* روی مرحله تخم کنه تارتن دولکه‌ای بسیار بالا می‌باشد و در شرایط مساعد این بیمارگر قادر است حدود ۸۰ درصد جمعیت تخم این آفت را آلوده نماید. توانایی ایجاد آلودگی در تخم‌های کنه تارتن دولکه‌ای توسط قارچ بیمارگر *B. bassiana* در پژوهش‌های صورت گرفته توسط ارلر و همکاران (Erler *et al.*, 2013) نیز مورد اشاره قرار گرفته است. این مسأله می‌تواند دلیل مناسبی برای کاهش میزان ترجیح کنه شکارگر *P. persimilis* نسبت به تخم‌های آلوده این آفت باشد. باتوجه به این‌که کنه شکارگر *P. persimilis* میزان تغذیه خود از تخم‌های آلوده کنه تارتن دولکه‌ای را کاهش می‌دهد، لذا به‌منظور کسب میزان انرژی مورد نیاز روزانه خود میزان تغذیه از لاروهای این آفت را افزایش می‌دهد. بر همین اساس، افزایش قابل توجه شاخص بتای منلی برای مرحله لاروی کنه تارتن دولکه‌ای در شرایط حضور قارچ بیمارگر *B. bassiana* مشاهده شد.

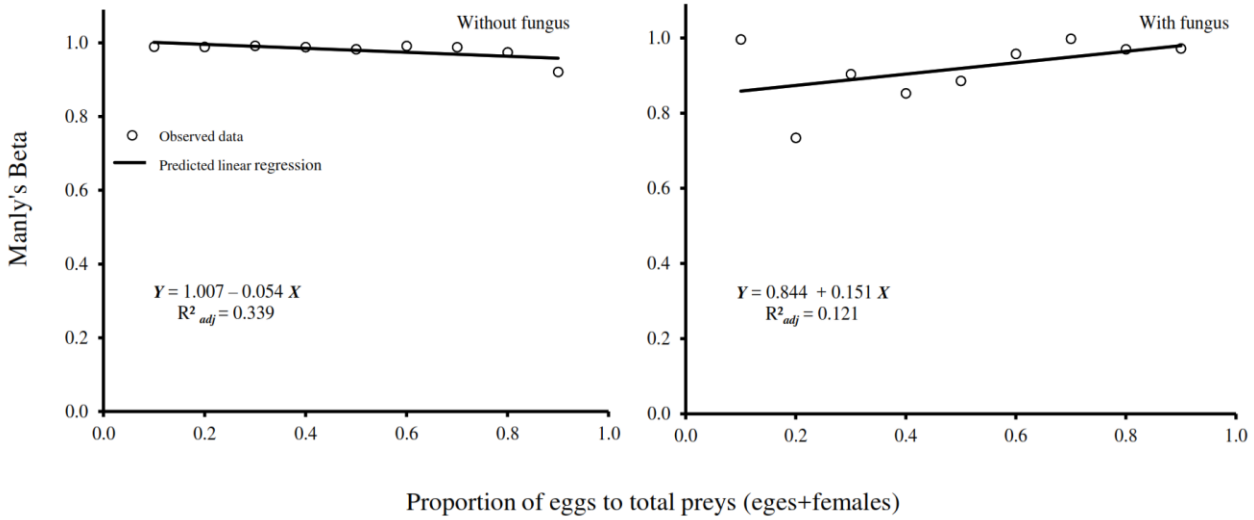


شکل ۵- میانگین (±خطای معیار) شاخص بتای منلی (ß) در آزمون ترجیح غذایی کنه شکارگر *Phytoseiulus persimilis* روی مراحل مختلف رشدی کنه *Tetranychus urticae* در شرایط حضور (راست) و عدم حضور (چپ) قارچ بیمارگر *Beauveria bassiana* (LC_{50}). حروف متفاوت بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها می‌باشند (SNK, $P < 0.05$).

Figure 5. Mean (±SE) of Manly's preference index (ß) for predatory mite *Phytoseiulus persimilis* on different life stages of *Tetranychus urticae* with (right) and without (left) pathogenic fungus *Beauveria bassiana* (LC_{50}). Different letters indicate significant differences among the means (SNK, $P < 0.05$).

اثرات قارچ بیمارگر *B. bassiana* بر رفتار سویچینگ کنه شکارگر *P. persimilis*

نتایج حاصل از مطالعه رفتار سویچینگ کنه شکارگر *P. persimilis* نسبت به تراکم‌های مختلف تخم و افراد ماده بالغ کنه تارتن دولکه‌ای در شرایط حضور و عدم حضور غلظت LC_{50} قارچ بیمارگر *B. bassiana* در شکل ۶ نشان داده شده است. بر اساس نتایج به‌دست آمده، رابطه رگرسیونی بین نسبت تخم کنه تارتن دولکه‌ای به مجموع طعمه ارائه شده (تخم+کنه ماده) و مقادیر محاسبه شده شاخص بتای منلی برای کنه شکارگر *P. persimilis* از نظر آماری معنی‌دار نبود ($P = 0.058$) که این امر حاکی از عدم وجود رفتار سویچینگ در کنه شکارگر *P. persimilis* می‌باشد. علاوه بر این، تیمار تخم کنه تارتن دولکه‌ای با غلظت LC_{50} قارچ بیمارگر *B. bassiana* نیز این رفتار را تحت تأثیر خود قرار نداد و در شرایط حضور قارچ بیمارگر نیز رفتار سویچینگ در کنه شکارگر *P. persimilis* مشاهده نشد ($P = 0.190$).



شکل ۶- رابطه رگرسیونی برازش داده شده بین نسبت شمار تخم خورده شده کنه *Tetranychus urticae* به مجموع طعمه‌ها و مقدار شاخص بتای منلی (β) محاسبه شده برای کنه شکارگر *Phytoseiulus persimilis* در شرایط حضور (راست) و عدم حضور (چپ) قارچ بیمارگر *Beauveria bassiana* (LC_{50})

Figure 6. Fitted regression relationship between the proportions of consumed eggs of *Tetranychus urticae* to total preys and preference index (β) of *Phytoseiulus persimilis* with (right) and without (left) pathogenic fungus *Beauveria bassiana* (LC_{50}).

با در نظر گرفتن این نکته که مشاهده رفتار سویچینگ در یک دشمن طبیعی نشانگر تغییر در ترجیح غذایی آن از طعمه مرجح به طعمه غیرمرجح می‌باشد، عدم مشاهده این رفتار در کنه شکارگر *P. persimilis* نشان داد که اگر نسبت تخم کنه تارتن دولکه‌ای (طعمه مرجح) که در واحدهای آزمایش در اختیار افراد ماده شکارگر قرار داده می‌شوند کاهش یابد و به ازای آن به نسبت کنه‌های تارتن ماده بالغ (طعمه غیرمرجح) موجود در محیط اضافه شود، این کنه شکارگر ترجیح تغذیه‌ای خود را تغییر نمی‌دهد. این مسأله می‌تواند استفاده همزمان از قارچ بیمارگر *B. bassiana* و کنه شکارگر *P. persimilis* در برنامه‌های مدیریت تلفیقی کنه تارتن دولکه‌ای را تحت تأثیر خود قرار دهد. یافته‌های پژوهش

حاضر نشان می‌دهد که کنه شکارگر *P. persimilis* هنگامی‌که در مواجهه با تخم‌های آلوده کنه تارتن دولکه‌ای قرار می‌گیرد نیز توانایی تغییر ترجیح تغذیه‌ای خود به تغذیه از کنه‌های ماده بالغ را ندارد. باتوجه به این نکته که کنه شکارگر *P. persimilis* توانایی تشخیص طعمه‌های آلوده به بیمارگر *B. bassiana* را دارا می‌باشد، بنابراین میزان تغذیه از تخم‌های آلوده را کاهش می‌دهد که این امر می‌تواند دریافت انرژی مورد نیاز روزانه این دشمن طبیعی و به تبع آن کارایی بیولوژیک آن‌را به‌طرز چشمگیری کاهش دهد. لازم به ذکر است که در شرایطی که سایر مراحل رشدی کنه تارتن دولکه‌ای که توسط کنه شکارگر *P. persimilis* ترجیح داده می‌شوند در محیط حضور داشته باشند (مانند لارو)، این امیدواری وجود دارد که چنین اثرات نامطلوبی کاهش یابد. اما اگر چنین شرایطی موجود نباشد (مانند بررسی حاضر)، اثرات نامطلوب استفاده هم‌زمان از قارچ بیمارگر *B. bassiana* و کنه شکارگر *P. persimilis* می‌تواند بسیار چشمگیرتر باشد.

رفتار سویچینگ در شکارگرهای عمومی مانند سن‌های شکارگر به‌خوبی مورد مطالعه قرار گرفته است (Jaworski *et al*., 2013). در بررسی‌های صورت گرفته توسط لوکاس و همکاران (Lucas *et al*., 1997) مشخص شد که رفتار سویچینگ در کفشدوزک‌ها وجود ندارد. بر اساس نظر مورداک و مارکس (Murdoch and Marks, 1973)، برای آن‌که یک شکارگر بتواند رفتار سویچینگ را از خود نشان دهد باید توانایی بروز رفتارهای جستجوگری متفاوت در مواجهه با طعمه‌های مختلف را دارا باشد. پژوهش‌های صورت گرفته توسط جاورسکی و همکاران (Jaworski *et al*., 2013) وجود رفتار سویچینگ در سن‌های شکارگر را تأیید نمود. در پژوهش‌های صورت گرفته توسط ژیائو و فادامیرو (Xiao and Fadamiro, 2010) مشخص شد که رفتار سویچینگ در کنه شکارگر *P. persimilis* مشاهده نمی‌شود. این گزارش هم‌سو با یافته‌های حاصل از پژوهش حاضر می‌باشد. در مطالعه‌ای دیگر رفتار سویچینگ در ۵ گونه کنه شکارگر شامل *Euseius finlandicus* (Oudemans)، *Typhlodromus pyri* Scheuten، *Galendromus occidentalis* (Nesbitt)، *Neoseiulus fallacies* (Garman) و *P. prsimilis* مورد مطالعه قرار گرفت که نتایج به دست آمده نشان داد که تنها گونه *T. pyri* این ویژگی رفتاری را از خود بروز می‌دهد (Blackwood *et al*., 2001). خدایاری و همکاران (Khodayari *et al*., 2016) در بررسی‌های خود رفتار سویچینگ را به‌صورت بسیار بارز در کنه شکارگر *Phytoseius plumifer* Canestrini and Fanzago مشاهده نمودند. دارا بودن رفتار سویچینگ دشمنان طبیعی را قادر می‌سازد تا در شرایط کمبود طعمه مرجح خود بتوانند زنده بمانند و در غیر این‌صورت، اثرات نامطلوب ایجاد شده بسیار حائز اهمیت خواهند بود. علاوه بر این، دارا بودن قدرت سویچ در دشمنان طبیعی همواره جمعیت شکارهایی که مورد تغذیه قرار می‌گیرند را به‌صورت متعادل حفظ خواهد نمود (Murdoch and Marks, 1973). البته لازم به ذکر است که انجام چنین بررسی‌هایی در شرایط گلخانه بسیار ضروری می‌باشد. بدون تردید نتایج حاصل از بررسی‌های آزمایشگاهی را نمی‌توان به‌صورت کامل به‌شرایط گلخانه تعمیم داد، زیرا شرایط محیط آزمایش رفتارهای شکارگری دشمنان طبیعی را تحت تأثیر خود قرار می‌دهد (Pratt *et al*., 2002).

سپاسگزاری

پژوهش حاضر با حمایت‌های مالی دانشگاه یاسوج انجام پذیرفته است که نویسندگان بدین وسیله مراتب تشکر و قدردانی خود را اعلام می‌دارند. هم‌چنین، از جناب آقای دکتر رضا طلایی حسنلویی (دانشگاه تهران) به‌منظور در اختیار گذاشتن جدایه قارچ بیمارگر مورد مطالعه صمیمانه قدردانی می‌شود.

References

Alipour, Z., Fathipour, Y. and 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.

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

Baverstock, J., Roy, H.E. and Pell, J. K. 2009. Entomopathogenic fungi and insect behavior: from unsuspecting hosts to targeted vectors. **BioControl** 55: 89-102.

Blackwood, J., Schausberger, P. and Croft, B. 2001. Prey-stage preference in generalist and specialist phytoseiid mites (Acari: Phytoseiidae) when offered *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) eggs and larvae. **Environmental Entomology** 30: 1103-1111.

DeBach, P. 1964. Biological control of insect pests and weeds. Chapman and Hall/London.

Erler, F., Ates, A.O. and Bahar, Y. 2013. Evaluation of two entomopathogenic fungi, *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae*, for the control of carmine spider mite, *Tetranychus cinnabarinus* (Boisduval) under greenhouse conditions. **Egyptian Journal of Biological Pest Control** 23: 233-240.

Escudero, L.A. and Ferragut, F. 2005. Life-history of predatory mites *Neoseiulus californicus* and *Phytoseiulus persimilis* (Acari: Phytoseiidae) on four spider mite species as prey, with special reference to *Tetranychus evansi* (Acari: Tetranychidae). **Biological Control** 32: 378-384.

Fathipour, Y., Karimi, M., Farazmand, A. and Talebi, A. A. 2018. Age-specific functional response and predation capacity of *Phytoseiulus persimilis* (Phytoseiidae) on the two-spotted spider mite. **Acarologia** 58 (1): 31-40.

Hajek, A. E. 2004. Natural enemies: an introduction to biological control. Cambridge University Press.

Heydari, S., Allahyari, H. and Zahedi Golpayegani, A. 2016. Prey preference and switching behavior of *Amblyseius swirskii* (Acari: Phytoseiidae) on greenhouse whitefly and two-spotted spider mite. **Iranian Journal of Plant Protection Science** 47: 139-150.

Jacobson, R. J., Chandler, D., Fenlon, J. and Russell, K. M. 2001. Compatibility of *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin with *Amblyseius cucumeris* Oudemans (Acarina: Phytoseiidae) to control *Frankliniella occidentalis* Pergande (Thysanoptera: Thripidae) on cucumber plants. **Biocontrol Science and Technology** 11: 391-400.

Jaworski, C. C., Bompard, A., Genies, L., Amiens-Desneux, E. and Desneux, N. 2013. Preference and prey switching in a generalist predator attacking local and invasive alien pests. **Plos One** 8(12): 1-10.

Khodayari, S., Fathipour, Y. and Sedaratian, A. 2016. Prey stage preference, switching and mutual interference of *Phytoseius plumifer* (Acari: Phytoseiidae) on *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). **Systematic and Applied Acarology** 21(3): 347-355.

Lucas, E., Coderre, D. and Vincent, C. 1997. Voracity and feeding preferences of two aphidophagous coccinellids on *Aphis citricola* and *Tetranychus urticae*. **Entomologia Experimentalis et Applicata** 85: 151-159.

Maleknia, B., Zahedi-Golpayegani, A., Farhoudi, F., Mirkhalilzadeh, S. R. and Allahyari, H. 2012. Effect of a heterospecific predator on the oviposition behavior of *Phytoseiulus persimilis.* **Persian Journal of Acarology** 1(1): 17-24.

Manly, B. F. J., Miller, P. and Cook, L. M. 1972. Analysis of a selective predation experiment. **American Naturalist** 106: 719-736.

McMurtry, J. A., Moraes, G. J. D. and Sourassou, N. F. 2013. Revision of the lifestyles of phytoseiid mites (Acari: Phytoseiidae) and implications for biological control strategies. **Systematic and Applied Acarology** 18: 297-320.

Meyling, N. V. and Pell, J. K. 2006. Detection and avoidance an entomopathogenic fungus by a generalist insect predator**. Ecological Entomology** 31: 162-171.

Moradi, M., Hassanpour, M., Golizadeh, A. and Fathi, S. A. A. 2019. Prey preference and switching of the green lacewing *Chrysoperla carnea* on the citrus aphid *Aphis spiraecola* and the melon aphid *Aphis gossypii*. **Plant Pest Research** 8 (4): 43-54.

Murdoch, W. W. 1969. Switching in general predator specificity and stability of prey populations. **Ecological Monographs** 39: 335-354.

Murdoch, W.W. and Marks, J. 1973. Predation by coccinellid beetles: experiments on switching. **Ecology** 160-167.

Pilkington, L. J., Messelink, G., Van Lenteren, J. C., and Le Mottee, K. 2010. Protected biological control-biological pest management in the greenhouse industry. **Biological Control** 52: 216-220.

Pratt, P., Rosetta, R. and Croft, B. 2002. Plant-related factors influence the effectiveness of *Neoseiulus fallacis* (Acari: Phytoseiidae), a biological control agent of spider mites on landscape ornamental plants. **Journal of Economic Entomology** 95: 1135-1141.

Quesada-Moraga, E., Ruiz-García, A. and Santiago-Alvarez, C. 2006. Laboratory evaluation of entomopathogenic fungi *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* against puparia and adults of *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae). **Journal of Economic Entomology** 99(6): 1955-1966.

Rashki, M. and Shirvani, A. 2013. The effect of entomopathogenic fungus, *Beauveria bassiana* on life table parameters and behavioural response of *Aphis gossypii*. **Bulletin of Insectology** 66(1): 85-91.

Rezaei, E., Sedaratian-Jahromi, A., Ghane-Jahromi, M. and Haghani, M. 2018. How sublethal concentrations of Bifenazate affect biological parameters of *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) at laboratory conditions. **Journal of Entomological Society of Iran** 38(3): 345-359.

Sabelis, M. W. and Dicke, M. 1985. Long-range dispersal and searching behaviour. In Helle, W. and Sabelis, M. W. (Eds.). Spider mites: their biology, natural enemies and control. Elsevier, Amsterdam. pp. 141-160.

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

Sedaratian, A., Fathipour, Y. and Moharramipour, S. 2011. Comparative life table analysis of *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) on 14 soybean genotypes. **Insect Science** 18: 541-553.

Seiedy, M. 2015. Compatibility of *Amblyseius swirskii* (Acari: Phytoseiidae) and *Beauveria bassiana* for biological control of *Trialeurodes vaporariorum* (Hemiptera: Aleyrodidae). **Systematic and Applied Acarology** 20: 731-738.

Seiedy, M. and Moezipour, M. 2017. The entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana* and its compatibility with *Phytoseiulus persimilis* (Acari: Phytoseiidae): Effects on *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). **Persian Journal of Acarology** 6(4): 329-338.

Seiedy, M., Saboori, A. and Zahedi-Golpayegani, A. 2013. Olfactory response of *Phytoseiulus persimilis* (Acari: Phytoseiidae) to untreated and *Beauveria bassiana*-treated *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). **Experimental and Applied Acarology** 60: 219-227.

Seiedy, M., Saboori, A., Allahyari, H., Talaei-Hassanloui, R. and Tork, M. 2010. Laboratory investigation on the virulence of two isolates of the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana* against the twospotted mite *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). **International Journal of Acarology** 36: 527-532.

Seiedy, M., Saboori, A., Allahyari, H., Talaei-Hassanloui, R. and Tork, M. 2012. Functional response of *Phytoseiulus persimilis* (Acari: Phytoseiidae) on untreated and *Beauveria bassiana* - treated adults of *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). **Journal of Insect Behavior** 25: 543-553.

Seyed-Talebi, S. F., Kheradmand, K., Talaei-Hassanloui, R. and Talebi-Jahromi, Kh. 2012. Sublethal effects of *Beauveria bassiana* on life table parameters of two–spotted spider mite, *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). **Biocontrol Science and Technology** 22(3): 293-303.

Sheng-Yong, W., Yu-Lin, G., Xue-Nong, X., Goettel, M. S. and Zhong-Ren, L. 2015. Compatibility of *Beauveria bassiana* with *Neoseiulus barkeri* for control of *Frankliniella occidentalis.* **Journal of Integrative Agriculture** 14(1): 98-105.

Sher, R. B. and Parrella, M. P. 1996. Integrated biological control of leafminers, *Liriomyza trifolii*, on greenhouse chrysanthemums. **Bulletin OILB/SROP** 19: 147-150.

Shi, W. B. and Feng, M. G. 2009. Effect of fungal infection on reproductive potential and survival time of *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). **Experimental and Applied Acarology** 48(3): 229-237.

Van der Geest L. P. S., Elliot, S. L., Breeuwr, J. A. J. and Beerling, E. A. M. 2000. Disease of mites. **Experimental and Applied Acarology** 24: 497-556.

Van Lenteren, J. C. and Woets, J. 1988. Biological and integrated pest control in greenhouses. **Annual Review of Entomology** 33: 239-269.

Van, H. V., Suk, I. H. and Keun, K. 2007. Selection of entomopathogenic fungi for aphid control. **Journal of Bioscience and Bioengineering** 104(6): 498- 505.

Walzer, A. and Schausberger, P. 1999. Cannibalism and interspecific predation in the phytoseiid mites *Phytoseiulus persimilis* and *Neoseiulus californicus*: predation rates and effects on reproduction and juvenile development. **Biological Control** 43(4): 457-468.

Wang, J., Lei, Z. R., Xu, H. F., Gao, Y. L. and Wang, H. H. 2011. Virulence of *Beauveria bassiana* isolates against the first instar larvae of *Frankliniella occidentalis* and effects on natural enemy *Amblyseius barkeri*. **Chinese Journal of Biological Control** 27: 479-484.

Wu, S., Xing, Z., Sun, W., Xu, X., Meng, R. and Lei, Z. 2018. Effects of *Beauveria bassiana* on predation and behavior of the predatory mite *Phytoseiulus persimilis*. **Journal of Invertebrate Pathology** 153: 51-56.

Xiao, Y. and Fadamiro, H. Y. 2010. Functional responses and prey-stage preferences of three species of predacious mites (Acari: Phytoseiidae) on citrus red mite, *Panonychus citri* (Acari: Tetranychidae). **Biological Control** 53: 345-352.

Zhang, T., Reitz, S. R., Wang, H. and Lei, Zh. 2015. Sublethal effects of *Beauveria bassiana* (Ascomycota: Hypocreales) on life table parameters of *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae). **Journal of Economic Entomology** 108(3): 975-985.

Plant Pest Research
2019-9(1): 75-93

The effect of *Beauveria bassiana* on preference and switching behavior in *Phytoseiulus persimilis* (Acari: Phytoseiidae)

M. Zamanpour[1], A. Sedaratian-Jahromi[1]*, H. A. Mohammadi[1] and M. Ghane-Jahromi[1]

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

(Received: April 6, 2019- Accepted: June 13, 2019)

Abstract

The two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae* Koch, is one of the most important phytophagous pests where high reliance on chemical pesticides to subsidize its population density resulted in undesirable effects. The use of natural enemies could be considered promising in reducing the negative impacts of earlier methods. In the present study, the LC_{50} (1.3×10^7 spore/ml) of entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. (strain MZ) was used in on a choice and no-choice predation test, feeding preference and switching behavior of predatory mite *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot feeding on different life stages of the two-spotted spider mite (egg, larvae, protonymph, deutonymph, adult male and adult female) in laboratory condition. According to results obtained, in no-choice test (i.e. without *B. bassiana*), the highest predation rate of predatory mite was observed to egg stage (15.22 ± 0.57 egg). In the test (with *B. bassiana*), the highest predation rate was recorded on the larvae of *T. urticae* (4.90 ± 0.64 larvae). In choice test (without *B. bassiana*), the highest predation was observed on egg stage (14.75 ± 0.56 egg). In the test (with *B. bassiana*), the highest predation was recorded on larvae (9.90 ± 0.53 larvae). The highest calculated value of Manly's β index (without *B. bassiana*) was obtained on egg stage (0.89 ± 0.03). The estimated value of this parameter after treatment of different stages of prey with *B. bassiana* had the highest value on larval stage (0.61 ± 0.05). Switching behavior of *P. persimilis* was not observed in both with and without *B. bassiana* conditions. The present findings revealed that while using two natural enemies simultaneously, more attention should be devoted to evaluate their possible interactions.

Key words: Interactions, natural enemies, foraging behaviors, Manly's β index

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