نشریه حفاظت گیاهان (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد 31، شماره 3، پاییز 1396، ص. 517-511

Journal of Plant Protection
Vol. 31, No. 3, Fall 2017, P. 511-517

ترجیح غذایی کنه شکارگر *Amblyseius swirskii* روی سفید بالک گلخانه *Trialeurodes vaporariorum* تیمار شده و تیمار نشده با قارچ *Beauveria bassiana*

مرجان سیدی[1*]- مهدی ترک[2]

تاریخ دریافت: 1395/08/15
تاریخ پذیرش: 1396/06/08

چکیده

کنه شکارگر *Amblyseius swirskii* و قارچ بیمارگر *Beauveria bassiana* از دشمنان طبیعی مهم سفید بالک گلخانه *Trialeurodes vaporariorum* هستند. در بررسی کارایی و انتخاب دشمنان طبیعی، تعیین ترجیح غذایی آنها، هنگامی که دشمن طبیعی در برابر میزبان آلوده یا غیر آلوده به عوامل بیمارگر قرار می‌گیرد، از اهمیت خاصی برخوردار است. در این تحقیق ترجیح غذایی کنه شکارگر دو روز پس از بالغ شدن در برخورد با پوره سن سوم سفید بالک گلخانه غیر آلوده و تیمار شده با قارچ *B. bassiana* در دو تیمار زمانی 24 و 48 ساعت بعد از آلودگی شکار با استفاده از شاخص بتای منلی تعیین شد. شکارگرهایی که 24 ساعت گرسنگی داده شده بودند بر روی دیسک‌های برگی خیار رهاسازی شدند و پس از 24 ساعت تعداد سفیدبالک‌های مصرف شده شمارش شدند. آزمایش درون ظروف پتری تهویه‌دار و به مدت 24 ساعت انجام شد. براساس نتایج مقدار شاخص در بازه زمانی 24 و بازه زمانی 48 ساعت پس از تیمار شدن میزبان به قارچ، به ترتیب 4/15±0/19 و 2/23±0/12 برآورد شد. نتایج نشان داد، *A. swirskii* در تغذیه از سفید بالک‌های غیر آلوده در مقابل سفید بالک‌های تیمار شده با قارچ در بازه زمانی 24 ساعت (P<0/0034) و 48 ساعت (P<0/0001) به سمت سفید بالک‌های غیر آلوده ترجیح نشان می‌دهد. با توجه به نتایج می‌توان گفت که این کنهٔ شکارگر با رفتار عدم ترجیح در آزمون دو انتخابی نسبت به میزبان آلوده می‌تواند در کنترل بیولوژیک همراه با این قارچ به کار رود.

واژه‌های کلیدی: دشمنان طبیعی، شاخص بتای منلی، قارچ بیمارگر حشرات، کنترل بیولوژیک

مقدمه

سفید بالک گلخانه *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) (Homoptera: Aleyrodidae) پراکندگی جهانی دارد (33) و از آفات مهم تعداد زیادی از گیاهان شامل 500 گونه و 74 خانواده در سراسر دنیا است (4، 5، 6 و 15). امروزه برای مهار جمعیت این آفت از انواع آفت‌کش‌ها در سطح گسترده استفاده می‌شود، اما سرعت نمو و تولید مثل زیاد باعث افزایش دوباره جمعیت آفت و کاربرد چندین باره آفت‌کش می‌شود که افزون بر هزینه‌های زیاد مهار شیمیایی مسائلی چون بروز مقاومت در آفات، از بین رفتن دشمنان طبیعی، ایجاد گیاه‌سوزی، طغیان آفات ثانویه و آلودگی محیط زیست را به دنبال دارد (1 و 10). در واکنش به مسائل ایجاد شده، متخصصین استفاده از عوامل کنترل بیولوژیک را پیشنهاد می‌دهند (34). در بین دشمنان طبیعی سفید بالک گلخانه *T. vaporariorum*، کنه *Amblyseius swirskii* (Acari: Phytoseiidae) از اهمیت برخوردار است و همچنین کاربرد آفت‌کش‌های بیولوژیک مانند استفاده از بیمارگرهای قارچی از جمله آنها *Beauveria bassiana* برای کنترل سفید بالک گلخانه که به این آفت‌کش بیولوژیک حساس می‌باشد، نیز می‌توان اشاره کرد (19 و 24).

کنترل بیولوژیک می‌تواند بسیار مؤثر و بی‌خطر باشد، به شرط آن‌که برهم‌کنش موجود بین تمام عوامل درگیر به خوبی مطالعه شود (16). به دلیل زنده بودن عوامل کنترل بیولوژیک، وجود برهم‌کنش های مثبت و منفی در بین آنها کاملاً طبیعی است که با بررسی و شناسایی این برهم‌کنش‌های مثبت و منفی بین عوامل کنترل بیولوژیک می‌توان به کنترل مطلوب برای هر آفتی دست یافت (25). بررسی‌های زیادی وقوع برهم‌کنش‌هایی بین 1- شکارگرها و پارازیتوییدها (8 و 13)؛ 2- گونه‌های مختلف پارازیتوییدها که به آفات

1- استادیار دانشکده زیست شناسی و مرکز قطب تبارزایی موجودات زنده، پردیس علوم، دانشگاه تهران
(*- نویسنده مسئول: (Email: mseyyedi@ut.ac.ir
2- کارشناس ارشد گروه گیاه‌پزشکی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران

DOI: 10.22067/jpp.v31i3.57804

بندپای مشابه حمله می‌کنند (2)؛ 3- گونه‌های مختلف شکارگر (32)؛ 4- بیمارگرهای حشرات و دشمنان طبیعی بندپا (14، 30 و 31) نشان داده‌اند. روابط بین بیمارگرهای حشرات و دشمنان طبیعی بر این اساس است که بیمارگرهای حشرات قادرند به طور مستقیم حشرات غیر هدف و دشمنان طبیعی حشرات را درون رسته[1] آلوده کنند (18 و 25) و شکارگران نیز می‌توانند با مصرف شکارهای آلوده به قارچ باعث کاهش انبوهی قارچ در محیط شوند (25).

در طول زمان جمعیت‌های شکارگر در معرض مقادیر شدیدی از عوامل کنترل دیگر قرار دارند که منجر به بروز دفع و دور شدن ذاتی و ژنتیکی می‌شود و ممکن است رفتارهایی را توسعه دهند که مواجه شدن با ترکیبات سمی را کاهش دهند یا این‌که به شکارگر اجازه می دهد که در یک محیط کشنده و سمی زنده باقی بماند (مقاومت رفتاری) (17). شکارگرها و قارچ‌های بیمارگر تحت فشارهای انتخاب هستند. مزیتی که این انتخاب برای شکارگرها دارد این است که این انتخاب منجر به تشخیص و دوری شکارگرها از قارچ‌های بیمارگر می‌شود. رفتار شکارگرها با ایجاد تغییرات در فعالیت شکارگر می‌تواند روی تماس آن با عامل بیمارگر تأثیرگذار باشد و احتمال آلودگی را افزایش یا کاهش دهد (9). اگر شکارگر توانایی تشخیص خطر حمله و هجوم از جانب قارچ‌های بیمارگر را داشته باشد و از طریق رفتار پرهیز یا با واکنش‌های پس از تماس[2] نظیر تیمار کردن و تمیز کردن[3] پاسخ نشان دهد، ممکن است مزیت و برتری حاصل از انتخاب را کسب کند (7).

پس مطالعه برهم‌کنش‌های موجود بین عوامل بیولوژیک مورد استفاده در یک سامانه، برای کاهش برهم‌کنش‌های احتمالی منفی و کمک به افزایش برهم‌کنش‌های مثبت متقابل موجود بین آن عوامل برای کاراتر کردن سامانه، امری ضروری است. بنابراین، پس از این‌که جدایه یا جدایه‌هایی از قارچ‌های بیمارگر، اثرات خوبی در کنترل آفت نشان دادند، آزمایش بی‌خطر بودن این جدایه‌ها روی حشرات غیرهدف یا دشمنان طبیعی ضروری به نظر می‌رسد (12).

بررسی اثرات این دو بر یکدیگر، درک ارتباطات و برهم‌کنش های دو دشمن طبیعی را افزایش می‌دهد و امکان تعیین کاربرد توام آن‌ها را در برنامه‌های کنترل بیولوژیک فراهم می‌کند. به نظر می‌رسد تعیین ترجیح میزبانی کنهٔ شکارگر در طبیعت هنگامی که در برابر شکار آلوده یا غیر آلوده به عوامل بیماری‌زا مختلف قرار می‌گیرد از اهمیت ویژه‌ای برخوردار باشد. زیرا با تعیین ترجیح کنهٔ شکارگر می‌توان واکنش کنهٔ شکارگر به شکار ترجیحی را در محیط طبیعی مشخص کرد تا جنبه‌های استفاده توام از کنهٔ شکارگر و عامل بیماری‌زا در طبیعت کاربردی‌تر شود. در این مطالعه، ترجیح کنه شکارگر درحضور قارچ در 2 بازه زمانی که از آلودگی سفید بالک به قارچ گذشته است، مورد بررسی قرار گرفت تا سازگاری و امکان کاربرد این دو عامل کنترل بیولوژیک برای کنترل سفید بالک مشخص شود.

مواد و روش‌ها

پرورش و نگه‌داری عوامل زنده

برای کاشت گیاه از بذرهای خیار رقم هلندی (L. VAR Ps *Cucumeris sativus*) استفاده شد.

سفید بالک گلخانه مورد نیاز برای انجام تحقیق، در نمونه‌برداری هایی که از منطقه هشتگرد شهرستان کرج، استان البرز انجام شد، جمع‌آوری گردید. برای ایجاد جمعیت سفیدبالک گلخانه، گلدان‌های خیاری که دارای 5 تا 6 برگ بودند انتخاب و به قفس‌هایی به ابعاد 70×70×70 سانتی‌متر انتقال داده شدند و سپس با جمعیت مناسبی از سفیدبالک آلوده شدند. برای رعایت مسأله یکنواختی سنی مراحل مختلف و به دست آوردن سفیدبالک‌های هم سن، چند جفت سفیدبالک روی گلدان‌های حاوی بوته‌های خیار هم‌سن رهاسازی شده و پس از 15 ساعت قفس عاری از سفیدبالک شده و به این ترتیب 2، 5، 9، 11 و 14 روز پس از خارج کردن سفیدبالک¬ها، به ترتیب برگ¬های حامل تخم‌های دو روزه، تخم¬های پنج روزه، لاروهای یک روزه، پوره‌های سن دوم و پوره‌های سن سوم در دسترس قرار می¬گرفتند. در نهایت برگ‌های شامل پوره‌های سن سوم از گیاه جدا شده و به صورت صفحاتی به سرعت به تشتک‌های پتری حاوی محیط کشت پایه آگار دو درصد منتقل گردید.

در این پژوهش از جدایه DEBI008 قارچ *Beauveria bassiana* متعلق به آزمایشگاه کنترل بیولوژیک گروه گیاه‌پزشکی دانشگاه تهران تهیه شده بود. جدایهٔ DEBI008 از *Chorthippus brunneus* (Orthoptera: Acrididae)، جداسازی شده بود. برای تولید مقدار زیادی هاگ، جدایه قارچی مورد نظر در محیط کشت Sabouraud Dextrose Agar (SDA) همراه با یک درصد عصاره مخمر (Y) کشت شد. برای تهیهٔ زادمایه از کشت‌هایی که در آن‌ها هاگ‌زایی به طور کامل صورت گرفته بود (14 تا 21 روز پس از کشت)، استفاده شد. از محلول پایه غلظت‌های مورد نیاز برای انجام آزمایش‌های زیست‌سنجی تهیه شد.

کنه‌ی شکارگر *A. swirskii* از شرکت کوپرت[4] خریداری شده و در آزمایشگاه اکولوژی و رفتارشناسی دانشکده زیست شناسی دانشگاه تهران روی کنه‌ی انباری *T. putrescentiae* پرورش داده شد.

1- Guild
2- Post contact
3- Grooming
4- Koppert

ظروف پرورش و هم‌سن سازی، درون ژرمیناتور در دمای 1±25 درجه‌ی سلسیوس، رطوبت نسبی 5±70 درصد و دوره نوری 8 : 16 (تاریکی: روشنایی) قرار گرفتند. از تخم‌گذاری تا بالغ شدن کنه‌های شکارگر حدود یک هفته به طول انجامید.

مطالعهٔ ترجیح کنهٔ ماده شکارگر به سفید بالک گلخانه سالم و تیمار شده با قارچ

آزمایش در تشتک‌های پتری 9 سانتی‌متری با درهایی با سوراخ دو سانتی‌متری و تور 150 مش، انجام شد. یک دیسک برگی خیار درون پتری گذاشته شد.

آزمایش در یک غلظت قارچ (1×10^5 کنیدی در میلی‌لیتر) (این غلظت توسط سیدی و همکاران (28) بر اساس آزمایش‌های اولیه که 55 و 16/25 درصد مرگ را در سفید بالک‌های گلخانه و شکارگر به ترتیب ایجاد می‌کرد انتخاب شد) انجام شد. مقایسه رفتار ترجیح کنه شکارگر در سه تیمار، 1- سفید بالک‌های گلخانه تیمار شده با Tween 80 (کنترل) در مقابل سفید بالک‌های گلخانه تیمار شده با قارچ 24 ساعت پس از آلودگی؛ 2- سفید بالک‌های گلخانه تیمار شده با Tween 80 0/02 درصد (کنترل) در مقابل سفید بالک‌های گلخانه تیمار شده با قارچ 48 ساعت پس از آلودگی؛ 3- سفید بالک‌های گلخانه تیمار شده با قارچ 24 ساعت پس از آلودگی در مقابل سفید بالک‌های گلخانه تیمار شده با قارچ 48 ساعت پس از آلودگی انجام گرفت. آلوده‌سازی کنه‌ها با قارچ به این صورت انجام شد که دو روز پیش از روز آزمایش، تشتک‌های پتری شامل پوره سن 3 سفید بالک گلخانه با مقدار یک میلی‌لیتر از سوسپانسیون قارچی مورد پاشش قرار گرفتند و در روز آزمایش، واحدهای آزمایشی شامل 10 عدد از سفید بالک گلخانه تیمار شده با قارچ و 10 عدد سفید بالک گلخانه غیر آلوده تهیه شدند (در مجموع 20 سفیدبالک). تعداد 10 عدد سفید بالک بر اساس آزمایش‌های اولیه شکارگری کنه به صورت جداگانه روی سفید بالک در طی 24 ساعت با هدف دستیابی به تراکم استاندارد مورد نیاز بین شکار و شکارگر محاسبه شد. سپس یک کنه ماده (2 روز پس از بالغ شدن) که 24 ساعت گرسنگی داده شده بود به هر یک از تشتک‌های پتری وارد شد.

تعداد سفید بالک گلخانه (مصرف نشده) از هر یک از حالت‌های شکار (آلوده و غیر آلوده) بعد از 24 ساعت زیر استریومیکروسکوپ شمارش شد. هر یک از این آزمون‌ها در 13 تکرار انجام پذیرفت.

تجزیه آماری

برای تعیین ترجیح میزبانی در آزمون دو انتخابی، به دلیل آن که سفید بالک‌های گلخانه مصرف شده توسط کنه شکارگر جایگزین نشدند و در زمان انجام آزمایش کاهش تراکم کنهٔ شکار ماده اتفاق افتاد از شاخص بتای منلی[1] (β) استفاده شد که با فرمول زیر محاسبه شد (20). .

$$\beta = \frac{Log\overline{P}i}{\sum_{j=1}^{m} Log\ \overline{P}j} \qquad (1)$$

(I) (β) شاخص بتای منلی برای ترجیح شکار

(i $\overline{P}$) میانگین نسبت باقی‌مانده از شکار (I) (سفید بالک گلخانه غیر آلوده) در پایان‌آزمایش

(j $\overline{P}$) میانگین نسبت باقی‌مانده‌از مجموع تمام شکارها در پایان آزمایش

(m) تعداد نوع شکارها در این آزمایش شکار آلوده و غیر آلوده به قارچ

شاخص بتا (β) برای هر شکار بین 0 تا 1 بوده و مجموع شاخص بتا برای تمام شکارها همیشه برابر 1 است.

در آزمون دو انتخابی، که سفید بالک گلخانه غیر آلوده (شکار I) و سفید بالک گلخانه تیمار شده (شکار 'I) هم زمان در اختیار کنهٔ شکارگر قرار گرفتند، مقدار شاخص بتا (β) برابر با 0/5 نشان دهنده عدم ترجیح برای شکارهای (I و 'I) توسط کنه شکارگر بوده و مقادیر شاخص بتا (β) بیشتر از 0/5 و کمتر از 0/5 به ترتیب نشان دهندهٔ ترجیح نسبت به شکار (I) و ترجیح نسبت به شکار ('I) است.

تجزیه داده‌ها در آزمون دو انتخابی به کمک نرم افزار آماری SPSS ورژن 21 انجام شد. مقایسه پارامتر ترجیح شکارگر در برخورد با سفید بالک گلخانه آلوده و غیر آلوده با آزمون Paired t-test انجام گرفت.

نتایج

ترجیح میزبانی کنهٔ مادهٔ شکارگر روی سفید بالک گلخانه آلوده و غیر آلوده با قارچ

نتایج میانگین تغذیه کنه شکارگر زمانی که درآزمون دو انتخابی به طور هم زمان، سفید بالک گلخانه غیر آلوده (شاهد) و سفید بالک گلخانه آلوده با قارچ بیمارگر (24 و 48 ساعت از پس آلودگی این سفید بالک گلخانه) در اختیارش قرار داده شد، در جدول 1 نشان داده شده است.

شاخص بتای منلی برای سفید بالک‌های گلخانه که با Tween 80 (شاهد) تیمار شده بود و سفید بالک‌های گلخانه تیمار شده با قارچ پس از 24 ساعت به ترتیب برابر با 0/01± 0/76 و 0/01± 0/23 بود، که این مقدار شاخص بتای منلی (β) برای سفید بالک‌های گلخانه که با Tween 80 تیمار شده بود نشان دهنده ترجیح کنهٔ شکارگر به

1- Manly's Beta (β)

سفید بالک‌های گلخانه تیمار شده با Tween 80 نسبت به سفید بالک‌های گلخانه تیمار شده با قارچ است. نتایج حاصل از انجام آزمایش دو انتخابی در ارتباط با ترجیح میزبانی کنهٔ شکارگر نشان داد اختلاف معنی‌داری برای انتخاب میزبان توسط کنهٔ شکارگر وجود داشته است (P = 0/0034، t=3/25، n=13).

زمانی که سفید بالک گلخانه توسط Tween 80 تیمار شده بود (شاهد) و سفید بالک گلخانه تیمار شده با قارچ (48 ساعت از پس آلودگی این سفید بالک گلخانه) به طور هم زمان در اختیار کنهٔ شکارگر بالغ ماده قرار داده شدند، بتای منلی (β) برای سفید بالک‌های گلخانه که با Tween 80 تیمار شده بود و سفید بالک‌های گلخانه تیمار شده با قارچ پس از 48 ساعت به ترتیب برابر با 0/007± 0/88 و 0/007± 0/11 بود، که این مقدار شاخص بتای منلی (β) برای سفید بالک‌های گلخانه که با Tween 80 تیمار شده بود نشان دهنده ترجیح کنهٔ شکارگر به سفید بالک‌های گلخانه تیمار شده با Tween 80 نسبت به سفید بالک‌های گلخانه تیمار شده با قارچ پس از 48 ساعت است. نتایج حاصل از انجام آزمایش دو انتخابی در ارتباط با ترجیح میزبانی کنهٔ شکارگر نشان داد اختلاف معنی‌داری برای انتخاب میزبان توسط کنهٔ شکارگر وجود داشته است (P <0/0001 و t=14/90 و n=13).

نتایج آزمون دو انتخابی زمانی که سفید بالک گلخانه تیمار شده با قارچ (24 ساعت از پس آلودگی این سفید بالک) و سفید بالک گلخانه تیمار شده با قارچ (48 ساعت از پس آلودگی این سفید بالک) به طور هم زمان در اختیار کنهٔ شکارگر بالغ ماده قرار داده شدند، در جدول شماره 1 نشان داده شده است.

بتای منلی (β) برای سفید بالک‌های گلخانه تیمار شده با قارچ 24 ساعت از پس آلودگی و سفید بالک‌های گلخانه تیمار شده با قارچ پس از 48 ساعت به ترتیب برابر با 0/004± 0/89 و 0/004± 0/10 بود، که این مقدار شاخص بتای منلی (β) برای سفید بالک‌های گلخانه تیمار شده با قارچ 24 ساعت پس از آلودگی نشان دهنده ترجیح کنهٔ شکارگر به سفید بالک‌های گلخانه تیمار شده با قارچ 24 ساعت از پس آلودگی نسبت به سفید بالک‌های گلخانه تیمار شده با قارچ 48 ساعت پس از آلودگی است. نتایج حاصل از انجام آزمایش دو انتخابی در ارتباط با ترجیح میزبانی کنهٔ شکارگر نشان داد اختلاف معنی‌داری برای انتخاب میزبان توسط کنهٔ شکارگر وجود داشته است (P <0/0001 و t=12/74 و n=13).

جدول 1- تعداد میانگین (±خطای استاندارد) و درصد مصرف سفید بالک گلخانه غیر آلوده و آلوده با قارچ *Beauveria bassiana* توسط کنه شکارگر *A. swirskii* در مدت 24 ساعت

Table 1- Mean number (±SE) and percentage of untreated *T. vaporariorum* (control) and *Beauveria bassiana*-treated of *T. vaporariorum* consumed by female *A. swirskii* over a 24 h period

	سفید بالک‌گلخانه تیمار شده با قارچ بیمارگر پس از 24 ساعت در مقابل سفید بالک‌گلخانه تیمار شده با قارچ بیمارگر پس از 48 ساعت		کنترل در مقابل سفید بالک‌گلخانه تیمار شده با قارچ بیمارگر پس از 48 ساعت		کنترل در مقابل سفید بالک‌گلخانه تیمار شده با قارچ بیمارگر پس از 24 ساعت	
	T. vaporariorum treated by *Beauveria bassiana* in time interval 24 vs. *T. vaporariorum* treated by *Beauveria bassiana* in time interval 48		Control vs. *T. vaporariorum* treated by *Beauveria bassiana* in time interval 48		Control vs. *T. vaporariorum* treated by *Beauveria bassiana* in time interval 24	
	سفید بالک‌گلخانه تیمار شده با قارچ بیمارگر پس از 48 ساعت		سفید بالک-گلخانه تیمار شده با قارچ بیمارگر پس از 24 ساعت		سفید بالک‌گلخانه تیمار شده با قارچ بیمارگر پس از 48 ساعت	کنترل	سفید بالک‌گلخانه تیمار شده با قارچ بیمارگر پس از 24 ساعت	کنترل
	vs. *T. vaporariorum* treated by *Beauveria bassiana* in time interval 48		*T. vaporariorum* treated by *Beauveria bassiana* in time interval 24		*T. vaporariorum* treated by *Beauveria bassiana* in time interval 48	control	*T. vaporariorum* treated by *Beauveria bassiana* in time interval 24	control
	درصد میانگین±خطای استاندارد		درصد میانگین±خطای استاندارد		درصد میانگین±خطای استاندارد		درصد میانگین±خطای استاندارد	
A. swirskii	(%)	Mean±SE	(%)	Mean±SE	(%)	Mean±SE	(%)	Mean±SE
	20.76	2.07±0.07b	40.76	4.07±0.13a	22.30	2.23±0.12b	51.53	5.15±0.15a
							41.53	4.15±0.19b
							50.76	5.07±0.21a

حروف مشابه در هر آزمایش اختلاف معنی دار را در سطح 5 درصد بر اساس آزمون تی استیودنت نشان نمی دهند

Means followed by same letter (s) in each experiment are not significantly different based on the Student's t-test at α=0.05.

بحث

نتایج حاصل از آزمون ترجیح میزبانی نشان داد که کنهٔ بالغ شکارگر ترجیح به سفید بالک‌های گلخانه غیر آلوده نسبت به سفید بالک‌های گلخانه آلوده با قارچ در بازه‌های زمانی 24 و 48 ساعت را دارد و قابلیت تشخیص سفید بالک‌های آلوده را حتی 24 ساعت پس از آلودگی دارا می‌باشد. بنابراین، احتمال این وجود ندارد که کنهٔ شکارگر، بر پتانسیل کنترل بیولوژیک *B. bassiana* اثر منفی داشته

باشند. آزمایش‌های مختلفی در ارتباط با این ترجیحات توسط متخصصین صورت گرفته است. پل و همکاران (22) و همچنین روی و همکاران (26) در آزمایش‌های بدون انتخاب نشان دادند که بالغ‌ها و لاروهای سن چهارم کفشدوزک *Coccinella septempunctata* و سوسک زمین‌زی *Pterostichus madidus* شته‌ها را در اواخر مرحلهٔ آلودگی به قارچ *Erynia neoaphidis* مصرف می‌کنند، بنابراین تأثیر منفی بر *E. neoaphidis* دارند. بنابراین کفشدوزک هفت نقطه‌ای پتانسیل لازم برای کاهش دادن تراکم جمعیت *E. neoaphidis* را دارد ولی شته‌های غیر آلوده با احتمال بیشتری نسبت به شته‌های آلوده مصرف می‌شوند. افزون بر این، مشاهدات مزرعه‌ای نشان داده که شته‌های آلوده، توسط هم کفشدوزک‌های بالغ و هم لاروهای این شکارگر مصرف شده‌اند. اجسادی که اندکی مصرف شده بودند، به طور معنی‌داری کنیدی کمتری تولید کردند (26). شته‌های آلوده توسط سوسک‌های کارابید به طور کامل با سرعت بیشتری نسبت به شته‌های غیر آلوده مصرف شدند. اما، سایر شکارگرهای متداول شته‌ها (مراحل لاروی مگس سیرفید *Episyrphus balteatus* و بالتوری سبز *Chrysoperla carnea*) هرگز شته‌های آلوده را مصرف نکردند. بنابراین مگس سیرفید و بالتوری سبز و سنین اولیه لاروی کفشدوزک، بر پتانسیل *E. neoaphidis* در کنترل بیولوژیک شته اثر منفی ندارند.

پل و وندنبرگ (23) نشان دادند که کفشدوزک *Hippodamia convergens* از تغذیه از شتهٔ روسی گندم (*Diuraphis noxia*) آلوده به *Paecilomyces fumocoroseus* پرهیز می‌کنند و ترجیح کفشدوزک به تغذیه از شته‌های غیر آلوده است و به نوعی از تراکم قارچ در محیط کاسته نمی‌شود. سیدی (28) نشان داد که در آزمون دو انتخابی زمانی که کنه‌های تارتن دو لکه‌ای که توسط Tween 80 تیمار شده بود (شاهد) و کنهٔ تارتن دو لکه‌ای تیمار شده با قارچ (72 ساعت پس از آلودگی این کنه با قارچ) به طور هم زمان در اختیار کنهٔ شکارگر بالغ ماده (Acari: Phytoseiidae) *Phytoseiulus persimilis* قرار داده شدند، کنه شکارگر از کنه‌های تارتن دو لکه‌ای که با Tween 80 تیمار شده بود به صورت معنی‌داری بیشتر از کنهٔ تارتن دو لکه‌ای تیمار شده با قارچ تغذیه کرد.

به نظر می‌رسد تعیین ترجیح میزبانی کنهٔ شکارگر در طبیعت هنگامی که در برابر شکار غیر آلوده یا آلوده به عوامل بیماری‌زا مختلف قرار می‌گیرد از اهمیت ویژه‌ای برخوردار باشد. زیرا با تعیین ترجیح کنهٔ شکارگر می‌توان واکنش کنهٔ شکارگر به شکار ترجیحی را در محیط طبیعی مشخص کرد تا جنبه‌های استفاده توام از کنهٔ شکارگر و عامل بیماری‌زا در طبیعت کاربردی‌تر شود و با توجه به نتایج این آزمایش می‌توان گفت که این کنهٔ شکارگر با رفتار عدم ترجیح در آزمون دو انتخابی نسبت به سفید بالک‌های گلخانه تیمار شده با قارچ می‌تواند در کنترل بیولوژیک همراه با این قارچ به کار رود، زیرا نخست این که از اجساد آلوده تغذیه نمی‌کند، پس از تراکم قارچ در محیط کاسته نمی‌شود و دوم این که چون در این آزمایش‌ها از جدایه‌ای از این قارچ استفاده شد که برای شکارگر کمتر بیماری‌زا بود (29)، کنهٔ شکارگر می‌تواند به عنوان عامل مهمی در پراکندگی قارچ به کار رود که این حالت‌ها باعث ایجاد نوعی برهم‌کنش مثبت و افزایشی بین شکارگر و قارچ در کنترل جمعیت آفت می‌شوند. این مسأله بر اساس پژوهش‌های صورت گرفته توسط افراد دیگر نیز ثابت شده است که در برهم‌کنش بین شکارگرها و قارچ‌های بیمارگر، شکارگرها می‌توانند حتی با انتشار و پخش کنیدی‌ها، میزان آلودگی جمعیت آفت را افزایش دهند و نوعی برهم‌کنش مثبت و افزایشی بین شکارگر و قارچ فراهم شود از جمله شکارگرهای شته‌ها در انتشار قارچ *Pandora neoaphidis* برای آلوده‌سازی جمعیت آفت (26 و 27)، کفشدوزک *H. convergens* در انتقال و انتشار آلودگی قارچ *Paecilomyces fumosoroseus* روی شته روسی گندم (23)، سوسک *Carpophilus freemani* در انتقال و انتشار قارچ *B. bassiana* روی *Ostrinia nubilalis* (3) و شکارگر *Anthocoris nemorum* در انتقال کنیدی قارچ *B. bassiana* از اجساد شته آلوده به جمعیت غیر آلوده و پخش این کنیدی‌ها در قسمت‌های مختلف گیاه (21)؛ انتشار و پخش قارچ بیمارگر *Lecanicillium longisporum* یا *L. muscarium* توسط سن شکارگر *Orius laevigatus* روی دیسک‌های برگی فلفل شیرین (11) اشاره کرد.

با توجه به این که شکار انتخاب شده در آزمون ترجیح میزبانی کنهٔ شکارگر یعنی سفید بالک‌های گلخانه غیر آلوده و یا آلوده، یکی بودند، به نظر می‌رسد رفتار ترجیحی کنهٔ شکارگر نسبت به سفید بالک‌های گلخانه غیر آلوده، یک رفتار ترجیحی واقعی باشد. برای اثبات فرضیه‌هایی نظیر میزان شایستگی شکار برای شکارگر در رابطه با علل ترجیح میزبانی کنهٔ بالغ شکارگر نسبت به شکارگرهای غیر آلوده و آلوده به پژوهش‌های گسترده و جامع در آینده نیاز است.

سپاسگزاری

این تحقیق با حمایت دانشگاه تهران، پردیس علوم، دانشکده زیست‌شناسی انجام شد که بدین وسیله تشکر و قدردانی می‌گردد.

منابع

1- Aroiee H., Mosapoor S., and Karimzadeh H. 2005. Control of greenhouse whitefly (*Trialeurodes vaporariorum*) by thyme and peppermint kmitl. KMITL Science Journal, 5:511-514.

2- Briggs C.J. 1993. Competition among parasitoid species on a stage-structured host and its effect on host suppression. American Naturalist, 141: 372-397.
3- Bruck D.J., and Lewis L.C. 2002. *Carpophilus freemani* (Coleoptera: Nitidulidae) as a vector of *Beauveria bassiana*. Journal of Invertebrate Pathology, 80: 188-190.
4- Byrne D.N., and Bellows T.S. 1991. Whitefly Biology. Annual Review of Entomology, 36: 431-457.
5- Carey J.R. 1993. Applied Demography for Biologists with Special Emphasis on insect. Oxford University Press, New York. 206 pp.
6- Choi W.I., Lee E.H., Choi B.R., Park H.M., and Ahn Y.J. 2003. Toxicity of plant essential oils to *Trialeurodes vaporariorum* (Homoptera: Aleyrodidae). Journal of Economic Entomology, 96: 1479–1484.
7- Chouvenc T., Su N.Y., and Elliott M.L. 2008. Interaction between the subterranean termite *Reticulitermes flavipes* (Isoptera: Rhinotermitidae) and the entomopathogenic fungus *Metarhizium anisopliae* in foraging arenas. Journal of Economic Entomology, 101: 885-893.
8- Colfer R.G., and Rosenheim J.A. 1995. Intra-guild predation by coccinellid beetles on an aphid parasitoid, *Lysiphlebus testaceipes*. Proceeding of the Beltwide Cotton Conference. pp.1033-1036.
9- Cory J.S., and Hoover K. 2006. Plant-mediated effects in insectpathogen interactions. Trends *in* Ecology & Evolution, 21:278-286.
10- Cranshaw W.S. 2007. Greenhouse Whitefly. Colorado State University Extension. http://www.ext.colostate.edu/pubs/insect/05587.html.
11- Down R.E., Guthbertson A.G.S., Mathers J.J., and Walters K.F.A. 2009. Dissemination of the entopathogenic fungi, *Lecanicillum longisporum* and *L. muscarium*, by the predatory bug, *Orius laevigatus*, to provide concurrent control of Myzus persicae, *Frankliniella occidentalis* and *Bemisia tabaci*. Biological Control, 50: 172-178.
12- Dunkel F.V., and Jaronski S.T. 2003. Development of a bioassay system for the predator *Xylocoris flavipes* (Reuter) and its use in subchronic toxicity/pathogenicity studies of *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. Strain GHA. Journal of Economic Entomology, 96: 1045-1053.
13- Evans E.W., and England S. 1996. Indirect interaction in biological control of insects: pests and natural enemies in alfalfa. Ecological Applications, 6: 920-930.
14- Goettel M. S., Poprawski T.J., Vandenberg J.D., Li Z., and Roberts D.W. 1990. Safety to nontarget invertebrates of fungal biocontrol agents. In: Laird, M., Lacey, L. A., and Davidson, F. W. (Eds.), Safety of Microbial Insecticides. CRC Press, Florida, pp. 209-231.
15- Hamdi F., Fargues J., Ridray G., Jeannequin B., and Bonato O. 2011. Compatibility among entomopathogenic hyphocreales and two beneficial insects used to control *Trialeurodes vaporariorum* (Hemiptera: Aleurodidae) in Mediterranean greenhouses. Journal of Invertebrate Pathology, 108:22–29.
16- James R.R., and Lighthart B. 1994. Susceptibility of the convergent ladybeetle (Coleoptera: Coccinellidae) to four entomogenous fungi. Environmental Entomology, 23: 190-192.
17- Kepler R. M., and Bruck D. J. 2006. Examination of the interaction between the Black Vine Weevil (Coleoptera: Curculionidae) and an entomopathogenic fungus reveals a new tritrophic interaction. Environmental Entomology, 35: 1021-1029.
18- Magalhaes B.P., Lord J.C., Wraight S.P., Daoust R.A., and Roberts D.W. 1988. Pathogencity of *Beauveria bassiana* and *Zoophthor aradicans* to the coccinellid predators *Coleomegilla maculate* and *Eriopsis connexa*. Journal of Invertebrate Pathology, 52: 471-473.
19- Malekan N., Hatami B., Ebadi R., Akhavan A., and Radjabi R. 2015. Evaluation of entomopathogenic fungi *Beauveria bassiana* and *Lecanicillium muscarium* on different nymphal stages of greenhouse whitefly *Trialeurodes vaporariorum* in greenhouse conditions. Biharean Biologist, 9 (2): 108-112.
20- Manly B.F.J. 1974. A model for certain types of selection experiments. Biometrics, 30: 281-294.
21- Meyling N.V., Pell J.K., and Eilenberg J. 2006. Dispersal of *Beauveria bassiana* by the activity of nettle insects. Journal of Invertebrate Pathology, 93:121-126.
22- Pell J.K., Pluck R., Clark S.J., Kenward M.G., and Alderson P.G. 1997. Interactions between two natural enemies, the entomopathogenic fungus *Erynia neoaphids* Remaudiere and Hennebert (Zygomycetes: Entomophthorales) and the predatory beetle *Coccinella septempunctata* L. (Col., Coccinellidae). Journal of Invertebrate Pathology, 69: 261-268.
23- Pell J.K., and Vandenberg J.D. 2002. Interaction among aphid *Diuraphis noxia*, the entomopatogenic fungus *Paecilomyces fumosoroseus* and the coccinellid *Hippodamia convergens*. Biocontrol Science & Technology, 12: 217-224.
24- Poprawski T.J., Greenberg S.M., and Ciomperlik M.A. 2000. Effect of host plant on *Beauveria bassiana* and *Paecilomyces fumosoroseus* induced mortality of *Trialeurodes vaporariorum* (Hom., Aleyrodidae). Biological control, 29: 1048-1053.

25- Roy H.E., and Pell J.K. 2000. Interactions between entomopathogenic fungi and other natural enemies: implications for biological control. Biocontrol Science & Technology, 10: 737-752.
26- Roy H., Pell J.K., Clark S.J., and Alderson P.G. 1998. Implication of predator foraging on aphid pathogen dynamics. Journal of Invertebrate Pathology, 71: 236-247.
27- Roy H.E., Pell J.K., Clark S.J., and Alderson P.G. 2001. Targeted dispersal of the aphid pathogenic fungus *Erynia neoaphidis* by aphid predator *Coccinella septempunctata*. Biocontrol Science & Technology, 11: 99-110.
28- Seiedy M. 2014. Feeding preference of *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot (Acari: Phytosei-idae) towards untreated and *Beauveria bassiana* treated *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) on cucumber leaves. Persian Journal of Acarology, 3: 91–97.
29- Seiedy M., Tork M., and Deyhim F. 2015. Effect of the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana* on the predatory mite *Amblyseius swirskii* (Athias-Henriot) (Acari: Phytoseiidae) as a non-target organism. Systematic and Applied Acarology, 20: 241–250.
30- 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.
31- Seiedy M., Saboori A., and Zahedi-Golpayegani A. 2013. Olfactory response of *Phytoseiulus persimilis* (Acari: Phytoseiidae) to untreated and *Beauveria bassiana*-treated adults of *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) on cucumber plants. Experimental and Applied Acarology, 60: 219–227.
32- Sengonca C., and Frings B. 1985. Interference and competitive behavior of the aphid predators, *Chrysoperla carnea* and *Coccinella septempunctata* in the laborarory. Entomophaga, 30: 245-251.
33- Van Lenteren J.C., and Noldus L.P.J.J. 1990. Whitefly-plant relationships: behavioral and ecological aspects. In: Gerling, D. (Ed.), Whiteflies: Their Bionomics, Pest Status and Management. Intercept, Andover, UK, pp. 187–210.
34- Van Lenteren J.C., and Woets J. 1988. Biological and integrated pest control in greenhouses. Annual Review of Entomology, 33: 239–269.