پژوهش‌های کاربردی در گیاه‌پزشکی ۹ (۳): ۷۶- ۶۷ (۱۳۹۹)

اثر سطوح مختلف کود نیتروژن روی واکنش تابعی پشه شکارگر *Aphidoletes aphidimyza* در تغذیه از شته جالیز *Aphis gossypii*

دریافت: ۹۸ /۶/۱۰ بازنگری: ۹۸/۱۰/۲۵ پذیرش: ۹۹/۷/۱۹

پروین هنرور[۱]، مهدی حسن‌پور[۲]✉، علی گلی‌زاده[۲]، لیلا متقی‌نیا[۳] و لیلا زنگنه[۴]

به ترتیب [۱]دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، [۲]استاد (✉hassanpour@uma.ac.ir)، [۳]دانش‌آموخته مقطع دکتری، [۴]دانشجوی مقطع دکتری، گروه گیاهپزشکی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.

چکیده

واکنش تابعی یکی از اجزای مهم در روابط شکارگر- شکار می‌باشد. این واکنش رفتاری می‌تواند تحت تأثیر عوامل مختلف مانند کیفیت گیاهان میزبان قرار گیرد. در این پژوهش، واکنش تابعی لاروهای پشه شکارگر *Aphidoletes aphidimyza* نسبت به شته جالیز پرورش یافته روی گیاهان خیار تغذیه شده با مقادیر مختلف نیتروژن (صفر، ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار) بررسی شد. آزمایش در دمای ۱ ± ۲۵ درجه سلسیوس، رطوبت نسبی ۵ ± ۶۰ درصد و دوره نوری ۸ :۱۶ (تاریکی: روشنایی) ساعت انجام شد. تراکم‌های مختلفی (دو، چهار، شش، هشت، ۱۲، ۱۶و ۲۴) از پوره‌های دو و سه روزه‌ی شته جالیز به صورت جداگانه در هفت تکرار در اختیار لاروهای چهار روزه پشه شکارگر قرار گرفت. تعداد طعمه‌های خورده شده بعد از ۱۸ ساعت شمارش و ثبت شد. تعیین نوع واکنش تابعی و تخمین پارامترهای آن به ترتیب با استفاده از رگرسیون لجستیک و رگرسیون غیرخطی در نرم افزار SAS انجام شد. واکنش تابعی شکارگر در تمام تیمارها از نوع دوم بود. نرخ حمله شکارگر در تیمارهای مختلف بین ۰/۰۶۲۳ تا ۰/۱۵۱۲ بر ساعت و زمان دستیابی آن بین ۱/۴۶۴۶ تا ۱/۸۷۱۶ ساعت متغیر بود. بیش‌ترین مقدار عددی نرخ حمله و کمترین مقدار عددی زمان دستیابی شکارگر در تیمار ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به دست آمد. این پژوهش نشان داد که افزودن کود نیتروژن به خاک در کشت خیار می‌تواند توانایی شکارگری پشه *A. aphidimyza* را روی شته جالیز بهبود بخشد. با این حال، درک جزئیات بیشتر از اثرات سطوح مختلف کود نیتروژن در برهم‌کنش‌های گیاه خیار- شته جالیز- پشه شکارگر نیازمند انجام مطالعات بیشتری است.

کلمات کلیدی: روابط شکارگر- شکار، زمان دستیابی، کود نیتروژن، کیفیت شکار، نرخ حمله

Effect of different nitrogen fertilizer levels on the functional response of the predatory gall midge *Aphidoletes aphidimyza* in feeding on the melon aphid *Aphis gossypii*

Received: 1 Sep 2019 Revised: 15 Jan 2020 Accepted: 10 Oct 2020

Parvin Honarvar[1], Mahdi Hassanpour[2] ID✉, Ali Golizadeh[2], Leila Mottaghinia[3], Leila Zanganeh[4]

Respectively [1]Graduated MSc, [2]Professor, (✉hassanpour@uma.ac.ir), [3]Graduated PhD, [4]PhD Student, Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.

Abstract

The functional response is one of the important components of predator-prey interactions. It can be affected by different factors such as host plant quality. In this research, the functional response of the predatory gall midge *Aphidoletes aphidimyza* larvae to the nymphs of the melon aphid, *Aphis gossypii* reared on cucumber plants amended with different levels of nitrogen fertilizer (0, 100, 150 and 200 kg/ha) was investigated. The experiments were carried out at 25±1 °C, 60±5 % RH and a photoperiod of 16: 8(L: D). Different densities (2, 4, 6, 8, 12, 16 and 24) of mixed 2- and 3-d old nymphs of the aphid were separately offered to 4-d-old predator larvae. The numbers of killed preys were recorded after 18 h. Logistic and nonlinear regression analyses were used to determine the type of functional response and estimate of attack rate (a) and handling time (T_h) parameters, respectively. At all treatments, the predator exhibited a type II functional response to change in *A. gossypii* density. The attack rate and handling time of the predator were ranged from 0.0623 to 0.1512 h^{-1} and 1.4646 to 1.8716 h, respectively. The highest value of attack rate and the lowest value of the handling time of *A. aphidimyza* were obtained at treatment of 200 kg/ha nitrogen. This study revealed that adding nitrogen to the soil in cucumber cultivation can improve the predatory ability of *A. aphidimyza* on *A. gossypii*. However, for understanding further details of the effects of different levels of nitrogen fertilizer on cucumber- *A. gossypii*- *A. aphidimyza* interactions, further studies need to be carried out.

Keywords: attack rate, handling time, nitrogen fertilizer, predator-prey interactions, prey quality.

مقدمه

به عقیده بسیاری از صاحب‌نظران، تولیدات گلخانه‌ای در عصر

How to cite:
Honarvar P, Hassanpour M, Golizadeh A, Mottaghinia L, Zanganeh L, 2020. Effect of different nitrogen fertilizer levels on the functional response of the predatory gall midge *Aphidoletes aphidimyza* in feeding on the melon aphid *Aphis gossypii*. *Journal of Applied Research in Plant Protection* 9(3): 67–76.

www.SID.ir

Archive of SID

حاضر ضمن حفظ ماهیت کشاورزی، به صنعتی پویا و بالنده تبدیل شده است و دامنه علمی و پیچیدگی‌های فنی و تخصصی و ابعاد اقتصادی و مدیریتی آن و همچنین تنوع اطلاعات در این عرصه روز به روز گسترده‌تر می‌شود. یکی از مهم‌ترین معضلات محصولات گلخانه‌ای، آفات و بیماری‌های آن‌ها می‌باشد. شته‌ها از دیرباز به‌عنوان آفات مهم محصولات کشاورزی مطرح بوده‌اند. شته جالیز،*Aphis gossypii* Glover (Hemiptera: Aphididae) یکی از مهم‌ترین شته‌های خسارت‌زا در گلخانه‌ها و مزارع بوده و به دلیل پراکنش وسیع و دامنه میزبانی گسترده، دارای اهمیت اقتصادی زیادی می‌باشد (Blackman & Eastop 2000). این شته خسارت زیادی را در گلخانه‌ها و مزارع پرورش خیار در ایران به‌وجود آورده است (Zamani *et al*. 2006). این آفت علاوه بر خسارت مستقیم، به صورت غیرمستقیم و با ترشح عسلک و انتقال ویروس‌های بیماری‌زای گیاهی نیز خسارت وارد می‌کند. شته جالیز با استفاده از قطعات دهانی زننده- مکنده خود، بافت گیاه را سوراخ کرده و با تغذیه از شیره گیاهی موجود در آوند آبکش موجب تضعیف گیاه شده و عملکرد محصول را پایین می‌آورد. آلوده شدن میوه یا محصول به پوسته‌های تعویض جلدی و عسلک شته نیز باعث کاهش کیفیت محصول می‌شود (Blackman & Eastop 2000). با توجه به افزایش روزافزون مشکلات ناشی از آفات و بیماری‌های گیاهی، تولیدکنندگان سعی می‌کنند با استفاده از سموم شیمیایی اقدام به کنترل آن‌ها نمایند. از سوی دیگر، استفاده بی‌رویه از سموم شیمیایی موجب تهدید سلامت مصرف‌کنندگان محصولات کشاورزی، ایجاد مقاومت در آفات، آلودگی‌های زیست محیطی و نیز از بین رفتن دشمنان طبیعی آفات می‌شود (Orlando *et al*. 1970).

پشه *Aphidoletes aphidimyza* (Diptera: Cecidomyiidae) یکی از شکارگرهای اختصاصی شته‌ها است که اغلب برای کنترل بیولوژیک آن‌ها در گلخانه‌ها استفاده می‌شود. حداقل ۸۰ گونه شته به‌عنوان طعمه این شکارگر معرفی شده است (Yukawa *et al*. 1998). گونه مذکور در ایران دارای طیف میزبانی وسیع بوده و روی گیاهان مختلف اعم از گیاهان زراعی، زینتی، علف‌های هرز و درختان میوه (۱۴ جنس و گونه گیاهی) در حال تغذیه از شته‌های مختلف (۱۱ گونه از هفت جنس) مشاهده شده است (Labbafi 1995). پشه شکارگر مذکور از سال ۱۹۷۳ در کشورهای مختلف در سطح تجاری تولید شده و به‌عنوان عامل کنترل بیولوژیک شته‌ها در محصولات گلخانه‌ای استفاده می‌شود (Adams & Prokopy 1980; Meadow *et al*. 1985; Solarska 2004). لاروها ابتدا با تزریق سم در پای شته، آن را فلج کرده و سپس با فرو بردن قطعات دهانی خود، بدن شته را سوراخ کرده و محتویان بدن آن را می‌مکند (Lucas & Brodeur 2001). لاروهای شکارگر در طول دوره فعالیت خود از ۵۰ تا۶۰ فرد بالغ شته جالیز یا شته سبز هلو تغذیه می‌کنند (Ruzicka & Havelka 1998). شته‌ها بلافاصله بعد از حمله شکارگر و با تزریق بزاق سمی کشته می‌شوند، درحالی‌که تعدادی از شته‌های کشته شده مورد تغذیه شکارگر قرار نمی-گیرند (Helyer *et al*. 2003).

محصولات کشاورزی برای رشد و تولید محصول به عناصر غذایی نیاز دارند. این عناصر عمدتاً از طریق خاک و همچنین کودهای زیستی و شیمیایی به‌ویژه کود نیتروژن تامین می‌شوند. نیتروژن از معمول‌ترین و متداول‌ترین عناصر غذایی است. کود نیتروژن مهم‌ترین و موثرترین عامل افزاینده‌ی عملکرد دانه و پروتئین می‌باشد و تأمین نیتروژن قابل استفاده در خاک به میزان کافی، برای رشد بهینه گیاه اهمیت ویژه‌ای دارد. شناخت مقدار و نسبت مصرف کودها از اهمیت زیادی برخوردار است. مقدار و زمان مصرف کود نیتروژن می‌تواند بر رشدونمو بوته‌ها و در نهایت عملکرد آن‌ها موثر باشد. مصرف بی‌رویه کود نیتروژن علاوه بر هدر دادن سرمایه، منجر به وارد کردن صدمات جبران ناپذیری به محیط زیست می‌شود. این کود هم‌چنین سبب افزایش حساسیت گیاهان به برخی از آفات شده و شرایط مطلوبی را برای رشد شته‌ها تامین می‌کند. بنابراین، یکی از مهم‌ترین راهکارها جهت جلوگیری از مصرف بی‌رویه کود نیتروژن، مصرف به هنگام و مطابق با نیاز گیاه است (Malakouti 2005). نیتروژن به‌عنوان یکی از اجزای اصلی تشکیل‌دهنده اسیدهای نوکلئیک، اسیدهای آمینه، پروتئین‌ها، پپتیدها، کلروفیل و آلکالوئیدها شناخته شده است (Zhao *et al*. 2005). مطالعات متعدد نشان داده است که افزایش نیتروژن در گیاه باعث بهبود ویژگی‌های زیستی (Zarghami *et al*. 2009; Fallahpour *et al*. 2015) و فراوانی حشرات آفت (Nevo & Coll 2001; Hosseini *et al*. 2010) می‌شود. از سوی دیگر، دشمنان طبیعی (شکارگرها و پارازیتوئیدها) در مقایسه با گیاه‌خواران به مقادیر بیش‌تری از نیتروژن نیازمندند، بنابراین تغذیه دشمنان طبیعی از طعمه‌های با کیفیت مطلوب از لحاظ محتوای نیتروژن می‌تواند سبب بهبود نشوونما، تولیدمثل و بقای آن‌ها شود (Aqueel & Leather

www.SID.ir

Archive of SID

(2012. هم‌چنین، کوددهی گیاهان با نیتروژن به واسطه تأثیری که بر جثه و فراوانی حشرات آفت می‌گذارد، می‌تواند بر قدرت جستجوگری، تولیدمثل و بقای دشمنان طبیعی نیز اثر گذاشته و بدین ترتیب باعث کاهش جمعیت آفات شود (Kagata *et al.* 2005).

در بررسی روابط بین دشمنان طبیعی و میزبان‌های آن‌ها، مطالعات متعددی از جمله ترجیح گونه، قابلیت جستجوگری، قدرت تولیدمثلی و واکنش تابعی و عددی دشمنان طبیعی صورت می‌گیرد (Badii *et al.* 1999). اصطلاح واکنش تابعی اولین بار توسط Solomon (1949) برای نشان دادن رابطه بین تراکم طعمه و تعداد طعمه شکار شده توسط یک شکارگر استفاده شد. سه نوع واکنش تابعی تعریف شده است (Holling 1961) و انواع دوم و سوم در حشرات رایج‌تر می‌باشد. واکنش تابعی از اجزاء و عوامل ضروری در انتخاب دشمنان طبیعی در برنامه‌های کنترل بیولوژیک (van Lenteren & Baker 1976) و ابزاری برای درک بهتر روابط بین دشمنان طبیعی و طعمه‌های آن‌ها است (Waage & Greathead, 1988) و به عنوان یک مبحث قابل توجه در مباحث کنترل بیولوژیک آفات مطرح می‌باشد (Hassell 1978). یک دشمن طبیعی موفق باید بتواند نسبت به افزایش تراکم طعمه خود واکنش مثبت نشان بدهد (Poole 1974; Hassell 1978).

پژوهش‌های زیادی در ارتباط با اثرات کود نیتروژن روی برهم‌کنش‌های شکارگر- شکار صورت گرفته است. در یک پژوهش، Aqueel & Leather (2012) تاثیر کاربرد چهار سطح نیتروژن (صفر، ۰/۱، ۰/۲ و ۰/۴ گرم به ازای هر گیاه) در گیاه گندم را روی واکنش تابعی کفشدوزک *Harmonia axyridis* Pallas نسبت به شته‌های غلات (*Rhopalosiphum padi* L.) و *Sitobion avenae* Fabricius) مطالعه نموده و واکنش تابعی مراحل رشدی مختلف کفشدوزک را در همه تیمارها از نوع دوم گزارش کردند. هم‌چنین در پژوهش انجام شده توسط Hosseini *et al.* (2018)، گیاه خیار با سه نسبت مختلف نیتروژن (۱۱۰، ۱۶۰ و ۲۱۰ پی‌پی‌ام) کوددهی و تاثیر آن روی رفتار شکارگری کفشدوزک (Goeze) *Hippodamia variegata* در تغذیه از شته جالیز بررسی شد. نتایج نشان داد که واکنش تابعی حشرات نر در همه تیمارها از نوع دوم و واکنش تابعی حشرات ماده در تیمار ۱۱۰ پی‌پی‌ام از نوع دوم و در تیمارهای ۱۶۰ و ۲۱۰ پی‌پی‌ام از نوع سوم بود.

با توجه به اهمیت کود نیتروژن در برهم‌کنش گیاه، آفت و دشمنان طبیعی، در پژوهش حاضر، واکنش تابعی لاروهای پشه *A. aphidimyza* در تغذیه از شته جالیز پرورش یافته روی بوته‌های خیار کوددهی شده با مقادیر مختلف کود نیتروژن بررسی شد.

مواد و روش‌ها

پرورش گیاه و حشرات

گیاه خیار (رقم سوپر ارشیا اف ۱) در گلدان‌های پلاستیکی به قطر ۱۷ و ارتفاع ۱۳ سانتی‌متر (حاوی دو قسمت خاک و یک قسمت ماسه) در گلخانه پژوهشی دانشگاه محقق اردبیلی در دمای ۳ ± ۲۰ درجه سلسیوس، رطوبت نسبی ۵ ± ۵۵ درصد و دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی و هشت ساعت تاریکی کشت شد. گیاهان هر سه روز یک‌بار آبیاری می‌شدند. برای حفاظت گیاهان از حمله آفات، سکوی حاوی گیاهان با پارچه توری پوشانده شده بود.

پشه *A. aphidimyza* به‌صورت لارو از گلخانه‌های آلوده به شکارگر از اطراف اردبیل جمع‌آوری و روی بوته‌های خیار کاشته شده در گلخانه منتقل شدند. لاروها برای تغذیه روی برگ‌های خیار حاوی شته قرار داده شدند. شناسایی پشه شکارگر در مرحله حشره کامل انجام شد (Gagné 1971). حشرات کامل نر و ماده با استفاده از آسپیراتور دستی جمع‌آوری شده و برای جفت‌گیری و تخم‌ریزی به ظروف پرورش به ابعاد ۵ × ۱۱ × ۱۳ (ارتفاع × عرض × طول) سانتی‌متر منتقل شدند. برای تهویه در قسمت فوقانی این ظروف سوراخی به ابعاد ۶ × ۵ سانتی‌متر ایجاد شده و با توری ظریف پوشانده شده بود. کف این ظروف یک لایه نازک پنبه مرطوب و روی آن یک لایه کاغذ صافی قرار داده شده بود. یک برگ گیاه خیار، به طوری که سطح زیرین آن رو به بالا بود و دمبرگ آن با پنبه مرطوب پوشانده شده بود، روی کاغذ صافی قرار داده شد. برای تغذیه حشرات کامل، کاغذهایی به صورت نواری بریده شده و به محلول آب عسل (۳۰ درصد) آغشته شده و در چهار گوشه ظروف قرار داده شد. برگ‌های حاوی تخم پشه روزانه به ظروف پلاستیکی دیگر منتقل شدند. جمعیت شکارگر قبل از استفاده در آزمایش، روی هر یک از سطوح نیتروژن به صورت مجزا برای دو نسل پرورش داده شد.

جمعیت اولیه شته جالیز از بوته‌های خیار آلوده به آفت از گلخانه پژوهشی دانشگاه محقق اردبیلی جمع‌آوری و پس از

www.SID.ir

Archive of SID

شناسایی روی گیاهان کاشته شده در گلخانه منتقل شد. شته‌ها روی گیاهان رشد یافته در نسبت‌های مورد آزمایش نیتروژن به صورت جداگانه برای سه نسل پرورش داده شدند. طی دوره پرورش، گیاهان هر چند روز یک‌بار کنترل شده و گیاهان سالم جایگزین گیاهان به شدت آلوده شدند تا کلنی شته حفظ شود.

نحوه انجام آزمایش

در این پژوهش سه سطح کود نیتروژن (به صورت اوره گرانول ۴۶ درصد) شامل ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار همراه با تیمار شاهد (بدون کود) مورد بررسی قرار گرفت. این مقدار برای هر گلدان محاسبه (برای سطوح کودی فوق به ترتیب ۰/۰۵۱۲، ۰/۰۷۶۹ و ۰/۱۰۲۵ گرم در هر گلدان) و به صورت مخلوط با خاک گلدان استفاده شد. از برگ‌های بوته‌های پرورش یافته در هر یک از این سطوح نیتروژن در انجام آزمایش‌ها استفاده شد. آزمایش واکنش تابعی در ظروف پتری به قطر ۱۰ سانتی‌متر، که برای تهویه سوراخی به قطر چهار سانتی‌متر روی سرپوش آن‌ها ایجاد و با توری ظریف پوشانده شده بود، انجام شد. داخل هر ظرف پتری یک برگ، که سطح زیرین آن رو به بالا بود، قرار داده شد. این برگ‌ها از قسمت انتهای دمبرگ داخل میکروتیوب حاوی آب قرار داده شده و دهانه آن برای جلوگیری از خروج آب با پنبه مسدود شده بود. ترکیبی از پوره‌های دو و سه روزه شته جالیز در هفت تراکم مختلف شامل دو، چهار، شش، هشت، ۱۲، ۱۶ و ۲۴ با استفاده از قلم‌مو روی برگ منتقل شد. به پوره‌ها یک ساعت فرصت داده شد تا روی برگ مستقر شوند. سپس یک عدد لارو چهار روزه پشه *A. aphidimyza* که به مدت ۱۰ ساعت گرسنه نگه داشته شده بود، داخل هر ظرف پتری روی برگ قرار داده شد. برای جلوگیری از فرار حشرات، حاشیه بیرونی ظروف پتری با سلفون پوشانده شد. لاروهای شکارگر پس از ۱۸ ساعت از داخل ظروف پتری حذف و تعداد شته‌های زنده مانده شمارش و از روی آن‌ها تعداد شته‌های خورده شده محاسبه و ثبت شد. آزمایش در اتاقک رشد در دمای ۱ ± ۲۵ درجه سلسیوس، رطوبت نسبی ۵ ± ۶۰ درصد و دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی و هشت ساعت تاریکی انجام شد. آزمایش برای هر تراکم شته در هر سطح نیتروژن هفت بار تکرار شد. طعمه‌های خورده شده در طول آزمایش جایگزین نشدند.

تجزیه‌های آماری

تجزیه داده‌ها در دو مرحله با استفاده از نرم‌افزار SAS انجام شد (SAS 2002). مرحله اول شامل تعیین نوع واکنش تابعی و مرحله دوم شامل برآورد پارامترهای نرخ حمله (a) و زمان دستیابی (T_h) بود. نوع واکنش تابعی به وسیله رگرسیون لجستیک و از طریق معادله زیر تعیین شد (Trexler & Travis 1993):

$$\frac{N_e}{N_0} = \frac{\exp(P_0 + P_1N_0 + P_2{N_0}^2 + P_3{N_0}^3)}{1 + \exp(P_0 + P_1N_0 + P_2{N_0}^2 + P_3{N_0}^3)}$$

در این رابطه، N_e تعداد طعمه خورده شده، N_0 تراکم اولیه طعمه و ضرایب P_0 (عرض از مبدا)، P_1 (درجه یک)، P_2 (درجه دو) و P_3 (درجه سه) پارامترهایی هستند که توسط مدل تخمین زده می‌شوند.

تخمین پارامترهای نرخ حمله (a) و زمان دستیابی (T_h) با استفاده از رگرسیون غیرخطی در نرم‌افزار SAS انجام شد (Juliano 2001). با توجه به عدم جایگزینی طعمه‌های خورده شده و کاهش تعداد آن‌ها در طول آزمایش، داده‌ها با مدل راجرز برازش داده شدند (Rogers 1972):

$$N_e = N_0\{1 - \exp\,[a\,(T_hN_e - \mathrm{T})]\}$$

در این معادله، N_e تعداد طعمه خورده شده، N_0 تعداد طعمه ارائه شده به شکارگر، a نرخ حمله، T_h زمان دستیابی و T مدت زمان آزمایش می‌باشد.

برای مقایسه‌ی پارامترهای واکنش تابعی در تیمارهای مختلف از معادله ترکیبی استفاده شد:

$$N_a = N_0\{1 - \exp\,[-(a + D_a(\mathrm{j}))(T - (T_h + D_{Th}(\mathrm{j}))N_a)]\}$$

در این معادله، j متغیری است که در یک تیمار عدد صفر و در تیمار دوم عدد یک برای آن در نظر گرفته می‌شود. پارامترهای D_a و D_{Th} وجود اختلاف معنی‌دار در مقدار a و T_h در دو تیمار را مشخص می‌کند. به عبارت دیگر، نرخ حمله برای یک تیمار a و برای تیمار دیگر $a + D_a$ در نظر گرفته می‌شود. تفاوت معنی دار D_a با صفر نشان‌دهنده وجود تفاوت معنی‌دار در نرخ حمله دو تیمار می‌باشد. زمان دستیابی بین دو تیمار نیز به روش مشابه مقایسه شد (Juliano 2001). رسم نمودارها با استفاده از نرم‌افزار Excel انجام شد.

نتایج و بحث

www.SID.ir

Archive of SID

بر اساس نتایج، شیب بخش خطی رگرسیون لجستیک در همه تیمارها منفی بود (جدول ۱). علامت منفی بخش خطی نمایانگر واکنش تابعی نوع دوم لارو پشه *A. aphidimyza* نسبت به شته جالیز پرورش یافته روی گیاهان شاهد و کوددهی شده با مقادیر مختلف نیتروژن می‌باشد. لاروهای این شکارگر با افزایش تراکم شته جالیز روی برگ، میزان تغذیه خود را به صورت غیر خطی افزایش دادند که نشان می‌دهد این شکارگر در تیمارهای مختلف نیتروژن به صورت وابسته به تراکم معکوس عمل نموده است (شکل ۱).

جدول ۱. تجزیه رگرسیون لجستیک نسبت شته جالیز *Aphis gossypii* خورده شده توسط لارو پشه *Aphidoletes aphidimyza* روی گیاهان خیار رشد یافته در مقادیر مختلف نیتروژن.

Table 1. Logistic regression of the proportion of *Aphis gossypii* eaten by *Aphidoletes aphidimyza* larvae on the cucumber plants amended with different nitrogen fertilizer levels.

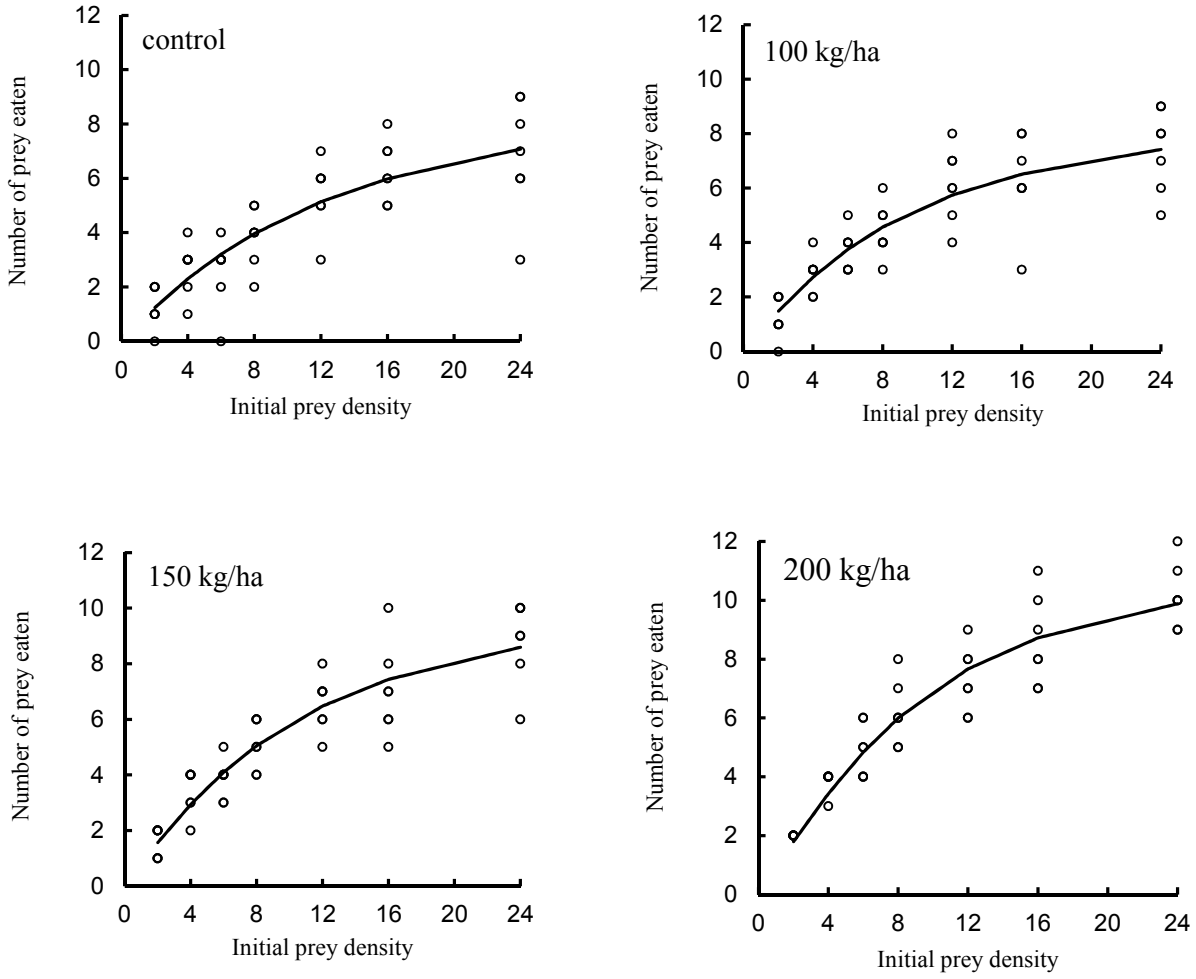
Nitrogen (Kg/ha)	Parameter	Estimate	Standard Error	χ^2	P
0	P_0	0.6826	0.4166	2.69	0.1013
	P_1	-0.0872	0.0643	1.84	0.1750
	P_2	0.000886	0.00213	0.17	0.6769
100	P_0	1.1395	0.4309	6.99	0.0082
	P_1	-0.1185	0.0656	3.26	0.0708
	P_2	0.00155	0.00215	0.52	0.4726
150	P_0	1.9318	0.4709	16.83	<0.0001
	P_1	-0.1991	0.0696	8.19	0.0042
	P_2	0.00401	0.00224	3.21	0.0732
200	P_0	5.8678	1.7409	11.36	0.0008
	P_1	-0.9733	0.4354	5.00	0.0254
	P_2	0.0561	0.0325	2.99	0.0839

پارامترهای نرخ حمله لارو پشه *A. aphidimyza* در تیمارهای مختلف نیتروژن بین ۰/۰۶۲۳ تا ۰/۱۵۱۲ بر ساعت و زمان دستیابی آن بین ۱/۴۶۴۶ تا ۱/۸۷۱۶ ساعت تخمین زده شد (جدول ۲). مقدار عددی نرخ حمله با افزایش سطح نیتروژن به تدریج افزایش یافت. نتایج معادله ترکیبی نشان داد که در پارامتر نرخ حمله اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای شاهد و ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و نیز بین تیمارهای ۱۰۰ و ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار وجود داشت (جدول ۳). مقدار عددی زمان دستیابی شکارگر نیز (به استثناء تیمار ۰/۰۵۱۲ گرم در هر گلدان) با افزایش سطح نیتروژن به تدریج کاهش یافت (جدول ۲) اما این کاهش، بر اساس نتایج معادله ترکیبی از نظر آماری معنی‌دار نبود (جدول ۳). بر اساس نتایج، حداکثر نرخ حمله نظری (T/T_h) شکارگر با افزایش مقدار نیتروژن (به استثنای ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) افزایش یافت (جدول ۲).

واکنش تابعی یکی از معیارهای مهم برای ارزیابی کارایی دشمنان طبیعی است. مطالعه واکنش تابعی دشمنان طبیعی برای فهم بهتر محققین از تأثیر رهاسازی انبوه عوامل کنترل بیولوژیک صورت می‌گیرد (Waage & Greathead 1988). در بررسی حاضر، واکنش تابعی لارو پشه *A. aphidimyza* نسبت به شته جالیز پرورش یافته در مقادیر مختلف نیتروژن از نوع دوم بود که نشان می‌دهد تفاوت در کاربرد سطوح مختلف نیتروژن نوع واکنش تابعی این شکارگر را تحت تأثیر قرار نداده است. این نتیجه همسو با یافته‌های Mottaghinia *et al*. (2016) است که نشان دادند واکنش تابعی پشه *A. aphidimyza* نسبت به شته جالیز تحت تأثیر کاربرد نسبت‌های مختلف کود ورمی‌کمپوست در گیاه خیار قرار نگرفت و واکنش تابعی آن در همه تیمارها از نوع دوم بود.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۱. منحنی‌های واکنش تابعی تعداد طعمه خورده شده توسط لارو پشه *Aphidoletes aphidimyza* در تراکم‌های مختلف شته جالیز، *Aphis gossypii* پرورش یافته روی گیاهان خیار رشد کرده در مقادیر مختلف نیتروژن. نقاط و خطوط به ترتیب بیانگر تعداد طعمه‌های خورده شده و تخمین زده شده با مدل راجرز می‌باشند.

Figure 1. Functional response curves of *Aphidoletes aphidimyza* larvae to *Aphis gossypii* reared on the cucumber plants amended with different nitrogen fertilizer levels. The points and solid lines represent the observed response and Roger's model prediction, respectively.

در بررسی Jalalipour *et al*. (2014) واکنش تابعی پشه *A. aphidimyza* نسبت به شته اقاقیای (*Aphis craccivora* Koch) پرورش یافته روی برگ‌های لوبیای چشم بلبلی از نوع دوم گزارش شد. در یک پژوهش دیگر واکنش تابعی لاروهای سنین مختلف پشه *A. aphidimyza* نسبت به شته اقاقیا روی برگ‌های لوبیای چشم بلبلی از نوع سوم گزارش شد (Madahi *et al*. 2013). تفاوت نوع گیاه، نوع و تراکم طعمه، سن دشمن طبیعی، مصرف یا عدم مصرف کود و مقدار کاربرد آن و نیز شرایط آزمایش ممکن است باعث تفاوت در نوع واکنش تابعی دشمنان طبیعی شود (De Clercq *et al*. 2000; Sarmento *et al*. 2007; Aqueel &Leather, 2012).

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۲. پارامترهای واکنش تابعی لارو پشه *Aphidoletes aphidimyza* نسبت به شته جالیز، *Aphis gossypii* پرورش یافته روی گیاهان خیار رشد کرده در مقادیر مختلف نیتروژن.

Table 2. Parameters estimated by the random predator equation, evaluating functional response of *Aphidoletes aphidimyza* larvae to *Aphis gossypii* reared on the cucumber plants amended with different nitrogen fertilizer levels.

Nitrogen (Kg/ha)	Attack rate (a±SE) (h^{-1}) (CI)	Handling time (T_h±SE) (h) (CI)	T/T_h	R^2
0	0.0623 ± 0.0128 (0.0366 - 0.0880)	1.7489 ± 0.2766 (1.1924 - 2.3053)	10.29	0.7
100	0.0901 ± 0.0172 (0.0554 - 0.1248)	1.8716 ± 0.1984 (1.4724 - 2.2708)	9.62	0.77
150	0.1001 ± 0.0162 (0.0675 - 0.1328)	1.5777 ± 0.1488 (1.2783 - 1.8771)	11.41	0.83
200	0.1512 ± 0.0237 (0.1035 - 0.1989)	1.4646 ± 0.1017 (1.2601 - 1.6692)	12.29	0.88

جدول ۳. مقادیر تخمین زده شده با معادله ترکیبی برای مقایسه پارامترهای نرخ حمله و زمان دستیابی لارو پشه *Aphidoletes aphidimyza* نسبت به شته جالیز، *Aphis gossypii* پرورش یافته روی گیاهان خیار رشد کرده در مقادیر مختلف نیتروژن.

Table 3. The estimated parameters using combined equation for comparison of attack rate and handling time of *Aphidoletes aphidimyza* larvae to *Aphis gossypii* reared on the cucumber plants amended with different nitrogen fertilizer levels.

Nitrogen treatments (Kg/ha)	Parameter	Estimate	Standard Error	Confidence Interval (95%)	
				lower	upper
0 - 100	D_a	0.0240	0.0224	-0.0205	0.0685
	D_{Th}	0.0667	0.3307	-0.5900	0.7233
0 - 150	D_a	0.0341	0.0219	-0.00937	0.0776
	D_{Th}	-0.2272	0.2972	-0.8173	0.3628
0 - 200	D_a	0.0851	0.0300	0.0255	0.1448
	D_{Th}	-0.3403	0.2673	-0.8710	0.1905
100 - 150	D_a	0.0101	0.0237	-0.0370	0.0571
	D_{Th}	-0.2939	0.2462	-0.7828	0.1950
100 - 200	D_a	0.0611	0.0303	0.000918	0.1213
	D_{Th}	-0.4070	0.2154	-0.8347	0.0207
150 - 200	D_a	0.0510	0.0292	-0.00701	0.1091
	D_{Th}	-0.1131	0.1781	-0.4668	0.2407

بروز واکنش تابعی نوع دوم در شرایط بررسی حاضر ممکن است ناشی از محدود شدن شکارگر در واحدهای آزمایشی کوچک و میزان دسترسی بیشتر شکارگر به طعمه در تراکم‌های پایین آن باشد (van Lenteren & Bakker 1976; Montoya *et al*. 2000). شکارگرهایی که واکنش تابعی نوع دوم را نشان می‌دهند بیش‌ترین درصد شکارگری را در تراکم‌های پایین طعمه داشته و تجربه ثابت کرده است که این‌ها از موثرترین عوامل زیستی در کنترل آفات مختلف می‌باشند. این شکارگرها می‌توانند در مرحله استقرار طعمه (آفت) نقش موثری در کنترل آن داشته باشند (Fernández-Arhex & Corley 2003; Pervez & Omkar 2005).

بر اساس نتایج، نرخ حمله لارو پشه *A. aphidimyza* با افزایش مقدار نیتروژن از صفر به ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار به تدریج افزایش یافت، به طوری که مقدار این پارامتر در بالاترین مقدار نیتروژن به طور معنی‌داری بیش‌تر از تیمار شاهد بود. در بررسی انجام شده توسط Mottaghinia *et al*. (2016) کوددهی گیاه خیار (رقم کریم) با کود ورمی‌کمپوست باعث افزایش نرخ حمله لارو پشه *A. aphidimyza* شد. در پژوهش حاضر، در مدت زمان آزمایش (۱۸ ساعت)، بیش‌ترین نرخ حمله نظری (T/T_h) شکارگر نیز در بالاترین مقدار کود (۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار) به دست آمد. این امر نشان می‌دهد که افزایش مقدار نیتروژن موجب افزایش فعالیت شکارگری پشه *A. aphidimyza*

www.SID.ir

Archive of SID

شده است. داشتن نرخ حمله بیشتر یک ویژگی خوب برای دشمن طبیعی است. دشمن طبیعی با نرخ حمله بیشتر و زمان دستیابی کمتر، بهتر می‌تواند جمعیت طعمه خود را کنترل کند (Hassell 1982).

نیتروژن با تغییر ویژگی‌های ریخت‌شناسی و فیزیولوژیکی گیاهان میزبان می‌تواند موجب بهبود برخی پارامترهای زیستی (مانند زنده‌مانی و باروری) گیاه‌خواران به ویژه شته‌ها گردد (Hosseini *et al*. 2015). هم‌چنین، کاربرد مقادیر زیاد نیتروژن (در یک محدوده مشخص) نقش مهمی در افزایش وزن بدن حشرات گیاه‌خوار به خصوص شته‌ها دارد (Aqueel & Leather 2011). افزایش وزن و جثه بدنی آفت با افزایش دوز مصرفی نیتروژن، علاوه بر این‌که باعث افزایش کیفیت و مطلوبیت آن برای شکارگر می‌شود (Hosseini *et al*. 2018)، ممکن است موجب افزایش زمان دستیابی شکارگر و در نتیجه موجب کاهش تعداد تغذیه آن از آفت گردد. در بررسی حاضر، اگرچه مقدار عددی زمان دستیابی شکارگر با افزایش سطح نیتروژن تا اندازه‌ای کاهش یافت، اما این کاهش از نظر آماری معنی‌دار نبود. این احتمال وجود دارد که ویژگی‌های ریخت‌شناسی سطح برگ خیار زمان دستیابی این شکارگر را تحت تاثیر قرار داده باشند، زیرا طبق گزارش Li *et al*. (2017) کاربرد نیتروژن می‌تواند ضخامت برگ، تراکم تریکوم‌ها، تراکم روزنه‌ها و تراکم رگبرگ‌ها را تحت تأثیر قرار دهد. افزایش میزان نیتروژن علاوه بر تغییر کیفیت گیاه و میزان پذیرش گیاه‌خوار برای دشمن طبیعی، کارآیی دشمنان طبیعی آن‌ها را نیز تحت تأثیر قرار می‌دهد. با این حال، افزایش نیتروژن ممکن است در برخی موارد موجب کاهش تعداد طعمه‌های خورده شده شود. به عنوان مثال، Fallahpour *et al*. (2015) نشان دادند که افزایش مقدار نیتروژن از ۷۵ به ۲۲۵ کیلوگرم در هکتار موجب کاهش غیرمعنی‌دار نرخ خالص شکارگری پشه *A. aphidimyza* روی شته خردل، *Lipaphis erysimi* (Kaltenbach) شد. لازم است به این نکته نیز توجه شود که برای کنترل شته‌های با جثه کوچک و میزان باروری کمتر روی گیاهانی که به هر دلیل مقدار نیتروژن کمتری دریافت کرده‌اند، به تعداد کم‌تری شکارگر نیاز است. بنابراین، ضروری است تا از رهاسازی زیاد و غیرضروری شکارگرها در چنین گیاهانی اجتناب شود (Aqueel & Leather 2012).

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که مقدار نیتروژن مصرفی در گیاه خیار می‌تواند پارامترهای واکنش تابعی پشه *A. aphidimyza* را تحت تاثیر قرار دهد، به طوری که مقادیر بالاتر نیتروژن مورد بررسی در این تحقیق موجب افزایش نرخ حمله و کاهش زمان دستیابی لارو شکارگر شد. بنابراین، افزایش مقدار مصرف نیتروژن در محدوده‌ی مقادیر مورد بررسی در این تحقیق در گیاه خیار می‌تواند موجب افزایش کارایی پشه *A. aphidimyza* در تغذیه از شته جالیز و کنترل آن روی این گیاه شود. با این حال، نیاز است این نتایج در شرایط گلخانه‌ای و مزرعه‌ای نیز مورد اعتبارسنجی قرار گیرد، چرا که استفاده از مقادیر بالای کودهای شیمیایی حاوی نیتروژن در خاک باعث افزایش جذب آن توسط گیاه شده و زمینه‌ی مناسبی برای افزایش جمعیت شته‌ها فراهم می‌آورد (Zarghami *et al*. 2009). با توجه به دخالت عوامل متعدد در مطالعات بیولوژیک، نتایج حاصل از پژوهش‌های مختلف گاها بسیار متنوع بوده و این موضوع تصمیم‌گیری در مورد میزان مصرف بهینه کودهای نیتروژنه در گیاهان مختلف را دشوار می‌کند (Koocheki *et al*. 2017) به ویژه اگر این کودها روی میزان خسارت و جمعیت آفات مختلف و نیز برهم‌کنش‌های تغذیه‌ای سه جانبه بین گیاه، آفت و دشمن طبیعی تاثیر بگذارد.

سپاسگزاری

این تحقیق با حمایت مالی دانشگاه محقق اردبیلی انجام شد که بدینوسیله تشکر می‌شود.

References

Adams RG, Prokopy RJ, 1980. *Aphidoletes aphidimyza* Rondani (Dip.: Cecidomyiidae): An effective predator of the apple aphid (Hom.: Aphididae) in Massachusetts. *Journal of Professional Ecology* 2(1): 27–39.

Aqueel MA, Leather SR, 2011. Effect of nitrogen fertilizer on the growth and survival of *Rhopalosiphum padi* (L.) and *Sitobion avenae* (F.) (Homoptera: Aphididae) on different wheat cultivars. *Journal of Crop Protection* 30(2): 216–221.

Aqueel MA, Leather SR, 2012. Nitrogen fertilizer affects the functional response and prey consumption of *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae) feeding on cereal aphids. *Journal of Annals of Applied Biology* 160(1): 6–15.

www.SID.ir

Archive of SID

Badii MH, McMurtry GA, Flores AE, 1999. Rates of development, survival and predation of immature stages of *Phytoseiulus longipes* (Acari: phytoseiidae). *Journal of Experimental and Applied Acarology* 23: 611–621.

Blackman RL, Eastop VF, 2000. Aphids on the World's Crops: An Identification and Information Guide. 2nd edition, Wiley, London, UK. 476 pp.

De Clercq P, Mohaghegh J, Tirry L, 2000. Effect of host plant on the functional response of the predator *Podisus nigrispinus* (Heteroptera: Pentatomidae). *Journal of Biological Control* 18(1): 65–70.

Fallahpour F, Ghorbani R, Nassiri Mahallati M, Hosseini M, 2015. Interaction of different nitrogen fertilization regimes of canola with mustard aphid (*Lipaphis erysimi* Kalt.) and the predatory gall midge (*Aphidoletes aphidimyza* Rondani). *Biological Control of Pests and Plant Diseases*. 4(1): 1–12 (in Persian with English abstract).

Fernández-Arhex V, Corley JC, 2003. The functional response of parasitoids and its implications for biological control. *Journal of Biocontrol Science and Technology* 13(4): 403–413.

Gagné RJ, 1971. The genus *Aphidoletes* Kieffer (Diptera: Cecidomyiidae) in North America. *Entomological News* 82: 177–181.

Hassell MP, 1978. The Dynamics of Arthropod Predator-Prey Systems. Princeton University Press. 237 pp.

Hassell MP, 1982.What is searching efficiency? *Annals Applied Biology* 101: 170–175.

Helyer N, Cattlin ND, Brown KC, 2014. Biological Control in Plant Protection: A Color Handbook. 2nd edition, CRC Press Inc, UK. 276 Pp.

Holling CS, 1961. Principles of insect predation. *Journal of Annual Review of Entomology* 6: 163–182.

Hosseini A, Hosseini M, Goldani M, Karimi J, Madadi H, 2015. Effect of nitrogen fertilizer on biological parameters of the *Aphis craccivora* (Hemiptera: Aphidiae) and associated productivity losses in common globe Amaranth. *Journal of Agricultural Science and Technology* 17(6): 1517–1528.

Hosseini A, Hosseini M, Michaud JP, Modarres Awal M, Ghadamyari H, 2018. Nitrogen fertilization increases the nutritional quality of *Aphis gossypii* (Hemiptera: Aphididae) as prey for *Hippodamia variegata* (Coleoptera: Coccinellidae) and alters predator foraging behavior. *Journal of Economic Entomology* 111(5): 2059–2068.

Hosseini M, Ashouri A, Enkegaard A, Goldansaz SH, Nassiri Mahalati M, *et al*., 2010. Performance and population growth rate of the cotton aphid, and associated yield losses in cucumber, under different nitrogen fertilization regimes. *International Journal of Pest Management* 56(2): 127–135.

Jalalipour R, Sahragard A, Karimi Malati A, 2014. Effect of different foraging periods on the functional response of *Aphidoletes aphidimyza* (Diptera: Cecidomyiidae) at different densities of *Aphis craccivora*. *Journal of Crop Protection* 3(2): 283–293.

Juliano SA, 2001. Non-linear curve fitting: Predation and functional response curves. In: Scheiner SM, Gurevitch J (eds.). Design and Analysis of Ecological Experiments. Chapman and Hall, New York. Pp. 178–196.

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. *Journal of Ecological Entomology* 30: 58–62.

Koocheki A, Nassiri Mahallati M, Bakhshaei S, Davari A, 2017. A meta analysis on nitrogen fertilizer experiments on cereal crops in Iran. *Journal of Agronomy* 9(2): 296–313 (In Persian with English summary).

Labbafi, Y. 1995. Biology of the predatory midge, *Aphidoletes aphidimyza* Rondani (Dip.; Cecidomyiidae) and methods for its rearing in laboratory. MSc Thesis. Department of Plant Protection, University of Tehran, Karaj, Iran. (In Persian with English summary).

Li Q, Mao H, Zuo Z, Zhang X, Ni J, *et al.*, 2017. Effects of nitrogen and phosphorus on the microstructure and ultrastructure of tomato leaves (*Solanum lycopersicum*). *Journal of Plant Nutrition* 40(12):1773–1783.

Lucas E, Brodeur J, 2001. A fox in sheep's clothing: Furtive predators benefit from the communal defense of their prey. *Journal of Ecology* 82: 3246–3250.

Madahi Kh, Sahragard A, Hossieni R, 2013. Larval age-specific searching efficiency of *Aphidoletes aphidimyza* (Dip.: Cecidomyiidae) preying on different densities of *Aphis craccivora* (Hem.: Aphididae). *Journal of Entomological Society of Iran* 33(2): 33–43.

www.SID.ir

Archive of SID

Malakouti MJ, 2005. Sustainable Agriculture and Yield Increase through Balance Fertilization. Sana Publication. 470 pp. (in Persian).

Meadow RH, Kelly WC, Shelton AM, 1985. Evaluation of *Aphidoletes aphidimyza* (Dip.: Cecidomyiidae) for control of *Myzus persicae* (Hom.: Aphididae) in greenhouse and field experiments in the United States. *Journal of Entomophaga* 30: 385–392.

Montoya P, Liedo P, Benery B, Barrere JF, Cancino J, *et al*., 2000. Functional response and superparasitism by *Diachasmimoopha longicaudata* (Hymenoptera: Braconidae), a parasitoid of fruit flies (Diptera: Tephritidae). *Journal of Annals of the Entomological Society of America* 93(1): 47–54.

Mottaghinia L, Hassanpour M, Razmjou J, Hosseini M, Chamani E, 2016. Functional response of *Aphidoletes aphidimyza* Rondani (Diptera: Cecidomyiidae) to *Aphis gossypii* Glover (Hemiptera: Aphididae): Effects of vermicompost and host plant cultivar. *Journal of Neotropical Entomology* 45(1):88–95.

Nevo E, Coll M, 2001. Effect of nitrogen fertilization on *Aphis gossypii* (Homoptera: Aphididae): variation in size, color, and reproduction. *Journal of Economic Entomology* 94: 27–32.

Orlando A, Camauba TS, Suplicy FN, 1970. Tests on the control of yellow beetle *Coccinella vulgate* with new pesticides. *Biology* 36: 76–82.

Pervez A, Omkar, 2005. Functional responses of coccinellid predators: an illustration of a logistic approach. *Journal of Insect Science* 5(1): 1–6.

Poole RW, 1974. An Introduction to Quantitative Ecology. McGraw-Hill, New York. 532 pp.

Rogers DJ, 1972. Random search and insect population models. *Journal of Animal Ecology* 41: 369–383.

Ruzicka Z, Havelka J, 1998. Effects of oviposition-deterring pheromone and allomones on *Aphidoletes aphidimyza* (Diptera: Cecidomyiidae). *European Journal of Entomology* 95: 211–216.

Sarmento RA, Pallini A, Venzon M, De Souza O, Molina Rugama AJ, *et al*., 2007. Functional response of the predator *Eriopis connexa* (Coleoptera: Coccinellidae) to different prey types. *International Journal of Brazilian Archives of Biology and Technology* 50(1): 121–126.

SAS Institute, 2002. SAS/STAT User's Guide. SAS Institute Inc, Cary, NC. Inc.

Solarska E, 2004. The use of *Aphidius colemani* and *Aphidoletes aphidimyza* to control damson-hop aphid (*Phorodon humuli* Schrank) on hop. *Journal of Plant Protection Research* 44: 85–90.

Solomon ME, 1949. The natural control of animal populations. *Journal of Animal Ecology* 18: 1–35.

Trexler JC, Travis J, 1993. Nontraditional regression analysis. *Journal of Ecology* 74(6): 1629–1637.

van Lenteren JC, Bakker K, 1976. Functional responses in invertebrates. *Netherlands Journal of Zoology* 26(4): 567–572.

Waage JK, Greathead DJ, 1988. Biological control–challenges and opportunities. *Journal of Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences* 318: 111–128.

Yukawa J, Yamaguchi D, Mizota K, Setokuchi O, 1998. Distribution and host range of an aphidophagous species of Cecidomyiidae, *Aphidoletes aphidimyza* (Diptera), in Japan. *Journal of Applied Entomology and Zoology* 33: 185–193.

Zamani AA, Talebi AA, Fathipour Y, Baniameri V, 2006. Effect of temperature on biology and population growth parameters of *Aphis gossypii* Glover (Hom., Aphididae) on greenhouse cucumber. *Journal of Applied Entomology* 130: 453–460.

Zarghami S, Allahyari H, Saboori A, Mirmohamadi Sh, Alasvand-Zarasvand A, 2009. The effect of nitrogen fertilization on development and intrinsic rate of increase of *Brevicoryne brassicae* L. (Hom: Aphididae). *Plant Protection*. 32 (1): 23–32 (in Persian with English abstract).

Zhao D, Reddya K, Kakania RVG, Reddy VR, 2005. Nitrogen deficiency effects on plant growth, leaf photosynthesis, and hyperspectral reflectance properties of sorghum. *European Journal of Agronomy* 22: 391–403.

www.SID.ir