تحقیقات آفات گیاهی
۱۰- ۱ :(۲) ۷- ۱۳۹۶

ارزیابی تاثیر مرحله رشدی طعمه بر واکنش عددی کفشدوزک شپشک‌خوار *Nephus arcuatus* Kapur

لیلا رمضانی[1]* و سارا ضرغامی[2]

۱- گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه کشاورزی ومنابع طبیعی رامین خوزستان، ۲- گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز

(تاریخ دریافت: ۹۵/۱۱/۲۵ تاریخ پذیرش: ۹۶/۳/۲۳)

چکیده

در این پژوهش تاثیر مرحله رشدی بر واکنش عددی ماده بالغ کفشدوزک *Nephus arcuatus* Kapur نسبت به تراکم‌های مختلف شپشک آردآلود جنوب *Nipaecoccus viridis* Newstead (شامل پوره‌های سن یک، دو، سه و ماده بالغ شپشک) مورد بررسی قرار گرفت. تراکم‌های طعمه شامل ۲، ۴، ۸، ۱۶، ۵۰، ۷۰، ۹۰، ۱۱۰ و ۱۳۰ پوره سن یک، ۲، ۴، ۶، ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰ و ۵۰ سن دو، ۲، ۴، ۶، ۹، ۱۵، ۲۱ و ۲۷ سن سه و ۱، ۳، ۵، ۷ و ۹ ماده بالغ شپشک طی ۲۴ ساعت در اختیار ماده بالغ جفت‌گیری کرده ۱۰ روزه قرار گرفت. تراکم‌های ارائه شده بر اساس مرحله رشدی طعمه متغیر بودند. بر اساس نتایج، با افزایش تراکم طعمه تعداد تخم گذاشته شده توسط ماده بالغ کفشدوزک در هر چهار طعمه ارائه‌شده به طور غیر خطی افزایش یافت. مقایسه آماری مقدار تخم تولیدشده توسط ماده بالغ کفشدوزک در بیشترین تراکم چهار طعمه ارائه‌شده نشان داد که ماده‌ها بیشترین تخم را با تغذیه از طعمه کوچک‌تر، پوره سن یک (۱/۲±۸/۵) و کمترین تخم را بدون اختلاف معنی‌دار با تغذیه از طعمه‌های بزرگ‌تر شامل پوره سن دو (۰/۷±۵/۲)، پوره سن سه (۰/۸±۵/۹) و ماده بالغ (۰/۷±۴/۷) شپشک تولید می‌کنند (P=۰/۰۰۰۲). مطابق با نتایج به‌دست آمده، مرحله رشدی طعمه عامل تعیین کننده‌ای در نوع واکنش عددی ماده بالغ کفشدوزک *N. arcuatus* است.

واژه‌های کلیدی: مرحله رشدی طعمه، واکنش عددی، شپشک آردآلود جنوب، *Nephus arcuatus*

*نویسنده مسئول: danaus_lp@yahoo.com

مقدمه

شپشک آردآلود جنوب *Nipaecoccus viridis* (Newstead) (Hemiptera: Pseudococcidae)، یکی از آفات مهم گیاهان زراعی، غیر زراعی و درختان مرکبات در بسیاری از مناطق گرمسیری و نیمه گرمسیری دنیا (Sharaf and Meyerdirk, 1987) و بخش‌های زیادی از حوزه اقیانوس آرام (Nechols, 1995) بوده و تاکنون از ۱۹۳ گونه گیاهی از ۴۶ خانواده گیاهی گزارش شده است (Ben-Dov, 2014). این شپشک در ایران در دهه ۱۳۲۰ از مصر وارد ایران شده و در جنوب و جنوب غرب کشور به عنوان یک آفت مهم روی مرکبات گزارش شده است (Kiriukhin, 1947). این آفت با ایجاد خسارت مستقیم از طریق مکیدن شیره گیاهی و خسارت غیر مستقیم با ترشح عسلک، فعالیت‌های بیولوژیکی گیاه را مختل می‌کند (Abdul-Rassoul, 1970). یکی از مهم‌ترین عوامل کنترل بیولوژیک شپشک آردآلود جنوب در باغ‌های مرکبات مناطق گرم استان خوزستان (جنوب غربی ایران) کفشدوزک شپشک‌خوار *Nephus arcuatus* Kapur (Coleoptera: Coccinellidae) می‌باشد که در سال‌های اخیر توجه زیادی به آن شده است. این کفشدوزک بومی تاکنون تنها از عربستان و یمن گزارش شده است (Ramindo and van Harten, 2000). با توجه به ویژگی های مثبت قابل توجه این شکارگر اعم از توانایی فعالیت در ماه‌های گرم سال، نرخ تولید مثل بالا، طول عمر طولانی، عدم تأثیر گونه طعمه، مرحله رشدی طعمه و تجربه قبلی بر ترجیح شکارگری آن (Zarghami *et al.* 2014 a,b)، قدرت پرخوری بالا به‌ویژه از مراحل ابتدایی آلودگی شپشک آردآلود جنوب (Zarghami, 2014) و اهمیت آن در کنترل سایر شپشک‌های آردآلود در منطقه در حال حاضر به عنوان یک شکارگر امید بخش در پژوهش‌های کنترل بیولوژیک مورد توجه قرار گرفته است (Mossadegh *et al.*, 2012; Alizadeh *et al.* 2013; Forouzan *et al.*, 2016). هرچند که بررسی بیشتر ویژگی‌های رفتاری آن بینش بهتری در خصوص استفاده از این شکارگر در کنترل شپشک آردآلود فراهم می‌آورد.

توانایی کفشدوزک‌ها در کاهش جمعیت آفات به زیر سطح زیان اقتصادی به رفتار کاوشگری و پاسخ تولید مثلی آن‌ها به طعمه‌های پخش شده در لکه‌ها بستگی دارد (Obrycki and Kring, 1998). اگرچه بررسی رفتار کاوشگری همیشه مورد توجه پژوهشگران بوده، متاسفانه رفتار تولید مثلی بسیار نادیده گرفته شده است. یکی از روش-های ارزیابی رفتار تولیدمثلی بررسی واکنش عددی شکارگر می‌باشد (Pervez and Omkar, 2005). واکنش عددی یک شکارگر تغییر در تعداد افراد شکارگر در واکنش به تغییر در تراکم طعمه بوده و یک راهبرد از سوی ماده بالغ شکارگر بوده تا به نتاج خود در زمان فراوانی طعمه بیافزاید. در حقیقت، این واکنش از سوی ماده بالغ مجموعه‌ای از ویژگی های رفتاری مانند تجمع و ویژگی‌های دموگرافی مانند تولیدمثل که نشان‌دهنده شایستگی یک دشمن طبیعی می‌باشد را با هم شامل می شود (Holling, 1959). از جمله عواملی که در این پدیده تاثیر گذار هستند، می‌توان به گیاه میزبان (Hodek and Honek, 2009)، سن شکارگر (Pervez *et al.*, 2004)، جثه شکارگر (Dixon and Gue, 1993)، گونه/ کیفیت طعمه (Lester and Harmsen, 2002; Eric *et al.*, 2012)، سن یا مرحله رشدی طعمه (Hewett 1980; Alikhan *et al.*, 2012) و فراوانی طعمه (Agarwala and Bardhanroy, 1999; Omkar and Kumar, 2013) اشاره کرد.

نظر به اینکه اندازه طعمه یا به عبارت دیگر مرحله رشدی آن در پاسخ تولید مثلی شکارگرها تاثیرگذار است، در پژوهش حاضر اثر تراکم‌های مختلف از مراحل مختلف رشدی شپشک آردآلود جنوب (چهار مرحله رشدی متفاوت شامل پوره‌های سن یک، دو، سه و ماده بالغ شپشک) روی واکنش عددی ماده بالغ کفشدوزک *N. arcuatus* در شرایط آزمایشگاهی مورد ارزیابی قرار گرفت. امید می‌رود که نتایج حاصل از این پژوهش شناخت بهتری در مورد واکنش تولید مثلی این شکارگر در برنامه کنترل بیولوژیک فراهم آورد.

مواد و روش‌ها

تهیه کلنی شپشک و کفشدوزک

کلنی اولیه شپشک آردآلود جنوب در بهار ۱۳۹۴ از درختان مرکبات در شهرستان ویس، ۱۵ کیلومتری شهر اهواز در استان خوزستان تهیه شد. این شپشک روی غده‌های سیب‌زمینی جوانه‌زده *Solanum tuberosum* L. (به عنوان میزبان گیاهی) در سبد پرورش با ابعاد ۲۹×۲۹×۴۲ سانتی‌متر حاوی درپوش تهویه‌دار پرورش یافتند. افراد بالغ کفشدوزک *N. arcuatus* نیز در تابستان همان سال طی نمونه برداری‌هایی از باغ‌های ذکر شده جمع‌آوری و روی شپشک‌های آردآلود جنوب موجود روی سیب‌زمینی رها شد. کلنی کفشدوزک و شپشک در دمای بهینه ۱±۳۰ درجه سلسیوس، رطوبت نسبی ۵±۶۵ درصد و دوره نوری ۱۴:۱۰ (تاریکی :روشنایی) نگهداری و پس از گذشت ۲ نسل، از کفشدوزک‌ها برای انجام آزمایش استفاده شد (Zarghami *et al*., 2014 a).

ارزیابی تاثیر اندازه طعمه بر واکنش عددی ماده بالغ *N. arcuatus*

در این آزمایش از ماده‌های بالغ باکره ۱۰ روزه استفاده شد. پیش از شروع آزمایش ماده‌های بالغ به‌طور جداگانه به مدت ۱۰ ساعت در محیط فاقد طعمه نگهداری شدند. سپس یک نر بالغ هم‌سن به مدت دو ساعت در اختیار هر یک از ماده‌ها قرار گرفت. در مجموع ماده‌ها ۱۲ ساعت در این محیط نگه‌داری شدند. سپس ماده‌هایی که جفت‌گیری آن‌ها تایید شده بود، به طور جداگانه به تراکم‌های ۲، ۴، ۸، ۱۶، ۵۰، ۷۰، ۱۱۰ و ۱۳۰ پوره سن یک، ۲، ۴، ۶، ۱۰، ۲۰، ۳۵، ۵۰ و ۶۵ سن دو ، ۲، ۴، ۶، ۹، ۱۵، ۲۱ و ۲۷ سن سه و ۱، ۳، ۵، ۷ و ۹ ماده بالغ شپشک به عنوان طعمه در ظرف‌های آزمایش پلاستیکی به ابعاد ۳×۷×۹ سانتی‌متر حاوی دیسک سیب زمینی قرار گرفته در بستر آگار (۲٪) رها شدند. لازم به ذکر است که تراکم‌های پیشنهاد شده بر اساس بررسی‌های ضرغامی (Zarghami, 2014) بر مبنای میزان مصرف هر ماده بالغ کفشدوزک از این مرحله‌های رشدی شپشک بوده است. بعد از گذشت ۲۴ ساعت ماده‌های بالغ کفشدوزک حذف و تعداد تخم های گذاشته‌شده شمارش شد. ۱۰ تکرار در هر تراکم برای هر تیمار در نظر گرفته شد.

تجزیه و تحلیل آزمون واکنش عددی

میانگین تخم گذاشته شده توسط کفشدوزک‌های ماده در هر تراکم در هر تیمار با استفاده از از نرم افزار SigmaPlot 11.0 تعیین و در سطح P=۰/۰۵ مورد مقایسه و گروه‌بندی بر اساس آزمون LSD با استفاده از برنامه آماری SAS 9.1 قرار گرفت. به‌منظور تعیین بهترین برازش بین ارتباط میانگین تخم تولیدشده و تراکم طعمه در کفشدوزک‌های ماده تغذیه شده روی چهار مرحله رشدی شپشک از سه مدل رگرسیون خطی ($y=ax+b$)، دو جمله‌ای ($y=ax^2+bx+c$) و سه جمله‌ای ($y=ax^3+bx^2+cx+d$) استفاده شد. برای مقایسه مدل‌ها معیار آکاایکه[1] تصحیح شده محاسبه شد. مدلی با میزان کمترین آکاایکه نشان‌دهنده بهترین برازش بین متغیرها بود و وجود تفاوت کمتر از ۲ در میزان آکاایکه دو مدل به عنوان عدم وجود اختلاف بین دو مدل تلقی شد. در این صورت ضریب تبیین (R^2) جهت انتخاب بهترین مدل ملاک قرار گرفت (Burnham and Anderson, 2002). منحنی مربوط به تغییرات تخم کفشدوزک در تراکم‌های مختلف تخم شپشک آردآلود جنوب با استفاده از نرم‌افزار SigmaPlot 11.0 ترسیم شد.

نتایج و بحث

تاثیر مرحله رشدی طعمه بر میانگین تخم تولید شده توسط ماده بالغ کفشدوزک *N. arcuatus*

نتایج بررسی اثر افزایش تراکم و نقش مرحله رشدی طعمه بر واکنش عددی ماده بالغ کفشدوزک *N. arcuatus* در جدول ۱ آورده شده است. با افزایش تراکم طعمه، واکنش عددی یا به‌عبارت‌دیگر تعداد تخم گذاشته‌شده توسط ماده بالغ کفشدوزک *N. arcuatus* به‌طور معنی‌داری از ۰/۳ تخم (در تراکم ۴) تا ۸/۵ تخم (در تراکم ۱۳۰) در تیمار پوره سن یک (ماده‌ها قادر به تخم‌ریزی در تراکم ۲

[1] AICc: The corrected Akaike information criterion

عدد پوره سن یک شپشک نبودند (*P*<۰/۰۰۰۱، df=۸,۸۱، F=۲۳/۶۱)، از ۰/۲ تخم (در تراکم ۲) تا ۵/۲ تخم (در تراکم ۵۰) در تیمار پوره سن دو (*P*<۰/۰۰۰۱، df=۷,۷۲، F=۶/۵۳)، از ۰/۴ تخم (در تراکم ۲) تا ۵/۹ تخم (در تراکم ۲۷) در تیمار پوره سن سه (*P*<۰/۰۰۰۱، df=۷,۸۰، F=۶/۶۶) و از ۰/۵ تخم (در تراکم ۱) تا ۴/۷ تخم (در تراکم ۹) در تیمار ماده بالغ شپشک (*P*<۰/۰۰۰۱، df=۴,۴۶، F=۷/۶۴) به‌طور غیرخطی افزایش یافت (جدول ۱). بررسی منابع نشان می‌دهد که تولید تخم در کفشدوزک‌ها ازجمله کفشدوزک‌های شپشک‌خوار به شدت تحت تأثیر فراوانی طعمه است (Dixon and Guo, 1993). از آنجا که کفشدوزک‌ها حشرات بسیار فعالی هستند تمایل یا عدم تمایل آن‌ها در ماندن در یک منطقه تحت تاثیر رفتارهای تغذیه آن‌ها می‌باشد. مانند همه شکارگرها نرخ برخورد با طعمه، رفتار آن‌ها را تحت تاثیر قرار می‌دهد و در مناطقی که احتمال برخورد بیشتر باشد مشتاقانه‌تر به جستجوی طعمه خواهند پرداخت و با کاهش فعالیت در این مکان‌ها، تعداد طعمه بیشتری مصرف کرده و به دنبال تعداد تخم بیشتری خواهند گذاشت (Nakamuta, 1982; Evans, 2003). مشابه نتایج پژوهش حاضر آنیتی و همکاران (Anietie *et al.*, 2014) گزارش دادند که با افزایش تراکم تخم شپشک *Phenacoccus manihoti* Matile-Ferrore، تعداد تخم گذاشته‌شده توسط ماده بالغ کفشدوزک *Exochomus flavipes* Thunberg افزایش می‌یابد. همچنین ضرغامی (Zarghami, 2014) و ضرغامی و همکاران (Zarghami *et al.*, 2014c) نیز با بررسی واکنش عددی ماده بالغ کفشدوزک *N. arcuatus* با تغذیه از تخم شپشک آرد آلود جنوب نتیجه مشابهی را گزارش کردند. کفشدوزک‌های ماده برای آغاز تخم‌ریزی به یک حداقل تراکم طعمه نیاز دارند. در این حالت ماده‌های گرسنه باید میان بقاء خود و تخم‌ریزی برای بقاء نسل بعدی تصمیم بگیرند، درنتیجه طعمه‌های اولیه دریافتی را بدون توجه به تخم‌ریزی به‌منظور وزن ازدست‌رفته طی مدت گرسنگی صرف خواهند کرد. مادامی‌که این حداقل تراکم فراهم نشود آن‌ها به این کار ادامه خواهند داد و تخم‌ریزی انجام نخواهند شد (Dixon and Guo, 1993; Honeck, 1978). از آن جا که در پژوهش حاضر تراکم حداقل انتخاب‌شده در تیمار پوره سن یک طعمه (تراکم ۲ طعمه) به حدی بود که گرسنگی ماده بالغ کفشدوزک را رفع نمی‌کرد درنتیجه در این تراکم تخمی گذاشته نشد. این حداقل تراکم پیش‌تر نیز در پژوهش ضرغامی (Zarghami, 2014) و ضرغامی و همکاران (Zarghami *et al.*, 2014c;2015) گزارش‌شده بود.

مقایسه تعداد تخم تولیدشده توسط کفشدوزک‌های بالغ ماده در بیشترین تراکم ارائه‌شده میان چهار مرحله رشدی شپشک نشان داد تعداد تخم تولید شده تحت تاثیر اندازه طعمه بوده و بیشترین تعداد تخم توسط ماده بالغ کفشدوزک با تغذیه از پوره سن یک و کمترین تعداد تخم تولید شده بدون اختلاف معنی‌دار با یکدیگر در تیمارهای پوره سن دو، پوره سن سه و ماده بالغ شپشک گذاشته شد(*P*=۰/۰۰۰۲، df=۳,۲۹۰، F=۶/۶۵). بررسی منابع نشان می‌دهد متاسفانه تاکنون هیچ‌گونه تحقیقی روی اثر اندازه طعمه و نقش مرحله رشدی طعمه بر واکنش عددی کفشدوزک‌ها صورت نگرفته است. اگرچه هیوت (Hewett, 1990) گزارش داد که واکنش عددی پروتوزوئر شکارگر *Didinium nasutum* Muller تحت تاثیر اندازه طعمه (*Paramcium*) می‌باشد. طبق پیش‌بینی نظریه کاوشگری بهینه، غذای انتخاب‌شده از سوی شکارگر باید به‌گونه‌ای باشد که سود خالص غذایی دریافتی را به حداکثر رسانده و در مقابل هزینه انرژی و ریسک کاوشگری را کاهش دهد (Stephens and Krebs, 1986). بررسی‌های ضرغامی (Zarghami, 2014) نشان می‌دهد حداکثر نرخ شکارگری ماده بالغ کفشدوزک *N. arcuatus* با تغذیه از پوره سن یک، دو، سه و ماده بالغ شپشک به‌ترتیب ۱۰۵/۸، ۲۳/۵، ۱۵/۴ و ۳/۷ طعمه طی ۲۴ ساعت می‌باشد. از این‌رو طبق این نظریه، ماده بالغ کفشدوزک *N. arcuatus* با دریافت حداکثر غذای مورد نیاز، بر اساس مرحله رشدی طعمه میزان متفاوتی تخم تولید کرده و انرژی حداکثری را که به دست آورده صرف فعالیت‌های دیگر به‌غیر از تخم‌ریزی، نظیر شکارگری کرده

است. پدیده شکارگری در شکارگرها با استفاده از واکنش شکارگر نسبت به تغییرات تراکم طعمه یا واکنش تابعی و پارامترهای آن شامل قدرت جستجو و زمان دستیابی شکارگر به طعمه ارزیابی می‌شود (Holling, 1959; Pervez and Omkar, 2005). عوامل مختلفی از قبیل نحوه توزیع طعمه در یک لکه (Lester *et al.*, 2005)، سرعت حرکت و سازوکار دفاعی طعمه (Crawly, 1992) و اندازه طعمه (Thompson, 1975) با تاثیر روی حمله‌های موفق شکارگر به شکار بر این واکنش تاثیرگزار می‌باشند. پژوهش‌ها نشان می‌دهد که طعمه‌های بزرگ‌تر اگرچه راحت‌تر در معرض دید شکارگر قرار می‌گیرند، اما به دلیل قدرت دفاعی بیشتر و یا توانایی بهتر در فرار کردن از چنگ شکارگر، شکارگر زمان بیشتری را صرف گرفتن، رام کردن، کشتن و هضم طعمه بزرگ نسبت به طعمه‌های کوچک‌تر می‌کند (Thompson, 1975). به عنوان مثال، تحقیقات بیلی (Bailey, 1986) نشان می‌دهد نرخ برخورد سن شکارگر *Ranatra dispar* Montandon با طعمه *Anisops deanei* Brooks با افزایش اندازه شکارگر کاهش و زمان دستیابی افزایش می‌یابد. نتایج مشابهی نیز توسط میلوناس (Milonas *et al.*, 2011) برای ماده بالغ کفشدوزک *Nephus includens* Kirsch در تغذیه از شپشک‌های آردآلود مرکبات *Planococcus citri* Risso و آردآلود انجیر *Planococcus ficus* Signoret گزارش شده است. بر این اساس، در پژوهش حاضر اگرچه طعمه‌ها با جثه بزرگ‌تر ارزش غذایی بیشتری را برای ماده بالغ *N. arcuatus* فراهم می‌آورند، اما با افزایش اندازه طعمه، احتمالاً توان دفاعی طعمه و دفعات فرار از دست ماده بالغ افزایش یافته و فرصت کمتری برای تخم‌ریزی طی ۲۴ ساعت آزمایش برای کفشدوزک باقی‌مانده، در نتیجه کمترین میانگین تخم با تغذیه از طعمه‌های بزرگ‌تر مشاهده شد. مشابه نتایج به دست آمده علی‌خان و همکاران (Ali Khan *et al.*, 2012) حداکثر زادآوری ماده‌های بالغ کفشدوزک Mulsant *Cryptolaemus montrouzieri* و بالتوری سبز *Chrysoperla carnea* Stephens با تغذیه از پوره سن یک، دو و سه شپشک آردآلود پنبه *Phenacoccus solenopsis* Tinsley، از پوره سن یک به‌ترتیب ۳۳۸/۵ تخم (به‌طور متوسط ۱۰/۲ تخم در هرروز) و ۳۱۰/۷ تخم (به طور متوسط ۹/۳۶ تخم در هرروز) گزارش داده‌اند. بررسی-های ضرغامی و همکاران (Zarghami *et al.*, 2014c) نشان داد که ماده بالغ کفشدوزک *N. arcuatus* با تغذیه از ۸۵/۱ تخم شپشک آرد آلود جنوب، ۱۰/۷ تخم تولید می-کند. در مقایسه این ماده با تغذیه از ۱۰۵/۸ پوره سن یک (Zarghami, 2014)، ۸/۵ تخم (در پژوهش حاضر) تولید می‌کند. اگرچه مصرف بیشتر از پوره سن یک شپشک علیرغم کوچک‌تر بودن جثه و ساکن بودن تخم شپشک (طول: ۰/۳۵، عرض: ۰/۲۰) به نسبت افزایش‌یافته و فرصت کمتری برای تخم‌ریزی طی ۲۴ ساعت آزمایش برای کفشدوزک باقی‌مانده درنتیجه ما کمترین میانگین تخم را با تغذیه از طعمه‌های بزرگ‌تر مشاهده شد. علاوه بر رفتار دفاعی طعمه، کیفیت طعمه ارائه شده نیز یکی دیگر از عوامل موثر بر واکنش عددی کفشدوزک‌ها می‌باشد. احتمالا پوره سن یک به عنوان طعمه‌ای لذیذتر و حاوی محتویات غذایی با کیفیت بالاتر نسبت به سایر مراحل رشدی شپشک بوده که سبب تولید تخم بیشتر توسط ماده بالغ کفشدوزک شده است. اگرچه تاکنون هیچ گونه تحقیقی در دنیا روی نقش کیفیت مراحل مختلف رشدی طعمه روی تولید تخم در کفشدوزک‌ها انجام نشده است.

جدول ۱- میانگین (± خطای استاندارد) تخم تولیدشده توسط ماده بالغ کفشدوزک *Nephus arcuatus* در تراکم‌های مختلف مراحل مختلف رشدی شپشک آرد آلود جنوب *Nipaecoccus viridis*

Table 1. Mean No. (±SE) of eggs laid by adult female of *Nephus arcuatus* at different densities of *Nipaecoccus viridis* life stages

Treatment of *N. viridis*	**Prey densities**								
1st instar Nymph	**2**	**4**	**8**	**16**	**50**	**70**	**90**	**110**	**130**
Eggs laid	0 c*	0.3±0.2 c	0.5±0.2 c	1.4±0.3 c	4.3±0.7 b	7.3±1.2 a	7.6±0.5 a	7.2±0.9 a	8.5±1.2 a
N(range)	10(0)	10(0-2)	10(0-2)	10(0-3)	10(1-8)	10(1-15)	10(5-9)	10(4-13)	10(3-15)
2nd instar Nymph	**2**	**4**	**6**	**10**	**20**	**30**	**40**	**50**	
Eggs laid	0.2±0.1 d	1.2±0.5 cd	1.7±0.5 cd	1.7±0.2 cd	4.3±1.2 cb	3±0.7 ab	3.8±0.8 ab	5.2±0.7 a	
N(range)	10(0-1)	10(0-5)	10(0-5)	10(0-4)	10(1-12)	10(0-8)	10(0-9)	10(3-12)	
3rd instar Nymph	**2**	**4**	**6**	**9**	**15**	**21**	**27**		
Egg laid	0.4±0.2 d	2±0.3 d	2.5±0.6 cd	2.8±0.4 cd	3.7±0.8 cd	4.5±0.7 ab	5.9±0.8 a		
N(range)	10(0-2)	10(0-3)	11(0-7)	10(0-7)	10(0-9)	12(2-10)	10(1-11)		
Adult	**1**	**3**	**5**	**7**	**9**				
Eggs laid	0.5±0.3 c	1.6±0.4 bc	2.6±0.5 b	3.2±0.5 ab	4.7±0.7 a				
N(range)	10(0-3)	10(0-3)	11(0-6)	10(1-7)	10(1-8)				

*Means in rows with the same small letters are not significantly different at $P<0.05$ (LSD test)

مشابه نتایج به دست آمده توسط علی‌خان و همکاران (Ali Khan *et al.*, 2012)، بیشترین زادآوری ماده‌های بالغ کفشدوزک *C. montrouzieri* و بالتوری سبز *Chrysoperla carnea* Stephens را با تغذیه از پوره سن یک، دو و سه شپشک آردآلود پنبه *Phenacoccus solenopsis* Tinsley، از پوره سن یک به‌ترتیب ۳۳۸/۵ تخم (به‌طور متوسط ۱۰/۲ تخم در هرروز) و ۳۱۰/۷ تخم (به طور متوسط ۹/۳۶ تخم در هرروز) گزارش داده‌اند. پژوهش‌های ضرغامی و همکاران (Zarghami *et al.*, 2014c) نشان داد که ماده بالغ کفشدوزک *N. arcuatus* با تغذیه از ۸۵/۱ تخم شپشک آرد آلود جنوب، ۱۰/۷ تخم تولید می‌کند. در مقایسه این ماده با تغذیه از ۱۰۵/۸ پوره سن یک (Zarghami, 2014)، ۸/۵ تخم (در پژوهش حاضر) تولید می‌کند. اگرچه مصرف بیشتر از پوره سن یک شپشک علیرغم کوچک‌تر بودن جثه و ساکن بودن تخم شپشک (طول: ۰/۳۵، عرض: ۰/۲۰) نسبت به پوره سن یک (طول: ۰/۴۳، عرض: ۰/۲۰) (فعال‌ترین مرحله رشدی شپشک) بوده است. تصور بر این است که مصرف کمتر از تخم شاید به دلیل ضخیم بودن پوسته تخم بوده که سبب شده شکارگر زمان بیشتری صرف تغذیه از آن کند. از طرف دیگر با توجه به فعال بودن پوره سن یک، کفشدوزک ماده می‌بایست انرژی زیادی را برای پیدا کردن آن تلف کند، از این‌رو با تغذیه از تعداد بیشتری طعمه، کوتاه کردن زمان دستیابی به طعمه [ساعت۰/۲۲۶۸:پوره سن یکT_h (Zarghami, 2014); ساعت ۰/۲۸۱۹ :تخمT_h (Zarghami *et al.*, 2014c)]، این انرژی از دست‌رفته را جبران کرده و تخم بیشتری تولید می‌کند.

بر اساس نتایج به‌دست‌آمده از مقایسه مدل‌ها، در تیمار پوره سن یک مدل توانی و نمایی و در تیمارهای پوره سن دو، سه و ماده بالغ شپشک مدل نمایی با داشتن کمترین آکاایکه به‌عنوان بهترین مدل برای بیان رابطه میانگین تخم گذاشته‌شده و تراکم طعمه توسط ماده بالغ کفشدوزک شناخته شد (جدول ۲). بررسی منابع نشان می‌دهد نوع واکنش عددی وابسته به افزایش تراکم طعمه می‌تواند به صورت یک مدل خطی مانند واکنش کفشدوزک Germar *Eriopis connexa* نسبت به شته‌های غلات (Tulli, 2013)، مدل توانی کفشدوزک *Propylea dissecta* Mulsant با افزایش تراکم شته جالیز *Aphis gossypii*

Glover (Omkar and Pervez, 2004)، کفشدوزک *Scymnus syriacus* Marseul با افزایش تراکم شته سیاه باقلا *Aphis fabae* Scopoli (Sabaghi *et al.*, 2011)، مدل سیگموئیدی شکل مانند واکنش کفشدوزک *N. includens* نسبت به *A. gossypii* (Bayoumy, 2011)، *E. flavipes* نسبت به تخم شپشک *P. manihoti* (Anietie *et al.*, 2014) و ماده بالغ کفشدوزک *N. arcuatus* با تغذیه از تخم شپشک آرد آلود جنوب تغییر یابد (ضرغامی و همکاران، ۱۳۹۴).

جدول ۲- پارامترهای ضریب تبیین (R^2) و معیار تصحیح شده آکاایکه (AICc) در مدل‌های مختلف رگرسیونی بین میانگین تعداد تخم گذاشته‌شده توسط ماده بالغ کفشدوزک *Nephus arcuatus* در ارتباط با تراکم‌های مختلف مراحل مختلف رشدی شپشک آرد آلود جنوب *Nipaecoccus viridis*

Table 2. The coefficient of determination (R^2) and Akaike information criterion corrected (AICc) parameters for different regression models between mean numbers of eggs laid by adult female of *Nephus arcuatus* at different life stages densities of *Nipaecoccus viridis*

Life stages of prey		**Parameters**			
		R^2	F	*P*	**AICc**
1st instar nymph	Linear	0.806	162.94	<0.0001	161.3
	Quadratic	0.828	94.694	<0.0001	153.7
	Cubic	0.828	62.427	<0.0001	153.7
2nd instar nymph	Linear	0.588	41.242	<0.0001	118.3
	Quadratic	0.594	21.026	<0.0001	119.5
	Cubic	0.605	14.639	<0.0001	117.9
3rd instar nymph	Linear	0.640	49.329	<0.0001	115
	Quadratic	0.649	49.921	<0.0001	116.4
	Cubic	0.649	25.418	<0.0001	114.9
Adult female	Linear	0.637	33.529	<0.0001	69.9
	Quadratic	0.643	26.593	<0.0001	71.5
	Cubic	0.653	16.916	<0.0001	70.5

بر اساس نتایج حاضر واکنش عددی ماده بالغ کفشدوزک *N. arcuatus* تحت تأثیر مرحله رشدی طعمه بوده و ماده‌های بالغ کفشدوزک روی طعمه با جثه کوچک تر، پوره سن یک، بیشتر از طعمه بزرگ‌تر تولید تخم کردند. از آنجاکه عامل اصلی انتشار شپشک‌های آردآلود روی گیاهان، پوره سن یک بوده، این‌یک ویژگی مثبت برای این کفشدوزک تلقی می‌شود. با توجه به نتایج به‌دست آمده در پژوهش حاضر پیشنهاد می‌شود در صورت انتخاب کفشدوزک *N. arcuatus* به عنوان عامل کنترل بیولوژیک شپشک آردآلود جنوب، به مرحله رشدی طعمه در هنگام تعیین تعداد کفشدوزک به منظور رهاسازی توجه شود. زیرا در صورت رهاسازی در مراحل ابتدایی رشد طعمه مانند پوره سن یک، با توجه به توانایی بیشتر کفشدوزک در تولید تخم بیشتر در این مرحله برای نسل بعد، رهاسازی با تعداد کمتری کفشدوزک کفایت می‌کند. اگرچه پژوهش حاضر در شرایط آزمایشگاهی انجام‌شده و نیازمند است که در یک سیستم واقعی در طبیعت این بررسی‌ها تکرار شود تا بتوان نتیجه‌گیری منطقی‌تری دست یافت.

سپاسگزاری

بدین وسیله از معاونت محترم پژوهشی دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان به خاطر تامین اعتبار لازم و مساعدت در اجرای این تحقیق قدردانی می‌شود.

References

Abdul–Rassoul, M. S. 1970. Notes on *Nipaecoccus vastator* (Maskell) (Coccidae: Homoptera). A serious pest of citrus trees and various plants–first record from Iraq. **Bulletin of the Iraq Natural History Museum** 4(4): 105-108.

Agarwala, B. K. and Bardhanroy, P. 1999. Numerical response of ladybird beetles (Col., Coccinellidae) to aphid prey (Hom., Aphididae) in a field bean in north-east India. **Journal of Applied Entomology** 123: 401-405.

Ali Khan, H. A., Sayyed, A. H., Akram, W., Raza, S. and Ali, M. 2012. Predatory potential of *Chrysoperla carnea* and *Cryptolaemus montrouzieri* larvae on different stages of the mealybug, *Phenacoccus solenopsis*: a threat to cotton in South Asia. **Journal of Insect Science** 12 (14): 1-12.

Alizadeh, M. S., Mossadegh, M. S. and Esfandiari, M. 2013. Natural enemies of *Maconellicoccus hirsutus* (Green) (Hemiptera: Pseudococcidae) and their population fluctuations in Ahvaz, South West of Iran. **Journal of Crop Protection** 2: 13-21.

Anietie, R. E., Adebayo, J. O. and Sunday, M. E. 2014. Functional and numerical response of *Exochomus flavipes* Thunberg (Coleoptera: Coccinellidae), a local predator of the cassava mealybug, *Phenacoccus manihoti* Matil-Ferrore (Homoptera: Pseudococcidae). **Internationl Journal of Entomological Research** 2(1): 1-5.

Bayoumy, M. H. 2011. Foraging behavior of the coccinellid *Nephus includens* (Coleoptera: Coccinellidae) in response to *Aphis gossypii* (Hemiptera: Aphididae) with particular emphasis on larval parasitism. **Environmental Entomology** 40 (4): 835-843.

Ben-Dov, Y., Miller, D. R. and Gibson, G. A. P. 2014. ScaleNet. From: http://www.sel.barc. usda.gov/ scalenet/scalenet.htm.

Burnham, K. P. and Anderson, D. R. 2002. Model Selection and multimodel inference: A Practical Information-Theoretic Approach. Springer-Verlag, New York, USA, 490 pp.

Dixon, A. F. G. and Guo, Y. 1993. Egg and cluster size in ladybird beetles (Coleoptera: Coccinellidae): the direct and indirect effect of aphid abundance. **European Journal of Entomology** 9: 457-463.

Eric, W., Riddick, E. W. and Wu, Z. 2012. Mother-offspring relations: prey quality and maternal size affect egg size of an ccariphagous lady beetle in culture. **Psyche** doi:10.1155/ 2012/764350.

Evans, E. W. 2003. Searching and reproductive behaviour of female aphidophagous ladybirds (Coleoptera: Coccinellidae): a review. **European Journal of Entomology** 100: 1-10.

Frouzan, A., Shishehbor, P., Esfandiari, M. and Mossadegh, M. S. 2016. Biological characteristics and life table parameters of coccinelid *Nephus arcuatus* feeding on *Phenacoccus solenopsis* at different temperatures. **Plant Protection (Scientific Journal of Agriculture)** 39(1): 75-84.

Hewett, S. W. 1980. The effect of prey size on the functional and numerical responses of a protozoan predator to its prey. **Ecology** 61: 1075–1081.

Hodek, I. and Honek, A. 1996. Ecology of Coccinellidae. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Netherland, 464 pp.

Honek, A. 1978. Trophic regulation of postdiapouse ovariole maturation in *Coccinella septempunctata* (Col.: Coccinellidae). **Entomophaga** 23: 213-216.

Holling, C. S. 1959. The components of predation as revealed by a study of small-mammal predation of the European pine sawfly. **Canadian Entomologist** 91: 293-320.

Kiriukhin, G. 1947. The pests of subtropical plants in Iran. **Applied Entomology and Phytopathology** 4: 17-33.

Kurihara, M. 1975. Anatomical and histological studies on the germinal vesicle in degenerating oocyte of starved females of the lady beetle, *Epilachna vigintioctomaculata* Motschulsky (Coleoptera: Coccinellidae). **Kontyû** 43: 91–105.

Lester, P. J. and Harmsen, R. 2002. Functional and numerical responses do not always indicate the most effective predator for biological control: an analysis of two predators in a two-prey system. **Journal of Applied Ecology** 39: 455–468.

Milonas, P. G., Kontodimas, D. CH. and Martinou, A. F. 2011. A predator's functional response: influence of prey species and size. **Biological control** 59: 141-146.

Nakamuta, K. 1982. Switchover in searching behavior of *Coccinella septempunctata* L. (Coleoptera: Coccinellidae) caused by prey consumption. **Applied Entomology and Zoology** 17: 501-506.

Nechols, J. R. 1995. The spherical mealybug. In Nechols, J. R., Andres, L. A., Beurdsleay, J. W., Goeden, R. D., Jackson, C. G. (Eds.). Biological control in the Western United States:

Accomplishments and Benefits of Regional Research Project W-84, 1964 –1989. University of California Press, Division of Agricultural and Natural Resources, Oakland, California, United States. pp. 164-165.

Obrycki, J. and Kring, T. J. 1998. Predaceous Coccinellidae in biological control. **Annual Review of Entomology** 43: 295-321.

Omkar, L. and Kumar, G. 2013. Responses of an aphidophagous ladybird beetle, *Anegleis cardoni*, to varying densities of *Aphis gossypii*. **Journal of Insect Science** 13(24): 1-12.

Omkar, L. and Pervez, A. 2004. Functional and numerical response of *Propylea dissecta* (Col., Coccinellidae). **Journal of Applied Entomology** 128: 140-146.

Osawa, N. 2005. The effect of prey availability on ovarian development and oosorption in the ladybird beetle *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae). **European Journal of Entomology** 102: 503-511.

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

Pervez, A. Omkar, L. Richmond, A. S. 2004. The influence of age on reproductive performance of the predatory ladybird beetle, *Propylea dissecta*. **Journal of Insect Science** 4(22):1-8.

Ramindo, A. A. C. and van Harten, W. A. 2000. An annotated checklist of the Coccinellidae (Insecta: Coleoptera) of Yemen. **Fauna of Arabia** 18: 211-243.

Sabaghi, R., Sahragard, A. and Hosseini, R. 2011. Functional and numerical response of *Scymnus syriacus* Marseul (Coleoptera: Coccinellidae) to the black bean aphid, *Aphis fabae* Scopoli (Hemiptera: Aphididae) under laboratory conditions. **Journal of Plant Protection Research** 51: 423-428.

Sharaf, N. S. and Meyerdirk, D. E. 1987. A review of the biology, ecology and control of *Nipaecoccus viridis* (Homoptera: Pseudococcidae*).* **Miscellaneous Publications of the Entomological Society of America** 66: 1-18.

Stephan, D. W. and Krebs, J. R. 1986. Foraging theory. Princeton Universsity Press, Princeton, New Jersey. 262 pp.

Thompson, D. J. 1975. Towards a predator–prey model incorporating age structure: the effects of predator and prey size on the predation of *Daphnia magna* by *Ischnura elegans*. **Journal of Animal Ecology** 44: 907–916.

Tulli, M. C., Carmona, D. M. and Vincini, A. M. 2013. Influence of plant diversity on the numerical response of *Eriopis connexa* (Coleoptera: Coccinellidae) to changes in cereal aphid density in wheat crops. **International Journal of Ecology** http://dx.doi.org/10.1155/2013/789532.

Zarghami, S. 2014. Investigation of life table parameters and predation efficacy of predatory Coccinellid, *Nephus arcuatus* Kapur on mealybug *Nipaecoccus viridis* (Newstead) in laboratory conditions. Ph. D. thesis. Shahid Chamran University. (In Farsi)

Zarghami, S., Kocheili, F., Mossadegh, M. S., Allahyari, H. and Rasekh, A. 2014a. Effect of temperature on population growth and life table parameters of *Nephus arcuatus* (Coleoptera: Coccinellidae). **European Journal of Entomology** 111 (2): 199-206.

Zarghami, S., Kocheili, F., Mossadegh, M. S., Allahyari, H. and Rasekh, A. 2014b. Prey preference and consumption capacity of *Nephus arcuatus* (Coleoptera: Coccinellidae): the influence of prey stage, prey size and feeding experience. **Biocontrol Science and Technology** 24(9): 1062-1072.

Zarghami, S., Mossadegh, M. S., Kocheili, F., Allahyari, H. and Rasekh, A. 2014c. Prey stage preference and functional response of the Coccinellid, *Nephus arcuatus* Kapur in response to *Nipaecoccus viridis* (News.). **Plant Pests Research** 4(3): 73-86.

Zarghami, S., Mossadegh, M. S., Kocheili, F., Allahyari, H. and Rasekh, A. 2015. Functional and numerical responses of *Nephus arcuatus* Kapur feeding on *Nipaecoccus viridis* (Newstead). **Agricultural Pest Management** 2(1): 48-59.

Plant Pest Research
2017- 7(2): 1-10

Effect of prey stages on numerical response of *Nephus arcuatus* Kapur

L. Ramezani[1*] and S. Zarghami[2]

1. Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, Ramin Agriculture and Natural Resources University of Khuzestan, Ahvaz. Iran, 2. Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University, Ahvaz, Iran.

(Received: February 13, 2017- Accepted: June 13, 2017)

Abstract

This study examined the effects of prey stages on numerical reponses of *Nephus arcuatus* at different densities of four different sizes of *Nipaecoccus viridis* (four different stages including: the 1st, 2nd and 3rd instar nymphs and adult females of *N. viridis*). The densities of 2, 4, 8, 16, 50, 70, 90, 110 and 130 of 1stinstar nymphs, 2, 4, 6, 10, 20, 30, 40 and 50 of 2nd instar nymphs, 2, 4, 6, 9, 15, 21 27 of 3rd instar nymphs and 1, 3, 5, 7, 9 of adult females of prey were considered as prey and introduced to mated female (10 day- old) during 24h. The results indicated that the number of eggs laid per female were nonlinearly increased with increasing prey density in all four prey stages. Comparisons of means eggs laid by females at highest densities of each prey indicated that females laid the highest number of eggs when exposed to small prey, 1st instar nymph (8.5± 1.2) and lowest eggs on 2nd instar (5.2±0.7), 3rd instar nymphs (5.9±0.8) and as well as adult females (4.7±0.7) with significant differences (*P*=0.0002). These findings showed that the numerical response of *N. arcuatus* is affected by different stage of *N. viridis*.

Key words: prey stage, numerical response, *Nephus arcuatus*, *Nipaecoccus viridis*

*Corresponding author: Danaus_lp@yahoo.com