Archive of SID

کنترل بیولوژیک آفات و بیماری‌های گیاهی
دورهٔ ۴، شمارهٔ ۱، بهار و تابستان ۱۳۹۴ (۱۲-۱)

برهم‌کنش بین سطوح مختلف کوددهی نیتروژن در گیاه کلزا با شتهٔ خردل (*Lipaphis erysimi* Kalt.) و پشهٔ شکارگر (*Aphidoletes aphidimyza Rondani*)

۱. فرنوش فلاح‌پور؛ ۲. رضا قربانی؛ ۳. مهدی نصیری محلاتی*؛ ۴. مجتبی حسینی
۱، ۲ و ۳. دکتری بوم‌شناسی زراعی و استادان گروه زراعت دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
۴. استادیار گروه گیاه‌پزشکی دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۱/۳۱ - تاریخ تصویب: ۱۳۹۴/۵/۵)

چکیده

کیفیت گیاه میزبان نه تنها بر آفات گیاه‌خوار، بلکه به‌صورت غیرمستقیم می‌تواند بر توانایی زیستی دشمنان طبیعی آن‌ها نیز اثر بگذارد. این پژوهش به‌منظور بررسی اثر مقادیر مختلف کوددهی نیتروژن در گیاه کلزا (*Brassica napus* L.) بر پارامترهای جدول زندگی پشهٔ شکارگر (*Aphidoletes aphidimyza* Rondani; Diptera: Cecidomyiidae) در تغذیه از شتهٔ خردل (*Lipaphis erysimi* Kalt.; Hemiptera: Aphididae) تحت شرایط کنترل‌شدهٔ دما (روز ۲±۲۵ و شب ۲±۱۹درجهٔ سلسیوس) و رطوبت (۱۰±۶۰ درصد) انجام شد. برای ایجاد کیفیت‌های مختلف شتهٔ خردل، ابتدا شته‌های خردل روی گیاهان کلزا، تحت چهار تیمار کودی صفر، ۰/۰۵۵، ۰/۱۱ و ۰/۱۶۵ گرم نیتروژن بر کیلوگرم خاک پرورش یافتند و سپس، مورد تغذیهٔ پشهٔ شکارگر قرار گرفتند. دورهٔ نشو و نمای مراحل مختلف رشدی پشهٔ شکارگر به‌صورت روزانه ثبت شد و برآورد پارامترهای جدول زندگی با استفاده از رویهٔ جدول زندگی دوجنسی انجام شد. نتایج نشان داد که افزایش کوددهی نیتروژن در گیاه کلزا، دورهٔ رشد و نمو لارو و شفیرهٔ شکارگر را به‌طور معنی‌داری کاهش داد و به افزایش معنی‌دار دورهٔ تخم‌ریزی حشرات ماده منجر شد. همچنین، با افزایش کوددهی نرخ انتقال نیز کاهش یافت. در مجموع سطوح میانی و بالای کوددهی نیتروژن به بهبود توانایی زیستی پشهٔ شکارگر منجر شدند. با توجه به آنکه بیشترین نرخ خالص تولید مثل (۳۱/۵۴ تخم به ازای هر فرد) و نرخ ذاتی افزایش جمعیت (۰/۱۶۳ بر روز) نیز با اختلاف معنی‌دار در سطح میانی کوددهی نیتروژن (۰/۱۱ گرم نیتروژن در کیلوگرم خاک) مشاهده شدند، می‌توان این سطح را به‌عنوان سطح مطلوب پشهٔ شکارگر معرفی کرد.

کلیدواژگان: سطح غذایی، کیفیت شکار، نرخ ذاتی افزایش جمعیت، Cecidomyiidae.

* تلفن: ۰۹۱۵۳۵۲۴۹۹۵
E-mail: mnassiri@um.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

در دهه‌های اخیر، مصرف کودهای حاوی نیتروژن عاملی کلیدی برای افزایش عملکرد گیاهان زراعی بوده است (Rathke *et al.* 2006). مصرف نامناسب این کودها می‌تواند با تأثیر بر کیفیت گیاه میزبان، بر جنبه‌های فیزیولوژیکی و اکولوژیکی حشرات آفت و تأثیرات متقابل آن‌ها با دشمنان طبیعی اثر بگذارد و بدین ترتیب خسارت وابسته به انبوهی آفات و عملکرد قابل برداشت گیاهان زراعی را تحت تأثیر قرار دهد (Denno *et al.* 2003, Daugherty 2011). تغییر محتوای نیتروژن (Hocking *et al.* 1997, Ahmad *et al.* 2007)، نسبت کربن به نیتروژن و محتوای ترکیبات ثانویهٔ گیاه (Thakral *et al.* 1996, Chen *et al.* 2006) در نتیجهٔ کوددهی در پژوهش‌های متعدد نشان داده شده است. همچنین، بیشتر مطالعات بهبود توانایی‌های زیستی (Zehnder and Hunter 2008, Zarghami *et al.* 2010)، سرعت رشد جمعیت (Nevo and Coll 2010) و افزایش فراوانی (Hosseini *et al.* 2010, Gash 2012) حشرات گیاه‌خوار را با افزایش مقدار نیتروژن گیاه گزارش کرده‌اند. در نهایت، چنین تأثیراتی از طریق غیرمستقیم می‌تواند در سطح جامعه نمود یابد و در کنترل زیستی آفات بر کارایی دشمنان طبیعی اثرگذار باشد.

در سیستم‌های دارای سه سطح غذایی، پویایی جمعیت مصرف‌کنندهٔ سطح میانی (آفت) از طریق فرآیندها و تأثیرات سطح غذایی پایین‌تر (منبع غذایی) و سطح غذایی بالاتر (دشمن طبیعی) و تعاملات آن‌ها تنظیم می‌شود (Price *et al.* 1980, Daugherty 2011). از آنجا که بندپایان شکارگر و پارازیتوئید نیازمند مقادیر بیشتری از نیتروژن نسبت به گیاه‌خواران خویشاوندند، تغذیهٔ آن‌ها از شکار دارای کیفیت مطلوب از لحاظ محتوای نیتروژن می‌تواند رشد و نمو، تولید مثل و بقای دشمنان طبیعی را بهبود دهد (Denno *et al.* 2003, Aqueel *et al.* 2014). همچنین، کوددهی نیتروژن در گیاه با تأثیری که بر اندازهٔ جثه و فراوانی حشرات آفت می‌گذارد، بر قدرت جست‌وجوگری دشمنان طبیعی اثرگذار است (Kagata *et al.* 2005, Kagata and Ohgushi 2007).

سطح زیر کشت گیاه کلزا در ایران به‌طور فزاینده‌ای در حال افزایش است و کاربرد کودهای نیتروژن‌دار از جمله اولین اقداماتی است که تولیدکنندگان برای افزایش عملکرد این گیاه انجام می‌دهند. بهبود کیفیت گیاه کلزا از طریق کوددهی نیتروژن (Hocking *et al.* 1997, Svečnjak and Rengel 2006) و تأثیرات مستقیم و غیرمستقیم آن بر آفات (Aslam *et al.* 2004, Veromann *et al.* 2013, Fallahpour *et al.* 2015) و دشمنان طبیعی آن‌ها (Fox *et al.* 1990, Sarfraz *et al.* 2009, Zaller *et al.* 2009) در پژوهش‌های متعدد نشان داده شده است. از جمله آفات اقتصادی گیاه کلزا در ایران، شتهٔ خردل (*Lipaphis erysimi* Kalt.) است که فعالیت آن باعث کاهش کیفیت و کمیت محصول می‌شود و پتانسیل خسارت بالایی دارد (Khajehzadeh *et al.* 2009, 2010). مطالعات پیشین اثر مثبت کوددهی نیتروژن و کیفیت گیاه میزبان بر افزایش جمعیت و خسارت وابسته به انبوهی این آفت را نشان داده‌اند (Aslam *et al.* 2004, Fallahpour *et al.* 2015) در حالی که، اطلاعات کاملی دربارهٔ تأثیرات متقابل این عوامل بر خصوصیات زیستی و کارایی دشمنان طبیعی آن در دسترس نیست. از میان دشمنان طبیعی اختصاصی شته‌ها، پشهٔ شکارگر (*Aphidoletes aphidimyza* Rondani) با پراکنش جهانی و دامنهٔ میزبانی بالا، بیش از ۸۰ گونه شته را تغذیه می‌کند و در سطح وسیعی به‌عنوان عامل مناسب برای کنترل بیولوژیک گونه‌های مختلف شته استفاده شده است (Malais and Ravensberg, 1992, Yukawa *et al.*1998, Xie *et al.* 2000). ملکشی و همکاران نیز حضور این شکارگر را یکی از عوامل کنترل بیولوژیک شته‌ها در مزارع کلزای استان خوزستان گزارش کرده‌اند (Malkeshi *et al.* 2004). به‌منظور مدیریت مناسب گیاه کلزا و دستیابی به عملکرد مطلوب، همراه با کاهش مصرف سموم و سایر نهاده‌های شیمیایی کشاورزی از جمله کود، تعیین تأثیرات پیچیده و متقابل میزبان گیاهی (به‌خصوص کیفیت گیاه میزبان) بر خصوصیات آفات و دشمنان طبیعی آن‌ها ضروری به نظر می‌رسد. جدول زندگی روشی مناسب برای مطالعهٔ تأثیرات عوامل مختلف زیستی و غیرزیستی بر نمو، بقا و تولید مثل حشرات است (Ricklefs and Miller 1999) و نتایج حاصل از آن نقش مهمی در انتخاب دشمنان طبیعی مناسب ایفا می‌کند. در جدول‌های زیست‌باروری بر پایهٔ جنس ماده علاوه بر اینکه امکان

www.SID.ir

Archive of SID

تفکیک مراحل رشدی مختلف حشره وجود ندارد، جنس نر نیز در محاسبهٔ پارامترهای مختلف جمعیتی در نظر گرفته نمی‌شود. برای مثال در حشرات شکارگر، حشرهٔ نر نیز در تعداد شکار خورده‌شده و مقادیر نهایی محاسبه‌شده برای پارامترهایی از جمله نرخ شکارگری ویژهٔ سن ـ مرحلهٔ رشدی و نرخ خالص شکارگری سهیم است. چنان‌که در بررسی جدول زندگی کفشدوزک *Hippodamia variegata* Goeze نشان داده شد که با استفاده از جدول زیست‌باروری، مقادیر نرخ خالص شکارگری بیش از مقادیر واقعی تخمین زده شدند (Farhadi *et al.* 2011). بنابراین، در این پژوهش جدول زندگی سن ـ مرحلهٔ دوجنسی برای برآورد پارامترهای زیستی پشهٔ شکارگر در تغذیه از شته‌های خردل پرورش‌یافته روی سطوح مختلف کوددهی نیتروژن در گیاه کلزا استفاده شد.

مواد و روش‌ها

پرورش گیاه و کلنی شتهٔ خردل (*Lipaphis erysimi*) و پشهٔ شکارگر (*Aphidoletes aphidimyza*)

بذر گیاه کلزا، رقم هایولا ۴۰۱، از مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان خراسان رضوی تهیه شد و در اردیبهشت‌ماه ۱۳۹۳ در گلدان‌های ۴ لیتری حاوی نسبت مساوی خاک و ماسه در گلخانهٔ تحقیقاتی دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، کاشته شدند. کوددهی در دو نوبت با فاصلهٔ زمانی هفت و ده روز پس از سبزشدن گیاهچه‌های کلزا، انجام شد. تیمارهای کودی معادل مقادیر صفر، ۰/۰۵۵، ۰/۱۱ و ۰/۱۶۵ گرم نیترات آمونیوم[1] (بر مبنای نیتروژن خالص) در کیلوگرم خاک بود. آبیاری گلدان‌ها در فواصل چهار روزه انجام و به‌منظور جلوگیری از آب‌شویی نیتروژن در تمام گلدان‌ها از زیرگلدانی استفاده شد.

برای ایجاد کلنی شتهٔ خردل در هریک از سطوح تیمار نیتروژن، یک هفته پس از اعمال آخرین نوبت کوددهی تعداد ۱۰ عدد شتهٔ بالغ بدون بال به آخرین برگ توسعه‌یافتهٔ گیاهان کلزای موجود در هریک از گلدان‌ها منتقل شد و برای جلوگیری از جابه‌جایی شته‌ها میان گلدان‌های تیمارهای مختلف از میکروکاسم[2]، استوانهٔ پلاستیکی شفاف به ارتفاع ۱۰۰*cm* و قطر دهانهٔ ۵۰*cm* استفاده شد که انتها و طرفین آن با توری ارگانزا پوشیده شده بود. برای حفظ کلنی تحت شرایط یکسان در صورت مشاهدهٔ شته‌های بال‌دار در هریک از تیمارها، گیاهان جدید که تحت شرایط رشدی مشابه بودند، جایگزین گیاهان قبلی شدند.

برای تشکیل کلنی پشهٔ شکارگر از گلخانه‌های خیار دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، بازدید شد و لاروهای پشهٔ شته‌خوار جمع‌آوری و برای تکمیل سیکل زندگی به آزمایشگاه منتقل شدند. شناسایی حشرات جمع‌آوری‌شده توسط Dr. Raymond J. Gagné [3] انجام شد. حشرات بالغ نمویافته برای تخم‌ریزی به جعبه‌های پرورش (طول ۵۰cm×عرض ۵۰cm×ارتفاع ۱۰۰cm) حاوی گلدان‌های تیمارشده با سطوح کود نیتروژن و آلوده به شتهٔ خردل انتقال یافتند. پس از تکمیل حداقل ۵ نسل از پشهٔ شته‌خوار در هریک از سطوح تیمار نیتروژن، خصوصیات زیستی آن‌ها بررسی و آزمون شد. در طول آزمایش تمامی کلنی‌های تشکیل‌شده، در شرایط کنترل‌شدهٔ دما (روز ۲±۲۵ و شب ۲±۱۹درجهٔ سلسیوس) و رطوبت (۱۰±۶۰ درصد) و دورهٔ نوری ۱۶ ساعت روشنایی در اتاقک رشد نگه‌داری شدند.

ارزیابی خصوصیات زیستی و پارامترهای جدول زندگی *Aphidoletes aphidimyza*

برای به‌دست‌آوردن افراد با شرایط سنی مشابه، در هر تیمار ۱۰ جفت پشهٔ شته‌خوار به جعبه‌های تخم‌ریزی حاوی دیسک برگی و شته‌های تیمارشده تحت شرایط مشابه منتقل شدند. پس از گذشت ۲۴ ساعت، تعداد ۳۵ عدد تخم پشهٔ شته‌خوار از هر تیمار به ظروف جداگانه به ابعاد $1/5\times9_{cm}^2$، حاوی کاغذ صافی، واتر آگار (۲ درصد)، یک برگ تازه از تیمار کودی مشابه و ۲۵ عدد پورهٔ سه روزهٔ شتهٔ خردل منتقل شدند. پس از تفریخ تخم‌ها، تمام پوره‌های موجود در هر ظرف به‌صورت روزانه با پوره‌های هم‌سن جدید جایگزین شدند. در طول آزمایش هیچ‌یک از لاروها تمام جیرهٔ غذایی را مصرف نکرده بودند؛ بنابراین، تغذیهٔ لاروها فقط تحت تأثیر کیفیت

1. NH4NO3, ScharlauChemie S.A., Made in Spain.
2. Microcosm

3. Systematic Entomology Laboratory, Agricultural Research Service, USDA, USA

www.SID.ir

Archive of SID

شکار قرار گرفت. با توجه به اینکه شفیرهٔ پشهٔ شته‌خوار عمدتاً در خاک تشکیل می‌شود (Alotaibi 2008)، پیش از تشکیل شفیره، ظروف پرورش با ظروف جدید حاوی لایهٔ نازکی به قطر ۱ میلی‌متر از کوکوپیت مرطوب جایگزین شدند. با ظهور حشرات بالغ، افراد هریک از تیمارها به‌منظور جفت‌گیری به ظروف یکسان منتقل شدند و پس از ۲۴ ساعت، در ظروف پرورش حاوی دیسک برگی و پوره‌های سه روزهٔ شتهٔ خردل قرار گرفتند. برای دستیابی به پوره‌های هم‌سن در طول آزمایش، از روش هم‌سن‌سازی استفاده شد، بدین ترتیب که افراد بالغ شتهٔ خردل برای پوره‌زایی داخل قفس‌های گیره‌ای، روی گیاهان هر تیمار قرار گرفتند، پس از ۱۲ ساعت، افراد بالغ حذف شدند و از پوره‌های سه روزه برای تغذیه و تخم‌ریزی پشهٔ شته‌خوار استفاده شد. دورهٔ نشو و نمای هریک از مراحل رشدی و تخم‌ریزی افراد مادهٔ شکارگر به‌صورت روزانه ثبت شد و آزمایش تا مرگ تمامی پشه‌های بالغ ادامه یافت.

به‌منظور برآورد پارامترهای جدول زیستی شامل نسبت بقا ویژهٔ سن ـ مرحلهٔ رشدی (s_{xj}، x: سن و j: مرحلهٔ رشدی)، باروری ویژهٔ سن ـ مرحلهٔ رشدی (f_{xj})، نسبت بقا ویژهٔ سن (l_x)، باروری ویژهٔ سن (m_x)، نرخ ذاتی افزایش جمعیت (r)، نرخ متناهی افزایش جمعیت ($\lambda = e^r$)، نرخ خالص تولید مثل ($R_0 = \sum l_x m_x$) و میانگین طول یک نسل ($T=\ln R_0/r$)، از رویهٔ جدول زندگی دوجنسی ویژهٔ سن ـ مرحلهٔ رشدی[1] (Chi and Liu 1985, Chi 1988, Farhadi *et al.* 2011) استفاده شد.

نسبت بقا ویژهٔ سن (l_x) با استفاده از معادلهٔ ۱ به‌دست آمد:

$$l_x = \sum_{j=1}^{\beta} s_{xj} \qquad (۱)$$

که در این معادله s_{xj} نسبت بقا ویژهٔ سن ـ مرحلهٔ رشدی و β آخرین مرحلهٔ رشدی است.

برای محاسبهٔ باروری ویژهٔ سن (m_x) از معادلهٔ ۲ استفاده شد:

$$m_x = \frac{\sum_{j=1}^{\beta} s_{xj} f_{xj}}{\sum_{j=1}^{\beta} s_{xj}} \qquad (۲)$$

1. Age-stage, two sex life table

که در این معادله f_{xj} باروری ویژهٔ سن ـ مرحلهٔ رشدی است و سایر پارامترها مشابه معادلهٔ ۱ است.

نرخ ذاتی افزایش جمعیت نیز با استفاده از معادلهٔ اولر ـ لوتکا[2] محاسبه شد (معادلهٔ ۳):

$$\sum_{x=0}^{\infty} e^{-r(x+1)} l_x m_x = 1 \qquad (۳)$$

تجزیه و تحلیل آماری

خطاهای استاندارد دورهٔ نشو و نمو، طول عمر مراحل رشدی مختلف و پارامترهای جدول زندگی دوجنسی با استفاده از روش بوت استرپ[3] محاسبه شدند (Sokal and Rohlf 1995) و در تمامی تیمارها، ۱۰۰۰۰ تکرار بوت استرپ استفاده شد (Efron and Tibshirani 1993, Huang and Chi 2012). به‌منظور تعیین معنی‌داربودن یا بدون معنی‌بودن تفاوت میان پارامترهای به‌دست‌آمده در سطوح مختلف کوددهی نیتروژن نیز از آزمون بوت استرپ جفت‌شده در نرم‌افزار TWOSEX-MSChart استفاده شد (Chi 2014).

نتایج و بحث

نتایج نشان داد که دورهٔ رشد لاروی و شفیرگی پشهٔ شته‌خوار به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر کیفیت تغذیه‌ای شتهٔ خردل قرار گرفت و لاروهای تغذیه‌شده از شته‌های خردلی که روی سطوح بالاتر تیمار نیتروژن پرورش یافته بودند، دورهٔ رشد لاروی و شفیرگی کوتاه‌تری داشتند (جدول ۱). میانگین‌های به‌دست‌آمده برای دورهٔ رشدی مراحل مختلف پشهٔ شکارگر در این مطالعه مشابه گزارش‌های هاولکا و زمک (Havelka and Zemek 1988, 1999) است. کوددهی تأثیر معنی‌داری در طول دورهٔ زندگی افراد بالغ نداشت، ولی به‌طور کلی تغذیه از شته‌های پرورش‌یافته روی سطوح بالای نیتروژن به افزایش طول دورهٔ زندگی افراد بالغ پشهٔ شکارگر منجر شد. طولانی‌ترین دورهٔ رشدی در افراد نر و ماده در سطح ۲۲۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار مشاهده شد و در تمام تیمارها، زمان زنده‌مانی افراد ماده بیش از افراد نر بود (جدول ۱). تغذیهٔ سخت‌بالپوش گیاه‌خوار *Plagiodera versicolora* از درختان *Salix chaenomeloides* دارای محتوای نیتروژن

2. Euler-Lutka
3. Bootstrap

www.SID.ir

Archive of SID

بیشتر، علاوه بر آنکه به افزایش درصد بقا، کاهش دورهٔ رشد و نمو و افزایش وزن زندهٔ سخت‌بالپوش گیاه‌خوار منجر شد، افزایش وزن زنده وکاهش دورهٔ رشد و نمو کفشدوزک شکارگر *Aiolocaria hexaspilota* را نیز در پی داشت (Kagata and Ohgushi 2007). کوددهی نیتروژن در گیاه لوبیا نیز نه تنها دورهٔ رشدی مگس مینوز *Liriomyza trifolii* Burgess را تحت تأثیر قرار داد؛ بلکه به‌طور معنی‌داری بر دورهٔ رشدی افراد نر و مادهٔ زنبور پارازیتوئید *Chrysocharis oscinidis* Ashmead مؤثر بود و کوتاه‌ترین دورهٔ رشدی در حشرات تغذیه‌شده از سطح میانی نیتروژن (۲۴۰ppm نیتروژن) مشاهده شد (Kaneshiro and Johnson 1996). طول دورهٔ پورگی زنبور پارازیتوئید نیز همبستگی معنی‌داری با محتوای آمینواسید میزبان داشت که خود متأثر از محتوای ترکیبات نیتروژن‌دار گیاه میزبان است (Nadarajan and Jayaraj 1975).

جدول ۱. دورهٔ رشد و نمو، طول عمر افراد بالغ، باروری و دورهٔ تخم‌ریزی حشرات مادهٔ پشهٔ شکارگر، *Aphidoletes aphidimyza*، (میانگین±خطای استاندارد) در تغذیه از شته‌های خردل، *Lipaphis eryssimi*، پرورش‌یافته روی سطوح مختلف کوددهی نیتروژن

پارامتر	سطوح کوددهی نیتروژن (گرم بر کیلوگرم خاک)			
	۰	۰/۰۵۵	۰/۱۱	۰/۱۶۵
دورهٔ رشد و نمو لارو (روز)	۵/۷۷±۰/۱۱a*	۵/۶۷±۰/۰۸ a	۵/۱۱±۰/۰۷ b	۵/۰۷±۰/۱۵ b
دورهٔ رشد و نمو شفیره (روز)	۹/۲۱±۰/۲۹ a	۹/۴۶±۰/۲۵ a	۸/۸۶±۰/۲۰ b	۸/۶۷±۰/۲۳ b
طول عمر حشرات بالغ ماده (روز)	۶/۲۹±۰/۵۷n.s**	۶/۴۷±۰/۴۶	۷/۴۴±۰/۵۵	۷/۶۵±۰/۴۵
طول عمر حشرات بالغ نر (روز)	۵/۰۰±۰/۷۶n.s	۴/۵۵±۰/۷۳	۵/۳۰±۰/۶۲	۵/۱۰±۰/۵۵
***TPOP	۲۰/۶۹±۰/۴۵a	۲۰/۵۰±۰/۳۲ a	۱۹/۴۱±۰/۳۶b	۱۹/۰۶±۰/۳۹b
****APOP	۲/۰۸±۰/۱۴n.s	۲/۱۴±۰/۱۸	۱/۸۸±۰/۱۴	۲/۱۳±۰/۰۹
دورهٔ تخم‌ریزی	۲/۸۵±۰/۴۰n.s	۲/۹۳±۰/۳۵	۳/۱۸±۰/۲۶	۳/۱۲±۰/۳۳
باروری (تخم بر ماده)	۳۷/۸۶±۵/۸۲b	۴۳/۰۷±۴/۸۹ab	۶۱/۳۳±۵/۱۷a	۴۴/۰۶±۴/۷۱ab

* خطاهای استاندارد با استفاده از رویهٔ بوت استرپ با ۱۰۰۰۰ تکرار محاسبه شدند و میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ردیف نشان‌دهندهٔ نبود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد با استفاده از آزمون بوت استرپ جفت‌شده هستند.

** n.s: نشان‌دهندهٔ نداشتن اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد با استفاده از آزمون بوت استرپ جفت‌شده است.

*** TPOP: کل دورهٔ پیش از تخم‌ریزی

**** APOP: دورهٔ پیش از تخم‌ریزی افراد بالغ

تخم‌ریزی در دامنهٔ ۲/۱۴ـ۱/۸۸ روز پس از جفت‌گیری انجام شد و دورهٔ تخم‌ریزی در تیمارهای مختلف ۳/۱۲ـ۲/۶۴ روز به طول انجامید. گرچه تغذیه از شته‌های تیمارشده با سطوح مختلف کود نیتروژن تأثیر معنی‌داری بر دورهٔ پیش از تخم‌ریزی در افراد بالغ[1] که نشان‌دهندهٔ بازهٔ زمانی میان ظهور حشرهٔ بالغ تا اولین تخم‌ریزی است و طول دورهٔ تخم‌ریزی نداشت، ولی اثر آن بر کل دورهٔ پیش از تخم‌ریزی[2] معنی‌دار بود و بیشترین و کمترین زمان به‌ترتیب در تیمار بدون کود نیتروژن (۲۰/۶۹±۰/۴۵ روز) و بالاترین سطح کوددهی (۱۹/۰۶±۰/۳۹ روز) مشاهده شد. در واقع کوددهی زمان رسیدن به تخم‌ریزی را در پشهٔ شکارگر کاهش داد (جدول ۱).

تغذیهٔ پشهٔ شکارگر از شته‌های پرورش‌یافته روی سطوح مختلف کوددهی نیتروژن تأثیر معنی‌داری بر باروری افراد ماده داشت و بیشترین (۶۱/۳۳±۵/۱۷) و کمترین (۳۷/۸۶±۵/۸۲) تعداد تخم تولیدشده به ازای هر فرد ماده به‌ترتیب در سطح میانی نیتروژن (۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار) و سطح بدون کوددهی مشاهده شد (جدول ۱). میزان باروری به‌دست‌آمده در این آزمایش مشابه دامنهٔ باروری گزارش‌شده در نتایج سایر پژوهشگران است، به‌طوری که Madahi *et al.* (2013) دامنهٔ باروری پشهٔ شکارگر را در تغذیه از تراکم‌های مختلف شتهٔ *Aphis gossypii* Glover، ۱۰۴/۲۵-۴۹/۶۶ و Havelka and Zemek (1999) دامنهٔ باروری را در جمعیت‌های مختلف پشهٔ شکارگر ۱۴۸ـ۴۸ تخم به‌دست آوردند. به‌طور کلی تغذیهٔ پشهٔ شکارگر از

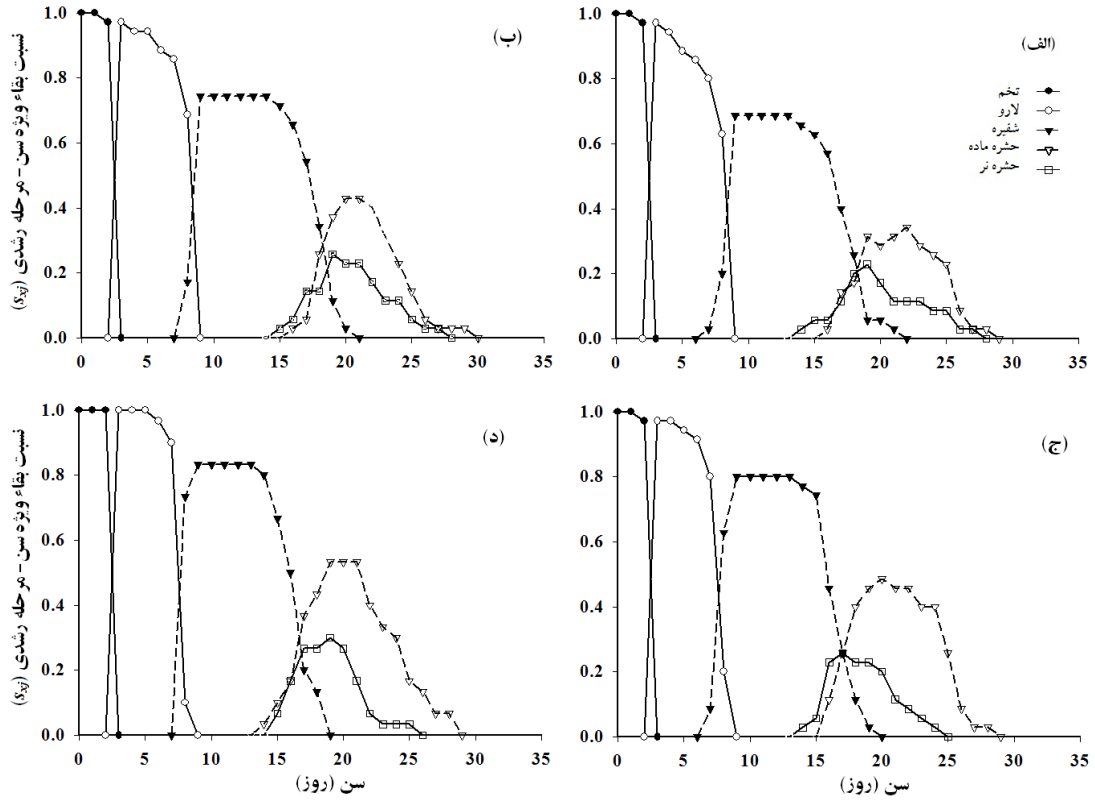
1. APOP: Adult Preovipisition period
2. TPOP: Total Preoviposition period

www.SID.ir

Archive of SID

تیمارهای تحت کوددهی نیتروژن نسبت به سطح بدون کوددهی به ۳۰ درصد افزایش در میانگین تعداد کل تخم‌های تولیدشده توسط هر فرد ماده منجر شد. کوددهی گیاه لوبیا نیز توانست تعداد نتاج حاصل از زنبور پارازیتوئید *Chrysocharis oscinidis* Ashmead را در مگس مینوز *Liriomyza trifolii* Burgess تحت تأثیر قرار دهد و بیشترین افراد مادهٔ تولیدشده در حشرات تغذیه‌شده از سطح میانی نیتروژن (۲۴۰$_{ppm}$ نیتروژن) مشاهده شد و تعداد نتاج حاصل از تیمارهای تحت کوددهی، ۴۰ درصد بیش از سطح بدون کوددهی نیتروژن بود (Kaneshiro and Johnson 1996).

نسبت بقا ویژهٔ سن ـ مرحلهٔ رشدی (s_{xj}) پشهٔ شکارگر در سطوح مختلف کوددهی نیتروژن در شکل ۱ نشان داده شده است. این نسبت هم‌پوشانی مراحل رشدی مختلف و احتمال زنده‌مانی هر فرد تا مرحلهٔ رشدی بعد را نشان می‌دهد. هم‌پوشانی مراحل رشدی نشان‌دهندهٔ تفاوت در زمان نمو افراد مختلف یک جمعیت است. نسبت زنده‌مانی مرحلهٔ لاروی و افراد مادهٔ پشهٔ شکارگر، با افزایش کوددهی نیتروژن در گیاه کلزا افزایش یافت و بالاترین نرخ زنده‌مانی در تیمار ۰/۱۱ و ۰/۱۶۵ گرم نیتروژن در کیلوگرم خاک مشاهده شد (شکل ۱). افزایش بقا و زادآوری مگس سیرفید *Episyrphus balteatus* نیز در تغذیه از شته‌های سیب‌زمینی (*Aulacorthum solani*) پرورش‌یافته روی گیاهان خیار کوددهی‌شده با نیتروژن گزارش شده است (Hindayana *et al.* 2001).



شکل ۱. نسبت بقا ویژهٔ سن ـ مرحلهٔ رشدی پشهٔ شکارگر (*Aphidoletes aphidimyza*) در تغذیه از شته‌های خردل (*Lipaphis eryssimi*) پرورش‌یافته روی سطوح مختلف کوددهی نیتروژن. الف) صفر، ب) ۰/۰۵۵، ج) ۰/۱۱ و د) ۰/۱۶۵ گرم نیتروژن بر کیلوگرم خاک

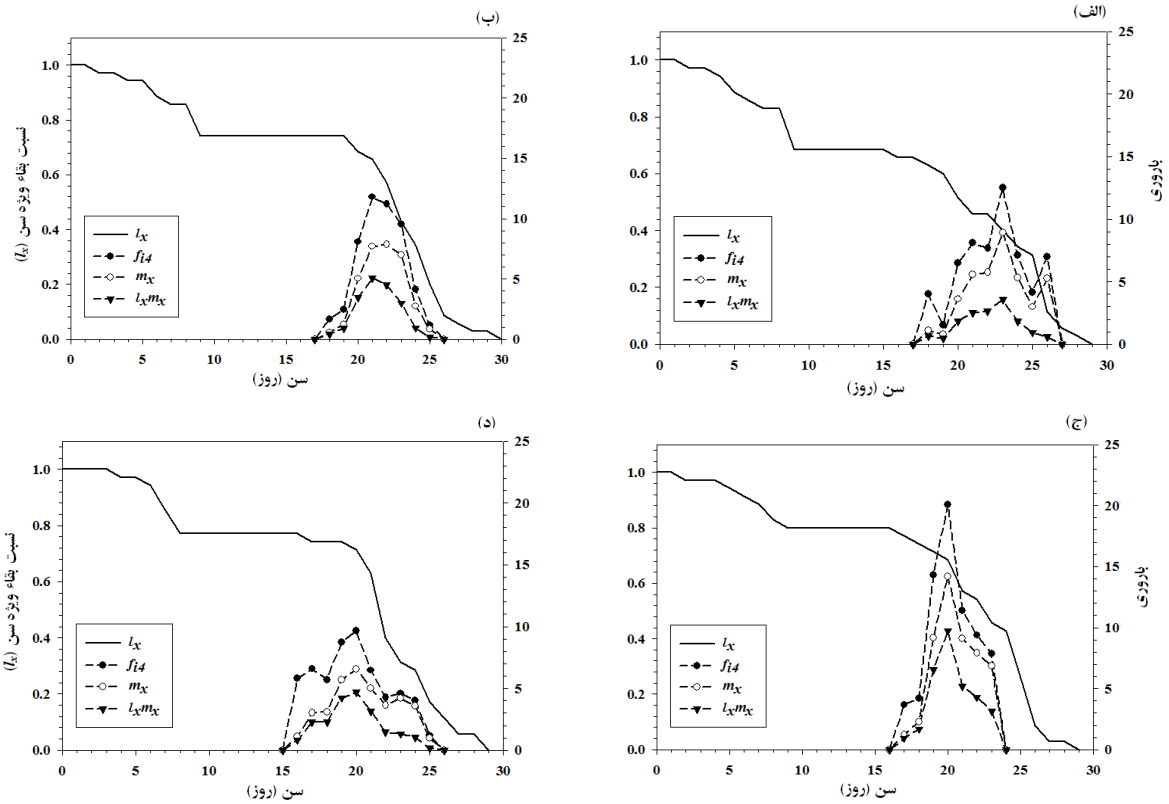
نسبت بقا ویژهٔ سن (l_x)، باروری ویژهٔ سن (m_x)، باروری ویژهٔ مرحلهٔ رشدی (f_{i4}) و نرخ ناخالص باروری ویژهٔ سن (l_xm_x) است در شکل ۲ نشان داده شده است. در طول انجام آزمایش از آنجاکه تاریخ دقیق مرگ‌ومیر لاروهایی که پس از ورود به مرحلهٔ شفیرگی از بین رفتند، نامشخص بود، پایان دورهٔ لاروی آن‌ها به‌عنوان آخرین روز زنده‌مانی در نظر گرفته شد، بنابراین، در بازهٔ زمانی روزهای ۹ـ۶ دورهٔ رشدی، کاهش شدید نسبت زنده‌مانی در شکل‌های ۱ و ۲

www.SID.ir

Archive of SID

مشاهده می‌شود، پس از این دوره هر چهار تیمار دارای روند ثابتی هستند که به دورهٔ شفیرگی مربوط است. در ۲۰ روز نخست آزمایش کمترین (۲۰ درصد) و بیشترین (۵۰ درصد) درصد مرگ و میر به‌ترتیب در بالاترین سطح و سطح بدون کوددهی مشاهده شد (شکل ۲). حداکثر مقادیر باروری ویژهٔ سن (m_x)، باروری ویژهٔ مرحلهٔ رشدی (f_{i4}) و نرخ ناخالص باروری ویژهٔ سن (l_xm_x) در تیمار و ۰/۱۱ گرم نیتروژن در کیلوگرم خاک مشاهده شد (شکل ۲).

سایر محققان نیز نشان داده‌اند که طول دورهٔ رشد، باروری و پارامترهای جدول زندگی پشهٔ شکارگر می‌تواند تحت تأثیر عوامل مختلف زیستی و غیرزیستی محیط رشد (Yamane *et al.* 2012)، گیاه میزبان (Haley and Hogue 1990)، تراکم شکار (Madahi *et al.* 2013)، گونهٔ شتهٔ مورد تغذیه (Jandricic *et al.* 2013) و سایر خصوصیات کمی و کیفی منبع تغذیه‌ای لاروها و حشرات بالغ (Watanabe *et al.* 2014) قرار گیرند.



شکل ۲. نسبت بقا ویژهٔ سن (l_x)، باروری ویژهٔ سن (m_x)، نرخ ناخالص باروری ویژهٔ سن (l_xm_x) و باروری ویژهٔ سن ـ مرحلهٔ رشدی (f_{i4}) پشهٔ شکارگر (*Aphidoletes aphidimyza*) در تغذیه از شته‌های خردل (*Lipaphis eryssimi*) پرورش‌یافته روی سطوح مختلف کوددهی نیتروژن. الف) صفر، ب) ۰/۰۵۵، ج) ۰/۱۱ و د) ۰/۱۶۵ گرم نیتروژن بر کیلوگرم خاک

میانگین و خطاهای استاندارد به‌دست‌آمده از روش بوت استرپ برای پارامترهای جمعیتی پشه‌های شکارگر تغذیه‌شده از کیفیت‌های مختلف شتهٔ خردل در جدول ۲ نشان داده شده است. بیشترین نرخ خالص تولید مثل (R_0)، نرخ ذاتی افزایش جمعیت (r) و نرخ متناهی افزایش جمعیت (λ) با اختلاف معنی‌دار در تیمار ۰/۱۱ گرم نیتروژن بر کیلوگرم خاک به‌دست آمد. همچنین، کوددهی به‌طور معنی‌داری میانگین طول یک نسل را در پشهٔ شکارگر کاهش داد و کوتاه‌ترین طول یک نسل در تیمار ۰/۱۶۵ گرم نیتروژن بر کیلوگرم خاک مشاهده شد (جدول ۲). نرخ ذاتی افزایش جمعیت از مهم‌ترین پارامترهای جدول زندگی است که می‌تواند برای پیش‌بینی چگونگی تغییرات جمعیت یک حشره تحت شرایط محیطی خاص استفاده شود (Ricklefs and Miller 1999, Southwood and Henderson 2000) و در برنامه‌های مدیریت آفات می‌توان به‌منظور پیش‌بینی

www.SID.ir

Archive of SID

تأثیرات متقابل احتمالی میان آفات و دشمنان طبیعی آن‌ها استفاده شود (Roy *et al.* 2003). دامنهٔ به‌دست‌آمده برای نرخ ذاتی افزایش جمعیت پشهٔ شکارگر در این آزمایش مشابه نتایج سایر پژوهشگران است (Havelka and Zemek 1999, Madahi *et al.* 2013).

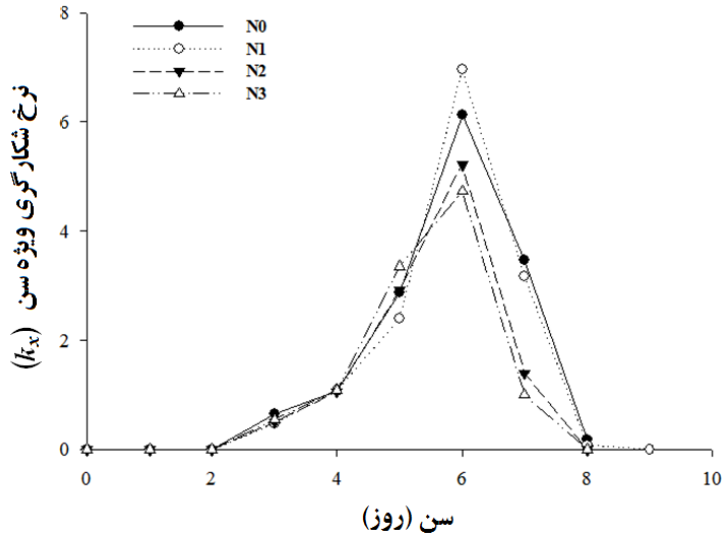
جدول ۲. پارامترهای جمعیت پشهٔ شکارگر، *Aphidoletes aphidimyza*، (میانگین± خطای استاندارد) در تغذیه از شته‌های خردل، *Lipaphis eryssimi*، پرورش‌یافته روی سطوح مختلف کوددهی نیتروژن

پارامتر	سطوح کوددهی نیتروژن (گرم بر کیلوگرم خاک)			
	۰	۰/۰۵۵	۰/۱۱	۰/۱۶۵
نرخ خالص تولیدمثل R_0 (offspring/individual)	۱۵/۱۴±۳/۸۵b*	۱۸/۴۶±۴/۱۲b	۳۱/۵۴±۵/۷۵a	۲۱/۴۰±۴/۳۴b
نرخ ذاتی افزایش جمعیت r (d^{-1})	۰/۱۱۸±۰/۰۱cd	۰/۱۳۱±۰/۰۱c	۰/۱۶۳±۰/۰۱a	۰/۱۴۹±۰/۰۱bc
میانگین طول یک نسل T (d)	۲۲/۹۲±۰/۴۹a	۲۲/۲۷±۰/۳۳a	۲۱/۱۵±۰/۳۱b	۲۰/۵۲±۰/۴۹b
نرخ متناهی افزایش جمعیت λ (d^{-1})	۱/۱۲۶±۰/۰۱c	۱/۱۴۰±۰/۰۱b	۱/۱۷۷±۰/۰۱a	۱/۱۶۱±۰/۰۱۳a

* خطاهای استاندارد با استفاده از رویهٔ بوت استرپ با ۱۰۰۰۰ تکرار محاسبه شدند و میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ردیف نشان‌دهندهٔ نبود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد با استفاده از آزمون بوت استرپ جفت‌شده هستند.

نرخ شکارگری ویژهٔ سن (k_x) پشهٔ شکارگر در شکل ۳ نشان داده شده است. این شاخص نشان‌دهندهٔ میانگین تعداد شکار مصرف‌شده توسط پشهٔ شکارگر در سن x است. با توجه به اینکه پشهٔ شکارگر تنها در دورهٔ لاروی از شته‌ها تغذیه می‌کند، بنابراین، k_x در ابتدا صفر و به‌تدریج با تفریخ تخم‌ها و ظهور لاروها، مقدار این شاخص افزایش یافت و در حدود شش‌روزگی به بیشترین مقدار خود رسید و حداقل و حداکثر نرخ شکارگری ویژهٔ سن به‌ترتیب در سطوح ۰/۱۶۵ و ۰/۰۵۵ گرم نیتروژن در خاک با میانگین ۴/۷۲ و ۶/۹۷ شکار خورده‌شده، به‌دست آمد.

نتایج نرخ خالص شکارگری (C_0) و نرخ انتقال (Q_p) در جدول ۳ نشان داده شده است. نرخ خالص شکارگری در بازهٔ ۸/۳۷ـ۱۰/۴۸ شکار مصرف‌شده توسط هر فرد شکارگر قرار داشت و کوددهی نیتروژن اثر معنی‌داری بر این صفت نداشت. افزایش کوددهی نیتروژن، نرخ انتقال (Q_p) پشهٔ شکارگر را که نشان‌دهندهٔ تعداد شکار مورد نیاز به‌منظور تولید هر فرد جدید شکارگر است به‌طور معنی‌داری کاهش داد و بالاترین نرخ انتقال در شرایط دریافت‌نکردن کود نیتروژن مشاهده شد (جدول۳).



شکل ۳. نرخ شکارگری ویژهٔ سن (k_x) پشهٔ شکارگر، *Aphidoletes aphidimyza*، در تغذیه از شته‌های خردل، *Lipaphis eryssimi*، پرورش‌یافته روی سطوح مختلف کوددهی نیتروژن. N0: صفر، N1: ۰/۰۵۵، N2: ۰/۱۱ و N3: ۰/۱۶۵ گرم نیتروژن بر کیلوگرم خاک

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۳. شاخص‌های شکارگری پشهٔ شکارگر، *Aphidoletes aphidimyza*، (میانگین±خطای استاندارد) در تغذیه از شته‌های خردل، *Lipaphis eryssimi*، پرورش‌یافته روی سطوح مختلف کوددهی نیتروژن

شاخص	سطوح کوددهی نیتروژن (کیلوگرم در هکتار)			
	۰	۷۵	۱۵۰	۲۲۵
C_0*	۱۰/۴۸±۱/۱۶$^{n.s\ **}$	۱۰/۱۶±۱/۰۵	۹/۰۰±۰/۸۲	۸/۳۷±۰/۷۹
Q_p	۰/۷۴±۰/۲۱a	۰/۵۸±۰/۱۴ab	۰/۴۱±۰/۰۹b	۰/۲۹±۰/۰۶b

* C_0: نرخ خالص شکارگری و Q_p: نرخ انتقال

** خطاهای استاندارد با استفاده از رویهٔ بوت استرپ با ۱۰۰۰۰ تکرار محاسبه شدند؛ n.s نشان‌دهندهٔ نداشتن تفاوت معنی‌دار و میانگین‌های دارای حروف متفاوت در هر ردیف نشان‌دهندهٔ اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد با استفاده از آزمون بوت استرپ جفت‌شده هستند.

تحقیقات متعدد نشان داده‌اند که بندپایان شکارگر نیازمند مقادیر بیشتری از نیتروژن نسبت به گیاه‌خواران خویشاوندند و تغذیهٔ حشرات شکارگر از شکار دارای کیفیت مناسب از لحاظ محتوای نیتروژن می‌تواند رشد و نمو، تولید مثل و بقای آن‌ها را بهبود دهد (Denno *et al.* 2003, Aqueel *et al.* 2014) و بر رجحان غذایی، تغذیه و جمعیت دشمنان طبیعی اثر بگذارد (Fox *et al.* 1996, Bodo *et al.* 2002, Aqueel *et al.* 2014). به‌عنوان مثال افزایش درصد پارازیتیسم پوره‌های سفید بالک *Bemisia argentifolii* توسط زنبور پارازیتوئید *Encarsia formosa* در گیاهان کوددهی‌شده با نیتروژن گزارش شده است (Bentz *et al.* 1996). تغذیهٔ لاروهای شب‌پرهٔ پشت‌الماسی (*Plutella xylostella* L.) از گیاهان کلزای تیمارشده با سطح میانی کود نیتروژن (۳ گرم کود به ازای گلدان) به افزایش کارایی زنبورهای پارازیتوئید *Diadegma insulare* Cresson منجر شد (Sarfraz *et al.* 2009). در مطالعه‌ای دیگر نیز فراوانی زنبور پارازیتوئید *D. insulare* مستقیم تحت تأثیر فراوانی شب‌پرهٔ پشت‌الماسی قرار گرفت و فراوانی هر دو گونه همبستگی معنی‌داری با محتوای نیتروژن برگ گیاهان کلم زینتی، *Brassica oleracea* var.*acephala* L. داشتند به‌علاوه نسبت زنبورهای مادهٔ پارازیتوئید در سطح کوددهی‌شده افزایش یافت (Fox *et al.* 1990). نتایج مطالعهٔ جانسن (Jansson 2003) نیز بیان داشت، بقا و نسبت زنبورهای مادهٔ پارازیتوئید *Aphidius ervi* با پارازیته‌کردن شته‌های *Myzus persicae* و *M. euphorbiae* روی گیاهان فلفل کوددهی‌شده با نیتروژن به‌طور معنی‌داری بیشتر بود و درصد پارازیتیسم شته‌های *M. euphorbiae* با کوددهی افزایش یافت. در حالی‌که، میزان پارازیتیسم سرخرطومی *Ceutorhynchus* sp. توسط زنبورهای پارازیتوئید *Tersilochus obscurator* Aub. و *T. fulvipes* Grav. تحت تأثیر کوددهی گیاه کلزا قرار نگرفت (Zaller *et al.* 2009).

نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق نشان دادند که پشه‌های تغذیه‌شده از شته‌های خردل که روی گیاهان کلزای تیمارشده با سطوح مختلف کوددهی نیتروژن پرورش یافته بودند، دورهٔ نمو و باروری متفاوتی داشتند که این عوامل بر سایر پارامترهای جمعیت از جمله نرخ ذاتی افزایش جمعیت، نرخ خالص تولید مثل، نرخ متناهی افزایش جمعیت و میانگین طول یک نسل مؤثر بود. به‌طور کلی کوددهی نیتروژن افزایش معنی‌داری در توانایی زیستی پشهٔ شکارگر داشت و بیشترین باروری و نرخ ذاتی رشد در پشه‌های تغذیه‌شده از سطح میانی تیمار نیتروژن به‌دست آمد. در حالی که، نرخ شکارگری با افزایش کوددهی کاهش یافت که علت آن را می‌توان به‌اندازهٔ جثه و کیفیت بالاتر شتهٔ خردل در سطوح بالای کوددهی نیتروژن نسبت داد. همچنین، افزایش جثه و وزن حشرات گیاه‌خوار و افزایش جمعیت آن‌ها در گیاهان تحت تیمار نیتروژن می‌تواند به افزایش کارایی جست و جوگری شکارگر منجر شود و از این طریق بر کاهش جمعیت آفت اثر بگذارد. بنابراین، پس از بررسی توانایی‌های زیستی آفت و شکارگر تحت شرایط کنترل‌شده، باید تأثیرات متقابل آن‌ها در سطح جمعیت نیز بررسی شود تا بتوان تفسیر دقیقی از چگونگی اثرپذیری سطوح غذایی از یکدیگر و توانایی شکارگر در کنترل جمعیت آفت پیشنهاد داد.

www.SID.ir

Archive of SID

سپاسگزاری

بودجهٔ این طرح از محل اعتبار پژوههٔ شمارهٔ ۲۰۶۲۳/۳ مورخ ۱۳۹۱/۱۰/۲۷، معاونت پژوهش و فناوری دانشگاه فردوسی مشهد، تأمین شده است؛ از همهٔ کسانی که برای اجرای این پژوهش همکاری کردند، تشکر و قدردانی می‌گردد.

REFERENCES

Ahmad G, Jan A, Arif M, Jan MT, Khattak RA (2007) Influence of nitrogen and sulfur fertilization on quality of canola (*Brassica napus* L.) under rainfed conditions. Journal of Zhejiang University Science B 8(10): 731-737.

Alotaibi S (2008) Mass production and utilization of the predatory midge, *Aphidoletes aphidimyza* Rondani for controlling aphids. Global Journal of Biotechnology and Biochemistry 3 (1): 1- 7.

Aqueel MA, Collins CM, Raza AM, Ahmad S, Tariq M, Leather SR (2014) Effect of plant nutrition on aphid size, prey consumption, and life history characteristics of green lacewing. Insect Science 21: 74-82.

Aslam M, Razaq M, Maalik A (2004) Effect of nitrogen fertilizer application on population of mustard aphid (*Lipaphis erysimi* Kalt.) on different canola varieties. Pakistan Journal of Entomology 26(1): 115-119.

Bentz JA, Reeves J, Barbosa P, Francis B (1996) The effect of nitrogen fertilizer applied to *Euphorbia pulcherrima* on the parasitization of *Bemisia argentifolii* by the parasitoid *Encarsia formosa*. Entomologia Experimentalis et Applicata 78: 105- 110.

Bodo SG, Rodriguez SM, Folcia M (2002) Aphids (Homoptera: Aphididae) and predatory ladybeetles (Coleoptera: Coccinellidae) abundance variation in a barley crop with different fertilization practices. JDESIA (Chile) 20 (1): 35- 42.

Chen XJ, Zhu ZJ, Ni XL, Qian QQ (2006) Effect of nitrogen and sulfur supply on glucosinolates in *Brassica campestris* ssp. Chinensis. Agricultural Science of China 5(8): 603- 608.

Chi H, Liu H (1985) Two new methods for the study of insect population ecology. Bulletin of the Institute of Zoology Academia Sinica 24: 225-240.

Chi H (1988) Life-table analysis incorporating both sexes and variable development rates among individuals. Environmental Entomology 17: 26-34.

Chi H (2014) TWOSEX-MSChart: a computer program for the age-stage, two-sex life table analysis. (http:/140.120.197.173/Ecology/) (accessed 1 April 2015).

Daugherty MP (2011) Host plant quality, spatial heterogeneity, and the stability of mite predator–prey dynamics. Experimental and Applied Acarology 53: 311-322.

Denno RF, Gratton C, Dobel H, Finke DL (2003) Predation risk affects relative strength of top-down and bottom-up impacts on insect herbivores. Ecology 84 (4): 1032-1044.

Efron B, Tibshirani RJ (1993) An introduction to the bootstrap. Chapman &Hall, New York, NY.

Fallahpour F, Ghorbani R, Nassiri Mahallati M, Hosseini M (2015) Demographic parameters of *Lipaphis erysimi* on canola cultivars under different nitrogen fertilization regimes. Journal of Agricultural Science and Technology 17: 35-47.

Farhadi R, Allahyari H, Chi H (2011) Life table and predation capacity of *Hippodamia variegata* (Coleoptera: Coccinellidae) feeding on *Aphis fabae* (Hemiptera: Aphididae). Biological Control 59: 83-89.

Fox LR, Kester KM, Eisenbach J (1996) Direct and indirect responses of parasitoids to plants: sex ratio, plant quality and herbivore diet breadth. Entomologia Experimenrtalis et Applicata 80: 289-292.

Fox LR, Letourneau DK, Eisenbach J, Van Nouhuys S (1990) Parasitism rates and sex ratios of a parasitoid wasp: Effects of herbivore and plant quality. Oecologia 83: 414-419.

Gash AFJ (2012) Wheat nitrogen fertilization effects on the performance of the cereal aphid *Metopolophium dirhodum*. Agronomy Journal 2: 1-13.

Haley S, Hogue E (1990) Ground cover influence on apple aphid, *Aphis pomi* DeGeer (Homoptera: Aphididae), and its predators in a young apple orchard. Crop Protection 9 (3): 225-230.

Havelka J, Zemek R (1999) Intraspecific variability of aphidophagous gall midge *Aphidoletes aphidimyza* (Rondani) (Dip., Cecidomyiidae) and its importance for biological control of aphids. Journal of Applied Entomology 105: 280-288.

Havelka J, Zemek R (1999) Life table parameters and oviposition dynamics of various populations of the predacious gall-midge *Aphidoletes aphidimyza*. Entomologia Experimentalis et Applicata 91: 481-484.

Hindayana D, Meyhofer R, Scholz D, Poehling HM (2001) Intraguild predation among the hoverfly *Episyrphus balteatus* de Geer (Diptera: Syrphidae) and other aphidophagous predators. Biological Control 20: 236-246.

Hocking PJ, Randall PJ, DeMarco D (1997) The response of dryland canola to nitrogen fertilizer: partitioning and mobilization of dry matter and nitrogen, and nitrogen effects on yield components. Field Crop Research 54: 201-220.

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

www.SID.ir

Archive of SID

Huang YB, Chi H (2012) Assessing the application of the Jackknife and Bootstrap techniques to the estimation of the variability of the net reproductive rate and gross reproductive rate: a case study in *Bactrocera cucurbitae* (Coquillett) (Diptera: Tephritidae). Turkish Journal of Agriculture and Forestry 61: 37- 45.

Jandricic SE, Wraight SP, Gillespie DR, Sanderson JP (2013) Oviposition behavior of the biological control agent *Aphidoletes aphidimyza* (Diptera: Cecidomyiidae) in environments with multiple pest aphid species (Hemiptera: Aphididae). Biological Control 65 (2): 235-245.

Jansson J (2003) The influence of plant fertilization regime on plant-aphid-parasitoid interactions. PhD dissertation, Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala.

Kagata H, Nakamura M, Ohgushi T (2005) Bottom-up cascade in a tri-trophic system: different impacts of host-plant regeneration on performance of a willow leaf beetle and its natural enemy. Ecological Entomology 30: 58-62.

Kagata H, Ohgushi T (2007) Carbon–nitrogen stoichiometry in the tritrophic food chain willow, leaf beetle, and predatory ladybird beetle. Ecological Research 22: 671- 677.

Kaneshiro LN, Johnson MW (1996) Tritrophic effects of leaf nitrogen on *Liriomyza trifolii* (Burgess) and an associated parasitoid *Chrysocharis oscinidis* (Ashmead) on bean. Biological Control 6: 186-192.

Khajehzadeh Y, Hasany Moghadam M, Baghery S, Keyhanian A (2009) Determination of economic injury level of *Lipaphis erysimi* (Hemiptera: Aphididae) on canola var. Hayola 401 in Khuzestan. Journal of Entomological Society of Iran 29 (1): 23-36. (In Persian)

Khajehzadeh Y, Malkeshi SH, Keyhanian AK (2010) Population fluctuation of canola aphids, biology of turnip aphid, *Lipaphis erysimi* Kalt.and efficiency of its natural enemies in canola fields of Khuzestan. Iranian Journal of Plant Protection Science 41: 165-178. (In Persian)

Madahi K, Sahragard A, Hosseini R (2013) Influence of *Aphis gossypii* Glover (Hemiptera: Aphididae) density on life table parameters of *Aphidoletes aphidimyza* Rondani (Diptera: Cecidomyiidae) under laboratory conditions. Journal of Crop Protection 2 (3): 355-368.

Malais M, Ravensberg WJ (1992) Knowing and recognizing the biology of glasshouse pests and their natural enemies, *In:* Koppert BV, Berkel en Rodenrijs, Koppert Biological Systems, The Netherlands.

Malkeshi H, Ahmadi M, Saqaei AM (2004) Survey of cabbage aphid *Brevicoryne brassicae* (L), population fluctuation and its dominant natural enemies. FAO web. http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=IR2010000440. (Accessed 15 October 2014)

Nadarajan L, Jayaraj S (1975) Influence of various hosts on development and reproduction of pupal parasite, *Tetrastichus howardi*. Current Science 44: 458- 460.

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.

Price PW, Bouton CE, Gross P, McPheron BAN, Thompson JN, Weis AE (1980) Interactions among three trophic levels: influence of plants on interactions between insect herbivores and natural enemies. Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics 11: 41-65.

Rathke GW, Behrens T, Diepenbrock W (2006) Integrated nitrogen management strategies to improve seed yield, oil content and nitrogen efficiency of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.). Agriculture, Ecosystems and Environment 117: 80-108.

Ricklefs RE, Miller GL (1999) Ecology, 4th ed. Freeman WH, NewYork.

Roy M, Brodeur J, Cloutier C (2003) Effect of temperature on intrinsic rates of natural increase of a coccinellid and its spider mite prey. Biocontrol 48: 57-72.

Sarfraz M, Dosdall LM, Keddie BA (2009) Host plant nutritional quality affects the performance of the parasitoid *Diadegma insulare*. Biological Control 51: 34- 41.

Sokal RR, Rohlf FJ (1995) Biometry, 3rd ed. Freeman WH, San Francisco, CA.

Southwood TRE, Henderson PA (2000) Ecological methods, 3rd ed. Blackwell, Oxford, United Kingdom.

Svečnjak Z, Rengel Z (2006) Canola cultivars differ in nitrogen utilization efficiency at vegetative stage. Field Crops Research 97: 221-226.

Thakral SK, Singh BP, Faroda AS, Gupta SK (1996) Effect of irrigation and fertility levels on the oil yield and quality of *Brassica* species. Annals of Agricultural Research 17(4): 416-418.

Veromann E, Toome M, Kännaste A, Kaasik R, Copolovici L, Flink J, Kovács G, Narits L, Luik A, Niinemets Ü (2013) Effects of nitrogen fertilization on insect pests, their parasitoids, plant diseases and volatile organic compounds in *Brassica napus*. Crop Protection 43: 79- 88.

Watanabe H, Katayama N, Yano E, Sugiyama R, Nishikawa S, Endou T, Watanabe K, Takabayashi J, Ozawa R (2014) Effects of aphid honeydew sugars on the longevity and fecundity of the aphidophagous gall midge *Aphidoletes aphidimyza*. Biological Control 78: 55- 60.

Xie M, Cheng HK, Qiu WL (2000) The efficiency evaluation of the mass propagation system of *Aphidoletes aphidimyza* by life table. Acta Entomological Sinica 43: 151-155.

www.SID.ir

Archive of SID

Yamane M, Yano E, Matsumoto Y, Yoshioka S, Kawai T, Toyonishi H, Nakamura T (2012) Effect of photoperiod and temperature on the induction of diapause in a Japanese strain of *Aphidoletes aphidimyza* (Diptera: Cecidomyiidae). Applied Entomology and Zoology 47:17-26.

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

Zaller JG, Moser D, Drapela T, Schmöger C, Frank T (2009) Parasitism of stem weevils and pollen beetles in winter oilseed rape is differentially affected by crop management and landscape characteristics. Biocontrol 54:505-514.

Zarghami S, Allahyari H, Bagheri MR, Saboori A (2010) Effect of nitrogen fertilization on life table parameters and population growth of *Brevicoryne brassicae*. Bulletin of Insectology 63 (1): 39-43.

Zehnder C, Hunter M (2008) Effects of nitrogen deposition on the interaction between an aphid and its host plant. Ecological Entomology 33: 24-30.

www.SID.ir