

واکنش تابعی و عددی زنبور پارازیتوئید *Eretmocer delhiensis* روی سفیدبالک نیشکر *Neomaskellia andropogonis* در وضعیت آزمایشگاهی

امیر خادم پور^{۱*}، پرویز شیشه بر^۲ و آرش راسخ^۳

۱، ۲، ۳. دانشجوی کارشناسی ارشد، استاد و استادیار حشره شناسی کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه

شهید چمران اهواز

(تاریخ دریافت: ۹۲/۱۰/۱۵ - تاریخ تصویب: ۹۳/۶/۲۵)

چکیده

واکنش تابعی و عددی زنبور پارازیتوئید *Eretmocer delhiensis* Mani روی سفیدبالک نیشکر *Neomaskellia andropogonis* Corbett در وضعیت آزمایشگاهی بررسی شد. در آزمایش، واکنش تابعی یک زنبور ماده (با عمر کمتر از یک روز) به مدت ۲۴ ساعت روی تراکم‌های ۵، ۱۰، ۲۰، ۴۰، ۶۰ و ۱۰۰ عدد پوره سن سوم سفیدبالک نیشکر در درون یک قفس گیره‌ای (با قطر ۲ سانتی‌متر و ارتفاع ۱ سانتی‌متر) بررسی شد. زنبور *E. delhiensis* واکنش تابعی نوع دوم را نشان داد و در تراکم‌های مذکور به‌طور میانگین به ترتیب ۴/۷، ۶/۹، ۱۲/۳، ۱۷/۵، ۲۰/۸ و ۲۵/۷ پوره را پارازیته کرد. نرخ جست‌وجو و زمان دستیابی این پارازیتوئید به ترتیب ۰/۰۶ بر ساعت و ۰/۷۶ ساعت محاسبه شد. در آزمایش واکنش عددی میانگین تخم کل پارازیتوئید در تراکم‌های یادشده به ترتیب ۲۱/۱، ۳۱/۲، ۶۳/۷، ۷۶/۴، ۸۵/۲ و ۱۰۱/۴ عدد تخم بود. میانگین طول عمر زنبورهای ماده در تراکم‌های مذکور ۱۵ تا ۱۷ روز بود.

واژه‌های کلیدی: واکنش تابعی، واکنش عددی، *Eretmocer delhiensis*، *Neomaskellia andropogonis*

مقدمه

آفت در سطح زیرین برگ‌های نیشکر از شیرۀ گیاهی تغذیه می‌کنند. همچنین تولید مقادیر زیادی عسلک توسط پوره‌ها و حشرات بالغ و رشد قارچ دوده بر روی این عسلک‌ها مانع عمل فتوسنتز و در نتیجه سبب کاهش عملکرد بوته نیشکر می‌شود (Askarianzadeh, 2011). دو گونه پارازیتوئید *Encarsia inaron* (Walker) و *Eretmocer* sp. (Hymenoptera: Aphelinidae) در مزارع نیشکر خوزستان فعالیت دارند و مجموع پارازیتیسیم این دو پارازیتوئید تا ۸۵ درصد گزارش شده است (Minaemoghadam et al., 2010). گونه *E. inaron* نوعی گونه دوجنسی است و میانگین نسبت جنسی آن در دمای ۲۵ درجه سلسیوس ۷۳ درصد ماده است (Malekmohammadi et al., 2012). ولی گونه *E. delhiensis* بکرزایی ماده‌زایی دارد و جنس نر در آن بسیار نادر است (Khadempour, 2014). بکرزایی ماده‌زایی صفتی مهم در پارازیتوئیدها محسوب

۱۰ کشت‌وصنعت بزرگ در استان خوزستان به کشت نیشکر می‌پردازند. سالانه ۱۲ میلیون تن نیشکر از مزارع خوزستان برداشت می‌شود که بعد از فراوری ۱۰۰۰۰۰۰ تن شکر حاصل می‌شود (Anonymous, 2009). همزمان با گسترش کشت نیشکر در استان خوزستان، آفات جدیدی در مزارع ظاهر شدند که یکی از مهم‌ترین آنها سفیدبالک نیشکر *Neomaskellia andropogonis* (Hemiptera: Aleyrodidae) Corbett بود. نخستین گزارش از خسارت این آفت در سال ۱۳۸۵ منتشر شد (Askarianzadeh & Manzari, 2006). این آفت قبلاً از کشورهای سریلانکا، هند، پاکستان و مالزی هم گزارش شده است (Mound & Halsey, 1978; Inayatullah, 1984; Martin & Mound, 2007). سفیدبالک ماده‌زایی بکرزا است و حشرات نر به ندرت در جمعیت آن یافت می‌شوند. جمعیت‌های زیادی از این

در این قفس‌ها به صورت ۱۲ ساعت روشنایی و ۱۲ ساعت تاریکی بود. گلدان‌ها یک‌روز در میان آبیاری شدند. پس از اینکه گیاه نیشکر به مرحله سه تا چهاربرگی رسید، افراد بالغ سفیدبالک به وسیله آسپراتور از مزرعه نیشکر (کشت و صنعت دعبل خزاعی با طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۳۵ دقیقه و عرض جغرافیایی ۳۱ درجه و ۸ دقیقه) جمع‌آوری شده و روی گیاهان درون قفس رهاسازی شدند. بدین ترتیب همواره کلنی سفیدبالک لازم برای اجرای آزمایش‌ها در دسترس بود.

تشکیل کلنی زنبور پارازیتوئید *E. delhiensis*

قبل از شروع آزمایش‌های مربوط به بررسی بیولوژی زنبور پارازیتوئید، ابتدا کلنی زنبور، جداگانه در آزمایشگاه تشکیل شد تا برای اجرای آزمایش‌ها، زنبورهای پارازیتوئید به تعداد کافی در دسترس باشند. بدین منظور ابتدا گیاهان نیشکر حاوی سه تا چهار برگ که طبق روش توضیح داده شده در قسمت تشکیل کلنی سفیدبالک‌ها کاشته شده بودند، ۴۸ ساعت در کلنی سفیدبالک‌ها قرار گرفتند تا تخم‌ریزی سفیدبالک‌ها روی برگ‌های آنها انجام گیرد. سپس این گلدان‌ها به قفس‌های چوبی جدیدی به ابعاد ۶۰×۶۰×۱۲۰ سانتی‌متر که با تور ارگانزا پوشیده شده بود منتقل شده و ۱۴-۱۲ روز در وضعیت مذکور نگهداری شدند تا پوره‌های سفیدبالک‌ها به سن سوم پورگی (که در آزمایش تعیین سن مرجح پورگی مشخص شد) برسند (Khadempour, 2014). دمای آزمایشگاه 25 ± 2 درجه سلسیوس، رطوبت نسبی 55 ± 5 درصد و دوره روشنایی تاریکی ۱۲:۱۲ ساعت بود. در این مرحله پوره‌های سفیدبالک حاوی سفیره‌های زنبور *E. delhiensis* از روی برگ‌های جمع‌آوری شده از مزرعه نیشکر (کشت و صنعت دعبل خزاعی) به وسیله سوزن حشره‌شناسی از برگ جدا شده و جداگانه به داخل پتری دیش‌هایی که در سطح داخلی در آنها قطره‌های ریز عسل قرار داده شده بود منتقل شدند. قطره‌های عسل به منظور تغذیه زنبورهای پارازیتوئید به محض خروج از سفیره در نظر گرفته شده بودند. پارازیتوئیدهای مذکور بعد از خارج شدن از پوسته سفیرگی، بر روی کلنی سفیدبالک نیشکر موجود روی بوته‌های نیشکر داخل قفس‌های چوبی رهاسازی شدند تا

می‌شود و به طور معمول این قبیل پارازیتوئیدها برای پرورش انبوه انتخاب می‌شوند. زنبور پارازیتوئید *E. delhiensis* از هند و پاکستان گزارش شده و میزبان آن *Neomaskellia bergii* روی نیشکر است (Hayat, 1998).

کارایی پارازیتوئیدها به چند عامل بستگی دارد که عواملی مانند حد تولید مثل، واکنش تابعی و واکنش عددی از خصوصیات مهم محسوب می‌شوند. واکنش تابعی رابطه میان شدت پارازیتیسیم زنبور و تراکم میزبان را توصیف می‌کند، درحالی‌که واکنش عددی به تغییر در جمعیت زنبور تحت تأثیر تراکم میزبان مربوط می‌شود (Solomon, 1949; Hassell, 1978). تا کنون سه نوع واکنش تابعی نشان داده شده است (Holling, 1959). بررسی منابع نشان داد که در زمینه بیولوژی و کارایی این زنبور پارازیتوئید تا کنون هیچ تحقیقی در جهان انجام نگرفته است، از این رو به منظور کسب اطلاعات ضروری در مورد حد تولیدمثل و واکنش تابعی و عددی *E. delhiensis* این مطالعه طراحی شد. در این مقاله نتایج مربوط به واکنش تابعی و عددی بیان می‌شوند.

مواد و روش‌ها

تهیه کلنی سفیدبالک نیشکر در آزمایشگاه

برای تهیه کلنی سفیدبالک نیشکر در آزمایشگاه به صورت زیر عمل شد. ابتدا قلمه‌های نیشکر رقم Cp 69 در گلدان‌های پلاستیکی به قطر دهانه ۲۲ سانتی‌متر و ارتفاع ۱۸ سانتی‌متر در وضعیت آزمایشگاه کاشته شدند. روش کاشت به این صورت بود که ابتدا مقداری خاک معمولی مزرعه در گلدان ریخته شد، به طوری که حدود سه چهارم حجم گلدان با خاک پر شد. سپس خاک درون گلدان فشرده شد و ۲ تا ۳ قلمه نیشکر که هر کدام دارای یک جوانه سالم بود روی خاک قرار داده شد و روی قلمه‌ها با لایه نازکی از خاک پوشانده شد و سپس خاک روی قلمه‌ها کمی فشرده شد تا قلمه‌ها به خاک بچسبند. پس از کاشت، گلدان‌ها به قفسه‌هایی به ابعاد ۶۰×۶۰×۱۲۰ سانتی‌متر در آزمایشگاه منتقل شدند. این قفس‌ها با پارچه توری ارگانزا پوشیده شده بودند. دمای آزمایشگاه در حدود 25 ± 2 درجه سلسیوس و رطوبت نسبی حدود 55 ± 5 درصد تنظیم شد. فتوپریود

در تجزیه داده‌های واکنش تابعی دو مرحله اصلی باید مورد توجه قرار گیرد. ابتدا باید نوع واکنش تابعی تعیین شود، پس از آن با استفاده از مدل مناسب پارامترهای قدرت جست‌وجو یا نرخ حمله (a) و زمان دستیابی (T_h) برآورد می‌شوند. برای تعیین نوع واکنش تابعی هر پارازیتوئید از رگرسیون لجستیک نسبت تعداد پوره پارازیته شده (N_a/N_0) در برابر تعداد ابتدایی پوره‌ها (N_0) استفاده شد. بدین منظور داده‌ها به تابع چند-جمله‌ای زیر برازش داده شدند:

$$N_a/N_0 = \frac{\exp(P_0 + P_1 N_0 + P_2 N_0^2 + P_3 N_0^3)}{1 + \exp(P_0 + P_1 N_0 + P_2 N_0^2 + P_3 N_0^3)}$$

این تابع ارتباط میان نسبت پوره پارازیته شده و تعداد ابتدایی پوره را بیان می‌کند. P_0 عرض از مبدأ (Constant)، P_1 قسمت خطی (Linear)، P_2 قسمت درجه دو (Quadratic)، و P_3 قسمت درجه سه (Cubic) هستند. این پارامترها با استفاده از رویه CATMOD در برنامه آماری SAS Version 9.1 برآورد شدند (Juliano, 2003; SAS Institute, 2003). منفی یا مثبت بودن شیب قسمت خطی منحنی به ترتیب نشان‌دهنده واکنش تابعی‌های نوع دوم و سوم است (Juliano, 2001).

در مرحله دوم، پس از تعیین نوع واکنش تابعی برای برآورد پارامترهای نرخ حمله (attack rate) و زمان دستیابی (handling time) از مدل ترجیحی رگرسیون غیرخطی حداقل مربعات تعداد میزبان‌های پارازیته شده به تعداد میزبان اولیه استفاده شد (Juliano, 2001) (روش NLIN در برنامه آماری SAS Version 9.1) (SAS Institute, 2003). از آنجا که تعداد میزبان ارائه شده به زنبور پارازیتوئید در طول آزمایش جایگزین نشد، مدل مناسب برای برآورد پارامترهای واکنش تابعی مدل راجرز است (Rogers, 1972).

$$N_a = N_t [1 - \exp(-(\hat{a}T_i P_i / (1 + \hat{a}T_h N_t)))]$$

که در این معادله :

e_x : پایه لگاریتم طبیعی؛

N_a : تعداد شکارهای مورد حمله قرار گرفته (پوره‌های

پارازیته شده) (متغیر وابسته)؛

تخم‌ریزی کنند. بدین ترتیب کلنی زنبور *E. delhiensis* تشکیل شد. به منظور تداوم پرورش کلنی زنبور هر سه روز یک بوته نیشکر حاوی پوره‌های سنین مناسب (پوره سن سوم) سفیدبالک نیشکر به کلنی زنبورها منتقل شد.

واکنش تابعی *E. delhiensis* روی سفیدبالک نیشکر

ابتدا ۲۰ تا ۳۰ حشره بالغ سفیدبالک نیشکر به وسیله یک آسپیراتور از کلنی آزمایشگاهی سفیدبالک نیشکر جمع‌آوری شد. این سفیدبالک‌ها درون یک قفس گیره-ای به قطر ۲ سانتی‌متر و ارتفاع ۱ سانتی‌متر که روی سطح زیرین یک برگ نیشکر متصل به یک بوته نیشکر قرار داشت، رها شدند. بعد از ۲۴ ساعت قفس گیره‌ای و سفیدبالک‌های بالغ از برگ جدا شدند. سپس بوته‌های حامل تخم‌های سفیدبالک در یک انکوباتور با دمای ۲۵ درجه سلسیوس، رطوبت نسبی ۵۵±۵ درصد و دوره نوری: تاریکی ۱۲:۱۲ ساعت قرار داده شدند تا تخم‌ها رشد کنند و پوره‌ها به مرحله سن سوم پورگی برسند. در این مرحله تعداد پوره‌های سن سوم سفیدبالک به نحوی تعیین شد که هر کدام از برگ‌های مختلف یک بوته نیشکر حامل تعداد ۵، ۱۰، ۲۰، ۴۰، ۶۰ و ۱۰۰ عدد پوره سن سوم سفیدبالک نیشکر بود (این تراکم‌ها براساس تراکم‌های انتخاب شده در مورد سایر گونه‌های سفیدبالک که در آزمایش‌های واکنش تابعی به وسیله پارازیتوئیدهای مشابه مورد حمله قرار گرفته‌اند، انتخاب شده است). سپس یک پارازیتوئید ماده *E. delhiensis* با عمر کمتر از ۲۴ ساعت روی هر کدام از تراکم‌های بالا قرار گرفت. بعد از ۲۴ ساعت قفس گیره-ای و پارازیتوئیدها از برگ جدا شده و بوته‌های حاوی پوره‌های سفیدبالک به درون انکوباتور با شرایط ذکر شده منتقل شدند. بعد از حدود دو هفته تعداد پوره‌های پارازیته شده براساس وجود شفیره پارازیتوئید درون پوره سفیدبالک نیشکر با استفاده از بینوکولار تشخیص داده شد و در هر تراکم ثبت شد. این آزمایش برای هر تراکم در ده تکرار انجام گرفت. در پایان تعداد پوره‌های پارازیته شده در هر تراکم به وسیله آنالیز واریانس با هم مقایسه شد. مقایسه میانگین‌ها به روش توکی انجام گرفت.

نتایج و بحث

واکنش تابعی زنبور *E. delhiensis*

تخم‌ریزی زنبورهای ماده *E. delhiensis* با افزایش تراکم پوره سفیدبالک نیشکر افزایش یافت. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تراکم میزبان اثر معناداری بر مقدار تخم‌گذاری ماده‌های *E. delhiensis* داشت ($F=81.89$; $df=5, 59$; $P<0.0001$) بیشترین تعداد تخم ۳۸ عدد و در تراکم ۱۰۰ پوره سن سوم بود (جدول ۱).

نتایج حاصل از رگرسیون لجستیک برای تعیین واکنش تابعی در جدول ۲ نشان داده شده است. براساس نتایج به دست آمده پارامتر ضریب خطی (بخش خطی منحنی پارازیتیسیم) منفی بود. منفی بودن این پارامتر نشان‌دهنده وجود واکنش تابعی نوع دوم برای زنبور *E. delhiensis* است. واکنش تابعی نوع دوم در بررسی واکنش تابعی زنبور *E. mundus* در مطالعات Zandi-Kocheili (2004) و Sohani et al. (2008) و بررسی‌های Jones et al. (2003) روی سفیدبالک *B. tabaci* و بیوتیب *B. tabaci* نیز گزارش شده است. واکنش زنبور *E. delhiensis* از میانگین ۴/۷ میزبان پارازیته شده در هر روز در تراکم ۵ پوره به میانگین ۲۵/۷ میزبان پارازیته شده در تراکم ۱۰۰ پوره رسید. این نوع واکنش نشان‌دهنده افزایش نسبی میزبان‌های پارازیته شده همزمان با افزایش تراکم میزبان است (شکل ۱). به طوری که در تراکم ۱۰۰ عدد پوره سن سوم در هر برگ میزان پارازیتیسیم به حداکثر ۳۸ عدد پوره پارازیته شده در روز رسید. زنبورهای پارازیتوئید *E. delhiensis* در تراکم‌های کم میزبان، همه یا بخش اعظم میزبان‌های خود را پارازیته کردند، ولی با افزایش تراکم میزبان، کاهش در نرخ پارازیتیسیم آنها مشاهده شد (شکل ۲).

بعد از تعیین نوع واکنش تابعی با استفاده از نتایج حاصل از رگرسیون غیرخطی پارامترهای نرخ حمله و زمان دستیابی برآورد شد. برای برآورد پارامترها از مدل راجرز استفاده شد. جدول ۳ پارامترهای برآورد شده و مقادیر مربوط به آنها را نشان می‌دهد.

نرخ جست‌وجوگری *E. delhiensis* در این پژوهش نسبت به نرخ جست‌وجوگری *E. mundus* در تحقیقات Zandi-Sohani et al. (2008) بیشتر بود. نرخ

P_t : تعداد شکارگر (پارازیتوئید)؛

N_t : تراکم شکار (پوره) (متغیر مستقل)؛

δ : سطح اکتشاف یا کارایی جست‌وجوگری؛

T_h : زمان دستیابی؛

T_t : کل زمان (۲۴ ساعت).

واکنش عددی *E. delhiensis* روی سفیدبالک نیشکر

ابتدا ۲۰ تا ۳۰ سفیدبالک بالغ به وسیله یک آسپیراتور از کلنی آزمایشگاهی سفیدبالک نیشکر جمع‌آوری شد. سپس سفیدبالک‌های بالغ درون یک قفس گیره‌ای به قطر ۲ سانتی‌متر و ارتفاع ۱ سانتی‌متر روی یک برگ نیشکر متصل به یک بوته نیشکر رهاسازی شدند. بعد از ۲۴ ساعت قفس گیره‌ای و سفیدبالک‌های بالغ از برگ نیشکر جدا شد و بوته حامل تخم‌های سفیدبالک نیشکر درون انکوباتور با دمای ثابت (۲۵ درجه سلسیوس، رطوبت نسبی ۵ \pm ۵۵ درصد و دوره نوری: تاریکی ۱۲:۱۲ ساعت) قرار گرفت. بعد از رسیدن پوره‌های سفیدبالک نیشکر به مرحله سن سوم پورگی، تراکم‌های مختلفی از آنها شامل ۵، ۱۰، ۲۰، ۴۰، ۶۰ و ۱۰۰ پوره سفیدبالک نیشکر روی هر برگ ایجاد شد. سپس در این مرحله یک عدد پارازیتوئید ماده *E. delhiensis* با عمر کمتر از ۲۴ ساعت درون یک قفس گیره‌ای روی هر کدام از تراکم‌های بالا گذاشته شد. بعد از ۲۴ ساعت هر پارازیتوئید به یک برگ جدید که حاوی همان تراکم قبلی پوره‌های سفیدبالک بود منتقل شد. این عمل تا زمان مرگ پارازیتوئید ماده هر روز ادامه داشت. بدین ترتیب طول عمر پارازیتوئید در تراکم‌های مختلف پوره‌های سفیدبالک تعیین شد. سپس بوته حامل پوره‌های پارازیته شده به درون یک انکوباتور جداگانه منتقل شد. بعد از حدود دو هفته تعداد پوره‌های پارازیته شده براساس وجود شفیره پارازیتوئید درون پوره سفیدبالک نیشکر محاسبه و ثبت شد. بدین ترتیب تعداد تخم روزانه و تعداد تخم کل زنبور پارازیتوئید در تراکم‌های مختلف سفیدبالک نیشکر تعیین شد. این آزمایش در ده تکرار انجام گرفت و در پایان با استفاده از نرم‌افزار SAS میانگین طول عمر پارازیتوئید و تعداد تخم روزانه و تخم کل در تراکم‌های مختلف محاسبه و از نظر آماری مقایسه شد.

بود. احتمالاً تفاوت در گونه زنبور پارازیتوئید و سفیدبالک میزبان دلیل اصلی این اختلاف است. یادآوری می‌شود که سفیدبالک نیشکر، عسلک بسیار زیادی در مقایسه با سفیدبالک پنبه *B. tabaci* تولید می‌کند (Malekmohammadi et al., 2012) و همین موضوع سبب می‌شود که زنبور *E. delhiensis* بعد از پارازیته کردن پوره سفیدبالک نیشکر زمان طولانی‌تری را صرف تمیز کردن بدن خود کند، از این رو زمان دستیابی افزایش یافته است.

جست‌وجو در این پژوهش برای *E. delhiensis* ۰/۰۵۹۴ بر ساعت و برای *E. mundus* در مطالعه Zandi-Sohani et al. (2008) ۰/۰۴۶۵ بر ساعت محاسبه شد. زمان دستیابی *E. delhiensis* در مطالعه اخیر ۴۶ دقیقه محاسبه شد که نسبت به زمان‌های دستیابی محاسبه‌شده در بررسی‌های Kocheili (2004) برای *E. mundus* روی پوره‌های سن سوم *B. tabaci* (۱۲ دقیقه)، آزمایش‌های Jones et al. (2003) (۱۲ دقیقه)، Zandi-Sohani et al. (2008) (۲۰ دقیقه) طولانی‌تر

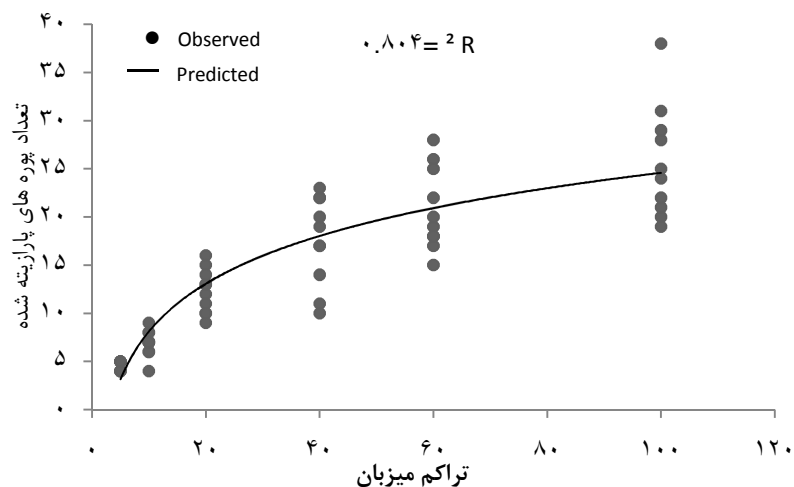
جدول ۱. میانگین تعداد و تجزیه واریانس (ANOVA) پوره‌های سن سوم *N. andropogonis* پارازیته‌شده توسط *E. delhiensis* روی برگ نیشکر در تراکم‌های مختلف طعمه در یک دوره ۲۴ ساعته

تراکم	میانگین	دامنه	منع تغییرات	درجه آزادی	مجموع مربعات	P
۵	۴/۷۰±۰/۱۵d	۴-۵	تراکم	۵	۳۲۶/۳۵	<۰/۰۰۰۱
۱۰	۶/۹۰±۰/۴۳d	۴-۹	خطا	۵۴	۷۳۵/۳۰	
۲۰	۱۲/۳۰±۰/۷۳c	۹-۱۶	کل	۵۹	۴۰۶۱/۶۵	
۴۰	۱۷/۵۰±۰/۴۵b	۱۰-۲۳				
۶۰	۲۰/۸۰±۰/۳۵b	۱۵-۲۸				
۱۰۰	۲۵/۷۰±۰/۸۶a	۱۹-۳۸				

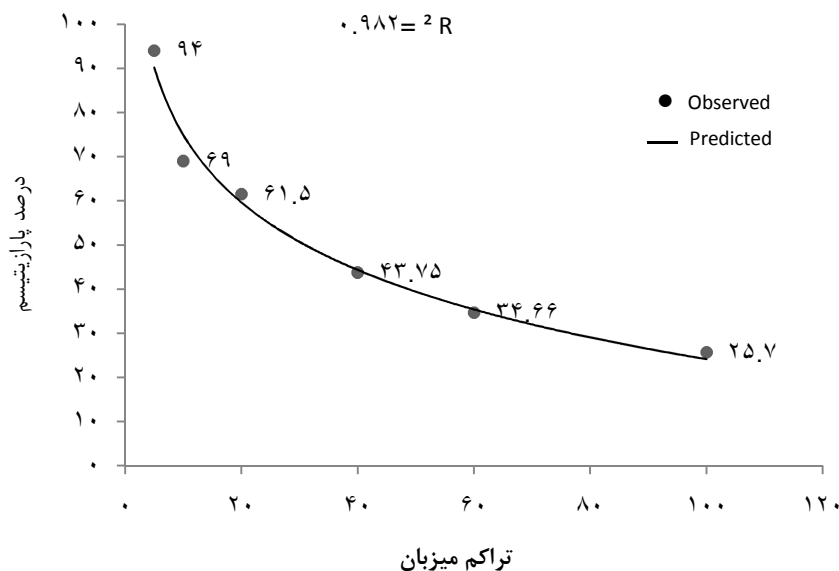
در جدول بالا، میانگین‌هایی که حروف یکسان دارند، در سطح ۵ درصد اختلاف معناداری ندارند.

جدول ۲. نتایج تجزیه رگرسیون لجستیک تعداد پوره‌های سن سوم *N. andropogonis* پارازیته‌شده توسط زنبور *E. delhiensis* برابر تعداد اولیه پوره‌ها

ضریب	تخمین	SE	χ^2	P value
ثابت	۲/۶۰	۰/۳۴	۳۶/۰۴	<۰/۰۰۰۱
خطی	-۰/۱۰۳۶	۰/۰۲۶۸	۱۴/۸۹	۰/۰۰۰۱
درجه دوم	۰/۰۰۱	۰/۰۰۰۵	۵/۷۷	۰/۰۱۶۳
درجه سوم	۶/۴۹×۱۰ ^{-۶}	۳/۳۹۲×۱۰ ^{-۶}	۳/۶۷	۰/۰۵۵



شکل ۱. تعداد پوره‌های پارازیته‌شده توسط *E. delhiensis* در تراکم‌های مختلف پوره‌های سن سوم *N. andropogonis*



شکل ۲. میانگین درصد پارازیتسیم *E. delhiensis* در تراکم‌های مختلف پوره‌های سن سوم *N. andropogonis*

جدول ۳. مقادیر پارامترهای تخمین زده شده توسط مدل راجرز برای *E. delhiensis* روی سفیدبالک نیشکر

پارامتر	مقدار تخمین	SE	در سطح ۰/۹۵	
			حد پایین	حد بالا
نرخ جست‌وجو	۰/۰۵۹۴	۰/۰۱۰۲	۰/۰۳۸۹	۰/۰۷۹۹
زمان دستیابی	۰/۷۶۶۴	۰/۰۶۲۶	۰/۶۴۱۱	۰/۸۹۱۸

واکنش عددی زنبور *E. delhiensis* ماده‌های زنبورهای ماده *E. delhiensis* در آزمایش واکنش عددی در تراکم‌های مختلف پوره سن سوم *N. andropogonis* در طول دوره زندگی ماده نشان داد که در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد با افزایش تراکم پوره میزبان، تعداد تخم‌های گذاشته شده توسط زنبورهای ماده *E. delhiensis* در آزمایش واکنش عددی زنبور پارازیتوئید افزایش یافت. در آزمایش واکنش عددی زنبور پارازیتوئید *E. mundus* روی سفیدبالک پنبه *B. tabaci* میانگین کل تخم‌های هر ماده در تراکم‌های ۵، ۱۰، ۲۰، ۴۰، ۶۰ و ۱۰۰ پوره به ترتیب ۲۲/۶، ۳۸/۶، ۸۴/۴، ۱۰۷/۲، ۱۳۸/۰ و ۱۹۶/۴ محاسبه شد (Zandi-Sohani et al., 2008). یافته‌های این پژوهش در مقایسه با نتایج پژوهش اخیر بیانگر اعداد کمتری بود. با این حال در هر دو پژوهش، بیشترین تخم‌ریزی مربوط به تراکم‌های ۶۰ و ۱۰۰؛ و کمترین حد پارازیتسیم مربوط به تراکم‌های ۵ و ۱۰ عدد پوره بود. در بررسی‌های Liu (2007) هنگامی که ماده *Eretmocerus melanoscutus* در برابر جمعیتی از پوره‌های سفیدبالک پنبه، *B. tabaci* (میانگین $80/1 \pm 2/4$)

واکنش عددی زنبور *E. delhiensis* میانگین کل تخم‌ریزی زنبور پارازیتوئید *E. delhiensis* جدول ۴ میانگین تعداد و نیز نتیجه تجزیه واریانس (ANOVA) تخم‌های گذاشته شده توسط زنبورهای ماده *E. delhiensis* در تراکم‌های مختلف پوره‌های سن سوم *N. andropogonis* را نشان می‌دهد. آنالیز واریانس اختلاف معناداری را بین تعداد کل تخم‌های گذاشته شده توسط هر ماده در تراکم‌های مختلف میزبان نشان داد ($F=48.36$; $df=5, 59$; $P<0.0001$). بیشترین میانگین میزان تخم‌ریزی زنبور *E. delhiensis* (۱۰۱ عدد تخم) در تراکم ۱۰۰ پوره سن سوم *N. andropogonis* مشاهده شد (جدول ۴ و شکل ۳). مقایسه بیشترین میانگین تعداد تخم‌های گذاشته شده توسط این زنبور در بررسی باروری کل در دماهای مختلف (۸۲/۸ تخم در پوره سن سوم در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد) (Khadempour, Unpublished data) با میانگین تعداد تخم‌های گذاشته شده توسط

تراکم‌های مختلف پوره‌های سن سوم *N. andropogonis* نشان نداد (F= 0.87; df= 5, 179; P= 0.59). بیشترین میانگین طول عمر ۱۷/۴۱ روز در تراکم ۱۰۰ پوره سن سوم سفیدبالک نیشکر ثبت شد. در آزمایش‌های Zandi- *Sohani et al.* (2008) میانگین طول عمر زنبورهای ماده *E. mundus* روی سفیدبالک *B. tabaci* در تراکم-های ۵، ۱۰، ۲۰، ۴۰، ۶۰ و ۱۰۰ پوره روی برگ به ترتیب ۴/۶، ۴/۲، ۴/۴، ۳/۸، ۴ و ۴/۸ روز محاسبه شد که نتایج این پژوهش نسبت به یافته‌های زندی و همکاران بیشتر بود که دلیل این اختلاف، احتمالاً تفاوت در زنبور پارازیتوئید و سفیدبالک میزبان بوده است.

عدد پوره روی هر برگ؛ دامنه ۳۶ تا ۱۵۳ (عدد) روی برگ‌های کلم قرار گرفت، هر ماده، ۱۳۸±۱۵/۷ پوره سفیدبالک (۱۷ درصد از میزبان‌های موجود) را در طول زندگی خود پارازیته کرد که باز هم کمتر از مقدار به‌دست‌آمده در پژوهش Liu (2007) بود.

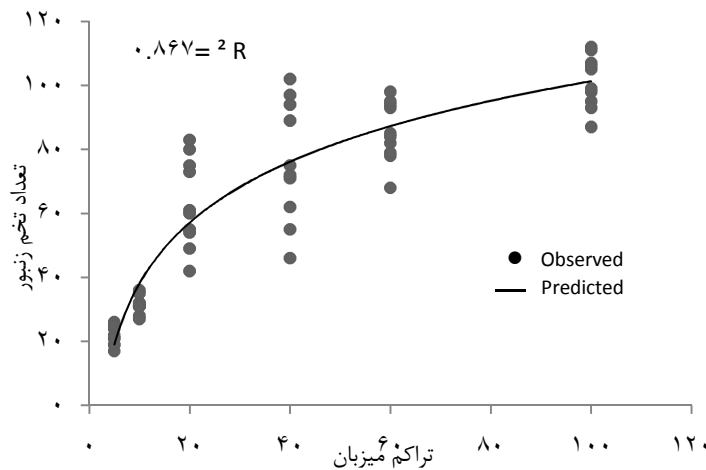
طول عمر زنبورهای ماده *E. delhiensis*

میانگین طول عمر زنبورهای ماده *E. delhiensis* در تراکم‌های مختلف پوره‌های سن سوم سفیدبالک نیشکر در جدول ۵ نشان داده شده است. آنالیز واریانس اختلاف معناداری را بین طول عمر ماده‌های بالغ روی

جدول ۴. میانگین تعداد و تجزیه واریانس (ANOVA) تخم‌های گذاشته‌شده توسط ماده بالغ *E. delhiensis* در تراکم‌های مختلف پوره‌های سن سوم *N. andropogonis*

تراکم	میانگین تخم گذاشته‌شده	دامنه	منبع تغییرات	درجه آزادی	مجموع مربعات	P
۵	۲۱/۱۴±۱/۰۰e	۱۷-۲۶	تراکم	۵	۴۹۰۸۶/۱۵	<۰/۰۰۰۱
۱۰	۳۱/۲۴±۰/۸۰d	۲۷-۳۶	خطا	۵۴	۶۴۷۳/۵۰	
۲۰	۶۳/۷۲±۴/۳۸c	۴۲-۸۳	کل	۵۹	۵۵۵۵۹/۶۵	
۴۰	۷۶/۳۸±۵/۹۵b	۴۶-۱۰۲				
۶۰	۸۵/۲۶±۲/۹۷b	۶۸-۹۸				
۱۰۰	۱۰۱/۳۹±۲/۵۹a	۸۷-۱۱۲				

در جدول بالا میانگین‌هایی که حروف یکسان دارند، در سطح ۵ درصد اختلاف معناداری ندارند.



شکل ۳. روند تغییرات میزان تخم‌گذاری *E. delhiensis* در تراکم‌های مختلف پوره سن سوم *N. andropogonis*

جدول ۵. میانگین (±SE) طول عمر زنبور پارازیتوئید *E. delhiensis* روی تراکم‌های مختلف پوره‌های سن سوم سفیدبالک نیشکر

پارامتر	۵	۱۰	۲۰	۴۰	۶۰	۱۰۰
میانگین طول عمر	۱۶/۷۱±۰/۳۹a	۱۷/۳۲±۰/۷۳a	۱۶/۵۲±۰/۶۶a	۱۶/۸۶±۰/۸۶a	۱۵/۳۹±۰/۱۸a	۱۷/۴۱±۰/۴۵a
دامنه (تعداد)	(۲۹)۱۵-۱۸	(۳۱)۱۵-۱۷	(۳۰)۱۴-۱۸	(۳۰)۱۵-۱۹	(۳۰)۱۴-۱۷	(۳۰)۱۶-۱۹

در جدول بالا میانگین‌هایی که حروف یکسان دارند، در سطح ۵ درصد اختلاف معناداری ندارند.

به همراه سایر دشمنان طبیعی و همچنین با مجموعه‌ای از گونه‌های میزبان مختلف روی یک برگ یا یک گیاه مواجه‌اند. بنابراین مجموعه عوامل مذکور در طبیعت بر واکنش تابعی و عددی عوامل کنترل بیولوژیک اثر می‌گذارد. نتایج تحقیق جاری نشان داد که زنبور پارازیتوئید *E. delhiensis* یک عامل کنترل بیولوژیک مهم و مؤثر سفیدبالک نیشکر است که باید مورد توجه جدی قرار گیرد. هنگامی که اطلاعات ما در زمینه واکنش تابعی و واکنش عددی با اطلاعات مربوط به میزان تولیدمثل این زنبور پارازیتوئید تکمیل شود، بهتر می‌توان در زمینه طراحی یک راهبرد مؤثر برای کنترل سفیدبالک نیشکر با استفاده از *E. delhiensis* اقدام کرد.

آزمایش‌های واکنش تابعی و عددی که در وضعیت آزمایشگاهی انجام می‌گیرند، ممکن است ارزش زیادی از نظر تعیین خصوصیات پارازیتیسیم دشمن طبیعی در وضعیت مزرعه‌ای نداشته نباشند. نتایج حاصل از واکنش تابعی سن پنتاتومید (*Podisus maculiventris* (Say) در وضعیت آزمایشگاهی و مزرعه‌ای با هم مقایسه شد و اختلاف زیادی به چشم خورد (O'Neil, 1989; Wiedenman & O'Neil, 1991 a, b, 1992). آنها استدلال کردند که در وضعیت مزرعه‌ای عواملی مانند نواحی جست‌وجوی وسیع، گیاهان میزبان مختلف و وضعیت آب‌وهوایی بر کارایی دشمنان طبیعی اثر می‌گذارند. به علاوه در وضعیت طبیعی، دشمنان طبیعی معمولاً کمتر به صورت منفرد دیده می‌شوند و اغلب

REFERENCES

1. Anonymous. (2009). *Iranian annual statistics*. Iranian Mangement and Programming Organization.
2. Askarianzadeh, A. (2011). Evaluation of quality of sugarcane whitefly, *Neomaskellia andropogonis* (Hom., Aleyrodidae) on sugarcane in Khuzestan provience. *Plant Protection (Scientific Journal of Agriculture)*, 34, 59-66.
3. Askarianzadeh, A. & Manzari, S. (2006). *Neomaskellia andropogonis* (Hemiptera: Aleyrodidae), a new genus and species in Iran. *Journal of Entomological Society of Iran*, 26(1), 13-14.
4. Hassell, M. P. (1978). The dynamic of arthropod predator-prey systems. monographs in population biology, 13 Princeton, NJ: Princeton University Press.
5. Hayat, M. 1998. Aphelinidae of India (Hymenoptera: Chalcidoidae): A taxonomic revision. *Associated publishers* Volume 13, 416 pp.
6. Holling, C. S. (1959). Some characteristics of simple types of predation and parasitism. *The Canadian Entomologist* 91, 385-398.
7. Inayatullah, C. (1984). Sugar-cane Aleurodids, *Aleurolobus barodensis* (Maskell) and *Neomaskellia andropogonis* Corbett (Hom: Aleyrodidae) and their natural enemies in Pakistan. *Insect Science and its Application*, 5(4), 279-282.
8. Jones, W. A. & Greenberg, S. M. & Lagaspi, J. B. C. (2003). Comporison between the functional response of *Eretmocerus mundus* and *Eretmocerus pergandiella*. 3rd *International Bemisia Workshop* P72.
9. Juliano, S. A. (2001). Non-linear curve fitting: predation and functional response curves. In: Scheiner, S. M., Gurevitch, J. (Eds.), *Design and Analysis of Ecological Experiments*. Chapman and Hall, New York, pp. 178-196.
10. Khadempour, A. (2014). Investigation on the biological characteristics of the parasitoid *Eretmocerus* sp. (Hymenoptera: Aphelinidae) parasitizing sugarcane whitefly, *Neomaskellia andropogonis* Corbett (Homoptera: Aleyrodidae). M. Sc. Dissertation, Shahid Chamran University, Department of Plant Protection. (In Farsi)
11. Kocheili, F. (2004). A study on bioecology of sweet potato whitefly, *Bemisia tabaci* (Genn.) (Homoptera: Aleyrodidae) and Efficacy of its Parasitoids, Ph. D. Dissertation, Shahid Chamran University, Department of Plant Protection. (In Farsi)
12. Liu, T. X. (2007). Life history of *Eretmocerus melanoscutus* (Hymenoptera: Aphelinidae) parasitizing nymphs of *Bemisia tabaci* Biotype B (Homoptera: Aleyrodidae). *Biological Control*, 42, 77-85.
13. Malekmohammadi, A., Shishebor, P. & Kocheili, F. (2012). Influence of constant temperatures on development, reproduction and life table parameters of *Encarsia inaron* (Hymenoptera: Aphelinidae) parasitizing *Neomaskellia andropogonis* (Hemiptera: Aleyrodidae). *Crop Protection*, 34, 1-5.
14. Martin, J. H. & Mound, L. A. (2007). An annotated check list of the world's whiteflies (Insecta: Hemiptera: Aleyrodidae). *Zootaxa*, 1492, 1-84.

15. Minaemoghadam, M., Shishehbor, P., Soleimannejadian, E. & Askarianzadeh, A. (2010). Seasonal population dynamics of sugarcane whitefly, *Neomaskellia andropogonis* Corbett (Hom.: Aleyrodidae) in south of Khuzestan. *Plant Protection (Scientific Journal of Agriculture)*, 32(2), 15-24.
16. Mound, L. A. & Halsey, S. H. (1978). Whitefly of the world, a systematic catalogue of the Aleyrodidae (Hom.) with host plant and natural enemy data. *Wiley*, New York, 340 pp.
17. O'Neil, R. J. (1989). Comparison of laboratory and field measurements of the functional response of *Podisus maculiventris* (Say) (Heteroptera: Pentatomidae). *Journal of the Kansas Entomological Society*, 62, 148-155.
18. Rogers, D. (1972). Random search and insect population models. *Journal of Animal Ecology*, 41, 369-383.
19. SAS Institute. (2003). The SAS system for Windows, Release 9.0. SAS Institute, Cary, NC.
20. Solomon, M. E. (1949). The natural control of animal population. *Journal of Animal Ecology*, 43, 239-253.
21. Wiedenman, R. N. & O'Neil, R.J. (1991a). Laboratory measurement of the functional response of *Podisus maculiventris* (Say) (Heteroptera: Pentatomidae), *Environmental Entomology*, 20, 610-614.
22. Wiedenman, R. N. & O'Neil, R.J. (1991b). Searching behavior and time budgets of the predator *Podisus maculiventris* (Heteroptera: Pentatomidae), *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 60, 83-93.
23. Wiedenman, R. N. & O'Neil, R.J. (1992). Searching strategy of the predator *Podisus maculiventris* (Heteroptera: Pentatomidae), *Environmental Entomology*, 21, 1-9.
24. Zandi-Sohani, N., Shishehbor, P., & Kocheili, F. (2008). Functional and numerical responses of *Eretmocerus mundus* Mercet (Hymenoptera: Aphelinidae) parasitizing cotton whitefly *Bemisia tabaci* Genndius (Homoptera: Aleyrodidae). *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 11, 1015-1020.