

ترجیح میزبانی و تأثیر دما بر واکنش تابعی زنبور *Aphidius matricariae* (Hym.: Aphidiidae) روی شته معمولی گندم

۱. فاطمه حاج رحمت‌اللهی؛ ۲. مریم راشکی*؛ ۳. اصغر شیروانی
و ۳. مربی و استادیار، گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان
۲. استادیار، گروه تنوع زیستی، پژوهشکده علوم محیطی، پژوهشگاه علوم و تکنولوژی پیشرفته و علوم محیطی،
دانشگاه تحصیلات تکمیلی صنعتی و فناوری پیشرفته، کرمان
(تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۲/۲۷ - تاریخ تصویب: ۱۳۹۴/۷/۲۲)

چکیده

در این پژوهش، ترجیح میزبانی زنبور پارازیتوئید *Aphidius matricariae* Haliday طی آزمون‌های انتخابی و غیرانتخابی روی مراحل مختلف رشدی شته و واکنش تابعی این پارازیتوئید روی شته معمولی گندم *Schizaphis graminum* Rondani با استفاده از گیاه گندم، رقم الوند، در شرایط آزمایشگاهی بررسی شد؛ این شرایط شامل سه دمای ۲۰، ۲۵ و ۳۰ درجه سلسیوس، رطوبت نسبی 70 ± 10 درصد و دوره نوری ۱۶:۸ (روشنایی: تاریکی) بود. بیشترین میانگین پارازیتسم در آزمون‌های انتخابی و غیرانتخابی روی پوره سن سوم شته و به ترتیب $5/1 \pm 0/43$ و $10/3 \pm 0/61$ پوره و کمترین آن روی پوره سن اول به دست آمد. نتایج رگرسیون لجستیک داده‌های واکنش تابعی نشان داد که واکنش تابعی زنبور نسبت به تراکم‌های مختلف شته در سه دمای ۲۰، ۲۵ و ۳۰ درجه سلسیوس، از نوع II است. برای تخمین پارامترهای قدرت جست‌وجو و زمان دستیابی از معادله راجرز استفاده شد. بیشترین مقدار جست‌وجو و کمترین زمان دستیابی در ۲۰ درجه سلسیوس، به دست آمد.

کلیدواژگان: پارازیتسم، پوره سن سوم، قدرت جست‌وجو، *Schizaphis graminum*.

مقدمه

گندم از قدیمی‌ترین گیاهان زراعی است که در نقاط مختلف دنیا به‌منظور تولید دانه برای تهیه نان، تغذیه حیوانات و مصارف صنعتی کشت می‌شود و از نظر سطح زیر کشت و تولید سالیانه، مقام اول را بین هشت غله اصلی به‌خود اختصاص داده است؛ همچنین، با تولید ۴۶۰ کیلوژول انرژی در هکتار رتبه سوم را دارد (Kelman and Querset 1999, Bhattarai and Hess 2001). یکی از عوامل مهم کاهش عملکرد گندم آفات هستند؛ از جمله شته‌ها که به راسته Hemiptera، زیرراسته Sternorrhyncha، بالاخانواده Aphidoidea و

خانواده Aphididae تعلق دارند (Triplehorn and Johnson 2005).

شته‌ها با تغذیه از شیره گیاهی و همچنین، تزریق بزاق سمی به ضعف گیاه و کاهش محصول منجر می‌شوند (Blackman and Eastop 2007). در برخی موارد نیز ترشح فراوان عسلک توسط شته‌ها به کاهش کیفی محصولات و همچنین، رشد قارچ‌های مولد دوده و در نتیجه خسارت منجر می‌شود (Jouraeva et al. 2006).

شته معمولی گندم با نام علمی *Schizaphis graminum* (Hem.: Aphididae) از روی بیش از هفتاد گونه از خانواده گندمیان گزارش شده است و به

کارایی دشمن طبیعی در کنترل بیولوژیک طعمه مهم باشد (Holling 1966).

در این تحقیق سعی شده است با بررسی واکنش تابعی زنبور پارازیتوئید *A. matricariae* در سه دما و در تراکم های مختلف شته و ترجیح میزبانی زنبور پارازیتوئید نسبت به سنین مختلف شته معمولی گندم، دما و مرحله رشدی مناسب در ارتقای میزان کارایی این زنبور بررسی شود.

مواد و روش ها

پرورش گیاه

آزمایش ها روی گیاه گندم، رقم الوند، انجام شد. بذره های گندم از اداره حفظ نباتات کرمان تهیه شدند. بیست تا بیست و پنج بذر گندم داخل گلدان های پلاستیکی به قطر ۱۵ و ارتفاع ۱۲ سانتی متر حاوی مخلوطی از خاک، کود حیوانی و ماسه به نسبت ۱:۲:۱ کاشته شدند. گیاهان در گلخانه با شرایط 25 ± 1 درجه سلسیوس، رطوبت نسبی 60 ± 10 درصد و دوره نوری ۱۶:۸ (تاریکی:روشنایی) پرورش یافتند.

تهیه نوار برگی

در تهیه نوار برگی به عنوان واحد آزمایشگاهی، از ظروف پتری به قطر ۵۸ میلی متر استفاده شد. به منظور تهیه، در پتری دیش ها به قطر ۳ سانتی متر سوراخ و با توری مناسب پوشانده شد. سپس، ۱۰ میلی لیتر آب - آگار ۲ درصد داخل هر پتری دیش ریخته شد و نوارهای برگی گندم ۴۰ روزه که با محلول آب مقطر و الکل ۷۵ درصد ضد عفونی شده بودند، روی آن قرار گرفت.

پرورش شته معمولی گندم

شته معمولی گندم در اواسط اردیبهشت ماه از روی علف های هرز گرامینه در کرمان جمع آوری و به آزمایشگاه منتقل شدند. پس از تهیه اسلاید و شناسایی، برای حذف شته های پارازیت شده، به مدت دو هفته درون ظروف پتری حاوی نوارهای برگی گندم روی آب - آگار ۲ درصد، نگهداری شدند. ظروف پتری پس از حصول اطمینان از پارازیت نبودن، شته ها روی گیاهان گندم، رقم الوند، در اتاقک رشد با دمای 25 ± 1 درجه

بیشتر گیاهان این خانواده از جمله یولاف، جو، برنج، چمن، سورگوم، گندم و ذرت حمله می کند (Michaels 1986). شته مذکور ناقل بیماری های ویروسی موزاییک گندم، جو و نیشکر و بیماری های ویروسی برنج است (Fenemore and Norton 1985).

کنترل بیولوژیک به عنوان یکی از اجزای مهم مدیریت آفات مطرح است و عوامل کنترل بیولوژیک آفات شامل میکروارگانیسم ها، پارازیتوئیدها و شکارگرها برای کنترل و کاهش جمعیت و خسارت آفات استفاده می شوند (Sinclair et al. 2006). گونه های متعددی از دشمنان طبیعی در کاهش جمعیت شته ها نقش دارند که از رایج ترین آن ها می توان به حشرات پارازیتوئید اشاره کرد (van Driesche and Bellows 1996). از میان زنبورهای پارازیتوئید، زنبورهای زیرخانواده Aphidiinae اهمیت زیادی دارند (Hughes 1989). این پارازیتوئیدهای داخلی به خانواده Aphidiidae تعلق دارند و به علت باروری بالا برای کنترل شته ها مناسب هستند (Jacobson and Croft 1998) و در کنترل بیولوژیک آفات اهمیت زیادی دارند (Mackauer and Stary 1967).

زیرخانواده Aphidiinae بیش از چهارصد گونه دارد و به شصت جنس و زیرجنس در سراسر جهان تعلق دارد که از این تعداد، چهل و نه گونه در ایران وجود دارد و زنبور پارازیتوئید، *Aphidius matricariae* از گونه های مهم آن است و از شته های متعددی به عنوان میزبان آن جمع آوری شده است (Mescheloff and Rosen 1988, Stary 1988).

درباره دشمنان طبیعی، کاوشگری به معنی مکان یابی و انتخاب طعمه یا میزبان است که دامنه رفتار کاوشگری حشرات از استراتژی نشستن و انتظار که در آن انرژی کمی نیاز است تا جست و جوی فعال که با صرف انرژی زیاد همراه است، متغیر است (Baverstock 2004).

توانایی یک عامل کنترل بیولوژیک در مکان یابی و حفظ جمعیت میزبان در تراکم های پایین، هدف اصلی کنترل بیولوژیک است؛ بنابراین، مطالعه رفتار پارازیتوئید در مواجهه با تراکم های مختلف میزبان اهمیت بسیار زیادی دارد (Sallam et al. 1999). واکنش تابعی، یک رفتار کاوشگری کوتاه مدت است که به صورت رابطه بین تعداد طعمه مصرف شده به ازای هر دشمن طبیعی و تراکم تعریف شده است، این پدیده می تواند در ارزیابی

جمع‌آوری و شمارش شدند. آزمایش در شرایط آزمایشگاهی دمای 25 ± 1 درجه سلسیوس، رطوبت نسبی 65 ± 5 درصد و دوره نوری ۱۶:۸ (روشنایی: تاریکی) و در ده تکرار اجرا شد.

برای انجام آزمون غیرانتخابی مرحله میزبانی (No-choice test)، از هر مرحله سنی به‌طور جداگانه، ۴۰ عدد شته معمولی گندم استفاده شد. مراحل آزمایش طبق روش فوق و در بیست تکرار انجام شد.

بررسی اثر سه دما بر واکنش تابعی زنبور پارازیتوئید

A. matricariae

در این آزمایش که به‌منظور تعیین نوع واکنش تابعی زنبور پارازیتوئید و پارامترهای آن تحت تأثیر سه دمای ۲۰، ۲۵، ۳۰ درجه سلسیوس طراحی شده بود، از واحدهای آزمایشگاهی نوارهای برگ گندم روی آب - آگار ۲ درصد درون ظروف پتری به قطر ۹۰ میلی‌متر استفاده شد. پوره‌های سن سوم شته معمولی گندم در تراکم‌های مختلف ۲، ۴، ۸، ۱۶ و ۳۲ و ۶۴ روی هر دیسک برگ قرار گرفتند. برای تراکم‌های ۲، ۴ و ۸ بیست تکرار، تراکم ۱۶، پانزده تکرار و تراکم ۳۲ و ۶۴، ده تکرار آزمایش شد. درون هر ظرف پتری یک زنبور ماده جفت‌گیری کرده یک‌روزه گذاشته شد. پس از بیست‌وچهار ساعت، زنبورها حذف و ظروف پتری در دمای 25 ± 1 درجه سلسیوس، رطوبت نسبی 70 ± 10 درصد و دوره نوری ۱۶:۸ (تاریکی: روشنایی) تا زمان تشکیل مومیایی‌ها نگهداری و شته‌های مومیایی‌شده شمارش شدند.

تجزیه آماری داده‌ها

واکنش تابعی زنبور پارازیتوئید *A. matricariae* با استفاده از روش جولیانو بررسی شد (Juliano 2001). تجزیه داده‌های واکنش تابعی در دو مرحله با استفاده از نرم‌افزار SAS انجام شد. ابتدا، برای تعیین نوع واکنش تابعی، رگرسیون لجستیک نسبت تعداد میزبان‌های پارازیت‌شده (N_a) به تعداد میزبان‌های در معرض قرار داده شده (N_0) تعیین شد.

در واکنش‌های تابعی نوع II با افزایش تراکم میزبان، نسبت تعداد میزبان‌های پارازیت‌شده به تعداد

سلسیوس، رطوبت نسبی 70 ± 10 درصد و دوره نوری ۱۶:۸ (تاریکی: روشنایی) مستقر شدند. به‌منظور همسن‌سازی، به تعدادی شته کامل به‌مدت دوازده ساعت اجازه پوره‌زایی داده شد، سپس، ماده‌های کامل حذف شدند و با توجه به آزمایش مربوطه پوره‌های سنین مشخص استفاده شدند.

پرورش زنبور پارازیتوئید *A. matricariae*

تعدادی از شته‌های مومیایی‌شده شته سبز هلو موجود روی درخت هلو در کرمان جمع‌آوری و به آزمایشگاه منتقل شدند. زنبورهای کامل خارج‌شده از شته‌های مومیایی‌شده، پس از شناسایی داخل قفسی از جنس پلکسی‌گلس به ابعاد $50 \times 50 \times 60$ سانتی‌متر روی شته معمولی گندم مستقر روی گیاه گندم، رقم الوند، در اتاقک رشد با شرایط دمایی 25 ± 1 درجه سلسیوس، رطوبت نسبی 70 ± 10 درصد و دوره نوری ۱۶:۸ (تاریکی: روشنایی) پرورش یافتند. افراد کامل پارازیتوئید با محلول آب‌عسل ۶۰ درصد تغذیه شدند. در تمامی آزمایش‌ها از زنبورهای ماده جفت‌گیری کرده یک‌روزه استفاده شد، به این صورت که برای همسن‌سازی زنبورها گروهی از پوره‌های سن سوم به‌مدت هشت ساعت در معرض افراد ماده جفت‌گیری کرده زنبور پارازیتوئید قرار گرفتند. بعد از گذشت یک هفته، شته‌های مومیایی‌شده تفکیک شدند و در شرایط ذکرشده قرار گرفتند. بعد از ظهور پارازیتوئیدهای کامل، یک زنبور نر و یک زنبور ماده به‌مدت بیست‌وچهار ساعت برای جفت‌گیری در یک اپندورف نگهداری شدند.

بررسی ترجیح مرحله میزبانی زنبور پارازیتوئید

A. matricariae

در روش ترجیح مرحله میزبانی، در آزمون انتخابی (Choice test) که زنبور پارازیتوئید حق انتخاب مرحله میزبانی را دارد، از سنین اول، دوم، سوم، چهارم و حشره کامل یک‌روزه شته معمولی گندم و از هر مرحله سنی ۱۰ عدد شته استفاده شد. شته‌ها در معرض زنبور پارازیتوئید ماده یک‌روزه در جعبه‌هایی به ابعاد $15 \times 10 \times 6$ سانتی‌متر قرار گرفتند. پارازیتوئیدها بعد از بیست‌وچهار ساعت حذف، سپس، شته‌های مومیایی‌شده

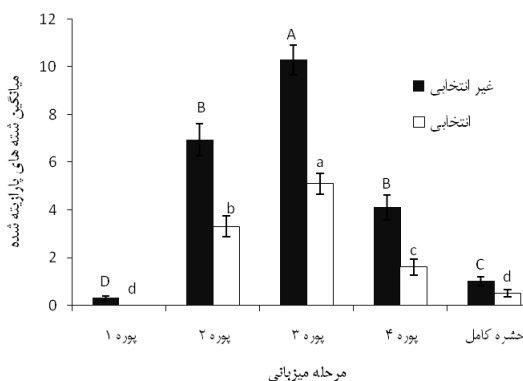
در دو جمعیت باید ثابت شود که D_a و D_{Th} با صفر تفاوت معنی دار دارند. اگر D_a و D_{Th} با صفر تفاوت معنی داری نداشته باشند، نتیجه این خواهد بود که زمان های دستیابی (T_h+D_{Th}) و قدرت جست و جو $(a+D_a)$ در دو جمعیت تفاوت معنی داری با هم نخواهند داشت و برعکس (Juliano 2001).

به منظور تعیین اختلاف معنی دار داده های ترجیح مرحله میزبانی، از ANOVA یکطرفه استفاده شد و در صورت مشاهده اختلاف معنی دار، میانگین ها با آزمون توکی مقایسه آماری شد (SAS Institute 1997).

نتایج و بحث

ترجیح مرحله میزبانی

نمودار ۱ میانگین پارازیتیسیم را در دو آزمون انتخابی (Choice test) و غیرانتخابی (No-choice test) نشان می دهد. زنبور پارازیتوئید *A. matricariae* پوره های سن سوم شته معمولی گندم را به دیگر سنین پورگی و حشره کامل ترجیح داد و بیشترین میانگین پارازیتیسیم در دو آزمون انتخابی و غیرانتخابی به ترتیب $5/1 \pm 0/43$ و $(P < 0/01)$ $10/3 \pm 0/61$ و $(F_{3,39} = 30/43)$ و $(P < 0/01)$ $F_{4,94} = 46/94$ پوره سن سوم بود. کمترین میانگین پارازیتیسیم در آزمون غیرانتخابی روی پوره سن اول شته مذکور محاسبه شد. در آزمون انتخابی، زنبور پارازیتوئید هیچ کدام از پوره های سن اول را پارازیته نکرد.



نمودار ۱. ترجیح مرحله میزبانی شته معمولی گندم، *Schizaphis graminum* توسط زنبور پارازیتوئید *Aphidius matricariae* در آزمون انتخابی (حروف کوچک) و آزمون غیرانتخابی (حروف بزرگ)، میانگین های با حروف متفاوت، تفاوت معنی دار دارند (آزمون توکی $P < 0/05$).

میزبان های در معرض قرار داده شده (N_e/N_0) کاهش می یابد (وابسته به تراکم معکوس)، بنابراین، شیب قسمت خطی این منحنی منفی است. در واکنش تابعی نوع III ابتدا متناسب با افزایش انبوهی میزبان، نسبت تعداد میزبان های پارازیته شده به تعداد میزبان های در معرض قرار داده شده (N_e/N_0) افزوده می شود (وابسته به تراکم) و سپس، از میزان آن کاسته می شود، به همین دلیل شیب قسمت خطی منحنی مثبت است. بنابراین، علامت مثبت یا منفی شیب قسمت خطی منحنی N_e/N_0 بیانگر نوع واکنش تابعی است (Juliano 2001). پس از تعیین نوع واکنش با تجزیه رگرسیون غیرخطی و سپس، تخمین آن، پارامترهای نرخ جست و جو (a) و زمان دستیابی (T_h) برآورد شدند (SAS Institute 1997). در برآورد پارامترهای ذکر شده برای واکنش تابعی نوع II از معادله Rogers (1972) به شرح زیر استفاده شد:

$$N_a = N_0 \cdot \left\{ 1 - \exp\left(-\frac{aT}{1+aTh N_0}\right) \right\}$$

که در آن:

N_a : تعداد میزبان های پارازیت شده

N_0 : تراکم اولیه میزبان

exp: پایه لگاریتم طبیعی و برابر ۲/۸۱۷

T: کل زمان آزمایش

T_h : زمان دستیابی

a: نرخ جست و جوگری پارازیتوئید

برای مقایسه پارامترهای واکنش تابعی در دماهای مختلف از معادله زیر استفاده شد (Juliano 2001):

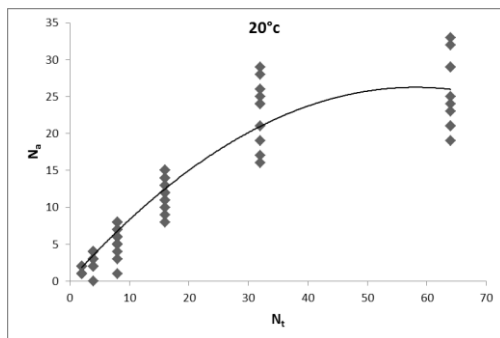
$$N_a = N_0 \cdot \left\{ 1 - \exp\left(-\frac{[a+Da(j)]T N_0}{1+[a+Da(j)][Th+DTh(j)]N_0}\right) \right\}$$

پارامتر j متغیری است که برای جمعیت اول عدد صفر و برای جمعیت دوم عدد یک را در نظر می گیرد. پارامترهای D_a و D_{Th} به ترتیب تفاوت معنی دار در مقادیر a و T_h بین دو جمعیت را مشخص می کند. به منظور مقایسه T_h و a در دو جمعیت، زمان دستیابی و قدرت جست و جو در جمعیت اول به ترتیب T_h و a و زمان دستیابی و قدرت جست و جو در جمعیت دوم به ترتیب T_h+D_{Th} و $a+D_a$ در نظر گرفته می شود. برای تشخیص تفاوت معنی دار بین زمان دستیابی یا قدرت جست و جو

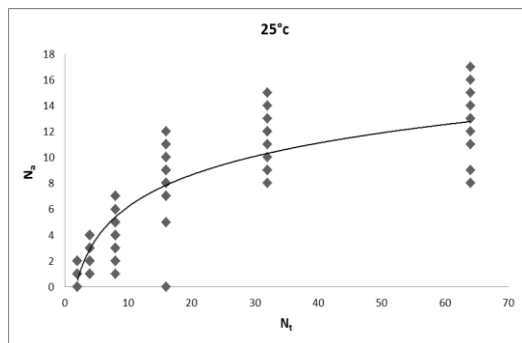
پارازیت‌شده به تعداد میزبان‌های اولیه به تدریج کاهش یافت و منحنی حاصله در نهایت، به صورت مجانب درآمد.

جدول ۱. برآورد پارامترهای رگرسیون لجستیک واکنش تابعی زنبور *A. matricariae* روی شته معمولی گندم در سه دمای مختلف

دما (°C)	پارامتر	برآورد	SE	P-value
۲۰	عرض از مبدأ	۱/۲۰۲	۰/۳۱۳	۰/۰۰۰۱
	بخش خطی	-۰/۰۲۷	۰/۰۴۹	۰/۵۷۹
	درجه دوم	۰/۰۰۱	۰/۰۰۲	۰/۵۴۰
	درجه سوم	-۰/۰۰۰۰۲	۰/۰۰۰۰۱۹	۰/۳۵۵
۲۵	عرض از مبدأ	۰/۶۲۷	۰/۲۷۷	۰/۲۳۷
	بخش خطی	-۰/۰۴۴	۰/۰۴۴	۰/۳۱۹
	درجه دوم	۰/۰۰۰۱۸۱	۰/۰۰۱۷۲	۰/۹۱۶
	درجه سوم	۲/۳۵۴	۰/۰۰۰۰۱۷	۰/۹۹۰
۳۰	عرض از مبدأ	۰/۲۰۷	۰/۱۵۷	۰/۳۵۴
	بخش خطی	-۰/۰۲۰۵	۰/۰۲۵	۰/۱۴۸
	درجه دوم	۰/۰۰۰۹۲	۰/۰۰۱۴۱	۰/۹۸۴
	درجه سوم	۴/۵۳۴	۰/۰۰۰۰۱۴	۰/۹۹۸



نمودار ۲. واکنش تابعی نوع II زنبور *A. matricariae* نسبت به تراکم‌های مختلف شته معمولی گندم در دمای ۲۰ درجه سلسیوس (خط و نقاط به ترتیب مقادیر برآورد شده و مشاهده شده تعداد شته خورده شده هستند).



نمودار ۳. واکنش تابعی نوع II زنبور *A. matricariae* نسبت به تراکم‌های مختلف شته معمولی گندم در دمای ۲۵ درجه سلسیوس (خط و نقاط به ترتیب مقادیر برآورد شده و مشاهده شده تعداد شته خورده شده هستند).

مشابه با این تحقیق، بیشترین نرخ ترجیح *A. matricariae* در هر دو آزمون انتخابی و غیرانتخابی روی شته سیاه باقلا در سن سوم پورگی این شته محاسبه شد و پوره‌های سن اول در هر دو آزمون پارازیت‌شده نشدند (Tahriri et al. 2007). در حالی که، شاهرخی و همکارانش، بیشترین درصد پارازیت‌سیسم *A. matricariae* را روی سن دوم پورگی شته معمولی گندم به دست آوردند (Shahrokhi et al. 2004). در روش انتخابی پوره‌های سن دوم شته *Acyrtosiphon pisum* (Hem.: Aphididae) بیشترین میانگین پارازیت‌شدن توسط زنبور *Praon volucre* (Hym.: Braconidae) را داشتند و حشرات کامل در این روش پارازیت‌شده نشدند و در روش غیرانتخابی، پوره‌های سن سوم و حشرات کامل به ترتیب دارای بیشترین و کمترین میانگین پارازیت‌سیسم بودند (Pasandideh et al. 2013). نتایج نشان داد که شته‌های سن اول به دلیل کوچک بودن و در نتیجه پایین بودن کیفیت، برای تخم‌ریزی زنبور پارازیت‌یوید مطلوب نیستند و از طرف دیگر، قدرت دفاعی حشرات کامل هم می‌تواند یکی از عوامل کاهش میزان پارازیت‌سیسم توسط زنبور پارازیت‌یوید محسوب شود. همچنین، استفاده از جمعیت پوره‌های سن سوم شته معمولی گندم در راستای پرورش انبوه و تجاری‌سازی زنبور پارازیت‌یوید *A. matricariae* می‌تواند بسیار مؤثر باشد.

بررسی اثر دما بر واکنش تابعی زنبور پارازیت‌یوید *A. matricariae*

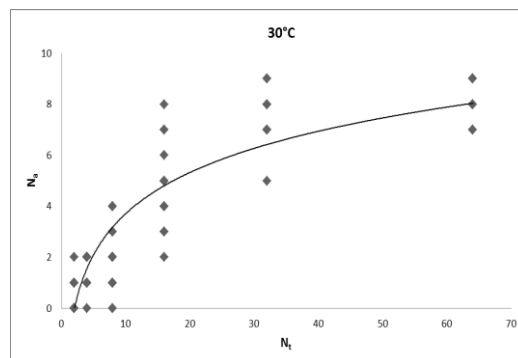
تجزیه داده‌ها نشان داد که واکنش تابعی زنبور پارازیت‌یوید *A. matricariae* نسبت به تراکم‌های مختلف شته معمولی گندم *Sch. graminum* در سه دمای ۲۰، ۲۵ و ۳۰ درجه سلسیوس، از نوع II است. چرا که شیب قسمت خطی منحنی نسبت تعداد شته‌های پارازیت‌شده به تعداد شته‌های در معرض قرار داده شده (N_t/N_i) منفی بود (جدول ۱)، یعنی پارازیت‌یوید نسبت به تراکم‌های مختلف میزبان خود به صورت وابسته برعکس تراکم عمل کرده است.

منحنی‌های واکنش تابعی نوع II زنبور *A. matricariae* نسبت به تراکم‌های مختلف شته معمولی گندم *Sch. graminum* در سه دمای ۲۰، ۲۵ و ۳۰ درجه سلسیوس در نمودارهای ۲-۴ نشان داده شده است. در این وضعیت با افزایش تراکم میزبان نسبت تعداد میزبان‌های

سنی مرجح) شته معمولی گندم در پنج دمای ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵ و ۲۷/۵ درجه سلسیوس، نوع دوم به دست آوردند که مشابه نتایج این تحقیق درباره زنبور پارازیتوئید *A. matricariae* بود.

پس از تعیین نوع واکنش تابعی، مقادیر قدرت جست و جو (a) و زمان دستیابی (T_h) واکنش تابعی نوع II زنبور *A. matricariae* در تراکم های مختلف شته معمولی گندم در سه دما محاسبه شد. پارامترهای قدرت جست و جو و زمان دستیابی زنبور *A. matricariae* در دماهای ۲۰، ۲۵ و ۳۰ درجه سلسیوس در جدول های ۴ تا ۶ آورده شده است.

قدرت جست و جو و زمان دستیابی زنبور *A. matricariae* در دماهای ۲۰، ۲۵ و ۳۰ درجه سلسیوس به ترتیب 0.115 ± 0.015 ، 0.071 ± 0.007 و 0.021 ± 0.002 بر ساعت و 1.011 ± 0.492 ، 0.71 ± 0.46 و 1.154 ± 0.976 ساعت به دست آمد که تفاوت معنی دار میان آن ها مشاهده شد (جدول ۲). بیشترین مقدار قدرت جست و جو مربوط به دمای ۲۰ درجه سلسیوس و کمترین مقدار آن مربوط به دمای ۳۰ درجه سلسیوس بود و به طور معکوس کمترین زمان دستیابی مربوط به دمای ۲۰ درجه سلسیوس و بیشترین آن مربوط به دمای ۳۰ درجه سلسیوس به دست آمد. هرچه قدرت جست و جو بیشتر و زمان دستیابی کوتاه تر باشد پارازیتوئید کارایی بیشتری خواهد داشت، بنابراین، در این تحقیق مشخص شد که زنبور *A. matricariae* در دمای ۲۰ درجه سلسیوس دارای کارایی بیشتری بوده است.



نمودار ۴. واکنش تابعی نوع II زنبور *A. matricariae* نسبت به تراکم های مختلف شته معمولی گندم در دمای ۳۰ درجه سلسیوس (خط و نقاط به ترتیب مقادیر بر آورده شده و مشاهده شده تعداد شته خورده شده هستند).

واکنش تابعی پارازیتوئیدهای شته ها به طور عمده از نوع II گزارش شده اند، به طور مثال می توان به واکنش پارازیتوئیدهای *A. matricariae* و *Aphidius colemani* (Hym.: Aphidiidae) به تغییرات تراکم شته جالیز (Zamani et al. 2006) *Aphis gossypii* (Aphididae) و واکنش زنبور *A. matricariae* به تغییرات تراکم شته سیاه باقلا *Aphis fabae* (Hem.: Aphidae) (Tahriri et al. 2007) اشاره کرد. (Amini jam et al. 2012)، واکنش تابعی زنبور *A. matricariae* نسبت به تراکم های مختلف شته جالیز *A. gossypii* در شاهد و تیمارهای دو حشره کش ایمیداکلوپرید و پیریمیکارب در دمای 25 ± 1 درجه سلسیوس را از نوع II به دست آوردند. (Kazemi et al. 2012)، واکنش تابعی زنبور *D. rapae* را در تراکم های مختلف پوره سن دوم (مرحله

جدول ۲. تخمین پارامترهای قدرت جست و جو، زمان دستیابی و بیشینه نرخ حمله زنبور *A. matricariae* روی شته معمولی گندم در سه دمای مختلف

دما (°C)	قدرت جست و جو (a) (h^{-1})	زمان دستیابی (T_h) (h)	بیشینه نرخ حمله (IT_h)	R^2 (%)
۲۰	$0.105 \pm 0.015a$	$0.710 \pm 0.46c$	۳۳/۸۰	۹۶
۲۵	$0.053 \pm 0.007b$	$1.492 \pm 0.101b$	۱۶/۰۸	۹۳
۳۰	$0.021 \pm 0.002c$	$1.976 \pm 0.154a$	۱۲/۱۵	۹۳

میانگین های دارای حروف متفاوت در هر ستون تفاوت معنی داری دارند ($P < 0.05$).

A. matricariae در تیمارهای شاهد، ایمیداکلوپرید و پیریمیکارب را به ترتیب، 0.0645 ، 0.0373 و 0.0452 بر ساعت و 0.8873 ، 0.4607 و 0.6292 ساعت به دست

(Amini jam et al. 2012)، مقادیر جست و جو (نسبت میزبان های پارازیت شده به تعداد میزبان های موجود در واحد زمان جست و جو) و زمان دستیابی زنبور

A. matricariae روی شته مذکور ۲۰ درجه سلسیوس به‌دست آمد.

سپاسگزاری

این تحقیق با حمایت مالی دانشگاه تحصیلات تکمیلی صنعتی و فناوری پیشرفته کرمان و با شماره قرارداد ۱/۴۲۹۴ انجام شد. از همه افرادی که ما را در اجرای این تحقیق یاری کردند، تشکر و قدردانی می‌گردد.

آوردند، که قدرت جست‌وجو و زمان دستیابی در مقایسه با تحقیق حاضر کمتر بود. (Kazemi et al. (2012). قدرت جست‌وجوی (a) زنبور *D. rapae* را روی شته معمولی گندم *Sch. graminum* در ۵ دمای ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵ و ۲۷/۵ درجه سلسیوس برآورد کردند و نتایج نشان داد که در محدوده دمایی ۲۰-۲۵ درجه سلسیوس، زنبور مذکور کارایی بیشتری دارد. در حالی که، در این آزمایش، دمای مطلوب برای کارایی زنبور

REFERENCES

- Amini jam N, Kochyli F, Mossadegh MS, Rasekh A, Saber M** (2012) Effect of imidacloprid and primicarb on functional response of *Aphidius matricariae* Haliday (Hym.: Aphidiidae) under Laboratory conditions. *Plant Pest Research* 2(3): 51-61. (in Persian)
- Baverstock J** (2004) Interaction between aphids, their insect and fungal natural enemies and the host plant. Ph.D., Thesis University of Nottingham, Leicestrshire, United Kingdom.
- Bhattarai T, Hess D** (2001) Yield responses of Nepalese spring wheat (*Triticum aestivum*) cultivars to inoculation with *Azospirillum* spp. of Nepalese origin. *Plant and Soil* 151: 67-76.
- Blackman RL, Eastop VF** (2007) *Taxonomic issues*, In: van Emden HF, Harrington R (eds), *Aphids as crop pests*. CAB International, Trowbridge, United Kingdom. pp. 1-30.
- van Driesche RG, Bellows TS** (1996) *Biological control*. Chapman and Hall, New York.
- Fenemore PG, Norton GA** (1985) Problems of implementing improvements in pest control: a case study of apples in the UK. *Crop Protection* 4(1): 51-70.
- Holling CS** (1966) The functional response of invertebrate predators to prey density. *Memoirs of the Entomological Society of Canada* 48: 1-86.
- Hughes RD** (1989) Biological control in the open field, In: Minks AK and Harrewijn P (eds), *Aphids, their biology, natural enemies and control*. Vol. C, Elsevier, the Netherlands. pp. 167-198.
- Jacobson RJ, Croft P** (1998) Strategies for the control of *Aphis gossypii* in protected cucumbers. *Biocontrol Science and Technology* 8: 377-378.
- Jouraeva VA, Johnson DL, Hassett JP, Nowak D, Shipunova NA, Barbarossa D** (2006) Role of sooty mold fungi in accumulation of fine-particle-associated PAHs and metals on deciduous leaves. *Environmental Research* 12: 272-282.
- Juliano SA** (2001) Non-linear curve fitting: Predation and functional response curves. Scheiner, SM, Gurevitch J (eds), *Design and analysis of ecological experiments*. 2nd Edition, Chapman and Hall, New York. pp. 159-182.
- Kazemi M, Farhad A, Talebi AA** (2012) Temperature dependent Functional response of *Diaeretiella rapae* (Hym.: Braconidae) on *Schizaphis graminum* (Hem.: Aphididae) in a laboratory conditions. In: the 20th Iranian plant protection congress, 26-29 Aug., Shiraz University, Shiraz, Iran. 16. (in Persian)
- Kelman WM, Qualset CO** (1999) Breeding for salinity stressed environments: recombinant inbred wheat line under saline irrigation. *Crop Science* 31: 1223-1228.
- Mackauer M, Stary P** (1967) Hymenoptera. Ichneumonoidea. World Aphidiidae, In: Delucchi V, Remaudiere G (eds), *Index of entomophagous insects*. Le Francois, France. Pp. 1-195.
- Mescheloff E, Rosen D** (1988) Biosystematic studies on the Aphidiidae of Israel (Hymenoptera: Ichneumonoidea). The genera *Ephedrus* and *Praon*. *Israel Journal of Entomology* 22: 75-100.
- Michaels GJ** (1986) Gramineous North American hosts of the greenbug with notes on biotypes. *Southwestern Entomology* 11: 55-66.
- Pasandideh A, Talebi AA, Hajighanbar HR** (2013) Host stage preference of the pea aphid, *Acyrtosiphon pisum* (Hem.: Aphididae) by *Praon volucre* (Hym.: Braconidae). In: the conference of biological control in agriculture and natural resources, 27-28 Aug., University of Tehran, Tehran, Iran. 5. (in Persian)
- Sallam NM, Overholt WA, Kairue E** (1999) Comparative evaluation of *Cotesia flavipes* and *C. sesamiae* (Hymenoptera: Braconidae) for the management of *Chilo partellus* (Lepidoptera: Pyralidae) in Kenya. *Bulletin of Entomological Research* 89: 185-191.
- SAS Institute** (1997) PROC user's manual, version 6.12 SAS Institute, Cary, NC.
- Shahrokhi khanghah S, Shojaee M, Rezvani A, Abdollahi GhA** (2004) Characterizes biology and life table parameters wasp parasitoid *Aphidius matricariae* Haliday (Hym.: Aphidiidae) in compare with hosts aphid *Schizaphis graminum* Rondani (Hem.: Aphididae). In: the 16th Iranian plant protection congress, 28 Aug.-1 Sep., University of Tabriz, Tabriz, Iran. 37. (in Persian)

- Sinclair ARE, Fryxell JM, Caughley G** (2006) Wildlife ecology, conservation and management. Wiley-Blackwell, United Kingdom.
- Stary P** (1988) Natural enemies. *In*: Minks AK and Harrewijn P (eds), Aphids, their biology, natural enemies and control. Vol. B, Elsevier, the Netherlands. pp. 171-184.
- Tahriri S, Talebi A, Talebi AA, Fathipour Y, Zamani AA** (2007) Host stage preference, functional response and mutual interference of *Aphidius matricariae* (Hym.: Braconidae: Aphidiinae) on *Aphis fabae* (Hom.: Aphididae). Entomological Science 10: 323-333.
- Triplehorn CA, Johnson NF** (2005) Borror and DeLong's Introduction to the Study of Insects. 7th ed. Thomson, New York, 864pp.
- Zamani AA, Talebi AA, Fathipour Y, Baniameri V** (2006) Temperature-dependent functional response of two aphid parasitoids, *Aphidius matricariae*, *Aphidius colemani* (Hymenoptera: Braconidae) on the cotton aphid. Journal of Pest Science 79: 183-188.