

تأثیر دما بر ویژگی‌های زیستی و پارامترهای رشد جمعیت زنبور *Diaeretiella rapae*، پارازیتوئید شته روسی گندم، *Diuraphis noxia*

زهرا تازرونی^۱، علی اصغر طالبی^{۲*} و احسان رخشانی^۳
۱ و ۲، دانشجوی دکتری و دانشیار گروه حشره شناسی، دانشگاه تربیت مدرس، ۳، استادیار، گروه گیاهپزشکی،
دانشگاه زابل
(تاریخ دریافت: ۹۰/۱۰/۱۵ - تاریخ تصویب: ۹۱/۳/۳۰)

چکیده

ویژگی‌های زیستی و پارامترهای رشد جمعیت زنبور پارازیتوئید *Diaeretiella rapae* (Hym.: Braconidae) روی شته روسی گندم، *Diuraphis noxia* (Hem.: Aphididae) در ۵ دمای ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵ و ۲۷/۵ درجه سلسیوس، رطوبت نسبی $5 \pm 60\%$ و دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی بررسی شد. کمترین و بیشترین طول دوره رشد و نمو پیش از بلوغ زنبور *D. rapae* به ترتیب در دمای ۲۵ ($11/23 \pm 0/144$ روز) و ۱۰ درجه سلسیوس ($33/297 \pm 0/183$ روز) مشاهده شد. بیشترین میزان نرخ ذاتی و متناهی افزایش جمعیت به ترتیب $0/189 \pm 0/003$ بر روز و $1/208 \pm 0/003$ روز و در دمای ۲۰ درجه سلسیوس تعیین شد. آستانه پایین رشد و نمو با استفاده از مدل رگرسیون خطی و روش Ikemoto-Takai به ترتیب ۲/۹۷۵ و ۲/۴۴ درجه سلسیوس و ثابت حرارتی به ترتیب ۲۵۰ و ۲۶۰/۱ روز-درجه بود. از بین مدل‌های غیر خطی مورد استفاده، مدل 2 Briere از نظر دقت برازش داده‌های تجربی (با توجه به مقادیر R^2_{adj} ، SSE و AIC) و تخمین پارامترهای زیستی، مناسب‌ترین مدل برای شبیه سازی رشد و نمو زنبور *D. rapae* در دماهای مختلف تعیین شد. زنبورهای بالغ (نر و ماده) در دمای ۱۰ درجه سلسیوس بیشترین طول عمر را داشتند. بیشترین میانگین در تولید مومیایی در طول عمر زنبور در دمای ۱۰ درجه سلسیوس و برابر $57/10 \pm 1/70$ بود. با افزایش دما از ۱۰ تا ۲۷/۵ درجه سلسیوس نسبت ماده‌زایی کاهش داشت. نتایج نشان داد، دمای بهینه برای رشد جمعیت زنبور پارازیتوئید *D. rapae* دمای ۲۰ درجه سلسیوس است.

واژه‌های کلیدی: کنترل بیولوژیک، دما، گندم.

مقدمه

محصول به میزان ۸۰ و ۱۰۰ درصد می‌شود (Hughes & Maywald, 1990). شته روسی گندم یکی از ده گونه شته‌ای است که از مزارع گندم و جو ایران گزارش شده و دارای پتانسیل بالای خسارتزایی است (Rezvanii, 2001). تغذیه این آفت از سطح رویی برگ باعث ایجاد

شته روسی گندم، *Diuraphis noxia* (Mordvilko) (Hemiptera: Aphididae) یکی از آفات مهم غلات دانه ریز به ویژه گندم و جو است. این شته در صورت طغیان در مزارع گندم و جو به ترتیب باعث از بین رفتن

می‌کنند، شته روسی گندم مهم‌ترین میزبان برای زنبور پارازیتوئید *D. rapae* در ایران محسوب می‌شود. دما یک عامل تأثیرگذار بر ویژگی‌های زیستی و پارامترهای رشد جمعیت در حشرات محسوب می‌شود (Force & Messenger, 1964; Botto *et al.*, 1988; Powell & Bellows, 1992; van Steenis, 1993). توانایی دشمن طبیعی در کنترل میزبان، به عواملی متعددی وابسته است. نرخ ذاتی افزایش جمعیت (r_m) یکی از عوامل مهم برای ارزیابی توانایی افزایش جمعیت حشرات (Birch, 1948) و تخمین توانایی افزایش جمعیت دشمن طبیعی روی میزبان است (Force & Messenger, 1968; Kambhampati & Mackauer, 1989). هدف از انجام این تحقیق بررسی اثر دما بر ویژگی‌های زیستی و پارامترهای رشد جمعیت و نیاز دمایی زنبور پارازیتوئید *D. rapae* روی شته *D. noxia* است.

مواد و روش‌ها

تهیه کلنی و پرورش جمعیت زنبور *D. rapae*

برگ‌های کلزا حاوی مومیایی‌های شته مومی کلم، (*Brevicoryne brassicae* (L.)) از مزرعه دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس (تهران) جمع‌آوری و به آزمایشگاه منتقل شدند. زنبورهای بالغ پس از خروج از شته‌های مومیایی توسط اسپیراتور جمع‌آوری و روی جمعیت شته روسی گندم موجود روی بوته‌های گندم کاشته شده در گلدان‌های پلاستیکی (۱۰/۵ سانتی‌متر قطر×۹/۵ سانتی‌متر ارتفاع) منتقل شدند.

به منظور خالص کردن کلنی پارازیتوئید و میزبان، اطراف بوته‌های گندم به وسیله طلق استوانه‌ای پلاستیکی شفاف (۸/۵ سانتی‌متر قطر×۳۸ سانتی‌متر ارتفاع) پوشانده شد و به منظور ایجاد تهویه قسمت بالا و سه منفذ موجود در قسمت‌های جانبی آن با استفاده از پارچه توری ریز بافت پوشانده شد. گلدان‌های حاوی زنبور *D. rapae* و میزبان، به اتاق رشد با دمای 20 ± 1 درجه سلسیوس، رطوبت نسبی 60 ± 5 درصد و دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی منتقل شدند.

نوارهای طولی زرد یا سفید رنگ شده و با کاهش سطح کلروفیل گیاه، خسارت مستقیم به گیاه وارد می‌شود (Kruger & Hewitt, 1984)، همچنین تزریق بزاق سمی به گیاه و انتقال عوامل بیماری‌زای گیاهی شامل ویروس کوتولگی زرد جو (BYDV)، ویروس موزائیک جو (BMV) و ویروس موزائیک نواری جو (BSMV) باعث خسارت غیرمستقیم به گیاه می‌شود (VonWechmar, 1984). به دلیل اهمیت آفت، مطالعه بیشتر در زمینه کنترل بیولوژیک علیه آن توصیه شده است (Brewer & Elliott, 2004).

استفاده از دشمنان طبیعی به عنوان بخش مهمی از مدیریت تلفیقی آفات (IPM) همواره مورد تأکید بوده است (Horn, 1988; Luckman & Metcalf, 1994). استفاده از زنبورهای پارازیتوئید برای کنترل شته‌های زیان‌آور توصیه شده است (Jones *et al.*, 2003). زنبورهای *Aphelinus albipodus* (Hayat & Fatima)، *Aphidius Diaeretiella rapae* (M'Intosh) و *Aphidius matricariae* و *uzbekistanicus* Lushetzki به عنوان پارازیتوئید شته روسی گندم از ایران گزارش شده‌اند (Zare *et al.*, 1995). زنبور *Diaeretiella rapae* (Hymenoptera: Braconidae) (M'Intosh)، یک پارازیتوئید داخلی و انفرادی است و از نقاط مختلف دنیا گزارش شده است. این زنبور دارای دامنه میزبانی به نسبت محدودی است (Farid *et al.*, 1998) و در ایران (در بین شته‌های غلات) روی شته‌های *Schizaphis graminum* (Rondani) و *Sitobion avenae* *Rhopalosiphum padi* Linnaeus (F.)، *Metopolophium dirhodum* (Walker) و *D. noxia* گزارش شده است (Rakhshani *et al.*, 2008). گزارش‌هایی مبنی بر فعالیت این زنبور روی شته روسی گندم از نقاط مختلف دنیا شامل آسیای مرکزی، اروپای شرقی و غربی، ناحیه مدیترانه، خاورمیانه، آفریقای شمالی، آمریکای جنوبی (Kovalev *et al.*, 1992)؛ آمریکای شمالی (McKinnon *et al.*, 1992) و ایران (Zare *et al.*, 1991, 1992; Bernal *et al.*, 1993) موجود است. طبق گزارش Rakhshani *et al.* (2008) در بین شته‌هایی که روی غلات فعالیت

انجام آزمایش‌ها

آزمایش‌ها در ۵ دمای ثابت شامل ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵ و ۲۷/۵ (±۱) درجه سلسیوس، رطوبت نسبی ۶۰±٪ و دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی داخل ژرمیناتور بیندر انجام شد. به منظور انجام آزمایش‌ها تعداد زنبور نر و ماده *D. rapae* با طول عمر کمتر از ۲۴ ساعت انتخاب و روی برگ‌های گندم حاوی ۵۰ پوره سن مرجح (سن سوم پورگی) شته *D. noxia* داخل ظروف پلاستیکی استوانه‌ای به قطر و ارتفاع ۳×۱۱/۵ سانتی‌متر قرار داده شدند. به منظور تغذیه زنبورهای پارازیتوئید از نوارهای کاغذی با روکش نوار چسب آغشته به آب عسل ۲۵٪ استفاده شد. بعد از ۱۲ ساعت زنبورها حذف شده و شته‌هایی که در معرض حمله زنبورها قرار گرفته بودند به همراه گیاه گندم به صورت مجزا تا زمان تشکیل مومیایی در شرایط آزمایش نگهداری شدند. کلیه گیاهان حاوی سن سوم پورگی شته *D. noxia* روزانه مورد بازدید قرار گرفته و در صورت مشاهده مومیایی، زمان تشکیل آن‌ها یادداشت شده سپس به آرامی از روی برگ جمع‌آوری شده و هر یک از آن‌ها به طور مجزا داخل لوله آزمایش ۷ میلی-لیتری قرار داده شدند. دهانه هر لوله آزمایش با پنبه مسدود شد. سپس ظروف شیشه‌ای حاوی مومیایی‌ها در همان دمایی که مومیایی تشکیل شده بود نگهداری شدند و پس از ظهور زنبورهای بالغ، زمان خروج و جنسیت آن‌ها تعیین شد. به این ترتیب در این آزمایش دوره رشد و نمو هر یک از زنبورها از زمان تخمگذاری تا زمان تشکیل مومیایی و از زمان مومیایی تا زمان ظهور زنبور بالغ و کل دوره رشد و نمو پیش از بلوغ در دماهای مختلف بدست آمد. از آنجا که زمان ظهور مومیایی با زمان ظهور شفیره مطابقت دارد (Stary, 1988)، میزان تلفات در مرحله شفیرگی نیز محاسبه شد.

سپس باروری افراد ماده ظاهر شده در هر دما مورد بررسی قرار گرفت. باروری حداقل ۳۰ زنبور ماده *D. rapae* با طول عمر کمتر از ۲۴ در هر دما بررسی شد. برای تعیین روند باروری ماده‌های زنبور *D. rapae* روزانه به تعداد ۵۰ عدد پوره سن سه شته روی گندم در اختیار یک جفت زنبور *D. rapae* قرار داده شد (پوره‌ها روی گیاهان کاشته شده داخل ظرف پلاستیکی ۱/۵

میلی لیتری و هر یک از آن‌ها داخل ظروف پلاستیکی استوانه‌ای به قطر و ارتفاع ۳×۱۱/۵ سانتی‌متر قرار داده شدند). این روند تا زمان مرگ آخرین زنبور ماده ادامه یافت. در حین آزمایش در صورت مرگ زنبور نر، یک زنبور نر با طول عمر ۱-۲ روز که در شرایط آزمایش (دمای مورد نظر) نگهداری می‌شد، جایگزین شد. شته‌هایی که در معرض حمله زنبورها قرار گرفته بودند در هر دما به صورت مجزا نگهداری شدند و هر ۲۴ ساعت مورد بازدید قرار گرفتند. شته‌های پارازیته شده پس از مدتی مومیایی شده و حشرات کامل زنبورها از داخل مومیایی‌ها خارج شدند. این زنبورها از نظر جنسی تفکیک شده و تعداد زنبورهای ماده و نر تولید شده نیز به صورت روزانه ثبت شدند.

به منظور تعیین آستانه نمو (T_0) و ثابت حرارتی (k) زنبور *D. rapae* از معادله رگرسیون خطی ساده $Y = a + bx$ و روش Ikemoto-Takai استفاده شد. در معادله رگرسیون خطی ساده، x دما، Y نرخ رشد و نمو، a عرض از مبدأ و b شیب خط است. آستانه پایین رشد و نمو (T_0) محل تلاقی خط رگرسیون با محور x است و ثابت حرارتی (k) بیان کننده میزان روز-درجه لازم برای تکمیل رشد و نمو حشره می‌باشد. میزان آستانه رشد و نمو (T_0) و ثابت حرارتی (k) از طریق فرمول‌های زیر محاسبه شدند (Campbell et al., 1974):

$$T_0 = -a/b$$

$$K = 1/b$$

روش Ikemoto-Takai توسط Ikemoto & Takai

(2000) به صورت زیر ارائه شده است:

$$DT = k + tD$$

که در آن D بیانگر مدت زمان نمو، T دمای پیرامون، t تخمین آستانه دمایی پایین و k دمای تجمعی مؤثر (ثابت حرارتی) می‌باشد. نرخ نمو زنبور پارازیتوئید *D. rapae* در ۴ دمای ۱۰، ۱۵، ۲۰ و ۲۵ (±۱) درجه سلسیوس مورد بررسی قرار گرفت، زیرا رابطه نرخ نمو با دما در این محدوده دمایی به صورت خطی بود.

به منظور بررسی رابطه دما با نرخ نمو در دماهای ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵ و ۲۷/۵ (±۱) درجه سلسیوس، از چندین مدل غیر خطی استفاده شد (جدول ۱). میزان R^2 ، RSS ، AIC و R^2_{adj} معیار مناسبی برای مقایسه مدل‌ها و تعیین بهترین مدل می‌باشد. بالاتر بودن

که n = تعداد مشاهدات (دماهای مورد آزمون قرار گرفته)، p = تعداد پارامترهای هر مدل و SSE مجموع مجذورات اشتباه است. تجزیه و تحلیل مدل‌های غیر خطی دما با نرم افزار JMP (SAS Institute, 2007) انجام شد.

میزان $R^2 adj$ و کمتر بودن مقدار AIC نشان دهنده انطباق بیشتر و دقت بالاتر مدل است (Akaike, 1974). پارامتر AIC از طریق معادله زیر محاسبه شد (Vucetich *et al.*, 2002):

$$AIC = n \ln(SSE/n) + 2p$$

جدول ۱- مدل‌های غیر خطی برازش داده شده با نرخ و نمو *Diaeretiella rapae* به عنوان تابعی از دما (°C)

منبع	معادله	مدل
Lactin <i>et al.</i> (1995)	$r(T) = e^{\rho T} - e^{\left(\rho T_{\max} - \frac{T_{\max} - T}{\Delta}\right)} + \lambda$	Lactin-2
Briere <i>et al.</i> (1999)	$r(T) = aT (T - T_{\min}) (T_{\max} - T)^{\frac{1}{\lambda}}$	Briere-1
Briere <i>et al.</i> (1999)	$r(T) = aT (T - T_{\min}) (T_{\max} - T)^{\frac{1}{\lambda}}$	Briere-2
Tanigoshi & Browne, (1978), Harcourt & Yee, (1982)	$r(T) = a_0 + a_1x + a_2x^2 + a_3x^3$	Polynomial (Cubic)

نتایج و بحث

دوره رشد قبل از بلوغ

میانگین طول دوره رشد قبل از بلوغ در افراد نر، ماده و مجموع نر و ماده در دماهای مختلف در جدول ۲ نشان داده شده است. با افزایش دما از ۱۰ تا ۲۵ درجه سلسیوس، طول دوره رشد قبل از بلوغ در افراد نر و ماده کاهش یافت. افزایش دما از ۲۵ به ۳۰ درجه سلسیوس باعث افزایش طول دوره قبل از بلوغ زنبور *D. rapae* شد. بیشترین و کمترین طول دوره قبل از بلوغ در افراد نر و ماده به ترتیب در دمای ۱۰ (۳۲/۰۷۶±۰/۲۰۴) روز در نر و ۳۴/۲۸±۰/۱۶۹ (روز در ماده) و ۲۵ درجه سلسیوس (۱۰/۷۴۳±۰/۱۳۱) روز در نر و ۱۱/۸۴۵±۰/۲۳۹ (روز در ماده) مشاهده شد. طبق نتایج موجود در تمامی دماهای مورد آزمایش، طول دوره رشد قبل از بلوغ افراد نر نسبت به افراد ماده با اختلاف معنی‌داری کمتر بود (t-test, P<0.01). کمترین و بیشترین طول دوره رشد قبل از بلوغ مجموع افراد نر و

پارامترهای رشد جمعیت شامل نرخ خالص تولیدمثل (R_0)، نرخ ذاتی افزایش جمعیت (r_m)، نرخ متناهی افزایش جمعیت (λ)، مدت زمان هر نسل (T) و مدت زمان لازم برای دو برابر شدن جمعیت (DT) با استفاده از فرمول‌های ارائه شده توسط Carey (1993) و برای این که پارامترها از لحاظ آماری دارای تکرار و میانگین شوند، از روش آماری Jackknife جهت محاسبه پارامترهای رشد جمعیت استفاده شد (Meyer *et al.*, 1986; Maia *et al.*, 2000).

از ویژگی‌های زیستی زنبور پارازیتوئید، طول عمر افراد نر و ماده زنبور پارازیتوئید، روند تولید مومیایی روزانه توسط زنبور پارازیتوئید در طول عمر، طول دوره باروری و باروری کل در طول عمر زنبور ماده (میزان نرزیایی و ماده‌زایی) در هر دما مورد بررسی قرار گرفت. مقایسه‌های آماری بین داده‌های حاصل از طریق تجزیه واریانس یک طرفه (One-Way ANOVA)، روش SNK واریانس یک طرفه (P ≤ 0.05) و با استفاده از نرم افزار SPSS انجام شد.

Aphidius و *Aphidius colemani* Viereck
matricariae Haliday روی شته سبزه‌هلو، (Sulzer)
Aphis gossypii Glover و *Myzus persicae*
 با افزایش دما از ۱۰ تا ۲۵ درجه سلسیوس طول دوره
 قبل از بلوغ کاهش اما با افزایش دما از ۲۵ به ۳۰ درجه
 سلسیوس طول این دوره افزایش یافت (Zamani et al.,
 2007). دما به عنوان یک عامل مهم و اثرگذار روی مدت
 زمان لازم برای طی مرحله قبل از بلوغ در حشرات
 پارازیتوئید و میزبان‌های آنها محسوب می‌شود (Force
 & Messenger, 1964; Campbell et al., 1974).

ماده به ترتیب در دو دمای ۲۵ (۱۱/۲۳±۰/۱۴۴) روز) و
 ۱۰ درجه سلسیوس (۳۳/۲۹۷±۰/۱۸۳) روز) مشاهده
 شد. بین میانگین طول دوره رشد قبل از بلوغ در
 دماهای مختلف، اختلاف معنی دار وجود داشت ($F=$
 2.84; $df= 4, 359$; $P < 0.05$). طول این دوره با افزایش
 دما از ۲۰ به ۲۵ درجه سلسیوس روند کاهشی داشت اما
 با افزایش دما از ۲۵ به ۲۷/۵ درجه سلسیوس مدت
 زمان بیشتری لازم بود تا زنبور مراحل قبل از بلوغ را
 طی کند و به مرحله بلوغ برسد. بررسی تأثیر دما روی
 طول مدت زمان قبل از بلوغ زنبورهای پارازیتوئید

جدول ۲- دوره رشد قبل از بلوغ زنبور پارازیتوئید *Diaeretiella rapae* روی شته *Diuraphis noxia* در دماهای مختلف

پارامتر	دما				
	۲۷/۵°C	۲۵°C	۲۰°C	۱۵°C	۱۰°C
نر	۱۱/۵۶۷±۰/۱۵۱ ^d	۱۰/۷۴۳±۰/۱۳۱ ^e	۱۳/۰۶۳±۰/۱۳۶ ^e	۲۱/۶۳۲±۰/۱۷۸ ^b	۳۲/۰۷۶±۰/۲۰۴ ^a
ماده	۱۳/۲۶۹±۰/۳۴۳ ^d	۱۱/۸۴۵±۰/۲۳۹ ^e	۱۶/۱۵۳±۰/۱۲۵ ^e	۲۲/۵۹۳±۰/۱۴ ^b	۳۴/۲۸±۰/۱۶۹ ^a
نر+ماده	۱۲/۰۸۱±۰/۱۸۹ ^d	۱۱/۲۳±۰/۱۴۴ ^e	۱۴/۶۷±۰/۱۸ ^e	۲۲/۱۴۲±۰/۱۲۳ ^b	۳۳/۲۹۷±۰/۱۸۳ ^a

حروف غیر مشابه در ردیف‌ها بیانگر تفاوت معنی‌دار داده‌ها در دماهای مختلف است (P<0.05; One-way ANOVA, SNK test).

به یکدیگر نزدیک بود. اما بر اساس میزان $R^2 adj$ بالاتر
 محاسبه شده در مدل رگرسیون خطی، می‌توان نتیجه
 گرفت این مدل نسبت به روش Ikemoto-Takai برای
 تخمین دمای آستانه پایین و ثابت حرارتی
 زنبور پارازیتوئید *D. rapae* مناسب‌تر بوده است. در این
 تحقیق آستانه پایین نمو و ثابت حرارتی زنبور
 پارازیتوئید *D. rapae* در روش رگرسیون خطی ساده به
 ترتیب ۲/۹۷۵ درجه سلسیوس و ۲۵۰ روز-درجه
 محاسبه شد. آستانه پایین نمو و ثابت حرارتی در تحقیق
 Bernal & Gonzalez (1993)، ۲/۱ درجه سلسیوس و
 ۲۹۳/۴ روز-درجه و در تحقیق دیگری توسط نام‌برندگان
 (۱۹۹۵)، ۳/۵۶ درجه سلسیوس و ۲۹۲/۲۹ روز-درجه
 بیان شده است. تا کنون تحقیق دیگری در زمینه
 استفاده از مدل‌های غیر خطی برای توصیف نرخ نمو

رابطه نرخ نمو با دما

الگوهای خطی نرخ نمو

نرخ نمو زنبور پارازیتوئید *D. rapae* تا دمای ۲۵
 درجه سلسیوس رابطه مثبتی با دما داشت و پس از آن
 رابطه منفی مشاهده شد. تخمین دمای آستانه پایین نمو
 (T_0) و ثابت حرارتی (k) در دامنه ۱۰ تا ۲۵ درجه
 سلسیوس برای طول دوره قبل از بلوغ تمام افراد (نر و
 ماده) زنبور *D. rapae* به دو روش خطی ساده و
 Ikemoto-Takai برآورد شد (جدول ۳).

منحنی مدل‌های خطی در شکل ۱ نشان داده شده
 است. میزان بدست آمده از آستانه نمو و ثابت حرارتی با
 استفاده از روش Ikemoto-Takai با میزان مشابه بدست
 آمده با استفاده از رگرسیون خطی ساده در این آزمایش

زنبور *D. rapae* انجام نشده است و در تمامی تحقیقات به استفاده از مدل رگرسیون خطی اکتفا شده است.

جدول ۳- دمای آستانه پایین نمو (T_0) و ثابت حرارتی (k) طول دوره قبل از بلوغ افراد نر و ماده زنبور پارازیتوئید *Diaeretiella rapae* برآورد شده با دو مدل خطی در دامنه‌های دمایی خاص

معادله	T_0	K	$R^2 adj$
رگرسیون خطی ساده $Y = 0.004x - 0.012$	۲/۹۷۵	۲۵۰	۰/۹۹
Ikemoto-Takai $DT = 2.44D + 260.1$	۲/۴۴	۲۶۰/۱	۰/۷۹

الگوهای غیر خطی نرخ نمو

دمای آستانه بالای نمو نیز با مدل ذکر شده ۳۵/۲۹۹ درجه سلسیوس حاصل شد که طبق نتایج آزمایش، به محدوده مورد نظر نزدیک است. این مدل برای تخمین دمای بهینه مناسب نبود. مدل Briere 1 دقت بالایی در برازش داده‌ها نشان داد. از طریق این مدل دمای آستانه پایین و بالای رشد و نمو زنبور *D. rapae* به خوبی تخمین زده شد (جدول ۴).

از ۴ مدل غیر خطی برای توصیف نمو زنبور *D. rapae* در دماهای مختلف استفاده شد. منحنی‌های حاصل در شکل ۲ نشان داده شده است. مدل Lactin 2 (جدول ۴) دمای آستانه نمو پایین را ۰/۴۹۹ درجه سلسیوس برآورد کرد که کمتر از مقدار T_0 در مدل رگرسیون خطی (جدول ۳) است.

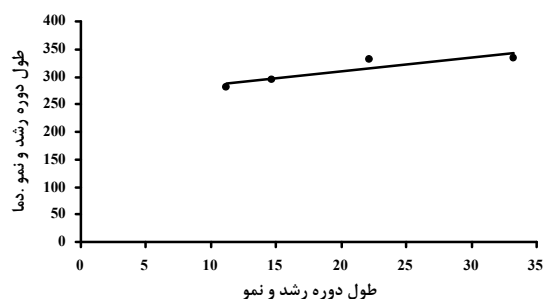
جدول ۴- نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل مدل‌های غیر خطی جهت شبیه سازی رشد و نمو زنبور *Diaeretiella rapae* در دماهای مختلف

مدل	پارامترهای محاسبه شده	مقدار	فاصله اطمینان		نکوبی برازش
			حد بالا	حد پایین	
Lactin 2	ρ	۰/۰۰۳۲	۰/۰۱۳۱	۰/۰۰۴۴	
	T_{max}	۳۵/۲۹۹	۵۲/۹۴۹	۱۷/۶۴۹	R^2
	A	۰/۲۰۱	۰/۳۰۲	۰/۱۰۶	$R^2 adj$
	λ	-۱/۰۰۱	-۰/۵۲۳	-۱/۵۷۵	RSS
	T_0	۰/۴۹۹			AIC
	T_{opt}	۳۴			
Briere 1	α	۰/۰۰۰۰۴	۸×10^{-۵}	۳×10^{-۵}	R^2
	T_0	۰/۲۴۸	۰/۶۸	۰/۲۲۶	$R^2 adj$
	T_{max}	۳۴/۵۵۶	۴۸/۱۹۶	۱۶/۰۶۵	RSS
	T_{opt}	۲۷/۸۳۶			AIC
Briere 2	α	۰/۰۰۰۰۴	۱×10^{-۴}	۳×10^{-۵}	R^2
	n	۱/۶۰۳	۳/۴۲	۱/۱۴	$R^2 adj$
	T_0	۱/۰۳۷	۱/۷۰۹	۰/۲۳۶	RSS
	T_{max}	۳۳/۸۸۶	۴۶/۷۲۱	۱۵/۵۷۴	AIC
	T_{opt}	۲۵/۹۷۱			
Polynomial 3 rd order	a	-۰/۰۰۰۰۳	-۱×10^{-۴}	-۲×10^{-۴}	R^2
	b	۰/۰۰۲	۰/۰۱۰	۰/۰۰۳	$R^2 adj$
	c	-۰/۰۲۴	-۰/۰۶۰	-۰/۱۸۲	RSS
	d	۰/۱۳۷	۱/۰۲۳	۰/۳۴۱	AIC
	T_{max}	۳۴/۷۶۸			
	T_{opt}	۲۵/۵۰۱			

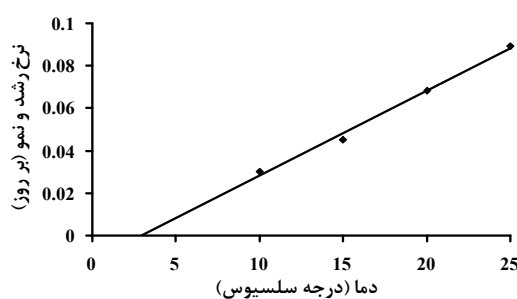
مدل Polynomial نیز دقت بالایی در برازش داده‌های تجربی نشان داد. مقدار پیش‌بینی شده مدل برای T_{max} و T_{opt} به نسبت مناسب بود. اما این مدل قادر به برآورد آستانه پایین رشد و نمو نبود. طبق نتایج حاصل از این تحقیق، مدل Briere 2 را می‌توان نسبت به سایر مدل‌ها، مدل مناسبی برای توصیف رشد و نمو زنبور *D. rapae* معرفی کرد.

ولی میزان دمای بهینه با استفاده از این مدل بالاتر از حد قابل قبول بدست آمد. استفاده از این مدل برای پیش‌بینی رشد و نمو زنبور *D. rapae* توصیه نمی‌شود. مدل Briere 2 دقت بالایی در برازش داده‌ها نشان داد. مقادیر برآورد شده از T_0 ، دمای بهینه و T_{max} به ترتیب $1/0.37$ ، $25/971$ و $33/886$ درجه سلسیوس و در محدوده مورد نظر بود. لذا استفاده از این مدل برای پیش‌بینی رشد و نمو زنبور *D. rapae* توصیه می‌شود.

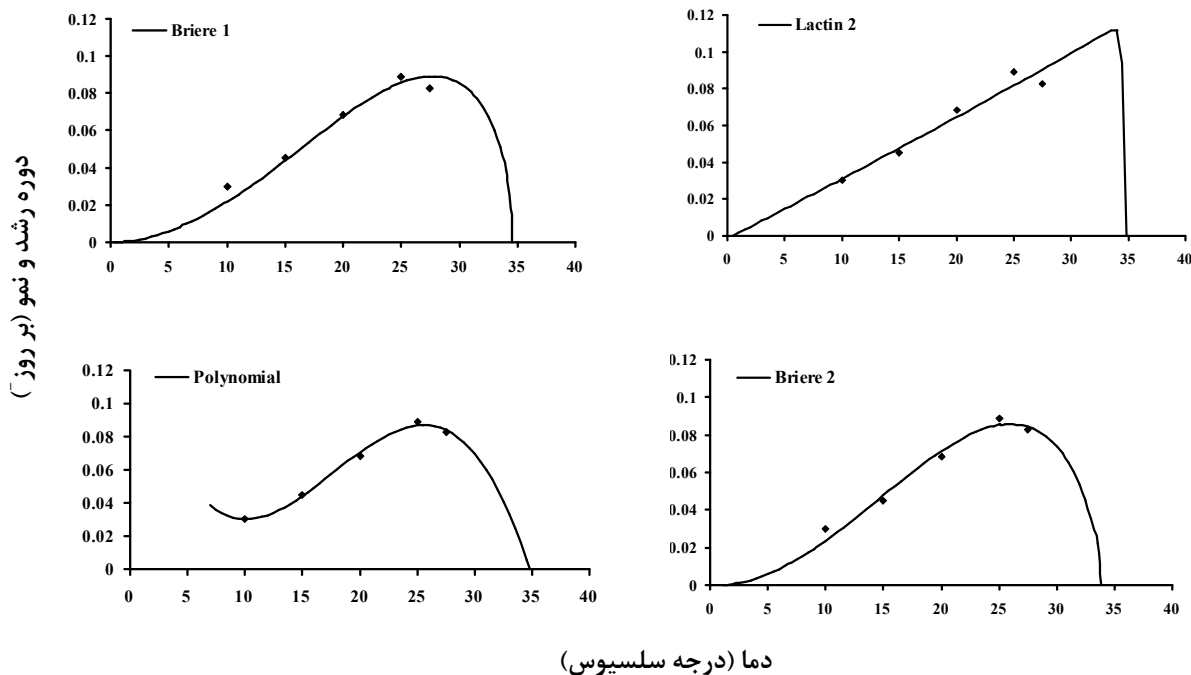
(ب)



(الف)



شکل ۱- منحنی مدل‌های خطی بکار رفته برای شبیه‌سازی رشد و نمو زنبور پارازیتوئید *Diaeretiella rapae* در دماهای مختلف، (الف) مدل رگرسیون خطی و (ب) مدل خطی به روش Ikemoto-Takai



شکل ۲- منحنی مدل‌های غیر خطی بکار رفته جهت شبیه‌سازی رشد و نمو زنبور *Diaeretiella rapae* در دماهای مختلف

پارامترهای رشد جمعیت

پارامترهای رشد جمعیت زنبور پارازیتوئید *D. rapae* روی شته *D. noxia* در ۵ دمای مختلف در جدول ۵ ارائه شده است. بر این اساس بین تمامی پارامترها در دماهای مختلف، اختلاف معنی دار مشاهده شد ($P < 0.05$). بالاترین و پایین‌ترین نرخ خالص تولید مثل (R_0) در دو دمای ۱۰ و ۲۷/۵ درجه سلسیوس و به ترتیب $۲۲/۹۹ \pm ۰/۶۴۷$ و $۰/۴۰۳ \pm ۰/۰۴۵$ (ماده/ ماده/ نسل) بدست آمد. میزان نرخ خالص تولید مثل در تحقیق موجود در دمای ۲۰ درجه سلسیوس $۱۷/۵۳ \pm ۱/۷۳$ حاصل شد. این پارامتر در زنبور پارازیتوئید *D. rapae* روی شته *D. noxia* در دمای ۲۰ درجه سلسیوس در تحقیق (Reed et al., 1992) $۵۸/۶$ (ماده/ ماده/ نسل) بدست آمد که از میزان بدست آمده در دمای ۲۰ درجه سلسیوس در این تحقیق بیشتر است. در تحقیق انجام شده توسط Bernal & Gonzalez (1997)، نرخ خالص تولید مثل این زنبور روی شته *D.*

noxia در دمای ۲۱/۱ درجه سلسیوس $۲۱/۲۷$ (ماده/ ماده/ نسل) گزارش شد.

همچنین نرخ خالص تولید مثل زنبور پارازیتوئید *D. rapae* روی شته *B. brassicae* در دمای ۲۵ درجه سلسیوس $۱۰/۵$ (ماده/ ماده/ نسل) مشاهده شده است (Hosseini-Gharalari et al., 2003). مقادیر بدست آمده این پارامتر برای زنبور پارازیتوئید *D. rapae* در تحقیقاتی که تا کنون انجام شده است متغیر است. اختلافات را می‌توان به تفاوت در شرایط آزمایش و جمعیت‌های جغرافیایی زنبور پارازیتوئید *D. rapae* نسبت داد (Bernal & Gonzalez, 1997).

وجود تفاوت در ویژگی‌های زیستی و تولید مثلی زنبورهای Aphidiinae در سایر تحقیقات نیز مورد اشاره قرار گرفته است (Campbell et al., 1974; Flint, 1980; Botto et al., 1988; Kambhampati & Mackauer, 1989; Bernal & Gonzalez, 1993; Tahrirri et al., 2010).

جدول ۵- پارامترهای رشد جمعیت زنبور پارازیتوئید *Diaeretiella rapae* روی شته *Diuraphis noxia* در دماهای مختلف

پارامتر	دما				
	۲۷/۵°C	۲۵ °C	۲۰°C	۱۵ °C	۱۰°C
R_0	$۰/۴۰۳ \pm ۰/۰۴۵^c$	$۲/۵۳ \pm ۰/۲۶۵^c$	$۱۸/۰۷ \pm ۰/۷۶۱^b$	$۱۷/۵۳ \pm ۱/۷۳^b$	$۲۲/۹۹ \pm ۰/۶۴۷^a$
r_m	$۰/۰۵۲ \pm ۰/۰۰۶^d$	$۰/۰۹۹ \pm ۰/۰۱^c$	$۰/۱۸۹ \pm ۰/۰۰۳^a$	$۰/۱۴۳ \pm ۰/۰۰۴^b$	$۰/۰۹۴ \pm ۰/۰۰۰^c$
λ	$۱/۰۵ \pm ۰/۰۰۶^d$	$۱/۰۹۴ \pm ۰/۰۱۱^c$	$۱/۲۰۸ \pm ۰/۰۰۳^a$	$۱/۱۵۴ \pm ۰/۰۰۶^b$	$۱/۰۹۹ \pm ۰/۰۰۱^c$
T	$۱۷/۶۳۳ \pm ۰/۰۷۹^c$	$۱۰/۳۹۷ \pm ۰/۰۰۶^e$	$۱۵/۳۳۳ \pm ۰/۰۷۱^d$	$۲۰/۰۳ \pm ۰/۰۰۶^b$	$۳۳/۲۹ \pm ۰/۱۶^a$
DT	$۱۳/۴۴ \pm ۱/۱۶۷^a$	$۷/۶۲ \pm ۰/۱۸۶^b$	$۳/۶۷ \pm ۰/۰۵۴^c$	$۴/۸۳۹ \pm ۰/۱۶۳^c$	$۷/۳۵۹ \pm ۰/۰۷۷^b$

حروف غیر مشابه در ردیف‌ها بیانگر تفاوت معنی‌دار داده‌ها در دماهای مختلف است ($P < 0.05$; One-way ANOVA SNK test).

مقدار پارامتر ذکر شده در این تحقیق به مقدار مشابه بدست آمده در تحقیق Bernal & Gonzalez (1997) نزدیک است. میزان r_m زنبور پارازیتوئید *D. rapae* روی شته *B. brassicae* را در دمای ۲۵ درجه سلسیوس $۰/۲۱$ (بر روز) تعیین کردند (Hosseini-Gharalari et al., 2003) با توجه به مقادیر نرخ متناهی افزایش جمعیت (λ)، جمعیت زنبور پارازیتوئید *D. rapae* در دماهای ۲۰ و ۲۷/۵ درجه سلسیوس به ترتیب در هر روز $۱/۲۰۸$ و $۱/۰۵$ برابر می‌شود. از نظر

نرخ ذاتی افزایش جمعیت (r_m) زنبور *D. rapae* به صورت گنبدی شکل افزایش داشت و بالاترین میزان آن در دمای ۲۰ درجه سلسیوس و برابر $۰/۱۸۹ \pm ۰/۰۰۳$ (بر روز) بدست آمد. با افزایش دما تا ۲۷/۵ درجه سلسیوس این پارامتر به صورت معنی داری کاهش یافت ($F = 123.81$; $df = 4, 190$; $P < 0.05$). تحقیقات قبلی میزان r_m زنبور پارازیتوئید *D. rapae* را در دمای ۲۰ درجه سلسیوس $۰/۲۶$ (Reed et al., 1992) و $۰/۱۸$ (بر روز) (Bernal & Gonzalez, 1997) برآورد نمودند.

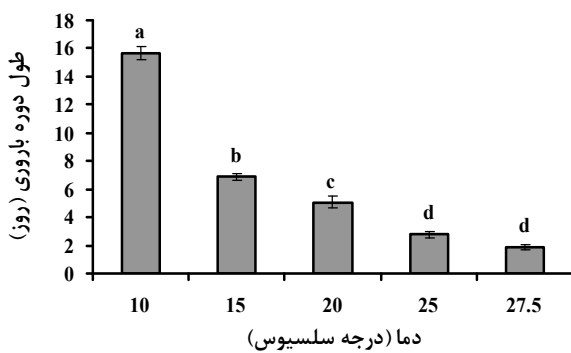
(۱۰ درجه سلسیوس) و بالا (۲۵ و ۲۷/۵ درجه سلسیوس) مدت دو برابر شدن جمعیت زنبور *D. rapae* طولانی تر بود. بطوریکه بیشترین زمان لازم برای دو برابر شدن جمعیت زنبور پارازیتوئید *D. rapae* در دمای ۲۷/۵ درجه سلسیوس و برابر ۱۳/۴۴±۱/۶۷ روز مشاهده شد.

ویژگی‌های زیستی

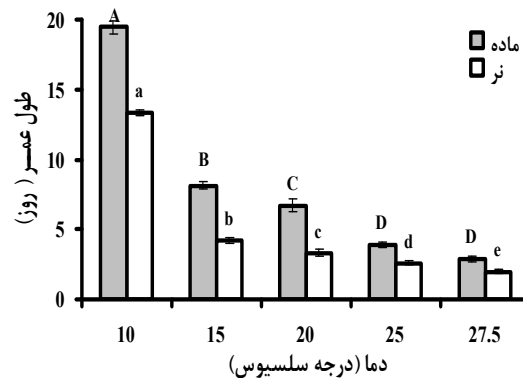
میانگین طول عمر حشرات بالغ ماده و نر زنبور پارازیتوئید *D. rapae* در سه دمای مختلف در شکل ۳ (الف) نشان داده شده است. با افزایش دما، طول عمر افراد ماده و نر روند کاهشی نشان داد.

میانگین زمان نسل (*T*) نیز بین دماهای مورد مطالعه اختلاف معنی‌دار مشاهده شد ($F=7.48; df=4, 190; P < 0.05$) و از این نظر طولانی‌ترین زمان تکمیل نسل در دمای ۱۰ درجه سلسیوس (۳۳/۲۹±۰/۱۶ روز) و کوتاه‌ترین آن در دمای ۲۵ درجه سلسیوس (۱۰/۳۹۷±۰/۰۶ روز) در تحقیقات Bernal & Gonzalez (1997) نیز، طولانی‌ترین و کوتاه‌ترین زمان تکمیل نسل زنبور *D. rapae* به ترتیب در دمای ۱۰ و ۲۶/۷ درجه سلسیوس ذکر شده است.

در دو دمای ۱۵ و ۲۰ درجه سلسیوس به ترتیب طی ۴/۸۳۹±۰/۱۶۳ و ۳/۶۷±۰/۵۴۰ روز، جمعیت زنبور پارازیتوئید *D. rapae* دو برابر می‌شود. در دماهای پایین



ب



الف

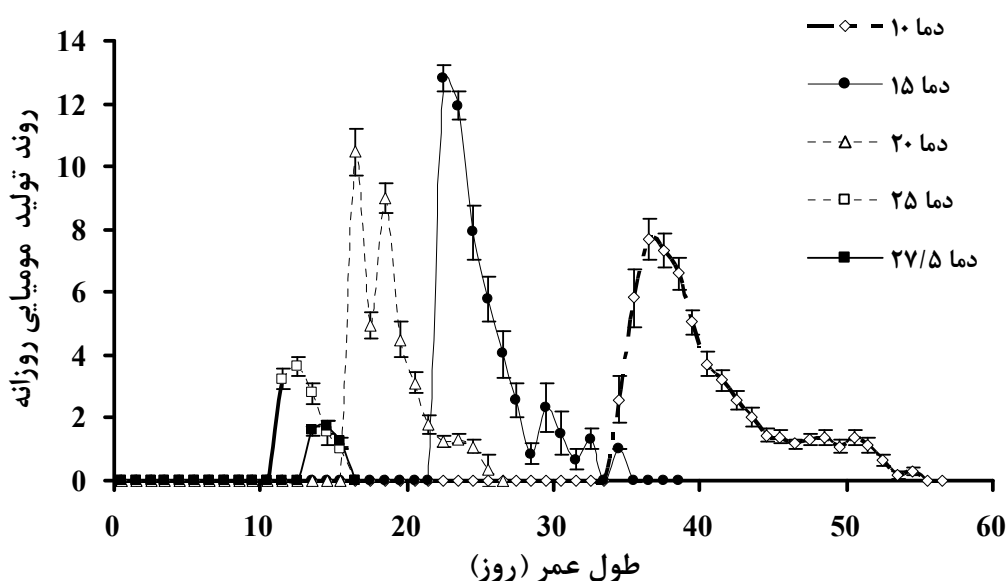
شکل ۳- طول عمر افراد ماده و نر (الف) و طول دوره باروری (ب) زنبور پارازیتوئید *Diaeretiella rapae* روی شته *Diuraphis noxia* در دماهای مختلف

صورت معنی‌داری بیشتر بود ($P < 0.05$). دما روی طول دوره باروری زنبور پارازیتوئید *D. rapae* اثر معنی‌داری داشت ($F=239.63; df=4, 190; P < 0.05$). بیشترین طول دوره باروری در دمای ۱۰ درجه سلسیوس و ۱۵/۶۷۵±۰/۴۷ روز و کمترین آن در دمای ۲۷/۵ درجه سلسیوس و ۱/۸۶۲±۰/۱۴۷ روز مشاهده شد (شکل ۳ ب). با افزایش دما از ۱۰ تا ۲۷/۵ درجه سلسیوس طول دوره باروری زنبور *D. rapae* روند کاهشی را طی کرد. طول دوره باروری زنبور پارازیتوئید *D. rapae* روی شته *Brachycorynella asparaga* (Mordvilko) نیز با افزایش دما تا ۳۰ درجه سلسیوس روند کاهشی را نشان داده است (Hayakawa, 1990). روند باروری روزانه در هر فرد ماده زنبور پارازیتوئید *D. rapae* تحت تأثیر

بیشترین طول عمر افراد ماده در دمای ۱۰ درجه سلسیوس (۱۹/۴۶±۰/۴۶۶ روز) و کمترین آن در دمای ۲۷/۵ درجه سلسیوس (۲/۸۴±۰/۲۲۲ روز) تعیین شد. طول عمر افراد ماده و نر زنبور پارازیتوئید *D. rapae* در دمای ۱۰ درجه سلسیوس به صورت معنی‌داری نسبت به سایر دماها طولانی‌تر بود ($F=428.50; df=4, 178; P < 0.05$). در تمام دماهای مورد آزمایش افراد ماده نسبت به افراد نر دارای طول عمر بیشتری بودند ($P < 0.01$). در تحقیقی که توسط Bernal & Gonzalez (1997) نیز انجام شد، طول عمر افراد ماده و نر زنبور پارازیتوئید *D. rapae* با افزایش دما از ۱۰ تا ۲۶/۷ درجه سلسیوس کاهش یافت و طول عمر افراد ماده زنبور *D. rapae* در هر دما نسبت به افراد نر به

اوائل باروری زنبور پارازیتوئید *D. rapae* مشاهده شد. بررسی روند باروری روزانه زنبور *D. rapae* در تمام دماهای مورد مطالعه نشان داد، بیشترین میزان باروری روزانه در ۲ روز اول از باروری حشرات کامل زنبورهای ماده *D. rapae* اتفاق افتاده است. حداکثر میزان باروری روزانه زنبور پارازیتوئید *D. rapae* روی شته *D. noxia* در دمای ۲۰ درجه سلسیوس نیز تنها دو روز پس از شروع باروری زنبور دیده شد (Reed et al., 1992).

دماهای مختلف قرار گرفت (شکل ۴). روند تولید مومیایی روزانه توسط هر فرد ماده در تمام دماها در ابتدای باروری زنبور پارازیتوئید *D. rapae* بیشترین بوده و با افزایش سن ماده بالغ، از میزان آن کاسته شد. بیشترین تعداد مومیایی تولید شده در هر روز در دماهای ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵ و ۲۷/۵ درجه سلسیوس به ترتیب $12/795 \pm 0/41$ ، $7/683 \pm 0/678$ ، $3/64 \pm 0/288$ و $1/70 \pm 0/219$ و در

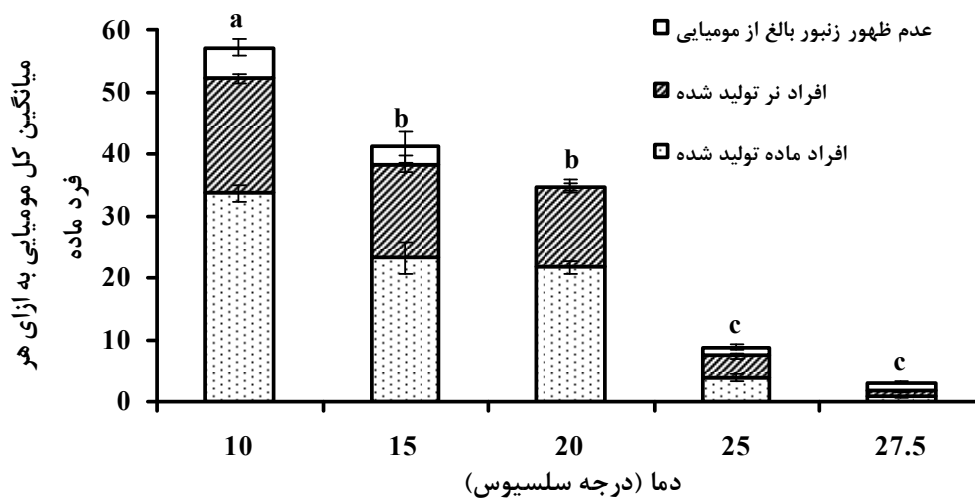


شکل ۴- روند باروری روزانه زنبور پارازیتوئید *Diarretiella rapae* روی شته *Diuraphis noxia* در دماهای مختلف

معنی دار نشان دادند ($F= 69.91$; $df= 4, 190$, $P<0.05$)، اگرچه این پارامتر در دو دمای ۱۵ و ۲۰ درجه سلسیوس اختلاف معنی دار نداشت.

با افزایش دما از ۱۰ به ۲۷/۵ درجه سلسیوس نسبت نرزیایی (افراد نر تولید شده به کل افراد نر و ماده تولید شده) از $0/353$ به $0/519$ افزایش یافت. این روند در تحقیقات (Bernal & Gonzalez 1997) نیز مشاهده شده است. در دماهای ۱۰، ۱۵، ۲۵ و ۲۷/۵ درجه سلسیوس از تعدادی از مومیایی‌های تشکیل شده زنبور بالغ خارج نشد (شکل ۵). این نسبت در دماهای ذکر شده با یکدیگر اختلاف معنی دار داشت ($F= 40.135$; $df= 4, 190$; $P< 0.05$).

میانگین کل مومیایی تولید شده در طول عمر زنبور پارازیتوئید *D. rapae* در دماهای مختلف در شکل ۵ نشان داده شده است. با افزایش دما، میانگین مومیایی تولید شده در طول عمر زنبور با اختلاف معنی داری کاهش یافت ($F= 83.31$; $df= 4, 190$; $P< 0.05$). میانگین بیشترین و کمترین مومیایی تولید شده در طول عمر به ترتیب در دمای $(57/10 \pm 1/70)$ و $27/5$ درجه سلسیوس ($3/10 \pm 0/35$) بدست آمد. بر اساس تحقیقات (Bernal & Gonzalez 1997) نیز بیشترین میزان باروری کل زنبور پارازیتوئید *D. rapae* در طی عمر، در دمای ۱۰ درجه سلسیوس و برابر $54/80$ مومیایی بدست آمد. میانگین تعداد حشرات نر و ماده تولید شده در دماهای مختلف با یکدیگر اختلاف



شکل ۵- باروری کل زنبور پارازیتوئید *Diaeretiella rapae* روی شته *Diuraphis noxia* در دماهای مختلف

در شرایط مزرعه نیز این موضوع را تأیید می‌کند.

نتیجه گیری کلی

در مجموع نتایج این پژوهش در مورد ویژگی‌های زیستی، پارامترهای رشد جمعیت و نیازهای دمایی نشان داد زنبور پارازیتوئید *D. rapae* در دماهای بین ۱۵ تا ۲۰ درجه سلسیوس از کارایی بیشتری در کنترل شته روسی گندم برخوردار است. لذا با توجه به شرایط آب و هوایی ایران در اوایل فصل از مهمترین پارازیتوئیدهای شته روسی گندم محسوب می‌شود. نتایج تحقیقات Rakhshani et al. (2008)

سپاسگزاری

نگارندگان از حمایت مالی و تأمین امکانات و تجهیزات مورد نیاز توسط گروه حشره شناسی کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس جهت انجام این تحقیق قدردانی می‌نمایند. همچنین از دو داور محترم که با ارائه نظرات و پیشنهادات ارزشمند باعث بهبود کیفیت مقاله گردیدند تشکر و قدردانی می‌شود.

REFERENCES

1. Akaike, H. (1974). A new look at the statistical model identification. *IEEE Transactions on Automatic Control*, 19, 716-723.
2. Bernal, J. & Gonzalez, D. (1993). Temperature requirements of four parasites of the Russian wheat aphid *Diuraphis noxia*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 69, 173-182.
3. Bernal, J. & Gonzalez, D. (1995). Thermal requirements of *Diaeretiella rapae* (M'Intosh) on Russian wheat aphid (*Diuraphis noxia* Mordwilko, Hom., Aphididae) hosts. *Journal of Applied Entomology*, 119, 273-277.
4. Bernal, J. & Gonzalez, D. (1997). Reproduction of *Diaeretiella rapae* on Russian wheat aphid hosts at different temperatures. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 82, 159-166.
5. Birch, L. C. (1948). The intrinsic rate of increase of an insect population. *Journal of Animal Ecology*, 17, 15-26.
6. Botto, N. E., D. Gonza'lez & T. S. Bellows. (1988). Effect of temperature on some biological parameters of two populations of *Aphidius ervi* Haliday (Hymenoptera: Aphidiidae). In: V. K. Gupta (Ed.). *Advances in Parasitic Hymenoptera Research*. E. J. Brill, Leiden, pp. 367-377.
7. Brewer, M. J. & Elliot, N. C. (2004). Biological control of cereal aphids in North America and mediating effects of host plant and habitat manipulations. *Annual Review of Entomology*, 49, 219-242.
8. Briere, J. F., Pracros, P., Le Roux, A. Y. & Pierre, J. S. (1999). A novel rate model of temperature-dependent development for arthropods. *Environmental Entomology*, 28, 22-29.

9. Campbell, A., Frazer, B. D. Gilbert, N. Gutierrez, A. P. & Mackauer, M. (1974). Temperature requirements of some aphids and their parasites. *Journal of Applied Ecology*, 11, 431-438.
10. Carey, J. R. (1993). *Applied Demography for Biologists, with Special Emphasis on Insects*. 206pp. Oxford University Press. U. K.
11. Farid, A., Johnson, J. B., Shaft, B. & Quisenberry, S. S. (1998). Tritrophic studies of Russian wheat aphid a parasitoid and resistant and susceptible wheat over three parasitoid generations. *Biological Control*, 12, 1-6.
12. Feng, M. G., Johnson, J. B. & Halbert, S. E. (1991). Natural control of cereal aphids (Homoptera: Aphididae) by entomopathogenic fungi (Zygomycetes: Entomophthorales) and parasitoids (Hymenoptera: Braconidae and Encyrtidae) on irrigated spring wheat in southwestern Idaho. *Environmental Entomology*, 20, 1699-1710.
13. Feng, M. G., Johnson, J. B. & Halbert, S. E. (1992). Parasitoids (Hymenoptera: Aphidiidae and Aphelinidae) and their effect on aphid (Homoptera: Aphididae) populations in irrigated grain in southwestern Idaho. *Environmental Entomology*, 21, 1433-1440.
14. Flint, M. L. (1980). Climatic ecotypes in *Trioxys complanatus*, a parasite of the spotted alfalfa aphid. *Environmental Entomology*, 9, 501-507.
15. Force, D. C. & Messenger, P. S. (1964). Duration of development, generation time, and longevity of three hymenopterous parasites of *Therioaphis maculata* reared at various constant temperatures. *Annals of the Entomological Society of America*, 57, 405-413.
16. Force, D. C. & Messenger, P. S. (1968). The use of laboratory studies of three hymenopterous parasites to evaluate their field potential. *Journal of Economic Entomology*, 61, 1371-1378.
17. Harcourt, D. C. & Yee, J. M. (1982). Polynomial algorithm for predicting the duration of insect life stages. *Environmental Entomology*, 11, 581-584.
18. Hayakawa, D. L., Grafius, E. & Stehr, F. W. (1990). Effects of temperature on longevity, reproduction, and development of the asparagus aphid (Homoptera: Aphididae) and the parasitoid, *Diaeretiella rapae* (Hymenoptera: Braconidae). *Environmental Entomology*, 19, 890-897.
19. Horn, D. J. (1988). *Ecological approach to pest management*. The Guilford Press, New York.
20. Hosseini-Gharalari, A., Fathipour, Y. & Talebi, A. A. (2003). A Comparison of stable population parameters of cabbage aphid *Brevicoryne brassicae* and its parasitoid *Diaeretiella rapae*. *Iranian Journal Agriculture Science*, 34 (4), 785-791. (In Farsi).
21. Hughes, R. D. & Maywald, G. F. (1990). Forecasting the favourableness of the Australian environment for the Russian wheat aphid, *Diuraphis noxia* and its potential impact on Australian wheat yield. *Bulletin of Entomological Research*, 80, 165-175.
22. Ikemoto, T. and Takai, K. (2000). A new linearized formula for the law of total effective temperature and the evaluation of line-fitting methods with both variables subject to error. *Environmental Entomology*, 29, 671-682.
23. Jones, D. B., Giles, K. L., Berberet, R. C., Royer, T. A., Elliott, N. C. & Payton, M. E. (2003). Functional response of an introduced parasitoid and an indigenous parasitoid on greenbug at four temperatures. *Environmental Entomology*, 32, 425-432.
24. Kambhampati, S. & Mackauer, M. (1989). Multivariate assessment of inter and intraspecific variation in performance criteria of several pea aphid parasites (Hymenoptera: Aphidiidae). *Annals of the Entomological Society of America*, 82, 314-324.
25. Kovalev, O. V., Paprowski, T. J., Stekolshchikov, A. V., Vereshchagina, A. B. & Gandrabur, S. A. (1992). *Diuraphis Aizenberg* (Hom., Aphididae): key to apterous viviparous females, and a review of Russian language literature on the natural history of *Diuraphis noxia* (Kurdjumov, 1913). *Journal of Applied Entomology*, 112, 425-436.
26. Kruger, G. H. J. & Hewitt, P. H. (1984). The effect of Russian wheat aphid (*Diuraphis noxia*) (Mordvilko) extract on photosynthesis of isolated chloroplasts: Preliminary studies. In: M. C. Walters (Ed.). *Progress in Russian wheat aphid (Diuraphis noxia Mordvilko) research in the Republic of South Africa*. Department of Agriculture, Republic of South Africa, Technical Communication 191.
27. Lactin, D. J., Holliday, N. J., Johnson, D. L. & Crigen, R. (1995). Improved rate model of temperature-dependent development by arthropods. *Environmental Entomology*, 24, 68-75.
28. Luckmann, W. H. & Metcalf, R. L. (1994). The pest-management concept. In: R. L. Metcalf & W. H. Luckmann (Eds.). *Introduction to Insect Pest Management* (3rd ed.). (pp. 1-34). Wiley, New York..
29. Maia, A. H. N., Luiz, A. J. B. & Campanhola, C. (2000). Statistical inference on associated fertility life table parameters using jackknife technique: computational aspects. *Journal of Economic Entomology*, 93, 511-518.
30. McKinnon, L. K., Gilstrap, F. E., Gonzalez, D., Wooley, J. B., Sta'ry, P. & Wharton, R. A. (1992). Importations of natural enemies for biological control of Russian wheat aphid. In: W. P. Morrison (Ed.).

- In: Proceedings of the fifth Russian Wheat Aphid Conference. Great Plains Agricultural Council Publication No. 142, Forth Worth, USA., 136-145.
31. Meyer, J. S., Ingersoll, C. G., McDonald, L. L. & Boyce, M. S. (1986). Estimating uncertainty in population growth rates: Jackknife vs. bootstrap techniques. *Ecology*, 67, 1156-1166.
 32. Powell, D. A. & Bellows, T. S. Jr. (1992). Development and reproduction of two populations of *Eretmocerus* species (Hymenoptera: Aphelinidae) on *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae). *Environmental Entomology*, 21, 651-658.
 33. Rakhshani, E., Tomanovic, Z., Stary, P., Talebi, A. A., Kavalieratos, N. G., Zamani, A. A. & Stemankovic, S. (2008). Distribution and diversity of wheat aphid parasitoids (Hymenoptera: Braconidae: Aphidiinae) in Iran. *European Journal of Entomology*, 105, 863-870.
 34. Reed, H. C., Reed, D. K. & Elliot, N. C. (1992). Comparative life table statistics of *Diaeretiella rapae* and *Aphidius matricariae* on the Russian wheat aphid. *Southwestern Entomologist*, 17, 307-312.
 35. Rezvani, A. (2001). *Key to the aphids (Homoptera: Aphidinea) in Iran*. Ministry of Jihad-e- Agriculture, Agricultural Research, Education and Extension Organization. 304 pp. (In Farsi).
 36. SAS Institute. (2007). JMP: a Guide to statistical and data analysis, version 7.0.1. Cary, NC. Computer program, version By SAS Institute.
 37. Stary, P. (1988). Aphidiidae. In: A. K. Minks & P. Harrewijn (Eds.). *Aphids, their Biology, Natural Enemies and Control*, Volume 2B. (pp. 171-184), Elsevier Science Publishers, Amsterdam.
 38. Steenis, M. J. van. (1993). Intrinsic rate of increase of *Aphidius colemani* Vier. (Hym., Braconidae), a parasitoid of *Aphis gossypii* Glov. (Hom., Aphididae), at different temperatures. *Journal of Applied Entomology*, 116, 192-198.
 39. Tahriri Adabi, S., Talebi, A. A., Fathipour, Y. & Zamani, A. A. (2010). Life history demographic parameters of *Aphis fabae* (Hemiptera: Aphididae) and its parasitoid, *Aphidius matricaria* (Hymenoptera: Aphidiidae) on four sugar beet cultivars. *Acta Entomologica Serbica*, 15(1), 61-73.
 40. Tanigoshi, L. K. & Browne, R. W. (1978). Influence of temperature on life table parameters of *Metaseiulus occidentalis* and *Tetranychus mcDanieli* (Acarina: Phytoseidae, Tetranychidae). *Annals of the Entomological Society of America*, 71, 313-316.
 41. Von Wechmar, M. B. (1984). Russian wheat aphid spreads gramineae viruses. In: M. C. Walters (Ed.). *Progress in Russian wheat aphid (Diuraphis noxia Mordvilko) research in the Republic of South Africa*. Department of Agriculture, Republic of South Africa, Technical Communication 191.
 42. Vucetich, J. A., Peterson, R. O. & Schaefer, C. L. (2002). The effect of prey and predator densities on wolf predation. *Ecology*, 83, 3003-3013.
 43. Zamani, A. A., Talebi, A. A. & Fathipour, Y. (2007). Effect of temperature on life history of *Aphidius colemani* and *Aphidius matricariae* (Hymenoptera: Braconidae), two parasitoids of *Aphis gossypii* and *Myzus persicae* (Homoptera: Aphididae). *Environmental Entomology*, 36(2), 263-271.
 44. Zare, N., Gonzalez, D., Ahmadi, A., Esmaili, M., Maleki-Milani, H., Vafabakhsh, J., Salimi, Y., Gilstrap, F., Stary, P., Woolley, J. B. & Thompson, F. C. (1995). A search for the Russian wheat aphid, *Diuraphis noxia* (Mordvilko) (Homoptera: Aphididae), and its natural enemies in Iran. In: Proceedings of the 12th Iranian Plant Protection Congress, 2-7 Sep., Karaj, Iran, p. 12.