آفات و بیماری‌های گیاهی
جلد ۷۳، شماره ۲، اسفند ۱۳۸۴

بررسی اثر دما بر زیست‌شناسی شته سبز بادام *Brachycaudus amygdalinus* در شرایط آزمایشگاه[۱]

Effect of temperature on the biology of almond green aphid *Brachycaudus amygdalinus* under laboratory conditions

سید حبیب‌الله نوربخش[۱]، ابراهیم سلیمان نژادیان[۲]، محمدسعید مصدق[۲] و علی رضوانی[۳]

۱- مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی چهارمحال و بختیاری

۲- گروه گیاهپزشکی دانشگاه شهید چمران، اهواز

۳- مؤسسه تحقیقات آفات و بیماری‌های گیاهی، تهران

(تاریخ دریافت: مهر ۱۳۸۳، تاریخ پذیرش: اردیبهشت ۱۳۸۴)

چکیده

رابطه دما و رشد و نمو شته *Brachycaudus amygdalinus* با استفاده از مدل رگرسیونی در دمای ثابت ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۲۷/۵ و ۰/۷ ± ۲۹ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۱۰ ± ۴۰ درصد و دوره نوری ۱۲:۱۲ ساعت بررسی شد. مدت زمان لازم برای تکمیل مراحل پورگی از ۱۴/۰۴ روز در دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد به ۵/۸ روز در دمای ۲۷/۵ درجه سانتی‌گراد کاهش یافت. با افزایش دما به ۲۹ درجه سانتی‌گراد طول دوره رشد مجدداً به ۸/۳۹ روز افزایش یافت. دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد باعث افزایش مرگ و میر بالا در سن اول پورگی شد و تقریباً هیچ پوره‌ای به سن ٤ نرسید. شته‌های پرورش یافته در دماهای ۲۹ و ۱۰ درجه سانتی‌گراد به ترتیب کمترین بقا (۳۱٪) و بیشترین بقا (۸۹٪) را داشتند. مدل لاکتین-۲ مناسب‌ترین مدل غیرخطی توصیف کننده رابطه بین نرخ رشد و دما برای این گونه بود. بر اساس پیش‌بینی این مدل

۱- این مقاله بخشی از پایان‌نامه دکتری نگارنده اول می‌باشد.

حداکثر دمای کشنده (T_{max}) برای سنین پورگی ۱ تا ٤ به ترتیب ۲۹/۵۸، ۲۹/۹۳، ۲۹/۵۵ و ۲۹/۵٦ درجه سانتی‌گراد به دست آمد. با استفاده از مدل رگرسیون خطی آستانه پائینی دما ۲/۸٤- درجه سانتی‌گراد به دست آمد. این دما با دمای محیط در زمان فعالیت شته در طبیعت هماهنگی دارد. پارامترهای جدول زندگی در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد محاسبه شد. مقادیر نرخ ذاتی رشد جمعیت (۰/۲٦۳)، متوسط طول دوره یک نسل (۱۱/٤۹ روز)، مدت زمان دو برابر شدن جمعیت (۲/٦۳ روز)، نرخ خالص تولیدمثل (۲۰/٦۲ پوره ماده بر ماده) و نرخ ناخالص تولیدمثل (٤۰/۵۹ پوره ماده بر ماده) محاسبه شد. طول عمر شته بالغ *B. amygdalinus* در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد ٦/۷٤ روز به دست آمد.

واژه‌های کلیدی: نرخ رشد، آستانه دمایی، شته سبز بادام، جدول زندگی، بادام، شهرکرد

مقدمه

بر اساس آمار سال ۱۳۸۲ سطح زیر کشت باغ‌های بادام و هلو در استان چهارمحال و بختیاری به ترتیب ۱۱۸۶۴ و ۱۶۵۹ هکتار است (Anonymous, 2005). به نظر می‌رسد با علاقه‌مندی سرمایه‌گذاران کشاورزی این سطح باز هم توسعه بیشتری بیابد. یکی از مشکلاتی که باغ‌های رو به توسعه با آن مواجه هستند حضور آفات متنوعی از قبیل شته‌ها روی درختان بادام و هلو است. شته *Brachycaudus amygdalinus* Schout. یکی از آفات مهم درختان بادام، هلو، گوجه، آلو و زردآلو در نقاط میوه‌خیز کشور می‌باشد. این شته زمستان را به صورت تخم روی درختان میوه هسته‌دار سپری می‌کند (Rezwani & Radjabi, 1987). شته *B. amygdalinus* بعنوان یکی از فراوان‌ترین شته‌های جمع‌آوری شده از درختان بادام منطقه نجف‌آباد معرفی شده است که بالدارها پس از ظهور در فصل بهار به طرف علف هفت‌بند (*Poligonum* sp.) مهاجرت می‌کنند (Ghorbali, 2001). خسارت این شته با پیچش برگ‌های بادام به صورت مورب در اول فصل بهار شروع می‌شود (Blackman & Eastop, 2000). برای اجرای یک برنامه مدیریتی کارآمد و پیش آگاهی از جمعیت حشره، آگاهی از زیست‌شناسی و دینامیسم جمعیت آن ضروری به نظر می‌رسد. سه فاکتور مهم بر قابلیت رشد شته‌ها مؤثرند: منطقه جغرافیایی و سازگاری جمعیت شته، گیاه میزبان و دما (Xia *et al.*, 1999) که متغییر محیطی مهمی بوده و نرخ رشد، تولیدمثل و بقا شته‌ها را تحت تأثیر قرار می‌دهد. رشد در دماهای پایین‌تر از آستانه

پائینی دما تقریباً صورت نمی‌گیرد و بالاتر از این آستانه با افزایش دما، رشد نیز افزایش می‌یابد تا به حد بهینه خود برسد (Wang & Tsai, 2000). طول دوره رشدی مراحل نابالغ شته *Aphis gossypii* Glover روی پنبه با افزایش دما به ۲۵ تا ۳۰ درجه سانتی‌گراد کاهش می‌یابد و سپس با افزایش بیشتر دما این مدت نیز افزایش می‌یابد (Xia *et al.*, 1999). کوتاه‌ترین زمان لازم برای رشد از تولد تا اولین پوره‌زایی برای شته *A. gossypii* در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد ٤/٦ روز گزارش شده است در صورتی که همین شته در دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد در ۲۳ روز به مرحله پوره‌زایی می‌رسد (Xia *et al.*, 1999). شته *Brachycaudus schwartzi* (Borner) در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد کوتاه‌ترین زمان رشد خود را در مدت ٦/۹ روز و طولانی‌ترین زمان رشد به مدت ۱۹/۹ روز را در دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد طی می‌کند (Satar & yokomi, 2002). آستانه پایینی دما یکی از مقادیر ثابت دمایی است که بیانگر پایین‌ترین دمایی است که حشره رشد خود را شروع می‌کند. این آستانه برای سنین پورگی شته *A. gossypii* از ۸/۲ درجه سانتی‌گراد در اولین سن پورگی تا ٦/۲ درجه سانتی‌گراد در سن چهارم پورگی تغییر می‌کند (Xia *et al.*, 1999). آستانه پایینی دما برای شته *Aphis spiraecola* Patch در سن اول پورگی دمای ۵ درجه سانتی‌گراد و برای بقیه سنین پورگی به ترتیب ۱/٤، ۱ و ۱/۳ درجه سانتی‌گراد گزارش شده است (Wang & Tsai, 2000). اگر چه اثر دما بر رشد گونه‌هایی از شته تعیین شده است و اهمیت حرارت در این رابطه روشن است (Campbell & Mackauer, 1975; Ballou *et al.*, 1986; Xia *et al.*, 1999) ولی در مورد زیست‌شناسی *B. amygdalinus* اطلاعات کمی وجود دارد و در مورد نرخ رشد، رشد و بقا پوره‌ها، آستانه‌های دمایی و نرخ رشد ذاتی جمعیت گزارشی مشاهده نشده است. به همین منظور در این تحقیق طول دوره رشدی مراحل مختلف زیستی (پوره‌های سن ۱ تا ٤) طول دوره پیش تولیدمثلی، مدت زمان پوره‌زایی، میزان تولیدمثل، نرخ رشد مراحل مختلف، رابطه بین نرخ رشد و نمو و دما با مدل‌های دمایی و میزان درجه - روز لازم برای تمام مراحل زیستی مورد بررسی قرار گرفت. همچنین با بررسی جدول زندگی پارامترهای رشدی و تولیدمثلی مهم مورد محاسبه قرار گرفت.

روش بررسی

تهیه کلنی شته: برای تشکیل کلنی، تعداد ۱۵ عدد تخم زمستان‌گذران شته

B. amygdalinus از روی شاخه‌های درختان بادامستان امامیه منطقه سامان در دی ماه سال ۱۳۸۲ جمع‌آوری گردید و در گلخانه مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی شهرکرد روی نهال‌های بادام پرورش داده شد. پس از ایجاد نسل دوم و تشکیل کلنی روی نهال‌های بادام، این کلنی‌ها به عنوان کلنی پایه برای مطالعات بعدی مورد استفاده قرار گرفت.

رشد و نمو پوره‌ها: رشد و نمو پوره‌ها در ٦ دمای ثابت ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۲۷/۵ و ۰/۷ ± ۲۹ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۱۰ ± ٤۰ درصد و دوره نوری ۱۲:۱۲ (L:D) ساعت بررسی شد، آزمایش‌ها در یک انکوباتور و یکی پس از دیگری انجام پذیرفت. قبل از شروع هر آزمایش تعداد ٦۰-٤۰ ساقه تازه بادام رقم سفید به طول ۱۰ سانتی‌متر از درختان شاداب بادامستان امامیه قطع و در آزمایشگاه بجز دو برگ انتهایی بقیه برگ‌های هر ساقه حذف شد. ساقه‌ها جداگانه درون ظروف استوانه‌ای کوچکی به قطر ۲/۵ و ارتفاع ۵ سانتی‌متر قرار گرفت. برای نگهداری ساقه در وسط هر ظرف استوانه‌ای یک لوله پلاستیکی به قطر ۸ میلی‌متر و ارتفاع ۳ سانتی‌متر تعبیه شد. داخل ظرف استوانه‌ای تا ارتفاع ٤/۵ سانتی‌متری پر از آب شد تا ضمن آبیاری ساقه از فرار شته‌ها جلوگیری گردد. شته‌های بی‌بال زنده‌زا از کلنی پایه انتخاب و روی هر ساقه ۲ عدد ماده بالغ قرار گرفت و پس از ٤ ساعت پوره‌زایی بالغین از روی ساقه‌ها حذف شد و فقط یک عدد پوره سن یک روی هر ساقه باقی گذاشته شد. همه ٦۰-٤۰ ساقه آماده شده درون انکوباتور در شرایط ذکر شده قرار گرفت. برای مشاهده بقاء و پوست‌اندازی پوره‌ها هر ۱۲ ساعت یک بار ساقه‌ها زیر استریومیکروسکوپ بازدید شد. ساقه‌های مورد آزمایش در دمای ۱۰ تا ۲۰ درجه سانتی‌گراد هر سه روز یکبار و ساقه‌های قرار داده شده در درجه حرارت ۲۵ تا ۲۹ درجه سانتی‌گراد هر دو روز یک بار تعویض گردید.

طول عمر و تولیدمثل: طول عمر پوره‌ها از زمان تولد تا رسیدن به مرحله بلوغ، دوره پیش تولیدمثلی، دوره پوره‌زایی تا زمان مرگ شته و میزان تولیدمثل شته‌های بالغ (m_x) روی ساقه‌های قرار داده شده در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد، رطوبت نسبی ۱۰ ±٤۰ درصد و دوره نوری ۱۲:۱۲ (L:D) ساعت مورد بررسی قرار گرفت. پوره‌های متولد شده روی هر یک از ساقه‌ها پس از شمارش روزانه حذف شدند. شمارش پوره‌ها تا مرگ شته‌های بالغ ادامه یافت.

تجزیه و تحلیل داده‌ها و مدل رشد: نرخ ذاتی رشد جمعیت (r_m) با استفاده از معادله لوتکا $\Sigma_x e^{-rx} l_x m_x = 1$ محاسبه شد. پارامترهای دیگر مانند نرخ خالص تولیدمثل ($R_0 = \Sigma l_x m_x$)،

نرخ متناهی افزایش جمعیت ($\lambda = e^r$)، متوسط طول دوره یک نسل ($T = ln\ R_0/r$)، مدت زمان دو برابر شدن جمعیت ($DT = ln2/r$) و نرخ ناخالص تولیدمثل ($GRR = \Sigma\ m_x$) بر اساس روش Carey (1993) برحسب روز و دوره سنی[1] (IP) در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد برآورد شد.

مقایسه طول دوره رشدی مراحل مختلف زیستی در دماهای مختلف از طریق تجزیه واریانس و مقایسه میانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس طرح پایه کاملاً تصادفی و با استفاده از نرم‌افزار SAS 6.02 انجام گرفت. با استفاده از نرم‌افزار Excel 2000 و Curve Expert 1.3 میزان نیکویی برازش داده‌های نرخ رشد و نمو با مدل‌های غیرخطی زیر بررسی شد:

Lactin1 $[D(T) = e^{(\rho T)} - e^{(\rho Tmax - (Tmax - T)/\Delta T)}]$

Lactin2 $[D(T) = e^{(\rho T)} - e^{(\rho Tmax - (Tmax - T)/\Delta T)} + \lambda)]$

Logan6 $[D(T) = \psi(e^{(\rho T)} - e^{(\rho Tmax - (Tmax - T)/\Delta T)}]$

Logan10 $[D(T) = \alpha((1/(1+ ke^{(-\rho T)})) - e^{(-(Tmax - T)/\Delta T)})]$

در این رابطه‌ها D(T) نرخ رشد در دمای پرورش T(°C)، T_{max} دمای حداکثر کشنده، ΔT میزان اختلاف دمای بهینه رشد و دمای حداکثر کشنده، Ψ حداکثر نرخ رشد، ρ پارامتر ثابت و تعیین کننده نرخ رشد، k و α ثابت‌های تجربی هستند و λ پارامتری است که سبب قطع محور y در مقداری کمتر از صفر می‌شود بنابراین برآورد دمای پایینی آستانه رشد را ممکن می‌سازد (Roy *et al.*, 2002). پارامترهای هر یک از مدل‌های خطی و غیرخطی با استفاده از روش حداقل مربعات[2] و رگرسیون مارکوارت[3] با استفاده از نرم‌افزار Excel 2000 و Curve Expert 1.3 مورد محاسبه قرار گرفت. مدلی که دارای کمترین مقدار مجموع مربعات مانده‌ها (SSR) و بیشترین مقدار ضریب تعیین تعدیل شده (R^2) بود به عنوان مناسب‌ترین مدل انتخاب گردید.

جهت بررسی رابطه بین دما و نرخ رشد مراحل مختلف زیستی از مدل رگرسیون خطی $y = a + bT$ در دامنه دمایی ۱۰ تا ۲۷/۵ درجه سانتی‌گراد (بخش خطی منحنی رشد) استفاده

۱- Instar period، یک دوره سنی (IP) مدت زمان لازم برای تکمیل هر یک از ۳ سن پورگی بر حسب درجه-روز است. که این مدت برای هر ۳ سن پورگی در بسیاری از گونه‌ها اگر برابر نباشد خیلی مشابه است (Gilbert *et al.*, 1976، نقل از Hutchison & Hogg, 1984).

۲- Least squares regression techniques

۳- Marquardt technique

شد. در این رابطه y نرخ رشد، a عرض از مبدأ و b شیب خط رگرسیون است. با استفاده از این مدل آستانه دمای پایین برای شروع رشد مراحل زیستی مختلف بر اساس رابطه a/b- بر آورد شد. این دما، دمایی است که بالاتر از آن رشد طبیعی موجود زنده آغاز و پائین‌تر از آن متوقف می‌شود (Siddiqui & Barlow, 1973). درجه حرارت مؤثر برای رشد هر سن پورگی و کل دوره پورگی تا رسیدن به مرحله بلوغ بر حسب مقیاس درجه - روز ($D^{\circ} > t_L$) با استفاده از سه روش زیر محاسبه گردید.

۱- معادله $D^{\circ} = T\ (CT - t_L)$، در این رابطه T طول دوره رشدی مشاهده شده برحسب روز برای یک مرحله معین در دمای ثابت (CT) می‌باشد. t_L نیز آستانه حداقل دمای رشد یا همان صفر بیولوژیکی می‌باشد (Hatchison & Hogg, 1984).

۲- از روش عکس مقادیر شیب خط رگرسیون دما و نرخ رشد ($D^{\circ}=1/b$) (Campbel *et al.*, 1974).

۳- حرارت مؤثر به دست آمده از طریق رگرسیون خطی برای کل دوره پورگی تا رسیدن به مرحله بلوغ در میانگین هندسی نسبت زمان سپری شده در هر مرحله ضرب شد (Iranipour *et al.*, 2003، نقل از Rezaei, 1997).

نتیجه و بحث

رشد و نمو دوره پورگی: مدت زمان لازم برای رشد مراحل پورگی سن اول تا چهارم و کل زمان مورد نیاز برای رسیدن به مرحله بلوغ و دوره پیش تولیدمثلی شته بالغ *B. amygdalinus* در جدول (۱) ارائه شده است. مدت زمان لازم برای تکمیل مراحل پورگی از ۱٤/۰٤ روز در دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد تا ٥/۸ روز در دمای ۲۷/٥ درجه سانتی‌گراد تغییر کرد. با افزایش دما طول دوره رشد برای هر یک از ٤ مرحله پورگی تا رسیدن به حداکثر نرخ رشد پورگی کاهش یافت (جدول ۱، نمودار ۱).

کمترین زمان لازم برای تکمیل مراحل پورگی سن ۱، ۲، ۳ و ٤ در دمای ۲۷/٥ درجه سانتی‌گراد به ترتیب ۱/٤۷، ۱/٤٥، ۱/٤ و ۱/٥٤ روز ثبت گردید. دمای ۲۹ درجه سانتی‌گراد باعث کاهش نرخ رشد در مقایسه با دماهای پایین‌تر گردید و دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد باعث افزایش مرگ و میر بالا در سن اول پورگی گردید، بطوریکه تعداد کمی از این پوره‌ها رشد خود

جدول ۱- میانگین مدت زمان رشد (بر حسب روز) هر یک از مراحل پورگی و کل زمان مورد نیاز برای رسیدن به مرحله بالغ برای شته بی‌بال *B. amygdalinus* و دوره پیش تولیدمثلی در دمای ثابت

Table 1- Mean developmental time (days) for each nymphal instar and total time needed to reach adulthood for apterous *B. amygdalinus* and pre reproduction time at constant temperatures.

دما Temp.(°C)		پوره سن ۱ Instar 1	پوره سن ۲ Instar 2	پوره سن ۳ Instar 3	پوره سن ۴ Instar 4	پوره ۱ تا ۴ Instar 1- 4	دوره پیش تولیدمثلی Pre reproduction period
	Mean	3.619a	3.39a	3.457a	3.613a	14.035a	1.013a
10	(±SE)	0.236	0.378	0.501	0.488	0.613	0.366
	n	53	50	48	47	47	47
	Mean	2.637b	2.212b	2.234b	2.689b	9.81b	1.10a
15	(±SE)	0.256	0.389	0.333	0.418	0.723	0.488
	n	36	31	28	27	27	27
	Mean	2.029d	1.985c	1.91c	2.193c	8.086c	0.76b
20	(±SE)	0.057	0.217	0.359	0.457	0.588	0.262
	n	45	34	32	30	30	30
	Mean	1.683e	1.517e	1.6d	1.866d	6.508d	0.958a
25	(±SE)	0.129	0.428	0.305	0.432	0.714	0.368
	n	59	54	47	37	37	37
	Mean	1.469f	1.448e	1.407d	1.539e	5.839e	0.736b
27.5	(±SE)	0.41	0.356	0.412	0.287	0.456	0.311
	n	39	33	33	32	32	32
	Mean	2.293c	1.75d	2.079cb	2.369c	8.391c	---
29	(±SE)	0.355	0.467	0.486	0.348	0.609	---
	n	26	15	10	8	8	---
F		469.71	166.07	144.81	116.75	908.38	6.02
df		5, 252	5, 211	5, 192	5, 175	5, 175	4, 168
p		0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001

بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن، میانگین‌های هر ستون که دارای یک حرف مشترک هستند از نظر آماری در سطح احتمال ۵ درصد فاقد تفاوت معنی‌دار می‌باشند.

Mean followed by the same letter within columns are not significant ($p > 0.05$) based on Duncan's test

جدول ۲- آستانه پائینی دما و مدت زمان رشدی بر حسب درجه- روز برای شته بی‌بال *B. amygdalinus*

Table 2- Lower developmental thresholds (t_L) and developmental time (D^o) for apterous *B. amygdalinus*.

سنین پورگی Nymphal stages	دما t_L (°C)	مدت زمان رشد بر حسب درجه- روز Developmental time (D°) (±SE)			
		روش عکس شیب $D^\circ = (1/slope)$	معادله $D^o = T(CT - t_L)$	روش میانگین هندسی Geometric mean method	معادله رگرسیون Regression equation
1	-1.97	44.29 (±1.79)	44.25 (±0.92)	46.24 (±0.89)	y = 0.0226x + 0.0444
2	-3.84	44.88 (±3.91)	45.02 (±2.34)	42.9 (±2.21)	y = 0.0223x + 0.0856
3	-3.52	44.34 (±3.22)	44.46 (±2.06)	43.01 (±1.92)	y = 0.0226x + 0.0795
4	-3.57	50.36 (±4.87)	50.35 (±2.17)	48.61 (±2.36)	y = 0.0199x + 0.0708
∑1-Adult	-2.84	179.63 (±6.68)	179.63 (±3.74)	179.63 (±6.68)	y = 0.0056x + 0.0158

را تکمیل و به سن ۲ تبدیل شدند. و تقریباً هیچ پوره‌ای تا سن ٤ رشد نکـرد. بـه همـین دلیـل داده‌های به دست آمده در این دما در تجزیه و تحلیل مورد استفاده قرار نگرفت.

تخمین ثابت‌های دمایی: مقادیر آستانه پائینی دما برای شروع رشد (t_L) و رابطه بـین نـرخ رشد و دما در مراحل مختلف زیستی تعیین شد (جدول ۲، نمودار ۱). میزان درجه - روزهـای لازم برای رشد سنین مختلف پورگی و میزان کل درجه- روز لازم تا رسیدن به مرحله بلوغ بر اساس روش‌های عکس شیب خط رگرسیون، معادله $D^o = T(CT-t_L)$ و روش میـانگین هندسـی مورد محاسبه قرار گرفت که تفاوتی مشاهده نگردید ($p = 0.9$) (جدول ۲).

مناسب‌ترین مدل غیرخطی توصیف کننده رابطه بین نرخ رشد و دما برای ایـن شـته مـدل لاکتین-۲ بود. مقادیر ثابت‌های مدل، p و λ بر اساس روش حداقل مربعات مورد محاسبه قرار گرفت. این مدل دو پارامتر زیستی (T_{max}) دمای حداکثر کشـنده و میـزان (ΔT) اخـتلاف دمـای بهینه رشد و دمای حداکثر کشنده را در ارتباط با رشد و نمو گونه مورد نظـر بـرآورد مـی‌کنـد (جدول ۳).

جدول ۳- پارامترهای مدل غیرخطی Lactin-2 برای وابستگی دمایی نرخ رشد نابالغین شته *B. amygdalinus*

Table 3- Parameters of nonlinear model of Lactin 2 for temperature-dependent developmental rates of Immature stages of *B. amygdalinus*

سنین پورگی Nymphal stages	P	T_{max}	ΔT	λ	R^2
1	0.328	29.578	3.044	0.083	0.96
2	0.319	29.925	3.1304	0.3537	0.96
3	0.321	29.547	3.1114	0.3474	0.94
4	0.328	29.559	3.0435	0.3063	0.94
∑1-Adult	0.328	29.585	3.044	0.0824	0.95

میزان بقاء: شته‌های پرورش یافته در دماهای ۲۹ و ۱۰ درجه سانتی‌گراد به ترتیب کمترین (۳۱ درصد) و بیشترین بقاء(۸۹ درصد) را داشتند (جدول ۱، نمودار ۲). به طور کلی مرگ و میر مراحل پورگی در سنین ۱ تا ٤ در دمای ۱۰ تا ۲۷/۵ درجه سانتی‌گراد کمتر از ۲٤ درصد بود (جدول ۱).

پارامترهای رشدی و تولیدمثلی: مقادیر پارامترهای رشدی و تولیدمثلی جمعیت *B. amygdalinus* در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد مورد محاسبه قرار گرفت. مقادیر نرخ رشد ذاتی جمعیت r_m، نرخ متناهی افزایش جمعیت λ، نرخ خالص تولیدمثل (R_0)، متوسط طول دوره یک نسل (T)، مدت زمان دو برابر شدن جمعیت (DT)، نرخ ناخالص تولیدمثل (GRR) بر حسب روز و دوره سنی (IP) در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد برآورد شد (جدول ٤).

جدول ٤- پارامترهای رشدی و تولیدمثلی شته *B. amygdalinus* در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد

Table 4- Developmental and reproductive parameters of *B. amygdalinus* at 20°C

Statistic*	r_m	λ	GT	TTA	TTFR	DT	GRR**	R_0**
Days	0.263	1.301	11.49	8.09	8.89	2.63	40.59	20.62
Ip	0.512	1.668	5.92	4.16	4.57	1.36		

**- GRR و R_0 برای یک نسل محاسبه شده‌اند و در هر مقیاس زمانی یکسان هستند.

** - GRR and R_0 have been calculated for one generation and are identical for any time scale

*, r_m, Intrinsic rate of increase; λ, finite rate of increase; Gt, mean generation time; TTA, time needed to reach adulthood; TTFR, time until first reproduction; DT, doubling time;

حضور شته روی نهال‌های جوان باغ‌های جدید از این نظر با اهمیت است که باعث توقف رشد و تأخیر در سن باردهی می‌گردد علاوه بر این به واسطه ضعف، نهال جوان مورد حمله چوبخوارها و پوستخوارها قرار می‌گیرد که خسارت قابل توجهی به باغ وارد می‌شود. شته‌ها به دلیل رشد سریع در مدت کوتاه جمعیت زیادی تولید می‌کنند. سه فاکتور مهم بر قابلیت رشد شته‌ها مؤثرند: منطقه جغرافیایی و سازگاری جمعیت شته، گیاه میزبان و دما

(Xia *et al.*, 1999). دما متغییر محیطی مهمی است که نرخ رشد، تولیدمثل و بقا شته‌ها را تحت تأثیر قرار می‌دهد، رشد در دماهای پایین‌تر از آستانه دمای پائینی تقریباً انجام نمی‌شود و بالاتر از این آستانه با افزایش دما رشد نیز افزایش می‌یابد تا به حد بهینه خود برسد (Wang & Tsai, 2000). مدت زمان لازم برای تکمیل مراحل پورگی شته *B. amygdalinus* با افزایش دما از ۱٤/۰٤ روز در دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد به ۵/۸ روز در دمای بهینه ۲۷/۵ درجه سانتی‌گراد کاهش یافت. ولی همواره این افزایش دما با افزایش نرخ رشد همراه نبود. اضافه شدن دما از ۲۷/۵ درجه به ۲۹ درجه در این آزمایش باعث کاهش نرخ رشد و افزایش مدت زمان لازم برای تکمیل مراحل پورگی از ۵/۸ روز به ۸/۳۹ روز و انحراف از حالت رشد خطی گردید (جدول ۱، نمودار ۱). دوره رشدی پوره سن ٤ *B. amygdalinus* کمی بیشتر از دوره رشدی ۳ سن دیگر پورگی بود (جدول ۱). مشابه این پدیده برای شته *A. spiraecola.* (Wang & Tsai, 2000) و برای شته *Acyrtosiphum pisum* (Harris) (Hutchison & Hogg, 1984; Campbel *et al.*, 1974) گزارش شده است. اگر چه دوره رشدی ۳ سن اول پورگی *B. amygdalinus* اندکی با هم اختلاف داشت ولی میزان درجه – روز D° مورد نیاز برای تکمیل دوره رشد سن اول، دوم و سوم پورگی به ترتیب با مقادیر ٤٤/۲۹، ٤٤/۸۸ و ٤٤/۳٤ تقریباً با هم برابر بود. در صورتی که پوره سن ٤ برای تکمیل دوره رشدی خود به درجه- روز بیشتری نیاز داشت (٥۰/۳٦ D°). این پدیده ممکن است بخاطر تغییرات عمده فیزیولوژیک باشد که در جریان رشد و تبدیل پوره سن ٤ به مرحله بالغ اتفاق می‌افتد (Wang & Tsai, 2000). اگرچه شته *B. amygdalinus* مانند بسیاری از شته‌ها نسبت به دمای پایین متحمل است ولی با آستانه دمائی ۲/۸٤- درجه سانتی گراد نسبت به شته *A. spiraecola* با آستانه دمائی ۲/۳ درجه سانتی‌گراد (Wang & Tsai, 2000) و شته *A. pisum* با آستانه دمائی ۲/۷۳ درجه سانتی‌گراد (Hutchison & Hogg, 1984) و همچنین شته *Metopolophium dirhodum* (Wlk) با آستانه دمائی ۰/۲٦- درجه سانتی‌گراد (Zhou & Carter, 1992، نقل از Wang & Tsai, 2000) دارای آستانه دمایی پائین‌تری بوده و تحمل بیشتری در دمای سرد دارد.

میانگین دمای کمینه، بیشینه و روزانه ایستگاه تحقیقات کشاورزی در نیمه دوم بهمن ۱۳۸۲ به ترتیب ۳/۱-، ۱۰/۱ و ۳/۵ درجه سانتی‌گراد و میزان بارش ٤٦/۹ میلی‌متر بود با توجه به این شرایط که روزهای سرد سال سپری می‌شدند و تقریباً در تمام شب‌ها امکان بارش برف

و یخبندان وجود داشت اولین تفریخ تخم‌های شته *B. amygdalinus* در تاریخ ۸۲/۱۱/۲۸ انجام شد. اولین فرد بالغ شته‌های مؤسس در تاریخ ۸۲/۱۲/۲٤ در شرایطی که فقط جوانه‌های برگ و گل تا حدودی متورم شده بودند و آثاری از گل و برگ سبز وجود نداشت، ظاهر شد که این موضوع مؤید تحمل این گونه در مقابل دمای پایین است. شته‌های مؤسس معمولاً کنار جوانه‌های برگ و گل مستقر شده و تا زمان مرگ از شیره گیاهی شاخه‌های سال قبل تغذیه می‌کنند. پس از باز شدن اولین شکوفه‌ها در بهار بعضی از افراد باقی‌مانده وارد کاسه گل شده و پوره‌زائی می‌کنند. از طرفی افزایش دما به ۲۹ درجه سانتی‌گراد باعث افزایش مرگ و میر مراحل نابالغ تا ٦۹ ٪ و عدم تولیدمثل گردید. این علائم بیانگر نزدیک شدن به آستانه بالایی دما (دمای حداکثر کشنده) برای این گونه بود. این چنین کاهش نرخ رشدی برای شته *Rhopalosiphum nymphae* (L.) (Ballou *et al.*,1986)، شته *A. spiraecola* (Wang & Tsai, 2000) و شته *A. pisum* (Hutchison & Hogg, 1984) گزارش شده است. بر اساس پیش‌بینی مدل حداکثر دمای کشنده (T_{max}) برای سنین پورگی ۱ تا ٤ شته *B. amygdalinus* به ترتیب ۲۹/۵۸، ۲۹/۹۳، ۲۹/۵۵ و ۲۹/۵٦ درجه سانتی‌گراد به دست آمد. و رشد و نمو در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد به صفر رسید. چنین وضعیتی برای شته *A. spiraecola* در دمای ۳۵ درجه سانتی‌گراد گزارش گردیده است (Wang & Tsai, 2000). اگر چه جمعیت شته در اکثر باغ‌های بادام حاشیه زاینده‌رود به دلیل مهاجرت تابستانه و حضور گونه‌های متنوع دشمنان طبیعی در اواخر فصل بهار و اوایل تابستان به صفر می‌رسد، ولی در سال‌های ۱۳۸۲ و ۱۳۸۳ بر روی نهال‌های جوانی که در شرایط رشدی مطلوب قرار داشتند تا زمانی‌که میانگین دمای بیشینه کمتر از ۳۰ درجه سانتی‌گراد بود، حضور جمعیت قابل توجه شته و بعضی از دشمنان طبیعی بر روی نهال‌ها مشاهده شد. با افزایش دما طی یک هفته نتایج آزمایشگاهی با مشاهدات صحرایی هم آهنگی نشان داد. به‌طوری‌که در سال ۱۳۸۲ از ۱۲ تا ۱۹ تیر ماه میانگین دما به بیشینه ۳۵/۱۱ درجه سانتی‌گراد و در سال ۱۳۸۳ از ۱۵ تا ۲۱ مرداد ماه میانگین دما به بیشینه ۳۵/۲ درجه سانتی‌گراد رسید. پس از این اوج گرما کلنی شته‌ها از بین رفتند. ممکن است میانگین بیشینه دمای محیط گاهی در زمان فعالیت شته دو تا سه درجه سانتی‌گراد به بالاتر از دمای حداکثر کشنده برسد. ولی اصولاً به دلیل تبخیر از سطح برگ و میکروکلیمای ایجاد شده در پیچیدگی برگ ناشی از تغذیه شته و موقتی بودن افزایش دما، احتمالاً دمای محل فعالیت شته پایین‌تر از دمای محیط

خواهد بود. در صورتیکه افزایش دما تا حد ۳۵ درجه و گاهی بالاتر و تداوم آن در چند روز، سبب عدم تولیدمثل و مرگ می‌شود. به‌طوری‌که پس از وقوع این افزایش دما با وجود جستجوی زیاد بر روی نهال‌های جوان کلنی زنده یافت نشد. مهاجرت بهاره این شته در مناطق خنک به سمت گونه‌های علف هفت‌بند اختیاری است (Blackman & Eastop, 2000). با حضور دائمی جمعیت شته بر روی نهال‌های بادام و هلو در گلخانه مرکز تحقیقات کشاورزی با دمای متغیر ۲۰ تا ۳۰ درجه سانتی‌گراد و بقا کلنی روی نهال‌های جوان در شرایط طبیعی تا قبل از وقوع دمای حداکثر کشنده، به نظر می‌رسد که مهاجرت برای ادامه زندگی این شته الزامی نیست. دمای حداکثر کشنده از عوامل مهمی است که از دو جنبه باید در توسعه باغداری مناطق سردسیر مورد توجه قرار گیرد:

۱- حضور دائمی شته بر روی نهال‌ها و درختان مستعد رشد، مثل نهال‌های جوان.

۲- بقا بیشتر شته بر روی گونه‌های علف هفت‌بند و افزایش جمعیت بازگشتی پائیزه، بطوریکه در مشاهدات مزرعه‌ای این افزایش مهاجران بازگشتی در شهرکرد نسبت به باغ‌های منطقه سامان که کمی گرم‌تر از شهرکرد است در سال ۸۲ مشاهده شد (اطلاعات شخصی منتشر نشده).

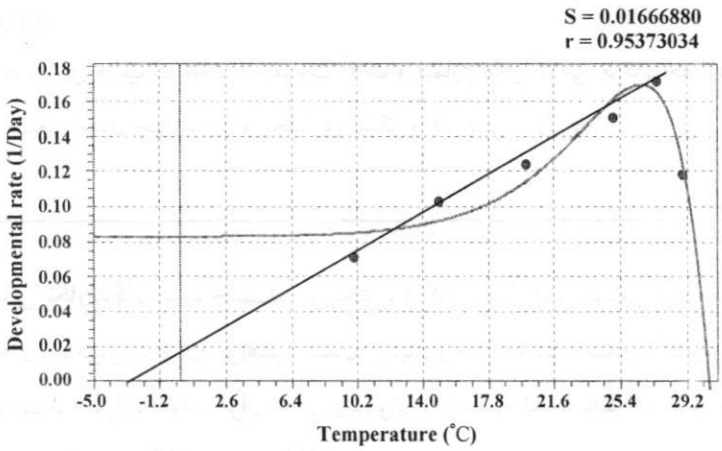
طول عمر شته بالغ *B. amygdalinus* در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد ٦/٧٤ روز و میزان پوره تولید شده در این مدت ٤٠/٦ عدد به دست آمد که در مقایسه با شته‌های *B. schwartzi*، *A. spiraecola* و *A. gossypii* دارای طول عمر کمتری است. ولی در همین مدت کوتاه به دلیل رشد ذاتی (r_m) بیشتر قادر بود تقریباً به اندازه شته *B. schwartzi* و *A. spiraecola* و بیشتر از شته *A. gossypii* پوره تولید نماید (جدول۵).

در حالی که در محدوده دمایی ۱۰ تا ۲۷/۵ درجه سانتی‌گراد با افزایش دما مدت زمان رشد و میزان بقاء مراحل مختلف رشدی شته روند کاهشی نشان داد، مدت زمان دوره پیش تولیدمثلی در دمای ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵ و ۲۷/۵ درجه سانتی‌گراد به ترتیب ۱/۰۱، ۱/۱، ۰/۷٦، ۰/۹٦ و ۰/۷٤ روز به دست آمد که روند مشخصی نداشت (جدول ۱). عدم وجود یک رابطه مشخص بین تغییرات مدت زمان دوره زندگی بعد از تولید تخم و افزایش دما در محدوده دمایی ۲۱ تا ۳٦ درجه سانتی‌گراد روی کنه *Tetranychus evansi* Baker & Pritchard نیز دیده شده است (Bonato, 1999).

جدول ۵- مقایسه پارامترهای رشدی و تولیدمثلی شته *B. amygdalinus* با ۳ گونه شته دیگر در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد

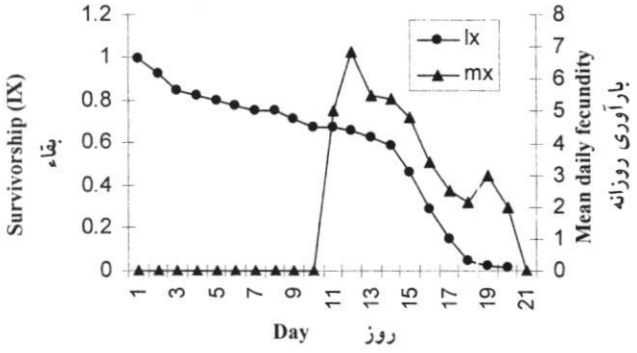
Table 5- Comparison of developmental and reproductive parametersof *B. amygdalinus* with three other species at 20°C

شته Aphids	مدت رشد Developmental time (days)	بقا Longevity	GRR	r_m	R0	GT	منبع Source
B. amygdalinus	8.09 ± 0.57	6.74 ± 1.7	40.6 ± 2.4	0.263	20.6	11.49	(this article)
B. schwartzi	11 ± 0.08	23.7 ± 1.7	46.4 ± 3.4	0.199	43.5	22.86	Satar & Yokomi (2002)
A. spiraecola	13.1 ± 0.2	20.1 ±0.79	44 ± 1.25	0.190	40.9	19.6	Wang & Tsai (2000)
A. gossypii	8.5 ± 0.2	15.6 ± 1.4	24.6 ± 2	0.255	18.5	11.4	Xia *et al* (1999)



نمودار ۱- نرخ رشد مراحل پورگی تا بالغ شته *B. amygdalinus* به صورت تابعی از دما، خط راست: رگرسیون خطی در دامنه دمایی ۱۰ تا ۲۷/۵ درجه سانتی‌گراد، منحنی خمیده: مدل غیرخطی برازش شده لاکتین-۲ در دامنه دمایی ۱۰ تا ۲۹ درجه سانتی‌گراد، نقطه‌ها: نسبت‌های مشاهده شده هستند.

Fig. 1- Developmental rate of nymphal and adult stage of *B. amygdalinus* as a function of temperature, Straight line: linear regression at 10-27.5°C thermal range, Curve: fitted non-linear lactin-2 model at 10-29°C thermal range, Dots: observed ratios.



نمودار ۲- بقاء و بارآوری ویژه سنی شته *B. amygdalinus*

Fig. 2- Age specfic survivorship and fecundity of *B. amygdalinus*

سپاسگزاری

از همکاری صمیمانه بخش تحقیقات آفات و بیماری‌های گیاهی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان چهارمحال و بختیاری تشکر و قدردانی می‌گردد.

نشانی نگارندگان: سید حبیب‌الله نوربخش، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی چهارمحال و بختیاری، ایران؛ ابراهیم سلیمان نژادیان و محمدسعید مصدق، گروه گیاهپزشکی دانشگاه شهید چمران، اهواز، ایران؛ علی رضوانی، مؤسسه تحقیقات آفات و بیماری‌های گیاهی، صندوق پستی ۱۴۵۴، تهران ۱۹۳۹۵، ایران.