



تأثیر دما بر زیست شناسی و پراسنجه‌های جدول زندگی سن گلخوار یونجه

Lygus rugulipennis (Hemiptera: Miridae)علیرضا زمان زاده^۱، علی اصغر طالبی^۱، مهرا ن رضایی^۱ و محمد خانجانی^۲

۱- گروه حشره‌شناسی کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

✉ zanzadehr@yahoo.com

✉ talebia@modares.ac.ir

✉ mehnan.rezaei@modares.ac.ir

<https://orcid.org/0000-0001-5749-6391><https://orcid.org/0000-0002-5994-6939>

۲- گروه گیاه پزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران

✉ khanjani@basu.ac.ir

<https://orcid.org/0000-0001-7197-3908>

چکیده: سن گلخوار یونجه، *Lygus rugulipennis* Poppius (Hemiptera: Miridae) یکی از آفات مهم یونجه در بسیاری از نقاط جهان می‌باشد. زیست‌شناسی آزمایشگاهی و پراسنجه‌های جدول زندگی این آفت در پنج دمای ۲۵، ۲۷/۵، ۳۰، ۳۲/۵ و ۳۵ درجه سلسیوس، رطوبت نسبی 50 ± 5 درصد و دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی مورد بررسی قرار گرفت. این آفت قادر به نشوونما در دمای ۳۵ درجه سلسیوس نبود. طولانی‌ترین و کوتاه‌ترین طول دوره پورگی به ترتیب در دمای ۲۷/۵ (۱۳/۸۱ روز) و ۳۲/۵ درجه سلسیوس (۸/۰۸ روز) به دست آمد. طول عمر حشرات کامل ماده در دماهای ۲۵، ۲۷/۵، ۳۰ و ۳۲/۵ درجه سلسیوس به ترتیب ۲۴/۰۶، ۲۰/۹۶، ۱۹/۰۵ و ۱۰/۷۵ روز تخمین زده شد. بر اساس نتایج به دست آمده، نرخ سرشتی افزایش جمعیت (r) سن گلخوار یونجه، در دماهای ۲۵، ۲۷/۵، ۳۰ و ۳۲/۵ درجه سلسیوس به ترتیب ۰/۱۰۴۵، ۰/۰۹۲۳ و ۰/۰۶۶۲ بر روز، نرخ خالص تولید مثل (R₀) به ترتیب ۲۳/۹۲، ۱۵/۷۷، ۱۲/۳۷ و ۴/۶۰ نتاج ماده/فرد ماده، نرخ کرانمند افزایش جمعیت (λ) به ترتیب ۱/۱۱۰، ۱/۰۹۷، ۱/۰۶۹ بر روز، میانگین زمان نسل (T) به ترتیب ۳۰/۸۹، ۲۵/۹۰، ۲۶/۲۷ و ۲۳/۱۹ روز و زمان دوبرابر شدن جمعیت (DT) به ترتیب ۶/۷۴، ۶/۶۵، ۷/۴۶ و ۱۰/۱۹ روز به دست آمد. بر اساس نتایج به دست آمده، دامنه دمایی ۲۵ تا ۲۷/۵ درجه سلسیوس به عنوان دمای بهینه و در مقابل دمای ۳۲/۵ درجه سلسیوس به عنوان آسیب پذیرترین دما برای نشوونمای سن گلخوار یونجه تعیین شد. نتایج به دست آمده در این پژوهش می‌تواند در برنامه‌های پیش‌آگاهی و مدیریت تلفیقی این آفت مورد استفاده قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: نرخ ذاتی افزایش جمعیت، نرخ خالص تولید مثل، دما، سن گلخوار، یونجه

تاریخچه مقاله

دریافت: ۱۴۰۰/۱۱/۱۳

پذیرش: ۱۴۰۱/۰۵/۲۰

دبیر تخصصی: یعقوب فتحی‌پور

Citation: Zanzadeh, A., Talebi, A. A., Rezaei, M. and Khanjani, M. (2022) Effect of temperature on biology and life table parameters of the European tarnished plant bug, *Lygus rugulipennis* (Hemiptera: Miridae). *J. Entomol. Soc. Iran*, 42 (2), 111-120.

مقدمه

سن گلخوار یونجه، *Lygus rugulipennis* Poppius (Hemiptera: Miridae) یکی از آفات مهم یونجه در ایران و بسیاری از نقاط دیگر جهان است که خسارت قابل توجهی به این محصول وارد می‌کند (Fitzgerald & Jay, 2011; Mirab-balou & Radjabi, 2013). تغذیه سن‌های جنس *Lygus* از اندام‌های زایشی گیاه سبب کاهش قوه نامیه، لاغری، کاهش وزن هزار دانه و ریزش تعداد قابل توجهی از غنچه‌ها و گل‌های یونجه می‌شود. خسارت در مرحله گل در مواردی به حدی زیاد است که از مجموعه گل آذین تنها محور گل باقی می‌ماند (Varis, 1972; Easterbrook, 2000; Accinelli et al., 2005). سن گلخوار یونجه از نقاط مختلف اروپا، آفریقا و آسیا به عنوان آفت درجه یک گزارش شده است (Wheeler, 2001; Salerno et al., 2007; Pansa et al., 2012). این آفت در ایران تاکنون از استان‌های آذربایجان غربی، آذربایجان شرقی، اردبیل (مغان)، کرمانشاه، ایلام، زنجان، مرکزی، گلستان، فارس، تهران (کرج، ورامین و اشتهراد) و مناطق مختلف استان همدان جمع‌آوری شده است (Khanjani & Kalafchi, 2002). در مزارع یونجه همدان سن گلخوار یونجه دارای بیشترین جمعیت در مقایسه با دیگر گونه‌های آفت می‌باشد (Mirab-balou & Khanjani, 2008; Mirab-balou & Radjabi, 2013). این آفت دارای دامنه میزبانی وسیعی بوده و تاکنون ۴۳۷ گونه گیاهی از ۵۷ تیره به‌عنوان میزبان آن گزارش شده‌اند که از جمله می‌توان به تیره‌های Asteraceae, Brassicaceae و Fabaceae اشاره کرد (Fitzgerald & Jay, 2011; Holopainen & Varis, 1991). سن گلخوار یونجه در ایران از روی یونجه، چغندرقد، پنبه، سیب‌زمینی، شبدر، هویج، گندم دیم، جو، *Eremopyrum distans* (K.Koch) Nevski، *Chenopodium botrys* (L.) *Atriplex patula* L. و تعدادی از علف‌های هرز جمع‌آوری و گزارش شده است، اما میزبان مرجع آن، گیاه یونجه و به‌خصوص یونجه بذری است که هر ساله خسارت زیادی به این محصول وارد می‌کند

Corresponding author: Ali Asghar Talebi (E-mail: talebia@modares.ac.ir)



© 2022 by Author(s), Published by the Entomological Society of Iran

This Work is licensed under Creative Commons Attribution-Non Commercial 4.0 International Public License.

(Khanjani & Kalafchi, 2002; Pansa & Tavella, 2009). این آفت در مناطق شمالی ایتالیا به عنوان آفت مخرب کاهو و توت‌فرنگی مطرح است (Accinelli et al., 2005). آفت‌کش‌های آدامکتین، استامی‌پراید، ایندوکساکارب و تیوفن‌پیراد برای کاهش جمعیت این آفت موثر گزارش شده است. با این حال، اثرات جانبی این آفت‌کش‌ها بر دشمنان طبیعی و حشرات گرده‌افشان باید مورد توجه قرار گیرد (Fitzgerald, 2004; Accinelli et al., 2005; Fitzgerald & Jay, 2011).

ویژگی‌های زیستی سن گلخوار یونجه در سال ۱۳۶۷ در استان همدان مورد بررسی قرار گرفت (Khanjani, 1990). این آفت زمستان را به صورت حشره کامل در زیر کله‌ها، بوته‌ها و زیر پوسته درختان اطراف مزرعه سپری می‌کند (Mirab-balou & Radjabi, 2013). سن‌های زمستان‌گذران در اواخر فروردین، پس از استقرار در مزرعه، مختصری تغذیه نموده و سپس جفت‌گیری و تخم‌گذاری می‌کنند. حشرات ماده تخم‌های سفید رنگ خود را داخل نسج گیاهان میزبان قرار می‌دهند (Mirab-balou & Khanjani, 2008). میانگین طول دوره تخم‌گذاری، ۲۹ روز و میانگین تعداد تخم گذاشته شده توسط هر فرد ماده در طول عمر خود ۷۲ عدد در شرایط آزمایشگاهی گزارش شده است. این آفت دارای پنج سن پورگی می‌باشد که بطور میانگین ۲۸ روز به طول می‌انجامد. میانگین طول دوره نشوونمای پوره سن اول، شش روز، سنین دوم، سوم و چهارم هر کدام چهار روز و سن پنجم ۱۰ روز می‌باشد. مجموع نشوونما از تخم تا ظهور حشره کامل حدود ۴۷-۶۷ روز به طول می‌انجامد (Boness 1963; Varis, 1972). این آفت در شرایط آب و هوایی همدان دارای دو نسل کامل و یک نسل ناقص است (Khanjani & Kalafchi, 2002)، درحالی‌که در شرایط آب و هوایی فنلاند دارای یک نسل در سال و در انگلستان، جمهوری چک، آلمان، لهستان و بلغارستان دو نسل کامل در هر سال ایجاد می‌کند (Varis, 1972). در ایتالیا این آفت ۳ تا ۴ نسل در سال دارد و دوره نشوونمای آفت از تخم تا حشرات بالغ ۳۶ روز به طول می‌انجامد (Rancati et al., 1996). در شرایط آزمایشگاهی، دوره نشوونمای مراحل نابالغ سن گلخوار یونجه روی علف هرز پیرگیا، *Senecio vulgaris* L.، در ماه‌های ۱۵ و ۲۲ درجه سلسیوس به ترتیب ۶۶ و ۲۲ روز به طول انجامید. در دمای پایین‌تر از ۱۰ درجه سلسیوس هیچ یک از تخم‌های این آفت تفریح نمی‌شود (Easterbrook et al., 2003). پرورش سن گلخوار *L. rugulipennis* روی رژیم غذایی مصنوعی معرفی شده برای پرورش سن *Lygus hesperus* Knight، مشخص نمود که این رژیم غذایی در مقایسه با غلاف لوبیا از کارایی لازم برخوردار نمی‌باشد (Salerno et al., 2007).

شرایط محیطی بویژه دما بر فرآیندهای زنده‌مانی، نشوونما، رفتار و تولید مثل جانداران خونسرد از جمله حشرات اثر مستقیم دارد. بررسی محدوده‌های دمایی فعالیت حشرات، بهترین گزینه برای شناخت اثر شرایط آب و هوایی بر سازگاری و پویایی جمعیت آنها می‌باشد (Mirhosseini et al., 2017; Tazerouni et al., 2019; Kazemi et al., 2020; Rezaei & Talebi, 2020). دما یکی از عوامل موثر بر پراسنجه‌های رشد جمعیت، باروری و طول عمر گونه‌های خانواده Miridae است. دماهای بالا موجب افزایش مرگ و میر و عدم رشد و نمو افراد این خانواده می‌شود (Khattat & Stewart, 1977; Bommireddy et al., 2004; Lu et al., 2010; Ugine, 2012). مطالعات اندکی در مورد زیست‌شناسی سن گلخوار *L. rugulipennis* در دماهای گوناگون انجام شده است (Easterbrook et al., 2003; Rancati et al., 1996). همچنین در بررسی منابع، مطالعاتی با موضوع بررسی اثر دماهای گوناگون روی ویژگی‌های زیستی دیگر گونه‌های جنس *Lygus* موجود می‌باشد. به عنوان مثال، طول عمر حشرات کامل *L. hesperus* در دماهای ۲۰، ۲۵ و ۳۰ درجه سلسیوس به ترتیب ۲۳/۷، ۳۲ و ۲۱/۹ روز گزارش شده است (Bryan et al., 1976). هیچ یک از تخم‌های سن *Lygus elisus* (van Duzee) در دمای ۱۰ درجه سلسیوس تفریح نمی‌شود (Bommireddy et al., 2004). بررسی‌های Lu et al. (2010) مشخص نمود که بالاترین تلفات مرحله پورگی سن *Apolygus lucorum* (Meyer-Dür) (حدود ۹۰ درصد) در دمای ۳۵ درجه سلسیوس مشاهده می‌شود و بیشترین و کمترین نرخ زنده‌مانی تخم به ترتیب در دماهای ۳۰ و ۱۵ درجه سلسیوس رخ می‌دهد.

پراسنجه‌های جدول زندگی حشرات توصیف جامعی از زنده‌مانی، نشوونما، باروری و زادآوری افراد مورد مطالعه ارائه می‌دهند که اساس علم بوم‌شناسی جمعیت را تشکیل می‌دهد. در جداول زندگی حشرات، میزان باروری با ثبت فاکتورهایی مانند تعداد افراد متولد شده، تا مرگ آخرین فرد از گروه هم‌سن و همچنین مشخص ساختن طول دوره نشوونما، نرخ زنده‌مانی ویژه سن، پیش‌بینی اندازه جمعیت و ساختار سنی آن در یک زمان مشخص محاسبه می‌شود (Carey, 1993; 2001). دما نقش موثری را در تعیین پراسنجه‌های جدول زندگی حشرات ایفا می‌کند (Wheeler, 2001; Bommireddy et al., 2004; Mirhosseini et al., 2017). مطالعات گوناگونی به بررسی اثر دما بر پراسنجه‌های جدول زندگی گونه‌های خانواده Miridae پرداخته است (Ting, 1963; Lu et al., 2010). برای مثال، بیشترین و کمترین نرخ ناخالص باروری *A. lucorum* به ترتیب در دمای ۲۰ (۸۴/۸ تخم) و ۳۵ (۲۱/۹ تخم) گزارش شده است (Lu et al., 2010). همچنین، نرخ خالص تولید مثل (R_0)، نرخ سرشتی افزایش جمعیت (r)، نرخ کرانمند افزایش جمعیت (λ)، مدت زمان دوبرابر شدن جمعیت (DT) و متوسط زمان یک نسل (T) برای سن *L. hesperus* در دمای ۲۵ درجه سلسیوس با تغذیه از گیاه لوبیا به ترتیب ۱۵/۵۲ نتاج ماده/ماده، ۰/۰۶۷۱ بر روز، ۱/۰۶۹ روز، ۱۰/۳۳ روز و ۴۰/۸۷ روز گزارش شده است (Chen & Parajulee, 2010).

از آنجاییکه در تئوری‌های بوم‌شناسی اثر افزایش یا کاهش دمای محیط بر بوم سامانه‌ها یکی از مسائل مهم می‌باشد و با توجه به اینکه تاکنون تحقیقی روی پراسنجه‌های جدول زندگی سن گلخوار یونجه در ایران انجام نشده است، در این تحقیق، اثر دماهای مختلف بر زیست‌شناسی و پراسنجه‌های جدول زندگی این آفت مورد بررسی قرار گرفت. نتایج این تحقیق می‌تواند در پیش‌بینی جمعیت آفت در دماهای مختلف مورد استفاده قرار گرفته و در برنامه مدیریت تلفیقی سن گلخوار یونجه در بوم سامانه‌های کشاورزی مفید واقع شود.

مواد و روش‌ها

جمع‌آوری و پرورش سن گلخوار یونجه. حشرات کامل سن گلخوار یونجه، در تیر ماه سال ۱۳۹۰ از مزارع یونجه رقم همدانی روستای خان آباد شهرستان کیودراهنک واقع در استان همدان (48° 45' N, 35° 10' E, 1656 m) توسط تور حشره‌گیری جمع‌آوری و داخل پاکت‌های پلاستیکی به آزمایشگاه

منتقل شدند. حشرات کامل بعد از تفکیک از گونه‌های دیگر، به ظرف‌های جفت‌گیری و تخم‌ریزی (با قطر ۸/۵ و ارتفاع ۱۶ سانتی‌متر) منتقل و روی غلاف‌های لوبیا در ژرمیناتور با دمای 27 ± 1 درجه سلسیوس، رطوبت نسبی 60 ± 5 درصد و دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی پرورش داده شدند.

طراحی آزمایش برای مطالعه پراسنجه‌های جدول زندگی. طول دوره نشوونمای مراحل مختلف سن گلخوار یونجه در دماهای ۲۵، ۲۷/۵، ۳۰ و ۳۲/۵ درجه سلسیوس با تغذیه از غلاف لوبیا بررسی شد. به دلیل تلفات ۱۰۰ درصدی در دمای ۳۵ درجه سلسیوس، بررسی پراسنجه‌های جدول زندگی در این دما امکان پذیر نشد. برای شروع آزمایش نیاز به تخم‌های هم‌سن بود. برای این منظور در هر دما، ۱۰۰ جفت سن گلخوار یونجه برای جفت‌گیری و تخم‌گذاری داخل ظرف‌های استوانه‌ای پوشیده شده با توری، و محتوی غلاف‌های سبز لوبیا (رقم بومی) رهاسازی شدند. پس از ۲۴ ساعت، حشرات بالغ حذف و تعداد حداقل ۱۰۰ عدد تخم سن گلخوار یونجه با عمر کمتر از ۱۲ ساعت روی غلاف‌های لوبیا، انتخاب و به صورت مجزا داخل ظرف‌های پلاستیکی به قطر ۵ و ارتفاع ۱۹ سانتی‌متر منتقل شدند. روی هر غلاف لوبیا یک عدد تخم آفت نگهداری شد. روزانه کلیه ظرف‌های پلاستیکی مورد بازدید قرار گرفت و تاریخ ظهور پوره‌ها و طول دوره جنینی آنها به تفکیک در هر دما ثبت شد. با ظهور پوره‌ها، هر یک از آنها به صورت جداگانه همراه با یک غلاف لوبیای تازه داخل ظروف پلاستیکی به قطر ۵ و ارتفاع ۱۹ سانتی‌متر منتقل و هر سه روز یکبار غلاف‌های لوبیا تعویض شد. مراحل مختلف نشوونما و مرگ و میر آنها تا ظهور حشره کامل ثبت شد. پس از ظهور حشرات کامل، تعداد تخم‌های گذاشته شده توسط هر حشره ماده به صورت روزانه شمارش و ثبت شد. برای هر تیمار تعداد ۱۰۰ جفت حشره نر و ماده در نظر گرفته شد. آزمایش تا مرگ آخرین حشره کامل ادامه یافت. تمام مراحل آزمایش داخل ژرمیناتور و تحت شرایط کنترل شده (دماهای ۲۵، ۲۷/۵، ۳۰ و ۳۲/۵ درجه سلسیوس، رطوبت نسبی 60 ± 5 درصد و دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی) انجام شد.

تجزیه داده‌ها. محاسبه پراسنجه‌های تولید مثل و رشد جمعیت با استفاده از فرمول‌های ارائه شده توسط (Carey 1993, 2001) انجام شد. با استفاده از روش آماری جک‌نایف (Jackknife) مقادیر کاذب پراسنجه‌های تولید مثل و رشد جمعیت در نرم‌افزار SAS 6.12 محاسبه شد (Maia et al., 2000). الگوریتم Jackknife برای تخمین میانگین و واریانس نرخ ذاتی افزایش جمعیت (r_m) توضیح داده می‌شود. سایر پارامترها نیز به روش مشابه محاسبه شد. مراحل مختلف این روش عبارتند از:

الف: محاسبه واقعی r_m برای این منظور با استفاده از داده‌های مربوط به بقاء و تولید مثل تمام شته‌های مورد بررسی (n ماده)، مقدار r_m با استفاده از روش معمول آن محاسبه شد. مقدار محاسبه شده در این مرحله تحت عنوان ($r_{m(all)}$) یادداشت شد.

ب: در این مرحله روش ارائه شده در بند الف برای n مرتبه دیگر تکرار شد، به طوری که در هر مرحله اطلاعات مربوط به یکی از ماده‌ها حذف شده و مقدار r_m برای $n-1$ ماده دیگر محاسبه شد. با انجام این روش n مرتبه مقدار r_m محاسبه و تحت عنوان $r_{m(i)}$ یادداشت گردید.

ج: در این مرحله برای هر مقدار محاسبه شده $r_{m(i)}$ یک مقدار کاذب (Pseudovalue) از طریق معادله زیر محاسبه گردید:

$$PSV r_{m(j)} = n \times r_{m(all)} - (n-1) \times r_{m(i)}$$

بنابراین در این مرحله، n مقدار کاذب ($r_{m(j)}$) برای r_m به دست آمد.

د: با استفاده از n مقدار محاسبه شده $r_{m(i)}$ و معادلات زیر برای مقادیر میانگین، واریانس و خطای استاندارد r_m به دست آمد:

$$r_{m(mean)} = \frac{\sum r_{m(j)}}{n}$$

$$VARr_{m(mean)} = \frac{\sum (r_{m(j)} - r_{m(all)})^2}{n-1}$$

$$SEMr_{m(mean)} = \frac{\sqrt{VAR(r)(r_{m(mean)})}}{n}$$

برای بررسی نرمال بودن داده‌های به دست آمده از تست Kolmogorov-Smirnov استفاده شد. تجزیه داده‌ها با استفاده از one-way ANOVA انجام گرفت و در صورت مشاهده معنی‌داری، مقایسه میانگین با استفاده از آزمون S-N-K در سطح ۵ درصد انجام شد. مراحل تجزیه آماری در نرم‌افزار IBM-SPSS v.19 انجام شد.

نتایج

طول دوره نشوونمای مراحل مختلف زیستی. نشوونمای مراحل تخم، پورگی و حشره کامل در چهار دمای ۲۵، ۲۷/۵، ۳۰ و ۳۲/۵ درجه سلسیوس بصورت موفقیت‌آمیزی سپری شد، اما در دمای ۳۵ درجه سلسیوس هیچ یک از تخم‌ها تفریح نشدند. میانگین طول دوره‌های نشوونمای مراحل مختلف زیستی سن گلخوار *L. rugulipennis* در جدول ۱ ارائه شده است. طولانی‌ترین و کوتاه‌ترین طول دوره رشد جنینی به ترتیب در دمای 25 ± 0.16 (روز) و 30 ± 0.19 درجه سلسیوس (9.08 ± 0.19 روز) مشاهده شد که دارای تفاوت معنی‌دار بود. براساس گزارش (Easterbrook et al. 2003) دوره رشد جنینی سن گلخوار یونجه در دماهای ۱۵، ۲۰ و ۲۵ درجه سلسیوس به ترتیب 0.49 ± 0.18 ، 1.15 ± 0.12 و 1.9 ± 0.12 روز به طول انجامید. هیچ یک از تخم‌های سن گلخوار یونجه در دمای ۱۰ درجه سلسیوس تفریح نشدند (Easterbrook et al., 2003). براساس گزارش (Ugine 2012) روی سن *Lygus lineolaris* (Palisot de Beauvois) (Hemiptera: Miridae)، بیشترین و کمترین طول دوره رشد جنینی به ترتیب در دمای 17 ± 0.3 (روز) و 32 ± 0.2 درجه سلسیوس 6 ± 0.2

روز) بدست آمد. دما به صورت چشمگیری بر رشد جنینی افراد خانواده Miridae موثر است، اما طول روز بر نشوونمای مرحله تخم هیچگونه اثری ندارد (Boness, 1963). در تمامی دماها، طولانی‌ترین دوره رشد مراحل سنی قبل از بلوغ مربوط به مرحله تخم سن گلخوار یونجه بود.

میانگین طول دوره پورگی سنین اول تا پنجم در دماهای مختلف تفاوت معنی‌داری را نشان داد ($F = 37.015$; $df = 3,399$; $P < 0.05$). با افزایش دما، طول دوره پورگی از $۰/۳۸ \pm ۱۳/۸۱$ روز در دمای $۲۷/۵$ درجه سلسیوس به $۰/۵ \pm ۸/۰۸$ روز در دمای $۳۲/۵$ درجه سلسیوس کاهش یافت. طول دوره پیش از بلوغ (دوره رشد جنینی و پورگی) در دماهای مختلف تفاوت معنی‌داری را نشان داد ($F = 39.128$; $df = 3,399$; $P < 0.05$). بر اساس نتایج به دست آمده میانگین طول دوره پیش از بلوغ در دماهای ۲۵ ، $۲۷/۵$ ، ۳۰ و $۳۲/۵$ درجه سلسیوس به ترتیب $۰/۵۲ \pm ۲۳/۲۵$ ، $۰/۴۲ \pm ۲۳/۲۹$ ، $۰/۵۲ \pm ۱۸/۳۸$ و $۰/۵۵ \pm ۱۷/۳$ روز به دست آمد. در بررسی‌های گذشته، طول دوره نشوونمای سن گلخوار یونجه از مرحله تخم تا ظهور حشرات کامل با تغذیه از گیاه توت‌فرنگی در دماهای ۱۵ ، ۲۰ و ۲۵ درجه سلسیوس به ترتیب $۸۳/۸$ ، $۴۷/۲$ و $۲۸/۸$ روز و با تغذیه از علف هرز پیرگیاه در دماهای مذکور به ترتیب $۶۵/۶$ ، ۳۹ و $۲۲/۲$ روز به دست آمد (Easterbrook et al., 2003). در مطالعه حاضر برای تغذیه سن گلخوار یونجه از غلاف لوبیا استفاده شد که دلیل اختلاف نتایج با بررسی‌های گذشته بوده و نشان دهنده اثر گیاه میزبان بر طول دوره نشوونمای پیش از بلوغ *L. rugulipennis* می‌باشد. همچنین اختلاف دماهای مورد بررسی، نژادهای جغرافیایی گوناگون آفت و شرایط پرورش را نیز در اختلاف نتایج باید مورد توجه قرار داد (Rancati et al., 1996; Lu et al., 2010). در بررسی انجام شده روی مرحله پیش از بلوغ سن *L. elisus* در شرایط آزمایشگاهی (دمای ۲۵ درجه سلسیوس)، طول این دوره بین $۱۲-۲۱$ روز گزارش شد. طول دوره پورگی سن *Ratnadass* (Hemiptera: Miridae) (*Creontiades pallidus* (Rambur) در شرایط آزمایشگاهی ($۲۷-۲۵$ درجه سلسیوس)، $۱۴-۸$ روز گزارش شده است (et al., 1994). که این نتایج تقریباً مشابه نتایج به دست آمده برای این دما در تحقیق حاضر می‌باشد. بر اساس نتایج این پژوهش، دما با افزایش سوخت و ساز بدن حشره موجب کاهش طول دوره رشد پیش از بلوغ می‌شود که با نتایج به دست آمده از پژوهش‌های گذشته مطابقت دارد (Butler & Wardecker, 1971; Kazemi et al., 2020; Lu et al., 2010).

طول عمر حشرات کامل ماده سن گلخوار یونجه در دماهای ۲۵ ، $۲۷/۵$ ، ۳۰ و $۳۲/۵$ درجه سلسیوس به ترتیب $۲۴/۰۶$ ، $۲۰/۹۶$ ، $۱۹/۰۵$ و $۱۰/۷۵$ روز به دست آمد. طولانی‌ترین و کوتاه‌ترین زمان به ترتیب مربوط به دماهای ۲۵ و $۳۲/۵$ درجه سلسیوس بود. بر اساس گزارش Bryan et al. (1976) طول عمر حشرات کامل *L. hesperus* در دماهای ۲۰ ، ۲۵ و ۳۰ درجه سلسیوس به ترتیب $۷/۷ \pm ۳۲/۲$ ، $۹/۷ \pm ۳۲/۲$ و $۶/۶۶ \pm ۲۱/۹$ روز گزارش شده است. نتایج حاصل از پژوهش حاضر با نتایج به دست آمده از پژوهش Bryan et al. (1976) به طور نسبی مطابقت دارد. در صورتیکه طول عمر حشرات کامل سن *L. elisus* در دماهای ۱۵ ، ۲۰ ، ۲۵ ، ۳۰ و ۳۵ درجه سلسیوس به ترتیب $۱۲۴/۳۱$ ، $۵۶/۸۸$ ، $۵۱/۵۸$ ، $۳۷/۷۹$ و $۱۶/۳۶$ روز گزارش شده است (Bommireddy et al., 2004) که با نتایج پژوهش حاضر همخوانی ندارد. علت این عدم تطابق را می‌توان به تفاوت در گونه‌های جنس *Lygus* و رژیم غذایی انتخاب شده برای پرورش نسبت داد (Salerno et al., 2007; Holopainen & Varis, 1991).

طولانی‌ترین و کوتاه‌ترین طول کل دوره زندگی (تخم تا مرگ حشرات کامل) در حشرات ماده به ترتیب در دمای ۲۵ ($۱/۳۹ \pm ۵۱$ روز) و $۳۲/۵$ درجه سلسیوس ($۲/۶۱ \pm ۳۴/۲۵$ روز) مشاهده شد و بین دمای $۳۲/۵$ درجه سلسیوس با سایر دماها تفاوت معنی‌داری وجود داشت ($F = 10.961$; $df = 3,389$; $P < 0.05$). همچنین طول کل دوره زندگی در حشرات نر در دمای $۳۲/۵$ درجه سلسیوس ($۳۳/۸۱$ روز) به صورت معنی‌داری ($F = 10.961$; $df = 3,89$; $P < 0.01$) کوتاه‌تر از سایر دماها بود (جدول ۱). نتایج به دست آمده در مورد طول عمر حشرات کامل نر و ماده با نتایج کل دوره زندگی حشرات نر و ماده مطابقت دارد و بیانگر تاثیر دماهای مختلف بر طول عمر حشرات کامل نر و ماده *L. rugulipennis* با روند یکسان است که در تطابق با مطالعات گذشته می‌باشد (Bommireddy et al., 2004; Lu et al., 2010; Ugine, 2012). بر اساس گزارش Ugine (2012) برای سن *L. lineolaris* در شش دمای ۱۷ ، ۱۸ ، ۲۵ ، ۳۰ و ۳۲ درجه سلسیوس، طول عمر حشرات کامل ماده به ترتیب $۱/۰ \pm ۴۹/۴$ ، $۸/۵ \pm ۴۱/۰$ ، $۳/۰ \pm ۲۲/۰$ ، $۷/۳ \pm ۲۲/۰$ و $۸/۷ \pm ۲۰/۰$ روز و حشرات نر به ترتیب $۰/۵ \pm ۴۸/۱$ ، $۰/۶ \pm ۴۱/۵$ ، $۰/۲ \pm ۱۹/۰$ ، $۰/۲ \pm ۲۲/۷$ و $۰/۴ \pm ۱۸/۶$ روز تعیین شد. برای سن *L. lineolaris* افزایش دما، کل دوره رشد (از تخم تا حشره کامل) به‌ویژه در دمای ۲۷ تا ۳۰ درجه سلسیوس کاهش یافت و کوتاه‌ترین دوره رشد در دمای ۳۲ درجه سلسیوس ($۰/۳ \pm ۱۸$ روز) مشاهده شد.

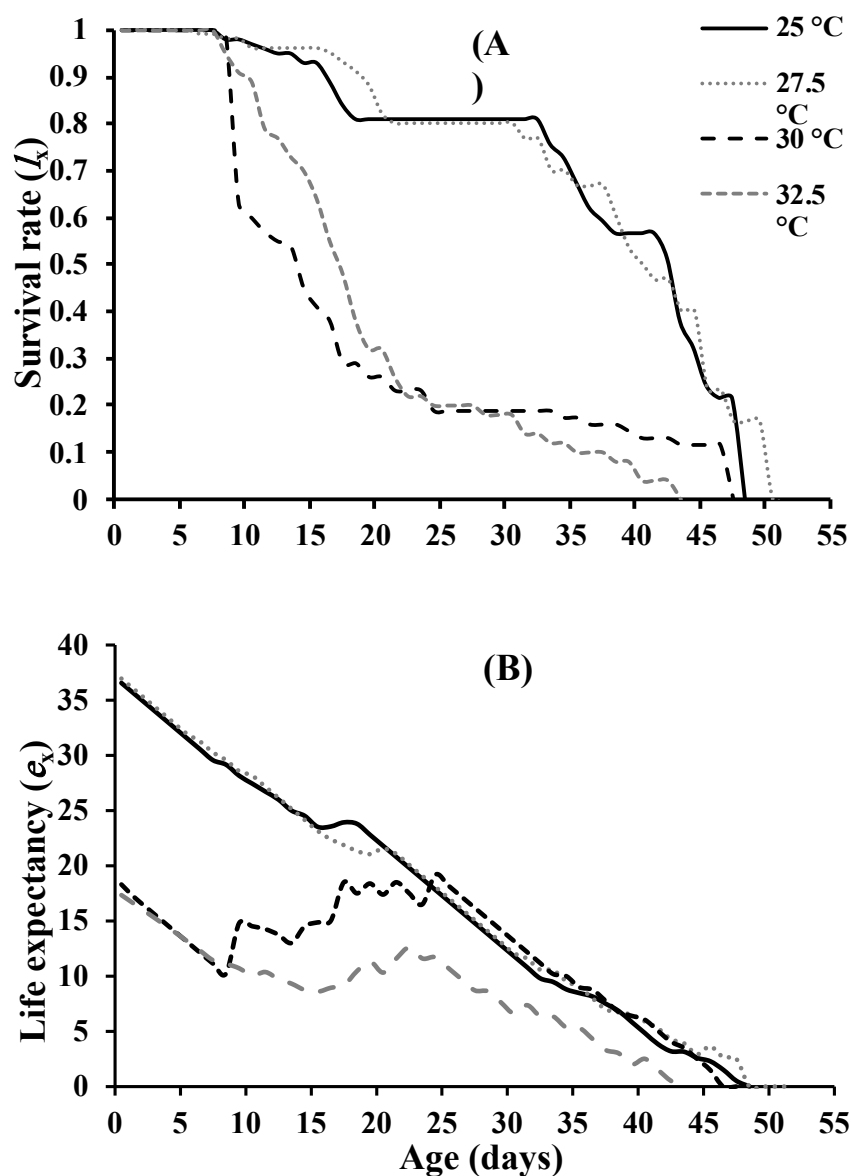
جدول ۱- میانگین طول دوره‌های مختلف زیستی سن *Lygus rugulipennis* (روز \pm خطای استاندارد) در چهار دمای ثابت.

Table 1. Mean developmental period (day \pm SE) of different life stages of *Lygus rugulipennis* at four constant temperatures.

Stage	Mean developmental time (day \pm SE)			
	25 °C	27.5 °C	30 °C	32.5 °C
Egg incubation period	9.90 \pm 0.16 a ¹	9.48 \pm 0.13 ab	9.08 \pm 0.19 b	9.22 \pm 0.16 b
1 st instar nymph	2.75 \pm 0.07 a	2.77 \pm 0.08 a	2.40 \pm 0.09 b	2.39 \pm 0.11 b
2 nd instar nymph	2.39 \pm 0.09 a	2.56 \pm 0.09 a	1.86 \pm 0.10 b	1.94 \pm 0.12 b
3 rd instar nymph	2.61 \pm 0.11 a	2.60 \pm 0.10 a	1.75 \pm 0.13 b	1.43 \pm 0.12 c
4 th instar nymph	2.70 \pm 0.16 a	2.95 \pm 0.12 a	1.73 \pm 0.16 b	1.23 \pm 0.16 c
5 th instar nymph	2.90 \pm 0.23 a	2.95 \pm 0.12 a	1.58 \pm 0.21 b	1.09 \pm 0.17 b
Total of nymphal development	13.35 \pm 0.49 a	13.81 \pm 0.38 a	9.30 \pm 0.50 b	8.08 \pm 0.50 b
Total preadult	23.25 \pm 0.52 a	23.29 \pm 0.42 a	18.38 \pm 0.52 b	17.30 \pm 0.55 b
Adult male longevity	18.84 \pm 0.97 a	15.87 \pm 0.96 a	17.41 \pm 1.45 a	9.80 \pm 1.33 b
Adult female longevity	24.06 \pm 0.89 a	20.96 \pm 1.05 a	19.05 \pm 2.57 a	10.75 \pm 2.19 b
Male total life cycle	45.03 \pm 1.22 a	40.74 \pm 1.06 a	40.64 \pm 1.92 a	33.81 \pm 1.60 b
Female total life cycle	51.00 \pm 1.39 a	47.08 \pm 1.49 a	42.00 \pm 3.12 a	34.25 \pm 2.61 b

¹ The mean values followed by the same letter in each row are not significantly different (S-N-K test, $P < 0.05$).

زنده‌مانی و امید به زندگی. نتایج به‌دست آمده از پراسنجه‌های جدول زندگی سن گلخوار یونجه در دماهای مختلف شامل نرخ زنده‌مانی (l_x) و امید به زندگی (e_x) در شکل ۱ نشان داده شده است. امید به زندگی در تخم‌های یک روزه در دماهای ۲۵، ۲۷/۵، ۳۰ و ۳۲/۵ درجه سلسیوس به ترتیب ۳۶/۹۵، ۱۸/۱۳ و ۱۷/۳ روز به‌دست آمد ولی با پشت سر گذاشتن مرحله جنینی و ظهور پوره سن اول، امید به زندگی کاهش یافت و در دماهای مذکور به ترتیب به ۲۷/۱۶، ۲۸/۵۸، ۱۴/۸ و ۱۱/۴ روز رسید. همچنین امید به زندگی در زمان ظهور اولین حشره کامل در دماهای مذکور به ترتیب ۲۲/۸، ۲۰/۰۸، ۱۷/۵ و ۱۰/۵ روز بود. بیشترین و کمترین امید به زندگی در زمان ظهور حشرات کامل به ترتیب در دمای ۲۵ و ۳۲/۵ مشاهده شد (شکل ۱B). نرخ زنده‌مانی در زمان ظهور حشرات کامل در دماهای ۲۵، ۲۷/۵، ۳۰ و ۳۲/۵ درجه سلسیوس در شکل ۱ (A) به ترتیب ۶۲، ۴۷، ۴۲ و ۳۱ درصد تعیین شد که نشان می‌دهد مرگ و میر قبل از بلوغ آفت در دمای ۳۲/۵ درجه سلسیوس بیشتر از سایر دماها می‌باشد. نرخ زنده‌مانی با افزایش عمر سن گلخوار یونجه در چهار دما کاهش یافت. در یک تحقیق بیشترین و کمترین نرخ زنده‌مانی مرحله تخم سن *A. lucorum* به ترتیب در دمای ۳۰ و ۱۵ درجه سلسیوس و مراحل پورگی آن به ترتیب در دمای ۳۰ و ۳۵ درجه سلسیوس مشاهده و بالاترین تلفات مراحل پورگی (حدود ۹۰ درصد) در دمای ۳۵ درجه سلسیوس تعیین شد (Lu et al., 2010). در پژوهش مشابه دیگر توسط Ugine (2012) بیشترین و کمترین مرگ و میر در دمای ۱۷ (۳۶/۵ درصد) و ۲۵ درجه سلسیوس (۶ درصد) تعیین شد. این پژوهش‌ها بیانگر اثر چشمگیر دما در نرخ زنده‌مانی به‌ویژه برای پوره سن اول است و بهترین دما برای نشوونما، ۲۵ درجه سلسیوس اعلام شده است. مطالعه پراسنجه‌های جدول زندگی *L. rugulipennis* نشان داد که مرگ و میر مرحله پورگی آفت در دماهای ۲۵، ۲۷/۵، ۳۰ و ۳۲/۵ درجه سلسیوس به ترتیب ۳۹، ۴۹، ۴۹ و ۵۵ درصد بود. براساس مطالعات گذشته، مرگ و میر بالای افراد خانواده Miridae در دمای ۳۵ درجه سلسیوس مشاهده می‌شود (Ting, 1963; Khattat & Stewart, 1977; Wheeler, 2001; Bommireddy et al., 2004; Lu et al., 2010).



شکل ۱- نرخ زنده‌مانی ویژه سن (A) و امید به زندگی (B) *Lygus rugulipennis* در چهار دمای ثابت.

Fig. 1. (A) Age-specific survival rate (l_x) and (B) life expectancy (e_x) of *Lygus rugulipennis* at four constant temperatures.

پراسنجه‌های تولید مثل و رشد جمعیت. مقادیر پراسنجه‌های تولید مثل *L. rugulipennis* در چهار دمای ۲۵، ۲۷/۵، ۳۰ و ۳۲/۵ درجه سلسیوس در جدول ۲ گزارش شده است. میانگین نرخ ناخالص باروری در دماهای مذکور، اختلاف معنی‌داری را نشان داد ($F = 3.89$; $df = 5, 872$; $P < 0.05$). بیشترین و کمترین میانگین نرخ ناخالص باروری به ترتیب در دمای ۳۰ (۸۷/۳±۲/۵ تخم) و ۳۲/۵ درجه سلسیوس (۵۶/۳۸±۶/۹ تخم) به دست آمد. بر اساس پژوهش‌های Lu et al. (2010) روی سن *A. lucorum* بیشترین و کمترین نرخ ناخالص باروری به ترتیب در دمای ۲۰ (۱۴/۹±۸/۴ تخم) و ۳۵ درجه سلسیوس (۳/۸±۲۱/۹ تخم) به دست آمد. نرخ ناخالص زادآوری در واقع تعداد تخم‌هایی را نشان می‌دهد که در طول عمر هر حشره ماده تولید و تفریح شده‌اند (Carey, 1993; 2001). بین شاخص نرخ ناخالص زادآوری آفت در دمای ۳۲/۵ درجه سلسیوس با سایر دماها اختلاف معنی‌داری مشاهده شد ($F = 6.649$; $df = 3,89$; $P < 0.05$). حداکثر و حداقل مقدار این پراسنجه به ترتیب در دمای ۲۵ (۸۰/۲۹±۳/۳۵) و ۳۲/۵ درجه سلسیوس (۴۹/۰۵±۶/۰۶) مشاهده شد.

نرخ تفریح تخم، نسبت نرخ ناخالص زادآوری به نرخ ناخالص باروری است که این شاخص برابر یا کمتر از یک است که میان دماهای مختلف اختلاف معنی‌داری را نشان داد ($F = 41.765$; $df = 3,89$; $P < 0.05$). بیشترین و کمترین نرخ تفریح تخم به ترتیب در دماهای ۲۵ (۹۶ درصد) و ۳۰ درجه سلسیوس (۷۸ درصد) مشاهده شد (جدول ۲). به عبارت دیگر، یک سن ماده گلخوار یونجه در دمای ۲۵ درجه سلسیوس قادر است ۸۳/۶۴ عدد تخم بگذارد که از این تعداد ۸۰ عدد با نرخ تفریح ۹۶ درصد به پوره سن اول تبدیل می‌شوند، درحالی‌که در دمای ۳۰ درجه سلسیوس تعداد تخم گذاشته شده ۸۷ عدد می‌باشد که از این تعداد ۶۸ عدد با نرخ تفریح ۷۸ درصد وارد مرحله بعدی زیستی خواهد شد.

نرخ خالص باروری عبارت از متوسط تعداد تخم‌های تولید شده توسط یک حشره ماده در طول عمر با در نظر گرفتن احتمال زنده‌مانی آن فرد می‌باشد و نرخ خالص زادآوری عبارت از متوسط تعداد تخم‌های تفریح شده از مجموع تخم‌های تولید شده یک فرد در طول عمر با در نظر گرفتن احتمال زنده‌مانی افراد ماده می‌باشد. بیشترین مقادیر نرخ خالص باروری و نرخ خالص زادآوری *L. rugulipennis* در دمای ۲۵ درجه سلسیوس (به ترتیب ۴۷/۵±۲/۲۸ و ۴۳/۶±۲/۹۴ تخم) و کمترین مقادیر آنها در دمای ۳۲/۵ درجه سلسیوس (به ترتیب ۱۳/۰۹±۲/۰۲ و ۱۳/۰۹±۱/۹۹ تخم) مشاهده شد (جدول ۲). نتایج Ugine (2012) روی سن *L. lineolaris* نشان داد که با افزایش دما از ۱۸ تا ۲۷ درجه سلسیوس میزان تخم‌گذاری حشرات ماده افزایش یافت (۱۷۴/۷ تخم) و با ادامه افزایش دما تا ۳۲ درجه سلسیوس به ۷۷/۳ تخم کاهش یافت. نتایج مشابه برای افراد ماده سن *L. hesperus* مشاهده شد و با افزایش دما از ۲۰ (۹۱ تخم) به ۳۰ درجه سلسیوس (۱۲۸۰ تخم) میزان تخم‌گذاری افزایش یافت. با افزایش دما به ۳۵ درجه سلسیوس (۳۱۹ تخم) کاهش چشمگیری در تعداد تخم مشاهده شد و نمودار گنبدی شکلی را برای تخم‌گذاری در دماهای متوالی ایجاد کرد (Butler & Wardecker, 1971).

همانگونه که در جدول ۲ مشاهده می‌شود، میانگین تعداد تخم گذاشته شده توسط هر فرد ماده در هر روز برای نسل آزمایشگاهی *L. rugulipennis* در دماهای ۲۵، ۲۷/۵، ۳۰ و ۳۲/۵ درجه سلسیوس به ترتیب ۲/۸±۰/۱، ۲/۶۴±۰/۲۱، ۳/۰±۰/۱۸ و ۲/۳±۰/۲ تخم و تعداد تخم بارور گذاشته توسط هر فرد ماده در هر روز به ترتیب ۲/۷±۰/۱، ۲/۷±۰/۲، ۲/۵±۰/۲ و ۲/۱۷±۰/۱۹ تخم و به دست آمد که نشان می‌دهد بیشترین مقادیر تخم گذاشته شده در هر روز در دمای ۳۰ درجه سلسیوس (۳/۰۱ تخم) و بیشترین تعداد تخم بارور در دمای ۲۵ درجه سلسیوس (۲/۲۰ تخم) می‌باشد. در یک تحقیق، بیشترین و کمترین تعداد تخم گذاشته شده برای سن *L. lineolaris* توسط هر فرد ماده در هر روز به ترتیب در دمای ۳۰ (۹/۰±۵/۶ تخم) و ۱۷ درجه سلسیوس (۴/۰±۴/۷ تخم) به دست آمد (Ugine, 2012). در بررسی (2003) Easterbrook et al. زادآوری سن گلخوار *L. rugulipennis* در دمای ۲۰ درجه سلسیوس از ۲۳ تا ۱۷۹ تخم برای افراد ماده‌ای که بیش از ۳۵ روز عمر داشتند، متغیر بوده است. آنها بیشترین دوره تخم‌گذاری این سن گلخوار را ۶۸ روز گزارش کردند و میانگین دوره تخم‌گذاری ۵۱/۹ روز بود. در بررسی آزمایشگاهی Boness (1963) حداکثر تعداد ۳۲۰ تخم در دوره ۷۴ روزه برای سن گلخوار یونجه گزارش شده است که این تعداد بیشتر از تعداد تخم گذاشته شده در مطالعه حاضر می‌باشد. علت این عدم تطابق را می‌توان به رژیم غذایی گوناگون و نژادهای جغرافیایی مختلف این گونه ارتباط داد. همچنین، میانگین تخم‌گذاری این سن گلخوار در گیاهان محفوظ در قفس در شرایط صحرایی ۷۲ تخم گزارش شده است (Varis, 1972) که در تطابق با نتایج مطالعه حاضر می‌باشد.

نرخ خالص تولید مثل (R_0) عبارت از مجموع ماده‌های تولید شده توسط یک فرد ماده با دخالت فاکتور زنده‌مانی می‌باشد. بین مقدار این پراسنجه در چهار دمای مورد مطالعه اختلاف معنی‌داری مشاهده شد ($F = 34.412$; $df = 4,107$; $P < 0.05$). بیشترین نرخ خالص تولید مثل در دمای ۲۵ درجه سلسیوس (۲۳/۱±۹۲/۲۸ ماده/ماده) و کمترین آن در دمای ۳۲/۵ درجه سلسیوس (۴/۰±۶/۹۹ ماده/ماده) به دست آمد (جدول ۳). در بررسی Ugine (2012) برای سن *L. lineolaris* بیشترین نرخ خالص تولید مثل در دمای ۲۷/۵ درجه سلسیوس (۷۵/۵ ماده/ماده) و کمترین آن در دمای ۳۲ درجه سلسیوس (۳۳/۷ ماده/ماده) به دست آمد. همچنین برای سن *L. hesperus* با تغذیه از گیاه لوبیا سبز مقدار نرخ خالص تولید مثل در دمای ۲۷ درجه سلسیوس ۱۵/۵۲ ماده/ماده گزارش شده است (Chen & Parajulee, 2010) که نتایج این پژوهش‌ها با نتایج به دست آمده در پژوهش حاضر مطابقت دارد.

جدول ۲- پراسنجه‌های تولید مثل سن *Lygus rugulipennis* (میانگین ± خطای استاندارد) در چهار دمای ثابت.

Table 2. The reproduction parameters (mean ± SE) of *Lygus rugulipennis* at four constant temperatures.

Parameters	Temperatures (°C)			
	25	27.5	30	32.5
Gross fecundity rate	83.64 ± 3.38 a ¹	79.68 ± 6.40 a	87.20 ± 3.50 a	56.38 ± 6.90 b
Gross fertility rate	80.29 ± 3.35 a	72.73 ± 6.20 a	68.60 ± 3.60 a	49.05 ± 6.06 b
Egg hatchability ratio	0.96 ± 0.00 a	0.94 ± 0.01 a	0.78 ± 0.02 b	0.87 ± 0.00 c
Net fecundity rate	47.50 ± 2.28 a	29.88 ± 2.27 ab	28.70 ± 2.70 b	13.09 ± 2.02 b
Net fertility rate	43.60 ± 2.94 a	28.69 ± 2.60 ab	29.89 ± 2.70 b	13.63 ± 1.99 b
Mean eggs per day	2.80 ± 0.10 a	2.64 ± 0.21 a	3.01 ± 0.18 a	2.30 ± 0.20 a
Mean fertile eggs per day	2.70 ± 0.10 a	2.50 ± 0.20 ab	2.17 ± 0.19 ab	2.04 ± 0.25 c

¹ The mean values followed by the same letter in each row are not significantly different (S-N-K test, $P < 0.05$).

نرخ سرشتی افزایش جمعیت (r) بیانگر تفاوت میان نرخ سرشتی تولد و نرخ سرشتی مرگ و میر در جمعیت می‌باشد. مقدار این پراسنجه نشان می‌دهد به ازای هر فرد ماده در هر روز چه تعداد افراد ماده به جمعیت افزوده می‌شود. نرخ سرشتی افزایش جمعیت یکی از مهم‌ترین پراسنجه‌های رشد جمعیت حشرات می‌باشد. این پراسنجه تابع مقادیر زادآوری و طول دوره نشوونما و مرگ و میر مراحل نابالغ است (Carey, 2001; Rezaei et al., 2020). بین نرخ سرشتی افزایش جمعیت در دماهای مختلف تفاوت معنی‌داری وجود داشت ($F = 13.228$; $df = 3,89$; $P < 0.05$). بیشترین نرخ سرشتی افزایش جمعیت سن گلخوار یونجه در دمای ۲۷/۵ درجه سلسیوس (0.1045 ± 0.0028 بر روز) به‌دست آمد در حالیکه کمترین نرخ سرشتی افزایش جمعیت در دمای ۳۲/۵ درجه سلسیوس (0.0662 ± 0.0087 بر روز) مشاهده شد. بیشترین و کمترین نرخ سرشتی افزایش جمعیت برای سن *L. lineolaris* در دمای ۳۰ (0.11852 بر روز) و ۱۷ درجه سلسیوس (0.0581 بر روز) گزارش شده است (Ugine, 2012). بر اساس گزارش (Chen & Parajulee, 2010) نرخ سرشتی افزایش جمعیت سن *L. hesperus* در دمای ۲۷ درجه سلسیوس روی میزبان‌های گیاهی مختلف متفاوت بود، به‌طوری‌که روی لوبیا، پنبه و یونجه به‌ترتیب 0.10671 ، 0.0317 و 0.0327 بر روز گزارش شده است. نتایج تحقیق فوق با نتایج تحقیق حاضر در دمای مشابه متفاوت می‌باشد که علت آن می‌تواند به تفاوت گونه‌ای، رژیم غذایی و گیاه میزبان برای پرورش مرتبط باشد (Fleischer & Gaylor, 1988; Alvarado-Rodriguez et al., 1987).

نرخ کرانمند افزایش جمعیت (λ) نشان‌دهنده میزان افزایش جمعیت در هر روز نسبت به روز قبل می‌باشد. بین مقدار این پراسنجه در دمای ۳۲/۵ درجه سلسیوس با سایر دماها تفاوت معنی‌داری وجود داشت ($F = 12.814$; $df = 3,89$; $P < 0.05$).

نتایج نشان داد که سن *L. rugulipennis* در دمای ۲۷/۵ درجه سلسیوس ($1/11$ بر روز) دارای بالاترین مقدار نرخ کرانمند افزایش جمعیت است و جمعیت آفت در هر روز نسبت به روز قبل حدود $1/1$ برابر افزایش می‌یابد. در تطابق با مقادیر به‌دست آمده، نرخ کرانمند سن *L. hesperus* در دمای ۲۷ درجه سلسیوس با تغذیه از لوبیا سبز $1/07$ بر روز گزارش شده است (Chen & Parajulee, 2010). همچنین نرخ کرانمند افزایش جمعیت سن *L. lineolaris* در دمای ۲۶/۵ درجه سلسیوس با تغذیه از علف هرز *Erigeron annuus* (L.) و گیاه پنبه به‌ترتیب $1/11$ و $1/06$ بر روز گزارش شده است (Fleischer & Gaylor, 1988).

مدت زمان دو برابر شدن جمعیت (DT) برای سن گلخوار یونجه در دماهای ۲۵، ۲۷/۵، ۳۰ و ۳۲/۵ درجه سلسیوس به ترتیب 0.18 ، 0.18 ، 0.18 و 0.18 ± 0.09 ± 0.09 ± 0.09 ± 0.09 روز محاسبه شد (جدول ۳). بین مقدار این پراسنجه در دماهای مختلف تفاوت معنی‌داری وجود داشت ($F = 7.456$; $df = 3,89$; $P = 0.05$). این موضوع بیانگر این است که سن گلخوار یونجه برای دو برابر شدن جمعیت خود در دمای ۳۲/۵ درجه سلسیوس به $1/02$ روز و در دمای ۲۷/۵ درجه سلسیوس به $6/7$ روز نیاز دارد.

میانگین زمان یک نسل (T) عبارت از مدت زمانی است که جمعیت آفت به اندازه نرخ خالص تولید مثل (R_0) افزایش یابد. میانگین زمان یک نسل *L. rugulipennis* در دماهای مختلف تفاوت معنی‌داری را نشان داد ($F = 31.446$; $df = 3,87$; $P < 0.05$). مقادیر این پراسنجه نشان می‌دهد که جمعیت سن گلخوار یونجه در دمای ۲۵ درجه سلسیوس برای دستیابی به مقدار نرخ خالص تولید مثل $23/9$ حدود $30/9$ روز زمان لازم دارد.

جدول ۳- پراسنجه‌های رشد جمعیت (میانگین ± خطای استاندارد) سن *Lygus rugulipennis* در چهار دمای ثابت.

Table 3. Population growth parameters (mean ± SE) of *Lygus rugulipennis* at four constant temperatures.

Parameters	Temperatures (°C)			
	25	27.5	30	32.5
R_0 (female offspring/female)	23.92 ± 1.28 a ¹	15.77 ± 1.39 b	12.37 ± 1.81 b	4.60 ± 0.99 c
r (day ⁻¹)	0.1028 ± 0.0041 a	0.1045 ± 0.0028 a	0.0923 ± 0.0059 a	0.0662 ± 0.0087 b
λ (day ⁻¹)	1.105 ± 0.002 a	1.110 ± 0.003 a	1.097 ± 0.006 a	1.069 ± 0.009 b
DT (days)	6.74 ± 0.09 b	6.65 ± 0.18 b	7.46 ± 0.49 b	10.19 ± 1.39 a
T (days)	30.89 ± 0.25 a	25.90 ± 0.55 b	26.27 ± 0.34 b	23.19 ± 1.34 c

¹ The mean values followed by the same letter in each row are not significantly different (S-N-K test, $P < 0.05$).

نتیجه‌گیری

برای اجرای یک برنامه مدیریتی کارآمد و پیش‌آگاهی از جمعیت آفت، آگاهی از زیست‌شناسی و پویایی جمعیت آن ضروری بنظر می‌رسد. دما یکی از فاکتورهای مهم محیطی و غیر زیستی بوده که نرخ رشد، تولیدمثل و زنده‌مانی آفت را تحت تاثیر قرار می‌دهد (Mirhosseini et al., 2017; Kazemi et al., 2020). بنابراین، توصیف دقیق ارتباط بین دما و پراسنجه‌های رشد جمعیت از اهمیت بالایی برخوردار است. به دلیل اینکه سن گلخوار *L. rugulipennis* در مناطق سرد و معتدل زندگی می‌کند، افزایش دما (بیشتر از ۳۰ درجه سلسیوس) باعث کاهش جمعیت و بالا رفتن تلفات در جمعیت آفت به‌ویژه در مراحل تخم و پورگی خواهد شد. در این مطالعه پراسنجه‌های رشد جمعیت آفت تحت تاثیر دما قرار گرفت. پراسنجه‌های جدول زندگی سن گلخوار یونجه در دمای ۳۲/۵ درجه سلسیوس با سایر دماهای مورد مطالعه از اختلاف معنی‌داری برخوردار بود. دمای ۲۷/۵ درجه سلسیوس از بیشترین نرخ سرشتی افزایش جمعیت، کمترین طول دوره زندگی و مدت زمان دو برابر شدن جمعیت برخوردار بود. همچنین دمای ۲۵ درجه سلسیوس دارای بیشترین مقادیر نرخ خالص تولید مثل و نرخ باروری و زادآوری بود. بر اساس نتایج بدست آمده دامنه دمایی ۲۵ تا ۲۷/۵ درجه سلسیوس به عنوان دمای بهینه و در مقابل دمای ۳۲/۵ به عنوان آسیب‌پذیرترین دما برای رشد و نمو سن گلخوار یونجه معرفی می‌شود. در دمای ۳۵ درجه سلسیوس این حشره قادر به رشد و نمو و تولید نسل نمی‌باشد. این نتایج به‌خوبی نشان می‌دهد در مناطقی از کشور که دمای هوا در بهار و تابستان به بالاتر از حدود ۳۲ درجه سلسیوس افزایش می‌یابد این سن قادر به بقا و تولید نسل نخواهد بود و به نظر می‌رسد مناطقی با شرایط آب و هوایی مناسب در بهار و تابستان از مناطق بسیار مساعد برای فعالیت این آفت محسوب می‌شوند. همچنین باید نقش گرمایش جهانی آب

و هوا را در تنوع زیستی حشرات در نظر داشت. از آنجاییکه گرم شدن جهانی هوا میزان خسارت آفات را تحت تاثیر قرار می‌دهد. شیوه‌های کشاورزی همچنان که آب و هوا گرم می‌شود در حال تغییر هستند از جمله می‌توان به تغییر در تاریخ کشت، ارقام مورد استفاده و مناطق کشت اشاره داشت (Deutsch *et al.*, 2018). نتایج مطالعه حاضر می‌تواند در پیش‌بینی جمعیت آفت در دماهای مختلف مورد استفاده قرار گرفته و در برنامه مدیریت تلفیقی سن گلخوار یونجه در بوم سامانه‌های کشاورزی مفید واقع شود.

سپاسگزاری

نگارندگان از حمایت مالی و تامین امکانات و تجهیزات مورد نیاز توسط گروه حشره‌شناسی کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس و دانشگاه بوعلی سینا همدان جهت انجام این پژوهش قدرانی می‌نمایند. نویسندگان از داوران محترم که نظرات و پیشنهادات آنها باعث بهبود کیفیت مقاله گردید، تشکر و قدردانی می‌نمایند.

REFERENCES

- Accinelli, G., Lanzoni, A., Ramilli, F., Dradi, D. & Burgio, G. (2005) Trap crop: an agroecological approach to the management of *Lygus rugulipennis* on lettuce. *Bulletin of Insectology* 58(1), 9-14.
- Alvarado-Rodriguez, B., Leigh, T. F., Foster, K. W. & Duffey, S. S. (1987) Life tables for *Lygus hesperus* (Heteroptera: Miridae) on susceptible and resistant common bean cultivars. *Environmental Entomology* 16(1), 45-49. <https://doi.org/10.1093/ee/16.1.45>
- Bommireddy, P. L., Parajulee, M. N. & Porter, D. O. (2004) Influence of constant temperatures on life history of immature *Lygus elisus* (Hemiptera: Miridae). *Environmental Entomology* 33(6), 1549-1553. <https://doi.org/10.1603/0046-225X-33.6.1549>
- Boness, M. (1963) Biologische Okologische untersuchun-gen an *Exolygus wagner* (Het. Miridae). *Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie* 168, 376-420.
- Bryan, D. E., Jackson, C. G., Carranza, R. L. & Neemann, E. G. (1976) *Lygus hesperus*: production and development in the laboratory. *Journal of Economic Entomology* 69(1), 127-129. <https://doi.org/10.1093/jee/69.1.127>
- Butler, G. D. & Wardecker, A. L. (1971) Temperature and the development of eggs and nymphs of *Lygus hesperus*. *Annals of the Entomological Society of America* 64(1), 144-145. <https://doi.org/10.1093/aesa/64.1.144>
- Carey, J. R. (1993) *Applied demography for biologists: with special emphasis on insects*. 224 pp. Oxford University Press.
- Carey, J. R. (2001) Insect biodemography. *Annual Review of Entomology* 46(1), 79-110. <https://doi.org/10.1146/annurev.ento.46.1.79>
- Chen, C. & Parajulee, M. N. (2010) Development and population growth of *Lygus hesperus* on selected weed hosts, artificial diet and cotton in the laboratory. *Journal of Economic Entomology* 103(6), 2009-2018. <https://doi.org/10.1603/EC09258>
- Deutsch, C. A., Tewksbury, J. J., Tigchelaar, M., Battisti, D. S., Merrill, S. C., Huey, R. B. & Naylor, R. L. (2018) Increase in crop losses to insect pests in a warming climate. *Science* 361(6405), 916-919. <https://doi.org/10.1126/science.aat3466>
- Easterbrook, M. A. (2000) Relationships between the occurrence of misshapen fruit on late-season strawberry in the United Kingdom and infestation by insects, particularly the European tarnished plant bug, *Lygus rugulipennis*. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 96(1), 59-67. <https://doi.org/10.1046/j.1570-7458.2000.00679.x>
- Easterbrook, M. A., Fitzgerald, J. D., Pinch, C., Tooley, J. & Xu, X. M. (2003) Development times and fecundity of three important arthropod pests of strawberry in the United Kingdom. *Annals of Applied Biology* 143(3), 325-331. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.2003.tb00301.x>
- Fitzgerald, J. (2004) Laboratory bioassays and field evaluation of insecticides for the control of *Anthonomus rubi*, *Lygus rugulipennis* and *Chaetosiphon fragaefolii*, and effects on beneficial species, in UK strawberry production. *Crop Protection* 23(9), 801-809. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2003.12.005>
- Fitzgerald, J. & Jay, C. (2011) Chemical control of the European tarnished plant bug, *Lygus rugulipennis*, on strawberry in the UK. *Crop Protection* 30(9), 1178-1183. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2011.04.006>
- Fleischer, S. J. & Gaylor, M. J. (1988) *Lygus lineolaris* (Heteroptera: Miridae) population dynamics: nymphal development, life tables, and leslie matrices on selected weeds and cotton. *Environmental Entomology* 17(2), 246-253. <https://doi.org/10.1093/ee/17.2.246>
- Holopainen, J. K. & Varis, A. L. (1991) Host plants of the European tarnished plant bug *Lygus rugulipennis* Poppius (Het., Miridae). *Journal of Applied Entomology* 111(1-5), 484-498. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0418.1991.tb00351.x>
- Kazemi, M., Talebi, A. A., Tazerouni, Z., Fathipour, Y., Rezaei, M. & Mehrabadi, M. (2020) Thermal requirements of parasitoid wasp, *Diaretiella rapae* (Hym.: Braconidae) reared on *Schizaphis graminum* (Hem.: Aphididae) under laboratory conditions. *Plant Pest Research* 10(2), 1-13. <https://doi.org/10.22124/iprj.2020.4288>
- Khanjani, M. (1990) Study on biology of *Lygus rugulipennis* Popp in seed alfalfa in Hamedan Province. *MSc Thesis in Entomology*, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran, 156 pp. (In Farsi).
- Khanjani, M. & Kalafchi, M. (2002) *Recognition of seed crop alfalfa pests and study on the biology of dominate injurious species in Hamadan*. Agricultural Science, Tabriz University Press, 13: 89-101 (In Farsi).
- Khattat, A. R. & Stewart, R. K. (1977) Development and survival of *Lygus lineolaris* exposed to different laboratory rearing conditions. *Annals of the Entomological Society of America* 70(2), 274-278. <https://doi.org/10.1093/aesa/70.2.274>

- Lu, Y., Wu, K., Wyckhuys, K. A. & Guo, Y. (2010) Temperature-dependent life history of the green plant bug, *Apolygus lucorum* (Meyer-Dür) (Hemiptera: Miridae). *Applied Entomology and Zoology* 45(3), 387-393. <https://doi.org/10.1303/aez.2010.387>
- Maia, A. D. H., Luiz, A. J. & Campanhola, C. (2000) Statistical inference on associated fertility life table parameters using jackknife technique: computational aspects. *Journal of Economic Entomology* 93(2), 511-518. <https://doi.org/10.1603/0022-0493-93.2.511>
- Mirab-balou, M. & Khanjani, M. (2008) Harmful Hemiptera of *Lygus* genus (Miridae, Hemiptera) on alfalfa (*Medicago sativa* L.) in Hamedan province (western Iran). *Journal of Plant Protection Research* 48(3), 313-322. <https://doi.org/10.2478/v10045-008-0040-7>
- Mirab-Balou, M. & Radjabi, R. (2013) *Lygus rugulipennis* Poppius (Hemiptera: Miridae): a key pest on alfalfa (*Medicago sativa* L.) in west of Iran, and checklist of the insect pests. *Persian Gulf Crop Protection* 2(1), 57-66.
- Mirhosseini, M. A., Fathipour, Y. & Reddy, G. V. (2017) Arthropod development's response to temperature: a review and new software for modeling. *Annals of the Entomological Society of America* 110(6), 507-520. <https://doi.org/10.1093/aesa/sax071>
- Pansa, M. G. & Tavella, L. (2009) Alfalfa management affects infestations of *Lygus rugulipennis* (Heteroptera: Miridae) on strawberries in northwestern Italy. *Crop Protection* 28(2), 190-195. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2008.10.006>
- Pansa, M. G., Guidone, L. & Tavella, L. (2012) Distribution and abundance of nymphal parasitoids of *Lygus rugulipennis* and *Adelphocoris lineolatus* in northwestern Italy. *Bulletin of Insectology* 65(1), 81-87.
- Rancati, M., Tavella, L. & Arzone, A. (1996) Biology of *Lygus rugulipennis* Poppius (Rhynchota Miridae). *Redia* 79 (2), 143-151
- Ratnadass, A., Cissé, B. & Malla, K. (1994) Notes on the biology and immature stages of West African sorghum head bugs *Eurystylus immaculatus* and *Creontiades pallidus* (Heteroptera: Miridae). *Bulletin of Entomological Research* 84(3), 383-388. <https://doi.org/10.1017/S000748530003251X>
- Rezaei, M. & Talebi, A. A. (2020) Insect Pest Management for Healthy Seed Production. pp. 211-264 in Tiwari, A. K. (Ed) *Advances in Seed Production and Management*. 626 pp. Springer.
- Rezaei, M., Talebi, A. A., Fathipour, Y., Karimzadeh, J., Mehrabadi, M. & Reddy, G. V. (2020) Effects of cold storage on life-history traits of *Aphidius matricariae*. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 168(11), 800-807. <https://doi.org/10.1111/eea.12958>
- Salerno, G., Frati, F., Conti, E. & Bin, F. (2007) Influence of different diets and oviposition substrates on *Lygus rugulipennis* biology (Heteroptera: Miridae). *European Journal of Entomology* 104(3), 417- 4203. <https://doi.org/10.14411/eje.2007.61>
- Tazerouni, Z., Rezaei, M. & Talebi, A. A. (2019) Cowpea: insect pest management. pp. 1-48 in Gorawala, P. (Ed) *Agricultural Research Updates*. Volume 26, 252 pp. Nova Science Publishers, Inc.
- Ting, Y. Q. (1963) Studies on the ecological characteristics of cotton mirids I. effect of temperature and humidity on the development and distribution of the pests. *Acta Phytopathologica Sinica* 2, 285-296.
- Ugine, T. A. (2012) Developmental times and age-specific life tables for *Lygus lineolaris* (Heteroptera: Miridae), reared at multiple constant temperatures. *Environmental Entomology* 41(1), 1-10. <https://doi.org/10.1603/EN10210>
- Varis, A. L. (1972) The biology of *Lygus rugulipennis* Popp. (Het. Miridae) and the damaged caused by this species to sugar beet. *Annales Agriculturae Fenniae* 1, 1-56.
- Wheeler, A. G. (2001) *Biology of the plant bugs (Hemiptera: Miridae): pests, predators, opportunists*. 528 pp. Cornell University Press.

Effect of temperature on biology and life table parameters of the European tarnished plant bug, *Lygus rugulipennis* (Hemiptera: Miridae)

Alireza Zamanzadeh¹, Ali Asghar Talebi¹  Mehran Rezaei¹  & Mohammad Khanjani² 

1. Department of Entomology, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran.

✉ zamanzadehr@yahoo.com

✉ talebia@modares.ac.ir

✉ mehran.rezaei@modares.ac.ir

 <https://orcid.org/0000-0001-5749-6391>

 <https://orcid.org/0000-0002-5994-6939>

2. Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran.

✉ khanjani@basu.ac.ir

 <https://orcid.org/0000-0001-7197-3908>

Article History

Received: 2 February 2022 | Accepted: 11 August 2022 | Subject Editor: Yaghoub Fathipour

Abstract

The European tarnished plant bug, *Lygus rugulipennis* Poppius (Hemiptera: Miridae), is one of the most important alfalfa pests in many parts of the world. The biology and life table parameters of *L. rugulipennis* were investigated at five constant temperatures (25, 27.5, 30, 32.5, and 35 °C) under conditions of 60±5% RH and a photoperiod of 16L: 8D h. The pest failed to develop at 35 °C. The longest and shortest nymphal development periods were obtained at 27.5 °C (13.81 days) and 32.5 °C (8.08 days), respectively. The female adult longevity of *L. rugulipennis* at temperatures of 25, 27.5, 30, and 32.5 °C were evaluated 24.06, 20.96, 19.05, and 10.75 days, respectively. The intrinsic rate of increase (r), net reproduction rate (R_0), finite rate of increase (λ), mean generation time (T), and doubling time (DT) of *L. rugulipennis* at temperatures of 25, 27.5, 30, and 32.5 °C were estimated 0.1028, 0.1045, 0.0923, and 0.0662 day⁻¹, 23.92, 15.77, 12.37, and 4.60 female offspring/female, 1.105, 1.110, 1.097, and 1.069 day⁻¹, 30.89, 25.90, 26.27, and 23.19 days, and 6.74, 6.65, 7.46, and 10.19 days, respectively. According to the results, the range of 25 to 27.5 °C is considered as an optimal temperature; in contrast, 32.5°C is a destructive temperature to develop *L. rugulipennis*. The current results can be used in the forecasting and integrated management programs of *L. rugulipennis*.

Key words. Intrinsic rate of increase, Net reproductive rate, Temperature, Tarnished plant bug, Alfalfa

Corresponding Author: Ali Asghar Talebi (Email: talebia@modares.ac.ir)

Citation: Zamanzadeh, A., Talebi, A. A., Rezaei, M. and Khanjani, M. (2022) Effect of temperature on biology and life table parameters of the European tarnished plant bug, *Lygus rugulipennis* (Hemiptera: Miridae). *J. Entomol. Soc. Iran*, 42 (2), 111–120. <https://doi.org/10.52547/jesi.42.1.10>