اثر شدت نور و دوره‌ی نوری روی نشو و نما، زادآوری و طول عمر زنبور *Trissolcus grandis* (Hym.: Platygastridae)، پارازیتویید تخم سن گندم *Eurygaster integriceps* Puton (Hem.: Scutelleridae)

ندا تیموری[۱]، شهزاد ایرانی‌پور[۲] و پریسا بنامولایی[۳*]

۱- دانش آموخته‌ی کارشناسی ارشد حشره‌شناسی، گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده‌ی کشاورزی، دانشگاه تبریز
۲- استاد گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده‌ی کشاورزی، دانشگاه تبریز
۳- استادیار گروه علوم جانوری، دانشکده‌ی علوم طبیعی، دانشگاه تبریز
* مسئول مکاتبه: P.benamolaei@tabrizu.ac.ir
تاریخ دریافت: ۹۸/۴/۱۴ تاریخ پذیرش: ۹۸/۷/۲۲

چکیده

زنبورهای پارازیتویید تخم از مهم‌ترین دشمنان طبیعی سن گندم *Eurygaster integriceps* Puton (Hemiptera: Scutelleridae) می‌باشند که نقش به‌سزایی در کنترل آن دارند. از میان این پارازیتوییدها، زنبور *Trissolcus grandis* (Thomson) (Hymenoptera: Platygastridae) که پراکنش و فراوانی بیشتری در سطح کشور دارد، برای بررسی اثر دو عامل شدت نور و دوره‌ی نوری بر پارامترهای زیستی و رشد جمعیت پایدار انتخاب شد. در این راستا ابتدا اثر سه شدت نور متفاوت (۵۳۳۱ ، ۱۴۱۲/۵ و ۷۰۶ لوکس) در دمای ۱°C±۲۶، رطوبت نسبی ۱۰ ±۵۰٪ و دوره‌ی نوری ۱۶ ساعت روشنایی و هشت ساعت تاریکی مورد مطالعه قرار گرفت. در تمامی پارامترهای رشد جمعیت پایدار به‌جز نرخ خالص و ناخالص تولیدمثل، تفاوت معنی‌داری مشاهده شد. زادآوری کل سرانه نیز اختلاف معنی‌داری بین شدت نورهای مختلف نشان داد. به‌علاوه، اثر چهار دوره‌ی نوری (تاریکی مطلق، ۱۰:۱۴، ۱۲:۱۲ و ۱۴:۱۰ ساعت تاریکی : روشنایی) در شرایط ثابت آزمایشگاهی مورد مطالعه قرار گرفت. در تمامی پارامترها اختلاف معنی‌دار مشاهده شد و تفاوت بین تیمارهای ۱۴:۱۰ و ۱۲:۱۲ با تیمارهای تاریکی مطلق و ۱۰:۱۴ معنی‌دار بود. نتایج این بررسی نشان داد که اثر شدت نور و دوره‌ی نوری روی پارامترهای زیستی پارازیتویید تخم سن گندم، *T. grandis* معنی‌دار، ولی در مجموع اندک می‌باشد و این حشره می‌تواند در روزهای بلند و کوتاه و حتی تاریکی مطلق، یا با نورهای کم و زیاد تا ۵۰۰۰ لوکس با تغییر اندک در پارامترهای زیستی فعالیت طبیعی خود را انجام دهد.

واژه های کلیدی: جدول زندگی، رژیم نوری، عوامل غیرزنده، آماره های زیستی

مقدمه

نور و تغییرات شدت آن در بین عوامل غیر زنده‌ی محیطی، در فعالیت‌های زیستی، نشوونمای فردی و انتشار موضعی حشرات می‌تواند اثرگذار باشد. اثر نور به‌خصوص از نظر فتوپریودیسم و تغییرات طول روز و شب در نشوونمای حشرات از نظر توقف رشد و ایجاد مرحله‌ی دیاپوزی و در نتیجه تغییر تعداد نسل سالانه‌ی حشرات نیز اهمیت دارد (Chen et al., 2012).

در حشرات مانند سایر جانوران، بسته به گونه‌ی حشره تمام فعالیت‌های فردی از جمله جفت‌گیری، جست‌وجوی میزبان جهت تغذیه یا تخم‌ریزی و حتی فعالیت‌های لاروی با نظم خاصی در ساعت‌های معینی از شبانه‌روز و در رابطه با نیاز نوری حشره انجام می‌گیرد. از طرف دیگر در هر منطقه‌ای تغییرات طول روز برعکس حرارت و رطوبت، برای هر فصلی از سال ثابت است و دامنه‌ی نوسانات آن با افزایش عرض جغرافیایی زیادتر می‌شود (شجاعی ۱۳۸۶). پاسخ حشرات به دوره‌ی نوری از لحاظ اثرات خاص روی رفتار، رشد، شکل، تولیدمثل و دیاپوز این مفهوم را می‌رساند که دوره‌ی نوری اثر قوی روی برخی عملکردهای فیزیولژیکی اساسی اعمال می‌کند. توزیع جغرافیایی، بیولژی فصلی، رشد، شکل، سوخت و ساز

بدن و رفتارموجودات جانوری به طور عمیق تحت تأثیر ریتم روزانه‌ی دوره‌ی نوری قرار می‌گیرند (Beck, 1980).

فانتینو و همکاران (Fantinou et al., 1998) ریتم ظهور حشرات کامل *Telenomus busseolae* Gahan پارازیتویید تخم Lefebvre *Sesamia nonagrioides* را در رژیم‌های روشنایی- تاریکی مختلف برای پارازیتوییدها مورد بررسی قرار دادند. ظهور حشرات کامل (نر و ماده)، در تمام دوره‌های روشنایی- تاریکی مورد آزمایش مشاهده شد، همپوشانی بین ظهور حشرات کامل نر و ماده‌ی پارازیتویید وجود داشت، اما نرها در تمام دوره‌های نوری دو تا پنج ساعت زودتر از ماده‌ها ظاهر شدند. امیرمعافی و همکاران (۱۳۷۹) نشان دادند که زنبورهای ماده‌ی *Trissolcus grandis* پارازیتویید تخم سن گندم در دوره‌ی نوری ۱۲ ساعت روشنایی و ۱۲ ساعت تاریکی، در سراسر شبانه‌روز قادر به تخم‌ریزی هستند ولی رفتار تخم‌ریزی زنبورهای ماده در طول ۲۴ ساعت تغییر نشان داد، به‌طوری‌که در اوایل دوره‌ی روشنایی ۲۰ تا ۳۰ درصد، اواخر دوره‌ی تاریکی ۱۰ تا ۲۵ درصد و در اواخر دوره‌ی روشنایی حداکثر میزان تخم‌ریزی رخ داد که حدود ۷۰٪ ماده‌ها تخم‌ریزی کرده بودند. فهیم مالیک (Malik, 2001) با بررسی اثر سن میزبان (یک تا پنج روزه) و دوره‌ی نوری (تاریکی کامل و روشنایی کامل) روی پارازیتیسم کرم سرخ پنبه *Pectinophora gossypiella* (saunders) توسط *Trichogrammatoidea bactrae* Nagaraja، نتیجه گرفت که سن میزبان و دوره‌ی نوری می‌تواند نقش مهمی در پارازیتیسم و نشوونمای این پارازیتویید در مزرعه داشته باشد، به‌طوری که بیشترین پارازیتیسم روی تخم‌های یک یا دو روزه‌ی میزبان و در روشنایی کامل ثبت شد. زیلاهی بالوق و همکاران (Zilahi-Balogh et al., 2006) تأثیر سه متغیر شدت نور، دوره‌ی نوری و دما را روی کارایی دو پارازیتویید سفیدبالک گلخانه، *Encarsia formosa* Gahan و *Eretmocerus eremicus* Rose and Zolnerowich مطالعه و گزارش کردند که میزان پارازیتیسم هر دو پارازیتویید در دمای ۲۴ درجه در شدت نور بالا (۱۱۲-۱۱۴ W/m^2) و دوره‌ی نوری (۱۶:۸ ساعت) حدود دو برابر بیشتر از تیمار با شدت نور کم (۱۲-۱۴W/m^2) و دوره‌ی نوری کوتاه (۱۶:۸ ساعت) بود. رزنیک و واگینا (Reznik and Vaghina, 2007) پارازیته شدن تخم‌های *Sitotroga cerealella* (Olivier) توسط *Trichogramma principium* Sugonyaev & Sorokina را در هفت دوره‌ی نوری مختلف (۳:۲۱)، (۶:۱۸)، (۹:۱۵)، (۱۲:۱۲)، (۱۵:۹)، (۱۸:۶) و (۲۱:۳) ساعت (تاریکی: روشنایی) مورد ارزیابی قراردادند. باروری بالقوه‌ی زنبورهای ماده و متعاقب آن، تشکیل و تکامل تخم‌ها، وابسته به دوره‌ی نوری نبود. درصد بیشتری از ماده‌هایی که در دوره‌های نوری با ۱۲-۶ ساعت روشنایی نشوونما کرده بودند نسبت به ماده‌هایی که در دوره‌های روزکوتاه (۳:۲۱) و روزبلند (۱۸:۶ و ۲۱:۳) نشوونما کرده بودند، موفق به تخم‌ریزی شدند. میانگین دوره‌ی پیش از تخم‌ریزی رابطه‌ی معکوسی با فتوپریود نشان داد. گرینبرگ و همکاران (Greenberg et al., 2008) مطالعه‌ای روی برخی ویژگی‌های زیستی *Anthonomus grandis* Boheman از جمله نشوونما، بقا و تولیدمثل در پنج دوره‌ی نوری مختلف (۲۴:۰)، (۱۴:۱۰)، (۱۲:۱۲)، (۱۰:۱۴) و (۰:۲۴) ساعت (تاریکی: روشنایی) انجام دادند و مشاهده کردند ماده‌هایی که تحت شرایط دوره‌های روشنایی- تاریکی نشوونما کردند از ماده‌هایی که در شرایط تاریکی کامل یا روشنایی کامل بودند، بقای بیشتری از تخم تا حشره‌ی کامل داشتند. در دوره‌های نوری بلند (۲۴:۰ و ۱۴:۱۰)، تعداد نتاج ماده به‌طور معنی‌دار بیشتر بود و زمان نشوونمای آن‌ها به‌طور معنی‌دار کوتاه‌تر از نشوونمای آن‌ها در دوره‌های نوری کوتاه (۰:۲۴ و ۱۰:۱۴) بود. چن و همکاران (Chen et al., 2012) در گزارش خود به تأثیر دوره‌های نوری مختلف و دمای پایین بر نشو و نما، تخم‌ریزی و القای دیاپوز تولیدمثلی زنبور پارازیتویید *Habrobracon hebetor* (Say) اشاره کرده‌اند. پورعسگری و همکاران (۱۳۹۲) فراسنجه‌های جدول زندگی کنه‌ی میوه‌ی خشک *Carpoglyphus lactis* (L.) را روی مخمر نان در سه دوره‌ی نوری تاریکی کامل، روشنایی کامل و ۱۶:۸ (تاریکی: روشنایی) مورد بررسی قراردادند و در نرخ ذاتی افزایش جمعیت (r_m)، نرخ متناهی افزایش جمعیت (λ)، متوسط زمان یک نسل (T) بین سه دوره‌ی نوری اختلاف معنی داری مشاهده

کردند. عبدی (۱۳۹۳) با مطالعه‌ی زیست‌شناسی زنبور *T. djadetshkoe* (Rjachovsky)، تفاوتی را که در واکنش‌های رفتاری، نسبت جنسی و جدول زندگی در جمعیت دو سال متوالی مشاهده نمود، به شدت نور متفاوت در دو سال آزمایش نسبت داد.

به این ترتیب، در پژوهش‌های چندی اثر دوره‌ی نوری روی حشرات مختلف مطالعه شده ولی این اثرات روی پارازیتویید‌های تخم سن گندم تاکنون بررسی نشده است. تنها در یک گزارش (ایرانی‌پور ۱۳۷۵) اشاره‌ای به فعالیت زنبور *T. grandis* در دوره‌ای از فصل شده که دوره‌ی نوری کمتر از ۱۳ ساعت در شبانه‌روز نمی‌باشد. از این رو، در این بررسی تأثیر این دو عامل محیطی یعنی شدت نور و دوره‌ی نوری روی پارامترهای جدول زندگی زنبور *T. grandis* در شرایط آزمایشگاهی مورد مطالعه قرارگرفت و نشوونما، زادآوری و طول عمر زنبور مورد نظر بررسی شد.

مواد و روش‌ها

جمع‌آوری و پرورش میزبان (سن گندم)

حشرات کامل سن گندم پس از ریزش، اواسط فروردین و اردیبهشت ۱۳۹۵ از مزارع گندم روستاهای اطراف شهرستان ورامین در استان تهران جمع‌آوری و به یکی از واحدهای گلخانه‌ی گروه گیاه‌پزشکی دانشگاه تبریز با دمای ۴±۲۵°C، رطوبت نسبی ۱۰±۵۵٪ و دوره‌ی نوری ۱۶ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی منتقل شدند. برای جمع‌آوری تخم‌های سن گندم جهت انجام آزمایش‌های مورد نظر، سن‌ها در ظروف پلاستیکی به ابعاد ۷×۱۷×۲۵ سانتی‌متر با تراکم ۳۰ عدد در هر ظرف، پرورش داده شدند. در قسمتی از درب این ظروف برای تهویه سوراخی ایجاد و با پارچه‌ی توری پوشانده شد و جهت تغذیه‌ی سن‌ها و ایجاد رطوبت در داخل ظروف، از گندم خشک و تکه‌ای پنبه‌ی مرطوب استفاده شد، همچنین برای تخم‌ریزی سن‌ها کاغذهای تا شده به شکل بادبزن در کف ظروف قرار داده شدند. تخم‌های گذاشته شده توسط سن‌ها به طور روزانه جمع‌آوری و برای انجام آزمایش‌های اصلی، تله‌گذاری و جمع‌آوری زنبورهای پارازیتویید مورد نظر از مزارع و تکثیر آن‌ها مورد استفاده قرار گرفتند.

جمع‌آوری و تکثیر زنبور پارازیتویید *T. grandis*

برای جمع‌آوری زنبورهای پارازیتویید و شناسایی گونه‌ی مورد نظر، از تله‌های تخم مقوایی به ابعاد ۵×۱۰سانتیمتر، به رنگ سبز و زرد که به شکل مثلث تا شده بودند، استفاده شد. به این صورت که بعد از چسباندن چند دسته تخم در داخل هر تله، تله‌ها در مزارع گندم منطقه‌ی قراملک تبریز روی بوته‌های گندم به فاصله‌ی ۱۰ متر از هم و در ۳۰ سانتی‌متری انتهایی خوشه‌ها نصب و بعد از یک هفته جمع‌آوری و به آزمایشگاه منتقل شدند. سپس دسته تخم‌های پارازیته شده به واسطه‌ی داشتن رنگ سیاه و براق جداسازی و به‌تفکیک در داخل لوله‌های آزمایش قرار داده شدند و در داخل یک اتاقک رشد با دمای ۲±۲۶°C، رطوبت نسبی ۵±۵۰٪ و دوره‌ی نوری ۱۶ ساعت روشنایی و هشت ساعت تاریکی نگه‌داری شدند. دهانه‌ی لوله‌ها برای عمل تهویه و همچنین جلوگیری از فرار زنبورها با تکه‌ای پنبه مسدود شد. پس از تفریخ تخم‌ها، زنبورهای خارج شده شناسایی و بعد از یک نسل خالص‌سازی در آزمایش‌های اصلی استفاده شدند. زنبورها در طول آزمایش با قطرات ریز عسل، تغذیه شدند.

تیمارها و شرایط آزمایش

آزمایش اثر شدت نور داخل سه اتاقک رشد با سه شدت نور متفاوت (۵۳۳۱، ۱۴۱۲/۵ و ۷۰۶ لوکس)، دمای ۱°C±۲۶، رطوبت نسبی ۱۰±۵۰٪ و دوره‌ی نوری ۱۶:۸ ساعت (تاریکی: روشنایی) با زنبورهای نسل F_2 انجام شد. شدت نورهای متفاوت با تنظیم تعداد لامپ‌های روشن در داخل اتاقک‌های رشد و سپس اندازه‌گیری شدت نور داخل اتاقک با دستگاه لوکس‌متر TES 1339 انجام گرفت.

آزمایش اثر دوره‌ی نوری با چهار دوره‌ی نوری مختلف (تاریکی: روشنایی) ۱۴:۱۰، ۱۲:۱۲، ۱۰:۱۴ ساعت و تاریکی کامل درون چهار اتاقک رشد با دمای ۱°C±۲۶

و رطوبت نسبی ۱۰±۵۰٪ انجام شد. برای این آزمایش زنبورهای نسل F_4 مورد استفاده قرار گرفتند.

در هر دو بررسی، ابتدا تعدادی دسته تخم به مدت ۲۴ ساعت در اختیار چند ماده‌ی بارور یک‌روزه درون اتاقک‌های رشد مذکور قرار داده شد. بعد از یک هفته تخم‌ها بازدید و تخم‌های پارازیته شده در لوله‌های آزمایش قرار داده شدند و تا زمان تفریخ در همان اتاقک‌ها نگهداری شدند. زمان خروج زنبورها ثبت شد. پس از تفریخ از میان آن‌ها به‌طور تصادفی ۳۰ ماده انتخاب و هر یک به همراه یک نر، به لوله‌های آزمایش جداگانه منتقل شدند و تا پایان عمر ماده هر روز در ساعت معین تعداد کافی تخم تازه‌ی میزبان در اختیار آن‌ها قرار داده شد. براساس بیشینه‌ی نرخ حمله‌ی روزانه‌ی سرانه‌ی ویژه‌ی سنی پارازیتویید (نوزاد بناب ۱۳۸۷)، در هفته‌ی اول آزمایش روزانه چهار دسته تخم، هفته‌ی دوم سه دسته تخم، هفته‌ی سوم دو دسته تخم و بعد از آن تا پایان آزمایش یک دسته تخم در اختیار زنبورهای ماده قرار داده شد. بیست و چهار ساعت بعد تخم‌ها برداشته شده، در لوله‌ی آزمایش دیگری تا زمان مشاهده‌ی علایم پارازیتیسم در اتاقک‌های مذکور نگهداری شدند. بدین ترتیب میزان پارازیتیسم روزانه‌ی هر زنبور در هر روز برای تمام تکرارها در تمام تیمارهای مورد مطالعه در هر دو آزمایش، شمارش و اطلاعات حاصله ثبت گردید. همچنین نسبت جنسی نتاج متولد شده در طول زندگی هر ماده ثبت شد. در تمام تیمارها جهت تغذیه‌ی زنبورها، یک قطعه کاغذ آغشته به قطره‌های ریز عسل رقیق شده داخل لوله‌ی آزمایش قرار گرفت و روزانه بازدید و در صورت نیاز تجدید شد.

مطالعه‌ی جدول‌های زندگی تولیدمثلی زنبور پارازیتویید *T. grandis*

برای بررسی اثر دوره‌ی نوری و شدت نور روی پارامترهای جمعیتی، از جدول‌های زندگی تولیدمثلی استفاده شد و سپس نرخ‌های سرانه‌ی تولیدمثل و فراسنجه‌های رشد جمعیت پایدار با استفاده از آن‌ها محاسبه گردیدند (Carey, 1993 and 2001).

با استفاده از ستون‌های سن میانی ($x+0/5$)، بقا در آغاز هر رده‌ی سنی (l_x)، بقا بین دو گروه سنی (L_x)، توزیع سنی تلفات (d_x)، تعداد روزهایی که زنبورها بعد از سن x زنده مانده‌اند (T_x) و امید زندگی (e_x)، امید زندگی در سن صفر (e_0) طبق روش کری (Carey, 1993)، تجزیه و تحلیل تلفات و بقا صورت گرفت. همچنین مقادیر آنتروپی (H) جهت قضاوت در مورد نوع منحنی بقا از رابطه‌ی زیر به‌دست آمد:

معادله‌ی [۱] $H = \frac{\sum_{x=0}^{\omega} e_x d_x}{e_0}$

مقادیر کم‌تر، مساوی و بیش‌تر از ۰/۵ این کمیت به‌ترتیب معرف منحنی‌های بقای نوع اول (محدب)، نوع دوم و نوع سوم (مقعر) می‌باشند.

فراسنجه‌های تولیدمثلی شامل نرخ‌های روزانه‌ی تولیدمثل (میانگین تعداد تخم گذاشته شده توسط هر ماده در روز)، نرخ‌های تولیدمثلی در طول عمر موجود زنده (نرخ ناخالص زادآوری و نرخ خالص زادآوری)، با استفاده از ستون‌های ($x+0/5$)، L_x و M_x محاسبه گردید (Carey, 1993).

محاسبه‌ی فراسنجه‌های جمعیت پایدار

با استفاده از جدول‌های زندگی- باروری (Carey, 1993)، فراسنجه‌های جمعیت پایدار شامل نرخ ذاتی افزایش جمعیت (r_m)، نرخ متناهی افزایش جمعیت (λ)، نرخ تولیدمثل ناخالص (GRR)، نرخ تولیدمثل خالص (R_0)، مدت دو برابر شدن جمعیت (DT)، میانگین زمان یک نسل (T)، نرخ ذاتی تولد (b) و نرخ ذاتی مرگ (d)، برآورد شدند.

برآورد عدم قطعیت

برآورد واریانس، خطای استاندارد و عدم قطعیت داده‌ها با استفاده از روش جکنایف (Meyer et al., 1986) به‌دست آمد. این روش در چند مرحله انجام شد. ابتدا مقدار هر فراسنجه برای کل ماده‌های همزاد یک تیمار از مجموعه‌ی کل داده‌ها (n) با استفاده از تمام تکرارها محاسبه گردید (P_{total}). سپس با حذف تک تک داده‌ها و محاسبه‌ی مجدد فراسنجه‌ها برای تکرارهای باقی‌مانده (P_i)، مقادیر دروغین جکنایف (P_j) از رابطه‌ی زیر محاسبه شد.

معادله‌ی [۲] $P_j = (n.P_{total}) - (n-1).P_i$

کلیه‌ی محاسبات ذکر شده با تعریف توابع در نرم افزار Excel انجام شد.

طرح آزمایشی و تجزیه‌های آماری

بررسی اختلاف پارامترهای مختلف بین تیمارها (دوره‌های نوری مختلف یا شدت نورهای مختلف)، با تجزیه‌ی واریانس یک طرفه و مقایسه‌ی میانگین‌ها با روش توکی در سطح احتمال ۵٪ با نرم افزار SAS 9.4(SAS, 2009) مورد بررسی قرار گرفت. در این آزمایش برای هر تیمار، ۳۰ تکرار در نظر گرفته شد. طرح آزمایشی، طرح پایه‌ی کاملاً تصادفی بود.

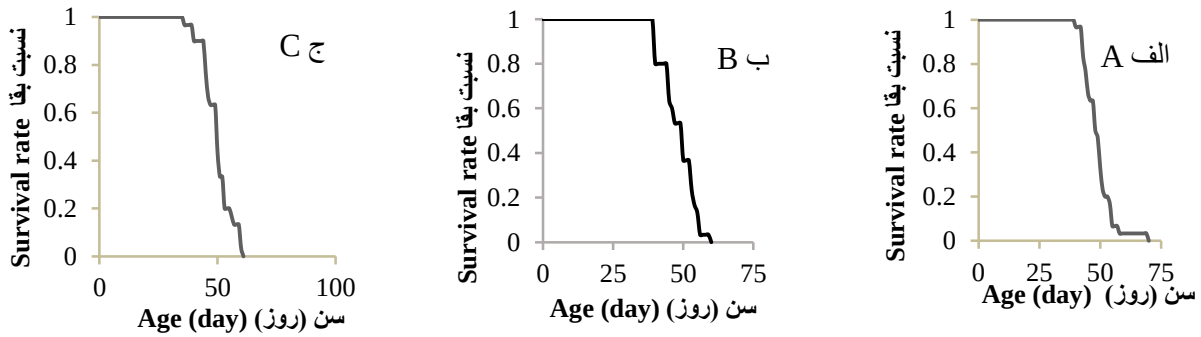
نتایج

اثر شدت نور بر آماره‌های زیستی زنبور *T. grandis*

شدت نور در داخل سه اتاقک رشد به‌ترتیب از بالا به پایین ۵۳۳۱، ۱۴۱۲/۵ و ۷۰۶ لوکس بود. میزان تأثیر این متغیر بر آماره‌های جدول زندگی- زادآوری به‌ترتیب زیر برآورد گردید:

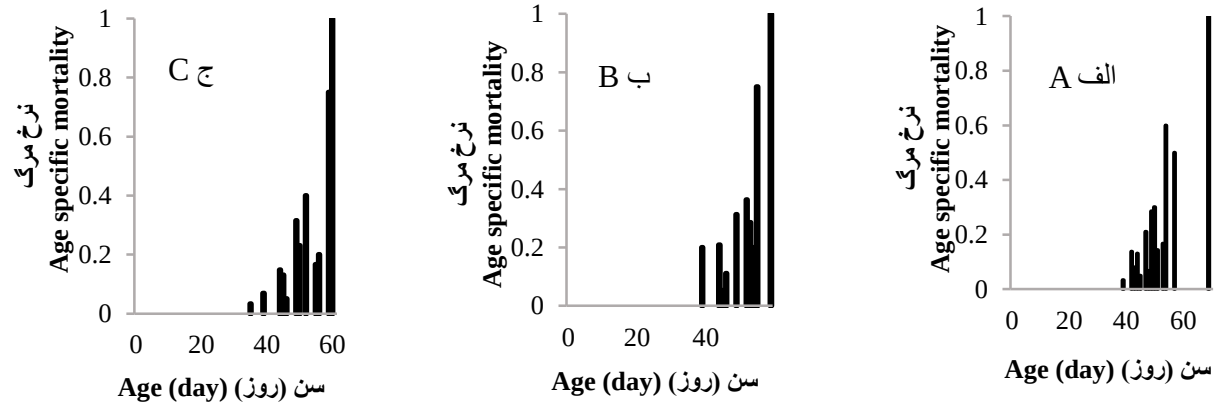
اثر شدت نور روی منحنی‌های بقا، تلفات ویژه‌ی سنی و امید به زندگی

به‌طوری که در شکل ۱ مشاهده می‌شود، منحنی‌های بقا در هر سه تیمار مورد نظر از نوع اول می‌باشند. مقادیر آنتروپی هر سه منحنی حدود ۰/۱ به دست آمد که مؤید تحدب منحنی است. در دوران نابالغ و روزهای اول زندگی، تلفاتی در هیچ‌کدام از تیمارها مشاهده نشد و با توجه به منحنی‌های توزیع تلفات (شکل۲)، در پایان عمر همزادگان و با افزایش سن، بیشترین تلفات حادث شده است.



شکل ۱- منحنی بقای زنبور ***T. grandis***، الف) ۵۳۳۱ لوکس، ب) ۱۴۱۲/۵ لوکس و ج) ۷۰۶ لوکس.

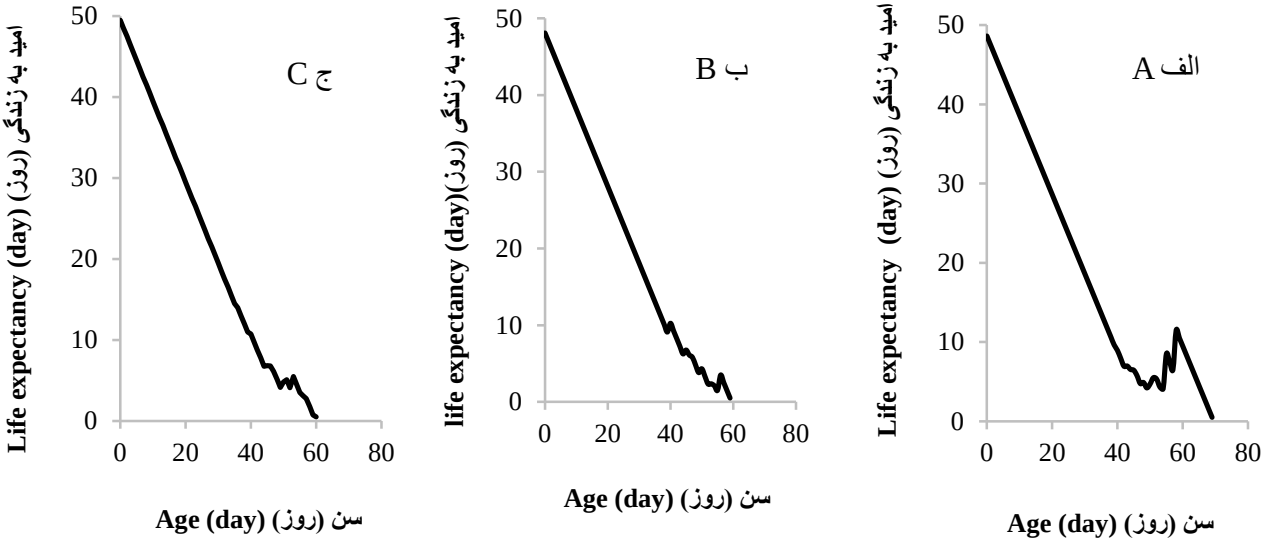
Figure 1: The survivorship curves of *T. grandis*, A) 5331 Lux, B) 1412.5 Lux and C) 706 Lux.



شکل ۲- تلفات ویژه‌ی سنی (q_x) زنبور ***T. grandis***، الف) ۵۳۳۱ لوکس، ب) ۱۴۱۲/۵ لوکس و ج) ۷۰۶ لوکس.

Figure 2: The age specific mortality (q_x) of *T. grandis*, A) 5331 Lux, B) 1412.5 Lux and C) 706 Lux.

پارامتر بعدی که منحنی‌های آن در شکل ۳ نشان داده شده است، امید به زندگی می‌باشد. بیشینه‌ی امید به زندگی در تمام تیمارها در روز تولد افراد همزاد به‌ترتیب ۴۸/۶۳، ۴۸/۱۰ و ۴۹/۵۰ به دست آمد و با کاهشی شبه خطی در روز مرگ آخرین زنبور ماده که به ترتیب برای سه تیمار روز ۷۰، ۶۰ و ۶۱ بود، به صفر رسید.



شکل ۳- امید به زندگی زنبور *T. grandis*، الف) ۵۳۳۱ لوکس ب) ۱۴۱۲/۵ لوکس و ج) ۷۰۶ لوکس.

Figure 3: Life expectancy of *T. grandis*, A) 5331 Lux, B) 1412.5 Lux and C) 706 Lux.

اثر شدت نور بر پارامترهای دوره‌ی زندگی زنبور *T. grandis*

تجزیه‌ی واریانس و مقایسه‌ی میانگین پارامترهای دوره‌ی زندگی زنبور *T. grandis* در لوکس‌های مختلف، به‌ترتیب در جدول‌های ۱ و ۲ نشان داده شده‌اند. تجزیه‌ی واریانس اختلاف معنی‌داری از نظر زمان نشوونما و زادآوری کل بین تیمارها نشان داد ولی بر اساس آزمون توکی اختلافی بین زمان نشوونما در تیمارهای مختلف مشاهده نشد و همان طور که مقادیر SE نیز مشخص می‌سازد، این صفت تغییرپذیری بالایی را نشان نمی‌دهد. میانگین طول عمر ماده‌های سه تیمار ۱/۰۸±۳۹/۲۱ روز محاسبه شد. زادآوری کل ماده‌ها، پارامتر زیستی مهم دیگر می‌باشد که بیشترین زادآوری بین تیمارها، مربوط به تیمار دوم یعنی ۱۴۱۲/۵ لوکس بود که با دو تیمار دیگر، زادآوری متفاوتی نشان داد. با توجه به مشاهدات و نتایج به دست‌آمده از آزمایش‌های جدول زندگی، زنبور *T. grandis* بلافاصله بعد از خروج از تخم قادر به جفت‌گیری و تخم‌ریزی می‌باشد. نسبت جنسی (تعداد فرزندان ماده به کل فرزندان) در سطح احتمال پنج درصد بین تیمارهای آزمایش اختلاف معنی‌داری نشان نداد و به طور میانگین نسبت جنسی سه تیمار ۰/۰۱ ± ۰/۷۵ محاسبه شد.

جدول ۱- تجزیه‌ی واریانس پارامترهای دوره‌ی زندگی زنبور *T. grandis* در سه تیمار شدت نور متفاوت.

Table 1. Analysis of variance of the life history parameters of *T. grandis* in three different light intensities.

فراسنجه (Parameter)	طول عمر ماده‌ها (Female longevity)	دوره‌ی نشوونما (Developmental time)	زادآوری کل (Total fecundity)	نسبت جنسی (Sex ratio)
F[1]	0.36^{ns}	3.22^{*}	4.78^{*}	1.43^{ns}
p-value	0.69	0.045	0.011	0.24

1. $F_{0.05, 2, 87}$=3.10 and df=2,87 in all analyses.

* significant (Tukey'sHSD, α= 0.05) and ns= non-significant.

جدول ۲- میانگین (±SE) پارامترهای دوره‌ی زندگی زنبور ***T. grandis*** در سه تیمار شدت نور.

Table 2. Mean (±SE) of the life history parameters of *T. grandis* in three different light intensities.

فراسنجه (Parameter)	واحد (Unit)	شدت نور		
		5331 Lux	1412.5 Lux	706 Lux
طول عمر ماده‌ها (Female longevity)	Day	39.1±1.08[a]	38.6±1.07[a]	39.9±1.12[a]
دوره‌ی نشوونما (Developmental time)	Day	11.0±0[a]	11.0±0[a]	11.1±0.05[a]
زادآوری کل (Total fecundity)	-	173.2±3.31[b]	187.0±3.96[a]	174.0±3.10[b]
نسبت جنسی (Sex ratio)	-	0.772±0.011[a]	0.755±0.009[a]	0.748±0.009[a]

Means bearing the same letter in a row are not significantly different (Tukey'sHSD, α= 0.05).

اثر شدت نور بر پارامترهای رشد جمعیت پایدار زنبور *T. grandis*

نرخ ناخالص و خالص تولیدمثل (به‌ترتیب GRR و R_0) تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد آزمون توکی، بین سه تیمار مورد آزمایش نشان ندادند (جدول ۳). مقدار عددی این دو کمیت در تمام تیمارها به علت عدم وقوع تلفات در تمام طول مراحل نابالغ و تولیدمثلی، دقیقا مشابه بود (جدول۴). تفاوت معنی‌داری در نرخ ذاتی افزایش جمعیت (r_m) بین تیمارها مشاهده شد (جدول ۳)، به طوری که مقدار این کمیت در لوکس بالا به‌طور جزئی کمتر از دو تیمار دیگر بود (جدول ۴). به همین ترتیب نرخ متناهی افزایش جمعیت (λ)، مدت زمان دو برابر شدن جمعیت (DT)، متوسط مدت زمان یک نسل (T)، نرخ ذاتی تولد (b) و نرخ ذاتی مرگ (d) نیز در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری بین تیمار لوکس بالا با دو تیمار بعدی نشان دادند (جدول ۴).

جدول ۳- تجزیه‌ی واریانس پارامترهای رشد جمعیت پایدار زنبور ***T. grandis*** بین سه تیمار شدت نور.

Table 3. Summary statistics of ANOVA for stable population growth parameters of *T. grandis* in three light intensities.

فراسنجه (Parameter)	F[1]	p-value
GRR	2.96^{ns}	0.057
R_0	2.96^{ns}	0.057
r_m	12.23^{**}	2.09×10^{-5}
λ	12.24^{**}	2.08×10^{-5}
DT	12.16^{**}	2.19×10^{-5}
T	7.69^{**}	0.0008
B	12.23^{**}	2.09×10^{-5}
D	12.26^{**}	2.03×10^{-5}

1. $F_{0.05,\ 2,\ 87}$=3.10 and df=2,87 in all analyses.

** Significant (Tukey's HSD, α= 0.05), ns= non-significant.

جدول ۴- پارامترهای رشد جمعیت پایدار (±SE) زنبور ***T. grandis*** بین سه تیمار شدت نور.

Table 4. Stable population growth parameters (±SE) of *T. grandis* in three light intensities.

فراسنجه های رشد جمعیت پایدار (Stable population growth parameters)	نماد (Symbol)	واحد (Unit)	شدت نور		
			5331 Lux	1412.5 Lux	706 Lux
نرخ ناخالص افزایش جمعیت (Gross reproductive rate)	GRR	female/ generation	133.73±3.13[a]	141.1±3.11[a]	130.83±2.97[a]
نرخ خالص افزایش جمعیت (Net reproductive rate)	R_0	female/ generation	133.73±3.13[a]	141.1±3.11[a]	130.83±2.97[a]
نرخ ذاتی افزایش جمعیت (Intrinsic rate of increase)	r_m	d^{-1}	0.354±0.002[b]	0.367±0.001[a]	0.362±0.002[a]
نرخ متناهی افزایش جمعیت (Finite rate of increase)	λ	d^{-1}	1.425±0.002[b]	1.444±0.002[a]	1.437±0.002[a]

مدت زمان دو برابر شدن جمعیت (Doubling time)	DT	d	1.95 ± 0.011^{a}	1.88 ± 0.007^{b}	1.91 ± 0.010^{b}
متوسط مدت زمان یک نسل (Mean generation time)	T	d	13.80 ± 0.067^{a}	13.45 ± 0.065^{b}	13.43 ± 0.089^{b}
نرخ ذاتی تولد (Birth rate)	b	d^{-1}	0.3565 ± 0.002^{b}	0.3700 ± 0.001^{a}	0.3648 ± 0.002^{a}
نرخ ذاتی مرگ (Death rate)	d	d^{-1}	$0.0018\pm3.31\times10^{-5b}$	$0.0020\pm2.64\times10^{-5a}$	$0.0019\pm3.36\times10^{-5a}$

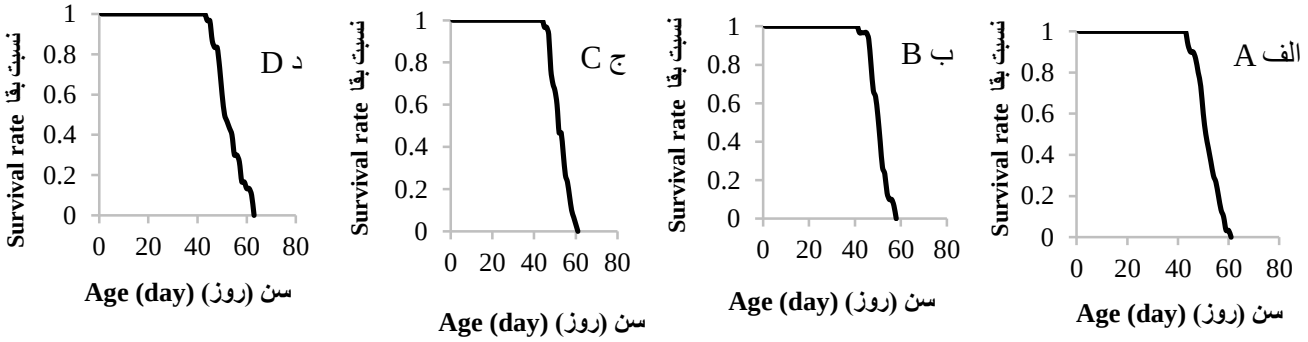
Means bearing the same letter in a row are not significantly different (Tukey's HSD, α= 0.05).

اثر دوره‌ی نوری بر زیست آماره‌های زنبور *T. grandis*

این بررسی در چهار تیمار دوره‌ی نوری شامل ۱۰:۱۴، تاریکی مطلق، ۱۲:۱۲ و ۱۴:۱۰ ساعت (تاریکی: روشنایی) اجرا شد. اثر تیمارها بر پارامترهای زیستی زنبور مورد آزمایش به شرح زیر ارایه می‌شود.

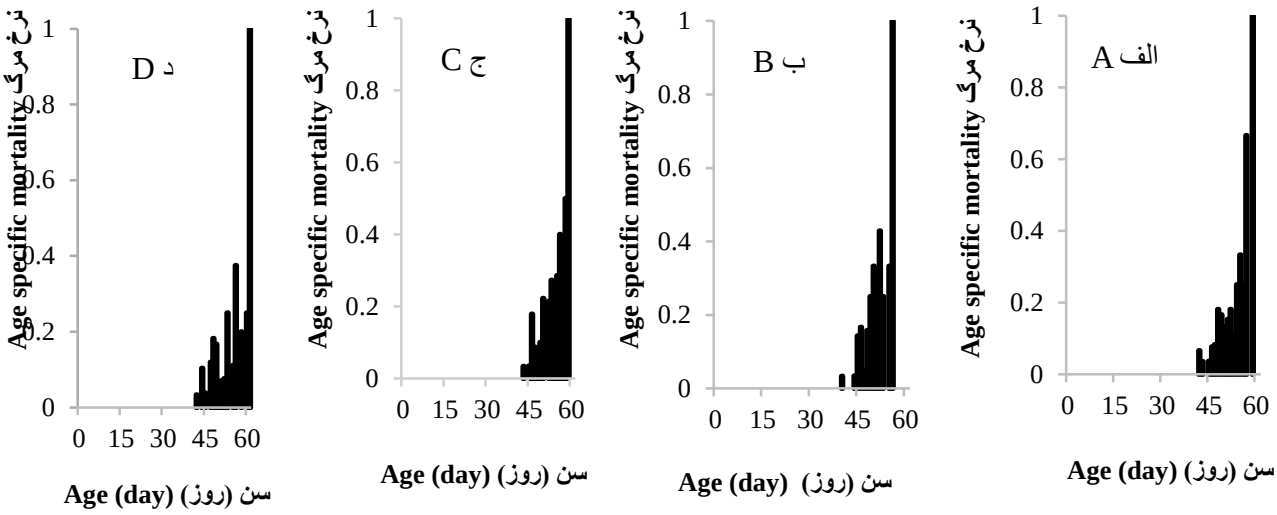
اثر بر منحنی‌های بقا، تلفات ویژه‌ی سنی و امید به زندگی

منحنی‌های بقای هر چهار تیمار مورد بررسی از نوع اول به دست آمد و مقادیر آنتروپی تیمارهای مختلف بین ۰/۰۶۹ تا ۰/۰۹۷ محاسبه شد (شکل ۴). تلفات ویژه‌ی سنی نیز با توجه به منحنی‌های بقای نوع اول، با افزایش سن افراد بیشتر شده و اکثراً هم در سنین پیری رخ داد (شکل ۵). امید به زندگی در روز تولد افراد همزاد در چهار تیمار مورد آزمایش به ترتیب ۵۰/۶، ۴۹/۲۳، ۵۱/۳ و ۵۱/۶۷ روز بود که با کاهشی شبه‌خطی در روز مرگ آخرین زنبور ماده (به‌ترتیب برای چهار تیمار ذکر شده، روزهای ۶۰، ۵۷، ۶۰ و ۶۱ آزمایش) به صفر رسید (شکل ۶).



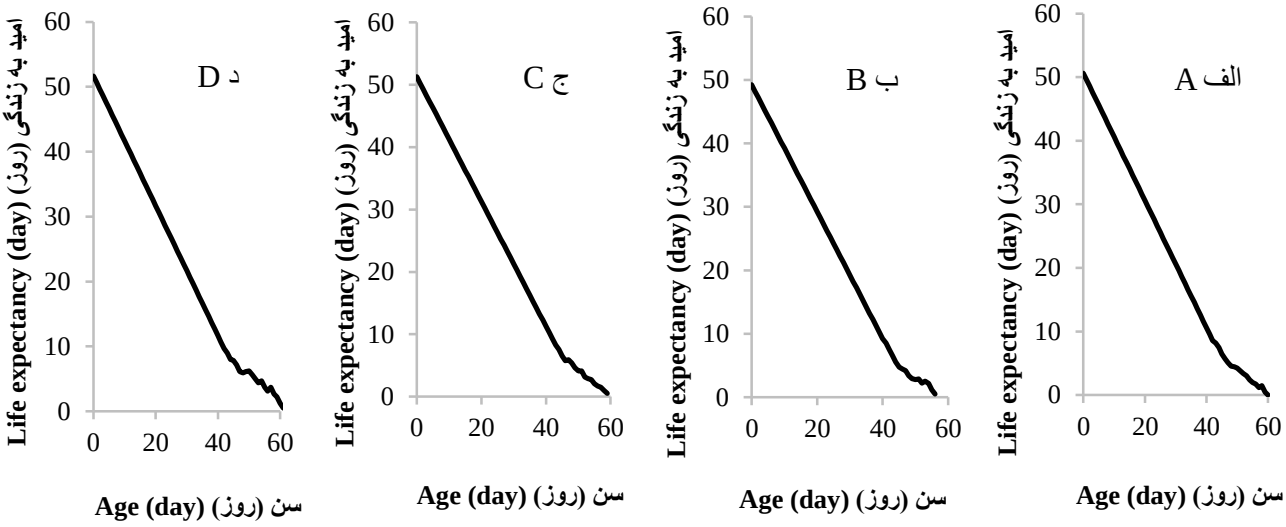
شکل ۴- منحنی بقای زنبور *T. grandis*، در چهار تیمار دوره‌ی نوری. الف) ۱۰:۱۴ ب) تاریکی مطلق ج) ۱۲:۱۲ د) ۱۴:۱۰.

Figure 4: Survivorship curves of *T. grandis* in four photoperiod regimes. A) 10:14, B) darkness, C) 12:12 and D) 14:10 h (light: darkness).



شکل ۵- تلفات ویژه‌ی سنی زنبور *T. grandis*، در چهار تیمار دوره‌ی نوری. الف) ۱۰:۱۴ ب) تاریکی مطلق ج) ۱۲:۱۲ د) ۱۰:۱۴.

Figure 5: Age specific mortality (q_x) of *T. grandis*, in four photoperiod regimes. A) 10:14, B) darkness, C) 12:12 and D) 14:10 h (light: darkness).



شکل ۶- امید به زندگی زنبور *T.grandis*، در چهار تیمار دوره‌ی نوری. الف) ۱۰:۱۴ ب) تاریکی مطلق ج) ۱۲:۱۲ د) ۱۰:۱۴.

Figure 6: Life expectancy of *T. grandis*, in four photoperiod regimes. A) 10:14, B) darkness, C) 12:12 and D) 14:10 h (light: darkness).

اثر دوره‌ی نوری بر پارامترهای دوره‌ی زندگی زنبور *T. grandis*

تجزیه‌ی واریانس و میانگین پارامترهای محاسبه شده در جداول ۵ و ۶ نشان داده شده‌اند. در این بررسی از نظر مدت نشوونمای مراحل نابالغ اختلاف جزئی ولی معنی‌داری بین تیمارها مشاهده شد. بدین صورت که تفاوت بین تیمارهای ۱۲:۱۲ و ۱۴:۱۰ با تیمار ۱۰:۱۴ معنی‌دار بود (جدول ۶). اثر دوره‌ی نوری بر طول عمر ماده‌ها معنی‌دار نبود و میانگین طول عمر ماده‌های چهار تیمار، ۰/۸۳ ± ۴۰/۲۳ روز به‌دست‌آمد. از نظر زادآوری کل ماده‌ها، تیمار اول با دوره‌ی نوری ۱۰ ساعت

روشنایی و ۱۴ ساعت تاریکی زادآوری کمتری نسبت به سه تیمار دیگر داشت و اختلاف معنی‌داری بین این تیمار با سایر تیمارها مشاهده گردید. مقایسه‌ی نسبت جنسی (تعداد فرزندان ماده به کل فرزندان) بین تیمارهای آزمایش، اختلاف معنی‌داری نشان داد، به‌طوری که براساس آزمون توکی، تیمار دوم (تاریکی مطلق) تفاوت معنی‌داری با سایر تیمارها داشت و نسبت ماده‌ها در این تیمار کمتر از سه تیمار دیگر بود.

جدول ۵- تجزیه‌ی واریانس پارامترهای دوره‌ی زندگی زنبور *T. grandis* در چهار تیمار دوره‌ی نوری.

Table 3. Summary statistics of ANOVA of life history parameters of *T. grandis* in four photoperiod regimes.

فراسنجه (Parameter)	طول عمر ماده‌ها (Female longevity)	دوره‌ی نشوونما (Developmental time)	زادآوری کل (Total fecundity)	نسبت جنسی (Sex ratio)
F[1]	1.45^{ns}	5.88^{*}	10.03^{*}	11.84^{*}
p-value	0.23	0.0009	6.25×10^{-6}	8×10^{-7}

1. $F_{0.05,\ 3,\ 116}=2.68$ and df=3,116.
* Significant (Tukey's HSD, $\alpha= 0.05$), ns= non-significant.

جدول ۶- میانگین (±SE) پارامترهای زیستی زنبور *T. grandis* در چهار تیمار دوره‌ی نوری.

Table 6. Mean (±SE) of life history parameters of *T. grandis* in four photoperiod regimes.

فراسنجه(Parameter)	واحد (Unit)	دوره‌ی نوری (Photoperiod regimes)			
		10:14	darkness	12:12	14:10
طول عمر ماده‌ها (Female longevity)	day	40.3 ± 0.84^{a}	38.8 ± 0.69^{a}	40.76 ± 0.78^{a}	41.06 ± 0.99^{a}
دوره‌ی نشوونما (Developmental time)	day	10.8 ± 0.07^{b}	10.93 ± 0.04^{ab}	11.0 ± 0^{a}	11.1 ± 0.05^{a}
زادآوری کل (Total fecundity)	-	140.8 ± 2.3^{b}	153.66 ± 3.09^{a}	158.43 ± 1.90^{a}	161.73 ± 3.89^{a}
نسبت جنسی (Sex ratio)	-	0.750 ± 0.004^{a}	0.718 ± 0.006^{b}	0.769 ± 0.006^{a}	0.763 ± 0.008^{a}

Means bearing the same letter in a row are not significantly different (Tukey's HSD, $\alpha= 0.05$).

اثر دوره‌ی نوری بر پارامترهای رشد جمعیت پایدار زنبور *T. grandis*

اثر چهار تیمار دوره‌ی نوری بر نرخ ناخالص و خالص تولیدمثل معنی‌دار بود (جدول ۷)، بدین صورت که دو تیمار ۱۰:۱۴ و تاریکی در یک گروه و تیمارهای ۱۲:۱۲ و ۱۴:۱۰ در گروه معنی‌دار دیگر دسته‌بندی شدند (جدول ۸). در این مورد نیز مقادیر این دو پارامتر در تمام تیمارها دقیقاً بر هم منطبق بود (جدول ۸). در نرخ ذاتی افزایش جمعیت (r_m)، نرخ متناهی افزایش جمعیت (λ)، مدت زمان دو برابر شدن جمعیت (DT)، متوسط مدت زمان یک نسل (T)، نرخ ذاتی تولد (b) و نرخ ذاتی مرگ (d) نیز تفاوت معنی‌داری ملاحظه شد (جدول ۷) و همانند نرخ ناخالص تولیدمثل، تیمارها به دو گروه تقسیم‌بندی شدند (جدول ۸).

جدول ۷- تجزیه‌ی واریانس پارامترهای رشد جمعیت پایدار زنبور *T. grandis* در چهار تیمار دوره‌ی نوری.

Table 7. Summary statistics of ANOVA of stable population growth parameters of *T. grandis* in four photoperiod regimes.

فراسنجه (Parameter)	F[1]	p-value
GRR	11.15^{*}	1.75×10^{-6}
R_0	11.15^{*}	1.75×10^{-6}
r_m	80.75^{*}	2.81×10^{-28}
λ	81.82^{*}	1.67×10^{-28}
DT	73.37^{*}	1.12×10^{-26}
T	49.15^{*}	1.42×10^{-26}
B	80.84^{*}	2.۶۹×10^{-28}
D	86.35^{*}	2.68×10^{-29}

1. $F_{0.05,\ 3,\ 116}=2.68$, df=3,116 in all analyses.
* Significantly different (Tukey's HSD, $\alpha= 0.05$).

جدول ۸- پارامترهای رشد جمعیت پایدار (±SE) زنبور *T. grandis* بین چهار تیمار دوره نوری.

Table 8. Stable population growth parameters (±SE) of *T. grandis* in four photoperiod regimes.

فراسنجه های رشد جمعیت پایدار (Stable population growth parameters)	نماد (Symbol)	واحد (Unit)	photoperiod regimes (دوره‌ی نوری)			
			10:14	darkness	12:12	14:10
نرخ ناخالص افزایش جمعیت (Gross reproductive rate)	GRR	female/ generation	105.73±1.91[b]	110.66±2.74[b]	121.86±1.83[a]	123.8±3.56[a]
نرخ خالص افزایش جمعیت (Net reproductive rate)	R_0	female/ generation	105.73±1.91[b]	110.66±2.74[b]	121.86±1.83[a]	123.8±3.56[a]
نرخ ذاتی افزایش جمعیت (Intrinsic rate of increase)	r_m	d^{-1}	0.328±0.002[b]	0.329±0.002[b]	0.367±0.001[a]	0.362±0.002[a]
نرخ متناهی افزایش جمعیت (Finite rate of increase)	λ	d^{-1}	1.38±0.003[b]	1.39±0.003[b]	1.44±0.002[a]	1.43±0.003[a]
مدت زمان دو برابر شدن جمعیت (Doubling time)	DT	d	2.1±0.016[a]	2.1±0.018[a]	1.88±0.007[b]	1.9±0.011[b]
متوسط مدت زمان یک نسل (Mean generation time)	T	d	14.18±0.09[a]	14.27±0.09[a]	13.08±0.06[b]	13.27±0.09[b]
نرخ ذاتی تولد (Birth rate)	b	d^{-1}	0.330±0.002[b]	0.331±0.002[b]	0.369±0.001[a]	0.364±0.002[a]
نرخ ذاتی مرگ (Death rate)	d	d^{-1}	0.001±3.4×10^{-5}[b]	0.001±3.9×10^{-5}[b]	0.002±2. 4×10^{-5}[a]	0.001±3.6×10^{-5}[a]

Means bearing the same letter in a row are not significantly different (Tukey's HSD, α= 0.05).

بحث

در مورد اثر دو عامل شدت نور و دوره‌ی نوری روی دوره‌ی زندگی پارازیتوییدهای تخم سن گندم به جز این بررسی تاکنون مطالعه‌ای انجام نشده است ولی می‌توان نتایج حاصل را با نتایج پارازیتوییدهای دیگر مورد مقایسه قرار داد. تخم‌ریزی برخی زنبورهای *Trichogramma principium* در بررسی‌های رزنیک و واگینا (Reznik and Vaghina, 2007) در هفت دوره‌ی نوری مختلف، به تأخیر افتاد و تخم‌ریزی در دوره‌های نوری روز کوتاه و روز بلند کمتر صورت گرفت. ولی در نتایج بررسی صورت گرفته ماده‌های زنبور *T. grandis* در تمام تیمارهای شدت نور و دوره‌ی نوری بلافاصله بعد از خروج از تخم، جفت‌گیری کرده، قادر به تخم‌ریزی بودند و تأخیری مشاهده نشد. زادآوری ماده‌ها در بررسی حاضر در دو تیمار روز کوتاه (۱۰:۱۴) و تاریکی مطلق کمتر از دو تیمار بعدی با طول روز بلندتر بود. باتوجه به نتایج هر دو بررسی حاضر می‌توان چنین استنباط کرد که شدت نور و طول روز می‌تواند بر نسبت جنسی اثرگذار باشد. نسبت جنسی در تیمارهای روز بلند نزدیک به هم و بیشترین مقدار را نسبت به سایر تیمارها داشتند. همچنین تیمار تاریکی مطلق کمترین نسبت جنسی را بین تیمارها نشان داد. در تیمارهای شدت نور نیز تیمار اول با بیشترین لوکس ممکن نسبت جنسی بالایی نشان داد. در بررسی‌های گرینبرگ و همکاران (Greenberg et al., 2008) روی *Anthonomus grandis*، ماده‌ها در دوره‌های نوری بلند (۲۴:۰ و ۱۴:۱۰)، زمان نشوونمای کوتاه‌تری نسبت به دوره‌های روز کوتاه (۰:۲۴ و ۱۰:۱۴) نشان دادند. این درحالی است که شدت نور و دوره‌ی نوری اثر قابل ملاحظه‌ای را بر زمان نشوونمای زنبور در تحقیق حاضر نشان ندادند فقط در دو تیمار دوره‌ی نوری با طول روز کوتاه‌تر (۱۰:۱۴ و تاریکی مطلق) این زمان اندکی کمتر بود.

از لحاظ پاسخ به شدت نور و دوره‌ی نوری، در بررسی زیلاهی بالوق و همکاران (Zilahi-Balogh et al.,

2006) مقایسه‌ای بین دو زنبور پارازیتویید سفید بالک گلخانه *Encarsia formosa* و *Eretmocerus eremicus* صورت گرفت. با این‌که هر دو زنبور پارازیتویید به افزایش شدت نور و طول روز پاسخ مثبت داده و عمدتاً در طول ساعات روز فعال بودند ولی میزان پارازیتیسم زنبور *E. formosa* به‌طور معنی‌دار در روزهای بلند بیشتر از روزهای کوتاه آزمایش بود. به‌طور کلی این محققان نور را محرک فعالیت هر دو پارازیتویید عنوان کردند. در آزمایش دوره‌ی نوری بررسی ما نیز میزان پارازیتیسم و زادآوری کل زنبور *T. grandis* در دو تیمار روز بلند آزمایش بیشتر از دو تیمار روز کوتاه بود. در بررسی دوره‌ی نوری، آماره‌ی مدت زمان یک نسل در دو دوره‌ی نوری روز کوتاه (۱۰:۱۴) و تاریکی مطلق نسبت به دو دوره‌ی روز بلند آزمایش (۱۲:۱۲ و ۱۴:۱۰) حدود یک روز بیشتر بود ولی بین تیمارهای شدت نور اختلاف چندانی بر مدت زمان یک نسل زنبور *T. grandis* ملاحظه نشد.

دوره‌های نوری و شدت نورهای کمتر و بیشتر از آنچه حشره در طبیعت تجربه می‌کند، هر دو می‌توانند اثرات منفی بر ویژگی‌های زیستی حشره داشته باشند. با این حال، هرچند افزایش دوره‌ی نوری در حدودی که در طبیعت حادث می‌شود می‌تواند موجب مزیت یک حشره شود، افزایش بیشتر آن می‌تواند سبب تأثیراتی در جهت معکوس شود که چنین موردی در بررسی‌های پورعسگری و همکاران (۱۳۹۲) با افزایش طول دوره‌ی روشنایی روی ویژگی‌های زیستی و فراسنجه‌های جدول زندگی کنه‌ی *Carpoglyphus lactis* (L.) دیده می‌شود. به‌طوری‌که نرخ ذاتی افزایش جمعیت (r_m) و نرخ باروری و تخم‌ریزی کنه به‌طور معنی‌دار کاهش یافته است. در تیمار تاریکی مطلق زمان ظهور افراد بالغ را زودتر، دوره‌ی پیش از تخم‌ریزی کل و طول دوره‌ی نسل را نیزکوتاه‌تر از سایر تیمارها ثبت کردند. در صورتی‌که در بررسی حاضر مقادیر نرخ ذاتی افزایش جمعیت در دوره‌ی نوری روز بلند و روز و شب مساوی به‌طور معنی‌دار بیشتر از مقادیر آن در دوره‌ی روز کوتاه و تاریکی بود و بیشترین زادآوری و تخم‌ریزی زنبورهای ماده به بلندترین طول روز (۱۴:۱۰ ساعت)، اختصاص یافت. در بررسی حاضر، در تیمار تاریکی مطلق، مدت نشوونمای مراحل نابالغ و ظهور افراد بالغ هرچند اختلاف معنی‌داری با سایر تیمارها نشان نداد، ولی نسبت به دو تیمار روز بلند و روز و شب مساوی اندکی کوتاه‌تر بود و در مورد مدت زمان یک نسل، بیشترین مقدار ثبت شده در این تیمار ملاحظه شد.

گفتنی است در بررسی حاضر دوره‌های با طول روز خیلی بلند و خیلی کوتاه‌تر از شرایط طبیعی در آزمایش لحاظ نگردید و شرایط دوره‌ی نوری نزدیک به شرایط طبیعی ترجیحاً مورد آزمون قرار گرفت. در این بین، تیمار تاریکی مطلق به‌عنوان حد نهایی دوره‌ی نوری، مورد آزمون قرارگرفت که برخلاف انتظار اثرات چندان شدیدی روی زنبور پارازیتویید *T. grandis* نشان نداد. زنبور هرچند چنین شرایطی را در طبیعت هرگز تجربه نمی‌نماید، ولی قادر است به فعالیت طبیعی خود با اثرات فیزیولژیک اندک ادامه دهد. این موضوع شاید از آنجا ناشی می‌گردد که زنبور مذکور انعطاف پذیری فنوتیپی بالایی دارد و قادر است خود را با نهایت‌های محیطی به‌خوبی تطبیق دهد. موردی از چنین سازگاری‌هایی در این گونه در رابطه با دمای محیط (نوزاد بناب ۱۳۸۷) دیده شده است. چنین قابلیت‌هایی موجب غلبه‌ی این گونه بر سایر پارازیتوییدهای سن گندم شده و تقریباً در بیشتر مناطق کشور این گونه غالب است (رجبی و امیرنظری ۱۳۶۷). در هر حال این زنبور و گونه‌های مجاور، فاقد دیاپوز می‌باشند و لذا پاسخ آن‌ها به دوره‌ی نوری با تغییرات فیزیولژیک عمیقی همراه نیست. ایرانی‌پور (۱۳۷۵)، پارازیتیسم طبیعی این گونه را در روزهای کوتاه آبان ماه در شرایط کرج با نصب تله‌های تخم میزبان در باغات اطراف مزارع گندم مشاهده نموده است. این زمان مصادف با زمانی است که میزبان هدف (سن گندم) در دیاپوز تولیدمثلی در اماکن زمستانه به سر می‌برد و به‌طور طبیعی نمی‌تواند پارازیتیسم مستمری را بروز دهد و تنها می‌تواند در صورت برخورد با میزبان‌های جایگزین، به تخم‌گذاری در آن‌ها بپردازد. مشاهدات ایرانی پور (۱۳۷۵) انطباق دوره‌ی فعالیت زنبورها را با دوره‌ی نوری ۱۳:۱۱ ساعت در بهار و آخر تابستان نشان می‌دهد، ولی مشاهده

پارازیتیسم در آبان ماه که مقارن با روزهای کوتاه می‌باشد، ممکن است فرضیه‌ی حاکمیت دما بر شرایط زمستان‌گذرانی را نشان دهد. به‌عبارتی زنبورهای مذکور قبل از آن‌که با طول روز به شرایط زمستانی پاسخ دهند با دمای آستانه پاسخ می‌دهند. با این حال تا زمانی‌که اثرات توأم هر دو عامل بررسی نشود، همچنان این موضوع در حد یک فرضیه باقی می‌ماند. این احتمال نیز منتفی نیست که افراد مختلف، استراتژی‌های زمستان‌گذرانی متفاوتی از خود نشان دهند. تفاوت‌های منطقه‌ای نیز در این امر مورد انتظار است. به‌عنوان مثال در مناطق سردسیر و گرمسیر ممکن است استراتژی پارازیتوییدها متفاوت باشد. همچنین تفاوت‌های بین گونه‌ای نیز دور از انتظار نیست.

زنبورهای پارازیتویید در طبیعت و مزارع گندم و جو، شدت نورهای متفاوتی را تجربه می‌نمایند. در طول شب تا صبح تاریکی یا نور خیلی کم را تجربه می‌کنند و در وسط روز بیشترین میزان نور را تجربه می‌نمایند. در ساعات میانی روز که نور شدید است فعالیت بیشتر و غالباً در سطوح پایینی گیاه مستقر می‌شوند تا از تابش شدید و احتمالاً گرما و خشکی در امان بمانند. آماری از میزان لوکسی که در طبیعت با آن مواجه می‌شوند وجود ندارد. در لوله‌های آزمایشی، تجربه‌ی جلب پارازیتوییدها به سمت منبع نور و افزایش سرعت حرکت در نور بیشتر وجود دارد. این قبیل واکنش‌ها آنی و یک واکنش رفتاری محسوب می‌شود. اما این‌که آیا شدت نور می‌تواند تغییراتی در فیزیولژی حشره مثلاً به‌صورت تولیدمثل بیشتر یا کمتر یا نشوونمای سریع‌تر یا کندتر ایجاد نماید، بررسی نشده است.

با توجه به این‌که پارازیتیسم، زادآوری کل، نرخ ناخالص و خالص تولیدمثل و نرخ ذاتی افزایش جمعیت زنبور *T. grandis* در آزمایش شدت نور در تیمار دوم یعنی لوکس میانی (۱۴۱۲/۵ لوکس) و در آزمایش دوره‌ی نوری در تیمارهای روز بلند (۱۲:۱۲ و ۱۴:۱۰) بیشترین مقدار را داشتند، می‌توان چنین استنباط کرد که این گونه احتمالاً در طبیعت، در قسمت‌های سایه روشن و میانی بوته‌ها تجمع بیشتری داشته باشد و روزهای بلند سال را برای فعالیت ترجیح دهد. عملاً هم تخم‌گذاری میزبان بیشتر در نیمه‌ی تحتانی بوته‌های گندم و جو صورت می‌گیرد. بنابراین منطقی خواهد بود که زنبور برای رویارویی بیشتر با میزبان، بیشتر زمان خود را در ارتفاعی سپری نماید که شانس رویارویی با میزبان را افزایش دهد و ممکن است این امر به‌عنوان یک نیروی انتخاب طبیعی موجب به‌گزین شدن زنبورهایی شده باشد که به متغیرهای محیطی و میکروکلیمایی این سطوح پاسخ‌های بهینه می‌دهند. مثلاً تمایل به لوکس‌های میانی یا گریز از رطوبت‌های پایین سطوح فوقانی سبب مزیت افرادی خواهد شد که به این سطح از متغیرهای مذکور گرایش بیشتری نشان می‌دهند. افرادی که گرایش به لوکس‌های بیشتر یا رطوبت‌های کمتر داشته باشند، شانس رویارویی کمتر با میزبان و در نتیجه سهم کمتری از خزانه‌ی ژنتیکی نسل آینده خواهند داشت.

در بررسی های مختلفی جدول زندگی تولیدمثلی *T. grandis* تحت تاثیر متغیرهای محیطی غیر از نور بررسی شده است که با یافته های این تحقیق قابل مقایسه است. در بررسی‌های امیرمعافی و همکاران (۱۳۷۹) متوسط طول دوره‌ی رشدی از تخم تا حشره‌ی کامل این زنبور، ۱۰/۹ روز، طول عمر ماده‌های بارور ۳۸/۵ روز و تعداد نتاج آن‌ها ۱۹۹/۶۳ به‌دست آمده است. همین پارامترها در بررسی حاضر به‌ترتیب برای آزمایش شدت نور ۱۱/۰۳روز، ۳۹/۲۱ روز و ۱۷۸/۲۴ و برای دوره‌ی نوری ۱۰/۹۵ روز، ۴۰/۲۳ روز و ۱۵۳/۶۵ محاسبه شد که متوسط طول دوره‌ی رشدی با نتیجه‌ی حاصل در آزمایش دوره‌ی نوری و تیمار تاریکی مطلق در بررسی حاضر مشابهت نسبی دارد. در بررسی دو جمعیت کرج و قزوین *T. grandis* توسط تقدسی و همکاران (۱۳۷۲)، متوسط طول عمر، میانگین تخم‌های انگلی شده و نسبت جنسی نتاج به‌ترتیب ۱۹ و ۱۸ روز، ۱۴۸ و ۱۵۰ تخم و ۵:۱ و ۴:۱ محاسبه شد. این پارامترها به خصوص طول عمر و نسبت جنسی در بررسی حاضر بیش از بررسی نامبردگان می‌باشد.

عسگری و خرازی پاکدل (۱۳۷۷) بیش‌ترین طول عمر زنبورهای ماده‌ی *T. grandis* را در شرایط آزمایشگاهی ۲۴ روز ثبت کردند. همین مقدار برای ماده‌های دو جمعیت بناب و قراملک *T. grandis* به ترتیب ۳۲/۱۳ و

۳۳/۵۶ روز گزارش شد (نوزاد بناب ۱۳۸۷). مقادیر طول عمر به دست آمده در بررسی ما بیشتر از مقادیر ثبت شده‌ی ایشان می‌باشد و این اختلاف می‌تواند ناشی از شرایط آزمایش و تفاوت ذاتی جمعیت‌های زنبور پارازیتویید باشد. متوسط مدت زمان یک نسل *T. grandis* در بررسی‌های امیرمعافی و پارکر (Amir Maafi and Parker, 2011) ۱۴/۶۱ روز بود که تقریباً نزدیک به مقدار ثبت شده‌ی آن در تیمار اول و دوم آزمایش دوره‌ی نوری بررسی حاضر می‌باشد.

میانگین زادآوری کل زنبور *T. grandis* به‌ازای هر ماده برای آزمایش شدت نور و دوره‌ی نوری، اختلاف زیادی با زادآوری کل همین گونه در پنج دما و دو جمعیت، در بررسی نوزاد بناب (۱۳۸۷) دارد. میانگین نرخ ناخالص و خالص تولیدمثل *T. grandis* توسط نوزاد بناب (۱۳۸۷) برای کل تیمارها ۲/۶۷ ± ۳۲/۳۵ و ۲/۶۴ ± ۳۱/۹۴ ماده/ ماده/ نسل به دست آمد که بیش از دو برابر اختلاف با مقادیر محاسبه شده‌ی ما نشان می‌دهد. با توجه به اینکه زادآوری کل در دو بررسی نیز تا همین حد تفاوت نشان می دهد، اختلاف مذکور می‌تواند از آن ناشی شده باشد.

نرخ ذاتی افزایش جمعیت (r_m) مهم‌ترین پارامتر جدول زندگی- باروری می‌باشد. مقدار r_m محاسبه شده برای *T. grandis* توسط نوزاد بناب (۱۳۸۷) در دو دمای ۲۶ و ۲۹ درجه‌ی سلسیوس ۰/۳۳۴ و ۰/۳۶۸ می‌باشد که با تیمار سوم آزمایش دوره‌ی نوری (۱۲:۱۲) و تیمار دوم آزمایش شدت نور یعنی لوکس میانی هم‌خوانی دارد. صابر (۱۳۸۰) نرخ ذاتی افزایش جمعیت این زنبور را ۰/۲۶۶ و ۰/۲۹۸ به دست آوردند که این مقادیر اختلاف زیادی با نتایج ما نشان می‌دهند. علت آن می‌تواند ناشی از اختلاف ذاتی جمعیت‌ها و شرایط آزمایش باشد.

در این تحقیق اثر شدت نور و دوره‌ی نوری روی پارامترهای زیستی پارازیتویید تخم سن گندم *T. grandis* معنی‌دار ولی در مجموع اندک بود و این گونه توانست در تمام تیمارها و شرایط مورد آزمایش از جمله نور کم و زیاد، روزهای کوتاه و بلند و حتی تاریکی مطلق با تغییر اندک در پارامترهای زیستی، تمام فعالیت‌های طبیعی خود را انجام دهد. در این بررسی نشان داده شد که شدت نور تأثیرات خفیفی بر فیزیولژی حشره می‌گذارد و اثر آن از دوره‌ی نوری کمتر است.

به‌طور کلی چنین می‌توان نتیجه گرفت که شدت نور و دوره‌ی نوری می‌تواند بر دوره‌ی زندگی و پارامترهای بیولژیکی این پارازیتوییدها اثرگذار باشد و نور کم یا زیاد و دوره‌های روز کوتاه یا بلند در طبیعت، فعالیت آن‌ها را تحت تأثیر جزئی قرار می‌دهد، ولی برای اظهار نظر قطعی از آنجایی‌که این پژوهش نخستین مطالعه‌ی اثر نور روی یکی از پارازیتوییدهای تخم سن گندم محسوب می‌شود، نیاز به مطالعه و پژوهش روی سایر گونه‌های پارازیتویید تخم سن گندم وجود دارد.

سپاسگزاری

امکانات مورد نیاز و منابع مالی این تحقیق توسط دانشگاه تبریز تأمین گردیده است.

منابع مورد استفاده

امیرمعافی م، خرازی پاکدل ع، صحراگرد ا و رسولیان غ ر، ۱۳۷۹. مطالعه بیولوژیکی *Trissolcus grandis* Thom.(Hym.: Scelionidae) در شرایط آزمایشگاهی. آفات و بیماری‌های گیاهی، جلد ۶۸، شماره‌های ۱و۲، صفحه‌های ۲۹ تا ۴۱.

ایرانی‌پور ش، ۱۳۷۵. بررسی تغییرات فصلی جمعیت زنبورهای پارازیتویید تخم سن گندم *Eurygaster integriceps* Put. (Hemiptera: Scutelleridae) در کرج، کمال آباد و فشند. پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد حشره‌شناسی کشاورزی دانشکده‌ی کشاورزی دانشگاه تهران، کرج.

پورعسگری ح، صراف معیری ح و کاوسی ا، ۱۳۹۲. تأثیر دوره‌های نوری مختلف روی فراسنجه‌های جدول زندگی کنه‌ی میوه‌ی خشک *Carpoglyphus lactis* (L.) (Acari: Carpoglyphidae). نشریه حفاظت گیاهان، جلد ۲۷، شماره ۳، صفحه‌های ۳۷۷ تا ۳۸۵.

تقدسی م، خرازی پاکدل ع و اسماعیلی م، ۱۳۷۲. مقایسه‌ی آزمایشگاهی قدرت زادآوری جمعیت‌های مختلف زنبور *Trissolcus grandis* Thomson (Hym.: Scelionidae). پارازیتویید تخم سن گندم *Eurygaster integriceps* Puton. صفحه ۷ خلاصه مقالات یازدهمین کنگره‌ی گیاه‌پزشکی ایران، ۶-۱۲ شهریور ۱۳۷۲، دانشگاه گیلان، رشت.

رجبی غ ر و امیر نظری م، ۱۳۶۷. بررسی زنبورهای پارازیت تخم سن گندم در بخش مرکزی فلات ایران. آفات و بیماری‌های گیاهی، جلد ۵۶: شماره‌ی ۱، صفحه‌های ۱ تا ۱۲.

شجاعی م، ۱۳۸۶. حشره‌شناسی انتوژنی، بیولژی، اتولژی و بیواکولژی (آنتوموفاژها). جلد دوم. انتشارات دانشگاه تهران.

صابر م، ۱۳۸۰. اثرات زیرکشندگی حشره‌کش‌های فنیتروتیون و دلتامترین روی پارامترهای جدول زیستی پارازیتویید *Trissolcus grandis* Thomson (Hym.: Scelionidae) و *Trissolcus semistriatus* Nees. رساله‌ی دکتری حشره‌شناسی کشاورزی دانشکده‌ی کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس، تهران.

عبدی ف، ۱۳۹۳. جدول زندگی-باروری و واکنش تابعی زنبور *Trissolcus djadetshko* Rjachovsky (Hym.: Scelionidae)، انگل‌واره‌ی تخم سن گندم *Eurygaster integriceps* Put. (Hem.: Scutelleridae). پایان‌نامه-ی کارشناسی ارشد حشره‌شناسی کشاورزی دانشکده‌ی کشاورزی دانشگاه تبریز.

عسگری ش و خرازی پاکدل ع، ۱۳۷۷. ارزیابی پارامترهای بیولوژیک زنبور پارازیتویید تخم سن گندم *Trissolcus grandis* Thomson (Hym.: Scelionidae). طی نسل‌های متوالی آزمایشگاهی. جلد ۱- صفحه ۲۸ خلاصه مقالات سیزدهمین کنگره‌ی گیاه‌پزشکی ایران، آموزشکده‌ی کشاورزی کرج.

نوزاد بناب ز، ۱۳۸۷. اثر دما روی نشو و نما، زادآوری و طول عمر پارازیتویید تخم سن گندم *Trissolcus grandis* Thomson (Hym.: Scelionidae). پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد حشره‌شناسی کشاورزی، دانشکده‌ی کشاورزی، دانشگاه تبریز.

Amir Maafi M and Parker BL, 2011. Biological parameters of the egg parasitoid *Trissolcus grandis* (Hymenoptera.: Scelionidae) on *Eurygaster integriceps* (Hemiptera.: Scutelleridae). Journal of Entomological Society of Iran 30(2): 67-81.

Beck SD, 1980. Insect photoperiodism. The University of California, Academic Press, 387 pp.

Carey JR, 1993. Applied Demography for Biologist, with Special Emphasis on Insects. Oxford University Press, London. 224 pp.

Carey JR, 2001. Insect biodemography. Annual Review of Entomology 46: 79-110.

Chen H, Zhang H, Zhu KY and Throne JE, 2012. Induction of reproductive in *Habrobracon hebetor* (Hymenoptera: Braconidae) when reared at different photoperiods at low temperatures. Environmental Entomology 41(3): 697-705.

Fantinou AA, Alexandri MP and Tsitsipis JA, 1998. Adult emergence rhythm of the egg-parasitoid *Telenomus busseolae*. Biocontrol 43(2): 141-151.

Greenberg SM, Sappington TW, Adamczyk JJ, Liu TX and Setamou M, 2008. Effects of photoperiod on boll weevil (Coleoptera: Curculionidae) development, survival, and reproduction. Environmental Entomology 37(6): 1396-1402.

Malik MF, 2001. Effect of host age and photoperiod on the parasitism by *Trichogrammatoidea bactrae*. Journal of Biological Sciences 1(7): 595-596.

Meyer JS, Ingersoll CG, Mac Donald LL and Boyce MS, 1986. Estimating uncertainty in population growth rates: jackknife vs. bootstrap techniques. Ecology 67: 1156-1166.

Reznik SY and Vaghina NP, 2007. Effect of photoperiod on parasitization by *Trichogramma principium* (Hymenoptera: Trichogrammatidae). European Journal of Entomology 104(4): 705-713.

SAS Institute, 2009. SAS 9.4 for windows, SAS Institute Inc, Cary, NC.

Zilahi-Balogh GMG, Shipp JL, Cloutier C and Brodeur J, 2006. Influence of light intensity, photoperiod, and temperature on the efficacy of two aphelinid parasitoids of the greenhouse whitefly. Environmental Entomology 35(3): 581-589.

Effect of Light Intensity and Photoperiod on Development, Fecundity and Longevity of *Trissolcus grandis* (Hym.: Platygastridae), Egg Parasitoid of Sunn Pest, *Eurygaster integriceps* Puton (Hem.: Scutelleridae)

Teimouri, N[1], Iranipour, Sh[2] and Benamolaei, P[3]

[1]Former MSc Student, Department of Plant Protection, Facultuty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran.
[2]Professor, Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran.
[3]Assistant Professor, Department of Animal Biology, Faculty of Natural Science, University of Tabriz, Tabriz, Iran.
*Corresponding author: P.benamolaei@ tabrizu.ac.ir
Received: 14 October 2019 Accepted: 5 July 2019

Abstract

Egg parasitoids are the most important natural enemies of Sunn pest, *Eurygaster integriceps* Puton (Hem.: Scutelleridae), which play important role in the control of this pest. Among its parasitoids, *Trissolcus grandis* (Thomson) (Hymenoptera: Platygastridae) is the most widely distributed and prevalent species, which used in this research, to determine the effect of light intensity and photoperiod on life history and population growth parameters. At the first part of this study, effect of three light intensities, (5331, 1412.5 and 706 Lux) was studied at 26 ± 1˚C, 50±10% RH and 16:8 (L: D) photoperiod. Significant differences were observed in all stable population growth parameters except net reproductive rate (R_0). Total fecundity also showed significant differences among the light intensity treatments. Moreover, effect of four photoperiod regimes, 10:14, darkness, 12:12 and 14:10 h (light: darkness) were studied at constant laboratory conditions. Significant differences were observed among all parameters as they were classified within two groups (10:14 and darkness in a group compared to 12:12 and 14:10 h in the other one). Significant differences were also observed among the treatments of the other parameters including developmental time, total fecundity and sex ratio. Overall, light intensity and photoperiod had limited although significant effects on the most biostatistics of *T. grandis*. It seems that *T. grandis* is able to successfully develop, survive and reproduce under a wide range of light regimes.

Keywords: Life table, Sunn pest, *Trissolcus grandis*.