

## مقاله علمی پژوهشی

**بررسی امکان پرورش انبوه (*Sesamia nonagrioides* (Lepidoptera: Noctuidae)) با تغذیه از جیره غذایی نیمه‌مصنوعی**

حسین رنجبر اقدم\*

موسسه تحقیقات گیاه پزشکی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

\* مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: hrap1388@gmail.com

## چکیده

ساقه‌خواران (*Sesamia* spp. (Lepidoptera: Noctuidae)) از مهم‌ترین آفات مزارع نیشکر و ذرت ایران می‌باشند. مهم‌ترین راهکار توصیه شده برای مهار این آفت، به کارگیری زنبور انگل‌واره تخم، *Telenomus busseolae* Gahan می‌باشد. از سوی دیگر، پرورش انبوه زنبور یاد شده، به پرورش و تولید تخم میزبان‌های اصلی آن یعنی گونه‌های *Sesamia* spp. وابسته است. پژوهش حاضر با هدف بررسی امکان پرورش انبوه گونه *Sesamia nonagrioides* Lefèbvre با به کارگیری جیره غذایی نیمه مصنوعی در شرایط آزمایشگاهی انجام شد. بر این اساس، تأثیر یک جیره غذایی نیمه مصنوعی در مقایسه با دو میزبان طبیعی ذرت و نیشکر روی پراسنجه‌های جدول زیستی گونه یاد شده در شرایط آزمایشگاهی مورد بررسی قرار گرفت. تشکیل جدول زندگی و برآورد پراسنجه‌های مربوطه طبق روش تجزیه جدول زندگی دو جنسی انجام شد. بر اساس نتایج به دست آمده، از نظر آماری بین مقادیر پراسنجه‌های جدول زیستی روی جیره‌های غذایی طبیعی و نیمه مصنوعی تفاوت معنی‌دار وجود داشت. طول دوره رشد و نمو گونه مورد بررسی روی جیره‌های غذایی ذرت، نیشکر و نیمه مصنوعی به ترتیب ۵۳/۵۱، ۳۹/۵۸ و ۵۱/۸۸ روز برآورد شد و از نظر آماری بین طول دوره رشد و نمو *S. nonagrioides* روی میزبان طبیعی ذرت و جیره غذایی نیمه مصنوعی تفاوتی مشاهده نشد. نرخ ذاتی افزایش جمعیت (*r*) به عنوان مهم‌ترین پراسنجه جدول زیستی روی جیره‌های غذایی مورد مطالعه به ترتیب ۰/۰۵۷۹، ۰/۰۹۰۹ و ۰/۰۷۰۰ بر روز بود. بر این اساس نیز با قرار گرفتن جیره غذایی نیمه مصنوعی در گروه دوم بین دو میزبان طبیعی ذرت و نیشکر، کیفیت مناسب آن برای تامین نیازهای غذایی گونه هدف تایید شد. با در نظر گرفتن نتایج به دست آمده و قابل قبول بودن مقادیر پراسنجه‌های جدول زندگی *S. nonagrioides* روی جیره غذایی نیمه مصنوعی، استفاده از آن به منظور پرورش انبوه این گونه توصیه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: پرورش انبوه، سزامیا، جیره غذایی، جمعیت‌نگاری

**Study on the possibility of mass rearing of *Sesamia nonagrioides* (Lepidoptera: Noctuidae) feeding on semi-artificial diet**

Hossein Ranjbar Aghdam \*

Iranian Research Institute of Plant Protection, Agricultural Research, Education and Extension (AREEO), Tehran, Iran

\* Corresponding author, E-mail: hrap1388@gmail.com

**Abstract**

The stem borers, *Sesamia* spp. (Lepidoptera: Noctuidae) are the most important pest insects on sugarcane and maize in Iran. Biological control using its egg parasitoid wasp, *Telenomus busseolae* Gahan, is the main recommended controlling method for the pest. On the other hand, mass rearing of *T. busseolae* is

strongly depended on mass rearing of its natural hosts. Current study was conducted to determine possibility of mass rearing of *Sesamia nonagrioides* Lefèbvre using semi-artificial diet under laboratory conditions. The effect of a semi-artificial diet on life table parameters of the mentioned species in comparison with two natural diets, maize and sugarcane was studied under laboratory conditions. Life table construction and related parameters estimation were carried out using two-sex life table analysis procedure. According to the results, there was statistically difference among estimated values of the life table parameters among examined natural and semi-artificial diets. Total developmental period of *S. nonagrioides* were 53.51, 39.58, and 51.88 days on maize, sugarcane, and semi-artificial diets, respectively and there was no statistically significant difference between maize and semi-artificial diets. Estimated values for intrinsic rate of increase ( $r$ ), as the most important life table parameter, were 0.0579, 0.0909 and 0.0700d<sup>-1</sup> on maize, sugarcane, and semi-artificial diet, respectively. Regarding intrinsic rate of increase, by statistically placing semi-artificial diet in the second group between two natural hosts of corn and sugarcane, its proper quality to meet the nutritional needs of the target species was confirmed. Considering all of the results and acceptable values of the life table parameters, examined semi-artificial diet is recommended for mass rearing of *S. nonagrioides*.

**Key words:** Mass rearing, *Sesamia*, Diet, Demography.

Received: 21 April 2021, Accepted: 13 May 2021.

## مقدمه

از زمان‌های قدیم کشت میزبان‌های ساقه‌خواران جنس *Sesamia* spp. (Lepidoptera: Noctuidae) در غالب استان‌های ایران مثل خوزستان، فارس، اصفهان، مازندران، تهران رواج داشته است. در بیشتر این مناطق ساقه‌خواران سزامیا در کاهش میزان محصول نقش عمده‌ای داشته‌اند. بر این اساس، کنترل آفات یاد شده برای به دست آوردن محصول بهتر و بیشتر از اهداف اصلی بوده است (Ranjbar Aghdam, 2016). علاوه بر نیشکر و ذرت، گیاهانی چون جو دوسر، برنج، سورگوم علوفه‌ای، گندم، ارزن و مو میزبان‌های گونه *Sesamia nonagrioides* Lefèbvre می‌باشند (Toms & Bowden, 1953; Rao & Nagaraja, 1969). این آفت از روی میزبان‌های غیرگرامینه‌ای مانند میوه خرمالو واریته Triumph، موز و گیاه زینتی *Strelitzia reginae* Aiton نیز گزارش شده است (Wysoki, 1986; Uygun & Kayapinar, 1993). با این حال، در ایران گونه *S. nonagrioides* بیشتر به عنوان ساقه‌خوار نیشکر و ذرت، به ویژه در استان خوزستان شناخته شده است. در دهه‌های اخیر با توجه به ارزش اقتصادی و کاربردهای متنوع محصولات اصلی و جانبی نیشکر و ذرت، سیاست دولت در راستای افزایش سطح زیرکشت این محصولات زراعی به ویژه نیشکر در استان خوزستان متمرکز بود و توأم با افزایش سطح زیر کشت این محصولات به ویژه نیشکر در استان خوزستان و تغییر بوم‌سامانه‌های طبیعی به بوم‌سامانه‌های زراعی تک کشتی، افزایش جمعیت این آفات در مزارع نیشکر و ذرت را به دنبال داشته است (Ranjbar Aghdam, 1999, 2016).

به طور کلی به منظور کنترل ساقه‌خواران سزامیا روش‌های مختلفی وجود دارد. یکی از این روش‌ها، استفاده از آفت‌کش‌های شیمیایی است که این روش بر اساس یافته‌های Danyali (1984) بنابه دلایل زیست محیطی و علمی کنار گذاشته شد. روش دیگر، کنترل مکانیکی آفت با جمع‌آوری ساقه‌های آلوده و لاروهای آفت از بخش‌های آلوده مزارع می‌باشد، که این روش نیز با توجه به وسعت سطوح زیر کشت گیاهان میزبان و تراکم بوته‌های ذرت و نیشکر در مزارع و ویژگی‌های زیستی آفت مقرون به صرفه نیست (Ranjbar Aghdam, 1999). اما طی دهه‌های اخیر روش مهار زیستی به عنوان راهکار اصلی در کنترل ساقه‌خواران سزامیا مورد توجه همگان قرار گرفته است (Ranjbar Aghdam & Kamali, 2005). از عوامل مهار زیستی این آفات می‌توان به زنبور انگل‌واره *Telenomus busseolae* (Gahan) (Hym.: Scelionidae) (Halabian et al., 2013; Scheibelreiter, 2009) تخم زنبور انگل‌واره لارو *Habrobracon hebetor* Say (Hym.: Braconidae) و در مواردی زنبورهای جنس تریکوگراما، *Trichogramma* spp. (Grist & Lever, 1969) اشاره کرد. همچنین در دنیا مطالعاتی نیز در زمینه استفاده از عامل میکروبی Granulosis Virus توسط Moyal et al. (1997) به منظور کنترل ساقه‌خواران جنس

سزامیا صورت گرفته است. در هر حال، در میان این عوامل زنبور انگل‌واره تخم *T. busseolae*، با توجه به سازگاری آن نسبت به اقلیم‌های مختلف، قدرت جستجوگری بالا و تخصص میزبانی آن نقش محوری و اساسی در برنامه‌های مهار زیستی گونه‌های سزامیا دارد (Ranjbar Aghdam & Kamali, 2002, 2005).

در گذشته جیره‌های غذایی مختلفی برای پرورش گونه‌های مختلف ساقه‌خواران جنس *Sesamia* spp. معرفی و مورد بررسی قرار گرفته بود. به منظور پرورش این ساقه‌خواران، از میان فرمول‌های غذایی نیمه‌مصنوعی ارائه شده، فرمول غذایی (Salama & Tolba (1971) بود. در این فرمول غذایی از پودر ساقه ذرت، آگار، کلسترول، اسید اسکوربیک، مخمر، ساکارز، گلوکز، پودر پوره سیب زمینی و آب مقطر استفاده شده بود. ولی این پژوهشگران ذکر کرده‌اند که شب‌پرک‌های بالغ حاصل از لاروهای پرورشی روی این غذا، تخم‌های نابارور می‌گذارند. طبق نظر Singh (1977) نیز افراد ماده حاصل از این جیره غذایی هر چند از نظر جنسی رشد کاملی داشتند، ولی نرها عقیم بودند و در نتیجه تخم‌های حاصل نابارور تولید می‌شد. در ایران نیز Ranjbar Aghdam (1999) از دو جیره غذایی نیمه مصنوعی ارائه شده توسط Giacometti (1995) و Eizaguirre et al. (1994) برای پرورش لاروهای دو گونه *S. nonagrioides* و *Sesamia cretica* Lederer که از مزارع نیشکر و ذرت استان خوزستان جمع‌آوری شده بودند، استفاده کرده بود. بر اساس نتایج ارائه شده، پرورش لاروهای هر دو گونه مورد مطالعه روی فرمول‌های غذایی مورد بررسی موفقیت‌آمیز نبود. بر این اساس، طی دهه‌های اخیر در راستای توسعه برنامه مهار زیستی ساقه‌خواران *Sesamia* spp. در ایران، پرورش زنبور انگل‌واره *T. busseolae* با استفاده از تخم‌های حاصل از پرورش گونه‌های *Sesamia* spp. روی بریده‌های ساقه نیشکر طبق روش (Ranjbar Aghdam & Kamali (2002) انجام می‌شد. در این روش، پرورش ساقه‌خواران سزامیا و تولید تخم آنها با استفاده از میزبان طبیعی آنها یعنی نیشکر انجام می‌گرفت. ولی به‌کارگیری میزبان‌های طبیعی به ویژه ساقه نیشکر، به منظور پرورش انبوه ساقه‌خواران *Sesamia* spp. در انسکتاریوم مشکلات عدیده‌ای مانند، آلودگی سریع بریده‌های ساقه نیشکر به قارچ‌های ساپروفیت به دلیل قند بالا و عدم امکان ضدعفونی کردن آنها، وابستگی تولید به فصل رویش گیاه میزبان، نیازمند بودن به نیروی انسانی زیاد، بالا بودن هزینه‌های تولید، تلفات بالا و راندمان پایین تولید بدلیل نیاز به دستکاری‌های متعدد و تعویض ساقه‌های آلوده و تغذیه شده با بریده‌های ساقه‌های جدید، توسعه آلودگی‌های میکروبی در طول دوره پرورش و عدم ثبات تولید تخم سزامیا را به دنبال داشت. بر این اساس، پژوهش حاضر به منظور رفع بخش عمده‌ای از مشکلات یاد شده، در ادامه پژوهش‌های قبلی نگارنده با تهیه یک جیره غذایی نیمه مصنوعی برای پرورش انبوه گونه *S. nonagrioides* در شرایط آزمایشگاهی انجام شد.

## مواد و روش‌ها

جمع‌آوری نمونه‌ها به منظور تشکیل کلنی آزمایشگاهی گونه *S. nonagrioides* از مزارع نیشکر آلوده به آفت از شرکت کشت و صنعت نیشکر امام خمینی واقع در شمال اهواز (طول جغرافیایی  $31^{\circ} 50' 23''$  و عرض جغرافیایی  $48^{\circ} 46' 53''$ )، شناسایی گونه بر اساس ویژگی‌های ظاهری (ریخت‌شناسی) توصیف شده برای ژنیتالیا، شاخک شب‌پرک‌های نر و شفیره‌های این گونه توسط Abbasipour (1990) و Shoushtari (1999) و Ranjbar Aghdam (1999) انجام شد.

## شرایط محیطی پرورش

پرورش نمونه‌های جمع‌آوری شده و تثبیت کلنی در اتاق رشد با دمای  $27 \pm 1$  درجه سلسیوس، رطوبت نسبی  $50 \pm 10$  درصد و دوره نوری ۲۴ ساعت تاریکی (برای مرحله لاروی) و ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی (برای سایر مراحل زیستی) انجام شد (Masoud et al., 2010). برای پایش و کنترل دقیق تغییرات شرایط محیطی اتاق پرورش از دماسنج ثبات الکترونیکی (Testo 175-H2, Germany) استفاده شد.

### کشت میزبان‌های طبیعی

**الف- ذرت**، برای انجام آزمایش‌ها و امکان پرورش گونه مورد بررسی روی میزبان ساقه‌های ذرت، کشت ذرت در یک واحد گلخانه تحقیقاتی با شرایط قابل کنترل (دمای  $27 \pm 2$  درجه سلسیوس، رطوبت نسبی  $50 \pm 10$  درصد و دوره نوری طبیعی) در بخش تحقیقات کنترل بیولوژیک موسسه تحقیقات گیاهپزشکی کشور انجام شد. کشت ذرت در گلدان‌های پلاستیکی به قطر ۲۴ سانتیمتر و عمق ۲۶ سانتیمتر انجام شد. گلدان‌ها با مخلوطی از خاک رس و شن و خاک برگ (کمپوست) پر شدند. سپس در هر گلدان ۴ عدد بذر ذرت در عمق تقریبی ۵ سانتی متری خاک کاشته شد. برای کشت ذرت از رقم رایج داخلی سینگل کراس (KSC 704) استفاده شد. دلیل انتخاب این رقم، گستردگی سطح زیرکشت آن توسط کشاورزان بود. آبیاری گلدان‌ها با بررسی روزانه و بر حسب نیاز قبل از خشک شدن کامل خاک پای آنها انجام شد. برای تامین میزبان مورد نیاز در طول انجام آزمایش‌ها، کشت متوالی ذرت (۱۰ گلدان در هر هفته)، انجام شد.

**ب- نیشکر:** کشت نیشکر نیز در یک واحد گلخانه تحقیقاتی مجزا در بخش تحقیقات کنترل بیولوژیک موسسه تحقیقات گیاهپزشکی کشور در دمای  $30 \pm 2$  درجه سلسیوس، رطوبت نسبی  $50 \pm 10$  درصد و دوره نوری طبیعی انجام شد. به منظور کشت نیشکر از رقم تجاری CP69-1062 انجام شد. در حال حاضر این رقم بیش از ۴۰ درصد اراضی زیر کشت نیشکر در استان خوزستان به خود اختصاص می‌دهد. این رقم به دلیل وجود فیبر کمتر در ساقه، در مقابل خسارت ساقه‌خواران نیشکر *Sesamia spp.* حساس می‌باشد (Taherkhani & Moazen, 2012). کشت نیشکر در سطل‌های پلاستیکی بزرگ به ترتیب با قطر و عمق، ۳۵ و ۴۰ سانتیمتر در شهریور ماه انجام شد. سطل‌ها با مخلوطی از خاک رس و شن و خاک برگ (کمپوست) پر شدند. به منظور کشت نیشکر از قلمه استفاده شد. در هر گلدان دو قلمه که هر کدام دارای جوانه‌ای سالم و فعال بودند (قلمه تک جوانه) کشت شد. قلمه‌ها به صورت افقی در عمق ۵-۷ سانتیمتری خاک قرار گرفتند، به طوری که جوانه به سمت بالا باشد. قلمه‌های نیشکر از بانک ارقام نیشکر موسسه تحقیقات و آموزش شرکت توسعه نیشکر و صنایع جانبی خوزستان تهیه شده بود.

### تهیه جیره غذایی نیمه مصنوعی

به منظور تهیه جیره غذایی نیمه مصنوعی مطلوب برای رشد و نمو و تولید مثل *S. nonagrioides*، لازم بود، فرمول‌های غذایی مختلفی تهیه و بررسی شوند. در بررسی منابع نیز برای پرورش گونه‌های مختلف سزامیا، فرمول‌های غذایی مختلفی ارائه شده بود. در نهایت در پژوهش حاضر با تغییراتی در جیره‌های غذایی بررسی شده توسط Ranjbar Aghdam & Kamali (2002) برای پرورش انبوه *S. cretica* و *S. nonagrioides* و جیره غذایی بررسی شده توسط Masoud et al. (2010) برای پرورش لاروهای *S. cretica* و آزمایشات متعدد روی فرمول‌های مختلف غذایی با استفاده از بافت‌های مختلف گیاهان میزبان، جیره غذایی نیمه مصنوعی مطلوبی برای پرورش لاروهای *S. nonagrioides* روی آن تهیه شد. بدین منظور و با توجه به اینکه در تمام موارد، بخش مهمی از جیره‌های غذایی نیمه مصنوعی را بافت‌ها و یا بخش‌های مختلفی از اندام‌های گیاهان میزبان به خود اختصاص می‌دادند، نخستین گام، آماده کردن بافت‌های گیاهی برای تهیه جیره غذایی نیمه مصنوعی بود. در همین راستا، ابتدا بافت‌های گیاهی مختلف مانند ساقه نیشکر، شوت (ساقه جوان) نیشکر، برگ نیشکر، ساقه ذرت، برگ ذرت،

برگ‌های اطراف کلاله ذرت و ... به قطعات کوچکی بریده شده و در سینی‌های استیل به منظور خشک نمودن آنها برای تهیه پودر بافت مورد نظر، قرار گرفتند. سپس بسته به سفتی و ضخامت بافت گیاهی به مدت ۴ الی ۸ ساعت داخل آن در دمای ۸۰ درجه سلسیوس قرار داده شدند، تا آب اضافی بافت گیاهی تبخیر شده و بافت هدف به منظور آسیاب و خرد کردن به طور کامل خشک شود. سپس بافت‌ها با استفاده از آسیاب برقی (مدل Puluerisetta, Fritsch) به طور کامل خرد و به شکل پودر درآمدند و در فرمول‌های غذایی مختلف برای تغذیه سنبلین مختلف لاروی *S. nonagrioides* مورد بررسی قرار گرفتند. به منظور تهیه هر یک از جیره‌های غذایی، پس از آماده شدن بافت‌های گیاهی و سایر ترکیبات مورد نیاز، تمام ترکیبات با استفاده از ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۱ گرم توزین و با همدیگر مخلوط شدند. در ادامه، به منظور همگن‌سازی ترکیب غذایی از مخلوط‌کن برقی استفاده شد. پس از بررسی فرمول‌های غذایی مختلف، با در نظر گرفتن شاخص‌های اولیه و مهم در پرورش حشرات مانند امکان تکمیل دوره رشد و نمو لارو روی آنها، میزان زنده‌مانی لاروها به ویژه در سنبلین اولیه لاروی نسبت به جمعیت اولیه همزاد، روند یکنواخت رشد و نمو افراد همزاد، بدشکلی شفیره‌ها، وزن شفیره‌های نر و ماده حاصل در مقایسه با جمعیت‌های مزرعه‌ای، درصد خروج شب‌پرک‌های بالغ از شفیره‌های تولید شده و ...، جیره غذایی مطلوب برای انجام بررسی‌های تکمیلی در قالب آزمایشات رسمی با استفاده از ترکیبات غذایی و شیمیایی، لوبیا چیتی (۸۸ گرم)، مخمر نانواپی (۲۳ گرم)، پودر برگ ذرت (۲۲ گرم)، شکر سفید (۱۲ گرم)، آرد ذرت (۳/۵ گرم)، ویتامین C (۲/۵ گرم)، ویتامین E (۲ گرم)، آگار صنعتی (۱۲/۵ گرم)، فرمالدئید ۴۰ درصد (۲ گرم)، نیپازین (۲ گرم)، سوربیک اسید (۱/۳ گرم)، الکل اتیلیک مطلق (۷ میلی لیتر) و آب مقطر (۸۰۰ میلی لیتر) تهیه شد، تا بررسی‌های تکمیلی بر اساس تخمین و مقایسه مقادیر شاخص‌ها و پراسنجه‌های مهم جدول زیستی *S. nonagrioides* در مقایسه با میزبان‌های طبیعی روی آن انجام شود.

### طراحی آزمایش‌ها

به منظور بررسی و ارزیابی کیفیت جیره غذایی تهیه شده، پراسنجه‌های مهم جدول زندگی شامل طول دوره رشد و نمو، مرگ و میر و زادآوری گونه *S. nonagrioides* روی جیره غذایی نیمه‌مصنوعی در مقایسه با دو میزبان طبیعی ذرت و نیشکر مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفت. در این مرحله، کلیه بررسی‌ها به منظور برآورد شاخص‌های جمعیتی مورد نظر روی هر یک از رژیم‌های غذایی، پس از تثبیت کلنی آزمایشگاهی روی میزبان هدف، در نسل دوم انجام شد. این بررسی‌ها در اتاق رشد با دمای  $27 \pm 1$  درجه سلسیوس، رطوبت نسبی  $50 \pm 10$  درصد و دوره نوری ۲۴ ساعت تاریکی برای مرحله لاروی (Masoud et al., 2010) و ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی برای سایر مراحل زیستی انجام شد.

### ارزیابی پراسنجه‌های جدول زندگی

به منظور بررسی پراسنجه‌های جدول زندگی *S. nonagrioides* ابتدا ۲۰ دسته تخم همسن (همزادگان) به طور تصادفی از نسل دوم آزمایشگاهی از روی هر یک از جیره‌های غذایی انتخاب شد. سپس با به کارگیری استریومیکروسکوپ، تعداد ۱۴۰-۲۰۰ عدد تخم همسن (۰-۲۴ ساعته) برای هر یک تیمارهای جیره غذایی طبیعی (ذرت و نیشکر) و تیمار جیره غذایی نیمه‌مصنوعی، از میان دستجات تخم به طور تصادفی انتخاب و به درون ظروف پتری شیشه‌ای استریل به قطر ۹ سانتیمتر انتقال یافت. درپوش ظروف پتری با پارافیلیم مسدود شد، تا از فرار لاروهای نئونات پس از تفریح تخم‌ها جلوگیری شود. تخم‌ها روزانه بازدید شد و تعداد تخم‌های تفریح شده از اولین روز شروع تفریح تا آخرین روز ثبت شد. در پایان تعداد تخم‌های تفریح نشده روی هر یک از جیره‌های غذایی برای هر یک گونه‌ها نیز به عنوان تلفات دوره جنینی ثبت شد. پس از اتمام دوره جنینی و خروج لاروهای

ثئونات، هر یک از لاروها برای ادامه رشد و نمو به ظروف پرورش انفرادی (به قطر ۳ سانتی متر و ارتفاع ۲ سانتی متر) انتقال یافتند. ظروف پرورش انفرادی لاروها، متناسب با جیره غذایی مربوطه حاوی جیره بریده‌هایی از ساقه ذرت، ساقه نیشکر و برشی به حجم تقریبی یک سانتی متر مکعب از جیره غذایی نیمه‌مصنوعی بودند. تا زمان اتمام رشد لاروی و ظهور شفیره‌ها ظروف پرورش لاروها به طور روزانه بازدید و در صورت نیاز در تیمارهای غذایی طبیعی بریده ساقه گیاه میزبان تعویض و در تیمار غذایی نیمه‌مصنوعی نیز قطعه تازه‌ای از غذایی نیمه مصنوعی جایگزین شد. ظروف انفرادی پرورش تا زمان ظهور شفیره‌ها، به طور روزانه بازدید شد و طول مرحله لاروی و مرگ و میر افراد در این دوره نیز در جدول‌هایی ثبت شد. پس از اتمام دوره لاروی و ظهور شفیره‌ها، ۲۴ ساعت پس از تشکیل کامل شفیره‌ها، افراد با بررسی سوراخ‌های جنسی و مخرجی (Sreng, 1984) تعیین جنسیت شد و به ظروف انفرادی جدید مثل ظروف پرورش لاروی منتقل شدند. ظروف شفیره‌ها نیز به طور روزانه بازدید شد و طول مرحله شفیرگی و مرگ و میر افراد در این مرحله نیز در جدول‌های مربوطه ثبت شد. در ادامه، بعد از ظهور افراد بالغ، زمان ظهور هر فرد ثبت شد. حشرات بالغ نوظهور (نر و ماده) مربوط به هر یک از تیمارها به طور جداگانه، به منظور جفت‌گیری و تخم‌ریزی به ظروف استوانه‌ای پلاستیکی به ترتیب به قطر و ارتفاع ۱۷ و ۲۵ سانتیمتر منتقل شدند. در ظروف جفت‌گیری و تخم‌گیری، برای تغذیه شب‌پرک‌ها، از محلول آب-عسل ۵ درصد استفاده شد. همچنین برای تامین بستر تخم‌ریزی از شوت‌های نیشکر استفاده شد. در هر ظرف ۲-۴ شوت نیشکر به طول تقریبی ۲۰ سانتی‌متر قرار داده شد. این ظروف نیز به طور روزانه بازدید شد و میزان تخم‌ریزی روزانه و مرگ و میر افراد بالغ ثبت شد. توده‌های تخم گذاشته شده، به طور روزانه از بستر تخم‌ریزی جمع‌آوری و به ظروف پتری با ثبت تاریخ و تعداد منتقل شدند. سپس شوت‌های جدید و تازه نیشکر به عنوان بستر تخم‌ریزی، در ظروف پرورش حشرات بالغ جایگزین شدند. پتری‌های حاوی تخم‌ها از تاریخ استحصال از ساقه به طور روزانه بررسی و زمان و تعداد تخم تفریخ شده تا تفریخ آخرین تخم ثبت شد.

### روش تجزیه و تحلیل پراسنجه‌های جدول زندگی

به منظور تجزیه جدول زیستی، بر اساس نظریه Chi & Liu (1985) و روش Chi, (1988, 2013) از نرم‌افزار تجزیه جدول زندگی دو جنسی TWSEX-MSChart (Version 2015.06.25) استفاده شد. برای تخمین میانگین، واریانس و خطای استاندارد پراسنجه‌های جدول زندگی از روش بوت استرپ با ۱۰۰,۰۰۰ تکرار محاسباتی استفاده شد (Efron & Tibshirani, 1993; Yu et al., 2013). بر اساس نتایج حاصل، مقایسه میانگین پراسنجه‌های مختلف رشدی و جمعیتی با استفاده از آزمون Paired Bootstrap انجام شد. میانگین طول دوره زندگی شب‌پرک-های بالغ (Adult longevity) نر و ماده و همین‌طور کل افراد ظاهر شده از شفیره‌های حاصل از جیره‌های غذایی مورد بررسی، با استفاده از داده‌های واقعی ثبت شده در جریان آزمایشات محاسبه شد و در ادامه بر اساس Arbabtafi et al. (2021) با به کارگیری تجزیه واریانس یک سویه، معنی‌داری تفاوت بین میانگین شاخص یاد شده در تیمارهای مورد بررسی مشخص و در نهایت مقایسه میانگین تیمارها با به کارگیری آزمون توکی انجام شد.

## نتایج

### دوره‌های رشد و نمو

نتایج حاصل از بررسی طول دوره‌های رشد و نمو ساقه خوار *S. nonagrioides* نشان داد که از تعداد ۲۰۰ عدد تخم اولیه حاصل از میزبان طبیعی ذرت، ۱۸۷ عدد تخم تفریخ شده و ۱۱۷ لارو به مرحله شفیرگی رسیدند

و در نهایت تمام ۱۱۷ شفیره تبدیل به شب‌پره بالغ شدند. روی نیشکر، تعداد تخم تفریح شده، لارو و شفیره به ترتیب ۱۸۹، ۱۶۳ و ۱۵۶ فرد بود. از تعداد ۱۴۰ عدد تخم اولیه روی غذای نیمه‌مصنوعی، ۱۲۹ عدد تخم تفریح شده و ۱۰۷ عدد لارو مراحل لاروی را کامل سپری کرده و ۹۹ عدد شفیره نیز دوره رشدی خود را تکمیل نموده و به حشره بالغ تبدیل شدند. بر اساس نتایج به دست آمده، میانگین کل دوره نابالغ *S. nonagrioides* روی سه تیمار ذرت، نیشکر و جیره غذای نیمه‌مصنوعی به ترتیب ۵۳/۵۱، ۳۹/۵۸ و ۵۱/۸۸ روز بود. یعنی کمترین دوره رشد و نمو متعلق به نیشکر و بیشترین آن متعلق به ذرت بود. دوره‌های رشد و نمو تخم، لارو، شفیره و کل مراحل نابالغ گونه یاد شده در جدول ۱ ارائه شده است. نتایج مقایسه میانگین Paired bootstrap نشان داد که بین میانگین دوره‌های رشد و نمو تخم، لارو و شفیره *S. nonagrioides* روی جیره‌های غذایی مورد بررسی از نظر آماری اختلاف معنی‌دار وجود دارد. اما بین مقادیر طول دوره‌های رشد و نمو تخم و لارو ساقه‌خوار یاد شده روی ذرت و جیره غذای نیمه‌مصنوعی تفاوت معنی‌داری از نظر آماری مشاهده نشد. در صورتی که بین میانگین طول دوره شفیرگی هر سه تیمار در سطح احتمال ۵ درصد از نظر آماری تفاوت معنی‌دار وجود داشت (جدول ۱).

**جدول ۱- میانگین ( $\pm$  خطای استاندارد) طول دوره‌های رشد و نمو مراحل مختلف رشدی، کل طول دوره زندگی افراد نر و ماده، طول دوره‌های پیش از تخم‌ریزی بالغ (APOP)، کل دوره پیش از تخم‌ریزی (TPOP)، دوره تخم‌ریزی، میانگین باروری، طول دوره زندگی شب‌پرها نر و ماده و طول دوره زندگی کل شب‌پرها نر و ماده *S. nonagrioides* روی جیره‌های غذایی طبیعی و نیمه مصنوعی مورد بررسی**

**Table 1.** Mean ( $\pm$ SE) developmental time of the immature stages, duration of female and male life span, APOP, TPOP, oviposition period (days), fecundity (eggs), female, male, and total longevity (days) of *S. nonagrioides* on examined natural and semi-artificial diets.

Immature Stages / Parameters	Semi-artificial diet		Sugarcane		Maize	
	N	Mean $\pm$ SE	N	Mean $\pm$ SE	N	Mean $\pm$ SE
Incubation period (day)	129	5.63 $\pm$ 0.06 b	189	5.19 $\pm$ 0.03 a	187	5.54 $\pm$ 0.07 b
Larval period (day)	107	35.84 $\pm$ 0.44 b	163	23.35 $\pm$ 0.10 a	117	35.77 $\pm$ 0.35 b
Pupal period (day)	99	10.42 $\pm$ 0.11 a	156	11.22 $\pm$ 0.07 b	117	12.04 $\pm$ 0.09 c
Total immature stages (day)	99	51.88 $\pm$ 0.52 b	156	39.58 $\pm$ 0.14 a	117	53.51 $\pm$ 0.42 c
Female life span (day)	49	58.16 $\pm$ 0.80 b	75	44.55 $\pm$ 0.18 a	58	59.40 $\pm$ 0.63 b
Male life span (day)	50	55.36 $\pm$ 0.74 b	81	43.70 $\pm$ 0.23 a	59	56.61 $\pm$ 0.67 b
APOP (day)	49	1.57 $\pm$ 0.07 b	75	1.47 $\pm$ 0.05 a	58	1.24 $\pm$ 0.06 a
TPOP (day)	49	54.04 $\pm$ 0.73 b	75	41.08 $\pm$ 0.19 a	58	55.06 $\pm$ 0.58 b
Oviposition period (day)	49	3.04 $\pm$ 0.17 b	75	2.29 $\pm$ 0.09 a	58	3.17 $\pm$ 0.08 b
Fecundity (eggs / female)	49	128.73 $\pm$ 9.22 a	75	122.95 $\pm$ 6.72 a	58	93.07 $\pm$ 2.94 b
Female longevity (day)	49	5.69 $\pm$ 0.16 a	75	4.93 $\pm$ 0.09 b	58	5.57 $\pm$ 0.10 a
Male longevity (day)	50	4.06 $\pm$ 0.10 a	81	4.15 $\pm$ 0.13 a	59	3.41 $\pm$ 0.14 b
Total longevity (day)	99	4.87 $\pm$ 0.12 a	156	4.53 $\pm$ 0.09 a	117	4.48 $\pm$ 0.13 a

میانگین‌های دارای حروف متفاوت در هر ردیف (مرحله رشدی / پراسنجه جدول زیستی) دارای تفاوت معنی‌دار هستند.

مقایسه میانگین طول دوره‌های رشد و نمو مراحل نابالغ، کل طول دوره زندگی افراد نر و ماده، طول دوره‌های پیش از تخم‌ریزی افراد بالغ (APOP)، کل دوره پیش از تخم‌ریزی (TPOP)، دوره تخم‌ریزی و میانگین باروری بر اساس آزمون Paired Bootstrap در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد.

مقایسه میانگین طول دوره زندگی شب‌پرها نر و ماده، نر و کل شب‌پرها (نر و ماده) با استفاده از آزمون توکی در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد.

The means followed by different letters in each row (developmental stage / life table parameter) are significantly different.

Mean comparisons of the developmental stages, female and male life span, APOP, TPOP, oviposition period and fecundity were done by using Paired Bootstrap Test (PBT) at 0.05 probability level.

Mean comparisons of the female longevity, male longevity and total of the female and male longevity were carried out by using Tukey test at 5% probability level.

پراسنجه‌های زیستی دوره بالغ

بررسی‌های پراسنجه‌های زیستی دوره بالغ (شب‌پرک‌ها) *S. nonagrioides* نشان داد، شب‌پرک‌های نر و ماده در تیمار نیشکر زودتر از جیره غذایی نیمه‌مصنوعی و ذرت ظاهر شدند. در صورتی که ظهور حشرات بالغ در ذرت دیرتر از سایر تیمارها اتفاق افتاده بود. همچنین در تمام تیمارها طول دوره زندگی (Adult Longevity) شب‌پرک‌های نر کوتاه‌تر از شب‌پرک‌های ماده بود (جدول ۱). طول کل دوره زندگی (Life span) افراد ماده و نر روی تیمار ذرت، به ترتیب ۵۹/۴۰ و ۵۶/۶۱ روز و روی تیمار غذایی نیمه‌مصنوعی به ترتیب ۵۸/۱۶ و ۵۵/۳۶ روز تعیین شد که نسبت به تیمار نیشکر (به ترتیب ۴۴/۵۵ و ۴۳/۷۰ روز) طول دوره زندگی بیشتری داشتند. طولانی‌ترین دوره تخم‌ریزی مربوط به شب‌پرک‌های ماده پرورش یافته روی میزبان ذرت (۳/۱۷ روز) و جیره غذایی نیمه مصنوعی (۳/۰۴ روز) و کوتاه‌ترین آن مربوط به نیشکر (۲/۲۹ روز) بود. دوره تخم‌ریزی در تیمارهای ذرت و جیره غذایی مصنوعی فاقد از نظر آماری در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌دار بود. افراد ماده روی ذرت در روز ۴۸، روی نیشکر در روز ۳۷ و روی غذایی مصنوعی در روز ۴۴ تخم‌ریزی خود را آغاز کردند. در مورد دوره پیش از تخم‌ریزی (APOP) نتایج بدست آمده نشان داد بین تیمارهای غذایی طبیعی (ذرت و نیشکر) با تیمار غذایی نیمه‌مصنوعی اختلاف معنی‌دار وجود دارد. اما بین دو تیمار ذرت و نیشکر از نظر آماری اختلافی مشاهده نشد. در مورد شاخص کل دوره پیش از تخم‌ریزی (TPOP)، کمترین مقدار ۴۱/۰۸ روز در تیمار نیشکر و بیشترین مقدار در تیمار ذرت با ۵۵/۰۶ روز برآورد شد. کل دوره پیش از تخم‌ریزی روی جیره غذایی نیمه-مصنوعی بدون اختلاف معنی‌دار با ذرت بود. شاید طول دوره تخم‌ریزی بالا حاکی از در اختیار بودن زمان بیشتری را برای تخم‌ریزی بیشتر و افزایش جمعیت و امکان باروری بالاتری باشد.

همانطور که در جدول ۲ نشان داده شده است، بیشترین مدت زمان طول دوره تخم‌ریزی ساقه‌خوار *S. nonagrioides* روی جیره غذایی نیمه مصنوعی و ذرت به دست آمد و کمترین مدت زمان آن روی نیشکر برآورد شد. از سوی دیگر میانگین باروری (تخم‌های بارور گذاشته شده) در جیره‌های غذایی نیمه‌مصنوعی و نیشکر به ترتیب با ۱۲۸/۷۳ و ۱۲۲/۹۵ تخم (بدون اختلاف معنی‌دار) در گروه اول قرار بود و در تیمار ذرت با میانگین ۹۳/۰۷ تخم، میزان باروری در گروه دوم قرار گرفت (جدول ۱). این موضوع نشان می‌دهد که می‌تواند تعاملی بین کیفیت جیره غذایی مصرفی و طول دوره تخم‌ریزی در راستای بروز حداکثر باروری یک حشره وجود داشته باشد.

تجزیه واریانس میانگین طول دوره زندگی (Longevity) شب‌پرک‌های نر و ماده و کل شب‌پرک‌ها (نر و ماده)، بر اساس داده‌های واقعی نشان داد که طول دوره زندگی شب‌پرک‌های نر ( $df=2$ ,  $df_e=187$ ,  $f=10.08$ )، و ماده ( $P=0.000$ ) و ( $df=2$ ,  $df_e=179$ ,  $f=13.48$ ,  $P=0.000$ ) روی هر یک از جیره‌های غذایی از نظر آماری دارای تفاوت معنی‌دار می‌باشد و بر این اساس مقایسه میانگین این دوره روی جیره‌های غذایی مورد بررسی با به‌کارگیری آزمون توکی در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد (جدول ۱). این در حالی بود که طول دوره زندگی مجموع شب‌پرک‌های نر و ماده روی جیره‌های غذایی مورد بررسی دارای تفاوت چشمگیری نبود ( $df=2$ ,  $df_e=369$ ,  $f=3.20$ ,  $P=0.042$ ) و بر این اساس همگی در یک گروه آماری قرار گرفتند (جدول ۱).

#### پراسنجه‌های رشد جمعیت *S. nonagrioides*

نرخ زنده‌مانی ویژه سن-مرحله ( $s_{ix}$ ): محاسبه نرخ زنده‌مانی ویژه سن-مرحله *S. nonagrioides* نشان داد، نرخ زنده‌مانی ویژه سنی این گونه، روی نیشکر در سنین و مراحل مشابه بیشتر از جیره غذایی نیمه مصنوعی و ذرت بود. همینطور روند رشد و نمو آن روی نیشکر سریع‌تر از جیره‌های غذایی دیگر بود. با توجه به اینکه تغذیه از جیره‌های غذایی مختلف برای آفت مورد بررسی در مرحله لاروی رخ می‌دهد، اثر این جیره‌ها روی مرگ و میر مرحله لاروی حائز اهمیت خواهد بود. بر اساس نتایج حاصل، همانطور که در شکل ۱ نشان داده شده است، بیشترین مرگ و میر در مرحله لاروی ساقه‌خوار *S. nonagrioides* در تیمار ذرت و کمترین در تیمار نیشکر

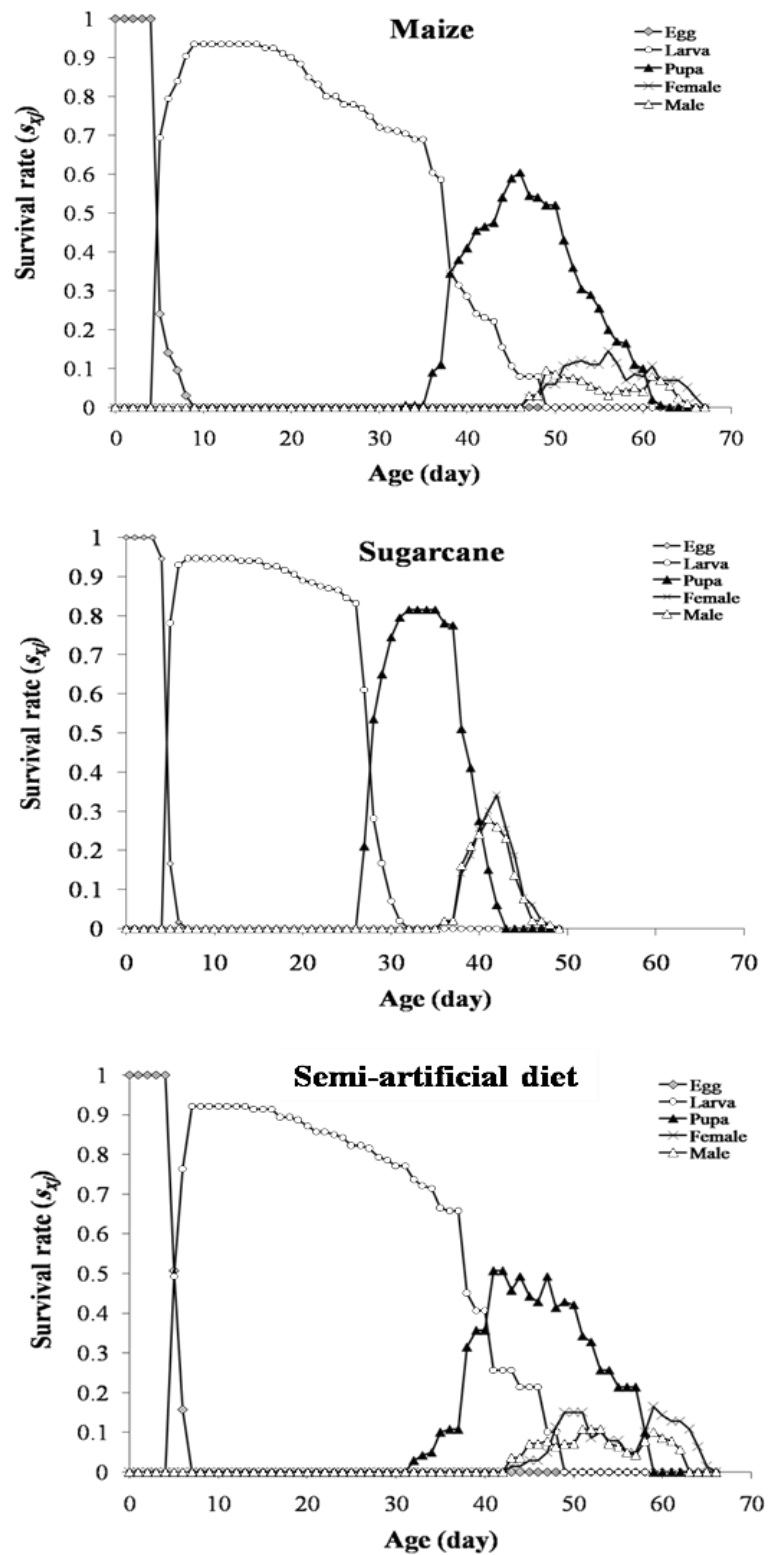


مشاهده شده است. نتایج نشان می‌دهد که نرخ زنده‌مانی حشرات بالغ نر و ماده روی نیشکر به ترتیب ۰/۲۹۰ و ۰/۳۲۰ به ترتیب در روزهای ۴۱ و ۴۲، نرخ زنده‌مانی نر و ماده روی ذرت با مقادیر ۰/۱۱۰ و ۰/۱۸۰ به ترتیب در روزهای ۴۹ و ۵۷ بود. پراسنجه یاد شده روی غذای مصنوعی برای نر و ماده با مقادیر ۰/۱۰۰ و ۰/۱۶۰ به ترتیب در روزهای ۵۳ و ۶۰ بود. بر این اساس بیشترین نرخ بقا افراد بالغ در تیمار نیشکر برآورد شده است. بالا بودن نرخ زنده‌مانی حشرات کامل در واقع زمان ویژه تخم‌گذاری را افزایش می‌دهد.

**نرخ باروری ویژه سن-مرحله (f<sub>xy</sub>):** در شکل ۲، مراحل مختلف رشدی تخم، لارو و شفیره و افراد نر در نظر گرفته نشده و تنها افراد بالغ ماده ارائه شده است. روزها در محور x به عنوان سن افراد در نظر گرفته شده‌اند. این شکل نشان می‌دهد که باروری فرد ماده در چه سنی شروع شده و در چه سنی به اوج رسیده و در نهایت در چه سنی خاتمه یافته است. بدین ترتیب می‌توان طول دوره تخم‌ریزی را نیز تخمین زد. نتایج حاصل از بررسی‌های انجام شده در این مورد نشان داد، تخم‌ریزی افراد ماده در تیمار ذرت در روز ۴۷ ام شروع شده و روز ۶۷ ام به پایان رسید. همینطور تخم‌ریزی در تیمار ساقه نیشکر، روز ۳۶ شروع و روز ۴۹ خاتمه یافت. این روند در جیره غذای نیمه مصنوعی به ترتیب در روزهای ۴۴ و ۶۷ ام حادث شد. بر این اساس می‌توان گفت بیشترین طول دوره تخم‌ریزی به ترتیب مربوط به تیمار غذای نیمه‌مصنوعی و کمترین آن مربوط به تیمار نیشکر بود.

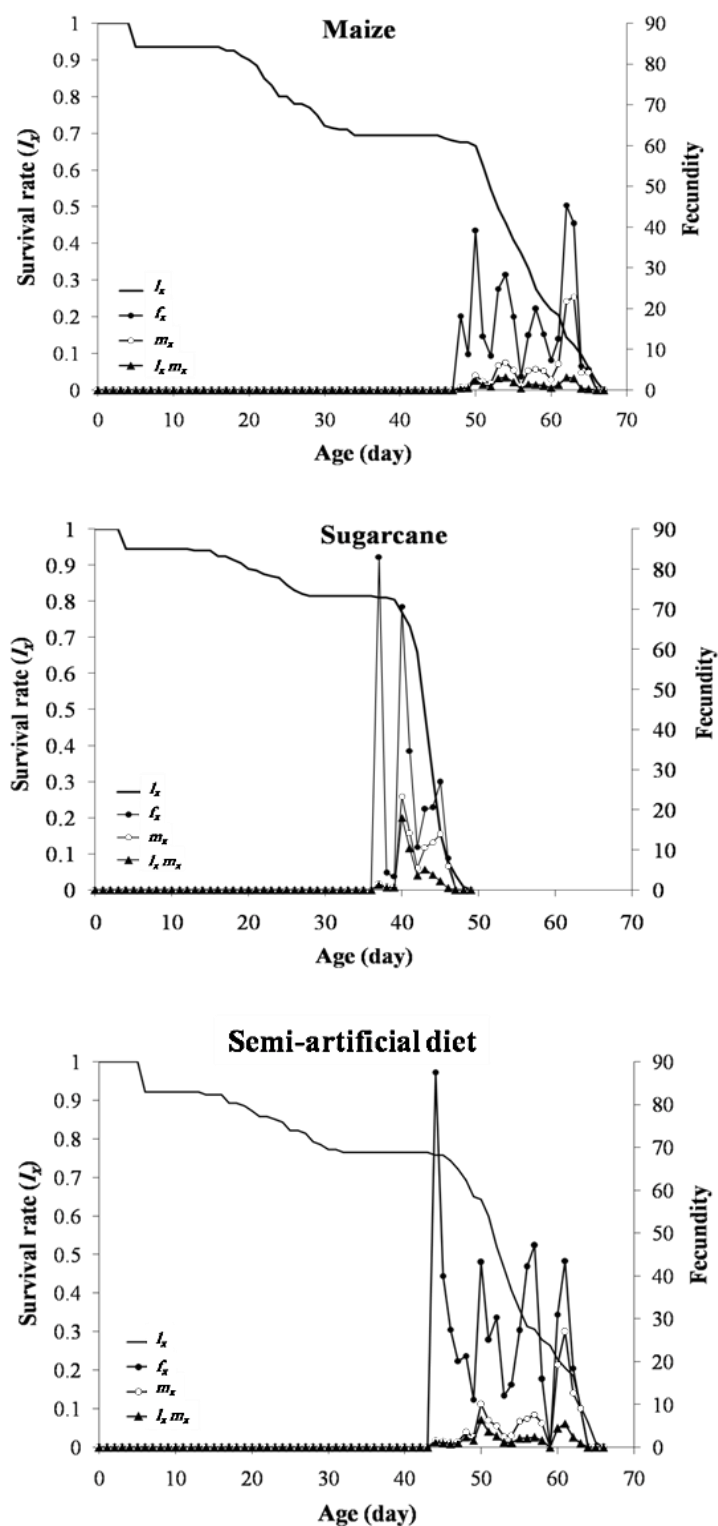
**امید به زندگی ویژه سن-مرحله (e<sub>xy</sub>):** امید به زندگی *S. nonagrioides* در روز اول زندگی همزادگان (Cohort) روی ذرت، نیشکر و غذای نیمه‌مصنوعی به ترتیب ۴۶، ۳۹ و ۴۷ روز مورد بررسی بوده است. بیشترین طول دوره زیستی و امید به زندگی مربوط به تیمار غذای نیمه‌مصنوعی و کمترین آن مربوط به نیشکر بود. براساس نتایج بدست آمده، افراد ماده نسبت به افراد نر در هر سه تیمار دارای امید به زندگی بیشتری هستند (شکل ۳).

**ارزش تولید مثلی (v<sub>xy</sub>):** این پراسنجه، ارزش تولید مثلی هر مرحله رشدی (تخم، لارو، شفیره و ماده بالغ) و هر سن را در تولید مثل همزادگان نشان می‌دهد. ارزش تولید مثلی در مورد حشرات بالغ ماده از اهمیت بیشتری برخوردار است. بر اساس نتایج حاصل، بیشترین ارزش تولیدمثلی در تیمار غذای نیمه‌مصنوعی با مقدار ۲۳۲/۷۶ در روز ۴۴ ام و بعد از آن در تیمار نیشکر با مقدار ۱۸۹/۵۹ در روز ۳۷ ام و کمترین آن با مقدار ۱۱۹/۶۶ در روز ۴۸ ام روی ذرت بوده است (شکل ۴) نمودارهای ترسیم شده در این شکل با بخش f<sub>xy</sub> در نمودارهای نرخ باروری ویژه‌ی سن-مرحله قرابت دارد.



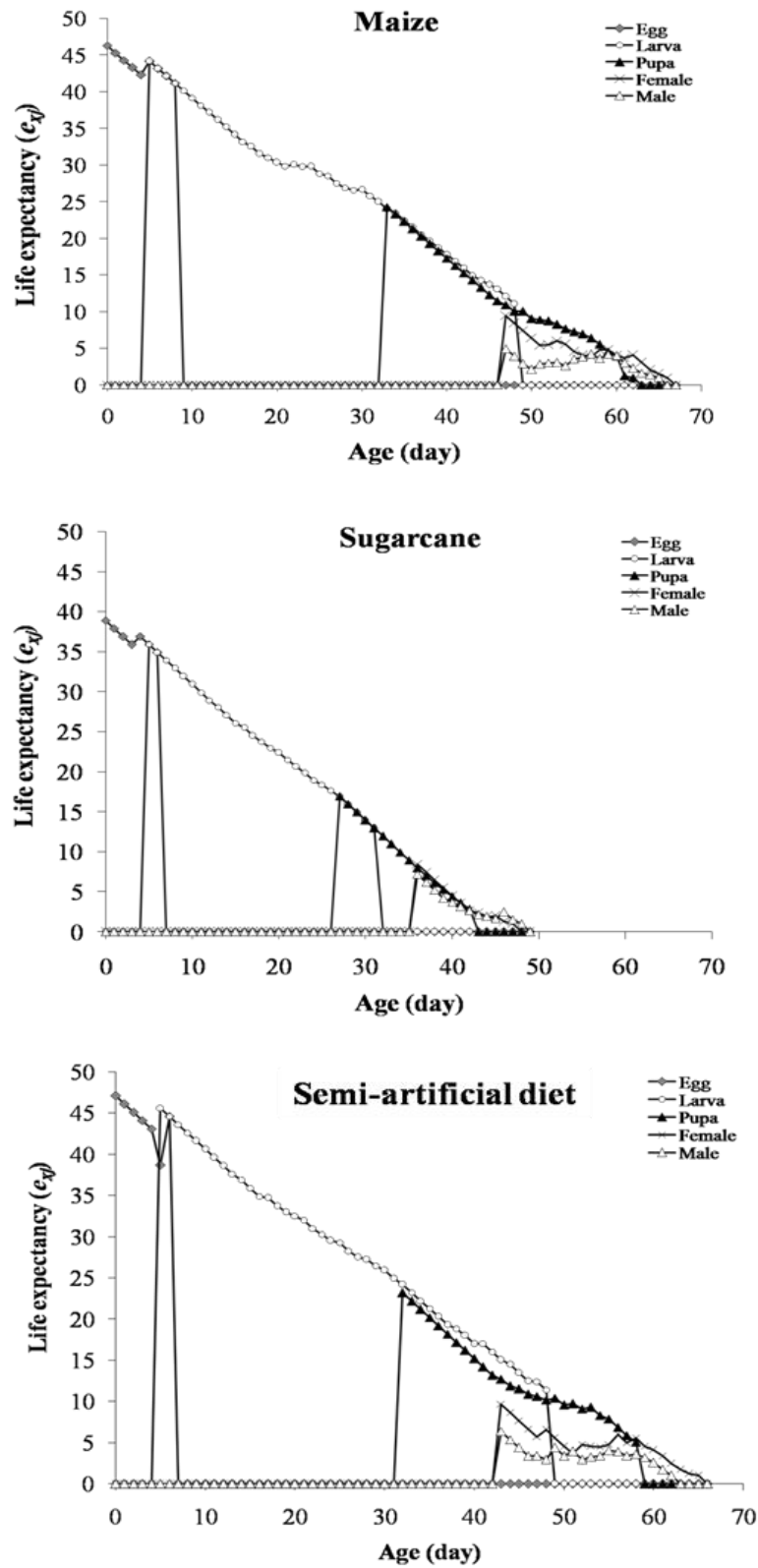
شکل ۱- نرخ زنده‌مانی ویژه سن-مرحله  $(s_{ij})$  *S. nonagrioides* با تغذیه از جیره‌های غذایی مورد بررسی.

**Fig. 1.** Age-stage survival rate ( $s_{ij}$ ) of *S. nonagrioides* feeding on examined diets.



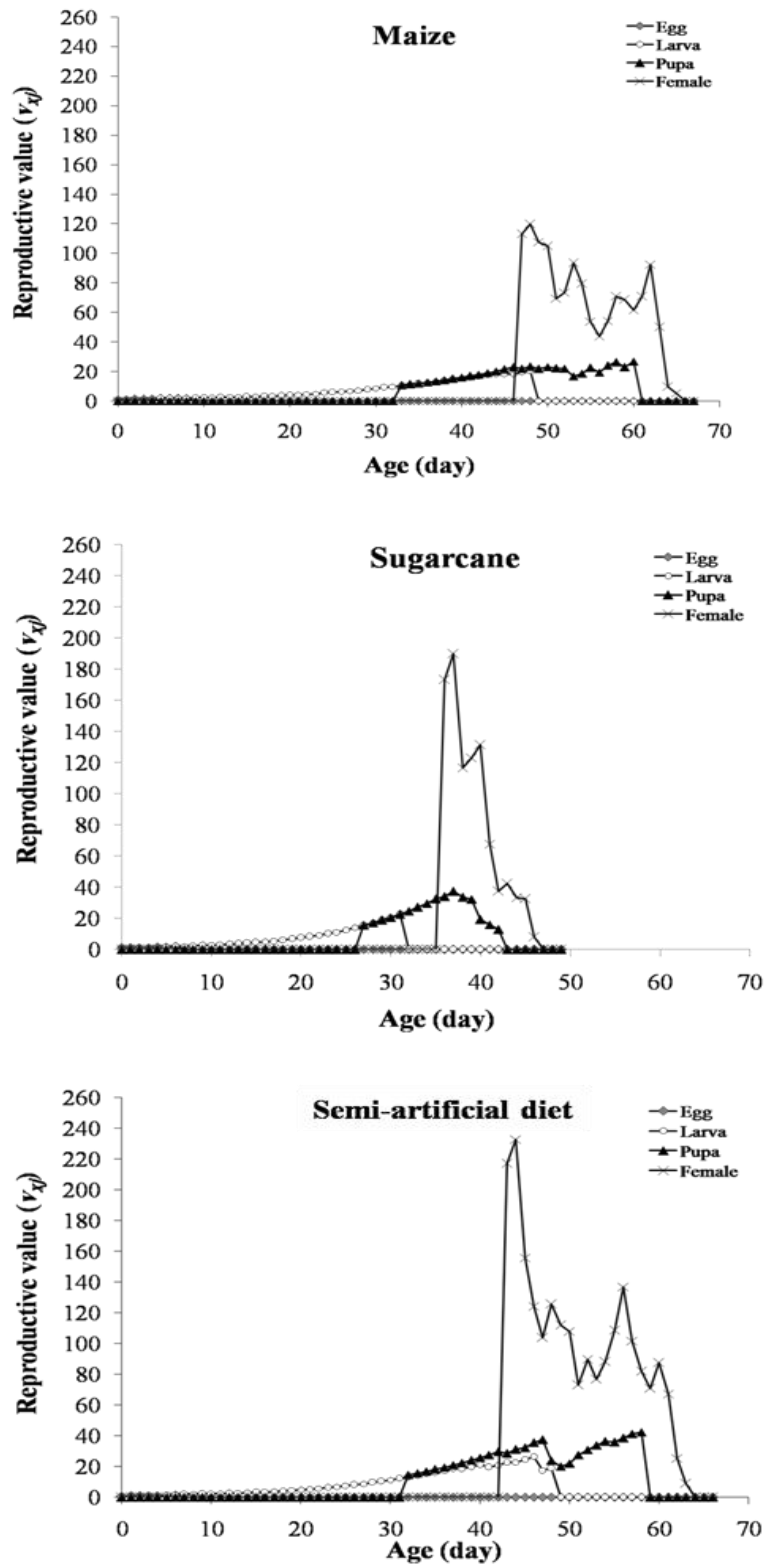
شکل ۲- نرخ زنده‌مانی ( $l_x$ )، باروری ویژه سنی ( $m_x$ ) و باروری ویژه سن-مرحله  $S. nonagrioides$  ( $f_{xj}$ ) با تغذیه از جیره‌های غذایی مورد بررسی.

**Fig. 2.** Age-specific survivorship ( $l_x$ ), age-stage-specific fecundity ( $f_{xj}$ ) and age-specific fecundity ( $m_x$ ) of *S. nonagrioides* feeding on examined diets.



شکل ۳- امید به زندگی ویژه سن-مرحله  $(e_{xj})$  *S. nonagrioides* با تغذیه از جیره‌های غذایی مورد بررسی.

Fig. 3. Age-stage specific life expectancy ( $e_{xj}$ ) of *S. nonagrioides* feeding on examined diets



شکل ۴- ارزش تولید مثلی ( $v_{xj}$ ) *S. nonagrioides* با تغذیه از جیره‌های غذایی مورد بررسی.

Fig. 4. Age-stage specific reproductive value ( $v_{xj}$ ) of *S. nonagrioides* feeding on examined diets.

پراسنجه‌های رشد جمعیت *S. nonagrioides*: نرخ ذاتی افزایش جمعیت، نرخ متناهی افزایش جمعیت، نرخ ناخالص تولیدمثل، نرخ خالص تولیدمثل و متوسط مدت زمان یک نسل به عنوان مهم‌ترین پراسنجه‌های مشخص کننده رشد جمعیت در بررسی‌های جمعیت‌نگاری هستند. مقادیر پراسنجه‌های یاد شده برای ارزیابی پتانسیل رشد جمعیت ساقه‌خوار مورد بررسی روی جیره‌های غذایی ساقه‌ی ذرت، ساقه‌ی نیشکر و جیره‌ی غذایی نیمه مصنوعی با استفاده از روش تجزیه جدول زندگی دو جنسی برآورد شد. بر اساس مقایسه‌ی میانگین‌های برآورد شده برای هر یک از پراسنجه‌های یاد شده که با روش بوت استرپ با ۱۰۰ هزار بار تکرار محاسباتی و با دقت بالا برآورد شده بودند، با آزمون Paired Bootstrap، مشخص شد که مقادیر پراسنجه‌های یاد شده روی جیره‌های غذایی مورد بررسی در سطح احتمال ۵ درصد، با یکدیگر اختلاف معنی‌دار دارند (جدول ۲).

نرخ ناخالص تولیدمثل که نشان دهنده مجموع تخم‌هایی است که یک فرد ماده در طول عمر خود می‌گذارد، در جیره غذایی نیمه‌مصنوعی با میانگین ۱۳۲/۷۴ تخم نسبت به نیشکر با میانگین ۸۸/۶۱ تخم با تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد بیشتر بود. ولی مقدار این پراسنجه روی ذرت با میانگین ۱۰۵/۲۰ تخم در مقایسه با نیشکر و جیره غذایی نیمه مصنوعی از نظر آماری دارای تفاوت معنی‌داری نبود. در مقابل میانگین مقادیر برآورد شده برای نرخ خالص تولید مثل، بین تیمارهای جیره غذایی نیمه مصنوعی و نیشکر دارای اختلاف معنی‌داری نبود (جدول ۲). در مورد این پراسنجه کمترین مقدار مربوط به تیمار ذرت با میانگین ۲۶/۹۹ تخم بود.

بررسی مقادیر نرخ ذاتی افزایش جمعیت نشان داد، سرعت تولید مثل و نرخ افزایش جمعیت *S. nonagrioides* با تغذیه از نیشکر بیشتر از جیره غذایی نیمه‌مصنوعی و آن نیز بیشتر از ذرت بود. این پراسنجه، مهم‌ترین شاخص جدول زندگی حشرات بود و پتانسیل افزایش جمعیت یک گونه را نشان می‌دهد. مقدار نرخ ذاتی افزایش جمعیت این آفت با تغذیه از جیره غذایی نیمه مصنوعی با مقدار ۰/۰۷۰۰ (بر روز) در گروه دوم بعد از نیشکر قرار داشت. این در حالی بود که مقدار این پراسنجه در ذرت با مقدار ۰/۰۵۷۹ (بر روز) کمترین مقدار در بین تیمارهای مورد بررسی بود. به همین ترتیب بیشترین مقدار نرخ متناهی افزایش جمعیت گونه مورد بررسی با تغذیه از نیشکر ۱/۰۹۵ (بر روز) تعیین شد که نشان می‌دهد جمعیت *S. nonagrioides* با تغذیه از نیشکر در هر روز ۱/۰۹۵ برابر جمعیت روز قبل خود خواهد شد. این در حالی بود که کمترین مقدار نرخ متناهی افزایش جمعیت گونه یاد شده، روی ذرت برآورد شد (جدول ۲).

مقایسه کلی مهم‌ترین پراسنجه‌های رشد جمعیت ساقه‌خوار *S. nonagrioides* روی تیمارهای مورد بررسی نشان داد، سرعت افزایش جمعیت گونه یاد شده روی جیره غذایی نیمه مصنوعی تهیه شده، بین ذرت و نیشکر قرار داشت و این موضوع مطلوبیت جیره غذایی تهیه شده را از نظر کیفیت و ارزش غذایی در مقایسه با میزبان‌های طبیعی این آفت نشان می‌دهد.

جدول ۲- پراسنجه‌های رشد جمعیت *S. nonagrioides* با تغذیه از جیره‌های غذایی طبیعی و نیمه مصنوعی

**Table 2.** Life table parameters of *S. nonagrioides* feeding of natural and semi-artificial diets

Life table parameters	Semi-artificial diet	Sugarcane	Maize
	Mean $\pm$ SE	Mean $\pm$ SE	Mean $\pm$ SE
GRR (eggs/individual)	132.74 $\pm$ 15.17a	88.61 $\pm$ 9.04b	105.12 $\pm$ 20.32ab
R <sub>0</sub> (eggs/individual)	45.08 $\pm$ 6.11a	46.09 $\pm$ 4.90a	26.99 $\pm$ 3.10b
r (day <sup>-1</sup> )	0.0700 $\pm$ 0.0030b	0.0909 $\pm$ 0.0027a	0.0579 $\pm$ 0.0021c
λ (day <sup>-1</sup> )	1.0725 $\pm$ 0.0033b	1.0951 $\pm$ 0.0030a	0.0596 $\pm$ 0.0022c
T (day)	54.28 $\pm$ 0.89b	42.09 $\pm$ 0.21a	56.83 $\pm$ 0.63c

میانگین‌های دارای حروف متفاوت در هر ردیف (در مورد هر پراسنجه) از نظر آماری دارای اختلاف معنی‌دار هستند (آزمون Paired Bootstrap در سطح احتمال ۵ درصد).

The means followed by different letters in the same row (for each parameters) are significantly different ( $P < 0.05$ , Paired Bootstrap Test).

## بحث

به منظور پرورش آزمایشگاهی ساقه‌خواران *Sesamia spp.* با استفاده از ترکیبات غذایی مصنوعی و نیمه مصنوعی، تلاش‌های زیادی توسط پژوهشگران مختلف صورت گرفته است. برای مثال (Salama & Tolba 1971) یک جیره غذایی مصنوعی برای پرورش ساقه‌خوار نیشکر *S. cretica* ارائه نموده است، ولی در ادامه ذکر کرده بود که شب‌پرک‌های حاصل از پرورش روی این محیط غذایی تخم‌های نابارور می‌گذارند. در ادامه Eizaguirre (1994) و *et al.* (1995) و Giacometti نیز جیره‌های غذایی مختلفی را برای پرورش آزمایشگاهی گونه *S. nonagrioides* ارائه نموده بودند که اجزای اصلی آن‌ها را اندام‌های گیاهان میزبان به ویژه ساقه ذرت تشکیل می‌داد. در ایران اولین تلاش‌ها به منظور پرورش انبوه گونه *S. nonagrioides* روی جیره‌های غذای مصنوعی توسط (Abbasipour Shoushtari 1990) و (Jemsi & Bayat Asadi 1993) انجام گرفته بود تا گونه یاد شده را روی محیط‌های غذایی مصنوعی پرورش دهند ولی هیچکدام موفقیت لازم در این مورد را به دست نیاوردند. فرمول غذایی ارائه شده توسط (Jemsi & Bayat Asadi 1993) حاوی آگار، آب مقطر، آرد ذرت، جوانه گندم، مخمر آبجو، مولتی ویتامین، اسید اسکوربیک، استرپتومایسین، نیپازین و اتانول بود. همچنین Ranjbar Aghdam & Kamali (2002) تحقیقاتی در راستای پرورش انبوه دو گونه از ساقه‌خواران *Sesamia spp.* و بررسی برخی از پراسنجه‌های رشدی و زیستی آنها روی ۲ جیره غذایی مصنوعی و ۳ میزبان طبیعی ذرت، نیشکر و سورگوم در شرایط آزمایشگاهی انجام داده بودند. طبق نتایج پژوهش یاد شده نیز استفاده از جیره‌های غذایی مصنوعی در پرورش گونه‌های مورد بررسی موفقیت آمیز نبود و در نهایت رویه‌ای به منظور پرورش انبوه ساقه‌خواران *Sesamia spp.* در شرایط آزمایشگاه ارائه نموده بودند. همینطور بر اساس بررسی‌های (Moyal *et al.* 1997) و (Ranjbar Aghdam & Kamali 2002) ذرت و نیشکر به عنوان مهم‌ترین میزبان‌های طبیعی گونه‌های *S. cretica* و *S. nonagrioides* ذکر شده‌اند، بر این اساس، در پژوهش حاضر کارایی و مطلوبیت جیره غذایی نیمه مصنوعی تهیه شده در مقایسه با رایج‌ترین وارته‌های مورد کشت این دو میزبان مورد ارزیابی قرار گرفت.

### رشد و نمو ساقه‌خواران *Sesamia spp.*

در پژوهش حاضر طول دوره رشد و نمو تمام مراحل رشدی *S. nonagrioides* به طور معنی‌داری متأثر از جیره غذایی بود. بر اساس (Ranjbar Aghdam & Kamali 2002) میانگین طول دوره لاروی *S. nonagrioides* روی میزبان‌های ذرت و نیشکر به ترتیب ۲۳/۰۸ و ۲۴/۶۱ روز و طول دوره شفیرگی روی دو میزبان یاد شده به ترتیب ۱۱/۵۷ و ۱۱/۷۸ روز گزارش شده بود که در مورد میزبان ذرت کمتر و در مورد نیشکر بیشتر از مشاهدات ثبت شده در پژوهش حاضر بودند. تفاوت‌های مشاهده شده می‌تواند به دلیل تفاوت در ارقام و وارته‌های ذرت و نیشکر مورد استفاده در پژوهش (Ranjbar Aghdam & Kamali 2002) در قیاس با پژوهش حاضر باشد. علاوه بر این عدم تفکیک جنسی شفیره‌ها در پژوهش (Ranjbar Aghdam & Kamali 2002) و شرایط متفاوت محیطی آزمایش می‌تواند دلیلی بر تفاوت در نتایج به دست آمده باشد. چون در تحقیق یاد شده از یک سو نام ارقام و وارته‌های گیاهی مورد استفاده ذکر نشده بود و از سوی دیگر طول دوره شفیرگی برای هر دو جنس نر و ماده به طور تجمعی محاسبه شده است.

### پراسنجه‌های جمعیت نگاری

به منظور مقایسه توان رشد و نمو و زاد و ولد حشرات در شرایط محیطی متفاوت و روی میزبان‌های مختلف، پراسنجه‌هایی مختلفی نظیر نرخ خالص تولیدمثل، نرخ ذاتی افزایش جمعیت، نرخ متناهی افزایش جمعیت

و میانگین طول یک نسل توسط پژوهشگران مختلف مورد استناد و استفاده قرار گرفته است (Greenberg *et al.*, 2012; Jha *et al.*, 2012 & Mehrkhou *et al.*, 2012). نتایج پژوهش حاضر نیز نشان داد، تمام پراسنجه‌های جدول زندگی *S. nonagrioides* متأثر از نوع جیره غذایی مورد استفاده برای تغذیه لاروها بود. به طور کلی بر اساس نتایج به دست آمده، میزان نیشکر به دلایلی مانند کوتاه‌تر بودن دوره رشدی قبل از بلوغ، بالابودن میزان باروری و نرخ بقای ویژه سن-مرحله، بالا بودن مقادیر نرخ ذاتی افزایش جمعیت، نرخ متناهی افزایش جمعیت و نرخ خالص تولید مثل برای نشو و نما *S. nonagrioides* نسبت به ذرت مطلوب‌تر بود. همچنین در ارزیابی جیره غذای نیمه‌مصنوعی ارزیابی شده در این تحقیق، با در نظر گرفتن پراسنجه‌های مهم جدول زندگی، جیره غذای نیمه‌مصنوعی نسبت به ذرت در جایگاه مطلوب‌تری بوده و نسبت به نیشکر در جایگاه پایین‌تری قرار داشت. در مجموع بر اساس نتایج حاصل از این بررسی می‌توان گفت جیره غذای نیمه مصنوعی تهیه شده با در نظر گرفتن مهمترین پراسنجه‌های مؤثر در پرورش کمی و کیفی حشرات، به منظور پرورش انبوه *S. nonagrioides* در انسکتاریوم‌ها مناسب بوده و قابل توصیه است. جیره غذایی تهیه شده، ضمن اینکه بسیاری از محدودیت‌های موجود در بکارگیری میزبان‌های طبیعی در پرورش *S. nonagrioides* را ندارد، قادر است در مقایسه با میزبان‌های طبیعی نیازهای غذایی آن را در سطح مطلوبی تأمین می‌کند.

لازم به ذکر است جیره غذایی معرفی شده در این پژوهش، در طی ۳ سال اخیر (۱۳۹۷-۱۳۹۹) به طور کامل در فرآیند تولید انبوه تخم سزامیا و به تبع آن تولید انبوه زنبور انگل‌واره تخم، *Telenomus busseolae* Gahan در انسکتاریوم‌های موسسه تحقیقات و آموزش شرکت توسعه نیشکر و صنایع جانبی خوزستان، جایگزین جیره غذای طبیعی (ساقه نیشکر) شده و با موفقیت مورد استفاده قرار گرفته است و در حال حاضر نسل‌های متعددی از *S. nonagrioides* بدون افت کیفی نتاج و کاهش کمی تولید، روی آن پرورش داده می‌شوند. به کارگیری جیره غذایی نیمه مصنوعی ضمن رفع چالش‌ها، محدودیت‌ها و مشکلات بکارگیری ساقه نیشکر در تولید تخم سزامیا، تولید مستمر و ذخیره سازی زنبور انگل‌واره تخم ساقه‌خواران سزامیا در طول فصل زمستان، به منظور رهاسازی به موقع در مزارع نیشکر در ابتدای فصل و کاهش موثر خسارت آفت را به دنبال داشته است.

## سپاسگزاری

این پژوهش با حمایت مالی موسسه تحقیقات و آموزش شرکت توسعه نیشکر و صنایع جانبی خوزستان و موسسه تحقیقات گیاه پزشکی کشور انجام شده است. نویسندگان بر خود لازم می‌دانند از همکاری و مساعدت صمیمانه هر دو موسسه در تامین هزینه و امکانات لازم برای انجام آن، تشکر و قدردانی نماید.

## References

- Abbasipour Shoushtari, H.** (1990) Bio-ecology of corn stem borer, *Sesamia nonagrioides* Lef. and its natural enemies in fields of Khuzestan, MSc. Thesis, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran, 169 pp.
- Arbabafti, R., Fathipour Y. & Ranjbar Aghdam, H.** (2021) Temperature-Dependent Demography of Two Geographically Isolated Populations of *Sesamia cretica* (Lepidoptera: Noctuidae), *Environmental Entomology* doi: 10.1093/ee/nvab030, 1-10.
- Chi, H. & Liu, H.** (1985) Two new methods for the study of insect population ecology. *Bulletin of Institute of Zoology Academy Sinica* 24, 225-240.
- Chi, H.** (1988) Life table analysis incorporating both sexes and variable development rates among individuals. *Environmental Entomology* 17, 26-34.



- Chi, H.** (2013) TWSEX-MSChart: a computer program for the age-stage, two-sex life table analysis. <http://140.120.197.173/Ecology/Download/Twosex-MSChart.rar>.
- Danyali, M.** (1984) Investigation on using biological, cultural, and chemical controlling methods against sugarcane stem borers in Haft-Tapeh region. MSc. Thesis, pp. 114. Shahid Chamran University of Ahvaz, Iran.
- Efron, B. & Tibshirani, R. J.** (1993) *An introduction to the Bootstrap*. Chapman and Hall, New York, NY.
- Eizaguirre, M., Lopez, C., Asin, L. & Albajes, R.** (1994) Thermoperiodism, photoperiodism and sensitive stage in the diapause induction of *Sesamia nonagrioides* Lef. (Lep.: Noctuidae). *Journal of Insect Physiology* 40 (2), 113-119.
- Giacometti, R.** (1995) Rearing of *Sesamia nonagrioides* Lef. (Lep.: Noctuidae) on a Meridic diet. *Redia* LXXVIII (1), 19-27.
- Greenberg, S. M., Sétamou, M., Sappington, T. W., Liu, T-X., Coleman, R. J. & Armstrong, J. S.** (2001) Temperature-dependent development and reproduction of the boll weevile (Coleoptera: Curculionidae). *Insect science* 12, 449-459.
- Grist, D. H. & Lever, R. J. A. W.** (1969) *Pests of rice*. Longmans, London.
- Halabian, R., Mohammadi, M. H., Salimi, M., Amani, M., Mohammadi Roushanda, A., Aghaipoor, M., Amirzadeh, N., Ebrahimi, M., Jahanian-Najafabadi, A. & Habibi Roudkenar, M.** (2013) Genetically engineered mesenchymal stem cells stably expressing green fluorescent protein. *Iranian Journal of Basic Medical Sciences* 13(2), 24-30.
- Jemsi, Gh. & Bayat Asadi, H.** (1993) Rearing of maize tem borer *Sesamia nonagrioides botanephaga* T&B on artificial diet under laboratory condition. pp. 88 in *Proceeding of the 11<sup>th</sup> plant protection congress of Iran*, 300 pp. 28 August – 2 September, 1993, University of Guilan, Rasht, Iran.
- Jha, R. K., Chi, H. & Tang, L. C.** (2012) A Comparison of artificial diet and hybrid sweet corn for the rearing of *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) based on life table characteristics. *Environmental Entomology* 41, 30-39.
- Lefebvre, A.** (1827) Description de divers insectes inédites recueillies en Sicile. *Annales de la Société linnéenne de Paris* 6, 94-108.
- Masoud, M. A., Saad, A. S. A., Mourad, A. K. K. & Ghorab, M. A. S.** (2010) Mass rearing of the pink corn borer, *Sesamia cretica* Led. larvae on semi-artificial diets. *Communication in Agricultural and Applied Biological Sciences* 75(3), 295-304.
- Mehrkhoul, F., Talebi, A. A., Moharramipour, S. & Naveh, V. H.** (2012) Demographic parameters of *Spodoptera exigua* (Lepidoptera: Noctuidae) on different soybean cultivars. *Environmental Entomology* 41, 326-332.
- Moyal, P., Fediere, G., Semeada, A. M., El-Sheikh, M. A. K., El-Sherif, S. & Abol-Ela, S.** (1997) Control of the pink borer, *Sesamia cretica* Led. (Lepidoptera: Noctuidae) in maize field using a granulosis virus in Egypt. 6<sup>th</sup> European Meeting in the IOBC/WPRS

- working group, Insect Pathogens and Insect Parasites Nematodes, August 10-15, 1997, Copenhagen (DNK).
- Ranjbar Aghdam, H.** (2016) *Mass rearing of the sugarcane stem borers, Sesamia spp. using semi-artificial diet*, pp. 90, Final Report of Research Project, Iranian Research Institute of Plant Protection, Agricultural Research, Education & Extension Organization, Tehran, Iran.
- Ranjbar Aghdam, H.** (1999) Possibility of *in vivo* rearing of *Platytenomus hylas* Nixon (Hym., Scelionidae) in order to biological control of the sugarcane stem borers, *Sesamia* spp., MSc. thesis, 106 pp. Shahid Chamran University of Ahvaz, Iran.
- Ranjbar Aghdam, H. & Kamali, K.** (2002) *In vivo* rearing of *Sesamia cretica* and *Sesamia nonagrioides* botanephaga. *Journal of Entomological Society of Iran* 22, 63-78.
- Ranjbar Aghdam, H. & Kamali, K.** (2005) Investigation on biology and efficiency of *Platytenomus hylas* Nixon (Hym.: Scelionidae), the egg parasitoid of *Sesamia* spp. Under laboratory condition. *The Scientific Journal of Agriculture* 27(2), 71-81.
- Rao, V. P. & Nagaraja, H.** (1969) *Sesamia* species as pests of sugar cane. pp. 207–223 in Williams, J. R., Metcalfe, J. R. Mungomery, R.W. & Mathes R. (Eds) *Pests of sugarcane*, Elsevier, Amsterdam.
- Salama, H. S. & Tolba, R. A.** (1971) Development of the sugar cane borer *Sesamia cretica* Led. on a Semi-artificial diet. *Zeitschrift für Angewandte Entomologie* 68, 74-75.
- Scheibelreiter, G. K.** (2009) Sugarcane stem borers (Lep., Noctuidae and Pyralidae) in Ghana. *Journal of Applied Entomology* 89, 87-99.
- Singh, P.** (1977) *Artificial diets for insects, mites and spiders*. II/Plenum. New York.
- Sreng, I.** (1984) La pheromone sexuelle de *Sesamia* spp. Lepidoptera - Noctuidae. Ph.D. dissertation, Universite de Dijon, France.
- Taherkhani, K. & Moazen-Rezamahaleh, H.** (2012) *Sugarcane stem borers and their managements*, pp. 27, Iranian Sugarcane Training Institute (ISCRTI), Sugarcane Development Product Co. Ahvaz, Iran.
- Toms, W. H. T. & Bowden, J.** (1953) A revision of the African species of *Sesamia* Guene'e and related genera (Agrotidae: Lepidoptera). *Bulletin of Entomological Research* 43, 645–678.
- Uygun, N. & Kayapinar, A.** (1993) A new pest on banana: corn stalk borer *Sesamia nonagrioides* Lefebvre (Lep.: Noctuidae) in south Anatolia. *Türkiye Entomoloji Dergisi* 17 (1), 33-40.
- Wysoki, M.** (1986) New records of lepidopterous pests of macadamia in Israel. *Phytoparasitica* 14 (2), 147.
- Yu, J. Z., Chi, H. & Chen, B. H.** (2013) Comparison of the life tables and predation rate of *Harmonia dimidiata* (F.) (Coleoptera: Coccinellidae) fed on *Aphis gossypii* Glover (Hemiptera: Aphididae) at different temperatures. *Biological Control* 64, 1-9.
-