

مقاله علمی پژوهشی

تأثیر سبزی‌های برگ‌های مختلف روی ویژگی‌های زیستی و رشد جمعیت کرم برگ‌خوار

Spodoptera littoralis (Boisd) (Lepidoptera: Noctuidae)، پنبه،

سیده معصومه حسینی موسوی، سید علی همتی* و آرش راسخ

گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران

*مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: sa.hemmati@scu.ac.ir

چکیده

کرم برگ‌خوار پنبه، *Spodoptera littoralis* (Boisd) (Lepidoptera: Noctuidae) آفتی مهم و چندین‌خوار است که منجر به خسارت اقتصادی روی محصولات کشاورزی در ایران و بسیاری از مناطق جهان می‌شود. در پژوهش حاضر، تأثیر تغذیه از هفت گونه از سبزی‌های برگ‌های مختلف شامل خرفه، تره، جعفری، ریحان، شوید، گشنیز و نعناع بر پراسنجه‌های زیستی و جدول زندگی *S. littoralis* در شرایط دمایی 25 ± 2 درجه‌ی سلسیوس، رطوبت نسبی 60 ± 5 درصد و دوره‌ی نوری ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی بررسی شد. طولانی‌ترین دوره‌ی رشدی پیش از بلوغ آفت مربوط به حشرات پرورش یافته روی خرفه ($40/67 \pm 0/49$ روز) و کوتاه‌ترین آن روی ریحان ($30/22 \pm 0/42$ روز) و گشنیز ($30/76 \pm 0/32$ روز) بود. میزان باروری شب‌پره هنگام تغذیه از خرفه ($199/32 \pm 21/82$ تخم) به طور معنی‌داری کمتر از بقیه میزبان‌ها بود و بیش‌ترین آن روی گشنیز ($481/06 \pm 62/82$ تخم)، ریحان ($428/97 \pm 28/68$ تخم) و تره ($409/26 \pm 26/58$ تخم) ثبت شد. علاوه بر این، نتایج حاصل از پراسنجه‌های دموگرافیک آفت نشان داد که کمترین مقادیر نرخ ذاتی افزایش جمعیت (R_0) و نرخ خالص تولیدمثل (R_0) روی خرفه (به ترتیب $0/072 \pm 0/124$ بر روز و $17/51 \pm 67/92$ نتاج) و بیش‌ترین میزان آن روی گشنیز (به ترتیب $0/161 \pm 0/064$ بر روز و $275/70 \pm 53/94$ نتاج) مشاهده شد. نتایج تجزیه خوشه‌ای نشان داد که گشنیز حساسیت نسبی بالاتری نسبت به *S. littoralis* نشان داد و به عنوان میزبان مناسب برای رشد این آفت تعیین شد. برعکس، خرفه مقاومت نسبی بالاتری در مقابل آفت داشت. امید است اطلاعات به‌دست آمده در این پژوهش بتواند در پیشبرد برنامه‌های مدیریت تلفیقی *S. littoralis* و درک بهتر تعاملات بین میزبان با آفت مفید واقع شود.

واژه‌های کلیدی: کرم برگ‌خوار پنبه، مقاومت گیاه، جدول زندگی دوجنسی، سبزی‌های برگ‌ی، مدیریت تلفیقی آفت.

Effect of different leafy vegetables on the biological and population growth characteristics of the cotton leafworm, *Spodoptera littoralis* (Boisd)

Seyedeh Masoumeh Hosseini Mousavi, Seyed Ali Hemmati*, Arash Rasekh

Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran.

*Corresponding author, E-mail: sa.hemmati@scu.ac.ir

Abstract

The cotton leafworm, *Spodoptera littoralis* (Boisd) (Lepidoptera: Noctuidae), is an important and polyphagous pest that causes considerable damage to agricultural crops in Iran and many other parts of the world. In this research, the effects of seven different leafy vegetables, including Purslane, Chives, Parsley, Basil, Dill, Coriander and Mint were assessed on the biological and life table parameters of *S.*

دریافت: ۱۴۰۰/۱۰/۰۸، پذیرش: ۱۴۰۰/۱۲/۲۶

دبیر تخصصی: سعید محرمی‌پور



littoralis at $25 \pm 2^\circ\text{C}$, $60 \pm 5\%$ RH, and a photoperiod of 16:8 (L:D) hours. The longest development period was in the insects fed on Purslane (40.67 ± 9.49 days), and the shortest was obtained on Basil (30.22 ± 0.42 days) and Coriander (30.76 ± 0.32 days). The lowest value of fecundity was on the Purslane (199.32 ± 21.82 eggs), and the highest was recorded on the Coriander (481.06 ± 62.82 eggs), Basil (428.97 ± 28.68 eggs) and Chives (409.26 ± 26.58 eggs) vegetables. In addition, the results of demographic parameters showed that the intrinsic rate of increase (r) and net reproductive rate (R_0) of *S. littoralis* were lowest on the Purslane ($0.124 \pm 0.072 \text{ day}^{-1}$, and 67.92 ± 17.51 offspring, respectively), and highest values were observed on the Coriander ($0.161 \pm 0.064 \text{ day}^{-1}$, and 275.70 ± 53.94 offspring, respectively). The cluster results indicated that Coriander was relatively susceptible host for feeding of *S. littoralis*. In contrast, the Purslane was found the relatively resistant (least appropriate) host for this pest, which could be useful in the development of integrated pest management strategies, and understanding plant-herbivore interactions.

Key words: Cotton leafworm, Plant resistance, Two-sex life table, Leafy vegetables, Integrated pest management

Received: 29 December 2021, Accepted: 17 March 2022

مقدمه

از ابتدای سکونت بشر روی کره خاکی، سبزی‌ها جزء مهم‌ترین غذای مورد نیاز وی به شمار می‌رفت. با توجه به تغییر شیوه زندگی در جامعه امروزی، ضروری است که جیره غذایی کم کالری اما مفید باشد. در صورت کشت و توجه بیشتر به محصولات سبزی، به‌عنوان تأمین‌کننده‌های ویتامین، فیبر و املاح مورد نیاز انسان، می‌توان گام موثری در کاهش سوء تغذیه، پیشگیری از بیماری‌ها و کاهش هزینه‌های درمان برداشت (Peyvast, 2009). تولید سبزی از نظر اقتصاد ملی و محلی بسیار بااهمیت بوده و جایگاه آن بیش از هر چیز براساس مصرف بالای این محصول استوار است. یکی از ابعاد مدیریت تولید گیاهان، حفظ آن‌ها در برابر حشرات آفت می‌باشد. برخی کشاورزان سبزیکار معتقدند از بدو کشت باید سموم حشره‌کش را مورد استفاده قرار دهند، در غیر اینصورت آفات گیاهی راندمان تولید آن‌ها را پایین می‌آورند. طبق توصیه متخصصان تغذیه، اگرچه تلاش می‌گردد مردم به سمت مصرف میوه‌ها و سبزی‌های تازه و سالم سوق داده شوند، ولی از سوی دیگر باید تلاش مضاعفی جهت عاری نمودن این محصولات از سموم دفع آفات گیاهی و نظارت بر مراحل کشت و تولید آن‌ها قبل از رسیدن به بازار صورت پذیرد (Jallow *et al.*, 2017).

کرم برگ‌خوار پنبه، *Spodoptera littoralis* (Boisd) (Lepidoptera: Noctuidae)، از جمله آفاتی است که پیدایش آن روی سبزی‌های برگی، کشاورزان را ناچار به سمپاشی می‌نماید. این آفت، حشره‌ای با دامنه میزبانی وسیع است که خسارت قابل توجهی به بیش از ۱۱۲ گونه گیاهی متعلق به ۴۴ تیره گیاهی وارد می‌کند (Hatem *et al.*, 2022; Zamani Fard *et al.*, 2011). کرم برگ‌خوار پنبه، *S. littoralis*، در کشورهای مدیترانه‌ای و آسیایی از آفات مهم پنبه، تنباکو و ذرت به شمار می‌آید (Cakici *et al.*, 2014) و در مناطق گرمسیری ایران باعث خسارت روی بقولات، یونجه، چغندر قند و سبزی‌ها می‌شود (Hemmati *et al.*, 2022; Khodaverdi *et al.*, 2010). استفاده از حشره‌کش‌های شیمیایی، روش رایج برای کنترل *S. littoralis* است که در طی سال‌های متمادی باعث بروز مقاومت آفت شده است (Sorour *et al.*, 2011; Arrizubieta *et al.*, 2014; Shishehbor & Hemmati, 2022). از طرفی کاربرد آفت‌کش‌های شیمیایی، آثار سوء روی انسان، محیط زیست و دیگر موجودات زنده به‌خصوص دشمنان طبیعی آفات می‌گذارد (Xu *et al.*, 2001; Hemmati *et al.*, 2022). هم‌چنین، اثرات نامطلوب باقیمانده سموم روی محصولات، مختل شدن سیستم‌های طبیعی کنترل بیولوژیک (Van Leeuwen *et al.*, 2010)، ظهور آفات ثانویه (Elzen, 2001)، طغیان مجدد و کاهش تنوع زیستی را نیز به همراه داشته است (Naher *et al.*, 2005). لذا به‌کارگیری روش‌های کنترل غیرشیمیایی ضروری است (Magholifard *et al.*, 2006).

2018). در حال حاضر بیشترین تأکید در برنامه‌های مدیریتی آفات مختلف محصولات کشاورزی، استفاده از شیوه‌های مدیریت تلفیقی می‌باشد. چنین برنامه‌هایی با هدف بکارگیری روش‌های گوناگون کنترل آفات به صورت همزمان طراحی و اجرا می‌شوند (Lacey et al., 2015; Babamir-Satehi et al., 2022).

گیاهان میزبان مقاوم ممکن است اثر بخشی سایر روش‌های کنترل آفت از جمله کاربرد دشمنان طبیعی و حشره‌کش‌ها را با کند کردن نشو و نمای مراحل قبل از بلوغ و طولانی‌تر کردن زمان رسیدن به مرحله تولید نتاج افزایش دهند (Dent, 2000; Sarfraz et al., 2006). مطالعه پراسنجه‌های رشد جمعیت یک آفت و آگاهی از میزان حساسیت یا مقاومت ارقام گیاهی به‌عنوان زیربنای مدیریت تلفیقی می‌تواند در پیش آگاهی کنترل آفت، انتخاب رقم مناسب و اصلاح گیاه موثر باشد (Razmjou et al., 2014). از این‌رو امروزه بکارگیری جدول زندگی به عنوان یک شیوه مطمئن به منظور تعیین میزان سمیت آفت‌کش‌ها، تعیین بهترین زمان مبارزه با آفات و مطالعه پویایی جمعیت آفات می‌باشد (Chi, 1990; Sakai et al., 2001). جدول زندگی آفات، با ارائه اطلاعاتی هم‌چون میزان تولیدمثل، میزان افزایش یا کاهش جمعیت و همچنین میزان مرگ و میر می‌تواند اطلاعات مفیدی را جهت مدیریت آفات ارائه دهد (Carey, 1993; Kakde et al., 2014). دموگرافی شامل تهیه جدول زندگی، مدل مرگ و میر و روش‌هایی است که برای مقایسه اثر عوامل محیطی و زیستی روی رشد و نمو مراحل نابالغ، تولیدمثل و زنده‌مانی حشرات استفاده می‌شود. در دموگرافی تک جنسی بطور کلی جمعیت نرها و تفاوت طول دوره‌های رشدی بین افراد نر نادیده گرفته می‌شد (Chi & Yang, 2003). تنوع و گوناگونی در نرخ‌های رشد و نمو بین افراد در بسیاری از موجودات زنده مشاهده می‌شود و حذف چنین تفاوت‌هایی موجب بروز اشتباه در تجزیه و تحلیل جدول زندگی می‌شود (Chi, 1988; Chi & Yang, 2003). نادیده گرفتن جنسیت افراد مورد مطالعه نیز در تدوین جدول زندگی موجب بروز اشتباهاتی در نتایج تحقیق می‌شود (Chi, 1988). بنابراین در سال‌های ۱۹۸۵ و ۱۹۸۸ جدول زندگی سن - مرحله رشدی دو جنسی (Age-Stage TWO-Sex Life Table) با همسان کردن نرخ‌های متنوع رشد و نمو و هم‌چنین با در نظر گرفتن هر دو جنس نر و ماده ابداع شد (Chi & Liu, 1985; Chi, 1988).

کیفیت غذا ممکن است بر پراسنجه‌های جدول زندگی و فیزیولوژی تغذیه‌ای حشرات تأثیر بگذارد و این صفات می‌تواند نشان دهنده‌ی درجه مقاومت و یا حساسیت گیاه باشد (Price et al., 1980; Dent, 2000; Hemati et al., 2012). مطالعات قبلی نشان داده است که ویژگی‌های زیستی و پراسنجه‌های رشد جمعیت *S. littoralis* به‌طور قابل توجهی با نوع رقم و میزبان گیاهی آن مرتبط می‌باشد. تحقیقات بسیار محدودی در مورد اثر میزبان‌های مختلف گیاهی روی ویژگی‌های زیستی و تغذیه‌ای *S. littoralis* صورت پذیرفته است (Hegazi & Schopf, 1984; Khedr et al., 2015; Gacemi et al., 2019; Shishebor & Hemmati, 2022; Hemmati et al., 2022).

در تحقیقی (Gacemi et al., 2019)، تأثیر چهار میزبان گیاهی شامل کنگرفرنگی، کلم، سیب‌زمینی و گوجه‌فرنگی را روی ویژگی‌های تغذیه‌ای این آفت مطالعه کردند. نتایج آن‌ها نشان داد که میزبان گوجه‌فرنگی از کیفیت بالایی نسبت به سایر میزبان‌ها جهت تغذیه لاروهای *S. littoralis* برخوردار بود. اثر چهار گیاه میزبان مختلف شامل باقلا، کلم، شبدر و گوجه‌فرنگی روی ویژگی‌های زیستی لاروهای *S. littoralis* تحت شرایط آزمایشگاهی بررسی و باقلا به عنوان میزبان‌های مناسب و گوجه‌فرنگی و شبدر به عنوان میزبان‌های نامناسب برای رشد و تغذیه این آفت گزارش شد (Ismail, 2020). هم‌چنین، طی پژوهشی تأثیر یازده رقم لوبیا روی ترجیح تغذیه‌ای، و پراسنجه‌های جدول زندگی و فعالیت آنزیم‌های گوارشی *S. littoralis* مورد بررسی قرار گرفت که نتایج آن‌ها نشان داد که رقم لوبیای مشهد از کیفیت غذایی نامطلوبی برای این آفت برخوردار بود و کمترین مقادیر

شاخص تغذیه‌ای پراسنجه‌های جدول زندگی روی این رقم مشاهده گردید (Shishehbor & Hemmati, 2022; Hemmati et al., 2022).

به دلیل اهمیت *S. littoralis* در ایجاد خسارت اقتصادی روی سبزی‌های برگ‌ی و جایگاه ویژه‌ی مصرف این محصولات به صورت سالم در سبد غذایی انسان، پژوهش پیش رو با هدف بررسی تأثیر سبزی‌های برگ‌ی مختلف روی دوره زندگی و پراسنجه‌های جدول زندگی *S. littoralis* انجام شد. تحقیق حاضر گامی در جهت شناخت هر چه بیشتر زوایای زندگی این آفت می‌باشد تا نتایج حاصل از آن بتواند مصرف سموم شیمیایی روی سبزی‌ها را به حداقل رساند و زمینه‌ی به‌کارگیری بیشتر میزبان‌های گیاهی مقاوم را به عنوان یکی از ارکان مدیریت تلفیقی فراهم آورد.

مواد و روش‌ها

پرورش گیاه میزبان

به منظور کشت و پرورش گیاهان، بذور سبزی‌های برگ‌ی مختلف شامل ریحان سبز (*Ocimum basilicum* L. (Basil)), تره (*Allium schoenoprasum* L. (Chives)), جعفری (*Petroselinum crispum* Mill. (Parsley)), نعناع (*Mentha spicata* L. (Mint)), شوید (*Anethum graveolens* L. (Dill)), خرفه (*Portulaca oleracea* L. (Purslane)), و گشنیز (*Coriandrum sativum* L. (Coriander))، از موسسه‌ی اصلاح و تهیه‌ی نهال و بذر کرج تهیه و در مزرعه‌ی تحقیقاتی دانشکده‌ی کشاورزی دانشگاه اهواز کاشته شدند. برگ‌های کاملاً رشده یافته سبزی-های مورد پژوهش پس از کشت و سبز شدن به اتاقک پرورش با شرایط دمایی 25 ± 2 درجه‌ی سلسیوس، رطوبت نسبی 65 ± 5 درصد و دوره‌ی نوری ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی منتقل شدند. از برگ‌های میزبان‌ها برای پرورش *S. littoralis* و انجام آزمایش‌های زیستی و جدول زندگی آفت استفاده شد.

پرورش آزمایشگاهی کرم برگ‌خوار پنبه *S. littoralis*

به منظور پرورش *S. littoralis* در آزمایشگاه، لاروهای آفت از مزارع تحقیقاتی چغندرقد واقع در مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی صفی‌آباد دزفول جمع‌آوری و روی سبزی‌های برگ‌ی پرورش داده شدند. تغذیه‌ی آفت در اتاقک پرورش با دمای 25 ± 2 درجه سلسیوس، رطوبت نسبی 60 ± 5 درصد و دوره‌ی نوری ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی صورت پذیرفت. پرورش لاروها تا زمان ظهور لاروهای سن سوم به صورت گروهی درون ظرف پلاستیکی مکعبی شکل (طول ۲۵ سانتی‌متر و عرض ۱۵ سانتی‌متر و ارتفاع ۸ سانتی‌متر) انجام شد. بعد از ظهور لاروهای سن سوم، پرورش لاروها به صورت انفرادی درون ظروف پتری پلاستیکی با قطر ۸ سانتی‌متری انجام گرفت. برای تغذیه لاروهای سنین مختلف آفت از سبزی‌های برگ‌ی مختلف استفاده شد. به منظور ایجاد تهویه مناسب، قسمت درپوش ظروف درچه‌ای به قطر ۱/۵ تا ۲ سانتی‌متر ایجاد شده و با پارچه توری پوشانده شد. برای تأمین رطوبت برگ‌ها نیز، مقداری پنبه خیس شده اطراف دمبرگ‌ها گذاشته شد (Shishehbor & Hemmati, 2022).

پس از گذراندن مراحل لاروی و پیش شفیرگی، شفیره‌ها با استفاده از پنس به داخل ظروف پلاستیکی دیگری (قطر ۲ و ارتفاع ۵ سانتی‌متر) منتقل شدند. پس از ظهور حشرات کامل، شب‌پره‌های نر و ماده برای تخم‌ریزی به ظروف تخم‌گیری استوانه‌ای شکل (قطر ۱۴ و ارتفاع ۱۹ سانتی‌متر) منتقل شدند. قسمت بالا و لبه‌های ظروف با استفاده از توری حریر برای تخم‌گیری از حشرات پوشانده شد. شب‌پره‌های ماده، تخم‌های خود را در قسمت زیرین توری قرار دادند. توری‌های حاوی تخم آفت در داخل کیسه فریزر قرار داده و جهت ایجاد رطوبت،

یک قطعه پنبه‌ی خیس شده هم در داخل کیسه فریزر قرار داده شد. پس از طی ۷۲ ساعت تخم‌ها تفریخ شده و لاروهای سن یک آفت جهت تشکیل کلنی جمع‌آوری و مورد استفاده قرار گرفت. کلنی *S. littoralis* روی سبزی‌های برگ‌ی مختلف به مدت دو نسل پرورش داده شد و از تخم یک روزه برای انجام آزمایش‌های زیستی و دموگرافی استفاده شد.

مطالعه پراسنجه‌های زیستی کرم برگ‌خوار پنبه *S. littoralis*

به منظور تهیه‌ی تخم‌های هم‌سن *S. littoralis*، ۱۰ الی ۱۵ جفت حشره کامل نر و ماده از شب‌پره‌هایی که دوره‌ی لاروی خود را روی سبزی‌های برگ‌ی مختلف سپری کرده بودند، به درون ظرف تخم‌گیری (قطر ۱۷ و ارتفاع ۲۵ سانتی‌متر) منتقل شدند. پس از ۲۴ ساعت، ۵۰ عدد تخم هم‌سن به ازای هر میزبان انتخاب و برای شروع آزمایش‌های جدول زندگی استفاده شد. تخم‌های جمع‌آوری شده به‌صورت روزانه بازدید و طول دوره‌ی رشد جنینی آنها ثبت شد. بعد از تفریخ تخم‌ها، لاروهای سن اول به‌صورت انفرادی به ظروف پتری (قطر ۸ و ارتفاع ۱ سانتی‌متر) منتقل شدند. برای تأمین رطوبت برگ‌ها، مقداری پنبه‌ی خیس شده به دور دمبرگ‌ها پیچیده شد. ظروف پتری به‌طور روزانه بازدید و طول دوره‌ی رشدی یا مرگ و میر روزانه‌ی لاروها ثبت شد. پس از ظهور حشرات کامل و به منظور جفت‌گیری و تخم‌ریزی آنها، یک جفت حشره نر و ماده (۱۵ جفت به ازای هر میزبان) به درون ظروف تخم‌ریزی (قطر ۱۴ سانتی‌متر و ارتفاع ۱۹ سانتی‌متر) منتقل شد. جهت تأمین منبع کربوهیدرات برای تغذیه شب‌پره‌ها از عسل ۱۰ درصد حل شده در آب استفاده شد. طول دوره‌ی قبل از تخم‌ریزی، طول دوره‌ی تخم‌ریزی، باروری روزانه (تعداد تخم‌های گذاشته شده در هر روز)، باروری کل (مجموع تخم‌های گذاشته شده) و طول عمر حشرات کامل نر و ماده ثبت شد. این کار تا زمان مرگ همه‌ی حشرات کامل ادامه یافت و از داده‌های یادداشت شده برای تشکیل جدول زندگی استفاده شد.

مطالعه پراسنجه‌های رشد جمعیت پایدار کرم برگ‌خوار پنبه *S. littoralis*

به منظور تعیین پراسنجه‌های رشد جمعیت *S. littoralis* پرورش داده شده روی سبزی‌های برگ‌ی مختلف از روش جدول زندگی دو جنسی (Chi & Su (2006) استفاده شد. *S. littoralis* دارای چهار مرحله تخم، لارو، شفیره و حشره بالغ (نر و ماده) است. پراسنجه‌های رشد جمعیت پایدار آفت با استفاده از جدول زندگی دو جنسی و از طریق معادلات زیر محاسبه شدند (Chi, 1988):

نرخ خالص تولیدمثل (R_0): عبارت است از متوسط تعداد نتاج ماده تولید شده توسط یک فرد ماده با احتمال بقای آن فرد که از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$R_0 = \sum_{x=1}^{\omega} \sum_{j=1}^m s_{xj} f_{xj}$$

نرخ ذاتی افزایش جمعیت (r): عبارت است از نرخ افزایش طبیعی در یک جمعیت بسته که به مدت طولانی زادآوری و مرگ و میر ویژه‌ی سنی ثابتی داشته و به یک جمعیت پایدار نزدیک شده است.

$$\sum_{x=\alpha}^{\beta} e^{-r(x+0.5)} L_x m_x = 1$$

نرخ متناهی افزایش جمعیت (λ): نشانگر مقداری است که جمعیت پایدار هر روز نسبت به روز قبل افزایش خواهد یافت.

$$\lambda = e^r$$

متوسط مدت زمان یک نسل (T): عبارت از زمان لازم برای R_0 برابر شدن جمعیت است.

$$T = \frac{\ln R_0}{r_m}$$

تجزیه داده‌ها

داده‌های خام به دست آمده از مراحل زیستی و رشد جمعیت *S. littoralis* روی سبزی‌های برگی مختلف، با استفاده از نرم‌افزار TWISEX-MS Chart تجزیه شد (Chi, 2020). جهت تکراردار کردن پراسنجه‌های رشد جمعیت از روش Bootstrap با تکرار ۱۰۰۰۰۰۰ استفاده شد. اختلاف میانگین بین پراسنجه‌های جدول زندگی با استفاده از آزمون دو گانه بوت‌استرپ (paired bootstrap test) در سطح احتمال پنج درصد بررسی شد (Chi, 2020). برای رسم نمودارها از نرم‌افزار Sigmaplot نسخه ۱۲/۵ استفاده شد. به منظور گروه‌بندی سبزی‌های مختلف، تجزیه خوشه‌ای بر مبنای پراسنجه‌های زیستی و رشد جمعیت *S. littoralis* با استفاده از نرم‌افزار SPSS 22.0 و به روش Ward صورت پذیرفت (SPSS, 2018).

نتایج

طول دوره‌ی نشو و نمای مراحل نابالغ *S. littoralis* روی سبزی‌های برگی مختلف

نتایج تأثیر سبزی‌های برگی مختلف بر طول دوره‌ی نشو و نمای مراحل نابالغ *S. littoralis* در جدول ۱ آورده شده است. اختلاف میانگین‌های مربوط به طول دوره‌های تخم، لاروی، پیش‌شفیرگی و *S. littoralis* نشان داد که بین میزبان‌های مختلف تفاوت معنی‌داری وجود دارد ($P < 0.01$). طول دوره‌ی تخم و لاروی *S. littoralis* به‌طور معنی‌داری روی خرفه طولانی‌تر و روی گشنیز کوتاه‌تر از سایر میزبان‌ها بود. طولانی‌ترین دوره‌ی پیش-شفیرگی روی تره، نعنای و خرفه و کوتاه‌ترین آن روی شوید مشاهده شد. هم‌چنین، کوتاه‌ترین دوره‌ی شفیرگی روی ریحان و گشنیز و طولانی‌ترین آن روی خرفه به دست آمد. بر اساس نتایج به دست آمده مشخص شد که بین میزبان‌های مختلف مورد مطالعه از نظر طول مدت نشو و نمای مراحل نابالغ (از تخم تا ظهور حشره کامل) تفاوت معنی‌داری وجود دارد، بدین ترتیب که طولانی‌ترین دوره پیش از بلوغ روی خرفه و کوتاه‌ترین آن روی ریحان و گشنیز مشاهده شد (جدول ۱).

جدول ۱- تأثیر سبزی‌های برگی مختلف روی طول دوره مراحل قبل از بلوغ (میانگین \pm خطای معیار)

Spodoptera littoralis

Table 1. Effect of different leafy vegetables on duration of immature stages (mean \pm SE) of *Spodoptera littoralis*

Host	Egg incubation (day)	Larval period (day)	Pre-pupal period (day)	Pupal period (day)	Development time (day)
Coriander	3.970 \pm 0.519 c	15.355 \pm 0.202 e	1.386 \pm 0.963 b	10.023 \pm 0.144 c	30.767 \pm 0.327 d
Basil	4.062 \pm 0.618 bc	15.765 \pm 0.157 e	1.334 \pm 0.914 bc	9.037 \pm 0.341 c	30.222 \pm 0.421 d
Dill	4.221 \pm 0.796 b	16.291 \pm 0.192 d	1.124 \pm 0.676 c	10.876 \pm 0.190 b	33.499 \pm 0.324 c
Chives	4.124 \pm 0.581 b	17.999 \pm 0.237 c	1.962 \pm 0.631 a	11.114 \pm 0.170 ab	35.187 \pm 0.288 b
Mint	4.147 \pm 0.617 b	18.667 \pm 0.215 b	1.884 \pm 0.627 a	10.999 \pm 0.181 b	35.721 \pm 0.372 b
Parsley	4.196 \pm 0.719 b	16.560 \pm 0.192 d	1.539 \pm 0.981 b	10.810 \pm 0.144 b	33.087 \pm 0.355 c
Purslane	4.500 \pm 0.092 a	22.771 \pm 0.317 a	1.916 \pm 0.567 a	11.585 \pm 0.213 a	40.672 \pm 0.491 a

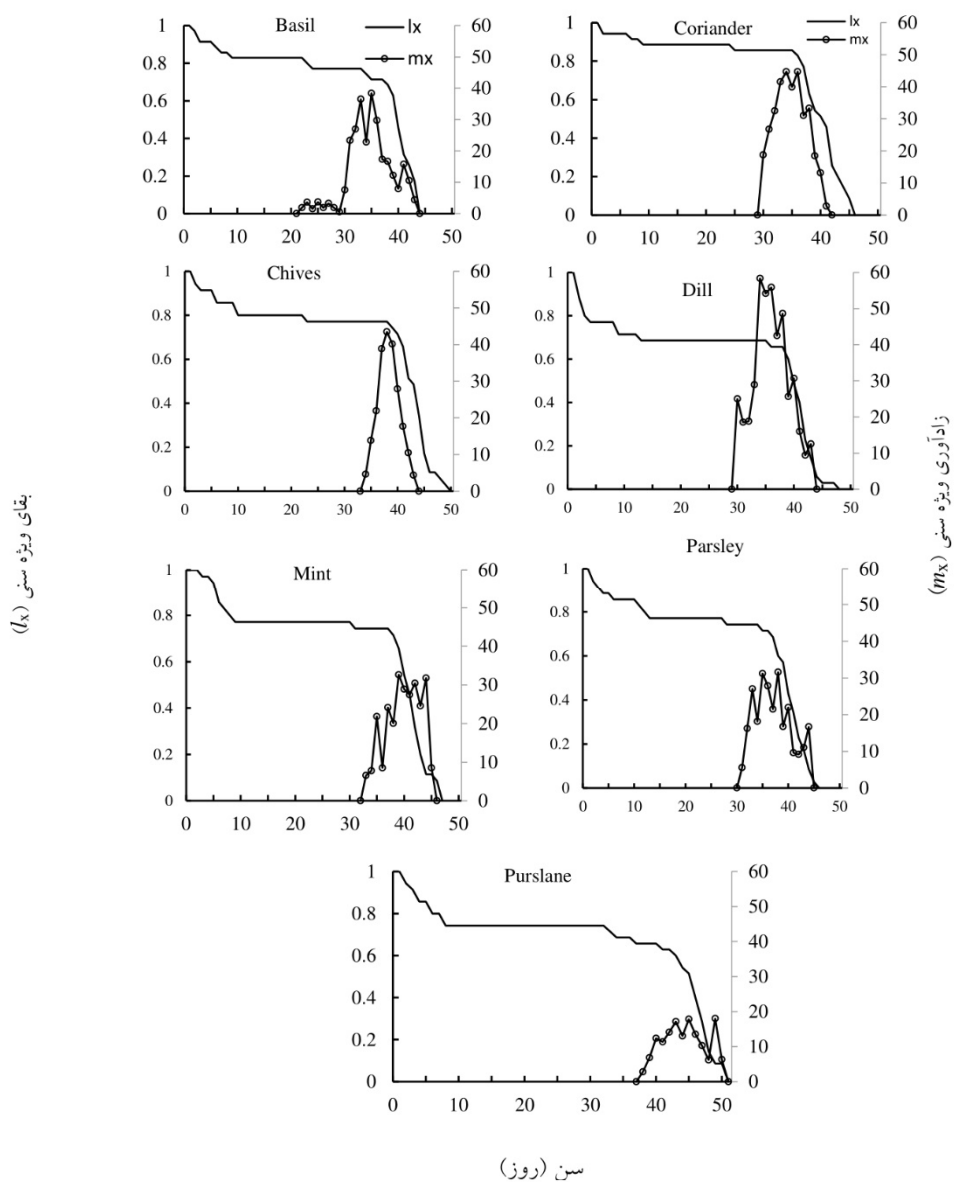
حروف متفاوت در هر ستون نشانگر وجود تفاوت معنی‌دار بین میانگین‌ها می‌باشد ($P < 0.05$, Paired bootstrap test).

Means followed by different letters in each column are significantly different (Paired bootstrap test, $P < 0.05$).

منحنی‌های بقای ویژه سنی (I_x) *S. littoralis* پرورش یافته روی انواع مختلف سبزی‌های برگی در شکل ۱

ارایه شده است. براساس این منحنی‌ها، نرخ بقای *S. littoralis* با افزایش سن، کاهش یافت. بیشترین پهنای منحنی

بقای مراحل نابالغ آفت روی گشنیز مشاهده شد. مرگ آخرین فرد ماده روی سبزی‌های برگ‌گی مختلف شامل خرفه، تره، ریحان، جعفری، شوید، گشنیز و نعناع به ترتیب در روزهای ۵۰، ۵۰، ۴۵، ۴۶، ۴۸، ۴۶ و ۴۷ رخ داد.



شکل ۱- بقای ویژه سنی (l_x) و باروری ویژه سنی (m_x) *Spodoptera littoralis* روی سبزی‌های برگ‌گی مختلف
Fig. 1. Age-specific survival rate (l_x) and fecundity (m_x) of *Spodoptera littoralis* on different different leafy vegetables

طول دوره تولیدمثلی و طول عمر *S. littoralis* روی سبزی‌های برگ‌گی مختلف

طول دوره تخم‌ریزی، زادآوری و طول عمر حشرات کامل *S. littoralis* روی سبزی‌های برگ‌ی مختلف در جدول ۲ نشان داده شده است. میزبان‌های مختلف اثر معنی‌داری روی مجموع دوره قبل از تخم‌ریزی افراد بالغ ماده (TPOP) داشت ($P < 0.01$)، به طوری که کوتاه‌ترین مدت این دوره روی ریحان و گشنیز و طولانی‌ترین آن روی خرفه مشاهده شد. طول دوره‌ی قبل از تخم‌ریزی افراد بالغ ماده (APOP) روی تره به طور معنی‌داری بیشتر بود ($P < 0.01$). کوتاه‌ترین دوره تخم‌ریزی افراد ماده نیز روی خرفه و طولانی‌ترین آن روی ریحان ثبت شد ($P < 0.01$). میزان باروری روی خرفه به طور معنی‌داری کمتر از بقیه‌ی سبزی‌ها بود درحالی که بیش‌ترین میزان این پراسنجه روی گشنیز، تره و ریحان به دست آمد ($P < 0.01$). هم‌چنین، بیش‌ترین و کمترین طول عمر حشرات کامل ماده *S. littoralis* به ترتیب روی ریحان و خرفه مشاهده شد ($P < 0.01$). در حالی که کمترین و کمترین طول عمر حشرات کامل نر ($P < 0.01$) به ترتیب روی گشنیز و نعناع و خرفه ثبت شد (جدول ۲).

جدول ۲- تأثیر سبزی‌های برگ‌ی مختلف روی طول دوره تخم‌ریزی، باروری و طول عمر (میانگین \pm خطای معیار) *Spodoptera littoralis*

Table 2. Effect different leafy vegetables on reproduction period, fecundity and adult longevity (mean \pm SE) of *Spodoptera littoralis*

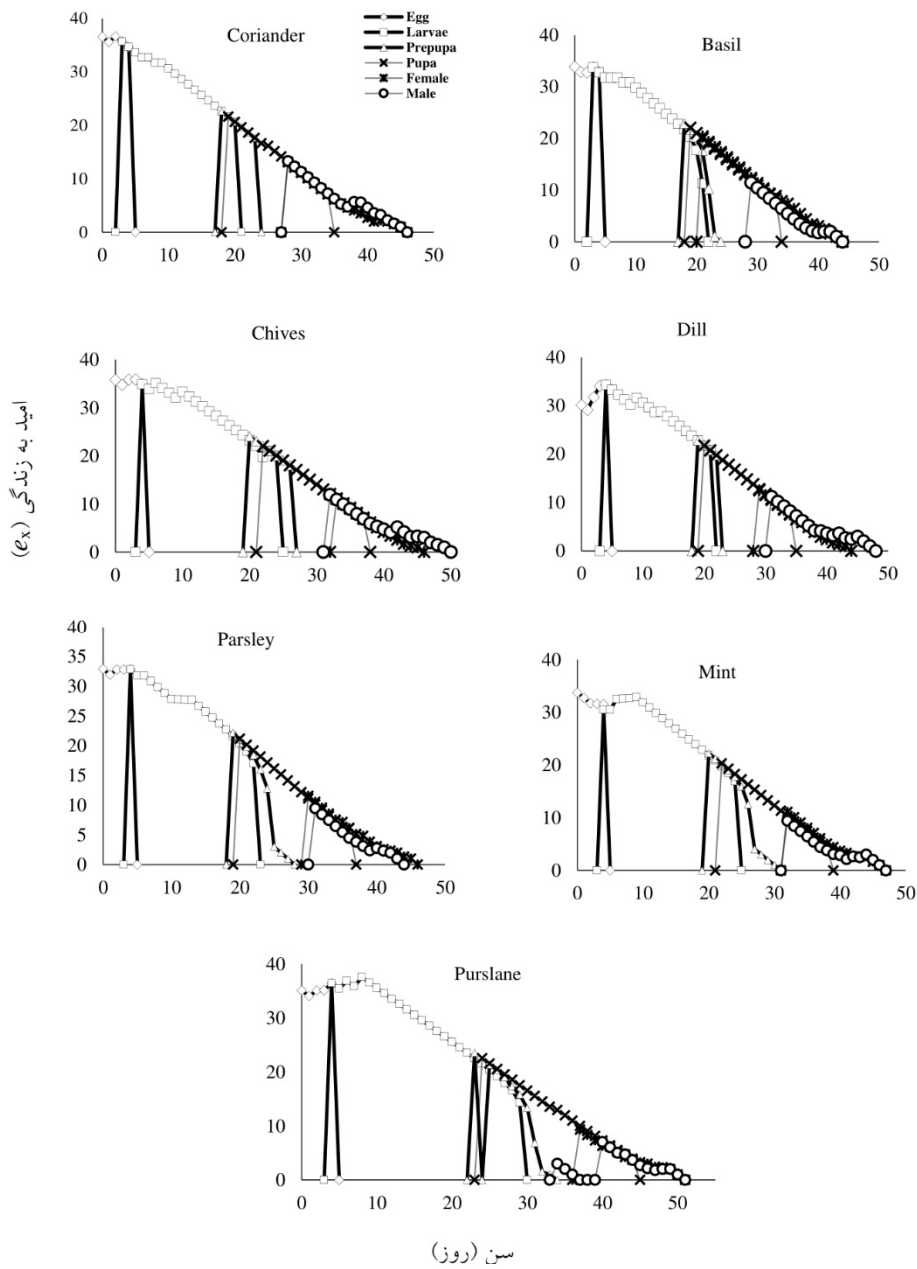
Host	TPOP (day)	APOP (day)	Oviposition period (day)	Fecundity (offspring)	Female adult longevity (day)	Male adult longevity (day)
Coriander	32.101 \pm 0.430 d	1.150 \pm 0.814 bc	6.795 \pm 0.427 b	481.060 \pm 62.826 a	10.148 \pm 0.590 ab	10.890 \pm 0.791 a
Basil	30.878 \pm 0.663 d	1.002 \pm 0.499 c	8.875 \pm 0.510 a	428.976 \pm 28.680 a	11.506 \pm 0.575 a	9.728 \pm 0.426 ab
Dill	33.595 \pm 0.450 c	1.011 \pm 0.011 c	7.140 \pm 0.285 b	334.247 \pm 25.695 b	8.941 \pm 0.261 b	9.893 \pm 0.750 ab
Chives	36.433 \pm 0.338 b	1.501 \pm 0.135 a	5.788 \pm 0.211 cd	409.263 \pm 26.586 a	9.214 \pm 0.391 b	8.475 \pm 0.629 bc
Mint	36.926 \pm 0.560 b	1.387 \pm 0.177 ab	5.152 \pm 0.432 cd	361.252 \pm 33.734 ab	7.542 \pm 0.553 cd	5.615 \pm 0.456 d
Parsley	33.964 \pm 0.518 c	1.001 \pm 0.387 c	6.534 \pm 0.584 bc	357.386 \pm 27.879 ab	8.729 \pm 0.684 bc	7.183 \pm 0.475 c
Purslane	41.16 \pm 0.583 a	1.083 \pm 0.837 bc	5.002 \pm 0.421 d	199.324 \pm 21.820 c	6.587 \pm 0.537 d	5.165 \pm 0.448 d

(APOP: طول دوره پیش از تخم‌ریزی)، (TPOP: کل دوره پیش از تخم‌ریزی)

حروف متفاوت در هر ستون نشانگر وجود تفاوت معنی‌دار بین میانگین‌ها می‌باشد ($P < 0.05$, Paired bootstrap test).

Means followed by different letters in each column are significantly different (Paired bootstrap test, $P < 0.05$).

هم‌چنین، بیش‌ترین پهنای منحنی باروری ویژه سنی (m_x) آفت روی سبزی شوید به دست آمد. اوج منحنی باروری ویژه سنی جمعیت روی خرفه، تره، ریحان، جعفری، شوید، گشنیز و نعناع به ترتیب ۱۸، ۴۳، ۳۶، ۳۱، ۵۸، ۴۵ و ۳۳ ماده/ماده/روز بود. این مقادیر به ترتیب در سنین ۴۵، ۳۸، ۳۳، ۳۸، ۳۴، ۳۶ و ۳۹ روزگی و مصادف با روز ۹، ۶، ۱۳، ۹، ۶، ۸ و ۸ از ظهور افراد ماده‌ی بالغ بدست آمد (شکل ۱). در نهایت، مطابق منحنی‌های امید به زندگی آفت (e_x) که در شکل ۲ آمده است، مقادیر امید به زندگی برای فرد تازه متولد شده *S. littoralis* در مرحله تخم روی خرفه، تره، ریحان، جعفری، شوید، گشنیز و نعناع به ترتیب ۳۵/۰۶، ۳۵/۷۴، ۳۳/۸۳، ۳۲/۸۹، ۳۰/۱۴، ۳۶/۵۷ و ۳۳/۷۴ روز به دست آمد. هم‌چنین میزان امید به زندگی لاروها در میزبان‌های ذکر شده به ترتیب ۳۶/۴، ۳۴/۸۸، ۳۳/۷۵، ۳۲/۷۷، ۳۴/۳، ۳۵/۶۶ و ۳۰/۵ روز بود. در دوره پیش شفیرگی مقادیر امید به زندگی به ترتیب ۲۳/۵۴، ۲۴/۰۴، ۲۲/۸۴، ۲۲/۱۵، ۲۲/۷۹، ۲۲/۶۵ و ۲۲/۲۳ روز بدست آمد. هم‌چنین، امید به زندگی در مرحله شفیرگی هفت میزبان به ترتیب ۲۲/۵۴، ۲۲/۰۴، ۲۲/۰۵، ۲۱/۱۵، ۲۱/۸، ۲۱/۶۵ و ۲۰/۳۱ روز محاسبه شد. در حالی که مقادیر امید به زندگی در حشرات کامل نر، روی سبزی‌های ذکر شده به ترتیب ۷/۰۱، ۱۱/۹۲، ۱۱/۴۵، ۹/۴۵، ۱۱/۲۲، ۱۳/۳ و ۹/۴۳ روز و در ماده‌ها به ترتیب ۹/۳، ۱۱/۱۴، ۲۰/۳۴، ۱۱/۵۵، ۱۲/۵۳، ۱۳/۱ و ۱۱/۰۸ روز به دست آمد.



شکل ۲- امید به زندگی (e_x) *Spodoptera littoralis* روی سبزی‌های برگ‌کی مختلف

Fig. 2. Life expectancy (e_x) of *Spodoptera littoralis* on different leafy vegetables

پراسنجه‌های جدول زندگی *S. littoralis* روی سبزی‌های برگ‌کی مختلف

نتایج پراسنجه‌های رشد جمعیت پایدار *S. littoralis* روی سبزی‌های مختلف در جدول ۳ ارائه شده است. بین میزبان‌های مورد آزمایش، از نظر پراسنجه‌های جدول زندگی آفت اختلاف معنی‌داری وجود داشت ($P < 0.01$). کمترین مقادیر پارامترهای نرخ خالص تولیدمثل (R_0)، نرخ ذاتی افزایش جمعیت (r) و نرخ منتهای افزایش

جمعیت (λ) روی خرفه به دست آمد. در حالی که بیشترین مقادیر هر سه پراسنجه فوق روی گشنیز ثبت شد. از نظر متوسط زمان یک نسل آفت (T) در بین انواع سبزی های مورد مطالعه اختلاف معنی داری مشاهده شد و بیشترین مقدار این پراسنجه روی خرفه و کمترین مقدار آن روی ریحان و گشنیز به دست آمد (جدول ۳).

جدول ۳- تأثیر سبزی های برگی مختلف روی پراسنجه های جدول زندگی دوجنسی (میانگین \pm خطای معیار)

Spodoptera littoralis

Table 3. Effect of different leafy vegetables on two-sex life table parameters (mean \pm SE) of *Spodoptera littoralis*

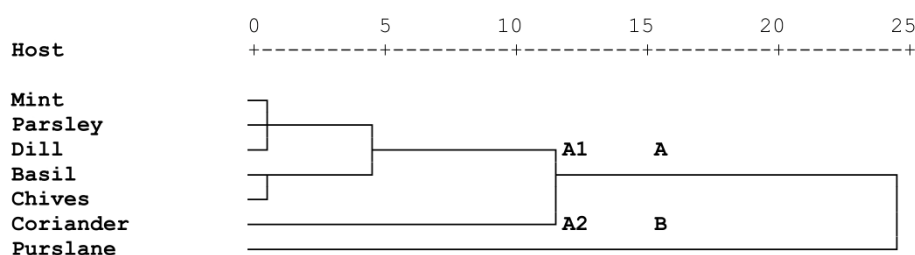
Vegetables	R_0 (offspring)	r (day ⁻¹)	λ (day ⁻¹)	T (day)
Coriander	275.705 \pm 53.94 a	0.161 \pm 0.064 a	1.173 \pm 0.694 a	34.990 \pm 0.343 d
Basil	196.500 \pm 38.315 ab	0.160 \pm 0.088 ab	1.168 \pm 0.010 ab	33.865 \pm 1.262 d
Dill	143.259 \pm 29.924 b	0.137 \pm 0.061 c	1.143 \pm 0.692 c	36.891 \pm 0.415 c
Chives	164.425 \pm 35.494 ab	0.133 \pm 0.059 c	1.139 \pm 0.680 c	38.935 \pm 0.366 b
Mint	134.454 \pm 31.865 bc	0.130 \pm 0.052 c	1.133 \pm 0.811 c	38.992 \pm 0.757 b
Parsley	153.396 \pm 32.180 ab	0.155 \pm 0.064 bc	1.147 \pm 0.730 bc	36.472 \pm 0.477 cd
Purslane	67.924 \pm 17.516 c	0.124 \pm 0.072 d	1.100 \pm 0.700 d	43.616 \pm 0.708 a

حروف متفاوت در هر ستون نشانگر وجود تفاوت معنی دار بین میانگین ها می باشد ($P < 0.05$, Paired bootstrap test)

Means followed by different letters in each column are significantly different (Paired bootstrap test, $P < 0.05$).

دندروگرام حاصل از تجزیه خوشه ای میزبان های مختلف بر مبنای پراسنجه های جدول زندگی *S. littoralis* پرورش یافته روی سبزی های برگی مختلف در شکل ۳ نشان داده شده است. میزبان های مختلف مورد بررسی در دو گروه اصلی A و B قرار گرفتند. گروه B شامل خرفه می باشد. گروه A شامل دو زیر گروه A₁ و A₂ بود. نعناع، جعفری، شوید، ریحان و تره در زیر گروه A₁ و گشنیز در زیر گروه A₂ قرار گرفتند (شکل ۳).

Dendrogram using Ward's Method



شکل ۳- دندروگرام سبزی های برگی مختلف بر مبنای پراسنجه های جدول زندگی *Spodoptera littoralis*

پرورش یافته روی سبزی های برگی مختلف (به روش Ward)

Fig. 3. Dendrogram of different leafy vegetables based on the life table parameters of *Spodoptera littoralis* reared on different leafy vegetables (Ward's method)

بحث

تازه خوری سبزی های برگی و حساسیت بالای آنها نسبت به تغذیه *S. littoralis* از یک سو و اثرات زیان بار سموم شیمیایی بر سلامت مصرف کنندگان از سوی دیگر، اهمیت شناسایی و به کارگیری سبزی های برگی مقاوم را به عنوان رهیافت مطلوب کنترل آفت آشکار می سازد. براساس جستجو در پایگاه های علمی، تاکنون

مطالعه‌ای در خصوص میزان مقاومت سبزی‌های برگ‌ی مختلف به *S. littoralis* انجام نشده است. پژوهش حاضر اولین مطالعه‌ای است که تأثیر سبزی‌های برگ‌ی مختلف را روی ویژگی‌های رشد جمعیت *S. littoralis* بررسی می‌نماید. نتایج حاصل از بررسی حاضر نشان داد که *S. littoralis* قادر به تکمیل چرخه زندگی، بقاء و تولیدمثل روی همه میزبان‌های مورد مطالعه بود، ولی سرعت نشو و نمای آفت روی سبزی‌های برگ‌ی مختلف تفاوت معنی‌داری داشت که نهایتاً منجر به بروز اختلاف معنی‌دار در پراسنجه‌های زیستی و جدول زندگی *S. littoralis* مورد تغذیه از انواع سبزی‌های برگ‌ی می‌گردد.

بررسی منابع حاکی از وجود اطلاعات اندک در زمینه‌ی زیست‌شناسی *S. littoralis* است، اما با توجه به مطالعات متعددی که روی گونه‌ی نزدیک این آفت یعنی گونه‌ی *S. exigua* (Hübner) انجام شده است با نتایج پژوهش حاضر مقایسه می‌شود. در تحقیق حاضر، طول دوره مرحله جنینی *S. littoralis* روی میزبان‌های مختلف بین ۳/۹۷ (گشنیز) تا ۴/۵ (خرغه) روز به دست آمد. این مقدار تا حدودی متفاوت و بیشتر از نتایج سایر محققین است که این اختلاف ممکن است ناشی از تفاوت ژنتیکی گونه جمعیت‌های آفت، نوع میزبان‌های گیاهی مورد مطالعه و همچنین تفاوت در شرایط انجام آزمایش باشد. (Khodaverdi et al., 2010). طول دوره رشد تخم *S. littoralis* را روی غذای مصنوعی سه روز گزارش کردند و مشابه نتیجه ایشان را سایر محققین هم روی آفت *S. exigua* گزارش کردند (Sivapragasam & Syed, 2001; Afify et al., 1970). بنابراین، علی‌رغم آنچه Azidah & Sofian-Azirun (2006) در مورد عدم تأثیر میزبان‌های مختلف بر طول دوره جنینی *S. exigua* بیان داشته است، در پژوهش حاضر مدت دوره‌ی جنینی *S. littoralis* تحت تأثیر میزبان قرار گرفت و مقادیر متفاوتی بدست آمد. به نظر می‌رسد اختلاف در نوع رژیم غذایی مهم‌ترین عامل تفاوت در طول دوره جنینی باشد. علاوه بر رژیم غذایی، دما، رطوبت نسبی و دوره‌ی نوری نیز بر طول دوران جنینی موثرند (Badawi et al., 1976; Gargani, 1999).

هم‌چنین، طول دوره لاروی *S. littoralis* روی سبزی‌های برگ‌ی مختلف مشابه نتایج Khodaverdi et al. (2010) روی غذای مصنوعی بود. تحقیقات پیشین نیز محدوده‌ی دوره لاروی *S. exigua* را روی پنج میزبان گیاهی مختلف ۱۳ تا ۲۷ روز بدست آوردند (Azidah & Sofian-Azirun, 2006). در تحقیقی دیگر، Gupta et al. (2005) و طول دوره لاروی *S. littoralis* را روی کرچک (۱۷/۳ روز) کوتاه‌تر از غذای مصنوعی (۲۰/۷ روز) تعیین کردند. در مطالعه حاضر نیز، طولانی‌ترین دوره لاروی آفت روی خرغه (۲۲/۷ روز) ثبت شد. بنابراین، طول دوره لاروی *S. littoralis* در بررسی حاضر، مشابه مطالعات گذشته، متأثر از میزبان واقع شد و روی هفت نوع سبزی مختلف، مقادیر متفاوتی را نشان داد. علت این تفاوت را می‌توان به اختلاف در میزان ترکیبات غذایی، مقادیر متابولیت‌های اولیه و ثانویه در بین میزبان‌های مورد آزمایش نسبت داد. تعدادی از متابولیت‌های بیوشیمیایی در گیاهان ویژگی‌های مختلفی چون خاصیت ضدتغذیه‌ای و بازدارندگی تغذیه، اختلال در هضم و جذب غذای حشرات دارند که منجر به کاهش بقاء و باروری حشرات آفت می‌شوند (War et al., 2011). متابولیت‌های ثانویه به عنوان ترکیبات دفاعی گیاه در برابر گیاه‌خواران، می‌توانند باعث تاخیر در رشد آفت گیاه‌خوار شوند (War et al., 2011; Hemmati et al., 2022). فلاونوئیدها که جزء گروه پلی‌فنول‌ها به شمار می‌آیند از جمله ترکیبات ثانویه مهم موجود در خرغه هستند (El-Sayed, 2011). بر اساس وجود فرضیه عمل حفاظتی فلاونوئیدها در برابر تنش‌ها و نقش آنتی‌اکسیدانی این ترکیبات در افزایش مقاومت گیاهان به تنش‌ها (Shao et al., 2007)، به نظر می‌رسد تجمع فلاونوئیدها در برگ‌های خرغه می‌تواند به مقاومت بیشتر این میزبان در برابر حمله آفات کمک کند. طبق گزارش Wójcicka (2010)، غلظت بالای فنل به‌عنوان متابولیت ثانویه در تربیتکاله موجب طولانی‌تر

شدن دوره‌ی نشو و نما، کوتاه‌تر شدن طول دوره‌ی پوره‌زایی و کاهش زادآوری و نرخ ذاتی افزایش جمعیت شته‌های غلات (*Rhopalosiphum padi* (L.) و *Sitobion avenae* (Fabricius, 1775) می‌شود. همچنین این ترکیبات فنلی در گیاه بادام‌زمینی وحشی (*Arachis hypogaea* L.) باعث کاهش نشو و نمای کرم برگ‌خوار *S. litura* می‌شود (Stevenson et al., 1993).

در این تحقیق طول دوره پیش از بلوغ *S. littoralis* روی میزبان‌های مختلف تفاوت معنی‌داری داشت و بین ۳۰/۲۲ تا ۴۰/۶۷ روز به دست آمد. برخی محققین مدت زمان این دوره *S. littoralis* را روی غذای مصنوعی ۳۴/۱ روز بیان نمودند (Janakiraman & Gupta, 2002). هم‌چنین، در پژوهشی، (Gupta et al., 2005) طول دوره‌ی نابالغ *S. littoralis* را روی غذای مصنوعی و گیاه کرچک به ترتیب ۳۰/۵ و ۲۸/۳ روز گزارش کردند Khodaverdi et al. (2010) نیز در مطالعه خود بین ۳۵/۳۱ تا ۳۸/۵۲ روز بدست آوردند که مشابه با نتایج تحقیق حاضر می‌باشد. در حالی که، (Farahani et al., 2011) روی میزبان‌های مختلف پنبه، کلم، ذرت، سویا و سلمه‌تره، طول این دوره را در آفت *S. exigua* بین ۲۱/۶۳ تا ۲۷/۲۲ روز محاسبه نمودند. هم‌چنین، در پژوهشی که توسط (Golikhajeh et al., 2016) روی ارقام مختلف چغندر قند انجام شد، طول دوره‌ی نابالغ *S. exigua* بین ۱۹/۵۱ تا ۲۲/۳۵ روز به دست آمد. (Farahani et al., 2011) در مطالعه‌ی دیگری طول دوره پیش از بلوغ *S. exigua* را روی پنج رقم سویا بین ۲۶/۸۴ تا ۳۰/۱۷ روز گزارش کردند. یافته‌های پیشین تا حدودی متفاوت و کمتر یا بیشتر از مقادیر به دست آمده در این مطالعه بود. برخی تفاوت‌ها ممکن است مربوط به تفاوت ژنتیکی گونه جمعیت‌های آفت یا ناشی از شرایط متفاوت پرورش به‌ویژه عامل دما و نوع آزمایش، گونه میزبان و رقم مورد تغذیه حشره آفت باشد.

حساسیت مراحل نابالغ (به خصوص مرحله لاروی) نسبت به کنترل طبیعی (دشمنان طبیعی) و شیمیایی (آفت‌کش‌ها) موجب شده است تا حشرات هر چه سریع‌تر مراحل نابالغ خود را برای رسیدن به مرحله بلوغ طی کنند (Alami et al., 2014). بنابراین گرچه طولانی‌تر شدن زمان رشد لاروها روی خرفه ممکن است فرصتی بیشتری را برای تغذیه به آنها بدهد، اما می‌تواند اثربخشی کنترل بیولوژیکی و شیمیایی را نیز در یک برنامه IPM افزایش دهد (Du et al., 2004; Sarfraz et al., 2006). از سوی دیگر، دوره‌ی لاروی کوتاه‌تر *S. littoralis* روی گشنیز، منجر به تکمیل سریع‌تر مراحل نابالغ و رسیدن به مرحله بلوغ شده و تولید نتاج در نسل بعد زودتر آغاز می‌شود. نکته قابل توجه دیگر آن است که طولانی شدن دوره‌ی نشوونمای مراحل نابالغ آفت، می‌تواند با افزایش طول دوره قرارگیری افراد در معرض دشمنان طبیعی، کارایی آنها را در برنامه‌های مهار زیستی آفت افزایش دهد (Erb et al., 2001; Sedaratian et al., 2013). بنابراین می‌توان خرفه را دارای مقاومت نسبی قلمداد کرد، زیرا بنا به عقیده (Zalucki et al., 2000) میزبان گیاهی مقاوم ممکن است اثربخشی سایر روش‌های مهار آفت از جمله به‌کارگیری دشمنان طبیعی و حشره‌کش‌ها را از طریق کند کردن مراحل قبل از بلوغ و طولانی‌تر کردن زمان رسیدن به مرحله‌ی تولید نتاج را افزایش دهند.

محاسبه طول عمر حشرات بالغ با تفکیک جنسیت انجام شد و مقادیر به دست آمده در این مطالعه، کوتاه‌تر از طول عمری بود که برای بالغین *S. littoralis* در مطالعات دیگر گزارش شده است. حشرات نر و ماده‌ی پرورش یافته روی خرفه کوتاه‌ترین طول عمر را داشتند، در حالی که ماده‌های بالغ پرورش یافته روی میزبان‌های ریحان و گشنیز علی‌رغم دارا بودن کمترین مقدار پراسنجه TPOP، بیشترین طول عمر را به خود اختصاص دادند. هم‌چنین در بین بالغین نر، حشرات پرورش یافته روی گشنیز طولانی‌ترین طول عمر را نشان دادند. در مطالعه Khodaverdi

(2010). *et al.* افراد نر و ماده *S. littoralis* پرورش یافته روی غذای مصنوعی به ترتیب ۱۲/۸۸ و ۱۲/۹۷ روز و روی کرچک به ترتیب ۱۴/۷۵ و ۱۳/۶۷ روز گزارش کردند.

میزان باروری روی سبزی‌های برگی مختلف، تفاوت معنی‌داری را نشان داد، این اختلاف ممکن است ناشی از غلظت متفاوت متابولیت‌های ثانویه در میزبان‌های مورد بررسی باشد که با خاصیت ضدتغذیه‌ای یا بازدارندگی تغذیه و اختلال در هضم و جذب غذای حشرات، منجر به کاهش بقا و باروری آفت و محافظت گیاهان می‌شوند (War *et al.*, 2011, Nikooei *et al.*, 2015). بنابراین تعداد تخم‌های گذاشته شده می‌تواند تحت تاثیر ترکیبات اولیه و ثانویه موجود در گیاهان میزبان، تعداد و تنوع جفت‌گیری حشرات ماده با افراد نر، و همچنین نوع و کیفیت شهد تغذیه شده توسط شب‌پره‌های بالغ قرار گیرد (Gupta & Thorsteinson, 1960; Hsiao & Fraenkel, 1968). از سوی دیگر Verkerk & Wright (1996) معتقد هستند که تغذیه لاروها از گیاهان با کیفیت پایین می‌تواند باروری را در بالغین کاهش دهد. تحقیقات گوناگون نیز بیانگر این واقعیت است که میزبان گیاهی مقاوم می‌تواند با استفاده از مکانیسم‌های آنتی‌بیوز، گسترش مقاومت به دلیل وجود مواد ضد تغذیه‌ای، مواد سمی و ترکیبات متابولیت‌های ثانویه، ویژگی‌های زیستی و باروری آفات گیاه‌خوار را تحت تاثیر قرار دهد (Hesler & Dashiell, 2016; Sulistyo & Inayati, 2011). بنابراین، باروری حداقلی *S. littoralis* روی خرفه می‌تواند ناشی از محتوای متابولیت‌های ثانویه و کیفیت غذایی پایین آن برای *S. littoralis* باشد. برخلاف خرفه، باروری بیشتر آفت روی گشنیز بیانگر مطلوبیت غذایی آن برای آفت مورد مطالعه است.

مروری بر منابع موجود نشان می‌دهد که تاکنون پژوهش جامعی در مورد ارزیابی پراسنجه‌های رشد جمعیت *S. littoralis* روی سبزی‌های برگی مختلف صورت نگرفته است. براساس نتایج، میزان بالای نرخ ذاتی افزایش جمعیت (*r*) حشره روی گشنیز در مقایسه با دیگر سبزی‌های مورد مطالعه به دلیل دوره‌ی رشدی کوتاه‌تر، مرگ و میر کمتر و نیز باروری بیشتر بود، که باعث شد تا این میزبان برای تغذیه‌ی *S. littoralis* مناسب باشد. از این رو گیاه گشنیز با مهیا نمودن شرایط تغذیه بهینه برای لاروها، امکان بیشترین افزایش جمعیت *S. littoralis* را فراهم می‌آورد. در مقابل، میزان پایین پراسنجه مذکور روی خرفه نسبت به سایر سبزی‌های مورد آزمایش که به دلیل باروری و نرخ بقای کمتر و همچنین زمان رشد طولانی‌تر *S. littoralis* روی داد، حاکی از مطلوبیت اندک این میزبان برای تغذیه‌ی آفت است.

نتایج دندروگرام حاصل از تجزیه خوشه‌ای سبزی‌های برگی مختلف بر مبنای پراسنجه‌های زیستی و جدول زندگی *S. littoralis* پرورش یافته روی این میزبان‌ها نشان داد که زیرگروه A1 (سبزی‌های نعناع، جعفری، شوید، ریحان و تره) به عنوان میزبان‌های نیمه حساس، زیر گروه A2 (گشنیز) به عنوان میزبان نسبتاً حساس و گروه B (خرفه) به عنوان میزبان نسبتاً مقاوم برای نشوونمای *S. littoralis* می‌باشند. این نتایج همسو با مقادیر بدست آمده پراسنجه‌های جدول زندگی *S. littoralis* روی سبزی‌های برگی مورد مطالعه بود. مقاومت نسبی خرفه می‌تواند ناشی از پایین بودن ارزش فیزیولوژیکی تغذیه‌ای آن سبزی برای آفت باشد. همچنین، گشنیز می‌تواند به عنوان مناسب‌ترین سبزی برگی جهت پرورش انبوه *S. littoralis* در نظر گرفته شود.

در مجموع نتایج به‌دست آمده از بررسی ویژگی‌های زیستی و جدول زندگی *S. littoralis* روی سبزی‌های برگی مختلف نشان می‌دهد که خرفه به عنوان میزبان نامناسب (نسبتاً مقاوم) برای رشد و تغذیه *S. littoralis* می‌باشد، زیرا نشوونما آفت روی این میزبان به کندی صورت گرفته و باروری نیز کاهش یافت. تفاوت در غلظت ترکیبات شیمیایی اولیه و ثانویه و یا وجود مهارکننده‌های پروتئینی در بین گیاهان میزبان مختلف می‌تواند رشد و تغذیه حشره را تحت تاثیر قرار دهد. اطلاعات مربوط به اینکه چگونه کیفیت گیاه میزبان می‌تواند پراسنجه‌های

جدول زندگی آفت را تحت تأثیر قرار دهد، کمک شایانی به درک مناسب پویایی جمعیت و ارتباط گیاه-گیاهخوار می‌کند. نتایج تحقیق حاضر نشان داد که گشنیز نسبت به سایر سبزی‌ها برای رشد و تولیدمثل *S. littoralis* مناسب‌تر (نسبتاً حساس) می‌باشد. برعکس، خرفه از ارزش غذایی کمتری برای رشد جمعیت آفت برخوردار بود که می‌تواند به عنوان گزینه‌ای در مدیریت تلفیقی آفت از طریق غربالگری مهارکننده‌های حشرات برای تولید گیاهان اصلاح شده ژنتیکی مقاوم به *S. littoralis* مورد استفاده قرار گیرد.

سپاس‌گزاری

بدین‌وسیله از حمایت‌های مالی معاونت پژوهشی دانشگاه شهید چمران اهواز (شماره گرنت SCU.AP1400.39134) تشکر و قدردانی می‌گردد.

References

- Afify, A. M., El-Kady, M. H. & Zaki, F. N.** (1970) Biological studies on *Spodoptera (Laphygma) exigua* Hbn. In Egypt, with record of five larval parasites. *Journal of Applied Entomology* 66, 362-368.
- Alami, S., Naseri, B., Golizadeh, A. & Razmjou, J.** (2014) Age-stage, two-sex life table of the tomato looper, *Chrysodeixis chalcites* (Lepidoptera: Noctuidae), on different bean cultivars. *Arthropod-Plant Interactions* 8, 475-484.
- Antonious, G. F. & Snyder, J. C.** (2006) Natural products: repellency and toxicity of wild tomato leaf extracts to the two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae* Koch. *Journal of Environmental Science and Health* 41, 43-55.
- Arrizubieta, M., William, T., Caballero, P. & Simon, O.** (2014) Selection of a nucleopolydovirus isolate from *Helicoverpa armigera* as the basis for a biological insecticide. *Pest Management Science* 70, 967-976.
- Azidah, A. A. & Sofian-Azirun, M.** (2006) Life history of *Spodoptera exigua* (Lepidoptera: Noctuidae) on various host plant. Institute of Biological Sciences, Faculty of Science, University of Malaya. *Bulletin of Entomological Research* 96, 613-618.
- Babamir-Satehi, A., Habibpour, B., Aghdam, H.R. & Hemmati, S.A.** (2022) Interaction between feeding efficiency and digestive physiology of the pink stem borer, *Sesamia cretica* Lederer (Lepidoptera: Noctuidae), and biochemical compounds of different sugarcane cultivars. *Arthropod-Plant Interactions* 16, 309-316. <https://doi.org/10.1007/s11829-022-09898-w>
- Badawi, A., Awadallah, A. M. & Foda, S. M.** (1976) On the biology of the olive leaf moth *Palpita unionalis* Hb. (Lep., Pyralidae). *Zeitschrift für Angewandte Entomologie*, 80(1-4), 103-110.
- Cakici, F. O., Sevim, A., Demirbag, Z. & Demir, I.** (2014) Investigation interal bacteria of *Spodoptera littoralis* (Boisd.) (Lepidoptera: Noctuidae) larvae and some *Bacillus* strains as biocontrol agents. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry* 38, 99-110.

- Carey, J. R.** (1993) *Applied demography for biologists with special emphasis on insects*. 205 pp. Oxford University Press, Inc.
- Chi, H.** (1988) Life-table analysis incorporating both sexes and variable development rates among individuals. *Environmental Entomology* 17, 26-34.
- Chi, H.** (1990) Timing of control based on the stage structure of pest populations: a biology of simulation approach. *Journal of Economic Entomology* 83, 1143-1150.
- Chi, H.** (2020) TWOSEX-MSChart: A Computer Program for the Age-Stage, Two- Sex Life Table Analysis. <https://140.120.197.173/ecology/prod02.htm>.
- Chi, H. & Yang, T. C.** (2003) Two sex-life table and predation rate of *propylaea japonica* Thunberg (Coleoptera: Coccinellidae) fed on *Myzus persicae* (Sulzer) (Homoptera: Aphididae). *Environmental Entomology* 32, 327-333.
- Chi, H., & Liu, H.** (1985) Two new methods for the study of insect population ecology. *Bulletin of the Institute of Zoology, Academia Sinica* 24, 225-240.
- Chi, H., & Su, H. Y.** (2006) Age- stage, two sex life tables of *Aphidius gifuensis* (Ashmead) (Hymenoptera: Braconidae) and its host *Myzus persicae* (Sulzer) (Homoptera: Aphididae) with mathematical proof of the relationship between female fecundity and the net reproductive rate. *Environmental Entomology* 35, 10-21.
- Du, L., Ge, F., Zhu, S. & Parajulee, M. N.** (2004) Effect of cotton cultivar on development and reproduction of *Aphis gossypii* (Homoptera: Aphididae) and its predator *Propylaea japonica* (Coleoptera: Coccinellidae). *Journal of Economic Entomology* 97, 1278-1283.
- Dent, D.** (2000) *Insect Pest Management*. 2nd ed. CABI Publishing, Ascot, UK, 410 pp.
- El-Sayed, M. I. K.** (2011) Effects of *Portulaca oleracea* L. seeds in treatment of type-2 diabetes mellitus patients as adjunctive and alternative therapy. *Journal of Ethnopharmacology* 137(1), 643-51.
- Elzen, G.** (2001) Lethal and sublethal effects of insecticide residues on *Orius insidiosus* (Hemiptera: Anthocoridae) and *Geocoris punctipes* (Hemiptera: Lygaeidae). *Journal of Economic Entomology* 94, 55-59.
- Erb, S. L., Bouchier, R. S., van Frankenhuyzen, K. & Smith, S. M.** (2001) Sublethal effects of *Bacillus thuringiensis* Berliner subsp. kurstaki on *Lymantria dispar* (Lepidoptera: Lymantriidae) and the tachinid parasitoid *Compsilura concinnata* (Diptera: Tachinidae). *Environmental Entomology* 30, 1174-1181.
- Farahani, S., Naseri, B. & Talebi, A. A.** (2011) Comparative life table parameters of the beet armyworm, *Spodoptera exigua* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) on five host plants. *Journal of the Entomological Research Society* 13, 91-101.
- Gacemi, A., Taibi, A., Abed, N. E. H., M'hammedi Bouzina, M., Bellague, D., & Tarmoul, K.** (2019) Effect of four host plants on nutritional performance of cotton leafworm, *Spodoptera littoralis* (Lepidoptera: Noctuidae). *Journal of Crop Protection* 8, 361-371.

- Gargani, E.** (1999) *Palpita* (Margaronia) *unionalis* (Hubner) (Lepidoptera, Pyraustidae) on Jasminum: bio-ethological observations and damage. *Colture Protette*, 28(7), 71-76.
- Golikhajeh, N., Naseri, B., Razmjou, J.** (2016) Effect of geographic population and host cultivar on demographic parameters of *Spodoptera exigua* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae). *Journal of Asia-Pacific Entomology* 19, 743-751.
- Gupta, P.D. & Thorsteinson, A. J.** (1960) Food plant relationships of the diamondback moth [*Plutella maculipennis* (Curt.)]. II. Sensory regulation of oviposition of the adult female. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 3, 305-314.
- Gupta, G. P., Rani, S., Birah, A. & Raghuraman, M.** (2005) Improved artificial diet for mass rearing of the tobacco caterpillar, *Spodoptera litura* (Lepidoptera: Noctuidae). *International Journal of Tropical Insect Science* 25, 55-58.
- Hatem, A. E., Aldebis, H. K. & Osuna, E. V.** (2011) Effects of *Spodoptera littoralis* granulovirus on the development and reproduction of cotton leafworm, *S. littoralis*. *Biological Control* 59, 192-199.
- Hegazi, E. M. & Schopf, R.** (1984) The influence of temperature on consumption and utilization of artificial diet by *Spodoptera littoralis* (Boisd.) (Lepidoptera: Noctuidae). *Zeitschrift für Angewandte Entomologie* 97, 321-326.
- Hemati, S. A., Naseri, B., Nouri-Ghanbalani, G., Rafiee-Dastjerdi, H., & Golizadeh, A.** (2012) Effect of different host plants on nutritional indices of the pod borer, *Helicoverpa armigera*. *Journal of Insect Science* 12, 55.
- Hemmati, S. A., Shishehbor, P. & Stelinski, L. L.** (2022) Life table parameters and digestive enzyme activity of *Spodoptera littoralis* (Boisd) (Lepidoptera: Noctuidae) on selected legume cultivars. *Insects* 13, 661. <https://doi.org/10.3390/insects13070661>
- Hesler, L.S. & Dashiell, K. E.** (2011) Antixenosis to the soybean aphid in soybean lines. *The Open Entomology Journal* 5, 39-44.
- Hsiao, T.H. & Fraenkel, G.** (1968) Selection and specificity of the Colorado potato beetle for solanaceous and nonsolanaceous plants. *Annals of the Entomological Society of America* 61, 493-503.
- Ismail, S. M.** (2020) Effect of sublethal doses of some insecticides and their role on detoxication enzymes and protein-content of *Spodoptera littoralis* (Boisd.) (Lepidoptera: Noctuidae). *Bulletin of the National Research Centre* 44, 35.
- Jallow, M. F. A., Awadh, D. G., Albaho, M. S., Devi, V. Y. & Thomas, B. M.** (2017) Pesticide risk behaviors and factors influencing pesticide use among farmers in Kuwait. *Science of the Total Environment* 574, 490-498.
- Janakiraman, S. & Gupta, G. P.** (2002). Effect of modified artificial diet and insecticidal proteins on growth and development of tobacco cutworm (*Spodoptera litura*). *Indian Journal of Agricultural Sciences* 72, 719-725.

- Kakde, A. M., Patel, K. G. & Tayade, S.** (2014) Role of life table in insect pest management- A review. *IOSR Journal of Agriculture and Veterinary Science (IOSR-JAVS)* 7, 40-43.
- Khedr, M. A., AL-Shannaf, H. M., Mead, H. M. & Shaker, S. A.** (2015) Comparative study to determine food consumption of cotton leafworm, *Spodoptera littoralis*, on some cotton genotypes. *Journal of Plant Protection Research*, 55, 312-321.
- Khodaverdi, H., Sahragard, M., Amir Moafi, M. & Mohaghegh Neyshabouri, J.** (2010) A Study on the demographic parameters of Egyptian Cotton Leafworm *Spodoptera littoralis* (B.) (Lep.: Noctuidae) fed on artificial diet and under laboratory conditions. *Iranian Journal of Plant Protection Science* 1, 61-69.
- Lacey, L. A., Grzywacz, D., Shapiro-Ilan, D. I., Frutos, R., Brownbridge, M. & Goettel, M. S.** (2015) Insect pathogens as biological control agents: Back to the future. *Journal of Invertebrate Pathology* 132, 1-41.
- Magholifard, Z., Heami, Sh., Marzban, R., Salehi Jouzani, G.** (2018) Pathogenic effects of three isolates of Nucleopolyhedrovirus, *Spodoptera littoralis* NPV, *Helicoverpa armigera* NPV, *Spodoptera litura* NPV on life stages of Egyptian cotton leafworm *Spodoptera littoralis*. *Entomology and Phytopathology* 85, 203-218.
- Naher, N., Islam, W. & Haque, M. M.** (2005) Predation of three predators on two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae). *Journal of Life and Earth Science* 1, 1-4.
- Nikooei, M., Fathipour, Y., Jalali Javaran, M., & Soufbaf, M.** (2015) How different genetically manipulated Brassica genotypes affect life table parameters of *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae). *Journal of Economic Entomology* 108, 515-524.
- Peyvast, Gh.** (2009) Olericulture. Daneshpazir Press. 576 pp.
- Price, P. W., Bouton, C. E., Gross, P., McPherson, B. A., Thompson, J. N. & Weis, A. E.** (1980) Interactions among threotrophic levels: influence of plant on interactions between insect herbivores and natural enemies. *Annual Review of Ecology and Systematics* 11, 41-65.
- Razmjou, J., Naseri, B. & Hemati, S. A.** (2014) Comparative performance of the cotton bollworm, *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) on various host plants. *Journal of Pest Science* 87, 29-37.
- Sakai, A. K., Allendorf, F. W., Holt, J. S., Lodge, D. M., Molofsky, J., With, K. A., Baughman, S., Cabin, R. J., Cohen, J. E., Ellstrand, N. C. & McCauley, D. E.** (2001) The population invasive species. *Annual Review of Ecology and Systematics* 32, 305-332.
- Sarfraz, M., Dossall, L. M., & Keddie, B. A.** (2006) Diamondback moth-host plant interactions: Implications for pest management. *Crop Protection* 25, 625-636.

- Sedaratian, A., Fathipour, Y., Talaei-Hassanloui, R. & Jurat-Fuentes, J. L.** (2013) Fitness costs of sublethal exposure to *Bacillus thuringiensis* in *Helicoverpa armigera*: A carry-over study on offspring. *Journal of Applied Entomology* 137, 540-549.
- Shao, L., Shu, Z., Sun, S. H., Peng, C. H., Wang, X. & Lin, Z. H.** (2007) Antioxidation of anthocyanins in photosynthesis under high temperature stress. *Journal Integrate of Plant Biology* 49, 1341-1351.
- Shishehbor, P. & Hemmati, S. A.** (2022) Investigation of secondary metabolites in bean cultivars and their impact on the nutritional performance of *Spodoptera littoralis* (Lep.: Noctuidae). *Bulletin of Entomological Research* 112, 378-388.
- Sivapragasam, A. & Syed, A. R.** (2001). The genus *Spodoptera* with emphasis on the ecology and natural enemies of the beet armyworm, *Spodoptera exigua* (Hubner) in Malaysia. *Malaysian Plant Protection Society Newsletter* 6-7.
- Sorour, M. A., Khamiss, O., Abd El-Wahab, A. S., El-Sheikh., M. A. K., Abul-Ela, S.** (2011) An Economically modified semi-synthetic diet for mass rearing the egyptian cotton leaf worm *Spodoptera littoralis*. *Academic Journal of Entomology* 4, 118-123.
- SPSS.** (2018) SPSS for Windows, Version 22.0; SPSS Institute Inc.: Chicago, IL, USA.
- Stevenson, P. C., Anderson, J. C., Blaney, W. M. & Simmonds, M. S. J.** (1993) Developmental inhibition of *Spodoptera litura* (Fab.) larvae by a novel caffeoylquinic acid from the wild ground, *Arachis paraguariensis* (Chodat & Hassl.). *Journal of Chemical Ecology* 19, 2917-2933.
- Sulistyo, A. & Inayati, A.** (2016) Mechanisms of antixenosis, antibiosis, and tolerance of fourteen soybean genotypes in response to whiteflies (*Bemisia tabaci*). *Biodiversitas: Journal of Biological Diversity* 17, 447-453.
- Van Leeuwen, T., Vontas, J., Tsagkarakou, A., Dermauw, W., and Tirry, L.** (2010) Acaricide resistance mechanisms in the two-spotted spider mite *Tetranychus urticae* and other important acari: A review. *Insect Biochemistry and Molecular Biology* 40, 563-572.
- Verkerk, R. H. J. & Wright, D. J.** (1996) Multitrophic interactions and management of the diamondback moth: a review. *Bulletin of Entomological Research* 86, 205-216.
- War, A. R., Paulraj, M. G., War, M. Y. & Ignacimuthu, S.** (2011) Differential defensive response of groundnut to *Helicoverpa armigera* (Hubner) (Lepidoptera: Noctuidae). *Journal of Plant Interactions* 6, 1-11.
- Wójcicka, A.** (2010) Cereal phenolic compounds as biopesticides of cereal aphids. *Polish Journal of Environmental Studies* 19(6), 1337-1343.
- Xu, J., Shelton, A. M. & Cheng, X.** (2001) Variation in susceptibility of *Diadegma insulare* to permethrin. *Journal of Economic Entomology* 99, 541-546.
- Zalucki, M. P. & Malcolm, S. B.** (2002) Ecology and behavior of first instar larval lepidoptera. *Annual Review of Entomology* 47, 361-393.

Zamani Fard, S., Hemmati, S. A., Shishehbor, P. & Stelinski, L. L. (2022) Growth, consumption and digestive enzyme activities of *Spodoptera littoralis* (Boisd) on various mung bean cultivars reveal potential tolerance traits. *Journal of Applied Entomology* 146, 1–10. <https://doi.org/10.1111/jen.13055>.
