



پارامترهای زیستی و جدول زندگی دو جنسی سن-مرمله سفیدبالک گلخانه

روی سه محصول مهم گلخانه‌ای (*Hemiptera: Aleyrodidae*) *Trialeurodes vaporariorum*محمد رضا باقری^۱، مهدی حسن پور^۲، علی گلی زاده^۲ و شهرام فرخی^۳

۱- سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان، بخش تحقیقات گیاه پزشکی، اصفهان، ایران

✉ bagheri_mr@yahoo.com <https://orcid.org/0000-0002-5819-7147>

۲- دانشگاه محقق اردبیلی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، گروه گیاه پزشکی، اردبیل، ایران

✉ hassanpour@uma.ac.ir <https://orcid.org/0000-0002-5409-428X>✉ golizadeh@uma.ac.ir <https://orcid.org/0000-0002-4003-9343>

۳- سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مؤسسه تحقیقات گیاه پزشکی کشور، بخش تحقیقات کنترل بیولوژیک، تهران، ایران

✉ shahram.farrokhi@gmail.com <https://orcid.org/0000-0002-3056-0610>

چکیده: سفیدبالک گلخانه *Trialeurodes vaporariorum* یکی از مهم‌ترین آفات محصولات گلخانه‌ای در سراسر دنیا می‌باشد. در این پژوهش، زیست‌شناسی و جدول زندگی دوجنسی سن-مرمله این آفت روی سه محصول مهم گلخانه‌ای شامل بادمجان، خیار و گوجه‌فرنگی در دمای 25 ± 2 درجه سلسیوس، رطوبت نسبی 65 ± 10 درصد و دوره نوری $16:8$ ساعت (تاریکی: روشنایی) مورد بررسی قرار گرفت. میانگین‌ها و خطای معیار بر اساس روش بوت‌استرپ با یک‌صد هزار تکرار محاسبه شد. بر اساس نتایج به‌دست آمده، بین میانگین کلیه ویژگی‌های زیستی آفت و بین میانگین کلیه پارامترهای رشد جمعیت آفت روی سه گیاه میزبان تفاوت معنی‌دار وجود داشت. مدت زمان نشوونمای مراحل نابالغ (از تخم تا ظهور حشرات بالغ) در سه گیاه میزبان یاد شده به ترتیب $21/17 \pm 0/11$ ، $23/34 \pm 0/19$ و $25/37 \pm 0/15$ روز، طول عمر حشرات بالغ ماده به ترتیب $32/96 \pm 1/24$ ، $31/40 \pm 1/40$ و $28/76 \pm 1/40$ روز و میانگین تعداد تخم گذاشته شده توسط هر حشره ماده در طول زندگی به ترتیب $233/93 \pm 8/20$ ، $156/73 \pm 5/01$ و $129/39 \pm 4/66$ به‌دست آمد. نرخ ذاتی افزایش جمعیت (R) آفت روی بادمجان، خیار و گوجه‌فرنگی به ترتیب $0/144 \pm 0/005$ ، $0/128 \pm 0/005$ و $0/118 \pm 0/005$ (بر روز) و نرخ خالص تولید مثل (R_0) به ترتیب $10/8/90 \pm 15/76$ ، $68/96 \pm 9/22$ و $57/35 \pm 8/53$ (تخم) محاسبه شد. در مجموع، در این پژوهش بادمجان در مقایسه با دو گیاه دیگر میزبان مناسب‌تری برای نشوونما و افزایش جمعیت سفیدبالک گلخانه ارزیابی شد.

واژه‌های کلیدی: جدول زندگی دوجنسی سن-مرمله، سفیدبالک گلخانه، گیاه میزبان، پارامترهای رشد جمعیت.

تاریخچه مقاله

دریافت: ۱۴۰۱/۰۸/۲۱

پذیرش: ۱۴۰۱/۰۹/۱۸

دبیر تخصصی: یعقوب فتحی‌پور

Citation: Bagheri, M.R.; Hassanpour, M., Golizadeh, A. and Farrokhi, S., (2022) Biological and age-stage, two-sex life table parameters of greenhouse whitefly, *Trialeurodes vaporariorum* (Hemiptera, Aleyrodidae) on three important greenhouse crops. *J. Entomol. Soc. Iran*, 42 (2), 157-171.

مقدمه

گوجه‌فرنگی، خیار و بادمجان سه محصول جالبی عمده کشور در فضای باز و کشت‌های زیرپوشش هستند. ایران در سال ۲۰۲۰ با تولید حدود ۱/۲ میلیون تن خیار، ۰/۶ میلیون تن بادمجان و ۵/۸ میلیون تن گوجه‌فرنگی به ترتیب در رتبه‌های چهارم، ششم و هفتم جهان قرار داشت (faostat.org). در سال ۱۳۹۹ سطح زیر کشت محصولات گلخانه‌ای کشور ۱۷۱۳۴ هکتار بود که از این میان ۷۵۳۹ هکتار به کشت خیار، ۲۴۲۴ هکتار به کشت گوجه‌فرنگی و ۴۵۲ هکتار به کشت بادمجان اختصاص داشت (Anonymous, 2021). این سه گیاه از میزبان‌های مهم سفیدبالک گلخانه، *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood, 1856) (*Hemiptera: Aleyrodidae*) هستند. این آفت از نظر اقتصادی یکی از مهم‌ترین گونه‌های سفیدبالک است و تخمین زده می‌شود روی ۸۵۹ گونه از ۱۲۱ تیره گیاهی فعالیت داشته باشد (Manzari & Fathipour, 2021) ولی بیشترین سازگاری را با گیاهان تیره‌های Solanaceae و Cucurbitaceae نشان داده است (Mound & Halsey, 1978). این آفت با تغذیه از شیره گیاهی موجب ضعیف شدن گیاه، کاهش فتوسنتز، ایجاد اختلالات فیزیولوژیکی، کاهش ۵۰ درصدی عملکرد محصول (Byrne & Bellows, 1991) و انتقال ویروس‌های گیاهی خطرناک مانند Beet Pseudo Yellow Virus (BPYV) و Tomato Infectious Chlorosis Virus (TICV) و Tomato Chlorosis Virus (ToCV) به میزبان‌های خود می‌شود (Jones, 2003).

گیاهان میزبان به دلیل دارا بودن تفاوت‌هایی در ویژگی‌های شیمیایی یا ریخت‌شناختی خود می‌توانند روی آفات و دشمنان طبیعی آنها تأثیرات متفاوتی بگذارند (Gregory et al., 1986). بر همین اساس پارامترهای زیستی، از جمله زنده‌مانی و تولیدمثل *T. vaporariorum* نیز روی گونه‌ها و ارقام گیاهی مختلف

Corresponding author: Mohammad Reza Bagheri (E-mail: bagheri_mr@yahoo.com)



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

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

بسیار متفاوت است که از مهم‌ترین دلایل آن می‌تواند ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی گیاهی باشد که حشره روی آن پرورش یافته است (van Lenteren & Gholami Moghaddam et al.; Madadi et al., 2007). ویژگی‌های فیزیکی گیاه نظیر کرک، موم و ضخامت برگ و اندازه و تراکم روزنه‌ها (Noldus, 1990; al., 2013; Naeim Amini et al., 2021) و ویژگی‌های بیوشیمیایی آن مانند مواد مترشحه، شهد و بوها (Sarrafi Moayeri et al., 2006) می‌توانند با تأثیر بر جلب، استقرار، ایجاد پناهگاه و مدت زمان اقامت حشره روی گیاه ویژگی‌های زیستی آن را دستخوش تغییراتی نمایند. جدول زندگی *T. vaporariorum* روی گیاهان مختلف توسط محققین مختلف مورد مطالعه قرار گرفته است. از جمله: Campos et al. (2003) زیست-شناسی این آفت را روی پنج رقم مختلف لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) و سویا (*Glycine max* L.) بررسی کردند. (Manzano & van Lenteren 2009) نیز این بررسی را در شرایط مختلف محیطی روی دو رقم لوبیا انجام دادند. (Hosseini et al. 2015) اثرات سطوح مختلف نیتروژن را بر پارامترهای زیستی *T. vaporariorum* در گیاه گوجه‌فرنگی در کشت هیدروپونیک ارزیابی کردند. مناسب بودن برگ‌های گوجه‌فرنگی در سنین مختلف برای *Bemisia tabaci* (Gennadius) (بیوتیپ B) و *T. vaporariorum* توسط Zhang & Wan (2012) آزمایش شد. پارامترهای زیستی آفت روی ارقام مختلف گوجه‌فرنگی (Prijović et al., 2013) و خیار گلخانه‌ای (Mirzamohammadzadeh et al., 2015) مورد مطالعه قرار گرفت و (Naeim Amini et al. 2021) نیز این پارامترها را روی گیاهان خیار (*Cucumis sativus* L.)، کیوانو (*Cucumis metuliferus* May) و خربزه تلخ (*Momordica charantia* (Hook)) اندازه‌گیری کردند.

شاخص‌های رشد جمعیت و تعیین افزایش یا کاهش آن در مطالعه‌ی دینامیسم جمعیت حشرات در مدیریت آفات و حفاظت از گونه‌های مفید، کاربردی مهم و اساسی دارند. مطالعات جدول زندگی یک مسئله‌ی بنیادی در اکولوژی جمعیت بوده و توصیفی جامع از نشوونما، زنده‌مانی و زادآوری را ارائه می‌دهند. جدول زندگی زادآوری با دنبال کردن زنده‌مانی گروهی از افراد هم‌سن و ثبت تمامی رخدادهای زیستی آنها (شامل زنده‌مانی و تعداد تخم‌های گذاشته شده توسط هر فرد ماده در هر روز) تا زمان مرگ آخرین فرد گروه ایجاد می‌شود. از این جدول می‌توان برای توصیف زمان نشوونما و نرخ زنده‌مانی در هر مرحله رشدی، پیش‌بینی اندازه جمعیت یک حشره و ساختار سنی آن در یک زمان مشخص و برای مشخص کردن اثر تیمارهای مختلف از جمله کیفیت و ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی گیاه میزبان روی ظرفیت تولیدمثلی حشره استفاده کرد (Southwood & Henderson, 2009). از آنجایی که جداول زندگی ویژه سنی ماده، صرفاً با جمعیت‌های ماده سروکار داشته و روی زنده‌مانی و زادآوری افراد ماده متمرکز شده و جمعیت نر و تفاوت بین مراحل را نادیده می‌گیرد، ممکن است در محاسبات و منحنی‌های زنده‌مانی و زادآوری خطاهایی به‌وجود آید. به منظور در نظر گرفتن اثرات هر دو جنس و تغییرات نرخ رشد بین افراد، می‌توان از جدول زندگی سن-مرحله دوجنسی استفاده کرد (Chi & Su, 2006; Chi, 1988).

در این تحقیق با استفاده از جدول زندگی سن-مرحله دوجنسی، پارامترهای زیستی و رشد جمعیت سفیدبالک گلخانه *T. vaporariorum* روی سه میزبان گیاهی بادمجان، خیار و گوجه‌فرنگی مورد بررسی قرار گرفت. همچنین برخی ترکیبات شیمیایی این گیاهان اندازه‌گیری شد تا با روشن شدن بخشی از برهمکنش‌های بین آفت و گیاهان میزبان بتوان گام مؤثری در راستای کنترل بهتر این آفت در محصولات گلخانه‌ای برداشت.

مواد و روش‌ها

شرایط انجام آزمایش. آزمایش‌ها در مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان، بخش تحقیقات گیاهپزشکی انجام شد. پرورش گیاهان میزبان در گلخانه‌های تحقیقاتی در دمای 25 ± 5 درجه سلسیوس، رطوبت نسبی 60 ± 10 درصد و شرایط نوری طبیعی، بدون کاربرد هیچ‌گونه حشره‌کشی صورت گرفت. حشرات در اتاق‌های حرارت ثابت در دمای 25 ± 2 درجه سلسیوس، دوره نوری ۱۶:۸ ساعت (تاریکی: روشنایی) و رطوبت نسبی 65 ± 10 درصد پرورش داده شدند. آزمایش‌ها در شرایط دمایی، رطوبتی و دوره نوری مذکور داخل اتاقک رشد در آزمایشگاه حشره‌شناسی انجام شد.

پرورش سفیدبالک گلخانه و گیاهان میزبان. بذور خیار (*C. sativus* L.) رقم Ever green، گوجه‌فرنگی (*Lycopersicon esculentum* L.) رقم Hilario و بادمجان (*Solanum melongena* L.) رقم Lango در گلدان‌های پلاستیکی کوچک (5×10 سانتی‌متر) حاوی پیت ماس کاشته شده و گیاهچه‌ها تا زمان استفاده در آزمایش‌ها در اتاقک‌های رشد، بدون کاربرد هیچ‌گونه آفت‌کشی نگهداری شدند. تعدادی از گیاهچه‌ها برای ایجاد کلنی حشرات به گلدان‌های بزرگتر (12×20 سانتی‌متر) حاوی خاک استریل مخلوط با خاک برگ در قفس‌های توری با مش 50 به ابعاد $60 \times 70 \times 110$ سانتی‌متر منتقل و برای بهبود رشد بوته‌ها از محلول غذایی (Kristalon™) (N.P.K (18-18-18+TE) به نسبت یک در هزار استفاده شد. همچنین برای افزایش سطح گیاه میزبان زمانی که ارتفاع بوته‌ها به حدود 25 سانتی‌متری رسید، جوانه انتهایی آنها قطع شد. بقیه گیاهچه‌ها برای انجام آزمایش‌ها استفاده شدند.

سفیدبالک گلخانه، *T. vaporariorum*، از گلخانه‌های تجاری استان اصفهان جمع‌آوری و پس از تأیید گونه در مؤسسه تحقیقات گیاهپزشکی کشور در قفس‌های فلزی به ابعاد $60 \times 70 \times 110$ سانتی‌متر که با پارچه توری ظریف پوشانده شده بودند، روی هر کدام از میزبان‌های گیاهی به‌طور جداگانه پرورش داده شد. **انجام آزمایش.** برای به‌دست آوردن یک گروه هم‌سن از سفیدبالک، گلدان‌های کوچک به ارتفاع 10 و قطر 5 سانتی‌متر حاوی گیاهچه‌های 4 تا 6 برگی از هر سه میزبان گیاهی مورد مطالعه، در اختیار حشرات بالغ سفیدبالک قرار داده شد تا روی آنها تخم‌گذاری کنند. پس از 12 ساعت، حشرات بالغ حذف و تعداد 100 عدد تخم انتخاب و بقیه تخم‌ها با استفاده از سوزن ظریف از بین برده شدند. گلدان‌ها به اتاقک رشد منتقل و تخم‌ها هر 24 ساعت یکبار بازدید و دوره جنینی و درصد تفریح تخم محاسبه شد. پس از تفریح تخم، روند نشوونمای پوره‌ها و طول مدت زمان هر یک از سنین پورگی و زمان مرگ سنین مختلف ثبت شد. پس از ظهور بالغین، حشرات نر و ماده با عمر کمتر از یک روز به‌صورت جفت روی میزبان‌های گیاهی مورد نظر در شرایط هیدروپونیک پرورش داده شدند. از آنجا که سفیدبالک‌ها حشراتی با رفتار جفت‌گیری چندگانه (Polygamous) هستند و هر حشره ماده می‌تواند با چند حشره نر جفت‌گیری کند و بالعکس؛ در هر ظرف 10 تا 15 جفت حشره نر و ماده رها شده و زادآوری بر اساس معادله "تعداد کل تخم‌های گذاشته شده تقسیم بر تعداد افراد ماده موجود در یک دسته" محاسبه شد

(Jauset et al., 2000; Greenberg et al., 2002; Zhang & Wan, 2012). بدین منظور بر اساس روش Pedley (2010) ساقه‌های گیاهان میزبان که دارای اندازه و حداقل یک برگ مناسب بودند از انتها جدا شده و از منفذ تعبیه شده روی درب لیوان‌های یک‌بار مصرف (با ارتفاع ۱۱ و قطر دهانه ۸ سانتی‌متر) داخل لیوان حاوی آب مقطر گذاشته شد. یک عدد لیوان مشابه که قسمت تحتانی آن بریده شده و با پارچه توری ظریف پوشانده شده بود، به‌طور معکوس روی لیوان‌های مذکور گذاشته شد و لبه‌های لیوان‌ها با گیره قفسی به هم متصل شدند. روی لیوان دوم، منفذ کوچکی برای قرارگیری ویال شیشه‌ای برای رهاسازی حشرات کامل سفیدبالک تعبیه شد. برای شمارش تعداد تخم‌هایی که روزانه توسط سفیدبالک‌ها گذاشته می‌شد، لیوان‌ها به مدت تقریبی ۱۰-۱۵ دقیقه در یخچال با دمای حدود ۶ درجه سلسیوس گذاشته می‌شد تا حشرات کاملاً بی‌حس شوند. با استفاده از یک اسپراتور ظریف، سفیدبالک‌های نر و ماده جمع‌آوری و بلافاصله به ظرف پرورشی جدید منتقل می‌شدند. تعداد تخم‌های گذاشته شده در زیر استریومیکروسکوپ شمارش و ثبت می‌شد. این عمل تا زمان مرگ تمام افراد نر و ماده ادامه یافت. جنسیت حشرات مرده با استفاده از منابع معتبر (Gerling, 1990; Shahbazvar et al., 2011) در زیر استریومیکروسکوپ تعیین شد. برای هر کدام از میزبان‌های گیاهی گوجه‌فرنگی، خیار و بادمجان به ترتیب ۲۸، ۳۳ و ۲۷ تکرار در نظر گرفته شد.

اندازه‌گیری میزان ازت، فسفر و پتاسیم موجود در برگ‌های گیاهان میزبان. برای اندازه‌گیری میزان عناصر مذکور در برگ‌های گیاهان میزبان، از هر گیاه ۵ گلدان عاری از آفت انتخاب و گیاهان از محل طوقه قطع شدند. سپس نمونه‌ها با آب مقطر شستشو داده شده و به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۵ درجه سلسیوس نگهداری و پس از خشک شدن، آسیاب شدند. از هر نمونه ۰/۲۵ گرم با ۳ سانتی‌متر مکعب اسید سولفوسالسیلیک (Sulfosalicylic acid) ترکیب شد و اجازه داده شد به مدت ۲۴ ساعت در دمای آزمایشگاه بمانند. پس از این مدت، نمونه‌ها با آب اکسیژنه ترکیب و به تدریج تا دمای ۳۳۰ درجه سلسیوس حرارت داده شد تا نمونه‌ها هضم و رنگ آنها کاملاً شفاف شوند. نمونه‌های هضم شده با آب مقطر به حجم ۵۰ سانتی‌متر مکعب رسانده شد. سپس درصد عناصر مذکور در برگ‌های گیاهان میزبان بر اساس دستورالعمل مؤسسه تحقیقات خاک و آب (با کمی تغییر) اندازه‌گیری شد (Emami, 1996).

تجزیه داده‌ها. وقایع روزانه تمام افراد از تولد تا مرگ شامل زمان تمام مراحل زیستی (تخم، پوره و حشره کامل)، جنسیت افراد (نر، ماده و افرادی که قبل از بلوغ مرده بودند) و زادآوری روزانه ماده‌ها در نرم‌افزار Notepad ثبت و بر اساس مدل جدول زندگی دوجنسی سن - مرحله (Chi, 1998) و با استفاده از نرم‌افزار TWosex-MSChart (version 2015.002) تجزیه شد (Chi, 2015).

نرخ زنده‌مانی ویژه سن (l_x)، نرخ زنده‌مانی ویژه سن - مرحله (S_{xy}) (که در آن x و y به ترتیب بیانگر سن و مرحله زیستی است)، باروری ویژه سن - مرحله (f_{xy})، زادآوری ویژه سن (m_x) و پارامترهای رشد جمعیت شامل نرخ ذاتی افزایش جمعیت (r)، نرخ متناهی افزایش جمعیت (λ)، نرخ خالص تولیدمثل (R_0)، نرخ ناخالص تولیدمثل (GRR)، میانگین مدت زمان نسل (T) و مدت زمان دو برابر شدن جمعیت (DT) طبق روابط مربوطه محاسبه شدند (Chi, 1988). پارامتر نرخ ذاتی افزایش جمعیت (r) بر اساس معادله اولیور - لوتکا ($\sum_{x=0}^{\beta} e^{-r(x+1)} l_x m_x = 1$) برآورد شد (Goodman, 1982). برای تکرار در کردن پارامترها از روش Bootstrap با یکصد هزار تکرار استفاده شد و میانگین‌ها و خطای معیار (SE) محاسبه و میانگین‌ها بر اساس محدوده اطمینان ۹۵٪ (Confidence Interval (CI)) با استفاده از آزمون Bootstrap جفت شده در برنامه TWosex-MSChart (version 2015.002) مقایسه شدند (Efron & Tibshirani, 1993; Smucker et al., 2007; Akca et al., 2015). منحنی‌ها و نمودارها با استفاده از نرم‌افزار SigmaPlot 12.0 (Systat software Inc.) رسم شدند.

با توجه به این‌که داده‌های به‌دست آمده از آزمایش تعیین عناصر گیاه نرمال نبودند (آزمون کولموگروف-اسمیرنوف)، ابتدا داده‌ها با استفاده از رابطه $\text{Arcsin}(x/100)$ تبدیل و سپس در قالب طرح کاملاً تصادفی در بسته نرم‌افزاری SAS v. 9.1 (SAS Institute Inc. 2004) تجزیه و میانگین‌ها بر اساس آزمون توکی با یکدیگر مقایسه شدند.

نتایج

پارامترهای زیستی و جدول زندگی سفیدبالک گلخانه، *T. vaporariorum*. طول دوره نشوونمای مراحل مختلف زیستی سفیدبالک گلخانه *T. vaporariorum* روی سه گیاه میزبان مختلف در جدول ۱ نشان داده شده است. طولانی‌ترین دوره جنینی آفت در گوجه‌فرنگی $7/65 \pm 0/07$ روز طول کشید که با مقادیر متناظر در خیار (CI: 9.660 & 0.548) و بادمجان (CI: 0.326 & 0.770) دارای اختلاف معنی‌دار بود. اختلاف در این پارامتر بین دو گیاه خیار و بادمجان معنی‌دار نبود (CI: -1.812 & 0.470).

در منابع مختلف، بسته به دما، گیاهان میزبان و شرایط آزمایش مقادیر متفاوتی برای دوره جنینی سفیدبالک گلخانه ذکر شده است. طول این دوره در دمای 23 ± 3 درجه سلسیوس و روی گیاه لوبیا سبز بین $6/2 \pm 0/38$ تا $7/1 \pm 0/34$ روز (Campos et al., 2003)؛ روی ارقام مختلف گوجه‌فرنگی و در دمای 25 ± 1 درجه سلسیوس (Greenberg et al., 2002) و 22 ± 4 درجه سلسیوس (Hosseini et al., 2015) حدود ۷ روز و در بادمجان در دمای 24 ± 2 درجه سلسیوس $7/78 \pm 0/07$ روز (Zaini, 2005) گزارش شده است که با نتایج تحقیق حاضر در گیاهان گوجه‌فرنگی و بادمجان مطابقت دارد.

اثر گیاه میزبان روی طول دوره سنین مختلف پورگی سفیدبالک گلخانه نیز معنی‌دار بود. طولانی‌ترین دوره سنین اول تا چهارم پورگی به ترتیب با $4/52 \pm 0/07$ ، $2/86 \pm 0/09$ ، $3/11 \pm 0/06$ و $7/07 \pm 0/08$ روز در گوجه‌فرنگی ثبت شد (جدول ۱). (Greenberg et al., 2002) طول دوره پورگی از سن اول تا سن چهارم را در گیاه گوجه‌فرنگی به ترتیب ۴/۴، ۲، ۳/۲ و ۶ روز برآورد کردند. در تحقیق Hosseini et al. (2015) دوره پورگی سن اول $4/7 \pm 0/22$ تا $5/0 \pm 0/22$ روز، مجموع سنین دوم و سوم $8/9 \pm 0/27$ تا $10/8 \pm 0/39$ روز و سن چهارم $9/5 \pm 0/27$ تا $11/7 \pm 0/55$ روز طول کشید. (Mirzamohammadzadeh et al., 2015) در بررسی پارامترهای زیستی سفیدبالک گلخانه روی ارقام مختلف خیار در محدوده دمایی ۱۹ تا ۲۶ درجه سلسیوس، طول دوره سنین اول تا سوم پورگی را به ترتیب بین $4/59 \pm 0/16$ تا $5/46 \pm 0/12$ ، $5/38 \pm 0/17$ تا $6/27 \pm 0/12$ و $4/18 \pm 0/11$ تا $5/64 \pm 0/18$ روز و

طول دوره شفیرگی را بین $2/97 \pm 0/14$ تا $4/25 \pm 0/20$ روز برآورد کردند که با نتایج متناظر به دست آمده در تحقیق حاضر متفاوت است. تفاوت در ارقام، دمای آزمایش، جمعیت‌های مورد استفاده، ساختار آزمایش و روش محاسبه می‌تواند از دلایل متفاوت بودن مقادیر برآورد شده در پژوهش‌های مذکور و تحقیق حاضر باشد.

اثر گیاه میزبان روی طول دوره پیش از بلوغ، شامل دوره جنینی و چهار سن پورگی نیز معنی‌دار بود، به‌طوریکه گیاهان میزبان از این نظر در سه گروه متفاوت قرار گرفتند (جدول ۱). کوتاه‌ترین دوره پیش از بلوغ در بادمجان ($21/87 \pm 0/17$ روز) و طولانی‌ترین در گوجه‌فرنگی ($25/37 \pm 0/15$ روز) ثبت شد. (1971) Curry & Pimentel مدت زمان دوره پیش از بلوغ این حشره را در دو رقم گوجه‌فرنگی و در دمای 22 ± 4 درجه سلسیوس، بدون اختلاف معنی‌دار با یکدیگر $48/4 \pm 0/33$ و $47/78 \pm 0/23$ روز به‌دست آوردند که با نتایج به‌دست آمده در تحقیق حاضر تفاوت زیادی دارد. (2002) Greenberg *et al.* طول دوره پیش از بلوغ سفیدبالک گلخانه را در ارقام مختلف گوجه‌فرنگی، بدون اختلاف معنی‌دار با یکدیگر $22/9$ روز برآورد کرد. (2012) Zhang & Wan طول این دوره را در محدوده دمایی ۲۰ تا 26 درجه سلسیوس، بین $20/92 \pm 0/39$ تا $21/75 \pm 0/39$ روز و (2013) Prijović *et al.* در دمای 27 ± 2 درجه سلسیوس بین $20/64 \pm 0/08$ تا $22/07 \pm 0/60$ روز گزارش کردند که با نتایج تحقیق حاضر متفاوت است. رقم گیاهی مورد استفاده، تفاوت در جمعیت‌های مورد بررسی و شرایط دمایی و رطوبتی می‌تواند از دلایل این اختلاف باشد. (2021) Naeim Amini *et al.* طول دوره پیش از بلوغ آفت را در دمای 22 ± 4 درجه سلسیوس و روی گیاه خیار $25/34 \pm 0/19$ روز برآورد کردند که با نتایج تحقیق حاضر مطابقت دارد.

نتایج نشان داد که در هر سه میزبان گیاهی، طول عمر حشرات نر از حشرات ماده کوتاه‌تر است. بیشترین اختلاف طول عمر بین حشرات نر و ماده در گیاه بادمجان مشاهده شد، به‌طوریکه در این میزبان طول عمر حشره نر $19/65 \pm 1/07$ روز و حشره ماده $32/96 \pm 1/24$ روز بود (جدول ۱). برخلاف حشرات ماده، منابع علمی در دسترس در مورد طول عمر حشرات نر اندک است. یکی از دلایل آن می‌تواند روش بررسی جدول زندگی آفت باشد که بیشتر بر اساس حشرات ماده تنظیم شده و حشرات نر معمولاً نادیده گرفته می‌شوند. در اغلب منابع مورد بررسی، به استثنای (2015) Hosseini *et al.* و (2021) Naeim Amini *et al.* در تمام تیمارهای مورد بررسی طول عمر حشرات نر کوتاه‌تر از ماده‌ها است. به عنوان مثال (2003) Campos *et al.* طول عمر حشرات ماده را بین $18/6 \pm 0/00$ تا $30/0 \pm 14/14$ روز و نرها را بین $15/5 \pm 12/64$ تا $25/6 \pm 6/67$ روز گزارش کردند ولی از این نظر بین میزبان‌های گیاهی مختلف تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. (2012) Zhang & Wan طول عمر حشرات ماده را بین $12/5 \pm 1/22$ تا $19/0 \pm 1/96$ روز (بر حسب سن برگ گوجه‌فرنگی) و (2013) Prijović *et al.* آن را بین $18/57 \pm 1/14$ تا $27/0 \pm 2/72$ روز (روی ارقام مختلف گوجه‌فرنگی) محاسبه کردند. (2021) Naeim Amini *et al.* در گیاه خیار طول عمر حشرات نر را $7/03 \pm 0/32$ روز و حشرات ماده را $5/48 \pm 0/26$ روز گزارش کردند که با مقادیر محاسبه شده در این تحقیق تفاوت زیادی دارد. میزبان‌های گیاهی روی طول دوره زندگی سفیدبالک گلخانه، *T. vaporariorum*، از تخم تا زمان مرگ حشرات بالغ نیز تأثیر معنی‌داری داشتند. کوتاه‌ترین و طولانی‌ترین طول دوره زندگی حشره به ترتیب در گوجه‌فرنگی ($39/06 \pm 1/73$ روز) و بادمجان ($45/41 \pm 1/65$ روز) مشاهده شد. هرچند طول دوره زندگی حشره در خیار از مقدار متناظر در گوجه‌فرنگی بیشتر و از بادمجان کمتر بود (جدول ۲)، اما این اختلاف معنی‌دار نبود ($CI: -1.510$ & 7.887) و ($CI: -1.425$ & 7.766). در گزارش دیگری (1978) van Sas طول دوره زندگی سفیدبالک گلخانه را در خیار ۷۵ روز، بادمجان ۷۴ روز، گوجه‌فرنگی ۴۹ روز، هندوانه ۴۴ روز، خیارترشی ۳۴ روز و در ژربرا ۲۶ روز برآورد کردند. نامبردگان در بررسی‌های خود از بازدهی‌های با فواصل ۲۱ روزه استفاده کردند. وقتی بازدهی‌ها به فاصله‌ی ۴۸ ساعته انجام شد، طول دوره زندگی آفت نیز به‌شدت کاهش یافت که به گفته این محققین دلیل آن می‌تواند دستکاری مداوم حشرات مورد بررسی در بازدهی‌های ۴۸ ساعته باشد.

زادآوری *T. vaporariorum* به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر گیاهان میزبان قرار گرفت. تعداد تخم گذاشته شده روی بادمجان ($233/93 \pm 8/2$) به طور معنی‌داری از مقادیر متناظر در گیاهان خیار ($156/73 \pm 5/01$) و گوجه‌فرنگی ($129/39 \pm 4/66$) بیشتر بود ($CI: 76.359$ & 112.871) و ($CI: 58.556$ & 95.817). اختلاف زادآوری آفت در گوجه‌فرنگی و خیار نیز معنی‌دار بود ($CI: 4.067$ & 30.789) (جدول ۲).

در منابع موجود مقادیر متفاوتی برای زادآوری کل سفیدبالک گلخانه ذکر شده است. (1971) Curry & Pimentel زادآوری کل آفت را در دمای 27 ± 5 درجه سلسیوس و روی دو رقم گوجه‌فرنگی $249/7 \pm 19/1$ و $92/1 \pm 11/8$ ؛ (1978) van Sas *et al.* در بادمجان و خیار ۶۶۶ و در گوجه‌فرنگی ۱۹۷؛ (2008) Capinera در دمای $22/5$ درجه سلسیوس و روی بادمجان بیش از ۵۰۰ و در خیار و گوجه‌فرنگی به ترتیب ۱۷۵ و ۲۰۰ تخم/ماده ذکر کردند. Zhang (2012) & Wan تعداد تخم گذاشته شده در دو هفته اول زندگی حشره ماده در برگ‌های جوان، بالغ و پیر گوجه‌فرنگی را به ترتیب $11/21 \pm 3/05$ ، $32/6 \pm 94/16$ و $20/21 \pm 2/20$ و (2021) Naeim Amini *et al.* در گیاه خیار $25/45 \pm 3/32$ تخم/ماده گزارش کردند. تفاوت در جمعیت‌های مورد بررسی، میزبان‌های گیاهی و شرایط محیطی، به‌ویژه شرایط دمایی و رطوبتی می‌تواند دلیل تفاوت در مقادیر گزارش شده باشد.

تأثیر گیاهان میزبان بر دوره پیش از تخم‌گذاری (APOP) (Adult Pre-Oviposition Period of female adult) و کل دوره پیش از تخم‌گذاری (Total Pre-Oviposition Period of female counted from birth) (TPOP) معنی‌دار بود. کمترین مقادیر پارامترهای مذکور در گیاه بادمجان (به ترتیب $1/07 \pm 0/09$ و $22/0 \pm 63/18$ روز) و بیشترین در گیاه گوجه‌فرنگی (به ترتیب $1/43 \pm 0/1$ و $26/54 \pm 0/24$ روز) محاسبه شد. گیاهان میزبان از نظر کل دوره پیش از تخم‌گذاری در سه گروه جداگانه قرار گرفتند (جدول ۲). (1991) Romanow *et al.* گزارش کردند که در تمام ژنوتیپ‌های مورد مطالعه گوجه‌فرنگی، سفیدبالک گلخانه در دو روز اول زندگی خود تخم‌گذاری را شروع کرد. در تحقیق دیگری، بسته به سطوح نیتروژن مورد استفاده، طول دوره پیش از تخم‌گذاری سفیدبالک گلخانه روی گوجه‌فرنگی بین $1/1 \pm 0/23$ تا $2/6 \pm 0/66$ روز و کل دوره پیش از تخم‌گذاری $31/1 \pm 0/64$ تا $37/7 \pm 1/32$ روز بود (Hosseini *et al.*, 2015). در گزارش (2021) Naeim Amini *et al.* مقادیر این پارامترها در گیاه خیار به ترتیب $0/66 \pm 0/10$ و $25/77 \pm 0/25$ روز ذکر شده است که با مقادیر محاسبه شده در تحقیق حاضر هم‌خوانی دارد.

جدول ۱- طول دوره (روز) نشوونمای مراحل زیستی سفیدبالک گلخانه *Trialeurodes vaporariorum* روی سه گیاه میزبان مختلف (n: تعداد افراد).

Table 1. Developmental time (day) of different stages of the greenhouse whitefly, *Trialeurodes vaporariorum* on three different host plants (n: number of individuals).

Developmental stages	Eggplant		Cucumber		Tomato	
	Mean±SE	n	Mean±SE	n	Mean±SE	n
Egg	7.1±0.09 b	58	7.33±0.09 b	73	7.65±0.07 a	66
1 st instar	3.8±0.1 b	56	4.0±0.08 b	70	4.52±0.07 a	61
2 nd instar	2.36±0.07 b	56	2.41±0.08 b	69	2.86±0.09 a	57
3 rd instar	2.15±0.06 b	53	3.01±0.05 a	67	3.11±0.06 a	57
4 th instar	6.6±0.08 b	53	6.59±0.09 b	64	7.07±0.08 a	56
Total pre-adult	21.87±0.17 c	53	23.34±0.19 b	64	25.37±0.15 a	56
Adult male	19.65±1.07 a	26	18.61±0.69 a	31	14.14±0.6 b	28
Adult female	32.96±1.24 a	27	28.76±1.4 b	33	25.21±0.92 c	28

Means followed by the same letters in each row are not significantly different (Paired bootstrap test, P<0.05).

جدول ۲- طول دوره زندگی و پارامترهای تولیدمثل افراد بالغ سفیدبالک گلخانه، *Trialeurodes vaporariorum* روی سه گیاه میزبان مختلف (n: تعداد افراد).

Table 2. Adult longevity and reproductive parameters of the greenhouse whitefly *Trialeurodes vaporariorum* on three different host plants (n: number of individuals).

Parameters	Eggplant		Cucumber		Tomato	
	Mean±SE	n	Mean±SE	n	Mean±SE	n
Adult longevity (day)	45.41±1.65 a	58	42.24±1.68 ab	75	39.06±1.73 b	68
Adult female longevity (day)	54.52±1.27 a	27	52.39±1.48 ab	33	50.32±0.89 b	28
Adult male longevity (day)	41.85±1.07 a	26	41.65±0.75 a	31	39.57±0.62 b	28
Adult preoviposition period (day)	1.07±0.09 b	27	1.09±0.08 b	31	1.43±0.1 a	28
Total preoviposition period (day)	22.63±0.18 c	27	24.73±0.26 b	31	26.54±0.24 a	28
Oviposition period (day)	23.96±0.08 a	27	15.27±0.78 b	31	15.71±0.73 b	28
Fecundity (egg/female)	233.93±8.2 a	27	156.73±5.01 b	31	129.39±4.66 c	28

Means followed by the same letters in each row are not significantly different (Paired bootstrap test, P<0.05).

در بین گیاهان میزبان، طولانی‌ترین دوره تخم‌گذاری *T. vaporariorum* در بادمجان ثبت شد (۲۳/۹۶±۰/۸ روز) که با مقادیر متناظر در خیار (CI: 6.148 & 10.861) و گوجه‌فرنگی (۶.۵۱۷ & ۱۰.۸۶۱) دارای اختلاف معنی‌دار است. Hosseini et al. (2015) مقدار این پارامتر را در گوجه‌فرنگی بین ۲۱/۷±۳/۸۱ تا ۳۳/۵±۲/۰۸ روز (بسته به سطوح نیتروژن) گزارش کردند که با مقدار محاسبه شده برای گیاه گوجه‌فرنگی در تحقیق حاضر (۱۵/۷۱±۰/۷۳) متفاوت است. همچنین Naeim Amini et al., (2021) مقدار این پارامتر را در خیار ۳/۰۶±۰/۲۲ روز برآورد کردند که با مقدار محاسبه شده در تحقیق حاضر برای گیاه خیار (۱۵/۲۷±۰/۷۸) تفاوت زیادی دارد.

در تحقیق حاضر، نسبت جنسی (ماده به کل جمعیت) سفیدبالک گلخانه در بادمجان، خیار و گوجه‌فرنگی بدون تفاوت معنی‌دار با یکدیگر، به ترتیب ۰/۴۴، ۰/۴۷ و ۰/۴۱ بود. در حالی که Greenberg et al., (2002) این نسبت را روی گوجه‌فرنگی ۰/۶۱ گزارش کردند. در روش محاسبه این مؤلفین، افرادی که پیش از بلوغ مرده بودند، در نظر گرفته نشدند. Campos et al. (2003) نسبت جنسی این آفت را در سویا ۰/۳۰ و در ارقام مختلف لوبیا بین ۰/۳۰ تا ۰/۶۰ برآورد کردند. (2015) Mirzamohammadzadeh et al. و (2021) Naeim Amini et al. نسبت جنسی *T. vaporariorum* را در خیار به میزان مشابهی به ترتیب ۱:۱ و ۰/۵±۰/۰۶ گزارش کردند. نسبت جنسی منشأ ژنتیکی ندارد و به احتمال زیاد مرتبط با نرخ تفریح، زنده‌مانی، جابجایی و کیفیت غذا است (Shapiro et al., 2009). نسبت جنسی سفیدبالک گلخانه در طول سال در حال تغییر است. در مزارع و در جمعیت‌های طبیعی، به ازای هر فرد نر دو فرد ماده وجود دارد. این موضوع ناقص نسبت جنسی ۱:۱ آفت نیست، زیرا یکی از دلایل زیاد بودن تعداد حشرات ماده نسبت به نر، می‌تواند طول عمر بیشتر ماده‌ها باشد (Byrne & Bellows, 1991). در این تحقیق بیشترین مرگ و میر سفیدبالک گلخانه در مرحله تخم و سن اول پورگی رخ داد. اگرچه میزبان‌های گیاهی مورد بررسی از نظر نرخ زنده‌مانی مراحل پیش از بلوغ سفیدبالک گلخانه با یکدیگر اختلاف معنی‌دار نداشتند، اما بالاترین مقدار این پارامتر در گیاه بادمجان ثبت شد (۹۱/۳۷ ± ۰/۰). (جدول ۳). در یک تحقیق van Sas et al. (1978) درصد مرگ و میر محاسبه شده مراحل نابالغ سفیدبالک گلخانه روی خیار، بادمجان و گوجه‌فرنگی را به ترتیب ۱، ۲ و ۱۲ درصد گزارش کردند. همچنین van de Merendonk & van Lenteren (1978) در بررسی گیاهان میزبان از نظر درصد مرگ و میر مراحل نابالغ، آنها را به صورت زیر مرتب کردند: بنت‌قنسل و فلفل شیرین، توتون، ژربرا، گوجه‌فرنگی، لوبیا، خربزه، خیار و بادمجان. به این معنی که بیشترین مرگ و میر مراحل نابالغ در «بنت قنسل و فلفل شیرین» و کمترین در «خیار و بادمجان» رخ داد. Greenberg et al. (2002) نرخ زنده‌مانی مراحل پیش از بلوغ سفیدبالک گلخانه را در گوجه‌فرنگی ۷۰/۳±۴/۳ و Zhang & Wan (2012) بین ۵۰/۹±۴/۴۴ تا ۵۸/۶۹±۴/۷۳ درصد و Hosseini et al. (2015) آن را بین ۲۹ تا ۵۲ درصد برآورد کردند که از نرخ زنده‌مانی محاسبه شده در این تحقیق کمتر است. علاوه بر تفاوت در بیوتیپ آفت؛ میزبان گیاهی و ساختار آزمایش نیز می‌تواند در متفاوت بودن نرخ زنده‌مانی مراحل پیش از بلوغ مؤثر باشد.

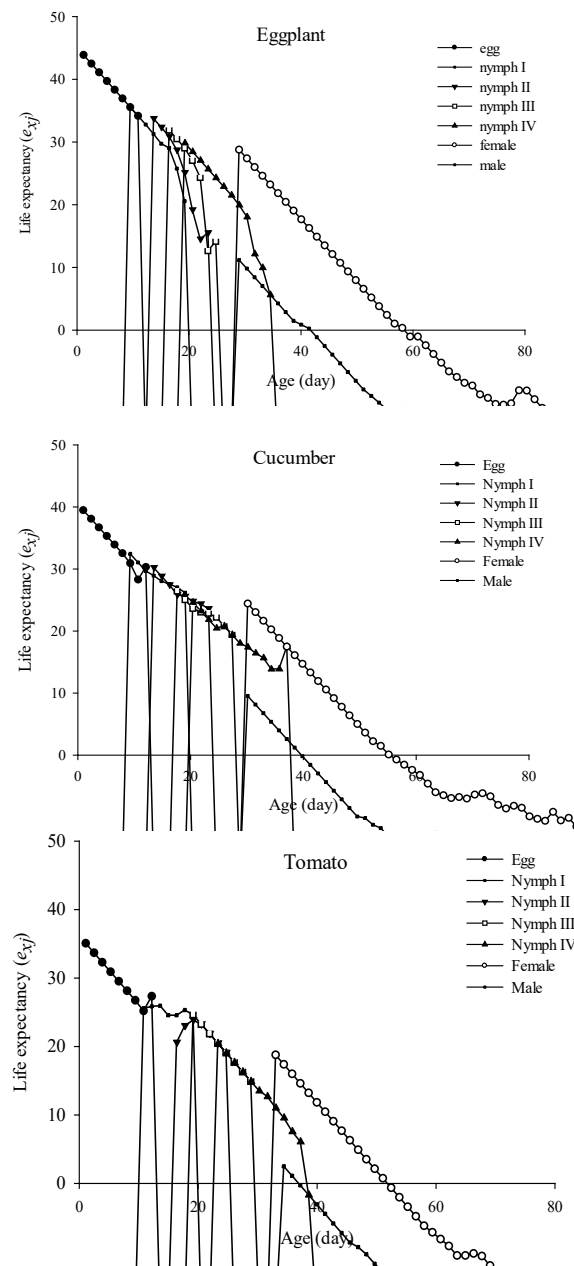
امید به زندگی ویژه سن- مرحله رشد (e_{xj}) یک فرد تازه متولد شده *T. vaporariorum* روی گیاهان بادمجان، خیار و گوجه‌فرنگی در شکل ۱ نمایش داده شده است که به ترتیب معادل ۴۵/۴۱، ۴۲/۲۴ و ۳۹/۰۶ روز است. این مقدار برای حشرات نر به ترتیب ۲۱/۸۵، ۲۰/۶۵ و ۱۵/۵۷ روز و برای حشرات ماده به ترتیب ۳۴/۵۲، ۳۱/۳۹ و ۲۷/۳۲ روز برآورد گردید.

جدول ۳- درصد مرگ و میر مرحله‌ای و نرخ زنده‌مانی مرحله پیش از بلوغ سفیدبالک گلخانه، *Trialeurodes vaporariorum* روی سه گیاه میزبان مختلف.

Table 3. Immature stage mortality and pre-adult survival rates of the greenhouse whitefly, *Trialeurodes vaporariorum* on three different host plants.

Developmental stages	Mortality (%)		
	Eggplant	Cucumber	Tomato
Egg	0	2.7	2.5
1 st instar	3.5	4	7.4
2 nd Instar	0	1.3	5.9
3 rd instar	5.2	2.7	0
4 th instar	0	4	1.5
Total	8.6	14.7	17.6
Pre-adult survival rate	0.91±0.37 a	0.85±0.04 a	0.82±0.046 a

Means followed by the same letters in the last row are not significantly different (Paired bootstrap test, $P < 0.05$).



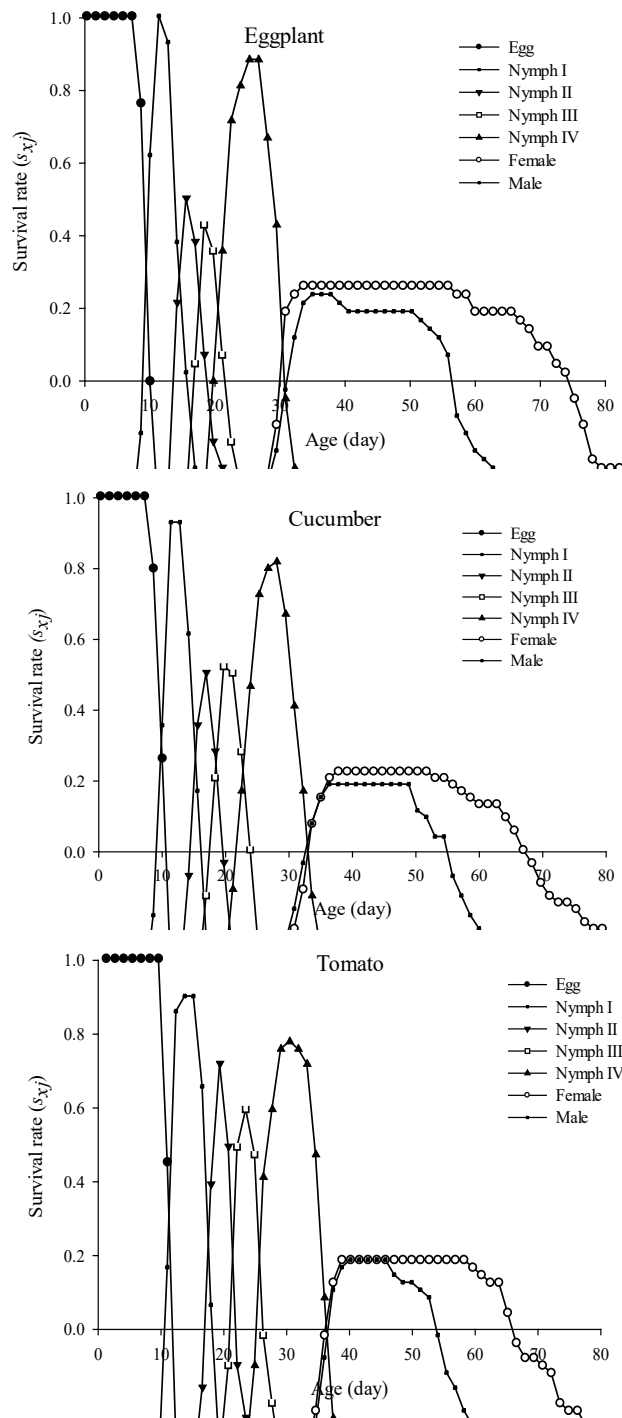
شکل ۱- امید به زندگی ویژه سن- مرحله سفیدبالک گلخانه، *Trialeurodes vaporariorum* روی سه میزبان گیاهی مختلف.

Fig. 1. Age- stage specific life expectancy (e_{xj}) of the greenhouse whitefly, *Trialeurodes vaporariorum* on three different host plants.

نرخ زنده‌مانی ویژه سن- مرحله (s_{xj}) در سه میزبان مورد بررسی در شکل ۲ نشان داده شده است. منحنی‌های نرخ زنده‌مانی نشان می‌دهد که در مجموع، جمعیت پرورش یافته روی بادمجان نسبت به دو میزبان دیگر نرخ زنده‌مانی بالاتری دارد، هرچند اختلاف در نرخ زنده‌مانی سفیدبالک گلخانه در میزبان‌های مورد

بررسی معنی‌دار نیست (جدول ۳). این اختلاف ناشی از دوره زندگی طولانی‌تر بالغین و درصد مرگ و میر پایین‌تر مراحل پیش از بلوغ سفیدبالک در بادمجان است.

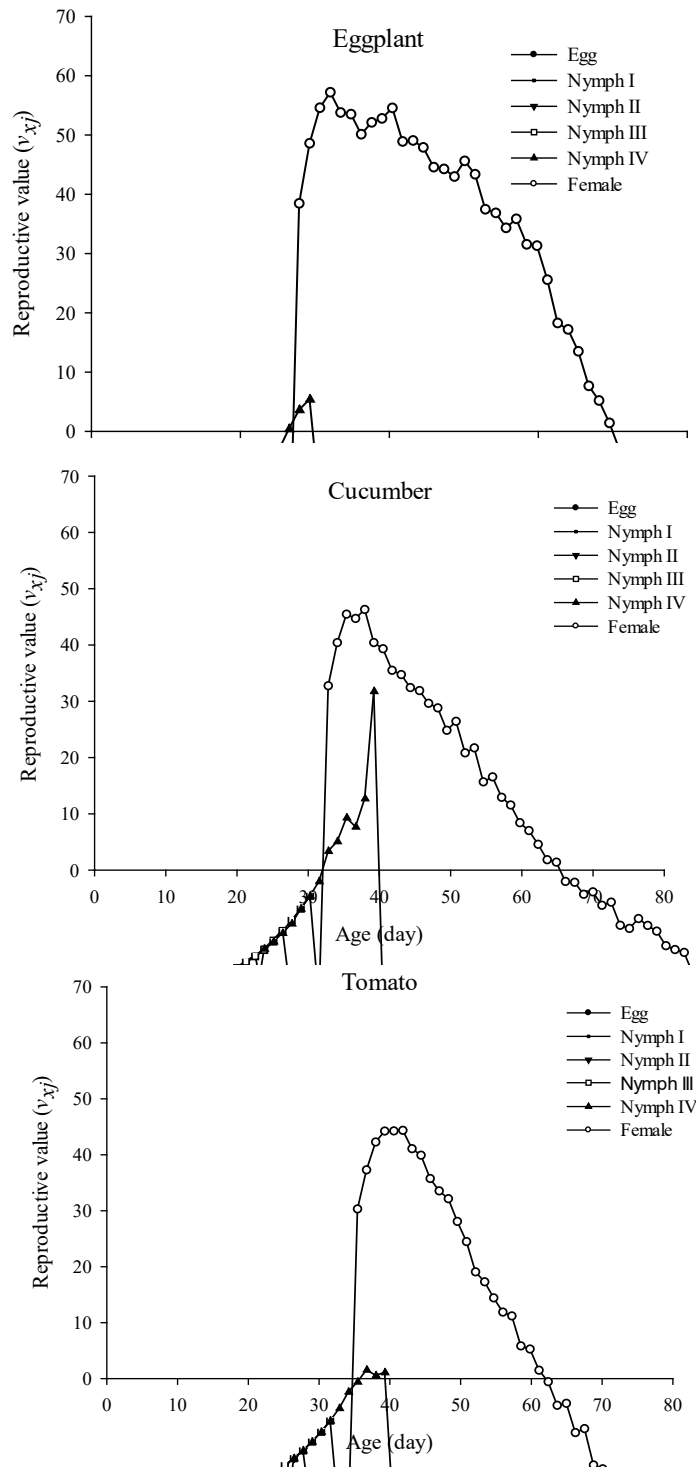
منحنی نرخ زنده‌مانی ویژه سن (I_x) (شکل ۲) ساده‌ترین توصیف از رابطه بین توزیع مرگ و سن را ارائه می‌کند (Southwood & Henderson, 2009). بر اساس منحنی مذکور، احتمال رسیدن افراد به سن ۲۰ روزگی در بادمجان، خیار و گوجه‌فرنگی به ترتیب ۹۸، ۹۵ و ۹۲ درصد است. در این منحنی، مرگ و میر در افراد جوان زیاد بوده و به تدریج با افزایش سن کاهش می‌یابد، اما با رسیدن به مرحله بلوغ و پیر شدن افراد، نرخ مرگ و میر مجدداً افزایش می‌یابد.



شکل ۲- نرخ زنده‌مانی ویژه سن - مرحله سفیدبالک گلخانه، *Trialeurodes vaporariorum* روی سه میزبان گیاهی مختلف.

Fig. 2. Age- stage specific survival rate (s_{xj}) of the greenhouse whitefly, *Trialeurodes vaporariorum* on three different host plants.

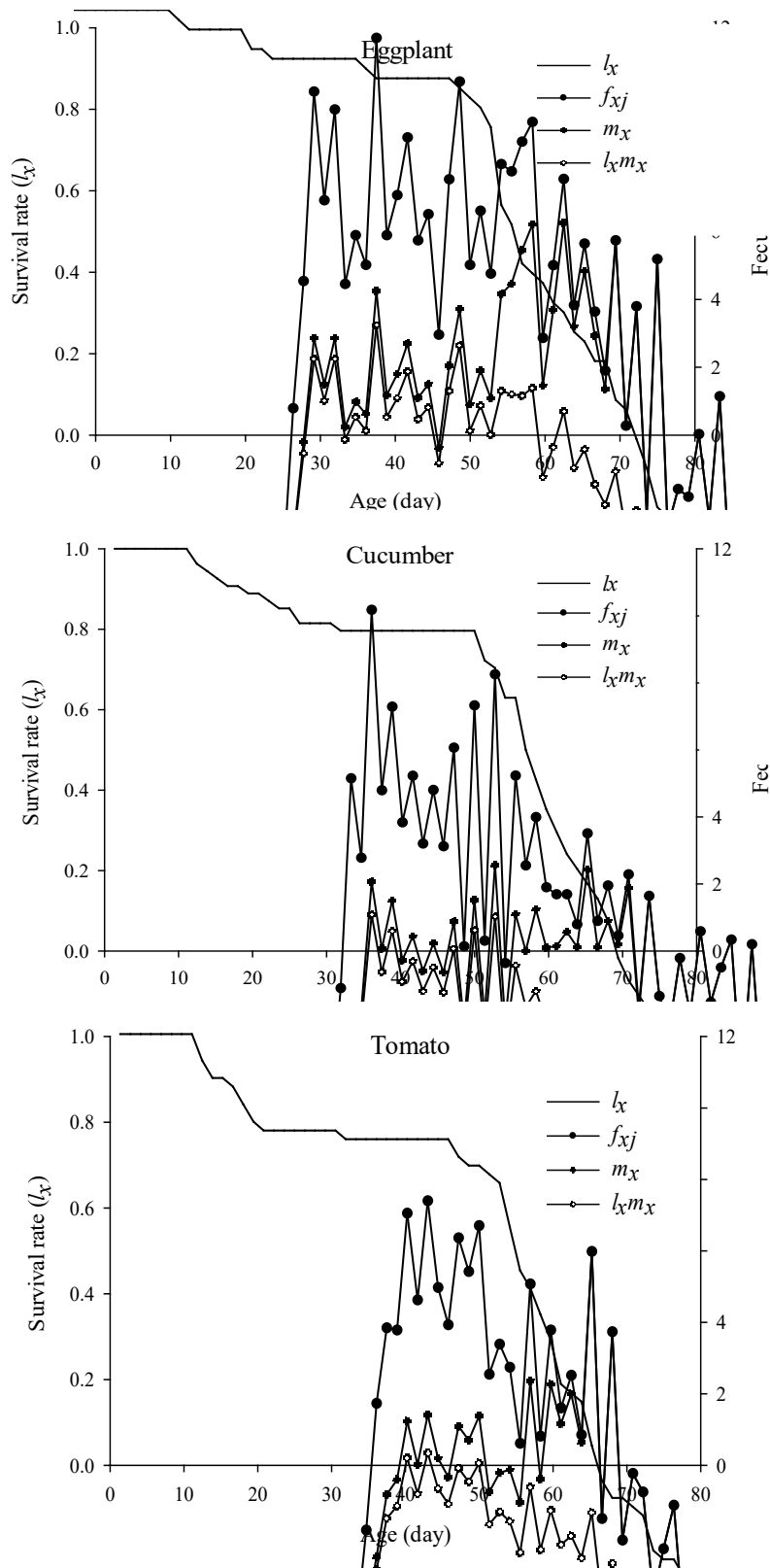
ارزش تولیدمثلی (Reproductive value) (v_{xy}) تعداد نتاجی است که انتظار می‌رود توسط یک فرد در سن x و مرحله y تولید شود. به عبارت دیگر سهم آن فرد (در سن x و مرحله y) را در جمعیت بعدی به صورت کمی نشان می‌دهد. بالاترین ارزش تولیدمثلی سفیدبالک گلخانه، *T. vaporariorum* در گوجه‌فرنگی، خیار و بادمجان در زمان ظهور حشره کامل ماده و به ترتیب ۵۵، ۵۵ و ۶۰ محاسبه شد. در هر سه گیاه میزبان، ارزش تولیدمثلی پس از نقطه حداکثر برای حشرات ماده به تدریج کاهش یافت تا به صفر رسید. مقادیر به‌دست آمده برای ارزش تولیدمثلی نشان می‌دهد که افراد ماده در گوجه‌فرنگی، خیار و بادمجان به ترتیب در سنین ۲۴، ۲۶ و ۲۳ روزگی بیشترین مشارکت را در تشکیل نسل آینده دارند. در هر سه میزبان گیاهی، حشره ماده سفیدبالک گلخانه بیش از ۵۰ درصد تخم‌های خود را در یک سوم ابتدایی عمر خود گذاشت (شکل ۳).



شکل ۳- ارزش تولیدمثلی (v_{xy}) سفیدبالک گلخانه، *Trialeurodes vaporariorum* روی سه میزبان گیاهی مختلف.

Fig. 3. The reproductive value (v_{xy}) of the greenhouse whitefly, *Trialeurodes vaporariorum* on three different host plants.

در شکل ۴ منحنی‌های باروری ویژه سن - مرحله زادآوری (f_{xj})، زادآوری ویژه سنی (m_x) و باروری ویژه سنی ($l_x m_x$) سفیدبالک گلخانه ارانه شده است. بر اساس منحنی مذکور، بیشترین میزان تخم تولید شده توسط سفیدبالک گلخانه در بادمجان، خیار و گوجه‌فرنگی در نیمه نخست زندگی و بالاترین باروری ویژه سن - مرحله (f_{xj}) به ترتیب در روزهای ۲۹، ۲۵ و ۲۹ با تولید ۱۱/۴، ۱۰/۷ و ۸/۷ تخم بر ماده می‌باشد.



شکل ۴- نرخ زنده‌مانی ویژه سن (l_x)، باروری ویژه سن - مرحله (f_{xj})، زادآوری ویژه سنی (m_x) و باروری ویژه سنی ($l_x m_x$) سفیدبالک گلخانه، *Trialeurodes vaporariorum* در سه میزبان گیاهی مختلف.

Fig. 4. Age- specific survival rate (l_x), age- stage specific fecundity (f_{xj}), age- specific fecundity (m_x) and age specific maternity ($l_x m_x$) of the greenhouse whitefly, *Trialeurodes vaporariorum* on three different host plants.

پارامترهای رشد جمعیت سفیدبالک گلخانه، *T. vaporariorum*. نتایج نشان داد که بین میزبان‌های گیاهی از نظر مقادیر به‌دست‌آمده برای نرخ ذاتی افزایش جمعیت (r) و نرخ متناهی افزایش جمعیت (λ) سفیدبالک گلخانه *T. vaporariorum* اختلاف معنی‌داری وجود دارد، به‌طوری‌که بیشترین مقدار پارامترهای اشاره شده در بادمجان و کمترین آنها در گوجه‌فرنگی ثبت شد (جدول ۴). با این وجود، تفاوت این پارامترها در گوجه‌فرنگی با مقادیر متناظر در خیار معنی‌دار نبود (CI: -2.691 & 2.610) و (CI: -2.393 & 2.310). پارامترهای جدول زندگی سفیدبالک گلخانه در بادمجان از جمله زادآوری بیشتر و نرخ زنده‌مانی بالاتر مراحل پیش از بلوغ، کوتاه‌تر بودن طول دوره پیش از بلوغ و طولانی‌تر بودن عمر بالغین می‌تواند در بالا بودن نرخ‌های ذاتی (r) و متناهی (λ) افزایش جمعیت آن روی این گیاه نسبت به دو گیاه دیگر مؤثر باشد.

میزبان‌های مورد بررسی از نظر نرخ ناخالص تولیدمثل (GRR) سفیدبالک گلخانه در سه گروه و بر اساس نرخ خالص تولیدمثل (R_0) در دو گروه جداگانه قرار گرفتند. بیشترین و کمترین نرخ خالص و ناخالص تولیدمثل به ترتیب در بادمجان و گوجه‌فرنگی ثبت شد (جدول ۴). بر اساس نتایج به‌دست آمده، اختلاف در میانگین مدت زمان نسل (T)، بین گوجه‌فرنگی و خیار (CI: 0.359 & 2.289) و گوجه‌فرنگی و بادمجان (CI: 1.075 & 2.688) معنی‌دار بود، اما مقادیر محاسبه شده برای این پارامتر در خیار و بادمجان با یکدیگر اختلاف معنی‌داری نداشتند (CI: -0.468 & 1.583). بر اساس نتایج به‌دست آمده، مدت زمان دو برابر شدن جمعیت (DT) سفیدبالک گلخانه در گوجه‌فرنگی، خیار و بادمجان به ترتیب ۵/۹، ۵/۴ و ۴/۸ روز بود.

(1991) Romanow *et al.* نرخ ذاتی افزایش جمعیت (r) سفیدبالک گلخانه را در دمای ۱۹ درجه سلسیوس و در گونه‌های مختلف جنس *Lycopersicon* بین ۰/۰۶۶۶ تا ۰/۰۹۷۴ (بر روز) گزارش کردند که از مقادیر محاسبه شده در این تحقیق کمتر است. احتمالاً تفاوت در دمای آزمایش و روش محاسبه از دلایل اختلاف در مقادیر گزارش شده می‌باشد. (2009) Manzano & van Lenteren پارامترهای رشد جمعیت سفیدبالک گلخانه را روی دو رقم لوبیا در دماهای مختلف بررسی کردند. مقادیر محاسبه شده برای r و R_0 در دمای ۲۲ درجه سلسیوس به ترتیب ۰/۰۶۱ (بر روز)، ۸/۳ (تخم بر ماده) و ۳۶/۱ (روز) بود. (2021) Naeim Amini *et al.* در مطالعه پارامترهای رشد جمعیت سفیدبالک گلخانه روی گیاه خیار نرخ‌های ناخالص (GRR) و خالص (R_0) تولیدمثل را به ترتیب ۳/۱۱ ± ۱۶/۵۸ و ۲/۲۷ ± ۱۲/۷۳ (ماده/ماده)، نرخ‌های ذاتی (r) و متناهی (λ) افزایش جمعیت را به ترتیب ۰/۰۰۶ ± ۰/۰۸۹ (ماده/ماده/روز) و ۱/۰۹۴ ± ۰/۰۰۱ (بر روز) و میانگین مدت زمان نسل (T) را ۲۸/۱۸ ± ۰/۳۷ (روز) برآورد کردند. به‌نظر می‌رسد تفاوت در نوع، ارزش غذایی و ترکیبات بیوشیمیایی میزبان‌های گیاهی دلیل اصلی اختلاف در مقادیر محاسبه شده در تحقیقات فوق در مقایسه با مقادیر متناظر در بررسی حاضر باشد.

میزان ازت، فسفر و پتاسیم موجود در برگ‌های گیاهان میزبان. نتایج حاصل از تجزیه واریانس میزان ازت، فسفر و پتاسیم موجود در اندام‌های هوایی گیاهان میزبان نشان داد که مقدار عناصر مذکور در گیاهان مورد بررسی متفاوت است. گیاهان میزبان از نظر میزان ازت و فسفر فاقد اختلاف معنی‌دار ($P < 0.0001$)؛ $F_{2,112} = 23/49$ ؛ $P = 0.0001$ ؛ برای ازت و $F_{2,112} = 3/31$ ؛ $P = 0.0714$ ؛ برای فسفر) و از نظر میزان پتاسیم دارای اختلاف معنی‌دار بودند ($P < 0.0001$)؛ فاقد اختلاف معنی‌دار بوده و در یک گروه قرار گرفتند (جدول ۵).

تحقیقات صورت گرفته در مورد تأثیر پتاسیم بر آفات و بیماری‌های گیاهی نشان‌دهنده تأثیر مثبت این عنصر بر جلوگیری از وقوع و پیشرفت بیماری‌های قارچی و باکتریایی در گیاهان و مقاومت گیاهان به حشرات آفت و کنه‌ها است (Amtmann *et al.*, 2008). دلایل متعددی برای مقاومت گیاهان دارای مقادیر بالاتر پتاسیم به آفات ذکر شده است. از جمله (2011) Marschner بیان کرد که حساسیت گیاهان دچار کمبود پتاسیم به آفات و بیماری‌های گیاهی به عدم سنتز ترکیبات با وزن ملکولی بالا (مانند پروتئین‌ها، نشاسته و سلولز) و تجمع ترکیبات با وزن ملکولی پایین (مانند قندهای قابل حل، اسیدهای ارگانیک، آمینواسیدها و نیترات‌ها) برمی‌گردد. همچنین (2007) Walter & Difonzo گزارش کردند که کمبود پتاسیم سبب افزایش غلظت اسیدآمینو آسپاراژین در آوند‌های آبکش، حذف محدودیت ازت و رشد بهتر جمعیت شته‌های تغذیه‌کننده از آوند آبکش در گیاه سویا شد.

جدول ۴- پارامترهای رشد جمعیت (\pm SE میانگین) سفیدبالک گلخانه، *Trialeurodes vaporariorum* روی سه گیاه میزبان مختلف (n: تعداد افراد).

Table 4. Population growth parameters (Mean \pm SE) of the greenhouse whitefly, *Trialeurodes vaporariorum* on three different host plants (n: number of individuals)

Parameters	Eggplant (n:58)	Cucumber (n:75)	Tomato (n:68)
	Mean \pm SE	Mean \pm SE	Mean \pm SE
r (day ⁻¹)	0.144 \pm 0.005 a	0.128 \pm 0.005 b	0.118 \pm 0.005 b
λ (day ⁻¹)	1.155 \pm 0.006 a	1.137 \pm 0.005 b	1.125 \pm 0.005 b
GRR (female/female)	180.35 \pm 15.28 a	135.86 \pm 10.13 b	104.06 \pm 7.90 c
R_0 (female/female)	108.90 \pm 15.76 a	68.96 \pm 9.22 b	57.35 \pm 8.53 b
T (day)	32.52 \pm 0.32 b	33.08 \pm 0.42 b	34.40 \pm 0.26 a

Means followed by the same letters in each row are not significantly different (Paired bootstrap test, $P < 0.05$).

جدول ۵- میانگین (\pm SE) میزان ازت، فسفر و پتاسیم موجود در برگ‌های سه گیاه میزبان بادمجان، خیار و گوجه‌فرنگی.

Table 5. Mean (\pm SE) percentage of nitrogen, phosphorus and potassium in the leaves of three host plants, eggplant, cucumber and tomato.

Host plant	Nitrogen (%)	Phosphorus (%)	Potassium (%)
	Mean \pm SE	Mean \pm SE	Mean \pm SE
Eggplant	2.43 \pm 0.197 a	0.58 \pm 0.066 a	3.00 \pm 0.138 b
Cucumber	3.26 \pm 0.178 a	0.87 \pm 0.165 a	2.87 \pm 0.168 b
Tomato	3.18 \pm 0.197 a	0.35 \pm 0.007 a	6.10 \pm 0.407 a

Means followed by the same letters in each column are not significantly different (Tukey test; $P < 0.05$)

مشخص شده است که پتاسیم دارای نقش‌های مهم و متعددی در گیاه است که اهم آنها عبارتند از: افزایش بازدهی کودهای ازته، تشکیل و انتقال نشاسته، قند و چربی؛ ساخت پروتئین، تعادل بار الکتریکی غشاهای سلولی، فعال‌سازی آنزیم‌ها، افزایش تعداد و قطر دسته‌های آوندی، افزایش خاصیت انبارداری و افزایش مقاومت گیاه در برابر تنش‌های محیطی مانند سرمازدگی، شوری و خشکی و مقاومت در برابر آفات و بیماری‌های گیاهی. گیاهانی نظیر یونجه، پیاز، گوجه‌فرنگی و سیب‌زمینی به میزان پتاسیم بیشتری نیاز دارند (Malakouti, 2014). در تحقیق حاضر نیز مشاهده شد که علیرغم آنکه هر سه گیاه میزبان از رژیم غذایی یکسانی بهره می‌بردند، اما به‌طور معنی‌داری مقدار عنصر پتاسیم در بافت‌های گوجه‌فرنگی از دو میزبان دیگر بیشتر بود. حساسیت کمتر گوجه‌فرنگی نسبت به سفیدبالک گلخانه و پایین‌تر بودن مقدار نرخ ذاتی افزایش جمعیت (r) آفت روی این گیاه در مقایسه با دو گیاه دیگر می‌تواند به دلیل میزان پتاسیم بیشتر در گیاه گوجه‌فرنگی باشد.

McDaniel et al. (2016) گزارش کردند در گوجه‌فرنگی وحشی یک مکانیسم مقاومت ژنتیکی دوتایی در برابر سفیدبالک *T. vaporariorum* وجود دارد که مبتنی بر ساختار فلوئم است و باعث می‌شود آفت روی گونه وحشی دوره تغذیه کوتاه‌تر، دوره گرسنگی و فاصله بین دو پروب طولانی‌تر و فعالیت‌های غیر پروب بیشتری داشته باشد، در نتیجه نسبت به گونه تجاری تعداد تخم کمتری بگذارد. وجود عناصری مانند پتاسیم، کلسیم و سیلیس می‌تواند باعث استحکام دیواره سلولی و افزایش مقاومت گیاه در برابر حمله گیاه‌خواران مکنده باشد.

بر اساس گزارش Bagheri et al. (2018) تراکم تریکوم در سطح زیرین برگ‌های گوجه‌فرنگی (رقم Hilario) $55/5 \pm 1/9$ عدد در میلی‌متر مربع و به طول $0/17 \pm 0/16$ میلی‌متر؛ در خیار (رقم Ever green) $28/2 \pm 0/64$ عدد در میلی‌متر مربع و به طول $1/1 \pm 0/05$ میلی‌متر و در بادمجان (رقم Lango) $94/4 \pm 3/28$ عدد در میلی‌متر مربع و به طول $0/8 \pm 0/04$ میلی‌متر است. با این توضیح که تریکوم‌های خیار و بادمجان از نوع ساده و تریکوم‌های گوجه‌فرنگی ترکیبی از تریکوم‌های ساده و غده‌ای هستند. در تحقیق حاضر نیز مشاهده شد که گیاهان بادمجان و خیار با داشتن تریکوم‌های متراکم و طولی، نسبت به گوجه‌فرنگی میزبان مناسب‌تری برای سفیدبالک گلخانه هستند. Neiva et al. (2013) نیز گزارش کردند که حشرات بالغ سفیدبالک *B. tabaci* برای تخم‌گذاری به گونه‌هایی از *Lycopersicon* که تریکوم‌های غده‌ای در سطوح رویی و زیرین برگ‌های آن متراکم‌تر بوده و غنی از آلکومیکال‌های 2-Zingiberene و Tridecanone هستند، کمتر جلب می‌شوند و پوره‌های آنها دارای نرخ زنده‌مانی پایین‌تری هستند. Cetintas & McAuslane (2009) نیز نشان دادند که حشرات ماده سفیدبالک *B. tabaci* ترجیح معنی‌داری برای تخم‌گذاری روی ارقام تریکوم‌دار پنبه نسبت به ارقام بدون تریکوم از خود نشان می‌دهند و به همان نسبت نیز جمعیت پوره‌های آفت روی ارقام تریکوم‌دار بیشتر است. همچنین Hasanuzzaman et al., (2016) گزارش کردند که بین تراکم و طول تریکوم‌های برگ گیاه بادمجان با تعداد تخم و حشرات بالغ سفیدبالک *B. tabaci* یک رابطه‌ی مستقیم و مثبت وجود دارد.

به‌طور کلی گیاهان از تریکوم به‌عنوان یک دفاع مرفولوژیکی در برابر گیاه‌خواران استفاده می‌کنند. تریکوم‌های غده‌ای می‌توانند با ترشح مواد شیمیایی چسبناک سبب دور کردن، اختلال در حرکت و حتی به دام انداختن حشرات و کنه‌ها شوند که نتیجه آن مرگ ناشی از گرسنگی و از دست دادن رطوبت است. تریکوم‌های غیر غده‌ای نیز می‌توانند با به‌دام انداختن بندپایان، اختلال در تغذیه و زخمی کردن بدن آنها هنگام حرکت در سطح برگ روی فعالیت و نشوونمای آنها تأثیر بگذارند (Riddick & Simmons, 2014). در حالی که تریکوم‌های غیرغده‌ای ارائه‌کننده دفاع مکانیکی گیاه مبتنی بر مکانیسم آنتی‌زنوز هستند، جنبه آنتی‌بیوزی تریکوم‌های غده‌ای مبتنی بر دفاع شیمیایی گیاهان در برابر گیاه‌خواران است که سبب کاهش زنده‌مانی، افزایش مرگ و میر و کاهش طول عمر آفت می‌شود (Simmons & Gurr, 2005). از سوی دیگر van der Kamp & van Lenteren (1981) گزارش کردند که سرعت رشد جمعیت سفیدبالک گلخانه *T. vaporariorum* در چهار گیاه میزبان خیار، گوجه‌فرنگی، بادمجان و فلفل شیرین به‌طور معنی‌داری با یکدیگر متفاوت است، به‌طوری‌که سرعت رشد جمعیت در بادمجان و خیار سریع، در گوجه‌فرنگی آهسته و در فلفل شیرین بسیار آهسته است. اما مؤلفین نتوانستند بین سرعت رشد جمعیت آفت و خصوصیات مرفولوژیکی گیاهان میزبان مانند تراکم و الگوی پراکنش تریکوم‌ها، طول سلول‌های اپیدرمی گیاهان میزبان و طول رگبرگ‌ها در واحد سطح ارتباط مستقیمی پیدا کنند. آنها احتمال دادند که در حساسیت گیاهان میزبان به آفت، ترکیبات شیمیایی موجود در فلوئم نقش مهمتری نسبت به وجود موانع فیزیکی داشته باشند.

نتیجه‌گیری

گیاهان میزبان مختلف می‌توانند پارامترهای زیستی و رشد جمعیت آفات را تحت تأثیر قرار دهند. بررسی‌های محققین مختلف نشان می‌دهد که اغلب پارامترهای رشد جمعیت *T. vaporariorum* به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر گیاهان میزبان مختلف قرار می‌گیرند. تحقیق حاضر نشان داد که گیاه بادمجان در مقایسه با دو گیاه میزبان دیگر برای نشوونما و افزایش جمعیت سفیدبالک گلخانه مناسب‌تر است و در مقابل، گیاه گوجه‌فرنگی مطلوبیت کمتری را نسبت به دو گیاه دیگر نشان داد. عواملی مانند تراکم، طول و نوع تریکوم‌های برگ، همچنین ترکیبات شیمیایی موجود در اندام‌های هوایی گیاهان میزبان می‌توانند در این امر مؤثر باشند. برای درک بهتر روابط بین این گیاهان، سفیدبالک گلخانه و دشمنان طبیعی آن، ضروری است مطالعات بیشتری صورت گیرد.

سپاسگزارى

این مقاله براساس بخشی از نتایج حاصل از اجرای رساله دکتری نویسنده اول در دانشگاه محقق اردبیلی و اجرای پروژه تحقیقاتی شماره ۹۲۱۷۲-۱۶-۳۸-۲ سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی تهیه و تدوین شده است. بدینوسیله از این دانشگاه و مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان به‌خاطر در اختیار گذاشتن امکانات لازم برای اجرای این تحقیق تشکر و قدردانی می‌شود.

REFERENCES

- Akca, E., Ayvaz, T., Yazici, E., Smith, C. & Chi, H. (2015) Demography and population projection of *Aphis fabae* (Hemiptera: Aphididae): with additional comments on life table research criteria. *Journal of Economic Entomology* 108(4): 1466-1478. <https://doi.org/10.1093/jee/tov187>.
- Amtmann, A., Troufflard, S. & Armengaud, P. (2008) The effect of potassium nutrition on pest and disease resistance in plants. *Physiologia Plantarum* 133(4): 682-691. <https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.2008.01075.x>.
- Anonymous (2021) Agricultural Statistics Letters, Horticultural Products. Vol. 1, 95 pp. Office of Statistics and Information Technology, Ministry of Jihad-Agriculture, Tehran, Iran.
- Bagheri, M. R., Hassanpour, M., Golizadeh, A. & Farrokhi, S. (2018) Functional Response of *Encarsia formosa* (Hymenoptera: Aphelinidae) to different densities of *Trialeurodes vaporariorum* (Hemiptera: Aleyrodidae) nymphs on three host plants. *Journal of Entomological Society of Iran* 88(1): 99-115. <https://doi.org/10.22117/JESI.2018.116591.1166>.
- Byrne, D. N. & Bellows Jr., T. S. (1991) Whitefly biology. *Annual Review of Entomology* 36(1): 431-457.
- Campos, O. R., Crocorno, W. B. & Labinas, A. M. (2003) Comparative biology of the whitefly *Trialeurodes vaporariorum* (West.) (Hemiptera-Homoptera: Aleyrodidae) on soybean and bean cultivars. *Neotropical Entomology* 32(1):133-138. <https://doi.org/10.1590/S1519-566X2003000100020>.
- Capinera, J. L. (2008) Greenhouse whitefly, *Trialeurodes vaporariorum* (westwood) (Hemiptera: Aleyrodidae). *Encyclopedia of Entomology*. Springer, Netherland, pp. 1723-1726.
- Cetintas, R. & McAuslane, H. (2009) Effectiveness of parasitoids of *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) on cotton cultivars differing in leaf morphology. *Florida Entomologist* 92(4): 538-547.
- Chi, H. (1998) Life table analysis incorporating both sexes and variable development rates among individuals. *Environmental Entomology* 17: 26-34. <https://doi.org/10.1093/ee/17.1.26>.
- Chi, H. (2015) TWSEX-MSChart: a computer program for the population projection based on age-stage, two sex life table (<http://quarantine.entomol.nchu.edu.tw/ecology/Download/TWSEX-MSChart.rar>).
- Chi, H., & Su, H. (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. <https://doi.org/10.1603/0046-225X-35.1.10>.
- Curry, J. & Pimentel, D. (1971) Life cycle of the greenhouse whitefly, *Trialeurodes vaporariorum* and population trends of the whitefly and its parasite, *Encarsia formosa* on two tomato varieties. *Annals of the Entomological Society of America* 64(5): 1188-1190. <https://doi.org/10.1093/aesa/64.5.1188>.
- Efron, B. & Tibshirani, R. J. (1993) *An introduction to the bootstrap*. Chapman and Hall, New York, USA.
- Emami, A. (1996) *Methods of plant decomposition* (in Persian). Publication number 982 (1). Publications of Agricultural Research, Education and Extension Organization, Soil and Water Research Institute.
- Gerling, D. (1990) *Whiteflies: their bionomics, pest status and management*. Intercept Limited, Andover, UK.
- Gholami Moghaddam, S., Hosseini, M., Modarres Awal, M. & Allahyari, H. (2013) Effect of leaf surface characteristics of wheat cultivars on functional response of *Orius albidipennis* (Reuter) to barely aphid *Sipha maydis* (Passerini). *Biological Control of Pests and Plant Diseases* 1(2):73-85. <https://doi.org/20.1001.1.23222883.1391.1.2.1.0>.
- Goodman, D. (1982) Optimal life histories, optimal notation, and the value of reproductive value. *American Naturalist* 119(6): 803-823.
- Greenberg, S. M., Jones, W. A. & Liu, T. X. (2002) Interactions among two species of *Eretmocerus* (Hymenoptera: Aphelinidae), two species of whiteflies (Homoptera: Aleyrodidae), and tomato. *Environmental Entomology* 31(2): 397-402. <https://doi.org/10.1603/0046-225X-31.2.397>.
- Gregory, P., Ave, D. A., Bouthyette, P. Y., Tingey, W. M., Juniper, B. & Southwood, S. R. (1986) Insect-defensive chemistry of potato glandular trichomes. In: Juniper, B., Southwood, R. (eds.). *Insects and the plant surface*, Edward Arnold Publication, UK. pp.173-183.
- Hasanuzzaman, A. T. M., Islam, M. N., Zhang, Y., Zhang, C. Y. & Liu, T. X., (2016) Leaf morphological characters can be a factor for intra-varietal preference of whitefly *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) among eggplant varieties. *PloS one* 11(4), p.e0153880. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0153880>.
- Hosseini, R. S., Madadi, H., Hosseini, M., Delshad, M. & Dashti, F. (2015) Nitrogen in hydroponic growing medium of tomato affects the demographic parameters of *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) (Hemiptera: Aleyrodidae). *Neotropical Entomology* 44(6): 643-650.
- Jauset, A. M., Sarasua, M. J., Avilla, J. & Albajes, R. (2000) Effect of nitrogen fertilization level applied to tomato on the greenhouse whitefly. *Crop Protection* 19(4): 255-261. [https://doi.org/10.1016/S0261-2194\(00\)00016-8](https://doi.org/10.1016/S0261-2194(00)00016-8).
- Jones, D. R. (2003) Plant viruses transmitted by whiteflies. *European Journal of Plant Pathology* 109(3):195-219.

- Madadi, H., Enkegaard, A., Brodsaard, H., Kharrazi-Pakdel, A., Mohaghegh, J. & Ashouri, A.** (2007) Host plant effects on the functional response of *Neoseiulus cucumeris* to onion thrips larvae. *Journal of Applied Entomology* 131: 728-733. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0418.2007.01206.x>.
- Malakouti, M. J.** (2014) *Optimum recommendation of fertilizer consumption for agricultural products in Iran* (in Persian). Mobbaleghan Press, 348pp.
- Manzano, M. R. & van Lenteren, J. C.** (2009) Life history parameters of *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood)(Hemiptera: Aleyrodidae) at different environmental conditions on two bean cultivars. *Neotropical Entomology* 38(4): 452-458. <https://doi.org/10.1590/S1519-566X2009000400002>.
- Manzari, S. & Fathipour, Y.** (2021) Whiteflies. In: Omkar, S. (eds.) *Polyphagous Pests of Crops*. Springer, Singapore, pp: 183-230.
- Marschner, H.** (2011) *Marschner's mineral nutrition of higher plants*. Academic press. 651pp.
- McDaniel, T., Tosh, C. R., Gatehouse, A. M., George, D., Robson, M. & Brogan, B.** (2016) Novel resistance mechanisms of a wild tomato against the glasshouse whitefly. *Agronomy for Sustainable Development* 36(1): 1-11.
- Mirzamohammadzadeh, S., Iranipour, S., Lotfalizadeh, H. & Jafarloo, M.** (2015) Biological parameters of *Trialeurodes vaporariorum* (Hem.: Aleyrodidae) in four greenhouse cucumber cultivars. *Journal of Entomological Society of Iran* 34(4), pp.53-67.
- Mound, L. & Halsey, S.** (1978) *Whitefly of the world: A systematic catalogue of the Aleyrodidae (Homoptera) with host plant and natural enemy data*. John Wiley and Sons, UK., 340 pp.
- Naeim Amini, S., Golizadeh, A., Tafaghodinia, B., Razmjou, J. & Abbasipour, H.** (2021) Interaction between host plant morphological characteristics with life history of the greenhouse whitefly *Trialeurodes vaporariorum*. *Arthropod-Plant Interactions* 15(6), pp.875-885.
- Neiva, I. P., Andrade Júnior, V. C. D., Maluf, W. R., Oliveira, C. M. & Maciel, G. M.** (2013) Role of allelochemicals and trichome density in the resistance of tomato to whitefly. *Ciência e Agrotecnologia* 37(1): 61-67. <https://doi.org/10.1590/S1413-70542013000100007>
- Pedley, R. I. F.** (2010) Comparative studies of three aphelinid parasitoids of *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) (Hemiptera: Aleyrodidae) with emphasis on *Eretmocerus eremicus* Rose and Zolnerowich: M.Sc. Thesis, Massey University, Palmerston North, New Zealand. <http://hdl.handle.net/10179/2760>.
- Prijović, M., Marčić, D., Drobnjaković, T., Medo, I. & Perić, P.** (2013) Life history traits and population growth of greenhouse whitefly (*Trialeurodes vaporariorum* Westwood) on different tomato genotypes. *Pesticides and Phytomedicine* 28(4): 239-245. <https://doi.org/10.2298/pif.v28i4.5034>.
- Riddick, E. W. & Simmons, A. M.** (2014) Do plant trichomes cause more harm than good to predatory insects? *Pest Management Science* 70(11): 1655-1665. <https://doi.org/10.1002/ps.3772>.
- Romanow, L. R., de Ponti, O. M. B. & Mollema, C.** (1991) Resistance in tomato to the greenhouse whitefly: analysis of population dynamics. *Entomologica Experimentalis et Applicata* 60: 247-259. <https://doi.org/10.1111/j.1570-7458.1991.tb01545.x>.
- Sarrafi Moayeri, H., Ashouri, A., Brodsgaard, H. F. & Enkegaard, A.** (2006) Odour-mediated preference and prey preference of *Macrolophus caliginosus* between spider mites and green peach aphids. *Journal of Applied Entomology* 130(9-10):504-508. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0418.2006.01094.x>.
- Shahbazvar, N., Sahragard, A., Hosseini, R. & Hajizadeh, J.** (2011) A preliminary study on adult characters of whiteflies (Hem.: Aleyrodidae). *Entomofauna, Zeitschrift Fur Entomologie* 32(30): 413-420.
- Shapiro, J., Shirk, P., Reitz, S. & Koenig, R.** (2009) Sympatry of *Orius insidiosus* and *O. pumilio* (Hemiptera: Anthocoridae) in north central Florida. *Florida Entomologist* 92(2): 362-366. <https://www.jstor.org/stable/40205380>.
- Simmons, A. T. & Gurr, G. M.** (2005) Trichomes of *Lycopersicon* species and their hybrids: effects on pests and natural enemies. *Agricultural and Forest Entomology* 7(4): 265-276. <https://doi.org/10.1111/j.1461-9555.2005.00271.x>.
- Smucker, M., Allan, J. & Cartertte, B.** (2007) *A comparison of statistical significance tests for information retrieval evaluation*. Proceedings of the Sixteenth ACM Conference on Information and Knowledge Management. Lisbon, Portugal, 623-632.
- Southwood, T. & Henderson, A.** (2009) *Ecological methods*. 3rd ed. Blackwell Science Ltd. Oxford. UK., 574 pp.
- van de Merendonk, S. & van Lenteren, J.** (1987) Determination of mortality of greenhouse whitefly *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) (Homoptera: Aleyrodidae) eggs, larvae and pupae on four host-plant species: eggplant (*Solanum melongena* L.), cucumber (*Cucumis sativus* L.), tomato (*Lycopersicon esculentum* L.) and paprika (*Capsicum annum* L.) [biological control by *Encarsia formosa* (Hymenoptera: Aphelinidae)]. 30th International Symposium on Crop Protection, Gent (Belgium).
- van der Kamp, R. & van Lenteren, J.** (1981) The parasite-host relationship between *Encarsia formosa* (Hymenoptera, Aphelinidae) and *Trialeurodes vaporariorum* (Homoptera, Aleyrodidae). *Journal of Applied Entomology* 92(1-5): 149-159.

- van Lenteren, J. & Noldus, L.** (1990) Whitefly-plant relationships: *behavioral and ecological aspects*. In: Gerling, D. (eds.). *Whiteflies, their bionomics, pest status and management*, Intercept Wimborne, U.K., pp: 47-89.
- van Sas, J., Woets, J. & van Lenteren, J. C.** (1978) Determination of host-plant quality of gherkin (*Cucumis sativus* L.), melon (*Cucumis melo* L.) and gerbera (*Gerbera jamesonii* Hook) for the greenhouse whitefly, *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) (Homoptera: Aleyrodidae). *Mededelingen van de faculteit Landbouwwetenschappen Rijksuniversiteit Gent* 43: 409-420.
- Walter, A. J. & Difonzo, C. D.** (2007) Soil potassium deficiency affects soybean phloem nitrogen and soybean aphid populations. *Environmental Entomology* 36(1): 26-33. [https://doi.org/10.1603/0046-225X\(2007\)36\[26:SPDASP\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1603/0046-225X(2007)36[26:SPDASP]2.0.CO;2).
- Zaini, M. R.** (2005) Biology, distribution and effect of selected insecticides against whitefly (*Trialeurodes vaporariorum* Westwood and *Bemisia tabaci* Gennadius) on brinjal (*Solanum melongena* L.) Ph.D. dissertation, Universiti Teknologi Mara. <https://ir.uitm.edu.my/id/eprint/4321>.
- Zhang, G. F. & Wan, F. H.** (2012) Suitability changes with host leaf age for *Bemisia tabaci* B biotype and *Trialeurodes vaporariorum*. *Environmental Entomology* 41(5): 1125-1130. <https://doi.org/10.1603/EN11288>.

Biological and age–stage, two-sex life table parameters of greenhouse whitefly, *Trialeurodes vaporariorum* (Hemiptera: Aleyrodidae) on three important greenhouse crops

Mohammad Reza Bagheri¹ , Mahdi Hassanpour² , Ali Golizadeh²  & Shahram Farrokhi³ 

1. Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Agricultural and Natural Resources Research and Education Center of Isfahan, Plant Protection Research Department, Isfahan, Iran

✉ bagheri_mr@yahoo.com

 <https://orcid.org/0000-0002-5819-7147>

2. University of Mohaghegh Ardabili, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Department of Plant Protection, Ardabil, Iran

✉ hassanpour@uma.ac.ir

 <https://orcid.org/0000-0002-5409-428X>

✉ golizadeh@uma.ac.ir

 <https://orcid.org/0000-0002-4003-9343>

3. Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Iranian Research Institute of Plant Protection, Biological Control Research Department, Tehran, Iran

✉ shahram.farrokhi@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0002-3056-0610>

Article History

Received: 12 November 2022 | Accepted: 9 December 2022 | Subject Editor: Yaghoob Fathipour

Abstract

Greenhouse whitefly, *Trialeurodes vaporariorum* is one of the most important pests of greenhouse crops throughout the world. In this research, biology and life table parameters of this pest were studied on eggplant, cucumber and tomato plants at 25 ± 2 °C, $65\pm 10\%$ RH and a photoperiod of 16:8 h(L:D) based on age-stage, two-sex life table procedure. The means were estimated using Bootstrap method with 100000 replicates. Based on the obtained results, there was a significant difference between the average of all biological parameters of the pest and the average of all the pest population growth parameters on the three host plants. Results showed that, pre-adult developmental time of the pest were 21.87 ± 0.17 , 23.34 ± 0.19 and 25.37 ± 0.15 days; female longevity were 32.96 ± 1.24 , 28.76 ± 1.4 and 25.21 ± 0.92 days; and female fecundity were estimated to be 233.93 ± 8.2 , 156.73 ± 5.01 and 129.39 ± 4.66 egg/female on eggplant, cucumber and tomato plants, respectively. Intrinsic rate of increase (r) and net reproduction rate (R_0) of the pest on three mentioned plants were 0.144 ± 0.005 , 0.128 ± 0.005 and 0.118 ± 0.005 (d^{-1}), and 108.90 ± 15.76 , 68.96 ± 9.22 and 57.35 ± 8.53 (female/female/generation), respectively. Overall, in this study eggplant in compared with two other plants, was more appropriate host plant for developing and increase of the greenhouse whitefly population.

Key words. Age-stage two-sex life table, greenhouse whitefly, host plant, population growth parameters.

Corresponding Author: Mohammad Reza Bagheri (E-mail: bagheri_mr@yahoo.com)

Citation: Bagheri, M.R., Hassanpour, M., Golizadeh, A. and Farrokhi, S. (2022) Biological and age–stage, two-sex life table parameters of greenhouse whitefly, *Trialeurodes vaporariorum* (Hemiptera, Aleyrodidae) on three important greenhouse crops. *J. Entomol. Soc. Iran*, 42 (2), 157-171. <https://doi.org/10.52547/jesi.42.2.4>