تحقیقات آفات گیاهی

علمی پژوهشی ۱۴۰۳ -۱۴(۴): ۳۱-۴۴	https://doi.org/10.22124/iprj.2025.28597.1597	pISSN:2322-2409 eISSN: 2538-6123

OPEN ACCESS

تاثیر زمان و ارتفاع تابش اشعه UV-C بر سفیدبالک گلخانه *Trialeurodes vaporariorum* و زنبور پارازیتوئید آن *Encarsia formosa*

سمانه نیک اختر[۱]
https://orcid.org/0000-0002-4151-6893
شهرام آرمیده[*۲]
https://orcid.org/0000-0003-4220-6165
گلناز عبداللهی[۳]
https://orcid.org/0009-0009-9463-6467
۱، ۲ و ۳ - گروه گیاهپزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران
عباس حسین زاده[۴]
https://orcid.org/0000-0003-1951-0214
۴- گروه گیاه‌پزشکی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد مهاباد، مهاباد، ایران

چکیده: تحقیق حاضر به منظور ارزیابی تاثیر ارتفاع و زمان‌های مختلف پرتودهی اشعه UV-C روی مرحله تخم و پوره سن سوم سفیدبالک گلخانه *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) و میزان تخم‌ریزی و نرخ ظهور زنبور پارازیتوئید *Encarsia formosa* Gahan طراحی شد. در این مطالعه چهار زمان و سه ارتفاع مختلف برای پرتودهی انتخاب شدند. نتایج تجزیه واریانس نشان داد بین دو عامل زمان و ارتفاع‌های مختلف پرتودهی روی تلفات تخم و پوره سفیدبالک اثر متقابل وجود ندارد، اما تاثیر آن‌ها به صورت مجزا معنی‌دار شد. تلفات تخم و همچنین پوره سن سوم سفیدبالک با افزایش زمان و کاهش ارتفاع پرتودهی افزایش یافت، ولی به طور برعکس ظهور زنبور پارازیتوئید از پوره‌های سن سوم سفیدبالک پارازیته-پرتودهی‌شده با افزایش زمان و کاهش ارتفاع پرتودهی کاهش یافت. ارزیابی ترجیح تخم‌ریزی زنبور *E. formosa* به روش انتخابی و غیرانتخابی نتایج نشان داد اختلاف معنی‌داری بین دو گروه پوره‌های پرتودهی شده با تیمار شاهد وجود ندارد، اما ظهور زنبور *E. formosa* به طور معنی‌داری تحت تاثیر قرار گرفت و بیشترین ظهور در تیمارهای پرتو ندیده مشاهده شد. همچنین در بررسی اثر ارتفاع‌های مختلف پرتودهی به مدت ۷۲ ساعت روی شاخص کلروفیل برگ لوبیا چیتی، اختلاف معنی‌داری بین شاخص کلروفیل تیمارها با شاهد مشاهده نشد. بنابراین، در استفاده از زنبور پارازیتوئید *E. formosa* و اشعه UV-C در کنترل تلفیقی این آفت، کاربرد همزمان این دو عامل قابل توصیه نمی‌باشد.

واژه‌های کلیدی: ترجیح تخم‌ریزی، زنبور پارازیتوئید، سفیدبالک گلخانه، مبارزه غیرشیمیایی

تاریخ دریافت:
۱۴۰۳/۷/۱۱
تاریخ پذیرش:
۱۴۰۳/۱۱/۱۷

Citation: Nikakhtar, S., Aramideh, Sh., Abdullahi, G. & Hosseinzadeh, A. (2024). Effect of time and height of UV-C radiation on *Trialeurodes vaporariorum* and its parasitoid, *Encarsia formosa*. *Plant Pest Research*, *14*(*4*), 31-44. **Doi: https://doi.org/10.22124/iprj.2025.28597.1597**

*Corresponding author: Sh.aramideh@Urmia.ac.ir

Journal of Plant Pest Research is published by University of Guilan
This journal is an open access journal licensed under the Creative Commons Attribution 4.0 International license (CC BY 4.0)

مقدمه

سفیدبالک گلخانه *Trialeurodes vaporariorum* Westwood (Hemiptera: Aleyrodidae) یک آفت فراگیر محصولات سبزی، صیفی و گیاهان زینتی به‌ویژه در گلخانه‌ها است (Bi & Toscano, 2007; Leskey *et al*., 2021). این آفت به دلیل تغذیه گسترده از آوندهای آبکش، انتقال بیماریهای ویروسی و دفع عسلک باعث رشد کپک دوده و کاهش فتوسنتز می‌شود و نیز به سبب تاثیر سوء بر کیفیت و عملکرد محصول دارای اهمیت می‌باشد (Navas-Castillo *et al*., 2011). در کنترل این آفت اغلب از آفت‌کش‌های شیمیایی استفاده می‌شود که کاربرد بیش از حد آفت‌کش‌های شیمیایی و مصرف نادرست آن‌ها باعث به هم خوردن تعادل طبیعی در اکوسیستم، باقی‌مانده آفت‌کش‌ها و از بین رفتن دشمنان طبیعی شده است (Majavarian *et al*., 2015). بنابراین، روش‌های جایگزین از جمله کاربرد عوامل کنترل بیولوژیکی مانند قارچ‌های بیماری‌زا، کفشدوزک‌های شکارگر، پارازیتوئیدها و استفاده از روش‌های فیزیکی مانند اشعه UV-C برای مدیریت موثر سفیدبالک گلخانه و کاهش توسعه بیشتر مقاومت مورد نیاز است (Leskey *et al*., 2021). روش پرتودهی با اشعه UV-C یکی از امیدوار کننده‌ترین روش‌های کنترل فیزیکی آفات نظیر سفیدبالک گلخانه می‌باشد. اشعه UV براساس دامنه طول موج به سه دسته تقسیم می‌شود که شامل UV-A با طول موج ۴۰۰-۳۱۵ نانومتر، UV-B با طول موج ۳۱۵-۲۸۰ نانومتر و UV-C با طول موج‌های ۲۸۰-۱۰۰ نانومتر هستند (Kalaras *et al*., 2012). جهت از بین بردن آلودگی های قارچی، باکتریایی و آفات در محصولات کشاورزی می‌توان از پرتودهی لامپ‌های UV-C با طول موج مشخص استفاده نمود (Kalaras *et al*., 2012). بررسی‌های زیادی در مورد کاربرد اشعه UV-C در کنترل آفات و حفظ محصولات کشاورزی انجام شده است (Güven *et al*., 2015; Poushand *et al*., 2017; Pero *et al*., 2024). تابش اشعه UV-C با فاصله کوتاه در دوزهای پایین و به دنبال آن یک دوره تاریکی به طور موثر کنه تارتن دو لکه‌ای *Tetranychus urticae* (Koch) را مدیریت می‌کند (Short *et al*., 2018). اشعه UV-C در کاهش میزان تفریخ تخم‌های سفیدبالک پنبه *Bemisia tabaci* (Gennadius) در مقایسه با تیمار شاهد در شرایط آزمایشگاهی موثر گزارش شده است. بر این اساس، میزان تفریخ تخم آفت با افزایش زمان و کاهش فاصله نمونه تا منبع تابش UV-C کمتر می‌شود (O'Hearn, 2023). طبق بررسی‌های انجام شده اشعه UV-C برهم کنش‌های حشره-گیاه را با تأثیر مستقیم بر رفتار گیاه‌خواران یا به طور غیر مستقیم با تغییر ساختار شیمیایی گیاه تغییر می‌دهد (Prieto-Ruiz *et al*., 2019). قرار گرفتن در معرض اشعه UV-B به طور قابل توجهی مرگ و میر را در تریپس *Haplothrips brevitubus* (Karny) افزایش داده و طول دوره رشدی از تخم تا بالغ طولانی را می‌کند (Qian *et al*., 2016). همچنین نتایج نشان می‌دهد که قرار گرفتن در معرض اشعه UV-A به مدت ۷ ساعت به طور قابل توجهی از تخم‌گذاری، رشد پوره ها، شفیره شدن و ظهور حشرات بالغ سفیدبالک مرکبات *Dialeurodes citri* (Ashmead) جلوگیری می‌کند (Tariq *et al*., 2015). پرتو فرابنفش به طور قابل‌توجهی باعث افزایش مرگ و میر، طولانی‌تر شدن مدت زمان تخم‌گذاری و مهار آن در مگس سیب زمینی *Bactrocera dorsalis* (Hendel) می‌شود (Cui *et al*., 2021). یکی از مهم‌ترین دشمنان طبیعی سفیدبالک گلخانه زنبور *Encarsia formosa* Gahan می‌باشد. این زنبور می‌تواند سنین مختلف پورگی سفیدبالک گلخانه را پارازیته نماید (Fazeli Dinan *et al*., 2016). میزبان‌های این زنبور شته‌ها (Aphidoidea)، سفیدبالک‌ها (Aleyrodoidea) و شپشک‌ها (Coccoidea) هستند (Collier *et al*., 2002). براساس بررسی‌های صورت‌گرفته قرار گرفتن این زنبور در معرض اشعه ماوراء بنفش باعث کاهش قدرت پارازیته کردن و مرگ و میر در آن می‌شود (Khan *et al*., 2021). با قرار گرفتن پوره‌های *B. tabaci* در معرض نور UV-A، میزان پارازیته کردن *E. formosa* روی آنها افزایش یافته و درصد ظهور پارازیتوئیدها تحت تاثیر قرار نمی گیرد (Khan *et al*., 2021).

بنابراین، با توجه به اهمیت کاهش مصرف سموم شیمیایی و کاهش آلودگی محیط زیست و حفظ سلامت انسان، در این تحقیق یک روش کنترل پایدار نظیر اشعه UV-C در کنترل مرحله تخم و پوره سفیدبالک گلخانه مورد استفاده قرار گرفت و همزمان تاثیر این اشعه روی زنبور پارازیتوئید آن *E. formosa* به‌منظور استفاده در مدیریت تلفیقی بررسی شد.

مواد و روش

پرورش میزبان

به منظور انجام پژوهش حاضر، گیاه لوبیا چیتی *Phaseolus vulgaris* رقم خمین در گلدان‌های پلاستیکی به اندازه ۱۲×۱۰سانتی‌متر برای پرورش سفیدبالک گلخانه و به‌منظور انجام آزمایش‌ها، پرورش یافت (Athanasiadou & Meyhöfer, 2023). پرورش گیاهان در گلخانه با شرایط نوری ۸:۱۶ ساعت (روشنایی: تاریکی)، دمای ۲±۲۵ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی ۵±۶۵ درصد انجام شد (Fahim *et al*., 2012). گلدان‌ها به طور معمول به صورت یک روز در میان آبیاری و تمام عملیات داشت به طور یکسان روی گلدان‌ها اعمال شد.

پرورش سفیدبالک گلخانه

برای داشتن یک جمعیت قابل دسترس از *T. vaporariorum*، اقدام به جمع‌آوری و پرورش حشره از گلخانه‌های دانشکده کشاورزی- دانشگاه ارومیه شد. حشرات کامل سفیدبالک از سطح زیرین برگ گیاه لوبیا چیتی توسط دستگاه آسپیراتور داخل لوله میکروتیوب (۱/۵ میلی‌لیتر) جمع‌آوری شده (Athanasiadou & Meyhöfer, 2023) و به منظور ایجاد جمعیت همسن در فضایی با ابعاد ۲×۳×۳ مترمربع و با دمای ۲±۲۵ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی ۵±۶۵ درصد و شرایط نوری ۸:۱۶ ساعت (روشنایی: تاریکی) به مدت ۲۴ ساعت اجازه داده شد تا تخم‌گذاری کنند. پس از گذشت ۲۴ ساعت، حشرات کامل از روی بوته‌ها حذف شدند (Khan *et al*., 2023).

مشخصات منبع اشعه UV-C

به منظور پرتودهی از لامپ اشعه UV-C (اسرام، ساخت کشور روسیه) با طول موج ۲۵۴ نانومتر با توان ۳۰۰ وات با طول ۴۰ و عرض ۲ سانتی‌متر که داخل هود جاگذاری شده بود، استفاده شد.

میزان حساسیت تخم و پوره سفیدبالک به زمان‌های مختلف اشعه UV-C در ارتفاع ثابت

برای مقایسه حساسیت مراحل تخم و پوره به زمان تابش اشعه UV-C تعداد ۱۰ عدد تخم یا پوره سن سوم سفیدبالک واقع روی برگ که دمبرگ آن با پنبه خیس داخل فویل آلومینیومی پیچیده شد، داخل ظروف پتری به قطر ۱۰ سانتی‌متر و ارتفاع یک سانتی‌متر قرار داده شد. بعد از تست های مقدماتی ظروف پتری بدون درب در ارتفاع ۲۰ سانتی‌متری در زمان‌های ۱۸۰، ۳۶۰ و ۵۴۰ ثانیه در معرض تابش اشعه UV-C قرار گرفتند و برای هر زمان، پنج تکرار در نظر گرفته شد. تلفات پوره‌ها بعد از ۷۲ ساعت و تلفات تخم بعد از ۱۰ روز یاداشت‌برداری و ثبت شد.

تاثیر ارتفاع و زمان پرتودهی با UV-C بر تخم سفیدبالک گلخانه

در این آزمایش تخم‌های سالم سفیدبالک گلخانه به تعداد ۶۰ عدد در هر تیمار (زمان پرتودهی) و در سه تکرار، داخل ظروف پتری در معرض اشعه UV-C بعد از تست های مقدماتی با فاصله‌های ۲۰، ۳۰ و ۴۰ سانتی‌متر به مدت ۳۰، ۶۰، ۹۰ و ۱۲۰ ثانیه قرار گرفتند. تلفات تخم بعد از ۱۰ روز یاداشت‌برداری و ثبت شد و تخم‌هایی که تفریخ نشده و یا تغییر رنگ نداده بودند، به عنوان تلفات در نظر گرفته شدند (Soliman, 2012).

تاثیر ارتفاع و زمان پرتودهی با UV-C بر زنده مانی مرحله پورگی سفیدبالک گلخانه

در این آزمایش اشعه UV-C در سه ارتفاع ۲۰، ۳۰ و ۴۰ سانتی‌متری و چهار زمان ۶۰۰، ۷۲۰، ۸۴۰ و ۹۶۰ ثانیه روی پوره سن سوم سفیدبالک گلخانه به روش بالا پرتودهی شد. هر تیمار در سه تکرار و هر تکرار شامل ۱۵ عدد پوره سن سوم بود. تیمارها پس از ۷۲ ساعت مورد شمارش قرار گرفتند. در این آزمایش پوره‌هایی که خشک شده و یا تغییر رنگ داده بودند به عنوان مرده تلقی شدند.

ظهور زنبور پارازیتوئید *E. formosa* از پوره‌های پارازیته‌شده سن سوم سفیدبالک گلخانه پس از پرتودهی

در ابتدا حشرات بالغ تازه ظاهر شده سفیدبالک و شفیره‌های پارازیتوئید، از گلخانه دانشکده کشاورزی- دانشگاه ارومیه از گیاه لوبیا چیتی جمع‌آوری شدند. سفیدبالک‌ها روی گیاه لوبیا چیتی به عنوان گیاه میزبان به قفس‌های غربالی ساخته‌شده از چوب و

پلاستیک به ابعاد ۴۰×۴۰×۴۰ سانتی‌متر مربع منتقل شدند و مدت ۲۴ ساعت به آن‌ها اجازه داده شد تا روی گیاه تخم‌ریزی کنند. گیاهان حاوی تخم سفیدبالک ۱۴ روز نگه‌داری شدند تا تخم‌ها تفریخ شده و پوره‌ها به سن سوم برسند. مدت ۴۸ ساعت این پوره‌ها در اختیار زنبورهای پارازیتوئیدی که از روی پوره های پارازیته جمع آوری شده بودند قرار گرفتند تا پارازیته شوند و پس از گذشت یک هفته پوره‌ها سیاه رنگ شدند، از این پوره‌های انگلی شده در آزمایش استفاده شد (Moaiery *et al*., 2004). در این آزمایش اشعه UV-C در سه ارتفاع ۲۰، ۳۰ و ۴۰ سانتی‌متری و چهار زمان ۶۰۰، ۷۲۰، ۸۴۰ و ۹۶۰ ثانیه روی پوره سن سوم سفیدبالک گلخانه پارازیته‌شده تابانده شد. هر تیمار در سه تکرار و هر تکرار شامل ۱۵ عدد پوره سن سوم پارازیته بود. تعداد زنبور پارازیتوئید خارج‌شده بعد از هفت روز به عنوان زنده و بقیه به عنوان تلفات در نظر گرفته شدند.

تاثیر اشعه UV-C روی ترجیح میزبانی و ظهور زنبور پارازیتوئید *E. formosa*

روش انتخابی

در این آزمایش ترجیح پارازیته کردن زنبور *E. formosa* در انتخاب پوره‌های پرتودهی‌شده با اشعه UV- C و تیمار شاهد مورد ارزیابی قرار گرفت. بدین منظور ۱۲۰ عدد پوره سن سوم سفیدبالک گلخانه در شش تکرار ۲۰ عددی به مدت ۸۴۰ ثانیه (که در آزمایشات مقدماتی مناسب تشخیص داده شده بود) در ارتفاع ۲۰ سانتی‌متر از منبع UV- C پرتودهی شدند. همین تعداد پوره بدون پرتودهی به عنوان تیمار شاهد در نظر گرفته شد. سپس هر دو گروه در یک ظرف مشترک که ظروف پتری به صورت یک در میان در آن قرار داده شده و در معرض چهار جفت زنبور ماده *E. formosa* با عمر حداکثر ۲۴ ساعت قرار داده شد. پس از ۲۴ ساعت زنبورها به وسیله آسپیراتور از ظروف خارج شده و ظروف پتری پرتودهی شده و شاهد برای تشخیص تعداد پوره پارازیته‌شده زیر استریومیکروسکوپ مورد بررسی قرار گرفت. تخم‌گذاری زنبور با مشاهده لکه‌های قهوه‌ای در سطح پشتی میزبان پارازیته شده به عنوان شاخص تعداد تخم‌گذاری در نظر گرفته شد. پس از ۱۰ روز تعداد زنبور ظاهر شده از پوره‌ها شمارش شد و میانگین تعداد پوره پارازیته‌شده در دو تیمار پرتودهی شده و تیمار شاهد مقایسه شد.

روش غیرانتخابی

در این آزمایش پوره‌های سن سوم سفیدبالک گلخانه به تعداد ۲۴۰ عدد در هر تیمار در ۱۲ تکرار داخل ظروف پتری شفاف به قطر ۱۰ سانتی‌متر و ارتفاع یک سانتی‌متر قرار داده شدند. سپس تعداد شش تکرار از تیمار اشعه UV- C به مدت ۸۴۰ ثانیه در ارتفاع ثابت (۲۰ سانتی‌متر) پرتودهی شدند. شش تیمار دیگر بدون پرتودهی به عنوان تیمار شاهد در نظر گرفته شدند. تیمارهای پرتودهی‌شده و شاهد جداگانه داخل ظروف قرار گرفتند و تعداد دو عدد زنبور ماده *E. formosa* روی پوره‌های پرتودهی‌شده و دو عدد زنبور ماده دیگر در تیمار شاهد رهاسازی شد. بعد از ۲۴ ساعت زنبورهای رهاسازی شده از ظروف خارج شد و تخم‌گذاری زنبور با مشاهده لکه‌های قهوه‌ای در سطح پشتی پوره‌های پارازیته‌شده به‌عنوان شاخص تعداد تخم گذاشته‌شده مورد استفاده قرار گرفت. تعداد کل زنبورهای ظاهر شده از پوره‌های هر تیمار روزانه یادداشت شدند.

هر دو آزمایش انتخابی و غیرانتخابی در دمای ۱±۲۵ سلسیوس و رطوبت نسبی ۴±۶۵ درصد و دوره نوری ۸:۱۶ ساعت (روشنایی: تاریکی) انجام شدند. زنبورهای بالغی که داخل پوره مرده بودند یا به صورت ناقص ظاهر شده بودند، به عنوان عدم ظهور در نظر گرفته شدند.

تاثیر UV-C روی شاخص کلروفیل کل برگ

برای ارزیابی تاثیر UV-C بر شاخص کلروفیل برگ گیاه لوبیا چیتی، سه گلدان و از هر گلدان سه برگ به مدت ۲ ساعت در سه ارتفاع ۲۰، ۳۰ و ۴۰ سانتی‌متر در معرض پرتو قرار گرفتند و یک گلدان بدون پرتودهی به عنوان تیمار شاهد در نظر گرفته شد. سپس میزان کلروفیل برگ تیمارها با استفاده از دستگاه کلروفیل‌سنج مدل SPAD-Japan, Minolta 502 تعیین و با تیمار شاهد مقایسه شد. این آزمایش در سه تکرار انجام شد (Steinbauer *et al*., 2018). اصول اندازه‌گیری بر اساس اندازه‌گیری طول موج‌های محدوده نور قرمز (۶۵۰ نانومتر) و مادون قرمز (۹۵۰ نانومتر) استوار است. کلروفیل نور قرمز را جذب می‌کند، اما نور مادون

قرمز را عبور می‌دهد. براساس اختلاف بین میزان عبور نور در محدوده این دو طول موج، یک عدد را که کاملاً همبستگی نزدیکی با مقدار کلروفیل دارد، محاسبه می‌کند (Abu-Elsaoud & Hassan, 2015).

تجزیه و تحلیل داده‌ها

تاثیر زمان‌ها و ارتفاع‌های مختلف پرتودهی اشعه UV-C بر تفریخ تخم، مرگ و میر مرحله پورگی سفیدبالک گلخانه، درصد ظهور زنبور پارازیتوئید *E. formosa* و تاثیر اشعه UV-C روی شاخص کلروفیل کل برگ از تجزیه واریانس دو طرفه ANOVA و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون Tukey با سطح معنی‌داری ۰/۰۵ درصد استفاده شد. نمودارها با استفاده از نرم‌افزار اکسل (2010) ترسیم شدند. تمام آزمون‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS (ver. 22) در سطح اطمینان ۹۵ درصد انجام شد.

نتایج

مقایسه حساسیت تخم و پوره به زمان‌های مختلف پرتودهی UV-C در ارتفاع ۲۰ سانتی‌متری

در بررسی اثر سه زمان ۱۸۰، ۳۶۰ و ۵۴۰ ثانیه در میزان حساسیت تخم و پوره، تجزیه واریانس T-test نشان داد که در هر سه زمان بین تلفات تخم و پوره اختلاف معنی‌داری وجود دارد و در این زمان‌ها تیمارهای تخم بیشترین تلفات را نشان دادند و نشانگر حساسیت بالای تخم به اشعه UV-C در مقایسه با پوره می‌باشد (جدول ۱).

جدول ۱- بررسی اثر سه زمان پرتودهی ۱۸۰، ۳۶۰ و ۵۴۰ ثانیه اشعه UV-C در میزان تلفات تخم و پوره سفیدبالک گلخانه در ارتفاع ۲۰ سانتی‌متری. ستون‌های با حروف یکسان اختلاف معنی‌داری با هم ندارند.

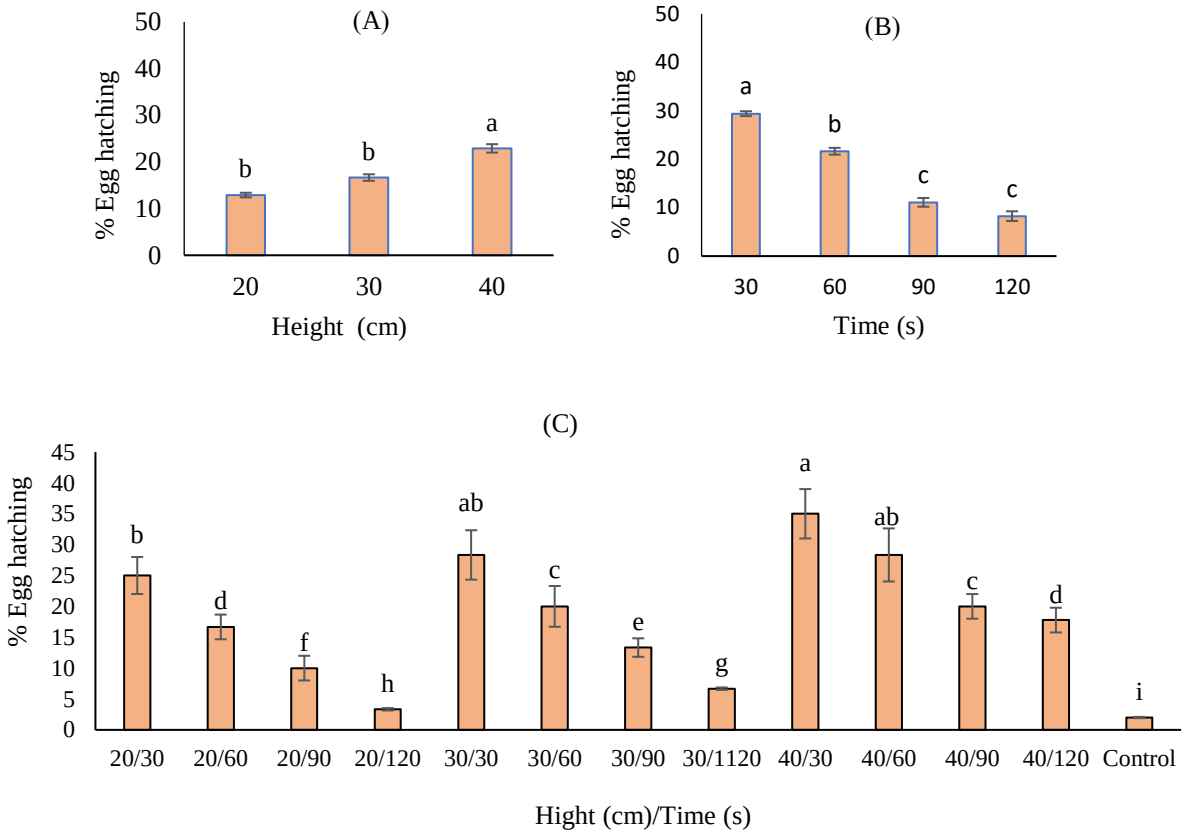
Table 1. The effect of three radiation times, 180, 360, and 540 seconds of UV-C ray on the fatality of *Trialeurodes vaporariorum* eggs and nymphs at a height of 20 centimeter. The columns with the same letters indicate non-significant difference between treatments.

Time	Stage	Mean ± SE (%)	t	df	p
180	Egg	76.000±0.244^{a}	22.045	4	0.001
	Nymph	22.000±0.200^{b}			
360	Egg	88.000±0.200^{a}	26.000	4	0.001
	Nymph	36.000±0.244^{b}			
540	Egg	98.000±0.200^{a}	18.779	4	0.001
	Nymph	52.000±0.200^{b}			

تاثیر اشعه UV-C روی مرحله تخم سفیدبالک گلخانه (ظهور پوره سن یک) در زمان‌ها و ارتفاع‌های مختلف

در بررسی اثر دو عامل زمان و ارتفاع روی مرحله تخم سفیدبالک گلخانه (ظهور پوره سن یک) نتایج نشان داد اثر متقابل بین زمان و ارتفاع بر میزان ظهور پوره سن یک معنی‌دار نمی‌باشد ($F_{6, 36}$=0.217, P=0.967). با وجود این اثر اصلی فاکتور ارتفاع و زمان بر میزان ظهور پوره سن یک معنی‌دار شد ($F_{3, 36}$=19.174, P=0.001; $F_{2, 36}$=55.478, P=0.001).

براساس نتایج و مقایسه میانگین داده‌ها بهترین زمان و ارتفاع برای تاثیر اشعه UV-C روی مرحله تخم سفیدبالک در زمان ۹۰ و ۱۲۰ ثانیه و ارتفاع ۲۰ سانتی‌متر به دست آمد (شکل ۱).



شکل ۱- اثر اشعه UV-C در ارتفاع‌های مختلف (A)، زمان‌های مختلف (B) و اثر متقابل آنها (C) روی درصد تفریخ تخم‌های پرتودهی‌شده سفیدبالک گلخانه. ستون‌های با حروف یکسان اختلاف معنی‌داری با هم ندارند.

Figure 1. The effect of UV-C rays at different heights (A), different times (B), and interaction between them (C) on the hatching percentage of *Trialeurodes vaporariorum* irradiated eggs. Abbreviations: s= second; cm= centimeter. The columns with the same letters indicate non-significant difference between treatments.

تاثیر اشعه UV-C بر مرگ و میر پوره سفیدبالک گلخانه در زمان و ارتفاع‌های مختلف

در بررسی اثر دو عامل زمان و ارتفاع بر تلفات مرحله پورگی سفیدبالک گلخانه نتایج نشان داد اثر متقابل بین زمان و ارتفاع معنی‌دار نمی‌باشد ($F_{6, 36}$=0.972, P=0.064)؛ اما اثر اصلی فاکتور زمان و ارتفاع بر تلفات مرحله پورگی معنی‌دار شد ($F_{2, 36}$=11.400, P=0.001; $F_{3, 36}$=28.533, P=0.001).

براساس نتایج و مقایسه میانگین داده‌ها بهترین زمان و ارتفاع برای تاثیر اشعه UV-C روی مرحله پوره سفیدبالک گلخانه در زمان ۸۴۰ و ۹۶۰ ثانیه و ارتفاع ۲۰ سانتی‌متر به‌دست آمد (شکل ۲).

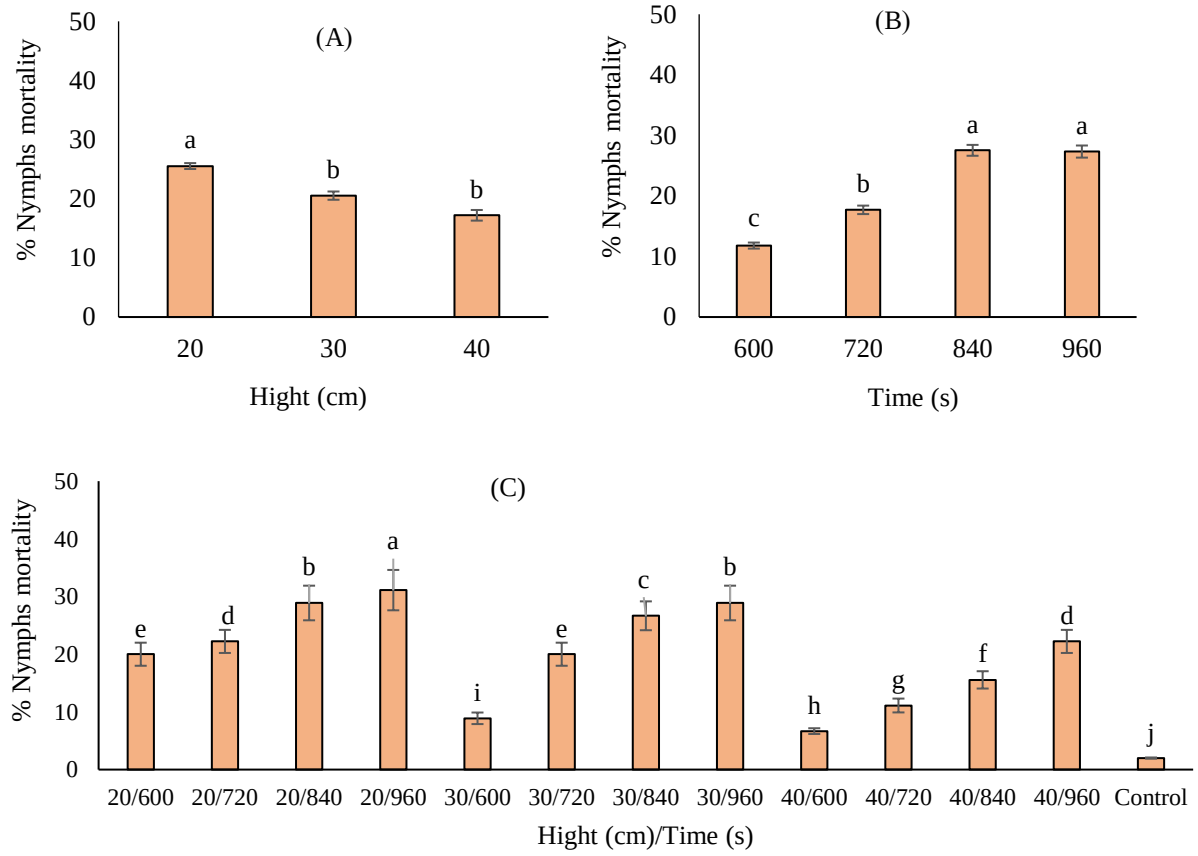
تاثیر اشعه UV-C بر میزان ظهور زنبور *E. formosa* در زمان‌ها و ارتفاع‌های مختلف

در بررسی اثر دو عامل زمان و ارتفاع روی میزان ظهور زنبور *E. formosa*، نتایج نشان داد اثر متقابل بین زمان و ارتفاع بر میزان ظهور زنبور *E. formosa* معنی‌دار نمی‌باشد ($F_{6, 36}$=0.600; P=0.727)؛ با این حال اثر عامل اصلی ارتفاع و زمان بر میزان ظهور زنبور *E. formosa* معنی‌دار است ($F_{2, 36}$=22.467, P=0.001; $F_{3, 36}$=25.133, P=0.001).

براساس نتایج و مقایسه میانگین داده‌ها بهترین زمان و ارتفاع برای کمترین تاثیر اشعه UV-C بر میزان ظهور زنبور *Encarsia formosa* در زمان ۶۰۰ ثانیه و ارتفاع ۴۰ سانتی‌متر به دست آمد (شکل ۳).

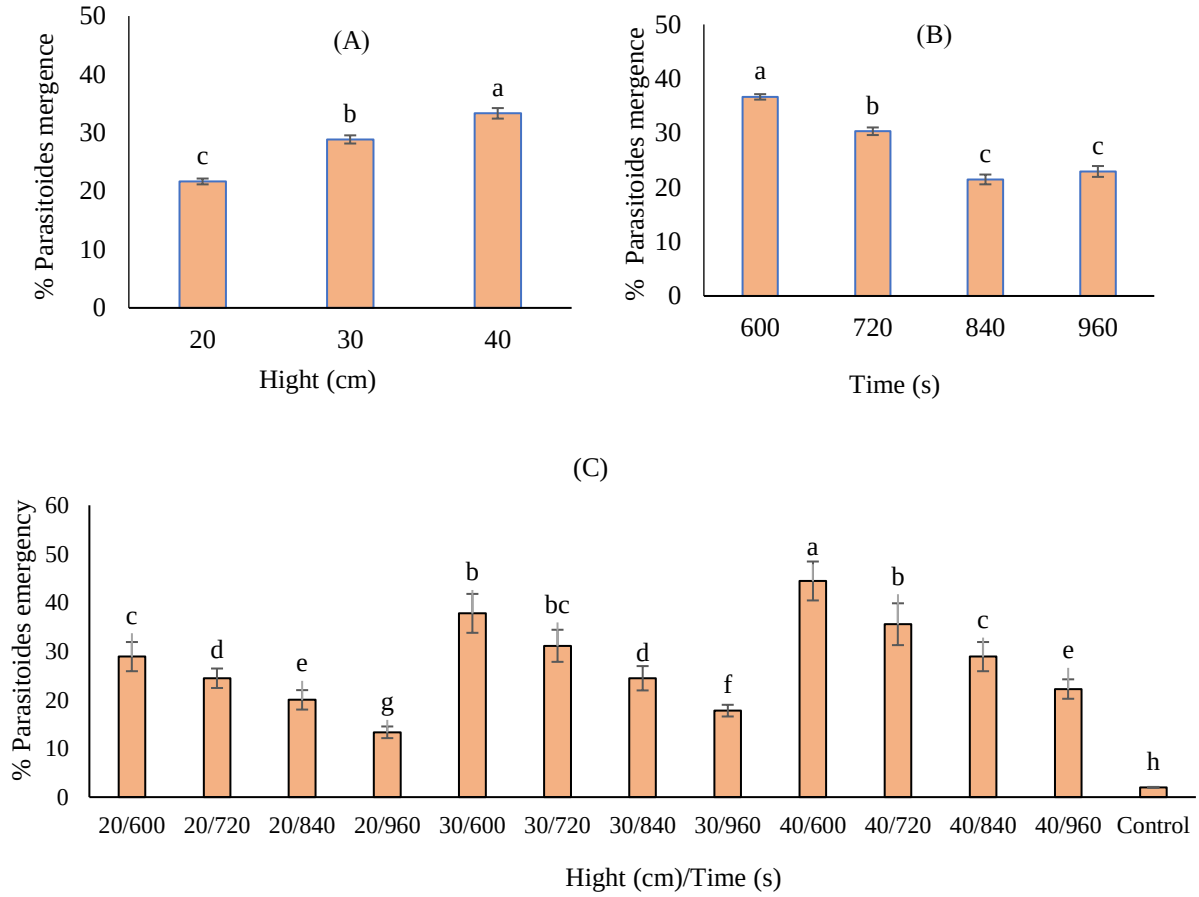
تاثیر اشعه UV-C روی ترجیح میزبانی و ظهور زنبور پارازیتوئید *E. formosa*

نتایج مقایسه تاثیر اشعه UV-C روی ترجیح میزبانی *E. formosa* روی پوره‌های سن سوم سفیدبالک گلخانه پرتودهی‌شده به مدت ۸۴۰ ثانیه در هر دو روش انتخابی و غیرانتخابی با تیمار شاهد اختلاف معنی‌داری نشان نداد (جدول ۲)؛ اما ظهور زنبور *E. formosa* از پوره‌های سن سوم پرتودهی‌شده به مدت ۸۴۰ ثانیه به دو روش انتخابی و غیرانتخابی با تیمار شاهد اختلاف معنی‌داری نشان داد (جدول ۲). به عبارتی، در هر دو روش انتخابی و غیرانتخابی بین تخم‌ریزی زنبور پارازیتوئید روی تیمار پرتودهی‌شده و شاهد اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. اما کم‌ترین درصد ظهور در تیمار پرتودهی‌شده مشاهده شد که نشان‌گر تاثیر سوء اشعه UV-C بر کیفیت پوره‌های میزبان می‌باشد.



شکل ۲- اثر اشعه UV-C در ارتفاع‌های مختلف (A)، زمان‌های مختلف (B) و اثر متقابل آنها (C) روی درصد مرگ ومیر پوره‌های پرتودهی‌شده سفیدبالک گلخانه. ستون‌های با حروف یکسان اختلاف معنی‌داری با هم ندارند.

Figure 2. The effect of UV-C rays at different heights (A), different times (B), and interaction between them (C) on the mortality percentage of *Trialeurodes vaporariorum* irradiated nymphs. Abbreviations: s= second; cm= centimeter. The columns with the same letters indicate non-significant difference between treatments.



شکل ۳- اثر اشعه UV-C در ارتفاع‌های مختلف (A)، زمان‌های مختلف (B)، و اثر متقابل آنها (C) روی میزان ظهور *Encarsia formosa* از پوره‌های پرتودهی‌شده سفیدبالک گلخانه. ستون‌های با حروف یکسان اختلاف معنی‌داری با هم ندارند.

Figure 3. The effect of UV-C radiation at different heights (A), different times (B), and interaction between them (C) on the emergence rate of *Encarsia formosa* from the irradiated nymphs of *Trialeurodes vaporariorum*. Abbreviations: s= second; cm= centimeter. The columns with the same letters indicate non-significant difference between treatments.

تاثیر اشعه UV-C روی شاخص کلروفیل کل برگ

نتایج حاصل از تجزیه آماری اثر ارتفاع‌های مختلف پرتودهی ۲۰، ۳۰ و ۴۰ سانتی‌متر و شاهد روی شاخص کلروفیل برگ نشان داد که در سطح اطمینان ۹۵ درصد بین میزان کلروفیل برگ در تیمارهای مختلف با تیمار شاهد بعد از ۷۲ ساعت اختلاف معنی‌داری وجود ندارد ($P=0.064$, $F_{3,8}=3.642$) (جدول ۳).

جدول ۲- مقایسه میانگین ترجیح تخم‌ریزی و ظهور زنبور *Encarsia formosa* از پوره‌های سن سوم سفیدبالک گلخانه تیمار شده با اشعه UV-C به‌مدت ۸۴۰ ثانیه و تیمار شاهد به روش انتخابی و غیرانتخابی با استفاده از آزمون T-test جفت شده (P= 0.01). ستون‌های با حروف یکسان اختلاف معنی‌داری با هم ندارند.

Table 2. Mean comparison of the oviposition preference and appearance of *Encarsia formosa* from the third instar nymphs of the *Trialeurodes vaporariorum* treated with 840 seconds UV-C rays and the control treatment by choice and non-choice method using paired T- test (P=0.01). The columns with the same letters indicate non-significant difference between treatments.

Methods	Treatment	Mean ± SE	t	df	p
Choice	Oviposition -UVC	16.667±0.944[a]	0.001	5	1.000
	Control	16.667±0.944[a]			
	Emergence -UVC	5.833±0.477[b]	-12.562	5	0.001
	Control	14.667±0.333[a]			
Non-choice	Oviposition- UVC	16.667±0.421[a]	-0.415	5	0.695
	Control	16.833±0.307[a]			
	Emergence - UVC	6.167±0.307[b]	-17.001	5	0.001
	Control	14.667±0.421[a]			

جدول ۳- تجزیه آماری اثر ارتفاع‌های مختلف پرتودهی ۲۰، ۳۰ و ۴۰ سانتی‌متر و شاهد روی شاخص کلروفیل برگ

Table 3. Statistical analysis of the effect of different irradiation heights of 20, 30, and 40 cm and the control on leaf chlorophyll index

Height (cm)	20	30	40	Control
Chlorophyl index Mean ± SE	25.23 ± 0.14 a	25.66 ± 0.33 a	27.00 ± 0.45 a	26.53 ± 0.56 a

بحث

شواهد روز افزون نشان می‌دهد که اشعه UV-C یکی از فراگیرترین عوامل تنش محیطی است که بر موجودات زنده تأثیر می‌گذارد (Rebollar *et al*., 2006; Schauen *et al*., 2007). پژوهش‌های قبلی نشان داده است که اشعه UV-C می‌تواند به طور مستقیم بر عملکرد حشرات از جمله دوره رشد و زنده‌مانی تأثیر گذارد (Jia *et al*., 2014). تحقیقات متعددی نشان می دهد که اشعه UV-C روی مراحل مختلف زیستی آفات دارای اثرات کشندگی و زیر کشندگی می باشد و میزان تاثیر با مدت زمان تابش رابطه مستقیم و با فاصله از منبع تابش رابطه معکوس دارد (Nakajima & Yoshida, 1971; Beard, 1971; Faruki *et al*., 2007; El-Naggar & Mikhaiel, 2011; Davari *et al*., 2024). نتایج زیست سنجی حاضرنشان داد که مرگ و میر مراحل تخم و پوره سفید بالک وهمچنین درصد ظهور زنبور پارازیتوئید از پوره های پارازیته به زمان و فاصله از منبع اشعه UV-C بستگی دارد و زمان بیشتر و فاصله کمتر از منبع باعث مرگ و میر بیشتر روی مرحله تخم نسبت به پوره می‌شود وهمچنین درصد ظهور زنبور پارازیتوئید با افزایش زمان و کاهش فاصله از منبع کاهش یافت. این یافته‌ها با نتایج Davari و همکاران 2024 مبنی بر اثرات قرار گرفتن تریپس گل غربی *Frankliniella occidentalis* (Pergande) در معرض اشعه UV-C در گیاهان زینتی مطابقت دارد. بررسی های داوری و همکاران (Davari *et al*., 2024) نشان داد که پرتو UV-C تأثیر قابل‌توجهی بر میزان تخم‌گذاری، زنده مانی تخم‌ها و تفریخ پوره های تریپس داشته و پتانسیل بالایی در کاهش تراکم جمعیت را دارد و تعداد تفریخ پوره‌ها از تخم های در معرض UV-C حدود ۴۰ درصد کمتر از تیمار شاهد بود. همچنین در بررسی اثر قرار گرفتن گیاهان تحت تیمار با اشعه UV-C نتایج نشان داد در دوزهای که بیش از ۸۰ درصد حشرات نابالغ تریپس از بین می‌روند، هیچ آسیبی برای گیاه ندارد. در تحقیق حاضر نیز در دو ساعت اشعه UV-C در سه ارتفاع بکار رفته روی گیاه میزبان آسیب و خسارت ظاهری روی گیاه میزبان مشاهده نشد و

میزان کلروفیل در تیمار اشعه UV-C با شاهد اختلاف معنی داری نشان نداد. همچنین در بررسی پتانسیل اشعه UV-C درمدیریت کنه دو نقطه ای و تریپس در مزرعه توت فرنگی نتایج نشان داد که هر دو آفت توسط این روش فیزیکی بخوبی کنترل شدند و کاربردUV-C هیچ تاثیر منفی بر عملکرد گیاه میزبان نداشت و نتیجه گیری شد این اشعه به عنوان یکی از اجزای برنامه مدیریت تلفیقی آفات برای کنترل کنه دولکه ای و تریپس در مزرعه توت فرنگی قابل توصیه می‌باشد (Montemayor *et al*., 2023). تأثیراشعه UV-C بر رشد و نمو و تولیدمثل سوسک‌های انباری شامل *Tribolium castaneum* (Herbst) و *Oryzaephilus surinamensis* L. و کنه‌های انباری *Acarus siro* L. و *Tyrophagus putrescentia* (Schrank) ارزیابی شد، نتایج نشان داد در شرایط انبار این اشعه قابلیت کاهش رشد و نمو و تولید مثل این آفات را دارد و کنه‌ها نسبت به سوسک‌ها حساستر بودند (Collins & Kitchingman, 2010). در تحقیق حاضر نیز با تابش UV-C، در محتوای کلروفیل در مقایسه با تیمارشاهد تغییری حاصل نشد. بررسی تاثیر اشعه UV-C بر میزان تفریخ تخم‌های *B. tabaci* در شرایط آزمایشگاهی نتایج نشان داد که افزایش زمان پرتودهی و کاهش فاصله نمونه تا منبع باعث کاهش تفریخ تخم‌های این آفت می‌شوند (O'Hearn, 2023) که مطابق با پژوهش حاضر می‌باشد. اثرات تابش UV-C روی مرحله تخم بال‌پولک‌داران بید سیب زمینی *Phthorimaea operculella* (Zeller) و کرم جوانه و غوزه تنباکو *Heliothis virescents* (Fabricius) نیز گزارش شده است (Guerra *et al*., 1968; Pero *et al*., 2024) در پژوهش دیگری تاثیر تیمار اشعه UV-C در یک دوره شش هفته‌ای شبانه ۱۶ ثانیه روی گوجه فرنگی‌های آلوده به *T. vaporariorum* نشان داد که تعداد حشرات بالغ، پوره‌ها و تخم‌ها در مقایسه با تیمار شاهد کاهش قابل توجهی پیدا کرد. علاوه بر این، تفاوت معنی‌داری در فعالیت فلورسانس کلروفیل وجود نداشت که مطابق با پژوهش حاضر است (Leskey *et al*., 2021). لاه و همکاران (Lah *et al*., 2012)، ۱۰۰ درصد مرگ و میر را بعد از ۶۰ دقیقه پرتودهی با اشعه UV- C روی تخم کنه دو لکه‌ای *T. urticae* گزارش کردند، در حالی‌که ۷۰ درصد تفریخ تخم در تیمار شاهد مشاهده شد. سوزوکی و همکاران (Suzuki *et al*., 2009) نیز نتیجه مشابهی را گزارش نمودند. بررسی‌های گیورا و همکاران (Guerra *et al*., 1968) نشان داد میزان تفریخ تخم کرم جوانه و غوزه تنباکو *H. virescents* (Fabricius) و پروانه کرم بلال ذرت *H. zea* (Boddie) با افزایش مدت پرتودهی UV-C کاهش می‌یابد، به طوری که بعد از ۲۰ دقیقه، تلفات صد در صد حاصل شد. براساس بررسی‌های قانم و شاما (Ghanem & Shamma, 2007) تخم‌های تازه گذاشته شده و تخم‌های ۲۴ و ۴۸ ساعته لمبه گندم *Tribolium granarium* (Everts) پس از ۱۲ دقیقه پرتودهی با اشعه UV-C تلفات بالایی نشان دادند. در تحقیق حاضر نیز با افزایش زمان پرتودهی میزان ظهور پوره کاهش یافت و بیشترین تلفات در ۱۲۰ ثانیه مشاهده شد. بنابر گزارش فاروکی و همکاران (Faruki *et al*., 2005) تفریخ تخم‌های یک، دو و سه روزه در شپشه‌های آرد *T. confusum* (Du val)، *T. castaneum* (Herbst) و شب‌پره خشکبار *Cadra cautella* (Walk). در اثر پرتودهی با اشعه UV-C با افزایش مدت زمان پرتودهی به طور چشمگیری کاهش یافت که با تحقیق حاضر مطابقت دارد. در بررسی تاثیر اشعه یونیزه گاما و اشعه غیر یونیزه ماوراء بنفش روی رشد و نموی زنبور تریکوگراما *T. euproctidis* (Girault) در تخم‌های بید آرد *Ephestia kuehniella* (Zeller) نتایج نشان داد که افزایش زمان پرتودهی هر دو اشعه باعث کاهش ظهور زنبور پارازیتوئید از تخم‌های بید آرد می‌شود (Tuncbilek *et al*., 2012) که با نتایج این تحقیق همسو می‌باشد. نتایج بررسی حاضر نشان داد با افزایش مدت زمان و کاهش ارتفاع پرتودهی اشعه UV-C، درصد ظهور پوره سن یک از تخم‌های پرتو دیده سفیدبالک گلخانه و درصد ظهور زنبور پارازیتوئید کاهش یافته و تلفات مرحله پوره سفیدبالک گلخانه افزایش می‌یابد. بنابراین ضمن پیشنهاد کاربرد این اشعه در مدیریت تلفیقی سفیدبالک گلخانه در استفاده همزمان زنبور *E. formosa* و اشعه UV-C در کنترل مرحله تخم و پوره این آفت عدم همزمانی کاربرد اشعه UV-C و زنبور پارازیتوئید قابل توصیه می‌باشد.

سپاسگزاری

این پژوهش در گروه گیاه پزشکی دانشگاه ارومیه به انجام رسیده است که بدین وسیله از آن‌ها تشکر و قدردانی می‌شود.

References

Abu-Elsaoud, A. M., & Hassan, H. M. (2015). Assessment and calibration of non-invasive leaf chlorophyll meter for wheat (*Triticum aestivum* L.) under the effect of ultraviolet radiations. *American-Eurasian Journal of Sustainable Agriculture*, *9*(8), 12-21. **DOI: http://creativecommons.org/licenses/by/4.0**

Athanasiadou, M., & Meyhöfer, R. (2023). Blue and UV light-emitting diodes (LEDs) disturb the greenhouse whitefly (*Trialeurodes vaporariorum*) from its host. *Journal of Pest Science*, *97*(3):1-13. **DOI: https://doi.org/10.1007/s10340-023-01693-7**

Beard, R. L. (1971). Lethal action of UV irradiation on insect. *Journal of Economic Entomology*. *65*, 650–654. **DOI: https://doi.org/10.1093/jee/65.3.650**

Bi, J. L., & Toscano, N. C. (2007). Current status of the greenhouse whitefly, *Trialeurodes vaporariorum*, susceptibility to neonicotinoid and conventional insecticides on strawberries in southern California. *Pest Management Science: Formerly Pesticide Science*, *63*(8), 747-752. **DOI: https://doi.org/10.1002/ps.1405**

Collier, T., Kelly, S., & Hunter, M. (2002). Egg size, intrinsic competition, and lethal interference in the parasitoids *Encarsia pergandiella* and *Encarsia formosa*. *Biological Control*, *23*(3), 254-261. **DOI: https://doi.org/10.1006/bcon.2001.1007**

Collins, D. A., & Kitchingman, L. (2010). The effect of ultraviolet C radiation on stored-product pests. 10th International Working Conference on Stored Product Protection. Julius-Kühn-Archiv, (425), 632-636. **DOI: https://doi.org/10.5073/jka.2010.425.153**

Cui, H., Zeng, Y., Reddy, G. V., Gao, F., Li, Z., & Zhao, Z. (2021). UV radiation increases mortality and decreases the antioxidant activity in a tephritid fly. *Food and Energy Security*, *10*(3), e297. **DOI: https://doi.org/10.1002/fes3.297**

Davari, A., Sullivan, C. F., Rea, M. S., Skinner, M., & Parker, B. L. (2024). Effects of Ultraviolet-C Exposure on Western Flower Thrips, *Frankliniella occidentalis*, and ornamental plants. *International Journal of Plant Biology*, *15*(2), 468-481. **DOI: https://doi.org/10.3390/ijpb15020036**

El-Naggar, S. M., & Mikhaiel, A. A. (2011). Disinfestation of stored wheat grain and flour using gamma rays and microwave heating. *Journal of Stored Products Research*, *47*(3), 191-196. **DOI: https://doi.org/10.1016/j.jspr.2010.11.004**

Fahim, M., Safaralizadeh, M. H., & Safavi, S. A. (2012). Evaluation of the sensitivity of the egg, nymph and adult greenhouse whitefly against of essential oils of mint and cumin in laboratory conditions. *Journal of Agricultural Acknowledge and Sustainable Production*, *22*(3), 27-35.

Faruki S. I., Das D. R., Khan A. R. & Khatun M. (2007). Effects of ultraviolet (254nm) irradiation on egg hatching and adult emergence of the flour beetles, *Tribolium castaneum*, *T. confusum* and the almond moth, *Cadra cautella*. *Journal of Insect Science*. *7*(1), 36-40. **DOI: https://doi.org/36. 10.1673/031.007.3601**

Faruki, S. I., Das, D. R., & Khatun, S. (2005). Effects of UV-radiation on the larvae of the lesser mealworm, *Alphitobius diaperinus* (Panzer) (Coleoptera: Tenebrionidae) and their progeny. *Journal of Biological Sciences*, *5*(4): 444-448.

Fazeli-Dinan, M., Talaei-Hassanloui, R., & Allahyari, H. (2016). Host preference of *Encarsia formosa* (Hym.: Aphelinidae) towards untreated and *Lecanicillium longisporum*-treated *Trialeurodes vaporariorum* (Hem.: Aleyrodidae). *Journal of Asia-Pacific Entomology*, *19*(4), 1145-1150. **DOI: https://doi.org/10.1016/j.aspen.2016.10.009**

Ghanem, I., & Shamma, M. (2007). Effect of non-ionizing radiation (UVC) on the development of *Trogoderma granarium* Everts. *Journal of Stored Products Research*, *43*(4), 362-366. **DOI: https://doi.org/10.1016/j.jspr.2006.09.002**

Guerra, A. A., Ouye, M. T., & Bullock, H. R. (1968). Effect of ultraviolet irradiation on egg hatch, subsequent larval development and adult longevity of the tobacco budworm and the bollworm. *Journal of Economic Entomology*, *61*, 541-542. **DOI: https://doi.org/10.1093/jee/61.2.541**

Güven, E., Pandir, D., & Hatice, B. A. Ş. (2015). UV radiation-induced oxidative stress and DNA damage on Mediterranean flour moth, *Ephestia kuehniella* Zeller (Lepidoptera: Pyralidae) larvae. *Turkish Journal of Entomology*, *39*(1), 23-33. **DOI: https://doi.org/10.16970/ted.06717**

Jia, H., Sun, R., Shi, W., Yan, Y., Li, H., Guo, X., & Xu, B. (2014). Characterization of a mitochondrial manganese superoxide dismutase gene from *Apis cerana* and its role in oxidative stress. *Journal of Insect Physiology*, *60*, 68-79. **DOI: https://doi.org/10.1016/j.jinsphys.2013.11.004**

Kalaras, M. D., Beelman, R. B., & Elias, R. J. (2012). Effects of postharvest pulsed UV light treatment of white button mushrooms (*Agaricus bisporus*) on vitamin D2 content and quality attributes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *60*(1), 220-225. **DOI: https://doi.org/10.1021/jf203825e**

Khan, M. M., Fan, Z. Y., O'Neill Rothenberg, D., Peng, J., Hafeez, M., Chen, X. Y., Pan, H. P., Wu, J. H., & Qiu, B. L. (2021). Phototoxicity of ultraviolet against the whitefly *Bemisia tabaci* and its compatibility with an entomopathogenic fungus and whitefly parasitoid. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, *2021*(1), 206-288. **DOI: https://doi.org/10.1155/2021/2060288**

Khan, M. M., Rothenberg, D. O. N., Qiu, B. L., & Zhu, Z. R. (2023). Identification and transcriptional profiling of UV-A-responsive genes in *Bemisia tabaci*. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, *263*, 115300. **DOI: https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2023.115300**

Lah, E. F. C., Musa, R. N. A. R., & Ming, H. T. (2012). Effect of germicidal UV-C light (254 nm) on eggs and adult of house dustmites, *Dermatophagoides pteronyssinus* and *Dermatophagoides farinae* (Astigmata: Pyroglyhidae). *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, *2*(9), 679-683. **DOI: https://doi.org/10.1016/S2221-1691(12)60209-3**

Leskey, T. C., Short, B. D., Emery, M., Evans, B., Janisiewicz, W., & Takeda, F. (2021). Effect of UV-C irradiation on greenhouse whitefly, *Trialeurodes vaporariorum* (Hemiptera: Aleyrodidae). *Florida Entomologist*, *104*(2), 148-150. **DOI: https://doi.org/10.1653/024.104.0215**

Majavarian, S. M., Keshavarz, A., & Jalili Kohnehshahri, S. (2015). Evaluation of the effect of reducing subsidies on fertilizers and chemical pesticides on agricultural and horticultural production in Iran's agricultural sector. International Conference on Applied Research in Agriculture, 1-9. (In Farsi).

Moaiery, H. R. S., Ashoori, A., Pakdel, A. K., & Farrokhi, S. (2004). Effects of four different host plants on *Encarsia formosa* Gahan, the important agent in biological control of greenhouse whitefly. *Iranian Journal of Agricultural Sciences*, *35*(2), 437-443. **DOI: https://doi.org/10.22117/jesi.2018.116591.1166**

Montemayor, J. D., Smith, H. A., Peres, N. A., & Lahiri, S. (2023). Potential of UV-C for management of two-spotted spider mites and thrips in Florida strawberry. *Pest Management Science*, *79*(2), 891-898. **DOI: https://doi.org/10.1002/ps.7263**

Nakajima, M., & Yoshida, H. (1971). Studies on ultraviolet sensitivity in silkworm, with special reference to the effect of UV-irradiation on melanin formation in the cuticle of the striped silkworm. *Japanese Journal of Applied Entomology and Zoology*. *15*, 51–55. **DOI: https://doi.org/10.1303/jjaez.15.51**

Navas-Castillo, J., Fiallo-Olivé, E., & Sánchez-Campos, S. (2011). Emerging virus diseases transmitted by whiteflies. *Annual Review of Phytopathology*, *49*, 219-248. **DOI: https://doi.org/10.1146/annurev-phyto-072910-095235**

O'Hearn, J. S. (2023). Effect of ultraviolet radiation (UV-C) on *Bemisia tabaci* eggs. *Research Square*. 1-9. **DOI: https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-3224862/v1**

Pero, B., Aramideh, Sh., Mirfakhraie, Sh. & Hosseinzadeh. A. (2024). Effect of UV radiation on life table parameters of the *Phthorimaea operculella* Zeller (Lep.: Gelechiidae). *Journal of Entomological Society of Iran*, *44*(1), 11–24. **DOI: https://doi.org/10.61186/JESI.44.1.2** (In Farsi)

Poushand, F., Aramideh, Sh., & Forouzan, M. (2017). Effect of ultraviolet (UV-C) in different times and heights on adult stage of whitefly (*Trialeurodes vaporariorum*). *Journal of Entomology and Zoology Studies*, *5*, 864–868.

Prieto-Ruiz, I., Garzo, E., Moreno, A., Dáder, B., Medina, P., Viñuela, E., & Fereres, A. (2019). Supplementary UV radiation on eggplants indirectly deters *Bemisia tabaci* settlement without altering the predatory orientation of their biological control agents *Nesidiocoris tenuis* and *Sphaerophoria rueppellii*. *Journal of Pest Science*, 92, 1057-1070. **DOI: https://doi.org/10.1007/s10340-019-01103-x**

Qian, C., Aoki, S., Yamada, M., & Nakao, S. (2016). Influence of ultraviolet B rays on growth and reproduction of four pest thrips species (Thysanoptera: Thripidae) in a greenhouse and a natural

enemy (Thysanoptera: Phlaeothripidae) of them. *Japanese Journal of Applied Entomology and Zoology*, *60*(4), 179-188. **DOI: https://doi.10.1303/jjaez.2016.179**

Rebollar, E., Valadez-Graham, V., Vázquez, M., Reynaud, E., & Zurita, M. (2006). Role of the p53 homologue from *Drosophila melanogaster* in the maintenance of histone H3 acetylation and response to UV-light irradiation. *FEBS Letters*, *580*(2), 642-648. **DOI: https://doi.org/10.1016/j.febslet.2005.12.083**

Schauen, M., Hornig-Do, H. T., Schomberg, S., Herrmann, G., & Wiesner, R. J. (2007). Mitochondrial electron transport chain activity is not involved in ultraviolet A (UVA)-induced cell death. *Free Radical Biology and Medicine*, *42*(4), 499-509 **DOI: https://doi.org/10.1016/j.freeradbiomed. 2006.11.016**

Short, B. D., Janisiewicz, W., Takeda, F., & Leskey, T. C. (2018). UV-C irradiation as a management tool for *Tetranychus urticae* on strawberries. *Pest Management Science*, *74*(11), 2419-2423. **DOI: https://doi.org/10.1002/ps.5045**

Soliman, M. (2012). Effects of UV-light, temperature and storage on the stability and biological effectiveness of some insecticides. *Journal of Plant Protection Research*, *52*(2), 275-280. **DOI: https://doi.org/10.2478/v10045-012-0044-1**

Steinbauer, M. J., Salminen, J. P., & Watson, S. J. (2018). Yellow, red, dead: the nutritional consequences for *Cardiaspina densitexta* (Hemiptera: Aphalaridae) nymphs of inducing senescence in old *Eucalyptus fasciculosa* leaves. *Austral Entomology*, *57*(2), 265-278**. https://doi.org/10.1111/aen.12325**

Suzuki, T., Watanabe, M., & Takeda, M. (2009). UV tolerance in the two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae*. *Journal of Insect Physiology*, *55*(7), 649-654. **DOI: https://doi.org/10.1016/j.jinsphys.2009.04.005**

Tariq, K., Noor, M., Saeed, S., & Zhang, H. (2015). The effect of ultraviolet-A radiation exposure on the reproductive ability, longevity, and development of the *Dialeurodes citri* (Homoptera: Aleyrodidae) F1 generation. *Environmental Entomology*, *44*(6), 1614-1618. **DOI: https://doi.org/10.1093/ee/nvv133**

Tuncbilek, A. S., Ercan, S. F., & Canpolat, U. (2012). Effect of ionizing (gamma) and non-ionizing (UV) radiation on the development of *Trichogramma euproctidis* (Hymenoptera: Trichogrammatidae). *Archives of Biological Sciences*, *64*(1), 287-295. **DOI: https://doi.org/0.2298/ABS1201287T**

Plant Pest Research

Research paper 2024- 14 (3): 31-44	https://doi.org/10.22124/iprj.2025.28597.1597	pISSN:2322-2409 eISSN: 2538-6123

OPEN ACCESS

Effect of time and height of UV-C radiation on *Trialeurodes vaporariorum* and its parasitoid, *Encarsia formosa*

S. Nikakhtar[1], Sh. Aramideh[2*], G. Abdullahi[3] and A. Hosseinzadeh[4]

1, 2, 3. Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran,
4. Department of Plant Protection, Islamic Azad University, Mahabad Branch, Mahabad, Iran

✉ samanehnikakhtar1375@gmail.com https://orcid.org/0000-0002-4151-6893
✉ Sh.aramideh@urmia.ac.ir https://orcid.org/0000-0003-4220-6165
✉ abdolahigolnaz74@gmail.com https://orcid.org/0009-0009-9463-6467
✉ abas1354@yahoo.com https://orcid.org/0000-0003-1951-0214

Received: 2 October 2024 | *Accepted:* 5 February 2025 |

Abstract

The present study was designed to evaluate the effect of different heights and times of UV-C radiation on the egg and 3rd nymphal stage of *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) and the oviposition and emergence rate of *Encarsia formosa* Gahan. In this study, four different times and three heights were selected for irradiation. The analysis of variance showed that there is no interaction between different times and heights of radiation on eggs and nymphs' mortality, but their effects were found to be significant separately. The mortality rates of eggs and the third nymphal stage rose with longer exposure times and lower irradiation heights. Conversely, the emergence of parasitoids from the parasitized-irradiated third nymphal stage decreased as the duration of exposure increased and the height of irradiation diminished. In assessing the oviposition preferences of *E. formosa* through both choice and non-choice methods, the results showed that there is no significant difference between the irradiated nymphs and the control treatment, but the emergence of *E. formosa* was significantly affected, and the highest emergence was observed in the non-irradiation treatment. In addition, an analysis of the impact of varying irradiation heights for 72-hour period on the chlorophyll index of pinto bean leaves revealed no significant differences between the chlorophyll index of the treatments and the control. Therefore, the concurrent application of the parasitoid *E. formosa* and UV-C radiation for the integrated management of this pest is not advisable.

Key words: Non-chemical control, oviposition preference, parasitoid, whitefly

Citation: Nikakhtar, S., Aramideh, Sh., Abdullahi, G. & Hosseinzadeh, A. (2024). Effect of time and height of UV-C radiation on *Trialeurodes vaporariorum* and its parasitoid, *Encarsia formosa*. *Plant Pest Research*, *14*(*4*), 31-44. **Doi: https://doi.org/10.22124/iprj.2025.28597.1597**

*Corresponding author: Sh.aramideh@Urmia.ac.ir

Journal of Plant Pest Research is published by University of Guilan
This journal is an open access journal licensed under the Creative Commons Attribution 4.0 International license (CC BY 4.0)