تحقیقات آفات گیاهی

علمی پژوهشی ۱۴۰۵ -۱۶(۱): ۳۳-۴۸	https://doi.org/10.22124/iprj.2026.33396.1684	pISSN:2322-2409 eISSN: 2538-6123

OPEN ACCESS

تاثیر زمان‌های مختلف پرتودهی اشعه فرابنفش بر پراسنجه‌های جدول زندگی کنه تارتن دو لکه‌ای *Tetranychus urticae*

برفین پرو [*۱]

https://orcid.org/0000-0001-6195-9985

فریبا مهرخو [۲]

https://orcid.org/0000-0023-4220-8396

۱ و ۲- گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران

مریم فروزان [۳]

https://orcid.org/0000-0002-5440-3329

۳- مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان‌غربی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ارومیه، ایران

چکیده: کنه تارتن دو لکه‌ای *Tetranychus urticae* Koch، به بیش از ۱۵۰ گونه گیاهی خسارت اقتصادی وارد می‌کند. با توجه به اثرات نامطلوب استفاده از کنه کش‌ها و ایجاد مقاومت در کنه‌های گیاهی، روش‌های کنترل سازگار با محیط زیست مانند پرتودهی، که یکی از روش‌های سازگار با محیط زیست می‌باشد مورد توجه قرار گرفته است. در پژوهش حاضر، اثر اشعه UV-C روی پراسنجه‌های جمعیتی کنه تارتن دو لکه‌ای در شرایط آزمایشگاهی [دمای ۲۵±۳ °C، رطوبت نسبی ۶۵±۵ درصد و دوره نوری ۱۶:۸ ساعت (تاریکی: روشنایی)] در زمان‌های صفر، ۴، ۸، ۱۲ و ۱۶ دقیقه روی تخم‌های هم‌سن این آفت مورد بررسی قرار گرفت. افزایش مدت زمان پرتودهی، موجب کاهش طول عمر کنه بالغ ماده از ۲۲/۲۵ به ۱۹/۳۸ روز شد. میزان باروری از ۳۹/۰۰ به ۱۷/۳۱ تخم و طول دوره تخمگذاری از ۱۴/۳۵ به ۸/۷۲ روز کاهش یافت. نرخ ذاتی افزایش جمعیت در شاهد و ۱۶ دقیقه پرتودهی با یک کاهش معنی‌داری به‌ترتیب ۰/۲۰۱±۰/۰۰۵ و ۰/۰۹۸±۰/۰۱۰ در روز بود. کم‌ترین و بیش‌ترین مقدار نرخ خالص تولیدمثل (R_0) به‌ترتیب در زمان ۱۶ دقیقه پرتودهی و شاهد، ۵/۶۲ و ۲۶/۸۱ تخم به ازای هر ماده بود. بنابراین، رشد جمعیت با افزایش مدت زمان پرتودهی نسبت به شاهد کاهش یافت. نتایج به‌دست‌آمده نشان-دهنده اثرات منفی پرتودهی اشعه فرابنفش روی پراسنجه‌های رشدی و رشد جمعیتی کنه تارتن می‌باشد.

تاریخ دریافت:
۱۴۰۵/۱/۸
تاریخ پذیرش:
۱۴۰۵/۳/۱۷

واژه‌های کلیدی: پراسنجه‌های رشد جمعیت، جدول زندگی، کنترل غیر شیمیایی، کنه تارتن دولکه‌ای

***Citation*:** Pero, B., Mehrkhou, F. & Fourouzan, M. (2026). Effect of UV-C radiation different time on life table parameters of the *Tetranychus urticae*. *Plant Pest Research*, *16*(1), 33-48. **DOI: https://doi.org/10.22124/iprj.2026.33396.1684**

*Corresponding author: barfin.peru74@gmail.com

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

کنه‌های گیاهی سبب کاهش عملکرد و زیان جبران‌ناپذیر در محصولات گلخانه‌ای می‌شوند. کنه‌های خانواده Tetranychidae آفات مهم در زیست‌بوم‌های کشاورزی و جنگلی هستند و در بسیاری از محصولات مزرعه‌ای، درختان میوه، سبزیجات و گیاهان زراعی یافت می‌شوند. مخرب‌ترین کنه تارتن در دنیا، کنه تارتن دولکه‌ای، *Tetranychus urticae* Koch (Trombidiformes: Tetranychidae) است (Fathipour & Maleknia, 2016). این آفت دارای انتشار جهانی و دارای بیش از ۱۱۰۰ گونه میزبان گیاهی بوده و در ایران این آفت روی محصولاتی نظیر لوبیا، خیار، پنبه، سویا و گوجه‌فرنگی دارای اهمیت اقتصادی است. خسارت این آفت توسط مراحل نابالغ و بالغ روی اندام‌های هوایی گیاه ایجاد شده و تغذیه این آفت از محتوای کلروفیل برگ، کاهش کیفیت و کمیت محصول تولید شده را به‌دنبال خواهد داشت (Beynaghi *et al*., 2014; Fathipour *et al*., 2024). این آفت به دلیل چرخه زندگی کوتاه و تولیدمثل زیاد، به‌سرعت به حشره‌کش‌ها مقاوم می‌شود (Wu *et al*., 2019). سم‌پاشی‌های مکرر، استفاده از ترکیبات حشره‌کش در غلظت‌هایی بیش از غلظت توصیه‌شده و ظرفیت بالای تولیدمثلی، مقاومت کنه *T. urticae* به بیش از ۹۵ ترکیب حشره‌کش را به همراه داشته است (Cagatay *et al*., 2018; Rincon *et al*., 2019). ظهور و گسترش مقاومت به حشره‌کش‌های مرسوم در بین جمعیت‌های آفت به یک نگرانی جدی در سطح جهانی تبدیل شده است (Han *et al*., 2024). نتیجه چنین شرایطی، افزایش تقاضا برای معرفی روش‌های جایگزین کنترل شیمیایی، انتخابی، دوست‌دار محیط زیست، ایمن برای انسان و کم هزینه با قابلیت تاخیر در ایجاد مقاومت در جمعیت‌های آفت بوده است (Gill *et al*., 1995).

در میان روش‌های جایگزین کنترل شیمیایی، روش پرتودهی یکی از روش‌های کنترل فیزیکی است، و می‌توان از لامپ‌های فرابنفش با طول موج مشخص و کم‌خطر برای پرتودهی استفاده نمود. از مزایای پرتودهی در کنترل آفات می‌توان به عدم وجود باقی‌مانده در محصولات غذایی تیمار شده و عدم ایجاد مقاومت در حشرات آفت اشاره کرد (Ahmed, 2005; Zhao *et al*., 2007). پرتو فرابنفش بر اساس دامنه طول موج به سه دسته تقسیم بندی می‌شود که شامل UV-A دارای طول موج ۳۱۵–۴۰۰ نانومتر، UV-B دارای طول موج ۲۸۰–۳۱۵ نانومتر و UV-C طول موج‌های ۱۰۰–۲۸۰ نانومتر می‌باشد (Kalaras *et al*., 2012). پژوهش‌های زیادی در مورد استفاده از پرتو فرابنفش در کنترل آفات، برای حفظ محصولات کشاورزی انجام شده است (Ayvaz & Tuncbilek, 2006; Guven *et al*., 2015; Pero *et al*., 2024). هم‌چنین پژوهش‌های مختلفی از تاثیر اشعه فرابنفش روی کنه تارتن دو لکه‌ای صورت گرفته است (Naegele *et al*., 1966; Barcelo, 1981; Suzuki *et al*., 2009; Murata & Osakabe, 2014). در طول موج‌های مختلف فرابنفش، پرتودهی به مدت طولانی سبب خسارت به محصول و مدت زمان‌های کم‌تر سبب جلوگیری از نشوونمای آفت می‌شود (Hallman, 2004).

برآورد پراسنجه‌های رشد جمعیت و تخمین افزایش جمعیت آفات (حشرات و کنه‌ها) براساس توانایی تولیدمثلی، یک ضرورت قطعی در مطالعه جمعیت آفات است (Fathi *et al*., 2010). پژوهشهای دموگرافیک، تاثیر عوامل مختلف را روی پراسنجه‌های زیستی (رشد، زنده‌مانی، تولیدمثل و نرخ افزایش جمعیت)، توزیع سنی و نرخ مرگ و میر آفت را مشخص می‌کنند (Pilkington & Hoddle, 2007). از پراسنجه‌های جدول زندگی می‌توان برای تعیین زمان رشد و نمو، مشخص کردن آسیب‌پذیرترین مرحله سنی و رشدی آفت، نرخ زنده‌مانی مراحل رشدی و تخمین اندازه جمعیت استفاده کرد (Medeiros *et al*., 2000; Southwood & Henderson, 2000; Chi, 2016).(Carey, 2001)

با وجود آن‌که پژوهش‌های متعددی اثرات پرتودهی اشعه فرابنفش را بر مرحله تخم، زنده‌مانی، رشد و باروری برخی آفات و کنه‌ها گزارش کرده‌اند (Beard, 1972; Ahmed, 2005; Lah *et al*., 2012; Pourhemati *et al*., 2013; Kimura *et al*., 2018; Darras *et al*., 2021)، اما اثرات اشعه UV-C بر کنه‌های خانواده Tetranychidae بررسی نشده یا در بعضی گونه‌ها تنها به یک جنبه خاص مانند مرگ‌ومیر تخم‌ها مورد بررسی قرار گرفته است. در این مطالعه، به بررسی جامع اثر پرتودهی مرحله تخم بر تمام پراسنجه‌های رشدی و جمعیتی کنه تارتن دولکه‌ای به‌صورت هم‌زمان پرداخته شده است. به‌کارگیری فناوری پرتودهی با اشعه

فرابنفش، به عنوان روشی نوین در کنترل فیزیکی آفات به‌ویژه کنه تارتن دولکه‌ای، با بهره‌برداری از طول موج‌های مشخص (مانند UV-A، UV-B وUV-C) امکان کاهش جمعیت آفت در گلخانه، بدون ایجاد مقاومت و باقی‌مانده‌های شیمیایی را فراهم می‌آورد که نشان‌دهنده نوآوری در زمینه راهکارهای پایدار و سلامت‌محور مدیریت آفات است.

مواد و روش‌ها

کاشت گیاه میزبان و تشکیل کلنی کنه تارتن دو لکه‌ای

بذر گیاه خیار، رقم ناگین *Cucumis sativus* L. var. Nagin درون گلدان‌های پلاستیکی به ارتفاع ۲۵ و قطر ۱۸ سانتی‌متری در بستر کشت پرلیت-کوکوپیت به نسبت ۵۰٪ کاشته شده و در مرحله ۶-۸ برگی به قفس‌های توری به ابعاد ۹۰×۹۰×۱۵۰ سانتی‌متر منتقل شدند و در شرایط گلخانه‌ای در دمای ۲۵±۲ درجه سلسیوس، رطوبت نسبی ۷۵±۵ درصد و شرایط نوری ۱۶: ۸ ساعت (روشنایی: تاریکی) نگهداری شدند. به‌منظور تشکیل کلنی کنه تارتن دولکه‌ای، برگ‌های آلوده به مراحل مختلف رشدی کنه تارتن دولکه‌ای از گلخانه‌ها و مزارع آلوده اطراف شهرستان ارومیه جمع‌آوری و سپس برای تشخیص گونه به آزمایشگاه گیاهپزشکی دانشکده کشاورزی دانشگاه ارومیه انتقال داده شدند. گونه مذکور پس از شناسایی در بخش کنه‌شناسی دانشکده کشاورزی دانشگاه ارومیه، خالص‌سازی و روی گلدان‌های حاوی گیاه خیار سالم درون قفس‌های توری رهاسازی شدند. کلنی کنه *T. urticae* قبل از استفاده در آزمایش‌ها، حداقل به‌مدت سه نسل روی گیاه میزبان پرورش داده شدند. با پژمرده شدن گیاه توسط کنه، بوته‌های سالم جایگزین می‌شدند.

هم‌سن سازی تخم‌های کنه برای انجام آزمایش

به منظور هم‌سن‌سازی تخم‌های کنه، کنه‌های نر و ماده از کلنی آزمایشگاهی موجود جدا شده و روی دیسک‌های برگی (به قطر ۵ سانتی‌متر) درون ژرمیناتور با شرایط دمایی ۲۵±۲ درجه سلسیوس، رطوبت نسبی ۶۵±۵ درصد و دوره نوری ۱۶:۸ ساعت (تاریکی: روشنایی) رهاسازی شدند. پس از ۲۴ ساعت کنه‌های بالغ از روی برگ‌ها جدا شده و تخم‌های یک‌روزه برای پرتوتابی اشعه فرابنفش مورد استفاده قرار گرفتند.

مشخصات منبع اشعه فرابنفش

برای پرتودهی از لامپ اشعه فرابنفش UV-C با طول موج ۲۵۴ نانومتر با توان ۳۰ وات با طول ۴۰ و عرض ۲ سانتی‌متر ساخت کشور روسیه که داخل هود جاگذاری شده بود استفاده شد.

پرتودهی اشعه فرابنفش روی مرحله تخم کنه تارتن دو لکه‌ای

برگ‌های حاوی تخم کنه *T. urticae*، در ظروف پتری با قطر ۶ سانتی‌متر حاوی پنبه مرطوب به صورت وارونه قرار داده شدند. دیسک‌های برگی با آب مرطوب و هر چهار تا پنج روز یک‌بار برگ درون دیسک‌ها تعویض شدند. به‌منظور تهویه ظروف، از درب ظرف پتری حاوی سوراخ، که روی آن با توری ارگانزا پوشیده شده بود استفاده شد. برای ارزیابی اثرات اشعه UV-C روی مرحله تخم کنه، دیسک‌های برگی خیار حاوی تخم‌های یک روزه به تعداد ۸۰ عدد در هر تیمار (زمان‌های صفر (شاهد)، ۴، ۸، ۱۲ و ۱۶ دقیقه) با ارتفاع ثابت (۹۰ سانتی‌متر) مورد تابش قرار گرفتند. پس از پرتودهی تمام تیمارها در دمای ۲۵±۲ درجه سلسیوس، رطوبت نسبی ۶۵±۵ درصد و دوره نوری ۱۶:۸ ساعت (تاریکی: روشنایی) نگهداری شدند. تفریخ تخم‌ها به صورت روزانه زیر میکروسکوپ بررسی و طول عمر مراحل نابالغ، بالغ و میزان تخم‌ریزی آن‌ها تا زمان مرگ آخرین فرد به‌صورت روزانه ثبت شد.

تجزیه و تحلیل داده‌ها

پراسنجه‌های دموگرافی با استفاده از تئوری جدول زندگی دو جنسی ویژه سن-مرحله رشدی و با استفاده از نرم‌افزار آماری TWO-SEX MS Chart مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند (Chi, 2022a). به منظور مقایسه میانگین و خطای معیار آماره‌های جدول زندگی از تکنیک بوت‌استرپ جفت‌شده (Paired bootstrap) با ۱۰۰,۰۰۰ تکرار در سطح احتمال ۰/۰۵ درصد استفاده

شد. پیش‌بینی روند رشد جمعیت در تیمارهای مختلف با استفاده از نرم‌افزار آماری TIMING-MS Chart انجام شد (Chi, 2022b). نمودارها در نرم افزار Sigmaplot v. 15.0 رسم شدند.

نتایج

مدت زمان نشوونمای مراحل نابالغ زیستی *T. urticae* در زمان‌های مختلف پرتودهی در جدول ۱ ارائه شده است. نتایج مقایسه میانگین طول دوره رشد و نمو مراحل مختلف رشدی تخم‌های کنه تارتن تیمار شده با اشعه فرابنفش نشان داد که در مجموع زمان‌های مختلف پرتودهی، اثرات معنی‌داری بر کل طول دوره پیش از بلوغ نداشته است.

جدول۱. میانگین (خطای معیار ±) طول دوره مراحل مختلف نابالغ کنه تارتن *Tetranychus urticae* تحت تاثیر زمان‌های مختلف تابش اشعه فرابنفش (UV_C)

Table 1. Mean duration (± standard error) of different immature stages of the two-spotted spider mite *Tetranychus urticae* under different exposure times of ultraviolet radiation (UV-C)

Stages	Control	T= 4 min	T= 8 min	T= 12 min	T= 16 min
Egg (day)	3.44±0.06^{c}	3.53±0.06^{c}	3.69±0.05^{b}	4.07±0.06^{a}	4.10±0.07^{a}
Larva (day)	1.68±0.05^{a}	1.65±0.06^{a}	1.61±0.06^{a}	1.59±0.06^{a}	1.58±0.06^{a}
Protonymph (day)	1.47±0.06^{a}	1.42±0.06^{ab}	1.39±0.06^{ab}	1.31±0.06^{ab}	1.27±0.06^{b}
Deutonymph (day)	1.4±0.06^{a}	1.4±0.06^{a}	1.35±0.06^{a}	1.18±0.06^{b}	1.18±0.05^{b}
Pre-adult duration (day)	8.00±0.11^{a}	8.00±0.12^{a}	8.04±0.11^{a}	8.09±0.10^{a}	8.05±0.11^{a}

The means followed by different letters in each raw are significantly different (paired bootstrap at 5% significance level by 100,000 bootstrap resampling).

تجزیه و تحلیل آماری داده‌های مربوط به بررسی طول دوره زندگی کنه ماده، طول دوره پیش از تخم‌گذاری و تخم‌گذاری کنه تارتن دو لکه‌ای *T. urticae* تحت تاثیر زمان‌های مختلف پرتودهی اشعه فرابنفش در جدول ۲ نشان داده شده است. نتایج این تحقیق نشان داد که طول عمر کنه‌های بالغ ماده تحت تاثیر زمان‌های مختلف پرتودهی اشعه فرابنفش با افزایش مدت زمان پرتودهی کاهش یافت. این مقدار در شاهد ۲۲/۲۵ روز، ولی در تیمارهای ۱۲ و ۱۶ دقیقه پرتودهی به‌ترتیب ۱۹/۶۷ و ۱۹/۳۸ روز ثبت شد. هم‌چنین زمان‌های مختلف پرتودهی اشعه فرابنفش باعث کاهش طول دوره تخم‌ریزی نسبت به شاهد شدند و بین تیمارها و شاهد از این لحاظ تفاوت معنی‌داری وجود داشت (P<۰/۰۵). بیش‌ترین و کم‌ترین طول دوره تخم‌ریزی به‌ترتیب مربوط به شاهد (۱۴/۳۵ روز) و تیمار ۱۶ دقیقه پرتودهی (۸/۷۲ روز) بود. نتایج مربوط به میزان باروری مرحله بالغ این آفت نشان داد کم‌ترین و بیش‌ترین میزان باروری به‌ترتیب در تیمارهای ۱۶ دقیقه پرتودهی اشعه فرابنفش (۱۷/۳۱ تخم) و شاهد (۳۹/۰۰ تخم) ثبت شد.

جدول ۲- میانگین پراسنجه‌های جدول زندگی (خطای معیار±) (طول عمر، تخم‌گذاری و باروری) کنه تارتن *Tetranychus urticae* تحت تأثیر زمان‌های مختلف تابش اشعه فرابنفش (UV_C)

Table 2. The mean life table parameters (± standard error) (longevity, oviposition, and fecundity) of *Tetranychus urticae* under different UV-C irradiation times

	Treatments				
Stages	Control	T= 4 min	T= 8 min	T= 12 min	T= 16 min
Female Adult (days)	22.25±0.16^{a}	21.98±0.15^{ab}	21.56±0.22^{b}	19.67±0.26^{c}	19.38±0.28^{c}
Female total longevity (days)	30.25±0.23^{a}	30.02±0.21^{a}	29.77±0.25^{a}	27.85±0.28^{b}	27.5±0.29^{b}
APOP (days)	2.47±0.10^{d}	2.88±0.11^{c}	3.38±0.09^{b}	4.19±0.12^{a}	4.52±0.16^{a}
TPOP (days)	10.47±0.13^{d}	10.92±0.19^{c}	11.59±0.19^{b}	12.35±0.14^{a}	12.6±0.17^{a}
Oviposition period (days)	14.35±0.21^{a}	12.71±0.20^{b}	11.92±0.17^{b}	9.5±0.27^{c}	8.72±0.34^{c}
Fecundity(eggs/female)	39.00±0.81^{a}	33.44±0.75^{b}	29.13±0.64^{c}	19.04±1.07^{d}	17.31±1.32^{d}

The means followed by different letters in each raw are significantly different (paired bootstrap at 5% significance level by 100,000 bootstrap resampling). APOP= adult pre-oviposition period; TPOP= total preoviposition period

نتایج مقایسه میانگین پراسنجه‌های رشد جمعیت پایدار کنه تارتن دو لکه‌ای *T. urticae* در جدول ۳ نشان داده شده است. در این تحقیق کم‌ترین و بیش‌ترین نرخ خالص تولیدمثلی (R_0) به‌ترتیب مربوط به تیمار ۱۶ دقیقه پرتودهی (۵/۶۲) و شاهد (۲۶/۸۱) تخم/ به ازای هر ماده بود که حاکی از تأثیر منفی افزایش مدت زمان پرتودهی روی این پراسنجه می‌باشد. کاهش میزان نرخ خالص تولیدمثل این آفت با افزایش مدت زمان پرتودهی، نقش انکار ناپذیری در کاهش میزان نرخ ذاتی افزایش جمعیت (r) آفت داشته است. بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار این پراسنجه به‌ترتیب در تیمار شاهد (۰/۲۰۱ بر روز) و زمان ۱۶ دقیقه پرتودهی (۰/۰۹۸ بر روز) به دست آمد. نرخ ناخالص تولیدمثلی (GRR) نیز کم‌ترین مقدار را در تیمارهای ۱۲ و ۱۶ دقیقه پرتودهی (۹/۴۱ و ۹/۵۸) و بیش‌ترین مقدار را در تیمار شاهد (۲۹/۹۱) نتاج/ به ازای هر ماده داشت. نرخ متناهی افزایش جمعیت (λ)، تحت تأثیر زمان‌های مختلف پرتودهی اشعه UV-C اختلاف معنی‌داری با یکدیگر داشتند؛ به‌طوری‌که با افزایش مدت زمان پرتودهی روند کاهشی را نشان داد. میانگین طول دوره یک نسل (T) تحت تاثیر زمان‌های مختلف پرتودهی اشعه UV-C در مقایسه با شاهد به‌طور معنی‌داری افزایش یافت.

جدول ۳ - پراسنجه‌های رشد جمعیتی (خطای معیار±) کنه تارتن *Tetranychus urticae* تحت تأثیر زمان‌های مختلف تابش اشعه فرابنفش (UV_C)

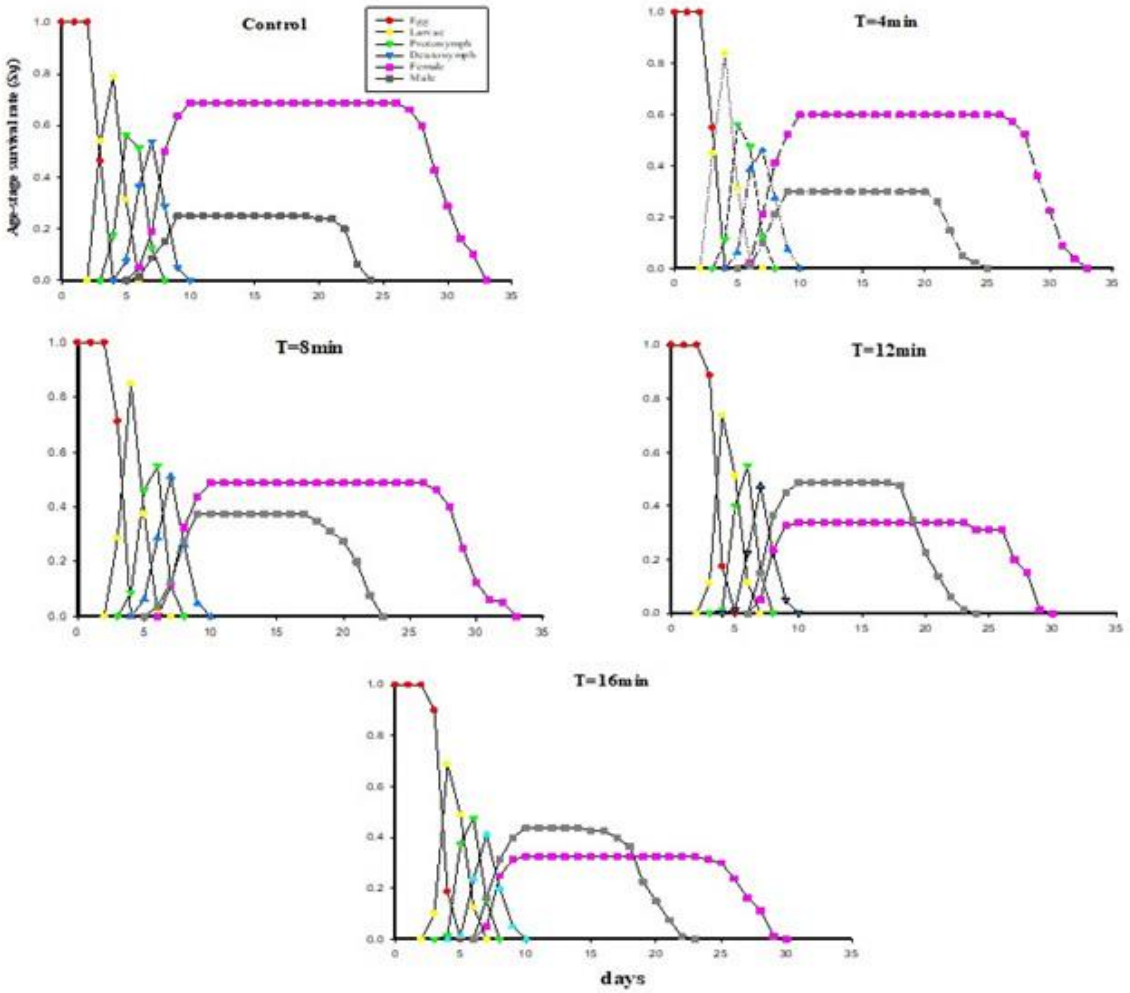
Table 3. Parameters of the population growth (± standard error) of the two-spotted spider mite (*Tetranychus urticae*) under the influence of different UV-C irradiation times

Population parameters	Treatments				
	Control	T= 4 min	T= 8 min	T= 12 min	T= 16 min
Intrinsic rate of increase (r) (day^{-1})	0.201 ± 0.005^{a}	0.183 ± 0.006^{b}	0.155 ± 0.007^{c}	0.107 ± 0.010^{d}	0.098 ± 0.010^{d}
Finite rate of population increase (λ) (day^{-1})	0.221 ± 0.006^{a}	1.201 ± 0.007^{b}	1.168 ± 0.008^{c}	1.113 ± 0.011^{d}	1.103 ± 0.011^{d}
Net reproductive rate (R_0) (offspring)	26.81 ± 2.09^{a}	20.06 ± 1.88^{b}	14.2 ± 1.65^{c}	6.42 ± 1.06^{d}	5.62 ± 0.99^{d}
Gross reproductive rate (GRR) (offspring)	29.91 ± 1.89^{a}	23.31 ± 1.82^{b}	18.57 ± 1.61^{b}	9.41 ± 1.26^{c}	9.58 ± 1.30^{c}
Mean generation time (T) (days)	16.34 ± 0.17^{b}	16.37 ± 0.20^{b}	17.02 ± 0.21^{a}	17.36 ± 0.16^{a}	17.58 ± 0.18^{a}

The means followed by different letters in each raw are significantly different (paired bootstrap at 5% significance level by 100,000 bootstrap resampling).

نرخ زنده‌مانی ویژه سن–مرحله رشدی (S_{xj}) تخم‌های کنه تارتن دو لکه‌ای تحت تاثیر زمان‌های مختلف پرتودهی اشعه UV-C در شکل ۱ نشان داده شده است. این نمودارها احتمال زنده ماندن تخم‌های این آفت را تا سن x و مرحله j نشان می‌دهد. این پراسنجه علاوه بر توصیف نرخ زنده‌مانی، روند تغییرات نرخ رشد و نمو در میان افراد مختلف را نیز نشان داده و ما را قادر می‌سازد تا بتوانیم مراحل مختلف رشدی را در مدت رشد و نمو انطباق دهیم. بیش‌ترین مقدار نرخ زنده‌مانی در تیمار شاهد (صفر دقیقه پرتودهی) وکم‌ترین میزان آن در تیمار زمانی ۱۶ دقیقه پرتودهی اشعه UV-C حاصل شد. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که ماده‌ها در تیمارهای صفر، ۴ و ۸ دقیقه پرتودهی تا روز ۳۲ و در زمان‌های ۱۲ و ۱۶ دقیقه پرتودهی تا روز ۲۹ زنده بودند (شکل ۱).

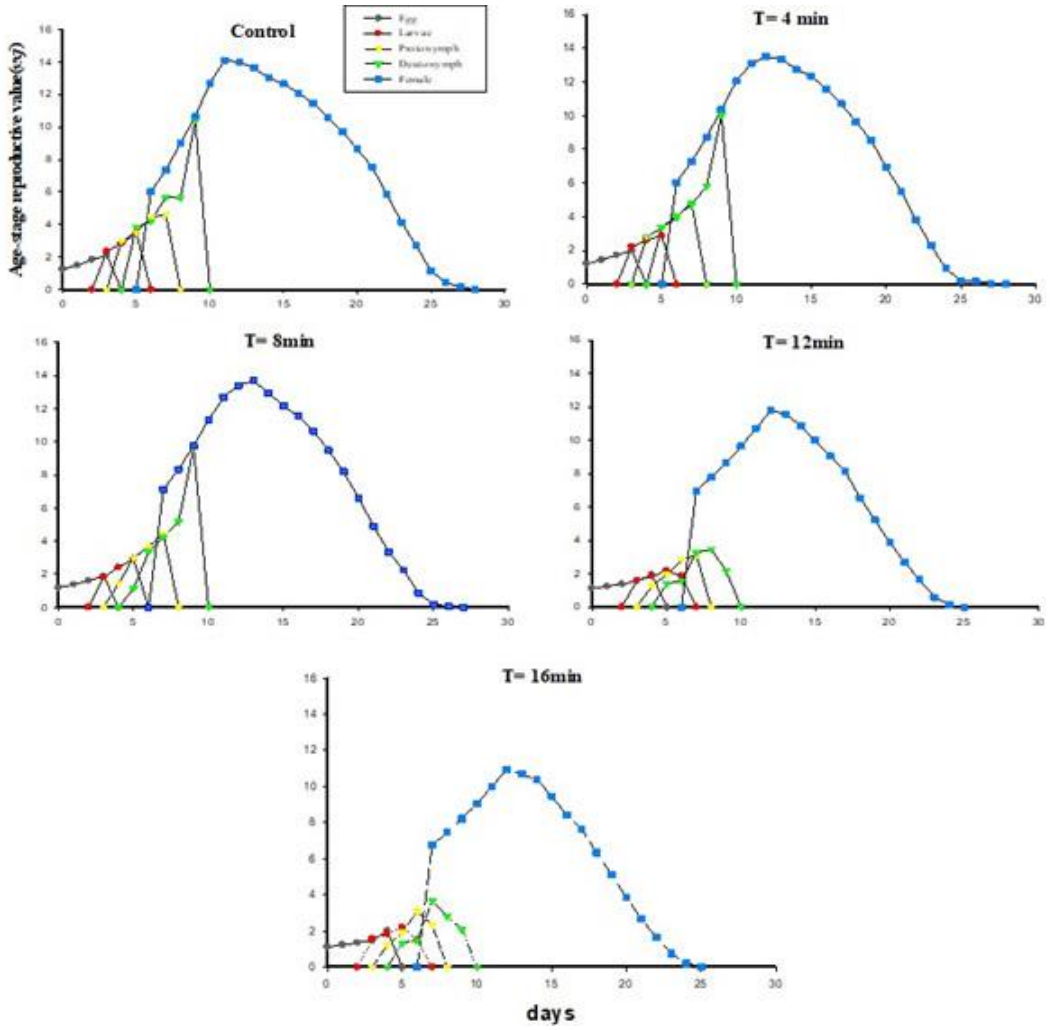
امید به زندگی ویژه سن–مرحله رشدی (e_{xj}) تخم‌های کنه تارتن دو لکه‌ای تیمار شده با زمان‌های مختلف پرتودهی اشعه UV-C در شکل ۲ نمایش داده شده است. تعداد روزهایی که فرد در هر سن و مرحله زیستی قادر به زنده ماندن است را با منحنی امید به زندگی ویژه سنی- مرحله رشدی (e_{xj}) نشان می‌دهند. بیش‌ترین و کم‌ترین امید به زندگی در کنه بالغ ماده حاصل‌شده از تخم‌های پرتودهی‌شده آفت به‌ترتیب در تیمار شاهد (۲۴/۴۶ روز) و در تیمار ۱۶ دقیقه (۲۰/۶۸ روز) به دست آمد (شکل ۲).



شکل ۱- اثرات زیر کشنده زمان‌های مختلف پرتودهی اشعه فرابنفش (UV_C) بر نرخ زنده‌مانی ویژه سن-مرحله‌ای (S_{xj}) کنه تارتن دو لکه‌ای *Tetranychus urticae*

Figure 1. Sub-lethal effects of different UV-C irradiation times on the age-stage specific survival rate (S_{xj}) of the two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae*

شاخص ارزش تولیدمثل ویژه سنی-مرحله‌ای (v_{xj}) میزان سهم هر فرد در ایجاد نسل بعد می‌باشد. نتایج نشان می‌دهد که اوج ارزش تولیدمثلی در ماده‌ها در تیمار شاهد ۱۲/۶۸ تخم بوده و این مقدار با افزایش مدت زمان پرتودهی کاهش یافته و در زمان ۱۶ دقیقه پرتودهی با ۹/۹۸ تخم به کم‌ترین مقدار خود رسید (شکل ۳). نرخ زنده‌مانی ویژه سنی (l_x)، باروری ویژه سن-مرحله رشدی (f_x)، زاداوری ناخالص ویژه سنی (m_x) و زاداوری خالص ویژه سنی (l_xm_x) تخم‌های کنه تارتن دولکه‌ای در زمان‌های مختلف پرتودهی در شکل ۴ نشان داده شده است. بیش‌ترین مقدار باروری در شاهد ۳/۰ تخم در روز سیزدهم بود. باروری در زمان‌های ۴ و ۸ دقیقه پرتودهی به‌ترتیب ۲/۷۶ و ۲/۶۲ تخم در روز سیزدهم و در زمان‌های ۱۲ و ۱۶ دقیقه، ۲/۲۶ و ۱/۹۳ تخم در روز هفدهم بود. بیش‌ترین میزان نرخ باروری ویژه سن-مرحله رشدی در کنه ماده (m_x =۲/۲) در شاهد و کم‌ترین مقدار آن (m_x =۱) در زمان ۱۶ دقیقه پرتودهی ثبت شد. باروری ویژه سنی کنه بالغ (l_xm_x =۲/۰۷) در تیمار شاهد نسبت به زمان‌های پرتودهی بیش‌ترین میزان را داشت و کم‌ترین مقدار این پراسنجه (l_xm_x =۰/۶۳) در زمان ۱۶ دقیقه پرتودهی بود.

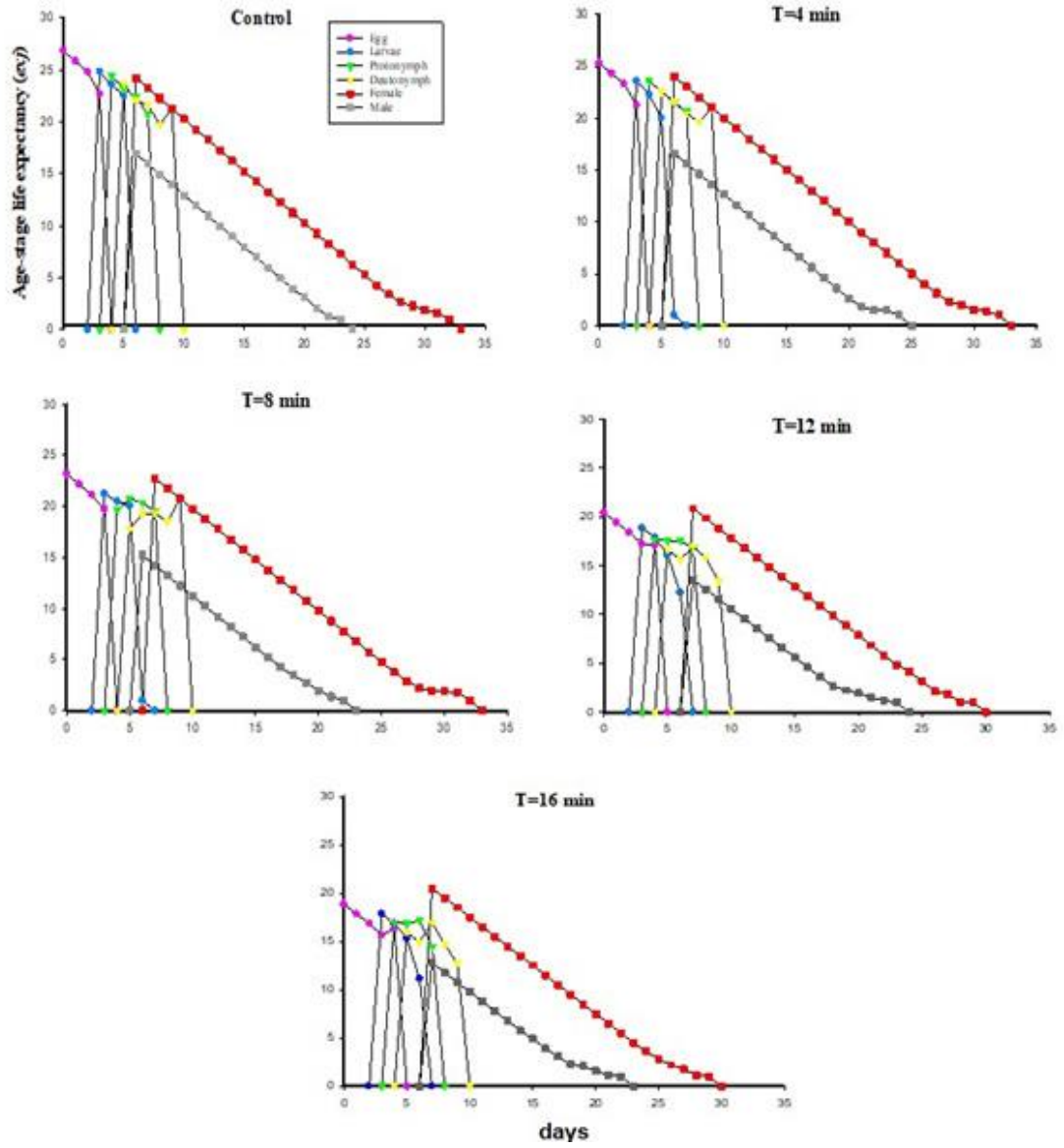


شکل ۲- اثرات زیر کشنده زمان‌های مختلف پرتودهی اشعه فرابنفش (UV_C) بر امید به زندگی سن-مرحله رشدی (e_{xj}) کنه تارتن دو لکه‌ای *Tetranychus urticae*

Figure 2. Sub-lethal effects of different UV-C irradiation times on the age-stage life expectancy (e_{xj}) of the two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae*

پیش‌بینی روند رشد جمعیتی کنه تارتن دو لکه‌ای تحت تاثیر زمان‌های مختلف پرتودهی اشعه UV_C

تأثیر زمان‌های مختلف پرتودهی اشعه فرابنفش بر روند رشد جمعیت مراحل مختلف رشدی کنه تارتن دو لکه‌ای در شکل ۵ نشان داده شده است. پیش‌بینی رشد جمعیت در یک بازه زمانی ۶۰ روزه صورت پذیرفت. همان‌گونه که مشاهده می‌شود مراحل مختلف رشدی جمعیت تحت تأثیر زمان‌های مختلف پرتودهی اشعه UV-C با افزایش مدت زمان پرتودهی روند رشد کندتری را داشتند (شکل ۵).



شکل ۳- اثرات زیر کشنده زمان‌های مختلف پرتودهی اشعه فرابنفش (UV_C) بر ارزش تولیدمثل ویژه سنی-مرحله‌ای (v_{xj}) کنه تارتن دو لکه‌ای *Tetranychus urticae*

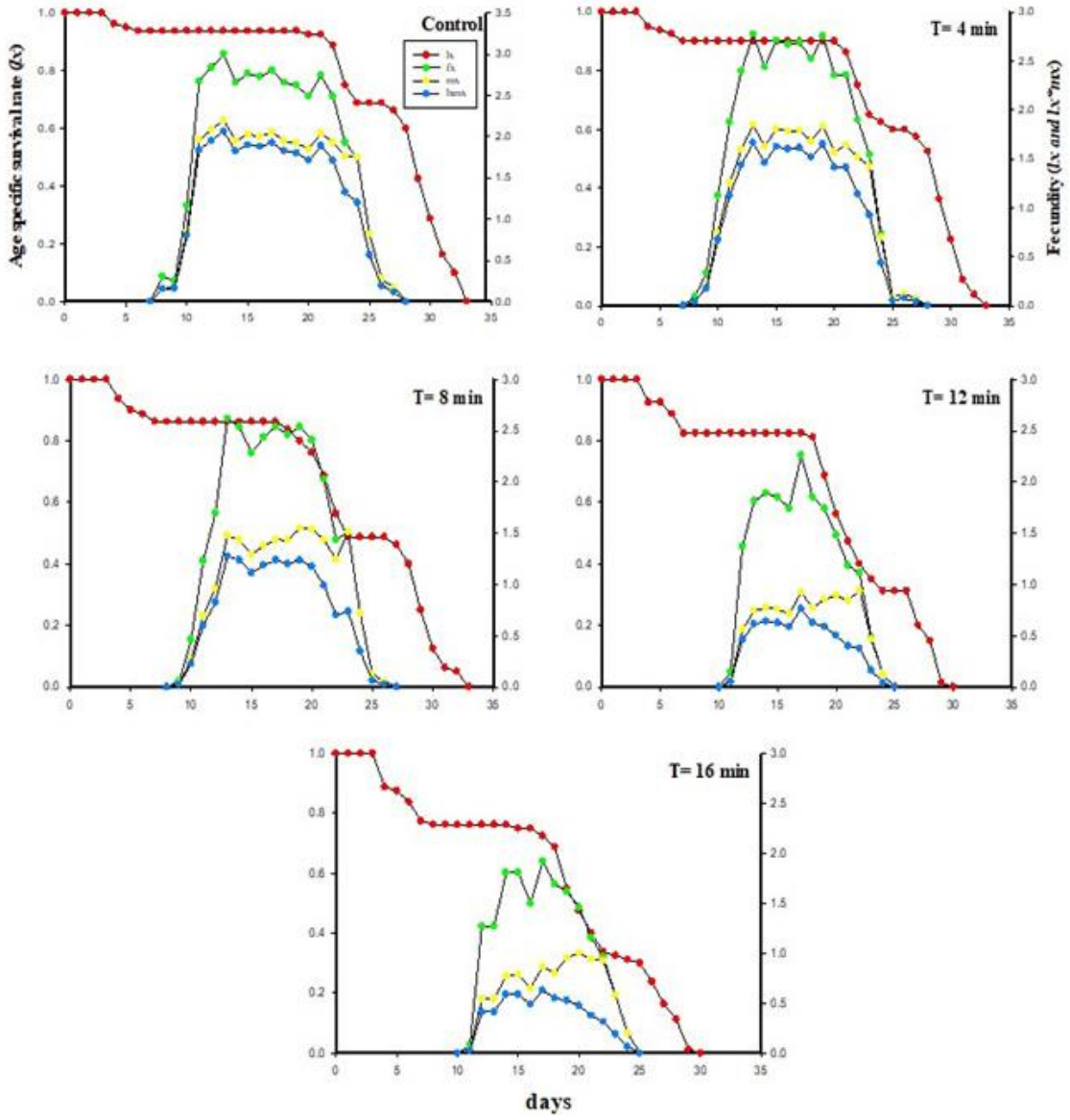
Figure 3. Sub-lethal effects of different UV-C irradiation times on the age-stage specific reproductive value (v_{xj}) of the two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae*

شکل ۶ روند رشد جمعیت کل *T. urticae* را در تیمارهای مختلف مورد مطالعه نشان می‌دهد. بالاترین سرعت رشد و نمو در شاهد و کم‌ترین سرعت رشد و نمو در تیمار ۱۶ دقیقه مشاهده شد. این مسئله نشان می‌دهد که در معرض قرار دادن تخم آفت با زمان‌های مختلف اشعه UV_C، سرعت رشد جمعیت کنه تارتن دو لکه‌ای را کاهش می‌دهد.

بحث

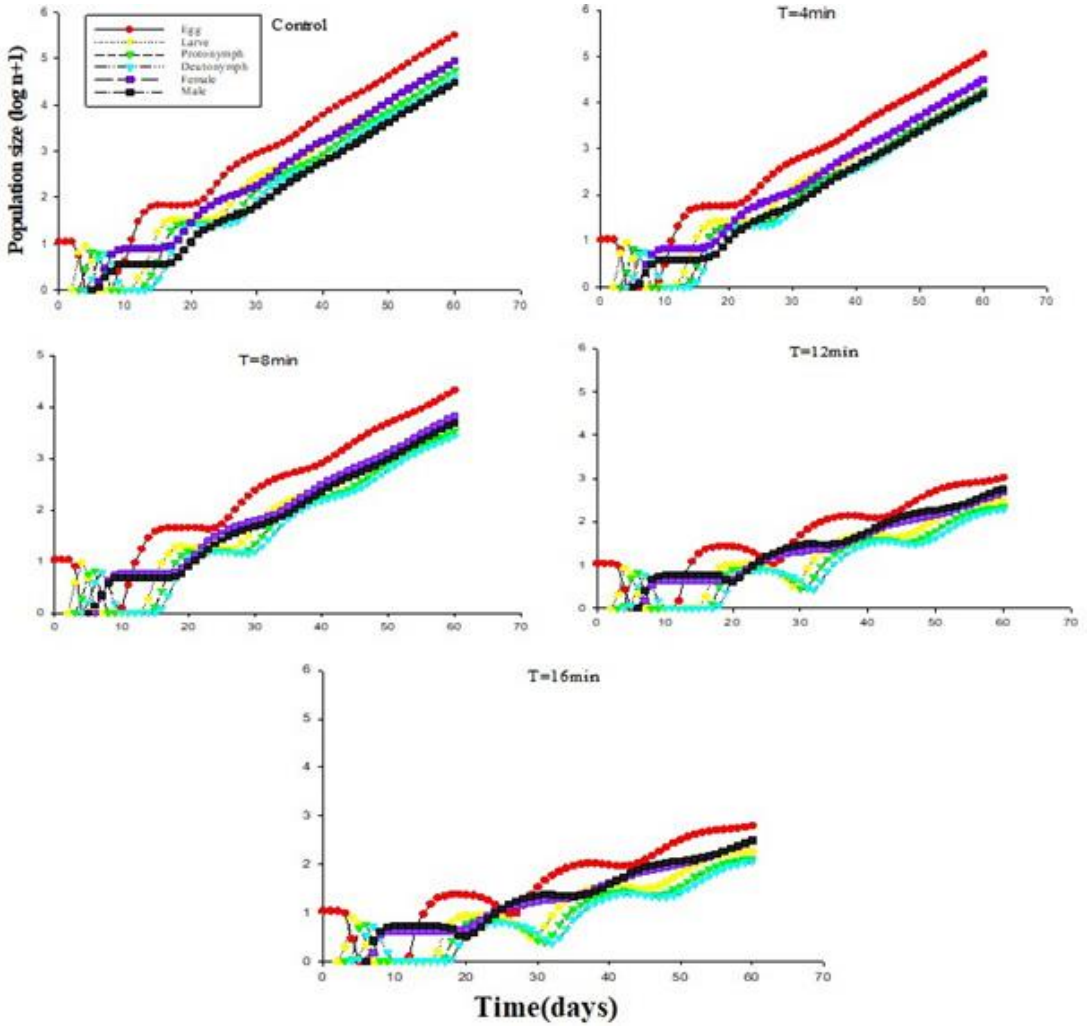
پرتودهی محصولات غذایی روش جایگزین مهمی در کنترل آفات بوده و در جهت کاهش مصرف حشره‌کش‌های شیمیایی تأثیر بسزایی دارد و می‌تواند ماندگاری و کیفیت محصولات غذایی را نیز افزایش دهد (Silva *et al*., 2010). مرحله جنینی یک حشره نسبت به تابش اشعه UV-C حساس‌تر از سایر مراحل رشدی می‌باشد (Ahmed, 2005; Zhao *et al*., 2007). اشعه UV-C می‌تواند روی پوسته تخم تاثیر بگذارد علاوه بر این با آسیب رساندن به DNA، یا به‌طور غیرمستقیم با القای افزایش تشکیل

رادیکال‌های آزاد می‌تواند موثر باشد (Ahmed, 2005; Ghannem & Shamma, 2007). دوزهای زیرکشنده UV-C اکسیژن فعال تولید می‌کنند که در صورت تولید با سرعت بالا سبب استرس اکسیداتیو و آسیب بافتی می‌شوند (Kim & Johnson, 2014). باید توجه داشت در پرتودهی، استفاده از دوزهای بالا گاها سبب خسارت به محصول نیز می‌شود؛ بنابراین، یافتن دوزهای مناسب که سبب جلوگیری از نشوونمای آفت شده و به گیاه خسارت وارد نکند، اهمیت دارد (Hallman, 2004). در پژوهش حاضر نتایج ارزیابی اثرات زمان‌های مختلف پرتودهی اشعه فرابنفش بر کنترل کنه تارتن دو لکه‌ای *T. urticae* در مرحله تخم و در شرایط گلخانه‌ای مورد بررسی قرار گرفت که نتایج بیانگر اثرات منفی اشعه UV-C روی پراسنجه‌های جدول زندگی و رشد جمعیت این آفت بود. نتایج نشان داد با افزایش مدت زمان پرتودهی اشعه UV-C روی مرحله تخم *T. urticae*، می‌توان جمعیت این آفت را به طور ملموسی کاهش داد.



شکل ۴- اثرات زیر کشنده زمان‌های مختلف پرتودهی اشعه فرابنفش (UV_C) بر زنده‌مانی ویژه سنی (l_x)، باروی ویژه سن مرحله رشدی (f_x)، زاداوری ناخالص ویژه سنی (m_x) و زاداوری خالص ویژه سنی (l_xm_x) کنه تارتن دو لکه‌ای *Tetranychus urticae*

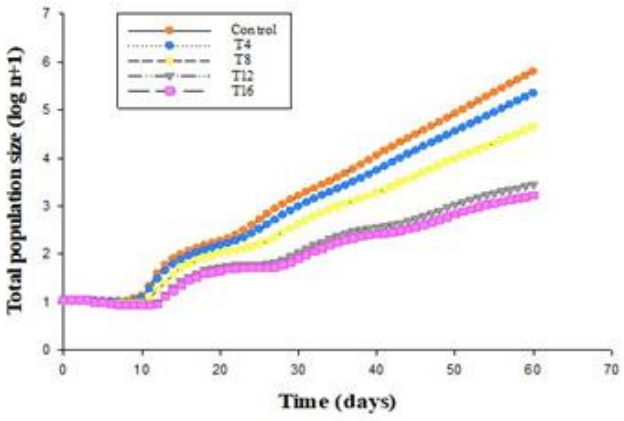
Figure 4. Sub-lethal effects of different UV-C irradiation times on age-specific survival (l_x), age-stage specific fecundity (f_x), age-specific gross fertility rate (m_x), and age-specific fertility (l_xm_x) of the two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae*



شکل ۵- اثرات زیرکشنده زمان‌های مختلف پرتودهی اشعه فرابنفش (UV_C) بر پیش‌بینی پتانسیل رشد جمعیت کنه تارتن دو لکه‌ای *Tetranychus urticae* در طول ۶۰ روز

Figure 5. Sub-lethal effects of different UV-C irradiation times on the predicted population growth potential of the two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae*, during 60 days

پژوهش‌های بسیاری در زمینه پرتودهی اشعه UV-C روی مرحله تخم حشرات و کنه‌ها انجام شده است که بیانگر افزایش تلفات تخم با افزایش مدت زمان پرتودهی می‌باشد (Beard, 1972; Ahmed, 2005; Lah *et al*., 2012; Pourhemati *et al*., 2013). 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 *Dermatophagoides pteronyssinus* (Astigmata; Pyroglyhidae) گزارش کردند، در حالی که ۷۰ درصد تفریخ تخم در تیمار شاهد مشاهده شد. بررسی‌های دموگرافیک نشان‌دهنده تاثیر منفی پرتودهی اشعه UV-C روی مراحل رشدی و نشوونما و تولیدمثل آفات می‌باشد.



شکل ۶- اثرات زیر کشنده زمان‌های مختلف پرتودهی اشعه فرابنفش (UV_C) بر رشد جمعیت کل کنه تارتن دو لکه‌ای *Tetranychus urticae* در طول ۶۰ روز

Figure 6. Sub-lethal effects of different UV-C irradiation times on the total population growth of the two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae*, during 60 days

بررسی‌های مدرس نجف‌آبادی و همکاران نشان داد اشعه فرابنفش سبب کاهش باروری و رشد جمعیت سوسک چهار نقطه‌ای حبوبات، *Callosobruchus maculatus* (Fabricius) می‌شود (Modarres Najafabadi *et al*., 2014). در پژوهشی دیگر پرتودهی شفیره‌های *Exorista sorbillans* Wiedemann (Diptera; Tachinidae) با اشعه فرابنفش سبب کاهش باروری حشرات کامل شد (Hassan *et al*., 1998). قرارگیری کنه دو نقطه‌ای و کنه‌های شکارگر خانواده Phytoseiidae در معرض اشعهUV-C ، سبب تاثیر بر باروری و تخم‌ریزی این آفت شده و نشان می‌دهد که اشعه UV-C در دزهای خاص می‌تواند بدون آسیب به عوامل کنترل بیولوژیک، تخم‌ها را غیر فعال کند (Montemayor *et al*., 2023). هم‌چنین تابش‌های کوتاه‌مدت UV-C روی کنه تارتن دو نقطه‌ای سبب مرگ تخم‌ها و کاهش زادآوری ماده‌های بالغ می‌شود (Kimura *et al*., 2018). تابش UV-C به‌طور قابل توجهی جمعیت شته‌های بالغ *Macrosiphum rosae* L. و باروری آن‌ها را کاهش داد (Darras *et al*., 2021). در تحقیق حاضر بیش‌ترین باروری ماده‌ها در تیمار شاهد ۳۹ عدد تخم بود و کم‌ترین مقدار آن در تیمار ۱۶ دقیقه پرتودهی ۱۷/۳۱ تخم به ثبت رسید که نشان‌دهنده کاهش چشم‌گیر میزان باروری تخم‌های پرتودهی شده کنه تارتن دولکه‌ای با اشعه UV-C می‌باشد. همچنین شته *Sitobion avenae* F. در معرض اشعه فرابنفش دوره رشد پوره طولانی‌تر، دوره‌های تولیدمثل طولانی‌تر و باروری کل کمتر در مقایسه با گروه شاهد نشان داد (Hu *et al*., 2013). بر اساس نتایج به‌دست‌آمده از تحقیق حاضر طول دوره یک نسل (*T*) با افزایش مدت زمان پرتودهی روی مرحله تخم کنه تارتن دولکه‌ای افزایش یافت که بیش‌ترین طول دوره یک نسل در ۱۲ و ۱۶ دقیقه پرتودهی (۱۷/۳۶ و ۱۷/۵۸ روز) ثبت شد. بررسی‌های صورت‌گرفته توسط بخشی و همکاران نیز نشان می‌دهد پرتودهی تخم‌ها سبب افزایش طول دوره زندگی جمعیت حاصل از تخم‌های اشعه‌دیده و در نتیجه کاهش تعداد نسل آفت می‌شود (Bakhshi *et al*., 2012). در اثر پرتودهی میانگین طول دوره لاروی در شب‌پره *Cryptophlebia leucotreta* Meyrick افزایش یافت (Boelm *et al*., 2003)، ولی بر اساس نتایج به‌دست‌آمده در تحقیق حاضر، طول دوره مراحل نابالغ تحت تاثیر زمان‌های مختلف پرتودهی قرار نگرفت، در حالی‌که طول دوره رشدی کنه بالغ با افزایش مدت زمان پرتودهی روند کاهشی را نشان داد؛ به‌طوری‌که در کنه بالغ ماده طول دوره رشدی از ۳۰/۲۵ به ۲۷/۵۰ روز کاهش یافت.

در بین پراسنجه‌های رشد جمعیت، نرخ ذاتی افزایش جمعیت (r) از مهم‌ترین شاخص‌ها بوده و یک شاخص استاندارد و مهم‌ترین پراسنجه برای ارزیابی نرخ رشد و باروری جمعیت حشرات و مقایسه‌ی توانایی‌های تولیدمثلی جمعیت‌ها می‌باشد که تحت تأثیر عوامل زیادی از جمله گونه حشره مورد بررسی، منشأ جغرافیایی، شرایط اقلیمی، تغییرات مربوط به زنده‌مانی، زادآوری و طول عمر حشرات کامل قرار می‌گیرد (Infante, 2000; Rezaei *et al*., 2018). در پژوهش حاضر نرخ ذاتی افزایش جمعیت (r)، در تیمارهای مختلف دارای تفاوت معنی‌داری بود. بیش‌ترین مقدار این پراسنجه در شاهد و کم‌ترین در زمان ۱۶ دقیقه پرتودهی مشاهده شد. مقدار r از روی داده‌های زنده‌مانی (l_x) و تولیدمثل (m_x) و بر اساس روش برچ (Birch, 1948) محاسبه شده است. نرخ ذاتی افزایش جمعیت، نتیجه تعامل باروری ویژه سنی، نرخ زنده‌مانی و طول عمر کنه است. هر چقدر میزان r کم‌تر باشد، افزایش جمعیت کندتر خواهد بود. هر چه مقدار این پراسنجه بیشتر باشد، نرخ افزایش جمعیت سریع‌تر و دوره رشد و نمو کوتاه‌تر خواهد بود (Medeiros *et al*., 2000). مقدار r در این پژوهش نیز با افزایش مدت زمان پرتودهی روند کاهشی را نشان داده که بیانگر رشد کندتر جمعیت تحت تاثیر اشعه UV-C می‌باشد. بر همین اساس می‌توان این‌گونه بیان کرد که زمان‌های مختلف پرتودهی اشعه UV-C بر مرحله تخم آفت، شرایط نامساعدی برای افزایش جمعیت کنه تارتن دولکه‌ای ایجاد نموده است. بر اساس بررسی ویلنا و همکاران (Villena *et al*., 2018) اشعه فرابنفش سرعت متابولیسم *Culex pipience* Pallens و *Aedes albopictus* Skuse را افزایش می‌دهد و سبب کاهش زنده‌مانی مرحله لاروی می‌شود. در تحقیق حاضر نیز نرخ زنده‌مانی در مراحل مختلف رشدی نابالغ و بالغ با افزایش مدت زمان پرتوتابی اشعه UV-C بر مرحله تخم روند کاهشی را نشان داد. اثرات منفی اشعه UV-C روی توانایی تولیدمثلی حشرات دیگر توسط پژوهشگران متعدد گزارش شده است (Begum *et al*., 2003; Faruki, 2005; Ayvaz *et al*., 2007; Parween *et al*., 2012). بنابه گزارش حیدری و همکاران، اشعه UV-C اثرات قابل توجهی بر توانایی تولیدمثلی سوسک چهار نقطه‌ای حبوبات دارد. حشرات بالغ حاصل‌شده از تخم‌های پرتودهی‌شده با اشعه UV-C توانایی تولیدمثلی کم‌تری نسبت به تیمار شاهد داشتند، به‌طوری‌که در تمام زمان‌های پرتودهی (۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰ و ۵۰ دقیقه) اشعه UV-C، نرخ خالص تولیدمثل (R_0) به میزان قابل توجهی پایین‌تر از شاهد بود (Heidari *et al*., 2016) که بر اساس نتایج به‌دست‌آمده در تحقیق حاضر نیز مقدار R_0 کنه تارتن دولکه‌ای، از ۲۶/۸۱ در شاهد به ۵/۶۲ تخم به ازای هر ماده در زمان ۱۶ دقیقه پرتودهی کاهش یافته است.

بر اساس نتایج حاصل از این پژوهش، زمان‌های مختلف پرتودهی اشعه UV-C بر مرحله تخم کنه تارتن دو لکه‌ای، اثرات منفی روی پراسنجه‌های جدول زندگی و رشد جمعیت این آفت داشت. بیش‌ترین اثرات منفی در زمان‌های ۱۲ و ۱۶ دقیقه پرتودهی مشاهده شد. کم‌ترین نرخ خالص تولید مثل (R_0)، نرخ ذاتی افزایش جمعیت (r) و نرخ متناهی افزایش جمعیت (λ) مربوط به زمان های ۱۶ و ۱۲ دقیقه پرتودهی اشعه UV-C بود. نتایج به روشنی نشان داد که زمان‌های مختلف پرتودهی اشعه فرابنفش، به خوبی جمعیت کنه تارتن دولکه‌ای را تحت تأثیر خود قرار می‌دهد و از سرعت رشد جمعیت این آفت می‌کاهد. بر همین اساس، می‌توان اشعه UV-C را همراه با سایر روش‌های کنترلی نظیر کنترل بیولوژیک و حشره‌کش‌های کم خطر در مدیریت تلفیقی این آفت مد نظر قرار داد.

سپاسگزاری

بدین‌وسیله از جناب آقای دکتر شهرام میرفخرایی بابت شناسایی و تأیید گونه کنه سپاسگزاری می‌شود .

References

Ahmed, R. G. (2005). Damage pattern as function of various types of radiations. *Islamic World Academy of Sciences, 15*, 135-147.

Ayvaz, A., & Tuncbilek, A. Ş. (2006). Effects of gamma radiation on life stages of the Mediterranean flour moth, *Ephestia kuehniella* Zeller (Lepidoptera: Pyralidae). *Pest Science, 79*, 215-222. **DOI: https://doi.org/10.1007/s10340-006-0137-6.**

Bakhshi, A., Talebi, A. A., & Fathipour, Y. (2012). Effect of ultra violet irradiation on biological parameters of *Plodia interpunctella* (Hübner) (Lep., Pyralidae). *Entomological Research*, *4*(2), 103-116.

Barcelo, J. A. (1981). Photoeffects of visible and ultraviolet radiation on the twospotted spider mite *Tetranychus urticae*. *Photochemistry and Photobiology, 33,* 703–706. **DOI: https://doi.org/ 10.1111/j.1751-1097.1981.tb05477.x**

Beard, R. L. (1972). Lethal action of UV irradiation on insects. *Economic Entomology, 65,* 650-654. **DOI: https://doi.org/10.1093/jee/65.3.650**

Beynaghi, S., Kheradmand, K., Asgari, S., & Sheykhi Garjan, A. (2014). Sublethal effects of *Cuminum cyminum* and *Eugenia caryophyllata* essential oils on two–spotted spider mite, *Tetranychus urticae*. *Plant Pathology*, *82*(2), 81-90. (In Farsi)

Birch, L. (1948). The Intrinsic Rate of Natural Increase of an Insect Population. *The Journal of Animal Ecology*, 1, 15-26. **DOI:https://doi.org/10.2307/1605**

Cagatay, N. S., Menault, P., Riga, M., Vontas, J., & Ay, R. (2018). Identification and characterization of abamectin resistance in *Tetranychus urticae* Koch populations from greenhouses in Turkey. *Crop Protection, 112,* 112–117**. DOI: https://doi.org/10.1016/j.cropro.2018.05.016.**

Carey, J. R. (2001). Insect biodemography. *Annual Review of Entomology*, *46*(1), 79-110. **DOI: https:// doi.org/10.1146/annurev.ento.46.1.79**

Chi, H. (1990). Timing of control based on the stage structure of pest population: a simulation approach. *Economic Entomology, 83,* 1143-1150. **DOI: https://doi.org/10.1093/jee/83.4.1143**

Chi, H. (2016). TWOSEX-MSChart: Computer program for the agestage, two-sex life table analysis. Zenodo. Available on the website: https://zenodo.org/records/7484085

Chi, H. (2022a). TWOSEX-MSChart: A computer program for the population projection based on age-stage, two-sex life table. Access date: 2016.04.25. Available on the website: http://140.120.197.173/ecology/prod02.htm. Zip

Chi, H. (2022b). TIMING-MSChart: a computer program for the population projection based on age-stage, two-sex life table. Access date: 2017.01.28. Available on the website: http://140.120.197.173/ecology/prod02.htm. Zip

Darras, A. I., Skouras, P. J., Assimomitis, P., Labropouloy, C., & Stathas, G. J. (2021). Application of UV-C irradiation to Rosa x hybrida plants as a tool to minimise *Macrosiphum rosae* populations. *Agronomy*, *11*(4), 702. **DOI: https://doi.org/10.3390/agronomy11040702**

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. *Biological Sciences*, *5*, 444-448.

Fathi, S. A. A., Nouri-Ghanbalanni, G., & Sedaghati, M. (2010). Resistance of some canola cultivars to *Aphis Gossypii* (Hemiptera: Aphididae). *Applied Entomology and Zoology*, *45*(4), 601-608.

Fathipour, Y., & Maleknia, B. (2016). Mite predators. In Ecofriendly pest management for food security (pp. 329-366). Academic Press. **DOI: https://doi.org/10.1016/B978-0-12-803265-7.00011-7**

Fathipour, Y., Mehrkhou, F., Mirhosseini, M. A., Rezaei, M., & Pervez, A. (2024). Comprehensive foraging behavior of acarophagous ladybird, *Stethorus gilvifrons* (Coleoptera: Coccinellidae) on *Tetranychus urticae* (Trombidiformes: Tetranychidae): Implications for biological control. *Tropical Insect Science*, *44*(1), 215-226. **DOI: https://doi.org/10.1007/s42690-023-01148-7**

Gill, S. S., Cowles, E. A., & Francis, V. (1995). Identification, isolation, and cloning of a *Bacillus thuringiensis* CryIAc toxin-binding protein from the midgut of the Lepidopteran insect *Heliothis virescens*. *Biological Chemistry*, *270*(45), 27277_27282. **DOI: https://doi.org/10.1074/ jbc.270. 45.27277**

Guven, E., Pandir, D., & Hatice, B. (2015). UV radyasyonun, Un güvesi, *Ephestia kuehniella* Zeller (Lepidoptera: Pyralidae), larvalarında meydana getirdiği oksidatif stres ve DNA hasarının belirlenmesi. *Turkish Journal of Entomology*, *39*, 23-33. **DOI: https://doi.org/10.16970/ted.06717.**

Hallman, G. L. (2004). Ionizing irradiation quarantine treatment against orient fruit moth (Lepidoptera: Tortricidae) in ambient and hypoxic atomospheres. *Economic Entomology*, *97*, 824-827. **DOI: https://doi.org/10.1093/jee/97.3.824**

Han, Y., Zhang, Y. C., Ye, W. N., Wang, S. M., Wang, X., & Gao, C. F. (2024). Increasing resistance of *Tetranychus urticae* to common acaricides in China and risk assessment to spiromesifen. *Crop Protection, 176,* 106519. **DOI: https://doi.org/10.1016/j.cropro.2023.106519**.

Hassan, M., Jahan, M. S., & Khan, I. R. (1998). Effect of UV radiation on the uzi-fly, Exorista sorbillans Widemann, an endoparasitoidof silkworm, *Bombyx mori* L. *Insect Science, 18,* 87-91. **DOI: https://doi.org/10.1017/S1742758400007505**

Heidari, N., Sedaratian-Jahromi, A., & Ghane-Jahromi, M. (2016). Possible effects of ultraviolet ray (UV-C) on biological traits of *Callosobruchus maculatus* Fabricius (Col.: Chrysomelidae). *Stored Products Research*, *69*, 91-98. **DOI: https://doi.org/10.1016/j.jspr.2016.06.008**.

Hu, Z., Zh, H., & T, T. (2013). Probing behaviors of *Sitobion avenae* (Hemiptera: Aphididae) on enhanced UV_B irradiated plants. *Archives of Biological Sciences*, *65*(1), 247-254, 2013. **DOI: https://doi.org/10.2298/ABS1301247H**

Infante, F. (2000). Development and population growth rates of *Prorops nasuta* (Hym.: Bethylidae) at constant temperatures. *Applied Entomology, 124,* 343-348. **DOI: https://doi.org/10.1046/j.1439-0418.2000.00462.x**

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. *Agricultural and Food Chemistry, 60,* 220-225. **DOI: https://doi.org/10.1021/jf203825e**

Kim, M. J., & Johnson, W. A. (2014). ROS-mediated activation of Drosophila larval nociceptor neurons by UVC irradiation. *BMC Neuroscience, 15,* 14. **DOI: https://doi.org/10.1186/1471-2202-15-14**

Kimura, H., et al. (2018). UV-C irradiation as a management tool for Tetranychus urticae on strawberries. *Photochemistry and Photobiology, 196,* 88599.

Lah, E. F. C., Musa, P. N. A. R., & Ming, H. T. (2012). Effect of germicidal UV_C light (254 nm) on eggs and adult of hous dust mites, *Dermatophagoides pteronyssinus* and *Dermtaophagoides farina* (Astigmata: pyroglyhidae). *Tropical Biomedicine, 2*, 679-683 32.

Medeiros, R. S., Ramalho, F. S., Lemos, W. P., & Zanuncio, J. C. (2000). Age-dependent fecundity and life fertility tables for *Podisus nigrispinus* (Dallas) (Heteroptera: Pentatomidae). *Applied Entomology, 124*, 319-324. **DOI: https://doi.org/10.1046/j.1439-0418.2000.00482.x**

Modarres Najafabadi, S. S., Sedehi, A., & Karbalaizadeh, M. (2014). Effect of ultraviolet irradiation (254 nm) on egg hatching population growth and reproductive parameters of cowpea weevil, *Callosobruchus maculatus* Fabricus (Col.: bruchidae). *Farming Alleid Science*, *3*(5), 476-482.

Montemayor, J.D., Smith, H.A., Peres, N.A., De Marchi, B.R. and Lahiri, S., 2023. Is UV-C light compatible with biological control of twospotted spider mite?. Biological Control, *183*, p.105269.

Murata, Y., & Osakabe M. (2014). Factors affecting photoreactivation in UV-B irradiated herbivorous

Naegele, J. A., McEnroe, W. D., & Soans, A. B. (1966). Spectral sensitivity and orientation response of the two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae* Koch, from 350 mm to 700 mm. *Insect Physiology, 12,* 1187–1195. **DOI: https://doi.org/10.1016/0022-1910(66)90131-4**

Parween, T., Mahmooduzzafar, S., & Fatma, T. (2012). Evaluation of oxidative stress in *Vigna radiata* L. in response to chlorpyrifos. *Environmental Sciences, 9,* 605–612. **DOI: https://doi.org/ 10.1007/ s13762-012-0095-x**

Pero, B., Aramideh, Sh., Mirfakhraie, Sh., & Hosseinzadeh, A. (2024). Effect of UV radiation on life table parameters of the *Phthorimaea operculella* Zeller (Lep.: Gelechiidae). *Entomological Society of Iran*, *44*(1), 11-24. (In Farsi)

Pilkington, L. J., & Hoddle, M. S. (2007). Use of life table to quantify reproductive and developmental biology of *Gonatocera triguttatus* Girault (Hym.: Mymaridae), an egg parasitoid of *Homalodisca vitripennis* Germar (Hemiptera: Cicadellidae). *Biological Control, 42,* 1-8. **DOI: https://doi.org/ 10.1016/j.biocontrol.2007.04.006**

Pourhemati, A., Teklozadeh, H. M., & Mashrafe, M. (2013). Investigating the effect of two wavelengths of ultraviolet rays on the mortality of adult grain insects. 1th National Conference on Sustainable Development of Agriculture and Healthy Environment. (In Farsi).

Pourhemati, A., Teklozadeh, H. M., & Mashrafe, M. (2013). Investigating the effect of two wavelengths of ultraviolet rays on the mortality of adult grain insects. 1st National Conference on Sustainable Development of Agriculture and Healthy Environment.18 April. PP. (In Farsi).

Rezaei, N., Mossadegh, M. S., Kocheyli, F., Jahromi, K. T., & Kavousi, A. (2018). Sub–lethal effects of thiamethoxam and pirimicarb on life–table parameters of *Diaeretiella rapae* (Hymenoptera: Braconidae), parasitoid of *Lipaphis erysimi* (Hemiptera: Aphididae*). Agricultural and Biosystems Engineering, 12*(10), 321–328.

Rincon, R. A., Rodríguez, D., & Coy-Barrera, E. (2019). Botanicals against *Tetranychus urticae* Koch under laboratory conditions: a survey of alternatives for controlling pest mites. *Plants, 8,* 272. **DOI: https://doi.org/10.3390/plants8080272**

Silva, W. D., Arthur, V., & Mastrangelo, T. (2010). Response of oriental fruit moth, *Grapholita molesta* (Busck) (Lepidoptera: Tortricidae), eggs to gamma radiation. *Radiation Phisics and Chemistry*, *79*, 1063-1066. **DOI: https://doi.org/10.1016/j.radphyschem.2010.05.009**

Southwood, T. R. E., & Henderson, P. A. (2000). Ecological Methods. 3rd ed. Blackwell Science Ltd., 592 pp.

Suzuki, T., Watanabe, M., & Takeda, M. (2009). UV tolerance in the two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae*. *Physics, 55,* 649-654.

Villena, O. C., Momen, B., & Sullivan, J. (2018). Effects of ultraviolet radiation on metabolic rate and fitness of *Aedes albopictus* and *Culex pipiens* mosquitoes. *PeerJ., 6,* 61-33. **DOI: https://doi.org/10.7717/peerj.6133**

Wu, M., Adesanya, A. W., Morales, M. A., Walsh, D. B., Lavine, L. C., Lavine, M. D., & Zhu, F. (2019). Multiple acaricide resistance and underlying mechanisms in *Tetranychus urticae* on hops. *Pest Science, 92,* 543- 555. **DOI: https://doi.org/10.1007/s10340-018-1050-5**

Zhao, S., Qiu, C., Xiong, S., & Cheng, X. (2007). A thermal lethal model of rice weevils subjected to microwave irradiation. *Stored Products Research, 43,* 430-434. **DOI: https://doi.org/10.1016/j.jspr.2006.12.005**

Plant Pest Research

Research paper 2026- 16 (1): 33-48	https://doi.org/10.22124/iprj.2026.33396.1684	pISSN:2322-2409 eISSN: 2538-6123

OPEN ACCESS

Effect of different durations of UV-C radiation on the life table parameters of the *Tetranychus urticae*

B. Pero[*1], F. Mehrkhou[2] and M. Fourouzan[3]

1, 2. Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, Urmia University. Iran, 3. Research and Agricultural Education Center of West Azarbaijan Province, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Urmia, Iran

✉ barfin.peru74@gmail.com https://orcid.org/0000-0001-6195-9985
✉ fm.mehrkhou@gmail.com https://orcid.org/0000-0023-4220-8396
✉ maryam_fourouzan@yahoo.com https://orcid.org/0000-0002-5440-3329

Received: 29 March 2026 | *Accepted:* 8 June 2026 |

Abstract

The two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae* Koch, causes significant economic damage to over 150 plant species. Given the adverse effects of synthetic acaricides and the increasing incidence of pesticide resistance in mite populations, eco-friendly control strategies such as irradiation have gained prominence. In the present study, the effect of UV-C radiation on population parameters of the two-spotted spider mite was investigated under laboratory conditions [25 ± 3°C, 65 ± 5% RH, and a 16:8 L:D photoperiod (dark:light)]. The observations were made at intervals of 0, 4, 8, 12, and 16 minutes on eggs of the same age of this pest. Increasing the duration of irradiation reduced the lifespan of adult female mites from 22.25 to 19.38 days. The fecundity rate decreased from 39.00 to 17.31 eggs, and the ovipositional period was reduced from 14.35 to 8.72 days. The intrinsic rate of increase in the control and 16 min irradiation with a significant decrease was 0.201±0.005 and 0.098±0.010 per day, respectively. The lowest and highest net reproductive rate values (R_0) were 5.62 and 26.81 eggs/per female at 16 minutes of irradiation and control, respectively. Therefore, population growth decreased with increasing irradiation duration compared to the control. These results demonstrate the inhibitory effects of UV-C radiation on the biological and demographic performance of *T. urticae*.

Key words: Life table, non-chemical control, population growth parameters, two-spotted spider mite

Citation: Pero, B., Mehrkhou, F. & Fourouzan, M. (2026). Effect of UV-C radiation different time on life table parameters of the *Tetranychus urticae*. *Plant Pest Research*, *16*(1), 33-48. **DOI: https://doi.org/10.22124/iprj.2026.33396.1684**

*Corresponding author: barfin.peru74@gmail.com

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)