



## تأثیر اشعه ماوراء بنفش (UV-C) روی پاراسنج‌های جدول زندگی بید سیب‌زمینی *Phthorimaea operculella* Zeller (Lep.: Gelechiidae)

برفین پرو<sup>۱</sup>، شهرام آرمیده<sup>۱</sup>، شهرام میرفخرایی<sup>۱</sup> و عباس حسین زاده<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup> - گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران

✉ barfin.peru74@gmail.com

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

✉ sh.aramideh@urmia.ac.ir

<https://orcid.org/0000-0003-4220-6165>

✉ sh.mirfakhraie@urmia.ac.ir

<https://orcid.org/0000-0002-8148-4136>

<sup>۲</sup> - گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده کشاورزی واحد مهاباد، دانشگاه آزاد اسلامی، مهاباد، ایران

✉ abas1354@yahoo.com

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

**چکیده:** بید سیب‌زمینی *Phthorimaea operculella* Zeller (Lep.: Gelechiidae)، از آفات کلیدی گیاه سیب‌زمینی در مزارع و انبارهای این محصول می‌باشد. با توجه به این‌که سیب‌زمینی یک منبع مهم غذایی انسان به شمار می‌رود، کنترل این آفت به روش‌های مختلف و به‌ویژه غیر شیمیایی مورد توجه محققین می‌باشد. در این تحقیق اثر اشعه UV-C روی پارامترهای جمعیتی بید سیب‌زمینی *P. operculella* در شرایط آزمایشگاهی در زمان‌های صفر، ۴، ۶ و ۸ دقیقه روی تخم‌های یک و سه روزه مورد بررسی قرار گرفت. بر اساس نتایج به‌دست آمده، نرخ ذاتی افزایش جمعیت ( $r$ ) و نرخ متناهی افزایش جمعیت ( $\lambda$ )، تحت تأثیر زمان‌های مختلف پرتوهای اشعه UV-C در تخم‌های یک و سه روزه با افزایش مدت زمان پرتوهای کاهش یافت که این روند کاهشی در تخم‌های سه روزه بیش‌تر از تخم‌های یک روزه بود. پرتوهای تخم‌های سه روزه آفت با اشعه UV-C و به مدت زمان ۸ دقیقه بیشترین تأثیر را در افزایش طول دوره قبل از بلوغ داشت (۳۷/۶۷ روز). کم‌ترین طول عمر حشرات ماده در تیمار تخم‌های یک و سه روزه که به مدت ۸ دقیقه پرتوهای شده بودند به ترتیب ۸/۵۸ و ۸/۳۸ روز بود. کم‌ترین نرخ خالص تولیدمثل ( $R_0$ ) در تخم‌های سه روزه در زمان‌های ۰، ۴، ۶ و ۸ دقیقه پرتوهای به ترتیب ۴/۵۴، ۳/۲۸، ۰/۹۸ و ۰/۲۸ نتاج ماده/فرد ماده به‌دست آمد. بیش‌ترین طول دوره یک نسل ( $T$ ) در تخم‌های سه روزه در تیمار ۸ دقیقه پرتوهای ۴۲/۸۶ روز به ثبت رسید. نتایج به‌دست آمده نشان‌دهنده اثرات منفی پرتوهای با اشعه ماوراء بنفش روی پارامترهای زیستی و رشد جمعیت بید سیب‌زمینی می‌باشد، لذا پرتوهای اشعه UV-C در مدیریت تلفیقی این آفت در مرحله انبارداری می‌تواند مد نظر قرار گیرد.

**واژه‌های کلیدی:** پرتوهای، جدول زندگی دو جنسی، کنترل فیزیکی، مدیریت آفات.

### تاریخچه مقاله

دریافت: ۱۴۰۱/۱۲/۱۹

پذیرش: ۱۴۰۲/۱۰/۱۸

دبیر تخصصی: معصومه ضیائی

**Citation:** Pero, B., Aramideh, Sh., Mirfakhraie, Sh. & Hosseinzadeh, A. (2024) Effect of UV radiation on life table parameters of the *Phthorimaea operculella* Zeller (Lep.: Gelechiidae). *J. Entomol. Soc. Iran* 44 (1), 11–24.

## مقدمه

سیب‌زمینی *Solanum tuberosum* L. بعد از گندم، برنج و ذرت چهارمین محصول زراعی پراهمیت در سراسر جهان محسوب می‌شود (Xu et al., 2019; Gao, 2021). بر اساس گزارش‌های سازمان خواروبار و کشاورزی ملل متحد، سطح زیر کشت سیب‌زمینی در ایران در سال ۲۰۱۹، بیش از ۱۶۴ هزار هکتار بوده و محصول برداشت شده از این سطح حدود ۵/۳۲ میلیون تن بود (FAO, 2019). آفات متعددی عملکرد محصول سیب‌زمینی را کاهش می‌دهند که یکی از مهم‌ترین آن‌ها بید سیب‌زمینی *Phthorimaea operculella* Zeller (Lep.: Gelechiidae) می‌باشد (Rondon, 2010). حشرات بالغ ماده تخم‌های خود را روی سطح غده‌ها در محل حفرات جوانه‌ها و ترک‌های روی غده سیب‌زمینی و در مزرعه روی سطح زیرین برگ‌ها می‌گذارند. لاروها با نفوذ به داخل غده‌ها از محتوای آن‌ها تغذیه کرده و رشد می‌کنند (Golizadeh and Esmaeili, 2012). لاروهای این آفت از برگ، ساقه، دمبرگ و به‌ویژه از غده‌های سیب‌زمینی تغذیه کرده و با ایجاد دالان‌های تغذیه‌ای در غده‌ها مستقیماً به محصول خسارت می‌زنند. خسارت اصلی آفت به حفر دالان در غده‌های سیب‌زمینی مربوط است و کیفیت محصول را از نظر کمی و کیفی به شدت کاهش می‌دهد (Rondon, 2010). این آفت خطر آلودگی به عوامل بیماری‌زای قارچی و باکتریایی را افزایش می‌دهد و می‌تواند عملکرد سیب زمینی را به طور قابل ملاحظه‌ای پایین بیاورد. انباشته شدن فضولات لاروی در داخل غده‌ها نیز بازاری‌پسندی محصول را به شدت کاهش می‌دهد (Faraji et al., 2011). با توجه به اهمیت این آفت، تاکنون پژوهش‌های متعددی برای کنترل آن در نقاط مختلف دنیا صورت گرفته است. به دلیل مخفی بودن قسمتی از چرخه زندگی آفت، کاربرد روش‌های کنترل شیمیایی به تنهایی، نتایج رضایت بخشی نداشته است (Das and Raman, 1994). هم‌چنین استفاده از



سموم شیمیایی به دلیل کاربرد مکرر و بی رویه موجب تاثیر سوء بر زیست بوم‌های کشاورزی، بروز مقاومت آفت به حشره‌کش‌ها، تاثیر منفی روی دشمنان طبیعی و تشدید مساله باقیمانده سموم روی محصول می‌شود (Dogramaci and Tingey, 2008). لذا دانشمندان برای کنترل این آفت به فکر راهکارهای غیر شیمیایی افتاده‌اند. در میان روش‌های کنترل جایگزین مبارزه شیمیایی، روش پرتودهی یکی از امیدوارکننده‌ترین راهکارها برای کنترل تعدادی از آفات می‌باشد. تحقیقات زیادی در مورد استفاده از پرتوها در کنترل آفات، برای حفظ محصولات کشاورزی انجام شده است (Faruki et al., 2005; Ayvaz et al., 2007; Guven et al., 2015). 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 (Zhao et al., 2007). در طول موج‌های مختلف، پرتودهی به مدت طولانی سبب خسارت به محصول و مدت زمان‌های کم‌تر سبب جلوگیری از نشوونمای آفت می‌شود (Hallman, 2004). پرتو ماوراء بنفش با دستگاه‌های ارزان قیمت روی محصولات غذایی و انباری قابل انجام می‌باشد و می‌توان از لامپ‌های فرابنفش با طول موج مشخص و نیز کم‌خطر برای پرتودهی استفاده نمود (Kalaras et al., 2012). پرتو ماوراء بنفش 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 ۱۰-۲۸۰ نانومتر می‌باشد (Kalaras et al., 2012). در تحقیقی روی تخم‌های آفت *Trogoderma granarium* Everts (Col.: Dermestidae)، کلیه تخم‌های تازه گذاشته شده و تخم‌های ۲۴ و ۴۸ ساعته پس از ۱۲ دقیقه پرتودهی با اشعه UV-C از بین رفتند. محققین علت این امر را پاره شدن کوریون تخم و بیرون ریختن محتویات سلول تخم بیان کردند (Ghanem and Shamma, 2007). در تحقیقی دیگر نتایج نشان داد در هر سه گروه تخم‌های ۱، ۲ و ۳ روزه، با افزایش مدت پرتودهی میزان تفریح تخم شب پره هندی کاهش می‌یابد، همچنین با افزایش سن تخم از ۱ به ۳ روزه میزان تفریح کاهش یافت (Bakhshi et al., 2012). اثر پرتو ماوراء بنفش روی پراسنجه‌های زیستی *Sitotroga cerealella* Olivier (Lep.: Gelechiidae)، نتایج مهمی در رابطه با پرتودهی آفات انباری به ویژه در مرحله تخم داشت و مشاهده شد که همه زمان‌های پرتودهی مورد آزمایش سبب کاهش میزان تفریح تخم حشره شده و تخم‌های دو و سه روزه نسبت به تخم‌های یک روزه از حساسیت بیشتری برخوردار بودند (Sedaghat et al., 2011).

در تحقیق حاضر تاثیر زمان‌های مختلف پرتودهی روی تخم‌های یک و سه روزه بید سیب‌زمینی و پراسنجه‌های جدول زیستی شامل طول دوره پیش از بلوغ، طول عمر حشرات کامل نر و ماده، میزان زادآوری و پراسنجه‌های جدول زیستی بید سیب‌زمینی مورد مطالعه قرار گرفت.

## مواد و روش‌ها

**پرورش بید سیب‌زمینی.** کلنی اولیه بید سیب‌زمینی از گروه گیاه‌پزشکی دانشگاه محقق اردبیلی تهیه شد برای تکثیر بید سیب‌زمینی از ظروف پلاستیکی نیمه‌شفاف با ارتفاع ۱۵ و عرض ۱۰ سانتی‌متر، که انتهای آن با پارچه توری مسدود شده و برای تخم‌گذاری از کاغذهای با رنگ روشن روی توری آن قرار داده شده بود، استفاده شد. به منظور ایجاد بستر مناسب برای مرحله شفیرگی، کف این ظروف با یک لایه نازک از خاک رس استریل پوشانده شد (Dogramaci and Tingey, 2008). در داخل هر ظرف، ۱۰ عدد غده سیب‌زمینی قرار داده شد و ۱۵ جفت حشره کامل نر و ماده بید در آن رها سازی گردید. برای تغذیه و افزایش تخم‌گذاری حشرات کامل از محلول آب و عسل ۱۰ درصد استفاده می‌شد. برای تحریک تخم‌گذاری روی توری کاغذ صافی به همراه یک برش از غده سیب-زمینی قرار داده می‌شد. تغذیه حشرات کامل و تعویض کاغذ تخم‌گیری به صورت روزانه انجام می‌گرفت. ظروف پرورش در داخل اتاقک رشد با شرایط دمایی  $25 \pm 2$  درجه سلسیوس، رطوبت نسبی درصد  $65 \pm 5$  و دوره نوری ۱۶:۸ ساعت (روشنایی: تاریکی) نگهداری می‌شدند. حشرات کامل ظاهر شده در داخل ظروف به صورت روزانه با استفاده از اسپیراتور دستی جمع‌آوری و به ظروف پلاستیکی شفاف با قطر ۹ و ارتفاع ۱۲ سانتی‌متر منتقل می‌شدند.

**بررسی اثرات اشعه UV-C روی پراسنجه‌های زیستی بید سیب‌زمینی.** برای ارزیابی اثرات اشعه UV-C بر پراسنجه‌های زیستی بید سیب‌زمینی، دسته‌های تخم یک روزه روی کاغذ صافی به تعداد ۵۰ عدد در هر تیمار به ظروف پتری شیشه‌ای با قطر ۱۰ و ارتفاع ۱ سانتی‌متر منتقل شده و به مدت صفر (شاهد)، ۴، ۶ و ۸ دقیقه با ارتفاع ثابت (۹۰ سانتی‌متر) تحت تابش منبع اشعه UV-C قرار گرفتند. زمان پرتودهی با زمان سنج دیجیتال کنترل می‌شد. در تخم-های سه روزه نیز این مراحل انجام شد. پس از پرتودهی، تمام تیمارها در دمای  $25 \pm 2$  درجه سلسیوس نگهداری و خروج لاروها به صورت روزانه زیر میکروسکوپ بررسی می‌شد. هر لارو خارج شده به صورت مجزا به ظروف پلاستیکی به ارتفاع ۱۰ و قطر ۶ سانتی‌متر که کف آن با ماسه استریل پوشانده شده و حاوی یک سیب‌زمینی کوچک بود منتقل و درب ظروف با توری پوشانده شد. سنین مختلف لاروی داخل غده‌های سیب‌زمینی سپری شد. پس از طی شدن مراحل لاروی، لاروهای سن آخر از داخل غده سیب‌زمینی خارج شده و در کف ظروف پلاستیکی به شفیره تبدیل شده و پس از چند روز حشرات کامل نر و ماده در هر ظرف ظاهر شدند. در این مدت ظروف به صورت روزانه بررسی و طول مراحل نابالغ و بقای آن‌ها تا زمان ظهور حشرات کامل ثبت شد. حشرات کامل (نر و ماده به تعداد یک جفت) با عمر کم‌تر از ۲۴ ساعت، در هر تیمار (در تخم‌های یک روزه در تیمار شاهد، ۴، ۶ و ۸ دقیقه به ترتیب: ۲۲، ۲۲، ۲۰ و ۱۲ جفت و در تخم‌های سه روزه هم به ترتیب ۲۱، ۱۹، ۱۵ و ۸ جفت) جفت شده و به ظروف جدید منتقل شدند.

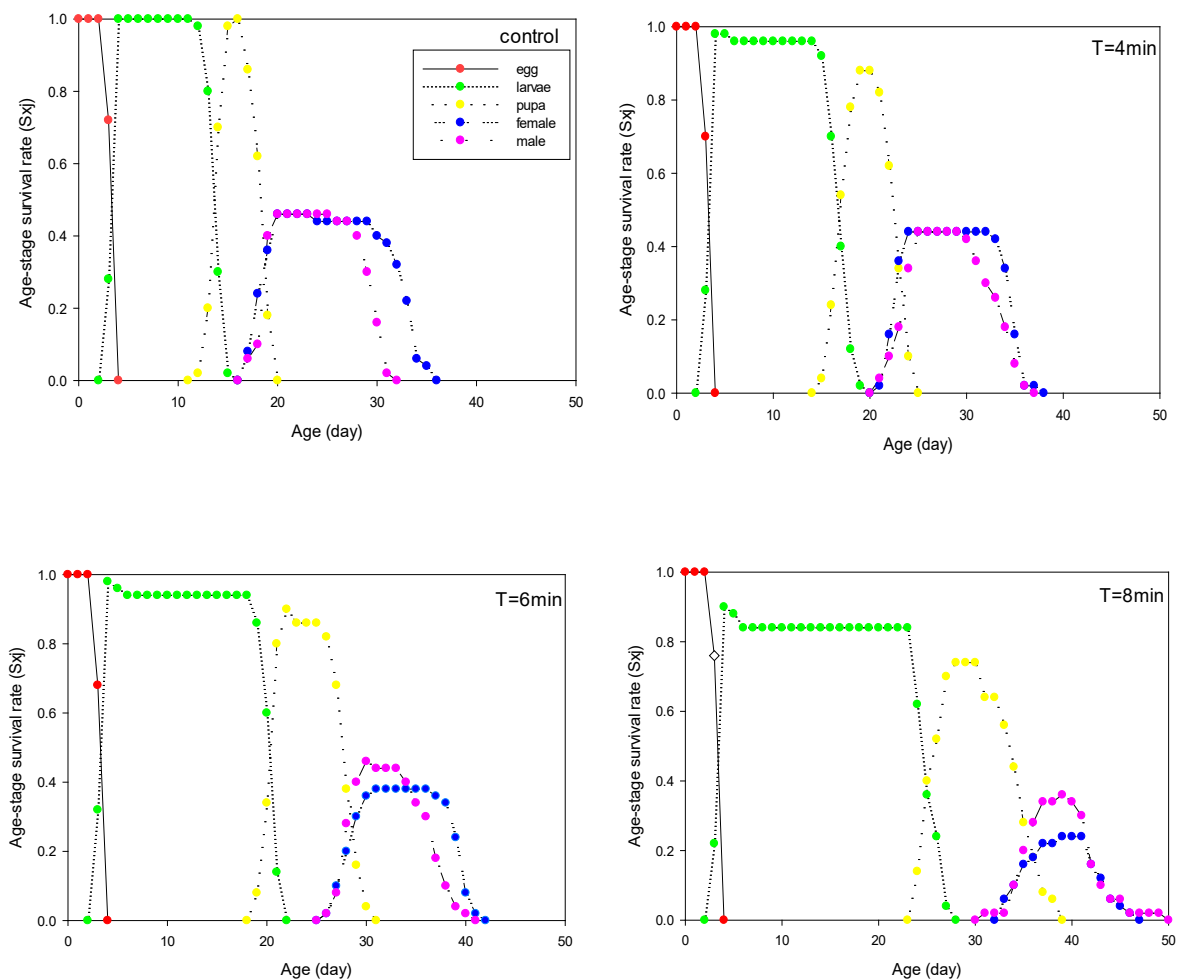
به منظور تغذیه و تخم‌گذاری حشرات کامل از محلول آب و عسل ۱۰ درصد استفاده شد. تخم‌گذاری آفت روی کاغذ صافی قرار گرفته روی توری انجام می‌شد. تخم‌های گذاشته شده توسط حشرات ماده به صورت روزانه شمارش و ثبت و کاغذ صافی‌ها تعویض می‌شد. این روش تا زمان مرگ همه افراد بالغ ادامه یافت.

**تجزیه داده‌ها.** آزمایش‌ها بر اساس طرح کاملاً تصادفی انجام شد. داده‌ها براساس نظریه جدول زندگی دو جنسی سن-مرحله رشدی با استفاده از نرم‌افزار Twosex-MsChart تجزیه و میانگین دوره نشوونمای پیش از بلوغ، طول عمر بالغین، کل دوره پیش از تخم‌گذاری و زادآوری ماده محاسبه شد (Chi and Liu, 1985; Chi, 1988; Chi, 2020). در ادامه نرخ بقای ویژه سنی-مرحله رشدی ( $S_x$ )، باروری ویژه سنی-مرحله رشدی ( $f_{xy}$ )، نرخ بقای ویژه سنی ( $l_x$ ) و -زادآوری

ویژه سنی ( $m_x$ ) و پراسنجه‌های رشد جمعیت مانند نرخ ذاتی افزایش جمعیت ( $r$ )، نرخ متناهی افزایش جمعیت ( $\lambda$ )، نرخ خالص تولید مثل ( $R_0$ ) و میانگین مدت زمان یک نسل ( $T$ ) محاسبه شد. میانگین و خطای استاندارد پراسنجه‌های جدول زندگی با استفاده از روش بوت استرپ (با ۱۰۰۰۰۰ تکرار) محاسبه شد. برای مقایسه میانگین‌ها از روش بوت استرپ جفت شده (Paired bootstrap) استفاده شد. نمودارها در نرم افزار Sigma plot 12.3 رسم شدند.

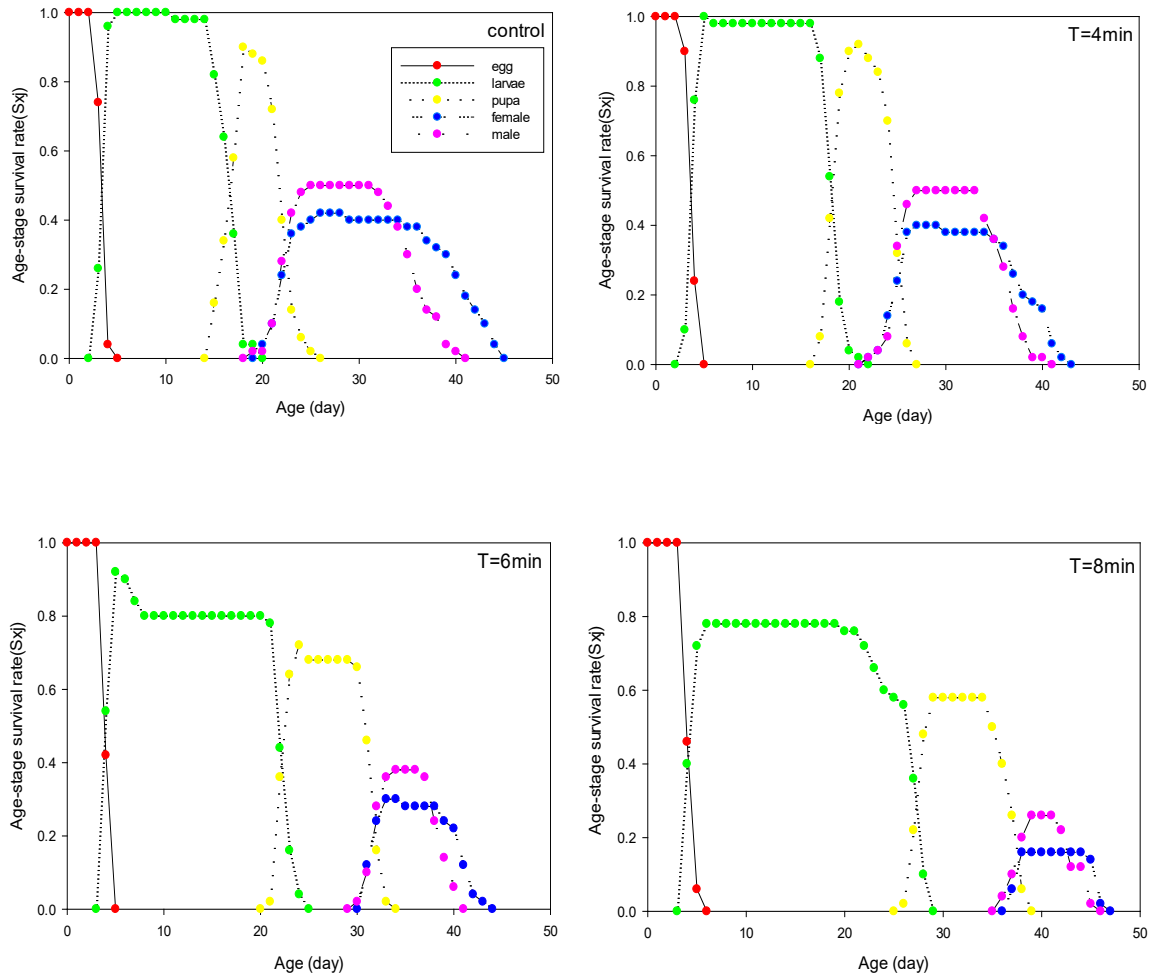
## نتایج

مدت زمان نشوونمای مراحل تخم، لارو، شفیره و حشره کامل *P. operculella* در تیمارهای پرتودهی ۰.۴، ۰.۶ و ۰.۸ دقیقه و تیمار شاهد (صفر دقیقه) در جدول ۱ ارائه شده است. طول دوره رشد جنینی در تخم‌های یک روزه در زمان‌های مختلف پرتودهی اختلاف معنی‌داری باهم نداشتند، ولی در تخم‌های سه روزه طول دوره رشد جنینی در تیمار شاهد کمترین مقدار ( $3/78 \pm 0/07$  روز) را داشت و در تیمارهای ۰.۴، ۰.۶ و ۰.۸ دقیقه با افزایش مدت زمان پرتودهی طول دوره رشد جنینی افزایش یافت. پرتودهی اشعه UV-C در تخم‌های یک و سه روزه در زمان‌های مختلف، تأثیر معنی‌داری بر طول دوره رشد پیش از بلوغ *P. operculella* داشت. با افزایش مدت زمان پرتودهی طول دوره رشد پیش از بلوغ آفت در تخم‌های یک و سه روزه افزایش یافت. کوتاه‌ترین دوره رشد پیش از بلوغ در تیمار شاهد (صفر دقیقه) و طولانی‌ترین دوره در پرتودهی ۰.۸ دقیقه مشاهده شد. طول عمر حشرات کامل ماده در تخم‌های یک و سه روزه با افزایش مدت زمان پرتودهی کاهش یافت. بیش‌ترین طول عمر حشرات ماده در تخم‌های یک روزه در تیمار شاهد با مقدار  $14/0 \pm 3/47$  روز و در تخم‌های سه روزه  $18/10 \pm 0/82$  روز به‌دست آمد و کم‌ترین طول عمر در تخم‌های یک روزه در تیمار ۰.۸ دقیقه پرتودهی  $8/58 \pm 0/41$  روز و در تخم‌های سه روزه  $8/38 \pm 0/32$  روز مشاهده شد.



**شکل ۱-** نرخ بقای ویژه سنی ( $S_{xy}$ ) مراحل مختلف زیستی بید سیب‌زمینی، *Phthorimaea operculella* در زمان‌های مختلف پرتودهی تخم‌های یک روزه با اشعه UV-C.

**Fig. 1.** Age-specific survival rate ( $S_{xy}$ ) of different stages of *Phthorimaea operculella* when one-day-old eggs exposed to different durations of UV-C radiation.



شکل ۲- نرخ بقای ویژه سنی ( $S_{xj}$ ) مراحل مختلف زیستی بید سیب‌زمینی، *Phthorimaea operculella* در زمان‌های مختلف پرتودهی تخم‌های سه روزه با اشعه UV-C

**Fig. 2.** Age-specific survival rate ( $S_{xj}$ ) of different stages of *Phthorimaea operculella* when three-day-old eggs exposed to different durations of UV-C radiation.

طول عمر حشرات کامل نیز در تخم‌های یک و سه روزه با افزایش مدت پرتودهی کاهش یافت، به طوری که طولانی‌ترین و کوتاه‌ترین طول دوره حشرات کامل نیز به ترتیب مربوط به تیمار شاهد (صفر دقیقه پرتودهی) و ۸ دقیقه پرتودهی اشعه UV-C بود.

نتایج حاصل از طول دوره نشوونمای تخم‌های یک و سه روزه بید سیب‌زمینی پرتودهی شده، در زمان‌های صفر، ۴، ۶ و ۸ دقیقه از مرحله تخم تا ظهور حشرات کامل نیز روند کاهشی را نشان داد. طول دوره قبل از تخم‌گذاری در حشرات بالغ (APOP)، در تخم‌های سه روزه بین تیمارهای زمانی مختلف، اختلاف معنی‌داری را نشان نداد. مجموع طول دوره قبل از تخم‌گذاری (TPOP)، با افزایش مدت زمان پرتودهی افزایش یافت که طولانی‌ترین طول دوره مربوط به تیمار ۸ دقیقه، در تخم‌های یک روزه  $39/00 \pm 0/62$  و در تخم‌های سه روزه  $41/57 \pm 0/30$  روز برآورد گردید.

نرخ بقای ویژه سنی ( $S_{xj}$ ) تخم‌های یک و سه روزه بید سیب‌زمینی در زمان‌های مختلف پرتودهی اشعه UV-C در شکل ۱ نشان داده شده است. این شکل‌ها احتمال زنده ماندن تخم‌های این آفت را تا سن  $x$  و مرحله  $z$  نشان می‌دهد. بیش‌ترین مقدار نرخ بقاء در تخم‌های یک روزه بید سیب‌زمینی در تیمار شاهد (صفر دقیقه پرتودهی) و کم‌ترین میزان آن در تیمار زمانی ۸ دقیقه پرتودهی اشعه UV-C حاصل شد. همان‌طور که در این شکل مشاهده می‌شود مدت زمان رسیدن یک تخم یک روزه به مرحله ماده بالغ در تیمارهای صفر، ۴، ۶ و ۸ دقیقه پرتودهی اشعه UV-C به ترتیب ۱۷، ۲۱، ۲۷ و ۳۳ روز می‌باشد. روند تقریباً مشابهی در نرخ بقاء تخم‌های سه روزه آفت مشاهده شد، به طوری که مدت زمان رسیدن یک تخم سه روزه به مرحله ماده بالغ در تیمارهای صفر، ۴ و ۶ و ۸ دقیقه پرتودهی اشعه UV-C، به ترتیب ۲۰، ۲۲، ۳۱ و ۳۷ روز طول کشید.

نمودار امید به زندگی ویژه سنی ( $e_{xj}$ ) تخم‌های بید سیب‌زمینی تیمار شده با زمان‌های مختلف پرتودهی اشعه UV-C نشان داد که تعداد روزهایی که فرد در هر سن و مرحله زیستی قادر به زنده ماندن است را با منحنی امید به زندگی ویژه سنی-مرحله زیستی ( $e_{xj}$ )، نشان می‌دهند. بیش‌ترین و کم‌ترین امید به زندگی در حشرات کامل ماده حاصل شده از تخم‌های یک روزه پرتودهی شده، به ترتیب در تیمار شاهد (۱۵/۸۲ روز) و در تیمار ۸ دقیقه (۱۰/۶۶ روز) به دست آمد (شکل ۳) و

در تخم‌های سه روزه نیز، بیشترین امید به زندگی حشرات کامل ماده در تیمار شاهد (۲۰/۴۷روز) روز و کم‌ترین مقدار آن در تیمار ۸ دقیقه (۹ روز) ثبت شد (شکل ۴).

نرخ بقاء ویژه سنی ( $lx$ )، باروری ویژه سن-مرحله رشدی ( $f_x$ )، زادآوری ناخالص ویژه سنی ( $m_x$ ) و زادآوری خالص ویژه سنی ( $l_x m_x$ ) تخم‌های یک و سه روزه بید سیب‌زمینی *P. operculella* در زمان‌های مختلف پرتودهی به ترتیب در شکل ۵ و شکل ۶ نشان داده شده است. باروری ویژه سنی-مرحله رشدی ( $f_x$ ) میانگین تعداد تخم‌هایی است که توسط هر فرد ماده در هر روز تولید می‌شود که کم‌ترین مقدار آن در تخم‌های یک روزه در تیمار ۸ دقیقه پرتودهی و در روز ۳۶ (۰/۴۴ تخم بر ماده) و در تخم‌های سه روزه نیز در تیمار ۸ دقیقه پرتودهی و در روز ۴۱ (۰/۷۵ تخم بر ماده) حادث شد. تخم‌گذاری حشرات بالغ ماده حاصل از تخم‌های یک روزه پرتودهی شده در زمان‌های صفر، ۴، ۶ و ۸ دقیقه به ترتیب در روزهای ۲۲، ۲۵، ۲۹ و ۳۶ و در تخم‌های سه روزه در زمان‌های مذکور به ترتیب در روزهای ۲۴، ۳۱، ۳۴ و ۴۱ آغاز شد. حداکثر نرخ زادآوری در زمان‌های ذکر شده در تخم‌های یک روزه در روزهای ۲۳، ۲۷، ۳۴ و ۳۹ و در تخم‌های سه روزه در روزهای ۲۷، ۳۱، ۳۶ و ۴۱ رخ داد که در این روزها افراد ماده بید سیب‌زمینی به‌طور میانگین در تیمار تخم‌های یک روزه ۱/۴۳، ۱/۱۳، ۳/۱۳ و ۱/۰۵ و در تیمار تخم‌های سه روزه ۰/۷۵ و در تیمار تخم‌های سه روزه ۱/۲۱، ۱/۸۴، ۲/۰۴ و ۱/۷۵ عدد تخم‌گذاری کردند. با توجه به شکل ۵ و داده‌های به دست آمده از جدول زندگی در تیمار تخم‌های یک روزه بید سیب‌زمینی، تخم‌گذاری این آفت در زمان‌های صفر، ۴، ۶ و ۸ دقیقه به ترتیب در یک بازه زمانی ۱۰ روزه (از روز ۲۱ تا روز ۳۰)، ۸ روزه (از روز ۲۵ تا روز ۳۲)، ۸ روزه (از روز ۲۹ تا روز ۳۶) و ۶ روزه (از روز ۳۹ تا روز ۴۴) بود و با توجه به شکل ۶ در تخم‌های سه روزه در زمان‌های مذکور به ترتیب در یک بازه زمانی ۱۳ روزه (از روز ۲۴ تا روز ۳۶)، ۱۰ روزه (از روز ۲۶ تا روز ۳۵)، ۶ روزه (از روز ۳۴ تا روز ۳۹) و ۳ روزه (از روز ۴۱ تا روز ۴۳) اتفاق افتاد. کم‌ترین طول دوره تخم‌گذاری (۳ روز) در حشرات ماده حاصل شده از تخم‌های سه روزه تیمار شده با ۸ دقیقه پرتودهی اشعه UV-C حاصل شد.

**جدول ۱- میانگین (±SE) طول دوره‌های مختلف رشدی بید سیب‌زمینی *Phthorimaea operculella* تحت تأثیر زمان‌های مختلف پرتودهی تخم‌های یک و سه روزه با اشعه UV-C**

**Table 1.** Mean (±SE) duration of different developmental periods of *Phthorimaea operculella* when one- and three-day-old eggs were affected by different durations of UV-C radiation

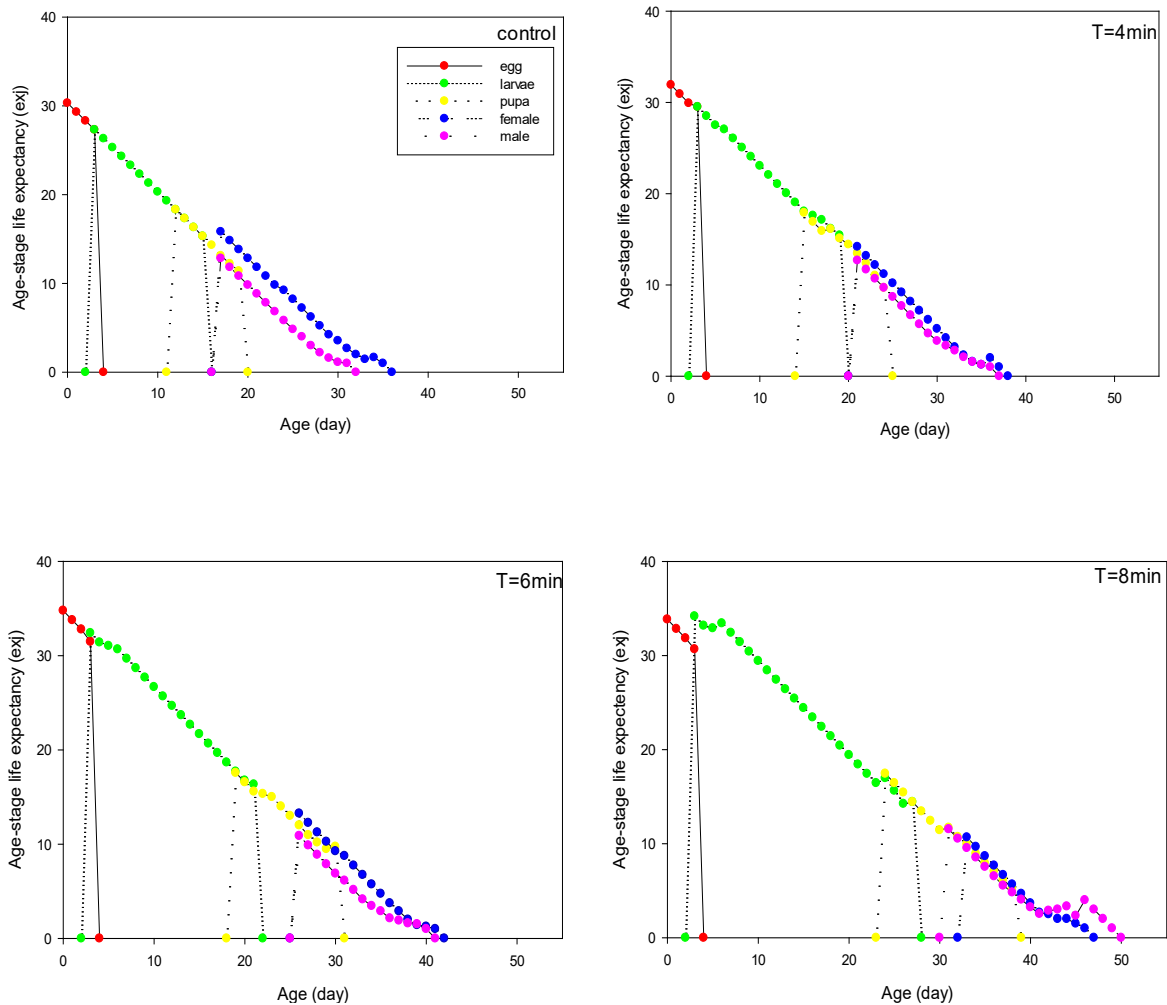
One-day old eggs	Treatments			
	Control	T= 4min	T= 6min	T= 8min
Different life stages (day)				
Egg incubation period (♀+♂)	3.72±0.06 <sup>a</sup>	3.71±0.07 <sup>a</sup>	3.67±0.07 <sup>a</sup>	3.76±0.06 <sup>a</sup>
Larve (♀+♂)	10.38±0.11 <sup>d</sup>	13.57±0.16 <sup>c</sup>	17.02±0.14 <sup>b</sup>	21.89±0.22 <sup>a</sup>
Pupa (♀+♂)	4.57±0.10 <sup>d</sup>	5.82±0.10 <sup>c</sup>	7.70±0.18 <sup>b</sup>	9.97±0.31 <sup>a</sup>
Total pre-adult (♀+♂)	18.65±0.14 <sup>d</sup>	23.14±0.17 <sup>c</sup>	28.42±0.18 <sup>b</sup>	35.44±0.33 <sup>a</sup>
APOP*	4.45±0.17 <sup>a</sup>	3.77±0.15 <sup>b</sup>	3.94±0.21 <sup>ab</sup>	4.09±0.28 <sup>ab</sup>
TPOP**	23.05±0.24 <sup>d</sup>	26.55±0.18 <sup>c</sup>	32.67±0.42 <sup>b</sup>	39.00±0.62 <sup>a</sup>
Adult female longevity	14.30±0.47 <sup>a</sup>	12.41±0.24 <sup>b</sup>	10.75±0.46 <sup>c</sup>	8.58±0.41 <sup>d</sup>
Adult male longevity	11.04±0.32 <sup>a</sup>	10.18±0.31 <sup>b</sup>	8.57±0.34 <sup>c</sup>	6.95±0.71 <sup>d</sup>
Female total life cycle	32.83±0.52 <sup>d</sup>	35.18±0.22 <sup>c</sup>	39.3±0.50 <sup>b</sup>	43.67±0.48 <sup>a</sup>
Male total life cycle	29.83±0.28 <sup>d</sup>	33.68±0.42 <sup>c</sup>	36.87±0.46 <sup>b</sup>	42.6±0.59 <sup>a</sup>
Three-day old eggs	Treatments			
Different life stages (day)	Control	T= 4min	T= 6min	T= 8min
Egg (♀+♂)	3.78±0.07 <sup>c</sup>	4.14±0.08 <sup>b</sup>	4.41±0.07 <sup>a</sup>	4.56±0.10 <sup>a</sup>
Larve (♀+♂)	13.11±0.17 <sup>d</sup>	14.60±0.14 <sup>c</sup>	18.43±0.16 <sup>b</sup>	23.21±0.17 <sup>a</sup>
Pupa (♀+♂)	5.50±0.14 <sup>d</sup>	6.33±0.14 <sup>c</sup>	9.09±0.12 <sup>b</sup>	9.90±0.17 <sup>a</sup>
Pre-adult (♀+♂)	22.37±0.20 <sup>d</sup>	25.04±0.17 <sup>c</sup>	31.91±0.15 <sup>b</sup>	37.67±0.19 <sup>a</sup>
APOP*	3.76±0.17 <sup>a</sup>	3.63±0.24 <sup>a</sup>	3.57±0.17 <sup>a</sup>	3.86±0.26 <sup>a</sup>
TPOP**	26.14±0.33 <sup>d</sup>	28.68±0.42 <sup>c</sup>	35.43±0.27 <sup>b</sup>	41.57±0.30 <sup>a</sup>
Adult Female longevity	18.10±0.82 <sup>a</sup>	13.10±0.79 <sup>b</sup>	9.07±0.46 <sup>c</sup>	8.38±0.32 <sup>c</sup>
Adult Male longevity	13.88±0.42 <sup>a</sup>	11.56±0.29 <sup>b</sup>	7.11±0.24 <sup>c</sup>	6.15±0.30 <sup>d</sup>
Female total life cycle	40.48±0.83 <sup>b</sup>	38.05±0.92 <sup>c</sup>	40.87±0.54 <sup>b</sup>	46.00±0.19 <sup>a</sup>
Male total life cycle	36.24±0.47 <sup>c</sup>	36.68±0.37 <sup>c</sup>	39.11±0.27 <sup>b</sup>	43.85±0.37 <sup>a</sup>

میانگین‌های دارای حروف متفاوت در هر ردیف دارای اختلاف معنی‌دار با یکدیگر هستند.

Means followed by different letters within a row are significantly different.

\*APOP: Adult Pre-Oviposition Period of female adult

\*\*TPOP: Total Pre-Oviposition Period of female counted from birth



شکل ۳- امید به زندگی ویژه سنی ( $e_{xj}$ ) مراحل زیستی بید سیب‌زمینی، *Phthorimaea operculella* در زمان‌های مختلف پرتودهی تخم‌های یک روزه با اشعه UV-C

Fig. 3. Age-specific life expectancy ( $e_{xj}$ ) of different stages of *Phthorimaea operculella* when one-day-old eggs exposed to different durations of UV-C radiation.

منحنی‌های ارزش تولیدمثلی ویژه سن-مرحله زیستی ( $v_{xj}$ ) تخم‌های یک روزه پرتودهی شده بید سیب‌زمینی در شکل ۷ و تخم‌های سه روزه در شکل ۸ ترسیم شده‌اند. نتایج نشان می‌دهد که اوج ارزش تولیدمثلی در تخم‌های یک روزه، در روز ۲۵ (۲/۵۵ دقیقه پرتودهی) و در تخم‌های سه روزه در روز ۲۴ (شاهد) اتفاق افتاده است و این میزان نسبت به سایر زمان‌ها بیشتر است. کم‌ترین ارزش تولیدمثلی نیز در تخم‌های سه روزه در تیمار ۸ دقیقه پرتودهی ثبت شد.

پراسنجه‌های جدول زندگی *P. operculella* در زمان‌های مختلف پرتودهی اشعه UV-C در جدول ۲ نشان داده شده است. زمان‌های مختلف پرتودهی اثر معنی‌داری بر نرخ ناخالص تولیدمثل ( $GRR$ )، نرخ ذاتی افزایش جمعیت ( $r$ )، نرخ خالص تولیدمثل ( $R_0$ )، نرخ متناهی افزایش جمعیت ( $\lambda$ ) و طول دوره یک نسل ( $T$ ) این آفت داشت. با افزایش مدت زمان پرتودهی از صفر تا ۸ دقیقه، نرخ ذاتی افزایش جمعیت کاهش یافت. کم‌ترین نرخ خالص تولیدمثل در تخم‌های یک روزه ( $R_0=0/64$  نتاج/فرد) و در تخم‌های سه روزه ( $R_0=0/28$  نتاج/فرد) در تیمار ۸ دقیقه پرتودهی ثبت شد. طولانی‌ترین طول یک نسل در ۸ دقیقه پرتودهی (در تخم‌های یک روزه ۴۰/۳۳ و در تخم‌های سه روزه ۴۲/۸۶ روز) و کوتاه‌ترین دوره در تیمار شاهد (در تخم‌های یک روزه ۲۵/۹۹ و در تخم‌های سه روزه ۲۹/۰۶ روز) اتفاق افتاد.

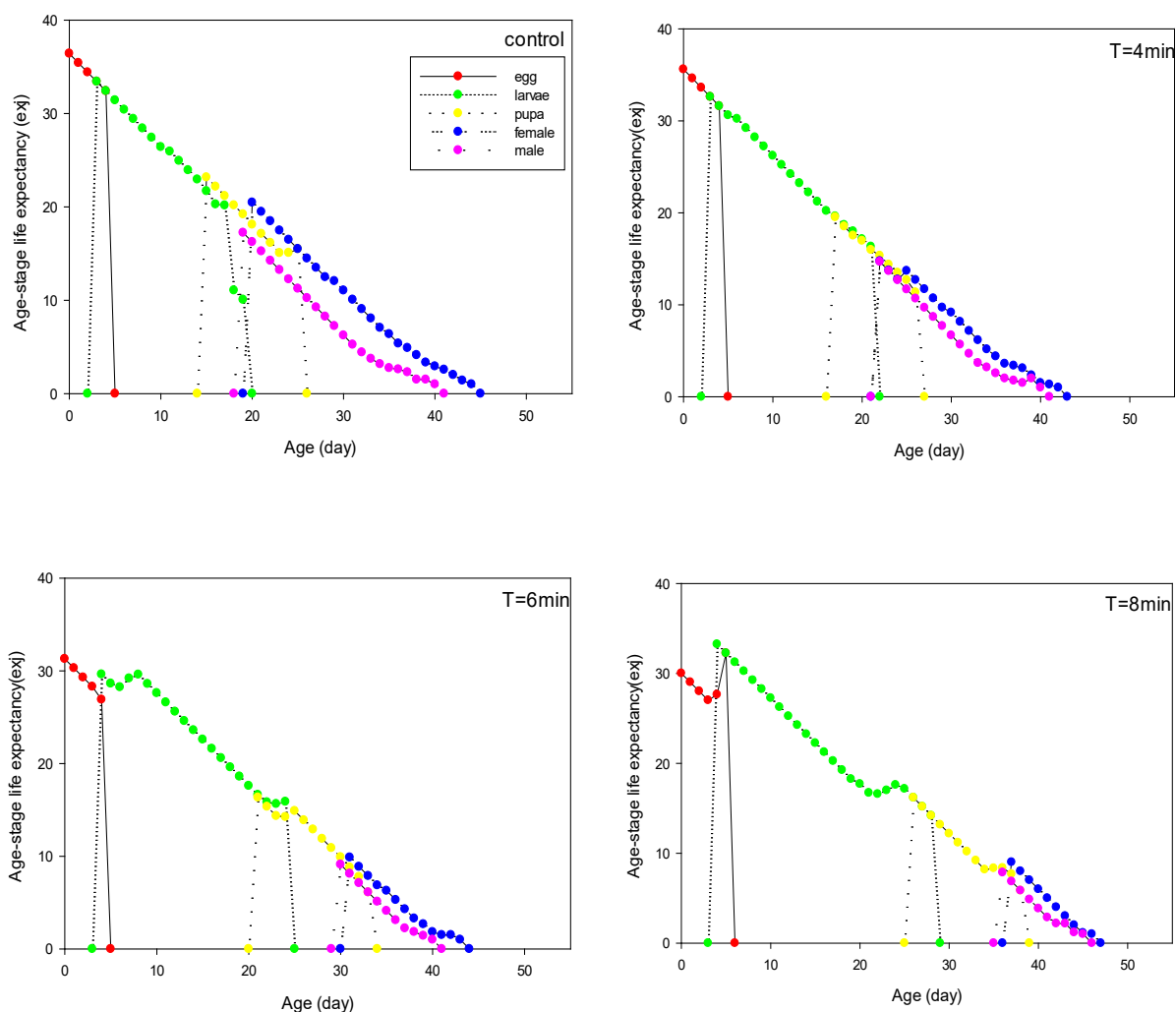
مقدار نرخ ناخالص تولیدمثل ( $GRR$ ) تحت تأثیر زمان‌های مختلف پرتودهی در تخم‌های یک و سه روزه در تیمارهای شاهد و ۴ دقیقه پرتودهی، اختلاف معنی‌داری با زمان‌های ۶ و ۸ دقیقه داشتند. نرخ خالص تولیدمثل ( $R_0$ ) در تخم‌های یک و سه روزه در شاهد بیش‌ترین مقدار و در تیمار ۸ دقیقه پرتودهی کم‌ترین مقدار را نشان داد که کم‌ترین مقدار ( $0/28$ ) در تخم‌های سه روزه حاصل شد. هم‌چنین نرخ ذاتی افزایش جمعیت ( $r$ )، در تیمارهای مختلف با افزایش مدت زمان پرتودهی کاهش یافت. در نتیجه نرخ رشد جمعیت در زمان ۸ دقیقه کندتر از بقیه تیمارهای زمانی بوده است. نرخ متناهی افزایش جمعیت ( $\lambda$ )، تحت تأثیر زمان‌های مختلف پرتودهی اشعه UV-C در زمان‌های مختلف اختلاف معنی‌داری با یکدیگر داشتند. علاوه بر این، در پارامتر متوسط مدت زمان یک نسل ( $T$ )، در تیمارهای مورد مطالعه تفاوت معنی‌داری مشاهده شد و افزایش زمان پرتودهی باعث افزایش طول دوره‌ی زندگی این آفت گردید. پارامتر  $r$  به‌عنوان بهترین

معیار مقایسه‌ی اثر یک تیمار روی جمعیت آفات و دشمنان طبیعی آن‌ها به شمار می‌آید و هرچه میزان این پارامتر کم‌تر باشد روند افزایش جمعیت کندتر و دوره‌ی نشوونما طولانی‌تر خواهد بود. بر همین اساس می‌توان این‌گونه بیان کرد که تیمارهای زمانی UV-C شرایط نامساعدی برای افزایش جمعیت بید سیب زمینی ایجاد نمودند.

## بمٹ و نتیجہ گیری

پرتودهی محصولات غذایی در انبارها روش جایگزین مناسبی برای سموم شیمیایی در کنترل آفات پس از برداشت محصول بوده و در کاهش مصرف سموم تدریجی و ترکیبات شیمیایی در انبارها تأثیر بسزایی دارد (Silva et al., 2010; Sorungbe et al., 2016). نتایج تحقیقات در مورد مقایسه حساسیت حشرات متعلق به راسته‌های مختلف نسبت به پرتودهی نشان می‌دهد که حساسیت تخم‌های آفات راسته بال‌پولک‌داران بسیار بالا بوده و پرتودهی حتی به مدت کم، منجر به مرگ و میر بالایی می‌شود (Beard, 1972).

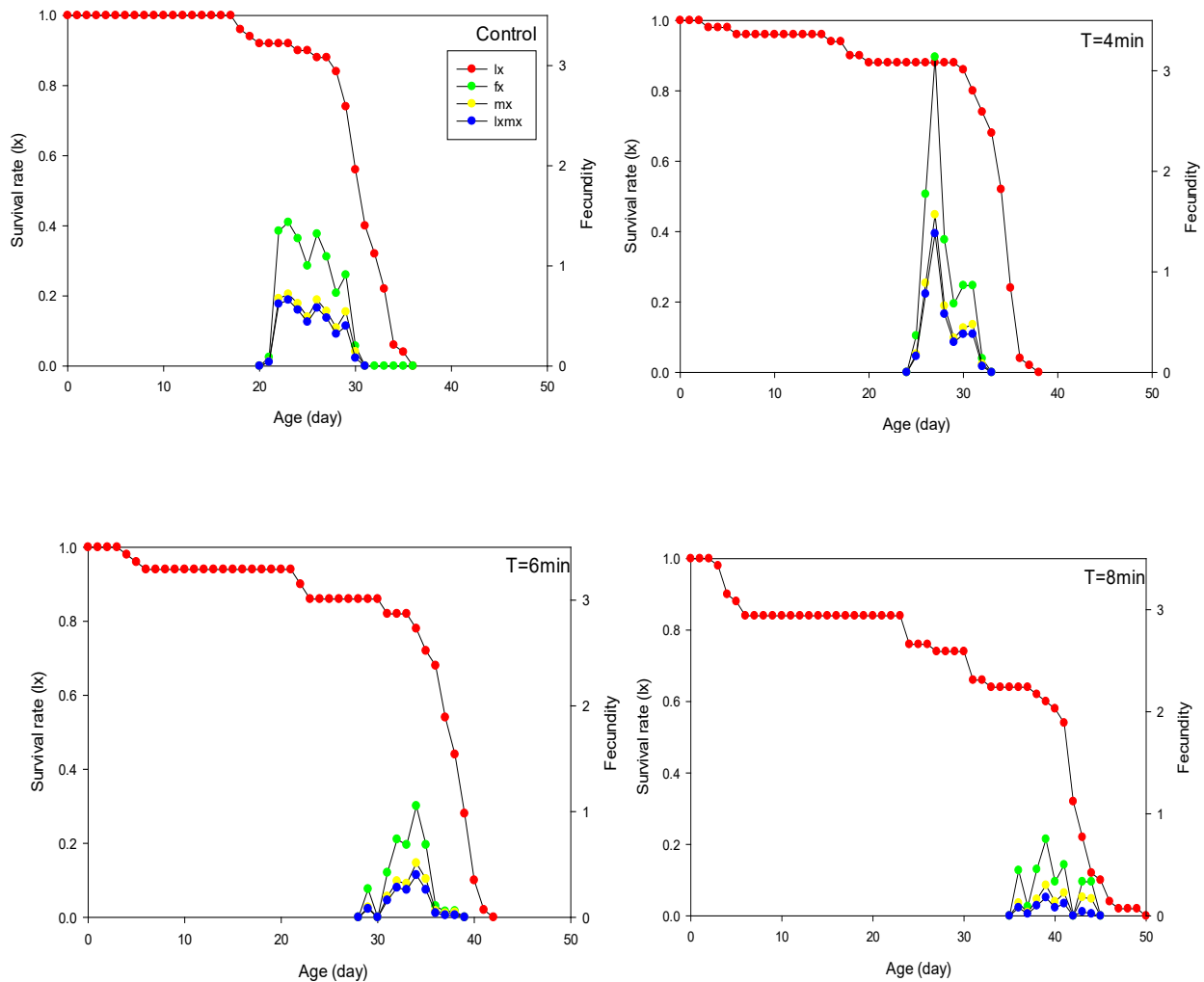
مطالعات نشان می‌دهند که پرتودهی با اشعه UV-C، سبب تولید اکسیژن فعال می‌شود که باعث استرس اکسیداتیو و آسیب بافتی می‌گردد (Kim and Johnson, 2014). افزایش استرس اکسیداتیو ناشی از تابش اشعه ماوراء بنفش در حشراتی مانند کرم غوزه پنبه *Helicoverpa armigera* Hübner نشان داده شده است (Meng et al., 2009).



**شکل ۴-** امید به زندگی ویژه سنی ( $e_{xj}$ ) مراحل مختلف زیستی بید سیب‌زمینی، *Phthorimaea operculella* در زمان‌های مختلف پرتودهی تخم‌های سه روزه با اشعه UV-C

**Fig. 4.** Age-specific life expectancy ( $e_{xj}$ ) of different stages of *Phthorimaea operculella* when three-day-old eggs exposed to different durations of UV-C radiation





**شکل ۵-** نرخ بقاء ویژه سنی ( $l_x$ )، باروری ویژه سن-مرحله رشدی ( $f_x$ )، زادآوری ناخالص ویژه سنی ( $m_x$ ) و زادآوری خالص ویژه سنی ( $l_x m_x$ ) بید سیب‌زمینی، *Phthorimaea operculella* وقتی تخم‌های یک روزه در معرض زمان‌های مختلف پرتودهی با اشعه UV-C قرار گیرد.

**Fig. 5.** Age-specific survival rate ( $l_x$ ), age-stage specific fecundity ( $f_x$ ), age-specific fecundity ( $m_x$ ) and age – specific maternity ( $l_x m_x$ ) of *Phthorimaea operculella* when one-day-old eggs exposed to different durations of UV-C radiation.

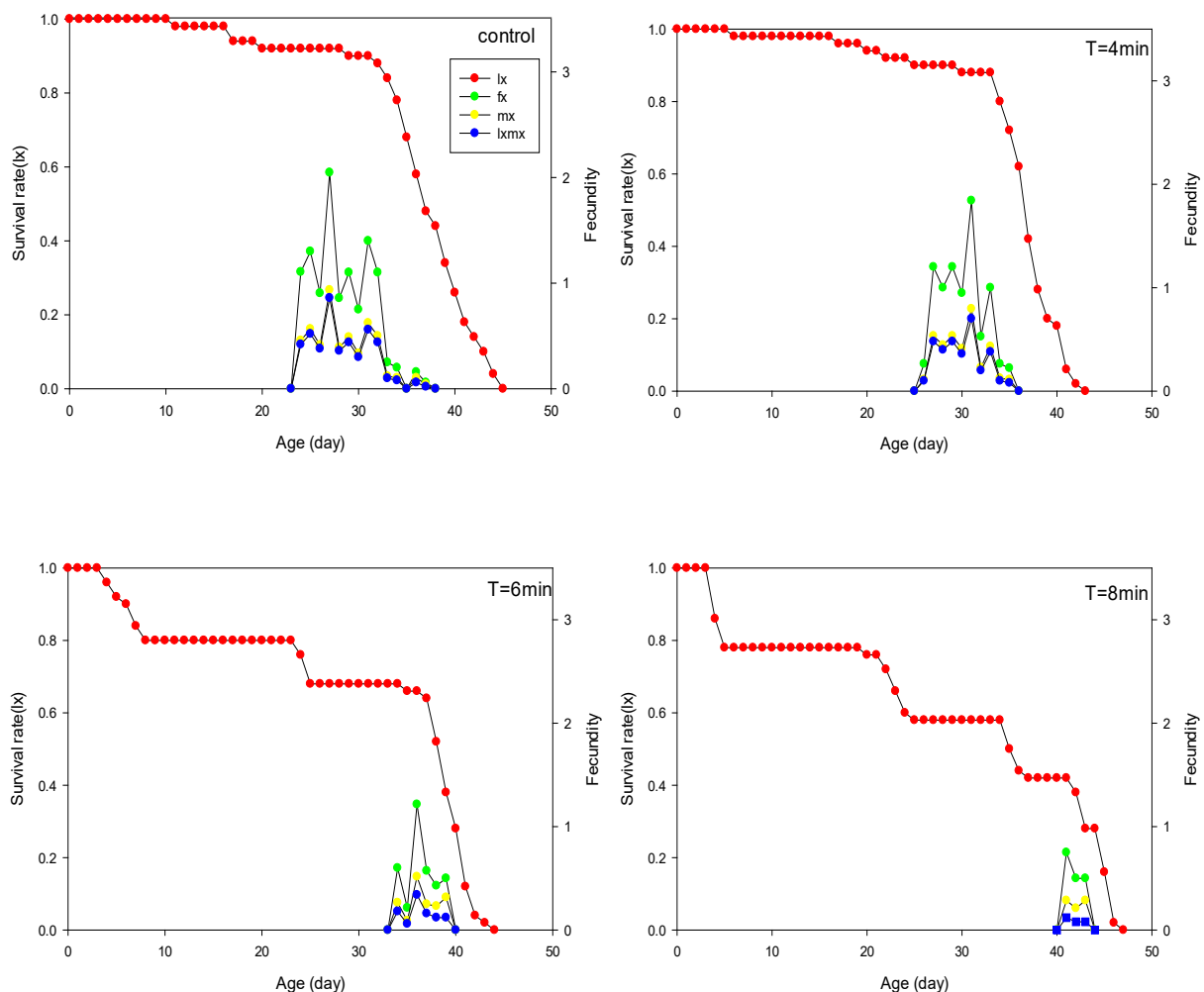
علاوه بر این، پاسخ‌هایی در سطح مولکولی ناشی از استرس و آسیب تابش UV در حشرات تأیید شده است پرتوهای ماوراء بنفش بر ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل، مالون دی‌آلدئید و محتوای کربونیل پروتئین تأثیر می‌گذارد. همچنین اشعه ماوراء بنفش سبب فعالیت سوپراکسید دیسموتاز، کاتالاز، پراکسیدازها و گلوکاتایون-S ترانسفراز در نتیجه آسیب در غشای سلولی می‌شود که در نهایت باعث مرگ موجود پرتودیده می‌شود (Zhou *et al.*, 2013). باید توجه داشت در پرتودهی، استفاده از دوزهای بالا گاهی 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). درک پراسنجه‌های جدول زندگی یک آفت برای انتخاب یک استراتژی مدیریتی یکپارچه آفات ضروری است و نرخ رشد جمعیت یک آفت را در نسل‌های متوالی فراهم می‌کند (Frel *et al.*, 2003). معمولاً مقایسه مقادیر پراسنجه‌های دموگرافی حاصل از مطالعات مختلف مشکل است زیرا این اختلاف می‌تواند به دلیل تفاوت در گونه حشره، روش انجام آزمایش (اندازه و نوع مکان آزمایش)، منبع غذایی، شرایط انجام آزمایش (رطوبت نسبی، دما و دوره‌ی نوری) و تفاوت در روش محاسبات باشد تصمیم‌گیری صحیح برای کنترل آفت نیازمند تعیین شاخص‌های رشدی آن می‌باشد (Devasconcelos *et al.*, 2008). مطالعات دموگرافیک تأثیر عوامل مختلف را روی پراسنجه‌های زیستی (رشد، زنده‌مانی، تولیدمثل و نرخ افزایش جمعیت حشره)، تعیین توزیع سنی و نرخ مرگ و میر در جمعیت حشرات را فراهم می‌سازد (Fathi *et al.*, 2010).

اثرات پرتوهای ماوراء بنفش UV-A و UV-C روی مرگ و میر حشرات بالغ بید غلات، *Sitotroga cerealella* Olivier نشان داد که هر دو نوع پرتو، سبب افزایش مرگ و میر شب‌پره‌ها شده و با افزایش مدت زمان پرتودهی UV-C میزان تأثیر آن نیز بیشتر شد (Ahmed, 2005; Pourhemati *et al.*, 2013). در یک تحقیق سوسک‌های *Tribolium castaneum* Herbst و *Oryzaephilus surinamensis* Fauvel و کنه‌های *Acarus siro* L. و *Tyrophagus putrescentiae* Schrank در معرض اشعه UV-C قرار داده شدند. نتایج نشان داد که پرتو ماوراء بنفش روی نشوونما و تولیدمثل این آفات تأثیر می‌گذارد (Collins and Kitchingman, 2010). تحقیقات نشان داده اشعه ماوراء بنفش سبب کاهش تخم‌گذاری، تولید مثل و رشد جمعیت سوسک چهار نقطه ای حیوانات، *Callosobruchus maculatus*



(Fabricius) می‌شود (Modarres Najafabadi *et al.*, 2014). در تحقیق حاضر نیز آسیب پذیری تخم بید سیب زمینی در معرض تابش اشعه UV-C مشاهده گردید. در بررسی اثر اشعه ماوراء بنفش UV-C بر جدول زندگی سوسک چهار نقطه‌ای حیوانات، درصد تفریح تخم‌های ۱، ۲ و ۳ روزه در پرتودهی به مدت ۴۰ دقیقه به ترتیب ۷/۵، ۱/۶۷ و ۰/۸۳ به دست آمد که نشانگر حساسیت بیشتر تخم‌های ۳ روزه در مقابل این اشعه می‌باشد (Sedaghat *et al.*, 2011). همچنین اشعه UV-C اثرات قابل توجهی بر توانایی تولیدمثلی سوسک چهار نقطه‌ای حیوانات دارد (Heidari, 2016). حشرات بالغ حاصل شده از تخم‌های پرتودهی شده با اشعه UV-C توانایی تولیدمثلی کمتری نسبت به تیمار شاهد داشتند، به طوری که در تمام زمان‌های پرتودهی (۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰ و ۵۰ دقیقه) اشعه UV-C، نرخ خالص تولیدمثل ( $R_0$ ) و نرخ ذاتی افزایش جمعیت ( $r$ ) به طور قابل توجهی پایین‌تر از شاهد بود که مشابه نتایج به دست آمده در تحقیق حاضر است. اثرات منفی اشعه UV-C روی توانایی تولیدمثلی حشرات دیگر گونه‌ها توسط محققین متعدد گزارش شده است (Parween *et al.*, 2004; Faruki *et al.*, 2005; Ayvaz *et al.*, 2007).

پرتودهی سفیره‌های *Exorista sorbillans* Wiedemann (Diptera; Tachinidae) با اشعه ماوراءبنفش سبب کاهش باروری حشرات کامل شد (Hassan *et al.*, 1998). یافته‌های این تحقیق نشان داد که کم‌ترین مقادیر پراسنجه‌های رشد جمعیت شامل زادآوری، نرخ بقاء، نرخ ذاتی افزایش جمعیت ( $r$ )، نرخ خالص تولیدمثل ( $R_0$ )، نرخ ناخالص تولیدمثل (GRR) در جمعیت تخم‌های تیمار شده به مدت ۸ دقیقه اشعه UV-C مشاهده شد. مطالعات صورت گرفته توسط Bakhshi و همکاران نشان می‌دهد پرتودهی تخم‌ها علاوه بر نابود کردن آن‌ها باعث افزایش طول دوره زندگی جمعیت حاصل از تخم‌های اشعه دیده و در نتیجه کاهش تعداد نسل آفت نیز می‌شود (Bakhshi *et al.*, 2012).



**شکل ۶** - نرخ بقاء ویژه سنی ( $lx$ )، باروری ویژه سن-مرحله رشدی ( $fx$ )، زادآوری ناخالص ویژه سنی ( $mx$ ) و زادآوری خالص ویژه سنی ( $lxx$ ) بید سیب‌زمینی، *Phthorimaea operculella* وقتی تخم‌های سه روزه در معرض زمان‌های مختلف پرتودهی با اشعه UV-C قرار گیرد.

**Fig. 6.** Age-specific survival rate ( $lx$ ), age-stage specific fecundity ( $fx$ ), age-specific fecundity ( $mx$ ) and age-specific maternity ( $lxx$ ) of *Phthorimaea operculella* when three-day-old eggs exposed to different durations of UV-C radiation.

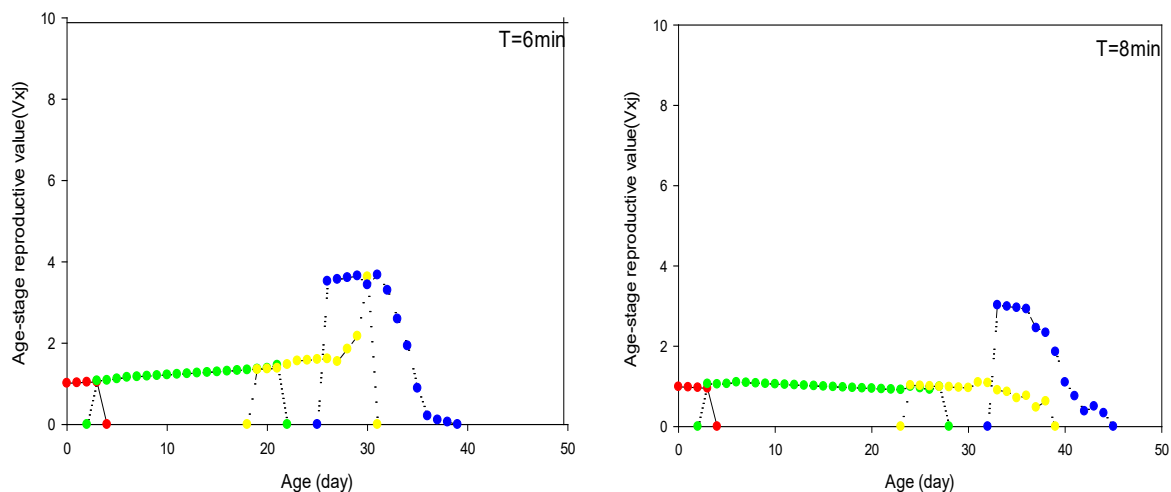
**جدول ۲.** میانگین ( $\pm$ SE) پراسنجه‌های جدول زندگی دو جنسی *Phthorimaea operculella* در زمان‌های مختلف پرتودهی تخم‌های یک و سه روزه آفت با اشعه UV-C.

**Table 2.** Mean ( $\pm$ SE) two-sex life table parameters of *Phthorimaea operculella* when one- and three-day-old eggs of pest exposed to different durations of UV-C radiation.

Egg=one-day old		Treatments			
Parameters	Control	T=4min	T=6min	T=8min	
<i>GRR</i> (offspring/individual)	4.81 $\pm$ 0.75 <sup>a</sup>	4.63 $\pm$ 0.69 <sup>a</sup>	1.96 $\pm$ 0.36 <sup>b</sup>	1.33 $\pm$ 0.40 <sup>b</sup>	
<i>R</i> <sub>0</sub> (offspring/individual)	4.18 $\pm$ 0.70 <sup>a</sup>	4.02 $\pm$ 0.64 <sup>a</sup>	1.52 $\pm$ 0.30 <sup>b</sup>	0.64 $\pm$ 0.17 <sup>c</sup>	
<i>r</i> (day <sup>-1</sup> )	0.054 $\pm$ 0.001 <sup>a</sup>	0.048 $\pm$ 0.001 <sup>a</sup>	0.012 $\pm$ 0.006 <sup>b</sup>	-0.011 $\pm$ 0.002 <sup>c</sup>	
$\lambda$ (day <sup>-1</sup> )	1.05 $\pm$ 0.006 <sup>a</sup>	1.04 $\pm$ 0.002 <sup>a</sup>	1.01 $\pm$ 0.006 <sup>b</sup>	0.98 $\pm$ 0.001 <sup>c</sup>	
<i>T</i> (day)	25.99 $\pm$ 0.27 <sup>d</sup>	28.68 $\pm$ 0.15 <sup>c</sup>	34.17 $\pm$ 0.64 <sup>b</sup>	40.33 $\pm$ 0.85 <sup>a</sup>	
Egg=three-day old		Treatments			
Parameters	Control	T=4min	T=6min	T=8min	
<i>GRR</i> (offspring/individual)	5.07 $\pm$ 0.84 <sup>a</sup>	3.72 $\pm$ 0.66 <sup>a</sup>	1.67 $\pm$ 0.36 <sup>b</sup>	0.78 $\pm$ 0.26 <sup>b</sup>	
<i>R</i> <sub>0</sub> (offspring/individual)	4.54 $\pm$ 0.79 <sup>a</sup>	3.28 $\pm$ 0.60 <sup>a</sup>	0.98 $\pm$ 0.23 <sup>b</sup>	0.28 $\pm$ 0.10 <sup>c</sup>	
<i>r</i> (day <sup>-1</sup> )	0.052 $\pm$ 0.006 <sup>a</sup>	0.038 $\pm$ 0.002 <sup>a</sup>	0.005 $\pm$ 0.001 <sup>b</sup>	-0.029 $\pm$ 0.100 <sup>b</sup>	
$\lambda$ (day <sup>-1</sup> )	1.05 $\pm$ 0.004 <sup>a</sup>	1.03 $\pm$ 0.006 <sup>a</sup>	0.99 $\pm$ 0.005 <sup>b</sup>	0.97 $\pm$ 0.017 <sup>c</sup>	
<i>T</i> (day)	29.06 $\pm$ 0.36 <sup>d</sup>	30.87 $\pm$ 0.38 <sup>c</sup>	37.34 $\pm$ 0.00 <sup>b</sup>	42.86 $\pm$ 0.22 <sup>a</sup>	

میانگین‌های دارای حروف متفاوت در هر ردیف دارای اختلاف معنی‌دار با یکدیگر هستند.

Means followed by different letters within a row are significantly different.

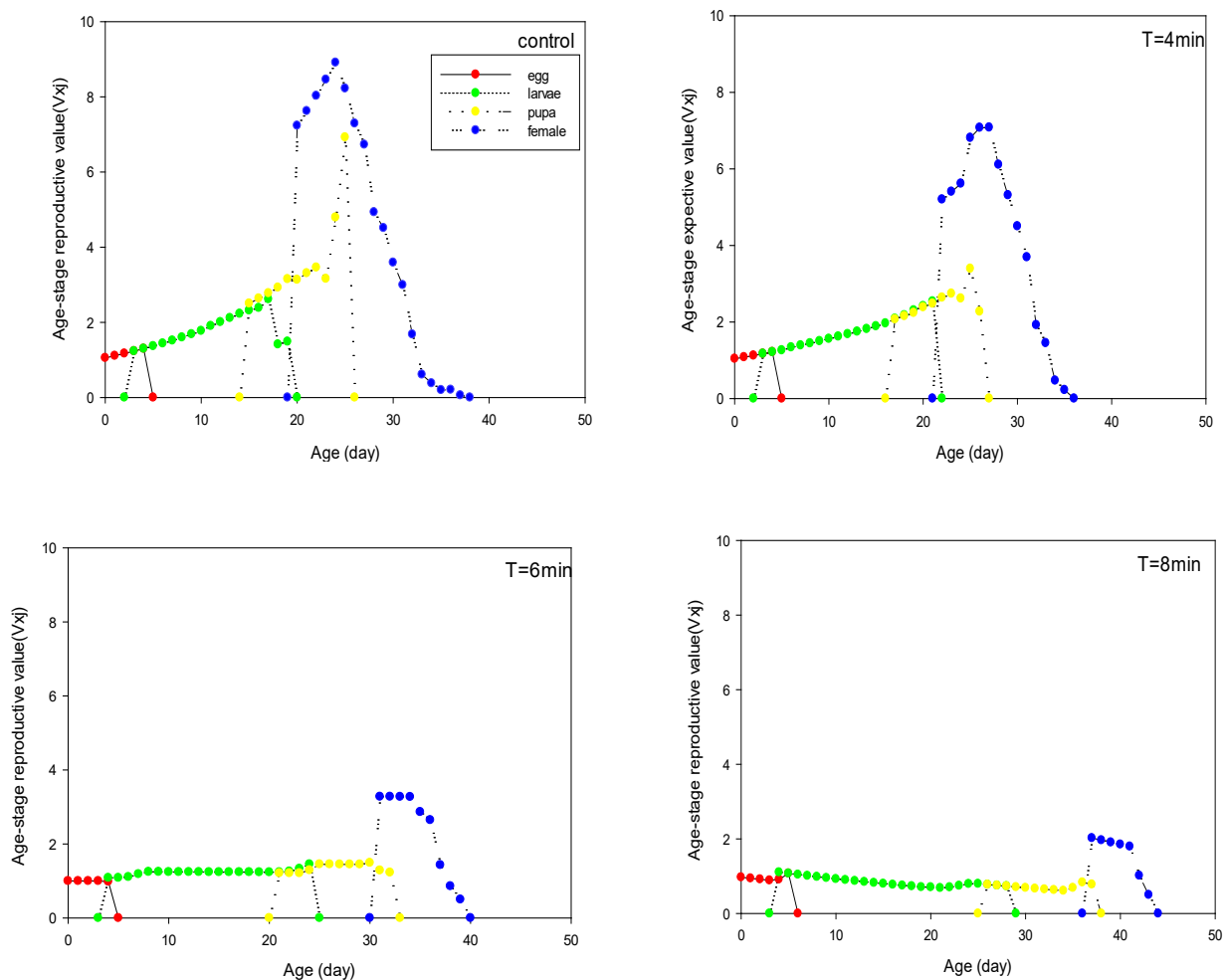


**شکل ۷-** ارزش تولیدمتملی ویژه سن- مرحله رشدی *Phthorimaea operculella* ( $v_{xj}$ ) در زمان‌های مختلف پرتودهی تخم‌های یک روزه بید سیب‌زمینی با اشعه UV-C.

**Fig. 7.** Age-stage-specific reproductive value ( $v_{xj}$ ) of *Phthorimaea operculella* when one-day-old eggs exposed to different durations of UV-C radiation.

تابش UV-C به طور قابل توجهی جمعیت شته‌های بالغ *Macrosiphum rosae* L. و باروری آن‌ها را در زیست سنجی برگ کاهش داد (Darras *et al.*, 2021). همچنین شته *Sitobion avenae* F. در معرض UV-B دوره رشد پوره طولانی‌تر، دوره‌های تولیدمثل طولانی‌تر و باروری کل کمتر در مقایسه با گروه شاهد نشان داد (Hu *et al.*, 2013). در تحقیق حاضر نیز اشعه UV-C موجب کاهش باروری در جمعیت بید سیب زمینی در مقایسه با شاهد شد. بررسی‌ها نشان می‌دهد اشعه UV-B سرعت متابولیسم *Culex pipiens* Pallens و *Aedes albopictus* Skuse را افزایش داده و سبب کاهش بقاء مرحله لاروی می‌گردد (Villena *et al.*, 2018)، نتایج تحقیق حاضر نیز نشان داد که پرتودهی باعث افزایش طول دوره لاروی این آفت می‌شود. از طرفی مدت پرتوایی و سن تخم‌های تیمار شده بر دوره لاروی این آفت موثر می‌باشد. همچنین گزارش کردند که شفیره‌های *Culex quinquefasciatus* Say در برابر اشعه UV-C حساس‌تر از مراحل لاروی هستند، به طوری که بعد از ۱۱ دقیقه پرتودهی مرگ و میر ۱۰۰ درصدی شفیره‌ها را ثبت کردند (Munawar *et al.*, 2021).

بر اساس نتایج حاصل از این تحقیق، مدت زمان‌های مختلف پرتودهی اشعه UV-C، طول دوره مراحل نابالغ، بقاء، طول عمر و زادآوری بید سیب‌زمینی را تحت تأثیر قرار دادند و کمترین نرخ خالص تولید مثل ( $R_0$ )، نرخ ذاتی افزایش جمعیت ( $r$ ) و نرخ متناهی افزایش جمعیت ( $\lambda$ ) مربوط به زمان ۸ دقیقه پرتودهی اشعه UV-C در تخم‌های سه روزه بود. مدت زمان یک نسل ( $T$ ) تحت تأثیر افزایش مدت زمان پرتودهی اشعه UV-C افزایش یافت. 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.



شکل ۸- ارزش تولیدمثلی ویژه سن- مرحله رشدی *Phthorimaea operculella* ( $v_{xj}$ ) در زمان‌های مختلف پرتودهی تخم‌های سه روزه بید سیب‌زمینی با اشعه UV-C.

**Fig. 8.** Age-stage-specific reproductive value ( $v_{xj}$ ) of *Phthorimaea operculella* when three-day-old eggs exposed to different durations of UV-C radiation.

## سپاسگزاری

نویسندگان مقاله، از معاونت محترم پژوهشی دانشگاه ارومیه برای حمایت مالی این پژوهش کمال تقدیر و تشکر را دارند.

## حمایت مادی و معنوی

این طرح با حمایت مادی و معنوی معاونت پژوهشی دانشگاه ارومیه در قالب پایان نامه کارشناسی ارشد انجام شده است.





## REFERENCES

- Ahmed, R. G. (2005) Damage pattern as function of various types of radiations. *Medical Journal of Islamic World Academy of Sciences* 15, 135-147.
- Ayvaz, A., Albayrak, S. & Tuncbilek, A. Ş. (2007) Inherited sterility in Mediterranean flour moth *Ephestia kuehniella* Zeller (Lepidoptera: Pyralidae): Effect of gamma radiation on insect fecundity, fertility and developmental period. *Journal of Stored Products Research* 43, 234-239. <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2006.06.003>.

- Bakhshi, A., Talebi, A. A. & Fathipour, Y.** (2012) Effect of ultra violet irradiation on biological parameters of *Plodia interpunctella* (Hübner) (Lep., Pyralidae). *Journal of Entomological Research* 4(2), 103-116. <http://jer.iau-arak.ac.ir/>.
- Beard, R. L.** (1972) Lethal action of UV irradiation on insect. *Journal of Economic Entomology* 65, 650-654.
- Chi, H.** (1988) 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.** (2020) TWOSEX-MSChart: a computer program for age stage, two-sex life table analysis. National Chung Hsing University, Taichung, Taiwan; available from <http://140.120.197.173/Ecology/Download/TWOSEX-MSChart.rar>.
- Chi, H. & Liu, H.** (1985) Two new methods for the study of insect population ecology. *Bulletin of the Institute of Zoology, Academia Sinica* 24, 225-240.
- Collins, D. A. & Kitchingman, L.** (2010) The effect of ultraviolet C irradiation on stored-product pests. *10th International Working Conference on Stored Products Protection* 632-636. <http://pub.jki.bund.de/.../archive>.
- 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. <https://doi.org/10.3390/agronomy11040702>.
- Das, G. P. & Raman, K. V.** (1994) Alternate hosts of the potato tuber moth, *Phthorimaea operculella* Zeller. *Crop Protection* 13(2), 83-86. [https://doi.org/10.1016/0261-2194\(94\)90155-4](https://doi.org/10.1016/0261-2194(94)90155-4).
- Devasconcelos, G. J. N., Moraes G. J., Júnior, Í. D. & Knapp, M.** (2008) Life history of the predatory mite Phytoseiulus fragariae on Tetranychus evansi and Tetranychus urticae (Acari: Phytoseiidae, Tetranychidae) at five temperatures. *Experimental and Applied Acarology* 44, 27-36.
- Doğramacı, M. & Tingey, W. M.** (2008) Comparison of insecticide resistance in a North American field population and a laboratory colony of potato tuberworm (Lep.: Gelechiidae). *Journal of Pest Science* 81, 17. <https://doi.org/10.1007/s10340-007-0178-5>.
- Faraji, Z., Sarayelo, M. H., Ghaniania, M. & Sally, L.** (2011) Effect of Essential Essential Disposal and Powder of Three Plants on Potato tuberworm *Phthorimaea operculella* Zeller (Lep.: Gelechiidae) in Gorgan Laboratory Conditions. *National Conference on Economic Jihad in Agriculture and Natural Resources*. pp 46-55. (In Farsi)
- Faruki, S. I., Das, D. R. & Khatun, S.** (2005) Effects of UV-radiation on the larvae of the lesser mealworm, *Alphitobius diaperinus* Panzer (Col.: Tenebrionidae) and their progeny. *Pakistan Journal of Biological Sciences* 5, 444-448.
- Fathi, S. A. A., Nouri-Ghanbalanni, G. & Sedaghati, M.** (2010) Resistance of some canola cultivars to *Aphis Gossypii* Glover (Hemiptera: Aphididae). *Applied Entomology and Zoology* 45(4), 601-608. <https://doi.org/10.1303/aez.2010.601>.
- Frel, A., Gu H, Cardona, C. & Dorn, S.** (2003) Antixenosis and antibiosis of common beans to *Trips palmi*. *Journal of Economic Entomology* 93,1577-1584.
- Gao, Y. L.** (2021) Green control techniques for potato tuberworm *Phthorimaea operculella*. *Scientia Agricultura Sinica* 54, 533-535.
- Ghanem, I. & Shamma, M.** (2007) Effect of non-ionizing irradiation (UV-C) on the development of *Trogoderma granarium* Everts. *Journal of Stored Products Research* 43, 362-366. <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2006.09.002>.
- Golizadeh, A. & Esmaceli, N.** (2012) Comparative life history and fecundity of *Phthorimaea operculella* (Lep.: Gelechiidae) on leaves and tubers of different potato cultivars. *Journal of Economic Entomology* 105, 1809-1815. <https://doi.org/10.1603/EC12144>.
- 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. <https://doi.org/10.16970/ted.06717>.
- Hallman, G. L.** (2004) Ionizing irradiation quarantine treatment against orient fruit moth (Lep.: Tortricidae) in ambient and hypoxic atmospheres. *Journal of Economic Entomology* 97, 824-827. <https://doi.org/10.1093/jee/97.3.824>.
- Hasan, M. & Khan, AR.** (1998) Control of stored-product pests by radiation. *Integrated Pest Management Reviews* 3, 15-29.
- Hassan, M., Jahan, M. S. & Khan, I. R.** (1998) Effect of UV radiation on the uzi-fly, *Exorista sorbillans* Widemann, an endoparasitoid of silkworm, *Bombyx mori* L. *Journal of Insect Scienc* 18, 87-91. <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). *Journal of Stored Products Research* 69, 91-98. <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2016.06.008>.
- Hu, Z. Q., Zhao, H. Y. & Thieme, T.** (2013) The effects of enhanced ultraviolet-B radiation on the biology of green and brown morphs of *Sitobion avenae* (Hem.: Aphididae). *Environmental Entomology* 42, 578-585.
- 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, 220-225. <https://doi.org/10.1021/jf203825e>.
- Kim, M-J. & Johnson, W. A.** (2014) ROS-mediated activation of Drosophila larval nociceptor neurons by UV-C irradiation. *BMC Neuroscience* 15, 14.

- Meng, J. Y., Zhang, C. Y., Zhu, F., Wang, X. P. & Lei, C. L. (2009) Ultraviolet light-induced oxidative stress: Effects on antioxidant response of *Helicoverpa armigera* adults. *Journal of Insect Physiology* 55, 588–592.
- 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). *International Journal of Farming Allied Science* 3(5), 476-482.
- Munawar, K., M. Alahmed, A. & M. S. Khalil. (2021) Effects of ultraviolet radiation on *Culex quinquefasciatus* Say immature stages. *Entomological Research* 51, 111–117. <https://doi.org/10.1111/1748-5967.12494>.
- Navrozidis, E. I. & Andreadis, S. S. (2012) Applied agricultural entomology. Copy City Publish, Thessaloniki. <https://doi.org/10.22059/ijpps.2021.328323.1006976>.
- Parabi, B. (2014) Effect of insecticides of lethal and sublethal toxicity of dinotefuran, thiamethoxam and pyridalol on potato tuber moth, *Phthorimae operculella* Zeller. M.Sc. thesis. University of Mohaghegh Ardabili. pp 122.
- Parween, S., Faruki, S. I. & Akther, R. (2004) Growth and development of *Alphitobius diaperinus* Panzer (Col.: tembrionidae) developing from pupa irradiated with ultra-violet rays. *The University Journal of Zoology, Rajshahi University* 23, 23-26.
- FAO, (2019) Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy
- Pourhemati, A., Teklozadeh, H. M. & Mashrafe, M. (2013) Investigating the effect of two wavelengths of ultraviolet rays on the mortality of adult grain insects. *The First National Conference on Sustainable Development of Agriculture and Healthy Environment* (In Farsi)
- Rafiee-Dastjerdi, H., Ahmadpour, R., Afghahi, S. & Golizade, A. (2019) Lethal and sublethal effects of Indoxacarb and Thiochlorid on potato tuber moth, *Phthorimea operculella* Zeller (Lep.: Gelechiidae). *Entomological Research* 11(2), 87-97. <http://jer.iau-arak.ac.ir/>.
- Rafiee-Dastjerdi, H., Mashhadi, Z. & Sheykhi-Gorjan, A. (2013) Lethal and sublethal effects of abamectin and deltamethrin on *Phthorimae operculella* (Lep.: Gelechiidae). *Crop Protection* 2(4), 403-409.
- Rondon, S. I. (2010) The potato tuberworm: A literature review of its biology, ecology, and control. *American Journal of Potato Research* 87, 149-166. <https://doi.org/10.1007/s12230-009-9123-x>.
- Sedaghat, R., Talebi, A. A. & Moharrampour, S. (2011) Effect of ultra violet irradiation (UV-C) on biological parameters of *Sitotroga cerealella* (Olivier) (Lep., Gelechiidae). *Journal of Entomological Research* 4, 259-269.
- Silva, W. D., Arthur, V. & Mastrangelo, T. (2010) Response of oriental fruit moth, *Grapholita molesta* Busck (Lepidoptera: Tortricidae), eggs to gamma radiation. *Radiation Physics and Chemistry* 79, 1063-1066. <https://doi.org/10.1016/j.radphyschem.2010.05.009>.
- Sorongbe, A. A., Badmus, H. A. & Sulaimon, A. M. (2016) Effect of ultraviolet irradiation on egg hatching of tropical warehouse moth *Ephestia cautella*, development of its adult and mortality. *International Journal of Pharma and Bio Sciences* 3, 23–27.
- 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. <https://doi.org/10.7717/peerj.6133>.
- Xu, J., Zhu, J. H., Yang, Y. L., Tang, H., Lv, H. P. & Fan, M. T. (2019) Status of major diseases and insect pests of potato and pesticide usage in China. *Scientia Agricultura Sinica* 52, 2800–2808.
- Zhao, S., Qiu, C., Xiong, S. & Cheng, X. (2007) A thermal lethal model of rice weevils subjected to microwave irradiation. *Journal of Stored Products Research* 43, 430-434. <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2006.12.005>.
- Zhou, L. J., Zhu, Z. H., Liu, Z. X., Ma, W. H., Desneux, N. & Lei, C. L. (2013) Identification and transcriptional profiling of differentially expressed genes associated with response to UVA radiation in *Drosophila melanogaster* (Diptera: Drosophilidae). *Environmental Entomology* 42, 1110–1117.

# Effect of UV radiation on life table parameters of the *Phthorimaea operculella* Zeller (Lep.: Gelechiidae)

Barfin Pero<sup>1</sup> , Shahram Aramideh<sup>1</sup> , Shahram Mirfakhraie<sup>1</sup>  & Abbas Hosseinzadeh<sup>2</sup> 

<sup>1</sup>-Department of Plant Protection, Urmia University, Urmia, Iran

✉ barfin.peru74@gmail.com

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

✉ sh.aramideh@urmia.ac.ir

 <https://orcid.org/0000-0003-4220-6165>

✉ sh.mirfakhraie@urmia.ac.ir

 <https://orcid.org/0000-0002-8148-4136>

<sup>2</sup> - Department of Plant Protection, Mahabad Branch, Islamic Azad University, Mahabad, Iran

✉ abas1354@yahoo.com

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

## Article History

Received: 10 March 2023 | Accepted: 08 January 2024 | Subject Editor: Masoumeh Ziaee

## Abstract

Potato tuber moth (PTM), *Phthorimaea operculella* Zeller (Lep.: Gelechiidae), is one of the key pests of potato in the fields and warehouses of this product. Considering that potato is one of the important sources of human food, the control of this pest by different and especially non-chemical methods is of interest to researchers. Therefore, in this research, the effect of UV-C radiation on the population parameters of PTM was examined in laboratory conditions at 0, 4, 6 and 8 minutes on one- and three- day- old eggs. Based on the results, the intrinsic rate of population increase ( $r$ ) and the finite rate of population increase ( $\lambda$ ) under the influence of different times of UV-C radiation in one and three-day-old eggs with an increase in the duration of radiation yield decreased, and this decrease was more in three-day-old eggs than one-day-old eggs. The longest length of immature period was obtained in three-day-old eggs irradiated with UV-C radiation (37.67 days) in 8 minutes treatment. The shortest lifespan of adult female in one-day-old and three-day-old eggs was estimated 8.58 and 8.38 days at the time of 8 minutes of irradiation, respectively. The lowest net reproductive rate ( $R_0$ ) in three-day-old eggs at 0, 4, 6, and 8 minutes of irradiation was obtained 4.54, 3.28, 0.98, and 0.28 (female offspring), respectively. The maximum mean generation time ( $T$ ) in three-day-old eggs was recorded as 42.86 days in the treatment of 8 minutes of irradiation. The obtained results show the negative effects of ultraviolet radiation on biological parameters and population growth of PTM. Therefore, UV-C irradiation may be considered in the integrated management of this pest in the storage stage.

**Keywords:** Irradiation, bisexual life table, physical control, pest management.

**Corresponding Author:** Shahram Aramideh (Email: [sh.aramideh@urmia.ac.ir](mailto:sh.aramideh@urmia.ac.ir))

---

**Citation:** Pero, B., Aramideh, Sh., Mirfakhraie, Sh. & Hosseinzadeh, A. (2024). Effect of UV radiation on life table parameters of the *Phthorimaea operculella* Zeller (Lep.: Gelechiidae) *J. Entomol. Soc. Iran* 44 (1), 11–24. <https://doi.org/10.61186/jesi.44.1.2>