تحقیقات آفات گیاهی
۱۴۰۱ -۱۲(۴): ۳۷ -۴۹

علمی پژوهشی

# بررسی تاثیر اشعه ماوراء بنفش و زنبور پارازیتوئید *Trichogramma brassicae* در کنترل مرحله تخم بید سیب‌زمینی *Phthorimaea operculella*

**برفین پرو[۱]، شهرام آرمیده[۱*]، شهرام میرفخرایی[۱] و عباس حسین‌زاده[۲]**

۱- گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ایران، ۲- گروه گیاه‌پزشکی، واحد مهاباد، دانشگاه آزاد اسلامی، مهاباد، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۸/۳ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۰/۲۰)

## چکیده

بید سیب‌زمینی *Phthorimaea operculella* Zeller (Lep.: Gelechiidae)، یکی از آفات کلیدی گیاه سیب‌زمینی در مزارع و انبارها می‌باشد. تحقیق حاضر به‌منظور ارزیابی برهم‌کنش و تعیین تقدم و تاخر استفاده از دو عامل زنبور پارازیتوئید *Trichogramma brassicae* (Hym.: Trichogrammatidae) و اشعه ماوراء بنفش UV-C در کنترل مرحله تخم بید سیب-زمینی که کمترین اثر سوء روی زنبور تریکوگراما داشته باشد، طراحی شد. میزان تخم‌ریزی و ظهور زنبور پارازیتوئید روی تخم-های پرتودهی‌شده و شاهد بررسی شد. همچنین، اشعه ماوراء بنفش به مدت ۰، ۸، ۱۰ و ۱۲ دقیقه روی تخم‌های ۱، ۲ و ۳ روزه بید سیب‌زمینی در دو حالت پرتودهی قبل از پارازیته شدن و پرتودهی بعد پارازیته شدن انجام شد و میزان ظهور پارازیتوئید ارزیابی شد. نتایج نشان داد اختلاف معنی‌داری در میزان ظهور بین تخم‌های پرتودهی‌شده به‌وسیله اشعه UV-C با تیمار شاهد وجود نداشت. در پرتودهی UV-C روی تخم‌های بید سیب‌زمینی- پارازیته شده با افزایش مدت زمان پرتودهی درصد ظهور زنبور پارازیتوئید کاهش یافت و در حالت تخم پرتودهی‌شده- پارازیته شده نسبت به تخم پارازیته شده- پرتودهی شده میزان ظهور پارازیتوئید بیشتر شد. نتایج این بررسی نشان داد که تخم‌های سه روزه نسبت به تخم‌های یک و دو روزه حساسیت بیشتری به اشعه ماوراء بنفش داشتند. همچنین، میزان ظهور زنبور از تخم‌های پرتودهی‌شده- سپس پارازیته نسبت به تخم‌های پارازیته- پرتودهی-شده، بیشتر شد. بنابراین، در استفاده همزمان و توام زنبور تریکوگراما و اشعه UV-C در کنترل مرحله تخم این آفت و سایر آفات هدف ابتدا اشعه UV-C و سپس، رها سازی زنبور تریکوگراما قابل توصیه می‌باشد.

**واژه‌های کلیدی:** اشعه ماوراء بنفش، تخم بید سیب‌زمینی، زنبور پارازیتوئید تریکوگراما

*نویسنده مسئول: Sh.aramideh@urmia.ac.ir

**مقدمه**

سیب‌زمینی *Solanum tuberosum* L. به‌عنوان یکی از منابع با ارزش تامین غذای بشر در بین محصولات غذایی مهم می‌باشد (Aryal and Jung, 2015). مصرف سیب-زمینی در سبد غذایی مردم ایران جایگاه مهمی دارد و متوسط سرانه مصرف آن در کشور ۴۵ کیلوگرم برآورد شده است (Eskandari *et al*., 2011). آفات متعددی عملکرد محصول سیب‌زمینی را کاهش می‌دهند. در حال حاضر، بید سیب‌زمینی *Phthorimaea operculella* Zeller (Lep.: Gelechiidae)، از آفات کلیدی گیاه سیب‌زمینی در مزارع و انبارهای مناطق معتدل گرمسیری و نیمه گرمسیری در جهان است (Kroschel and Zegarra, 2013). بید سیب‌زمینی از آفات خطرناک تیره Solanaceae است که خسارت اقتصادی قابل توجهی در جهان به سیب‌زمینی، تنباکو و بادمجان وارد می‌کند (Gao, 2018; Xu *et al*., 2019). بید سیب‌زمینی آفتی چندخوار و همه‌جازی بوده و خسارت آن به‌ویژه در مناطق گرمسیری از مزرعه شروع شده و در انبار ادامه می‌یابد (Golizadeh and Esmaeili, 2012). لاروهای این آفت در مزرعه با تغذیه از برگ، ساقه، دمبرگ و در انبار با ایجاد دالان‌های تغذیه‌ای در غده‌ها به‌طور مستقیم به محصول خسارت می-زنند و خسارت اصلی آفت به حفر دالان در غده‌های سیب-زمینی مربوط است (Rondon *et al*., 2009; Rondon, 2010). همچنین، این آفت باعث کاهش کیفیت محصول شده و خطر آلودگی به عوامل بیماری‌زای قارچی و باکتریایی را افزایش می‌دهد (Capinera, 2001) و انباشته شدن فضولات لاروی داخل غده‌ها نیز بازارپسندی محصول را به شدت کاهش می‌دهد (Faraji *et al*., 2011). با توجه به اهمیت بید سیب‌زمینی، 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 در انبار نتایج رضایت-بخشی نداشته است (Xu *et al*., 2019). همچنین، کاربرد مکرر سموم موجب تاثیر سوء بر محیط زیست، بروز مقاومت آفت به حشره کش‌ها، ایجاد تاثیر منفی روی دشمنان طبیعی و تشدید مساله باقیمانده سموم روی محصول می‌شود (Chandel *et al*., 2005; Dogramaci and Tingey, 2008; Rondon, 2010). بنابراین، پژوهشگران برای کنترل این آفت به فکر راهکارهای غیرشیمیایی افتاده-اند که می‌توان به کنترل فیزیکی، کنترل بیولوژیک، کنترل زراعی و... اشاره کرد (Kepenekci *et al*., 2013). استفاده از زنبورهای جنس تریکوگراما *Trichogramma* spp. برای کنترل مرحله تخم بالپولکداران اولین‌بار در انجمن تاریخ طبیعی لندن در سال ۱۹۸۵ مطرح شد (Knutson, 1998). این زنبورها از موفق‌ترین گونه‌های پارازیتوئید تخم در دنیا هستند که در برنامه‌های مهار زیستی آفات در جهان مورد استفاده قرار می‌گیرند (Iranipour *et al*., 2010; Jafari *et al*., 2014). علاوه بر زنبورهای پارازیتوئید در میان روش‌های کنترل جایگزین مبارزه شیمیایی، روش پرتودهی یکی از امیدوارکننده‌ترین تکنیک‌ها برای کنترل آفات می‌باشد. اشعه 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 ۲۸۰-۱۰۰ نانومترمی‌باشد (Kalaras *et al*., 2012). اشعه ماوراء بنفش (UV-C) نیاز به دستگاه‌های کمتری برای پرتودهی روی محصولات غذایی و انبار دارد و می‌توان از لامپ‌های ماوراء بنفش با طول موج مشخص برای پرتودهی استفاده نمود و در عین حال، خطرات آن نیز بسیار کمتر می‌باشد (Kalaras *et al*., 2012). بررسی‌های زیادی در مورد استفاده از پرتوها در کنترل آفات و حفظ محصولات کشاورزی انجام شده است (Faruki *et al*., 2005; Ayvaz and Tuncbilek, 2006; Guven *et al*., 2015). نتایج پرتودهی آفات انباری به‌ویژه در مرحله تخم نشان می‌دهد که زمان‌های متفاوت پرتوتابی سبب کاهش میزان تفریخ تخم حشره شده و تخم‌های دو و سه روزه نسبت به تخم‌های یک روزه از حساسیت بیشتری برخوردار هستند (Sedaghat *et al*., 2011). اثرات پرتوهای ماوراء بنفش UV-A و UV-C روی مرگ و میر حشرات بالغ بید غلات *S. cerealella* نیز نشان داد هر دو نوع پرتو سبب

افزایش مرگ و میر شب پره‌ها شد، اما با افزایش مدت زمان پرتودهی UV-C، اثر بیشتری داشت (Pourhemati *et al.*, 2013). با توجه به نتایج به دست آمده از آزمایش‌های پژوهشگران مختلف، استفاده از اشعه ماوراء بنفش برای کنترل آفات انباری یک راه مؤثر، کاربردی، ارزان قیمت، با خطرات زیست محیطی پایین و نیازمند به تجهیزات اندک می‌باشد. از مزایای پرتودهی در کنترل آفات می‌توان به عدم وجود باقی‌مانده در محصولات غذایی تیمار شده، عدم ایجاد مقاومت توسط حشرات آفت و نداشتن تغییرات قابل توجه در خواص فیزیکوشیمیایی یا ارزش غذایی محصولات تیمار شده اشاره کرد (Zhao *et al.*, 2007). پرتودهی محصولات غذایی در انبارها روش جایگزین مهمی در کنترل آفات پس از برداشت بوده و در کاهش مصرف سموم تدخینی و دیگر ترکیبات شیمیایی در انبارها تأثیر زیادی دارد (Silva *et al.*, 2010).

بنابراین، به دلیل محدودیت‌های استفاده از سموم شیمیایی و همچنین، عدم دسترسی به سموم گازی موثر در انبارهای ذخیره این محصول، استفاده از زنبور پارازیتوئید *Trichogramma brassicae* Bezdenko (Hym.: Trichogrammatidae) و اشعه ماوراء بنفش UV-C در کنترل مرحله تخم بید سیب‌زمینی که کمترین اثر سوء روی زنبور تریکوگراما داشته باشد، مورد بررسی قرار گرفت.

## مواد و روش‌ها

### پرورش بید سیب‌زمینی

کلنی اولیه بید سیب‌زمینی از کلنی پرورشی موجود در گروه گیاه‌پزشکی دانشگاه محقق اردبیلی تهیه شد. برای ایجاد کلنی پرورش از ظروف پلاستیکی نیمه‌شفاف با ارتفاع ۱۵ سانتی‌متر، که انتهای آن با پارچه توری مسدود شده بود، استفاده شد و برای تخم‌ریزی از کاغذهای با رنگ روشن روی توری استفاده شد. به‌منظور ایجاد بستر مناسب برای مرحله شفیرگی کف این ظروف با یک لایه نازک از خاک رس استریل‌شده پوشانده شد (Dogramaci and Tingey, 2008). داخل هر ظرف ۱۰ عدد غده سیب‌زمینی قرار داده شد و ۱۵ جفت حشره کامل نر و ماده بید در آن رهاسازی شد. برای تغذیه و افزایش تخم‌ریزی حشرات کامل از محلول آب و عسل ۱۰ درصد استفاده شد. تغذیه حشرات کامل و تعویض کاغذ تخم‌گیری به صورت روزانه انجام گرفت. ظروف پرورش در داخل اتاقک رشد با شرایط دمایی ۲±۲۵ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی ۵±۶۵ درصد و دوره نوری ۱۶: ۸ ساعت (روشنایی: تاریکی) نگهداری شدند. به منظور جمع‌آوری حشرات بالغ (نر و ماده) داخل ظروف پرورش از آسپیراتور دستی استفاده شد. حشرات بالغ توسط آسپیراتور به طور روزانه جمع‌آوری و در ظروف پلاستیکی شفاف با قطر ۹ و ارتفاع ۱۲ سانتی‌متر منتقل شد و در تکثیر بید سیب زمینی به‌کار رفت.

### تخم‌گیری از بید سیب‌زمینی

به منظور تخم‌گیری از بید سیب‌زمینی، حشرات کامل نر و ماده تازه ظاهر شده در ظروف پلاستیکی شفاف استوانه‌ای به قطر ۹ و ارتفاع ۱۲ سانتی متر قرار گرفتند و سپس، درب آنها با توری ظریف ۵۰ مش پوشانده شد. روی توری یک تکه کاغذ صافی به همراه یک برش از غده سیب‌زمینی برای تحریک تخم‌ریزی شب‌پره‌ها گذاشته شد. بعد از تفریخ شدن تخم‌ها، لاروهای سن اول وارد غده‌ها شده، بعد از طی مراحل لاروی و تغذیه کامل از غده‌های سیب‌زمینی، لاروهای سن آخر از غده‌ها خارج شده و داخل ماسه ریخته شده در کف ظروف تبدیل به شفیره شدند. سپس، به منظور جداسازی شفیره‌ها از ماسه نیز از الک استفاده شد. حشرات به مدت دو نسل پرورش داده شدند و بعد از تخم‌ریزی حشرات کامل، از تخم‌های هم‌سن به‌منظور انجام آزمایش‌ها استفاده شد.

### کلنی زنبور پارازیتوئید تریکوگراما

کلنی زنبور تریکوگراما *T. brassicae* از توده پرورش‌داده‌شده روی تخم پروانه بید آرد *Ephestia kuehniella* Zeller در انسکتاریوم استان مازندران شهرستان آمل تهیه شد.

### مشخصات منبع اشعه ماوراء بنفش

به‌منظور پرتودهی از لامپ اشعه ماوراء بنفش 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.

### ترجیح میزبانی برای پارازیته کردن

در این آزمایش ترجیح پارازیته کردن زنبور *T. brassicae* در انتخاب تخم‌های پرتودهی‌شده با اشعه UV-C و شاهد مورد ارزیابی قرار گرفت. بدین منظور ۶۰ عدد تخم بید سیب زمینی در سه تکرار ۲۰ عددی به مدت ۱۰ دقیقه با اشعه UV-C پرتودهی شد. همین تعداد تخم بدون پرتودهی به عنوان تیمار شاهد در نظر گرفته شد و در معرض ۴ جفت زنبور ماده *T. brassicae* با عمر حداکثر ۲۴ ساعت قرار داده شد. پس از ۲۴ ساعت زنبورها از ظروف خارج شده و ظروف پتری در دمای ۲±۲۵ سلسیوس و رطوبت نسبی ۵±۶۵ درصد و دوره نوری ۱۶: ۸ ساعت (روشنایی: تاریکی) نگه‌داری شدند. پس از ۱۲ روز تعداد زنبور ظاهر شده از تخم‌ها شمارش شد و میانگین تعداد تخم پارازیته شده در دو تیمار پرتودهی شده و تیمار شاهد مقایسه شدند.

### درصد ظهور زنبور پارازیتوئید از تخم‌های بید سیب‌زمینی پرتودهی‌شده – سپس پارازیتوئید رهاسازی شده

در این آزمایش تخم‌های بید سیب‌زمینی سالم به تعداد ۶۰ عدد در هر تیمار (زمان‌های تابش) در سه تکرار داخل ظروف پتری شفاف به قطر ۱۰ سانتی متر و ارتفاع ۱ سانتی متر که کف آن با کاغذ صافی پوشانده شده بود، قرار داده شد. اشعه ماوراء بنفش در زمان‌های ۸، ۱۰، ۱۲ و شاهد صفر دقیقه روی تخم‌های ۱، ۲ و ۳ روزه بید سیب‌زمینی در ارتفاع ثابت (۹۰ سانتی‌متر) پرتودهی شد. سپس، ۴ جفت زنبور ماده تریکوگراما روی تخم‌های پرتودهی‌شده رهاسازی شد. ۲۴ ساعت بعد زنبورهای رهاسازی شده از ظروف خارج شد و تعداد کل زنبورهای ظاهر شده از تخم‌های هر تیمار روزانه یادداشت شد زنبورهای بالغی که داخل تخم مرده بودند یا به صورت ناقص ظاهر شده بودند، به عنوان عدم ظهور در نظر گرفته شدند (Saber, 2011).

### درصد ظهور زنبور پارازیتوئید از تخم‌های بید سیب‌زمینی پارازیته شده – سپس پرتودهی‌شده

در این آزمایش اشعه UV-C در سه زمان ۸، ۱۰، ۱۲ و شاهد صفر دقیقه روی تخم ۱، ۲ و ۳ روزه بید سیب‌زمینی-پارازیته شده در ارتفاع ثابت (۹۰ سانتی‌متر) تاثیر داده شد. هر تیمار در سه تکرار و هر تکرار شامل ۲۰ عدد تخم-پارازیته بود. در این آزمایش نیز روزانه تعداد زنبورهای پارازیتوئید ظاهر شده ثبت شد. زنبورهای بالغی که داخل تخم مرده بودند یا به صورت ناقص ظاهر شده بودند، به عنوان عدم ظهور در نظر گرفته شدند (Saber, 2011).

### تجزیه آماری

تاثیر زمان‌های مختلف پرتودهی اشعه UV-C بر ظهور زنبور تریکوگراما از تخم‌های بید سیب‌زمینی پارازیته و غیرپارازیته توسط تجزیه واریانس یکطرفه (One-way ANOVA) و مقایسه میانگین با استفاده از روش توکی در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد. هم‌چنین، ترجیح میزبانی برای پارازیته کردن و مقایسه زمان‌های مشابه در دو حالت ظهور زنبور تریکوگراما از تخم‌های بید سیب‌زمینی پارازیته و غیرپارازیته از طریق آزمون تی جفت شده (Paired-samples T-test) در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد. آنالیز داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS ver. 22 انجام پذیرفت.

## نتایج

### ترجیح میزبانی برای پارازیته کردن

مقایسه میانگین ترجیح تخم‌ریزی یا پارازیته کردن و ظهور زنبور پارازیتوئید *T. brassicae* از تخم‌های پرتودهی‌شده به‌وسیله اشعه UV-C با تیمار شاهد به روش انتخابی بعد از ۱۲ روز با استفاده از آزمون تی جفت‌شده نتایج نشان داد اختلاف معنی‌داری بین دو گروه تخم‌های پرتودهی‌شده به‌وسیله اشعه UV-C با تیمار شاهد نداشت (جدول ۱).

جدول ۱- مقایسه میانگین ترجیح پارازیته کردن و ظهور زنبور پارازیتوئید *Trichogramma brassicae* روی تخم‌های پرتودهی‌شده به‌وسیله اشعه UV-C با تیمار شاهد به روش انتخابی بعد از ۱۲ روز با استفاده از آزمون تی جفت‌شده (P=0.01)

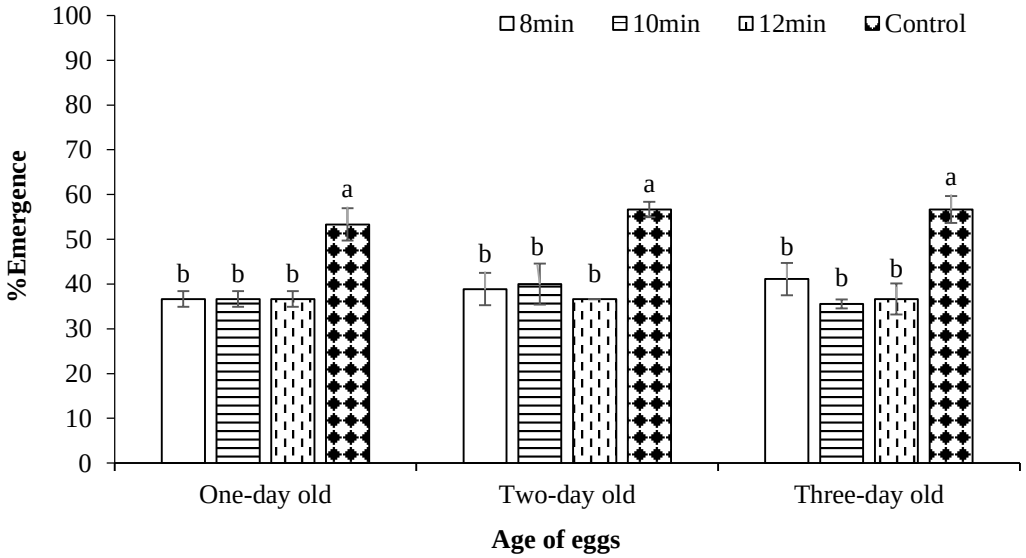
Table 1. Comparison of the mean preference of the parasitized and emergence, *Trichogramma brassicae* on the eggs irradiated by UV-C rays with the control treatment by selective method after 12 days with paired-samples T-test (P=0.01)

| Treatments | No egg in replicate | Total egg | Mean±Se | | t(df) | P |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Radiated eggs | Control | | |
| Parasitized | 20 | 60 | 7.66±0.33[a] | 8.33±0.33[a] | 2.00(2) | 0.184 |
| Hatching | 20 | 60 | 6.66±0.33[a] | 8.00±0.00[a] | 4.00(2) | 0.570 |

## تاثیر زمان پرتودهی اشعه UV-C بر درصد ظهور زنبور پارازیتوئید

### بررسی اثر زمان‌های مختلف اشعه UV-C روی تخم‌های ۱، ۲ و ۳ روزه بید سیب‌زمینی پرتودهی‌شده - سپس پارازیته‌شده

بررسی تاثیر زمان‌های ۰، ۸، ۱۰ و ۱۲ دقیقه پرتو اشعه UV-C روی تخم‌های ۱، ۲ و۳ روزه بید سیب‌زمینی پرتودهی‌شده- سپس پارازیته‌شده بر میزان ظهور زنبور پارازیتوئید تریکوگراما بعد از ۱۲ روز نشان داد که بین زمان‌های پرتودهی و درصد ظهور زنبور پارازیتوئید در تخم‌های یک روزه ($F = 13.136$; $df = 3,11$; $P = 0.002$)، دو روزه ($F = 7.378$; $df = 3,11$; $P = 0.011$) و سه روزه ($F = 8.790$; $df = 3,11$; $P = 0.007$) اختلاف معنی‌داری وجود داشت. ارزیابی تاثیر زمان‌های مختلف پرتودهی اشعه UV-C روی تخم‌های ۱، ۲ و ۳ روزه بید سیب‌زمینی پرتودهی‌شده- پارازیته شده نشان داد بیشترین تعداد ظهور زنبور مربوط به شاهد می‌باشد و بین زمان‌های پرتودهی‌شده اشعه ماوراء بنفش در ۸، ۱۰ و ۱۲ دقیقه اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (شکل ۱).

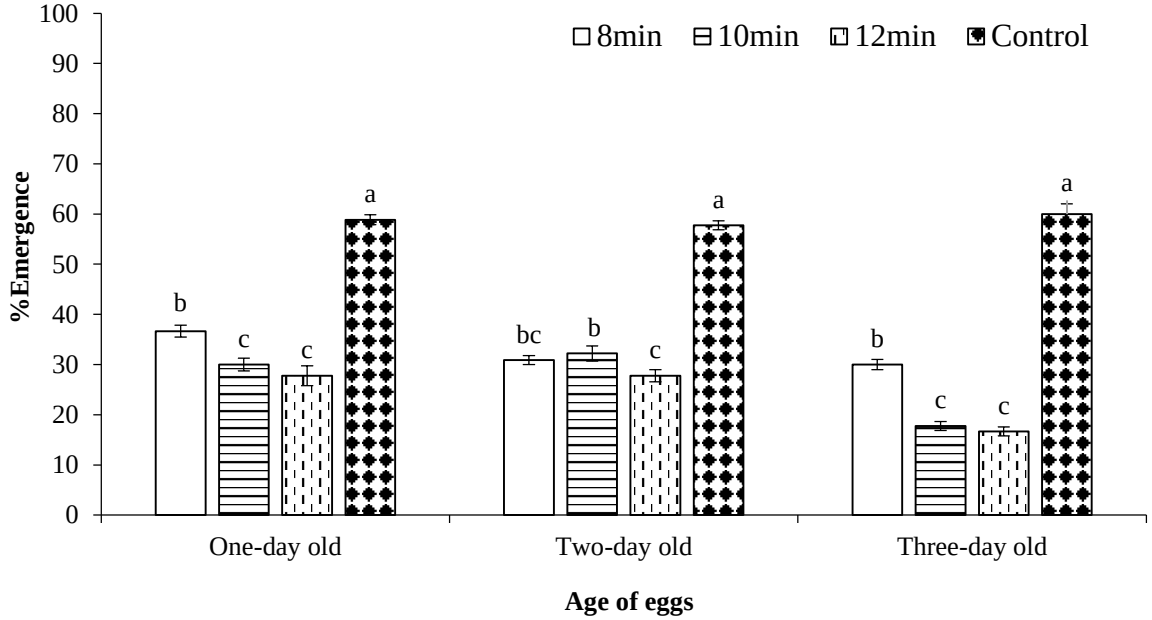



شکل ۱- مقایسه تاثیر زمان‌های مختلف پرتودهی UV-C روی تخم‌های ۱، ۲ و۳ روزه بید سیب‌زمینی پرتودهی‌شده - سپس پارازیته‌شده بر درصد ظهور زنبور پارازیتوئید *Trichogramma brassicae* توسط آزمون توکی. ستون‌های با حروف یکسان اختلاف معنی‌داری با هم ندارند.

Figure 1. Comparison of effect of different UV-C radiation times on 1, 2 and 3-day old of irradiated – then parasitized potato tuber moth eggs on the percentage of emergence of *Trichogramma brassicae* by Tukey's test. Columns with the same letters are not significantly different.

**بررسی اثر زمان‌های مختلف پرتودهی اشعه UV-C روی تخم‌های۱، ۲ و ۳ روزه بید سیب‌زمینی پارازیته شده- سپس پرتودهی‌شده**

در بررسی تاثیر زمان‌های ۰، ۸، ۱۰ و ۱۲ دقیقه پرتو اشعه UV-C روی تخم‌های بید سیب‌زمینی پارازیته شده- سپس پرتودهی‌شده، نتایج نشان داد بین زمان‌های پرتودهی اشعه UV-C و درصد ظهور زنبور پارازیتوئید در تخم‌های یک روزه ($F = 32.733; df = 3, 11; P = 0.001$)، دو روزه ($F = 56.633; df = 3, 11; P = 0.001$) و سه روزه ($F = 94.167; df = 3, 11; P = 0.001$) اختلاف معنی‌داری وجود داشت. در ارزیابی تاثیر زمان‌های مختلف پرتودهی- اشعه UV-C روی تخم‌های ۱، ۲ و ۳ روزه بید سیب‌زمینی پارازیته شده- پرتودهی‌شده توسط زنبور پارازیتوئید تریکوگراما، نتایج نشان داد بیشترین ظهور زنبور مربوط به تیمار شاهد می‌باشد و بین زمان‌های پرتودهی اشعه UV روی تخم‌های ۱ روزه پارازیته شده بید سیب‌زمینی با افزایش زمان پرتودهی اشعه، میزان ظهور زنبور پارازیتوئید کاهش یافته است و روی تخم‌های دو و سه روزه نیز نتایج مشابه به‌دست آمد (شکل ۲).




شکل ۲- مقایسه تاثیر زمان‌های مختلف پرتودهی UV-C روی تخم‌های ۱، ۲ و۳ روزه پارازیته شده- پرتودهی‌شده بید سیب‌زمینی بر درصد ظهور زنبور پارازیتوئید *Trichogramma brassicae* توسط آزمون توکی. ستون‌های با حروف یکسان اختلاف معنی- داری با هم ندارند.

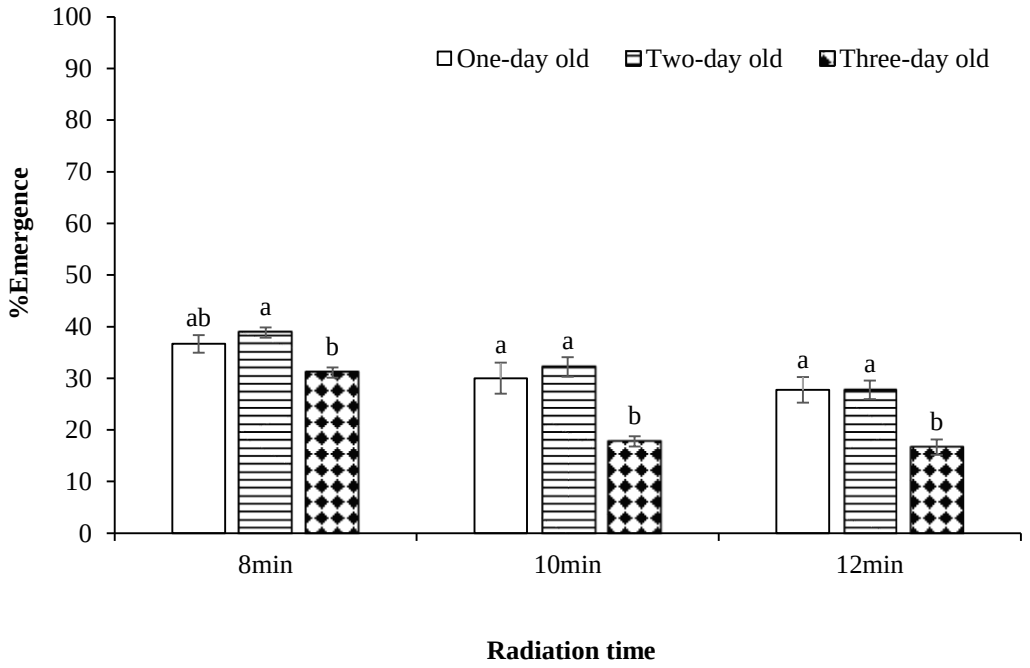
Figure 2. Comparison of effect of different times of UV-C radiation on 1, 2 and 3-day old parasitized-irradiated of potato tuber moth eggs on the percentage of emergence of *Trichogramma brassicae* by Tukey's test. Columns with the same letters are not significantly different.

**مقایسه درصد ظهور زنبور پارازیتوئید از تخم‌های ۱، ۲ و ۳ روزه پرتودهی شده-پارازیته شده بید سیب‌زمینی در زمان‌های یکسان پرتودهی**

در بررسی زمان‌های یکسان پرتودهی اشعه UV-C روی تخم‌های ۱، ۲ و ۳ روزه بید سیب‌زمینی و مقایسه ظهور زنبور پارازیتوئید نتایج نشان داد که بین ظهور زنبورهای پارازیتوئید تریکوگراما در تخم‌های ۱، ۲ و ۳ روزه بید سیب‌زمینی در سه زمان ۸ دقیقه ($F = 0.808; df = 2, 8; P = 0.489$)، ۱۰ دقیقه ($F = 1.632; df = 2, 8; P = 0.272$) و ۱۲ دقیقه ($F = 0.214; df = 2,8; P = 0.813$) اختلاف معنی‌داری وجود نداشت.

**مقایسه درصد ظهور زنبور پارازیتوئید از تخم‌های ۱، ۲ و ۳ روزه پارازیته شده-پرتودهی شده بید سیب‌زمینی در زمان‌های یکسان پرتودهی اشعه UV-C**

در بررسی زمان‌های یکسان پرتودهی اشعه UV-C روی تخم‌های پارازیت شده ۱، ۲ و ۳ روزه بید سیب‌زمینی توسط زنبور پارازیتوئید تریکوگراما نتایج نشان داد بین تخم ۱، ۲ و ۳ روزه در سه زمان ۸ دقیقه ( $F = 7.800; df = 2, 8; P = 0.021$)، ۱۰ دقیقه ( $F = 10.500; df = 2, 8; P = 0.011$) و ۱۲ دقیقه ( $F = 7.143; df = 2, 8; P = 0.026$) اختلاف معنی‌داری وجود داشت. در ارزیابی تاثیر زمان‌های یکسان پرتودهی اشعه UV-C روی تخم‌های پارازیته شده ۱، ۲ و ۳ روزه بید سیب‌زمینی نتایج نشان داد در ۸ دقیقه پرتودهی اشعه UV-C، اختلاف معنی‌داری بین تخم‌های ۲ و ۳ روزه وجود دارد، ولی با تخم یک‌روزه اختلاف معنی‌داری ندارند. در زمان ۱۰ و ۱۲ دقیقه پرتودهی اشعه UV-C تفاوت معنی‌داری بین تخم‌های یک و دو روزه با تخم سه روزه وجود داشت (شکل ۳).




شکل ۳- مقایسه میانگین درصد ظهور زنبور پارازیتوئید در تخم‌های ۱، ۲ و ۳ روزه پارازیته شده بید سیب‌زمینی در زمان‌های یکسان پرتودهی اشعه UV-C به‌وسیله آزمون توکی ($P < 0.05$). ستون‌های با حروف یکسان اختلاف معنی‌داری با هم ندارند.

Figure 3. Comparison of the average percentage of emergence of parasitoid, in 1, 2 and 3-day old parasitized eggs of potato tuber moth at the same times of UV-C radiation by Tukey's test ($P < 0.05$). Columns with the same letters are not significantly different.

**مقایسه میزان ظهور زنبور پارازیتوئید در دو حالت تخم‌های پرتودهی‌شده- پارازیته شده و تخم‌های پارازیته شده - پرتودهی‌شده**

مقایسه میزان ظهور زنبور پارازیتوئید در دو حالت تخم-های پرتودهی‌شده- پارازیته شده و تخم‌های پارازیته شده- پرتودهی‌شده در زمان‌های یکسان روی تخم یک، دو و سه روزه به وسیله آزمون تی جفت‌شده مطابق جدول شماره ۲ می‌باشد. نتایج مقایسه میزان ظهور زنبور پارازیتوئید در دو حالت تخم‌های پرتودهی‌شده- پارازیته شده و تخم‌های پارازیته شده- پرتودهی‌شده در زمان‌های یکسان روی تخم یک روزه نشان داد در هر سه زمان بین میزان ظهور زنبور پارازیتوئید اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. در تخم دو روزه در ۱۲ دقیقه پرتودهی اختلاف معنی‌دار وجود داشت. میزان ظهور زنبور پارازیتوئید در تخم‌های پرتودهی‌شده- پارازیته شده بیشتر از تخم‌های پارازیته شده- پرتودهی‌شده می‌باشد. در تخم سه روزه نیز در زمان ۱۰ و ۱۲ دقیقه

پرتودهی اختلاف معنی‌داری بین تیمارها وجود داشت. در زمان ۱۰ دقیقه میزان ظهور پارازیتوئید در تخم‌های پرتودهی‌شده- پارازیته شده بیشتر از تخم‌های پارازیته شده- پرتودهی‌شده می‌باشد. در ۱۲ دقیقه نیز نتایج مشابه حاصل شد (جدول ۲).

جدول ۲- میزان ظهور زنبور پارازیتوئید در دو حالت تخم‌های پرتودهی‌شده- پارازیته‌شده و تخم‌های پارازیته شده- پرتودهی‌شده در زمان‌های یکسان روی تخم یک، دو و سه روزه به روش آزمون تی جفت‌شده

Table 2. The rate of appearance of parasitoid in the two forms of irradiated-parasitized and parasitized-irradiated at the same time on one, two and three-day old eggs by paired-samples T-test method

| Egg period | Radiation time (min) | Mean ±SE | | T (df) | P |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Irradiated-parasitized | Parasitized-irradiated | | |
| 1-day old | 8 | 11.00 ± 0.57[a] | 11.00 ± 0.57[a] | 0 (4) | 1.00 |
| | 10 | 11.00 ± 0.57[a] | 9.00 ± 1.00[a] | 1.732 (4) | 0.153 |
| | 12 | 11.00 ± 0.57[a] | 8.00 ± 0.88[a] | 2.530 (4) | 0.065 |
| 2-day old | 8 | 11.00 ± 1.20[a] | 11.66 ± 0.33[a] | 0 (4) | 1.00 |
| | 10 | 12.00 ± 1.52[a] | 9.66 ± 0.66[a] | 1.400 (4) | 0.234 |
| | 12 | 11.00 ± 0.00[a] | 8.33 ± 0.66[b] | 4.00 (4) | 0.057 |
| 3-day old | 8 | 12.33 ± 1.20[a] | 10.33 ± 0.33[a] | 2.405 (4) | 0.074 |
| | 10 | 10.66 ± 0.33[a] | 5.33 ± 0.33[b] | 11.314 (4) | 0.001 |
| | 12 | 11.00 ± 1.15[a] | 5.00 ± 0.57[b] | 4.648 (4) | 0.010 |

## بحث

پرتودهی محصولات غذایی در انبارها روش جایگزین مهمی در کنترل آفات پس از برداشت بوده و در کاهش مصرف سموم تدخینی و ترکیبات شیمیایی دیگر در انبارها تأثیر بسزایی دارد و می‌تواند ماندگاری و کیفیت محصولات غذایی را نیز افزایش دهد (Silva *et al*., 2010). پژوهش‌های زیادی در رابطه با اثر اشعه ماوراء بنفش روی مراحل مختلف زیستی انواع حشرات انباری صورت گرفته است( Calderon *et al*., 1985; Faruki *et al*., 2005; Ghanem and Shamma, 2007). نتایج بررسی‌ها در مورد مقایسه حساسیت راسته‌های مختلف حشرات نسبت به پرتودهی نشان می‌دهد که حساسیت تخم‌های آفات راسته بالپولکداران بسیار بالا بوده و پرتودهی حتی به‌مدت کم، منجر به مرگ و میر بالا می‌شود (Beard, 1972). لاه و همکاران (Lah *et al*., 2012)، ۱۰۰٪ مرگ و میر را بعد از ۶۰ دقیقه پرتودهی با اشعه UV-C روی تخم کنه دو لکه ای گزارش کردند، در حالی که 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)، روی تاثیر اشعه UV-C روی تخم‌های *Heliothis virescens* Fabricius و *H. zea* Boddie نشان داد میزان تفریخ تخم با افزایش مدت پرتودهی کاهش می‌یابد، به‌طوری‌که بعد از ۲۰ دقیقه، تلفات صددرصد حاصل شد. بر اساس بررسی‌های شاما و قانم (Shamma and Ghanem, 2007) تخم‌های تازه گذاشته شده و تخم‌های ۲۴ و ۴۸ ساعته *Tribolium granarium* Everts پس از ۱۲ دقیقه پرتودهی با اشعه UV-Cتلفات بالایی نشان دادند. در تحقیق حاضر نیز با افزایش زمان پرتودهی میزان مرگ و میر تخم‌ها افزایش یافت و بیشترین تلفات در ۱۲ دقیقه مشاهده شد. بنابر گزارش فاروکی و همکاران (Faruki *et al*., 2005)، تفریخ تخم‌های یک، دو و سه روزه در حشرات *T. castaneum* Herbst، *T. confusum* Du val و *Cadra*

*cautella* Wlk. در اثر پرتودهی با اشعه UV-C با افزایش مدت زمان پرتودهی به طور چشمگیری کاهش یافت که با تحقیق حاضر مطابقت دارد. در تحقیق بخشی و همکاران (Bakhshi *et al*., 2013) مشاهده شد که در تخم‌های ۱، ۲ و ۳ روزه، با افزایش مدت پرتودهی میزان تفریخ تخم شب‌پره‌هندی کاهش می‌یابد. هم‌چنین، با افزایش سن تخم از ۱ به ۳ روزه میزان تفریخ تخم کاهش بیشتری یافت. در این تحقیق نیز در زمانی‌که اشعه UV-C روی تخم‌های پارازیته نشده و پارازیته شده بید سیب‌زمینی پرتودهی‌شد، نتایج مشابه حاصل شد و در حالتی‌که پرتودهی روی تخم-های پارازیته شده توسط زنبور تریکوگراما داده شد، تعداد ظهور زنبور تریکوگراما کاهش یافت. در تحقیق دیگری تخم‌های ۲ و۳ روزه سوسک‌های *T. castaneum* و *T. confusum* نسبت به تخم‌های یک روزه این آفات حساسیت بیشتری به پرتودهی با اشعه ماوراء بنفش نشان دادند، به طوری که ۲۴ دقیقه پرتودهی تخم‌های *T. castaneum* باعث شد میزان تفریخ تخم های یک، دو و سه روزه به‌ترتیب ۱۸/۸۷، ۵/۵۶ و ۰/۶۷ درصد شد. در *T. confusum*در شرایط مشابه ۱/۳۳ درصد تخم‌های یک-روزه تفریخ شدند و در تخم‌های دو و سه روزه هیچ تفریخی مشاهده نشد (Faruki *et al*., 2007). پورهمتی و همکاران (Pourhemati *et al*., 2013) نیز اثرات پرتوهای ماوراء بنفش UV-A و UV-C روی مرگ و میر حشرات بالغ بید غلات *Sitotroga cerealella* Olivier را بررسی کرده و مشاهده نمودند هر دو نوع پرتو سبب افزایش مرگ و میر شب‌پره‌ها شد و با افزایش مدت زمان پرتودهی UV- C میزان تاثیر آن بیشتر شد. در تحقیق حاضر نیز روی زنبور پارازیتوئید تریکوگراما داخل تخم نتایج مشابه حاصل شد. در بررسی اثر اشعه UV-C روی تخم‌های یک تا چهار روزه *T. castaneum* نتایج نشان داد، تخم‌های مسن‌تر نسبت به تخم‌های جوان دارای حساسیت بیشتری می باشند (Calderon *et al*., 1985). در بررسی تاثیر اشعه یونیزه گاما و اشعه غیر یونیزه ماوراء بنفش روی رشد و نمو زنبور تریکوگراما در تخم‌های پروانه بیدآرد نتایج نشان داد که افزایش زمان پرتودهی‌شده هر دو اشعه باعث کاهش ظهور زنبور پارازیتوئید از تخم‌های بید-آرد می‌شود (Tuncbilek *et al*., 2012) که با نتایج این تحقیق همسو می‌باشد. در بررسی اثر اشعه ماوراء بنفش UV-C بر جدول زندگی سوسک چهار نقطه‌ای حبوبات *Callosobruchus maculatus* (Fabricius) نتایج نشان داد پرتودهی به مدت ۴۰ دقیقه روی تخم‌های ۱، ۲ و ۳ روزه به‌ترتیب با داشتن ۷/۵، ۱/۶۷ و ۰/۸۳ درصد تفریخ تخم در مقایسه با تیمار شاهد (با ۹۵ درصد تفریخ تخم) نشانگر حساسیت نسبی بیشتر تخم‌های ۳ روزه در مقابل این اشعه می‌باشد (Sedaghat *et al*., 2014)، که با نتایج این بررسی مطابقت دارد. مطالعه روی میزان تمایل زنبور پارازیتوئید *Trichogramma pretiosum* (Riley) در پارازیته کردن تخم‌های پرتودهی‌شده و پرتودهی‌نشده شب-پره هندی *Plodia interpunctella* (Hübner) توسط اشعه گاما نشان داد بین میزان پارازیته کردن تخم‌های پرتودهی شده و پرتودهی‌نشده اختلاف معنی‌داری وجود ندارد (Brower, 1982). بررسی ظهور زنبور *T. evanescens* از تخم‌های *S. cerealella* پرتودهی‌شده و پرتودهی‌نشده نشان داد که درصد پارازیته کردن و میزان ظهور زنبورهای *T. evanescens* تفاوت معنی‌داری با مقادیر ثبت شده در تیمار شاهد دارد. نتایج بررسی‌ها نشان می‌دهد تخم‌های پرتودهی‌شده و پرتودهی‌نشده پروانه بید آرد *E. kuehniella* با پرتو UV-C به یک اندازه توسط *T. evanescens* ترجیح داده می‌شود (Voegele *et al*., 1974). در تحقیق حاضر نیز اختلاف معنی‌داری در پارازیته کردن تخم‌های بید سیب زمینی پرتو دیده و تخم‌های تیمار شاهد توسط زنبور تریکوگراما مشاهده نشد. در مقابل، نتایج پژوهش دیگر نشان داد زنبور پارازیتوئید *T. evanescens* تخم‌های *Ephestia calidella* (Guenee) پرتودهی‌شده را بیشتر به عنوان میزبان ترجیح می‌دهد (Mikhaiel *et al*., 2019). نتایج بررسی شایستگی تخم‌های پروانه *Ostrinia nubilalis* (Hübner) پرتودهی‌شده و پرتودهی‌نشده با اشعه UV به‌منظور تکثیر و پرورش زنبور *T. nubilale* (Ertle and Davis) نشان داد هر دو نوع تخم به طور مساوی برای پارازیته شدن مورد پذیرش قرار می‌گیرد

(Goldstein *et al*., 1983). نتایج بررسی حاضر نشان داد که تخم‌های بید سیب زمینی سه روزه نسبت به تخم‌های ۱ و ۲ روزه حساسیت بیشتری به اشعه ماوراء بنفش داشته؛ همچنین، ظهور زنبور از تخم‌های پرتودهی‌شده- پارازیته نسبت به تخم‌های پارازیته- پرتودهی‌شده بیشتر مشاهده شد. بنابراین، در استفاده هم‌زمان و تلفیقی زنبور تریکوگراما و اشعه UV-C در کنترل مرحله تخم این آفت و سایر آفات هدف، ابتدا اشعه UV-C سپس رها سازی زنبور تریکوگراما قابل توصیه می‌باشد.

**References**


**Aryal, S. and Jung, C.** 2015. IPM tactics of potato tuber moth, *Phthorimaea operculella* (Lep.: Gelechiidae): Literature study. **Korean Journal of Soil and Zoology** 19: 42-51.

**Ayvaz, A. and Tuncbilek, A. Ş.** 2006. Effects of gamma radiation on life stages of the Mediterranean flour moth, *Ephestia kuehniella* Zeller (Lep.: Pyralidae). **Journal of Pest Science** 79: 215-222.

**Bakhshi, A., Talebi, A. and A. Fathipour, A. A.** 2013. The effect of ultraviolet radiation on the biological parameters of the Indian moth. **Journal of Entomological Research** 4(2): 103-116. (In Farsi)

**Beard, R. L.** 1972. Lethal action of UV irradiation on insect. **Journal of Economic Entomology** 65: 650-654.

**Brower, J. H.** 1982. Parasitization of irradiated eggs and eggs from irradiated adults of the Indian meal moth (Lep.: Pyralidae) by *Trichogramma pretiosum* (Hym.: Trichogrammatidae). **Journal of Economic Entomology** 75: 939–944

**Calderon, M., Bruce, W. and Leesch, J.** 1985. Effect of UV radiation on eggs of *Tribolium castaneum*. **Journal of Phytoparasitica** 13: 179-183.

**Capinera, J. L.** 2001. Handbook of vegetable pests. Academic Press, New York, USA. 292 pp. Carey, J. R. 1222. Applied demography for biologists with special emphasis on insects. Oxford University Press. New York. Oxford. 913 pp.

**Chandel, R. S., Chandla, V. K. and Singh, B. P.** 2005. Potato tuber moth *Phthorimaea operculella* (Zeller). Malhotra publishing house, DSIDC Complex, Kirti Nagar, New Dehli, India.

**Doğramaci, M. and Tingey, W. M.** 2008. Comparison of insecticide resistance in a North American field population and a laboratory colony of potato tuber worm (Lep.: Gelechiidae). **Journal of Pest Science** 81(1): 17-22.

**Eskandari, A., Khazaie, H. R., Nezami, A. and Kafi, M.** 2011. Study the effects of irrigation regimes on yield and some qualitative characteristics of three cultivars of potato (*Solanum tuberosum* L.). **Journal of Water and Soil** 25: 240-247. (In Farsi)

**Faraji, Z., Sarayelo, M. H., Ghaniania, M. and Sally, L.** 2011. Effect of essential essential disposal and powder of three plants on potato tuber worm *Phthorimaea operculella* Zeller (Lep: Gelechiidae) in Gorgan Laboratory Conditions. **National Conference on Economic Jihad in Agriculture and Natural Resources** 46-55. (In Farsi)

**Faruki, S. I., Das, D. R. and 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.

**Faruki, S. l., Das, D. R., Khan, A. R. and Khatun, M.** 2007. Effects of ultraviolet (254 nm) 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(36): 1-6.

**Gao, Y. L.** 2018. Potato tuber worm: impact and methods for control-mini review. **CAB Review** 13: 1–3.

**Ghanem, I. and Shamma, M.** 2007. Effect of non-ionizing irradiation (UVC) on the development of *Trogoderma granarium* Everts. **Journal of Stored Products Research** 43: 362-366.

**Goldstein, L. F., Burbutis, P. P. and Ward, D. G.** 1983. Rearing *Trichogramma nubilale* (Hym.: Trichogrammatidae) on Ultraviolet-Irradiated Eggs of the European Corn Borer (Lep.: Pyralidae). **Journal of Economic Entomology** 76: 969-971.

**Golizadeh, A. and Esmaeili, 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.

**Guerra, A. A., Ouye, M. T. and 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.

**Guven, E., Pandir, D. and Hatice, B.** 2015. Determination of oxidative stress and DNA damage caused by UV radiation in the larvae of Flour moth, *Ephestia kuehniella* Zeller (Lep.: Pyralidae). **Turkish Journal of Entomology** 39: 23-33.

**Iranipour, S., Vaez, N., Nouri Ghanbalani, G., Asghari, Z. R. and Mashhadi Jafarloo, M.** 2010. Effect of host change on demographic fitness of the parasitoid, *Trichogramma brassicae*. **Journal of Insect Science** 10: 78.

**Jafari, M., Rafii Dastjardi, H., Nouri Qanblani, Q., Fathi, A. A., Hassanpour, M. and Abdollahi, A.** 2021. Smoke toxicity of three plant essential oils on *Phthorimaea operculella* (Zeller) and its effect on the percentage of parasitism of *Trichogramma brassicae* (Bezdenko). **Plant Pest Research** 11(1): 71-85. (In Farsi)

**Jafari, M., Saber. M., Bagheri, M. and Gharekhani, G.** 2014. Effects of emamectin benzoate and methoxyfenozide on functional response of *Trichogramma brassicae* (Hym.: Trichogrammatidae). **Journal of Applied Researches in Plant Protection** 2(2): 59–70. (In Farsi)

**Kalaras, M. D., Beelman, R. B. and 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.

**Kepenekci, İ., Tulek, A., Alkan, M. and Hazir, S.** 2013. Biological control potential of native entomopathogenic nematodes against the potato tuber moth, *Phthorimaea operculella* (Zeller) (Lep.: Gelechiidae) in Turkey. **Pakistan Journal of Zoology** 45(5): 1415-1422.

**Khan, M. A. and Ruberson, J. R.** 2017. Lethal effects of selected novel pesticides on immature stages of *Trichogramma pretiosum* (Hym.: Trichogrammatidae). **Pest Management Science** 73(12): 2465-2472.

**Knutson, A.** 1998. The Trichogramma manual. Bulletin/Texas Agricultural Extension Service; No. 6071.

**Kroschel, J. and Zegarra, O.** 2013. Attract-and-kill as a new strategy for the management of the potato tuber moths *Phthorimaea operculella* (Zeller) and *Symmetrischema tangolias* (Gyen) in potato: Evaluation of its efficacy under potato field and storage conditions. **Pest Management Science** 69: 1205-1215.

**Lah, E. F. C., Musa, R. N. A. R. and Ming H. T.** 2012. Effect of germicidal UV-C light (254 nm) on eggs and adult of house dust mites, *Dermatophagoides pteronyssinus* and *Dermatophagoides farinae* (Astigmata: Pyroglyhidae). **Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine** 2: 679–83.

**Mikhaiel, A. A., Hassan, R. S. and Abul Fadl, H. A. A.** 2019. Applications of Inherited Sterility and *Trichogramma evanescens* to control oases date moth, *Ephestia calidell*. **Egyptian Academic Journal of Biological Sciences** 11(2): 11–20.

**Naglaa, F., Abdel-Hameid, I. R., Elzoghby, M., Mehany A. L. and Sayed W. A. A.** 2019. Cold storage and gamma irradiation of *Sitotroga cerealella* Olivier eggs (Lep.: Gelechiidae) in relation to the success of parasitism by *Trichogramma evanescens* Westwood (Hym.: Trichogrammatidae). **Egyptian Journal of Biological Pest Control** 29(86): 1-5.

**Pourhemati, A., Teklozadeh, H. M. and 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)

**Pszczola, D. E.** 1997. 20 ways to market the concept of food irradiation. **Food Technology (Chicago**) 51: 46-48.

**Rondon, S. I.** 2010. The potato tuberworm: A literature review of its biology, ecology, and control. **American Journal of Potato Research** 87: 149-166.

**Rondon, S. I., Hane, D. C., Brown, C. R., Isabel Vales, M. and Dogramaci, M.** 2009. Resistance of potato germplasm to the potato tuberworm (Lep.: Gelechiidae). **Journal of Economic Entomology** 102: 1649-1653.

**Saber, M.** 2011. Acute and population level toxicity of imidacloprid on an important egg parasitoid, *Trichogramma cacoeciae* (Hym.: Trichogrmmatidae). **Ecotoxicology** 20: 1476-1484.

**Sedaghat, R., Talebi, A. A. and Moharramipour, 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.

**Sedaghat, R., Talebi, A. A. and Moharramipour, S.** 2014. Effects of ultraviolet irradiation on life table of cowpea weevil, *Callosobruchus maculatus* (F.) (Col.: Bruchidae). **Journal of the Entomological Research Society** 16(2): 1-12 (In Farsi)

**Silva, W. D., Arthur, V. and Mastrangelo, T.** 2010. Response of oriental fruit moth, *Grapholita molesta* (Busck) (Lep.: Tortricidae), eggs to gamma radiation. **Radiation Physics and Chemistry** 79: 1063-1066.

**Sporleder, M., Kroschel, J., Quispe, M. R. G. and Lagnaoui, A.** 2004. A temperature-based simulation model for the potato tuberworm, *Phthorimaea operculella* Zeller (Lep.: Gelechiidae). **Environmental Entomology** 33: 477-486.

**Suzuki, T., Watanabe, M. and Takeda, M.** 2009. UV tolerance in the two-spotted spider mite *Tetranychus urticae*. **Journal of Insect Physiology** 55: 649–54.

**Tuncbilek, A. S., Ercan, F. S. and Canpolat, U.** 2012. Effect of ionizing (gamma) and non-ionizing (UV) radiation on the development of *Trichogramma euproctidis* (Hym.: Trichogrammatidae). **Archives of Biological Sciences** 64: 287-295.

**Voegele, J., Daumal, J., Brun, P. and Onillon, J.** 1974. The effect of cold storage and UV radiation treatment of the eggs of *Ephestia kueheniella* (Pyralidae) on the fecundity of *Trichogramma evanescens* and *T. brasiliensis* (Hym.: Trichogrammatidae). **Entomophaga** 19: 341–348

**Xu, J., Zhu, J. H., Yang, Y. L., Tang, H., Lv, H. P. and Fan, M. T.** 2019. Status of major diseases and insect pests of potato and pesticide usage in China. **Scientia Agriculture Sinica** 52: 2800–2808.

**Zhao, S., Qiu, C., Xiong, S. and Cheng, X.** 2007. A thermal lethal model of rice weevils subjected to microwave irradiation. **Journal of Stored Products Research** 43: 430-434.

**Plant Pest Research**
**2023- 12 (4): 37-49**

**Open access**
**doi: 10.22124/iprj.2023.23127.1500**

**Research paper**

# An investigation on the effect of ultraviolet rays and parasitoid wasp, *Trichogramma brassicae* in controlling the egg stage of potato tuber moth, *Phthorimaea operculella*

**B. Proo[1], Sh. Armideh[1]*, Sh. Mirfakhraie[1] and A. Hosseinzadeh[2]**
1. Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, Urmia University, Iran, 2. Department of Plant Protection, Mahabad Branch, Islamic Azad University, Mahabad, Iran

(Received: November 21, 2022- Accepted: January 10, 2023)

**Abstract**

*Phthorimaea operculella* Zeller (Lep.: Gelechiidae), is one of the key pests of potato plants in fields and warehouses. This research was designed to determine interaction and the priority and delay of using two control factors including the parasitoid wasp, *Trichogramma brassicae* (Hym.: Trichogrammatidae) and UV-C radiation in controlling the egg stage of potato tuber moth (PTM), which has the least adverse effect on *T. brassicae*. The rate of oviposition and emergence of parasitoid on irradiated and control eggs was investigated. Also, ultraviolet rays were applied for 0, 8, 10, and 12 minutes on 1, 2, and 3-day-old eggs of PTM in two pre-parasitized conditions, and the second mode of irradiation was performed after parasitization, and the rate of parasitoid emergence was evaluated. The results showed that there was no significant difference between the two groups of eggs irradiated by UV-C rays and the control treatment. In UV-C irradiation on the parasitized PTM eggs, the percentage of parasitoid emergence decreased with the increase in the duration of irradiation, and in the case of irradiated-parasitized eggs, the rate of parasitoid emergence increased compared to the parasitized-irradiated eggs. The results of this study showed that 3-day-old eggs were more sensitive to ultraviolet rays than 1 and 2-day-old eggs. Also, the rate of emergence of parasitoid from irradiated-then-parasitized eggs increased compared to the parasitized-irradiated eggs. Therefore, in the simultaneous use of *T. brassicae* and UV-C radiation in controlling the egg stage of this pest and other target pests, first UV-C radiation and then release of *T. brassicae* is recommended.

**Key words**: Potato tuber moth, *Trichogramma* parasitoid, Ultraviolet radiation

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

CC BY