



تأثیر پرتو گاما در خصوصیات تولید مثلی پروانه نر بید کلم *Plutella xylostella* L. در نسل والد و F1 و قدرت رقابتی نرهای پرتو تابی شده

شیما شکری^۱، شیوا اصولی^{۱*}، مریم عطاپور^۲

۱ - پژوهشکده کشاورزی هسته‌ای، پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای، صندوق پستی ۳۱۴۶۵۱۴۹۸، کرج، ایران.

۲ - گروه تولیدات گیاهی، پژوهشکده کشاورزی، سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی ایران، تهران، ایران.

چکیده

شب پره پشت الماسی کلم، *Plutella xylostella* L. در حال حاضر از جدی‌ترین آفات گیاهان خانواده چلیپائیان در کشور است. لاروهای این پروانه با تغذیه از برگ‌ها سبب خسارت به گیاهان این خانواده می‌شوند. در مطالعه کنونی، اثر پرتوهای یونیزان روی برخی خصوصیات تولید مثلی بید کلم در نسل والد و F1 مورد بررسی قرار گرفت. مطالعات دزسنجی، دزهای بالاتر از ۲۵۰ گری را به عنوان دزهای عقیم کننده مناسب در نسل والد برای جنس نر پیشنهاد میکنند. درصد تفریح تخم ماده‌های نر مال پس از جفتگیری با نرهای پرتوتابی شده در شفیرگی با دز ۲۵۰ گری ۱/۲۴ درصد بود. این مقدار در دز ۳۰۰ گری به صفر رسید. همچنین القا ناباروری موروثی در حشرات نر نسل F1 با اعمال دز زیر عقیمی ۱۵۰ گری در والد نر این گونه حشره مشاهده شد. نتایج حاصل از توان رقابتی محاسبه شده در نرهای پرتوتابی شده در مرحله شفیرگی در دز ۲۵۰ گری محاسبه شد و ارزش رقابتی (CV) حاصل از نسبت‌های مختلف رهاسازی در قفس‌های آزمایشگاهی در محدوده ۰/۶۵ تا ۰/۸۱ نوسان داشت. نتایج حاصله در محدوده قابل قبولی رقابتی می‌باشد.

کلمات کلیدی: شب پره پشت الماسی، تکنیک حشرات نابارور، پرتو گاما، ارزش رقابتی، عقیمی موروثی

The effect of gamma radiation on reproductive parameters of male *Plutella xylostella* L. in Parental and F1 generations and competitiveness ability of irradiated male

Shima Shokri¹, Shiva Osouli^{1*}, Maryam Atapour²

1-Nuclear Agriculture Research School, Nuclear Science and Technology Research Institute, P.O.BOX: 314651498, Karaj, Iran

2-Institute of Agriculture, Iranian Research Organization for Science and Technology (IROST), Tehran, Iran

Abstract:

Diamond back moth *Plutella xylostella* L., currently is one of the most serious pests of Brassicaceae family in Iran. The larvae of this moth cause damage on these family plants by feeding from their leaves. In the present study, effect of ionizing radiation on some biological parameters of diamond back moth in parental and F1 generations was calculated. Sterilization studies with gamma radiation showed that doses higher than 250 Gy are the appropriate sterilization doses for males of parental generation. Percentage of hatched eggs at 250 Gy in crosses irradiated male × normal female was 1.24%. This value reaches to zero using 300 Gy of gamma radiation. Also results indicated that using sub-sterilizing dose of 150 Gy in parental generation (males) can induce inherited sterility in male insects of F1 generation. The competitiveness ability of irradiated males was measured at dose of 250 Gy and competitiveness value of different releasing male ratios in laboratory cages ranged from 0.65 to 0.81. The results of the calculated competitiveness value of irradiated males are within the acceptable range.

Keywords: Diamond back moth, Sterile Insect Technique, Gamma radiation, Competitiveness value, Inherited sterility

Email: shosouli@aeoi.org.ir

۱. مقدمه:

بید کلم به عنوان مخربترین آفت محصولات چلیپاییان در مزرعه محسوب میشود. لاروهای این محصول برگ خوارهای حریصی هستند که در صورت عدم کنترل، پتانسیل تخریب تمام محصول زراعی را دارند. بیشترین خسارت مربوط به لاروهای سنین ۳ و ۴ است که مقادیر بیشتری از برگ تغذیه می کنند [۱]. بید کلم حشره ای است چند نسلی که توانایی بالایی در ایجاد و توسعه مقاومت به حشره کشها دارد. لذا کشاورزان در نقاط مختلف دنیا ناخواسته برای شکستن این مقاومت با افزایش دز کاربرد یا مخلوط کردن چند حشره کش با هم و استفاده مکرر در هر ۲ یا ۳ روز سبب ایجاد مقاومت تقاطعی و چندگانه شده اند، به طوریکه مقاومت بید کلم به اکثر حشره کشها به صورت مستند ثبت شده و این مقاومت نسل به نسل رو به افزایش است و هزینه های سنگینی را به تولید کنندگان کروسیفر و سازندگان سم وارد میسازند [۲،۳]. بنابراین برنامه های کنترلی آفات باید بر اساس تلفیق روش های مناسب، خصوصیات زیستی و اکولوژیکی هر گونه مشخص آفت و با در نظر گرفتن سازگاری و پایداری محیط زیست باشد [۴]. کنترل بیولوژیک استفاده از موجودات زنده به منظور سرکوب تراکم جمعیت آفت به خصوص، یا اثر آن آفت اطلاق میشود، به طوری که فراوانی یا خسارت آن آفت را از آنچه که امکان داشت رخ دهد کمتر کند [۵]. یکی از روش های کنترل آفات استفاده از پرتوهای یون ساز است. در این روش کنترل جمعیت به طور غیر مستقیم و از طریق نابارور ساختن نر یا ماده های حشره آفت به کمک تابش پرتوهای رادیواکتیو و رهاسازی حشرات نابارور شده در جمعیت طبیعی صورت می گیرد. ابتدا حشره تا مرحله شفیرگی پرورش داده شده و شفیره های نر، ماده یا نرو ماده پس از پرتو تابی با دز تعیین شده در محیط طبیعی رها می گردند که در اثر تلاقی حشرات نابارور با حشرات طبیعی منجر به عدم تولید نتاج گردیده و آفت پس از چند نسل کنترل خواهد شد [۶].

از مزایای این روش این است که تنها روی گونه ای خاص تاثیر گذار است، لذا روی دشمنان طبیعی و سایر حشرات غیر هدف تاثیری ندارد، هزینه تولید محصول به دلیل کاهش مصرف سموم کاهش می یابد و متقابلاً کیفیت محصول افزایش می یابد [۷]. استفاده از این تکنیک (SIT) باعث میشود که محصول عاری از آفت باشد، در حالیکه باقیمانده سموم روی محصول به جای نمی ماند. مطالعه حال حاضر با هدف دستیابی به روش های کاربردی این تکنیک برای کنترل این آفت مهم طراحی شده است. در حشرات راسته Lepidoptera به دلیل نیاز به دزهای بالاتر در کاربرد تکنیک حشرات عقیم، رهاسازی حشرات نابارور نسل F1 با استفاده از تکنیک نابارورسازی موروثی امکان پذیر می باشد. مطالعه حاضر با هدف ارزیابی اثرات پرتو گاما بر دو نسل والد و F1 حشره آفت بید کلم انجام پذیرفته است. بر این اساس تاثیر پرتو گاما بر خصوصیات زادآوری و باروری حشرات نر نسل والد پرتوتابی شده و حشرات نر نسل حاصل از آن (F1) و نیز توان رقابتی نسل حاصل از شفیره های پرتوتابی شده با هدف کاربرد در قالب تکنیک حشرات نابارور (Sterile Insect Technique) بررسی شد.

۲. روش کار

۲.۱. جمع آوری نمونه ها و انتقال به آزمایشگاه

پس از بازدید از چند مزرعه کلم با توجه به آلودگی بیشتر در مناطق مهرشهر، محمد شهر و ماهدشت اقدام به جمع آوری نمونه شد. گیاهان آلوده به بید کلم که دارای مراحل مختلف زیستی آفت بودند، جمع آوری و پس از یادداشت نمودن مشخصات محل به آزمایشگاه منتقل شدند.

۲.۲. تکنیک های پرورش آزمایشگاهی و بهینه سازی پرورش

پرورش این آفت در اینسکتاریومی به ابعاد ۳×۴×۳ متر در پژوهشکده کشاورزی هسته ای، پژوهشگاه علوم و فنون هسته ای انجام گرفت. مراحل مختلف پرورش این حشره در قفس های پرورشی از جنس فایبر گلاس به ابعاد ۵۰×۵۰×۵۰، روی گیاه گل کلم تحت، شرایط دمایی ۲۵±۲، رطوبت نسبی ۶۵±۵ و دوره نوری ۸:۱۶ روشنایی : تاریکی انجام پذیرفت.

۳.۲. مطالعات دز عقیم سازی در نسل P و F1

جهت ارزیابی نسل والد شفیره های هم سن به تفکیک جنس با ۶ دز مختلف (۰، ۱۰۰، ۱۵۰، ۲۰۰، ۲۵۰، ۳۰۰، ۳۵۰گری) با پرتو گاما پرتو تابی شدند. برای هر یک از دز های مورد نظر ۶۰ شفیره در ۴ تکرار جدا شده بود. سپس شفیره های پرتو دیده به تفکیک دز و جنسیت درون قفس گذاشته شدند تا حشرات بالغ خارج شوند. در این مرحله تیمارهای آزمایشی به صورت نر پرتو دیده × ماده نرمال و در مقایسه با نر نرمال × ماده نرمال به عنوان شاهد آماده شدند. در هر تیمار ۵ جفت از این حشرات به همراه کلم های بنفش (به عنوان بستر تخم‌ریزی) درون قفس تخم‌گیری قرار گرفتند. تعداد تخم ها و لاروهای تفریح شده برای هر تیمار و در هر تکرار، به صورت روزانه شمارش و تا مرگ آخرین حشره ثبت می‌شد. همچنین حشرات نر نسل F1 به وجود آمده از شب پره‌های نر پرتو تابی شده با دز ۱۵۰گری در مرحله شفیرگی در تیمار نر پرتو دیده × ماده نرمال آمیزش داده شد و تمام مراحل آزمایش ذکر شده برای نسل والد جهت ارزیابی این نسل نیز تکرار شد.

۴.۲. تاثیر پرتو بر روی قدرت رقابت در جفتگیری نر های پرتو دهی شده در مقایسه با نر های طبیعی

در این آزمایش با توجه به نتایج قسمت های پیشین، دزهای بالاتر از ۲۵۰گری به عنوان دز مناسب نابارور سازی تعیین شد. براین اساس شفیره های ۵ روزه در معرض دز ۲۵۰گری به عنوان حداقل دز مناسب نابارور سازی قرار گرفتند. سپس حشرات کامل خارج شده در نسبت های ۱:۱ تا ۴:۱ (ماده نرمال: نر نرمال: نر پرتو تابی شده) و (۱:۱ و ۱:۱) به عنوان شاهد) تلاقی داده شدند. هر کدام از نسبت ها به صورت جداگانه در قفس قرار گرفت و روزانه تعداد تخم و در نهایت لارو های تفریح شده ثبت گردید.

۵.۲. روش تحلیل داده ها

به طور کلی در این مطالعه برای انجام تجزیه‌های آماری و مقایسه میانگین ها از نرم افزار SPSS 16 استفاده شد. برای ارزیابی صفات تولید مثلی در تلاقی نر های پرتو دیده و یا F1 با ماده های نرمال از طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۴ تکرار و ۵ جفت حشره نر برای هر تکرار استفاده شد. در قسمت ارزیابی قدرت رقابتی نر های پرتو دیده در مقایسه با نر های نرمال، نتایج مورد انتظار و محاسبه شده در تفریح تخم و فاکتور ارزش رقابتی (competitiveness value) از فرمول های (Fried) [۸] استفاده گردید.

۳. نتایج و بحث

۱.۳. نتایج مطالعات دزسنجی در نسل والد (P)

مقایسه میانگین‌های مربوط به میزان تخم گذاشته شده توسط هر ماده پس از جفتگیری با نر های پرتو دیده با دزهای مختلف نشان دهنده کاهش معنی دار ($P \leq 0.01$) در این صفت با افزایش دز در مقایسه با شاهد است ($199/8$ تخم در دز ۳۰۰ گری در مقایسه با $490/8$ تخم در شاهد). میانگین‌های درصد تفریح تخم‌های گذاشته شده توسط حشرات بالغ ماده نرمال در جفتگیری با حشرات نر حاصل از شفیره‌های پرتو دیده با افزایش دز کاهش یافتند. این کاهش در دز ۲۵۰ گری نزدیک به صفر ($1/24$ درصد) و در دز ۳۰۰ گری به عدد صفر رسید (جدول ۱).

۲.۳. نتایج مطالعات دز سنجی در نسل F1:

در این آزمایش حشرات نر نسل F1 حاصل از والد نر پرتو تابی شده با دز ۱۵۰ گری، با حشرات ماده نرمال تلاقی داده شدند. نتایج حاصل از مقایسه میانگین دو گروه از داده ها (آزمون t) نشان داد که دز پرتو گاما بر زادآوری (تعداد تخم)، باروری (درصد تفریح تخم) شب پره‌های حاصل در این نسل اثر معنی داری ($P \leq 0.05$) داشته است. مقایسه میانگین‌های مربوط به این صفت نشان دهنده کاهش معنی

دار میزان تخم گذاشته شده توسط شب پره های ماده نسبت به شاهد بوده است (۲۶۶/۷۵ تخم در مقایسه با ۴۹۰/۷۵ در تیمار شاهد). همچنین درصد تفریخ تخم‌های حاصل از پروانه‌های این نسل نسبت به شاهد کاهش یافته است (۲۳/۶۳ درصد در مقایسه با ۷۱/۷۵ درصد در تیمار شاهد (جدول ۱)).

جدول ۱- اثر دزهای مختلف پرتو گاما بر زاد آوری و باروری حشرات ماده نرمال × نر پرتو دهی شده در مرحله شفیرگی

F1		تفریخ تخم (%)	تعداد تخم	دز (گری)
درصد تفریخ	تعداد کل تخم			
۷۱/۷۵ (± ۵/۵۸)	۴۹۰/۸ (± ۱۸/۴۶)	۷۱/۷۵ (± ۵/۵۸)	۴۹۰/۸ (± ۱۸/۴۶) a*	نر نرمال × ماده نرمال
			۳۲۲/۸ (± ۶۶/۷۱) b	۱۰۰
۲۳/۲۶۳ (± ۰/۲۷)	۲۲۶/۷۵ (± ۷۴/۵۷)	۱۵۰/۵ (± ۴۱/۸۲)	۲۳۴/۸ (± ۷۳/۵۴) b	۱۵۰
		۲۶/۴۵ (± ۷/۵۴)	۲۹۱/۸ (± ۱۲۷/۵۱) b	۲۰۰
		۱/۲۴ (± ۰/۲۷)	۲۲۹/۸ (± ۳۸/۶۸) b	۲۵۰
		۰ (± ۰)	۱۹۹/۸ (± ۱۰/۹۰) b	۳۰۰

*حروف نامشابه در ستون‌ها نشان دهنده وجود اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۰/۰۵ در آزمون دانکن است

۳.۳. نتایج مطالعات تاثیر پرتو بر قدرت رقابت نرهای پرتوتابی شده

تاثیر پرتو روی قدرت رقابت جفتگیری شب پره‌های نر حاصل از شفیره‌های پرتو دیده با تعیین نسبت‌های مختلف رهاسازی (ماده طبیعی: نر طبیعی: نر عقیم) و دو نسبت رهاسازی ۱:۱ نر و ماده نرمال و ۱:۱ نر پرتو دیده به ماده نرمال هر دو به عنوان شاهد در جدول ۲ ارزیابی شد. درصد تفریخ تخم‌های حاصل از جفتگیری نرهای پرتوتابی شده با ماده‌های نرمال با افزایش نسبت جفتگیری در مقایسه با شاهد (نر نرمال × ماده نرمال) کاهش یافت (برای بالاترین نسبت جفتگیری ۴:۱:۱ (ماده طبیعی: نر طبیعی: نر عقیم) ۱۵/۶۲ درصد در مقایسه با ۶۲/۵۷ درصد در شاهد (نر نرمال × ماده نرمال) و بیشترین میزان کاهش در درصد تفریخ تخم مربوط به نسبت جنسی ۱:۰:۱ (عدم حضور نرهای نرمال) بود (کمتر از ۲ درصد (۱/۱۷ درصد)). در تمام نسبت‌های جنسی تفاوت معنی‌داری میان میانگین‌های تخم‌های مورد انتظار (محاسبه شده با فرمول Fried) و مشاهده شده در آزمایش (بر اساس نتایج Chi-square test, df=3, p=0.05) وجود نداشت. شاخص‌های رقابتی محاسبه شده فرید (Fried's Competitiveness value) در دامنه ۰/۶۵ تا ۰/۸۱ تغییر کرد و بالاترین شاخص مربوط به بالاترین نسبت رهاسازی نرهای عقیم (۴:۱:۱) بود.

جدول ۲- نتایج مطالعه تاثیر پرتو روی قدرت رقابت در جفتگیری حشرات نر پرتو دهی شده نسل P با نرهای طبیعی

ارزش رقابتی	P	تفریخ تخم مورد انتظار %	تفریخ مشاهده شده %	تعداد تخم	نسبت رهاسازی (ماده نرمال: نر نرمال: نر پرتوتابی شده)
۰/۶۵	> ۰/۰۵	۳۱/۸۷	۶۲/۵۷	۴۹۷	۱:۰:۱*
۰/۱۰	> ۰/۰۵	۲۱/۶۴	۳۰/۶۴	۴۰۸	۱:۱:۱
۰/۶۸	> ۰/۰۵	۱۶/۵۲	۲۱/۳۷	۳۷۹	۲:۱:۱
					۳:۱:۱

۴:۱:۱	۴۱۶	۱۵/۶۲	۱۳/۴۵	>۰/۰۵	۰/۸۱
۱۰:۰:۱	۲۵۶	۱/۱۷			

* عدد ۱ بیانگر ۵ حشره می باشد.

در پژوهش حاضر، اثر دزهای مختلف پرتوگاما با منبع کبالت ۶۰ در محدوده ۱۰۰ تا ۳۰۰ گری روی برخی از خصوصیات زیستی شب پره بید کلم به جهت تخمین حداقل دز مناسب نابارورسازی سنجیده شد. براساس این نتایج دزهای بالاتر از ۲۵۰ گری به عنوان حداقل دز مناسب عقیم کننده حشرات نر این گونه حشره پیشنهاد می‌شود.

نتایج حاصل از بررسی اثرات دزهای مختلف پرتو روی زادآوری و باروری پروانه‌های نر نسل F1 که با جنس مخالف نرمال تلاقی داده شدند، نشان دادند که میانگین‌های مربوط به تعداد تخم‌های گذاشته شده و درصد تفریح تخم‌ها، با شاهد اختلاف معنی داری داشته اند. پرتوتابی قابلیت ایجاد اثرات مخربی را دارد که می‌توانند برای چندین نسل به ارث برسند، اگرچه قسمت عمده این اثرات مخرب موروثی در نسل F1 بیان می‌شود. تکنیک عقیمی وراثتی، راهی برای کاهش اثرات منفی پرتو در خصوصیات غیر تولید مثلی پروانه‌هاست. در پروژه حاضر نیز مقایسه نسل F1 نسبت به والدین پرتوتابی شده نشان می‌دهد درصد تفریح تخم به هنگام جفتگیری نسل F1 از والد پرتوتابی شده با دز ۱۵۰ گری به ۲۳/۶۳ رسید. درحالیکه این ارقام به هنگام پرتوتابی والدین برای همین ترکیب جفتگیری در دز ۱۵۰ گری ۴۵/۰۳ درصد بود. همچنین تعداد تخم گذاشته شده در نسل F1 نیز با افزایش دز کاهش یافت. این نتایج در مطالعات سایر محققین روی آفات پروانه‌ای متعدد به اثبات رسیده است:

اثرات دو دز ۱۰۰ و ۱۵۰ گری را روی طول عمر، زادآوری و باروری دو نسل P و F1 در *Spilosoma obliqua* بررسی نمودند. [۹] تعداد تخم گذاشته شده با افزایش دز در هر دو نسل کاهش یافت و کاهش تخم در نسل F1 مشهودتر بود، همچنین درصد تفریح تخم در دز ۱۵۰ گری در پرتوتابی والد ۲۷ درصد و در نسل F1 حاصل، ۹ درصد بوده است. در مطالعات [۱۰] روی نسل F1 گونه *Grapholita molesta* در صورت پرتودهی در دو حالت حشره کامل و شفیره، در ترکیب جفتگیری نر F1 و ماده نرمال درصد تفریح تخم‌های حاصل، در دزهای بالاتر از ۴۰۰ گری به زیر ۱۰ درصد برای هر دو مرحله زیستی پرتوتابی شده رسید.

در مطالعات [۱۱] روی تعداد تخم‌های گذاشته شده توسط هر حشره ماده *Diatraea sacharalis* و درصد تفریح آن‌ها در نسل P و F1 را مورد بررسی قرار گرفت. زمانیکه نرهای پرتودیده با دز ۱۰۰ گری با ماده‌های نرمال جفتگیری کردند درصد تفریح تخم به ۱۵ رسید. درصد تفریح تخم افراد نر نسل F1 که با جنس مخالف نرمال جفتگیری کردند ۴/۳ درصد بود. همچنین اثرات دزهای پرتو گاما توسط [۱۲] روی *Eldana saccharina* مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج این تحقیق نشان داد که باروری با افزایش دزهای پرتو در هر دو نسل P و F1 کاهش یافت.

در مطالعه حاضر قدرت رقابت در جفتگیری حشرات نر حاصل از پرتوتابی شفیرگی با نرهای نرمال مورد مقایسه قرار گرفت. بررسی این صفت جهت اطمینان از توانایی در رقابت کردن حشرات تیمار شده آزمایشگاهی در طبیعت با نرهای طبیعی بسیار حائز اهمیت است. نتایج نشان دادند که درصد تفریح تخم مشاهده شده (حاصل از آزمایش) به طور معنی‌داری با تغییر نسبت‌های جنسی جفتگیری به سمت افزایش نسبت نرهای پرتوتابی شده کاهش می‌یابند. اگرچه کمترین درصد تفریح تخم در عدم حضور نرهای نرمال مشاهده شد. محدوده تغییر شاخص رقابتی فرید، در محدوده بین ۰/۱ تا ۰/۸۱ تغییر یافت. با توجه به استانداردهای موجود [۱۳] قدرت رقابتی بین ۰/۲ تا ۰/۴ برای نرهای آزمایشگاهی تیمار شده مناسب می باشد.

همچنین در مطالعات [۱۴] در نسبت ۷ برابر نر پرتوتابی شده کرم سیب به نر و ماده نرمال، تفریح تخم به حدود ۱۰ درصد رسید و میزان تخم تفریح شده مشاهده‌ای با میزان تخم مورد انتظار محاسبه‌ای با فرمول فرید تفاوت معنی‌داری نداشت.



نتیجه گیری

مجموع مطالعات انجام شده در این پژوهش دز ۲۵۰ گری را به عنوان حداقل دز عقیم کننده مناسب حشرات نر در نسل P پیشنهاد می‌کند. در این دز تعداد تخم‌های گذاشته شده توسط ماده‌ها به هنگام جفتگیری با نر پرتوتایی شده کاهش یافت و درصد تفریح تخم نزدیک به عدد صفر رسید. نتایج حاصل از توان رقابتی نرهای پرتوتایی شده با این دز نیز در محدوده قابل قبول استاندارد بود و همچنین نتایج حاصل از ارزیابی ناباروری موروثی در نسل F1 با اعمال دز ۱۵۰ گری زیر عقیمی در نسل والد در این گونه حشره مشهود بود.

مراجع

1. G.H. Abro, R.A. Somor, and T.S. sayed, *Biology and behavior of Plutella xylostella*. Pakistan J. zool. (1992).
2. M. Sarafraz, AB. Keddi, and LM. Dodsall, *Biological control of diamondback moth P.xylostella*. biology. sci. tech. 15, 763-89 (2005).
3. S.R. Nophemla, *Studies on parasitoids of Diamondback moth, Plutella xylostella (L.) (Lepidoptera: Plutellidae) in South Africa*. submitted in fulfill of the requirement for the degree of Master of science of Rhodes university 92pp (2004).
4. M.J.B. Vreysen, W. Klassenand, J.E. Carpenter, *Overview of technological advances toward greater efficiency and efficacy in sterile insect-inherited sterility programs against moth pests*. Fla. Entomol. 99: 1-12 (2016).
5. J. Elinberg, A. Hajeke, and C. Lomer, *Suggestion for unifying the terminology in biological control*. Biocon. 46: 387-300 (2001).
6. M. Ardakani, and F. Majd, *Nuclear Techniques in Agricultural Science*. University of Tehran (2004)(in Persian).
7. E. Knipling, and R. Bushland, *The strile insect Technique*. [http:// the %20sterile520 Insect %20 technique%20 \(SIT\).htm](http://the%20sterile520%20insect%20technique%20(SIT).htm),.(1950).
8. M. Fried, *Determination of sterile insect competitiveness*. J. Econ. Entomol. 64:869-872 (1971).
9. R. Rahman et al. *Observation on the growth parameters of Spilosoma oblique (Lep: Arctiidae) reared on artificial diets and reproductive component of this irradiated pest*. In: Evaluation of Lepidoptera population suppression by radiation induced sterility. IAEA-TECDOC 1083, International Atomic Energy Agency, Vienna, Austria, 7-14.(2002).
10. N. Genchev, *Suppression of oriental fruit moth (Grapholita molesta, Lepidoptera: Tortricidae) population using the sterile insect technique*. In: Evaluation of Lepidoptera population suppression by radiation induced sterility. IAEA-TECDOC 1083, International Atomic Energy Agency, Vienna, Austria, 49-60 (2002).
11. V. Arthur et al. *The use of gamma radiation to control two serious pests of Brazilian agriculture*. In: Evaluation of Lepidoptera population suppression by radiation induced sterility. IAEA-TECDOC 1083, International Atomic Energy Agency, Vienna, Austria, 90-101 (2002).
12. A.J. Walton, D. E. Conlong, and M.F. Addison, *Parental and F1 sterility of Eldana saccharina Walker (Lep: Pyralidae)*. Proc Afr Sug Technol Ass. 84: 281-286 (2011).
13. FAO/IAEA/USDA. *Manual for product Quality control and shipping procedures for sterile mass- reared tephritid fruit flies*, (International Atomic Energy Agency, Vienna, 2003).
14. M. Mansour, *Effects of gamma radiation on codling moth (Cydia pomonella, Lepidoptera: Tortricidae) fertility and reproductive behavior*. In: Evaluation of Lepidoptera population suppression by radiation induced sterility. IAEA-TECDOC 1083, International Atomic Energy Agency, Vienna, Austria, 61-69 (2002).