



استفاده از پرتو گاما برای کنترل مرحله‌های مختلف زیستی حشره‌ی شپشه‌ی آرد

مهرداد احمدی*، حمیدرضا ذوالفقاریه

پژوهشکده‌ی کشاورزی هسته‌ای، پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای، سازمان انرژی اتمی ایران، صندوق پستی: ۴۹۸-۳۱۴۸۵، کرج - ایران

چکیده: حشره‌ی شپشه‌ی آرد یکی از آفت‌های بسیار مهم محصول‌های انباری است که موجب بروز خسارت کیفی و کمی می‌شود. یکی از راهکارهای مناسب برای کنترل این آفت، استفاده از پرتو گاما است. در این مقاله تأثیر دزهای مختلف پرتو گاما بر روی تخم، لارو و حشره‌ی کامل شپشه‌ی آرد تا مرگ آخرین نمونه مورد ارزیابی قرار گرفت. آزمایش در شرایط دمایی 27 ± 1 درجه‌ی سلسیوس، رطوبت نسبی 60 ± 5 درصد و در تاریکی انجام شد. پرتودهی تخم، لارو و حشره‌ی کامل شپشه‌ی آرد با کمک پرتو گاما و با دزهای ۱۰۰ تا ۵۰۰ گری به انجام رسید. این آزمایش‌ها به منظور کاهش دز پرتو گاما در فاصله‌ی زمانی طولانی‌تر در مقایسه با مطالعه‌های قبلی انجام شد. میزان مرگ و میر حشره‌ی شپشه‌ی آرد در مرحله‌های مختلف رشد آن پس از گذشت ۲۴ ساعت مورد ارزیابی قرار گرفت و نمونه‌برداری تا مرگ آخرین نمونه‌ی پرتودهی شده ادامه یافت. نتایج نشان داد که حساس‌ترین مرحله‌ی رشد حشره‌ی شپشه‌ی آرد در برابر پرتودهی، مرحله‌ی تخم بود که در آن دز ۵۰ گری موجب مرگ ۱۰۰ درصد تخم‌ها شد. مرحله‌ی لاروی، بعد از تخم، بیش‌ترین حساسیت را نشان داد به طوری که با دز ۵۰۰ گری پس از گذشت ۱۲ روز امکان از بین بردن کلیه‌ی لاروها فراهم شد. در مورد حشره‌های کامل، نتایج حاکی از مقاومت نسبی این مرحله از رشد حشره بود، به طوری که دز ۱۰۰ گری پس از ۱۶ روز تنها موجب بروز مرگ و میر ۱۳٫۳۳ درصد حشره‌های کامل شد. بالاخره این که مشخص شد که استفاده از پرتو گاما می‌تواند به عنوان یک روش کاربردی مناسب، برای کنترل کلیه‌ی مرحله‌های زیستی حشره‌ی شپشه‌ی آرد در بین محصول‌های انباری به کار رود.

کلیدواژه‌ها: پرتو گاما، حشره‌ی شپشه‌ی آرد، آفت‌های انباری

Application of gamma radiation to control different life stages of red flour beetle *Tribolium castaneum* (Herbst)

M. Ahmadi*, H.R. Zolfaghari

Nuclear Agriculture Research School, Nuclear Science and Technology Research Institute, AEOI, P.O.Box: 31485-498, Karaj - Iran

Abstract: *Tribolium castaneum* (Herbst) is a very harmful pest of stored products, which causes qualitative and quantitative damage. Application of gamma radiation is an appropriate strategy to control this pest. In this study, the effect of different doses of gamma radiation on the egg, larvae and adults stages of *T. castaneum* until all of the pests were annihilated, is evaluated. The experiment was conducted at $27 \pm 1^\circ\text{C}$, $60 \pm 5\%$ R.H. in dark. The egg, larvae and adults were irradiated by 100-500 Gy of gamma radiation. In these experiments, compared with the previous studies, lower doses were used in a long time period. Mortality of different stages of *T. castaneum* was assessed 24 hours after the irradiation and continued until the death of the last sample. The results showed that the most sensitive stage was egg, with 100% mortality by 50 Gy. The second stage of the sensitivity was the larvae, with the complete death by 500 Gy after 12 days. Adults, compared with other life stages, showed relative resistance so that only 13.33% mortality was occurred at 100 Gy after 16 days. It was concluded that use of gamma radiation could be an appropriate method to control the population of *T. castaneum* in the stored products.

Keywords: Gamma radiation, *Tribolium castaneum*, Stored products pest

*email: mahmadi@nrcam.org

**۱. مقدمه**

حشره‌ی شپشه‌ی آرد^(۱) یکی از آفت‌های محصول‌های انباری است [۱]. طبق گزارش آیواز و همکاران، دز ۲۰۰ گری پرتو گاما پس از ۳۰ روز حشره‌های کامل شپشه‌ی آرد را به کلی از بین می‌برد. بروور و تیلتون [۲] پیش‌تر نشان دادند که دز ۱۰۰ گری پرتو گاما می‌تواند رشد تخم حشره‌ی شپشه‌ی آرد را متوقف سازد. در آزمایش‌های تانک بیلک و همکاران [۳] مشخص شد که مؤثرترین دز برای کنترل مرحله‌های زیستی لارو و حشره‌ی کامل شپشه‌ی آرد دز ۱۰۰ گری است. پژوهش‌های بروور و همکاران [۴] گزارش نمودند که در بین جمعیت شپشه‌ی آرد پرتو دهی شده با دزهای مختلف پرتو گاما هیچ‌گونه مقاومتی مشاهده نشد. مطالعه‌های ذوالفقاریه و همکاران [۵] نشان داد که با کمک پرتو گاما در محدوده دز ۷۰۰ گری می‌توان کلیه‌ی مرحله‌های زیستی شپشه‌ی آرد را کنترل نمود.

لذا چنین به نظر می‌رسد که استفاده از پرتو گاما علاوه بر حذف اثرهای نامطلوب ناشی از مصرف سموم شیمیایی، می‌تواند موجب تلفات قابل قبول در جمعیت شپشه‌ی آرد شود. در این پژوهش به منظور بررسی میزان حساسیت مرحله‌های زیستی تخم، لارو و حشره‌ی کامل شپشه‌ی آرد به پرتو گاما، در زمان‌های مختلف تا مرگ آخرین نمونه مورد بررسی قرار گرفت.

۲. مواد و روش‌ها**۱.۲ پرورش حشره**

حشره‌ی شپشه‌ی آرد روی ترکیبی از آرد گندم (۱۰ قسمت) و مخمر آجیو (۱ قسمت) در اتاق رشد تحت شرایط دمایی 27 ± 1 درجه‌ی سلسیوس و رطوبت نسبی 60 ± 5 درصد و در تاریکی پرورش داده شد؛ تمامی آزمایش‌ها نیز تحت این شرایط و در اتاق رشد انجام شد. به منظور هم‌سن‌سازی مرحله‌های مختلف، ابتدا تعدادی از جمعیت بالغ نر و ماده‌ی شپشه‌ی آرد داخل ظرف‌های حاوی آرد قرار گرفتند تا جفت‌گیری و تخم‌گذاری نمایند. پس از ۳ روز حشره‌های کامل از آرد جدا شده و تخم‌های گرفته شده از این آرد، تخم‌های ۱ تا ۳ روزه بودند. بدین ترتیب، با گذشت زمان، لاروهای هم‌سن و نیز حشره‌های کامل هم‌سن از این جمعیت تخم به دست آمد.

۲.۲ پرتو دهی

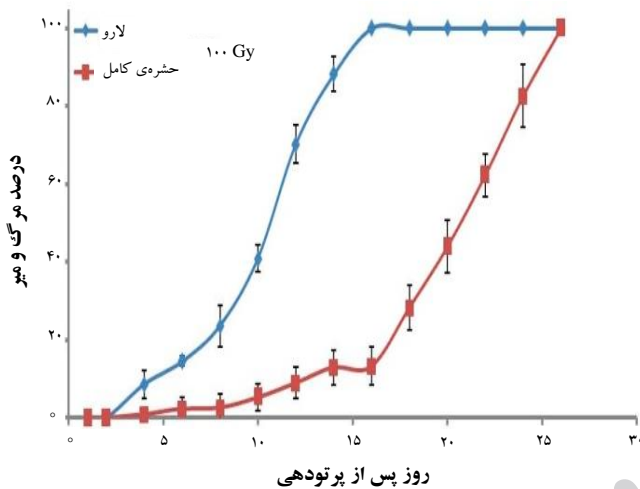
پرتو دهی حشره‌ها در مرحله‌های مختلف زیستی با پرتو گامای چشمه‌ی کبالت-۶۰ واقع در پژوهشکده‌ی تحقیقات کشاورزی، پزشکی و صنعتی انجام شد. از آن‌جا که آزمایش‌های اولیه حاکی از حساسیت بسیار بالای شپشه‌ی آرد در مرحله‌ی زیستی تخم به پرتو گاما بود، از دزهای بسیار پایین ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ گری برای شپشه‌ی آرد در مرحله‌ی زیستی تخم و دزهای ۱۰۰، ۲۰۰، ۳۰۰، ۴۰۰ و ۵۰۰ گری برای لارو (۱ تا ۵ روزه) و حشره‌ی کامل (۱ تا ۳ روزه) استفاده شد. در خاتمه‌ی پرتو دهی، حشره‌های پرتو دیده و هم‌چنین حشره‌های شاهد پرتو ندیده به داخل ظروف حاوی آرد و مخمر انتقال داده شده، به صورت روزانه بررسی شده و تعداد لاروهای ظاهر شده شمارش شد. این در حالی است که برای لاروها و حشره‌های کامل، میزان مرگ و میر روزانه ۲۴ ساعت پس از پرتو دهی بررسی و تا مرگ آخرین لارو و حشره‌ی کامل ادامه پیدا نمود [۵].

۳. نتایج

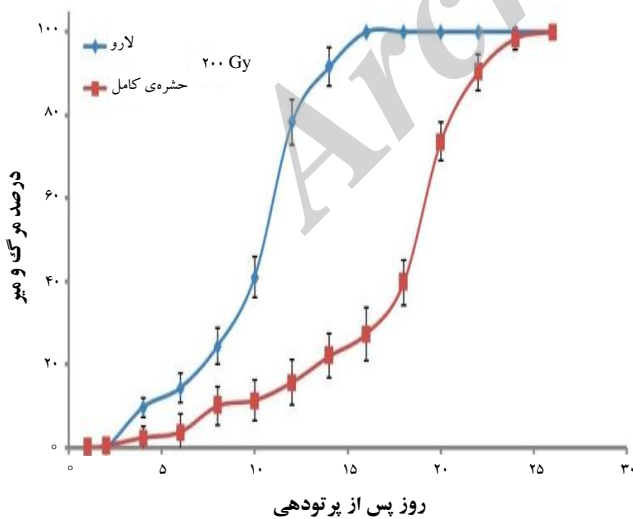
نتایج حاصل از پرتو دهی حشره‌ی شپشه‌ی آرد در مرحله‌های مختلف زیستی نشان داد که بیش‌ترین تلفات مربوط به تخم‌های شپشه‌ی آرد بود (جدول ۱). حساسیت تخم‌های شپشه‌ی آرد به پرتو به اندازه‌ای بود که با دز ۵۰ گری و بالاتر از آن کلیه تخم‌ها از بین رفته و هیچ لاروی ظاهر نشد. میزان تلفات تخم شپشه‌ی آرد پرتو دهی شده با دزهای ۱۰، ۲۰، ۴۰، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ گری، به ترتیب، ۵، ۳۳، ۷۸، ۹۰، ۱۰۰، ۱۰۰ و ۱۰۰ درصد بود که نشان می‌دهد تخم این حشره چه اندازه به پرتو گاما حساس است. نتایج آزمایش‌ها بر روی لاروها و حشره‌های کامل نیز حاکی از آن است که با افزایش دز پرتو، و با گذشت زمان میزان تلفات افزایش معنی‌داری یافت. نتایج آزمایش‌ها هم‌چنین نشان داد که حساسیت پرتوی شپشه‌ی آرد در مرحله‌ی لارو بیش‌تر از حساسیت حشره‌ی کامل است. تلفات کامل جمعیت لارو در دزهای ۱۰۰، ۲۰۰، ۳۰۰، ۴۰۰ و ۵۰۰ گری پس از، به ترتیب، ۱۶، ۱۶، ۱۶، ۱۴ و ۱۲ روز مشاهده شد در حالی که این میزان تلفات در مورد حشره‌ی کامل، به ترتیب، مستلزم ۲۶، ۲۶، ۲۲ و ۲۰ روز بود. افزایش درصد مرگ و میر در بین جمعیت لارو نیز بسیار بالاتر از حشره‌ی کامل بود. میزان مرگ و میر در بین



نشان‌دهنده‌ی اختلاف بسیار زیاد در حساسیت پرتوی این دو مرحله‌ی زیستی است. نتایج نشان داد که تفاوت معنی‌داری در میزان حساسیت لاروها به پرتو گاما در بین دزهای ۱۰۰ و ۲۰۰ گری (به جز روز ۱۲) وجود ندارد (شکل‌های ۱ و ۲). این موضوع در حساسیت حشره‌های کامل نسبت به این دو دز نیز تا روز ۱۶ صادق بوده و پس از آن تفاوت‌ها معنی‌دار شد. ولی برای حشره‌های کامل، نتایج حاکی از آن بود که تفاوت معنی‌داری در میزان تلفات این مرحله‌ی زیستی با دزهای ۳۰۰ و ۴۰۰ گری (به جز روزهای ۱۶ و ۱۸) وجود نداشت (شکل‌های ۳ و ۴).



شکل ۱. اثر پرتو گاما با دز ۱۰۰ گری بر مرگ و میر لارو و حشره‌ی کامل شپشه‌ی آرد با گذشت زمان.



شکل ۲. اثر پرتو گاما با دز ۲۰۰ گری بر مرگ و میر لارو و حشره‌ی کامل شپشه‌ی آرد با گذشت زمان.

جدول ۱. اثر دزهای مختلف پرتو گاما بر تخم حشره‌ی شپشه‌ی آرد

دز پرتو (گری)	میانگین تلفات تخم شپشه‌ی آرد ± (درصد)
۰	۵,۰۰ ± ۲,۲۳ e
۱۰	۳۳,۰۰ ± ۱,۲۳ d
۲۰	۷۸,۰۰ ± ۲,۲۳ c
۴۰	۹۰,۰۰ ± ۱,۲۹ b
۵۰	۱۰۰ a
۷۵	۱۰۰ a
۱۰۰	۱۰۰ a

حروف مشابه در ستون با استفاده از آزمون توکی در سطح ۵ درصد، اختلاف معنی‌داری با هم ندارند.

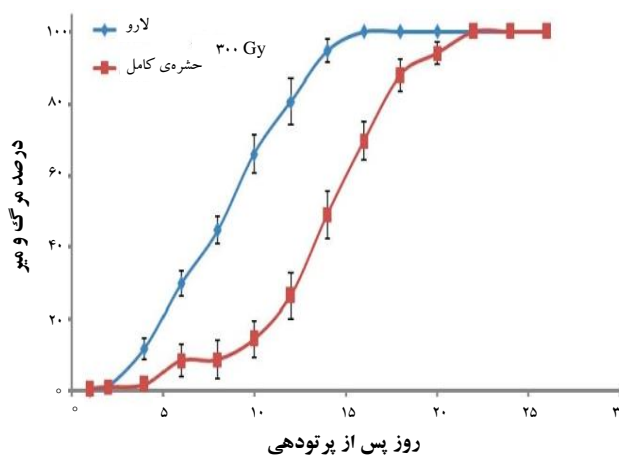
جمعیت حشره‌های کامل در دزهای ۲۰۰، ۳۰۰، ۴۰۰ و ۵۰۰ گری از روز دوم تا روز چهارم به ترتیب از ۰,۳۴، ۱,۰۳۴ و ۲,۳۳ درصد به ۲,۳۴، ۱,۶۷، ۲,۳۴ و ۲,۶۷ درصد افزایش یافت که چندان معنی‌دار نبود در حالی که در همین مدت و با دزهای مشابه درصد مرگ و میر لاروها، به ترتیب، از ۱,۵۳۴ و ۱۵,۳۴ درصد به ۹,۶۷، ۱۱,۶۷، ۲۱,۶۷ و ۴۱,۶۷ درصد رسید که نشان‌دهنده‌ی افزایش سریع در آهنگ مرگ و میر جمعیت لارو نسبت به حشره‌ی کامل است (شکل‌های ۱، ۲، ۳، ۴ و ۵). این نتایج نشان می‌دهد که میزان مرگ و میر، ۲۴ ساعت پس از پرتودهی در کلیه‌ی دزها صفر بوده است. این در حالی است که بر خلاف مقاومت نسبی حشره‌های کامل در برابر پرتو، در این مدت دزهای ۱۰۰، ۳۰۰، ۴۰۰ و ۵۰۰ گری به ترتیب موجب ایجاد تلفات ۰,۳۳، ۰,۳۳، ۰,۳۳ و ۱,۶۶ درصد در لاروها شد که تنها در دز ۵۰۰ گری معنی‌دار بود (شکل ۵). در بین جمعیت لاروها تلفات در دز ۱۰۰ گری ۴ روز پس از پرتودهی آغاز شد؛ این، برای حشره‌های کامل ۱ روز پس از پرتودهی اتفاق افتاد. با این وجود، شدت تلفات لاروها بسیار بیش‌تر و سریع‌تر از تلفات حشره‌های کامل بود به طوری که برای ایجاد تلفات ۱۰۰ درصد در بین لاروها با دز ۱۰۰ گری، ۱۶ روز زمان نیاز بود در حالی که این زمان برای تلفات ۱۰۰ درصد حشره‌های کامل، ۲۶ روز تعیین شد (شکل ۱). هم‌چنین بالاترین دز پرتو که در این آزمایش‌ها مورد استفاده قرار گرفت (۵۰۰ گری)، تلفات ۱۰۰ درصد لاروها را در ۱۲ روز موجب شد؛ در میان جمعیت حشره‌های کامل در مدت زمان مشابه تلفات چیزی در حدود ۴۸,۶۷ درصد بود که

۴. بحث

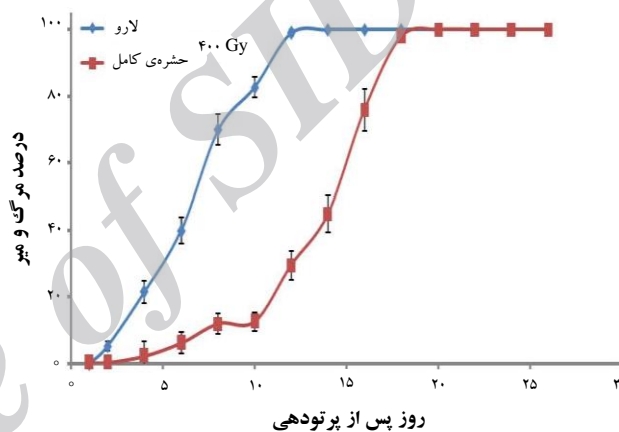
از نتایج مشاهده شد که دزهای پایین پرتو گاما اثرهای قابل توجهی بر روند مرگ و میر تخم‌های شپشه‌ی آرد داشتند، به طوری که با دز ۵۰ گری پرتو گاما، ۳ روز پس از پرتودهی کلیه تخم‌های شپشه‌ی آرد از بین رفتند. این نتایج، مشابه نتایجی است که ذوالفقاریه و همکاران [۵] و خاقانی و همکاران [۶] در آزمایش‌های خود به دست آوردند. در آزمایش‌های آن‌ها مشخص شد که تخم‌های پرتو دیده‌ی شپشه‌ی آرد با دز ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ گری به طور کلی از بین رفته و هرگز از تخم در نیامدند. همچنین فونتس و آرتور [۷] نشان دادند که مقدار دز کشنده‌ی پرتو گاما برای تخم‌های شپشه‌ی آرد در حدود ۳۰ گری است؛ این دز از پرتو گاما در پژوهش حاضر چیزی بیش از ۸۷ درصد مرگ و میر در بین تخم‌های شپشه‌ی آرد ایجاد نمود. تانک بیلک و کانسو [۸] نیز با استفاده از دز ۴۰ گری پرتو گاما تخم‌های شپشه‌ی آرد را به طور کامل از بین بردند.

در مطالعه‌ی حاضر مشخص شد که لاروهای شپشه‌ی آرد نسبت به پرتو گاما حساس‌تر از حشره‌های کامل هستند، به طوری که با دز ۱۰۰ گری، ۲۶ روز زمان لازم بود تا کلیه حشره‌های کامل از بین بروند ولی با همین دز تنها ۱۶ روز طول کشید تا لاروها به طور کامل نابود شوند. نتایج به دست آمده در این آزمایش‌ها با یافته‌های محمد [۹] هم‌سو است که برطبق آن‌ها در پرتودهی لاروها با دز ۱۰۰ گری ۲۱ روز طول کشید تا ۱۰۰ درصد جمعیت لاروها از بین برود در حالی که در زمان و با دز مشابه، تنها ۴۵ درصد مرگ و میر در بین جمعیت حشره‌های کامل مشاهده شد. هم‌چنین ذوالفقاریه و همکاران [۵] نشان دادند که با دز ۱۵۰ گری پرتو گاما پس از ۲۱ روز می‌توان لاروهای شپشه‌ی آرد را به طور کامل از بین برد و این صحت نتایج پژوهش حاضر را تأیید می‌کند. هم‌چنین در آزمایش‌های هدایا و همکاران [۱۰] مشخص شد که با دز ۱۰۰ گری، ۱۹ روز پس از پرتودهی کلیه لاروها از بین رفتند که این، با نتیجه‌ی مطالعه‌ی حاضر که نشان داد با دز مشابه ۱۶ روز زمان برای نابودی کامل لاروهای شپشه‌ی آرد، مورد نیاز است، تا اندازه‌ای هم‌خوانی دارد.

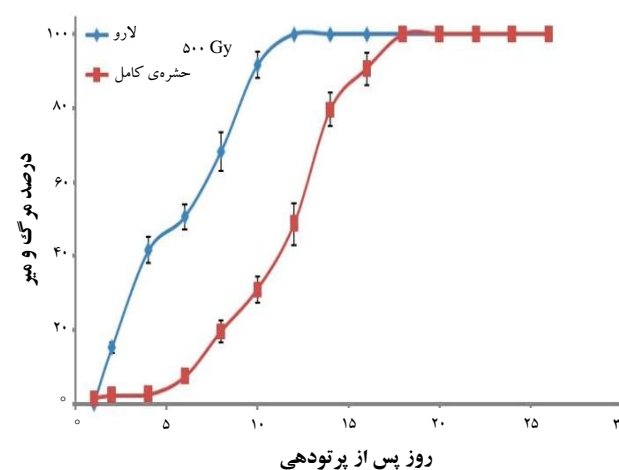
با وجود حساسیت بالای لاروها به پرتو گاما، میزان مرگ و میر لاروها نسبت به حشره‌های کامل در چند روز اول پایین بود.



شکل ۳. اثر پرتو گاما با دز ۳۰۰ گری بر مرگ و میر لارو و حشره‌ی کامل شپشه‌ی آرد با گذشت زمان.



شکل ۴. اثر پرتو گاما با دز ۴۰۰ گری بر مرگ و میر لارو و حشره‌ی کامل شپشه‌ی آرد با گذشت زمان.



شکل ۵. اثر پرتو گاما با دز ۵۰۰ گری بر مرگ و میر لارو و حشره‌ی کامل شپشه‌ی آرد با گذشت زمان.



پرتو برخوردار هستند. هم‌چنین به دلیل تأثیر جزئی پرتو بر کیفیت محصول‌های انبار در دزهای بالاتر، بهتر است از دزهای پایین ولی از زمان‌های طولانی برای کنترل شپشه‌ی آرد استفاده نمود.

پی‌نوشت

1. *Tribolium castaneum* (Herbst)

۱ روز پس از پرتو دهی تا دز ۵۰۰ گری پرتو گاما، مرگ و میر جمعیت حشره‌های کامل معنی‌دار بود در حالی که در جمعیت لاروها هیچ‌گونه مرگ و میری در این مدت مشاهده نشد. ولی همین دز ۵۰۰ گری، ۲ روز پس از پرتو دهی موجب حدود ۱۵/۳۴ درصد مرگ و میر در جمعیت لاروها شد که این میزان در مورد حشره‌های کامل بیش از ۲/۳۴ درصد گزارش نشد. هم‌چنین میزان افزایش درصد مرگ و میر در بین جمعیت لاروها بسیار بالاتر از حشره‌های کامل بود و نتایج، نشان‌دهنده‌ی افزایش سریع در آهنگ مرگ و میر جمعیت لاروها نسبت به حشره‌های کامل بود که این با نتایج محمد [۹] نیز مطابقت داشت. نتایج نشان داد با گذشت زمان اثر کشنده‌ی پرتو نیز افزایش می‌یابد به طوری که دز ۱۰۰ گری که ۲ روز پس از پرتو دهی هیچ‌گونه مرگ و میر در بین لاروها و حشره‌های کامل نداشت، با گذشت مدت زمان ۱۶ روز برای لاروها و ۲۶ روز برای حشره‌های کامل، میزان کشندگی آن به ۱۰۰ درصد رسید. نتایج به دست آمده از این آزمایش‌ها با نتایجی که تانک بیلک و همکاران [۳] گزارش نمودند، هم‌سو بودند. آن‌ها گزارش کردند که دز ۱۰۰ گری قادر خواهد بود جمعیت شپشه‌ی آرد را در مدت ۳۰ روز به طور کامل کنترل نماید. هم‌چنین رجسوس و لاپیس [۱۱] توانستند با دز ۲۰۰ گری پرتو گاما پس از ۲۸ روز تمامی مرحله‌های رشدی شپشه‌ی آرد را به طور کامل از بین ببرند و این در حالی است که در مطالعه‌ی حاضر با دز ۲۰۰ گری، ۲۶ روز زمان لازم بود تا حشره‌های کامل و لاروها از بین بروند.

هو و همکاران [۱۲] نیز با استفاده از دز ۲۰۰ تا ۶۰۰ گری پرتو گاما کلیه‌ی حشره‌های کامل شپشه‌ی آرد را پس از مدت ۲۱ روز کنترل نمودند؛ در مطالعه‌ی حاضر نیز با حداکثر دز استفاده شده (۵۰۰ گری) کلیه‌ی حشره‌های کامل پس از ۱۸ روز از بین رفتند. البته این تفاوت چند روزه را می‌توان ناشی از شرایط محیطی از قبیل تغییرات لحظه‌ای رطوبت و نور، زیست-لوله‌ی حشره‌های مورد آزمایش، نوع چشمه‌ی پرتو گاما (۲۲۰ Gamma cell در کار حاضر) دانست. به طور کلی می‌توان چنین نتیجه گرفت که به دلیل حساسیت‌های مختلف مرحله‌های زیستی شپشه‌ی آرد، معیار دز مورد استفاده باید براساس حشره‌های کامل باشد که از بیش‌ترین مقاومت در برابر



- [1] H.P. Misra, P. Bhatia, Gamma radiation susceptibility of strains of *Tribolium castaneum* (Herbst) resistant and susceptible to fenvalerate, *International Journal of Pest Management*, 44 (1998) 145-147.
- [2] J.H. Brower, E.W. Tilton, Comparative gamma radiation sensitivity of *Tribolium madens* (Charpentier) and *T. castaneum* (Herbst), *Journal of Stored Products Research*, 9 (1973) 93-100.
- [3] A.S. Tuncbilek, A. Ayvaz, F. Ozturk, B. Kaplan, Gamma radiation sensitivity of larvae and adults of the red flour beetle, *Tribolium castaneum* Herbst, *Anzeiger für Schdlingskunde*, 76 (5) (2003) 129-132.
- [4] J.H. Brower, M.M. Hossain, E.W. Tilton, Radiation sensitivity of successively irradiated generations of *Tribolium castaneum* (Herbst) (Coleoptera: Tenebrionidae), and *Sitophilus oryzae* (L.) (Coleoptera: Curculionidae), *Journal of Stored Products Research*, 9 (1973) 43-49.
- [5] H.R. Zolfaghari, E. Bagheri-zenouz, H. Baiat Asadi, S. Mashaieki, H. Fatollahi, M. Babaie, Application of gamma radiation for controlling important store-pests of cereals, pulses, and nuts, *Iranian Journal of Agricultural Science*, 35(2) (2004) 415-426.
- [6] S. Khaghani, H. Allahyari, H.R. Zolfaghari, S. Khaghani, S. Mirmohamadi, A. Alasvand Zarasvand, The effect of gamma ray on the adult stage of *Tribolium castaneum* Herbst and essential amino acid of wheat's flour, *Journal of Agricultural Science and Natural Resource*, 71(3) (2010) 157-160.
- [7] L.S. Fontes, V. Arthur, Gamma radiation effects on eggs of *Tribolium castaneum* (Herbst) (Coleoptera: Tenebrionidae), *Scientia- Agricola*, 51 (3) (1994) 403-406.
- [8] A.S. Tuncbilek, I.A. Kansu, The influence of rearing medium on the irradiation sensitivity of eggs and larvae of the flour beetle, *Tribolium confusum*. J. duVal, *Journal of Stored Products Research*, 32(6) (1996) 1-6.
- [9] R. Muhamad, Effect of gamma irradiation on mortality of *Tribolium castaneum* (Herbst), *Journal of Malaysian Applied Biology*, 16 (1987) 1-8.
- [10] M.S. Hoedaya, D. Hutabarat, S.I. Sastradiharga, S. Soetrisno, Radiation effects on four species of insects in stored rice and the use of radiation disinfestation in their control, Radiation preservation of food, *Proceeding of Bombay Symposium. IAEA, Vienna* (1972).
- [11] R.S. Rejesus, E.B. Lapis, Disinfestations of stored products by gamma irradiation: I. Defining lethal doses for the Philippine strain of red flour beetle, *Tribolium castaneum* Herbst and saw-toothed grain beetle, *Oryzaephilus surinamensis* (L.), *Philippine Entomologist*, 2 (1973) 350-358.
- [12] T. Hu, L.T. Tsai, Y.K. Fu, Gamma irradiation controls *Tribolium castaneum* Herbst in wheat flour, *Plant Protection Bulletin*, 27 (1985) 371-378.