



تأثیر دزهای مختلف اشعه‌ی گاما بر ویژگی‌های جوانه‌زنی بذر گیاه دارویی بالنگوی شیرازی

محمدحسین فتوکیان^{۱*}، زهراسادات مدنی^۲

۱. مرکز تحقیقات گیاهان دارویی، دانشگاه شاهد، صندوق پستی: ۱۵۹-۱۸۱۵۱، تهران - ایران
۲. دانشکده‌ی علوم کشاورزی، دانشگاه شاهد، صندوق پستی: ۱۵۹-۱۸۱۵۱، تهران - ایران

چکیده: گیاه دارویی بالنگو (*Lallemantia royleana*) دارای مواد مؤثر فراوانی است. بذر بالنگو دارای فواید گوناگونی از جمله ضد نفخ، یبوست، سرفه‌ی خشک و آسم است. با توجه به اهمیت تنوع ژنتیکی در اصلاح نباتات، از جهش مصنوعی برای ایجاد تنوع می‌توان استفاده کرد. این پژوهش به منظور بررسی آثار دزهای مختلف اشعه‌ی گاما (۰، ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰، ۲۵۰، ۳۵۰، ۴۵۰، ۵۵۰، ۷۰۰، ۹۰۰ Gy) بر ویژگی‌های بذر بالنگوی شیرازی و تعیین دز مناسب پرتو گاما برای ایجاد جهش از طریق طرح کاملاً تصادفی با ۴ تکرار اجرا شد. نتایج حاصل از این آزمایش نشان داد که بین دزهای اشعه‌ی گاما، اختلاف معنی‌داری از نظر وزن خشک ساقه‌چه، وزن تر ریشه‌چه، طول ریشه‌چه و ساقه‌چه و نیز پارامترهای جوانه‌زنی شامل مدت زمان، ضریب، سرعت، واریانس و همگنی آن وجود دارد. درصد جوانه‌زنی با صفاتی مانند سرعت و واریانس جوانه‌زنی، وزن تر ساقه‌چه، وزن خشک ساقه‌چه و ریشه‌چه، در سطح احتمال ۱٪ همبستگی مثبت و معنی‌دار داشت، ولی با طول ساقه‌چه و طول ریشه‌چه همبستگی نداشت. هم‌چنین دز ۲۵۰ Gy برای ایجاد جهش در بالنگوی شیرازی مناسب تشخیص داده شد.

کلیدواژه‌ها: بالنگو، پرتو گاما، ویژگی‌های جوانه‌زنی

Effects of Different Doses of Gamma Rays on Seed Germination Characteristics of Balango Shirazi (*Lallemantia Royleana*)

M.H. Fotokian^{1,2*}, Z. Madani²

1. Medicinal Plants Research Center, Shahed University, P.O.Box: 18151-159, Tehran - Iran
2. College of Agriculture, Shahed University, P.O.Box: 18151-159, Tehran - Iran

Abstract: Balango (*Lallemantia royleana*), as a medicinal plant, contains a significant amount of effective ingredients. Balango seed has several properties: it is anti-bloating, constipation, dry cough, and asthma to name only a few. With regard to the importance of genetic diversity in plant breeding, induced mutation has been used for diversification. This study was conducted to evaluate the effect of gamma rays doses (0, 50, 100, 150, 250, 350, 450, 550, 700, and 900 Gy) on traits related to grains of Balango Shirazi, and also to determine the suitable dose of gamma rays for induced mutation through completely randomized design with four replications. On the basis of variance analysis results, the differences among gamma rays doses were statistically significant for traits such as shoot dry weight, root fresh weight, mean germination time, germination rate, germination variances, germination homogeneity, root length and shoot length. The correlation of germination percentage with traits included germination rate, germination variance, root fresh weight, shoot dry weight. The shoot dry weight was positively significant at 1% probability level. Meanwhile, the correlation of germination percentage with shoot length and root length was not significant. As a conclusion, gamma dose of 250 Gy was chosen as a suitable dose in mutation breeding experiment of Balango.

Keywords: Balango, Gamma Ray, Germination Characteristics

*email: fotokian@shahed.ac.ir

تاریخ دریافت مقاله: ۹۴/۵/۴ تاریخ پذیرش مقاله: ۹۵/۱/۱۷



۱. مقدمه

در حال حاضر کشت گیاهان دارویی، شاخه‌ی مهمی از کشاورزی به شمار می‌آید [۱]. گیاه بالنگو دارای خاصیت‌های گوناگون دارویی بوده و نقش مهمی در کنترل بیماری برگشت غذا دارد [۲]. دانه‌های این گیاه دارای لعاب است که برای درمان ناراحتی‌های عصبی، رفع خونریزی لثه‌ها، درمان ناراحتی کبد، سیاه سرفه، گلودرد و آنژین، میگرن و انواع سردرد، بازکننده گرفتگی‌های دماغی، درد سینه و تنگی نفس و سرفه، زخم‌های دهان، تونیک مقوی، کنترل درجه حرارت بالا، یبوست، سوزاک، اسهال خونی و اسهال مزمن استفاده می‌شود [۳]. طبع موسیلاژ^(۱) بالنگو از نظر طب سنتی، گرم و مرطوب است. هر دو نوع بالنگوی شهری و شیرازی به علت دارا بودن موسیلاژ، در رفع سرفه‌های ناشی از سرماخوردگی مصرف سنتی دارند [۲].

تنوع ژنتیکی، اساس روش‌های اصلاح نباتات است. انتخاب موفقیت‌آمیز ژنوتیپ‌ها^(۲) از داخل جمعیت‌های مورد اصلاح، بستگی به وجود تنوع ژنتیکی دارد و بدون آن، پیشرفت در اصلاح نباتات امکان‌پذیر نیست [۴]. افزایش تنوع ژنتیکی، به واسطه‌ی تلاقی‌های گوناگون و جهش‌های خود به خودی و القائی میسر است [۵]. مواد جهش‌زا، امکانات لازم به منظور ایجاد جهش و تغییرات ژنتیکی را فراهم می‌آورند. جهش، هنگامی در اصلاح نباتات استفاده می‌شود که همراه با انتخاب و یا روش‌های اصلاحی دیگری باشد [۶]. از آن‌جاکه جهش‌های خود به خودی با فراوانی خیلی کم رخ می‌دهند، فن‌آوری‌های القاء جهش، ابزار مناسبی برای ایجاد سریع و افزایش تنوع در گونه‌های گیاهی هستند [۷]. جهش‌های القائی، سهم عمده‌ای در شناخت سازوکار ژنتیکی، به ویژه درک ساختار و عملکرد مواد ژنتیکی دارند. با وجود برخی محدودیت‌ها در اصلاح موتاسیونی، القای جهش به اندازه‌ی گسترده‌ای برای اصلاح گیاهان استفاده می‌شود [۸]. برای القای جهش مصنوعی، از عوامل جهش‌زای فیزیکی یا شیمیایی استفاده می‌شود. از میان عوامل جهش‌زای فیزیکی، می‌توان از اشعه‌ی یونیزان گاما یاد کرد [۹]. یافته‌های بسیاری در رابطه با متفاوت بودن حساسیت ژنوتیپ‌ها نسبت به موتاژن‌ها، به ویژه پرتوهای یون‌ساز منتشر شده است. اصلاح‌گران با کاربرد جهش در جو، به بوته‌هایی با سرعت جوانه‌زنی بیش‌تر دست یافتند [۱۰]. مطالعه‌ی آثار اشعه‌ی گاما بر ویژگی‌های کمی و کیفی برنج مشخص کرد که دز اشعه تا

حدی باعث بهبود صفات رویشی می‌شود، اما با افزایش میزان دز، روند کاهشی در صفات مورد مطالعه مشاهده می‌شود [۱۱]. هم‌چنین مستقل بودن جوانه‌زنی بذره‌های نخود از تابش‌دهی‌های مختلف اشعه‌ی گاما توسط پژوهش‌گران گزارش شده است [۱۰].

در گیاهانی که با بذر تکثیر می‌شوند، مرحله‌ی جوانه‌زنی به دلیل تأثیری که بر تراکم گیاهان دارد بسیار مهم و حساس است، زیرا بقای گیاه و پابرجایی آن، به مراحل ابتدایی رشد وابسته است [۱۲]. جوانه‌زنی اولین و حساس‌ترین مرحله‌ی رشد و نمو گیاهی است. علاوه بر آن، یکنواختی و میانگین زمان جوانه‌زنی و سبز شدن نیز از عوامل مهم کیفیت بذر هستند [۱۳]. هدف اصلی از روش تجزیه‌ی رشد و به کارگیری معادلات رشد، توضیح و توصیف چگونگی عکس‌العمل گیاه به شرایط محیطی و نیز تابش‌دهی‌های به کار رفته روی گیاهان است [۱۴].

در چرخه‌ی زندگی گیاهان، مرحله‌ی جوانه‌زنی و سبز شدن از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است به طوری که در استقرار مطلوب و عملکرد نهایی، عامل مهم و تعیین‌کننده‌ای به شمار می‌رود [۱۵]. یکی از عوامل دست‌یابی به عملکرد بالا در واحد سطح، درصد و سرعت جوانه‌زنی بذرها و استقرار گیاهچه‌های حاصل از بذره‌های کشت شده است. به طور طبیعی هر چه سرعت جوانه‌زنی و درصد بذره‌های جوانه‌زده در مزرعه بیش‌تر باشد، استفاده از منابع رشد نظیر نور، آب و عناصر غذایی بهتر خواهد بود [۱۶]. هر چند که عوامل مختلفی می‌توانند در کاهش سبز شدن و استقرار گیاهچه مؤثر باشند، اما قدرت رویش اولیه‌ی بذر در نقش یک عامل ضروری در بسیاری از شرایط محیطی از اهمیت فراوانی برخوردار است [۱۷]. پژوهش‌های مختلف نشان داده است که اهمیت این امر به خصوص در شرایط محدود رطوبتی و در درجه حرارت‌های پایین به مراتب بیش‌تر است [۱۸]. مطالعه‌ای در رابطه با آثار اشعه‌ی گاما در پرتودهی‌های ۵، ۱۰، ۲۰ و ۳۰ kR و جهش‌زای شیمیایی دی‌متیل سولفات بر ۶ گونه برنج ایرانی نشان داد که بین دز اشعه‌ی گاما و درصد جوانه‌زنی ارتباط مشخصی وجود ندارد و اثر تضعیف‌کنندگی دی‌متیل سولفات بر درصد جوانه‌زنی بیش‌تر از اشعه‌ی گاما است. اختلاف پرتودهی ۱۰ kR با شاهد از نظر درصد جوانه‌زنی معنی‌دار نبوده است. در بیش‌تر تابش‌دهی‌ها، درصد جوانه‌زنی بذر تابش‌دهی شده از شاهد کم‌تر بوده است.



۲۲ [۲۲] و چرخه‌ی نوری ۱۲-۱۲ قرار داده شدند. هر واحد آزمایشی شامل یک ظرف پتری به قطر ۱۰ cm بود که تعداد ۵۰ بذر در آن و بر روی کاغذ صافی قرار داده شد. رطوبت داخل ظرف پتری به اندازه‌ای بود که کاغذ صافی کاملاً مرطوب شده و رطوبت به صورت آب آزاد نبوده است. تعداد بذرها سبز شده به صورت روز شمار، شمارش شدند. بعد از ۱۴ d، طول ساقچه‌چه (۵ نمونه در هر پتری)، طول ریشه‌چه (۵ نمونه در هر پتری)، وزن تر ساقچه‌چه (وزن نمونه‌های جوانه‌زده در هر پتری)، وزن تر ریشه‌چه (وزن نمونه‌های جوانه‌زده در هر پتری)، وزن خشک ساقچه‌چه (وزن نمونه‌های جوانه‌زده در هر پتری)، وزن خشک ریشه‌چه (وزن نمونه‌های جوانه‌زده در هر پتری) اندازه‌گیری شد. نمونه‌های ساقچه‌چه و ریشه‌چه در آون و در دمای 70°C خشک‌کننده شدند. در پایان آزمون جوانه‌زنی و پس از شمارش میزان بذرها جوانه‌زده به صورت روز شمار، درصد جوانه‌زنی $GP^{(5)}$ ، نرخ جوانه‌زنی $GC^{(6)}$ ، میانگین مدت زمان جوانه‌زنی $MGT^{(7)}$ ، سرعت جوانه‌زنی $GR^{(8)}$ ، یکنواختی واریانس $GV^{(9)}$ و همگنی جوانه‌زنی $GH^{(10)}$ به ترتیب با استفاده از روابط (۱) تا (۶) محاسبه شدند:

$$GP = \frac{\sum n_i}{N} \quad (1)$$

$$MGT = \frac{\sum D_i n_i}{\sum n_i} \quad (2)$$

$$GC = \frac{1}{MGT} \times 100 \quad (3)$$

$$GV = \delta^2 = \frac{\sum (D_i - \bar{D})^2 n_i}{\sum n_i} \quad (4)$$

$$\bar{D} = \frac{\sum D_i}{n} \quad (5)$$

$$GH = \frac{1}{VG} \times 100 \quad (6)$$

در این روابط، n_i تعداد بذر جوانه‌زده، N تعداد کل بذرها کشت شده، و D_i تعداد روز پس از کشت می‌باشند. تجزیه‌های آماری با نرم‌افزار SPSS انجام شد. مقایسه‌ی میانگین‌ها از طریق آزمون دانکن صورت گرفت و نمودارها با نرم‌افزار Excel رسم شدند.

هم‌چنین نشان داده شده است که گونه، نوع و دز جهش‌زا و اثر متقابل آنها بر درصد جوانه‌زنی بذر برنج مؤثرند [۱۹]. در پژوهشی دیگر، به منظور بررسی تنوع ژنتیکی، مطالعه‌ای بر روی گونه‌های کلزای Sarigol و RGS003 انجام شده است [۲۰]. آنها دریافتند که در شرایط ظرف پتری بین دزهای اشعه‌ی گاما، گرچه از نظر درصد جوانه‌زنی اختلاف معنی‌دار آماری وجود نداشت، ولی از نظر سرعت جوانه‌زنی در سطح احتمال ۵٪ اختلاف معنی‌دار مشاهده می‌شود. هم‌چنین در شرایط کشت گلدانی گونه‌های کلزای مورد مطالعه، از نظر درصد جوانه‌زنی و سرعت جوانه‌زنی دارای اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪ هستند [۲۱]. ویژگی‌هایی نظیر درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، سرعت سبز شدن، طول کلئوپتیل^(۳) و وزن تر و خشک ریشه‌چه و ساقچه‌چه در ارزیابی گیاهچه‌ها به عنوان صفت‌هایی با وراثت‌پذیری بالا مطرح هستند [۲۲].

در پژوهش حاضر، با مقایسه‌ی برخی از پارامترهای جوانه‌زنی، تلاش شده است تا پاسخ گیاه بالنگوی شیرازی به عامل جهش‌زای اشعه‌ی گاما مطالعه شود. به این منظور، تأثیر مقادیر متفاوت از اشعه‌ی گاما روی صفاتی مانند، طول و وزن تر و خشک ساقچه‌چه و ریشه‌چه و نیز درصد، میانگین مدت زمان ضرب، سرعت، واریانس و همگنی جوانه‌زنی مطالعه شدند.

۲. روش کار

۱.۲ پرتودهی بذرها با اشعه‌ی گاما

بذرها بالنگوی شیرازی که از مرکز تحقیقات گیاهان دارویی دانشگاه شاهد تهیه شده بود با اشعه‌ی گاما در دزهای ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰، ۲۵۰، ۳۵۰، ۴۵۰، ۵۵۰، ۷۰۰ و ۹۰۰ Gy تابش‌دهی شدند. پرتودهی با منبع ^{60}Co در محفظه‌ی گاماسل ۲۲۰^(۴) با تابش ۲٫۳۲ Gy/s در مرکز تابش گامای سازمان انرژی اتمی ایران انجام گرفت. رطوبت بذر در هنگام پرتودهی حدود ۱۵٪ بوده است.

۲.۲ اندازه‌گیری صفات مرتبط با جوانه‌زنی

این آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی و با ۴ تکرار در آزمایشگاه مرکز تحقیقات گیاهان دارویی دانشگاه شاهد انجام شد. برای هر سطح تابش‌دهی (دز اشعه گاما)، تعداد ۲۰۰ بذر سالم و در ۴ ظرف پتری شمارش، و در ژرمیناتور با دمای 25°C

**۳. نتایج**

اولیه‌ی زمان مورد بررسی، جوانه زدند که طبق فرمول محاسباتی مربوطه، با کاهش تعداد بذرهای جوانه زده همراه با کاهش طول زمان کاشت (تعداد روز)، سرعت جوانه‌زنی کاهش می‌یابد.

برای مشخص کردن رابطه‌ی بین صفات اندازه‌گیری شده و مقدار دز پرتودهی، همبستگی بین آنها برآورد شد. نتایج حاصل نشان داد که میانگین مدت زمان جوانه‌زنی با ضریب، سرعت و واریانس جوانه‌زنی همبستگی منفی دارد و (در سطح احتمال ۱٪) معنی‌دار است، ولی همگنی جوانه‌زنی با میانگین مدت زمان جوانه‌زنی همبستگی مثبت و معنی‌دار (در سطح احتمال ۱٪) دارد. هم‌چنین بین طول ریشه‌چه و طول ساقه‌چه همبستگی وجود ندارد (جدول ۴).

در این پژوهش، پس از تجزیه‌ی رگرسیون با روش گام به گام^(۱۱)، معادله‌ی خطی این صفات با درصد جوانه‌زنی به شرح زیر به دست آمد که در آن متغیرها عبارتند از، درصد جوانه‌زنی (PG)، نرخ جوانه‌زنی یا ضریب جوانه‌زنی (CG)، سرعت جوانه‌زنی (CV)، یکنواختی واریانس (VG) و همگنی جوانه‌زنی (UG).

$$Gp = 115,482 - 1,968 UG + 1,934 CV - 1,44 CG - 2,099 VG \quad (7)$$

نتایج تجزیه‌ی واریانس (جدول ۱) نشان داد که بین دزهای مختلف اشعه‌ی گاما از نظر وزن تر ریشه‌چه، وزن خشک ساقه‌چه و ریشه‌چه و نیز میانگین مدت زمان، ضریب، سرعت، واریانس و همگنی جوانه‌زنی تفاوت معنی‌دار وجود دارد. طول ساقه‌چه و ریشه‌چه نیز از جمله صفاتی بودند که تفاوت بین دزها در آنها با سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بوده است (جدول ۲).

مطابق نتایج مربوط به بررسی‌های جوانه‌زنی، درصد جوانه‌زنی تحت ۹ تابش دهی تغییر معنی‌داری را نشان نداد، اما در تابش دهی‌های ۵۰ و ۳۵۰ Gy دارای بیش‌ترین مقدار بود (جدول‌های ۱ و ۳). به عبارت دیگر بذرها اگرچه جوانه‌زنی یکسان در سطوح تابش دهی اشعه‌ی گاما دارند، اما با افزایش دز اشعه، شاخص‌های رشد و درصد بقای گیاهچه کاهش یافت. تأثیرپذیری سرعت جوانه‌زنی تحت تابش دهی‌ها، روند یکنواختی نداشت، بلکه در ۵۰، ۱۰۰ و ۳۵۰ Gy با شاهد مشابه بود ولی در ۱۵۰، ۲۵۰، ۴۵۰، ۵۵۰ و ۷۰۰ Gy نسبت به شاهد کاهش معنی‌داری را نشان دادند (جدول ۳). زیرا اکثر بذرها در روزهای

جدول ۱. تجزیه‌ی واریانس تأثیر دزهای مختلف اشعه‌ی گاما بر صفات مرتبط با جوانه‌زنی بذرهای بالنگوی شیرازی

میانگین مربعات (MS)				درجه آزادی	منابع تغییرات
وزن تر ساقه‌چه	وزن تر ریشه‌چه	وزن خشک ساقه‌چه	وزن خشک ریشه‌چه		
۰,۰۰۱ ^{ns}	۰,۰۰۱*	۰,۰۰۰۰۱۱*	۰,۰۰۰۰۰۰۶۵ ^{ns}	۹	دزهای اشعه‌ی گاما
۰,۰۰۲	۰,۰۰۰۰۱	۰,۰۰۰۰۰۰۳۵	۰,۰۰۰۰۰۰۰۳۸	۳۰	خطای آزمایشی
۱۴,۳	۱۲,۲	۱۷,۴	۱۴,۲		ضریب تغییرات (CV%)

ns و * : به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪.

جدول ۱ ادامه‌ی جدول ۱. تجزیه‌ی واریانس تأثیر دزهای مختلف اشعه‌ی گاما بر صفات مرتبط با جوانه‌زنی بذرهای بالنگوی شیرازی

میانگین مربعات (MS)						درجه آزادی	منابع تغییرات
همگنی جوانه‌زنی	واریانس جوانه‌زنی	سرعت جوانه‌زنی	ضریب جوانه‌زنی	درصد جوانه‌زنی	میانگین مدت زمان جوانه‌زنی		
۶,۹۹۱**	۶,۲۷۷**	۱۰۱,۱۰۵**	۱۱۸,۷۰۸**	۶۰,۲۲۲ ^{ns}	۰,۱۶۱**	۹	دزهای اشعه‌ی گاما
۱,۳۰۳	۱,۳۲۴	۱۹,۷۷۲	۱۲,۰۹۶	۴۱,۰۶۷	۰,۰۱۸	۳۰	خطای آزمایشی
۲۱,۹	۲۴,۳	۱۶,۴	۱۸,۳	۲۴,۴	۲۳,۳		ضریب تغییرات (CV%)

ns و * : به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪.

جدول ۲. تجزیه‌ی واریانس تأثیر دزهای مختلف اشعه‌ی گاما بر طول ریشه‌چه و ساقه‌چه بالنگوی شیرازی

میانگین مربعات (MS)		درجه آزادی	منابع تغییرات
طول ساقه‌چه	طول ریشه‌چه		
۱,۲۶۶**	۳,۸۸۱**	۹	دزهای اشعه‌ی گاما
۰,۱۹	۰,۸۹۶	۱۹۰	خطای آزمایشی
۲۷,۴	۲۸,۳		ضریب تغییرات (CV%)

** : معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪.

**جدول ۳. مقایسه‌ی میانگین صفات مرتبط با جوانه‌زنی بذرهاى بالنگوی شیرازی**

وزن خشک ریشه‌چه (g)	وزن خشک ساقه‌چه (g)	وزن تر ریشه‌چه (g)	وزن تر ساقه‌چه (g)	طول ریشه‌چه (mm)	طول ساقه‌چه (mm)	دوز اشعه‌ی گاما (Gy)
۰,۰۰۴۱	۰,۱۱۱۲۵ c	۰,۱۱۳۲۵ ab	۰,۳۰۹	۲,۱۲۵ abcd	۲,۰۲۵ ab	□
۰,۰۰۴۶۷۵	۰,۰۱۶۳ a	۰,۱۰۷۷۵ abc	۰,۳۳۰۷۵	۲,۴۷۵ ab	۱,۶۵ c	۵۰
۰,۰۰۴۵۷۵	۰,۰۱۴۰۲۵ ab	۰,۱۲۳۷۵ a	۰,۳۴۱	۱,۸۲۵ bcde	۱,۶۲۵ c	۱۰۰
۰,۰۰۴۶۲۵	۰,۰۱۴۵۵ ab	۰,۱۰۱ abc	۰,۲۸۴	۲,۳۲۵ abc	۱,۷۷۵ bc	۱۵۰
۰,۰۰۴۲۲۵	۰,۰۱۵۲۷۵ ab	۰,۱۰۷۲۵ abc	۰,۳۱۹۷۵	۲,۷۵ a	۲,۱۵ a	۲۵۰
۰,۰۰۵۳۵	۰,۰۱۵۲۷۵ ab	۰,۰۸۹۵ bc	۰,۳۱۷۲۵	۲,۴۲۵ ab	۱,۶۲۵ c	۳۵۰
۰,۰۰۴۰۵	۰,۰۱۴۶۵ ab	۰,۰۸۶۲۵ bc	۰,۲۸۸۲۵	۱,۵ de	۱,۸ bc	۴۵۰
۰,۰۰۴۱۵	۰,۰۱۵۶۵ ab	۰,۰۸۲۷۵ c	۰,۲۹۶۵	۲,۰۲۵ bcde	۱,۸ bc	۵۵۰
۰,۰۰۴۱۷۵	۰,۰۱۲۷ bc	۰,۰۹۳ bc	۰,۲۹۶۵	۱,۴۵ e	۱,۶۲۵ c	۷۰۰
۰,۰۰۴۷	۰,۰۱۶۴۲۵ a	۰,۰۹۲۷۵ bc	۰,۲۹۴۷۵	۱,۶۷۵ cde	۱,۲۲۵ d	۹۰۰

تابش دهی‌هایی که حروف مشترک دارند، اختلاف معنی‌داری با هم ندارند.

ادامه‌ی جدول ۳. مقایسه‌ی میانگین صفات مرتبط با جوانه‌زنی بذرهاى بالنگوی شیرازی

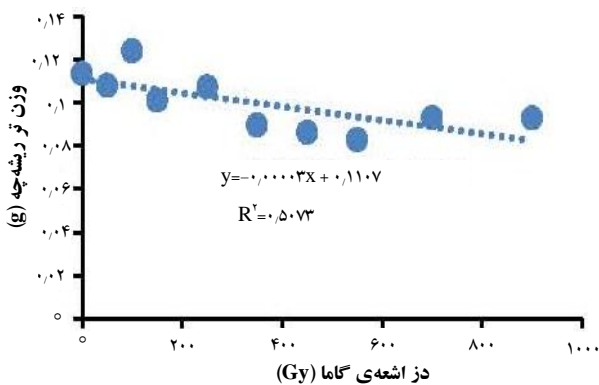
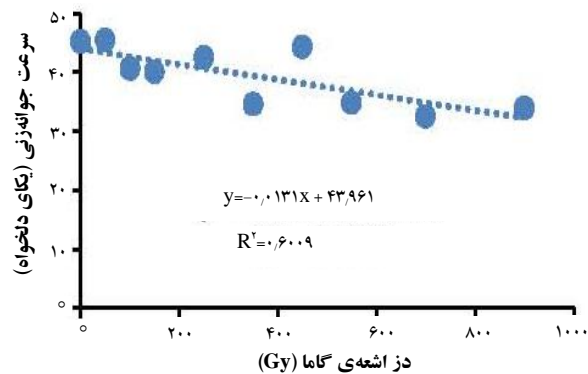
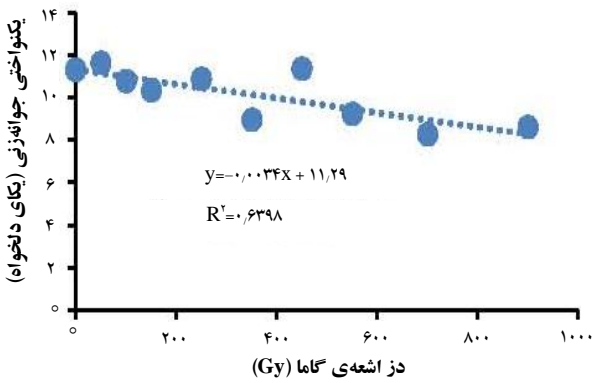
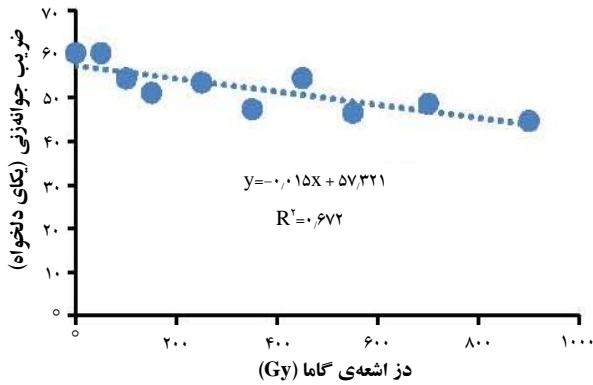
همگنی جوانه‌زنی	واریانس جوانه‌زنی	سرعت جوانه‌زنی	ضریب جوانه‌زنی (%)	درصد جوانه‌زنی (%)	میانگین مدت زمان جوانه‌زنی (d)	دوز اشعه‌ی گاما (Gy)
۸,۹۱۲۴ d	۱۱,۲۷۷۵ a	۴۵,۲۲۶۱ a	۶۰,۲۲۹۸ a	۷۵ ab	۱,۶۶۱۹ e	□
۸,۸۳۳۰ d	۱۱,۳۳۳۸ a	۴۴,۲۵۴۵ a	۵۴,۴۳۷۳ b	۸۱,۵ a	۱,۸۴۲۲ de	۵۰
۸,۶۴۹۱ d	۱۱,۶۰۸۸ a	۴۵,۴۶۸۷ a	۶۰,۱۹۳۵ a	۷۵,۵ ab	۱,۶۶۳۱ e	۱۰۰
۹,۲۹۶۴ cd	۱۰,۷۶۷۵ ab	۴۰,۶۱۵۹ ab	۵۴,۳۰۷۷ b	۷۵ ab	۱,۸۴۸۲ de	۱۵۰
۱۰,۱۴۴۹ bcd	۱۰,۳۲۳۸ abc	۴۰,۰۱۳۰ ab	۵۱,۰۷۹۹ bcd	۷۷,۵ ab	۱,۹۷۵۳ bcd	۲۵۰
۹,۲۶۱۷ cd	۱۰,۸۴۸۷ ab	۴۲,۴۷۲۰ a	۵۳,۴۷۴۵ bc	۷۹,۵ a	۱,۸۸۵۱ cd	۳۵۰
۱۱,۵۱۷۶ ab	۸,۹۳۲۵ cd	۳۴,۵۶۳۲ bc	۴۷,۳۲۱۲ de	۷۳ ab	۲,۱۲۴۹ ab	۴۵۰
۱۰,۸۵۷۲ abc	۹,۲۱۷۵ bcd	۳۴,۸۰۸۶ bc	۴۶,۵۲۳۷ de	۷۵ ab	۲,۱۵۵۰ ab	۵۵۰
۱۲,۱۶۱۶ a	۸,۲۴۷۵ d	۳۲,۵۴۴۹ c	۴۸,۶۰۶۳ cde	۶۷ b	۲,۰۵۸۴ abc	۷۰۰
۱۱,۶۵۹۸ ab	۸,۵۸۰۰ cd	۳۳,۸۸۷۴ bc	۴۴,۶۱۰۴ e	۷۶ ab	۲,۲۴۲۳ a	۹۰۰

تابش دهی‌هایی که حروف مشترک دارند، اختلاف معنی‌داری با هم ندارند.

جدول ۴. ضرایب همبستگی پیرسون بین صفات مرتبط با جوانه‌زنی بذرهاى بالنگوی شیرازی

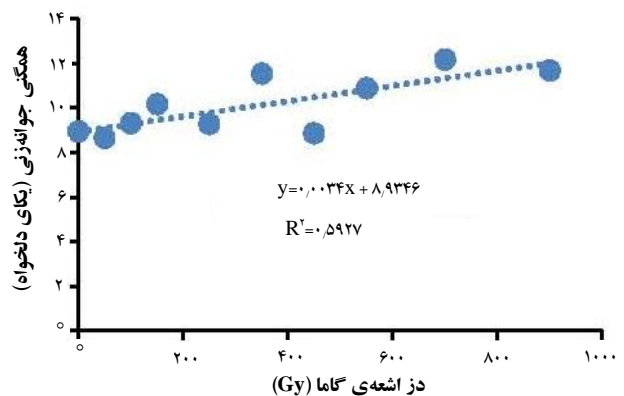
طول ریشه‌چه	وزن خشک ریشه‌چه	وزن خشک ساقه‌چه	وزن تر ریشه‌چه	وزن تر ساقه‌چه	همگنی جوانه‌زنی	واریانس جوانه‌زنی	سرعت جوانه‌زنی	ضریب جوانه‌زنی	درصد جوانه‌زنی	میانگین مدت زمان جوانه‌زنی
										۰,۲۸۲
									۰,۲۷۹	-۰,۹۹۷ ^{oo}
								۰,۹۲۵ ^{oo}	۰,۶۲۱	-۰,۹۲۵ ^{oo}
							۰,۹۸۹ ^{oo}	۰,۹۰۰ ^{oo}	۰,۶۴۶ ^{oo}	-۰,۹۰۵ ^{oo}
							-۰,۹۹۴ ^{oo}	-۰,۹۷۷ ^{oo}	-۰,۸۸۳ ^{oo}	-۰,۶۶۱ ^{oo}
										۰,۸۸۷ ^{oo}
										-۰,۶۶۱ ^{oo}
										۰,۵۵۷
										۰,۶۶۰ ^{oo}
										۰,۰۴۵
										-۰,۶۶۲ ^{oo}
										۰,۴۰۱
										-۰,۳۵۸
										۰,۱۸۰
										۰,۱۱۱
										-۰,۱۲۴
										۰,۳۶۳
										۰,۳۵۴
										۰,۱۶۳
										۰,۵۸۲
										-۰,۱۷۷
										۰,۲۶۹
										-۰,۲۶۹
										۰,۲۶۷
										-۰,۵۴۶
										۰,۲۵۵
										۰,۲۶۴
										۰,۲۹۴
										۰,۲۹۹
										-۰,۳۲۷
										۰,۳۵۳
										۰,۳۴۵
										۰,۲۸۷
										۰,۵۲۵
										۰,۳۳۷
										۰,۵۶۷
										۰,۵۶۱
										-۰,۵۶۴
										۰,۳۶۰
										۰,۲۴۳
										-۰,۴۰۴
										۰,۱۹۲
										۰,۴۹۲

* و **: به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال ۵٪ و ۱٪ و ضرایب بدون ستاره غیرمعنی‌دار هستند.



۹۹٪ تغییرات درصد جوانه‌زنی ناشی از همگنی، سرعت و ضریب جوانه‌زنی و نیز یکنواختی واریانس بوده و ۱٪ باقی‌مانده ناشی از تأثیر بقیه‌ی صفات و هم‌چنین روابط غیرخطی است. در بررسی رابطه‌ی رگرسیون خطی بین دز اشعه‌ی گاما با صفات مورد مطالعه، حداکثر ضریب تبیین در مورد ضریب جوانه‌زنی ۶۸٪ به دست آمد (شکل‌های ۱ تا ۶).

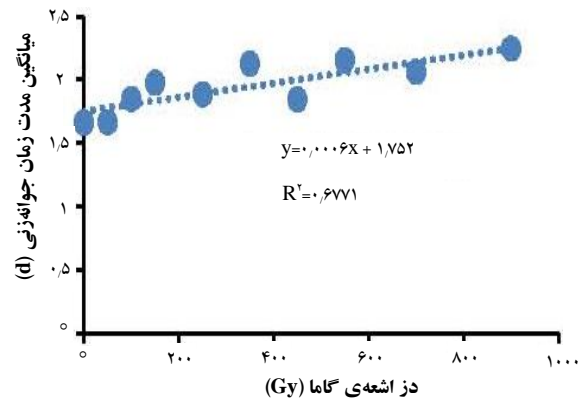
جهش ممکن است در سطح ژن یا قطعه‌ای از کروموزوم و حتی در مجموعه‌ای از ژنوم به وجود آید. به طور کلی هدف از ایجاد جهش‌های مصنوعی به وسیله‌ی تابش‌های یونیزان، تغییر یک یا چند ژن نزدیک به هم می‌باشد [۲۳]. پژوهش‌گران، تنوع ایجاد شده در صفات کمی یک واریته از سویا که تحت تابش‌دهی اشعه‌ی گاما بوده است را مطالعه کرده‌اند و مشاهده نموده‌اند که درصد جوانه‌زنی در همه تابش‌دهی‌ها به طور معنی‌داری کاهش نشان داده است [۲۴]. در حالی که در بررسی دیگر، جوانه‌زنی بذرهای تحت تابش‌دهی اشعه‌ی گاما، مستقل از دزهای مختلف اشعه در نخود صورت می‌گیرد [۲۵] که با نتایج پژوهش حاضر مطابقت دارد. هم‌چنین طی یک مطالعه‌ی انجام شده بر ۷ واریته برنج ایندیکا و ژاپونیکا، کاهش طول گیاهچه‌ی تحت تأثیر اشعه‌ی گاما در همه موارد گزارش شده است [۲۶]. در پژوهش حاضر، طول ریشه‌چه و ساقه‌چه‌ی بذرهای تابش‌دهی شده با اشعه‌ی گاما، تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪ را نشان داد، ولی این تغییرات در دزهای مختلف متفاوت است و با افزایش یا کاهش دز، رابطه‌ی مستقیمی ندارد. پژوهش‌گران دیگر با کاربرد اشعه‌ی گاما و موثرن شیمیایی اتیل متان سولفونات (EMS) در نخود به سه لاین^(۱۲) موتان با عملکرد بالا و تغییر برخی صفات مورفولوژیکی نظیر افزایش



دست آمده در این پژوهش، و همچنین گران بودن مواد شیمیایی جهش‌زا، پیشنهاد می‌شود با کنترل شرایط تابش‌دهی مثل رطوبت بذر، کشت بذر با فاصله پس از تابش‌دهی بذرها - به منظور افزایش بازدهی و سودمندی جهش‌زایی از اشعه‌ی گاما به عنوان موتاژنی مناسب در پژوهش‌های بالنگو و سایر گیاهان استفاده شود. لاین‌های موتاژن به دلیل آثار ناهنجار اشعه‌ی گاما دارای مقداری عقیمی هستند، و نسبت به شاهد عملکرد کم‌تری دارند. برای اصلاح عملکرد این لاین‌ها می‌توان با تلاقی برگشتی نسبت به انتقال ژن اقدام کرد و یا مجدداً با موتاسیون نسبت به کاهش یا حذف عقیمی اقدام کرد. درصد جوانه‌زنی با وجود این که با دز اشعه گاما همبستگی دارد، اما صفت مناسبی جهت تعیین دز مطلوب نیست، زیرا که درصد جوانه‌زنی در سطوح مختلف دز تابش‌دهی اشعه‌ی گاما تقریباً یکسان بود و اختلاف معنی‌داری نداشت. به عبارت دیگر، اکثر بذرهای تابش‌دهی شده جوانه می‌زنند، اما در طول فرایند رشد، به دلیل وقوع جهش‌های کشنده، از بین می‌روند. از جمله‌ی این گونه جهش‌ها می‌توان به بی‌رنگی^(۱۳) اشاره نمود که به دلیل فقدان سبزینه، گیاه از بین می‌رود. بنابراین برای تعیین دز مناسب بهتر است از صفاتی مانند طول ساقه و ریشه استفاده شود. در این میان به دلیل حساسیت بیش‌تر ریشه نسبت به ساقه در برابر پرتوها، اندازه‌گیری طول ساقه به منظور تعیین دز مطلوب، مناسب‌تر می‌باشد.

پی‌نوشت‌ها

1. Mucilage
2. Genotype
3. Coleoptile
4. Gamma Cell 220
5. Germination Percentage
6. Germination of Coefficient
7. Mean Germination Time
8. Germination Rate
9. Germination Variance
10. Germination Homogeneity
11. Stepwise
12. گیاهی که هنوز رقم (یا واریته) نشده است.
13. Albinism



شکل ۶. رابطه‌ی رگرسیونی بین دز اشعه‌ی گاما و میانگین مدت زمان جوانه‌زنی.

اندازه و تعداد دانه، برگ‌چه، گل‌ها، غلاف و بذرها و همچنین افزایش عملکرد و پوشش بذر سخت دست یافتند. بررسی‌های آنها نشان داد که این موتاژن‌ها در دزهای ۲۰۰ Gy (موتان PUSA-212 با ویژگی افزایش اندازه‌ی دانه، برگ‌چه، گل‌ها و غلاف نسبت به شاهد) و ۴۰۰ Gy (موتان PUSA-212C با ویژگی دو برابر شدن تعداد بذرها، غلاف‌ها، گل‌ها و برگ‌ها و افزایش عملکرد نسبت به شاهد) به دست می‌آیند [۸]. بین تعداد آسیب‌های فیزیولوژیکی ناشی از موتاسیون با فراوانی موتاسیون، همبستگی بالایی وجود دارد. بنابراین قبل از آزمایش‌های اصلی، باید واکنش گیاه را به موتاژن مشخص کرد. به طور کلی با افزایش دز، آسیب‌های فیزیولوژیکی بیش‌تری در نسل اول مشاهده می‌شود، که از میان آنها کاهش طول گیاه‌چه، شاخص بسیار مناسبی برای بیان اثر اشعه است [۲۷]. اثر تابش‌دهی جهش‌زا عموماً به وسیله‌ی پارامترهایی مانند درصد جوانه‌زنی، طول گیاه‌چه و باروری بذر اندازه‌گیری می‌شود. درصد جوانه‌زنی، معیار مناسبی برای تعیین اثر دز نیست زیرا اغلب بذرها پس از تابش‌دهی جوانه می‌زنند، اما پس از مدتی از بین می‌روند. بنابراین کاهش رشد گیاه، درصد بقا، اندازه‌ی سطح برگ، رشد در مرحله‌ی گیاه‌چه، میزان عقیمی و درصد پنجه‌های بارور در گیاه کامل می‌توانند معیارهای مناسبی برای اندازه‌گیری آثار پرتو باشند [۲۸].

۴. نتیجه‌گیری

از آن‌جا که تابش‌دهی بذرها با اشعه‌ی گاما در سازمان انرژی اتمی ایران با هزینه‌ی ناچیز انجام می‌گیرد، و با توجه به نتایج به



- [1] F. Ghaderi-Far, A. Soltani, H.R. Sadeghipour, Evaluation of nonlinear regression models in quantifying germination rate of medicinal pumpkin (*Cucurbita pepo* L. subsp. *Pepo*. Convar *Pepo* var. *styriaca* Greb), borago (*Borago officinalis* L.) and black cumin (*Nigella sativa* L.) to temperature, *J. of Plant Prod*, **16(4)**, (2009) 1-19.
- [2] M. Tavasoli, H. Omid, S. Rasti, L. Jafarzadeh, Investigation of germination and seed dormancy reaction in medicinal species of balango (*Lallemantia spp*) to salicylic acid, Proceeding of 2th Iranian congress of crop production and plant breeding, (2012) 389.
- [3] A.Z. Gannadi, Compositional analysis of essential oil of *Lallemantia royleana*, from Iran, *Flavour frag. J.* **18** (2003) 237-239.
- [4] M. Yonesi Hamzehkhanlo, A. Izadidarbandi, N. Pirvali Biranvand, M.T. Hallajian, Study of morphological variation in Soya Mutants lines (7th generation) deived from irradiated with gamma rays in greenhouse condition, *J. Nucl. Sci. Tech.* **3(9)** (2012) 97-105.
- [5] C. Atak, S. Alikemanoglu, L. Acik, Y. Canbolat, Induced of plastid mutations in soybean plant (*Glycine max* L. *Merrill*) with gamma radiation and determination with RAPD, *Mutat. Res.* **556** (2004) 35-44.
- [6] R.D. Brock, Prospects and perspectives in mutation breeding, *Basic Life Sci.*, **8** (1976) 117-32.
- [7] M. Maluszynski, S.A. Beanet, S. Bojorn, Application of in vitro and in vivo mutation techniques for crop improvement, *Euphytica* **85** (1995) 303-307.
- [8] A. Wani, M.A. Anis, Gamma Ray- and EMS-Induced Bold-Seeded High-Yielding mutants in chickpea (*Cicer arietinum*), *Turk. J. Biol.* **32** (2008) 1-5.
- [9] M.H. Fotokian, M. Khosroshahi, M. Moghaddam, M.R. Shakiba, The study on the effect of gamma rays on several Iranian rice, *J. Daneshvar* **6(22)** (1998) 51-58.
- [10] J.L. Molina-Cano, F. Rocade Tgores, C. Royo, A. Perez, Fast-germination low β -glucan mutants induced in barley with improved malting quality and yield, *Theor. Appl. Genet.* **78** (1989) 748-754.
- [11] A. Saha, S.C. Santra, S. Chanda, Modulation of some quantitative characteristics in rice (*Oryza sativa*) by ionizing radiation, *Radiat. Phys. Chem.* **74** (2005) 391-394.
- [12] V.R. Jalali, M. Homaei, M. Saber, M. Eskandri, The comparison of rapseed germination in $\text{CaCl}_2+\text{NaCl}$ and natural saline solutions, Proceeding of 9th Iranian congress of crop production and plant breeding, Aborayhan campus, Tehran (2006).
- [13] A. Soltani, M. Ghalipoor, E. Zeinali, Seed reserve utilization and seedling of wheat as affected by drought and salinity, *J. Env. Exp. Bot.* **55** (2006) 195-200.
- [14] P.J. Rodford, Growth analysis, Their use and abuse, *Crop Sci.*, **7** (1967) 171-175.
- [15] F.S. Murungu, P. Nyamugafata, C. Chiduza, L.J. Clark, W.R. Whalley, Effects of seed priming, aggregate size and soil matric potential on emergence of cotton (*Gossypium hirsutum* L.) and maize (*Zea mays* L.), *Soil Tillage Res.* **74** (2003) 161-168.
- [16] S. Foti, S.L. Cosentino, C. Patane, G.M. Agosta, Effects of osmoconditioning upon seed germination of sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) under low temperatures, *Seed Sci. Tech.* **30** (2002) 521-533.
- [17] M.M. Ludlow, R.C. Muchow, A critical evaluation of trits for improving crop yield in water-limited environments, *Adv. Agron.* **43** (1990) 107-153.
- [18] K.R. Keim, C.O. Gardner, Genetic variation for cold tolerance in selected and unselected maize populations, *Field Crops Res.* **8** (1984) 143-151.
- [19] M.H. Fotokian, The investigation of the effect of gamma rays and Dimethy sulfate (DMS) on several rice varieties, Tabriz University, M.S. Thesis, (1993).



- [20] M.H. Fotokian, H. Amiri Ogham, D. Davodi, V. Ramehe, Inducing genetic diversity in SARIGOL and RGS003 rapeseed using gamma rays, Research project, Agricultural Research center, Shahed university, (2010).
- [21] M.Q. Khan, S. Anwar, M.I. Khan, Genetic variability for seedling traits in wheat (*Triticum aestivum* L.) under moisture stress conditions, *Asian J. Plant Sci.* **1** (2002) 588-590.
- [22] Z.S. Madani, L. Jafarzadeh, Evaluation of Seed Germination Characteristics Balango (*Lallemantia royleana*) in response to different levels of temperature, Proceedings of 2th International Congress of Iranian medicinal plants, (2013) 891.
- [23] J. Rastegari, S. Vedadi, M. Ghafari, Causing Mutagenesis Through the Gamma Rays Upon the Saffron Immature Corm Buds, *J. Nucl. Sci. Tech.* **40** (2007) 41-46.
- [24] A. Patil, S.P. Taware, V.M. Raut, Induced variation in quantitative traits due to physical (gamma rays), chemical (EMS) and combined mutagen treatments in soybean [*Glycin max* (L.) Merrill], *India J. Genet.* **11** (1985) 149-155.
- [25] Y. Cemalttin, A.D. Turkan, K.M. Khawar, M. Atac, S. Ozcan, Use of gamma rays to induce mutations in four pea (*Pisum sativum* L.) cultivars, *Turk. J. Biol.* **30** (2004) 29-37.
- [26] M. Sattari, Induction of photoperiod-sensitive genicmalesterile (PGMS) mutation of rice (*Oryza sativa* L.), University of the Philipin Los Banos, (2000) 66.
- [27] M.R. Ghannadha, An study on the sensitivity of different species and varieties of cereal and pulse to different doses of gamma rays, Agricultural college, Theran University, Iran, (1988).
- [28] B. Nsriyan Khyabani, H. Ahari Mostafavi, H. Fatolahi, S. Vadadi, M. Mosavi Shalmani, The determination of suit dose if gamma rays to induce genetic diversity in white pea (*Cicer Arietinum* L), *J. Nucl. Sci. Tech.* **25** (2007) 19-42.