مجموعه مقالات
چهارمین همایش ملی کاربرد فناوری هسته‌ای در علوم کشاورزی و منابع طبیعی
(۲۹-۳۰ اردیبهشت، ۱۳۹٤، پژوهشکده کشاورزی هسته ای)
The 4th National Congress on Nuclear Technology Application in Agricultural & Natural Resource Sciences (19-20 May, 2015, Nuclear Agriculture Research School)

بررسی تاثیر پرتو گاما بر ویژگی‌های مرفولوژیکی و تعیین دز مناسب به منظور ایجاد تنوع ژنتیکی در ٤ رقم گندم نان

رایحه میرخانی*، سیده‌نساء سیدالعلماء، بهنام ناصریان خیابانی، منصور نوری و مهدی محمدی
پژوهشکده تحقیقات کشاورزی، پزشکی و صنعتی، پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای، سازمان انرژی اتمی ایران، صندوق پستی: ۴۹۸-۳۱۴۸۵، کرج- ایران

چکیده: اصلاح نباتات مستلزم ایجاد تنوع ژنتیکی برای بهبود محصول است. یکی از روش‌های ایجاد تنوع، القای جهش به وسیله موتاژن‌های فیزیکی می‌باشد که در این زمینه به صورت گسترده مورد استفاده قرار می‌گیرد. لذا در این پژوهش، حساسیت ۴ رقم زراعی گندم (کوهدشت، آذر ۲، سرداری و لاین امید بخش(WW33G)) به پرتو گاما با دزهای ۱۰۰، ۱۵۰، ۲۰۰، ۲۵۰، ۳۰۰ و ۳۵۰ گری جهت تعیین دز مناسب برای برنامه اصلاحی، مورد ارزیابی قرار گرفت. بدین‌منظور، برخی خصوصیات مرفولوژیکی همچون طول ساقه، طول ریشه، سطح برگ، وزن تر و خشک گیاه اندازه‌گیری گردید. نتایج آزمایش نشان داد که با افزایش دز تابشی میزان رشد در تمام ژنوتیپ‌های گندم کاهش می‌یابد. سطوح دزهای مختلف پرتو گاما در طول ساقه، طول ریشه، سطح برگ، وزن تر و وزن خشک اختلاف معنی‌داری را در سطح ۱٪ نشان داد. براساس نتایج این تحقیق دزهای ۲۱۶، ۲۱۴، ۲۴۳ و ۲۱۵ در ارقام کوهدشت، آذر۲، سرداری و لاین امید بخش (به ترتیب) سبب کاهش ۵۰٪ طول ساقه شده است از این رو به عنوان دزهای مناسب پرتوتابی برای موتاسیون انتخاب می‌شوند.

واژگان کلیدی: اشعه گاما، موتاسیون، گندم

Abstract: Plant breeding requires genetic variation for crop improvement. Induction of genetic variability induced by physical mutagenic is the one of the important way to generate genetic diversity. In this research, the sensitiveness of four cultivars of wheat (Kohdasht, Azar2, Sardari and Lain omidbakhsh (WW33G)) were evaluated of different gamma ray doses (100. 150, 200, 250, 300 and 350 Gray) to determine the appropriate dose for breeding. For this purpose, some of morphological properties such as root length, shoot length, leaf surface area, wet and dry weight were measured. The results showed the growth rate of wheat's genotypes decreased with increase in gamma ray dose. Different doses of gamma radiation levels in shoot length, root length, leaf area, wet and dry weight showed a significant difference at 1%. Therefore, doses of gamma ray 216 Gray in Kohdasht, 214 Gray in Azar2, 243 Gray in Sardari and 215 Gray in WW33G because of decreased shoot length to 50% were selected as the appropriate dose for irradiation.

Keywords: gamma ray, mutation, wheat

مقدمه

کاربرد تکنیک‌های هسته‌ای به عنوان تحولی جدید در تحقیقات کشاورزی، به خصوص در حفاظت و اصلاح نباتات و تولید موتانت‌های جدید مورد توجه قرار گرفته است. موتاژن‌های فیزیکی که اغلب شامل پرتوها و تشعشعات می‌شوند به عنوان ابزاری مناسب در اصلاح نباتات برای غنی کردن ژرم‌پلاسم و بهبود ارقام شناخته شده‌اند [۱].

پرتوی گاما پر انرژی‌ترین فرم از پرتوهای الکترومغناطیس است [۲]. کبا و ابراهیم (۱۹۸۹) گزارش کردند که با استفاده از پرتو گاما، دز بین ۱۰۰-۱۵۰ گری دو لاین نسبتاً پا کوتاه در گیاه گندم حاصل گردید. در این بررسی بین مقاومت به خوابیدگی، ضخامت ساقه و کاهش طول گیاه نسبت به رقم شاهد، تفاوت معنی‌داری مشاهده شد. همچنین افزایش طول سنبله، ضخامت ساقه و تعداد دانه در سنبله از نظر آماری معنی‌دار بودند [۳].

مجد و اردکانی (۱۳۸۴) بذر الیت گندم طبسی را جهت تاثیرگذاری پرتو گاما توسط چشمه کبالت با دزهای ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۵۰ گری مورد پرتوتابی قرار دادند و پس از طی ۵ نسل مشاهده شد که بذور گزینش شده از نسل‌های ۴ و ۵ از نظر خصوصیات موثر در خوابیدگی لاین های موتانت در مقایسه با والد مادری کاهش چشمگیری داشته، که این کاهش خوابیدگی در لاین‌های موتانت به دلیل افزایش معنی‌دار ضخامت ساقه، نسبت به والد مادری و کاهش معنی‌دار طول گیاه گزارش شده است [۴].

به منظور موفقیت در یک برنامه اصلاحی به کمک موتاسیون باید دز مناسب مشخص شود. برای تعیین بهترین دز جهت پرتوتابی باید به دو نکته توجه کرد: اول آنکه میزان دز کاربردی نباید به حدی زیاد باشد که گیاهان را از بین ببرد، همچنین دز کاربردی باید به اندازه‌ای انتخاب شود که فراوانی وقوع موتاسیون به اندازه کافی باشد. دزی که بتواند ۵۰٪ نمونه‌ها را از بین ببرد حداکثر میزان جهش را ایجاد می‌کند اما این دز باعث کاهش جمعیت ژنوتیپی مورد مطالعه می‌شود. بنابراین باید دزی انتخاب شود که بتواند باعث کاهش ۴۰ تا ۵۰٪ رشد گردد [۴].

بین آسیب‌های فیزیولوژیکی ناشی از موتاسیون با فراوانی موتاسیون همبستگی بالایی وجود دارد. به طورکلی 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 می‌باشد. نتایج بسیاری در رابطه با متفاوت بودن حساسیت ژنوتیپ‌ها نسبت به موتاژن‌ها به ویژه پرتوهای یونساز انتشار یافته است [۵]. اثر تیمارهای جهش‌زا عموماً به وسیله پارامترهای مختلفی مانند درصد جوانه‌زدن، طول گیاهچه و باروری بذر اندازه‌گیری می‌شود. درصد جوانه‌زنی معیار مناسبی برای تعیین اثر دز نیست زیرا اغلب بذرها پس از پرتوتابی جوانه می‌زند اما پس از مدتی از بین می‌روند. بنابراین طول ساقه، طول ریشه، سطح برگ، وزن تر و همچنین وزن خشک در مرحله گیاهچه‌ای از معیارهای انتخابی در این بررسی برای انتخاب دز بهینه می‌باشد. به منظور بررسی میزان حساسیت گیاه گندم به دزهایی از اشعه گاما، همچنین تعیین دز مناسب جهت ایجاد تنوع ژنتیکی، آزمایشی در پژوهشکده تحقیقات کشاورزی پزشکی و صنعتی کرج انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

به منظور تعیین دز مناسب، آزمایشی در قالب طرح فاکتوریل بر مبنای طرح کامل تصادفی با ۱۲ تکرار و دو فاکتور، ژنوتیپ و دزهای مختلف اشعه گاما اجرا شد. در این آزمایش، بذرهای ژنوتیپ‌های کوهدشت، آذر۲، سرداری و لاین امید بخش (WW33G) برای پرتودهی انتخاب شدند. میزان رطوبت بذرها قبل از پرتودهی در حد ۱۳٪ تنظیم شد. پرتو گاما توسط منبع کبالت- ۶۰ با سرعت ۰/۸٦٤ کیلوراد بر ساعت اعمال شد. پرتودهی با دزهای ۱۰۰- ۳۵۰ گری با فاصله ۵۰ گری در

پژوهشکده کشاورزی، پزشکی و صنعتی کرج انجام شد و بذور پرتو ندیده از هر ژنوتیپ به عنوان شاهد در نظر گرفته شدند. بلافاصله بعد از پرتوتابی، کشت بذرها روی ردیف‌های کاشت، درون سینی‌های مخصوص کاشت که در گلخانه این پژوهشکده آماده شده بودند، انجام گردید. آبیاری گیاهان به صورت هفته‌ای و برحسب نیاز انجام شد. ۱۲ روز بعد از جوانه-زنی مقدار طول ساقه، طول ریشه، سطح برگ، وزن تر و وزن خشک در هر گیاه رشد یافته اندازه‌گیری شد. تجزیه داده‌ها با استفاده از نرم افزار SAS 9.1 انجام گرفت. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از روش دانکن و ترسیم نمودارها به کمک نرم‌افزار Excel انجام گرفت.

نتایج و بحث

داده‌های به دست آمده از آزمایش براساس طرح فاکتوریل بر مبنای طرح کامل تصادفی تجزیه و تحلیل شد (جدول ۱). نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که بین ارقام مورد مطالعه از نظر حساسیت به پرتو گاما تفاوت وجود دارد و این اختلاف درسطح ۱٪ معنی‌دار است. سطوح دزهای مختلف پرتو گاما در طول ساقه، طول ریشه، سطح برگ، وزن تر و وزن خشک اختلاف معنی‌داری را در سطح ۱٪ نشان دادند. اثر متقابل دز پرتو با واریته در مورد طول ریشه و وزن خشک اختلاف معنی-داری را نشان نداد. به عبارت دیگر، در سطح ثابتی از تیمار پرتودهی، کاهش طول ریشه و وزن خشک ارقام مختلف تقریباً یکسان بوده است. در حالیکه مقدار طول ساقه، سطح برگ، وزن تر در سطح یک درصد با دز پرتوتابی اختلاف معنی‌داری را نشان می‌دهد. مطابق با یافته‌های چادهوری (۲۰۰۲) زمانی که بذرها مقدار پرتو کافی دریافت می‌نند درصد ریشه‌زایی آنها کاهش می‌یابد و طول ریشه از چند میلی‌متر تجاوز نمی‌کند. در نتیجه این اختلالات متابولیکی، بعد از پرتوتابی بذر، گیاه قادر به جوانه‌زنی و رشد نمی‌باشد [۶]. بررسی روابط خطی در بین دزهای پرتوتابی و صفات اندازه‌گیری شده و همچنین مقایسه میانگین صفات در سطوح مختلف دزهای پرتوتابی (جدول ۲) نشان می‌دهد که با افزایش دز پرتوتابی از میزان رشد کاسته می‌شود. همانطور که مشاهده شد دزهای ۲۰۰، ۲۵۰ ، ۳۰۰ و ۳۵۰ گری در تمام صفات اندازه‌گیری شده با شاهد اختلاف معنی‌داری را نشان می‌دهند.

بیشترین طول ساقه (۱۲/۵۷ سانتی‌متر) در بذرهای رشد یافته از بذور پرتوتابی شده با دز ۱۵۰ گری در رقم کوهدشت مشاهده شد (جدول ۳). در حالی که با افزایش دز پرتوتابی به ۲۰۰، ۲۵۰، ۳۰۰ و ۳۵۰ گری به ترتیب کاهش ۲۳، ۴۰، ۵۹ و ۵۷ درصدی رشد در گیاهچه‌های این رقم رخ می‌دهد. گیاهچه‌های رشد یافته از بذور پرتوتابی شده با پرتو ۱۰۰ و ۱۵۰ گری در تمام ارقام مورد مطالعه با شاهد از نظر صفت طول ساقه اختلاف معنی‌داری را نشان ندادند. همچنین مقایسه میانگین صفات اندازه‌گیری شده در سطوح مختلف دزهای پرتوتابی نشان داد که طول ساقه با ارتفاع ۱۰/۹۷ سانتیمتر و طول ریشه با ۸/۷۲ سانتی‌متر بیشترین مقادیر را به خود اختصاص داده‌اند. اگرچه اختلاف معنی داری بین شاهد با تیمارهای ۱۰۰ و ۱۵۰ گری از نظر میزان رشد وجود ندارد اما این افزایش رشد در دز ۱۰۰ گری را احتمالاً می‌توان به انرژی حاصل از پرتوتابی در این دز که سبب برهم زدن تعادل هورمونی درون سلول‌های گیاهی شده و یا با افزایش آنتی‌اکسیدان‌های سلولی سبب شده که گیاه به استرس‌های روزانه از قبیل تغییرات دمایی و نوسانات مقدار نور در طی دوره رشد غلبه نماید و در نتیجه افزایش رشد در

دزهای پایین صورت گیرد نسبت داد [۲]. در مقابل احتمالاً پرتوتابی با دزهای بالای ۳۰۰ و ۳۵۰ گری سبب می‌گردد که در فاز G2/M تقسیم سلولی متوقف شود و یا اختلال‌های گوناگون دیگر که در طول کروموزوم‌ها رخ می‌دهد و رشد را در گیاه متوقف می‌کند، صورت گیرد [۷]. بنابراین کاهش رشد تا ارتفاع ۳ سانتی‌متر در دزهای ۳۰۰ و ۳۵۰ گری مشاهده شد (جدول ۲).

بیشترین مقدار کاهش در طول ساقه، سطح برگ و همچنین مقدار وزن تر در هر ۴ ژنوتیپ مورد مقایسه در این مطالعه، در دزهای پرتوتابی بالاتر از ۲۰۰ گری مشاهده شد (جدول ۳). اگرچه ازنظر طول ساقه، سطح برگ و وزن تر در گیاهچه‌های حاصل از پرتودهی بذر با دزهای ۳۰۰ و ۳۵۰ گری در تمام ژنوتیپ‌ها اختلاف معنی‌دار مشاهده نشد اما وجود این اختلاف با نمونه شاهد و دزهای ۱۰۰ و ۱۵۰ گری کاملاً مشهود است. در مقادیر بالای پرتو وجود ناهنجاری‌های کروموزومی و سیتولوژیکی موجب کاهش رشد گیاهچه می‌شود. همچنین می‌توان این احتمال را داد که کاهش مقدار ایندول استیک اسید یا همان اکسین در راس کولئوپتیل موجب کاهش رشد گیاهچه می‌گردد که این امر می‌تواند در ارتباط با تغییر در بیوسنتز و یا کاتابولیسم اکسین باشد [۴]. نتایج حاصل از بررسی‌ها اختلاف معنی‌داری را بین اثر دزهای پرتوتابی با طول ریشه و وزن خشک در هر ۴ ژنوتیپ گندم نشان نداد (جدول ۱). با توجه به نتایج حاصل شده گیاهچه‌های گندم از نظر صفت سطح برگ در دزهای پرتوتابی ۱۰۰ و ۱۵۰ گری اختلاف معنی‌داری را نشان نداد، در حالیکه با شاهد دارای اختلاف بودند. در رابطه با وضعیت سطح برگ در گندم این طور به نظر می‌رسد که در مقدار ۱۰۰ و ۱۵۰ گری پرتو گاما به دلیل افزایش فعل و انفعالات در سلول‌ها و جذب بیشتر مواد از طریق ریشه، سطح برگ به دلیل افزایش فتوسنتز، بالاتر می‌رود تا ساخته شدن مواد آلی در گیاه با مشکل روبرو نشود. البته این امر نیز با تغییرات فیتوهورمون‌ها در گیاه ارتباط مستقیم دارد [۴]. بالا بودن همبستگی‌ها (جدول ۵) نشان می‌دهد که صفات اندازه‌گیری شده برای تعیین اثرهای دز روی گیاه گندم مناسب بوده است و علامت منفی آنها نیز نشان‌دهنده وجود یک رابطه معکوس بین صفات اندازه‌گیری شده و دز اشعه گاما تابانیده شده است به‌طوری که با افزایش شدت دز، کاهش رشد اتفاق می‌افتد.

جدول ۱- خلاصه جدول تجزیه واریانس برای صفات اندازه‌گیری شده در ۴ رقم متفاوت گندم

منبع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات طول ساقه(cm)	میانگین مربعات طول ریشه(cm)	میانگین مربعات سطح برگ(mm^2)	میانگین مربعات وزن تر(g)	میانگین مربعات وزن خشک(g)
ژنوتیپ	۳	۵۸/۰۳۷**	۱۱۳/۴۸۸**	۱۵۳۵۶۶/۵۹**	۰/۱۱۴**	۰/۰۰۵۲**
دزپرتوتابی	۶	۴۷۲/۰۷۷**	۳۵۴/۵۷۵**	۵۱۰۶۱۰/۰۷۱**	۰/۰۲۵**	۰/۰۰۱۱۲**
ژنوتیپ× دزپرتوتابی	۱۸	۸/۲۶۳**	۵/۲۶۳^{ns}	۱۵۷۳۳/۶۳۴**	۰/۰۰۴**	۰/۰۰۰۰۴۹^{ns}
خطا	۳۰۸	۳/۴۸۹	۳/۹۵۸	۲۴۷۱/۰۲۴	۰/۰۰۱	۰/۰۰۰۰۳۴

** اختلاف معنی‌دار در سطح ۱٪، * اختلاف معنی‌دار در سطح ۵٪، ns عدم وجود اختلاف معنی‌دار

دز پرتو گاما (گری)	طول ساقه(cm)	طول ریشه (cm)	سطح برگ(mm^2)	وزن تر(g)	وزن خشک (g)
۰	۱۰/۹۴۰۶ a	۸/۰۵۰۲ a	۲۹۶/۶۹ a	۰/۱۲۰۷ a	۰/۰۲۸۹ a
۱۰۰	۱۰/۹۷۷۷ a	۸/۷۲۰۴ a	۲۶۰/۵۹ b	۰/۱۰۵۵ ab	۰/۰۲۷۲ a
۱۵۰	۱۰/۲۸۴۴ a	۸/۰۵۸۱ a	۲۳۶/۸۶ b	۰/۰۹۹ bc	۰/۰۲۵۹ a
۲۰۰	۸/۴۳۱۵ b	۵/۴۰۲۸ b	۱۶۵/۴۷c	۰/۰۷۹ cd	۰/۰۲۰۴ bc
۲۵۰	۷/۳۵۵b	۵/۱۰۸۳ b	۱۲۷/۶۱d	۰/۰۸۸ ed	۰/۰۲۱۴ b
۳۰۰	۳/۵۵۹ c	۲/ ۲۸۱c	۴۰/۵۹ e	۰/۰۶۰۸ fe	۰/۰۱۶۶۵ d
۳۵۰	۴/۰۰۱۳ c	۲/۲۰۶ c	۴۱/۳۴ e	۰/۰۶۰۶ f	۰/۰۱۷۵۵ dc

جدول ۲- مقایسه میانگین صفات اندازه‌گیری شده در سطوح مختلف دزهای پرتوتابی شده

** اختلاف معنی‌دار در سطح ۱٪، * اختلاف معنی‌دار در سطح ۵٪، ns عدم وجود اختلاف معنی‌دار

جدول۳- مقایسه میانگین پرتو گاما در صفات اندازه‌گیری شده در هر یک از ۴ ژنوتیپ گندم

نام رقم	دز پرتوتابی	طول ساقه (cm)	سطح برگ (mm^2)	وزن تر (g)
کوهدشت	۰	۱۱/۹۷ ab	۴۳۱/۶۱۱ a	۰/۱۹۳ a
	۱۰۰	۱۱/۸۷ ab	۳۴۲/۱۰ b	۰/۱۶۲ ab
	۱۵۰	۱۲/۷۵ a	۳۳۲/۳bc	۰/۱۱۶ab
	۲۰۰	۹/۳۰ cdefgh	۲۲۳/۰۱defc	۰/۱۱۳cd
	۲۵۰	۷/۱۷ hi	۱۳۸/۱h	۰/۱def
	۳۰۰	۴/۸۶ijk	۷۵/۰۸ ijk	۰/۰۹۴ defg
	۳۵۰	۵/۱۰ jk	۶۴/۴۷ jkl	۰/۰۸۹defgh
آذر۲	۰	۱۱/۵۲ abc	۲۸۰/۱۰cd	۰/۰۷۴ efghi
	۱۰۰	۱۰/۴۵ bcdefg	۲۷۸/۲۰cd	۰/۰۶۶efghi
	۱۵۰	۱۰/۲۷ bcdefg	۲۴۳/۰۲ def	۰/۰۶۵efghi
	۲۰۰	۸/۵۵fghi	۱۶۴/۱gh	۰/۰۵۵ ghi
	۲۵۰	۶/۷۶ij	۱۰۹/۱hij	۰/۰۵۱ hi
	۳۰۰	۲/۵۱ l	۱۳/۵۸ l	۰/۰۴۱ i
	۳۵۰	۳/۱۲ kl	۲۲/۰۸ kl	۰/۰۴۷ i
سرداری	۰	۹/۱۱ defgh	۲۰۸/۵۲ efg	۰/۰۶۹ efghi
	۱۰۰	۱۰/۸۶ abcde	۲۱۲/۱۱efg	۰/۰۷۱efghi
	۱۵۰	۹/۲۷ defgh	۲۰۴/۹۰fg	۰/۰۶۸ efghi
	۲۰۰	۷/۴۱hi	۱۳۸/۴۰h	۰/۰۵۰۰ i
	۲۵۰	۷/۲۵hi	۱۲۱/۸۱hi	۰/۰۴۶i
	۳۰۰	۲/۷۳ l	۲۰/۴۱ kl	۰/۰۴۴ i
	۳۵۰	۲/۶۶ l	۱۷/۰۶kl	۰/۰۳۷ i
لاین امیدبخش	۰	۱۱/۱۴abcd	۲۶۶/۵۲ de	۰/۱۴۷۵bc
	۱۰۰	۱۰/۷۱ abcdef	۲۰۹/۹۷ efg	۰/۱۲۱۷cd
	۱۵۰	۸/۸۳ efghi	۱۶۶/۶۶ gh	۰/۰۹۳defg
	۲۰۰	۸/۴۵fghi	۱۴۳/۳۱h	۰/۱۰۵de
	۲۵۰	۸/۲۳ghi	۱۲۵/۸۸ hi	۰/۱۱۴cd
	۳۰۰	۴/۱۲ kl	۵۳/۲۸jkl	۰/۰۶۳ fghi
	۳۵۰	۵/۱۱ jk	۶۱/۷۵ jkl	۰/۰۶۹efghi

حروف مشترک نشاندهنده عدم معنی‌داری می‌باشد.

جدول ۴- همبستگی ساده بین صفات اندازه‌گیری شده در بذرهای پرتوتابی شده ۴ واریته مختلف گندم

	دز پرتوتابی	طول ساقه	طول ریشه	وزن تر	وزن خشک
دز پرتوتابی (گری)	۱				
طول ساقه (cm)	-۰/۶۵**	۱			
طول ریشه (cm)	-۰/۵۹**	۰/۷۹**	۱		
سطح برگ	-۰/۷۰۴**	۰/۸۷**	۰/۷۶**		
وزن تر (g)	-۰/۳۱۹**	۰/۵۸**	۰/۵۳**	۱	
وزن خشک (g)	-۰/۳۲۵**	۰/۶۸**	۰/۶۲**	۰/۷۵**	۱

**اختلاف معنی‌دار در سطح ۱٪، * اختلاف معنی‌دار در سطح ۵٪، ns عدم وجود اختلاف معنی‌دار

دز مناسب دزی است که حداکثر موتاسیون در آن ایجاد شده باشد چون موتاسیون با اثرهای بیولوژیکی پرتو رابطه دارد GR50 (۵۰ درصد کاهش رشد در گیاهچه‌ها) که در این بررسی مورد ارزیابی قرار گرفت.

با توجه به معنی‌دار بودن اثر متقابل دز و ژنوتیپ‌های گندم، برای هر ژنوتیپ محدوده دزهای موثر متفاوت خواهد بود. بر این اساس نمی‌توان یک دامنه دز برایGR50 را در تمام ارقام به کار برد. بنابراین نتیجه حاصل شده تنها برای این ارقام و در محدوده دزهای آزمایشی پیشنهاد می گردد. با توجه به ضریب تبیین معادلات رگرسیونی حاصل برای صفات اندازه‌گیری شده، طول ساقه، سطح برگ و وزن خشک بیشترین ضرایب تبیین را به خود اختصاص داده‌اند، اما از آنجایی که طول و عرض برگ در مقدار سطح برگ موثر است و این صفت به صورت یک صفت وابسته می‌باشد. همچنین به دلیل عدم اطمینان از مقدار جذب یکنواخت عناصر غذایی و مواد آلی توسط هر گیاهچه از خاک، از سطح برگ و وزن خشک گیاهچه در اندازه‌گیری GR50 استفاده نشد و لذا طول ساقه بهترین فاکتور برای محاسبه GR50 در ارقام مورد مطالعه می‌باشد. این یافته‌ها با گزارش ناصریان و همکاران (۱۳۸۶) مطابقت داشت [۸]. با توجه به اینکه در معادلات رگرسیونی حاصل شده y نشان‌دهنده مقدار طول ساقه و x مقدار پرتو تابیده شده را نمایش می‌دهد (جدول ۶) در ۲۱۶ گری در رقم کوهدشت، دز ۲۱۴ گری در رقم آذر۲، دز ۲۴۳ گری در رقم سرداری و دز ۲۱۵ گری در رقم لاین امید بخش سبب کاهش ۵۰٪ طول ساقه در ارقام مورد مطالعه می-شود.

جدول ۶- معادلات خطی برای صفت طول ساقه اندازه‌گیری شده پس از پرتوتابی با اشعه گاما در ارقام مورد مطالعه

نام رقم	معادله خطی	دز RG50
کوهدشت	y=-۰/۰۲۴x +۱۳/۷۸	۲۱۶
آذر۲	y=-۰/۰۲۷x +۱۲/۹۶	۲۱۴
سرداری	y=-۰/۰۲۲x +۱۱/۴۳	۲۴۳
لاین امیدبخش	y=-۰/۰۲x +۱۱/۹۴	۲۱۵

منابع:

1- A. Hameed, T.M. Shah, B.M. Atta, M.A. Haq and H. Syed. "gamma irradiation effects on seed germination and growth, protein content, peroxids and proteas activity, lipid peroxidation in desi and kabuli chickpea". Pak. J. Bot. 40(3): 1033-1041 (2008)

2- S.G. Wi, B.Y. Chung, and J.S. Kim. "Effects of gamma irradiation on morphological changes and biological responses in plants". Micron, 38: 553-564 (2007)

3- A.J. Kubba and I.F. Ibrahim. "Semi- dwarf mutants of bread wheat cultivar". Jnia. 66 Mutation Breeding. New letters. 34-100 (1989)

۴- ف. مجد و م. ر. اردکانی. "تکنیک‌های هسته‌ای در علوم کشاورزی". انتشارات دانشگاه تهران (۱۳۸۴)

۵- م. ر. قنادها. "یک مطالعه روی حساسیت گونه‌ها و ارقام مختلف غلات و بقولات نسبت به مقادیر مختلف اشعه گاما". دانشگاه تهران، دانشکده کشاورزی، پایان‌نامه کارشناسی ارشد. (۱۳۶۷)

6- K.S. Chaudhuri, "A simple and reliable method to detect gamma irradiated lentil (*Lens culinarisMedik*)". Seeds by germination efficiency and seedling growth test. *Radiat. Phys.* Chem., 64: 131-136 (2002)

7- S.B. Preussa, and A.B. Britta.. A DNA-damage-induced cell cycle checkpoint in *Arabidopsis*. (2003)

۸- ب. ناصریان خیابانی، ح. اهری مصطفوی، ه. فتح‌اللهی، س. ودادی و م. ا. موسوی شلمانی. "تعیین دز مناسب پرتو گاما به منظور ایجاد تنوع ژنتیکی در نخود سفید (*CicerArietinum L*)". پژوهشکده تحقیقات کشاورزی، پزشکی و صنعتی، پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای. (۱۳۸۶).