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)

تعیین مناسب‌ترین دُز پرتوتابی گاما در اصلاح موتاسیونی گندم

سعید باقری‌کیا[۱]*، محمدهادی پهلوانی[۲]، احد یامچی[۳]
۱، ۲ و ۳ به ترتیب دانشجوی دکتری، دانشیار و استادیار گروه اصلاح نباتات و بیوتکنولوژی دانشکده تولید گیاهی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
*: s.bagherikia@gau.ac.ir

چکیده: هدف از انجام این تحقیق بررسی تأثیر دزهای مختلف پرتو گاما (دُز صفر به عنوان شاهد، ۱۰۰، ۲۰۰، ۳۰۰ و ۴۰۰ گری) بر برخی خصوصیات رشدی اولیه به منظور تعیین دُز مناسب پرتوتابی گاما در گندم سرداری بود. طبق تعریف مناسب‌ترین دُز در اصلاح موتاسیونی، دُزی است که موجب ۵۰ درصد کاهش بقا و یا ۳۰ درصد کاهش رشد نسبت به شاهد می‌شود. به این منظور آزمایشی بر اساس طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در شرایط آزمایشگاه و گلخانه انجام شد. تجزیه داده‌ها در آزمایش جوانه‌زنی نشان داد غیر از صفت سرعت جوانه‌زنی اختلاف معنی‌داری در تمامی صفات بررسی شده شامل طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه، وزن تر ریشه‌چه، وزن تر ساقه‌چه، وزن خشک ریشه‌چه و وزن خشک ساقه‌چه مشاهده می‌شود. تجزیه داده‌ها در آزمایش گلخانه نیز اختلافی معنی‌دار برای ارتفاع گیاه و درصد بقا نشان داد. بر اساس برازش بهترین مدل رگرسیونی و تجزیه پروبیت دُزی که موجب ۵۰ درصد کاهش بقا و یا ۳۰ درصد کاهش رشد نسبت به شاهد می‌شد، تعیین گردید. در رقم سرداری این دُز در محدوده بین ۲۰۰ تا ۳۰۰ گری قرار داشت. با به کار بردن این محدوده از دُز پرتو گاما، می‌توان تنوع ژنتیکی مناسبی را جهت استفاده در برنامه‌های اصلاحی گندم ایجاد نمود.

واژگان کلیدی: پرتوتابی گاما، مدل رگرسیونی، تجزیه پروبیت، گندم

Determination of the most appropriate dose of gamma irradiation in wheat mutation breeding

Saeed Bagherikia[1]*, Mohammad Hadi Pahlavani[2], Ahad Yamchi[3]
[1, 2, 3] Ph. D. Student, Associate Professor and Assistant Professor in Plant Breeding & Biotechnology Department, Agricultural Sciences & Natural Resources University of Gorgon, Respectively
s.bagherikia@gau.ac.ir

Abstract: The aim of this study was to evaluate the effect of different doses gamma radiation (0 as a control, 100, 200, 300 and 400 Gary) on the early growth characteristics in order to determine the appropriate dose of gamma irradiation in Sardari wheat. As defined the most appropriate dose causes a reduction of 50% survival or 30% growth, compared to control in mutation breeding. In this order to an experiment conducted based on a completely randomized design with three replications in the laboratory and greenhouse. data analysis of germination experiment showed significant difference in all characteristics including rootlet length, stemlet length, fresh weight of rootlet, fresh weight of stemlet, dry weight of rootlet and dry weight of stemlet, the exception of germination rate. Data analysis of greenhouse experiment also showed significant difference in plant height and survival percentage. Based on in the best fitted regression model and probit analysis determined a dose causing reduction of 50% survival or 30% growth, compared to control. It was in the range between 200 to 300 Gary, in Sardari cultivar. We can create adequate genetic diversity with using this range of gamma radiation, for using in the wheat breeding programs.

Keyword: gamma irradiation, regression model, probit analysis, wheat

مقدمه

گندم یکی از مهم‌ترین و اصلی‌ترین محصولات جهان است که بیش‌ترین سطح زیر کشت را در سراسر جهان به خود اختصاص داده است. در ایران نیز گندم از نظر تولید و سطح زیر کشت مهم‌ترین محصول کشاورزی است و افزایش محصول آن روز به روز مورد توجه قرار گرفته است و از نظر اقتصادی و تأمین غذای اصلی مردم از اهمیت بسیاری برخوردار است [۱]. استفاده از پرتوتابی هسته‌ای، تحقیقات متداول در علوم کشاورزی را متحول نموده است. بهبود در اصلاح گیاهان تنها زمانی می‌تواند ایجاد شود که تنوع کافی برای صفت مورد نظر در دسترس اصلاحگر باشد، لذا پرتوتابی هسته‌ای می‌تواند با ایجاد ژرم‌پلاسم غنی از تنوع ژنتیکی نقش مهمی در اصلاح گیاهان ایفا کند. در میان جهش‌زاهای فیزیکی، پرتو گاما معمولاً در اصلاح موتاسیونی مورد استفاده قرار می‌گیرد که در نتیجه فروپاشی رادیوایزوتوپ‌های کبالت ۶۰ (^{60}Co) و سزیم ۱۳۷ (^{137}Cs) گسیل می‌شود [۲]. تعدادی از پارامترهای رادیوبیولوژیکی معمولاً در ارزیابی‌های اولیه اثر پرتوتابی برای القا جهش استفاده می‌شود. استفاده از تغییرات فیزیولوژیکی مانند ممانعت از جوانه‌زنی بذر، طویل شدن ساقه و ریشه برای تشخیص اثر پرتوتابی بر دانه غلات و حبوبات گزارش شده است [۳]. جهش‌های القایی توسط پرتوتابی گاما در بهبود بسیاری از صفات مهم زراعی مانند کوتاه کردن طول دوره رشدی، مناسب شدن جهت تناوب و افزایش تحمل و مقاومت به تنش‌های زنده و غیرزنده در گیاهانی همچون گندم، برنج، جو، پنبه، بادام زمینی و لوبیا گزارش شده است [۴].

این پژوهش به منظور مطالعه تأثیر دُزهای مختلف پرتوهای گاما بر خصوصیات رشدی اولیه و با هدف تعیین دُز مناسب پرتو گاما به جهت ایجاد لاین‌های جهش‌یافته مطلوب در رقم گندم نان سرداری به انجام رسید.

مواد و روش ها

نحوه تیماردهی بذرها

این مطالعه در سال ۹۲ در دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان انجام شد. بذرهای رقم سرداری گندم پس از تنظیم رطوبت ۱۴ درصد (با استفاده از دسیکاتور)، توسط پرتو گاما (منبع کبالت ۶۰) در دُزهای صفر (شاهد)، ۱۰۰، ۲۰۰، ۳۰۰ و ۴۰۰ گری در پژوهشکده تحقیقات کشاورزی، پزشکی و صنعتی سازمان انرژی اتمی پرتوتابی شد. پرتوتابی برای هر تیمار طبق فرمول زیر قابل محاسبه است.

زمان پرتودهی (ثانیه) = مقدار مورد نظر هر تیمار (گری) تقسیم بر شدت چشمه (گری در ثانیه)

آزمایش جوانه‌زنی

این آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار که هر تکرار شامل یک پتری‌دیش با ۳۰ بذر اجرا شد. پتری دیش‌ها در انکوباتور در دمای ۲ ± ۲۰ درجه سانتی‌گراد نگه‌داری گردید و صفات درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی (بر اساس مدت زمانی بر اساس ساعت که ۵۰ درصد بذرها جوانه‌زنی کنند)، طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه، وزن‌تر ریشه‌چه، وزن‌تر ساقه‌چه، وزن خشک ریشه‌چه و وزن خشک ساقه‌چه اندازه‌گیری شد.

آزمایش گلخانه

آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار و هر تکرار شامل یک گلدان با ۱۰ بذر اجرا شد. صفات درصد بقا و ارتفاع گیاه، سه هفته پس از کاشت اندازه‌گیری شد.

تجزیه و تحلیل آماری

داده‌ها با استفاده از نرم‌افزارهای SAS 9.1.3 و Minitab 16 مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند.

نتایج

نتایج تجزیه واریانس و تجزیه همبستگی ساده

تجزیه واریانس داده‌ها در آزمایش جوانه‌زنی نشان داد غیر از صفت سرعت جوانه‌زنی اختلاف معنی‌داری در تمامی صفات بررسی شده شامل طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه، وزن تر ریشه‌چه، وزن تر ساقه‌چه، وزن خشک ریشه‌چه و وزن خشک ساقه‌چه مشاهده گردید (جدول ۱). تجزیه واریانس داده‌ها در آزمایش گلخانه نیز نشان داد که اختلاف بسیار معنی‌داری بین تیمارها برای صفات ارتفاع گیاه و درصد بقا وجود دارد (جدول ۲). نتایج حاصل از تجزیه همبستگی نشان داد که در بین تمامی صفات بالاترین ضریب همبستگی مربوط به وزن تر و وزن خشک ساقه‌چه (۰/۹۶) و همچنین وزن تر و وزن خشک ریشه‌چه (۰/۹۶) بود و کمترین ضریب همبستگی بین درصد جوانه‌زنی و سرعت جوانه‌زنی (۰/۱) وجود داشت (جدول ۳).

جدول ۱- تجزیه واریانس صفات در آزمایش جوانه‌زنی

منابع تغییر	df	میانگین مربعات							
		درصد جوانه‌زنی	سرعت جوانه‌زنی	طول ریشه‌چه	طول ساقه‌چه	وزن تر ریشه‌چه	وزن تر ساقه‌چه	وزن خشک ریشه‌چه	وزن خشک ساقه‌چه
تیمار (دُز)	۴	۱۲۴/۳۸۶*	۰/۰۰۰۰۱۴ns	۱/۸۵۷**	۱/۶۹۳ **	۰/۲۴۲**	۰/۱۷۹**	۰/۰۰۱۹**	۰/۰۰۶**
خطا	۱۰	۲۵/۸۰۳	۰/۰۰۰۰۲۶	۰/۰۵۹	۰/۳۲۱	۰/۰۰۳۷	۰/۰۰۳۵	۰/۰۰۰۰۵	۰/۰۰۰۰۷
ضریب تغییرات (٪)		۵/۷۵	۶/۷۷	۱۲/۷۱	۶/۳۷	۱۱/۳۱	۶/۳۷	۱۳/۶۲	۱۱/۹۵

*، ** و ns به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و غیرمعنی‌دار

جدول ۲-تجزیه واریانس صفات در آزمایش گلخانه

منابع تغییر	df	میانگین مربعات	
		ارتفاع	درصد بقا
تیمار (دُز)	۴	۲۷۶/۴۳۳**	۲۷۵۶/۶۶۶**
خطا	۱۰	۳/۱۵	۹۳/۳۳۳
ضریب تغییرات (٪)		۹/۲۷	۱۵/۰۹

** معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد

نتایج مقایسه میانگین

نتایج مقایسه میانگین‌ها بیانگر بیشترین درصد جوانه‌زنی در تیمار شاهد (۹۴/۴۴) و کمترین در ۴۰۰ گری (۷۸/۸۸) دُز پرتوتابی بود (جدول ۴). نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد تیمار شاهد بیشترین و ۳۰۰ و ۴۰۰گری دُز پرتوتابی کمترین مقدار وزن‌تر ریشه‌چه را داشتند (جدول ۴). معادله درجه یک رگرسیونی بهترین برازش را برای صفت وزن‌تر ریشه‌چه در مقابل پرتوتابی نشان داد و دُز **۲۲۷/۴۳** گری را به عنوان دُز کاهش‌دهنده ۳۰ درصد طول ریشه‌چه بیان کرد (جدول ۵). نتایج مقایسه میانگین‌ها در صفت وزن تر ساقه‌چه مشابه با وزن تر ریشه‌چه نشان داد تیمار شاهد و ۳۰۰ و ۴۰۰گری دُز پرتوتابی به ترتیب بیشترین و کمترین مقدار وزن‌تر ساقه‌چه را داشتند (جدول ۴). برای صفت وزن‌تر ساقه‌چه معادله رگرسیونی درجه ۱ بهترین برازش را در مقابل دُز پرتوتابی نشان داد و دُز **۲۲۴/۴۴** به عنوان ۳۰ درصد کاهش‌دهنده وزن تر ساقه‌چه تعیین شد (جدول ۵). در صفت طول ریشه‌چه نیز با افزایش سطوح دُز پرتوتابی کاهش مشاهده گردید. معادله درجه ۱ رگرسیونی بهترین برازش دهنده طول ریشه‌چه در مقابل دُز پرتوتابی را نشان داد و دُز **۱۸۵/۷۷** گری را کاهش‌دهنده ۳۰ درصد طول ریشه‌چه معرفی کرد (جدول ۵).

جدول ۳- همبستگی ساده بین صفات اندازه‌گیری شده

	ارتفاع	طول ریشه‌چه	طول ساقه‌چه	وزن تر ریشه‌چه	وزن تر ساقه‌چه	وزن خشک ریشه‌چه	وزن خشک ساقه‌چه	درصد جوانه‌زنی	سرعت جوانه‌زنی
ارتفاع	۱								
درصد بقا	**۰/۹۲۱								
طول ریشه‌چه	**۰/۷۶۷	۱							
طول ساقه‌چه	**۰/۹۳۳	**۰/۸۵۸	۱						
وزن تر ریشه‌چه	**۰/۷۷۶	**۰/۹۱۹	**۰/۸۸۸	۱					
وزن تر ساقه‌چه	**۰/۸۱۱	**۰/۸۹۸	**۰/۹۱۴	**۰/۹۵۴	۱				
وزن خشک ریشه‌چه	**۰/۷۹۴	**۰/۹۰۲	**۰/۸۸۹	**۰/۹۶۱	**۰/۹۶۸	۱			
وزن خشک ساقه‌چه	**۰/۹۳۰	**۰/۸۱۹	**۰/۹۳۲	**۰/۸۵۳	**۰/۹۰۵	**۰/۸۴۹	۱		
درصد جوانه‌زنی	**۰/۷۳۰	**۰/۷۵۶	**۰/۸۰۲	**۰/۷۲۷	**۰/۷۲۰	**۰/۶۷۷	**۰/۷۳۹	۱	
سرعت جوانه‌زنی	۰/۴۵۱	۰/۳۳۴	۰/۳۹۷	۰/۴۲۸	۰/۲۸۴	۰/۳۱۴	۰/۲۹۴	۰/۱۰۶	۱

جدول ٤- مقایسه میانگین صفات اندازه‌گیری شده

دُز (گری)	جوانه‌زنی (٪)	طول ریشه‌چه (سانتی‌متر)	طول ساقه‌چه (سانتی‌متر)	وزن تر ریشه‌چه (گرم)	وزن ترساقه‌چه (گرم)	وزن خشک ریشه‌چه (گرم)	وزن خشک ساقه‌چه (گرم)	ارتفاع (سانتی‌متر)	بقا (٪)
۰ (شاهد)	a۹۴/۴۴±۴/۰۰	a۲/۸۳±۰/۲۲	a۳/۶۵±۰/۱۵	a۰/۹۶±۰/۰۵	a۱/۲۷±۰/۰۲	a۰/۰۸۱±۰/۰۰۲	a۰/۱۱۶±۰/۰۰۹	a۲۶/۳۳±۱/۵	a۸۶/۶۶±۶/۶۶
۱۰۰	ab۹۲/۲۲±۱/۱۱	a۲/۶۳±۰/۱۴	b۳/۲۰±۰/۱۱	b۰/۶۸±۰/۰۲	b۱/۰۵±۰/۰۳	b۰/۰۶۰±۰/۰۰۶	b۰/۰۹۹±۰/۰۰۲	a۲۶/۰۰±۰/۹	a۹۰/۰۰±۵/۷۷
۲۰۰	ab۹۱/۳۳±۲/۹۰	b۱/۷۶±۰/۱۳	b۳/۰۵±۰/۰۴	c۰/۴۹±۰/۰۲	c۰/۹۱±۰/۰۵	c۰/۰۳۸±۰/۰۰۱	b۰/۰۹۵±۰/۰۰۳	a۲۳/۶۶±۱/۳۳	a۸۰/۶۶±۵/۷۷
۳۰۰	bc۸۴/۴۴±۲/۹۳	c۱/۱۹±۰/۰۹	c۲/۴۱±۰/۰۸	d۰/۳۲±۰/۰۳	d۰/۷۴±۰/۰۲	c۰/۰۳۲±۰/۰۰۴	c۰/۰۳۳±۰/۰۰۲	b۱۶/۰۰±۲/۲۲	b۴۰/۰۰±۵/۷۷
۴۰۰	c۷۸/۸۸±۲/۹۳	c۱/۱۶±۰/۰۵	d۱/۷۲±۰/۰۹	d۰/۲۵±۰/۰۲	d۰/۶۶±۰/۰۲	d۰/۰۱۷±۰/۰۰۱	d۰/۰۱۲±۰/۰۰۱	c۰/۰۱۲±۱/۹	b۲۳/۳۳±۳/۳۳

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

جدول۵- معادله مناسب توصیف کننده ۳۰ ٪ کاهش در صفات مختلف

صفت	دُز کاهش‌دهنده ۳۰٪ رشد	معادله	ضریب تبیین
وزن تر ریشه چه	۲۲۷/۴۳	X۰/۰۰۱۷۶۱ – ۰/۸۹۶۶Y=	۹۱/۷
وزن تر ساقه‌چه	۲۲۴/۴۴	X۰/۰۰۱۵۳۰ – ۱/۲۳۵Y=	۹۲/۶
طول ریشه چه	۱۸۵/۷۷	X۰/۰۰۴۷۹۲ – ۲/۸۷۷Y=	۸۴/۷
طول ساقه چه	۲۵۴/۵۵	X۰/۰۰۴۶۴۵ – ۳/۷۳۹Y=	۹۰/۵
وزن خشک ساقه‌چه	۲۶۳/۳۷	X۰/۰۰۰۲۷۳ – ۰/۱۲۵۸Y=	۸۷/۰
وزن خشک ریشه‌چه	۲۲۹/۱۱	X۰/۰۰۰۱۵۷ – ۰/۰۷۷۱۷Y=	۹۱/۳

نتایج مقایسه میانگین‌ها برای صفت طول ساقه‌چه بیانگر تفاوت معنی‌داری بین دُزهای مختلف پرتوتابی بود. به طوری که دُز شاهد و ۱۰۰ گری بالاترین و دُزهای ۳۰۰ و ۴۰۰ گری کمترین مقدار را داشتند (جدول ۴). برای این صفت بهترین برازش توسط معادله درجه ۱ رگرسیونی انجام شد و دُز **۲۵۴/۵۵** را دُز مناسب برای کاهش ۳۰ درصد طول ساقه‌چه بیان کرد (جدول ۵). نتایج مقایسه میانگین‌ها برای صفت وزن خشک ریشه‌چه و وزن خشک ساقه‌چه نشان داد با افزایش دُز پرتوتابی، وزن خشک به طور معنی‌داری کاهش می‌یابد (جدول ۴). برای وزن خشک ریشه‌چه در مقابل دُز پرتوتابی معادله درجه ۱ بهترین برازش را داشت و دُز **۲۲۹/۱۱** گری را به عنوان دُز کاهش‌دهنده ۳۰ درصد رشد معرفی کرد و در صفت وزن خشک ساقه‌چه معادله درجه ۱ دُز **۲۶۳/۳۷** گری را کاهش‌دهنده ۳۰ درصد وزن ساقه‌چه معرفی کرد (جدول ۵).

نتایج مقایسه میانگین‌ها صفات ارتفاع بوته و درصد بقا در شرایط گلخانه نشان داد تیمار شاهد دارای بیشترین ارتفاع و ۴۰۰ گری دُز پرتوتابی کمترین ارتفاع را داشتند (جدول ۴). نتایج حاصل از تجزیه پروبیت برای درصد بقا دُز ۲۸۳ گری را به عنوان دُز GR_{50} یا دُزی که باعث کاهش ۵۰ درصدی کاهش بقا می‌شود، تعیین کرد.

بحث

نتایج به دست آمده نشان داد که بین دزهای مختلف پرتوتابی گاما در صفت درصد نهایی جوانه‌زنی اختلاف معنی‌داری وجود داشت. به طور کلی و با توجه به پاره‌ای از مطالعات قبلی، در شرایط آزمایشگاهی پس از پرتوتابی بذر با دزهای مختلف، معمولاً تفاوت معنی‌داری در بین دزها از نظر درصد نهایی جوانه‌زنی دیده نمی‌شود. اما سرعت جوانه‌زنی متفاوت است و با افزایش دُز پرتو تاخیر در جوانه‌زنی بیشتر دیده می‌شود [۵]. با این وجود در این مطالعه، در مورد هر دو صفت نتایج متفاوتی حاصل گردید و از لحاظ درصد جوانه‌زنی بین تیمارها اختلاف مشاهده گردید، اما در سرعت جوانه‌زنی با وجود اختلافی که وجود داشت اما از نظر آماری معنی‌دار نبود. این تفاوت عملکردی را می‌توان به اثر تحریک‌کنندگی پرتوتابی روی جوانه‌زنی مرتبط دانست هرچند در دزهای بالا به دلیل شدت آسیب‌های وارده توانایی ادامه رشد وجود نداشته باشد. در بررسی همبستگی ساده نیز کمترین ضرایب همبستگی مربوط به دو صفت درصد نهایی جوانه‌زنی و سرعت جوانه‌زنی بود که نشان‌دهنده تاثیر پایین این دو عامل در شرایط جوانه‌زنی می‌باشد. در دو صفت وزن‌تر ریشه‌چه و ساقه‌چه با افزایش دُز پرتوتابی گاما کاهش مشاهده شد که می‌تواند نشان‌دهنده افزایش تولید رادیکال‌های فعال اکسیژن و اثرات منفی آن‌ها در دُزهای بالاتر باشد. در صفات طول ریشه‌چه و ساقه‌چه کاهش رشد می‌تواند به علت اثر پرتوها بر تنظیم‌کننده‌های رشدی همچون سیتوکینین‌ها و ایجاد تغییرات در مسیر سیگنال‌دهی آنها باشد. دزهای پایین می‌توانند نقش تحریک‌کنندگی در مسیرهای سیگنال‌دهی داشته باشند و در دزهای بالاتر به علت تاثیر در شرایط اکسیداسیونی سلول کاهش رشد را سبب می‌گردند [۶]. از طرفی دزهای بالا سبب نگه‌داری تقسیم سلول در مرحله G_2 شده و دارای اثرات مخرب روی ژنوم می‌باشند [۷]. در آزمایش مربوط به شرایط گلخانه‌ای با افزایش دُز پرتوتابی گاما درصد بقا گیاه و ارتفاع گیاهچه کاهش نشان داد. شکست‌های کروموزومی در نسل اول پرتوتابی به عنوان یک عامل مهم در کاهش رشد و زنده‌مانی گیاهان معرفی شده است [۸].

نتیجه‌گیری

دُزی از پرتو گاما که می‌تواند حداکثر مقدار جهش را برای رسیدن به تنوع ژنتیکی بالا ایجاد کند، دُزی است که ۵۰ درصد کاهش بقا و یا ۳۰ درصد کاهش رشد را نسبت به شاهد ایجاد نماید. از نتایج حاصل از مطالعات مورفولوژی می‌توان نتیجه گرفت در گندم رقم سرداری این دُز در محدوده بین ۲۰۰ تا ۳۰۰ گری قرار دارد. با به کار بردن این محدوده از دز پرتو گاما، می‌توان امیدوار به ایجاد تنوع ژنتیکی مناسب جهت استفاده در برنامه‌های اصلاحی گندم بود.

References

1- FAO; Food and Agriculture Organization, Available http://faostat.fao.org. Last accessed 12 October 2013.
2- Q. Y. Shu, B. P. Forster and H. Nakagawa. (Eds.). "Plant mutation breeding and biotechnology". CABI (2012).
3- K. S. Chaudhuri, "A simple and reliable method to detect gamma irradiated lentil (*Lens culinaris* Medik.) seeds by germination efficiency and seedling growth test", Radiation physics and chemistry. 64(2), 131-136 (2002).

4- N. Singh and H. Balyan, "Induced mutations in bread wheat (*Triticum aestivum* L.) CV." Kharchia 65" for reduced plant height and improve grain quality traits", Advances in Biological Research, 3: 215-221 (2009).
5- M. Borzouei, H. Kafi, B. Khazaei, M. Naseriyan and A. Majdabadi, "Effects of gamma radiation on germination and physiological aspects of wheat (*Triticum aestivum* L.) Seedlings", Pakestan Journal Botany, 42(4): 2281-2290 (2010).
6- S. G. Wi, B. Y. Chung, J. S. Kim, J. H. Kim, M. H. Baek, J. W. Lee and Y. S. Kim, "Effects of gamma irradiation on morphological changes and biological responses in plants", Micron. 38: 553-564 (2007).
7- S. B. Preussa and A. B. Britta, "A DNA-damage-induced cell cycle checkpoint in Arabidopsis", Genetics. 164: 323–334 (2003).
8- A. L. P. Kiong, A. G. Lai, S. Hussein and A.R. Harun, "Physiological responses of *Orthosiphon stamineus* plantlets to gamma irradiation", American-Eurasian Journal of Sustainable Agriculture. 2(2):135-149 (2008).