



بررسی تنوع ژنتیکی رده‌های جهش یافته‌ی گیاه دارویی بالنگوی شیرازی

محمدحسین فتوکیان*، مهدیه ارشادی

گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده‌ی علوم کشاورزی، دانشگاه شاهد، صندوق پستی: ۱۵۹-۱۸۱۵۵، تهران - ایران

چکیده: القای جهش، روشی مناسب برای افزایش تنوع ژنتیکی است. در این پژوهش برخی صفات‌های ریخت‌شناختی ۳۳ رده‌ی جهش یافته‌ی نسل M₃ گیاه دارویی بالنگوی شیرازی مشتق شده از پرتودهی گامای بذرها در دزهای ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰، ۲۵۰، ۳۵۰، ۴۵۰ و ۷۰۰ گری به همراه شاهد در قالب طرح کاملاً تصادفی با پنج تکرار مورد مطالعه قرار گرفت. صفات‌های مطالعه شده عبارتند از: طول زمانی (روز) تا رسیدن، ارتفاع بوته، تعداد شاخه‌ی جانبی، طول گل آذین، تعداد چرخه‌ی گل در بوته، شاخه‌ی اصلی و شاخه‌ی جانبی، تعداد فندقه در چرخه‌ی گل و بوته، تعداد دانه در فندقه، عملکرد دانه، عملکرد زیست‌شناختی، وزن ۱۰۰ دانه و شاخص برداشت. بین رده‌های جهش یافته از لحاظ تمامی صفات‌ها به جز تعداد فندقه در چرخه‌ی گل اختلاف معنی‌دار وجود داشت. رده‌های جهش یافته‌ی شماره‌ی ۱۱ که از تیمار با دز ۷۰۰ گری به دست آمده بود، بالاترین طول گل آذین، تعداد چرخه‌ی گل در بوته، تعداد فندقه در بوته، عملکرد دانه و عملکرد زیست‌شناختی را دارا بود. داده‌های تجزیه‌ی خوشه‌ای براساس مربع فاصله‌ی اقلیدوسی و روش وارد، ردیف‌های جهش یافته را در چهار گروه قرار داد که در آن ردیف جهش یافته‌ی ۱۱ به تنهایی در یک گروه قرار داشت.

واژه‌های کلیدی: رده‌های جهش یافته، گیاه دارویی، بالنگوی شیرازی، تنوع ژنتیکی

Genetic Diversity in Medicinal Mutant Lines of Shirazi Balango (*Lallemantia Royleana*)

M.H. Fotokian*, M. Arshadi

Group Science and Plant Breeding Department, Faculty of Agriculture, Shahed University, P.O.Box: 18155-159, Tehran -Iran

Abstract: Induced mutation is an appropriate method for increasing genetic diversity. In this study, some morphological traits of 33 mutant lines of M₃ generation in medicinal plant *Lallemantia royleana*, derived from gamma irradiation of seeds at doses of 50, 100, 150, 250, 350, 450 and 700 Gy and control, were investigated through a completely randomized design with 5 repetition. Traits under the study included: the number of days to maturity, plant height, number of branches, inflorescence height, number of flower cycle per plant, number of flower cycle in the main branch and side branch, number of nut in flower cycle and plant, number of grains per nut, seed yield, biological yield, 100 seed weight and harvest index. The differences among mutant lines were statistically significant for all traits with exception of the number of nut in the flower cycle. Mutant line No. 11 that derived from dose 700 Gy, had the highest amount in traits such as inflorescence length, number of flowers per plant cycle, nut number per plant, seed yield per plant and biological yield. The cluster analysis based on the square Euclidean distance and Ward method divided the mutant lines into four clusters where the mutant line No. 11 alone was in a single group.

Keywords: Mutant Lines, Medicinal Plant, Shirazi Balango (*Lallemantia Royleana*), Genetic Diversity

۱. مقدمه

اساس روش‌های اصلاحی در گیاهان، گزینش است که وجود تنوع ژنتیکی برای افزایش کارایی آن در برنامه‌های اصلاحی ضروری است [۱]. اصلاح جهشی^(۱) یکی از روش‌های افزایش فراوانی دگره‌های مفید در برنامه‌های اصلاح گیاهان زراعی است. تنوع ژنتیکی القایی در نسل‌های در حال پراکنده شدن بعد از تیمار جهش‌زایی^(۲)، انتخاب جهش یافته‌ها^(۳) با تغییرات مطلوب را فراهم می‌کند [۲]. جهش‌های طبیعی که دارای فراوانی بسیار کم هستند اغلب در اثر پرتوهای کیهانی و با بسامد کم در طبیعت اتفاق می‌افتند. اما جهش‌های القایی یا مصنوعی به کمک جهش‌زاهای فیزیکی یا شیمیایی ایجاد می‌شوند. جهش‌زاهای فیزیکی مانند پرتوها ابزاری مناسب در اصلاح گیاهان برای غنی کردن ژرم‌پلاسما و بهبود رقم‌های شناخته شده‌اند. پرتو گاما، پرتو ایکس، پرتو کیهانی و تابش فرابنفش همگی از انواع پرتوهای الکترومغناطیسی و از دسته‌ی جهش‌زاهای فیزیکی به شمار می‌روند. در این میان پرتو گاما پرنرژی‌ترین تابش الکترومغناطیسی است و نفوذپذیری بیش‌تری نسبت به تابش‌های آلفا و بتا دارد. از طرفی ایجاد تنوع ژنتیکی برای تکامل تدریجی گونه‌هایی با عملکرد بالا ضروری بوده و از القای جهشی در موردهای متعدد بدین منظور استفاده شده است [۳]. بسیاری از رقم‌های جدید تجاری پرمحصول و یا دارای صفات‌های خاص، در جهان به طور مستقیم یا غیرمستقیم از طریق جهش ایجاد شده‌اند که در این خصوص می‌توان به معرفی تعدادی از گونه‌های جهش‌یافته در پایگاه اطلاعاتی گونه‌ی جهش یافته‌ی فائو و آژانس بین‌المللی انرژی اتمی اشاره نمود. در آغاز قرن ۲۱ تعداد گونه‌های جهش یافته در محصولاتمانند غلات، حبوبات، دانه‌های روغنی، سبزی‌ها، میوه‌ها، گیاهان زینتی و لیفی به ۲۲۵۲ رسید [۴]. امروزه در جهان و ایران گرایش به گیاهان دارویی رو به فزونی است. بنابراین برای بهره‌برداری از بازار آینده و نیز حفظ منبع‌های زیستی از تخریب، باید با تکیه بر اصلاح گیاهان دارویی رقم‌های مناسب کشت معرفی شوند. در حال حاضر اصلاح گیاهان دارویی در ایران عمدتاً شامل مطالعه‌ی تنوع ژنتیکی موجود در طبیعت و در نهایت استفاده از گزینش برای انتخاب بوته‌ها یا رده‌های برتر است [۵]. گیاه دارویی بالنگوی شیرازی^(۴)، گیاهی علفی و یکساله از راسته‌ی لامینال^(۵)، تیره‌ی نعنائیان^(۶)، جنس لاله‌مانتیا^(۷) و

گونه‌ی *Royleana* است [۶] که جهت بهره‌برداری از دانه کشت می‌شود [۷]. دانه‌های این گیاه دارای موسیلاژ است که در درمان ناراحتی‌های عصبی، رفع خونریزی لثه، سیاه سرفه، گلو درد و آنژین، میگرن و انواع سردرد و غیره مورد استفاده قرار می‌گیرد [۸]. بنابراین شناسایی شاخص‌های مؤثر بر عملکرد این گیاه دارویی و استفاده از آن در برنامه‌های به‌نژادی و به‌زراعی می‌تواند در افزایش تولید مؤثر باشد. گزارش‌هایی از ایجاد تنوع در صفت‌های کمی و کیفی به وسیله‌ی اصلاح از طریق جهش موجود است [۱، ۹]. در مطالعه‌ی، به منظور ایجاد تنوع ژنتیکی، اثر پرتو گاما بر روی رقم‌های کلزا با دزهای ۸۰۰، ۱۰۰۰ و ۱۲۰۰ گری بررسی و ۱۸ رده‌ی جهش یافته از رقم ساری گل و ۱۲ رده‌ی جهش یافته از رقم RGS۰۰۳ به‌دست آمد [۵]. این رده‌های جهش یافته از نظر رنگ و اندازه‌ی دانه، ارتفاع بوته و زمان رسیدن با شاهد تفاوت معنی‌دار داشتند. ناصری تفتی و همکاران [۱۰] از پرتو دهی گامایی رقم‌های سویای کلارک و ویلیامز با دزهای ۱۰۰، ۱۵۰، ۲۰۰ و ۲۵۰ گری به رده‌های جهش‌یافته‌ی پرمحصول و زودرس نسبت به شاهد دست یافتند. شیو و شیخ [۱۱] با تیمار بذرها با دو رقم برنج با پرتو گاما در دزهای ۳۰۰ و ۴۰۰ گری توانستند در نسل‌های M۲ و M۴ به ترتیب یک رده‌ی زودرس ساقه- کوتاه و یک رده‌ی زودرس به‌دست آورند. رده‌ی جهش یافته‌ی M۲، ۴۸ روز زودرس‌تر و ۳۲ سانتی‌متر کوتاه‌تر و رده‌ی جهش یافته‌ی M۴، ۴۱ روز زودرس‌تر از والد مادری بودند. مجد و همکاران [۱۲] نیز در پژوهشی با پرتو دهی گامایی بذرها با گیاه برنج رقم موسی طارم تا دزهای ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ گری موفق به ایجاد رقم‌های مقاوم در برابر خوابیدگی و با محصول بیش‌تر شدند. از آنجایی که تنوع ژنتیکی در بالنگوی شیرازی قابل توجه نبوده و رقم زراعی با هویت مشخص ژنتیکی در ایران موجود نیست، این پژوهش با هدف ارزیابی صفت‌های زراعی جهش یافته‌های القایی حاصل از پرتو دهی گامایی در جمعیت جهش یافته‌ی M۳ و شناسایی رده‌های جهش یافته با خصوصیت‌های مطلوب به انجام رسید.

۲. مواد و روش‌ها

تعداد ۳۳ رده‌ی جهش یافته‌ی نسل سوم (M۳) که از بذرها گیاه دارویی بالنگوی شیرازی تیمار شده با پرتو گاما با دزهای ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰، ۲۵۰، ۳۵۰، ۴۵۰ و ۷۰۰ گری به‌دست آمده بودند به همراه شاهد (دز صفر گری) به منظور بررسی تنوع ژنتیکی در

تشخیص^(۱۵) بررسی شد. کلیه تحلیل‌های آماری با نرم‌افزار اس. پی. اس. اس.^(۱۶) نسخه ۲۴ انجام شد.

۳. یافته‌ها و بحث

۱.۳ تحلیل واریانس

داده‌های حاصل از تحلیل واریانس چند متغیره، با توجه به آزمون‌های متعدد نشان‌دهنده این است که بین رده‌ها از نظر تمامی صفات به صورت یکجا اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪ وجود دارد (جدول ۱). هم‌چنین در بین رده‌های جهش یافته‌ی مورد مطالعه برای تمامی صفات‌های مورد مطالعه به جز تعداد فندقه در چرخه‌ی گل تفاوت آماری معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪ مشاهده شد که نشان‌دهنده وجود تنوع قابل توجه در بین رده‌های جهش یافته‌ی بالنگوی شیرازی مورد مطالعه است (جدول ۲).

جدول ۱. داده‌های تحلیل واریانس چند متغیره

نوع آزمون آماری	مقدار آماره	F
Pillai's Trace	۵,۱۳۴	۲,۳۹۳**
Hotelling's Trace	۲۶۲,۸۴۳	۶۵,۶۵۲**
Roy's Largest Root	۲۴۹,۶۱۳	۹۱۵,۲**

** : معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪.

جدول ۲. داده‌های تحلیل واریانس ساده در رده‌های جهش یافته‌ی بالنگوی شیرازی

صفات‌های مورد مطالعه	میانگین مربع‌ها (MS)		ضریب تغییر (%)
	رده‌های جهش یافته	خطای آزمایش	
ارتفاع بوته	۲۱۷,۷۵**	۴۳,۴۶	۱۵,۴
تعداد شاخه‌ی جانبی	۰,۲۱**	۰,۱۴	۲۴,۳
طول گل آذین	۱۶۰,۴۶**	۳۷,۰۴	۲۸,۱
تعداد چرخه‌ی گل در بوته	۶,۸۶**	۲,۶۹	۲۹,۱
تعداد چرخه‌ی گل در شاخه‌ی اصلی	۷۴,۳۵**	۲۰,۶۱	۲۶,۲
تعداد چرخه‌ی گل در شاخه‌ی جانبی	۳,۵۸**	۱,۳۵	۲۶,۲
تعداد فندقه در چرخه‌ی گل	۰,۲۷ ^{ns}	۰,۱۸	۷,۲
تعداد فندقه در بوته	۳۹,۷۲**	۱۱,۱۶	۲۸,۶
تعداد دانه در فندقه	۱,۶۲**	۰,۶۳	۲۶,۹
عملکرد دانه	۰,۱۷**	۰,۰۷	۲۸,۳
وزن ۱۰۰ دانه	۰,۰۰۱**	۰,۰۰۰۲	۰,۱
عملکرد زیست‌شناختی	۰,۳۸**	۰,۱۶	۲۷,۸
شاخص برداشت	۱۰۵,۶۹**	۴۲,۱۳	۱۸,۹
درجه‌ی آزادی	۳۳	۱۲۱	

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

مزرعه‌ی پژوهشی دانشکده‌ی کشاورزی دانشگاه شاهد در سال زراعی ۱۳۹۳-۱۳۹۴ کشت شدند. تیمار بذرها با پرتو گاما در سازمان انرژی اتمی ایران انجام شده بود. هر واحد آزمایشی شامل یک پشته‌ی ده متری با دو ردیف کاشت روی هر پشته به فاصله‌ی ۵۰ سانتی‌متر از هم بود. بذرها در محل داغ آب و در شیارهایی به طول ۲ تا ۳ سانتی‌متر در قالب طرح کاملاً تصادفی با پنج تکرار کشت شدند. بعد از رشد کامل گیاهان و حذف اثر حاشیه، از قسمت میانی هر کرت پنج گیاه برای اندازه‌گیری صفات‌های زراعی به طور تصادفی انتخاب شد. صفات‌های مورد بررسی عبارت از زمان رسیدن، ارتفاع بوته، تعداد شاخه‌ی جانبی، طول گل آذین، تعداد چرخه‌ی گل در بوته، تعداد شاخه‌ی اصلی و شاخه‌ی جانبی، تعداد فندقه در چرخه‌ی گل و بوته، تعداد دانه در فندقه، عملکرد دانه، عملکرد زیست‌شناختی، وزن ۱۰۰ دانه و شاخص برداشت بود. ارتفاع بوته و طول گل آذین به وسیله‌ی خط‌کش اندازه‌گیری شد. وزن ۱۰۰ دانه، عملکرد دانه و عملکرد زیست‌شناختی با ترازوی حساس اندازه‌گیری شدند. برای تعداد چرخه‌ی گل در شاخه‌ی جانبی به دلیل این‌که دامنه‌ی تغییرات صفات زیاد بود از میانگین هندسی به جای میانگین حسابی استفاده شد و هم‌چنین به دلیل عدم وجود شاخه‌ی جانبی در بعضی از بوته‌ها و مشاهده‌ی عدد صفر، به تمام داده‌ی حاصل از تعداد شاخه‌ی جانبی عدد یک قبل از تجزیه‌ی واریانس اضافه شد. مقایسه‌ی میانگین داده‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام شد. هم‌چنین برای صفات‌های تعداد شاخه‌ی جانبی، تعداد چرخه‌ی گل در بوته، تعداد چرخه‌ی گل در شاخه‌ی جانبی، تعداد فندقه در بوته، عملکرد دانه و عملکرد زیست‌شناختی که ضریب تغییر بالا (بیش از ۳۰ درصد) داشتند از تبدیل داده به روش جذری برای کاهش خطای آزمایشی استفاده شد. در تجزیه‌ی عاملی^(۸)، مناسب بودن اندازه‌ی نمونه و همبستگی بین صفات‌ها به ترتیب با آزمون کیزر-مایر^(۹) و آزمون کرویت بارلت^(۱۰) بررسی شدند. در تجزیه‌ی علیت^(۱۱)، تنها صفات‌هایی مورد بررسی قرار گرفتند که با عملکرد دانه ارتباط رگرسیونی معنی‌دار داشتند. در تجزیه‌ی خوشه‌ای^(۱۲) از ضریب مربع فاصله‌ی اقلیدوسی برای تعیین فاصله‌های بین ژن‌مانه‌ها و از روش وارد^(۱۳) برای ترسیم نمودار درختی^(۱۴) استفاده شد. صحت نتایج تجزیه‌ی خوشه‌ای با تجزیه‌ی تابع

۲.۳ مقایسه‌ی میانگین با آزمون دانکن

مقایسه‌ی میانگین با آزمون چند دامنه‌ای دانکن (جدول ۳) نشان داد که در رده‌ی جهش یافته‌ی شماره ۱۱ در صفت‌هایی مانند ارتفاع بوته، طول گل آذین، تعداد چرخه‌ی گل در بوته و شاخه‌ی اصلی، تعداد فندقه در بوته، عملکرد دانه و عملکرد زیست‌شناختی افزایش مقدار وجود داشته است. از آنجایی که برخی از صفت‌های فوق از اجزای عملکرد دانه‌اند و هم‌چنین در بالنگو، محصول اصلی دانه است (نه اندام رویشی)، انتظار بر این است که این رده‌ی جهش یافته دارای افزایش عملکرد دانه باشد؛ رده‌ی شماره ۲۵ نیز از لحاظ اکثر صفت‌های مورد مطالعه کم‌ترین میزان میانگین را به خود اختصاص داده است. در برخی از مطالعه‌ها عنوان شده است که پرتو گاما می‌تواند در نسل اول به دلیل ایجاد ناهنجاری کروموزومی باعث کاهش ارتفاع بوته شود و این کوتاه شدن می‌تواند در نسل‌های بعد موروثی نباشد. این در حالی است که یافته‌های پژوهش حاضر برخلاف یافته‌های گرجی در مورد کلزا [۱۳]، ایلهان کاجیرگان در مورد کنجد [۱۴] و ختری و همکاران در مورد خردل [۱۵] حاکی از اثر مثبت پرتو دهی بر ارتفاع گیاه بالنگو است. این، با نتایج به‌دست آمده توسط خان و همکاران [۱۶]، که نشان دادند که رده‌های جهش یافته‌ی سویا باعث توسعه رقم‌هایی با دگره‌های^(۱۷) مطلوب می‌شود که بعداً می‌توانند برای توسعه‌ی بیش‌تر رقم‌های سویا با اجزای عملکرد مطلوب به کار گرفته شوند، مطابقت داشت. هم‌چنین واگمار و مهرا [۱۷]، طی آزمایش‌هایی که در زمینه‌ی تأثیر جهش‌زای فیزیکی در ماش انجام دادند، افزایش تعداد غلاف در گیاه و کاهش وزن هزار دانه را گزارش نمودند. به دست آوردن رده‌های جهش یافته‌ای که در مقایسه با مادر-ردیف‌ها ارزش بالایی داشته و نیز نسبت به آن‌ها دارای صفت جدیدی باشند از اهداف اصلی یک برنامه‌ی اصلاحی برای جهش است.

از آنجایی که رده‌ی جهش یافته‌ی شماره‌ی ۱۱ دارای اهمیت زراعی بیش‌تری بود، تنها مقایسه‌ی میانگین صفت‌های این رده با رده‌ی شاهد و سه رده‌ی عملکرد ۱۶، ۷، ۵، رده‌ی ۱۹ با عملکرد متوسط و رده‌ی ۲۵ با عملکرد پایین‌ارایه شده است.

۳.۳ تجزیه‌ی خوشه‌ای

در تجزیه‌ی خوشه‌ای، ۳۳ رده‌ی جهش یافته به همراه شاهد که در آن فاصله‌بندی رده‌ها با مربع فاصله‌ی اقلیدوسی و ترسیم نمودار درختی به روش وارد انجام گرفت، رده‌های بالنگو در ۴ خوشه گروه‌بندی شدند (جدول ۴). خوشه‌ی اول شامل ۹ رده و خوشه‌ی دوم شامل ۱۰ رده بودند. خوشه‌ی سوم که در آن شاهد نیز قرار داشت شامل ۱۴ رده بود. خوشه‌ی چهارم کوچک‌ترین خوشه و تنها شامل رده‌ی جهش یافته‌ی شماره ۱۱ بود. رده‌ی جهش یافته‌ی شماره ۱۱ از لحاظ تمامی صفت‌ها (تاریخ رسیدگی، ارتفاع بوته، تعداد شاخه‌ی جانبی، طول گل آذین، تعداد چرخه‌ی گل در شاخه‌ی اصلی و جانبی، تعداد فندقه در چرخه‌ی گل و بوته، عملکرد دانه، عملکرد زیست‌شناختی، وزن ۱۰۰ دانه و شاخص برداشت) به استثنای تعداد دانه در فندقه با شاهد در سطح احتمال ۱٪ اختلاف معنی‌داری را نشان داد. در این پژوهش به منظور بررسی سهم ۱۴ صفت مورد مطالعه در ایجاد خوشه‌ها، میانگین و انحراف از میانگین کل هر خوشه برای کلیه‌ی صفت‌ها محاسبه شد (جدول ۴). با توجه به میانگین گروه‌ها از نظر صفت‌های بررسی شده، گروه ۴ در مقایسه با سایر گروه‌ها دارای برتری‌هایی بود. این گروه با تنها رده‌ی جهش یافته‌ی شماره ۱۱ از نظر اکثر صفت‌ها دارای مقدار بیش‌تری در مقایسه با سایر گروه‌ها بود. از آنجایی که اکثر صفت‌های بررسی شده مربوط به عملکرد و اجزای عملکرد بودند، بنابراین می‌توان انتظار داشت که این رده‌ی جهش یافته گزینش‌پذیر باشد. بهبود ارزش صفت‌های مطالعه شده، به ویژه صفت‌های عملکردی و اجزای عملکرد در رده‌ی جهش یافته‌ی شماره ۱۱ در مقایسه با تیمار شاهد نشان داد که در تیمار با پرتو گاما می‌توان انتظار داشت که مجموعه‌ای از صفت‌های مثبت در یک جهش یافته مشاهده شوند، پدیده‌ای که معمولاً به‌ندرت اتفاق می‌افتد. در این ارتباط، دبی و همکاران [۱۸] در بذره‌ای گیاه بامیه‌ی پرتو دهی شده با پرتو گاما در دزهای مختلف، افزایش ارتفاع مشاهده نمودند. سروش و همکاران [۱۹] نیز در گروه‌بندی ۱۰۵ ژن‌مانه برنج مورد مطالعه، آن‌ها را با استفاده از تجزیه‌ی خوشه به روش وارد در سه گروه طبقه‌بندی نمودند. مهدی خانی و همکاران [۲۰] با بررسی تنوع ریخت‌شناختی، ژنتیکی و عنصرهای غذایی در ژن‌مانه‌های بابونه‌ی آلمانی از طریق تجزیه‌ی خوشه‌ای، قرار گرفتن ژن‌مانه‌ها را در ۵ گروه گزارش نمودند.

جدول ۳. مقایسه‌ی میانگین صفت‌های رده‌ی جهش یافته‌ی شماره ۱۱ با شاهد

رده	ارتفاع بوته (cm)	تعداد شاخه‌ی جانبی	طول گل آذین (cm)	تعداد چرخه‌ی گل در بوته	تعداد چرخه‌ی گل در شاخه‌ی اصلی	تعداد چرخه‌ی گل در شاخه‌ی جانبی	تعداد فندقه در چرخه‌ی گل	تعداد دانه در فندقه (گرم در بوته)	عملکرد دانه (گرم در بوته)	وزن ۱۰۰ دانه (g)	عملکرد زیست‌شناختی (g)	شاخص برداشت
۱۱	۶۶٫۴۰a	۳٫۰۰ ab	۴۵٫۲۰a	۸۹٫۶۰a	۳۴٫۲۰a	۲۳٫۷۹a	۳٫۰۰a	۴۳۶٫۴۰a	۳٫۰۰a-d	۰٫۱۹g	۴٫۶۹a	۳۸٫۰۹a-c
۱۶	۴۹٫۸۰ b-d	۲٫۰۰ a-d	۲۹٫۲۰ b	۶۰٫۶۰ b	۲۱٫۸۰b	۱۵٫۸۴ a-e	۲٫۴۵a	۲۷۱٫۶۰b	۳٫۸۰ab	۰٫۱۹f	۳٫۲۲ab	۳۵٫۳۸ a-e
۷	۳۶٫۸۰ f-j	۳٫۲۰a-c	۲۴٫۶۰ b-d	۴۴٫۰۰b-f	۱۷٫۴۰b-f	۹٫۶۴ b-g	۲٫۴۱a	۵۹٫۸۰fg	۲٫۴۰cd	۰٫۱۵t	۲٫۶۸b-d	۳۶٫۳۲ a-e
۵	۵۳٫۰۰bc	۳٫۷۵a	۲۶٫۱۳ b-d	۵۰٫۵۰bc	۱۹٫۰۰b-f	۱۳٫۸۰ a-d	۲٫۴۴a	۲۱۳٫۰۰bc	۳٫۰۰ a-d	۰٫۲۱c	۲٫۷۵a-c	۳۲٫۹۵ a-g
۱۹	۴۰٫۰۰ d-i	۲٫۷۵a-c	۲۳٫۷۵ b-f	۳۵٫۰۰ b-g	۱۹٫۲۵b-f	۹٫۱۳ a-g	۲٫۴۵a	۱۷۰٫۰۰ b-e	۲٫۵۰b-d	۰٫۱۸hi	۱٫۵۰ b-f	۳۲٫۴۲ a-g
۲۵	۲۷٫۷۵ j	۱٫۵۰b-d	۱۱٫۶۲ g	۱۲٫۷۵fg	۱۲٫۲۵f	۱٫۵۰gh	۲٫۴۵a	۶۰٫۲۵ e-g	۲٫۲۵d	۰٫۱۶p	۰٫۵۲f	۳۰٫۷۹b-g
شاهد	۴۰٫۵۰d-i	۱٫۵۰b-d	۱۶٫۶۲d-g	۱۹٫۷۵d-g	۱۵٫۴۰b-f	۲٫۲۷ f-h	۲٫۳۴ab	۸۷٫۲۵d-g	۳٫۷۵ab	۰٫۱۷l	۱٫۰۹d-f	۴۱٫۰۴ab

*: میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون فاقد تفاوت معنی‌دار آماری در سطح احتمال ۵٪ هستند. علامت خط فاصله (-) به معنی تا است مثلاً d-i یعنی defghi.

جدول ۴. میانگین و انحراف معیار ($\bar{x} \pm S_p$) صفت‌های مورد بررسی در گروه‌های حاصل از تجزیه‌ی خوشه‌ای

کل	خوشه				تعداد رده در هر خوشه
	۴°	۳	۲	۱	
۳۴	۱	۱۴	۱۰	۹	تعداد رده در هر خوشه
	۱۱	۱۴، ۱۲، ۳۳، ۲۹، ۲۳، ۶، ۷، ۳	۲۰، ۴، ۱۹، ۱۷، ۳۱، ۵	۱۳، ۹، ۱۰، ۲۱، ۲۸، ۲۷	اسامی رده‌ها
		۳۲، ۱۸، ۲۵، ۲۲، ۳۰، ۲۴	۱۶، ۱، ۱۵، ۲	شاهد، ۲۶، ۸	
۴۲٫۶۲±۶٫۹۳	۶۶٫۴۰	۳۹٫۴۸±۵٫۴۷	۴۶٫۵۱±۴٫۵۸	۴۰٫۵۵±۳٫۸	ارتفاع بوته (cm)
۲٫۴۲±۰٫۶۸	۳٫۰۰	۱٫۸۵±۰٫۶۶	۲٫۹۱±۳٫۳۴	۲٫۶۹±۰٫۲۹	تعداد شاخه‌ی جانبی
۲۱٫۴۵±۵٫۸۶	۴۵٫۲۰	۱۸٫۳۳±۴٫۰۳	۲۴٫۳۶±۲٫۷۵	۲۰٫۴۲±۲٫۷۲	طول گل آذین (cm)
۳۲٫۹۱±۱۵٫۷۳	۸۹٫۶۰	۲۱٫۷۱±۱۰٫۲۷	۴۳٫۵۷±۷٫۷	۳۲٫۲۰±۴٫۳۰	تعداد چرخه‌ی گل در بوته
۱۷٫۰۹±۳٫۸۵	۳۴٫۲۰	۱۵٫۲۲±۱٫۵۱	۱۸٫۹۴±۱٫۹۳	۱۶٫۰۵±۲٫۲۸	تعداد چرخه‌ی گل در شاخه‌ی اصلی
۷٫۸۹±۵٫۲۴	۲۳٫۷۹	۳٫۹۲±۳٫۱۹	۱۱٫۶۱±۲٫۶۵	۸٫۱۸±۳٫۵۲	تعداد چرخه‌ی گل در شاخه‌ی جانبی
۵٫۸۴±۰٫۲۴	۳٫۰۰	۵٫۷۶±۰٫۲۹	۵٫۸۹±۰٫۲۳	۵٫۸۹±۰٫۱۴	تعداد فندقه در چرخه‌ی گل
۱۳۴٫۰۰±۷۶٫۳۳	۴۳۶٫۴۰	۷۱٫۳۵±۱۴٫۷۶	۱۹۱٫۷۲±۳۱٫۱۷	۱۳۳٫۷۶±۱۰٫۹۹	تعداد فندقه در بوته
۲٫۹۳±۰٫۵۸	۳٫۰۰	۲٫۵۹±۰٫۴۵	۳٫۱۱±۰٫۵۵	۳٫۲۶±۰٫۵۹	تعداد دانه در فندقه
۰٫۶۰±۰٫۳۳	۱٫۸۱	۰٫۴۳±۰٫۲۵	۰٫۷۴±۰٫۲۴	۰٫۵۹±۰٫۰۹۴	عملکرد دانه (g)
۰٫۱۸±۰٫۰۲	۰٫۱۹	۰٫۱۸±۰٫۰۲	۰٫۱۸±۰٫۰۲	۰٫۱۸±۰٫۰۲	وزن ۱۰۰ دانه (g)
۱٫۶۵±۰٫۸۳	۴٫۶۹	۱٫۱۷±۰٫۶۸	۲٫۰۸±۰٫۵۱	۱٫۵۶±۰٫۱۱	عملکرد زیست‌شناختی (g)
۳۴٫۴۴±۴٫۶۴	۳۸٫۰۹	۳۳٫۸۸±۵٫۰۴	۳۴٫۴۰±۴٫۹۵	۳۴٫۹۴±۴٫۱۸	شاخص برداشت
۲۱۸٫۹۴±۲٫۴۵	۲۲۵٫۰۰	۲۱۹٫۰۷±۲٫۲۷	۲۱۸٫۴±۱٫۵۰	۲۱۸٫۶۷±۲٫۹۶	زمان رسیدن

*: خوشه‌ی چهارم به دلیل تک رده بودن، بدون انحراف معیار است.

۴.۳ تجزیه‌ی تابع تشخیص

صفت‌ها به جز تعداد فندقه در چرخه‌ی گل، وزن ۱۰۰ دانه، شاخص برداشت و زمان رسیدن نشان می‌دهد که بین ۴ خوشه از نظر این صفت‌ها اختلاف معنی‌داری وجود دارد. هم‌چنین براساس مرکز بودن خوشه نیز مشخص شد که هر سه تابع بیش‌ترین تأثیر را از خوشه‌ی ۴ دارند.

با تجزیه‌ی تابع تشخیص درستی گروه‌بندی‌های حاصل از تجزیه‌ی خوشه‌ای بررسی و به طور کامل تأیید شد. هم‌چنین در تجزیه‌ی تابع تشخیص، براساس آزمون ویلکس لاندل^(۱۸) صفت تعداد فندقه در بوته (۰٫۰۶۵) در تشخیص بین گروه‌ها مؤثرتر از بقیه‌ی صفت‌ها شناخته شد. در جدول ۵ معنی‌دار بودن همه‌ی

نمود. عامل سوم که ۱۰/۶٪ تغییرهای کل داده را تبیین نمود عامل رسیدن و چرخه‌ی گل نام گرفت و در آن صفت‌هایی چون زمان رسیدن، تعداد فندقه در چرخه‌ی گل، تعداد چرخه‌ی گل در شاخه‌ی جانبی و تعداد چرخه‌ی گل در شاخه‌ی اصلی از مهم‌ترین صفت‌ها بودند. در عامل چهارم که صفت‌هایی چون وزن صد دانه، تعداد شاخه‌ی جانبی و ارتفاع بوته مهم‌تر بودند، ۸/۷۷٪ تغییرهای داده تبیین شد و این عامل، عامل ارتفاع بوته و وزن صد دانه نام گرفت. زاهو و همکاران [۲۱] نیز با انجام تجزیه‌ی ۱۲ صفت زراعی مهم به عامل‌ها در ۱۶ ژن‌مانه‌ی سویا در چین گزارش کردند که این صفت‌ها به چهار عامل تقسیم می‌شوند. به طوری که عامل اول شامل صفت‌های تعداد دانه در بوته و تعداد غلاف در بوته، عامل دوم شامل صفت‌های ارتفاع بوته، تعداد گره، ارتفاع اولین غلاف از سطح زمین و زمان رسیدن، عامل سوم شامل صفت‌های تعداد غلاف در بوته، وزن صد دانه و وزن دانه در بوته و عامل چهارم شامل صفت تعداد شاخه‌ی فرعی بود.

۶.۳ تجزیه‌ی علیت

در تجزیه‌ی علیت، تنها صفت‌هایی که با عملکرد دانه در روش رگرسیون گام به گام^(۲۱) رابطه‌ی معنی‌دار داشتند مورد استفاده قرار گرفتند (جدول ۷). با توجه نتیجه‌های به دست آمده، در بین صفت‌های مورد بررسی عملکرد زیست‌شناختی و شاخص برداشت به ترتیب بیش‌ترین اثر مستقیم بر عملکرد دانه را داشتند که نشان‌دهنده‌ی اهمیت این صفت‌ها در تعیین عملکرد دانه است و با یافته‌های نادری و همکاران [۲۲] هم‌سوئی دارد. بیش‌ترین اثر غیرمستقیم مربوط به ارتفاع بوته و تعداد شاخه‌ی جانبی از طریق عملکرد زیست‌شناختی است. مقدم و همکاران نیز اثر غیرمستقیم و منفی ارتفاع گیاه بر روی عملکرد دانه را گزارش کردند (به نقل از افونی و محلوچی [۲۳]). به‌طور کلی می‌توان نتیجه گرفت که بیش‌ترین اثر مستقیم و غیرمستقیم از طریق عملکرد زیست‌شناختی بر عملکرد دانه اعمال شده که نشان‌دهنده‌ی اهمیت این صفت در تعیین عملکرد دانه است. هم‌چنین همبستگی بالا و معنی‌دار عملکرد زیست‌شناختی با عملکرد دانه اهمیت این صفت را در ارتباط با گزینش عملکرد دانه مورد تأکید قرار می‌دهد.

جدول ۵. نتایج تحلیل واریانس بین ۴ خوشه‌ی حاصل از تجزیه‌ی خوشه‌ای

صفت‌ها	آماره Wilks' Lambda	آماره F
ارتفاع بوته	۰,۴۴	۱۲,۸۸ ^{***}
تعداد شاخه‌ی جانبی	۰,۴۸	۱۰,۸۲ ^{***}
طول گل آذین	۰,۳۰	۲۳,۴۳ ^{***}
تعداد چرخه‌ی گل در بوته	۰,۲۵	۲۹,۷۷ ^{***}
تعداد چرخه‌ی گل در شاخه‌ی اصلی	۰,۲۱	۳۶,۷۶ ^{***}
تعداد چرخه‌ی گل در شاخه‌ی جانبی	۰,۳۲	۲۰,۷۷ ^{***}
تعداد فندقه در چرخه‌ی گل	۰,۹۱	۰,۹۳ ^{NS}
تعداد فندقه در بوته	۰,۰۶	۱۴۳,۲۵ ^{***}
تعداد دانه در فندقه	۰,۷۳	۳,۶۱ [°]
عملکرد دانه	۰,۴۴	۱۲,۸۰ ^{***}
وزن ۱۰۰ دانه	۰,۹۹	۰,۰۹ ^{NS}
عملکرد زیست‌شناختی	۰,۳۷	۱۷,۰۱ ^{***}
شاخص برداشت	۰,۹۷	۰,۲۹ ^{NS}
زمان رسیدن	۰,۷۹	۲,۵۸ ^{NS}

NS، * و **؛ به ترتیب غیرمعنی‌دار، معنی‌دار در سطوح احتمال ۵٪ و ۱٪.

۵.۳ تجزیه‌ی عاملی

مناسب بودن داده‌ها از نظر کفایت اندازه‌ی نمونه و همبستگی بین متغیرها برای انجام تجزیه‌ی عاملی به ترتیب از طریق مقدار کیزر مایر (KMO) و آزمون کروی بودن بارتلت بررسی شدند. مقدار KMO برابر ۰,۷۱۷ برآورد شد و هم‌چنین مقدار مربع کای^(۱۹) (۵۹۹/۸) مربوط به آزمون کروی بودن بارتلت معنی‌دار بود. این نتایج نشان می‌دهند که داده برای انجام تجزیه‌ی عاملی مناسب است.

نتیجه‌های تجزیه‌ی عاملی، صفت‌های مورد مطالعه را با توجه به بالاتر بودن ویژه‌مقدارهای بالاتر از یک، به چهار عامل تفکیک کرد (جدول ۶). این چهار عامل توانستند پس از دوران عامل‌ها با چرخش وریماکس^(۲۰)، ۸۲/۱۹٪ تغییرهای داده را تبیین نمایند. در عامل اول که بیش‌ترین درصد تبیین تغییرهای داده مربوط به آن بود (۵۱/۰۱٪)، مهم‌ترین صفت‌ها عبارت از طول گل آذین، تعداد فندقه در بوته، تعداد چرخه‌ی گل در بوته و عملکرد زیست‌شناختی بودند. این عامل را می‌توان عامل گل آذین و عملکرد زیست‌شناختی نام‌گذاری کرد. در عامل دوم که عامل تعداد و عملکرد دانه نام‌گذاری شد صفت‌هایی چون شاخص برداشت، تعداد دانه در فندقه و عملکرد دانه دارای بیش‌ترین اهمیت بودند. این عامل ۱۱/۸٪ تغییرهای داده را توجیه

جدول ۶. نتیجه‌های تجزیه‌ی صفت‌های مورد بررسی به عامل‌ها همراه با دوران وریماکس

صفت‌ها	عامل‌ها			
	۴	۳	۲	۱
ارتفاع بوته	۰٫۱۷	-۰٫۱۱	-۰٫۰۹	۰٫۱۶
تعداد شاخه‌ی جانبی	-۰٫۳۳	۰٫۳۱	-۰٫۱۱	۰٫۰۶
طول گل آذین	۰٫۰۳	-۰٫۱۰	-۰٫۰۶	۰٫۱۶
تعداد چرخه‌ی گل در بوته	-۰٫۰۴	۰٫۱۰	-۰٫۰۲	۰٫۱۳
تعداد چرخه‌ی گل در شاخه‌ی اصلی	۰٫۰۷	-۰٫۱۹	-۰٫۰۷	۰٫۱۶
تعداد چرخه‌ی گل در شاخه‌ی جانبی	-۰٫۰۶	۰٫۲۰	-۰٫۰۱	۰٫۱۰
تعداد فندقه در چرخه‌ی گل	۰٫۰۱	۰٫۲۶	۰٫۰۲	۰٫۰۱
تعداد فندقه در بوته	۰٫۱۳	۰٫۰۵	-۰٫۰۳	۰٫۱۴
تعداد دانه در فندقه	۰٫۱۱	۰٫۱۹	۰٫۵۲	-۰٫۰۸
عملکرد دانه	-۰٫۰۵	-۰٫۰۱	۰٫۱۴	۰٫۰۹
وزن ۱۰۰ دانه	۰٫۸۰	۰٫۰۹	۰٫۰۱	۰٫۰۵
عملکرد زیست‌شناختی	-۰٫۰۵	۰٫۰۴	۰٫۰۲	۰٫۱۲
شاخص برداشت	-۰٫۰۴	-۰٫۱۸	۰٫۶۳	-۰٫۰۹
زمان رسیدن	-۰٫۱۴	-۰٫۵۹	۰٫۰۴	۰٫۰۸
ویژه-مقدار	۱٫۱۷	۱٫۳۰	۱٫۴۷	۷٫۵۶
درصد واریانس	۸٫۷۷	۱۰٫۶۰	۱۱٫۸۱	۵۱٫۰۱
واریانس تجمعی	۸۲٫۲۰	۷۳٫۴۲	۶۲٫۸۲	۵۱٫۰۱

جدول ۷. داده‌های تجزیه‌ی علیت (عملکرد دانه، متغیر وابسته است)

متغیرهای مستقل	اثر مستقیم	اثر غیرمستقیم از طریق			
		وزن بوته (X _۱)	شاخص برداشت (X _۲)	تعداد شاخه‌ی جانبی (X _۳)	ارتفاع بوته (X _۴)
X _۱	۱٫۰۶۳	-	۰٫۰۵	-۰٫۰۶۸	۰٫۰۶۷
X _۲	۰٫۱۶	۰٫۳۳	-	-۰٫۰۰۸	-۰٫۰۱۲
X _۳	-۰٫۱	۰٫۷۲۸	۰٫۰۱۳	-	-۰٫۰۳۶
X _۴	-۰٫۰۹۳	۰٫۷۶	۰٫۰۲	-۰٫۰۳۸	-

** معنی دار در سطح احتمال ۱٪. اثرهای باقی مانده برابر با ۰٫۰۸ است.

۴. نتیجه‌گیری

در این پژوهش رده‌ی جهش یافته‌ی شماره ۱۱، از نظر اکثر صفت‌ها مانند ارتفاع بوته، طول گل آذین، تعداد چرخه‌ی گل، تعداد فندقه در بوته، وزن دانه در بوته و وزن بوته، نسبت به بقیه‌ی رده‌های جهش یافته و شاهد برتر بود. در تجزیه‌ی خوشه‌ای که ژن‌مانه‌های مورد مطالعه به ۴ گروه یا خوشه تقسیم شدند رده‌ی جهش یافته‌ی شماره ۱۱ به تنهایی در یک گروه مجزا قرار گرفت. مطالعه‌ی بیشتر در این رده در حال بررسی است. مهم‌ترین صفت که در تنوع بین ژن‌مانه‌های مورد مطالعه نقش بیشتری داشته و توانسته است توجه بیشتری از واریانس بین ژن‌مانه‌ها را نشان دهد صفت طول گل آذین است؛ این مطلب از تجزیه‌ی عاملی استنتاج شد. وزن بوته بیش‌ترین اثر مستقیم و صفت‌های ارتفاع بوته و تعداد شاخه‌ی جانبی بیش‌ترین اثر غیرمستقیم بر وزن دانه در بوته را داشتند.

پی‌نوشت‌ها

1. Mutation Breeding
2. Mutagenesis
3. Mutants
4. *Lallemantia Royleana*
5. Laminale
6. Lamiaceae Labiate
7. Lallemantia
8. Factor Analysis
9. Kaiser-Meyer-Olkin (KMO)
10. Bartlett's Test of Sphericity
11. Path Analysis
12. Cluster Analysis
13. Ward
14. Dendrogram
15. Discriminant Function Analysis
16. SPSS
17. Alleles
18. Wilk's Lambda
19. Chi-Square
20. Varimax Rotation
21. Stepwise

مراجع

- [1] H.K. Adu-Dupaah, R.S. Sang Won, Improving bamba groundnut productivity using gamma irradiation and in vitro techniques, *Afr. J. Biotechnol*, 3, 5 (2005) 260-265.
- [2] S. Jambhulker, Mutagenesis: generation and evaluation of induced, *Adv Bot Res*, 45 (2007) 417-429.
- [3] M.A. Javed, M.A. Siddiqui, M.K.R. Khan, A. Khatri, L.A. Khan, N.A. Dahar, M.H. Khanzada, R. Khan, Development of high yielding mutants of *Brassica campestris* L. cv. Toria selection through gamma rays irradiation. *Asian. J. sci.*, 2, 2 (2003) 192-195.
- [4] M.C. Kharkwal, R.N. Pandey, S.E. Pawar, Mutation breeding for crop improvement. In: Plant breeding. Mendelian to molecular approaches. H.K. Jain, M.C. Kharkwal (eds), Narosa publishing house, New Delhi, India, (2004) 601-645.
- [5] M. Fotokian, Genetic diversity in canola varieties Sarigol and RGS003 using gamma rays, Research project, Agricultural Research center, Shahed University, (2010).
- [6] G. Jones, S. Valamoti, *Lallemantia* an imported or introduced oil plant in Bronze Age in northern Greece, *Vegetation history and archaeobotany*, 14, 4 (2005) 537-571.
- [7] S.M. Talebi, Morphology, anatomy and camo taxonomy of species *Lallemantia* in Iran, shahid Beheshti University, M.S. Thesis (2006).
- [8] A. Ghannadi, B. Zolfaghari, Compositional analysis of essential oil of *Lallemantia royleana* (Benth) from Iran. *Flav. fragr. J*, 2003, 18 (2002) 237-239.
- [9] C. Sagsiri, W. Sorajjapinun, P. Srinives, Gamma radiation induced mutation in mungbean, *Sci Asia*, 31 (2005) 251-255.
- [10] M. Naseri Tafti, F. Yousefi, M. Rezazadeh, H. Sabzi, R. Ojani, The results of gamma irradiation mutations in soya, *J. Sci. Technol.*, 27 (2004) 17-22.
- [11] H. Shew, M.A.Q. Shiaikh, Early maturing, short-culm and finer grain rice mutants, *Mutation Breeding Newsletters*, 40 (1993) 7-8.
- [12] F. Majd, M. Rahimi, M. Rezazadeh, Create lines resistant to lodging and high yield in rice mutations induction by gamma irradiation (physical mutations), *J. Sci. Technol.*, 26 (2002) 37-43.
- [13] M. Samadi Georgian, M. Babaeian Jolodar, N. Bagheri, Study of gamma irradiation on germination and morphological characteristics of two cultivars of rapeseed (*Brassica napus* L.), *J. Agri. Sci. Natural. Res.*, 16, 2 (2009) 315-324.
- [14] M. Ilhan Cagirgan, Selection and morphological characterization of induced determinate mutants in sesame, *Field Crop Res*, 96 (2006) 19-24.
- [15] A. Khatri, I. Ahmed khan, M.A. Siddiqui, S. Raza, G.S. Nizamani, Evaluation of high yielding mutants of *Brassica juncea* cv. S-9 developed through gamma rays and EMS, *Pak. J. Bot*, 37, 2 (2005) 279-284.
- [16] M.H. Khan, S.D. Tyagi, Studies on induction of chlorophyll mutations in soybean (*Glycine max* (L.) Merrill), *Front. Agric. China*, 3 (2009) 253-258.
- [17] V.N. Waghmare, R.B. Mehra, Mutation in grass pea (*Lathyrus sativus* L.). *Lathyrus Lathyrism Newsletter*, 1 (2000) 21-24.
- [18] A.K. Dubey, J.R. Yadav, B. Singh, Studies on induced mutations by gamma irradiation in okra (*Abelmoschus esculentus* (L.) Monch.), *Progres. Agric*, 7, 1, 2 (2007) 46-48.
- [19] R. Soroush, M. Allah Gholipour, Diversity and classification of rice genotypes, *Proceedings of the 9th Iranian Congress of Crop Sciences*, (2006).
- [20] H. Mahdikhani, M. Soloki, H. Zeinali, A. Imam jomieh, Morphological and molecular diversity in of baboneh, University of Zabol, M.S. thesis (2006).
- [21] J.G. Zhao, W.M. Ghen, Z.L. Li, X.L. Li, Factor analysis of the main agronomic characters in soybean, *Soybean Science*, 10 (1991) 24-30.
- [22] A. Naderi, A. Hashemi Dezfooli, A. Majidi Hervan, A. Rezai, Gh. Noormohammadi, The study correlations among traits affecting grain weight and influence of some physiological parameters on grain yield of spring wheat genotypes under optimum and drought stress, 16 (2000) 374-386.
- [23] D. Effuni, M. Mahlogi, Correlation Analysis of some agronomic traits in wheat genotypes under salt stress, *S.P.I.I. J*, 22, 2 (2006) 186-199.

