

بررسی تنوع مورفولوژیک لاین‌های جهش یافته نسل هفتم سویای حاصل از پرتودهی با اشعه گاما در شرایط گلخانه

مهدی یونسی حمزه‌خانلو^{۱*}، علی ایزدی دربندی^۱، نجات پیرولی بیرانوند^۲ و محمد طاهر حلاجیان^۲

(تاریخ دریافت: ۱۳۸۹/۱۱/۱۸؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۷/۱۸)

چکیده

تنوع ژنتیکی اساس اصلاح نباتات می‌باشد. به همین منظور، نسل هفتم (M7) ۳۳ لاین جهش یافته حاصل از جهش با پرتو گاما در سویا با دزهای جذبی ۱۵۰، ۲۰۰ و ۲۵۰ گری به همراه رقم L17 مادری که لاین‌های جهش یافته از آن مشتق شده بودند و دو رقم تجاری ویلامز و کلارک به منظور ارزیابی تنوع برخی صفات مورفولوژیک (تعداد برگ در بوته، تعداد غلاف در بوته، تعدد دانه در غلاف، تعداد دانه در بوته، وزن صد دانه، وزن خشک اندام هوایی، وزن خشک ریشه، عملکرد تک بوته، شاخص برداشت، تعداد گره در ریشه و وزن خشک گره‌ها) در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار در گلخانه گروه پژوهشی کشاورزی هسته‌ای پژوهشکده تحقیقات کشاورزی، پزشکی و صنعتی کرج مورد ارزیابی قرار گرفتند. لاین‌های بررسی شده از لحاظ تمامی صفات، بجز صفت تعداد دانه در غلاف، اختلاف معنی‌داری را در سطوح احتمال ۱ و ۵ درصد نشان دادند. لاین جهش یافته شماره ۱۳ (M13) به عنوان برترین لاین از نظر صفات بررسی شده شناخته شد. عملکرد تک بوته بیشترین همبستگی را با شاخص برداشت (۰/۸۸۶) داشت که در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود. تجزیه خوشه‌ای بر اساس صفات ارزیابی شده و روش وارد منجر به تفکیک چهار گروه مستقل از همدیگر شد. نتایج نشان داد که پرتوتابی از لحاظ اکثر صفات، نظیر تعداد گره در ریشه و شاخص برداشت، باعث القای تنوع ژنتیک قابل توجهی می‌شود.

واژه‌های کلیدی: پرتوتابی، تجزیه خوشه‌ای، تنوع ژنتیک، دز جذبی

مقدمه

خودی برای استفاده در اصلاح نباتات بسیار کم است. بنابراین می‌توان از جهش‌زاهای فیزیکی و شیمیایی برای القای جهش در گیاهان زراعی استفاده کرد (۷). استفاده علمی از روش‌های هسته‌ای جهت افزایش تولیدات کشاورزی و بهبود کیفیت آنها در زمینه‌های ذکر شده سابقه‌ای بیش از ۴۰ سال در کشورهای پیشرفته داشته و در کشورهای نظیر هندوستان و پاکستان بیش از ۳۰ سال است که فعالیت‌هایی

تنوع ژنتیک، ماده خام روش‌های اصلاح نباتات می‌باشد. به طوری که انتخاب موفقیت‌آمیز ژنوتیپ‌ها از داخل جمعیت‌های مورد اصلاح بستگی به وجود تنوع ژنتیک دارد و بدون آن پیشرفتی در اصلاح نباتات امکان‌پذیر نیست (۴). افزایش تنوع ژنتیک به واسطه تلاقی‌های گوناگون و جهش‌های خود به خودی و القائی میسر می‌باشد. نرخ جهش‌های خود به

۱. گروه علوم زراعی و اصلاح نباتات، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران

۲. پژوهشکده تحقیقات کشاورزی، پزشکی و صنعتی، پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای، سازمان انرژی اتمی ایران، کرج

*: مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: mehdiyounessi377@gmail.com

سویا علیرغم ژنوم بزرگی که دارد از تنوع ژنتیک کمی برخوردار می‌باشد (۱۱ و ۱۹). لذا ایجاد منبع تنوع جدید با استفاده از مواد جهش‌زا مانند اشعه گاما در این گیاه برای به دست آوردن ارقام برتر از نظر صفات مختلف کیفی و کمی مانند عملکرد و خصوصیات گره‌زایی ضروری به نظر می‌رسد. پروژه آزاد سازی ارقام جهش یافته مطلوب سویا در پژوهشکده تحقیقات کشاورزی، پزشکی و صنعتی، پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای، سازمان انرژی اتمی ایران و با همکاری وزارت جهاد کشاورزی (۱) از چند سال پیش شروع شده و همچنان ادامه دارد و این تحقیق تنها بخشی از این پروژه را که شامل شناسایی و تفکیک لاین‌های جهش یافته از همدیگر در شرایط گلخانه‌ای بود، شامل می‌شود. اهداف مد نظر در این تحقیق به شرح زیر می‌باشد: بررسی تنوع مورفولوژیک لاین-های جهش یافته حاصل از پرتو دهی با اشعه گاما، مقایسه تنوع لاین‌های جهش یافته، رقم مادری و ارقام تجاری و گروه بندی و تعیین ویژگی‌های آنها (مانند عملکرد و خصوصیات گره‌زایی) جهت بهره‌برداری‌های بعدی اصلاحی (مانند ایجاد والدین برتر و متفاوت در ایجاد ارقام هیبرید و آزاد سازی ارقام) می‌باشد.

مواد و روش‌ها

نسل هفتم (M7) ۳۳ لاین جهش یافته حاصل از جهش با پرتو گاما در سویا با دزهای جذبی ۱۵۰، ۲۰۰ و ۲۵۰ گری به همراه رقم L17 مادری که لاین‌های جهش یافته از آن مشتق شده بودند (۱) و دو رقم تجاری ویلامز (WI) و کلارک (CL) به منظور بررسی تنوع در گلخانه گروه پژوهشی کشاورزی هسته‌ای پژوهشکده تحقیقات کشاورزی، پزشکی و صنعتی کرج در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار کشت شدند. بذرها بعد از آلوده سازی خاک گلدان‌ها با باکتری تثبیت کننده نیتروژن (برای هر گلدان ۵ سی سی از محلول حاوی باکتری تثبیت کننده نیتروژن) در آنها کشت شدند. هر کدام از گلدان‌ها حاوی ۴ کیلوگرم خاک بودند که در هر کدام از آنها ۶ بذر کشت شد. بعد از گذشت ۲۰ روز، گلدان‌ها از

در این زمینه آغاز شده است (۶). به علت موفقیت‌های چشمگیری که این کشورها در حل مسائل کشاورزی با استفاده از روش‌های هسته‌ای داشته‌اند، کاربرد آنها به شدت رو به توسعه است. جهش منبع نامحدود برای تنوع در برنامه‌های اصلاح نباتات است (۶).

موفقیت در اصلاح گیاهان زراعی به میزان تنوع ژنتیک موجود در آنها بستگی دارد. از آنجایی که فراوانی جهش‌های طبیعی نادر است، اصولاً ایجاد جهش وارد چرخه حیات شده و به این ترتیب تنوع ژنتیک و سازگاری ژنوتیپی به منظور گسترش دامنه گزینش مؤثر افزایش یافته است. مواد جهش‌زا امکانات لازم به منظور ایجاد جهش و تغییرات ژنتیک را فراهم می‌آورند. طی ۴ دهه گذشته، تحقیقات در زمینه ایجاد جهش به سرعت پیشرفت نموده است. شمار زیادی از غلات و لگوم‌ها تحت تیمارهای جهش‌زاهای فیزیکی و شیمیایی قرار گرفته‌اند و تا کنون بیش از ۶۰۰ جهش یافته، بخصوص در گیاهان زیتنی، ایجاد شده است (۱۴). هم‌چنین جین (۱۰) اظهار می‌دارد که القای جهش بر اساس اشعه‌های یونیزه کننده یکی از روش‌های اساسی اصلاحی برای بهبود گیاهان می‌باشد. به طوری که بیش از ۲۳۰۰ واریته جهش یافته با استفاده از اشعه‌های جهش‌زا آزاد شده است.

موهاندگیف (۱۵) بیان می‌دارد که تأثیر توأم جهش‌زاهای فیزیکی (پرتوهای یونزا) و شیمیایی به منظور اصلاح پاره‌ای از صفات به منظور دستیابی به طیف وسیعی از جهش یافته‌های مطلوب، مناسب می‌باشد. در این ارتباط، زاگری (۲۰) با استفاده از جهش‌زاهای فیزیکی و شیمیایی در سویا دو لاین جهش یافته خالص به دست آورد که نسبت به رقم مادری پاکوتاه‌تر بودند و عملکرد بیشتری نیز داشتند. بسیاری از جهش یافته‌ها به عنوان منبع صفات مطلوب در برنامه‌های اصلاحی سویا مورد استفاده قرار گرفته‌اند (۱۲) و (۱۳). به طوری که اصلاح از طریق جهش در سویا منجر به ایجاد لاین‌های جهش یافته با صفات مطلوبی مانند مقاومت به ریزش غلاف، مقاومت به آترازین، محتوای کم لینولئیک اسید و مقادیر زیاد اولئیک شده است (۷، ۱۶، ۱۷ و ۱۸).

جدول ۱. تجزیه واریانس برای صفات اندازه‌گیری شده در لاین‌های جهش یافته و ارقام تجاری سویا

میانگین مربعات						
منابع تغییر	درجه آزادی	عملکرد تک بوته (g)	شاخص برداشت	وزن خشک ریشه (g)	تعداد گره در ریشه	وزن خشک گره‌ها (g)
ژنوتیپ	۳۵	۰/۳۰۸**	۱/۵۳**	۰/۳۲۰**	۰/۱۸۸**	۰/۰۰۴۴**
خطا	۷۲	۰/۱۱۹	۰/۴۴	۰/۰۸۲	۰/۰۰۳	۰/۰۰۰۰۸
ضریب تغییرات (%)		۱۷/۴۶	۱۶/۰۸	۵/۲۱	۹/۶۲	۱۱/۸۹

ادامه جدول ۱

میانگین مربعات						
منابع تغییر	درجه آزادی	تعداد برگ در بوته	تعداد دانه در غلاف	تعداد دانه در بوته	تعداد غلاف در بوته	وزن خشک اندام هوایی (g)
ژنوتیپ	۳۵	۰/۰۰۰۶**	۰/۰۶۳*	۰/۰۱	۰/۰۰۷ ns	۰/۰۰۰۳**
خطا	۷۲	۰/۰۰۰۱	۰/۰۳۵	۰/۰۰۵	۰/۰۰۵	۰/۰۰۰۰۸
ضریب تغییرات (%)		۱۰/۸۷	۸/۵۸	۱۷/۶۷	۱۷/۷۵	۷/۱۷

**، * و ns به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال ۱٪ و ۵٪ و غیر معنی‌دار

نتایج و بحث

تجزیه واریانس برای ارزیابی تغییرات صفات مورد مطالعه (جدول ۱) نشان داد که بین ۱۰ صفت از ۱۱ صفت اختلاف معنی‌داری بین ژنوتیپ‌ها وجود دارد. صفات تعداد برگ، تعداد دانه در بوته، تعداد غلاف در بوته، وزن خشک اندام هوایی، وزن خشک ریشه، شاخص برداشت، تعداد گره در ریشه و وزن خشک گره‌ها اختلاف معنی‌داری در سطح ۱٪ و برای صفات وزن ۱۰۰ دانه و عملکرد تک بوته اختلاف معنی‌داری در سطح ۱٪ نشان داد. تنها برای صفت تعداد دانه در غلاف در بین لاین‌ها اختلاف معنی‌داری وجود نداشت.

آزمون مقایسه میانگین برای صفات مورد مطالعه نشان داد که نسل M7 لاین‌های پرتو دیده دارای ارزش بیشتری از نظر صفات مورد بررسی می‌باشند. این نتایج با بررسی‌های خان و همکاران (۱۲) مطابقت دارد که نشان داده بودند لاین‌های جهش یافته سویا باعث توسعه ارقامی می‌شود که الل‌های مطلوبی دارند و می‌توانند برای توسعه بیشتر ارقام سویا

نظر تعداد بذر تنک شدند و نهایتاً در هر گلدان ۳ گیاهچه برای اندازه‌گیری صفات مورد نظر نگه داشته شد. صفات مورفولوژیک که در این تحقیق مورد ارزیابی قرار گرفتند عبارت بودند از تعداد برگ در بوته، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، تعداد دانه در بوته، وزن صد دانه، وزن خشک اندام هوایی، وزن خشک ریشه، عملکرد تک بوته، شاخص برداشت، تعداد گره در ریشه و وزن خشک گره‌ها. به منظور به دست آوردن متوسط صفات اندازه‌گیری شده در هر تکرار، مقادیر به دست آمده در هر گلدان به تعداد گیاه موجود در آن تقسیم شد. تجزیه واریانس داده‌ها و بررسی ضریب همبستگی ساده فنوتیپی بین صفات با استفاده از نرم‌افزار SAS انجام گرفت. برای مقایسه میانگین‌ها از روش مقایسه میانگین چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵٪ استفاده شد. در این تحقیق، تجزیه خوشه‌ای با میانگین صفات و با استفاده از روش وارد و معیار فاصله اقلیدسی انجام شد. تجزیه خوشه‌ای صفات کمی با استفاده از برنامه SPSS16.0 انجام گرفت.

جدول ۲. مقایسه میانگین صفات تعداد گره، شاخص برداشت و وزن خشک اندام هوایی لاین‌های سویا

شماره لاین	تعداد گره	شاخص برداشت	وزن خشک اندام هوایی (g)	شماره لاین	تعداد گره	شاخص برداشت	وزن خشک اندام هوایی (g)
M1	۱۴/۷۷ ^d	۰/۳۳۳a	۸/۳۳a	M19	۸/۵۵gh	۰/۳۱۶ab	۷/۴۶a-f
M2	۶/۵۳ ^{kij}	۰/۳۱ab	۶/۶۷d-j	M20	۹/۹۹gf	۰/۲۵۳abc	۷/۵۶a-d
M3	۴/۵۵ ^{mn}	۰/۲۸۳a-c	۷/۱c-i	M21	۸/۷۷gh	۰/۲۳bcd	۶/۴۳g-j
M4	۱۴/۸۹ ^d	۰/۳۱۶ab	۶/۸۶d-j	M22	۱۷/۴۴c	۰/۳۰۳ab	۷/۴۶a-f
M5	۳/۴۴ ^{mn}	۰/۲۸۳abc	۷/۴۶a-g	M23	۴/۹۹kml	۰/۲۳bcd	۶/۵۶d-j
M6	۱۴/۵ ^d	۰/۲۶۳abc	۶/۴۵f-j	M24	۱۱/۲۲ef	۰/۲۵۳abc	۶/۶۷d-j
M7	۱۹/۸۸ ^b	۰/۳ab	۶/۷d-j	M25	۱۰/۸۸ef	۰/۲۹ab	۷/۳۶a-h
M8	۱۶/۱ ^{cd}	۰/۲۶abc	۷/۱۳c-i	M26	۸/۶۶gh	۰/۲۶abc	۶/۷d-j
M9	۴/۶۶ ^{mn}	۰/۲۸abc	۶/۲۳ij	M27	۳/۲۱n	۰/۳ab	۶/۳۶h-j
M10	۱۹/۵۵ ^b	۰/۲۹۳ab	۷/۳۳c-h	M28	۵/۴۴klj	۰/۲۵۳abc	۶/۸۶d-j
M11	۳/۱۱ ⁿ	۰/۳۱۳ab	۶/۸۶d-j	M29	۶/۵۵kij	۰/۱۹۶cd	۶/۲۳ij
M12	۷/۴۴ ^{hi}	۰/۳۱۳ab	۷/۴۶a-f	M30	۱۰/۶۶ef	۰/۲۶abc	۶/۵f-j
M13	۲۳/۷۷ ^a	۰/۲۹ab	۸a-c	M31	۸/۷۷gh	۰/۲۴bcd	۶/۵c-j
M14	۱۷/۱ ^c	۰/۳۱۳ab	۷/۹a-c	M32	۶/۷۷jl	۰/۳۰۳ab	۷/۱c-i
M15	۳/۴۴ ^{mn}	۰/۲۸abc	۷/۲۳c-i	M33	۱۱/۸۷e	۰/۳۰۳ab	۷/۰۵c-j
M16	۵/۸۸ ^{kilj}	۰/۳۱۶ab	۷/۵۳a-e	P(117)	۷/۵۵hi	۰/۲۶abc	۷/۲۳c-i
M17	۶/۴۴ ^{kij}	۰/۲۶abc	۶/۰۶j	Wi	۱۰/۷۶ef	۰/۱۶۶abc	۷/۸۳d-j
M18	۱۱/۷۶ ^e	۰/۲۶۶abc	۸/۳ab	Cl	۳/۲۲n	۰/۲۷۶abc	۷/۱c-i

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون فاقد تفاوت معنی‌دار آماری در سطح ۵٪ هستند.

یافته‌ای که در مقایسه با والدین‌شان ارزش صفات بالایی داشته باشند و نیز نسبت به آنها دارای صفت جدیدی باشند از اهداف اصلی یک برنامه اصلاحی برای جهش می‌باشد. این مهم در تحقیق حاضر نیز به وضوح دیده می‌شود. دو صفت وزن خشک اندام هوایی و شاخص برداشت که بیشترین همبستگی را با عملکرد تک بوته داشتند و هم‌چنین صفت تعداد گره به خاطر اهمیت آن در تثبیت نیتروژن انتخاب شدند و آزمون مقایسه میانگین‌ها برای آنها انجام شد. همان‌طور که در جدول ۲ ملاحظه می‌شود، برای صفت تعداد گره، لاین جهش یافته شماره ۱۳ (M13) بیشترین مقدار را داشت و حداکثر اختلاف را با سایر لاین‌ها نشان داد. می‌توان ادعا نمود که این لاین از نظر میزان تثبیت نیتروژن نسبت به سایر لاین‌ها ارجح می‌باشد.

با عملکرد و اجزای عملکرد مطلوب به کار گرفته شوند. لازم به ذکر است که در بین لاین‌های جهش یافته لاین‌هایی که ارزش صفات‌شان کمتر از رقم مادری و ارقام تجاری باشد نیز وجود داشت. یعنی، جهش تصادفی عمل می‌کند و در بعضی موارد نتایج ایجاد می‌شود که از نظر یک صفت خاص مد نظر نیست. ولی می‌توان همین نتایج را برای اهداف دیگر نظیر ایجاد مقاومت القائی مورد بررسی قرار داد. در اینجا نیز با اینکه برخی از لاین‌های جهش یافته از نظر صفات عملکرد و اجزای عملکرد ارزش‌شان کمتر از رقم مادری و تجاری بود ولی احتمال دارد که همین لاین‌ها واجد صفاتی مطلوب باشند که لاین‌های دیگر نداشته باشند. لذا تنها عملکرد نمی‌تواند شاخصی برای انتخاب در برنامه‌های جهشی باشد. به دست آوردن لاین‌های جهش

جدول ۳. ضرایب همبستگی فنوتیپی ساده (پیرسون) بین صفات بررسی شده در لاین‌های جهش یافته، رقم مادری و ارقام تجاری سویا (N=۳۶)

صفت	وزن خشک گره‌ها (g)	تعداد گره در ریشه	وزن خشک ریشه (g)	شاخص برداشت	عملکرد تک بوته (g)	وزن ۱۰۰ دانه (g)	اندام هوایی (g)	تعداد غلاف در بوته	تعداد دانه در غلاف	تعداد برگ در بوته
تعداد برگ در بوته	۰/۰۱۶ ^{ns}	۰/۰۶ ^{ns}	۰/۰۴۰ ^{ns}	۰/۳۸۵*	۰/۳۶۲*	۰/۰۵۱ ^{ns}	۰/۲۳۶ ^{ns}	۰/۴۱۴*	۰/۰۸۲ ^{ns}	۱
تعداد دانه در غلاف	۰/۲۹۹ ^{ns}	۰/۳۳۸ ^x	۰/۰۵۲ ^{ns}	۰/۴۲۱**	۰/۵۱۱**	-۰/۰۰۶ ^{ns}	۰/۵۰۷**	۰/۰۶۹ ^{ns}	۱	
تعداد دانه در بوته	۰/۳۱۲ ^{ns}	۰/۲۶۳ ^{ns}	-۰/۱۱۶ ^{ns}	۰/۶۷۶**	۰/۷۰۴**	-۰/۰۹۷ ^{ns}	۰/۵۵۶**	۰/۸۳۸**	۱	
تعداد غلاف در بوته	۰/۲۰۵ ^{ns}	۰/۱۰۹ ^{ns}	-۰/۱۵۶ ^{ns}	۰/۵۱**	۰/۴۸۸**	-۰/۲۱۸ ^{ns}	۰/۳۳۱*	۱		
وزن خشک اندام هوایی (g)	۰/۳۲۳ ^{ns}	۰/۳۱۴ ^{ns}	-۰/۰۴۸ ^{ns}	۰/۵۲۶**	۰/۸۳۳**	۰/۵۲۰**	۱			
وزن ۱۰۰ دانه (g)	۰/۱۵۲ ^{ns}	۰/۱۵۷ ^{ns}	-۰/۲۲۶ ^{ns}	۰/۴۴۳**	۰/۵۳۳**	۱				
عملکرد تک بوته (g)	۰/۳۰۶ ^{ns}	۰/۲۸۳ ^{ns}	-۰/۲۵۸ ^{ns}	۰/۸۸۶**	۱					
شاخص برداشت	۰/۱۶۸ ^{ns}	۰/۱۳۶ ^{ns}	-۰/۳۸۴*	۱						
وزن خشک ریشه (g)	۰/۳۲۷*	۰/۳۷۳*	۱							
تعداد گره در ریشه	۰/۹۳۹**	۱								
وزن خشک گره‌ها (g)	۱									

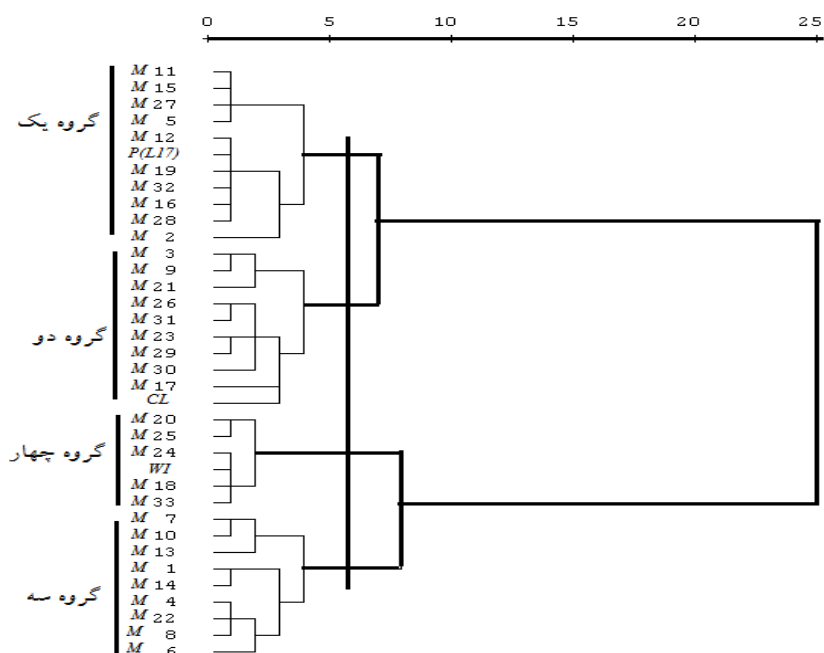
**، * و ns به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال ۱٪ و ۵٪ و غیر معنی‌دار

عملکرد تک بوته بیشترین همبستگی را با صفت شاخص برداشت (۰/۸۸۶) و بعد به ترتیب با وزن خشک اندام هوایی (۰/۸۳) و تعداد دانه در بوته، وزن صد دانه، تعداد دانه در غلاف و تعداد غلاف در بوته داشت که در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بودند. این نتایج با یافته‌های مسعودی و همکاران (۵)، بورد (۸)، رضایی زاد (۲) و زینالی خانقاه و سوهانی (۳) مطابقت دارد و نشان‌دهنده این است که برای افزایش عملکرد باید به این صفات و صفات دیگری که همبستگی زیادی با عملکرد دانه دارند توجه خاص شود. وزن خشک یا عملکرد بیولوژیک بالاترین همبستگی مثبت را با عملکرد تک

برای صفات شاخص برداشت و وزن خشک اندام هوایی لاین شماره یک (M1) نسبت به سایرین از مطلوبیت بیشتری برخوردار بود. البته اختلاف این لاین جهش یافته با لاین جهش یافته شماره ۱۳ (M13) از نظر این دو صفت معنی‌دار نبود. لاین جهش یافته شماره ۱۳ (M13) را می‌توان به عنوان گزینه نهایی از این تحقیق معرفی کرد.

همبستگی ساده صفات

نتایج همبستگی ساده فنوتیپی (پیرسون) بین متغیرها در جدول ۳ ارائه شده است. همانطور که مشاهده می‌شود



شکل ۱. نمودار خوشه‌ای حاصل از کلیه صفات مورفولوژیک بررسی شده بر اساس روش وارد

جهش یافته و رقم تجاری کلارک بود. گروه سوم شامل ۹ لاین جهش یافته بود. گروه چهارم شامل شش فرد بود که در کنار لاین‌های جهش یافته رقم تجاری ویلیامز نیز قرار داشت. بنابراین تجزیه خوشه بر اساس تمامی صفات نیز منجر به تفکیک گروه جهش یافته از گروه والدی شده است و می‌توان از بین افراد این گروه اقدام به گزینش والدین برتر بر اساس صفات مورد بررسی نمود و یا از این افراد برای ارزیابی‌های بعدی استفاده نمود. با توجه به ماتریس فاصله حاصل از روش وارد، لاین جهش یافته شماره ۲۶ (M26) با ضریب فاصله ۰/۲۹۹ نزدیکترین و لاین جهش یافته شماره ۱۳ (M13) با ضریب فاصله ۱/۸ دورترین افراد نسبت به رقم مادری (L17) بودند. در بین افراد بررسی شده دورترین افراد نسبت به همدیگر رقم تجاری کلارک (CL) و لاین جهش یافته ۱۳ (M13) با ضریب فاصله ۲/۴۶۷ بودند. این دوری منجر به تمایز بیشتر و مشخص‌تر شدن از نظر ویژگی‌هایی مثل تعداد گره و هم‌چنین عملکرد شده است. نزدیکترین افراد نسبت به همدیگر لاین‌های جهش یافته ۱۱ (M11) و ۱۵ (M15) با ضریب فاصله ۰/۱۵۱ بودند. گروه بندی بر اساس این صفات لاین‌های جهش یافته‌ای را معرفی می‌کند که

بوته و بعد از آن با تعداد دانه در بوته، تعداد دانه در غلاف و تعداد غلاف در بوته داشت که با نتایج مسعودی و همکاران (۵) تطابق زیادی دارد. تعداد دانه در غلاف با تعداد گره همبستگی مثبت و معنی داری را در سطح احتمال ۵٪ نشان می‌دهد. این موضوع می‌تواند به این خاطر باشد که با افزایش تعداد گره‌ها، جذب عناصر غذایی، مخصوصاً نیتروژن، زیاد می‌شود و گیاه دچار تنش و کمبود مواد نمی‌گردد. لذا گیاه در فرایند فتوسنتز با مشکل کمتری مواجه می‌شود و پر شدن غلاف‌ها به خوبی صورت می‌گیرد. وزن خشک گره‌ها بالاترین همبستگی را با تعداد گره و بعد از آن با وزن خشک ریشه داشت.

تجزیه خوشه‌ای

تجزیه خوشه‌ای بر اساس تمامی صفات مورد بررسی انجام گرفت و منجر به تفکیک چهار گروه مستقل از همدیگر بر اساس نمودار خوشه‌ای حاصل شد (شکل ۱). گروه اول شامل ۱۱ فرد بود که لاین‌های جهش یافته به همراه رقم مادری در آن قرار گرفته بودند. گروه دوم شامل ۱۰ فرد بود که شامل لاین‌های

جدول ۴. میانگین صفات بررسی شده در گروه‌های به دست آمده از تجزیه خوشه‌ای

میانگین صفات											
گروه	تعداد برگ	تعداد دانه در غلاف	تعداد دانه در بوته	تعداد غلاف در بوته	وزن خشک بوته (g)	وزن ۱۰۰ دانه (g)	عملکرد تک بوته (g)	شاخص برداشت	وزن خشک ریشه (g)	تعداد گره در ریشه	وزن خشک گره‌ها (g)
۱	۸/۹	۲/۱۸	۱۸/۰۳	۸/۲۱	۷/۱	۱۱/۷۳	۲/۰۹	۰/۲۹	۵/۳۲	۵/۵۸	۰/۰۵۱
۲	۹/۲۱	۲/۱۱	۱۵/۰۶	۷/۲	۶/۵۴	۱۱/۰۲	۱/۶۴	۰/۲۵	۵/۵۸	۶/۷۲	۰/۰۵۳
۳	۹/۰۱	۲/۲۹	۱۸/۱۶	۷/۹۶	۷/۳۵	۱۲/۱۲	۲/۱۹	۰/۲۹	۵/۶۱	۱۷/۵۵	۰/۱۲۹
۴	۸/۶۸	۲/۲۶	۱۷/۶۱	۷/۸۳	۷/۲۹	۱۱/۴	۱/۹۸	۰/۲۴	۵/۶۱	۱۱/۰۸	۰/۰۸۵

اعدادی که زیر آنها خط کشیده شده است از نظر میانگین صفت مربوطه در بین ۴ گروه دارای بیشترین ارزش می‌باشند.

جدی به اکوسیستم، را تولید نمود. لاین M13 از این نظر به لحاظ بیشترین تعداد گره فعال می‌تواند شاخصی از تثبیت نیتروژن زیاد باشد.

با توجه به میانگین گروه‌ها (جدول ۴) از نظر صفات بررسی شده، گروه لاین‌های جهش یافته (گروه ۳) در مقایسه با گروه‌های شامل ارقام تجاری و رقم مادری (گروه‌های ۱، ۲ و ۴) دارای مزیت‌هایی بودند. گروه‌های متفاوت از نظر صفات و ویژگی‌های مختلف نسبت به همدیگر برتری داشتند. ولی گروه ۳ از نظر ۹ صفت از ۱۱ صفت برتری نشان داد. لاین M13 هم که قبلاً مزیت‌های آن ارائه گردیده بود درون این گروه قرار دارد. از آنجایی که اکثر صفات بررسی شده مربوط به عملکرد و اجزای عملکرد بودند، بنابراین لاین‌های جهش یافته مناسب و مطلوب از بین گروه‌های بررسی شده می‌توانند از بین گروه‌های تفکیک شده انتخاب شوند.

بهبود ارزش صفات مطالعه شده، مخصوصاً صفات عملکرد و اجزای عملکرد، در لاین‌های جهش یافته در مقایسه با رقم والدی نشان داد که اشعه گاما اثر مثبتی بر ایجاد منبع تنوع جدید به منظور انتخاب جهش یافته‌های مناسب با صفات مطلوب داشته است. در این ارتباط، دبی و همکاران (۹) نشان دادند زمانی که بذره‌های گیاه بامیه با دزهای مختلف اشعه گاما پرتوتابی می‌شوند، افزایش ارتفاع گیاه، تعداد برگ و شاخه در گیاه مشاهده می‌شود.

نسبت به والد مادری کاملاً متفاوت بوده و در گروه جداگانه و با فاصله نسبتاً زیادی نسبت به آن قرار گرفته‌اند. تفکیک گروه مادری از گروه لاین‌های جهش یافته می‌تواند به خاطر جهش‌زایی به وسیله اشعه گاما (۷) باشد که برای ایجاد تنوع و جهش استفاده شده بود.

این جهش‌ها چنان تغییراتی را در سیستم ژنتیک والد مادری ایجاد می‌کنند که لاین‌های جهش یافته‌ای به وجود آید تا از نظر برخی صفات کاملاً با والد مادری متفاوت باشند. با بررسی ارزش صفات برای عملکرد و اجزای آن و یا سایر صفات در بین این گروه‌ها می‌توان آن گروهی که از نظر آن صفت ارزش بیشتری دارد را انتخاب و از بین آنها اقدام به گزینش والدین برتر برای تلاقی‌های بعدی نمود. این والدین می‌توانند حاوی صفات مطلوب کیفی و کمی دیگری نیز باشند که این صفات می‌توانند در تولید محصول بیشتر و سالم (مانند مقاومت به بیماری‌ها و سموم) و استفاده کمتر از سموم و مواد دفع آفات گیاه نقش تعیین کننده‌ای را داشته باشند.

در نهایت، در دو گروهی که بیشترین فاصله را از هم داشته باشند، افراد آن گروه می‌توانند برای دستیابی به هتروزیس بیشتر به عنوان والد تلاقی‌ها مد نظر قرار گیرند. با دستیابی به لاین‌های جهش یافته با تعداد گره زیاد و تثبیت نیتروژن بالا می‌توان میزان مصرف کودهای نیتروژنه در کشاورزی را کاهش داد و از این راه محصول سالم و طبیعی، بدون آسیب

نتیجه‌گیری

گرفت که جهش برای بهبود صفات کلیدی نظیر عملکرد و خصوصیات ریشه، مانند تعداد گره، مؤثر بوده است. بهبود صفات مربوط به ریشه، خصوصاً تعداد گره در ریشه، از لحاظ تثبیت هرچه بیشتر نیتروژن حائز اهمیت می‌باشد. تجزیه خوشه‌ای از لحاظ صفات مورفولوژیک منجر به تفکیک لاین‌های جهش یافته از رقم مادری و ارقام تجاری شد، که این خود گواه دیگری بر تنوع حاصل از جهش می‌باشد که باعث تغییر در صفات و نهایتاً تفکیک لاین‌های جهش یافته از ارقام تجاری و والد مادری شده است. با بررسی ارتباط بین صفات مورفولوژیک و نحوه اثر گذاری آنها بر همدیگر و بر عملکرد مشخص شد که صفات عملکرد بیولوژیک (وزن خشک اندام هوایی) و شاخص برداشت صفات مهمی در انتخاب برای عملکرد می‌باشند و در اصلاح برای عملکرد باید به اینها توجه ویژه‌ای شود.

اختلاف بین لاین‌های جهش یافته، رقم مادری و ارقام تجاری از نظر صفات مورد بررسی نشان دهنده تنوع بین آنها می‌باشد. البته تنها تنوع و اختلاف نمی‌تواند مهم باشد. بلکه تنوعی ارزشمند است که مفید و مطلوب باشد. یعنی لاین‌های جهش یافته باید از نظر صفات مورد بررسی نسبت به رقم مادری و تجاری برتر باشند. در این تحقیق نیز با مقایسه میانگین‌ها مشخص شد که اکثر لاین‌های جهش یافته از نظر صفات مورد بررسی نه تنها نسبت به والد خود برتر می‌باشند، بلکه نسبت به ارقام تجاری بررسی شده نیز برترند. وجود لاین‌های برتر از نظر این صفات، مانند عملکرد و اجزای آن، حائز اهمیت است. چون ژنتیک این گونه صفات در نسل‌های پیشرفته جهش (از M3 یا M4) تثبیت می‌شود. حال آن که نسل بررسی شده حاضر، نسل هفتم جهش یافته‌ها (M7) می‌باشد. می‌توان نتیجه

منابع مورد استفاده

۱. پیرولی بیرانوند، ن.، م. ناصری تفتی و ح. ر. بابایی. ۱۳۸۸. بررسی امکان القاء جهش ژنتیکی به وسیله پرتو گاما در سویا به منظور ایجاد لینه‌های با افزایش کمی و فعالیت باکتریایی گره بندی. گزارش نهایی طرح پژوهشی، پژوهشکده تحقیقات کشاورزی، پزشکی و صنعتی کرج، سازمان انرژی اتمی ایران، کرج.
۲. رضایی زاد، ا. ۱۳۷۸. بررسی تنوع ژنتیکی ارقام سویا. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، گروه زراعت و اصلاح نباتات، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج.
۳. زینالی خانقاه، ح. و ع. ر. سوهانی. ۱۳۷۸. بررسی ژنتیکی برخی از صفات مهم زراعی با عملکرد دانه در سویا از طریق روش‌های آماری چند متغیره. مجله علوم کشاورزی ایران ۲۰: ۸۰۷-۸۱۵.
۴. شاه نجات بوشهری، ع. ا.، س. عبد میثانی، ب. یزدی صمدی و ب. ا. سید طباطبایی. ۱۳۷۹. بررسی الگوی الکتروفورزی پروتئینی و ایزوزایم ارقام سویا. مجله علوم کشاورزی ایران ۳۱: ۵۵-۶۳.
۵. مسعودی، ب.، م. ر. بی همتا، ح. ر. بابایی و س. ع. پیغمبری. ۱۳۸۷. ارزیابی تنوع ژنتیکی برای صفات زراعی، مورفولوژیک و فنولوژیک در سویا. مجله نهال و بذر ۲۴ (۳): ۴۱۳-۴۲۷.
۶. موسوی شلمانی، م. ا.، ب. ناصریان خیابانی، ح. اهری مصطفوی، م. حیدریه و ع. مجد آبادی. ۱۳۸۸. کشاورزی هسته‌ای (از علم تا عمل). انتشارات پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای، ۵۱۸ صفحه.
7. Atak, Ç., S. Alikemanoglu, L. Acik and Y. Canbolat. 2004. Induced of plastid mutations in soybean plant (*Glycine max* L. Merrill) with gamma radiation and determination with RAPD. Mutat. Res. 556: 35-44.
8. Board, J. E. 1987. Yield components related to seed yield in determinate soybean. Crop Sci. 27: 1296-1297.
9. Dubey A. K., J. R. Yadav and B. Singh . 2007. Studies on induced mutations by gamma irradiation in okra (*Abelmoschus esculentus* (L.) Monch.). Progres. Agric. 7(1/2): 46-48.

10. Jain, S. M. 2005. Major mutation-assisted plant breeding programs supported by FAO/IAEA. *Plant Cell Tiss. Org.* 82: 113-123.
11. Keim, P., R. C. Shoemaker and R. G. Palmer. 1989. Restriction fragment length polymorphism diversity in soybean. *Theor. Appl. Genet.* 77: 786-792.
12. Khan, M. H. and S. D. Tyagi. 2009. Studies on induction of chlorophyll mutations in soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) *Front. Agric. China.* (3): 253-258.
13. Manjaya, J. G., K. N. Suseelan, T. Gopalakrishna, S. E. Pawar and V. A. Bapat. 2007. Radiation induced variability of seed storage proteins in soybean [*Glycine max* (L.) Merrill]. *Food Chem.* 100: 1324-1327.
14. Micke, A. 1996. 70 years induced mutations- to be reconsidered? *Mutation Breeding Newsletter*, IAEA, Viena, 42: 22-25.
15. Mohandgiev, A. D. 1986. Application of experimental mutagenesis in soybean. Institute of Genetics, Bulgarian Academy of Science, Sofia, IAEA-SM, 311/49 p.
16. Patil, A., S. P. Taware, M. D. Oak, S. A. Tamhankar and V. S. Rao. 2007. Improvement of oil quality in soybean [*Glycine max* (L.) Merrill] by mutation breeding. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 84: 1117-1124.
17. Rahman, S. M., V. Takagi, K. Kubota, K. Miyamoto and V. Kawakita. 1994. High oleic acid mutant in soybean induced by X-ray irradiation. *Biosc. Biotech. and Biochem.* 58: 1070-1072.
18. Rahman, S. M., V. Takagi, K. Miyamoto and V. Kawakita. 1995. High stearic acid soybean mutant induced by X-ray irradiation. *Biosc. Biotech. and Biochem.* 59: 922-933.
19. Skorupska, H. T., R. C. Shoemaker, A. Warner, E. R. Shipe and W. C. Bridges. 1993. Restriction fragment length polymorphism in soybean germplasm of the southern USA. *Crop Sci.* 33:1169-1176.
20. Zakri, A. H. 1989. Breeding high yielding soybean using induced mutations. Department of Genetics, Universiti of Kebangsaan, Bangi, Selangor, Malayis, IAEA-SM, 311/75 p.