انتخاب ژنوتیپ‌های برتر سویا با استفاده از برخی روش‌های چندمتغیره آماری در شرایط آب و هوایی مغان

نسرین رزمی[۱،*]، ابراهیم هزارجریبی[۲] و عباسعلی اندرخور[۳]

۱- استادیار، بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اردبیل، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، پارس‌آباد

۲- استادیار، بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، گرگان

۳- استادیار، بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان مازندران، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ساری

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۷/۱۴ - تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۲/۰۲)

چکیده

سویا از جمله دانه‌های روغنی امیدبخش در شرایط کمبود حاد پروتئین و روغن می‌باشد. در این بررسی تعداد ۱۶ ژنوتیپ برتر سویا از نظر عملکرد و اجزای عملکرد دانه، با استفاده از روش‌های آماری چندمتغیره در طی دو سال زراعی ۱۳۹۷-۱۳۹۶ در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در مزرعه پژوهشی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان اردبیل (مغان)، مورد ارزیابی قرار گرفتند. نتایج تجزیه واریانس مرکب بر وجود اختلاف آماری معنی‌دار برای صفات عملکرد دانه، اجزای عملکرد و طول دوره رشد در بین ژنوتیپ‌های سویا تأکید داشت. بر اساس نتایج مقایسه میانگین داده‌ها، ژنوتیپ‌های G1، G5 و G11 در هر دو سال آزمایش بیشترین میزان عملکرد دانه را به خود اختصاص دادند. وراثت‌پذیری عمومی صفات ارتفاع بوته، عملکرد دانه و تعداد دانه در مترمربع به‌ترتیب ۹۲/۰۷، ۷۵/۳۱ و ۷۹/۲۵ درصد بود. همچنین نتایج نشان داد که همبستگی مثبت و معنی‌داری بین عملکرد دانه با سطح برگ هر بوته، طول دوره رسیدگی، تعداد دانه در مترمربع و تعداد غلاف در بوته وجود داشت. تجزیه خوشه‌ای به روش Ward، ژنوتیپ‌ها را در چهار گروه مجزا دسته‌بندی نمود. نتایج حاصل از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی و رسم بای‌پلات نیز مطابقت بالایی با گروه‌بندی حاصل از تجزیه خوشه‌ای نشان داد. بر اساس نتایج تجزیه خوشه‌ای، ژنوتیپ‌های G1، G2، G5 و G11 متعلق به گروه اول با ویژگی عملکرد دانه بیشتر و تعداد دانه در مترمربع بالاتر معرفی شدند و استفاده از آن‌ها در برنامه‌های بهنژادی آینده توصیه می‌گردد.

واژگان کلیدی: تعداد دانه، شاخص سطح برگ، طول دوره رشد، عملکرد دانه

* نویسنده مسئول، آدرس پست الکترونیکی: **n.razmi@areeo.ac.ir**

مقدمه

سویا با نام علمی [*Glycine max* (L.) Merrill] گیاهی یک‌ساله از خانواده Fabaceae و از تیره *Leguminosae* است. این گیاه روزکوتاه و خودگشن با ۵ درصد دگرگشنی و با تنوع ژنتیکی محدود می‌باشد (Benjamin *et al.*, 2019). دانه سویا با داشتن ٤٠ درصد پروتئین و ۲۰ درصد روغن در ماده خشک (Girgel, 2021) می‌تواند گزینه مناسبی برای تأمین پروتئین ارزان و با کیفیت برای جمعیت رو به رشد جهان باشد.

یکی از مهم‌ترین اهداف برنامه‌های بهنژادی سویا، دستیابی به ژنوتیپ‌هایی با عملکرد دانه بالاتر، دارای سازگاری و پایداری عملکرد در شرایط اقلیمی متفاوت، متحمل به تنش‌های محیطی به‌ویژه تنش خشکی، مقاوم به آفات و بیماری‌ها (Rodrigues *et al.*, 2015) و بهبود خصوصیات کیفی دانه شامل درصد روغن و پروتئین دانه، می‌باشد. عملکرد دانه صفت پیچیده‌ای است که از لحاظ ژنتیکی توسط تعداد زیادی ژن کنترل می‌گردد که به‌شدت تحت تأثیر محیط قرار می‌گیرند (Kahlon *et al.*, 2018). به این دلیل، انتخاب ژنوتیپ‌های مطلوب بر اساس عملکرد دانه ممکن است موجب کاهش کارایی برنامه‌های به‌نژادی گردند؛ بنابراین شناسایی صفاتی که همبستگی بالایی با عملکرد دانه داشته و از وراثت‌پذیری بالایی برخوردار هستند برای بهنژادگران حائز اهمیت است (Milioli *et al.*, 2018). در سویا صفات بسیاری به‌طور مستقیم یا غیرمستقیم در عملکرد دانه سهیم هستند. بسیاری از محققان با تعیین همبستگی بین صفات و انجام تجزیه علیت، در جهت انتخاب ژنوتیپ‌هایی با عملکرد بالا اقدام می‌کنند (Teodoro *et al.*, 2015). یکی از روش‌های عمده در به‌نژادی کاربردی در معرفی ارقام با خصوصیات آگروفیزیولوژیکی برتر، ایجاد نوترکیب‌های جدید از ارقام موجود با فاصله ژنتیکی زیاد از لحاظ صفات مورد نظر و گزینش در نسل‌های بعدی می‌باشد که عمدتاً تا نسل‌های هفتم تا هشتم ادامه می‌یابد. افراد این جمعیت‌ها، دارای ترکیبات متفاوت از ژن‌های والدینی بوده و می‌توانند ازنظر صفات مختلف برتر از والدین خود باشند (Benjamin *et al.*, 2019).

در جریان برنامه‌های بهنژادی، لاین‌های جدید پرمحصول و سازگار با مناطق مختلف کشت سویا در کشور انتخاب و در آزمایش‌های ارزیابی مقدماتی و سازگاری منطقه‌ای در طی چند سال و چند مکان بررسی و با ارقام شاهد منطقه مورد مقایسه قرار می‌گیرند و پس از اثبات برتری آن‌ها در این شرایط وارد مرحله معرفی رقم می‌شوند (Dubey *et al.*, 2018). رقم جدید سویا، تپور، حاصل دورگ‌گیری بین دو رقم Sahar (والد مادری) و Epps (والد پدری) و بررسی و انتخاب در توده‌های در حال تفکیک در ایستگاه تحقیقات کشاورزی عراقی محله گرگان است. بررسی نسل F6 در سال ۱۳۸۲ انجام شد و تعداد ۲۱ لاین این دورگ انتخاب شدند. در سال ۱۳۸۳ لاین‌های خالص این دورگ در ایستگاه گرگان مورد ارزیابی مقدماتی قرار گرفتند. پنج لاین خالص آن در سال‌های ۱۳۸٤ و ۱۳۸۵ به‌همراه سایر لاین‌ها و ارقام با گروه رسیدگی ۵ ارزیابی شدند. پس از بررسی سازگاری منطقه‌ای در طی سه سال، این لاین در طرح پژوهشی تطبیقی در سه منطقه استان گلستان در شرایط مزرعه‌ای نیز بررسی و پس از اثبات برتری به‌عنوان رقم جدید معرفی شد (Hezarjaribi *et al.*, 2018). با توجه به شرح بالا، هدف از این تحقیق، ارزیابی لاین‌های زودرس و پرمحصول سویا، بررسی روابط بین عملکرد دانه و اجزاء عملکرد با استفاده از روش‌های آماری چندمتغیره (تجزیه خوشه‌ای و تجزیه به مؤلفه‌های اصلی) و معرفی لاین‌های برتر جهت استفاده در برنامه‌های بهنژادی آتی و معرفی رقم بود.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی سازگاری ژنوتیپ‌های زودرس سویا از لحاظ عملکرد دانه و سایر صفات وابسته به عملکرد، این آزمایش در دو سال زراعی ۱۳۹٦ و ۱۳۹۷ در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه پژوهشی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان اردبیل (مغان)، شهرستان پارس‌آباد اجرا شد. دشت مغان در عرض جغرافیایی ۳۷ درجه و ۳۹ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ٤۷ درجه و ٤۸ دقیقه شرقی در ارتفاع ٦۰ متر از سطح دریا قرار دارد. این منطقه با متوسط بارندگی

۲۵ میلی‌متر در سال دارای تابستان‌های گرم و نسبتاً مرطوب و زمستان‌های معتدل و دوره یخبندان محدود می‌باشد. آمار هواشناسی ایستگاه سینوپتیک محل اجرای آزمایش در طی دو سال در جدول ۱ ارائه شده است.

ژنوتیپ‌های مورد مطالعه حاصل دورگ‌گیری و انتخاب در نسل‌های در حال تفکیک در بخش تحقیقات دانه‌های روغنی موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج و ایستگاه تحقیقات کشاورزی عراقی محله گرگان می‌باشند. بذرها پس از دو رگ‌گیری تا نسل F7 خودگشن و پس از آن در فرآیند ازدیاد بذر تکثیر شدند. نتایج بررسی اولیه این ژنوتیپ‌ها در ایستگاه تحقیقات کشاورزی گرگان نشان داد که این لاین‌ها دارای عملکرد دانه از ۳ تا ۵ تن در هکتار با دوره رشدی حدود ۱۰۰ تا ۱۲۰ روز با گروه رسیدگی ۳ هستند. در سال بعد تعداد ۲۷ لاین انتخابی از این گروه در ایستگاه تحقیقاتی عراقی محله گرگان مورد بررسی مقدماتی قرار گرفتند که از بین آن‌ها تعداد ۱۵ ژنوتیپ برتر به‌همراه رقم ویلیامز به‌عنوان شاهد (جدول ۲) برای بررسی سازگاری در این برنامه بهنژادی انتخاب شدند.

پس از آماده‌سازی بستر بذر (شخم عمیق پائیزه، شخم نیمه‌عمیق بهاره، دیسک و مصرف ۲۰۰ کیلوگرم کود فسفات آمونیوم و ۳۰ کیلوگرم کود اوره قبل از کاشت به‌عنوان استارتر)، بذرها با باکتری برادی ریزوبیوم(Bradyrhizobium) تلقیح شدند. هر ژنوتیپ در هر تکرار در چهار خط ۵ متری با فاصله ردیف ۷۵ سانتی‌متری بر روی پشته به‌صورت متراکم کشت شدند. پس از سبز شدن و استقرار گیاهچه‌ها در مرحله ظهور اولین برگ سه برگچه‌ای، به‌صورت دستی تنک شدند (تراکم ۵۵ هزار بوته در هکتار). برای کنترل علف‌های هرز پیش از کاشت مقدار ۲/۵ لیتر علف‌کش ترفلان (شرکت ملی شیمی کشاورزی) استفاده گردید و در طول دوره رویش برای کنترل علف‌های هرز وجین دستی انجام گردید.

جهت سنجش سطح برگ از دستگاه سطح برگ سنج (LAI Meter CI-203 CID, Bio-Science, USA) استفاده شد. برای اندازه‌گیری عملکرد دانه، دانه‌ها پس از رسیدن کامل غلاف‌ها (قهوه‌ای شدن حدود ۹۵ درصد غلاف‌ها) از دو ردیف میانی با حذف حاشیه از ابتدا و انتهای هر ردیف به مساحت چهار مترمربع برداشت شدند. عملکرد دانه برحسب کیلوگرم در هکتار و بر اساس ۱۲ درصد رطوبت وزنی بذر محاسبه شد.

پس از تأیید پیش‌فرض‌های آزمون تجزیه واریانس، داده‌های مربوط به هر یک از صفات مورد تجزیه واریانس مرکب قرار گرفتند. پس از تأیید اختلاف معنی‌دار بین ژنوتیپ‌ها، مقایسه میانگین‌ها به روش LSD انجام شد. وراثت‌پذیری عمومی با استفاده از فرمول یو و همکاران (You *et al.*, 2016) محاسبه شد. به‌منظور تعیین سهم هر صفت در تنوع کل و تفسیر بهتر روابط از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی (PCA) استفاده شد و دیاگرام پراکنش ژنوتیپ‌ها بر روی دو مؤلفه اصلی رسم گردید. خوشه‌بندی لاین‌های مورد بررسی بر اساس روش Ward با استفاده از نرم‌افزارSPSS (نسخه ۲٤) انجام شد. برای تجزیه آماری داده‌ها از نرم‌افزارهای SAS9 (نسخه ۹/۱) و PATH (نسخه ۲) استفاده شد.

نتایج و بحث

بر اساس نتایج جدول تجزیه مرکب (جدول ۳) اثر اصلی ژنوتیپ برای صفات عملکرد دانه، روز تا رسیدگی، روز تا گلدهی، ارتفاع بوته، تعداد دانه در مترمربع، وزن صددانه و مساحت برگ هر بوته در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. اثر متقابل ژنوتیپ و سال نیز برای صفات عملکرد دانه، روز تا رسیدگی، روز تا گلدهی، تعداد دانه در مترمربع، وزن صددانه و مساحت برگ هر بوته از لحاظ آماری معنی‌دار بود. میزان واریانس ژنوتیپی، فنوتیپی و وراثت‌پذیری عمومی صفات مختلف در جدول ٤ نشان داده شده است. ارتفاع اولین غلاف از سطح خاک تنها صفتی بود که ارزش وراثت‌پذیری کمتر از ۵۰ درصد داشت (۳۲/٤۰ درصد) و سایر صفات مورد مطالعه از وراثت‌پذیری بالایی برخوردار‌بودند (H_b > 50%)، همچنین وراثت‌پذیری صفت ارتفاع بوته بالاتر از ۹۰ درصد (۹۲/۷ درصد) بود، که با نتایج سایر محققین در ارتباط با وراثت‌پذیری بالا برای صفت ارتفاع بوته در گیاه باقلا مطابقت داشت (Astaraki *et al.*, 2020).

جدول ۱- آمار هواشناسی ایستگاه سینوپتیک شهرستان پارس‌آباد در سال‌های ۱۳۸٦ و ۱۳۸۷

Table 1. Meteorological data available for Parsabad in 2017-2018 cropping seasons

سال Year	ماه Month	میانگین دمای کمینه (سانتی‌گراد) Mean min. temp (˚C)	میانگین دمای بیشینه (سانتی‌گراد) Mean max. temp (˚C)	میانگین دما (سانتی‌گراد) Mean Temp. (˚C)	ساعات آفتابی Sunny hour	درصد رطوبت نسبی RH (%)
۱۳۹٦ 2017	تیر June	19.7	34.4	27.1	9.8	61.9
	مرداد July	20.6	35.9	28.2	9.9	62.2
	شهریور August	18.8	32.7	25.8	8.8	67.2
	مهر September	11.7	20.9	16.3	5.2	75.3
	آبان October	8.8	18.3	13.5	4.2	76.7
۱۳۹۷ 2018	تیر June	21.2	37.1	29.2	10.5	59.3
	مرداد July	21.7	33.6	27.7	8.5	60.8
	شهریور August	17.5	30.9	24.2	7.0	64.5
	مهر September	13.9	24.3	19.1	5.4	72.5
	آبان October	8.2	16.9	12.5	3.8	79.3

جدول ۲- کد و شجره ژنوتیپ‌های مورد بررسی سویا

Table 2. Code and pedigree of soybean genotypes

کد ژنوتیپ Genotype code	شجره Pedigree
G1	Japanese nut soy × Willams82
G2	T215 × Telar
G3	Willams× RVB
G4	Russian nut soy × L17
G5	Russian nut soy × L17
G6	Russian nut soy × L17
G7	Russian nut soy × L17
G8	Russian nut soy × L17
G9	Russian nut soy× L17
G10	Russian nut soy × L17
G11	Russian nut soy × L17
G12	Russian nut soy × L17
G13	K1380 × L87.0174
G14	Williams82 × L87.0174
G15	Williams × RVB
G16	Williams (control)

وراثت‌پذیری عملکرد دانه نیز ۷۵/۳۱ درصد بود که نشان دهنده پتانسیل بالا برای انتخاب ژنوتیپ‌های برتر می‌باشد. از آنجایی که بیشتر صفات مورد مطالعه ماهیت کمی داشته و به‌شدت تحت تأثیر محیط قرار می‌گیرند و تعیین اینکه چه مقدار از تنوع فنوتیپی مشاهده شده در آزمایش قابلیت توارث به نسل‌های بعدی را دارد، تعیین وراثت‌پذیری این صفات از اهمیت به‌سزایی برخوردار می‌باشد. آزودو و همکاران (Azevedo *et al.*, 2021) میانگین وراثت‌پذیری برای عملکرد دانه در ژنوتیپ‌های حاصل از تلاقی سویای دانه‌ای و سویای علوفه‌ای تا نسل پنجم را ۰/۵۶ تا ۰/۷۱ درصد گزارش کردند.

میانگین دو ساله صفات مورد بررسی در ژنوتیپ‌های سویا در جدول شماره ۵ آمده است. با توجه به این‌که بیشترین روز تا رسیدگی در سال اول مربوط به ژنوتیپ‌های G1، G10، G16 و G6 بود، بنابراین ژنوتیپ‌های مذکور به‌عنوان دیررس‌ترین ژنوتیپ‌ها شناخته شدند. در سال دوم بیشترین طول دوره رشد متعلق به ژنوتیپ G1 بود و ژنوتیپ‌های G2، G5، G7 و G16 دوره رسیدگی مشابهی داشتند. همچنین در هر دو سال آزمایش با توجه به نتایج حاصله، ژنوتیپ‌های G10، G15 و G16 بیشترین تعداد روز تا گلدهی را داشتند (شکل ۱).

بر اساس نتایج حاصل، در سال زراعی اول ژنوتیپ‌های G1، G5، G16 و G11 به‌ترتیب بیشترین میزان عملکرد دانه را تولید نمودند. در سال زراعی دوم بیشترین میزان عملکرد دانه به‌ترتیب متعلق به ژنوتیپ‌های G1، G5، G11 و G9 بود (شکل ۱). اختلاف در میانگین عملکرد دانه ژنوتیپ‌های سویا در طی دو سال آزمایش ناشی از اختلاف شرایط اقلیمی حاکم بر منطقه در طی اجرای آزمایش بود. کاهش دمای بیشینه در مرداد ماه سال ۱۳۹۷ نسبت به سال ۱۳۹۶ (جدول ۱) موجب افزایش در میانگین عملکرد ژنوتیپ‌های مورد مطالعه شد. از آنجا که دوران گلدهی و تشکیل دانه در منطقه مغان در مرداد ماه اتفاق می‌افتد افزایش دما در این مقطع زمانی موجب افزایش ریزش گل و سقط جنین‌های تازه لقاح یافته می‌گردد (Razmi *et al.*, 2021). ژنوتیپ‌های G1، G2، G16 و G5 در سال اول و ژنوتیپ‌های G1، G5، G16 و G11 به‌ترتیب در سال دوم بیشترین تعداد دانه در مترمربع را به خود اختصاص دادند.

در سال اول آزمایش بیشترین میزان شاخص سطح برگ هر بوته به ژنوتیپ‌های G10، G9، G1 و G5 اختصاص یافت. در سال دوم آزمایش بیشترین میزان این صفت در ژنوتیپ‌های G1، G14، G16 و G12 مشاهده شد. بیشترین وزن صددانه در سال اول در ژنوتیپ‌های G16، G12، G10 و G13 مشاهده شد. در سال دوم آزمایش ژنوتیپ‌هایG16 وG11 بیشترین وزن صد دانه را داشتند (شکل ۱).

ژنوتیپ‌های G5، G7، G6 و G10 با بیشترین ارتفاع بوته به‌عنوان پابلندترین و ژنوتیپ‌های G3، G13، G14 و G2 با کمترین ارتفاع بوته به‌عنوان پاکوتاه‌ترین ژنوتیپ‌ها شناخته شدند. ژنوتیپ‌های G4، G7، G16 و G10 بیشترین ارتفاع اولین غلاف و ژنوتیپ‌های G15، G16، G14 و G9 بیشترین تعداد شاخه فرعی را داشتند. بیشترین تعداد غلاف در بوته متعلق به ژنوتیپ‌های G8، G13، G15 و G7 بود (جدول ۵). ضرایب همبستگی بین صفات مورد مطالعه در شکل ۲ نشان داده شده است. شاخص سطح برگ هر بوته همبستگی بالایی با تعداد دانه در مترمربع، وزن صددانه و عملکرد دانه نشان داد. همبستگی عملکرد دانه با اجزای عملکرد مانند تعداد دانه در مترمربع، تعداد غلاف و وزن صددانه مثبت و معنی‌دار بود. وجود همبستگی منفی بین ارتفاع بوته و روز تا گلدهی بیانگر ارتفاع بیشتر بوته در ارقام دیررس می‌باشد. تعیین همبستگی‌های ساده بین عملکرد دانه با سایر صفات آگروفیزیولوژیک اولین گام در تشخیص تأثیرپذیری عملکرد دانه از این صفات می‌باشد. ضرایب همبستگی نزدیک به صفر یا منفی مؤید عدم وجود رابطه بین این صفات نبوده و بر فقدان رابطه خطی بین آن‌ها تأکید دارد (Machado *et al.*, 2017).

جدول ۳- تجزیه واریانس مرکب صفات مختلف در ژنوتیپ‌های سویا

Table 3. Combined analysis of variance of different traits in soybeans

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean squares									
		عملکرد دانه Seed yield	روز تا گلدهی Day to flowering	روز تا رسیدگی Day to maturity	تعداد غلاف No. of pod	ارتفاع بوته Plant height	ارتفاع اولین غلاف Height of First pod	تعداد شاخه فرعی No. of Sub-branches	تعداد دانه در مترمربع No. of seed (m^2)	وزن صد دانه 100 Seeds weigh	شاخص سطح برگ بوته LAI per plant
سال Year (Y)	1	13738.9*	1.5**	0.05**	270.0^{ns}	39.8^{ns}	17.2^{ns}	1.4^{ns}	35.4^{ns}	1.5^{ns}	120.7^{ns}
تکرار/سال R/year	4	89137.6	0.13	0.08	171.4	164.6	9.3	0.88	27.52	0.88	443.1
ژنوتیپ Genotype (G)	15	9774.1**	5.39**	137.6**	263.9**	285.1**	5.4^{ns}	0.83^{ns}	308.35**	1.42**	6902.1**
ژنوتیپ × سال Y × G	15	6829.7*	3.9**	107.9**	186.7^{ns}	180.1^{ns}	4.7^{ns}	0.55^{ns}	210.6**	1.05**	4686.9**
خطای دوم Error (2)	60	3664.2	0.45	0.2	145.3	118.7	5.6	0.66	55.1	0.04	535.8
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)		16.67	1.23	0.35	25.3	11.4	28.0	15.5	3.14	1.96	4.52

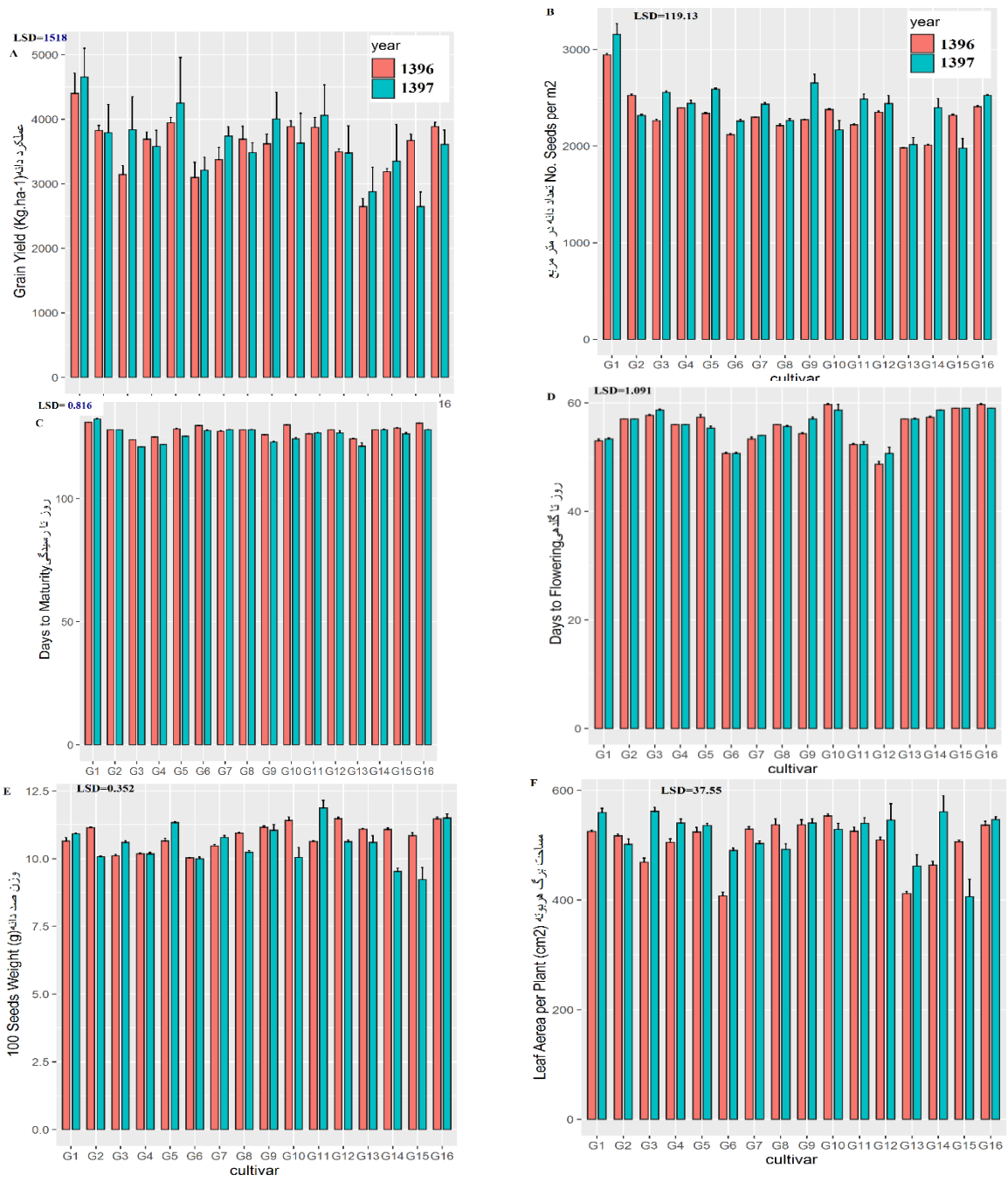
^{ns}، * و**: به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد

^{ns}, * and **: Non-significant and significant at 5% and 1% probability levels, respectively

جدول ٤- برآورد واریانس ژنوتیپی، فنوتیپی و وراثت‌پذیری عمومی صفات مختلف در ژنوتیپ‌های سویا

Table 4. Estimation of genotypic and phenotypic variances, and broad sense heritability values for different traits in soybeans.

صفات Traits	واریانس ژنوتیپی Genotypic variance	واریانس فنوتیپی Phenotypic variance	وراثت‌پذیری عمومی Broad sense heritability
برآورد واریانس Estimation of variance	σ_g^2	$\sigma_e^2+r\frac{g}{g-1}\sigma_{GY}^2+ry\frac{\sum G^2}{(g-1)}$	$\frac{\sigma_g^2}{\sigma_e^2+r\frac{g}{g-1}\sigma_{GY}^2+ry\frac{\sum G^2}{(g-1)}}$
عملکرد دانه Seed yield	7361.0	9774.1	75.31
روز تا رسیدگی Day to maturity	3.73	5.39	69.10
روز تا گلدهی Day to flowering	74.25	137.6	53.96
تعداد غلاف در بوته No. Pod per plant	193.01	263.9	73.13
ارتفاع بوته Plant height	262.5	285.1	92.07
ارتفاع اولین غلاف Height of first pod	0.75	5.4	32.40
تعداد شاخه فرعی No. of sub-branch	0.70	0.83	84.33
تعداد دانه در متر مربع No. of Seed (m^2)	244.38	308.4	79.25
وزن صد بوته 100 Seeds weigh	0.93	1.42	65.14
شاخص سطح برگ بوته LAI per plant	5538.1	6902.1s	80.23



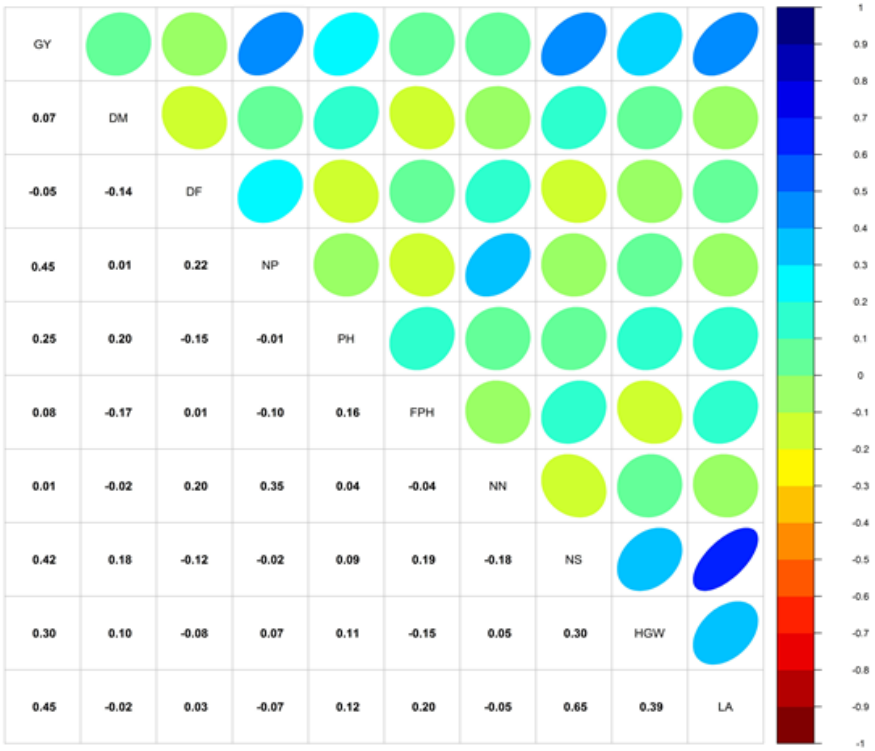
شکل ۱- اثرات ژنوتیپ و سال بر عملکرد دانه (A)، تعداد دانه در مترمربع (B)،: روز تا رسیدگی (C)، روز تا گلدهی (D)، وزن صد دانه (E)،: مساحت برگ هر بوته (F). داده ها میانگین مقادیر سه تکرار ± خطای استاندارد را نشان می دهد. تفاوت بین صفات با LSD نشان داده شده است ($P < 0.05$).

Figure 1. Effects of genotype and year on grain yield (A), No. of seeds (/m^2) (B), Days to maturity (C), Days to flowering (D), 100 seeds weight (E), Leaf area per plant (F). Data represent the mean values of three replicates ± standard error. Differences between traits are indicated by LSD ($P < 0.05$).

جدول ۵- میانگین صفات مورد بررسی در ژنوتیپ‌های سویا در دو سال

Table 5. Mean of traits studied in soybean genotypes during two years

ژنوتیپ Genotypes	تعداد غلاف در بوته No. of pods per plant	ارتفاع بوته (سانتی‌متر) Plant height (cm)	ارتفاع اولین غلاف (سانتی‌متر) Height of first pod (cm)	تعداد شاخه فرعی No. of sub-branches
G1	51.8	100.8	8.5	1.1
G2	55.7	88.0	7.7	1.0
G3	45.9	79.9	7.4	1.6
G4	37.1	95.4	10.1	1.1
G5	43.3	109.9	7.6	1.4
G6	41.8	102.8	7.6	1.3
G7	45.4	103.1	10.0	1.8
G8	57.3	101.6	8.0	1.8
G9	54.1	97.3	8.8	1.8
G10	47.6	102.7	9.1	1.7
G11	47.1	93.3	7.8	1.3
G12	46.3	92.9	7.8	1.3
G13	33.4	81.2	7.0	1.7
G14	46.7	86.5	8.4	2.0
G15	50.6	94.4	8.4	2.2
G16	55.2	97.5	9.8	2.1
LSD 5%	9.69	17.8	3.86	1.33

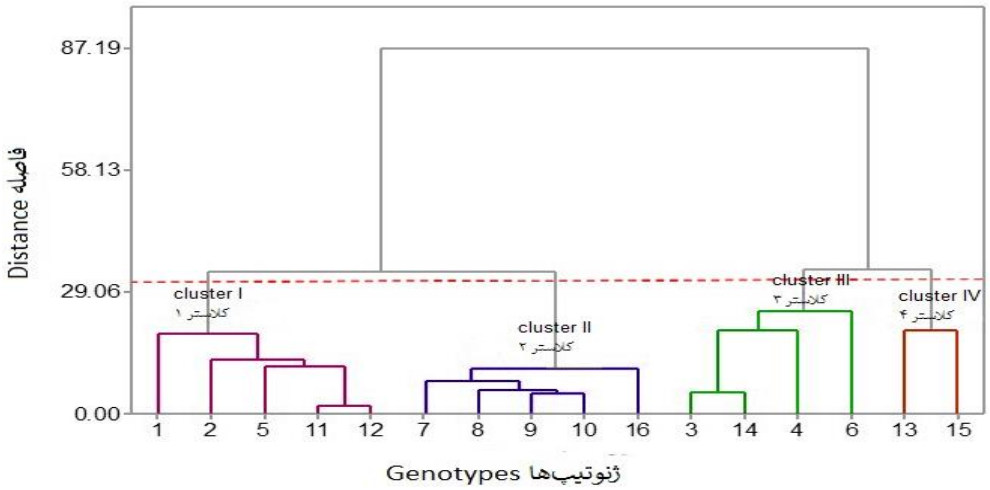


شکل ۲- ضرایب همبستگی پیرسون بین صفات مورد مطالعه در ژنوتیپ‌های سویا. ضرایب همبستگی با مقادیر مطلق بالاتر از ۰/۲۰ و ۰/۳۶ به‌ترتیب در سطح احتمال آماری ۵ و ۱ درصد معنی‌دار بودند. GY: عملکرد دانه؛ DM: روز تا رسیدگی؛ DF: روز تا گلدهی؛ NP: تعداد غلاف در بوته؛ PH: ارتفاع بوته؛ FPH: ارتفاع اولین غلاف؛ NN: تعداد شاخه فرعی؛ NS: تعداد دانه در مترمربع؛ HGW: وزن صد دانه؛ LA: مساحت برگ هر بوته

Figure 2. Correlation coefficients between studied traits in soybean genotypes. Correlation coefficients with absolute values higher than 0.20 and 0.36 were statistically significant at 5 and 1% probability levels, respectively
GY: Grain yield; DM: Days to maturity; DF: Days to flowering; NP: No. of pods per plant; PH: Plant height; FPH: First pod height; NN: No. of sub-branches; NS: No. of seeds per m^2, HGW: 100 seeds weight; LA: Leaf area per plant

وجود همبستگی مثبت و معنی‌دار بین تعداد دانه در مترمربع با عملکرد دانه نشان دهنده سطح بالای ارتباط مؤثر بین این دو صفت می‌باشد. تعداد غلاف در بوته نیز یکی از مهم‌ترین اجزای عملکرد در سویا محسوب می‌شود که همبستگی فنوتیپی و ژنوتیپی بالایی با عملکرد دانه دارد؛ بنابراین انتخاب مستقیم بر اساس تعداد غلاف در بوته می‌تواند منجربه انتخاب ارقام با عملکرد بالا شود. یوسف‌زاده نجف‌آبادی و همکاران (Yoosefzadeh-Najafabadi *et al.*, 2021) در بررسی همبستگی فنوتیپی و ژنوتیپی، همبستگی فنوتیپی ۰/۷۶ را بین دو صفت تعداد غلاف در بوته و عملکرد دانه گزارش کردند. در حالی‌که سوزا و همکاران (Sousa *et al.*, 2015) همبستگی مثبت ۰/۵۹ را برای این دو صفت گزارش کردند. همچنین محققین نشان دادند که گزینش بر مبنای تعداد کپسول در بوته، تعداد دانه در کپسول و تعداد شاخه‌های جانبی می‌تواند به بهبود عملکرد در گیاه کنجد منجر شود (Tahmasebi *et al.*, 2022).

تجزیه خوشه‌ای، ژنوتیپ‌های مورد مطالعه را در ٤ خوشه طبقه‌بندی کرد (شکل ۳ و جداول ٦ و ۷). خوشه اول شامل ژنوتیپ‌های G1، G2، G5، G11 و G12 بود. درصد انحراف از میانگین کل این خوشه برای کلیه صفات مورد مطالعه به‌جز روز تا گلدهی، ارتفاع اولین غلاف و تعداد شاخه فرعی مثبت برآورد شد. با این حال، بیشترین درصد انحراف از میانگین کل مثبت به‌ترتیب مربوط به صفات عملکرد دانه و تعداد دانه در مترمربع بود. خوشه دوم شامل ژنوتیپ‌های G7، G8، G9، G10 و G16 بود که از کلیه صفات مورد مطالعه به‌جز صفت تعداد دانه در مترمربع ارزش بیشتر از میانگین کل را داشت. در خوشه دوم بیشترین درصد انحراف از میانگین کل مثبت به‌ترتیب مربوط به صفات تعداد شاخه فرعی و تعداد غلاف بود. ژنوتیپ‌های G3، G4، G6 و G14 در خوشه سوم جای گرفتند. درصد انحراف از میانگین کل این خوشه برای کلیه صفات مورد مطالعه به‌جز روز تا رسیدگی، روز تا گلدهی و ارتفاع اولین غلاف منفی برآورد شد. در عین‌حال بیشترین درصد انحراف از میانگین کل منفی به‌ترتیب مربوط به صفات تعداد غلاف و عملکرد دانه بود. خوشه چهارم شامل ژنوتیپ‌های G13 و G15 بود که از کلیه صفات مورد مطالعه به‌جز تعداد شاخه فرعی ارزش کمتر از میانگین کل را داشت. در خوشه چهارم بیشترین درصد انحراف از میانگین کل منفی به‌ترتیب مربوط به صفات عملکرد دانه و مساحت برگ هر بوته بود.



شکل ۳- گروه‌بندی ژنوتیپ‌های سویا بر اساس صفات مورد بررسی به روش خوشه‌بندی Ward

Fig.3. Dendrogram showing the genetic relationship among soybean genotypes based on agromorphological traits using Ward's clustering method

جدول ٦- ژنوتیپ‌های موجود در هر خوشه، درصد و ویژگی‌های بارز ژنوتیپ‌های سویا در چهار خوشه اصلی

Table 6. Genotypes per cluster, percentage and prominent features of soybean genotypes grouped in four main clusters

خوشه Cluster	اعضای خوشه Cluster members	درصد Percentage	ویژگی‌های برجسته Features prominent
خوشه اول Cluster (I)	G1، G2، G5، G11 و G12	31.25	بیشترین میزان عملکرد دانه، بیشترین تعداد دانه در مترمربع، بالاترین وزن صد دانه و بیشترین میزان روز تا رسیدگی The members of this cluster showed the highest value for grain yield, number of seeds per m^2, 100 seeds weigh, and number of days to maturity traits.
خوشه دوم Cluster (II)	G7، G8، G9، G10 و G16	31.25	بیشترین میزان مساحت برگ هر بوته، بیشترین میزان ارتفاع بوته و ارتفاع اولین غلاف The members of this cluster showed the highest value for leaf area per plant, plant height and first pod height traits.
خوشه سوم Cluster (III)	G3، G4، G6 و G14	25.00	کمترین میزان وزن صد دانه The members of this cluster showed the lowest value for 100 seeds weigh trait.
خوشه چهارم Cluster (IV)	G13 و G15	12.50	بیشترین تعداد شاخه فرعی، کمترین میزان روز تا رسیدگی، کمترین تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در مترمربع و کمترین میزان ارتفاع بوته The members of this cluster showed the lowest values for days to maturity, number of pods per plant, number of seeds per m^2 and plant height triats, whereas they had the highest values for the number of sub-branches.

جدول ٧- میانگین صفات ژنوتیپ‌ها در خوشه‌های مختلف

Table 7. Standard deviation and mean of genotypes included in different clusters

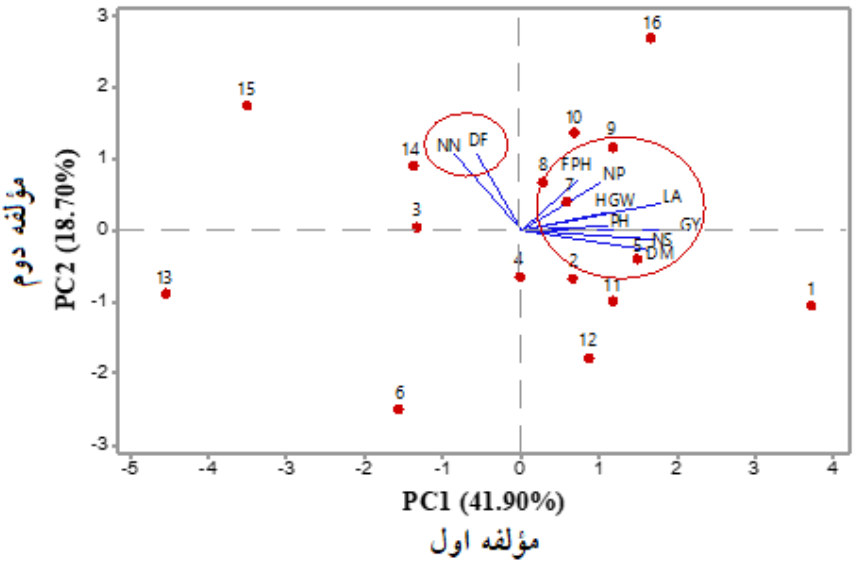
صفات Traits	خوشه اول Cluster (I)	خوشه دوم Cluster (II)	خوشه سوم Cluster (III)	خوشه چهارم Cluster (IV)
عملکرد دانه Seed yield	3970.22 ± 9.93	3993.11 ± 2.26	3378.00 ± 6.22	2960.19 ± 18.04
روز تا رسیدگی Day to maturity	128.07 ± 1.97	127.2 ± 1.39	125.6 ± 0.06	115.00 ± 8.50
روز تا گلدهی Day to flowering	53.7 ± 3.57	56.73 ± 1.88	55.71 ± 0.04	114.92 ± 4.15
تعداد غلاف در بوته No. of pod per plant	48.89 ± 2.94	51.95 ± 9.38	42.93 ± 9.63	42.02 ± 11.54
ارتفاع بوته Plant height	97.00 ± 1.60	100.45 ± 5.21	91.18 ± 4.51	87.83 ± 8.01
ارتفاع اولین غلاف Height of first pod	7.93 ± 5.89	9.18 ± 1.90	8.45 ± 0.28	7.74 ± 2.09
تعداد شاخه فرعی No. of sub-branch	1.26 ± 0.76	1.85 ± 0.08	1.57 ± 0.27	2.02 ± 0.23
تعداد دانه در مترمربع No. of seed per m^2	2537.47 ± 7.22	2362.07 ± 0.20	2305.54 ± 2.58	2037.67 ± 12.38
وزن صددانه 100 seeds weigh	10.94 ± 2.36	10.91 ± 2.08	10.21 ± 4.41	10.44 ± 2.28
مساحت برگ هر بوته Leaf area per plant	528.43 ± 3.27	530.48 ± 3.67	499.82 ± 2.32	446.60 ± 12.72

نتایج تجزیه به مؤلفه‌های اصلی نشان داد که دو مؤلفه اول ٦٠/٦٠ درصد واریانس کل را توجیه می‌کنند (جدول ٨). اولین مؤلفه ٤١/٩٠ درصد واریانس کل را توجیه نمود و ارتباط مثبت با همه صفات مورد مطالعه به‌جز روز تا گلدهی و تعداد شاخه فرعی داشت. بیشترین ارتباط مثبت مؤلفه اول با صفات عملکرد دانه، تعداد دانه در مترمربع و مساحت برگ هر بوته بود. مؤلفه دوم ١٨/٧٠ درصد از واریانس کل را توجیه نمود. ارتباط مثبت مؤلفه دوم با صفات روز تا گلدهی و تعداد شاخه فرعی بود. همچنین بای‌پلات PC1 در مقابل PC2 رسم گردید (شکل ٤). بای‌پلات مذکور روابط بین صفات مورد بررسی را نشان می‌دهد. زاویه بین بردارهایی که صفات مختلف را به مرکز بای‌پلات متصل می‌کند، همبستگی تقریبی بین آن‌ها را نشان می‌دهد. زاویه حاده نشانگر همبستگی مثبت و زاویه منفرجه نشانگر استقلال، همبستگی بسیار ضعیف یا همبستگی منفی بین صفات می‌باشد. بر اساس این بای‌پلات، صفات مورد مطالعه در دو گروه قرار گرفتند. گروه اول شامل صفات روز تا گلدهی و تعداد شاخه فرعی بود و گروه دوم سایر صفات از جمله عملکرد دانه و تعداد دانه در مترمربع را شامل می‌شد. با توجه به زوایای خطوط مشاهده می‌شود که صفات روز تا گلدهی و تعداد شاخه فرعی همبستگی منفی با عملکرد دانه دارند. در نمودار بای‌پلات ترسیمی (شکل ٤) ناحیه سمت راست پایین (مقادیر بیشتر مؤلفه اول و مقادیر کمتر مؤلفه دوم) به‌عنوان ناحیه مورد نظر انتخاب می‌شود که در بای‌پلات حاصل، ژنوتیپ‌های G1، G2، G5، G11 و G12 در ناحیه مورد نظر قرار گرفتند و به‌عنوان ژنوتیپ‌های مطلوب انتخاب می‌شوند. بابایی و همکاران (Babaei *et al.*, 2021) در آزمایشی که جهت تعیین سازگاری و پایداری ژنوتیپ‌های امیدبخش سویا از نظر عملکرد دانه و طول دوره رشد در مناطق کرج، مغان و خرم‌آباد در طی دو سال زراعی ١٣٩٥-١٣٩٤ مورد ارزیابی قرار دادند.

جدول ٨- تجزیه به مؤلفه‌های اصلی بر روی صفات مختلف در ژنوتیپ‌های سویا

Table 8. Principal component analysis of different traits in soybean genotypes

صفات Traits	مؤلفه اول PC1	مؤلفه دوم PC2
عملکرد دانه Seed yield	0.46	0.01
روز تا رسیدگی Day to maturity	0.38	0.14
روز تا گلدهی Day to flowering	-0.13	0.57
تعداد غلاف در بوته No. of pod per plant	0.24	0.35
ارتفاع بوته Plant height	0.26	0.03
ارتفاع اولین غلاف Height of first pod	0.17	0.36
تعداد شاخه فرعی No. of sub-branch	-0.20	0.57
تعداد دانه در مترمربع No. of seed per m^2	0.40	0.07
وزن صد بوته 100 seeds weigh	0.26	0.13
شاخص سطح برگ هر بوته Leaf area Index per plant	0.42	0.19
مقادیر ویژه Eigenvalue	4.18	1.87
درصد واریانس Variance (%)	41.90	18.70
واریانس تجمعی Cumulative variance (%)	41.90	60.60



شکل ٤- دیاگرام پراکنش ژنوتیپ‌های سویا بر روی دو مؤلفه اول و دوم

Figure 4. Diagram of soybean genotypes distribution over the first and second components

GY: عملکرد دانه؛ DM: روز تا رسیدگی؛ DF: روز تا گلدهی؛ NP: تعداد غلاف در بوته؛ PH: ارتفاع بوته؛ FPH: ارتفاع اولین غلاف؛ NN: تعداد شاخه فرعی؛ NS: تعداد دانه در مترمربع؛ HGW: وزن صد دانه؛ LA: مساحت برگ هر بوته

GY: Grain yield; DM: Days to maturity; DF: Days to flowering; NP: No. of pods per plant; PH: Plant height; FPH: First pod height; NN: No. of sub-branches; NS: No. of seeds per m^2, HGW: Hundred grain weight; LA: Leaf area per plant

در این تحقیق بر اساس معیارهای بای‌پلات ژنوتیپ (Katool × G6 L12/Williams) با متوسط عملکرد ۳۵۱٤ کیلوگرم در هکتار به‌عنوان ژنوتیپ ایده‌آل شناخته شد. رزمی و همکاران (Razmi *et al.*, 2021) در بررسی و مقایسه لاین‌های خالص سویا که از طریق دورگ‌گیری بین ارقام و انتخاب در نسل‌های در حال تفکیک با روش شجره‌ای و تک‌غلاف، اصلاح شده و به خلوص رسیده بودند را از لحاظ خصوصیات مهم زراعی و عملکرد دانه با دو رقم ساری و کاسپین به‌عنوان شاهد در چهار منطقه گرگان، ساری، مغان و دزفول در طی دو سال زراعی مورد مقایسه قرار دادند. در بررسی‌های ایشان ژنوتیپ G20 با متوسط عملکرد ۳۲۷۳ کیلوگرم در هکتار در دو منطقه گرگان و مغان، نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها برتری نشان داد. کاسوانتارو و همکاران (Kuswantoro *et al.*, 2020) در بررسی ژنوتیپ‌های سویا بر اساس تجزیه به مؤلفه‌های اصلی، دو مؤلفه نخست ۸۳ درصد از تغییرات کل را توجیه کردند و بر اساس اعضای بردار مشخصه در این دو مؤلفه، بالاترین ضرایب مؤلفه اول به صفات ارتفاع بوته و وزن کل بوته و بالاترین ضرایب مؤلفه دوم به وزن کل غلاف‌ها، وزن غلاف‌های پر، تعداد دانه‌های کل بوته، وزن صددانه و تعداد شاخه فرعی اختصاص داشت؛ بنابراین می‌توان استنباط کرد ژنوتیپ‌های با مقادیر مؤلفه اول و دوم بالاتر، ژنوتیپ‌هایی هستند که در شرایط بدون تنش نمود بهتری ازلحاظ صفات عملکردی که قسمت اعظم تغییرات را توجیه نمودند، از خود نشان دادند.

بر اساس نتایج مقایسه میانگین در هر دو سال آزمایش ژنوتیپ‌های G1، G5 و G11 بیشترین میزان عملکرد دانه را نشان دادند. بر اساس ضرایب همبستگی بین صفات، همبستگی مثبت و معنی‌داری بین عملکرد دانه با شاخص سطح برگ هر بوته، طول دوره رسیدگی، تعداد دانه در مترمربع و تعداد غلاف در بوته وجود داشت. تجزیه خوشه‌ای به روش Ward، ژنوتیپ‌ها را در چهار گروه مجزا دسته‌بندی

نمود. نتایج حاصل از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی و رسم بای‌پلات نیز مطابقت بالایی با گروه‌بندی حاصل از تجزیه خوشه‌ای داشت. بر اساس نتایج تجزیه خوشه‌ای ژنوتیپ‌های G1، G2،G5 وG11 متعلق به گروه اول با ویژگی عملکرد دانه بیشتر و تعداد دانه در مترمربع بالاتر، معرفی شده و استفاده از آن‌ها در برنامه‌های اصلاحی آینده توصیه می‌گردد.

References

Astaraki, H., Sharifi, P. and Sheikh, F. (2020). Estimation of genotypic correlation and heritability of some of traits in faba bean genotypes using restricted maximum likelihood (REML). *Plant Genetic Researches*, **6(2):** 111-128 (In Persian).

Azevedo, C.V.G., Val, B.H.P., Araujo, L.C.A., Juhasz, A.C.P., Di Mauro, A.O. and Uneda Trevisoli, S.H. (2021). Genetic parameters of soybean populations obtained from crosses between grain and food genotypes. *Acta Scientiarum Agronomy*, **43:** e46968.

Babaei, H.R., Razmi, N. and Sabzi, H. (2021). Study on grain yield stability of soybean genotypes [*Glycine max* (L.) *Merril*] through GGE biplot analysis. *Applied Research in Feilf Crops*, **34(1):** 39-54 (In Pershian).

Benjamin, B., Stewart-Brown, B.B., Song, Q., Vaughn, J.N. and Li, Z. (2019). Genomic selection for yield and seed composition traits within an applied soybean breeding program. *G3 (Bethesda)*, **9(7):** 2253-2265.

Dubey, N., Avinashe, H.A. and Shrivastava, A.N. (2018). Principal component analysis in advanced genotypes of soybean [*Glycine max* (L.) *Merrill*] over seasons. *Plant Archives*, **18(1):** 501-506.

Girgel, U. (2021). Principle component analysis (PCA) in bean genotypes (*Phaseolus vulgaris* L.) for agronomic, morphological and biochemical characteristics. *Applied Ecology and Environmental Research*, **19(3):** 1999-2011.

Hezarjaribi, E., Andarkhor, A. and Razmi, N. (2018). *Evaluation of Adaptability of Early Matured Pure-Lines Soybean (2017-18). Final Report.* Seed and Plant Improvement Institute.Karaj, IR (In Persian).

Kahlon, C.S., Li, B., Board, J., Dia, M., Sharma, P. and Jat, P. (2018). Cluster and principle component analysis of soybean grown at various row spacings, planting dates and plant populations. *De Gruyter*, **3:** 110-122.

Kuswantoro, H., Artari, R., Iswanto, R. and Iman, H. (2020). Family structure of F5 soybeans lines derived from soybean varieties with the main differences on seed size and maturity traits. *Biodiversitas*, **21(6):** 2576-2585.

Machado, B.Q.V., Nogueira, A.P.O., Hamawaki, O.T., Rezende, G.F., Jorge, G.L., Silveira, I.C., Medeiros, L.A., Hamawaki, R.L. and Hamawak, C.D.L. (2017). Phenotypic and genotypic correlations between soybean agronomic traits and path analysis. *Genetics and Molecular Research*, **16(2).** doi http**:**//dx.doi.org/10.4238/gmr16029696.

Milioli, A.S., Zdziarski, A.D., Woyann, L.G., Santos, R., Rosa, A., Madureira, A. and Benin, G. (2018). Yield stability and relationships among stability parameters in soybean genotypes across years. *Chilean Journal of Agricultural Research*, **78(2):** 299-310.

Razmi, N., Rameeh, V., Hezarjeribi, E. and Kalantar Ahmadi, A. (2021). Investigation of grain yield, number of pods and plant height of new soybean lines in Sari, Gorgan, Moghan and Dezful regions. *Journal of Crop Breeding*, **12:** 36-42 (In Persian).

Rodrigues, B., Serafim, F., Nogueira, A.P., Hamawaki, O.T., Sousa, L.B. and Hamawaki, R.L. (2015). Correlations between traits in soybean (*Glycine max* L.) naturally infected with Asian rust (*Phakopsora pachyrhizi*). *Genetics and Molecular Research*, **14(4):** 17718-29.

Sousa, L.B., Hamawaki, O.T., Santos Júnior, C.D. and Oliveira, V.M. (2015). Correlation between yield components in F6 soybean progenies derived from seven biparental crosses. *Journal of Biosciences*, **31:** 1692-1699.

Tahmasebi, A.K., Darvishzadeh, R., Moghaddam, A.F., Gholinezhad, E. and Abdi, H. (2022). Use of selection indices for improving grain yield in sesame local populations. *Plant Genetic Researches*, **8(2):** 117-130 (In Persian).

Teodoro, P.E., Ribeiro, L.P., Corrêa, C.C.G. and Luz Júnior, R.A.A. (2015). Path analysis in soybean genotypes as function of growth habit. *Journal of Biosciences*, **31:** 794-799.

Yoosefzadeh-Najafabadi, M., Tulpan, D. and Eskandari, M. (2021). Application of machine learning and genetic optimization algorithms for modeling and optimizing soybean yield using its component traits. *PlosOne*, **16(4):** e0250665.

You, M.K., Song, Q., Jia, G., Cheng, Y., Duguid, S., Booker, H. and Cloutier, S. (2016). Estimation of genetic parameters and their sampling variances for quantitative traits in the type 2 modified augmented design. *The Crop Journal*, **4:** 107-118.

Selection of Superior Soybean Genotypes Using some Statistical Multivariate Methods in Moghan Climate Conditions

Nasrin Razmi[1,*], Ebrahim Hezarjaribi[2] and Abbasali Andarkhor[3]

1- Assistant Professor, Field and Horticultural Crops Sciences Research Department, Ardabil Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Parsabad, Iran
2- Assistant Professor, Field and Horticultural Crops Sciences Research Department, Golestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Gorgan, Iran
3- Assistant Professor, Field and Horticultural Crops Sciences Research Department, Mazandaran Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Sari, Iran

(Received: October 6, 2022 – Accepted: February 21, 2023)

Abstract

Soybean is the promising oilseed in the face of protein and oil shortage. In this study 16 advanced soybean genotypes, in terms of seed yield and yield components were evaluated using multivariate statistical methods. This experiment was carried out in the form of randomized complete block design (RCBD) in the research farm of Ardabil Agricultural and Natural Resources Research Center (Moghan) for two consecutive years (2017-2018). Combined analysis of variance emphasized the statistically significant differences for seed yield, yield components and growth period among these soybean genotypes. Based on the mean comparison results, G1, G5 and G11 genotypes had the highest grain yield, longest growth period was observed in G1, G16 and G6 genotypes and highest number of seeds per m^2 was belonged to G1, G16 and G9 genotypes. The broad sense heritability for plant height, seed yield and number seed in m^2 were 0.92.07, 75.31 and 79.25 percentage, respectively. Also, the results showed that there was a positive and significant correlation between seed yield and leaf area of per plant, growth period, number of seeds per m^2 and number of pods per plant. Genotypes were classified into four distinct groups in cluster analysis and the Ward method. The results of principal component analysis and biplot confirmed by the clustering results, too.G1, G2, G5 and G11 genotypes belong to the first group from cluster analysis with higher seed yield and number of seed per m^2, and these genotypes are recommended in future breeding programs.

Keywords: Number of seeds, Leaf area index, Growth period, Seed yield

* **Corresponding Author, E-mail: n.razmi@areeo.ac.ir**