

Identification of key agronomical traits contributing to the selection of superior lines of soybean in Moghan Plain

Nasrin Razmi¹, Bahram Masoudi^{*2}, Ebrahim Hezarjaribi³

1. Assistant Prof., Dept. of Field and Horticultural Crops Sciences Research, Ardabil Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Parsabad, Iran. E-mail: nasrinrazmi@gmail.com
2. Corresponding Author, Assistant Prof., Dept. of Seed and Plant Improvement Research, Seed and Plant Improvement Institute, Agricultural Research Education and Extension Organization, Karaj, Iran. E-mail: bmasoudi@gmail.com
3. Assistant Prof., Dept. of Field and Horticultural Crops Sciences Research, Golestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Gorgan, Iran. E-mail: ehazarjaribi@yahoo.com

Article Info

Article type:
Full Length Research Paper

Article history:
Received: 10.30.2023
Revised: 11.22.2023
Accepted: 12.19.2023

Keywords:
Factor analysis,
Number of pods,
Number of seeds,
Weight of one hundred seeds

ABSTRACT

Background and Objectives: Soybean is a valuable industrial plant worldwide because of its high protein content, high quality unsaturated oil, and many direct and indirect uses. Seed yield is determined by many vegetative and reproductive traits in different amounts. In some cases, the improvement of a specific trait is accompanied by simultaneous changes in one or more other traits, which provides the possibility of using indirect selection. This study aimed to investigate the correlation between phenotypic traits and yield components, propose cause-and-effect relationships for grain yield components, and determine the direct and indirect effects of traits on soybean seed yield.

Materials and Methods: In this study, 13 pure lines obtained from breeding programs with two control varieties, Amir and Saba, were cultivated during the agricultural year of 2019/2020 at the Agricultural and Natural Resources Research Center of Ardabil (Moghan). The experimental arrangement was a randomized complete block design with three repetitions. Correlation coefficients were used to understand the relationships between traits, path analysis was used to estimate the direct and indirect effects of traits on seed yield, and factor analysis was used to explain the correlation between variables and selection of the desired lines was done using factor analysis and cluster analysis.

Results: Based on the results of variance analysis for testing differences in composite variables, the genotypes had significant differences in terms of vegetative traits, yield components, and seed yield. Correlation between phenotypic traits showed that the number of nodes per plant was positively and significantly correlated with the number of pods per plant and the number of seeds per plant. In addition, the correlation of the number of seeds per plant with seed yield was positive and significant ($r=0.76^{**}$). The results of path analysis showed that traits related to the number of seeds per plant, such as the number of pods per plant, showed a high direct and indirect correlation with seed yield. The direct effect of seed number on yield was positive (0.66), whereas the weight of one hundred seeds had a high negative direct effect (-0.44) on seed yield and a positive indirect effect through the number of days to flowering (0.24). Factor analysis showed that the first factor justified 41.2 of the total variation, and the

highest positive factor coefficients belonged to plant height, number of nodes, total pods and number of seeds per plant. The second factor explained 21.78% of the total variation, day to of flowering, days to maturity, number of branches per plant and one hundred seed weight had the highest coefficients. Factor analysis was able to identify high yielding and earliness lines, which were placed in group 2 of cluster analysis.

Conclusion: Factor analysis showed that four factors explained 62.98% of the total variance. According to path analysis, among the yield components, the number of seeds per plant has the largest contribution in determining the yield, and the trait of the number of pods per plant, which causes the production of more seeds in soybean lines, should be prioritized in breeding programs and selection of superior lines. Lines G14, G5, G2, G10 and G8 were placed in the group of lines with high performance and early maturity groups.

Cite this article: Razmi, Nasrin, Masoudi, Bahram, Hezarjaribi, Ebrahim. 2024. Identification of key agronomical traits contributing to the selection of superior lines of soybean in Moghan Plain. *Journal of Plant Production Research*, 31 (3), 127-145.



© The Author(s).

DOI: 10.22069/JOPP.2023.21773.3076

Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

شناسایی صفات زراعی کلیدی در انتخاب لاین‌های برتر سویا در دشت مغان

نسرین رزمی^۱، بهرام مسعودی^{۲*}، ابراهیم هزارجریبی^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، ایران. رایانامه: nasrinrazmi@gmail.com
۲. نویسنده مسئول، استادیار مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران. رایانامه: bmasoudi@gmail.com
۳. استادیار بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی گلستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، گرگان، ایران. رایانامه: ehzarjaribi@yahoo.com

اطلاعات مقاله	چکیده
نوع مقاله: مقاله کامل علمی- پژوهشی	سابقه و هدف: دانه سویا به دلیل داشتن میزان پروتئین بالا، روغن غیراشباع با کیفیت بالا و موارد متعدد مصارف مستقیم و غیرمستقیم به عنوان یک گیاه صنعتی با ارزش در کل دنیا شناخته شده است. صفات رویشی و زایشی به مقادیر متفاوت در میزان عملکرد دانه سویا نقش دارند. گاهی بهبود یک صفت خاص موجب تغییرات هم‌زمان در یک یا چند صفت دیگر شده و امکان استفاده از انتخاب غیرمستقیم را مهیا می‌کند. هدف از اجرای این آزمایش، بررسی همبستگی بین صفات فنوتیپی و اجزای عملکرد با عملکرد دانه سویا و ارائه روابط علت و معلولی بین صفات مختلف و تعیین آثار مستقیم و غیرمستقیم صفات بر عملکرد دانه بود.
تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۸/۰۸ تاریخ ویرایش: ۱۴۰۲/۰۹/۰۱ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۹/۲۸	مواد و روش‌ها: در این پژوهش، تعداد ۱۳ لاین حاصل از برنامه‌های به‌نژادی به همراه دو رقم شاهد امیر و صبا به صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار طی دو سال زراعی (۱۳۹۹ و ۱۴۰۰) در مزرعه تحقیقاتی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان اردبیل (مغان) مورد مقایسه قرار گرفتند. جهت درک عمیق روابط بین صفات از ضرایب همبستگی، برآورد دقیق اثر مستقیم و غیرمستقیم صفات بر عملکرد دانه از تجزیه علیت و انتخاب لاین‌های مطلوب از روش تجزیه به عامل‌ها و تجزیه کلاستر استفاده شد.
واژه‌های کلیدی: تجزیه به عامل‌ها، تعداد دانه، تعداد غلاف، وزن صد دانه	یافته‌ها: بر اساس نتایج حاصل از تجزیه واریانس مرکب، لاین‌ها از لحاظ صفات رویشی، اجزای عملکرد و عملکرد دانه با یکدیگر اختلاف معنی‌داری در سطح ۱ درصد داشتند. همبستگی ساده بین صفات فنوتیپی نشان داد تعداد گره در بوته همبستگی مثبت و معنی‌داری با تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در بوته دارد. هم‌چنین همبستگی تعداد دانه در بوته با عملکرد

دانه مثبت و معنی‌دار ($t=0.76^{**}$) بود. نتایج تجزیه علیت نشان داد صفات مرتبط با تعداد دانه در بوته مانند تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در بوته اثرات مستقیم و غیرمستقیم بالایی با عملکرد دانه نشان دادند. اثر مستقیم تعداد دانه با عملکرد مثبت و معنی‌دار (0.66) بود، در حالی که وزن صد دانه اثر مستقیم منفی بالایی (-0.44) با عملکرد دانه و اثر غیرمستقیم مثبت از طریق روز تا گلدهی (0.24) داشت. نتایج حاصل از تجزیه به عامل‌ها نشان داد عامل اول $41/2$ درصد از تغییرات متغیرها را توجیه نمود و بزرگ‌ترین ضرایب عاملی مثبت آن متعلق به ارتفاع بوته، تعداد گره، تعداد کل غلاف‌ها، تعداد دانه در گیاه و عملکرد دانه بود. عامل دوم $21/78$ درصد از تغییرات متغیرها را توجیه نموده و بزرگ‌ترین ضرایب عاملی آن متعلق به روز تا شروع گلدهی، روز تا رسیدگی، تعداد شاخه فرعی و وزن صد دانه بود. تجزیه به عامل‌ها توانست لاین‌های زودرس با عملکرد بالا را شناسایی کند، این لاین‌ها در گروه ۲ تجزیه کلاستر قرار گرفتند.

نتیجه‌گیری: نتایج تجزیه به عامل‌ها نشان داد که دو عامل مشترک در مجموع $62/98$ درصد از کل واریانس متغیرها را توجیه کردند. بر اساس نتایج تجزیه علیت، در بین اجزای عملکرد تعداد دانه در بوته در تعیین میزان عملکرد بیش‌ترین سهم را داشته و صفت تعداد غلاف در بوته که باعث تولید تعداد دانه بیش‌تر در لاین‌های سویا می‌شوند، باید در برنامه‌های به‌نژادی و انتخاب ارقام برتر در اولویت قرار گیرند. لاین‌های $G2$ ، $G5$ ، $G14$ ، $G8$ و $G10$ در گروه لاین‌هایی با عملکرد در واحد سطح بالا و زودرس قرار گرفتند.

استناد: رزمی، نسرین، مسعودی، بهرام، هزارجریبی، ابراهیم (۱۴۰۳). شناسایی صفات زراعی کلیدی در انتخاب لاین‌های برتر سویا در دشت مغان. نشریه پژوهش‌های تولید گیاهی، ۳۱ (۳)، ۱۴۵-۱۲۷.

DOI: 10.22069/JOPP.2023.21773.3076



© نویسندگان.

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

مقدمه

سویا (*Glycine max* (L.) Merr) محصول کلیدی و از مهم‌ترین دانه‌های روغنی تولید شده در جهان می‌باشد. تولید جهانی سویا از ۱۶۰ میلیون تن با سطح زیر کشت ۷۰ میلیون هکتار در سال ۱۹۹۸، به ۳۵۰ میلیون تن با سطح زیر کشت ۱۳۱ میلیون هکتار در سال ۲۰۱۹ افزایش یافته است (۱). وجود ۴۰ درصد پروتئین و ۲۰ درصد روغن با کیفیت بالا موجب ایجاد ترکیبی جدایی‌ناپذیر از چندین بخش شامل تأمین غذای انسانی، خوراک دام و تولید محصولات صنعتی متنوع در سویا شده است. در سال‌های اخیر میزان عملکرد کمی و کیفی دانه سویا به دلیل استفاده از تکنیک‌های به‌زراعی، به‌نژادی، بیوتکنولوژی، شیمی و ویرایش ژنوم به‌طور چشمگیری بهبود یافته است (۲).

عملکرد دانه در سویا تحت تأثیر عوامل ژنتیکی، محیطی و اثرات متقابل آن‌ها قرار می‌گیرد. ژنوتیپ‌ها در محیط‌های متفاوت به دلیل وجود اثر متقابل ژنوتیپ در محیط، عملکرد دانه یکسانی تولید نمی‌کنند. تفاوت عملکرد ژنوتیپ‌ها در محیط‌های مختلف به دلیل تغییرات محیطی و وقوع تنش‌هایی مانند خشکسالی، شوری و دمای بالا می‌باشد (۳). عملکرد دانه در سویا از حاصل ضرب تعداد گره در ساقه، در تعداد غلاف در هر گره، در تعداد دانه در غلاف و وزن دانه حاصل می‌گردد، پس مهم‌ترین اجزای عملکرد که همبستگی بالایی با عملکرد دانه در سویا دارند شامل تعداد گره، تعداد غلاف، تعداد دانه در غلاف و وزن هزاردانه می‌باشد (۴). اجزای عملکرد دانه ممکن است به صورت مستقیم و یا غیرمستقیم بر عملکرد تأثیر بگذارند، بنابراین، تغییر در یک صفت معین ممکن است یا به طور مستقیم بر عملکرد دانه تأثیر داشته و یا از طریق تغییر در سایر صفات مرتبط با عملکرد تأثیرگذار باشند (۵).

به منظور درک و شناسایی ارتباط بین صفات می‌توان از همبستگی خطی استفاده کرد. ضرایب همبستگی خطی ارتباط فنوتیپی بین دو صفت را نشان می‌دهد (۶). در به‌نژادی گیاهان تعیین همبستگی بین صفات از اهمیت اساسی برخوردار است. گاهی بهبود یک صفت خاص موجب تغییرات هم‌زمان در یک یا چند صفت دیگر شده و در صورتی که صفات وراثت‌پذیری بالایی داشته باشند، امکان استفاده از انتخاب غیرمستقیم را مهیا می‌کند (۷). تفسیر همبستگی خطی از لحاظ اندازه و مفهوم اهمیت زیادی دارد و تفسیر اشتباه ممکن است منجر به عدم کارایی در انتخاب صحیح به دلیل امکان وجود اثر غیرمستقیم صفت سوم و یا گروهی از صفات بر صفت وابسته گردد. بیسیتو و همکاران (۲۰۱۷) جهت ارائه توضیحات قابل‌قبول از همبستگی بین صفات بر پایه یک مدل علت و معلولی مسیر تجزیه علیت را پیشنهاد کردند (۸). تجزیه علیت روابط بین صفات را بررسی کرده و شامل تأثیر مستقیم و غیرمستقیم مجموعه‌ای از متغیرهای مستقل بر یک متغیر وابسته بوده و از طریق معادلات رگرسیون چندگانه به دست می‌آید (۹) و امکان استفاده از ضرایب همبستگی‌های خطی در تخمین و به‌کارگیری انتخاب غیرمستقیم در مورد صفات ساده‌تر با وراثت‌پذیری بیشتر و اندازه‌گیری آسان‌تر، اعمال کرده و در مقایسه با استفاده از انتخاب مستقیم کارآمدتر می‌باشد (۱۰). در این روش اطلاعات کمی بیان شده به صورت ضرایب همبستگی با اطلاعات کیفی مربوط به رابطه علت و معلولی بین متغیرها تلفیق و یک تفسیر کمی ارائه می‌گردد (۱۱). فراری و همکاران (۲۰۱۸) روابط بین صفات فنوتیپی را در گیاه سویا در چندین محیط مناسب و نامناسب از نظر شرایط رشد بررسی و نشان دادند که صفات وزن هزاردانه و ارتفاع بوته ارتباط زیادی با عملکرد دانه داشتند ولی تأثیرپذیری آن‌ها از

پارس‌آباد طی فصل رشد سویا در جدول ۲ نشان داده شده است. لاین‌های مورد بررسی در این پژوهش شامل ۱۳ لاین خالص نسل F9 حاصل برنامه دورگ‌گیری در استان گلستان و دو رقم پر محصول صبا و امیر به عنوان شاهد (به ترتیب زودرس و متوسط‌رس) انتخاب شد (جدول ۳). هر کرت آزمایشی شامل ۴ خط ۵ متری و فاصله بین ردیف ۶۰ سانتی‌متر (مساحت هر کرت ۱۲ مترمربع) و فواصل بین بوته حدود ۶ سانتی‌متر بود. قبل از کاشت به منظور تثبیت بیولوژیکی نیتروژن، بذور با باکتری برادی ریزوبیوم^۱ تلقیح شدند. در طول دوره رشد از خصوصیات مهم فنولوژیک و زراعی از جمله تعداد روز از کاشت تا هر یک از مراحل شروع گلدهی، غلاف‌دهی و رسیدگی کامل، ارتفاع بوته، تعداد گره، تعداد شاخه فرعی، تعداد غلاف، تعداد دانه در هر بوته، وزن صد دانه، عملکرد دانه در واحد سطح یادداشت‌برداری به‌عمل آمد. تاریخ کاشت نیمه دوم خرداد بود. عملیات داشت شامل تنک کردن، وجین علف‌های هرز و مبارزه با آفات تریپس و برگ‌خوار و آبیاری در طول دوره رشد گیاه انجام شد. در پایان دوره رشد و پس از رسیدگی فیزیولوژیکی عملکرد دانه هر لاین برآورد و بر اساس کیلوگرم در هکتار گزارش شد. صفات مرتبط با اجزاء عملکرد بر اساس میانگین پنج بوته از داخل کرت آزمایشی محاسبه شد. از نرم‌افزارهای SAS 6.12، R 3.1، Gen Stat 12 و STATGRAPHICS 18 جهت تجزیه‌های آماری و رسم نمودار استفاده شد.

شرایط محیطی زیاد بود. در حالی که تعداد کل غلاف‌ها به دلیل اثرات ثابت مستقیم و غیرمستقیم آن بر عملکرد دانه در همه شرایط محیطی مورد آزمون برای انتخاب لاین‌های برتر در اولویت قرار گرفت (۱۲). وی و مولین (۲۰۲۰) در ارائه مدل‌های تخمین عملکرد دانه سویا و افزایش دقت پیش‌بینی در طی آزمایشی از سال ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۹ از ۵۸ مورد جمع‌آوری شده از مزارع سویا مشخص نمودند که همبستگی وزن هزاردانه با عملکرد^{*} ۰/۵ و همبستگی تعداد دانه در بوته با عملکرد دانه^{**} ۰/۹۲ بود، هم‌چنین بالاترین دقت ضریب تعیین مختص مدل‌های اعتبارسنجی مبتنی بر تعداد دانه بود (۱۳).

هدف از اجرای این آزمایش بررسی همبستگی صفات مؤثر بر عملکرد دانه گیاه سویا و شناسایی روابط علت و معلولی بین این صفات و مطالعه اثرات غیرمستقیم دیگر صفات در تعیین میزان عملکرد و اجزای عملکرد دانه در لاین‌های جدید سویا و شناسایی لاین‌های برتر در مقایسه با ارقام شاهد بود.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی و مقایسه لاین‌های خالص سویا از لحاظ عملکرد دانه و خصوصیات مهم زراعی، این پروژه در مزرعه تحقیقاتی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان اردبیل واقع در دشت مغان به صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار طی سال‌های ۱۳۹۹ و ۱۴۰۰ به مدت دو سال زراعی اجرا شد. دشت مغان با ارتفاع ۳۲ متر از سطح دریا با عرض جغرافیایی ۳۹ درجه و ۳۹ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۴۷ درجه و ۴۶ درجه شرقی دارای آب و هوا گرم و مرطوب می‌باشد. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه آزمایشی در جدول ۱ و آمار هواشناسی ایستگاه سینوپتیک شهرستان

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه آزمایشی.

Table 1. Soil physical and chemical properties of experimental field.

هدایت الکتریکی EC	اسیدیته خاک pH	پتاسیم K	فسفر P	نیتروژن N	رس Clay	سیلت Silt	شن Sand	بافت خاک Soil texture
dSm ⁻¹		mg.kg ⁻¹			%			
1.9	8.1	417	20	0.011	37	27	36	Clay loam

جدول ۲- آمار هواشناسی ایستگاه سینوپتیک شهرستان پارس‌آباد طی ماه‌های رشد سویا در دو سال ۱۳۹۹ و ۱۴۰۰.

Table 2. Meteorological data available for Pars Abad in 2020 -2021 cropping seasons.

۱۴۰۰	۱۳۹۹	۱۴۰۰	۱۳۹۹	۱۴۰۰	۱۳۹۹	۱۴۰۰	۱۳۹۹	۱۴۰۰	۱۳۹۹	سال
2021	2020	2021	2020	2021	2020	2021	2020	2021	2020	year
آبان		مهر		شهریور		مرداد		تیر		ماه
23 Oct. – 21 Nov.		23 Sept. – 22 Oct.		23 Aug. – 22 Sept.		23 July – 22 Aug.		22 June – 22 July		Month
16.9	25.6	33.1	20.2	0.2	43.5	0	3.9	0	0.6	میزان بارندگی Total Rainfall (mm)
15.7	15.2	20.5	20.1	31.3	29.8.2	34.7	31.5	35.6	34.1	میانگین دمای حداکثر Average max. Temp. (°C)
5.1	5.5	12.9	13.2	19.1	17.2	20.8	20.4	21.3	19.7	میانگین دمای حداقل Average min. Temp. (°C)
10.4	11.0	16.7	16.3	25.2	23.5	27.8	26.0	28.4	26.9	میانگین دما Average Temp. (°C)
139.3	130.1	92.5	100	252.2	258.3	244.7	238.9	284.2	295.2	مجموع ساعات آفتابی Monthly sunshine hours

جدول ۳- کد و شجره لاین‌های مورد بررسی سویا.

Table 3. Code and pedigree of soybean genotypes.

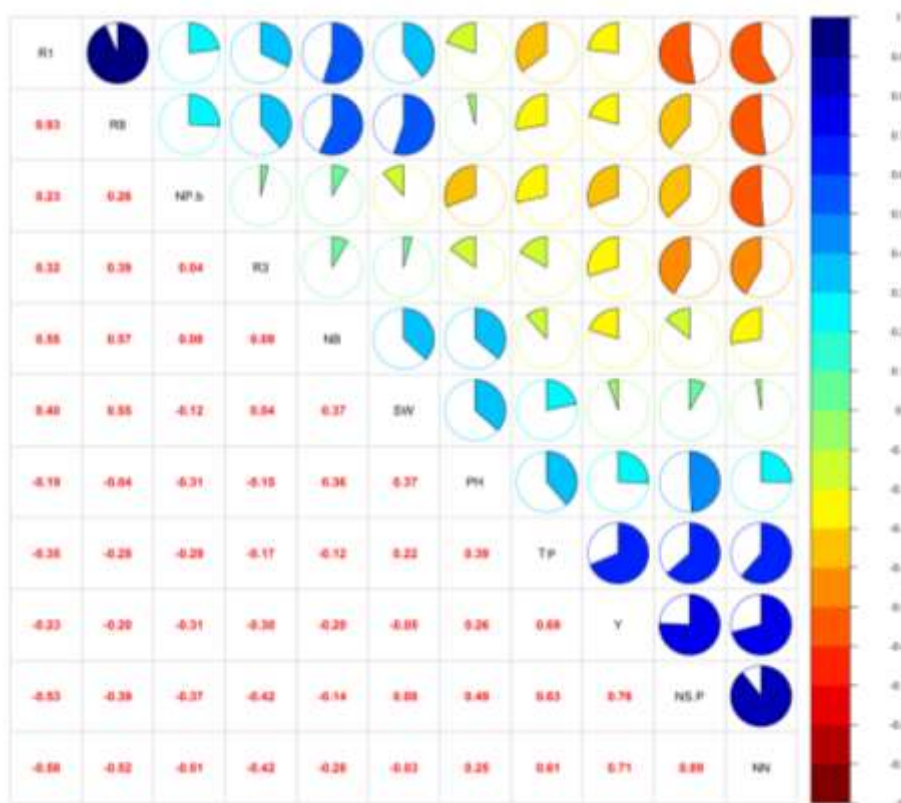
پدیرگی Pedigree	کد لاین Code of genotype	شماره No.
Hamilton × Karbin	SOY-98-1	G1
Hamilton × Karbin	SOY-98-2	G2
Valenta × Karbin	SOY-98-6	G3
Valenta × Karbin	SOY-98-7	G4
Hamilton × TMS	SOY-98-11	G5
Hamilton × Sari	SOY-98-15	G6
Hamilton × Gorgan3	SOY-98-16	G7
Telar × Willams	SOY-98-17	G8
Sari × Charleston	SOY-98-18	G9
Sari × Charleston	SOY-98-19	G10
Sari × Charleston	SOY-98-20	G11
Willams × Clary	SOY-98-22	G12
Sahar × Sari	SOY-98-23	G13
-	Saba	G14
-	Amir	G15

نتایج و بحث

بررسی یکنواختی اشتباه آزمایشی با استفاده از آزمون بارتلت انجام شد و نتایج آن در جدول ۴ آمده است. نتایج نشان داد که با توجه به این که مربع کای محاسبه شده برای صفات مورد بررسی از مربع کای جدول کوچک‌تر بوده و واریانس‌ها همگن می‌باشند. نتایج تجزیه واریانس مرکب برای صفات مختلف نشان داد که لاین‌ها از نظر عملکرد دانه، اجزای عملکرد و صفات رویشی با یکدیگر اختلاف معنی‌داری داشتند (جدول ۵). در جدول ۶ مقایسه میانگین صفات مورد بررسی در دو سال آزمایش ارائه شده است. بر اساس این جدول بیش‌ترین میزان عملکرد دانه را لاین‌های G2، G5 و G8 به خود اختصاص دادند. از لحاظ زودرسی هم رقم صبا و لاین‌های G11، G10 و G3 زودرس‌ترین بودند. بیش‌ترین ارتفاع بوته و تعداد گره در ساقه در لاین G8 مشاهده شد. بیش‌ترین تعداد شاخه فرعی به لاین‌های G4 و G8 تعلق داشت. بیش‌ترین تعداد غلاف کل و تعداد غلاف در شاخه فرعی به ترتیب به لاین‌های G14 و G9 تخصیص یافت. بیش‌ترین تعداد دانه در بوته در لاین‌های G2 و G8 و بیش‌ترین وزن صد دانه نیز در لاین G13 مشاهده شد.

در شکل ۱ همبستگی ساده بین صفات فنوتیپی با یکدیگر و با عملکرد دانه نشان داده شده است.

بیش‌ترین میزان همبستگی (**۰/۹۳) بین صفات روز تا گلدهی و روز تا رسیدگی مشاهده شد. هم‌چنین میزان همبستگی بین تعداد گره با تعداد دانه (**۰/۸۹) و تعداد گره با عملکرد دانه (**۰/۷۱) مثبت و معنی‌دار بود. تعداد غلاف کل با تعداد دانه در بوته (**۰/۶۳)، و عملکرد دانه (**۰/۶۹) همبستگی مثبت و معنی‌داری نشان داد. همبستگی تعداد دانه در بوته با عملکرد دانه (**۰/۷۶) بود که از لحاظ آماری معنی‌دار می‌باشد. همبستگی بین وزن صد دانه با عملکرد دانه از نظر آماری معنی‌دار نبود. فرهنگ‌آسا و همکاران (۲۰۲۰) در مقایسه ارقام داخلی با ارقام وارداتی دریافتند که ارقام برزیلی نسبت به ارقام داخلی از ارتفاع اولین غلاف بیش‌تری (بالتر از ۲۰ سانتی‌متر) برخوردار بودند که نشان‌دهنده بهره‌وری بالا در برداشت با کمباین می‌باشد. در بررسی ایشان نتایج آزمون همبستگی بین صفات مختلف با عملکرد دانه نشان داد که عملکرد دانه چه در ارقام اصلاح شده در داخل کشور و چه ارقام وارداتی بیش‌ترین همبستگی را با میانگین وزن هزارانه (**۰/۷۱ درصد) و تعداد غلاف در بوته (**۰/۵۷ درصد) داشت (۲۰). در بررسی دیگری بر روی گیاه سویا، نتایج تجزیه همبستگی نشان داد که عملکرد بیولوژیک (**۰/۹۶)، شاخص برداشت (**۰/۹۲) و تعداد شاخه (**۰/۹۲) بیش‌ترین همبستگی را با عملکرد دانه داشتند (۲۱).



شکل ۱- ضرایب همبستگی پیرسون بین صفات مورد مطالعه در لاین‌های سویا، ضرایب همبستگی با مقادیر مطلق بالاتر از ۰/۲۰ و ۰/۳۶ به ترتیب در سطح آماری ۵ و ۱ درصد معنی‌دار می‌باشد.

R1: روز تا شروع گلدهی، R3: روز تا شروع غلاف‌دهی، R8: روز تا رسیدگی فیزیولوژیکی، PH: ارتفاع بوته، NN: تعداد گره، NB: تعداد شاخه فرعی، NP/B: تعداد غلاف در شاخه فرعی، TP: تعداد غلاف کل، SW: وزن صد دانه، NS/P: تعداد بذر در بوته، Y: عملکرد دانه.

Fig. 1. Correlation coefficients between studied traits in soybean lines. Correlation coefficients with absolute values higher than 0.20 and 0.36 were statistically significant at 5 and 1% probability levels, respectively.

R1: Days to flowering, R3: Days to podding, R8: Days to maturity, PH: Plant height, NN: No. of Nods, NB: No. of branches, TP: No. of pods per plant, NS/P: No. of seeds per plant, SW: 100 seeds weight, Y: Seed yield.

جدول ۴- نتایج آزمون یکنواختی واریانس‌ها برای صفات مختلف.

Table 4. The results of the homogeneity of variances test for different traits.

Trait	Day to flowering	Day to Pod	Day to maturity	Plant height	No. Nod	No. branch	Pods per branch	No. Pod	One plant Weight	No. Seed per m ²	Weight of 100 seeds	Seed Yield
روز تا گلدهی	35.14 ^{ns}											
روز تا غلاف‌دهی	37.57 ^{ns}	19.39 ^{ns}										
روز تا رسیدگی	19.39 ^{ns}	30.82 ^{ns}	27.34 ^{ns}									
ارتفاع بوته	30.82 ^{ns}	27.34 ^{ns}	23.25 ^{ns}	41.33 ^{ns}								
تعداد گره	27.34 ^{ns}	23.25 ^{ns}	41.33 ^{ns}	37.07 ^{ns}								
تعداد شاخه فرعی	23.25 ^{ns}	41.33 ^{ns}	37.07 ^{ns}	29.17 ^{ns}								
تعداد غلاف در شاخه فرعی	41.33 ^{ns}	37.07 ^{ns}	29.17 ^{ns}	18.48 ^{ns}								
تعداد غلاف کل	37.07 ^{ns}	29.17 ^{ns}	18.48 ^{ns}	31.06 ^{ns}								
No. Pod	29.17 ^{ns}	18.48 ^{ns}	31.06 ^{ns}	39.03 ^{ns}								
وزن تک بوته	18.48 ^{ns}	31.06 ^{ns}	39.03 ^{ns}									
One plant Weight	31.06 ^{ns}	39.03 ^{ns}										
تعداد دانه در تک بوته	39.03 ^{ns}											
No. Seed per m ²												
وزن صد دانه												
Weight of 100 seeds												
عملکرد دانه												
Seed Yield												

محاسبه شده X²

مقدار کای جدول در سطح احتمال ۵ درصد = ۴۱/۳۴

The k value in 5% probability level = 41.34

جدول ۵- تجزیه واریانس مرکب صفات مختلف در لاین‌های سویا.

Table 5. Combined analysis of variance of different traits in soybean lines.

میانگین مربعات Mean squares													منابع تغییرات S.O.V	
عملکرد دانه Seed Yield	وزن صد دانه Weight of 100 seeds	تعداد دانه در تک بوته No. Seed per m ²	تعداد غلاف کل No. Pod	تعداد غلاف در شاخه فرعی Pods per branch	تعداد شاخه فرعی No. branch	تعداد گره No. Nod	ارتفاع بوته Plant height	روز تا رسیدگی Day to maturity	روز تا غلاف‌دهی Day to Pod	روز تا گلدهی Day to flowering	df	منابع تغییرات S.O.V		
8169 ^{ns}	28.8 ^{ns}	881.5 ^{ns}	406 ^{ns}	27.9 ^{ns}	30.1 ^{ns}	64.2 ^{ns}	359 ^{ns}	65.6 ^{ns}	95.2 ^{ns}	84.4 [*]	1	سال	Year	
338146	18.7	595.8	154.8	60.8	21.0	20.0	59.3	12.0	20.3	11.5	4	تکرار/ سال	R/year	
752496 ^{**}	55.88 ^{**}	849.4 ^{**}	320 ^{**}	89.94 ^{**}	2.42 ^{**}	15.4 ^{**}	518 ^{**}	194.3 ^{**}	302.2 ^{**}	267.7 ^{**}	14	لاین	Genotype	
300245 ^{ns}	15.7 ^{ns}	502.1 ^{ns}	201 ^{ns}	23.7 ^{ns}	0.72 ^{ns}	10.3 ^{ns}	128 ^{ns}	125.7 ^{ns}	15.5 ^{ns}	17.2 ^{ns}	14	لاین × سال	Y × G	
280926	9.86	348	127	15.2	0.4	6.8	210.7	69.1	39.3	20	56	خطای دوم	E2	
13.2	14.3	14.5	16.5	19.4	18.2	17.9	16.1	6.1	8.6	9.8	-	ضریب تغییرات	CV	

^{ns}، * و ** به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد

^{ns}، * and ** Not significant and significant at 5% and 1% probability levels, respectively

جدول ۶- میانگین صفات مورد بررسی در لاین‌های سویا در دو سال.

Table 6. Mean of traits studied in soybean lines during two years.

عملکرد دانه Seed Yield (Kg/ha)	وزن صد دانه Weight of 100 seeds (g)	تعداد دانه در تک بوته No. Seed per m ²	تعداد غلاف کل No. Pod	تعداد غلاف در شاخه فرعی Pods per branch	تعداد شاخه فرعی No. branch	تعداد گره No. Nod	ارتفاع بوته Plant Height (cm)	روز تا رسیدگی Day to maturity	روز تا غلاف‌دهی Day to Pod	روز تا گلدهی Day to flowering	لاین Genotypes
3803 ^{def}	18.8 ^f	130 ^c	60.9 ^{cde}	23.7 ^c	3.5 ^{def}	13.5 ^{def}	98.2 ^b	125 ^{ef}	71 ^{de}	40.3 ^d	G1
4321 ^a	25.7 ^b	161 ^a	75.0 ^b	15.7 ^{fg}	2.55 ^h	12.2 ^{gh}	70.5 ^g	138 ^c	77 ^b	44.7 ^c	G2
3581 ^f	21.4 ^e	123 ^{c-f}	55.9 ^{efg}	20.4 ^d	3 ^g	14.85 ^{bc}	97.7 ^{bc}	121 ^{fg}	69.2 ^{efg}	40.7 ^d	G3
3921 ^{cde}	23.8 ^c	146 ^b	60.2 ^{cde}	20.1 ^d	4.35 ^{ab}	15.55 ^b	98.2 ^b	135 ^d	73 ^{cd}	45.5 ^c	G4
4383 ^a	18.4 ^f	148 ^b	72.6 ^b	12.3 ^{hi}	2.45 ^h	14.25 ^{cd}	84.3 ^{def}	122 ^g	70.5 ^{de}	40.5 ^d	G5
3682 ^{ef}	23.5 ^{cd}	103 ^{fg}	56.4 ^{d-g}	16.3 ^{ef}	3.7 ^{cd}	13.3 ^{def}	118 ^a	153 ^{ab}	88.5 ^a	55 ^a	G6
4097 ^{bcd}	24.9 ^b	130 ^c	58.6 ^{def}	23.7 ^c	3.95 ^c	12.55 ^{fgh}	88.6 ^{cde}	153 ^{ab}	52.5 ^h	55 ^a	G7
4325 ^a	22.7 ^d	159 ^a	78.9 ^b	15.9 ^{efg}	4.45 ^a	16.7 ^a	70.8 ^g	140 ^c	72.9 ^{cd}	46.7 ^{bc}	G8
3997 ^{bcd}	15.8 ^g	118 ^{ef}	63.4 ^{cc}	42.1 ^a	2.95 ^g	13.25 ^{d-g}	75.9 ^{fg}	127 ^e	72.4 ^{cd}	45 ^c	G9
4154 ^{abc}	16.3 ^g	146 ^b	52.4 ^g	13.6 ^{gh}	3.25 ^{fg}	12.8 ^{e-h}	82.6 ^f	121 ^{fg}	69.7 ^{fg}	40 ^d	G10
3893 ^{c-f}	22.9 ^{cd}	126 ^{cd}	55.0 ^{fg}	10.5 ⁱ	3.25 ^{fg}	14.6 ^{bc}	97.5 ^{bc}	120 ^g	67.2 ^{fg}	40.8 ^d	G11
3924 ^{cde}	21.0 ^e	100 ^g	62.0 ^{cd}	19.2 ^d	4 ^{bc}	11.8 ^h	98.2 ^b	153 ^{ab}	86 ^a	54.5 ^a	G12
3817 ^{def}	27.4 ^a	121 ^{def}	91.9 ^b	34.2 ^b	3.9 ^c	14.65 ^{bc}	90.8 ^{b-e}	156 ^a	79.5 ^b	49 ^b	G13
4286 ^{ab}	24.8 ^b	147 ^b	106 ^a	14.6 ^{fgh}	3.4 ^{ef}	13.35 ^{def}	88.0 ^{cde}	120 ^g	66.7 ^g	40 ^d	G14
3891 ^{c-f}	23.3 ^{cd}	128 ^{cd}	59.7 ^{c-f}	18.9 ^{de}	3.9 ^c	13.7 ^{def}	99.2 ^b	149 ^b	74.2 ^c	49.2 ^b	G15

زودرس و طولانی شدن مرحله گلدهی بدون تغییر در دوره پر شدن بذر و عدم برخورد با شرایط رشد نامناسب در اواخر فصل اتفاق بیافتد و این توضیحی برای افزایش عملکرد دانه در تاریخ کاشت‌های زود هنگام می‌باشد (۱۴). یکی دیگر از صفات فنوتیپی مرتبط با عملکرد دانه در گیاه سویا ارتفاع بوته می‌باشد. در پژوهش حاضر ارتفاع بوته اثر مستقیم مثبت ضعیفی با عملکرد دانه داشت (جدول ۷). تغییرات قابل توجهی در اندازه و جهت همبستگی بین ارتفاع بوته در زمان بلوغ و عملکرد دانه در تاریخ کاشت‌های مختلف گزارش شده است (۱۴). هر چند ارقام پرمحصول جدید ارتفاع کوتاه‌تری داشته و اتلاف انرژی گیاه در ساقه‌ها کاهش یافته ولی باید در نظر داشت که در سویا غلاف‌ها به صورت گروهی در گره‌های ساقه تشکیل می‌شوند، بنابراین اگر کاهش ارتفاع منجر به کاهش تعداد گره نباشد ممکن است که در افزایش عملکرد نقش داشته باشد. سولسیتو و همکاران (۲۰۱۷) در تجزیه علیت صفات زراعی با عملکرد دانه سویا به اثر مثبت بین ارتفاع بوته و عملکرد دانه اشاره کردند (۱۰). گل‌های سویا در امتداد ساقه گیاه ظاهر می‌شوند، بنابراین هرچه ارتفاع گیاه بیش‌تر باشد احتمال تولید گل بیش‌تر می‌باشد ولی در عمل افزایش تعداد گره‌های بارور می‌تواند منجر به افزایش عملکرد گردد. ایشان دلیل غیرمعمولی دار بودن ضریب همبستگی بین تعداد گره‌های بارور و عملکرد دانه از لحاظ آماری را به‌شمار آوردن غلاف‌های پوچ در گروه گره‌های بارور دانستند (۱۰). در برخی مطالعات استفاده از کاهش‌دهنده‌های رشد موجب کاهش ارتفاع بوته در سویا و در نتیجه افزایش تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف و وزن دانه شد. ظرفیت فتوسنتزی بالا در گیاه فشرده‌ای مانند سویا باعث شده که در

تجزیه علیت: نتایج تجزیه علیت در جدول ۷ نشان داد که صفت روز تا شروع گلدهی اثر مستقیم مثبت روی عملکرد دانه داشت، در حالی‌که اثر غیرمستقیم منفی بالایی از طریق صفت تعداد دانه در گیاه (۰/۳۵-) روی عملکرد داشت که نشان‌دهنده این مطلب می‌تواند باشد که لاین‌های دیرگل‌ده، دیررس بوده و این رابطه مستقیمی با عملکرد دارد. وجود اثر غیرمستقیم منفی بین روز تا شروع گلدهی و تعداد غلاف نشان می‌دهد که لاین‌هایی که دیرتر وارد مرحله فاز زایشی شدند، علی‌رغم رشد رویشی زیاد، دوران گلدهی آن‌ها با شرایط نامساعد مثل گرمای زیاد هوا مواجه شده و موجب افت تعداد غلاف در این لاین‌ها شده است. در گیاه سویا روز تا شروع گلدهی و روز تا شروع غلاف‌دهی را می‌توان به صورت مشاهده یک گل یا یک غلاف در یکی از چهار گره فوقانی با برگ‌های کامل باز شده تعریف نمود. فاصله زمانی بین تشکیل اولین و آخرین گل با عنوان طول دوره گلدهی شناخته می‌شود. طول این دوره بیش‌ترین تأثیر مستقیم را بر تعداد گره در ساقه، تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه تشکیل شده دارد. افزایش هر یک از صفات روز تا شروع گلدهی و یا روز تا شروع غلاف‌دهی در مناطقی با طول دوره رشد محدود ممکن است مدت زمان مرحله پر شدن دانه را کاهش داده و منجر به کاهش وزن صد دانه در سویا شود (۱۱). برخی از مطالعات به وجود رابطه مثبت بین دوره گلدهی و عملکرد دانه در واحد سطح اشاره کردند (۱۳). وجود رابطه بین طول دوره گلدهی و تعداد غلاف و دانه‌ها در واحد سطح با عملکرد ارقام مختلف سویا که تاریخ کاشت‌های متفاوتی داشتند توسط پژوهش‌گران گزارش شده است (۱۳). مدت زمان گلدهی عمدتاً تحت تأثیر دما و فتوپریود می‌باشد. افزایش عملکرد می‌تواند از طریق شروع گلدهی

بارور تا دو عدد در برنامه‌های اصلاحی سویا مدنظر بوده و بیش از این تعداد موجب اختلال در برداشت و کاهش عملکرد دانه می‌باشد (۱۸).

تعداد دانه در بوته اثر مستقیم مثبت بالایی (۰/۶۶) با عملکرد دانه و اثر غیرمستقیم مثبت بالایی از طریق تعداد غلاف (۰/۳) روی عملکرد دانه داشت (جدول ۷) که نشان‌دهنده نقش کلیدی این صفت در تعیین میزان عملکرد در لاین‌های سویا می‌باشد. هم‌چنین وزن صد دانه اثر مستقیم منفی روی عملکرد دانه (۰/۴۴-) داشت. اثر غیرمستقیم ضعیف بین تعداد دانه در بوته با وزن صد دانه (۰/۰۵) به دلیل محدودیت منابع فتوسنتزی جهت تولید عملکرد حداکثری می‌باشد. در صورتی‌که برخی دیگر از پژوهش‌گران ضریب تعیین لاینی بالاتر از ۷۰ درصد را بین وزن صد دانه و عملکرد دانه در سویا گزارش کردند (۸). وزن نهایی دانه در طی دوره پر شدن دانه تعیین شده و ارتباط نزدیکی با دوام سطح برگ داشته رابطه بین سرعت رشد بذر و تعداد دانه معکوس می‌باشد. خصوصیات معماری مانند معماری کانوبی، زاویه برگ‌ها، ارتفاع گیاه، توسط کانوبی تأثیرگذار باشند. وجود همپوشانی دوره‌های گلدهی، غلاف دهی، تشکیل بذر و پر شدن دانه‌ها در گیاه سویا، موجب انعطاف پذیری این گیاه در مرحله رشد زایشی شده و کاهش هر یک از اجزای عملکرد توسط دیگری به خوبی جبران می‌شود (۱۹). همبستگی کم و غیرمنتظره بین وزن هزاردانه و عملکرد دانه ممکن است با مکانیسم جبران خسارت توسط گیاه سویا توضیح داده شود، بدین معنی که افزایش یا کاهش اندازه دانه تابعی از تعداد غلاف (محل توسعه و رشد دانه) می‌باشد (۲۰).

لایه‌های پایین برگ حتی در ارتفاع پایین گیاه نیز تعداد قابل توجهی غلاف تشکیل گردد و این شاید توضیحی برای ارتباط منفی ارتفاع بوته با عملکرد دانه در این گیاه باشد (۱۵).

اثر مستقیم تعداد کل غلاف در بوته با عملکرد حدود ۰/۴۷ بود در حالی‌که اثر غیرمستقیم مثبت بالایی (۰/۴۲) از طریق تعداد دانه در بوته با عملکرد دانه داشت (جدول ۷). در سویا دانه‌ها در غلاف‌ها تشکیل می‌شوند و هرچه تعداد غلاف بیش‌تر باشد تعداد دانه تشکیل شده و میزان عملکرد نیز بیش‌تر خواهد بود، غلاف‌ها در سویا عمدتاً شامل ۲، ۳ یا ۴ عدد بذر می‌باشند. در برخی شرایط نامساعد محیطی مانند برخورد دوران غلاف‌دهی با هوای گرم و خشک تابستان، تنش‌های تغذیه‌ای و هرس طبیعی گیاه باعث تشکیل غلاف‌های پوچ و یا غلاف‌هایی با تعداد دانه کم‌تر می‌باشد. پژوهش‌گران نشان دادند که در ژنوتیپ‌های سویا با عادت رشد نامحدود تعداد کل غلاف و دانه در هر بوته همبستگی بالایی با عملکرد دانه وجود داشت (۱۶)، هم‌چنین همبستگی قوی و مثبت بین تعداد شاخه فرعی و تعداد غلاف با دو و سه دانه با عملکرد دانه گزارش شده است (۱۷).

اثر مستقیم تعداد شاخه فرعی با عملکرد دانه (۰/۲۹-) بود، هم‌چنین اثر غیرمستقیم بالایی بین این صفت با روز تا رسیدگی مشاهده شد (جدول ۷). هرچند تعداد شاخه جانبی در سویا به شدت از تراکم بوته در واحد سطح تأثیر می‌پذیرد، ولی برخی از شاخه‌های فرعی با زاویه بازتری تشکیل شده و در نتیجه تمایل به رشد افقی داشته و برداشت مکانیزه را با اشکال مواجه می‌کند. به‌طورکلی تعداد شاخه فرعی

جدول ۷- نتایج تجزیه علیت برای عملکرد دانه با اجزاء مرتبط به اثرات مستقیم و غیرمستقیم.

Table 7. Result of path analysis for seed yield with components related to direct and indirect effects.

اثر غیرمستقیم Indirect Effects on yield										اثر مستقیم بر عملکرد Direct Effects on yield	
100SW	NS/P	TP	NP/B	NB	NN	PH	R8	R3	R1		
-0.18	-0.35	-0.17	-0.02	-0.16	-0.03	-0.02	0.10	-0.03	*	0.61	R1
-0.02	-0.27	-0.08	0.00	-0.03	-0.02	-0.01	0.04	*	0.20	-0.10	R3
-0.24	-0.26	-0.13	-0.02	-0.17	-0.03	0.00	*	-0.04	0.57	0.11	R8
-0.16	0.32	0.18	0.02	-0.11	0.01	*	-0.01	0.02	-0.12	0.09	PH
0.01	0.59	0.29	0.03	0.08	*	0.02	-0.06	0.04	-0.36	0.05	NN
-0.16	-0.09	-0.06	-0.01	*	-0.02	0.03	0.06	-0.01	0.34	-0.29	NB
0.05	-0.25	-0.14	*	-0.03	-0.03	-0.03	0.03	0.00	0.14	-0.07	NP/B
-0.10	0.42	*	0.02	0.03	0.03	0.04	-0.03	0.02	-0.22	0.47	TP
-0.04	*	0.30	0.02	0.04	0.05	0.04	-0.04	0.04	-0.32	0.66	NS/P
*	0.05	0.10	0.01	-0.11	0.00	0.03	0.06	-0.01	0.24	-0.44	100SW
										0.38	residual

R1: روز تا شروع گلدهی، R3: روز تا شروع غلاف‌دهی، R8: روز تا رسیدگی فیزیولوژیکی، PH: ارتفاع بوته، NN: تعداد گره، NB: تعداد شاخه فرعی، NP/B: تعداد غلاف در شاخه فرعی، TP: تعداد غلاف کل، SW: وزن صد دانه، NS/P: تعداد بذر در بوته، Y: عملکرد دانه
R1: Days to flowering, R3: Days to podding, R8: Days to maturity, PH: Plant height, NN: No. of Nods, NB: No. of branches, TP: No. of pods per plant, NS/P: No. of seeds per plant, SW: 100 seeds weight, Y: Seed yield

به عامل‌های مشترک مربوط می‌شود. عامل اول ۴۱/۲ درصد از تغییرات متغیرها را توجیه نمود و بزرگ‌ترین ضرایب عاملی مثبت آن متعلق به ارتفاع بوته، تعداد گره، تعداد کل غلاف‌ها، تعداد دانه در گیاه و عملکرد دانه بود. عامل دوم ۲۱/۷۸ درصد از تغییرات متغیرها را توجیه نموده و بزرگ‌ترین ضرایب عاملی آن متعلق به روز تا شروع گلدهی، روز تا رسیدگی، تعداد شاخه فرعی و وزن صد دانه بود.

تجزیه به عامل‌ها: نتایج تجزیه به عامل‌ها نشان داد که دو عامل مشترک که دارای ریشه بزرگ‌تر از یک بودند در مجموع ۶۲/۹۸ درصد از کل واریانس متغیرها را توجیه می‌کنند (جدول ۸). در این جدول میزان واریانس هر عامل که نشان‌دهنده اهمیت آن عامل در نشان دادن بخشی از واریانس کل صفات مورد بررسی است و به صورت درصد بیان شده است. میزان اشتراک بخشی از واریانس X_i (متغیر i ام) است که

جدول ۸- نتایج تجزیه به عامل‌ها برای همه صفات مورد اندازه‌گیری در لاین‌های سویا.

Table 8. Results of factor analysis for all measured traits in soybean lines.

عامل دوم Factor 2	عامل اول Factor 1	صفات	Traits
0.77*	-0.45	روز تا شروع گلدهی	Days to flowering
0.26	-0.41	روز تا غلاف‌دهی	Days to podding
0.87*	-0.34	روز تا رسیدگی	Days to maturity
0.37	0.63*	ارتفاع بوته	Plant height
-0.33	0.86*	تعداد گره	Number of Nodes
0.77*	-0.04	تعداد شاخه فرعی	Number of Branches
0.02	-0.54	تعداد غلاف شاخه فرعی	Number Pods per Branches
-0.01	0.79*	تعداد غلاف کل	Total Pods per plant
-0.15	0.92*	تعداد دانه در بوته	Seeds Number per plant
0.76*	0.25	وزن صد دانه	100 seeds weight
-0.11	0.78*	عملکرد دانه	Seed Yield
2.39	4.53	مقدار ویژه	Eigen value
21.78	41.2	درصد واریانس	Percentage of variance
62.98	41.2	درصد تجمعی واریانس	Cumulative percentage of variance

* صفاتی که دارای ضرایب عاملی بزرگ‌تر از ۰/۶ بودند

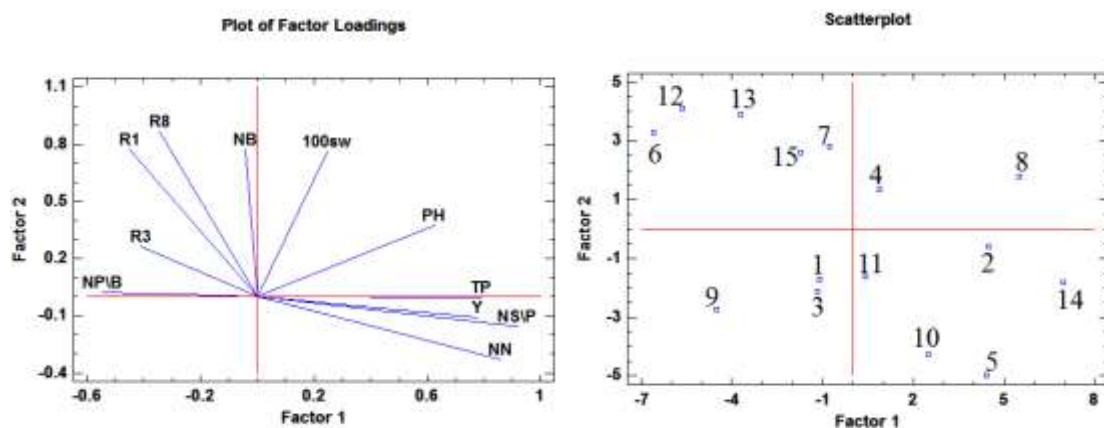
کاهلون و همکاران (۲۰۱۸) سرعت رسیدن به شاخص برگ بحرانی را از معیارهای برجسته در انتخاب لاین‌های برتر در سویا دانسته‌اند (۶). طول پر شدن دانه و شرایط اقلیمی در زمان پر شدن علاوه بر وزن دانه بر کیفیت مواد ذخیره‌ای نیز تأثیر می‌گذارد. مطابق پژوهش‌ها، تاخیر در کاشت سویا موجب کاهش میزان اسیدهای چرب و افزایش محتوی پروتئین دانه شد (۱۴). دستیابی به ارقام جدید با میزان عملکرد بالا، سازگاری و پایداری عملکرد و تحمل به تنش‌های زنده و غیر زنده به دلیل ماهیت کمی و چند ژنی عملکرد دانه و اجزای مرتبط با آن که تحت تأثیر، اثر متقابل شرایط محیطی با ژنتیک گیاه

در گزارش دبی و همکاران (۲۰۱۸) ۷۳/۴۴ از واریانس‌ها توسط متغیرهای مورد بررسی توجیه شدند. عامل اول صفاتی مانند روز تا ۵۰ درصد گلدهی، روز تا رسیدگی، ارتفاع بوته، تعداد شاخه در بوته، تعداد گره در بوته، تعداد غلاف در بوته، عملکرد بیولوژیکی در بوته و عملکرد دانه در بوته را شامل شده و ۳۷/۱۳ درصد از تغییرات را توضیح می‌داد در حالی که، عامل دوم در برگیرنده صفاتی چون تعداد دانه در غلاف و شاخص برداشت را شامل می‌شد. ایشان تعداد دانه در غلاف را از صفات کلیدی در انتخاب لاین‌های برتر سویا دانستند (۳). در حالی که

سویا تعداد گره در ساقه یکی از اجزای عملکرد است که تا حدودی تحت تأثیر ارتفاع بوته قرار می‌گیرد. ظرفیت فتوسنتزی تخصیص یافته به غلاف‌ها بیش‌تر از گره‌ها می‌باشد. بنابراین انتخاب لاین‌هایی با ارتفاع کوتاه یا متوسط به جای ارقام با ارتفاع بلند مد نظر می‌باشد. عدم وجود همبستگی معنی‌دار بین ارتفاع بوته با عملکرد دانه بیانگر این مطلب می‌باشد.

به منظور نمایش جهت و اهمیت هر متغیر از بای پلات دو فاکتور اول استفاده شد که نتیجه آن در شکل ۲ آمده است. در این شکل، صفات مربوط به دوره رویشی در یک جهت و یک ناحیه قرار گرفته‌اند. با استفاده از این شکل می‌توان لاین‌های مطلوب از نظر دو عامل اول و دوم را شناسایی نمود. لاین‌های G14، G5، G2، G10 و G8 در گروه لاین‌هایی با عملکرد در واحد سطح بالا و زودرس قرار گرفتند.

می‌باشد، بسیار پیچیده است. این پیچیدگی در گیاه سویا به دلیل مکانیسم جبران اجزای عملکرد توسط یکدیگر (افزایش یک جزء عملکرد با کاهش اجزای دیگر عملکرد همراه می‌باشد) افزایش می‌یابد. این روابط جبرانی به دلیل طولانی بودن دوره گلدهی در گیاه سویا نسبت به گیاهانی مانند ذرت و گندم از اهمیت خاصی برخوردار است (۱۹). بنابراین در انتخاب لاین‌های برتر سویا باید همیشه مکانیسم جبران مدنظر باشد. در رابطه با صفات روز تا گلدهی و روز تا غلاف‌دهی به دلیل محدودیت اقلیمی موجود در منطقه مغان و این‌که در ارقام دیرس‌تر دوران پر شدن دانه با سرمای پاییز مواجه شده و وزن هزاردانه کاهش می‌یابد، باید از ارقام زودرس استفاده نمود. همبستگی منفی بین این صفات با عملکرد دانه نیز بیانگر این مطلب بود که ارقام دیررس در منطقه نمی‌توانند عملکرد خیلی زیادی تولید کنند. در گیاه



شکل ۲- بای پلات عامل اول و دوم حاصل از تجزیه به عامل‌ها و محل قرار گیری لاین‌های سویا و صفات مورد مطالعه در آن. R1: روز تا شروع گلدهی، R3: روز تا شروع غلاف‌دهی، R8: روز تا رسیدگی فیزیولوژیکی، PH: ارتفاع بوته، NN: تعداد گره، NB: تعداد شاخه فرعی، NP/B: تعداد غلاف در شاخه فرعی، TP: تعداد غلاف کل، SW: وزن صد دانه، NS/P: تعداد بذر در بوته، Y: عملکرد دانه.

Fig. 2. Plot of the first and second factors resulting from factor analysis and the placement of soybean lines and study traits.

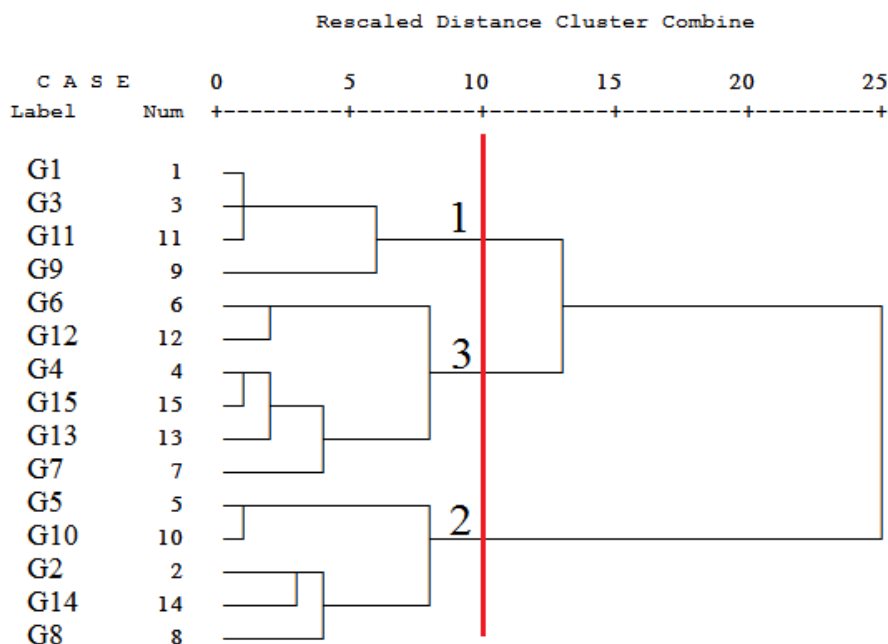
R1: Days to flowering, R3: Days to podding, R8: Days to maturity, PH: Plant height, NN: No. of Nods, NB: No. of branches, TP: No. of pods per plant, NS/P: No. of seeds per plant, SW: 100 seeds weight, Y: Seed yield.

غلاف کل، وزن صد دانه و عملکرد دانه کم‌ترین مقدار را در این کلاستر به خود اختصاص داد.

کلاستر دوم شامل شش ژنوتیپ بود و لاین‌هایی که در تجزیه به عامل‌ها از زودرسی و عملکرد در واحد سطح بالایی برخوردار بودند را در خود قرار داده بود. این کلاستر از لحاظ صفات ارتفاع بوته، تعداد گره، تعداد غلاف کل، تعداد دانه در بوته و عملکرد دانه بیش‌ترین مقدار و از لحاظ تعداد شاخه فرعی کم‌ترین مقدار را دارا بود. کلاستر سوم شامل پنج ژنوتیپ بوده و رقم امیر نیز در این کلاستر قرار گرفت و از لحاظ صفات روز تا گلدهی، روز تا غلاف‌دهی، روز تا رسیدگی، تعداد شاخه فرعی و وزن صد دانه بیش‌ترین مقدار و از لحاظ صفات ارتفاع بوته، تعداد گره و تعداد دانه در بوته کم‌ترین مقدار را در بین گروه‌ها داشت (شکل ۴).

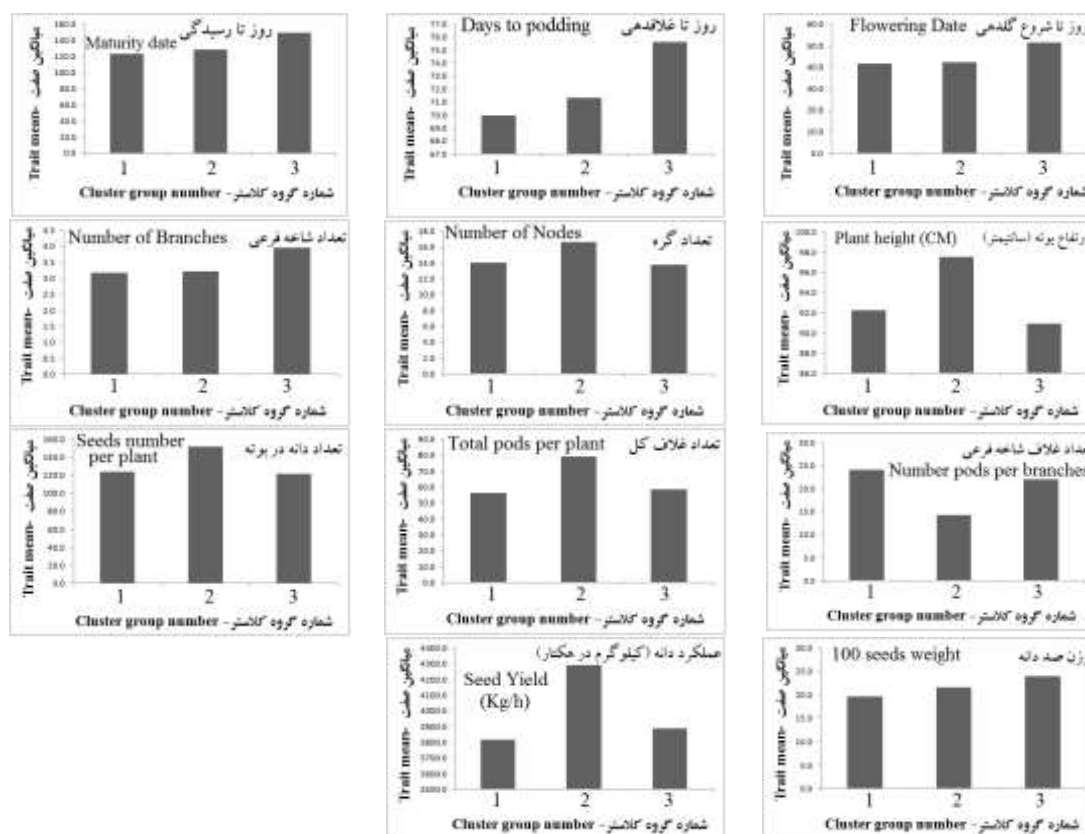
تجزیه خوشه‌ای: تجزیه خوشه‌ای براساس همه صفات با استفاده از روش وارد انجام شد و نهایتاً سه گروه بر اساس دندروگرام حاصله انتخاب شدند (شکل ۳). برای مشخص شدن اندازه هر یک از صفات مورد بررسی در هر یک از گروه‌ها، میانگین هر گروه برای هر صفت محاسبه شد (شکل ۴). بدین ترتیب هر جا که میانگین صفت در یک گروه از میانگین سایر گروه‌ها در آن صفت بالاتر باشند، آن گروه ارزش بیش‌تری از نظر انتخاب والدین دارد. لاین‌های دو گروهی که بیش‌ترین فاصله را از هم داشته باشند می‌توانند برای دستیابی به هتروزیس بیش‌تر به عنوان والدین تلاقی‌ها انتخاب شوند (۶). کلاستر یک شامل چهار لاین بوده و از نظر تعداد غلاف در شاخه‌های فرعی بیش‌ترین مقدار را در بین گروه‌ها داشت. صفات روز تا گلدهی، روز تا غلاف‌دهی، روز تا رسیدگی، تعداد شاخه فرعی، تعداد

Dendrogram using Ward Method



شکل ۳- دندروگرام حاصل از تجزیه کلاستر و محل قرارگیری لاین‌های سویا در آن.

Fig. 3. Dendrogram resulting from cluster analysis and location of soybean lines.



شکل ۴- نمایش میانگین صفات هر کلاستر حاصل از تجزیه خوشه‌ای.

Fig. 4. Showing the average characteristics of each cluster resulting from cluster analysis.

گلدهی، تعداد غلاف و تعداد دانه در بوته بیش‌ترین اثرات مستقیم مثبت را روی عملکرد دانه داشتند. در بین اجزای عملکرد، تعداد دانه روی عملکرد اثر مستقیم مثبت (۰/۶۶) داشت و تعداد کل غلاف در بوته اثر مستقیم مثبت (۰/۴۷) روی عملکرد دانه داشت. تعداد دانه در بوته در تعیین میزان عملکرد بیش‌ترین سهم را داشته و صفات مرتبط با تعداد دانه در بوته مانند تعداد گره در بوته و تعداد غلاف در بوته اثر مستقیم و غیرمستقیم بالایی با عملکرد دانه نشان دادند. در حالی‌که وزن صد دانه اثر مستقیم منفی بالایی (۰/۴۴-) با عملکرد دانه و اثر غیرمستقیم ضعیف از طریق تعداد دانه در بوته (۰/۰۵) داشت. نتایج تجزیه به عامل‌ها نشان داد که دو عامل مشترک در مجموع ۶۲/۹۸ درصد از کل واریانس متغیرها را توجیه کردند عامل اول ۴۱/۲ درصد از تغییرات

نتیجه‌گیری نهایی

نتایج تجزیه واریانس مرکب نشان داد که در بین لاین‌های مورد مطالعه از لحاظ صفات رویشی، عملکرد دانه و اجزای عملکرد اختلاف معنی‌داری وجود داشت. بر اساس جدول مقایسه میانگین بیش‌ترین میزان عملکرد دانه به ترتیب متعلق به لاین SOY-98-11 با ۴۳۸۳، لاین SOY-98-17 با ۴۳۲۵ و لاین SOY-98-2 با ۴۳۲۱ کیلوگرم در هکتار بود. ضرایب همبستگی پیرسون بین اجزای عملکرد نشان داد همبستگی بین تعداد گره با تعداد دانه (**۰/۸۹)، تعداد غلاف کل با تعداد دانه در بوته (**۰/۶۳) مثبت و معنی‌دار بود. همبستگی تعداد دانه در بوته با عملکرد دانه (**۰/۷۶) بود در حالی‌که، بین وزن صد دانه و عملکرد دانه همبستگی معنی‌داری وجود نداشت. بر اساس نتایج تجزیه علیت، تعداد روز تا

گلدهی، روز تا رسیدگی، تعداد شاخه فرعی و وزن صد دانه بود. تجزیه به عامل‌ها توانست لاین‌های زودرس با عملکرد بالا را شناسایی کند که این لاین‌ها در گروه ۲ تجزیه کلاستر قرار گرفتند.

متغیرها را توجیه نمود و بزرگ‌ترین ضرایب عاملی مثبت آن متعلق به ارتفاع بوته، تعداد گره، تعداد کل غلاف‌ها، تعداد دانه در گیاه و عملکرد دانه بود. عامل دوم ۲۱/۷۸ درصد از تغییرات متغیرها را توجیه نموده و بزرگ‌ترین ضرایب عاملی آن متعلق به روز تا شروع

منابع

1. Food and Agriculture Data FAOSTAT. (2021). Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>.
2. Anda, A., Soos, G., Menyhart, L., Kucserka, T., & Simon, B. (2020). Yield features of two soybean varieties under different water supplies and field conditions. *Field crops research*, 245, 107673.
3. Dubey, N., Avinash, H. A., & Shrivastava, A. N. (2018). Principal component analysis in advanced genotypes of soybean [*Glycine max* (L.) Merrill] over seasons. *Plant Archives*, 18 (1), 501-506.
4. Vogel, J. T., Liu, W., Olhoft, P., Crafts-Brandner, S. J., Pennycooke, J. C., & Christiansen, N. (2021). Soybean yield formation physiology—a foundation for precision breeding based improvement. *Frontiers in plant science*, 12, 719706.
5. Egli, D. B. (2019). Crop growth rate and the establishment of sink size: a comparison of maize and soybean. *Journal of Crop Improvement*, 33 (3), 346-362.
6. Kahlon, C. S., Li, B., Board, J., Dia, M., Sharma, P., & Jat, P. (2018). Cluster and principle component analysis of soybean grown at various row spacings, planting dates and plant populations. *Open Agriculture*, 3 (1), 110-121.
7. Carvalho, I. C., Souza, V. Q., Nardino, M., Follmann, D. N., Silva, A. D. B., Szareski, V. J., & Olivoto, T. (2015). Associations phenotypic between physiological traits of soybean contrasting growth habits. *Global Science and Technology*, 8 (3), 30-40.
8. Bisinotto, F. F., Hamawaki, O. T., Nogueira, A. P. O., Hamawaki, R. L., Glansenapp, J. S., & Hamawaki, C. L. (2017). Path analysis and traits correlation in soybean. *Communications in Plant Sciences*, 7 (1/2), 27-33.
9. Viotto Del Conte, M., Carneiro, P. C. S., Vilela de Resende, M. D., Lopes da Silva, F., & Peternelli, L. A. (2020). Overcoming collinearity in path analysis of soybean [*Glycine max* (L.) Merr.] grain oil content. *Plos One*, 15 (5), e0233290.
10. Sulisty, A., & Sari, K. P. (2018). Correlation, path analysis and heritability estimation for agronomic traits contribute to yield on soybean. In IOP Conference Series: *Earth and Environmental Science*, 102 (1), 012034.
11. Dalla Lana, F., Ziegelmann, P. K., Maia, A. D. H., Godoy, C. V., & Del Ponte, E. M. (2015). Meta-analysis of the relationship between crop yield and soybean rust severity. *Phytopathology*, 105 (3), 307-315.
12. Ferrari, M., Carvalho, I. R., de Pelegrin, A. J., Nardino, M., Szareski, V. J., Olivoto, T., ... & da Rosa, T. C. (2018). Path analysis and phenotypic correlation among yield components of soybean using environmental stratification methods. *Australian Journal of Crop Science*, 12 (2), 193-202.
13. Wei, M. C. F., & Molin, J. P. (2020). Soybean yield estimation and its components: A linear regression approach. *Agriculture*, 10 (8), 348.
14. Książak, J., & Bojarszczuk, J. (2022). The seed yield of soybean cultivars and their quantity depending on sowing term. *Agronomy*, 12 (5), 1066.

15. Corassa, G. M., Santi, A. L., Amado, T. J. C., Reimche, G. B., Gaviraghi, R., Bisognin, M. B., & Pires, J. L. F. (2019). Performance of soybean varieties differs according to yield class: a case study from Southern Brazil. *Precision Agriculture*, 20, 520-540.
16. Gao, M., & Li, S. (2017, May). Relationship between soybean yield/quality and soil quality in a major soybean-producing area based on a 2D-QSAR model. *In AIP Conference Proceedings* (Vol. 1839, No. 1). AIP Publishing.
17. Lu, S., Zhao, X., Hu, Y., Liu, S., Nan, H., Li, X., ... & Kong, F. (2017). Natural variation at the soybean J locus improves adaptation to the tropics and enhances yield. *Nature genetics*, 49 (5), 773-779.
18. Berhanu, H., Tesso, B., & Lule, D. (2021) Correlation and Path Coefficient Analysis for Seed Yield and Yield Related Traits in Soybean (*Glycine max* (L.)) Genotypes. *Plant*, 9 (4), 106-110.
19. Jarquin, D., Howard, R., Xavier, A., & Das Choudhury, S. (2018). Increasing predictive ability by modeling interactions between environments, genotype and canopy coverage image data for soybeans. *Agronomy*, 8 (4), 51.
20. Farhang-Asa, K., Khalili, A., Karami, A., & Bagheri, A. (2022). Comparison of the Yield and Yield Components of Four Imported Soybean Cultivars from Brazil with Domestic Cultivars in Khuzestan. *Agrotechniques in Industrial Crops*, 2 (4), 198-206.
21. Ghanbari, S., Nooshkam, A., Fakheri, B. A., & Mahdinezhad, N. (2018). Assessment of yield and yield component of soybean genotypes (*Glycine max* L.) in north of Khuzestan. *Journal of Crop Science and Biotechnology*, 21, 435-441.

