دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
پژوهشنامه اصلاح گیاهان زراعی

"مقاله پژوهشی"

شناسایی ژنوتیپ‌های مطلوب عدس با استفاده از روش‌های آماری چندمتغیره و شاخص انتخاب ژنوتیپ ایده‌آل در شرایط دیم

رضا امیری[۱]، پیام پزشکپور[۲] و ایرج کرمی[۳]

۱- استادیار پژوهشی، بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان لرستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، خرم‌آباد، ایران (نویسنده مسوول: r.amiri@areeo.ac.ir)
۲- استادیار پژوهشی، بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان لرستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، خرم‌آباد، ایران
۳- کارشناس، مؤسسه تحقیقات کشاورزی دیم، معاونت سرارود، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرمانشاه، ایران
تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۲/۹ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۲/۲۹
صفحه: ۱۴۰ تا ۱۵۱

چکیده

به منظور مطالعه برخی خصوصیات زراعی و شناسایی ژنوتیپ‌های مطلوب با استفاده از روش‌های آماری مختلف، ۱۵ ژنوتیپ عدس دریافتی از ایکاردا در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در ایستگاه تحقیقات کشاورزی سراب چنگایی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی لرستان در سال زراعی ۹۹-۱۳۹۸ تحت شرایط دیم مورد ارزیابی قرار گرفت. بر اساس نتایج، تجزیه واریانس نشان داد که تنوع ژنتیکی معنی‌داری بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه از نظر اغلب صفات وجود داشت. همبستگی عملکرد دانه در بوته با اغلب صفات به ویژه اجزای عملکرد مثبت و معنی‌دار بود. بر اساس نتایج روش‌های آماری مختلف شامل مقایسه میانگین، تجزیه خوشه‌ای، بای‌پلات ژنوتیپ × صفت و شاخص SIIG، ژنوتیپ‌های شماره ۱۳، ۱٤، ۷ و ۱ به‌عنوان برترین و ژنوتیپ‌های شماره ۱۵، ۱۲ و ٤ به‌عنوان ضعیف‌ترین ژنوتیپ‌ها شناخته شدند. بیشترین تأثیر مستقیم مثبت روی عملکرد دانه در بوته، به‌ترتیب متعلق به صفات تعداد غلاف تک بذری در بوته (۰/۵۸۰) و وزن صد دانه (۰/٤۳۷) بود و بنابراین این صفات می‌توانند معیار گزینش قرار گیرند. ژنوتیپ شماره ۷ برترین ژنوتیپ از نظر صفات مهم زراعی بود و ظرفیت کاربرد در تحقیقات به‌نژادی و به‌زراعی بعدی را دارد.

واژه‌های کلیدی: تجزیه مسیر، رگرسیون، شاخص SIIG، نمودار گرمایی، GGE-biplot

مقدمه

عدس یکی از محصولات مهم در نظام‌های زراعی مناطق خشک و دیم‌زارهای کشور است که به واسطه کوتاهی دوره رشد، توانایی رشد و نمو در شرایط نامناسب محیطی و همزیستی با باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن و حاصلخیز کردن خاک‌ها، و نقش مهمی در تأمین پروتئین گیاهی جوامع انسانی دارد (۲،۲۳). دانه‌های عدس یک غذای کامل بوده و منبع غنی از پروتئین (۳۱/۴ – ۲۰/۶ درصد)، مواد معدنی، ویتامین‌ها، کربوهیدرات، عناصر ریزمغذی و بسیاری از آمینواسیدهای ضروری از جمله لیزین و تریپتوفان می‌باشند (۱۰،۹،۲۲). علاوه‌براین، دارای مزایایی از جمله محتوای فیبر بالا و شاخص گلایسمیک پایین نیز هست (۲۹). مطالعات نشان داده است که عدس غنی از بتاکاروتن و حاوی اسیدفیتیک پایینی می‌باشد (۱۹). کاه آن نیز برای خوراک دام در سیستم‌های کشت بر پایه غلات از اهمیت زیادی برخوردار است (۱۳). از این‌رو، شناخت عوامل مؤثر بر عملکرد در عدس می‌تواند اقدام مؤثری در راستای تولید ارقام پر محصول جهت تأمین پروتئین و برخی دیگر از مواد مغذی مهم مورد نیاز انسان باشد (۲۸). علاوه‌براین، افزایش تولید و مصرف عدس در سراسر جهان می‌تواند سوءتغذیه ناشی از عناصر معدنی را نیز تحت تأثیر قرار دهد (۱۶).

در سال زراعی ۹۸-۱۳۹۷، استان لرستان از نظر سطح زیرکشت (۱۳۵۸۶ هکتار) و تولید (۴۶۹۱ تن)، به ترتیب رتبه دوم (پس از اردبیل) و چهارم (پس از اردبیل، آذربایجان شرقی و خراسان شمالی) را در کشور به خود اختصاص داد اما از نظر میانگین تولید در شرایط آبی (۱۱۷۰ کیلوگرم در هکتار) و دیم (۳۲۴ کیلوگرم در هکتار) از وضعیت مناسبی برخوردار نبود (۳). عملکرد پایین توده‌های محلی، عدم تنوع در ارقام اصلاح شده، در دسترس نبودن بذر با کیفیت، مدیریت ضعیف علف‌های هرز، بکارگیری محدود نهاده‌ها، عدم برداشت مکانیزه و وقوع تنش‌های محیطی، از جمله عوامل مهم نوسان عملکرد عدس محسوب می‌شوند (۱۷). این محصول، علاوه بر کشت در مزارع حاشیه‌ای و کم‌بازده که عموماً حاصلخیزی پایینی دارند، اغلب به صورت دیم کشت شده و در معرض تنش خشکی و گرمای انتهای فصل قرار می‌گیرد. افزایش عملکرد در واحد سطح از طریق به‌نژادی، راهبردی اساسی برای حل این مشکل می‌باشد. بنابراین، اجرای برنامه‌های متنوع اصلاح عدس با استفاده از منابع ژنتیکی کارآمد به منظور شناسایی، جایگزینی و توسعه رقم‌های سازگار و پرمحصول‌تر، یک ضرورت است.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-10-31]
[DOI: 10.52547/jcb.13.39.140]

اطلاع از تنوع ژنتیکی، گام نخست در فرآیند به‌نژادی هر گیاه است. در واقع، تنوع و گزینش، دو رکن اصلی هر برنامه اصلاحی بوده و انجام گزینش، منوط به وجود تنوع مطلوب می‌باشد. هدف عمده اصلاحی در عدس نیز، ایجاد ارقامی با عملکرد بالاتر و پایدارتر از طریق بهره‌گیری از تنوع ژنتیکی و به دنبال آن گزینش و ارزیابی لاین‌های انتخابی است. از این‌رو، موفقیت در روش‌های اصلاح مرسوم، وابسته به درجه و قابلیت دسترسی تنوع ژنتیکی موجود می‌باشد (۲۲).

گزارش مطالعات مختلف حاکی از وجود تنوع ژنتیکی قابل توجهی بین ژنوتیپ‌های مختلف عدس از نظر صفات مختلف است (۱۲،۴۳،۴۵،۴۶). نتایج مطالعه ۱۰۴۰ تک بوته مربوط به پنج جمعیت عدس نشان داد که اختلاف بسیار معنی‌داری بین جمعیت‌های مورد ارزیابی از لحاظ تمام صفات مورد اندازه‌گیری وجود دارد (۲۸). در ارزیابی ۱۱۰ توده بومی عدس، تنوع ژنتیکی بالایی در صفات مختلف از جمله صفات فنولوژی، ارتفاع بوته، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در بوته، وزن هزار دانه و عملکرد دانه در بوته گزارش شد (۲). محققان از طریق مطالعه تنوع صفات مورفولوژیکی از جمله وزن ۱۰۰ دانه، طول دمگل و رنگدانه غلاف، تنوع درون و بین‌گونه‌ای قابل توجهی در نمونه‌های عدس موجود در بانک ملی ژن گیاهی ایران گزارش کردند (۳۴).

تاکنون، متخصصان اصلاح‌نباتات با استفاده از تکنیک‌های اصلاحی مرسوم از جمله گزینش و نوترکیبی موفق به بهبود برخی از صفات تک‌ژنی در عدس که کنترل ساده‌تری دارند، گردیده‌اند. با این حال، این روش‌ها در خصوص صفاتی مانند عملکرد دانه که وراثت چندژنی داشته و متأثر از اثر متقابل ژنتیک در محیط می‌باشد، چندان کارساز نیست (۲۲). بنابراین، با توجه به این‌که عملکرد دانه صفتی کمی و بسیار پیچیده است، ممکن است بتوان از طریق انتخاب غیرمستقیم اجزای عملکرد، نسبت به بهبود آن اقدام نمود. در همین راستا، شناسایی صفات مؤثر بر عملکرد و انتخاب بر اساس این صفات، روشی مطمئن و سریع‌تر برای غربالگری جوامع اصلاحی و تلاش در جهت بهبود عملکرد دانه است (۴۴). علاوه‌براین، برای بهره‌گیری از تنوع و لاین‌های جدید ایجاد شده در برنامه‌های اصلاحی، ارزیابی میزان و الگوی تنوع، ماهیت و میزان تنوع ژنتیکی، همبستگی بین صفات مهم و میزان ارتباط بین عملکرد و اجزای آن از اهمیت بالایی برخوردار است (۲۱). معمولاً از روش‌های آماری مختلف برای ارزیابی تنوع در ژرم‌پلاسم و منابع ژنتیکی مدنظر جهت بهره‌گیری بهینه از آن‌ها و همچنین مطالعه روابط داخلی بین صفات استفاده می‌شود. همچنین محققان از روش‌ها و شاخص‌های مختلفی از جمله انواع بای‌پلات‌ها، روش‌های رتبه‌بندی و اخیراً شاخص انتخاب ژنوتیپ ایده‌آل[1] (SIIG) برای گزینش مناسب ژنوتیپ‌ها با توجه به صفات مورد بررسی استفاده نموده‌اند (۴۷).

این تحقیق که بخشی از یک پروژه با عنوان بررسی سازگاری و پایداری عملکرد دانه لاین‌های عدس در کشت پاییزه در مناطق معتدل دیم است، به منظور مطالعه خصوصیات زراعی و شناسایی ژنوتیپ‌های مطلوب با استفاده از روش‌های مختلف آماری و نیز بررسی تنوع موجود بین لاین‌های برتر عدس انجام شد.

مواد و روش‌ها

مواد ژنتیکی

جهت مطالعه برخی خصوصیات زراعی و صفات فنولوژیک و مورفولوژیک عدس با استفاده از روش‌های آماری مختلف، ۱۵ ژنوتیپ عدس شامل ۱۲ لاین امیدبخش و برتر متعلق به مرکز تحقیقات بین‌المللی در مناطق خشک (ایکاردا) که از آزمایش‌های پیشرفته مقایسه عملکرد گزینش شده بودند، به همراه سه رقم شاهد (محلی، کیمیا و بیله‌سوار) مورد ارزیابی قرار گرفتند (جدول ۱).

طرح آزمایشی و عملیات زراعی

آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در ایستگاه تحقیقات کشاورزی سراب چنگایی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی لرستان در سال زراعی ۹۹-۱۳۹۸ تحت شرایط دیم اجرا شد. عملیات کاشت در اواخر آذر ۱۳۹۸ به‌صورت دستی در واحدهای آزمایشی با ۴ خط کاشت به طول ۴ متر و فاصله بین خطوط ۲۵ سانتی‌متر، فاصله بذر روی ردیف ۲ سانتی‌متر و تراکم ۲۰۰ دانه در مترمربع صورت گرفت. مقدار کود مورد نیاز بر اساس آزمون خاک و به میزان ۵۰ کیلوگرم فسفات آمونیوم و ۳۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره قبل از کاشت مصرف گردید. کنترل علف‌های هرز نیز در دو مرحله به‌صورت مکانیکی و دستی انجام گرفت. مجموع بارندگی در سال زراعی اجرای آزمایش حدود ۵۲۴ میلی‌متر بود.

اندازه‌گیری صفات

از هر واحد آزمایشی ده بوته به طور تصادفی انتخاب و صفات مختلف آن‌ها بر اساس دستورالعمل‌های استاندارد برای عدس (۱۵) مورد بررسی قرار گرفت. فاصله زمانی بین ۵۰ درصد گلدهی تا رسیدن فیزیولوژیک به‌عنوان طول دوره پرشدن دانه در نظر گرفته شد. از حاصل تقسیم وزن تک دانه بر طول دوره پرشدن دانه نیز، میانگین سرعت پرشدن دانه به میلی‌گرم در دانه در روز به دست آمد. شاخص زادآوری یا تلاش بازآوری از تقسیم وزن خشک کل اندام زایشی (غلاف) بر وزن خشک کل بوته به دست آمد.

تجزیه و تحلیل داده‌ها

تجزیه واریانس و مقایسه میانگین برای صفات اندازه‌گیری شده با نرم افزار SAS ver.9.1 انجام گرفت. برای محاسبه آمار توصیفی، تجزیه خوشه‌ای و تجزیه رگرسیون گام به گام صفات مورد مطالعه از نرم‌افزار SPSS ver.16 استفاده شد. نقشه گرمایی[2] مربوط به همبستگی صفات با استفاده از نرم‌افزار R-Studio ver3.6.3 و دیاگرام بای‌پلات به وسیله نرم‌افزار GGE-biplot ver.6.3 ترسیم گردید. برای انجام تجزیه مسیر از نرم‌افزار Path2 و محاسبه شاخص انتخاب ژنوتیپ ایده‌آل (SIIG) (۴۹) از محیط Excel 2016 بهره گرفته شد.

1- Selection index of ideal genotype
2- Heatmap

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-10-31]
[DOI: 10.52547/jcb.13.39.140]

جدول ۱- نام و شماره لاین‌های مورد بررسی

Table 1. Names and codes of the studied lines

ژنوتیپ	شماره	ژنوتیپ	شماره	ژنوتیپ	شماره	ژنوتیپ	شماره
010S 96146-5	۱	010S 96105-1	۵	09S 182109-16	۹	محلی	۱۳
2009S 96575-1	۲	ILL 2261	۶	09S 96510-13	۱۰	کیمیا	۱۴
Ibia-1	۳	010S 961130-2	۷	09S 83191-05	۱۱	بیله‌سوار	۱۵
09S 83227-04	۴	010S 916122-3	۸	ILL 1325	۱۲		

نتایج و بحث

تجزیه واریانس و مقایسه میانگین‌ها

طبق نتایج تجزیه واریانس (جدول ۲)، بین ژنوتیپ‌ها از نظر همه صفات مورد مطالعه به غیر از صفت تعداد شاخه اصلی، تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵ و یا ۱ درصد وجود دارد که حاکی از وجود تنوع ژنتیکی بالا بین لاین‌های مورد مطالعه است. وجود تنوع ژنتیکی و تفاوت معنی‌دار بین ژنوتیپ‌های مختلف عدس از نظر صفات مختلف در مطالعات مختلف گزارش شده است (۱۱،۴،۱۷،۱۸،۲۰،۳۵). در بررسی ۲۵۳ ژنوتیپ عدس، تنوع بالایی از لحاظ برخی صفات از جمله صفات ارتفاع بوته، تعداد غلاف پر و تعداد غلاف پوک، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و وزن صد دانه مشاهده شد (۱۲). تنوع ژنتیکی معنی‌داری در بین ۱۱۰ ژنوتیپ عدس (شامل واریته‌های بومی، ارقام رایج و لاین‌های پیشرفته) با منشأ متفاوت، از نظر صفات زراعی و مورفولوژی مشاهده گردید که حاکی از پتانسیل بالای این ژنوتیپ‌ها جهت کاربرد در برنامه‌های اصلاحی از طریق گزینش است (۳۷). نتایج مقایسه میانگین صفات مورد مطالعه با آزمون LSD در جدول ۲ آورده شده است. میانگین عملکرد دانه ژنوتیپ‌ها برابر ۲/۶۴ گرم در بوته بود که ژنوتیپ‌های ۷ و ۶ به‌ترتیب بیشترین (۳/۸۶ گرم در بوته) و کمترین (۱/۲۰ گرم در بوته) مقدار را به خود اختصاص دادند. ژنوتیپ شماره ۷ از نظر صفات مهم زراعی شامل وزن خشک بوته، ارتفاع بوته، وزن غلاف‌ها در بوته، تعداد غلاف بارور در بوته، تعداد غلاف تک بذری در بوته، تعداد دانه در بوته و عملکرد دانه در بوته، ژنوتیپ برتر بود. ژنوتیپ شماره ۶ پایین‌ترین مقدار وزن خشک بوته، وزن غلاف‌ها در بوته، تعداد غلاف بارور و نابارور در بوته، تعداد غلاف تک بذری در بوته، عملکرد دانه در بوته، وزن صد دانه، عملکرد کاه در بوته و سرعت پرشدن دانه را به خود اختصاص داد. کمترین مقدار ارتفاع بوته، تعداد غلاف دو بذری در بوته، تعداد دانه در غلاف و تعداد دانه در بوته متعلق به ژنوتیپ شماره ۸ بود. بیشترین تعداد غلاف دو بذری در بوته (۱۷/۳۳)، وزن صد دانه (۵/۳۰)، عملکرد کاه در بوته (۷/۴۵)، دوره پرشدن دانه (۳۷/۷) و سرعت پرشدن دانه (۱/۵۸) به‌ترتیب مربوط به ژنوتیپ‌های ۱۴، ۲، ۱۲، ۳ و ۲ بود. بیشترین درصد شاخص برداشت و شاخص زادآوری برای ژنوتیپ‌های ۱ و ۱۳ و کمترین آن‌ها برای ژنوتیپ‌های ۱۲ و ۱۵ ثبت شد. ژنوتیپ‌های ۳ و ۵ به ترتیب زودگلده‌ترین و زودرس‌ترین و ژنوتیپ‌های ۱۰ و ۹ دیرگلده‌ترین و دیررس‌ترین ژنوتیپ‌ها بودند. سایر اطلاعات مربوط به صفات در جدول ۲ آمده است.

ضرایب همبستگی صفات

ضرایب همبستگی ساده بین صفات مورد مطالعه در شکل ۱ ارائه شده است. همبستگی بین عملکرد دانه در بوته با صفات وزن غلاف‌ها در بوته (۰/۹۵۲**)، تعداد غلاف‌های بارور در بوته (۰/۸۲۶**)، تعداد غلاف تک بذری در بوته (۰/۸۳۰**)، تعداد دانه در بوته (۰/۸۱۴**)، شاخص برداشت (۰/۶۹۳**) و شاخص بازآوری (۰/۶۷۶**) مثبت و بسیار معنی‌دار و با صفت وزن خشک بوته (۰/۶۲۷**) مثبت و معنی‌دار بود. همبستگی منفی معنی‌داری بین عملکرد و صفات مورد مطالعه مشاهده نشد. همبستگی مثبت و معنی‌دار بین عملکرد دانه با صفات تعداد غلاف در بوته و شاخص برداشت در مطالعات سایر محققان نیز گزارش شده است (۲۱،۴۱). همبستگی مثبت و بسیار معنی‌دار بین عملکرد دانه و شاخص برداشت نشان‌دهنده آن است که با روند افزایش عملکرد دانه، نسبت عملکرد اقتصادی به عملکرد بیولوژیک افزایش داشته است. از آنجا که شاخص برداشت بیانگر مقدار مواد آلی ساخته شده از منبع به مخزن است، بنابراین افزایش انتقال مواد فتوسنتزی از اندام‌های سبز گیاه به دانه، عملکرد دانه افزایش خواهد یافت (۳۱). همانند سایر مطالعات (۱۷،۳۱،۴۱)، در این مطالعه نیز همبستگی عملکرد دانه با ارتفاع بوته (۰/۱۰۲) ناچیز بود. در حبوبات به ویژه عدس، همبستگی عملکرد دانه با ارتفاع بوته اغلب مثبت اما پایین است چرا که عدس گیاهی رشد نامحدود است و بنابراین با افزایش ارتفاع، غلاف‌های بیشتری تولید می‌شود که بر عملکرد تأثیر مثبت خواهد داشت (۸). از طرفی همبستگی ارتفاع با وزن صد دانه منفی و معنی‌دار (۰/۶۵۲**) بود و حاکی از آن است که با افزایش تعداد غلاف، وزن دانه‌های آن کاهش می‌یابد. همانطور که در شکل ۱ مشخص است، همبستگی وزن صد دانه با تمامی صفات مرتبط با تعداد غلاف منفی بود.

تجزیه خوشه‌ای

به منظور تعیین تنوع و قرابت بین ژنوتیپ‌ها و همچنین گروه‌بندی آن‌ها بر مبنای صفات مورد مطالعه، تجزیه خوشه‌ای برای صفات معنی‌دار در تجزیه واریانس بر اساس روش وارد[1] و با استفاده از مربع فاصله اقلیدسی انجام شد (شکل ۲). همچنین به منظور بررسی بهتر گروه‌ها، برای صفات مورد بررسی به صورت جداگانه تجزیه واریانس صورت گرفت که طبق نتایج آن، بین گروه‌ها در تمامی صفات مورد بررسی به جز تعداد غلاف نابارور در بوته، تعداد دانه در غلاف، روز تا گلدهی و روز تا رسیدن اختلاف معنی‌داری وجود داشت

1- Ward

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-10-31]

[DOI: 10.52547/jcb.13.39.140]

(جدول ۳). بر اساس نتایج تجزیه خوشه‌ای، ژنوتیپ‌ها در سه گروه قرار گرفتند (شکل ۲) که نشان‌دهنده وجود تنوع مناسب و مفید بودن کاربرد آن‌ها در برنامه‌های اصلاحی پیش‌رو می‌باشد. در گروه اول ژنوتیپ‌های ۱۳ (محلی)، ۱۴ (کیمیا)، ۷، ۹، ۱ و ۱۰ قرار گرفتند که میانگین صفات وزن خشک بوته، وزن غلاف‌ها، تعداد غلاف بارور، تعداد غلاف تک بذری، تعداد غلاف دو بذری، تعداد دانه و عملکرد دانه در بوته در آن‌ها به طور معنی‌داری بالاتر و ارزشمندتر از دو گروه دیگر بود (جدول ۳). ژنوتیپ‌های ۲، ۵، ۸ و ۱۱ در گروه دوم جای گرفتند که از نظر صفات ارتفاع بوته و وزن صد دانه به ترتیب به‌طور معنی‌داری کمتر و بیشتر از دو گروه دیگر بودند. البته ژنوتیپ‌های این گروه برخلاف گروه اول، میانگین کمتری از نظر اغلب صفات مطالعه شده داشتند (جدول ۳). گروه سوم شامل ژنوتیپ‌های ۴، ۱۵ (بیله‌سوار)، ۱۲، ۳ و ۶ بود که کمترین مقدار صفات وزن غلاف‌ها در بوته، عملکرد دانه در بوته و وزن صد دانه را به خود اختصاص دادند. از آنجا که ژنوتیپ‌های موجود در هر یک از گروه‌ها دارای قرابت ژنتیکی بیشتری نسبت به ژنوتیپ‌های موجود در گروه‌های دیگر هستند، می‌توان در برنامه‌های اصلاحی با توجه به ژنوتیپ‌های گروه‌های مختلف و ارزش میانگین صفات برای هر گروه، از ژنوتیپ‌های گروه اول در تلاقی با دو گروه دیگر جهت به دست آوردن حداکثر تنوع و بهره‌وری از هتروزیس استفاده کرد. در مطالعات مختلف، از تجزیه خوشه‌ای برای گروه‌بندی و بررسی تنوع ژنتیکی ژنوتیپ‌های عدس استفاده شده است (۴۰،۳۲،۲۸،۱۱،۶). در مطالعه تعیین تنوع ژنتیکی در ۷۶۰ توده داخلی و خارجی عدس، برای اندازه‌گیری و تعیین فاصله ژنتیکی بین ژنوتیپ‌ها از تجزیه خوشه‌ای استفاده شد و چهار خوشه مختلف تشخیص داده شد (۲۴). نتایج یک بررسی دو ساله روی ۱۱۰ توده عدس نشان داد که توده‌هایی که از لحاظ صفات تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف و عملکرد دانه برتر بودند، در یک خوشه قرار گرفته و استفاده از آن‌ها را در برنامه‌های اصلاحی قابل پیشنهاد است (۳۷). همچنین در گروه‌بندی ۱۰۰ لاین خالص عدس با استفاده از تجزیه خوشه‌ای، گزارش شد که لاین‌های موجود در خوشه‌ای که از نظر عملکرد دانه و سایر صفات مورد بررسی دارای انحراف مثبت نسبت به میانگین کل بودند، به‌عنوان مناسب‌ترین لاین‌ها انتخاب شده و می‌توان از آن‌ها جهت بهبود عملکرد دانه و سایر صفات بهره گرفت (۳۵). در تجزیه خوشه‌ای صفات مورد بررسی در ۴۷ ژنوتیپ عدس که منشأ ۴۳ ژنوتیپ آن از ایکاردا بود، سه خوشه شناسایی شد و توسط آن، ده لاین اصلاحی ایکاردا که دارای عملکرد و اجزای عملکرد بالا بودند، به‌عنوان ژنوتیپ‌های مطلوب برای برنامه‌های اصلاحی آینده توصیه شدند (۶).

جدول ۲- خلاصه تجزیه واریانس و مقایسه میانگین صفات مورد مطالعه در ۱۵ ژنوتیپ عدس

Table 2. Summary of simple ANOVA and mean traits in the 15 lentil genotypes

ژنوتیپ	وزن خشک بوته (گرم)	تعداد شاخه اصلی	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	وزن غلاف‌ها در بوته (گرم)	تعداد غلاف بارور در بوته	تعداد غلاف نابارور در بوته	تعداد غلاف تک بذری در بوته	تعداد غلاف دو بذری در بوته	تعداد دانه در غلاف
۱	۸/۷۲	۲/۶۷	۳۲/۳۳	۵/۶۰	۹۸/۳۳	۸/۶۷	۹۱/۶۷	۶/۶۷	۱/۰۶۷
۲	۸/۶۵	۲/۶۷	۳۲/۰۰	۳/۷۰	۵۷/۶۷	۱۳/۳۳	۵۳/۳۳	۴/۳۳	۱/۰۸۷
۳	۸/۳۵	۲/۶۷	۳۶/۰۰	۳/۴۶	۶۰/۰۰	۱۶/۳۳	۵۳/۰۰	۷/۰۰	۱/۱۲۳
۴	۹/۲۳	۲/۰۰	۳۵/۳۳	۳/۴۵	۶۷/۳۳	۲۳/۰۰	۶۱/۶۷	۵/۶۷	۱/۰۸۳
۵	۷/۳۳	۲/۰۰	۳۲/۶۷	۳/۹۵	۵۹/۳۳	۱۰/۶۷	۵۲/۰۰	۷/۳۳	۱/۱۲۷
۶	۵/۰۶	۲/۳۳	۳۴/۳۳	۱/۷۱	۴۳/۰۰	۴/۶۷	۳۴/۳۳	۸/۶۷	۱/۲۰۳
۷	۱۳/۱۶	۳/۳۳	۳۹/۳۳	۵/۳۳	۱۲۷/۳۳	۱۰/۶۷	۱۱۶/۰۰	۱۱/۳۳	۱/۰۹۰
۸	۶/۴۲	۲/۳۳	۲۶/۶۷	۲/۸۹	۴۲/۶۷	۱۲/۰۰	۴۰/۰۰	۲/۶۷	۱/۰۶۷
۹	۱۲/۹۱	۳/۳۳	۳۶/۰۰	۴/۲۸	۹۹/۰۰	۱۳/۳۳	۹۱/۶۷	۷/۳۳	۱/۰۷۰
۱۰	۹/۱۵	۲/۶۷	۳۹/۶۷	۴/۵۰	۸۵/۳۳	۱۲/۳۳	۷۸/۳۳	۷/۰۰	۱/۰۸۰
۱۱	۶/۴۱	۳/۳۳	۳۴/۶۷	۳/۱۲	۴۸/۳۳	۷/۳۳	۴۳/۳۳	۵/۰۰	۱/۱۰۳
۱۲	۹/۰۲	۳/۰۰	۳۷/۰۰	۲/۷۴	۵۸/۶۷	۱۶/۶۷	۵۳/۰۰	۵/۶۷	۱/۰۹۷
۱۳	۸/۳۶	۳/۰۰	۳۴/۶۷	۵/۴۶	۹۶/۰۰	۱۰/۶۷	۷۹/۳۳	۱۶/۶۷	۱/۱۸۷
۱۴	۱۰/۴۳	۲/۳۳	۳۶/۰۰	۵/۳۲	۱۱۰/۶۷	۱۳/۰۰	۹۳/۳۳	۱۷/۳۳	۱/۱۶۳
۱۵	۶/۹۲	۳/۰۰	۳۶/۶۷	۲/۳۱	۴۵/۰۰	۱۷/۶۷	۴۰/۶۷	۴/۳۳	۱/۱۰۰
میانگین	۸/۶۷	۲/۷۱	۳۴/۸۹	۳/۸۵	۷۳/۲۴	۱۲/۶۹	۶۵/۴۴	۷/۸۰	۱/۱۱۰
LSD 5%	۲/۸۷	۱/۳۶	۶/۲۵	۱/۵۷	۲۸/۷۳	۶/۲۴	۲۷/۸۱	۳/۳۶	۰/۰۶۸
LSD 1%	۳/۸۷	۱/۸۳	۸/۴۳	۲/۱۲	۳۸/۷۶	۸/۴۲	۳۷/۵۲	۴/۵۳	۰/۰۹۱
F test	**	ns	*	**	**	**	**	**	**
CV %	۱۹/۷۵	۲۹/۹۷	۱۰/۷۱	۲۴/۳۷	۲۳/۴۶	۲۹/۴۱	۲۵/۴۱	۲۵/۷۶	۳/۶۵

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

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-10-31]

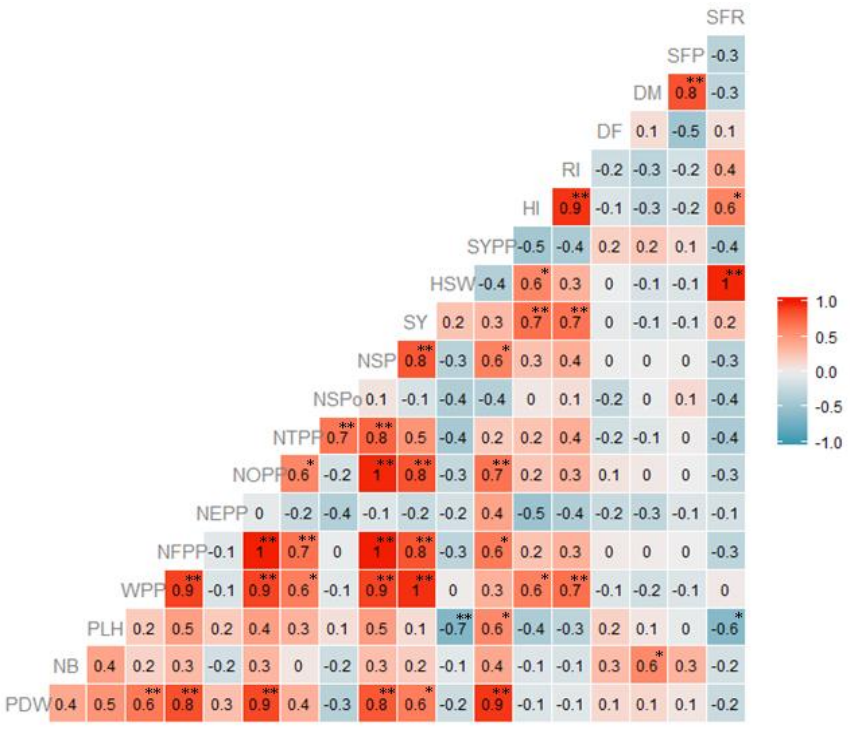
[DOI: 10.52547/jcb.13.39.140]

ادامه جدول ۲-

Table 2. Continued

ژنوتیپ	تعداد دانه در بوته	عملکرد دانه در بوته (گرم)	وزن صد دانه (گرم)	عملکرد کاه در بوته (گرم)	شاخص برداشت (٪)	شاخص زادآوری (٪)	روز تا گلدهی	روز تا رسیدن	دوره پرشدن دانه (روز)	سرعت پرشدن دانه (میلی‌گرم در دانه در روز)
۱	۱۰۵/۰۰	۳/۶۳	۳/۴۵	۵/۰۹	۴۳/۱۴	۶۸/۷۴	۱۳۰/۰	۱۶۵/۰	۳۵/۰	۰/۹۹
۲	۶۲/۰۰	۲/۹۶	۵/۳۰	۵/۶۹	۳۴/۸۶	۴۵/۶۱	۱۳۰/۳	۱۶۳/۷	۳۳/۳	۱/۵۸
۳	۶۷/۰۰	۲/۵۷	۳/۶۹	۵/۷۷	۲۹/۵۰	۴۱/۸۶	۱۲۸/۳	۱۶۶/۰	۳۷/۷	۰/۹۸
۴	۷۳/۰۰	۲/۷۴	۲/۷۴	۷/۲۳	۲۱/۴۸	۳۷/۴۵	۱۲۹/۷	۱۶۲/۷	۳۳/۰	۰/۸۳
۵	۶۶/۶۷	۲/۸۷	۴/۲۷	۴/۴۵	۳۹/۱۷	۵۳/۸۶	۱۳۰/۰	۱۶۱/۰	۳۱/۰	۱/۳۹
۶	۵۱/۶۷	۱/۲۰	۲/۳۰	۳/۸۵	۲۲/۷۴	۳۲/۴۴	۱۳۱/۰	۱۶۶/۰	۳۵/۰	۰/۶۶
۷	۱۳۸/۶۷	۳/۸۶	۲/۷۴	۹/۳۰	۲۸/۷۸	۳۹/۶۵	۱۳۰/۳	۱۶۵/۳	۳۵/۰	۰/۷۸
۸	۴۵/۳۳	۲/۲۹	۴/۹۸	۴/۱۳	۳۵/۲۳	۴۶/۱۰	۱۳۱/۰	۱۶۴/۳	۳۳/۳	۱/۵۱
۹	۱۰۶/۳۳	۳/۰۹	۳/۵۴	۹/۸۲	۲۴/۰۶	۳۴/۱۰	۱۳۲/۰	۱۶۶/۳	۳۴/۳	۱/۰۲
۱۰	۹۲/۳۳	۳/۲۰	۳/۴۶	۵/۹۵	۳۴/۹۰	۴۹/۲۱	۱۳۲/۷	۱۶۲/۳	۲۹/۷	۱/۱۶
۱۱	۵۳/۳۳	۲/۲۶	۴/۲۴	۴/۱۵	۳۵/۱۰	۴۸/۵۲	۱۳۰/۷	۱۶۵/۷	۳۵/۰	۱/۲۱
۱۲	۶۴/۳۳	۱/۵۷	۲/۴۲	۷/۴۵	۱۸/۲۰	۳۰/۷۰	۱۳۱/۷	۱۶۶/۰	۳۴/۳	۰/۷۱
۱۳	۱۱۲/۶۷	۳/۵۷	۳/۳۴	۴/۷۹	۴۲/۸۶	۶۵/۴۲	۱۳۰/۳	۱۶۳/۷	۳۳/۳	۱/۰۰
۱۴	۱۲۸/۰۰	۳/۲۹	۲/۵۳	۷/۱۵	۳۱/۱۷	۵۰/۷۵	۱۲۹/۷	۱۶۳/۰	۳۳/۳	۰/۷۶
۱۵	۴۹/۳۳	۱/۲۹	۲/۶۶	۵/۶۳	۱۸/۸۷	۳۲/۷۰	۱۳۰/۰	۱۶۲/۷	۳۲/۷	۰/۸۱
میانگین	۸۱/۰۴	۲/۶۴	۳/۴۴	۶/۰۳	۳۰/۶۷	۴۵/۱۴	۱۳۰/۵۱	۱۶۴/۲	۳۳/۷	۱/۰۳
LSD 5%	۳۰/۰۱	۱/۲۹	۱/۸۹	۲/۱۰	۱۰/۳۳	۱۷/۲۹	۱/۳۳	۱/۳۹	۲/۰۱	۰/۵۵
LSD 1%	۴۰/۴۸	۱/۷۴	۲/۵۴	۲/۸۳	۱۳/۹۴	۲۳/۳۲	۱/۸۰	۱/۸۷	۲/۷۱	۰/۷۴
F test	**	**	*	**	**	**	**	**	**	*
CV %	۲۲/۱۴	۲۹/۱۹	۲۳/۷۵	۲۰/۸۰	۲۰/۱۴	۲۲/۹۰	۰/۶۱	۰/۵۱	۳/۵۵	۲۹/۱۲

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



شکل ۱- نقشه گرمایی به دست آمده بر اساس ضرایب همبستگی پیرسون

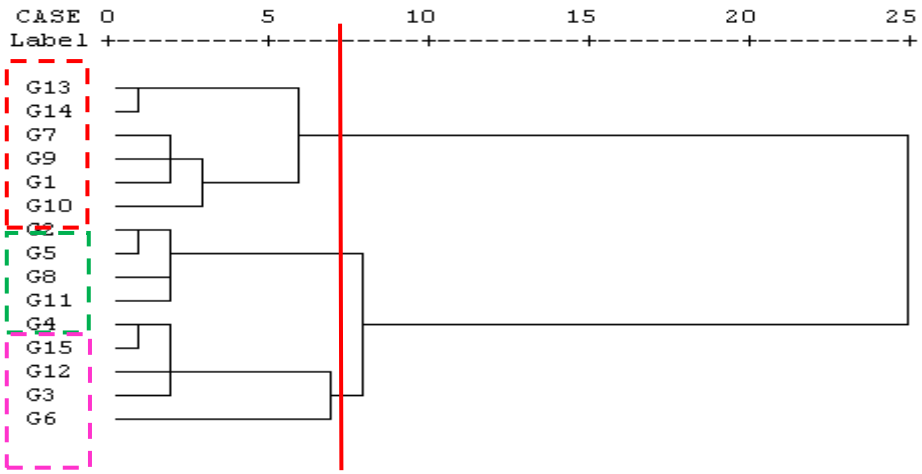
Figure 1. Heat map plot rendered based on Pearson's correlation coefficients

* و **: به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد

PDW = وزن خشک بوته، NB = تعداد شاخه اصلی، PLH = ارتفاع بوته، WPP = وزن غلاف‌ها در بوته، NFPP = تعداد غلاف‌های بارور در بوته، NEPP = تعداد غلاف‌های نابارور در بوته، NOPP = تعداد غلاف تک بذری در بوته، NTPP = تعداد غلاف دو بذری در بوته، NSPo = تعداد دانه در غلاف، NSP = تعداد دانه در بوته، SY = عملکرد دانه در بوته، HSW = وزن صد دانه، SYPP = عملکرد کاه در بوته، HI = شاخص برداشت، RI = شاخص زادآوری، DF = روز تا گلدهی، DM = روز تا رسیدن، SFP = دوره پرشدن دانه، SFR = سرعت پرشدن دانه

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-10-31]

[DOI: 10.52547/jcb.13.39.140]



شکل ۲- نمودار خوشه‌ای ژنوتیپ‌های عدس بر اساس صفات مورد مطالعه با استفاده از روش وارد
Figure 2. Dendrogram of the lentil genotypes based on studied traits using Ward method

جدول ۳- تجزیه واریانس و مقایسه میانگین خوشه‌ها برای هر یک از صفات مورد مطالعه در ۱۵ ژنوتیپ عدس
Table 3. Analysis of variance and mean comparison of clusters for each studied traits in 15 lentil genotypes

خوشه	وزن خشک بوته (گرم)	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	وزن غلاف‌ها در بوته (گرم)	تعداد غلاف بارور در بوته	تعداد غلاف نابارور در بوته	تعداد غلاف تک بذری در بوته	تعداد غلاف دو بذری در بوته	تعداد دانه در غلاف	تعداد دانه در بوته	عملکرد دانه در بوته (گرم)	وزن صد دانه (گرم)	روز تا گلدهی	روز تا رسیدن
I	۱۰/۴۶ a	۳۶/۳۳ a	۵/۰۸ a	۱۰۲/۸ a	۱۱/۴۵ a	۹۱/۷۲ a	۱۱/۰۶ a	۱/۱۱ a	۱۱۳/۸ a	۳/۴۴ a	۳/۱۸ b	۱۳۰/۸ a	۱۶۴/۳ a
II	۷/۲۰ b	۳۱/۵۰ b	۳/۴۲ b	۵۲/۰ b	۱۰/۸۳ a	۴۷/۱۷ b	۴/۸۳ b	۱/۱۰ a	۵۶/۸ b	۲/۶۰ b	۴/۷۰ a	۱۳۰/۵ a	۱۶۳/۷ a
III	۷/۷۲ b	۳۵/۸۷ a	۲/۷۳ b	۵۴/۸ b	۱۵/۶۷ a	۴۸/۵۳ b	۶/۲۷ b	۱/۱۲ a	۶۱/۱ b	۱/۷۳ c	۲/۷۶ b	۱۳۰/۴ a	۱۶۴/۷ a
F test	*	*	**	**	ns	**	*	ns	**	**	**	ns	ns
CV %	۲۰/۴۸	۷/۳۴	۱۵/۹۰	۱۶/۱۱	۳۳/۴۱	۱۷/۲۴	۴۴/۱۸	۴/۰۸	۱۶/۳۲	۱۵/۹۲	۱۴/۴۲	۰/۸۵	۱/۰۶

ns، * و **: به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد. در هر ستون، میانگین‌های دارای حروف مشترک فاقد تفاوت معنی‌دار آماری در سطح احتمال ۵٪ با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن هستند

بای‌پلات ژنوتیپ × صفت

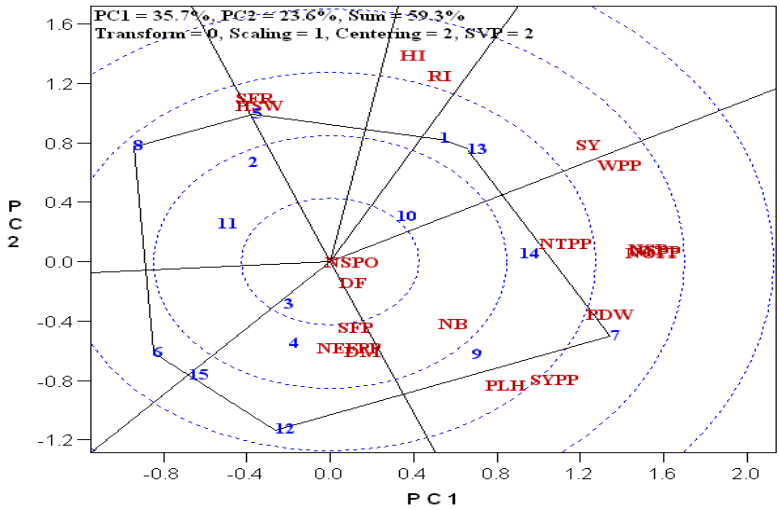
شمای چندضلعی بای‌پلات "کدام- برتر-کجا[1]" به شناسایی ژنوتیپ‌های برخوردار از بالاترین ارزش‌ها برای یک یا چند صفت کمک می‌کند. چندضلعی با پیوستن ژنوتیپ‌هایی که دورترین فاصله را از مبدأ بای‌پلات دارند، ترسیم می‌گردد؛ به‌طوری که در صورت زیاد بودن تعداد ژنوتیپ‌ها، سایر ژنوتیپ‌ها درون چندضلعی قرار می‌گیرند. ژنوتیپ‌های رأس که دورترین فاصله را از مبدأ بای‌پلات دارند، بردارهای طویلی در جهت‌های مربوطه به خود دارند که معیاری از میزان پاسخ به صفات (در بای‌پلات رقم×صفت) است. بنابراین ژنوتیپ‌های رأس، ژنوتیپ‌هایی واکنش‌پذیر هستند. اگر ژنوتیپی در مبدأ قرار گیرد، نسبت به همه صفات و یا نسبت به همه محیط‌ها رتبه یکسانی دارد و به آن‌ها واکنشی نشان نمی‌دهد (۲۶). در این مطالعه، هفت خط عمود سبب تقسیم بای‌پلات به هفت بخش گردیده است (شکل ۳). ژنوتیپ شماره ۷ در بخشی قرار گرفت که حاوی بیشترین مقادیر برای صفات وزن غلاف‌ها در بوته، تعداد غلاف تک بذری و دو بذری در بوته، تعداد دانه در بوته، تعداد غلاف‌های نابارور در بوته، وزن خشک بوته، عملکرد کاه در بوته، ارتفاع بوته و تعداد شاخه اصلی بود. این نتایج با نتایج مقایسه میانگین ژنوتیپ‌ها همخوانی دارد. ژنوتیپ شماره ۱۲ بیشترین پاسخ را به صفات دوره پرشدن دانه، روز تا رسیدن و تعداد غلاف‌های نابارور در بوته نشان داد. هیچ صفتی در بخشی که ژنوتیپ‌های ۶ و ۸ در رأس قرار گرفته است، وجود ندارد که نشان‌دهنده این است که این ژنوتیپ‌ها از نظر هیچ‌یک از صفات مطالعه شده برتر نیستند. ژنوتیپ شماره ۵ در بخشی قرار گرفت که صفات سرعت پرشدن دانه و وزن صد دانه وجود داشتند. ژنوتیپ شماره ۱۲ در بخشی قرار گرفت که نسبت به عملکرد دانه بسیار واکنش‌پذیر بود. البته باید متذکر شد از آنجا که فقط حدود ۶۰ درصد از تغییرات توسط این بای‌پلات توجیه شد که حاکی از پیچیدگی روابط بین صفات مورد ارزیابی است و بنابراین مشاهدات ممکن است به‌طور دقیق بازتاب اعداد ثبت شده نباشد. برای مثال عملکرد دانه ژنوتیپ شماره ۷ از نظر عددی، اندکی از ژنوتیپ شماره ۱۳ بیشتر است اما در چندضلعی مشاهده شده، صفت عملکرد دانه نزدیک خط مرز دو بخش مربوطه و متمایل به ژنوتیپ شماره ۱۳ قرار گرفته است. گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها توسط تجزیه خوشه‌ای، در اینجا توسط بای‌پلات نیز تأیید شد و کاملاً مشابه بودند (شکل‌های ۲ و ۳). از بای‌پلات ژنوتیپ × صفت در مطالعات مختلفی روی محصولات زراعی برای شناسایی ژنوتیپ‌های برتر از نظر صفات مختلف بهره گرفته شده است (۷،۵،۳۶).

1- Which wins where or which is best for what

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-10-31]
[DOI: 10.52547/jcb.13.39.140]

شاخص انتخاب ژنوتیپ ایده‌آل (SIIG)

به منظور گزینش بهترین ژنوتیپ‌ها از نظر تمام صفات مورد مطالعه از شاخص SIIG (۴۹) استفاده شد (جدول ۴). این شاخص با ادغام نمودن صفات مختلف و تبدیل آن‌ها به یک معیار واحد، سبب تسهیل و افزایش کارایی گزینش می‌گردد. به هر میزان مقدار شاخص SIIG برای ژنوتیپی به یک نزدیک باشد، آن ژنوتیپ از نظر تمام صفات مورد ارزیابی مطلوبیت بیشتری دارد و هرچقدر این شاخص برای ژنوتیپی نزدیک صفر باشد، آن ژنوتیپ از مطلوبیت کمتری برخوردار خواهد بود. یکی از ویژگی‌های شاخص SIIG این است که هر چقدر تنوع ژنتیکی ژنوتیپ‌ها برای یک صفت بیشتر باشد، سهم آن صفت در مقدار عددی SIIG برای آن ژنوتیپ بیشتر خواهد بود (۴۷). بر اساس نتایج، ژنوتیپ‌های شماره ۱۳ (محلی)، ۱۴ (کیمیا)، ۷ و ۱ با کمترین فاصله از ژنوتیپ ایده‌آل، بیشترین فاصله از ژنوتیپ غیرایده‌آل و بیشترین مقدار شاخص SIIG (به ترتیب ۰/۶۹۳، ۰/۶۳۷، ۰/۶۲۵ و ۰/۶۰۶) برترین ژنوتیپ‌ها در این مطالعه بودند (جدول ۴). بالاترین عملکرد دانه در بوته نیز متعلق به این ژنوتیپ‌ها بود (جدول ۲). این ژنوتیپ‌ها در تجزیه خوشه‌ای و بای‌پلات ژنوتیپ × صفت نیز در یک گروه واحد قرار گرفتند (شکل‌های ۲ و ۳). ژنوتیپ‌های شماره ۱۵ (بیله‌سوار)، ۱۲ و ۴ با کمترین مقدار شاخص SIIG، به‌عنوان ضعیف‌ترین ژنوتیپ‌ها از نظر صفات مورد مطالعه شناخته شدند (جدول ۴). نتایج مقایسه میانگین (جدول ۲)، تجزیه خوشه‌ای و بای‌پلات ژنوتیپ × صفت (شکل‌های ۲ و ۳) نیز تأیید کننده ضعیف بودن و هم‌گروه بودن این ژنوتیپ‌ها است. در مطالعات مختلف از این شاخص برای شناسایی ژنوتیپ‌های مطلوب استفاده شده است (۳۸،۴۸). زالی و براتی (۴۷) به منظور گزینش لاین‌های امیدبخش جو با عملکرد بالا و خصوصیات زراعی مطلوب، از شاخص انتخاب ژنوتیپ ایده‌آل (SIIG) استفاده نمودند و ابراز داشتند که این شاخص به خوبی توانسته ژنوتیپ‌ها را بر اساس صفات مورد ارزیابی دسته‌بندی نماید. در مطالعه‌ای به منظور ادغام روش‌های مختلف تجزیه پایداری ناپارامتری در گندم دوروم، از شاخص SIIG استفاده شد و با کمک آن توانستند ژنوتیپ‌های پایدار با عملکرد بالا را شناسایی کنند (۳۰). طهماسبی و همکاران (۳۹) نیز به منظور ادغام شاخص‌های مختلف تحمل خشکی و انتخاب مؤثر ژنوتیپ‌های گندم متحمل، از شاخص SIIG استفاده کردند و بیان نمودند که این شاخص به‌عنوان یک مدل گزینش‌گر قابلیت انتخاب ایده‌آل‌ترین ارقام و لاین‌ها از بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی را دارد. به منظور بررسی کاراتر تحمل به شوری ژنوتیپ‌ها گلرنگ با استفاده از تمام شاخص‌های مختلف به طور همزمان، از شاخص SIIG استفاده شد و ژنوتیپ‌های حساس و متحمل به شوری شناسایی شدند (۱۴). عبدالهی‌حصار و همکاران (۱) در ارزیابی برخی ژنوتیپ‌های پاییزه کلزا بر اساس صفات زراعی و شاخص SIIG، ضمن کارا دانستن این شاخص، ابراز داشتند در صورتی که تعداد صفات مورد بررسی زیاد باشد، بهتر است برای انتخاب ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا و صفات مطلوب، این شاخص بر مبنای همه صفات به غیر از عملکرد محاسبه گردد و در نهایت انتخاب ژنوتیپ‌ها در یک نمودار دو بعدی (شامل محورهای شاخص SIIG و عملکرد) صورت گیرد.



شکل ۳- شمای چندضلعی "کدام- برتر- کجا" در بای‌پلات رقم × صفت

Figure 3. Polygon view of the ‘‘which is best for what’’ in genotype × trait biplot

PDW = وزن خشک بوته، NB = تعداد شاخه اصلی، PLH = ارتفاع بوته، WPP = وزن غلاف‌ها در بوته، NFPP = تعداد غلاف‌های بارور در بوته، NEPP = تعداد غلاف‌های نابارور در بوته، NOPP = تعداد غلاف تک بذری در بوته، NTPP = تعداد غلاف دو بذری در بوته، NSPo = تعداد دانه در غلاف، NSP = تعداد دانه در بوته، SY = عملکرد دانه در بوته، HSW = وزن صد دانه، SYPP = عملکرد کاه در بوته، HI = شاخص برداشت، RI = شاخص زادآوری، DF = روز تا گلدهی، DM = روز تا رسیدن، SFP = دوره پرشدن دانه، SFR = سرعت پرشدن دانه

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-10-31]
[DOI: 10.52547/jcb.13.39.140]

جدول ۴- مقادیر شاخص انتخاب ژنوتیپ ایده‌آل (SIIG) و فاصله از ژنوتیپ‌های ایده‌آل (d^+) و غیرایده‌آل (d^-)

Table 4. Selection index of ideal genotype (SIIG) and distance of ideal (d^+) and non-ideal (d^-) genotypes

رتبه	SIIG	فاصله از ژنوتیپ غیرایده‌آل	فاصله از ژنوتیپ ایده‌آل	ژنوتیپ
۶	۰/۵۰۲	۰/۵۶۳	۰/۵۵۸	۹
۵	۰/۵۱۹	۰/۵۴۳	۰/۵۰۴	۱۰
۹	۰/۴۲۹	۰/۵۰۹	۰/۶۷۸	۱۱
۱۴	۰/۲۶۲	۰/۲۷۹	۰/۷۸۷	۱۲
۱	۰/۶۹۳	۰/۷۶۶	۰/۳۳۹	۱۳
۲	۰/۶۳۷	۰/۷۳۵	۰/۴۱۹	۱۴
۱۵	۰/۲۳۰	۰/۲۵۵	۰/۸۵۲	۱۵

رتبه	SIIG	فاصله از ژنوتیپ غیرایده‌آل	فاصله از ژنوتیپ ایده‌آل	ژنوتیپ
۴	۰/۶۰۶	۰/۶۸۶	۰/۴۴۵	۱
۸	۰/۴۴۴	۰/۵۰۹	۰/۶۳۸	۲
۱۱	۰/۳۷۴	۰/۳۹۰	۰/۶۵۳	۳
۱۳	۰/۲۷۶	۰/۲۹۲	۰/۷۶۸	۴
۷	۰/۴۷۸	۰/۵۳۳	۰/۵۸۲	۵
۱۲	۰/۳۶۹	۰/۴۷۴	۰/۸۱۱	۶
۳	۰/۶۲۵	۰/۷۶۰	۰/۴۵۷	۷
۱۰	۰/۳۸۶	۰/۴۷۶	۰/۷۵۶	۸

رگرسیون گام به گام

به منظور تعیین اهمیت صفات مورد مطالعه در تغییرات مربوط به عملکرد دانه، تجزیه رگرسیون گام به گام پس از حذف صفات دارای هم‌راستایی، انجام شد. نتایج (جدول ۵) نشان داد که وزن غلاف‌ها در بوته اولین صفتی بود که وارد مدل شد و به تنهایی منجر به توجیه ۹۰ درصد از تغییرات عملکرد دانه در بوته گردید. وزن صد دانه و تعداد دانه در بوته صفات بعدی بودند که وارد معادله رگرسیونی شدند و به همراه وزن غلاف‌ها در بوته، ۹۷/۶ درصد از تغییرات عملکرد دانه در بوته را توجیه کردند. مقدار آماره دوربین واتسون[1] برابر با ۲/۰۵۳ به دست آمد که بیانگر مستقل بودن باقی‌مانده‌ها و حاکی از مناسب بودن مدل برآورد شده برای تبیین عملکرد است. نظر به این موضوع که وزن غلاف‌ها در بوته درصد بالایی از توجیه تغییرات را به خود اختصاص داد، به منظور شناسایی سایر صفات مؤثر بر عملکرد، پس از حذف این صفت، رگرسیون گام به گام مجدداً انجام شد (جدول ۶). در این حالت، تعداد غلاف تک بذری در بوته اولین صفتی بود که وارد مدل شد و به تنهایی ۶۶/۵ درصد از تغییرات را توجیه کرد. پس از آن، وزن صد دانه، تعداد غلاف دو بذری در بوته و وزن خشک بوته به ترتیب وارد مدل شدند و در مجموع ۹۶/۷ درصد از تغییرات توجیه شد. اهمیت اثر تعداد غلاف پر بر عملکرد در مطالعات مختلف گزارش شده است (۲۵،۴۲). نتایج به دست آمده از بررسی تنوع ژنتیکی عملکرد دانه و زیست توده ۷۶۰ ژنوتیپ عدس نشان داد که صفات زیست توده کل، شاخص برداشت و وزن هزاردانه بیشترین تأثیر را روی عملکرد داشتند (۲۴). همچنین وزن هزاردانه به دلیل دارا بودن بیشترین ضریب تبیین، به‌عنوان مهم‌ترین جزء شناخته شد و از این‌رو، جهت استفاده در برنامه‌های به‌نژادی برای افزایش عملکرد عدس پیشنهاد گردید (۲۴). محمدعلی پوریامچی و همکاران (۲۷) در بررسی اثر تنش خشکی انتهای فصل بر عملکرد و اجزای عملکرد ژنوتیپ‌های نخود کابلی گزارش دادند که صفات تعداد غلاف‌های پر، وزن صد دانه و تعداد دانه در غلاف بیشترین تأثیر را بر عملکرد دانه تک بوته داشته و ۹۷/۳ درصد از تغییرات آن را توجیه نمودند. نتایج تجزیه رگرسیون چندگانه به روش گام به گام در ۱۴ ژنوتیپ عدس تحت شرایط دیم نشان داد که صفات تعداد غلاف پر در بوته، کلروفیل و وزن صد دانه به ترتیب وارد مدل شده و در مجموع ۸۹/۳ درصد از تغییرات عملکرد دانه را توجیه کردند (۴۶).

تجزیه علیت

بر اساس نتایج تجزیه علیت یا مسیر (جدول ۷). بیشترین تأثیر مستقیم مثبت روی عملکرد دانه تک بوته متعلق به صفت تعداد غلاف تک بذری در بوته (۰/۵۸۰) بود. این مطلب نشان می‌دهد، ضریب همبستگی بالای بین تعداد غلاف تک بذری در بوته و عملکرد دانه در بوته (۰/۸۳۰**) به طور عمده مربوط به اثر مستقیم تعداد غلاف تک بذری در بوته می‌باشد و اثر غیرمستقیم آن از طریق دیگر صفات کمتر بوده است. بیشترین اثر منفی نیز برای صفت وزن خشک بوته (۰/۱۵۶-) ثبت شد. بالاترین اثر غیرمستقیم مثبت مربوط به صفت تعداد دانه در بوته (۰/۵۶۵) از طریق صفت تعداد غلاف تک بذری در بوته بود. پس از آن، وزن غلاف‌ها در بوته (۰/۵۱۵) و وزن خشک بوته (۰/۵۰۵) هر دو از طریق صفت تعداد غلاف تک بذری، بیشترین اثر غیرمستقیم مثبت را داشتند. بیشترین اثر غیرمستقیم منفی (۰/۱۹۰-) نیز برای تعداد غلاف دو بذری در بوته از طریق وزن صد دانه به دست آمد. تمام صفات موجود در مدل، به طور غیرمستقیم و مثبت از طریق وزن غلاف‌ها در بوته بر عملکرد دانه تک بوته اثر گذاشتند (جدول ۷). در مطالعه پوراسماعیل و همکاران (۳۳) روی نخود نیز صفات وزن غلاف‌های پر (۰/۵۴۷) و وزن صد دانه (۰/۴۴۶) تحت شرایط بدون تنش و صفات وزن صد دانه (۰/۸۵۸) و تعداد دانه در بوته (۰/۷۵۷) تحت شرایط تنش خشکی بیشترین تأثیر مستقیم مثبت روی عملکرد دانه تک بوته را دارا بودند. گزارش شد که بیشترین اثر مستقیم مثبت بر عملکرد نخود، به ترتیب توسط وزن صد دانه و تعداد دانه در بوته مشاهده گردید (۲۷). نتایج تجزیه علیت در ۱۴ ژنوتیپ عدس تحت شرایط دیم نشان داد که صفت تعداد غلاف پر در بوته بیشترین اثر مستقیم مثبت را بر عملکرد دانه داشت (۴۶).

نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج، بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه از نظر اغلب صفات اختلاف معنی‌داری دیده شد. میانگین عملکرد دانه ژنوتیپ‌ها برابر ۲/۶۴ گرم در بوته بود که ژنوتیپ‌های ۷ و ۶ به ترتیب بیشترین و کمترین مقدار را به خود اختصاص دادند. ژنوتیپ شماره ۷ از نظر صفات مهم زراعی در این مطالعه، ژنوتیپ برتر بود و بنابراین قابل توصیه و کاربرد برای ادامه

1- Durbin Watson

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-10-31]
[DOI: 10.52547/jcb.13.39.140]

تحقیقات به‌نژادی و به‌زراعی می‌باشد. همبستگی بین عملکرد دانه در بوته با اغلب صفات به ویژه اجزای عملکرد مثبت و معنی‌دار بود. بر اساس نتایج روش‌های آماری مختلف شامل مقایسه میانگین، تجزیه خوشه‌ای، بای‌پلات ژنوتیپ × صفت و شاخص SIIG، ژنوتیپ‌های شماره ۱۳ (محلی)، ۱۴ (کیمیا)، ۷ و ۱ به‌عنوان برترین ژنوتیپ‌ها و ژنوتیپ‌های شماره ۱۵ (بیله‌سوار)، ۱۲ و ۴ به‌عنوان ضعیف‌ترین ژنوتیپ‌ها از نظر صفات مورد مطالعه شناخته شدند. تعداد غلاف تک بذری در بوته و وزن صد دانه بیشترین تأثیر مستقیم مثبت را روی عملکرد دانه تک بوته داشتند. بنابراین می‌توانند به‌عنوان معیارهایی برای انتخاب ژنوتیپ‌های برتر معرفی شوند.

تشکر و قدردانی

این تحقیق بخشی از پروژه تحقیقاتی شماره ۹۸۰۹۹۸-۰۳۷-۱۵-۱۵-۰۰ مصوب مؤسسه تحقیقات کشاورزی دیم می‌باشد که بدین‌وسیله اعلام قدردانی می‌شود.

جدول ۵- تجزیه رگرسیون گام به گام بین عملکرد دانه تک بوته و سایر صفات

Table 5. Stepwise regression analysis for seed yield and the other traits

مرحله	صفت	a	b_1	b_2	b_3	تصحیح شده R^2 adj.	مدل P-value
۱	وزن غلاف‌ها در بوته	۰/۰۶۶ ns	۰/۶۶۹**	–	–	۰/۹۰۰	۰/۰۰۰
۲	وزن صد دانه	-۰/۶۵۰*	۰/۶۶۶**	۰/۲۱۱**	–	۰/۹۵۳	۰/۰۰۰
۳	تعداد دانه در بوته	-۱/۱۲۸**	۰/۳۴۴**	۰/۳۷۳**	۰/۰۱۴**	۰/۹۷۶	۰/۰۰۰

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

جدول ۶- تجزیه رگرسیون گام به گام پس از حذف صفت وزن غلاف‌ها در بوته

Table 6. Stepwise regression analysis after removing weight of pods per plant (WPP)

مرحله	صفت	a	b_1	b_2	b_3	b_4	تصحیح شده R^2 adj.	مدل P-value
۱	تعداد غلاف تک بذری در بوته	۰/۷۵۹ ns	۰/۰۲۹**	–	–	–	۰/۶۶۵	۰/۰۰۰
۲	وزن صد دانه	-۱/۰۸۹*	۰/۰۳۳**	۰/۴۵۲**	–	–	۰/۹۰۰	۰/۰۰۰
۳	تعداد غلاف دو بذری در بوته	-۱/۴۶۷**	۰/۰۲۸**	۰/۵۳۰**	۰/۰۵۶**	–	۰/۹۴۷	۰/۰۰۰
۴	وزن خشک بوته	-۰/۹۸۳**	۰/۰۳۹**	۰/۵۱۳**	۰/۰۴۰*	-۰/۱۱۴*	۰/۹۶۷	۰/۰۰۰

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

جدول ۷- تجزیه علیت فنوتیپی برای عملکرد دانه تک بوته

Table 7. Phenotypic path coefficient analysis for seed yield

	صفت	ضریب همبستگی	اثر مستقیم	اثر غیرمستقیم از طریق					
				۱	۲	۳	۴	۵	۶
۱	وزن غلاف‌ها در بوته	۰/۹۵۲	۰/۳۵۷	–	۰/۰۰۶	۰/۱۱۹	۰/۵۱۵	۰/۰۵۴	-۰/۱۰۱
۲	وزن صد دانه	۰/۲۴۳	۰/۴۳۷	۰/۰۰۵	–	-۰/۰۴۵	-۰/۱۵۱	-۰/۰۳۸	۰/۰۳۲
۳	تعداد دانه در بوته	۰/۸۱۴	۰/۱۳۳	۰/۳۱۹	-۰/۱۴۵	–	۰/۵۶۵	۰/۰۶۵	-۰/۱۲۶
۴	تعداد غلاف تک بذری در بوته	۰/۸۳۰	۰/۵۸۰	۰/۳۱۶	-۰/۱۱۴	۰/۱۳۰	–	۰/۰۵۰	-۰/۱۳۶
۵	تعداد غلاف دو بذری در بوته	۰/۵۰۸	۰/۰۸۶	۰/۲۲۴	-۰/۱۹۰	۰/۱۰۰	۰/۳۴۱	–	-۰/۰۵۶
۶	وزن خشک بوته	۰/۶۲۷	-۰/۱۵۶	۰/۲۳۰	-۰/۰۹۲	۰/۱۰۷	۰/۵۰۵	۰/۰۳۰	–

Residual=0.128

منابع

1. Abdollahi Hesar, A., O. Sofalian, B. Alizadeh, A. Asghari and H. Zali. 2020. Evaluation of some autumn canola genotypes based on agronomy traits and SIIG index. Journal of Crop Breeding, 12(34): 151-159 (In Persian).
2. Ahamed, K.U., B. Akhter, M.R. Islam, M.R. Humaun and M.J Alam. 2014. Morphological characterization and genetic diversity in lentil (*Lens culinaris* medikus ssp. *Culinaris*) germplasm. International Journal of Agricultural Research, Innovation and Technology, 4(1): 70-76.
3. Ahmadi, K., H.R. Ebadzadeh, F. Hatami, H. Abdeshah and A. Kazemian. 2020. Agricultural Statistics of the Years 2018-2019, Volume I – Crops. Information and Communication Technology Center, Planning and Economic Affairs, Ministry of Agriculture-Jahad, Iran. 89p (In Persian).
4. Alghamdi, S.S., S.A. Al-Faifi, H.M. Migdadi, S.L. Al-Rowaily, E.H. El-Harty and M. Farooq. 2017. Genetic diversity and field performance of mung bean, faba bean and lentil genotypes in the Kingdom of Saudi Arabia. International Journal of Agriculture and Biology, 19: 689-696.
5. Amiri, R., S. Sasani, S. Jalali-Honarmand, A. Rasaei, B. Seifolahpour and S. Bahraminejad. 2018. Genetic diversity of bread wheat genotypes in Iran for some nutritional value and baking quality traits. Physiology and Molecular Biology of Plants, 24(1): 147-157.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-10-31]

[DOI: 10.52547/jcb.13.39.140]

6. Babayeva, S., Z. Akparov, L. Amirov, K. Shikhaliyeva, S. Hasanova, K. Rustamov, R. Mirzayev, V. Izzatullayeva, I. Mirzaliyeva, A. Mammadov and M. Abbasov. 2018. Genetic relationship among introduced lentil germplasm using agronomic traits and ISSR markers. GENETIKA, 50(2): 575-590.
7. Badirdast, H., S.Y. Salehi-Lisar, H. Sabouri, A. Movafeghi and E. Gholamalipour. 2019. Identification of drought stress tolerant genotypes in external rice germplasm using GGE biplot graphical technique under drench and drought stress conditions. Environmental Stresses in Crop Sciences, 12(2): 347-363 (In Persian).
8. Bagheri, A., M. Goldani and M. Hassanzadeh. 1998. Agronomy and plant breeding of lentil (translation). Mashhad University Jahad Publications. 284p. (In Persian).
9. Chelladurai, V. and C. Erkinbaev. 2020. Lentils. In: Manickavasagan, A. and P. Thirunathan, (eds.), Pulses. Springer Nature Switzerland AG. https://doi.org/10.1007/978-3-030-41376-7_8.
10. Faris, M.E., H.R. Takruri and A.Y. Issa. 2013. Role of lentils (*Lens culinaris* L.) in human health and nutrition: a review. Mediterranean Journal of Nutrition and Metabolism, 6: 3-16.
11. Gautam, N.K., N. Singh, M.A. Iquebal, M. Singh, J. Akhtar, Z. Khan and B. Ram. 2014. Genetic diversity analysis for quantitative traits in lentil (*Lens culinaris* Medik.) germplasm. Legume Research, 37(2): 139-144.
12. Gholami Rezvani, N., A. Nezami and M. Kafi. 2019. Evaluation of lentil (*Lens culinaris*) genotypes for autumn sowing in cold temperate regions under field conditions. Electronic Journal of Crop Production, 11(4): 142-147 (In Persian).
13. Gupta, D., R.H. Dadu, P. Sambasivam, I. Bar, M. Azad, N. Beera, R. Ford and S. Biju. 2020. Conventional and Biotechnological Approaches for Targeted Trait Improvement in Lentil. In: Gosal, S.S. and S.H. Wani, (eds.), Accelerated Plant Breeding, Volume 3. Springer Nature Switzerland AG. https://doi.org/10.1007/978-3-030-47306-8_3.
14. Haghighatnia, H. and A. Alhani. 2020. Evaluation of irrigation water salinity tolerance indices in new cultivars and lines of safflower. Iranian Journal of Soil and Water Research, 51(7): 1811-1821 (In Persian).
15. IBPGR. 1985. Lentil Descriptors. ICARDA, Aleppo, Syria.
16. Idrissi, O., A.R. Piergiovanni, F. Toklu, C. Houasli, S.M. Udupa, E. De Keyser, P. Van Damme and J. De Riek. 2018. Molecular variance and population structure of lentil (*Lens culinaris* Medik.) landraces from Mediterranean countries as revealed by simple sequence repeat DNA markers: implications for conservation and use. Plant Genetic Resources, 16: 249-59.
17. Jawad, M., S.R. Malik, M.A. Sarwar, M. Asadullah, I. Hussain and R. Khalid. 2019. Genetic analysis of lentil (*Lens culinaris*) exotic germplasm to identify genotypes suitable for mechanical harvesting. Pakistan Journal of Agricultural Research, 32(1): 152-158.
18. Kanouni, H., D. Sadeghzadeh, A. Saeid, M.K. Abbasi, A. Rostami, K. Sotoudeh Maram and A. Hesami. 2020. Assessment of morphological diversity in local landraces of desi type chickpea in west Iran. Journal of Crop Breeding, 12(35): 189-201 (In Persian).
19. Kumar, J., D.S. Gupta and S. Kumar. 2021. Genetic Potential of Lentil as a Nutritionally Rich Food Legume Crop. In: Gupta, D.S., S. Gupta and J. Kumar, (eds.), Breeding for Enhanced Nutrition and Bio-Active Compounds in Food Legumes. Springer Nature Switzerland AG. https://doi.org/10.1007/978-3-030-59215-8_4.
20. Kumar, S., S.B.L. Srivastava, I.P.S. Malik and R. Kumar. 2012. Grouping of Lentil (*Lens culinaris* Medik.) genotypes using non-hierarchical cluster analysis. Legume Research, 35(3): 239-242.
21. Kumari, M., R.K. Mittal, R.K. Chahota, K. Thakur, S. Lata and D. Gupta. 2018. Assessing genetic potential of elite interspecific and intraspecific advanced lentil lines for agronomic traits and their reaction to rust (*Uromyces viciae-fabae*). Crop and Pasture Science, 69: 999-1008.
22. Laskar, R.A., S. Khan, C.R. Deb, N. Tomlekova, M.R. Wani, A. Raina, R. Amin. 2019. Lentil (*Lens culinaris* Medik.) Diversity, Cytogenetics and Breeding. In: Al-Khayri, J.M., S.M. Jain and D.V. Johnson, (eds.), Advances in Plant Breeding Strategies: Legumes, Springer Nature Switzerland. https://doi.org/10.1007/978-3-030-23400-3_9
23. Majnoun Hosseini, N. 2008. Agronomy and production of pulses. Tehran Unit of Jahad-e Daneshgahi. 281p (In Persian).
24. Majnoun Hosseini, N. and Naghavi, M.R. 2017. Genetic variation for seed yield and biomass in some lentil genotypes (*Lens culinaris*). Iranian Journal of Field Crop Science, 48(3): 665-671 (In Persian).
25. Mardi, M., A.R. Taleei and M. Omidi. 2003. A study of genetic diversity and identification of yield components in desi chickpea. Iranian Journal of Agriculture Science, 34(2): 345-351 (In Persian).
26. Moghadam, M., P. Safari and S.F. Danyali. 2012. GGE Biplot Analysis: A graphical Tool for Breeders, Geneticists and Agronomists. Parivar publication, 396 p (In Persian).
27. Mohammadali-Pouryamchi, H., M.R. Bihamta, S.A. Peighambari and M.R. Naghavi. 2012. Effect of terminal drought stress on grain yield and yield components in Kabuli chickpea genotypes. Iranian Journal of Crop Sciences, 14(3): 202-217 (In Persian).
28. Moradi, S., J. Saba, A. Tavakoli and K. Afsahi. 2020. Evaluation of variations of agro-morphological traits in landrace lentil populations of Zanjan province and selection of superior genotypes in rainfed conditions. Electronic Journal of Crop Production, 12(4): 171-186 (In Persian).

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-10-31]

[DOI: 10.52547/jcb.13.39.140]

29. Moravek, D., A.M. Duncan, L.B. VanderSluis, S.J. Turkstra, E.J. Rogers, J.M. Wilson, A. Hawke and D.D. Ramdath. 2018. Carbohydrate replacement of rice or potato with lentils reduces the postprandial glycemic response in healthy adults in an acute, randomized, crossover trial. Journal of Nutrition, 148(4): 535-541.
30. Najafi Mirak, T., M. Dastfal, B. Andarzian, H. Farzadi, M. Bahari and H. Zali. 2018. Stability analysis of grain yield of durum wheat promising lines in warm and dry areas using parametric and non-parametric methods. Journal of Crop Production and Processing, 8(2): 79-96 (In Persian).
31. Nouri Goghari, M., H. Dashti, S. Madah Hosseini and E. Dehghan. 2015. Evaluation of genetic diversity of lentil germplasm using morphological traits in Bardsir. Iranian Journal of Field Crop Sciences, 45(4): 541-551 (In Persian).
32. Pezeshkpour, P. and S. Afkar. 2019. Assessment of variability of lentil genotypes for agronomic traits using multivariate analyses. Journal of Crop Breeding, 11(30): 142-151.
33. Pouresmael, M., M. Akbari, Sh. Vaezi and Sh. Shahmoradi. 2009. Effects of drought stress gradient on agronomic traits in Kabuli chickpea core collection. Iranian Journal of Crop Sciences, 11(4): 307-324 (In Persian).
34. Pouresmael, M., F. Ghanavati and E. Beizaie. 2012. Interspecific variation of morphological traits in *Lens nigricans*, *L. ervoides* and *L. odemensis* wild lentil species. Seed and Plant Journal, 28(4): 545-562 (In Persian).
35. Rahimi, M.H., S. Houshmand, M. Khadambashi and N. Ghasemi Siani. 2018. Study of genetic diversity and relationships between agronomic traits in lentil. Iranian Journal of Pulses Research, 9(2): 100-113 (In Persian).
36. Rahmati, M. 2020. Assessment of relationships among traits and selection of superior bread wheat genotypes using genotype by yield × trait biplot method. Cereal Research, 10(1): 61-72 (In Persian).
37. Roy, S., M.A. Islam, A. Sarker, M.A. Malek, M.Y. Rafii and M.R. Ismail. 2013. Determination of genetic diversity in lentil germplasm based on quantitative traits. Australian Journal of Crop Science, 7(1): 14-21.
38. Tadili, S., A. Asghari, R. Karimizadeh, O. Sofalian and H. Mohammaddoust Chamanabad. 2020. Evaluation of drought stress tolerance in advanced lines durum wheat using the selection index of ideal genotype (SIIG). Journal of Crop Ecophysiology, 14(1): 45-62 (In Persian).
39. Tahmasebi, S., M. Dastfal, H. Zali and M. Rajaie. 2018. Drought tolerance evaluation of bread wheat cultivars and promising lines in warm and dry climate of the south. Cereal Research, 8(2): 209-225 (In Persian).
40. Toklu, F., T. Karakö y, E. Hakl, T. Bicer, A. Brandolini, B. Kilian and H. Özkan. 2009. Genetic variation among lentil (*Lens culinaris* Medik) landraces from Southeast Turkey. Plant Breeding, 128(2): 178-186.
41. Tyagi, S.D. and M.H. Khan. 2010. Studies on genetic variability and interrelationship among the different traits in Microsperma lentil (*Lens culinaris* Medik). Journal of Agricultural Biotechnology and Sustainable Development, 2(1): 15-20.
42. Usefi, M., H. Dashti, M.R. Bihamta and S. Madah Hosseini. 2017. Analysis of genetic diversity in agronomic traits of Chickpea (*Cicer arietinum* L.) genotypes using multivariate methods. Iranian Journal of Field Crop Science, 48(2): 567-578 (In Persian).
43. Vanave, P.B., A.H. Jadhav, A.V. Mane, S.G. Mahadik, M.G. Palshetkar and S.G. Bhave. 2019. Genetic variability studies in lentil (*Lens culinaris* Medic.) genotypes for seed yield and attributes. Electronic Journal of Plant Breeding, 10(2): 685-691.
44. Yarahmadi, S., Gh.A. Nematzade, H. Sabouri and H. Najafi Zarini. 2021. Selection of agro-morphological traits related to spring wheat yield in dryland conditions as selection indices. Environmental Stresses in Crop Sciences, 13(4): 1019-1030 (In Persian).
45. Zaccardelli, M., F. Lupo, A.R. Piergiovanni, G. Laghetti, G. Sonnante and M.G. Daminati. 2012. Characterization of Italian lentil (*Lens culinaris* Medik.) germplasm by agronomic traits, biochemical and molecular markers. Genetic Resources and Crop Evolution, 59: 727-738.
46. Zahedi, F., D Nabati Ahmadi, M. Mohammadi and R. Karimizadeh. 2016. Path analysis to study morph-physiological traits, yield and traits related to yield of lentil genotypes under rain fed condition. Journal of Plant Productions, 39(2): 71-80 (In Persian).
47. Zali, H. and A. Barati. 2020. Evaluation of selection index of ideal genotype (SIIG) in other to selection of barley promising lines with high yield and desirable agronomy traits. Journal of Crop Breeding, 12(34): 93-104 (In Persian).
48. Zali, H., T. Hasanloo, O. Sofalian, A. Asghari and M. Zeinalabedini. 2016. Appropriate strategies for selection of drought tolerant genotypes in canola. Journal of Crop Breeding, 8(20): 77-90 (In Persian).
49. Zali, H., O. Sofalian, T. Hasanloo, A. Asghari and S.M. Hoseini. 2015. Appraising of drought tolerance relying on stability analysis indices in canola genotypes simultaneously, using selection index of ideal genotype SIIG) technique: Introduction of new method. Biological Forum – An International Journal, 7(2): 703-711.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-10-31]

[DOI: 10.52547/jcb.13.39.140]

Identification of Lentil Desirable Genotypes Using Multivariate Statistical Methods and Selection Index of Ideal Genotype under Rainfed Conditions

Reza Amiri[1], Payam Pezeshkpour[2] and Iraj Karami[3]

1- Assistant Professor, Crop and Horticultural Science Research Department, Lorestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Khorramabad, Iran (Corresponding author: r.amiri@areeo.ac.ir)
2- Assistant Professor, Crop and Horticultural Science Research Department, Lorestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Khorramabad, Iran
3- Researcher, Dryland Agricultural Research Institute, Sararood Branch, Agricultural Research, Education and Extension (AREEO), Kermanshah, Iran
Received: April 29, 2021 Accepted: May 19, 2021

Abstract

In order to study some agronomic characteristics and identify the desirable genotypes using different statistical methods, 15 lentil genotypes received from ICARDA were evaluated in a randomized complete block design with three replicates under rainfed conditions at Sarab-Changai Research Station, Lorestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Centre, Khorramabad, Iran during 2019-2020 cropping year. According to the results, analysis of variance indicated significant genotypic diversity between the studied genotypes in terms of most traits. The correlation between grain yield per plant and most of the traits, especially yield components, was positive and significant. Genotypes 13, 14, 7 and 1 were known as the best and genotypes 15, 12 and 4 were identified as the weakest genotypes based on the results of various statistical methods including mean comparisons, cluster analysis, "genotype × trait" biplot and SIIG index. The highest direct positive effect on "seed yield per plant" belonged to the "number of one-seeded pods per plant" (0.580) and "hundred seed weight" (0.437), respectively, and therefore these traits can be applied as selection criteria. Moreover, genotype 7 was the best genotype in terms of important agronomic traits and has the potential to be used in the future breeding and subsequent agronomic research programs.

Keywords: GGE-biplot, Heat map, Path analysis, Regression, SIIG index

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-10-31]

[DOI: 10.52547/jcb.13.39.140]