دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
پژوهشنامه اصلاح گیاهان زراعی

"مقاله پژوهشی"

ارزیابی برهم‌کنش ژنوتیپ × محیط و تجزیه پایداری عملکرد دانه و علوفه ژنوتیپ‌های خلر (*Lathyrus sativus* L.)

بهروز واعظی[۱]، رهام محتشمی[۲]، عسگر جوزیان [۳] و امیر میرزایی[۳]

۱- مربی، موسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، گچساران، ایران
۲- مربی، بخش تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی کهگیلویه و بویراحمد، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، یاسوج، ایران، (نویسنده مسوول: rahammohtashami01@gmail.com)
۳- استادیار، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی ایلام، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، ایلام، ایران
تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۵/۵ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۶/۲۰
صفحه: ۱۸۳ تا ۱۹۳

چکیده مبسوط

مقدمه و هدف: با توجه به الزام کشور در تأمین نیاز غذایی جامعه و نیاز غذایی دام‌های موجود در جهت رفع نیاز غذایی، معرفی ارقامی که بتوانند از نظر سازگاری و پایداری در مناطق خشک و نیمه‌خشک نسبت به ارقام موجود برتری داشته باشند ضروری است. استفاده از گیاهان علوفه‌ای مانند خلر به‌دلیل سازگاری بالا به آب و هوای خشک و نیمه‌خشک و پتانسیل بالای عملکرد، تثبیت نیتروژن، تحمل به خشکی و شوری می‌تواند نقش مهمی در تناوب زراعی، حفاظت از خاک، کاهش علف‌های هرز و بیماری‌ها داشته باشد. این پژوهش با هدف ارزیابی اثر متقابل ژنوتیپ × محیط و پایداری عملکرد علوفه و دانه،ژنوتیپ‌های خلر در مناطق مختلف کشور انجام شد.

مواد و روش‌ها: این بررسی با ۱۶ لاین پیشرفتهٔ خلر، در ایستگاه‌های گچساران، مهران، شیروان چرداول و کوهدشت به‌مدت سه سال زراعی در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. هر رقم در ۶ خط به طول ۷ متر و به فاصلهٔ ۲۵ سانتی‌متر از همدیگر کشت گردید. بعد ازتجزیه واریانس مرکب برای سال‌های مختلف در مناطق مختلف، مقایسه میانگین به روش حداقل تفاوت معنی‌دار در سطوح احتمال ۵٪ و ۱٪ انجام گردید. برای تجزیه پایداری و سازگاری لاین‌ها، روش‌های پایداری فرانسیس و کانبرگ، ابرهات و راسل، اکووالانس ریک، واریانس پایداری شوکلا، پارامتر پایداری پلاستد و پترسون، فینلی و ویلکینسون، پرکینز و جینکز، مجموع رتبه‌بندی گنگ، و روش تک متغیره، ناپارامتری، نصار– هان و تنازارو استفاده شد.

یافته‌ها: نتایج تجزیه واریانس مرکب عملکرد علوفه‌تر و دانه نشان داد که اثر ساده سال، ژنوتیپ، مکان و اثر متقابل ژنوتیپ × مکان برای هر دو صفت در سطوح احتمال آماری غیر معنی‌دار، و اثر متقابل سال × ژنوتیپ برای عملکرد علوفه‌تر معنی‌دار و برای عملکرد دانه غیر معنی‌دار بود. اثر سه جانبه سال × مکان × ژنوتیپ برای علوفه تر در سطوح احتمال آماری معنی‌دار نبود؛ اما برای عملکرد دانه معنی‌دار گردید. عملکرد علوفه‌تر برای لاین‌های خلر از ۱۲۸۳۹ کیلوگرم در هکتار برای لاین شماره ۵ تا ۱۶۶۸۰ کیلوگرم در هکتار برای ژنوتیپ شماره ۱۰ به‌ترتیب با ۱۱/۵ درصد افت و ۱۵ درصد برتری نسبت به نقده نوسان نشان داد. همچنین لاین‌های خلر از نظر عملکرد دانه از ۱۲۳۹ کیلوگرم در هکتار برای لاین شماره ۷ تا ۱۷۲۳ کیلوگرم در هکتار برای لاین شماره ۱۰ با ۲ درصد افت و ۳۶/۳ درصد برتری نسبت به نقده نوسان داشتند. نتایج تجزیه پایداری عملکرد علوفه نشان داد که از نظر پارامتر ضریب تغییرات، ژنوتیپ‌های ۱۶، ۵ و ۱۰، از نظر شاخص پلاستد و پترسون ژنوتیپ‌های ۱۴، ۹، از نظر فنیلی ویلکینسون ژنوتیپ‌های ۱۵، ۲، ۱۳، از نظر پایداری شوکلا ژنوتیپ‌های ۱۴، ۹، ۶، و از نظر اکووالانس ریک، ژنوتیپ‌های ۱۴، ۹، ۶ و ۱۳ پایدارترین ژنوتیپ بودند. تجزیه پایداری عملکرد دانه به روش تک متغیره نشان داد که از نظر پارامتر ضریب تغییرات، ژنوتیپ‌های ۱۱، ۱۲، ۳، از نظر شاخص پلاستد و پترسون ژنوتیپ‌های ۷، ۱۲، ۵، از نظر فنیلی ویلکینسون ژنوتیپ‌های ۱۳، ۱۲، ۴، ۱۵، ۶، از نظر پایداری شوکلا ژنوتیپ‌های ۷، ۱۲، ۵، ۶، و از نظر اکووالانس ریک، ژنوتیپ‌های ۷، ۱۲، ۵، ۶و ۸ پایدارترین ژنوتیپ خلر تعیین گردید.

نتیجه‌گیری: بر پایه نتایج بدست آمده، از نظر عملکرد علوفه‌تر لاین‌های شماره ۱، ۱۰، ۹ و ۱۵ و به لحاظ عملکرد دانه ژنوتیپ‌های شماره ۱۲، ۱۵، ۸ و ۱۰ از پایداری و عملکرد بالایی در مقایسه با سایر ژنوتیپ‌های خلر برخوردار بودند در کل با ملاحظه تمامی پارامترهای پایداری و سازگاری لاین‌های شماره ۱، ۱۰، ۱۲، ۱۵ و ۸ به‌عنوان پایدارترین لاین‌ها انتخاب گردیدند. و ژنوتیپ‌های شماره ۱۰ و ۱۵ هم برای علوفه و هم برای بذر مناسب بودند.

واژه‌های کلیدی: اثر متقابل، خلر، روش‌های پارامتری و ناپارامتری، سازگاری

مقدمه

خلّر (*Lathyrus sativus L.*)، یکی از گیاهان خانواده بقولات می‌باشد که در پیشینه کشاورزی مناطق مختلف ایران دارای سابقه‌ای طولانی بوده و به‌عنوان غذا برای انسان و علوفه برای دام‌ها کشت می‌شده است. خلّر با دوره‌ی رشد کوتاه، متحمل به خشکی، دارای پتانسیل تولید عملکرد بالا حتی تحت شرایط نامناسب و سازگار به فصول سرد و گرم می‌باشد (۷). ویژگی‌هایی مطلوب خلر مانند عمکلرد و درصد پروتئین بالا،تثبیت نیتروژن، تحمل به خشکی، شوری و غرقابی، موجب شد که نقش مهمی در تناوب زراعی، اصلاح خاک، کاهش علف‌های هرز، آفات و بیماری‌ها داشته باشد (۳۷). نباتات علوفه‌ای در ایران در سطحی حدود یک میلیون هکتار کشت می‌شوند که ۹۰ درصد آبی و ۱۰ درصد آن به‌صورت دیم است. خلر بیش‌تر در استان‌های آذربایجان غربی، آذربایجان شرقی کرمانشاه، همدان، خوزستان، چهارمحال و بختیاری، کهگیلویه و بویراحمد، فارس، گلستان، گیلان و مازندران کشت می‌شود، سطح زیرکشت آن در کل کشور حدود ۴۷۵۵ هکتار و متوسط عملکرد دانه و علوفه‌تر به‌ترتیب ۱۳۹۴ و ۱۷۲۹۱کیلوگرم در هکتار می‌باشد (۱). تولید ارقام و لزوم بهره‌گیری از دانه این گیاه برای تأمین بخشی از مواد خوراکی دام و طیور کشور بیش از پیش احساس می‌شود. با توجه به وسعت اراضی دیم در کشور و لزوم وجود محصولی جدید در تناوب زراعی دیم‌زارها، گیاهان علوفه‌ای خانواده لگومینوز از جمله خلر می‌تواند در تولید علوفه مورد نیاز کشور، کاهش فرسایش خاک و بهبود بافت خاک مورد استفاده قرار گیرد.

محققین به‌نژادی آزمایشات چند محیطی را در ابتدا جهت شناسایی ژنوتیپ‌های برتر برای محیط هدف و سپس برای تعیین اینکه آیا محیط هدف قابل تقسیم به چندین محیط بزرگ است یا نه، اجرا می‌نمایند (۳۹). تعیین ارقام متناسب با

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-08]
[DOI: 10.61186/jcb.15.45.183]

هر محیط، زمانی که اثر متقابل ژنوتیپ× محیط وجود دارد، مشکل است، زیرا عملکرد کمتر قابل پیش‌بینی است و نمی‌توان تنها براساس میانگین‌های ژنوتیپ و خطا، نتایج را تفسیر نمود (۸). اثر متقابل ژنوتیپ در محیط به خاطر کاهش پیشرفت گزینش در هر محیط به‌عنوان یک نکتهٔ مهم در نظر گرفته می‌شود (۱۵). اثر متقابل معنی‌دار ناشی از تغییر در میزان اختلاف بین ژنوتیپ‌ها در محیط‌های مختلف و یا تغییر در رتبه بندی نسبی ژنوتیپ‌ها می‌باشد. عملکرد ژنوتیپ با حداقل نوسان در سال‌های مختلف تحت عنوان پایداری عملکرد ژنوتیپ محسوب می‌گردد (۱۱).

برهم‌کنش ژنوتیپ در محیط در آزمایش‌های کوتاه مدت (۳-۴ سال در یک مکان و یا چند مکان در یک سال) و آزمایش‌های بلند مدت چند سال در چند مکان اتفاق می‌افتد. معمولاً محققین از اثر متقابل به‌ویژه در آزمایش‌های مقایسهٔ عملکرد کوتاه مدت صرف‌نظر کرده و یا اهمیت کمتری برای آن قائل شده و پایهٔ گزینش ژنوتیپ‌ها را فقط براساس متوسط عملکرد قرار می‌دهند. بنابراین به‌نژادگران و متخصصین زراعت احتیاج به یک روش کاربردی گزینش دارند که از اثرات متقابل بهره‌برداری کنند (۱۷،۴). عملکرد هر ژنوتیپ در هر محیط آزمایشی، اندازه اثر اصلی یک محیط، اثر اصلی یک ژنوتیپ و اثر متقابل ژنوتیپ × محیط است (۳۹). معمولا اثر اصلی محیط مقدار قابل توجهی از تنوع کل را شامل می‌گردد (در حدود ۸۰ درصد). لذا، اثر اصلی ژنوتیپ و اثر متقابل ژنوتیپ × محیط در ارزیابی ژنوتیپ‌ها مهم و اساسی می‌باشد که منعکس‌کننده بخشی از تنوع عملکرد است که به تنهایی توسط ژنوتیپ یا محیط قابل توجیه نمی‌باشد (۴۰).

اثر متقابل ژنوتیپ و محیط منجر به تعیین حساسیت ژنوتیپ‌ها در محیط‌های مختلف می‌شود (۲۰،۲). آگاهی از اثر متقابل ژنوتیپ×محیط به اصلاح‌گران نبات کمک می‌کند تا در ارزیابی ژنوتیپ‌ها، با دقت بیشتری عمل کرده و بهترین ژنوتیپ‌ها را انتخاب کنند. در واقع این اثر متقابل همبستگی بین ارزش‌های فنوتیپی و ژنوتیپی را کاهش می‌دهد و گزینش بهترین ژنوتیپ‌ها را مشکل و با ابهام مواجه می‌سازد (۲۵،۸). میانگین تمام محیط‌ها در صورت عدم وجود اثر متقابل می‌تواند بخوبی نشانگر تظاهر ژنوتیپ‌ها باشد. ولی استفاده از میانگین عملکرد هر ژنوتیپ در تمام محیط‌ها سبب غفلت از این حقیقت می‌شود که ژنوتیپ‌ها در تظاهر نسبی در تمام محیط‌ها متفاوت هستند (۳۸). اثر متقابل معنی‌دار ممکن است از تیپ غیرتقاطعی باشد. جایی که در مرتبه یک ژنوتیپ از یک محیط به محیط دیگر تغییر معنی‌داری رخ دهد. بهنگام گزینش ژنوتیپ‌ها در تعدادی از محیط‌ها، اصلاح‌گران به دنبال تیپ با سازگاری عمومی هستند (۲۷). هر چند اثر متقابل غیرتقاطعی برای سازگاری خصوصی مورد استفاده قرار می‌گیرد. انتظار می‌رود بخش عمده اثر متقابل وقتی وجود داشته باشد که تنوع زیادی بین ژنوتیپ‌ها برای صفات مرفولوژیک بوجود آورنده مقاومت به (اجتناب از) یک یا تعداد بیش‌تری از تنش‌ها وجود داشته باشد. از سوی دیگر، ممکن است تنوع زیاد بین محیط‌ها برای انطباق با همان تنش‌ها بخاطر آب و هوا، خاک، عوامل زیستی و مدیریتی باشد. به‌عنوان مثال، این وضعیت ممکن است جایی رخ دهد که تنوع زیادی بین مواد بر حسب مقاومت ذاتی به خشکی، زودرسی، چرخه زندگی و بین محیط‌ها بر حسب سطح تنش خشکی انتهایی وجودد اشته باشد (۳).

روش تجزیه واریانس مرکب معمول‌ترین روش برای شناسایی وجود اثر متقابل ژنوتیپ × محیط در آزمایشات چند محیطی است. اگر اثر متقابل ژنوتیپ × محیط معنی‌دار شود، یک یا تعداد بیش‌تری از روش‌های اندازه‌گیری پایداری برای شناسایی ژنوتیپ (های) پایدار مورد استفاده قرار می‌گیرد. دامنه وسیعی از روش‌ها برای تجزیه اثر متقابل ژنوتیپ × محیط در دسترس می‌باشد که به‌صورت کلی می‌توان آنها را در چهار گروه تجزیه اجزاء واریانس، تجزیه پایداری، روش‌های چند متغیره و روش‌های کیفی تقسیم نمود (۲۶).

طی دههٔ گذشته، توجه زیادی به ادغام مؤثر اثرات متقابل ژنوتیپ در محیط با عملکرد برای گزینش ارقام در آزمایش‌های کوتاه مدت شده است. بعضی از محققین معتقد به این هستند که عملکرد و پایداری عملکرد برای کاهش اثر ژنوتیپ × محیط و انجام گزینش دقیق‌تر باید به‌طور همزمان در نظر گرفته شوند. آماره‌های پایداری متعددی برای بررسی پایداری ژنوتیپ‌ها نسبت به یک صفت ابداع و آزمون شده‌اند (۲۴;۶).

زمانی که تغییرات محیطی قابل پیش‌بینی باشد، اثر متقابل ژنوتیپ و محیط می‌تواند با اختصاص ژنوتیپ‌های مختلف به محیط‌های مختلف کاهش یابد (۱۳). اما زمانی که تغییرات غیر قابل پیش‌بینی حاصل از تغییرات سال به سال اغلب موجب بزرگی اثرات متقابل ژنوتیپ × محیط و ژنوتیپ × محیط × مکان می‌گردد، نیاز به مراحل دیگری ضرورت می‌یابد. یکی از این راهکارها انتخاب ژنوتیپ‌های پایدار با عکس‌العمل کم به محیط (تغییرات کم در محیط‌های مختلف) است (۹). به وضوح می‌دانیم سهم قابل توجهی از تغییرات عملکرد دانه در شرایط تنش، مربوط به محیط می‌شود. بنابراین به‌نژادگران از تکرار آزمایش‌ها در چند مکان و چند سال استفاده می‌کنند تا بتوانند اثر محیطی را بررسی کرده و نتایج قابل اعتمادتری را به‌دست آورند (۳۸).

روش‌های مختلفی برای شناسائی میزان سازگاری و پایداری ژنوتیپ‌ها پیشنهاد شده است (۲۸) که از آن جمله می‌توان به واریانس پایداری شوکلا (۳۵) ضریب رگرسیونی (۱۲)، روش ضریب رگرسیون (۳۲)، انحراف از خط رگرسیونی (۹)، روش میانگین مربعات درون مکانی لین و بینز (تیپ‌های چهارگانهٔ مختلف پایداری) (۲۳،۲۴) اشاره نمود. محققین چندین روش برای بررسی همزمان عملکرد و پایداری ارائه کرده‌اند (۵،۱۰،۱۶،۱۷،۱۸،۱۹). کانگ و همکاران در سال‌های مختلف (۱۶)، (۱۷) و (۱۸)، روش‌های گزینش همزمان را برای عملکرد و پایداری براساس واریانس پایداری (δi^2) شوکلا ارائه و مورد استفاده قرار دادند. این در حالی است که لین و بینز (۲۴) واریانس پایداری را جزء آماره‌های نوع II پایداری طبقه‌بندی کردند. این آماره سهم هر ژنوتیپ را از کل اثر متقابل ژنوتیپ × محیط تعیین می‌نماید، لذا به همین دلیل برای متخصصین امر می‌تواند مفید و قابل قبول باشد. پایداری

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-08]
[DOI: 10.61186/jcb.15.45.183]

نوع II یک معیار نسبی است که بستگی به ژنوتیپ‌های موجود در آزمایش دارد و وسعت نتایج حاصل از آن فقط در رابطه با همان مجموعهٔ آزمایش‌ها صادق بوده و نباید به کل تعمیم داده شود مگر اینکه ژنوتیپ‌های مورد آزمایش نمایندهٔ ژنوتیپ‌های مورد کشت در منطقه باشند. با این حال واریانس پایداری همانند عملکرد به‌عنوان نمود ژنوتیپ در محیط مورد نظر و همچنین متناسب با عملکرد سایر ژنوتیپ‌ها در آزمایش مد نظر قرار می‌گیرد (۲۴).

کنگ (۱۸)، روش مجموع رتبه (Rank-sum method) را برای گزینش ژنوتیپ‌های پایدار با عملکرد بالا پیشنهاد نمود. در این روش بالاترین میانگین عملکرد، رتبهٔ ۱ را دریافت کرده و همچنین، واریانس پایداری برای ژنوتیپ‌ها محاسبه و کم‌ترین مقدار نیز رتبهٔ ۱ دریافت می‌کند. بنابراین برای هر ژنوتیپ دو رتبه خواهیم داشت که هر دو آن‌ها را جمع جبری نموده و پایین‌ترین مجموع رتبه (Rank-sum) به‌عنوان مطلوب‌ترین ژنوتیپ در نظر گرفته می‌شود. در این روش وزنه‌های برابری برای عملکرد و پایداری در نظر گرفته می‌شود. کانگ (۱۶)، روش تغییر یافتهٔ مجموع رتبه (KMR) و سپس (۱۷) روش تغییر یافتهٔ KMR، با قابلیت تعیین مقادیر اشتباه نوع اول و دوم برای جزء عملکرد و جزء پایداری را پیشنهاد نمود. آمارهٔ جدید به‌عنوان آمارهٔ عملکرد – پایداری (Ysi) نامیده شد (۱۹،۱۶). لذا هدف از این بررسی معرفی ارقامی با پتانسیل عملکرد علوفه و دانه‌ی بالا در مقایسه با ارقام موجود می‌باشد که علاوه بر عملکرد علوفه و دانه‌ی بالا از توان رقابتی بالایی در مقابله با تنش‌های محیطی و غیرمحیطی برخوردار باشد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق شامل ۱۶ ژنوتیپ پیشرفته خلر حاصل از آزمایش مقایسه عملکرد مقدماتی ایستگاه‌های گچساران و شیروان چرداول ایلام در سال زراعی ۱۳۹۶-۱۳۹۵ به همراه رقم شاهد نقده می‌باشد که در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در ایستگاه‌های گچساران، شیروان چرداول، مهران و کوهدشت طی سه سال زراعی ۱۳۹۹-۱۳۹۶ اجراء گردید. هر ژنوتیپ در هر کرت در ۶ خط به طول ۷ متر و به فاصله ردیف ۲۵ سانتی‌متر از همدیگر با تراکم دانه ۱۵۰ دانه در مترمربع توسط دستگاه Winter steiger به‌ترتیب در ۲۹، ۲۲، ۲۶ و۲۳ آبان ماه کشت شد. در طی دورهٔ رشد و نمو علاوه بر بازدیدهای مستمر از آزمایش، عملکرد علوفه‌تر به صورت برداشت یک خط از چهار خط در زمان مناسب از نظر گلدهی (۵۰ درصد گلدهی) و عملکرد دانه در زمان رسیدن کامل (نیمه دوم اردیبهشت ماه) از سه خط باقی مانده برداشت محاسبه شد. تجزیه و تحلیل آماری با نرم افزارهای آماری SAS 9.2 و Genstat انجام شد. بعد از برداشت صفات مهم زراعی از قبیل ارتفاع بوته، تاریخ ۵۰٪ گلدهی (به صورت تعداد روز از اولین بارندگی موثر جهت سبز بذور تا ظهور ۵۰٪ گل در داخل کرت بر حسب روز)، تاریخ رسیدن (به صورت تعداد روز از اولین بارندگی موثر جهت سبز بذور تا رسیدن ۷۰-۵۰٪ بوته‌های داخل کرت بر حسب روز)، عملکرد علوفه‌تر، وزن هزار دانه و عملکرد دانه ثبت شد.

تجزیه واریانس مرکب برای سه سال در مناطق و ایستگاه‌ها جداگانه و تجزیه مرکب برای تمام سال‌ها و مکان‌ها بر روی عملکرد علوفه‌تر و دانه بر اساس مدل ریاضی حاکم (بلوک‌های کامل تصادفی) بر طرح انجام گردید. در ضمن مقایسهٔ میانگین‌ها در سطوح احتمال آماری ۱٪ و ۵٪ در مقایسه با شاهد نقده صورت گرفت.

به‌منظور ارزیابی برهمکنش ژنوتیپ × محیط و وضعیت پایداری عملکرد ژنوتیپ‌های خلر هر یک از روش‌های پایداری ضریب تغییرات محیطی فرانسیس و کانبرگ (۱۳)، ابرهات و راسل (۹)، اکووالانس ریک (۴۱)، واریانس پایداری شوکلا (۳۵)، پارامتر پایداری پلاستد و پترسون (۳۲)، روش پلاستد (۳۳)، فینلی و ویلکینسون (۱۲)، پرکینز و جینکز (۳۱)، ضریب تشخیص (۳۴)، مجموع رتبه بندی گنگ (۱۶)، و روش تک متغیره، ناپارامتری نصار- هان (۳۰) و تنازارو (۳۶) آزمون و محاسبه شدند (جدول ۲). ضریب تغییرات محیطی فرانسیس و کانبرگ (۱۳) از رابطه ۱ محاسبه شد (جدول ۲). ضریب تغییرات محیطی سهم هر ژنوتیپ را در برهمکنش ژنوتیپ و محیط اندازه می‌گیرد. در واقع انحراف یک ژنوتیپ از میانگین ژنوتیپ در کلیه محیط‌ها را اندازه می‌گیرد. براساس رابطه فوق ژنوتیپی پایدار است که دارای حداقل ضریب تغییرات باشد. روش اکووالانس ریک (۴۱) به‌صورت رابطه ۲ پیشنهاد شد:

نظر به اینکه اکووالانس ریک سهم هر ژنوتیپ را در اثر متقابل ژنوتیپ × محیط اندازه می‌گیرد، لذا ژنوتیپ‌های با حداقل مقدار W^2 را ژنوتیپ پایدار گویند. زیرا پایین بودن این آماره برابر با بالا بودن اکووالانس است (۴۱).

شوکلا (۳۵) به منظور تعیین پایداری ژنوتیپ‌ها در محیط‌های مختلف براساس باقیماندهٔ حاصل از گروه‌بندی دو طرفه اثر متقابل ژنوتیپ × محیط، برآورد نا اریب واریانس ژنوتیپ‌ها در تمام محیط‌ها را پیشنهاد نمود، و این پارامتر را واریانس پایداری نامید که این روش توسط نماد δ_i^2 به‌صورت رابطه ۳ محاسبه شد (جدول ۲). برای بررسی پارامتر پایداری پلاستد و پترسون، در آزمایش p ژنوتیپ و q محیط جدول تجزیه واریانس برای هر جفت ژنوتیپ تشکیل و واریانس اثر متقابل ژنوتیپ و محیط محاسبه شد و این حالت برای تمام جفت ژنوتیپ‌های ممکن تکرار شد (۳۲).

از فرمول عملی این روش به‌صورت رابطه ۴ استفاده شد: (جدول ۲). مطابق روش پلاستد (۳۳) به‌منظور تعیین پایداری ژنوتیپ‌ها، ابتدا یک ژنوتیپ از تمام داده‌ها حذف شد و سپس جدول ANOVA با بقیه ژنوتیپ‌ها محاسبه شد (رابطه ۵) و واریانس اثر متقابل باقیمانده که به این ترتیب به‌دست آمد به‌عنوان پایداری ژنوتیپ حذف شده معرفی گردید: هر چه این واریانس بزرگ‌تر باشد، سهم ژنوتیپ حذف شده کم‌تر و بنابراین پایدارتر است.

روش فینلی و ویلکینسون (۱۲) مطابق رابطه ۶، جدول ۲ برآورد گردید.

در این مدل M: میانگین کل آزمایش، Pi: اثر اصلی ژنوتیپ iام، β_i: ضریب رگرسیون خطی برای ژنوتیپ i، y_j: اثر اصلی محیط، δ_{ij}: اثر متقابل ژنوتیپ و محیط و ε_{ijk}: اثر خطا می‌باشد. در این روش عملکرد ژنوتیپ‌ها به‌صورت اثرات

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-08]
[DOI: 10.61186/jcb.15.45.183]

اصلی برای ژنوتیپ‌ها و محیط‌ها و حاصل‌ضرب اثرات اصلی محیط در ضرایب رگرسیون ژنوتیپی بیان می‌شود. در مدل معیار پایداری را با نماد β_i نشان می‌دهند و ژنوتیپی پایدار است که دارای شیبی معادل b=۱ باشد.

ضریب تبیین در واقع آن قسمت از تغییرات موجود در عملکرد یک ژنوتیپ است که به وسیله مدل مربوطه توجیه می‌شود. بر طبق این پارامتر ژنوتیپی پایدار است که ضریب تشخیص آن زیاد باشد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس مرکب علوفه‌تر و دانه چهار مکان (گچساران، کوهدشت، مهران و شیروان چرداول) و سه سال زراعی ۹۹-۱۳۹۶ در جدول ۳ ارائه شده است. نتایج نشان داد که اثر ساده سال، مکان، اثر متقابل ژنوتیپ × مکان و اثر ساده ژنوتیپ برای هر دو صفت در سطوح احتمال آماری معنی‌دار نبوده است. اثر متقابل سال × ژنوتیپ برای عملکرد علوفه تر در سطح احتمال کمتر از ۱٪ معنی‌دار و عملکرد دانه معنی‌دار اعلام نگردید. اثر سه جانبه سال × مکان × ژنوتیپ برای علوفه تر در سطوح احتمال آماری معنی‌دار نبوده و برای عملکرد دانه در سطح احتمال کمتر از ۱٪ معنی‌دار گردید (جدول ۳). دامنه عملکرد علوفه تر از ۱۲۸۳۹ کیلوگرم در هکتار برای لاین شماره ۵ تا ۱۶۶۸۰ کیلوگرم در هکتار برای ژنوتیپ شماره ۱۰ به‌ترتیب با ۱۱/۵ درصد افت و ۱۵ درصد برتری نسبت به نقده نوسان نشان داد (جدول ۴). دامنه عملکرد دانه از ۱۲۳۹ کیلوگرم در هکتار برای لاین ۷ تا ۱۷۲۳ کیلوگرم در هکتار برای لاین شماره ۱۰ با ۲ درصد افت و ۳۶/۳ درصد برتری نسبت به نقده نوسان داشت (جدول ۶).

جدول ۱- خصوصیات خاک و میانگین بارندگی و دمای سالانه ایستگاه‌های محل آزمایش (۱۳۹۶-۱۳۹۹)

Tabel 1. Soil characteristics, average annual rainfall, and annual temperature of experiment locations (2016-2019)

مکان Location	خصوصیات خاک Soil properties			میانگین دمای سالیانه (درجه سانتیگراد) Mean Annual temperature (°C)			میانگین بارندگی سالیانه (میلی‌متر) Mean Annual precipitation (mm)		
	بافت خاک Soil texture	اسیدیته pH	کربن آلی O.C%	1397 2018	1398 2019	1399 2020	1397 2018	1398 2019	1399 2020
گچساران	لومی- رسی	7.3	0.93	18.3	16.8	17.5	176.8	764.4	435.2
شیروان چرداول	رسی- لومی	7.4	0.61	13.9	13.3	14.5	694.4	900.9	603.6
مهران	شنی لومی	7.5	0.48	16.6	17.2	19.3	363.1	538.6	318.3
کوهدشت	لومی	7.3	0.89	12.9	11.8	12.3	488.8	952.6	523.2

جدول ۲- روش‌های محاسبه پارامترهای پایداری ژنوتیپ‌های خلر

Tabel 2. Methods of calculator the stability parameters of Grass pea genotypes

رابطه	نام روش	نام انگلیسی	فرمول	رفرنس
1	فرانسیس و کاننبرگ	Francis and Kanenberg	$CV_i = \left[\frac{\sqrt{S_i^2}}{\bar{Y}_{i.}}\right]\times 100$	13
2	اکووالانس ریک	Wricke	$W_i = \sum x_{ij}^2 - \left(\frac{2}{S}\right)\sum x_{ij}x_{.j} + \left(\frac{1}{S^2}\right)\sum x_{.j}^2 - \left(\frac{1}{t}\right)(x_{i.} - \frac{x^2_{..}}{S})^2$	41
3	شوکلا	Shukla	$\delta_i^2 = \left[\frac{p}{(p-2)(q-1)}\right]\times \sum_{j=1}^{q}(x_{ij} - \bar{x}_{i.} - \bar{x}_{.j} + \bar{x}_{..})^2 - \frac{SSGE}{(p-1)(p-2)(q-1)}$	35
4	پلاستد و پترسون	Plaisted and Peterson	$SSGE = \sum\sum\left[(x_{ij} - \bar{x}_{..}) - (\bar{x}_{i.} - \bar{x}_{..}) - (\bar{x}_{.j} - \bar{x}_{..})\right]^2 = \sum\sum(x_{ij} - \bar{x}_{i.} - \bar{x}_{.j} + \bar{x}_{..})^2$	32
5	پلاستد	Plaisted	$\theta_i = \frac{p}{2(p-1)(q-1)}\sum_{j=1}^{q}(x_{ij} - \bar{x}_{i.} - \bar{x}_{.j} + \bar{x}_{..})^2 + \frac{SSGE}{2(p-2)(q-1)}$	33
6	فینلی و ویلکینسون	Finlay and Wilkinson	$Y_{ijk} = M + p_i + (1+\beta_i)V_j + \delta_{ij} + \varepsilon_{ijk}$	12
7	پرکینز و جینکز	Perkins and Jinks	$\beta_i = \frac{\sum(x_{ij} - \bar{x}_{i.} - \bar{x}_{.j} + \bar{x}_{..})(\bar{x}_{.j} - \bar{x}_{..})}{\sum_{j=1}^{q}(\bar{x}_{.j} - \bar{x}_{..})^2}$	31
8	ضریب تشخیص	Pinthus (R^2)	$R_i^2 = \frac{b_i^2\sum(\bar{x}_{.j} - \bar{x}_{..})^2}{\sum(x_{ij} - \bar{x}_{i.})^2}$	34

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-08]

[DOI: 10.61186/jcb.15.45.183]

جدول ۳- تجزیه واریانس مرکب عملکرد علوفه‌تر و دانه ژنوتیپ‌های خلر در سه سال و چهار مکان مختلف
Tabel 3. Combined analysis of variance for grain and forage yield Grass pea genotypes in three years and four different locations

منابع تغییر Sources of variation	درجه آزادی df	میانگین مربعات MS	
		عملکرد علوفه تر(Fresh forage yield)	عملکرد دانه (Grain yield)
مدلModel	215	322.1**	1.48**
مکان(L) Location	3	1930.0ns	8.8ns
سال(Y) Year	2	8421ns	19.4ns
L × Location Y × Year سال × مکانL × Y	6	7145.1ns	26.4**
L × Y/R (Year ×Location)/ repeat تکرار / (سال × مکان)L × Y/R	24	30.3	1.08
ژنوتیپ(G) Genotype	15	43.5ns	0.62ns
Y × G Year ×Genotype ژنوتیپ × سالG × Y	30	35.1۳۵**	0.49ns
Y × G Location ×Genotype ژنوتیپ × مکانG × L	45	17.4ns	0.34ns
L ×Y × G Location ×Year ×Genotype ژنوتیپ × سال × مکانG × L × Y	90	17.3ns	0.328**
خطاError	360	13.6	0.204

ns، * و **: به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد
ns: not-significant, * and **: Significant at 5% and 1% probability level. respectively

تجزیه پایداری عملکرد علوفه‌تر

نتایج تجزیه پایداری به روش تک متغیره در جداول ۴ و ۵ ارائه شده است. نتایج تجزیه پایداری عملکرد علوفه تر نشان داد که از نظر پارامتر ضریب تغییرات، ژنوتیپ‌های ۱۶، ۴، ۱۱، ۵ و ۱۰ به‌ترتیب به‌عنوان پایدارترین ژنوتیپ و ژنوتیپ‌های شماره ۱۲، ۱۵، ۶ و ۱۳ به‌عنوان ناپایدارترین ژنوتیپ تعیین شدند. از نظر شاخص پایداری پلاستد ژنوتیپ‌های ۱۴، ۹، ۶، ۱۳ و ۱ به‌ترتیب به‌عنوان پایدارترین ژنوتیپ و ژنوتیپ‌های شماره ۱۱، ۱۰، ۲ و ۱۲ با حداقل مقدار به‌عنوان ژنوتیپ‌های ناپایدار تعیین گردید. شاخص پلاستد و پترسون نشان داد که ژنوتیپ‌های ۱۴، ۹، ۶، ۱۳ و ۱ به‌عنوان پایدارترین ژنوتیپ و ژنوتیپ‌های ۱۱، ۱۰، ۲، ۱۲ و ۱۶ با حداکثر سهم در اثر متقابل به‌عنوان ژنوتیپ‌های ناپایدار تعیین گردیدند. از نظر ضریب رگرسیونی فنیلی ویلکینسون ژنوتیپ‌های شماره ۱۵، ۲، ۱۳، ۱۰، ۹، ۱۴ و ۱ به‌دلیل حساسیت بالا به نوسانات و تغییرات محیطی، پایداری کمتر از متوسط داشته و تحت عنوان واریته‌های پاسخ‌ده تلقی می‌گردد. ژنوتیپ‌های ۱۱، ۱۶، ۵، ۴، ۳ و ۷ با مقادیر ضریب فنیلی کمتر، از ژنوتیپ‌های با پایداری متوسط تعیین گردیدند. ضریب رگرسیون کمتر از یک نشان‌دهنده پایداری بالاتر از حد متوسط است و بنابراین چنین ارقامی‌دارای پایداری ویژه به محیط‌های کم پتانسیل پایین خواهند بود و برای محیط‌های نامساعد توصیه می‌شود. عیب این روش این است که پارامتر b_i وابسته به ژنوتیپ‌های دیگری است که در آزمایش وارد می‌شوند. مثلاً اگر در هر محیط واریته‌های با عملکرد کم حذف شود و واریته‌های خوب جایگزین آنها شود ضریب رگرسیون تفاوت خواهد نمود (۱۱).
از نظر شاخص انحراف از رگرسیون ژنوتیپ‌های ۱۴، ۱۵، ۹، ۴ و ۱۳ به‌ترتیب پایدارترین و ژنوتیپ‌های ۱۱، ۱۰، ۱۲، ۲ و ۱۶ از ناپایدارترین ژنوتیپ خلر تعیین گردیدند. از نظر پایداری شوکلا ژنوتیپ‌های ۱۴، ۹، ۶، ۱۳ و ۱ پایدارترین و ژنوتیپ‌های ۱۱، ۱۰، ۲، ۱۲ و ۱۶ ناپایدارترین ژنوتیپ خلر تعیین گردیدند. از نظر پارامتر مجموع مربعات ریک، ژنوتیپ‌های ۱۴، ۹، ۶، ۱۳ و ۱ به‌ترتیب پایدارترین ژنوتیپ و ژنوتیپ‌های ۱۱، ۱۰، ۲، ۱۲ و ۱۶ از ناپایدارترین ژنوتیپ‌ها خلر بودند. یافته‌های خزائی و همکاران (۲۱) در بررسی برهم‌کنش ژنوتیپ در محیط لاین‌های امیدبخش سورگوم علوفه‌ای نشان دادند با توجه به پارامترهای پایداری لاین KFS18 بیش‌ترین پایداری و همچنین تولید علوفه تر و خشک را داشت.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-08]
[DOI: 10.61186/jcb.15.45.183]

جدول ۴- مقادیر عملکرد علوفه تر، پارامترهای پایداری تک متغیره، ناپارامتری به روش نصار-هان و تنازارو خلر در سه سال و چهار مکان مختلف

Table 4. Values of forage yield, univariate and non-parametric stability parameters by Nassar- Huehn and Thennarasu's method of the Grass pea in three years and four different locations

Gen.	Y	$S^{(1)}$	$S^{(2)}$	$S^{(3)}$	$S^{(6)}$	$NP^{(1)}$	$NP^{(2)}$	$NP^{(3)}$	$NP^{(4)}$	Wi^2	σ^2i	s^2di	bi	CVi	$\theta_{(i)}$	θi	KR
G1	16574	3.61	9.52	8.97	2.57	3.17	0.40	0.32	0.31	49.6	4.4	6.6	1.1	71.1	11.5	8.3	6
G2	15847	5.68	22.99	27.84	5.17	3.50	0.55	0.51	0.63	132.8	13.0	16.4	1.1	80.4	10.9	12.3	19
G3	13790	4.77	16.75	23.77	5.03	3.92	0.61	0.59	0.62	53.9	4.8	7.0	0.9	76.8	11.4	8.5	21
G4	13745	4.02	11.54	17.11	4.45	3.92	0.71	0.60	0.54	50.7	4.5	3.6	0.9	70.1	11.5	8.4	21
G5	12839	4.36	14.42	28.00	6.24	3.25	1.33	0.79	0.77	88.6	8.4	7.7	0.8	74.3	11.2	10.2	27
G6	14668	5.38	20.93	29.71	6.00	3.08	0.63	0.52	0.69	34.0	2.7	4.0	1.1	81.0	11.6	7.6	12
G7	13893	6.79	34.36	54.00	8.86	5.00	1.03	0.76	0.97	77.1	7.2	10.3	0.9	77.0	11.3	9.6	23
G8	14549	5.94	26.88	37.74	6.81	3.92	0.75	0.57	0.76	64.6	5.9	9.2	1.0	78.4	11.4	9.0	18
G9	15357	3.42	11.64	12.80	2.40	2.17	0.32	0.30	0.34	30.2	2.4	3.2	1.1	78.0	11.6	7.4	8
G10	16680	7.09	37.24	44.69	7.02	5.08	0.69	0.65	0.77	155.8	15.4	20.5	1.1	75.7	10.7	13.5	17
G11	16883	6.03	27.52	36.32	6.56	4.00	0.78	0.57	0.72	704.0	72.4	94.0	0.8	70.3	6.9	40.0	17
G12	13961	6.18	27.97	45.02	7.56	3.83	0.86	0.70	0.90	127.2	12.4	18.2	1.0	83.6	10.9	12.1	25
G13	15141	4.29	13.54	17.35	3.94	3.17	0.32	0.40	0.50	38.7	3.2	3.7	1.1	80.6	11.5	7.8	11
G14	14969	3.70	10.70	12.84	3.27	2.33	0.28	0.31	0.40	18.0	1.1	2.0	1.1	78.2	11.7	6.8	9
G15	16289	5.61	23.61	25.54	4.89	4.33	0.39	0.47	0.55	75.2	7.0	2.6	1.2	82.2	11.3	9.6	13
G16	14499	5.98	28.08	34.01	6.04	4.00	0.36	0.51	0.66	118.4	11.5	10.6	0.8	64.8	11.0	11.6	23

$S^{(1)}$، $S^{(2)}$، $S^{(3)}$ و $S^{(6)}$ (پارامترهای نصار و هان)، $NP^{(1)}$، $NP^{(2)}$، $NP^{(3)}$ و $NP^{(4)}$ (پارامترهای تنازارو)، Wi^2 (مجموع مربعات ریک)، σi^2 (واریانس شوکلا)، s^2di (انحراف از رگرسیون)، bi (ضریب رگرسیون)، CVi (ضریب تغییرات)، θ(i) (پلاستد)، θi (پلاستد و پترسون) و KR (مجموع رتبه کانگ).

$S^{(1)}$, $S^{(2)}$, $S^{(3)}$ and $S^{(6)}$ (Nasar and Han parameters), $NP^{(1)}$, $NP^{(2)}$, $NP^{(3)}$ and $NP^{(4)}$ (Tenazaro parameters), Wi^2 (Rick sum of squares), σi^2 (Shokla variance), s^2d_i (deviation from regression), b_i (regression coefficient), CV_i (coefficient of variation), $\theta_{(i)}$ (Plasted), θ_i (Plasted and Peterson) and KR (total Kang's rank).

جدول ۵- رتبه ژنوتیپ‌های خلر از نظر عملکرد علوفه تر خلر در سه سال و چهار مکان مختلف از نظر پارامترهای پایداری تک متغیره و ناپارامتری نصار- هان و تنازارو

Table 5. The ranking of Grass pea genotypes in terms of forage yield in three years and four different locations in terms of univariate and non-parametric stability parameters of Nassar- Huehn and Thennarasu

Gen.	Y	$S^{(1)}$	$S^{(2)}$	$S^{(3)}$	$S^{(6)}$	$NP^{(1)}$	$NP^{(2)}$	$NP^{(3)}$	$NP^{(4)}$	Wi^2	σ^2i	s^2di	CVi	KR	$\theta_{(i)}$	θi
G1	3	2	1	1	2	4	6	3	1	5	5	7	4	1	5	12
G2	5	10	9	8	8	7	7	7	8	14	14	13	12	10	14	3
G3	14	7	7	6	7	9	8	11	7	7	7	8	7	11	7	10
G4	15	4	3	4	5	9	11	12	5	6	6	4	2	11	6	11
G5	16	6	6	9	11	6	16	16	13	11	11	9	5	16	11	6
G6	9	8	8	10	9	3	9	8	10	3	3	6	14	5	3	14
G7	13	15	15	16	16	15	15	15	16	10	10	11	8	13	10	7
G8	10	11	11	13	13	9	12	10	12	8	8	10	11	9	8	9
G9	6	1	4	2	1	1	2	1	2	2	2	3	9	1	2	15
G10	2	16	16	14	14	16	10	13	14	15	15	15	6	7	15	2
G11	1	13	12	12	12	12	13	9	11	16	16	16	3	7	16	1
G12	12	14	13	15	15	8	14	14	15	13	13	14	16	15	13	4
G13	7	5	5	5	4	4	3	4	4	4	4	5	13	4	4	13
G14	8	3	2	3	3	2	1	2	3	1	1	1	10	3	1	16
G15	4	9	10	7	6	14	5	5	6	9	9	2	15	6	9	8
G16	11	12	14	11	10	12	4	6	9	12	12	12	1	13	12	5

$S^{(1)}$، $S^{(2)}$، $S^{(3)}$ و $S^{(6)}$ (پارامترهای نصار و هان)، $NP^{(1)}$، $NP^{(2)}$، $NP^{(3)}$ و $NP^{(4)}$ (پارامترهای تنازارو)، Wi^2 (مجموع مربعات ریک)، σi^2 (واریانس شوکلا)، s^2d_i (انحراف از رگرسیون)، b_i (ضریب رگرسیون)، CVi (ضریب تغییرات)، $\theta_{(i)}$ (پلاستد)، θ_i (پلاستد و پترسون) و KR (مجموع رتبه کانگ).

$S^{(1)}$, $S^{(2)}$, $S^{(3)}$ and $S^{(6)}$ (Nasar and Han parameters), $NP^{(1)}$, $NP^{(2)}$, $NP^{(3)}$ and $NP^{(4)}$ (Tenazaro parameters), Wi^2 (Rick sum of squares), σi^2 (Shokla variance), s^2d_i (deviation from regression), b_i (regression coefficient), CV_i (coefficient of variation), $\theta_{(i)}$ (Plasted), θ_i (Plasted and Peterson) and KR (total Kang's rank).

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-08]
[DOI: 10.61186/jcb.15.45.183]

آماره‌های $S^{(1)}$ و $S'^{(2)}$ مناسب برای گزینش ژنوتیپ‌های پایدار با پتانسیل عملکرد بالا برای کشت در مناطق پر بازده می‌باشد. به عبارت دیگر اگر هدف انتخاب ژنوتیپ‌های مطلوب برای کشت در مناطق با سازگاری اختصاصی باشد، آماره‌های مورد نظر مناسب خواهند بود. براین اساس ژنوتیپ‌های خلر ۹، ۱، ۱۴، ۴ و ۱۳ از نظر آماره $S^{(1)}$ و ژنوتیپ‌های شماره ۱، ۱۴، ۴، ۹ و ۱۳ براساس آماره $S'^{(2)}$ از پایدارترین ژنوتیپ‌های خلر بودند. براساس نتایج آماره‌های سه گانه باقیمانده از تنازارو به‌ترتیب ژنوتیپ‌های شماره ۱۴، ۹، ۱۳ (پارامتر دوم)، ژنوتیپ‌های ۹، ۱۴، ۱ و ۱۳ (پارامتر سوم) و ژنوتیپ‌های شماره ۱، ۹، ۱۴ و ۱۳ (براساس پارامتر چهارم) با حداقل مقدار، پایدارترین ژنوتیپ تعیین گردیدند (جداول ۴ و ۵).

تجزیه پایداری عملکرد دانه

نتایج تجزیه پایداری عملکرد دانه به روش تک متغیره نشان داد که از نظر پارامتر ضریب تغییرات، ژنوتیپ‌های ۱۱، ۱۲، ۳، ۶، ۷ و ۸ به‌ترتیب پایدارترین و ژنوتیپ‌های شماره ۱۰، ۱، ۲ و ۱۶ ناپایدارترین ژنوتیپ خلر از نظر عملکرد دانه تعیین گردید. از نظر شاخص پایداری پلاستد ژنوتیپ‌های ۷، ۱۲، ۵، ۶، ۸ و ۱۴ پایدارترین و ژنوتیپ‌های شماره ۱۰، ۱، ۲ با حداقل مقدار به‌عنوان ژنوتیپ‌های ناپایدار تعیین گردید. نتایج شاخص پلاستد و پترسون نشان داد که ژنوتیپ‌های ۷، ۱۲، ۵، ۶ و ۸ با مقادیر پارامتر پلاستد و پتروسون ۰/۰۷۶، ۰/۰۷۸، ۰/۰۸۳، ۰/۰۸۷ و ۰/۰۹۷ پایدارترین و ژنوتیپ‌های ۱۰، ۱، ۲ و ۱۱ با مقایر ۰/۴۵۱، ۰/۱۵۴، ۰/۱۲۸ و ۰/۱۰۹ با حداکثر سهم در اثر متقابل به‌عنوان ژنوتیپ‌های ناپایدار تعیین گردیدند. از نظر ضریب رگرسیونی فنیلی ویلکینسون ژنوتیپ‌های شماره ۱ و ۱۰ به‌ترتیب با مقادیر ضریب رگرسیون (بیشتر از یک) ۱/۲ به دلیل حساسیت بالا با نوسانات و تغییرات محیطی پایداری کمتر از متوسط داشته و تحت عنوان واریته‌های پاسخده تلقی می‌گردد. ژنوتیپ‌های ۲، ۹، ۱۴، ۷ و ۱۱ به‌ترتیب با مقادیر ضریب رگرسیونی (کمتر از یک) ۰/۹ ژنوتیپ‌های با پایداری متوسط عملکرد دانه تعیین گردیدند. ژنوتیپ شماره ۱۳، ۱۲، ۴، ۵، ۶، ۳، ۸، ۱۶ و ۱۵ با ضریب رگرسیون مساوی ۱ با پایداری متوسط در تمام محیط‌ها بوده است.

از نظر شاخص انحراف از رگرسیون ژنوتیپ‌های ۷، ۱۲، ۵، ۶، ۱۴ و ۸ به‌ترتیب پایدارترین و ژنوتیپ‌های شماره ۱ و ۱۰ ناپایدارترین ژنوتیپ خلر از نظر عملکرد دانه تعیین گردید. از نظر پایداری شوکلا ژنوتیپ‌های ۷، ۱۲، ۵، ۶، ۸ و ۱۴ به‌ترتیب پایدارترین و ژنوتیپ‌های شماره ۱۰ و ۱ مقادیر واریانس شوکلا ۰/۸۲ و ۰/۱۸ ناپایدارترین ژنوتیپ خلر از نظر عملکرد دانه تعیین گردید. از نظر پارامتر مجموع مربعات ریک، ژنوتیپ‌های شماره ۷، ۱۲، ۵، ۶و ۸ پایدارترین و ژنوتیپ‌های شماره ۱۰ و ۱ با مجموع مربعات ریک ۷/۹۷ و ۱/۸۵ ناپایدارترین ژنوتیپ خلر از نظر عملکرد دانه تعیین گردید (جدول ۷). نجفی میرک و همکاران (۲۹) در بررسی پایداری عملکرد گندم دوروم نیز بیان کردند ژنوتیپ‌های با تجزیه پایداری بالا دارای عملکرد دانه بیش‌تری بودند.

بررسی پایداری عملکرد دانه به روش ناپارامتری ژنوتیپ‌های خلر به روش نصار- هان و تنازارو انجام گردید (جداول ۶ و ۷). آماره‌های $S^{(1)}$ و $S'^{(2)}$ مناسب برای گزینش ژنوتیپ‌های پایدار با پتانسیل عملکرد بالا برای کشت در مناطق پر بازده می‌باشد. به عبارت دیگر اگر هدف انتخاب ژنوتیپ‌های مطلوب برای کشت در مناطق با سازگاری اختصاصی باشد، آماره‌های مورد نظر مناسب خواهند بود. بر این اساس ژنوتیپ‌های ۷، ۱۲، ۵، ۱۳، ۶ و ۸ از نظر عملکرد دانه بر اساس آماره $S^{(1)}$ و ژنوتیپ‌های شماره ۱۲، ۷، ۵، ۱۳، ۶ و ۸ بر اساس آماره $S'^{(2)}$ از پایدارترین ژنوتیپ خلر بودند. آماره‌های $S'^{(3)}$ و $S'^{(6)}$ مناسب گزینش ژنوتیپ‌های با عملکرد دانه متوسط و مطلوب برای کلیه مناطق اعم از کم بازده و پر بازده می‌باشد لذا ژنوتیپ‌های خلر شماره ۱۲، ۶، ۸، ۵ و ۳ (بر اساس آماره $S'^{(3)}$) و ژنوتیپ‌های ۱۲، ۶، ۸، ۳ و ۷ (بر اساس آماره $S'^{(6)}$) از پایدارترین ژنوتیپ‌ها از نظر عملکرد دانه تشخیص داده شدند. از نظر پارامترهای چهارگانه تنازارو پایداری عملکرد دانه ژنوتیپ‌های خلر بررسی گردید و نتایج نشان داد که از نظر پارامتر اول ژنوتیپ‌های ۷، ۱۲، ۱۳، ۵، ۶ و ۸ با حداقل مقدار آماره از پایدارترین ژنوتیپ بودند. بر اساس نتایج آماره‌های سه گانه باقیمانده از تنازارو به‌ترتیب ژنوتیپ‌های شماره ۶، ۸، ۱۱، ۳، ۱۵ و ۱۲ (پارامتر دوم)، ژنوتیپ‌های ۱۲، ۸، ۶، ۳ و ۱۵ (پارامتر سوم) و ژنوتیپ‌های شماره ۱۲، ۶، ۳، ۸ و ۴ (بر اساس پارامتر چهارم) با حداقل مقدار پایدارترین ژنوتیپ تعیین گردیدند (جداول ۶ و ۷).

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-08]

[DOI: 10.61186/jcb.15.45.183]

جدول ۶- مقادیر عملکرد دانه، پارامترهای پایداری تک متغیره، ناپارامتری به روش نصار – هان و تنازارو خلر در سه سال و چهار مکان مختلف

Table 6. Values of grain yield, univariate stability parameters, non-parametric according to Nassar- Huehn and Thennarasu method of Grass pea in three years and four different location

Gen.	Y	$S^{(1)}$	$S^{(2)}$	$S^{(3)}$	$S^{(6)}$	$NP^{(1)}$	$NP^{(2)}$	$NP^{(3)}$	$NP^{(4)}$	Wi^2	σ^2i	s^2di	bi	CVi	$\theta_{(i)}$	θi	KR
G1	1511	7.06	36.88	44.25	6.95	4.25	0.56	0.59	0.77	1.85	0.18	0.23	1.2	58.2	0.116	0.154	7
G2	1247	4.83	17.36	31.38	6.44	3.58	1.09	0.78	0.79	1.32	0.13	0.18	0.9	55.8	0.120	0.128	29
G3	1525	5.11	20.39	20.86	4.23	4.08	0.39	0.42	0.47	0.86	0.08	0.12	1.0	45.7	0.123	0.106	12
G4	1478	6.02	28.75	30.85	5.76	4.92	0.45	0.52	0.59	0.88	0.08	0.12	1.0	49.3	0.123	0.107	16
G5	1364	4.09	11.88	19.60	5.40	2.83	0.45	0.51	0.61	0.38	0.03	0.05	1.0	50.3	0.126	0.083	14
G6	1475	4.55	15.27	16.80	3.60	3.25	0.30	0.41	0.45	0.46	0.04	0.07	1.0	46.0	0.126	0.087	10
G7	1239	3.09	7.97	16.97	4.39	2.17	1.03	0.54	0.60	0.23	0.02	0.03	0.9	48.3	0.127	0.076	17
G8	1411	4.82	16.42	18.69	4.14	3.33	0.35	0.41	0.50	0.66	0.06	0.09	1.0	48.3	0.124	0.097	13
G9	1254	5.61	22.15	34.00	6.70	4.42	0.60	0.72	0.78	0.91	0.09	0.12	0.9	52.6	0.123	0.108	26
G10	1723	6.05	26.27	30.68	5.54	4.17	0.61	0.57	0.64	7.97	0.82	1.10	1.2	67.4	0.074	0.451	17
G11	1442	6.29	31.36	34.21	5.83	4.75	0.36	0.52	0.62	0.92	0.09	0.12	0.9	44.9	0.123	0.109	20
G12	1523	3.12	7.06	7.17	2.40	2.67	0.41	0.33	0.29	0.29	0.02	0.04	1.0	45.4	0.127	0.078	5
G13	1377	4.36	14.70	23.66	5.22	2.67	0.58	0.52	0.64	0.78	0.07	0.11	1.0	53.1	0.123	0.103	17
G14	1312	4.94	18.61	24.56	4.88	3.58	0.43	0.53	0.59	0.69	0.06	0.09	0.9	48.8	0.124	0.098	18
G15	1405	5.74	23.54	29.04	5.51	3.67	0.41	0.50	0.64	0.79	0.07	0.11	1.0	48.5	0.123	0.103	17
G16	1264	4.89	18.27	31.31	6.83	4.17	1.20	0.71	0.76	0.86	0.08	0.12	1.0	55.0	0.123	0.106	22

$S^{(1)}$،$S^{(2)}$، $S^{(3)}$ و $S^{(6)}$ (پارامترهای نصار و هان)، $NP^{(1)}$، $NP^{(2)}$، $NP^{(3)}$ و $NP^{(4)}$ (پارامترهای تنازارو)، Wi^2 (مجموع مربعات ریک)، σi^2 (واریانس شوکلا)، s^2di (انحراف از رگرسیون)، bi (ضریب رگرسیون)، CVi (ضریب تغییرات)، θ(i) (پلاستد)، θi (پلاستد و پترسون) و KR (مجموع رتبه کانگ)

$S^{(1)}$, $S^{(2)}$, $S^{(3)}$ and $S^{(6)}$ (Nasar and Han parameters), $NP^{(1)}$, $NP^{(2)}$, $NP^{(3)}$ and $NP^{(4)}$ (Tenazaro parameters), Wi^2 (Rick sum of squares), σi^2 (Shokla variance), s^2d_i (deviation from regression), b_i (regression coefficient), CV_i (coefficient of variation), $\theta_{(i)}$ (Plasted), θ_i (Plasted and Peterson) and KR (total Kang's rank).

جدول ۷- رتبه ژنوتیپ‌های پیشرفته خلر از نظر عملکرد دانه در سه سال و چهار مکان مختلف از نظر پارامترهای پایداری تک متغیره و ناپارامتری نصار- هان و تنازارو

Table 7. The ranking of the advanced genotypes of Grass pea in terms of grain yield in three years and four different locations in terms of univariate and non-parametric stability parameters of Nassar- Huehn and Thennarasu

Gen.	Y	$S^{(1)}$	$S^{(2)}$	$S^{(3)}$	$S^{(6)}$	$NP^{(1)}$	$NP^{(2)}$	$NP^{(3)}$	$NP^{(4)}$	Wi^2	σ^2i	s^2di	CVi	KR	$\theta_{(i)}$	θi
G1	4	16	16	16	16	13	10	13	14	15	15	15	15	12	15	2
G2	15	7	7	13	13	7	15	16	16	14	14	14	14	16	14	3
G3	2	10	10	6	4	10	4	4	3	10	10	10	3	3	10	7
G4	5	13	14	11	11	16	8	9	5	11	11	13	9	6	11	6
G5	11	3	3	5	8	4	9	6	8	3	3	3	10	5	3	14
G6	6	5	5	2	2	5	1	3	2	4	4	4	4	2	4	13
G7	16	1	2	3	5	1	14	11	7	1	1	1	5	7	1	16
G8	8	6	6	4	3	6	2	2	4	5	5	6	6	4	5	12
G9	14	11	11	14	14	14	12	15	15	12	12	12	11	15	12	5
G10	1	14	13	10	10	11	13	12	11	16	16	16	16	7	16	1
G11	7	15	15	15	12	15	3	8	9	13	13	11	1	13	13	4
G12	3	2	1	1	1	2	6	1	1	2	2	2	2	1	2	15
G13	10	4	4	7	7	2	11	7	10	7	7	7	12	7	7	10
G14	12	9	9	8	6	7	7	10	6	6	6	5	8	11	6	11
G15	9	12	12	9	9	9	5	5	12	8	8	8	7	7	8	9
G16	13	8	8	12	15	11	10	14	13	9	9	9	13	14	9	8

$S^{(1)}$،$S^{(2)}$، $S^{(3)}$ و $S^{(6)}$ (پارامترهای نصار و هان)، **$NP^{(1)}$، $NP^{(2)}$، $NP^{(3)}$ و $NP^{(4)}$** (پارامترهای تنازارو)، **Wi^2** (مجموع مربعات ریک)، **σi^2** (واریانس شوکلا)، **s^2di** (انحراف از رگرسیون)، **bi** (ضریب رگرسیون)، **CVi** (ضریب تغییرات)، **θ(i)** (پلاستد)، **θi** (پلاستد و پترسون) و **KR** (مجموع رتبه کانگ)

$S^{(1)}$, $S^{(2)}$, $S^{(3)}$ and $S^{(6)}$ (Nasar and Han parameters), $NP^{(1)}$, $NP^{(2)}$, $NP^{(3)}$ and $NP^{(4)}$ (Tenazaro parameters), Wi^2 (Rick sum of squares), σi^2 (Shokla variance), s^2d_i (deviation from regression), b_i (regression coefficient), CV_i (coefficient of variation), $\theta_{(i)}$ (Plasted), θ_i (Plasted and Peterson) and KR (total Kang's rank).

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-08]

[DOI: 10.61186/jcb.15.45.183]

بررسی پایداری عملکرد دانه به روش ناپارامتری ژنوتیپ‌های خلر به روش نصار- هان و تنازارو انجام گردید (جدول ۶). آماره‌های $S^{(1)}$ و $S^{(2)}$ مناسب برای گزینش ژنوتیپ‌های پایدار با پتانسیل عملکرد بالا برای کشت در مناطق پر بازده می‌باشد. به عبارت دیگر اگر هدف انتخاب ژنوتیپ‌های مطلوب برای کشت در مناطق با سازگاری اختصاصی باشد، آماره‌های مورد نظر مناسب خواهند بود. بر این اساس ژنوتیپ‌های ۷، ۱۲، ۵، ۱۳، ۶ و ۸ از نظر عملکرد دانه بر اساس آماره $S^{(1)}$ و ژنوتیپ‌های شماره ۱۲، ۷، ۵، ۱۳، ۶ و ۸ بر اساس آماره $S^{(2)}$ از پایدارترین ژنوتیپ خلر بودند. آماره‌های $S^{(3)}$ و $S^{(6)}$ مناسب گزینش ژنوتیپ‌های با عملکرد دانه متوسط و مطلوب برای کلیه مناطق اعم از کم بازده و پر بازده می‌باشد لذا ژنوتیپ‌های خلر شماره ۱۲، ۶، ۸، ۵ و ۳ (بر اساس آماره $S^{(3)}$) و ژنوتیپ‌های ۱۲، ۶، ۸، ۳ و ۷ (بر اساس آماره $S^{(6)}$) از پایدارترین ژنوتیپ‌ها از نظر عملکرد دانه تشخیص داده شدند. از نظر پارامترهای چهارگانه تنازارو پایداری عملکرد دانه ژنوتیپ‌های خلر بررسی گردید و نتایج نشان داد که از نظر پارامتر اول ژنوتیپ‌های ۷، ۱۲، ۱۳، ۵، ۶ و ۸ با حداقل مقدار آماره از پایدارترین ژنوتیپ بودند.

در نهایت با جمع بندی پایداری عملکرد ژنوتیپ‌های خلر به روش تک متغیره و ناپارامتری نصار- هان و تنازارو نشان داد که از نظر عملکرد علوفه تر لاین‌های ۱، ۱۰، ۳، ۹ و ۱۵ و از نظر عملکرد دانه ژنوتیپ‌های ۱۲، ۱۵، ۸، ۱۰ و ۷ از پایداری و عملکرد بالایی در مقایسه با سایر ژنوتیپ‌های خلر برخوردار بودند. در نهایت با جمع بندی نتایج لاین‌های ۱، ۱۰، ۱۲، ۱۵ ، ۸ ،۷ و ۹ از پایدارترین لاین‌های خلر انتخاب گردیدند.

نتیجه‌گیری کلی

در نهایت با جمع بندی پایداری عملکرد ژنوتیپ‌های خلر به روش‌های پایداری نشان داد که از نظر عملکرد علوفه‌تر لاین‌های ۱، ۱۰، ۹ و ۱۵ و از نظر عملکرد دانه ژنوتیپ‌های شماره ۱۲، ۱۵، ۸ و ۱۰ از پایداری و عملکرد بالایی در مقایسه با سایر ژنوتیپ‌های خلر برخوردار شدند و لاین‌های شماره ۱، ۱۰، ۱۲، ۱۵ و ۸ از پایدارترین لاین‌های خلر انتخاب گردیدند. براساس نتایج روش‌های پایداری و با توجه به عملکرد علوفه‌تر و دانه بالا در اکثر محیط‌ها، ژنوتیپ‌های شماره ۱۰ و ۱۵ هم برای تولید علوفه و هم برای بذر مناسب شناخته می‌شوند.

منابع

1. Ahmadi, K., H. Ebadzadeh, F. Hatami, H. Abd Shah and A. Kazemian. 2021. Agricultural Statistics of the Crop Year, Volume 1: Crops. Ministry of Jihad-e-Agriculture, Deputy for Planning and Economy, Information and Communication Technology Center. 97 p.
2. Allard, R.W. and A.D. Bradshaw. 1964. Implication of genotype × environmental interaction in applied plant breeding. Crop Science, 5: 503-506. DOI: 10.1007/BF00022654.
3. Annicchiarico, P. 2002. Genotype x environment interactions - challenges and opportunities for plant breeding and cultivar recommendations, FAO. Rome.
4. Bachireddy, V.R., RJR. Payne, K.L. Chin and M.S. Kang. 1992. Conventional selection versus methods that use genotype × environmental interaction in sweet corn trials. Horticultural sciences, 27: 436-438.
5. Barah, B.C., H.P. Binswanger, B.S. Rana and N.G.P. Rao. 1981. The use of risk aversion in plant breeding; concept and application. Euphytica, 30: 451-458.
6. Becher, H.C. and J.Leon. 1988. Stability analysis in plant. Plant Breeding, 101: 1-23.
7. Campbell, C.G. 1997. Grass pea, *Lathyrus sativus* L (Vol. 18). Bioversity International.
8. Ebdon, J.S. and H.G. Gauch. 2002. Additive main effect and multiplicative Interaction analysis of national turf grass performance trials: Crop Science, 42: 489-496.
9. Eberhart, S.A. and W.S. Russel. 1966. Stability parameters for comparing varieties. Crop Science, 6: 36-40.
10. Eskridge, K.M. 1990. Selection of stable cultivars using a safety-first rule. Crop Science, 30: 369-374.
11. Fernandez, G.C.J. 1991. Analysis of genotype × environment interaction by stability estimates. Horticultural Science, 27: 947-950.
12. Finlay, K.W. and G.M. Wilkinson.1963. The analysis adaptation in the plant breeding programs. Australian Journal of Agricultural Research, 14: 772-745.
13. Francis, T.R. and L.W. Kanenberg.1987. Yield stability studies in short- season maize. A descriptive method for genotypes. Canadian Journal of Plant Science, 58: 429-434.
14. Gauch, H.G. 1982. Multivariate Analysis in Community Ecology. 1st Ed, Cambridge Univ. Press, London and New York.
15. Hill, J. 1975. Genotype–environment interaction, a challenge for plant breeding. Journal of Agricultural Science, (Camb), 85: 477-493.
16. Kang, M.S. 1991. Modified rank-sum method for selecting high yielding, stable crop genotypes. Cereal Research Communications, 19: 361-364.
17. Kang, M.S. 1993. Simultaneous selection for yield and stability in crop performance trials: Consequences for growers. Agronomy Journal, 85: 754-757.
18. Kang, M.S. and D.P. Gorman. 1989. Genotypes × environnements interaction in maize. Agronomy Journal, 81: 662-664.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-08]
[DOI: 10.61186/jcb.15.45.183]

19. Kang, M.S. and H.N. Pham. 1991. Simultaneous selection for high yielding and stable crop genotypes. Agronomy Journal, 83: 161-165.
20. Kang, M.S. 2004. Breeding: Genotype by Environment Interaction. In: Encyclopedia of Plant and Crop Science, Goodman, R.M. (Ed.). Marcel Dekker, New York, ISBN: 0-4913-3438-6, 218-221 pp.
21. Khazaei, A., F. Golzardi, M. Shahverdi, L. Nazari, A. Ghasemi, S.A. Tabatabaei, A. Shariati and H. Mokhtarpour. 2022. Evaluation of genotype × environment interaction for forage yield of promising forage sorghum lines (*Sorghum Bicolor* L.) using AMMI model. Journal of Crop Breeding, 14(42): 177-185 (In Persian).
22. Kempton, R.A. 1984. The use of biplots in interpreting variety by environment interaction. Journal of Agricultural Science, 103: 123-135.
23. Lin, C.S. and M.R. Binns. 1985. Procedural approach for assessing cultivar × location × data pairwise genotypes/ environments of test cultivars with check. Canadian Journal of Plant Science, 65: 1065-1071.
24. Lin, C.S. and M.R. Binns. 1986. Stability analysis. Crop Science, 26: 894-899.
25. Magari, R. and M.S. Kang, 1993. Genotype selection via a new yield stability statistic in maize yield trials. Euphytica, 70: 105-111.
26. Martin J. and A. Alberts. 2004. A comparison of statistical methods to describe x environment interaction and yield stability in multilocation Maize trials. Thesis presented in accordance with the requirements for the degree *Magister Scientiae* Agriculture in the Faculty of Agriculture, Department of Plant Sciences (Plant Breeding) at the University of the Free State. University of the Free State Bloemfontein.
27. Matus-Cadiz, M.A., P. Hucl, C.E. Perron and R.T. Tyler. 2003. Genotype × environment interaction for grain color in hard white spring wheat. Crop Science, 43: 219-226.
28. Nachit, M.M. 1986. Cereal improvement, annual report for 1986. ICARDA, Aleppo- Syria. 40-57pp.
29. Najafi, M.t., M. Dastfal, H. Farzadi, M. Sayahfar and B. Andarzian. 2020. Study of durum wheat yield stability in warm zone of Iran under normal and drought stress. Journal of Crop Breeding, 12(35): 80-90 (In Persian).
30. Nassar, R. and M. Huehn. 1987. Studies on estimation of phenotypic stability: Tests of significance for nonparametric measures of phenotypic stability. Biometrics, 43: 45-53.
31- Perkins, J.N. and J.C. Jinks. 1968. Environmental and genotype × environmental component of variability. IV non- linear interactions for multiple inbreed lines. Heredity, 23: 525-535.
31. Plaisted, R. and L.C. Peterson. 1959. A technique for evaluating the ability of selections to yield consistently in different locations or seasons. American Potato Journal, 36: 381-385.
32. Plaisted, R.L. 1960. A shorter method for evaluating the ability of selection to yield consistently over seasons, American Potato Journal, 37: 166-172.
33. Pinthus, J.M. 1973. Estimate of genotype value: a proposed method. Euphytica 22:121-123.
34. Shukla, G.H. 1972. Some statistical aspects for partitioning genotype- environment component of variability. Heredity, 29: 237-245.
35. Thennarasu, K. 1995. On certain non–parametric procedures for studying genotype – environment interactions and yield stability. Ph.D. Thesis. P.J. School. IARI. New Delhi, India.
36. Vaz Patto, M.C., B. Skiba, E.C.K. Pang, S.J. Ochatt, F. Lambein and D. Rubiales. 2006. Lathyrus improvement for resistance against biotic and abiotic stresses: from classical breeding to marker assisted selection. Euphytica, 147: 133-147.
37. Voltas, J., F. van Eeuwijk, E. Igartua, L.F. Garcia Del Moral, J.L. Molina- Cano and I. Romagosa. 2002. Genotype by environment interaction and adaptation in barley breeding: basic concepts and methods of analysis. The Haworth Press, NY, 205-241 pp.
38. Yan, W., L.A. Hunt, Q. Sheng and Z. Szlavnics. 2000. Cultivar evaluation and mega–environment investigations based on the GGE biplot. Crop Science, 40: 597-605.
39. Yan, W. and L.A. Hunt. 2001. Interpretation of genotype 3 environment interaction for winter wheat yield in Ontario. Crop Science, 41: 19-25.
40. Wricke, G. 1962. Uber eine methode zur refassung der okologischen streubretite in feldversuchen, flazenzuecht, 47: 92-96.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-08]

[DOI: 10.61186/jcb.15.45.183]

Evaluation of Genotype × Environment Interaction and Stability Analysis of Grain and Forage Yield of Grass Pea (*Lathyrus sativa L.*) Genotypes

Behrouz Vaezi[1], Raham Mohtashami[2], Asgar Jozian[3] and Amir Mirzaei[3]

1- Instructor of Dryland Agricultural Research Institute, the Agricultural Education and Promotion Research Organization (AREEO), Gachsaran, Iran
2- Instructor of the Agricultural Education and Extension Research Organization (AREEO), Seed and Plant Breeding Research, Agricultural Research and Education Center and Kohgiluyeh and Boyerahmad Natural Resources Research Organization, Agricultural Education and Extension, Yasouj, Iran,
(Corresponding author: rahammohtashami01@gmail.com)
3- Assistant professor of Ilam Agriculture and Natural Resources Research and Education Center (AREEO), Ilam, Iran
Received: 27 July, 2022 Accepted: 11 Septamber, 2022

Extended Abstract

Introduction and Objective: Considering the requirement of the country to meet the nutritional needs of the society and the nutritional needs of the existing livestock in order to meet the nutritional needs, it is necessary to introduce cultivars that can be superior to the existing cultivars in terms of adaptability and stability in arid and semi-arid regions. The use of forage plants such as Grass pea can play an important role in crop rotation, soil protection, reducing weeds and diseases due to high adaptability to dry and semi-arid climates and high yield potential, nitrogen fixation, tolerance to drought and salinity. This research was carried out with the aim of evaluating the interaction effect of genotype × environment and the stability of forage and grain yield of Grass pea genotypes in different regions of the country.

Material and Methods: This study was carried out with 16 advanced Grass pea lines in Gachsaran, Mehran, Shirvan Cherdavel and Kohdasht stations for three crop years in the form of a randomized complete block design with three replications. Each genotype was cultivated in 6 lines with a length of 7.03 meters and a distance of 0.25 cm from each other. After analyzing the composite variance for different years in different regions, mean comparison was done using the minimum significant difference method at 5% and 1% probability levels. To analys the stability and compatibility of lines, were used the stability methods of Francis and Kanenberg, Eberhut and Russell, Rick's equivalence, Shokla's stability variance, Plasted and Patterson's stability parameter, Finley and Wilkinson, Perkins and Jinks, Gang's total ranking, and the single-variable, non-parametric method, Nassar- Han and Tanazaro.

Results: The results of composite variance analysis of forage yield and grain yield showed that the simple effect of year, genotype, location and the genotype × location interaction effect for both traits were statistically non-significant, and the interaction effect of year × genotype was significant for forage yield and non-significant for grain yield. It was meaningful. The three-way effect of year × location × genotype was not significant at statistical probability levels for forage; but it was significant for grain yield. The forage yield for kholer lines from 12839 kg ha^{-1} for line number 5 to 16680 kg ha^{-1} for genotype number 10 with 11.5% drop and 15% superiority compared to Naghadeh, respectively. Also, in terms of grain yield, Grass pea lines fluctuated from 1239 kg ha^{-1} for line No. 7 to 1723 kg ha^{-1} for Line No. 10 with a 2% drop and 36.3% superiority compared to Naghadeh. The results of the stability analysis of forage yield showed that in terms of the Coefficient of variation parameter, genotypes 16, 5 and 10, in terms of Phenyl Wilkinson genotypes 15, 2, 13, in terms of Shokla genotypes 14, 9, 6, and in terms of Rick's equivalence, genotypes 14, 9, 6, and 13 were the most stable genotypes. The analysis of grain yield stability by univariate method showed that in terms of Coefficient of variation, genotypes 11, 12, 3, in terms of Phenyl Wilkinson, genotypes 13, 12, 4, 5, 6, in terms of Shukla's, genotypes 7, 12, 5, 6, and in terms of Rick's equivalence, genotypes 7, 12, 5, 6, and 8 were determined to be the most stable Grass pea genotypes.

Conclusion: Based on the obtained results, in terms of forage yield lines No. 1, 10, 3, 9 and 15 and in terms of grain yield genotypes No. 12, 15, 8, 10 and 7 had high stability and yield compared to other genotypes. In general, considering all parameters of stability and compatibility, lines number 1, 10, 12, 15, 8, 7 and 9 were selected as the most stable lines, and genotypes No. 10 and 15 were suitable for both forage and seed.

Keywords: Compatibility, Grass pea, Interaction, Parametric and Non-Parametric Methods

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-08]

[DOI: 10.61186/jcb.15.45.183]