دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
پژوهشنامه اصلاح گیاهان زراعی

"مقاله پژوهشی"

برآورد پایداری عملکرد دانه ژنوتیپ‌های عدس با استفاده از روش‌های پارامتری در شرایط دیم شهرستان خرم‌آباد

سمانه اکبری[۱]، امیدعلی اکبرپور[۲] و پیام پزشک‌پور[۳]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد ژنتیک و به‌نژادی گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، ایران
۲- استادیار، عضوهیئت علمی گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، ایران، (نویسنده مسوول: omidakbarpour@gmail.com)
۳- استادیار پژوهشی، بخش تحقیقات و علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان لرستان، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، خرم‌آباد

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۲/۴ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۶/۹
صفحه: ۲۲۷ تا ۲۳۸

چکیده مبسوط

مقدمه و هدف: اثر متقابل ژنوتیپ × محیط سبب بروز تفاوت‌های قابل ملاحظه‌ای بین واکنش ژنوتیپ‌ها در محیط‌های مختلف می‌گردد. عملکرد و پایداری ارقام به‌مقدار زیادی تحت تاثیر اثر متقابل ژنوتیپ × محیط می‌باشد. روش‌های متعدد آماری برای برآورد اثر متقابل ژنوتیپ × محیط و انتخاب ژنوتیپ‌های پایدار و پرمحصول معرفی شده است. این پژوهش نیز به‌منظور بررسی اثر متقابل ژنوتیپ × محیط و پایداری عملکرد دانه و معرفی بهترین ژنوتیپ و همچنین بررسی کارایی روش‌های پارامتری در گزینش ژنوتیپ‌های پایدار با عملکرد بالا انجام شده است.

مواد و روش‌ها: این مطالعه در طی چهار سال زراعی (۱۳۹۹- ۱۳۹۵) در ایستگاه تحقیقات کشاورزی سراب چنگایی خرم‌آباد، اجرا شد. آزمایش شامل ۱۴ ژنوتیپ عدس به‌همراه دو ژنوتیپ شاهد گچساران و سپهر بود. آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد.

یافته‌ها: تجزیه واریانس مرکب نشان‌دهنده معنی‌داری اثرات سال، ژنوتیپ و اثر متقابل ژنوتیپ × محیط بود. معنی‌دار شدن اثر متقابل ژنوتیپ × محیط می‌توان این استنباط را نمود که عملکرد ارقام در محیط‌های مختلف یکسان نیست و دارای نوسان می‌باشد و ژنوتیپ‌های پایدار قابل شناسایی می‌باشند. با توجه به این موضوع به بررسی اثر متقابل ژنوتیپ × محیط و گزینش ژنوتیپ‌های پایدار پرداخته شد. بر اساس آماره‌های اکووالانس ریک، واریانس پایداری شوکلا، ضریب تغییرات محیطی، انحراف از خط رگرسیون و ضریب تشخیص ژنوتیپ شماره ۵ (FLIP2014-032L) به‌عنوان ژنوتیپ پایدار با عملکرد بالا شناسایی شد. همچنین بر اساس همبستگی رتبه‌ای همبستگی مثبت و معنی‌داری میان آماره‌های ریک، واریانس پایداری شوکلا، ضریب تغییرات محیطی و انحراف از خط رگرسیون مشاهده شد. بر اساس نتایج تجزیه خوشه‌ای آماره‌های پارامتری در سه خوشه اصلی قرار گرفتند و آماره‌های اکووالانس ریک، واریانس پایداری شوکلا، ضریب تغییرات محیطی و انحراف از خط رگرسیون در یک گروه و در خوشه سوم قرار داشتند. با توجه به نتایج تجزیه خوشه‌ای، ژنوتیپ‌های عدس بر اساس میانگین عملکرد و آماره‌های پایداری پارامتری ژنوتیپ‌ها در چهار خوشه اصلی قرار گرفتند که ژنوتیپ شماره ۵ در گروه دوم قرار داشت.

نتیجه‌گیری: بر اساس نتایج این پژوهش روش‌های پایداری پارامتری مورد استفاده در این مطالعه به استثناء آماره‌های ضریب رگرسیون و واریانس محیطی قادر به شناسایی ژنوتیپ‌های پایدار با عملکرد بالا بودند. در مجموع بر اساس اکثر روش‌های پایداری پارامتری مورد استفاده در این پژوهش ژنوتیپ شماره ۵ با میانگین عملکرد دانه ۱۵۷۴/۶۸ کیلوگرم در هکتار به‌عنوان ژنوتیپ پایدار معرفی شد.

واژه‌های کلیدی: تجزیه خوشه‌ای، تجزیه مرکب، روش‌های پایداری، عدس، همبستگی

مقدمه

عدس سرشار از پروتئین بوده و با دارا بودن مقدار قابل توجهی از اسیدهای آمینه ضروری، مواد معدنی و ویتامین‌ها جایگاه ویژه‌ای در تغذیه انسان دارد (۴). این گیاه زراعی، توانایی رشد و نمو در شرایط نامناسب محیطی را داراست و به‌علت کوتاهی دوره رشد، محصول مناسبی در تناوب با غلات به‌شمار می‌رود (۱۹). وجود تنوع ژنتیکی عدس در مناطق مورد کشت و عکس‌العمل ارقام مختلف در شرایط محیطی متفاوت و معرفی ارقام پرمحصول که سازگاری وسیعی داشته باشند از اهمیت بالایی برخوردار است (۸).

عملکرد دانه عدس صفتی کمی است و به‌میزان زیادی تحت‌تأثیر عوامل محیطی می‌باشد (۶). پاسخ متفاوت واریته‌ها به تغییرات محیطی متفاوت به معنای اثر متقابل ژنوتیپ × محیط می‌باشد (۲۸). اثر متقابل ژنوتیپ × محیط سبب بروز تفاوت‌های قابل ملاحظه‌ای بین واکنش ژنوتیپ‌ها در محیط‌های مختلف می‌گردد (۳۸). عملکرد ژنوتیپ‌های عدس نیز به‌مقدار زیادی به محیط بستگی دارد، در مجموع عملکرد یک رقم را ژنوتیپ، محیط و اثر متقابل ژنوتیپ × محیط مشخص می‌کند (۱۲).

در برنامه‌های به‌نژادی ارزیابی سازگاری و پایداری ارقام، اطلاعات ارزشمندی از اثرات محیط روی عملکرد، خصوصیات زراعی ارقام، انتخاب و معرفی ارقام پایدار با عملکرد بالا حاصل می‌شود (۷،۲۰). به این دلیل به‌نژادگران گیاه سعی می‌کنند واریته‌های با پایداری عملکرد و سازگاری زیاد معرفی کنند، هر چند بیشتر صفات زراعی تابع عوامل محیطی هستند. اثر متقابل موجب پیچیده شدن ارزیابی ارقام و کاهش بازده ناشی از انتخاب می‌شود. بنابراین مطالعه اثر متقابل ژنوتیپ × محیط در برنامه‌های اصلاحی کاملا ضروری می‌باشد (۲۱).

وجود اثر متقابل ژنوتیپ × محیط دلیلی برای بررسی ژنوتیپ‌های جدید در محیط‌های مختلف می‌باشد و روش‌های مختلفی توسط محققان برای بررسی اثر متقابل ژنوتیپ × محیط و شناسایی ژنوتیپ‌های پایدار معرفی شده است (۱۱). از جمله این روش‌ها می‌توان به‌روش‌های پارامتری اشاره کرد. روش‌های پارامتری عمدتا شامل روش‌های مبتنی بر تجزیه رگرسیون و روش‌های مبتنی بر تجزیه واریانس می‌باشند. واریانس محیطی، ضریب تغییرات محیطی، اکووالانس ریک و واریانس پایداری شوکلا از جمله روش‌های

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2025-12-08]
[DOI: 10.52547/jcb.14.44.227]

مبتنی بر تجزیه واریانس می‌باشند و روش‌های مبتنی بر تجزیه رگرسیون، پارامترهای ضریب رگرسیون فینلی و ویلکینسون، انحرافات از خط رگرسیون و ضریب تشخیص پینتوس را شامل می‌شوند (۱۰،۱۴،۱۵،۲۵،۲۷،۳۰،۳۶).

روش‌های پارامتری در مقایسه با روش‌های ناپارامتری در بررسی اثر متقابل ژنوتیپ × محیط و تجزیه پایداری توانمندتر می‌باشند (۳۳). کربمی‌زاده و همکاران (۱۷) با استفاده از آماره‌های پارامتری ضریب رگرسیون، اکووالانس ریک، شوکلا و ضریب تشخیص پایداری ۱۰ ژنوتیپ عدس در ۵ منطقه را بررسی کردند و دو ژنوتیپ پایدار را معرفی کردند. در بررسی پایداری عملکرد یازده لاین عدس از روش‌های ضریب رگرسیون فینلی و ویلکینسون، ضریب تغییرات محیطی، اکووالانس ریک، واریانس پایداری شوکلا و ضریب تبیین استفاده شد و در نهایت ژنوتیپ‌های FLIP 82-1L و FLIP 92-12L به‌عنوان ژنوتیپ‌های برتر معرفی شدند (۳۱).

همچنین در پژوهشی که به ارزیابی پایداری ۱۶ ژنوتیپ باقلا در سه سال در ۱۱ محیط با استفاده از آماره‌های پایداری S^2d_i، σ_i^2، W_i^2، CV_i^2، b_i و S_i^2 پرداخته شده بود، ژنوتیپ‌های پایدار باقلا شناسایی شدند (۳۵).

هدف از انجام این پژوهش بررسی اثر متقابل ژنوتیپ × محیط و گزینش ژنوتیپ‌های پایدار عدس با عملکرد بالا و همچنین بررسی کارایی روش‌های پارامتری می‌باشد.

مواد و روش‌ها

در این پژوهش پایداری عملکرد دانه ۱۴ ژنوتیپ عدس به‌همراه دو ژنوتیپ شاهد گچساران و سپهر با استفاده از روش‌های پارامتری مختلفی ارزیابی شد. ژنوتیپ‌های مورد مطالعه همگی سرمادوست و متعلق به مناطق معتدل بودند. نام و شجره ژنوتیپ‌ها در جدول ۱ ذکر گردیده است.

جدول ۱- شماره و شجره ژنوتیپ‌های عدس مورد مطالعه در آزمایش

Table 1. The number and pedigree of lentil genotypes measured in trial

ژنوتیپ‌ها	نام/شجره
۱	FLIP2012-2L(ILL10977)-ILL7985 / ILL6037
۲	PRECOZ(ILL4605)-ILL 5888 / ILL 5782
۳	FLIP2011-43L(ILL10947)-ILL 7537 x ILL 590
۴	FLIP2014-021L(ILL11431)-ILL9977 x ILL 1005
۵	FLIP2014-032L(ILL11442)-ILL5883 x ILL6458
۶	FLIP2014-031L(ILL11441)-ILL5883 x ILL6458
۷	FLIP2014-029L(ILL11439)-ILL6037 x ILL7012
۸	FLIP2012-77L(ILL11052)-ILL6129 x ILL7980
۹	FLIP2012-240L(ILL11215)-ILL7711 x ILL8176
۱۰	FLIP2012-244L(ILL11219)-ILL7711 x ILL5480
۱۱	FLIP2014-103L(ILL11513)-ILL9892 x ILL7978 ICARDA 3 111 139 45 4.0 732 98 C
۱۲	ILL8006
۱۳	FLIP2010-95L(ILL10825)-ILL 7620 x 91517
۱۴	FLIP 86-16L(ILL6002)-ILL 4349 x ILL 4605
۱۵	Gachsaran
۱۶	Sepehr

پژوهش حاضر در سال‌های زراعی ۹۹-۱۳۹۵ در ایستگاه تحقیقاتی سراب چنگائی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان لرستان انجام گرفت. ایستگاه مذکور در موقعیت جغرافیایی به‌طول ۴۷ درجه و ۴۰ دقیقه شرقی و عرض ۳۳ درجه و ۳۶ دقیقه شمالی با ارتفاع ۱۲۰۰ متر از سطح دریا واقع شده است. برخی مشخصات اقلیمی ایستگاه نام برده در جدول ۲ آمده است.

جدول ۲- وضعیت اقلیمی ایستگاه سراب چنگایی خرم آباد طی سال‌های زراعی ۹۹-۱۳۹۵

Table 2. Climate condition of Sarab Changaie Khoramabad Research Station during 2016-2020

سال	فصل	متوسط دما (°C)	حداکثر دما (°C)	حداقل دما (°C)	بارندگی(mm)	رطوبت نسبی
۱۳۹۶-۱۳۹۵	پاییز	۱۴/۱۰	۲۶/۶	۱/۱	۲۴/۹۳	۳۹
	زمستان	۶/۸۳	۱۸/۵۶	-۶/۳۳	۷۵/۹۶	۶۰
	بهار	۱۹/۵۶	۳۴/۵۳	۵/۰۶	۳۷/۸۶	۴۴/۱۶
۱۳۹۷-۱۳۹۶	پاییز	۱۴/۵۳	۲۸/۳۶	۰/۹	۱۳/۱۳	۳۷/۳۳
	زمستان	۹/۲	۲۲/۸۶	-۲/۵	۶۰/۵۰	۵۶/۷۶
	بهار	۱۹	۳۲/۴۳	۶/۹	۸۹/۱۶	۵۵
۱۳۹۸-۱۳۹۷	پاییز	۱۴/۸۶	۲۷/۶۶	۳/۶۶	۶/۰۹	۵۶/۶۶
	زمستان	۶/۶۶	۱۸/۳۳	-۳/۴۶	۴۶/۳۵	۶۷/۶۶
	بهار	۱۸/۸۳	۳۲/۶۳	۴/۱	۱۰۶/۸۵	۵۲/۳۳
۱۳۹۹-۱۳۹۸	پاییز	۱۴/۵۳	۲۱/۹	۱۵/۹	۵۹/۴	۵۲/۵
	زمستان	۷/۸	۱۴/۱	۰/۳۱	۹۷/۸۶	۶۱
	بهار	۱۹/۲	۲۷/۸۳	۱۰/۶۶	۱۷/۲۶	۶۶/۴۵

آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار به اجرا درآمد. کاشت بذر به‌صورت دستی در نیمه اول آبان ماه در عمق ۲ تا ۴ سانتی‌متری خاک در هر سال انجام گرفت. مقدار کود مورد نیاز بر اساس آزمون خاک به‌میزان ۵۰

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2025-12-08]
[DOI: 10.52547/jcb.14.44.227]

کیلوگرم فسفات آمونیوم و ۳۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره قبل از کاشت استفاده شد. همچنین برای کنترل علف‌های هرز در طول دوره رشد، وجین دستی در دو مرحله صورت گرفت. عملیات زراعی که شامل خاک‌ورزی اولیه، انجام دیسک و تسطیح در هر سال، بود انجام پذیرفت. هر واحد آزمایشی شامل چهار خط ۴ متری به فواصل ۲۵ سانتی‌متر و فاصله بذور روی خط ۲ سانتی‌متر و با تراکم ۲۰۰ دانه در مترمربع بود.

عملیات برداشت بعد از رسیدگی فیزیولوژیکی در خرداد ماه صورت گرفت و محصول برداشت شده چند روز در معرض آفتاب قرار گرفت و در هوای آزاد کاملا خشک شد. با توزین بوته‌ها عملکرد زیست توده و بعد از جدا کردن کاه و کلش از دانه، عملکرد دانه بر اساس کیلوگرم در هکتار محاسبه گردید. در ابتدا تجزیه واریانس ساده و سپس آزمون بارتلت برای بررسی همگنی واریانس خطاها محاسبه شد. پس از اطمینان از همگنی واریانس‌ها، تجزیه واریانس مرکب با فرض ثابت بودن ژنوتیپ‌ها و اثرات متقابل ژنوتیپ × محیط انجام پذیرفت. در آخر از روش‌های پارامتری مختلفی جهت برآورد پایداری ژنوتیپ‌های مورد مطالعه استفاده شد که در زیر به آن‌ها اشاره شده است:

آماره پایداری اکووالانس ریک

یکی از روش‌های ساده برای بررسی پایداری عملکرد که مفهوم دینامیکی دارد استفاده از روش اکووالانس ریک می‌باشد. در این روش از مجموع مقادیر اثرات متقابل هر ژنوتیپ در تمامی محیط‌ها برای مشخص نمودن ژنوتیپ پایدار استفاده می‌شود. در این روش ژنوتیپی پایدار می‌باشد که کمترین مقدار آماره W_i^2 را دارا باشد (۳۶).

اکووالانس ریک بر اساس فرمول زیر محاسبه می‌گردد:

$$\omega_i^2 = \sum_{j=1}^{q}(X_{ij} - \bar{X}_{i.} - \bar{X}_{.j} - \bar{X}_{..})^2$$ (رابطه ۱)

که X_{ij} میانگین ژنوتیپ i ام در محیط j ام و $\bar{X}_{i.}$ میانگین ژنوتیپ iام در همه محیط‌ها، $\bar{X}_{.j}$ میانگین همه ژنوتیپ‌ها در محیط j ام و $\bar{X}_{..}$ میانگین کل می‌باشد.

واریانس پایداری شوکلا

یک روش دیگر توسط شوکلا برای تخمین واریانس ژنوتیپ ها به‌صورت زیر پیشنهاد داده شده که آن را واریانس پایداری شوکلا σ_i^2 می‌نامند. در این پارامتر ژنوتیپی پایدار است که کمترین میزان واریانس σ_i^2 را داشته باشد. گاهی موارد این مقدار نیز منفی می‌گردد (۳۰).

(رابطه ۲)

$$\sigma_i^2 = \left[\frac{p}{(p-2)(q-1)}\right] \times \sum_{j=1}^{q}\left(X_{ij} - \bar{X}_{i.} - \bar{X}_{.j} - \bar{X}_{..}\right)^2 - \frac{ss(GE)}{[2(p-1)(q-1)]}$$

در این رابطه p ژنوتیپ و q محیط، X_{ij} میانگین ژنوتیپ i ام در محیط j ام و $\bar{X}_{i.}$ میانگین ژنوتیپ iام در همه محیط‌ها، $\bar{X}_{.j}$ میانگین همه ژنوتیپ‌ها در محیط j ام و $\bar{X}_{..}$ میانگین کل می‌باشد.

ضریب تغییرات محیطی

در این روش با استفاده از انحراف معیار و میانگین عملکرد هر ژنوتیپ آماره پایداری ضریب تغییرات محیطی محاسبه می‌شود. ژنوتیپ‌هایی با ضریب تغییرات محیطی کمتر به‌عنوان ژنوتیپ‌های پایدار معرفی می‌شوند (۱۵).

$$CV_i = [S_i/\bar{X}_{i.}] \times 100$$ (رابطه ۳)

که $\bar{X}_{i.}$: میانگین ژنوتیپ iام: در همه محیط‌ها، S_i: انحراف معیار ژنوتیپ iام: در محیط‌ها می‌باشد.

واریانس محیطی رومر

بر اساس واریانس محیطی رومر S_i^2 ژنوتیپی پایدارتر است که واریانس محیطی آن کمتر باشد (۲۷).

$$S_i^2 = \frac{\sum(X_{ij} - \bar{X}_{i.})^2}{q-1}$$ (رابطه ۴)

در معادله بالا X_{ij}: میانگین عملکرد ژنوتیپ iام: در محیط jام می‌باشد. $\bar{X}_{i.}$: میانگین ژنوتیپ iام: در کل محیط‌ها و q محیط می‌باشد.

ضریب رگرسیون فینلی و ویلکینسون

شاخص ضریب رگرسیون (b_i) نخستین بار توسط فینلی و ویلکینسون معرفی شد و آن‌ها بیان داشتند که ضریب رگرسیون b_i معیاری برای شناسایی ژنوتیپ‌های پایدار می‌باشد (۱۴). سپس این شاخص بوسیله ابرهارت و راسل برای بررسی سازگاری ژنوتیپ‌ها نسبت به تغییرات محیطی بکار گرفته شد (۱۰). ژنوتیپی که مقدار ضریب رگرسیونش نزدیک به یک باشد ژنوتیپ پایدار می‌باشد.

$$b_i = \frac{\sum X_{ij} I_j}{\sum I_j^2}$$ (رابطه ۵)

که X_{ij}: میانگین ژنوتیپ iام در محیط jام و Ij شاخص محیطی محیط jام است که از تفاضل میانگین محیط jام از میانگین کل بدست می‌آید.

ضریب تشخیص

ضریب تشخیص توسط پنتوس معرفی شد و بر اساس آماره ضریب تشخیص (R_i^2) ژنوتیپ‌های با R_i^2 بالا ژنوتیپ‌های پایدار محسوب می‌شوند (۲۵).

$$R_i^2 = \frac{\sum_i(x_{ij} - \bar{x}_{i.})I}{\sum_i(x_{ij} - \bar{x}_{i.})^2}$$ (رابطه ۶)

در رابطه بالا $\bar{X}_{i.}$: میانگین ژنوتیپ i ام در همه محیط‌ها، و Ij شاخص محیطی محیط jام است که از تفاضل میانگین محیط jام از میانگین کل بدست می‌آید.

انحراف از خط رگرسیون

ابرهارت و راسل از آماره انحراف از خط رگرسیون (S^2_{di}) برای شناسایی ژنوتیپ‌های پایدار استفاده کردند. با توجه به این آماره ژنوتیپی که دارای انحراف از خط رگرسیون صفر یا حداقل باشد آن ژنوتیپ پایدارتر است (۱۰).

(رابطه ۷)

$$S_{di}^2 = \frac{1}{q-2}\left[\sum_i(X_{ij} - \bar{x}_{i.})^2 - b^2\sum_j(\bar{x}_{.j} - \bar{x}_{..})^2\right]$$

در این رابطه q محیط، X_{ij}: میانگین ژنوتیپ iام در محیط j ام و $\bar{X}_{i.}$ میانگین ژنوتیپ iام در همه محیط‌ها، $\bar{X}_{.j}$: میانگین همه ژنوتیپ‌ها در محیط jام و $\bar{X}_{..}$: میانگین کل و b شیب خط رگرسیون می‌باشد.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2025-12-08]
[DOI: 10.52547/jcb.14.44.227]

همچنین با استفاده از نرم‌افزار Python (3.7) نمودار حرارتی ضرایب همبستگی رتبه‌ای اسپیرمن برای پی بردن به میزان همبستگی میان آماره‌ها ترسیم شد. بر اساس ضریب همبستگی اسپیرمن مشاهدات و داده‌های آماری مرتب و رتبه‌بندی می‌شوند و سپس اختلاف میان رتبه‌های هر جفت از مشاهدات محاسبه و با di نشان داده می‌شود ضریب همبستگی رتبه‌ای اسپیرمن با استفاده از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$r_s = 1 - \frac{6\sum d_i^2}{(n-1)n(n+1)}$$ (رابطه ۸)

در معادله بالا r_s بر اساس رابطه زیر به t تبدیل شده و با t جدول با درجه آزادی n-2 مقایسه می‌شود. اگر t بدست آمده بزرگتر یا مساوی با t جدول باشد فرض صفر رد می‌شود.

$$t = \frac{r_s}{\sqrt{1-r_s^2}}\sqrt{n-2}$$ (رابطه ۹)

با استفاده از نرم‌افزار پایتون Python (3.7) تجزیه خوشه‌ای به‌منظور درک بهتر روابط میان آماره‌ها ترسیم شد. در این پژوهش از نرم‌افزارهای R (4.1.1) و SAS (9.1.3) جهت تجزیه‌های آماری استفاده شد.

نتایج و بحث

در ابتدا تجزیه واریانس ساده و ضریب تغییرات برای کلیه داده‌های سال‌های آزمایشی و سپس آزمون بارتلت برای بررسی همگنی واریانس‌ها انجام پذیرفت و نتیجه حاصل از آزمون بارتلت ($\chi2$ = ۱/۵۸ درجه آزادی ۳) با $\chi2$ جدول ($\chi2$ = ۷/۸۲ درجه‌آزادی ۳) مقایسه شد که حاکی از همگنی واریانس خطاهای آزمایش‌ها و عدم معنی‌داری آزمون بارتلت بود. سپس تجزیه واریانس مرکب انجام شد. نتایج تجزیه واریانس مرکب برای چهار سال نشان‌دهنده معنی‌داری اثرات سال، ژنوتیپ و اثر متقابل ژنوتیپ × سال در سطح احتمال یک درصد بود (جدول ۳). معنی‌داری اثر ژنوتیپ بیانگر تنوع ژنتیکی بین ژنوتیپ‌ها و معنی‌داری اثر سال بیانگر واکنش متفاوت ژنوتیپ‌ها به شرایط آب‌وهوایی طی چهار سال آزمایش بود. همچنین معنی‌دار بودن اثر متقابل ژنوتیپ × سال نشان‌دهنده واکنش متفاوت ژنوتیپ‌ها در سال‌های مختلف بود.

جدول ۳- تجزیه واریانس مرکب عملکرد دانه ۱۶ ژنوتیپ عدس در چهار سال

Table 3. Combined analysis of variance of grain yield (ton per ha) of 16 lentil genotypes in four years

منابع تغییرات	درجه آزادیdf	مجموع مربعات (SS)	میانگین مربعات(MS)
سال	۳	۱۱۳۰۲۲۹/۲۸	۳۷۶۷۴۳۰/۰۹**
تکرار درون سال	۸	۲۸۱۰۳۴/۲۳	۳۵۱۲۹/۲۸
ژنوتیپ	۱۵	۸۰۸۰۹۹۳/۵۳	۵۳۸۷۳۲/۹**
ژنوتیپ×سال	۴۵	۱۰۶۴۹۹۸۷/۰۹	۲۳۶۶۶۶/۳۸**
خطا	۱۲۰	۷۵۹۹۲۱۳/۶۰	۶۳۳۲۶/۷۸
CV (%)		۲۰/۱۲	

**: معنی‌داری درسطح احتمال ۱ درصد

روش‌های پارامتری

برای بررسی اثر متقابل ژنوتیپ × محیط و گزینش ژنوتیپ‌های برتر و پایدار از آماره‌های پارامتری مختلفی استفاده شد (جداول ۴ و ۵). ژنوتیپ‌های با کمترین مقدار آماره‌های اکووالانس ریک و واریانس پایداری شوکلا، بیشترین پایداری را دارا بودند. بنابراین ژنوتیپ‌های شماره ۱۵، ۵ و ۱۶ با کمترین مقدار به‌عنوان ژنوتیپ‌های پایدار شناسایی شدند و در بین آن‌ها تنها ژنوتیپ شماره ۵ میانگین عملکرد بالایی داشت. همچنین ژنوتیپ‌های شماره ۱، ۱۰ و ۳ با بیشترین مقدار ژنوتیپ‌های ناپایدار بودند، اگرچه ژنوتیپ‌های ۱ و ۱۰ از میانگین عملکرد بالایی برخوردار بودند (جداول ۴ و ۵). نتایج حاصل از این پژوهش در توافق با سایر محققان بود. کریمی‌زاده و همکاران (۱۷) در تعیین اثر متقابل محیط ژنوتیپ ×محیط با استفاده از روش‌های پارامتری و ناپارامتری پایداری فنوتیپی در ژنوتیپ‌های عدس، به مشابه بودن ژنوتیپ پایدار گزینش شده در دو روش ریک و شوکلا اشاره کردند و در هر دو روش، ژنوتیپ شماره ۹ عدس به‌عنوان ژنوتیپ پایدار با عملکرد بالا شناسایی شد. همچنین عالیشاه و همکاران (۳) با اثر متقابل ژنوتیپ × محیط و پایداری عملکرد ژنوتیپ‌های امیدبخش پنبه با استفاده از روش‌های تک متغییره پارامتری، مدل امی و تجزیه بای‌پلات، بیان داشتند که ژنوتیپ‌های پایدار گزینش شده بر اساس واریانس پایداری شوکلا و اکووالانس ریک مشابه می‌باشند (۱۵).

در روش واریانس محیطی رومر، ژنوتیپ‌های دارای کمترین میزان واریانس محیطی، پایدارترین ژنوتیپ‌ها هستند. با توجه به این آماره ژنوتیپ‌های شماره ۱۶، ۱۵ و ۱۳ پایدارترین ژنوتیپ‌ها بودند و همه آن‌ها میانگین عملکرد پایینی داشتند. ژنوتیپ‌های شماره ۱۰، ۱ و ۹ ژنوتیپ‌های ناپایدار بودند و از میانگین عملکرد بالایی برخوردار بودند (جداول ۴ و ۵). در پژوهشی که منظور به ارزیابی اثر متقابل ژنوتیپ × محیط و پایداری عملکرد ۱۰ رقم جو زمستانه در پنج منطقه طی سال زراعی ۱۳۹۳- ۱۳۹۲ انجام شد. با استفاده از روش واریانس محیطی ارقام نصرت، ماکوئی و زرجو پایدارترین ارقام بودند (۵).

بر اساس ضریب تغییرات محیطی، ژنوتیپ‌های با کمترین مقدار این شاخص، پایدارترین ژنوتیپ‌ها می‌باشند. ژنوتیپ‌های شماره ۱۶، ۵ و ۱۳ دارای کمترین مقدار ضریب تغییرات محیطی بودند و از بین این ژنوتیپ‌ها، تنها ژنوتیپ شماره ۵ از میانگین عملکرد بالایی برخوردار بود. ژنوتیپ‌های ۱۴، ۱۰ و ۳ بیشترین مقدار ضریب تغییرات محیطی را داشتند و از بین این ژنوتیپ‌ها، ژنوتیپ شماره ۱۰ میانگین عملکرد بالایی داشت. احمدی و همکاران (۱) نیز در ارزیابی پایداری عملکرد ۱۴

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2025-12-08]
[DOI: 10.52547/jcb.14.44.227]

لاین پیشرفته خلر در سه منطقه خرم‌آباد، کرمانشاه و گچساران، با استفاده از روش‌های پارامتری و ناپارامتری در طی سه سال زراعی ۱۳۸۷-۱۳۸۴، از آماره ضریب تغییرات به‌منظور شناسایی ژنوتیپ‌های پایدار خلر استفاده کردند و چهار ژنوتیپ خلر را به‌عنوان ژنوتیپ پایدار معرفی کردند. Error! Reference source not found.Error! Reference source not found.Error! Reference source not found.Error! Reference source not found.

با توجه به ضریب رگرسیون فینلی و ویلکیینسون ژنوتیپ‌های شماره ۱۵، ۴ و ۱۲ ضریب رگرسیون نزدیک به یک داشتند. از نظر ضریب رگرسیون فینلی و ویلکیینسون ژنوتیپ‌های ۱، ۱۰ و ۱۴ ژنوتیپ‌های ناپایدار بودند. بر اساس ضریب تشخیص ژنوتیپ‌های شماره ۵، ۱۵ و ۱۱ بالاترین مقادیر ضریب تشخیص را به خود اختصاص دادند و ژنوتیپ‌های شماره ۱، ۳ و ۸ ژنوتیپ‌های ناپایدار بودند. ژنوتیپ شماره ۱۵ با ضریب رگرسیون b_i = ۰/۹۸ و ضریب تشخیص R_i^2 = ۰/۹ به‌عنوان ژنوتیپ پایدار معرفی شد هر چند که میانگین عملکردش پایین‌تر از میانگین عملکرد کل بود (جداول ۴ و ۵). اکبرپور و همکاران (۲) در بررسی پایداری عملکرد دانه لاین‌های امیدبخش جو در مناطق سردسیر ایران ۱۸ لاین امیدبخش جو به‌همراه دو رقم شاهد در دو منطقه در سال زراعی ۱۳۸۸- ۱۳۸۶، با استفاده از روش رگرسیون از ضریب رگرسیون فینلی و ویلکینسون برای شناسایی پایداری عملکرد لاین‌های امیدبخش جو استفاده کردند و سه ژنوتیپ پایدار راشناسایی کردند.

با توجه به انحراف از خط رگرسیون، ژنوتیپی که دارای حداقل مقدار انحراف از خط رگرسیون باشد پایدارتر است. بر این اساس و با توجه به جداول ۴ و ۵، ژنوتیپ‌های شماره ۱۶، ۱۵ و ۵ دارای کمترین مقدار انحراف از رگرسیون بودند و به عنوان ژنوتیپ‌های پایدار شناخته شدند که ژنوتیپ شماره ۱۵ ضریب رگرسیون نزدیک به یک را دارا بود. ژنوتیپ‌های شماره ۱، ۱۰ و ۳ با بیشترین مقدار انحراف از رگرسیون، ژنوتیپ‌های ناپایدار بودند. رزمی و همکاران (۲۹) در ارزیابی عملکرد دانه ژنوتیپ‌های سویا در محیط‌های مختلف با استفاده از پارامترهای آماری و روش‌های گرافیکی GG بای‌پلات، ۲۳ ژنوتیپ سویا با دو رقم شاهد (صبا و امیر) در سه منطقه گرگان، ساری و مغان در طی سال زراعی ۱۳۹۷-۱۳۹۸، با استفاده از انحراف از خط رگرسیون و ضریب رگرسیون فینلی و ویلکینسون چهار ژنوتیپ پایدار سویا را شناسایی کردند. درپژوهشی که به‌منظور بررسی عملکرد ۱۸ لاین امیدبخش گندم دوروم با دو رقم شاهد بهرنگ و چمران در چهار منطقه گرم و خشک در سال زراعی ۱۳۹۴- ۱۳۹۲ با استفاده از روش‌های پارامتری و ناپارامتری انجام شد. دو لاین امیدبخش گندم دوروم که ضریب رگرسیون (b_i) نزدیک به یک و کمترین میانگین مربعات انحراف از خط رگرسیون S^2d_i را داشتند به‌عنوان لاین‌های پایدار شناسایی شدند (۲۳). در بررسی پایداری عملکرد ۱۱ ژنوتیپ برنج امیدبخش در اصفهان در طی سال ۱۳۸۸-۱۳۸۷، از روش‌های پایداری مختلفی از جمله ضریب تشخیص، انحراف از خط رگرسیون و ضریب رگرسیون برای شناسایی ژنوتیپ‌های پایدار برنج استفاده کردند. ژنوتیپ‌های با بیشترین ضریب تشخیص، کمترین انحراف از خط رگرسیون و ضریب رگرسیون نزدیک به یک به‌عنوان ژنوتیپ‌های پایدار معرفی شدند (۲۶).

جدول ۴- برآورد آماره‌های پایداری پارامتری برای ۱۶ ژنوتیپ عدس در ۴ سال

Table 4. Estimation of parametric stability statistics for 16 lentil genotypes in 4 years

ژنوتیپ	میانگین عملکرد	ضریب تغییرات(CV)	واریانس محیطی(S^2)	واریانس شوکلا(σ_i^2)	اکووالانس ریک(W_i^2)	انحراف از خط رگرسیون(S^2d_i)	ضریب رگرسیون(b_i)	ضریب تشخیص(R_i^2)
۱	۱۲۸۶/۵۴	۳۶/۴۱	۲۱۹۴۲۹	۳۱۹۱۲۰	۸۵۳۰۰۹	۳۰۷۱۵۴	۰/۰۸	۰/۰۰۲
۲	۱۱۳۰/۰۱	۲۵/۶۹	۸۴۲۹۴	۱۹۲۵۱	۶۵۸۲۵	۱۰۵۷۲	۰/۸۹	۰/۷۴
۳	۱۱۴۰/۱۷	۳۷/۰۹	۱۷۸۹۰۴	۱۴۷۱۳۶	۴۰۱۵۵۱	۱۷۴۳۲۷	۰/۷۸	۰/۲۷
۴	۱۴۵۲/۵۴	۲۹/۹۲	۱۸۸۹۰۵	۱۱۱۵۴۴	۳۰۸۱۲۰	۱۳۲۶۶۶	۱/۰۴	۰/۴۵
۵	۱۵۷۴/۶۶	۲۳/۵۶	۱۳۷۷۴۳	۱۲۷۸۴	۴۸۸۷۷	-۵۴۹۲	۱/۲۷	۰/۹۲
۶	۱۲۳۰/۷۲	۲۹/۱	۱۲۸۳۲۶	۱۷۰۲۰	۵۹۹۹۶	۴۶۳۳	۱/۱۹	۰/۸۶
۷	۱۲۰۸/۴۷	۳۵/۱۲	۱۸۰۱۷۴	۷۹۳۳۹	۲۲۳۵۸۳	۸۷۱۵۶	۱/۱۷	۰/۵۹
۸	۱۲۸۳/۰۱	۳۱/۱۶	۱۵۹۸۷۲	۱۲۱۶۱۸	۳۳۴۵۶۶	۱۴۱۸۳۶	۰/۸	۰/۳۲
۹	۱۴۸۶/۰۸	۳۱/۲۵	۲۱۵۶۷۷	۷۱۵۶۷	۲۰۳۱۸۱	۵۷۴۲۲	۱/۴۴	۰/۷۵
۱۰	۱۴۹۷/۴۲	۳۹/۵۴	۳۵۰۷۳۳	۲۰۱۱۰۶	۵۴۳۲۲۲	۲۱۰۷۷۹	۱/۵۸	۰/۵۵
۱۱	۱۴۸۴/۷۴	۲۹/۴۱	۱۹۰۷۷۲	۳۵۹۴۴	۱۰۹۶۷۱	۶۳۲۱	۱/۴۸	۰/۹
۱۲	۱۳۳۳/۶۱	۲۶/۰۷	۱۲۰۸۷۵	۳۰۷۲۴	۹۵۹۶۸	۲۶۳۵۸	۱/۰۶	۰/۷۳
۱۳	۹۹۳/۳۵	۲۴/۰۷	۵۷۲۰۰	۲۵۹۸۸	۸۳۵۳۵	۹۱۲۷	۰/۶۸	۰/۶۴
۱۴	۹۱۴/۳۶	۴۱/۸۷	۱۴۶۶۲۶	۹۴۳۳۹	۲۶۲۹۵۹	۳۵۱۴۴	۱/۴۹	۰/۷۱
۱۵	۹۲۸/۲۱	۲۶/۴۶	۶۰۳۳۳	۳۰۲۶	۲۳۲۶۰	-۸۴۹۷	۰/۹۸	۰/۹
۱۶	۱۰۶۳/۲	۱۳/۰۲	۱۹۱۷۱	۱۶۵۴۴	۵۸۷۴۷	-۱۹۸۴۶	۰/۵۴	۰/۸۶

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2025-12-08]

[DOI: 10.52547/jcb.14.44.227]

جدول ۵- رتبه ۱۶ ژنوتیپ عدس برای پارامتری آماره‌های پایداری

Table 5. Rank 16 of lentil genotype for stability statistics parameter

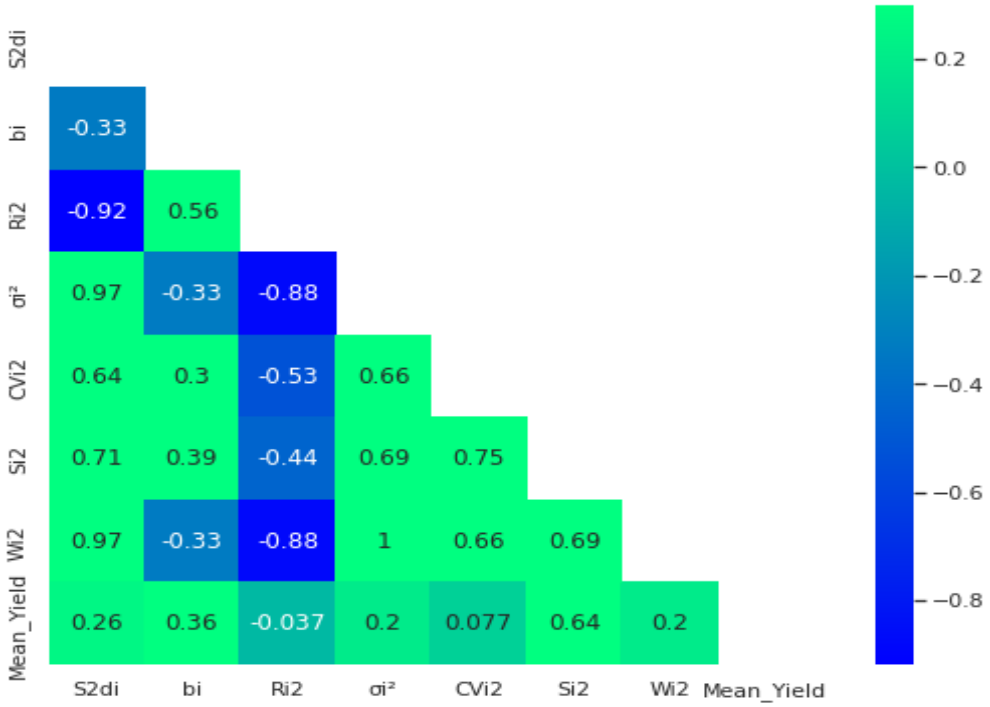
ژنوتیپ	ضریب تشخیص (R_i^2)	ضریب رگرسیون (b_i)	انحراف از خط رگرسیون (S^2d_i)	اکووالانس ریک (W_i^2)	واریانس شوکلا (σ_i^2)	واریانس محیطی (S^2)	ضریب تغییرات (CV_i)
۱	۱۶	۱۶	۱۶	۱۶	۱۶	۱۵	۱۳
۲	۷	۴	۷	۵	۵	۴	۴
۳	۱۵	۸	۱۴	۱۴	۱۴	۱۰	۱۴
۴	۱۳	۲	۱۲	۱۲	۱۲	۱۲	۹
۵	۱	۹	۳	۲	۲	۷	۲
۶	۵	۶	۴	۴	۴	۶	۷
۷	۱۱	۵	۱۱	۱۰	۱۰	۱۱	۱۲
۸	۱۴	۷	۱۳	۱۳	۱۳	۹	۱۰
۹	۶	۱۱	۱۰	۹	۹	۱۴	۱۱
۱۰	۱۲	۱۵	۱۵	۱۵	۱۵	۱۶	۱۵
۱۱	۳	۱۳	۵	۸	۸	۱۳	۸
۱۲	۸	۳	۸	۷	۷	۵	۵
۱۳	۱۰	۱۰	۶	۶	۶	۲	۳
۱۴	۹	۱۴	۹	۱۱	۱۱	۸	۱۶
۱۵	۲	۱	۲	۱	۱	۳	۶
۱۶	۴	۱۲	۱	۳	۳	۱	۱

همبستگی رتبه‌ای

به‌منظور بررسی روابط میان آماره‌های پارامتری و میانگین عملکرد همبستگی رتبه‌ای اسپیرمن محاسبه گردید همچنین با استفاده از همبستگی رتبه‌ای، می‌توان نتایج آماره‌های که همبستگی مثبت و بالایی دارند را به‌نوعی معتبرسازی و تأیید کرد (شکل ۱). میان واریانس پایداری شوکلا و اکووالانس ریک همبستگی کامل و مثبت وجود داشت. مطهری و همکاران در ارزیابی اثر متقابل ژنوتیپ × محیط ۱۵ ژنوتیپ به‌همراه یک رقم شاهد هیبرید و گرده افشان کلزا در چهار منطقه سرد و معتدل در دو سال زراعی، از همبستگی رتبه‌ای برای رابطه میان آماره‌های پارامتری استفاده کردندو همبستگی مثبت و کامل میان واریانس پایداری شوکلا و اکووالانس ریک را مشاهده کردند (۲۲). همبستگی مثبتی میان ضریب تغییرات با شاخص اکووالانس ریک و شوکلا مشاهده شد (شکل ۱). در پژوهشی خان و همکاران (۱۸) با مقایسه مدل‌های مختلف تجزیه پایداری عملکرد برای ژنوتیپ گندم دوروم در ۹ محیط طی سه سال، به همبستگی مثبت و معنی‌دار میان آماره‌های ضریب تغییرات با شاخص اکووالانس ریک و شوکلا اشاره کردند. بین ضریب تغییرات با میانگین عملکرد همبستگی معنی‌داری مشاهده نشد ولی با واریانس محیطی همبستگی مثبت و معنی‌داری دیده شد (شکل ۱). در پژوهشی که به ارزیابی اثر متقابل ژنوتیپ × محیط ۲۰ ژنوتیپ در شرایط دیم و آبی نخود در طی سه سال زراعی با استفاده از تجزیه مسیر، عدم همبستگی معنی‌دار میان ضریب تغییرات و میانگین عملکرد و همبستگی مثبت و معنی‌دار میان ضریب تغییرات با واریانس محیطی گزارش شده است (۱۳). همبستگی مثبت و معنی‌داری میان آماره واریانس محیطی و میانگین عملکرد وجود داشت که در تضاد با نتایج محققین دیگر بود. دهقانی و همکاران (۹) در پژوهشی که به بررسی اثر متقابل ژنونتیپ × محیط ۱۱ ژنوتیپ عدس در ۲۰ محیط دیم و ارتباط بین آمارهای پایداری تک متغیره پرداخته‌اند، همبستگی منفی و معناداری بین واریانس محیطی و میانگین عملکرد را گزارش دادند. بین شاخص‌های واریانس پایداری شوکلا، اکووالانس ریک، ضریب تغییرات و واریانس محیطی با میانگین مربعات انحراف از خط رگرسیون همبستگی مثبت و معنی‌دار و با ضریب تشخیص همبستگی منفی و معنی‌دار وجود داشت (شکل ۱). آماره‌های S^2d_i، σ_i^2، W_i^2، CV_i^2 و S_i^2 همبستگی مثبت و معنی‌داری با هم داشتند این آماره‌ها در تشخیص ژنوتیپ پایدار کارایی دارند. زارعی و همکاران (۳۷) در ارزیابی پایداری ۲۰ ژنوتیپ گندم نان در دو مکان طی دو سال زراعی در شرایط تنش خشکی، همبستگی مثبت و معنی‌داری میان واریانس پایداری شوکلا، اکووالانس ریک، با میانگین مربعات انحراف از خط رگرسیون را مشاهده کردند. میان ضریب رگرسیون و ضریب تشخیص همبستگی مثبتی وجود داشت ضریب تشخیص با دیگر آماره‌ها همبستگی منفی داشت (شکل ۱). در پژوهشی که به بررسی اثر متقابل ژنوتیپ × محیط برای عملکرد دانه ۱۵ ژنوتیپ کلزا به‌همراه یک رقم شاهد در چهار منطقه سرد و معتدل در دو سال زراعی، به عدم همبستگی معنی‌دار میان ضریب رگرسیون با ضریب تشخیص اشاره شده است (۲۲).

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2025-12-08]

[DOI: 10.52547/jcb.14.44.227]



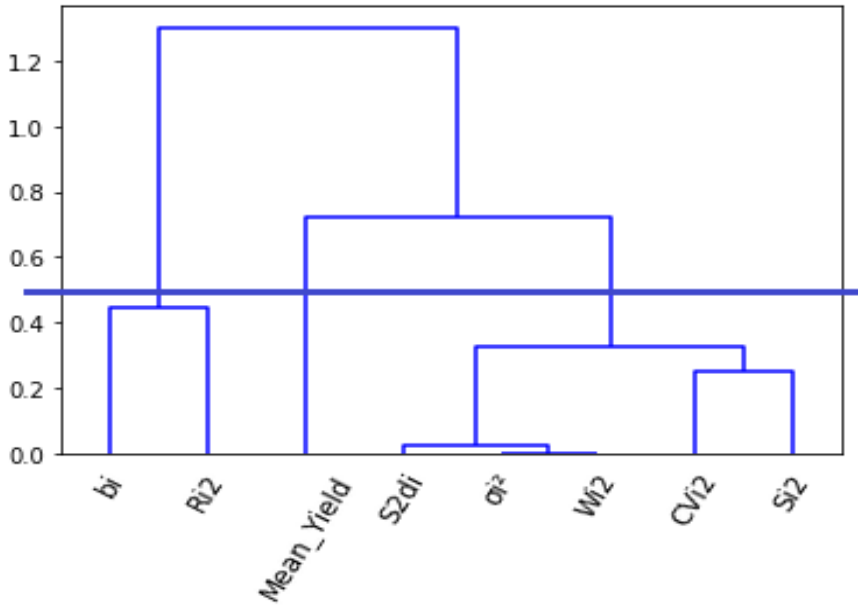
شکل ۱- ضرایب همبستگی رتبه‌ای آماره‌های پایداری پارامتری و میانگین عملکرد، R_i^2: ضریب تشخیص پنتوس، b_i: ضریب رگرسیون فینلی و ویلکینسون، S^2_{di}: انحراف از رگرسیون ابرهارت و راسل، W_i^2: اکووالانس ریک، σ_i^2: واریانس پایداری شوکلا، S_i^2: واریانس محیطی رومر و CV_i^2: ضریب تغییرات فرانسیس و کاننبرگ، Mean_Yeild: میانگین عملکرد

Figure 1. Rank correlation coefficients of parametric stability statistics and mean performance, Ri2: Pentus detection coefficient, bi: Finley and Wilkinson regression coefficient, S2di: deviation from Eberhart and Russell regression, Wi2: Wrick equivalence, σi²: Shukla stability variance, Si2: Roemer, CVi2: Francis & Cannenberg Variation Coefficient, Mean_Yeild: Mean Performance

تجزیه خوشه‌ای آماره‌های پایداری پارامتری و میانگین عملکرد

از تجزیه خوشه‌ای به‌منظور درک بهتر از روابط میان آماره‌های پارامتری ی بر اساس روش Ward و فاصله اقلیدوسی بار اساس واریانس درون گروهی متغییرها استفاده شد (شکل ۲). بر اساس نتایج تجزیه خوشه‌ای آماره‌های پارامتری در سه خوشه اصلی قرار گرفتند. خوشه اول شامل آماره‌های b_i و R_i^2 بود که همبستگی مثبتی نیز میان این دو آماره مشاهده گردید (شکل ۱). میانگین عملکرد در خوشه دوم قرار داشت. آماره‌های S^2d_i، σ_i^2، W_i^2، CV_i^2 و S_i^2 در خوشه سوم قرار داشتند آماره‌هایی که در گروه سوم قرار داشتند دارای همبستگی مثبت و معنی‌داری نیز بودند بر اساس آماره‌های S^2d_i، σ_i^2، W_i^2 و CV_i^2 ژنوتیپ شماره ۵ و ۱۶ و بر اساس آماره‌های S^2d_i، σ_i^2، W_i^2 و S_i^2 ژنوتیپ شماره ۱۵ و ۱۶ ژنوتیپ‌های پایدار بودند در واقع نتایج همدیگر را تأیید می‌کنند این گروه قادر به شناسایی ژنوتیپ پایدار با عملکرد بالا بود (شکل ۱). زینل‌زاده تبریزی و همکاران (۳۸) در بررسی پایداری عملکرد دانه ۱۳ لاین امیدبخش کنجد در سه منطقه کرج، مشهد و مغان در دو سال زراعی، از تجزیه خوشه‌ای آماره‌های پایداری پارامتری استفاده کردند و بر اساس نتایج پژوهش آن‌ها آماره‌های پارامتری ضریب تغییرات، اکووالانس ریک، شوکلا و انحراف از خط رگرسیون در یک گروه قرار داشتند.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2025-12-08]
[DOI: 10.52547/jcb.14.44.227]

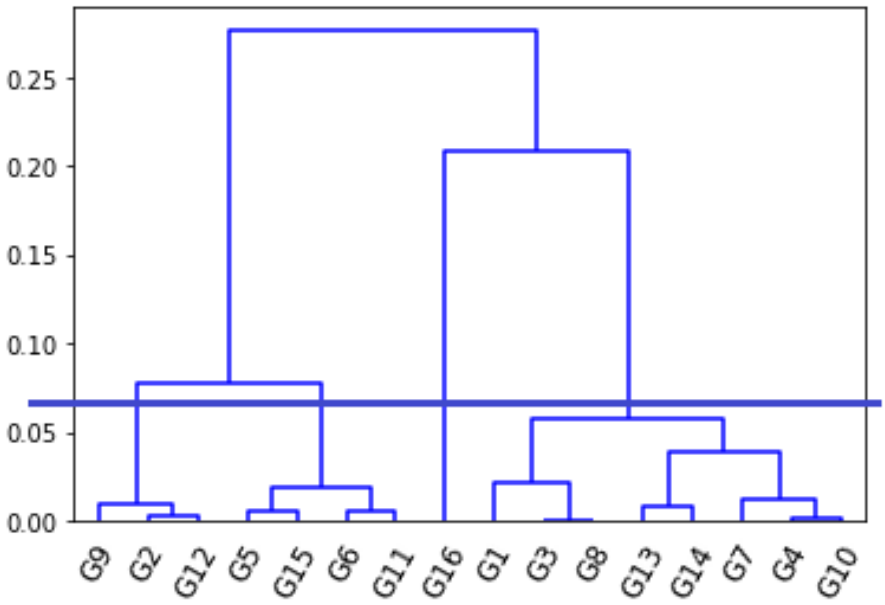


شکل ۲- تجزیه خوشه‌ای آماره‌های پارامتری و میانگین عملکرد ژنوتیپ‌های عدس در چهار سال
Figure 2. Cluster analysis of parametric statistics and average yield of lentil genotypes in four years

تجزیه خوشه‌ای ژنوتیپ‌های عدس بر اساس آماره‌های پارامتری و میانگین عملکرد

با توجه به نتایج تجزیه خوشه‌ای (شکل ۳)، ژنوتیپ‌های عدس بر اساس میانگین عملکرد وآماره‌های پایداری پارامتری در چهار سال در چهار خوشه اصلی قرار گرفتند. خوشه اول شامل ژنوتیپ‌های شماره ۹، ۲ و ۱۲ می‌باشد که ژنوتیپ شماره ۱۲ با توجه به آماره ضریب رگرسیون پایدارتر بود. ژنوتیپ‌های شماره ۵، ۱۵، ۶ و ۱۱ در گروه دوم قرار داشتند ژنوتیپ شماره ۵ بر اساس آماره‌های ریک، واریانس پایداری شوکلا، ضریب تغییرات محیطی، انحراف از خط رگرسیون و ضریب تشخیص به‌عنوان ژنوتیپ پایدار با عملکرد بالا شناسایی شد. ژنوتیپ شماره ۱۵ با توجه به آماره ریک، واریانس پایداری شوکلا، واریانس محیطی، ضریب تشخیص، ضریب تغییرات محیطی، انحراف از خط رگرسیون و ضریب رگرسیون ژنوتیپ پایدار بود. ژنوتیپ شماره ۵ بر اساس آماره‌های ریک، واریانس پایداری شوکلا، ضریب تغییرات محیطی، انحراف از خط رگرسیون و ضریب تشخیص به‌عنوان ژنوتیپ پایدار با عملکرد بالا شناسایی شد. ژنوتیپ شماره ۱۱ بر اساس آماره ضریب تشخیص ژنوتیپ پایدار بود. خوشه سوم شامل ژنوتیپ شماره ۱۶ بود ژنوتیپ شماره ۱۶ بر اساس آماره‌های اکووالانس ریک، واریانس پایداری شوکلا، واریانس محیطی، ضریب تغییرات محیطی و انحراف از خط رگرسیون ژنوتیپ پایدار شناسایی شد که همبستگی مثبت و معنی‌داری نیز میان این آماره‌ها مشاهده گردید. بر اساس نتایج پژوهشی که به بررسی پایداری عملکرد دانه ۱۳ لاین امیدبخش کنجد با استفاده از روش‌های مختلف پارامتری و ناپارامتری، بر اساس آماره‌های پارامتری به گروه‌بندی لاین‌های امیدبخش کنجد پرداختند و بر اساس نتایج آن‌ها لاین‌های شناسایی شده به‌عنوان لاین پایدار با توجه به آماره‌های اکووالانس ریک، واریانس پایداری شوکلا، ضریب تغییرات محیطی و انحراف از خط رگرسیون در یک گروه قرار داشتند (۳۸). در خوشه چهارم ژنوتیپ‌های ۱، ۳، ۸، ۱۳، ۱۴، ۷، ۴ و ۱۰ قرار داشتند. ژنوتیپ شماره ۱۳ بر اساس آماره‌های واریانس محیطی و ضریب تغییرات ژنوتیپ پایدار معرفی شد. ژنوتیپ شماره ۱ بر اساس آماره‌های اکووالانس ریک، شوکلا، واریانس محیطی، انحراف از خط رگرسیون، ضریب رگرسیون و ضریب تشخیص ژنوتیپ ناپایدار معرفی شد (شکل ۳). با توجه به آماره‌های اکووالانس، ریک، ضریب‌تغییرات محیطی و انحراف از خط رگرسیون ژنوتیپ شماره ۳ ناپایدار بود. ژنوتیپ شماره ۱۰ بر اساس آماره‌های واریانس‌محیطی، ضریب‌تغییرات محیطی، ریک، واریانس پایداری شوکلا، ضریب‌تغییرات محیطی و انحراف از خط رگرسیون به‌عنوان ژنوتیپ ناپایدار شناسایی شد. تبریزی (۳۲) در ارزیابی پایداری عملکرد شش رقم آفتابگردان در شهرستان خوی از تجزیه خوشه‌ای بر اساس آماره‌های پارامتری برای شناسایی گروه ژنوتیپ‌های پایدار درآفتابگردان استفاده شد و بر این اساس ژنوتیپ‌ها به سه خوشه تقسیم شدند. همچنین در پژوهش دیگری که بررسی اثر متقابل ژنوتیپ × محیط و تجزیه خوشه‌ای برای عملکرد دانه هشت ژنوتیپ باقلا و ژنوتیپ شاهد برکت در طی سه سال پرداخته شده است، با استفاده از تجزیه خوشه‌ای بر اساس آماره‌های پارامتری ژنوتیپ‌های باقلا را به به دو گروه تقسیم‌بندی کردند (۳۲).

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2025-12-08]
[DOI: 10.52547/jcb.14.44.227]



شکل ۳- تجزیه خوشه‌ای ۱۶ ژنوتیپ عدس بر اساس میانگین عملکرد وآماره‌های پایداری پارامتری در چهار سال
Figure 3. Cluster analysis of 16 lentil genotypes based on average yield and parametric stability statistics in four years

تمامی آماره‌های پایداری استفاده شده در این پژوهش به استثناء آماره‌های ضریب رگرسیون و واریانس محیطی قادر به شناسایی ژنوتیپ‌های پایدار با عملکرد بالا بودند. بر اساس اکووالانس ریک، واریانس پایداری شوکلا، ضریب‌تغییرات محیطی، انحراف از خط رگرسیون و ضریب تشخیص ژنوتیپ شماره ۵ به‌عنوان ژنوتیپ پایدار با عملکرد بالا شناسایی شد. همچنین با توجه به همبستگی رتبه‌ای همبستگی مثبت و معنی‌داری نیز میان این آماره‌ها مشاهده گردید. بر اساس تجزیه خوشه‌ای آماره‌های پارامتری نیز در یک گروه قرار گرفتند. با توجه به نتایج کلی حاصل از این پژوهش ژنوتیپ شماره ۵ (FLIP2014-032L) با میانگین عملکرد دانه ۱۵۷۴/۶۸ کیلوگرم در هکتار به‌عنوان ژنوتیپ پایدار معرفی شد و این ژنوتیپ را می‌توان برای کشت در محیط‌های مختلف مشابه با اقلیم مورد مطالعه در این پژوهش پیشنهاد نمود و یا از آن در برنامه‌های اصلاحی برای افزایش عملکرد به‌عنوان یکی از والدین در تلاقی‌ها استفاده گردد.

منابع

1. Ahmadi, J., B. Vaezi and A.R. Pour-Aboughadareh. 2014. Evaluation of Forage Yield Stability of Advanced lines of Grass pea (*Lathyrus sativa* L.) by Parametric and Non- Parametric Methods. Journal of Crop Breeding, 17(8): 159-159.
2. Akbarpour, O.A., H. Dehghani and B. Sorkhi-Lalehloo. 2012. Study of grain yield stability of barley (*Hordeum vulgare* L.) promising lines in cold regions of Iran using regression methods. Iranian Journal of Crop Sciences, 14(2): 155-170 (In Persian).
3. Alishah, O., M. Vanda, M.R. Rahemi, M.H. Hekmat, M. Fathi, M.r. Vafaei, A. Naderi Arefi, S.Y. Masoumi, M.J. Aghaei and M.B. Khorshidi. 2022. Genotype by Environment Interaction and yield Stability Assessment in new promising Cotton Genotypes by Parametric, AMMI and GGE Biplot Analysis Methods. Journal of Crop Breeding, 40: 50-59 (In Persian).
4. Anoma, A., R. Collins and D. McNeil. 2014. The value of enhancing nutrient bioavailability of lentils: the Sri Lankan Scenario. African Journal of Food, Agriculture, Nutrition and Development, 14(7): 29-43.
5. Badooei Delfard, R., K.H. Mostafavi and A. Mohammadi. 2016. Genotype-Environment Interaction and Yield Stability of Winter Barley Varieties (*Hordeum vulgare* L.). Journal of Crop Breeding, 20: 99-106 (In Persian).
6. Calish, L. and S. Houshmand. 2011. Estimate of heritability and relationship of some durum wheat characters using recombination inbred lines. Electronic Journal Crop Products, 4: 223-238 (In Persian).
7. Carvalho, L.P., C.C. Salgado, F.J.C. Farias and V.Q. Carneiro. 2015. Stability and adaptability of cotton genotypes for fiber quality. Ciência Rural, 45: 598-605.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2025-12-08]
[DOI: 10.52547/jcb.14.44.227]

8. Costa, J.G.C., C.A. Rava, F.J.P. Zimmermann and L.C. Melo. 2008. Yield stability and adaptability of common bean line developed by Embrapa. Pesquisa Agropecuária Tropical, 2(38): 141-145.
9. Dehghani, H., S.H. Sabaghpour and N. Sabaghnia. 2008. Environment interaction for grain yield of some lentil genotypes and relationship among univariate stability statistics. Spanish Journal of Agricultural Research, 6(3): 385-394.
10. Eberhart, S.A. and W.A. Russel. 1966. Stability parameters for comparing varieties. Crop Science, 6, 36-40.
11. Farshadfar, E., S.H. Sabaghpour and H. Zali. 2012. Comparison of parametric and non-parametric stability statistics for selecting stable chickpea (*Cicer arietinum* L.) genotypes under diverse environments. Crop Science, 6(3): 514-524.
12. Farshadfar, E. 2008. Incorporation of AMMI stability value and grain yield in a single nonparametric index (GSI) in bread wheat. Pakistan Journal of Biological Sciences, 11(14): 1791-1796.
13. Farshadfar E., E. Mahtabi and M.M. Jowkar. 2013. Evaluation of genotype × environment interaction in chickpea genotypes using path analysis. International journal of Advanced Biological and Biomedical Research, 1(6): 583-593.
14. Finlay, K.W. and G.N. Wilkinson. 1963. The analysis of adaptation in plant-breeding programs. Australian Journal of Agricultural Research, 14: 742-754.
15. Francis, T.R. and L.W. Kannenberg. 1978. Yield stability studies in short-season maize. 1. A descriptive method for grouping genotypes. Canadian Journal of Plant Science, 58: 1029-1034.
16. Kalateh Jari1, S., K.H. Mostafavi and A. Nabipour. 2014. Interaction of Genotype and Environment on the Open Pollinated Sunflower (Helianthus annuus) Cultivars Based on Parametric Methods and Tai Method. Journal of Crop Breeding, 17: 114-122 (In Persian).
17. Karimizadeh, R. and M. Mohammadi. 2011. Determining the interaction of genotypes environment using parametric and nonparametric methods of phenotypic stability in lentil genotypes. Modern Genetics Journal, 6: 75-86 (In Persian).
18. Khan, M.A.U., F. Mohammad, F.U. Khan, S. Ahmad, M.A. Raza and T. Kamal. 2020. Comparison among different stability models for yield in bread wheat. Sarhad Journal of Agriculture, 36(1): 282-290.
19. Majnoun Hosseini, N. 2008. Grain legume production (4th ed) Jihad-Daneshghahi Publishing Organization, Tehran. 283 pp (In Persian).
20. Maleia, M.P., A. Raimundo, L.D. Moiana, J.O. Teca, F. Chale, E. Jamal, J.N. Dentor and B.A. Adamugy. 2017. Stability and adaptability of cotton (*Gossypium hirsutum* L.) genotypes based on AMMI analysis. Australian Journal of Crop Science, 11: 367- 372.
21. Mostafavi, K., S. Hosseini Imeni and M. Firoozi. 2014. Stability Analysis of Grain Yield in Lineas and Cultivars of Rice (*Oriza sativa* L.) Using AMMI (Additive Main effects and Multiplicative Interaction) Method. Iranian Journal of Field Crop Science, 45(3): 445-452 (In Persian).
22. Motthari, A.R., E. Majidi Hervan, B. Alizadeh and M. Khosroshali. 2018. Interaction effect of genotype×environment forseed yield of winter hybrids and open pollinated oilseed rape (*Brassica napus* L.) genotypes. Iranian Journal of Crop Sciences, 20(3): 237-251 (In Persian).
23. Najafi Mirak, T., M. Dastfal, B. Andarzian, H. Farzadi, M. Bahari and H. Zali. 2017. 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.
24. Omidi, A.H., M.R. Shahsavari, S. Motalebipour and A.A. Mohammadi. 2010. Estimation of adaptability and stability of new spring safflower lines for seed and oil yields in different environmental conditions. Seed and Plant Improvement Journal, 26: 351-366 (In Persian).
25. Pinthus, M.J. 1973. Estimate of genotypic value: A proposed method. Euphytica, 22, 121- 123.
26. Ramazani, A. 2012. The study of yield stability of rice genotypes in Isfahan province. Cereal Research Communications, 2(3): 181-192 (In Persian).
27. Roemer, J. 1917. Sinde die ertagdreichen Sorten ertagissicherer? DLG-Mitteilungen 32: 87-89.
28. Roozeboom, K.L., T.W. Schapaugh, M.R. Tuinstra, R.L. Vanderlip and G. Milliken. 2008. Testing wheat in variable environments: Genotype, environment, interaction effects, and grouping test locations. Crop Science, 48: 317-330.
29. Razmi, Z., B. Masuodi, E. Hezarjaribi, A. Andarkhor, A. Faraji and Sh. Kia. 2022. Yield Evaluation of Soybean Genotypes across Diverse Environments by Statistical Parameters and GGE biplot. Journal of Crop Breeding, 40: 74- 82 (In Persian).
30. Shukla, G.K. 1972. Some statistical aspects of partitioning genotype-environmental components of variability. Heredity, 29: 237-245.
31. Sabaghpour, S.H. 2007. Stability analysis of grain yield for promising lentil lines in autumn planting under dryland conditions. Iranian Journal of Crop Sciences, 8(4): 312-322 (In Persian).
32. Sarparast, R., F. Sheikh and H.A. Sowghi. 2011 Investigation of genotype and environment interaction and cluster analysis for seed yield in different lines of faba bean (*Vicia faba* L.). Iranian Journal of Pulses Research, 2: 99-106 (In Persian).

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2025-12-08]

[DOI: 10.52547/jcb.14.44.227]

33. Shooshtari, M., H. Safari, M. Fayaz, M. Akbarzadeh and S. Nateghi. 2012. Evaluation of forage production stability of a few rangeland species using univariate parametric and nonparametric methods on Gavanbane Harsin rangelands in Kermanshah province. Iranian Journal of Range and Desert Reseach, 20: 570-583 (In Persian).
34. Tabrizi, H.Z. 2012. Genotype by environment interaction and oil yield stability analysis of six sunflower cultivars in Khoy, Iran. Advances in Environmental Biology, 6: 227-231.
35. Temesgen, T., G. Keneni, T. Sefera and M. Jarso. 2015. Yield stability and relationships among stability parameters in faba bean (*Vicia faba* L.) genotypes. The Crop Journal, 3: 258-268.
36. Wrick, G. 1962. Über eine Methode zür Erfassung der Okologischen Streubreite in Feldresuchen. Z. Pflanzenzuchtg, 47: 92-96.
37. Zarei, L., E., Farshadfar, R. Haghparast, R. Rajabi, M. Mohammadi Sarab Badieh and H. Zali. 2012. Comparison of different methods of stability evaluation in bread wheat genotypes under drought stress conditions. Electronic Journal of Crop Breeding, 5(3): 81-97 (In Persian).
38. Zeinalzadeh-Tabrizi, M., S. Mansouri and A. Fallah-Toosi. 2021. Evaluation of Seed Yield Stability of Promising Sesame Lines using Different Parametric and Nonparametric Methods. Plant Genetic Researches, 8: 43-60.
39. Yan, W., M.S. Kang, S. Woods and P.L. Cornelius. 2007. GGE Biplot vs AMMI analysis of genotype by environment data. Crop Sciences, 47: 643-655.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2025-12-08]

[DOI: 10.52547/jcb.14.44.227]

Evaluation of Grain Yield Stability of Lentil Genotypes using Parametric Methods in Rainfed Conditions of Khorramabad

Samaneh Akbari[1], Omid Ali Akbarpour[2] and Payam Meschikpour[3]

1- M.Sc. Student of genetics and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Lorestan University
2- Assistant Professor, Department of Plant Production and Genetics Engineering, Faculty Agriculture Lorestan University, (Corresponding author: omidakbarpour@gmail.com)
3- Assistant Professor, Crop and Horticultural Science Research Department, Lorestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Khorramabad, Iran
Received: 24 April, 2022 Accepted: 31August, 2022

Extended Abstract

Introduction and Objective: The interaction of genotype × environment causes significant differences between the reactions of genotypes in different environments. The yield and stability of cultivars are greatly affected by the interaction of genotype × environment. Numerous statistical methods have been introduced to estimate the interaction of genotype × environment and selection of stable and productive genotypes. This study was conducted to investigate the interaction between genotype × environment and grain yield stability and to introduce the best genotype and also to evaluate the efficiency of parametric methods in selecting stable genotypes with high yield.

Material and Methods: This study was conducted during four cropping years (2016-2020) at Sarab Changai Agricultural Research Station in Khorramabad. The experiment consisted of 14 lentil genotypes along with two control genotypes of Gachsaran and Sepehr. The experiment was performed in a randomized complete block design with three replications.

Results: Composite variance analysis showed significant effects on the interaction effect of year, genotype and genotype×environment. The importance of the interaction between genotype and environment can be inferred that the performance of cultivars in different environments is not the same and fluctuates, and stable genotypes can be identified. Considering this issue, the interaction effect of genotype × environment and the selection of stable genotypes were investigated. Based on statistics Wrick, Shukla variance, environmental coefficient of variation, coefficient of deviation from regression and coefficient of determination, genotype 5 was identified as a stable and high yield genotype. Also, based on the rank correlations, a positive and significant correlation was observed between Wrick, Shukla variance, environmental coefficient of variation and coefficient of deviation from regression. Based on the results of cluster analysis, parametric statistics were in three main clusters. Wrick, Shukla, coefficient of environmental changes and coefficient of deviation from regression were placed in one group and in the third cluster. According to the results of cluster analysis, lentil genotypes were divided into four main clusters based on average yield and parametric stability statistics of genotypes, with genotype 5 in the second group.

Conclusion: Based on the results of this study, the parametric stability methods except for regression coefficient and environmental variance statistics, were able to identify stable, high-yield genotypes. In general, according to the most of the parametric stability methods, genotype 5 (FLIP2014-032L) with a mean grain yield of 1574.68 kg ha^{-1} was introduced as a stable genotype and was proposed to cultivate in the similar environments climate.

Keywords: Cluster analysis, Combined analysis, Correlation, lentil, Stability methods

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2025-12-08]

[DOI: 10.52547/jcb.14.44.227]