

## تعیین رتبه و پایداری ژنوتیپ‌های عدس با استفاده از آمار ناپارامتری

رحمت‌الله کریمی‌زاده<sup>۱\*</sup>، منصور صفی‌خانی نسیمی<sup>۱</sup>، محتشم محمدی<sup>۱</sup>، فرامرز سیدی<sup>۲</sup>، علی اکبر محمودی<sup>۳</sup> و برزو رستمی<sup>۴</sup>

(تاریخ دریافت: ۱۳۸۵/۱۲/۱؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۸۶/۷/۸)

### چکیده

یکی از کاربردهای روش‌های ناپارامتری در اصلاح نباتات تعیین نمره ژنوتیپ‌ها در محیط‌های مختلف می‌باشد که به عنوان روشی برای تعیین پایداری به کار برده می‌شود. ژنوتیپ پایدار رتبه‌های مشابهی را در محیط‌های مختلف نشان می‌دهد و دارای واریانس نمره حداقل در محیط‌های مختلف است. در آماره‌های ناپارامتری پایداری برقراری فرض‌های آماری توزیع ارزش‌های فنوتیپی ضروری نیست و استفاده از آنها آسان است. بر این اساس در این تحقیق رتبه ۱۰ ژنوتیپ عدس در ۵ منطقه به مدت ۲ سال در فصول رشد ۱۳۸۱-۱۳۸۲ تعیین شد. طرح آزمایشی مورد استفاده، بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار بود. نتایج تجزیه ناپارامتری آماره‌های  $NP_1$ ،  $NP_2$ ،  $NP_3$ ،  $NP_4$  و  $NP_5$  نتارزو به ترتیب ژنوتیپ‌های (۸ و ۹)، (۸، ۹)، (۸ و ۹)، (۸ و ۹)، (۱ و ۹)، (۱ و ۹) و (۱ و ۹) را پایدارترین ژنوتیپ‌ها معرفی کرد. نتایج آماره‌های ناپارامتری نصار و هان با توجه به نمودار دو طرفه  $S_1^{(1)}$  با میانگین عملکرد، ژنوتیپ‌های شماره ۱ و ۲ را که در ناحیه اول قرار داشتند دارای پایداری بالا نشان داد. ژنوتیپ‌های شماره ۵، ۶، ۸ و ۹ در ناحیه دوم قرار گرفتند که حساسیت بالایی به تغییرات محیطی نشان دادند و عملکرد بالایی در محیط‌های مطلوب داشتند. ژنوتیپ‌های شماره ۳ و ۴ در ناحیه سوم قرار گرفتند و سازگاری عمومی ضعیفی را در مجموع محیط‌ها نشان دادند. سایر ژنوتیپ‌ها (۷ و ۱۰) در ناحیه چهارم قرار گرفتند که سازگاری عمومی متوسط با عملکردی پایین‌تر از میانگین کل دارا بودند. بر این اساس ژنوتیپ‌هایی که در ناحیه اول قرار می‌گیرند به عنوان ژنوتیپ‌های پایدار انتخاب می‌شوند که دارای سازگاری خوب به همه محیط‌ها می‌باشند. اگر هدف تعیین سازگاری باشد، آماره‌های  $S_1^{(1)}$  و  $S_1^{(2)}$  نسبت به سایر معیارهای ناپارامتری مورد مطالعه در اولویت هستند.

واژه‌های کلیدی: پایداری، ژنوتیپ، عدس، عملکرد، ناپارامتری

### مقدمه

کمک می‌کند تا در ارزیابی ژنوتیپ‌ها، با دقت بیشتری عمل کرده و بهترین ژنوتیپ‌ها را انتخاب کنند (۵ و ۱۶). روش‌های زیادی برای تجزیه اثر متقابل ژنوتیپ × محیط ارائه شده است. فلورس و همکاران (۶) این روش‌ها را به سه گروه پارامتری، ناپارامتری

پدیده اثر متقابل ژنوتیپ × محیط برای دانشمندان علوم ژنتیک، اصلاح نباتات و اصلاح دام دارای اهمیت ویژه‌ای است (۲). آگاهی از اثر متقابل ژنوتیپ × محیط به اصلاح گران نبات

۱. اعضای هیئت علمی مؤسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور، ایستگاه گچساران
  ۲. عضو هیئت علمی مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، گنبد
  ۳. عضو هیئت علمی مؤسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور، ایستگاه شیروان
  ۴. عضو هیئت علمی مؤسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور، سرارود کرمانشاه
- \*: مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: Karimizadeh\_ra@yahoo.com

و چندمتغیره تقسیم‌بندی کردند. آنها ۲۲ روش تعیین پایداری شامل، ۶ روش یک متغیره پارامتری، ۹ روش یک متغیره ناپارامتری و ۷ روش چندمتغیره را در دو مجموعه آزمایش‌های انجام شده در گیاهان نخود و باقلا مورد بررسی قرار دادند، در نهایت با استفاده از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی و پلات کردن مؤلفه‌های اصلی اول و دوم روش‌های مختلف را گروه‌بندی کردند. در داده‌های مربوط به گیاه باقلا ۲۲ پارامتر پایداری در پنج گروه و در داده‌های مربوط به گیاه نخود در چهار گروه دسته‌بندی شدند. در هر دو مجموعه داده‌ها پارامترهای  $S_1^{(1)}$  و  $S_1^{(2)}$  در یک گروه قرار گرفتند.

روش‌های ناپارامتری زیادی برای تعیین پایداری ارقام پیشنهاد شده است که در اکثر آنها ارقام در هر محیط رتبه‌بندی می‌شوند و ژنوتیپی پایدار محسوب می‌شود که در همه محیط‌ها رتبه مشابه داشته باشد و یا کمترین اختلاف رتبه را در محیط‌های مختلف دارا باشد (۶، ۷، ۹، ۱۰ و ۱۵). بورتز و همکاران (۳) معتقدند صحت و درستی نتایج حاصل از تجزیه‌های آماری بستگی زیادی به چند فرض مثل نرمال بودن توزیع، مستقل بودن و یک‌نواختی واریانس‌ها دارد در حالی‌که در روش‌های ناپارامتری برقراری فرض‌های اولیه ضرورتی ندارد. نصار و هان (۱۵) اظهار داشتند، معیارهای ناپارامتری نیاز به فرض‌های نرمال بودن و مستقل بودن داده‌ها یا یک‌نواختی واریانس خطاها ندارند و در مقایسه با معیارهای پارامتری به خطا یا داده‌های پرت حساسیت کمتری دارند و از طرف دیگر اضافه یا حذف نمودن یک یا تعداد کمی از ژنوتیپ‌ها بر شاخص پایداری اثری ندارد ضمن آن‌که تجزیه، تحلیل و تفسیر معیارهای ناپارامتری بسیار ساده‌تر از معیارهای پارامتری است. آنها این ویژگی‌ها را به عنوان مزایای معیارهای ناپارامتری نسبت به معیارهای پارامتری در نظر گرفتند (۱۵).

هان و لئون (۱۱) معتقدند پیشرفت سریع روش‌های ناپارامتری در سال‌های اخیر، سبب افزایش استفاده از آنها در طرح‌های پژوهشی مهم شده است. آنها هم‌چنین بیان داشتند که روش‌های ناپارامتری بیشتر برای داده‌های دوطرفه ارقام و

محیط‌ها استفاده می‌شوند. هم‌چنین در این روش‌ها بهتر است ارقام در هر محیط با تعداد تکرار ثابت آزمون شوند (۱۱). استفاده از روش‌های ناپارامتری به ویژه وقتی که روش‌های پارامتری به دلیل اثر متقابل غیرخطی ژنوتیپ  $\times$  محیط قابل توضیح و تفسیر نباشند، لازم می‌باشد (۱۳). هانومن و پراب‌هاکاران (۷) و تنارازو (۱۸) اظهار داشتند اگر اندازه نمونه بسیار کوچک باشد، استفاده از روش‌های ناپارامتری صحیح نخواهد بود مگر این‌که ماهیت نمونه‌ها کاملاً شناخته شده باشد ولی اگر اندازه نمونه‌ها به قدر کافی بزرگ باشد، کارایی معیارهای ناپارامتری و پارامتری برابر می‌شود. رتبه ژنوتیپ در یک محیط خاص نباید براساس ارزش فنوتیپی آن باشد چرا که پایداری باید مستقل از اثر ژنوتیپی به‌دست آید (۱۸). تنارازو پیشنهاد کرد که به منظور حذف اثر ژنوتیپی عملکرد، عملکرد هر رقم ابتدا تصحیح شود و سپس هر ژنوتیپ برحسب عملکرد تصحیح شده خود رتبه‌بندی گردد، در این حالت رتبه‌های به‌دست آمده فقط براساس اثر متقابل ژنوتیپ  $\times$  محیط و نیز خطای آزمایشی خواهند بود. چهار پارامتر پایداری  $NP_{(1)}$ ،  $NP_{(2)}$ ،  $NP_{(3)}$  و  $NP_{(5)}$  توسط تنارازو (۱۸) ارایه شد.

در آزمایشی لو (۱۴) تعداد ۵ واریته ذرت را در ۳ مکان و ۲ سال (۶ محیط) ارزیابی کرد و بر اساس نتایج به‌دست آمده مقادیر پارامترهای  $S_1^{(1)}$  و  $S_1^{(2)}$  را به ترتیب ۱/۲ و ۱/۰۶ برای واریته شماره ۱ برآورد نمود و آن را به عنوان پایدارترین ژنوتیپ معرفی نمود (۱۴). در تحقیق دیگری که توسط کایا و تانر (۱۲) روی ۹ ژنوتیپ گندم نان در ۱۱ محیط (مکان‌های مختلف) در فصل زراعی ۲۰۰۳-۲۰۰۲ در ترکیه و با ۴ تکرار انجام شد، سایر پارامترهای نصار و هان (۱۵) محاسبه شد و تجزیه داده‌ها نشان داد که ژنوتیپ‌های شماره ۴ و ۸ با مقادیر  $S_1^{(1)}$  به ترتیب برابر با ۲/۶۹ و ۳/۰۱۸ و هم‌چنین مقادیر  $S_1^{(2)}$  به ترتیب برابر با ۴/۴۵۴ و ۶/۴۷۲ با میانگین عملکرد ۳۸۲۱ و ۳۸۸۲ پایدارترین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه گزارش گردیدند. آنها معیارهای ناپارامتری پایداری را آلترناتیو مفیدی برای معیارهای پارامتری معرفی نمودند و هم‌چنین نمایش دوبعدی

۱۳۸۰) و در پلات‌هایی با طول ۴ متر و عرض ۱ متر بر روی ۴ خط با فاصله ۲۵ سانتی‌متر و تراکم ۲۰۰ دانه در مترمربع کشت گردید. عملیات تهیه زمین شامل شخم، دیسک، تسطیح و فارور به‌طور معمول به عمل آمد. در طول مدت رشد و نمو از صفات مهم زراعی همچون تاریخ سبز شدن، درصد سبز، تعداد روز تا ۵۰ درصد گل‌دهی، تعداد روز تا رسیدن کامل، تیپ بوته، ارتفاع بوته و آفات و بیماری‌ها یادداشت‌برداری به عمل آمد. در این تحقیق سعی خواهد شد که با استفاده از روش‌های تنارازو (۱۸) و نصار و هان (۱۵) پایدارترین ژنوتیپ‌های عدس شناسایی شوند.

معیار ناپارامتری  $NP_{(1)}$  بر اساس رابطه ارائه شده توسط هان در سال ۱۹۷۹ برای تعیین ژنوتیپ‌های پایدار محاسبه گردید.

$$NP_{(1)} = \frac{1}{S-1} \sum (r_{ij} - \bar{r}_i)^2 \quad [1]$$

از آنجا که پایداری باید مستقل از اثر ژنوتیپی به‌دست آید و رتبه یک ژنوتیپ در یک محیط خاص نباید براساس ارزش فنوتیپی آن باشد، به منظور حذف اثر ژنوتیپی عملکرد، برای هر رقم را ابتدا عملکرد تصحیح شد ( $x_{ij}^* = x_{ij} - \bar{x}_i$ ) و سپس هر ژنوتیپ را بر حسب عملکرد تصحیح شده خود ( $x_{ij}^*$ ) رتبه‌بندی گردید. در این حالت معیار رتبه‌های به‌دست آمده فقط براساس اثر متقابل ژنوتیپ  $\times$  محیط و نیز خطای آزمایشی بودند. چهار پارامتر دیگر براساس روابط ارائه شده توسط تنارازو (۱۸) محاسبه گردید.

$$NP_{(2)} = \frac{1}{S} \sum_{j=1}^S |r_{ij} - M_{di}| \quad [2]$$

$$NP_{(3)} = \frac{1}{S} \left[ \sum_{j=1}^S |r_{ij} - M_{di}| / M_{di}^* \right] \quad [3]$$

$$NP_{(4)} = \frac{\sqrt{\sum (r_{ij} - \bar{r}_i)^2 / S}}{\bar{r}_i^*} \quad (4)$$

$$NP_{(5)} = \frac{2}{S(S-1)} \left[ \sum_{j=1}^{s-1} \sum_{[j'=j+1]}^s |r_{ij} - r_{ij'}| / \bar{r}_i^* \right] \quad [5]$$

در پنج پارامتر فوق‌الذکر  $r_{ij}$  رتبه ژنوتیپ  $i$  ام در محیط  $j$  ام،  $M_{di}$  و  $M_{di}^*$  به ترتیب میانه رتبه‌های تصحیح شده و تصحیح

پارامترهای  $S_1^{(1)}$  و  $S_1^{(2)}$  در مقابل میانگین عملکرد را راه مناسبی برای انتخاب با کارایی بالا برای ژنوتیپ‌های پایدار گزارش کردند. در تحقیقی، تروبرگ و هان (۱۹) از داده‌های مربوط به عملکرد ۵ گیاه چاودار، سویا، لوبیا، چغندر قند و چغندر زراعی طی سال‌های ۱۹۸۵ تا ۱۹۸۹ مؤسسات ثبت بذر آلمان استفاده کردند. در این تحقیق چند روش ناپارامتری برای تجزیه داده‌ها به‌کار رفت و مقادیر اثرات متقابل برای گیاهان مختلف نشان داد که میزان اثر متقابل برای چغندر قند در سال‌های ۱۹۸۶، ۱۹۸۷ و ۱۹۸۹ معنی‌دار شده است و ضریب هم‌بستگی اسپیرمن نشان داد که بین پارامترهای هیلدبراند (۸) و کوبینگر (۱۳) هم‌بستگی بسیار بالا و معنی‌داری ( $r=0.93^{**}$ ) وجود دارد. هان (۱۰)، پارامتر پایداری جدیدی تحت عنوان واریانس محیطی برای محاسبه اثر محیط در آزمایش تک‌مکانی و ۲۴ ساله مربوط به رقم دیپلمات (Diplomat) گندم نان معرفی کرد که با استفاده از ضریب تنوع و کشیدگی منحنی داده‌ها به‌دست می‌آید.

با توجه به مزایای معیارهای ناپارامتری مبنی بر عدم نیاز به فرض‌های اولیه، حساسیت کمتر نسبت به داده‌های پرت، عدم تأثیر حذف و اضافه نمودن یک یا چند ژنوتیپ بر شاخص پایداری و تجزیه و تحلیل ساده‌تر آنها در این تحقیق سعی شده است با استفاده از روش‌های ناپارامتری تنارازو (۱۸) و نصار و هان (۱۵)، پایدارترین ژنوتیپ عدس را تعیین کرده و سپس نتایج روش‌های مختلف مقایسه شده و در نهایت بهترین روش‌ها توصیه شوند.

## مواد و روش‌ها

آزمایش‌های ناحیه‌ای مستلزم چند سال تکرار در چند منطقه می‌باشند این تحقیق به منظور دستیابی به ارقام پرمحصول و سازگار با شرایط آب و هوایی مناطق دیم معتدل و نیمه گرمسیری کشور، با ۱۰ لاین به همراه شاهد محلی (رقم گچساران) که از آزمایش‌های A-Test گزینش شده‌اند در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در ۴ تکرار و ۵ منطقه گرگان، کرمانشاه، شیروان، ایلام و گچساران به مدت دو سال (۱۳۸۱-

دارای کمترین عملکرد دانه، رتبه ۱ اختصاص داده شد. نام ژنوتیپ‌های عدس به کار رفته در این تحقیق در جدول ۱ و میانگین عملکرد، عملکرد تصحیح شده و رتبه ژنوتیپ‌ها در محیط‌های مختلف در جدول ۲ درج شده است. نتیجه ارزیابی ژنوتیپ‌های پایدار با استفاده از روش‌های ناپارامتری، مقادیر میانگین رتبه یا  $\bar{R}_i$  (Rank Mean)، انحراف معیار رتبه یا  $S_i^{(1)}$  (Standard Deviation of Rank)، پارامترهای پیشنهاد شده توسط تنارازو (۱۸) و پارامترهای  $S_i^{(2)}$  در جداول ۳ و ۴ درج شده‌اند. رتبه هر ژنوتیپ برای عملکرد دانه در مجموع آزمایش‌ها محاسبه و میانگین و انحراف معیار رتبه مربوط به هر ژنوتیپ در جدول ۲ آمده است. ژنوتیپ شماره ۹ در بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در این آزمایش با اختصاص کمترین میانگین رتبه و کمترین انحراف معیار رتبه (به ترتیب ۳/۱ و ۱/۳۳) به همراه ژنوتیپ‌های شماره ۸ و ۱ به عنوان پایدارترین ژنوتیپ‌ها انتخاب شدند. ژنوتیپ‌های شماره ۲، ۵ و ۶ در گروه دوم ژنوتیپ‌های پایدار و سایر ژنوتیپ‌ها (۳، ۴، ۷ و ۱۰) در گروه سوم ژنوتیپ‌های پایدار با اختصاص میانگین رتبه و انحراف معیار رتبه بیشتر در رده‌های بعدی قرار گرفتند. هانومن و پرابهاکاران (۷) معتقدند که ارقام در روش‌های میانگین رتبه و انحراف معیار رتبه قابل گروه‌بندی برای سازگاری عمومی و خصوصی نمی‌باشند که این موضوع به عنوان عیب اصلی این روش‌ها به شمار می‌رود. معیار پیشنهادی هان و چهار معیار پیشنهادی تنارازو (۱۸) که عبارت‌اند از  $NP_{(1)}$ ،  $NP_{(2)}$ ،  $NP_{(3)}$ ،  $NP_{(4)}$  و  $NP_{(5)}$  به طور جداگانه برای همه ژنوتیپ‌ها محاسبه و نتایج در جدول ۳ درج شده است. معیار  $NP_{(1)}$  هان، ژنوتیپ شماره ۹ را به عنوان پایدارترین ژنوتیپ معرفی می‌کند و ژنوتیپ‌های ۸ و ۱ را در رتبه‌های بعدی پایداری قرار می‌دهد. ژنوتیپ‌های شماره ۹، ۸، ۳ و ۱ با اختصاص کمترین مقدار آماره  $NP_{(2)}$  و ژنوتیپ‌های شماره ۱۰، ۹، ۸ و ۷ با اختصاص کمترین مقدار آماره  $NP_{(3)}$  به عنوان ژنوتیپ‌های با سازگاری عمومی معرفی شدند ولی به علت پایین بودن میانگین عملکرد ژنوتیپ‌های شماره ۳، ۷ و ۱۰ نسبت

نشده،  $S$  تعداد محیط و  $\bar{r}_i$  و  $\bar{r}_i^*$  به ترتیب میانگین رتبه‌های تصحیح نشده و تصحیح شده می‌باشد.

دو پارامتر ناپارامتری پایداری دیگر توسط نصار و هان (۱۵) معرفی شده است:

$$S_i^{(1)} = \frac{1}{2} \sum_{j=1}^{N-1} \sum_{j'=j+1}^N |r_{ij} - r_{ij'}| / [N(N-1)] \quad [6]$$

$$S_i^{(2)} = \sum_{j=1}^N (r_{ij} - \bar{r}_i)^2 / (N-1) \quad [7]$$

در اینجا  $\bar{r}_i$  میانگین رتبه ژنوتیپ  $i$  در همه محیط‌هاست. میانگین اختلاف رتبه ژنوتیپ  $i$  را روی تمام محیط‌ها اندازه می‌گیرد و  $S_i^{(2)}$  واریانس عمومی رتبه‌هاست.

$$\sum_{i=1}^k Z_i^{(m)} = \sum_{i=1}^k [S_i^{(m)} - E(S_i^{(m)})]^2 / (S_i^{(m)}) \quad [8]$$

روابط فوق تقریبی از آماره  $\chi^2$  هستند که درجه آزادی آن برابر با تعداد ژنوتیپ‌ها می‌باشد و تحت فرض صفر برابری پایداری همه ژنوتیپ‌ها،  $E(S_i^{(m)})$  و  $Var(S_i^{(m)})$  از فرمول‌های زیر محاسبه شدند (۱۴ و ۱۵).

$$E(S_i^{(1)}) = \frac{k^2 - 1}{3k} \quad [9]$$

$$Var(S_i^{(1)}) = \frac{(k^2 - 1)[(k^2 - 4)(N + 3) + 30]}{45k^2 N(N - 1)} \quad [10]$$

$$E(S_i^{(k)}) = \frac{K^2 - 1}{12} \quad (11)$$

$$Var(S_i^{(2)}) = \frac{(k^2 - 1)[2(k^2 - 4)(N - 1) + 5(k^2 - 1)]}{360N(N - 1)} \quad [12]$$

در روش‌های ارائه شده توسط نصار و هان عملکرد تصحیح شده از رابطه  $X_{ij}^* = X_{ij} - \bar{X}_{.j} + \bar{X}_{..}$  به دست آمده است.

## نتایج و بحث

در این تحقیق در روش‌های تنارازو (۱۸) به ژنوتیپ دارای بیشترین عملکرد دانه، رتبه ۱ و به ژنوتیپ دارای کمترین عملکرد دانه، رتبه ۱۰ و در روش‌های نصار و هان (۱۵) به ژنوتیپ دارای بیشترین عملکرد دانه، رتبه ۱۰ و به ژنوتیپ

جدول ۱. کد و نام ژنوتیپ‌های عدس

کد ژنوتیپ	نام ژنوتیپ
۱	FLIP 97-1L
۲	FLIP 82-1L
۳	FLIP 92-15L
۴	FLIP 96-9L
۵	FLIP 92-12L
۶	FLIP 96-4L
۷	ILL 7946
۸	ILL 6037
۹	ILL6199
۱۰	GACHSARAN

توجه به شکل ۱ چهار ناحیه مجزا می‌توان تشخیص داد، در ناحیه اول ژنوتیپ‌های دارای عملکرد بالاتر از میانگین کل و مقادیر پایین  $S_1^{(1)}$  و  $S_1^{(2)}$  قرار می‌گیرند، که در این تحقیق ژنوتیپ‌های شماره ۱ و ۲ در این ناحیه قرار گرفتند که سازگاری عمومی نسبت به محیط‌های مختلف نشان داد و به عنوان پایدارترین ژنوتیپ‌ها انتخاب شدند. در ناحیه دوم ژنوتیپ‌های با عملکرد بالاتر از میانگین کل و مقادیر بالای  $S_1^{(1)}$  و  $S_1^{(2)}$  قرار می‌گیرند، در این آزمایش ژنوتیپ‌های شماره ۵، ۶، ۸ و ۹ در این ناحیه قرار گرفتند که نشان‌دهنده حساسیت بالای این ژنوتیپ‌ها به تغییرات محیطی بوده و در نتیجه عملکرد بسیار بالایی در محیط‌های با شرایط مناسب دارند و برای مناطقی مثل گچساران و کرمانشاه توصیه می‌شوند. در ناحیه سوم ژنوتیپ‌های با عملکرد کمتر از میانگین کل و مقادیر بالای  $S_1^{(1)}$  و  $S_1^{(2)}$  قرار می‌گیرند، در این آزمایش ژنوتیپ‌های شماره ۳ و ۴ در این ناحیه قرار گرفتند. این ژنوتیپ‌ها با وجود دارا بودن عملکرد متوسط و نزدیک به میانگین کل به دلیل سازگاری عمومی ضعیف در گروه ارقام پایدار قرار نمی‌گیرند. در ناحیه چهارم، ژنوتیپ‌های با عملکرد کمتر از میانگین کل و مقادیر پایین  $S_1^{(1)}$  و  $S_1^{(2)}$  قرار گرفتند، ژنوتیپ‌های شماره ۷ و ۱۰ این آزمایش در این ناحیه قرار می‌گیرند. این ژنوتیپ‌ها هر چند دارای سازگاری عمومی متوسطی نسبت به محیط‌های مختلف هستند ولی به دلیل عملکرد پایین‌تر از میانگین، به عنوان ژنوتیپ‌های پایدار شناخته نشدند. با توجه به میانگین و واریانس آماره‌های نصار و هان (۱۵) در جدول ۴ می‌توان گفت که ژنوتیپ‌های با مقادیر  $S_1^{(1)}$  کمتر از میانگین  $S_1^{(1)}$  یا  $S_1^{(2)}$  یا  $S_1^{(2)}$  در گروه ارقام پایدار قرار می‌گیرند و مقادیر بیشتر از میانگین در گروه ارقام ناپایدار قرار می‌گیرند، در مورد  $S_1^{(2)}$  نیز وضعیت به همین ترتیب است، ژنوتیپ‌های با مقادیر  $S_1^{(2)}$  کمتر از  $8/25$  در گروه ارقام پایدار و بیشتر از این مقدار در گروه ارقام ناپایدار قرار می‌گیرند. با توجه به مقادیر واریانس و میانگین این دو آماره نصار و هان (۱۵) و محاسبه ضریب تغییرات آنها می‌توان گفت که دقت آماره  $S_1^{(1)}$  در انتخاب ژنوتیپ پایدار بیشتر است.

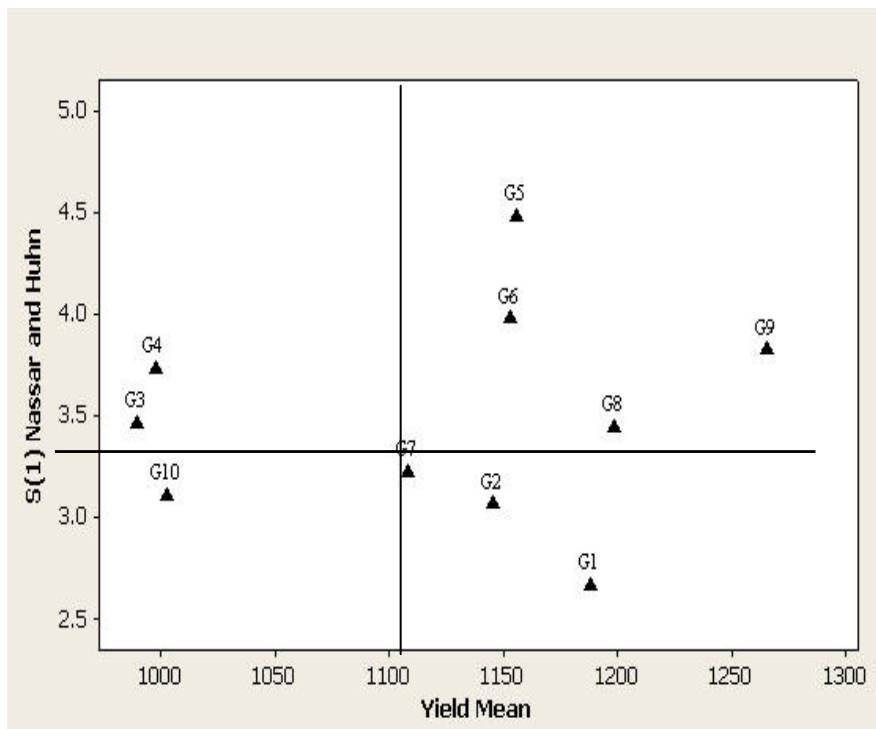
به میانگین کل، این دو روش ژنوتیپ‌های شماره ۹، ۸ و ۱ را به عنوان ژنوتیپ‌های پایدار معرفی می‌کنند. آماره‌های  $NP_{(2)}$  و  $NP_{(6)}$  هم به ترتیب ژنوتیپ‌های شماره ۱ و ۹ را به عنوان ژنوتیپ‌های پایدار معرفی می‌نمایند. رتبه‌های ژنوتیپی در محیط‌های مختلف نشان داد که ژنوتیپ شماره ۹ مجموعاً دارای بالاترین رتبه‌ها می‌باشد و ژنوتیپ شماره ۳ رتبه‌های کمتری در محیط‌های مذکور دارد. دو آماره پایداری ناپارامتری نصار و هان (۱۵)  $(S_1^{(1)}, S_1^{(2)})$ ، برای هر ژنوتیپ در ده محیط محاسبه شدند. براساس تحقیق هان (۹)، هم‌بستگی بالایی بین  $S_1^{(1)}$  و  $S_1^{(2)}$  حتی وقتی که از عملکرد تصحیح‌نشده برای رتبه‌دهی استفاده شود، وجود دارد. بر این اساس هان (۹) نشان داد رتبه‌های ژنوتیپی به‌دست آمده از عملکرد تصحیح‌شده و تصحیح‌نشده با هم متفاوت‌اند و هم‌بستگی متوسط تا ضعیفی بین این دو نوع رتبه‌دهی وجود دارد. به نظر هان و لئون (۱۱) و کایا و تانر (۱۲) دلایلی مبنی بر برتری نسبی  $S_1^{(1)}$  به  $S_1^{(2)}$  وجود دارد که از آن جمله سادگی در محاسبه پارامتر  $S_1^{(1)}$  و تفسیر واضح و آشکار آن (میانگین رتبه اختلاف بین محیط‌ها) می‌باشد. نمودار میانگین عملکرد ژنوتیپ‌ها و  $S_1^{(1)}$  در شکل ۱ آمده است (توزیع پراکنش ژنوتیپ‌ها مشابه با  $S_1^{(2)}$  می‌باشد). با

جدول ۲. میانگین عملکرد (کیلوگرم در هکتار)، عملکرد تصحیح شده و رتبه ژنوتیپ‌های عدس در محیط‌های مختلف

رتبه	عملکرد تصحیح شده	عملکرد	ژنوتیپ	محیط	رتبه	عملکرد تصحیح شده	عملکرد	ژنوتیپ	محیط
۶	۱۱۱۸/۴	۱۱۸۶	۱	۶	۶	۴۹۶/۴	۵۶۴	۱	۱
۴	۱۰۴۴/۹	۱۰۷۰	۲	۶	۴	۴۳۷/۹	۴۶۳	۲	۱
۷	۱۱۸۲	۱۰۵۱	۳	۶	۷	۵۰۶	۳۷۵	۳	۱
۱	۱۰۱۶	۸۹۳	۴	۶	۸	۵۲۶	۴۰۳	۴	۱
۸	۱۲۶۹/۶	۱۳۰۵	۵	۶	۹	۵۳۰/۶	۵۶۶	۵	۱
۲	۱۰۳۷/۲	۱۰۷۰	۶	۶	۳	۴۳۲/۲	۴۶۵	۶	۱
۱۰	۱۳۰۸/۵	۱۲۹۶	۷	۶	۵	۴۸۶/۵	۴۷۴	۷	۱
۳	۱۰۳۷/۷	۱۱۱۶	۸	۶	۲	۴۰۶/۷	۴۸۵	۸	۱
۵	۱۰۴۸/۸	۱۱۹۴	۹	۶	۱	۳۷۳/۸	۵۱۹	۹	۱
۹	۱۲۷۵/۷	۱۱۵۸	۱۰	۶	۱۰	۵۷۰/۷	۴۵۳	۱۰	۱
۴	۱۷۹۷/۴	۱۸۶۵	۱	۷	۴	۱۶۳۷/۴	۱۷۰۵	۱	۲
۱۰	۲۶۸۹/۹	۲۷۱۵	۲	۷	۷	۱۸۸۹/۹	۱۹۱۵	۲	۲
۷	۲۲۹۳/۵	۲۱۶۲	۳	۷	۵	۱۷۱۱	۱۵۸۰	۳	۲
۸	۲۳۳۳	۲۲۱۰	۴	۷	۳	۱۶۱۸	۱۴۹۵	۴	۲
۱	۱۵۹۷/۱	۱۶۳۲	۵	۷	۱	۱۲۸۲/۶	۱۳۱۸	۵	۲
۹	۲۴۴۴/۷	۲۴۷۷	۶	۷	۹	۱۹۵۲/۲	۱۹۸۵	۶	۲
۳	۱۷۸۵	۱۷۷۲	۷	۷	۲	۱۵۹۵/۵	۱۵۸۳	۷	۲
۵	۲۱۵۱/۷	۲۲۳۰	۸	۷	۱۰	۲۰۹۱/۷	۲۱۷۰	۸	۲
۶	۲۲۲۹/۸	۲۳۷۵	۹	۷	۶	۱۷۹۹/۸	۱۹۴۵	۹	۲
۲	۱۶۰۷/۷	۱۴۹۰	۱۰	۷	۸	۱۹۵۰/۷	۱۸۳۳	۱۰	۲
۹	۱۱۸۱/۴	۱۲۴۹	۱	۸	۷	۸۰۸/۴	۸۷۶	۱	۳
۳	۴۸۳/۹	۵۰۹	۲	۸	۲	۵۹۵/۹	۶۲۱	۲	۳
۱	۳۹۸	۲۶۷	۳	۸	۸	۸۰۹/۹	۶۷۹	۳	۳
۲	۴۳۸	۳۱۵	۴	۸	۵	۷۱۶	۵۹۳	۴	۳
۱۰	۱۴۷۷/۶	۱۵۱۳	۵	۸	۱۰	۹۷۳/۶	۱۰۰۹	۵	۳
۴	۶۲۷/۲	۶۶۰	۶	۸	۹	۸۵۴/۲	۸۸۷	۶	۳
۸	۱۰۳۲/۵	۱۰۲۰	۷	۸	۴	۷۰۹/۵	۶۹۷	۷	۳
۵	۶۹۰/۷	۷۶۹	۸	۸	۱	۵۷۰/۷	۶۴۹	۸	۳
۷	۸۰۰/۸	۹۴۶	۹	۸	۳	۶۲۸/۸	۷۷۴	۹	۳
۶	۷۸۸/۷	۶۷۱	۱۰	۸	۶	۷۵۴/۷	۶۳۷	۱۰	۳
۵	۱۶۳۵/۴	۱۷۰۳	۱	۹	۱۰	۲۰۳۲/۴	۲۱۰۰	۱	۴
۷	۱۶۷۱/۹	۱۶۹۷	۲	۹	۳	۱۶۲۴/۹	۱۶۵۰	۲	۴
۴	۱۶۰۱	۱۴۷۰	۳	۹	۲	۱۶۲۱	۱۴۹۰	۳	۴
۶	۱۶۴۴	۱۵۲۱	۴	۹	۴	۱۸۵۳	۱۷۳۰	۴	۴
۳	۱۵۴۱/۶	۱۵۷۷	۵	۹	۸	۲۰۰۴/۶	۲۰۴۰	۵	۴
۱	۱۳۹۶/۲	۱۴۲۹	۶	۹	۱	۱۶۰۷/۲	۱۶۴۰	۶	۴
۹	۱۷۵۸/۵	۱۷۴۶	۷	۹	۶	۱۹۲۳/۵	۱۹۱۱	۷	۴
۸	۱۷۴۴/۷	۱۸۲۳	۸	۹	۷	۱۹۸۱/۷	۲۰۶۰	۸	۴
۱۰	۱۸۸۴/۸	۲۰۳۰	۹	۹	۹	۲۰۰۴/۸	۲۱۵۰	۹	۴
۲	۱۵۳۰/۷	۱۴۱۳	۱۰	۹	۵	۱۸۶۷/۷	۱۷۵۰	۱۰	۴
۳	۶۱/۴	۱۲۹	۱	۱۰	۴	۴۳۳/۴	۵۰۱	۱	۵
۶	۲۴۷/۹	۲۷۳	۲	۱۰	۸	۵۱۴/۹	۵۴۰	۲	۵
۱۰	۴۸۳	۳۵۲	۳	۱۰	۹	۵۹۷	۴۶۶	۳	۵
۹	۴۱۹	۲۹۶	۴	۱۰	۱۰	۶۳۹	۵۱۶	۴	۵
۱	۴۱/۶	۷۷	۵	۱۰	۶	۴۸۳/۶	۵۱۹	۵	۵
۸	۳۸۰/۲	۴۱۳	۶	۱۰	۵	۴۷۱/۲	۵۰۴	۶	۵
۵	۱۷۲/۵	۱۶۰	۷	۱۰	۳	۴۳۰/۵	۴۱۸	۷	۵
۴	۱۲۰/۷	۱۹۹	۸	۱۰	۲	۴۰۵/۷	۴۸۴	۸	۵
۲	۴۳/۸	۱۸۹	۹	۱۰	۱	۳۸۶/۸	۵۳۲	۹	۵
۷	۳۴۹/۷۴	۲۳۲	۱۰	۱۰	۷	۵۰۵/۷	۳۸۸	۱۰	۵

جدول ۳. معیارهای ناپارامتری میانگین رتبه، انحراف معیار رتبه و آماره‌های تنرازو (۱۸)

ژنوتیپ	میانگین رتبه	انحراف معیار رتبه	آماره‌ها					
			میانگین عملکرد	$NP_{(1)}$	$NP_{(2)}$	$NP_{(3)}$	$NP_{(4)}$	
۱	۴/۵	۲/۴۲	۱۱۸۷/۸	۵/۸۳	۱/۹۰	۰/۴۷۵	۰/۳۹۵	۰/۱۱۱
۲	۵/۵	۲/۹۱	۱۱۴۵/۳	۸/۴۷	۲/۴۵	۰/۴۰۸	۰/۵۱۱	۰/۱۶۵
۳	۷/۷	۲/۵۰	۹۸۹/۳	۶/۲۳	۱/۷۰	۰/۲۱۳	۰/۳۹۵	۰/۰۹۶
۴	۷/۳	۲/۵۴	۹۹۷/۲	۶/۴۶	۲/۱۰	۰/۲۶۳	۰/۴۳۰	۰/۱۱۱
۵	۴/۶	۳/۸۶	۱۱۵۵/۷	۱۴/۹۳	۳/۲۰	۰/۹۱۴	۰/۶۴۳	۰/۱۹۱
۶	۵/۱	۳/۱۰	۱۱۵۳/۰۵	۹/۵۸	۲/۶۵	۰/۴۸۲	۰/۵۷۶	۰/۱۶۶
۷	۵/۵	۲/۴۲	۱۱۰۷/۸	۵/۸۳	۱/۹۰	۰/۳۸۰	۰/۴۱۷	۰/۱۲۵
۸	۴/۵	۲/۰۷	۱۱۹۸/۵	۴/۲۸	۱/۷۰	۰/۳۷۸	۰/۴۱۷	۰/۱۳۲
۹	۳/۱	۱/۷۳	۱۲۶۵/۴	۲/۹۹	۱/۱۰	۰/۳۶۷	۰/۳۲۸	۰/۰۷۱
۱۰	۷/۳	۲/۱۶	۱۰۰۲/۵	۴/۶۸	۱/۹۰	۰/۲۷۱	۰/۳۳۱	۰/۱۲۵



شکل ۱. نمودار پراکنش میانگین عملکرد و  $S_i^{(1)}$

جدول ۴. معیارهای ناپارامتری نصار و هان (۱۵) برای ژنوتیپ‌های عدس

ژنوتیپ	میانگین عملکرد	میانگین رتبه	$S_i^{(1)}$	$Z_i^{(1)}$	$S_i^{(2)}$	$Z_i^{(2)}$
۱	۱۱۸۷/۸	۵/۸	۲/۶۷	۱/۲۷	۵/۲۹	۱/۲۹
۲	۱۱۴۵/۳	۵/۴	۳/۰۶	۰/۱۷	۶/۷۱	۰/۳۵
۳	۹۸۹/۳	۶/۰	۳/۴۷	۰/۰۸	۸/۶۷	۰/۰۳
۴	۹۹۷/۲	۵/۶	۳/۷۳	۰/۵۹	۹/۶۰	۰/۲۷
۵	۱۱۵۵/۷	۵/۷	۴/۴۷	۴/۳۱	۱۴/۶۷	۶/۰۸
۶	۱۱۵۳/۰۵	۵/۱	۳/۹۸	۱/۴۵	۱۱/۴۳	۱/۴۹
۷	۱۱۰۷/۸	۵/۵	۳/۲۲	۰/۰۲	۷/۳۹	۰/۱۱
۸	۱۱۹۸/۵	۴/۷	۳/۴۴	۰/۰۶	۸/۴۶	۰/۰۰۶
۹	۱۲۶۵/۴	۵/۰	۳/۸۲	۰/۸۶	۱۰/۲۲	۰/۵۷
۱۰	۱۰۰۲/۵	۶/۲	۳/۱۱	۰/۱۱	۷/۰۶	۰/۲۱
$\sum Z_i^{(2)} = ۱۰/۴۰۲$		$\sum Z_i^{(1)} = ۸/۹۵۸$				
آماره‌های مورد آزمون						
$E(S_1) = ۳/۳$		$E(S_2) = ۸/۲۵$		$\chi_{Z_1, Z_2} = ۷/۸۸$		$\bar{x} = ۱۱۲۰/۲$
$Var(S_1^{(1)}) = ۰/۳۱۵$		$Var(S_1^{(2)}) = ۶/۷۹$		$\chi_{sum(Z_1, Z_2)} = ۱۸/۳۱$		

زیرا براساس روابط ۱۲ و ۱۱، ۱۰، ۹ امید ریاضی  $S_i^{(1)}$  بزرگ‌تر از امید ریاضی  $S_i^{(2)}$  و واریانس  $S_i^{(1)}$  کوچک‌تر واریانس از  $S_i^{(2)}$  می‌باشد، لذا  $S_i^{(1)}$  حساس‌تر و دقیق‌تر می‌باشد و احتمال معنی‌دار شدن آن بیشتر می‌باشد. نصار و هان (۱۵) برای آزمون پایداری بین ژنوتیپ‌ها مقادیر  $Z_i^{(1)}$  و  $Z_i^{(2)}$  را به صورت انفرادی برای هر ژنوتیپ پیشنهاد دادند، در این تحقیق هم برای هر ژنوتیپ مقادیر  $Z_i^{(1)}$  و  $Z_i^{(2)}$  براساس داده‌های تصحیح شده محاسبه شد، سپس این مقادیر برای آزمون کای اسکور روی تمام ژنوتیپ‌ها جمع زده شدند که نتایج در جدول ۴ درج شده است. مقادیر  $Z_i^{(1)}$  و  $Z_i^{(2)}$  تمام ژنوتیپ در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار نشد که این نتایج مشابه نتایجی بود که لو (۱۴) و کایا و تانر (۱۲) به دست آوردند ولی با نتایج آدوگنا و لبوشنگ (۱) موافق نبود. چون آنها نتیجه گرفتند که اختلاف معنی‌داری بین  $Z_i^{(1)}$  و  $Z_i^{(2)}$  ژنوتیپ‌ها وجود دارد. مقادیر مجموع  $Z$  ها نیز از مقادیر جدول کمتر بودند

می‌کند. به منظور تعیین هم‌بستگی بین آماره‌های مختلف ناپارامتری تعداد ۵ آماره  $S_i^{(1)}$ ،  $S_i^{(2)}$ ،  $NP_{(1)}$ ،  $NP_{(2)}$ ،  $NP_{(3)}$  و  $NP_{(4)}$  انتخاب شدند. ضریب هم‌بستگی پیرسون (جدول ۵) نشان داد که بین آماره‌های نصار و هان (۱۵) هم‌بستگی بسیار بالایی وجود دارد که با نتایج آدوگنا و لبوشنگ (۱) و صباغ نیا و همکاران (۱۷) مشابه می‌باشد، هم‌چنین آماره  $NP_{(1)}$  تنارازو (۱۸) هم‌بستگی متوسطی با آماره  $S_i^{(2)}$  نصار و هان (۱۵) و هم‌بستگی بسیار بالایی با  $NP_{(2)}$  نشان داد. آماره  $NP_{(3)}$  با آماره  $S_i^{(2)}$  هم‌بستگی بالا نشان داد ولی با  $S_i^{(1)}$  هم‌بستگی نشان نداد. در این تحقیق ژنوتیپ شماره ۱ در اکثر روش‌ها به عنوان پایدارترین ژنوتیپ انتخاب شد و می‌توان آن را برای کاشت در مناطق مختلف توصیه کرد. به طور کلی از بین روش‌های ناپارامتری که توضیح داده شد روش میانگین رتبه‌ها با توجه به

زیرا براساس روابط ۱۲ و ۱۱، ۱۰، ۹ امید ریاضی  $S_i^{(1)}$  بزرگ‌تر از امید ریاضی  $S_i^{(2)}$  و واریانس  $S_i^{(1)}$  کوچک‌تر واریانس از  $S_i^{(2)}$  می‌باشد، لذا  $S_i^{(1)}$  حساس‌تر و دقیق‌تر می‌باشد و احتمال معنی‌دار شدن آن بیشتر می‌باشد. نصار و هان (۱۵) برای آزمون پایداری بین ژنوتیپ‌ها مقادیر  $Z_i^{(1)}$  و  $Z_i^{(2)}$  را به صورت انفرادی برای هر ژنوتیپ پیشنهاد دادند، در این تحقیق هم برای هر ژنوتیپ مقادیر  $Z_i^{(1)}$  و  $Z_i^{(2)}$  براساس داده‌های تصحیح شده محاسبه شد، سپس این مقادیر برای آزمون کای اسکور روی تمام ژنوتیپ‌ها جمع زده شدند که نتایج در جدول ۴ درج شده است. مقادیر  $Z_i^{(1)}$  و  $Z_i^{(2)}$  تمام ژنوتیپ در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار نشد که این نتایج مشابه نتایجی بود که لو (۱۴) و کایا و تانر (۱۲) به دست آوردند ولی با نتایج آدوگنا و لبوشنگ (۱) موافق نبود. چون آنها نتیجه گرفتند که اختلاف معنی‌داری بین  $Z_i^{(1)}$  و  $Z_i^{(2)}$  ژنوتیپ‌ها وجود دارد. مقادیر مجموع  $Z$  ها نیز از مقادیر جدول کمتر بودند

جدول ۵. ضرایب هم‌بستگی پیرسون برای آماره‌های ناپارامتری مختلف

$S_1^{(1)}$	$NP_{(2)}$	$NP_{(2)}$	$NP_{(1)}$	آماره‌های ناپارامتری
			۰/۹۵۱**	$NP_{(2)}$
		۰/۹۳**	۰/۹۴۳**	$NP_{(2)}$
	۰/۵۸۷	۰/۴۳۵	۰/۵۷۹	$S_1^{(1)}$
۰/۹۸۹**	۰/۶۵۲*	۰/۵۱۸	۰/۶۶۶*	$S_1^{(2)}$

تعیین پایداری براساس معیارهای مختلف و با توجه به شرایط داده‌ها و ژنوتیپ‌های مورد مطالعه تعیین می‌گردد.

### سپاسگزاری

بدین وسیله از زحمات بخش حبوبیات مؤسسه تحقیقات دیم کشور و هم‌چنین کارشناسان ایستگاه‌های تحقیقات شهرستان‌ها که نهایت همکاری را با ما داشتند، تشکر و قدردانی می‌شود.

بالا بودن صحت نتایج و هم‌چنین سادگی محاسبه آن توصیه می‌شود. با توجه به تحقیق لو (۱۴) و کایا و تانر (۱۲)، اگر هدف تعیین سازگاری عمومی یا خصوصی باشد از بین آماره‌های ناپارامتری ذکر شده، آماره‌های  $S_1^{(1)}$  و  $S_1^{(2)}$  نصار و هان (۱۵) در اولویت هستند و بهتر است که از این معیارها برای تعیین ارقام پایدار استفاده شود. در اولویت بعد معیارهای  $NP_{(1)}$  و  $NP_{(2)}$  به علت صحت نتایج توصیه می‌شوند. در پروژه انتخاب ژنوتیپ پایدار برای محیط‌های مختلف از روش‌های زیادی می‌توان استفاده کرد، اما انتخاب بهترین روش سال‌هاست که ذهن اصلاح‌گران را به خود معطوف کرده است. بدین لحاظ

### منابع مورد استفاده

1. Adugna, W. and M.T. Labuschagne. 2003. Parametric and nonparametric measures of phenotypic stability in linseed (*Linum usitatissimum* L.). Euphytica 129: 211-218.
2. Allard, R.W. and A.D. Bradshaw. 1964. Implication of genotype-environment interactions in applied plant breeding. Crop Sci. 4: 503-508.
3. Bortz, J., G.A. Lienert and K. Boehnke. 1990. Verteilungsfreie Methoden in der Biostatistik. Springer-Verlag Pub., Berlin.
4. Bredenkamp, J. 1974. Nonparametrische prufung von wechsew-irkungen. Psychol. Beitr. 16: 398-416.
5. De Kroon, J. and P. Van der Laan. 1981. Distribution-free test procedures in two-way layouts: A Concept of rank-interaction Stat. Neerl. 35: 189-213.
6. Flores, F., M.T. Moreno and J.I. Cubero. 1998. A Comparison of univariate and multivariate methods to analyze G \*E interaction. Field Crop Res. 56: 271-286.
7. Hanuman, L.R. and V.T. Prabhakaran. 2001. A study on the performance of a few non-parametric stability measures using pearl-millet data. Indian J. Genet. 61: 7-11.
8. Hildebr, H. 1980. Asymptotisch verteilungsfreie rangtests in linearen modellen. Med. Inform. Stak. 17: 344-349.
9. Huhn, M. 1990. Nonparametric measures of phenotypic stability: II. Applications. Euphytica 47: 195-201.
10. Huhn, M. 2003. A note on the variance of the stability parameter (*Environmental variance*). Euphytica 103: 335-339.
11. Huhn, M. and J. Leon. 1995. Nonparametric analysis of cultivar performance trials: experimental results and comparison of different procedures based on ranks. Agron. J. 87:627-632.
12. Kaya, Y. and S. Taner. 2003. Estimating genotypic ranks by nonparametric stability analysis in bread wheat (*Triticum aestivum* L.). Central Euro. Agric. J. 4: 47-53.
13. Kubinger, K. D. 1986. A note on nonparametric tests for the interaction on two-way layouts. Biomet. J. 28:67-72.
14. Lu, H. Y. 1995. PC-SAS program for estimation Huhn nonparametric stability statistics. Agron. J. 87: 888-891.
15. Nassar, R. and M. Huhn. 1987. Studies on estimation of phenotypic stability: Tests of significance for nonparametric measures of phenotypic stability. Biometrics 43:45-53.

16. Rao, A.R. and V.T. Prabhakaran. 2000. On some useful interrelationships among common stability parameters. *Indian J. Genet.* 60:25-36.
17. Sabaghnia, N., H. Dehghani and H. Sabaghpour. 2006. Nonparametric methods for interpreting genotype x environment interaction of Lentil genotypes. *Crop Sci.* 46:1100-1106.
18. Thennarasu, K. 1995. On certain non-parametric procedures for studying genotype-environment interactions and yield stability. *Indian J. Genet.* 60: 433-439.
19. Truberg, B. and M. Huhn. 2000. Contribution to the analysis of genotype by environment interactions: Comparison of different parametric and nonparametric tests for interactions with emphasis on crossover interactions. *Agron. and Crop Sci.* 185:267-274.