



"مقاله پژوهشی"

تجزیه پایداری عملکرد دانه ژنوتیپ‌های عدس *Lens Culinaris L* در شرایط دیم با روش GGE biplot

سیده سودابه شبیری^۱، داود صادق زاده اهری^۲، پیام پزشکیپور^۳ و محمود عظیمی^۴

۱- استادیار پژوهش موسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی زنجان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، زنجان، ایران، (نویسنده مسول: s.shobeiri@yahoo.com)

۲- دانشیار موسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مراغه، ایران

۳- استادیار پژوهش موسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی لرستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، خرم آباد، ایران

۴- استادیار پژوهش موسسه تحقیقات علوم باغبانی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی زنجان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، زنجان، ایران
تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۲/۱۰ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۵/۳۰

صفحه: ۱ تا ۱۰

چکیده مبسوط

مقدمه و هدف: توزیع نامناسب بارندگی و کاهش بارندگی از عوامل عمده کاهش عملکرد عدس در واحد سطح است. بنابراین به کارگیری ژنوتیپ‌های سازگار به شرایط نامساعد محیطی، می‌تواند نقش مهمی در افزایش عملکرد در چنین شرایطی داشته باشد. آگاهی از برهمکنش ژنوتیپ × محیط، به به‌زادگران یاری می‌رساند تا در ارزیابی ژنوتیپ‌ها، با دقت بیشتری عمل کرده و بهترین ژنوتیپ‌ها را برگزینند.

مواد و روش‌ها: این مطالعه طی دو سال (۱۳۹۸-۱۳۹۹ و ۱۳۹۸-۱۳۹۷) در دو ایستگاه از مناطق سردسیر دیم کشور (قیدار زنجان، مراغه) اجرا شد. آزمایش شامل ۱۷ ژنوتیپ پیشرفته عدس به همراه سه رقم شاهد کیمیا، بیله سوار و سنا (جمعاً ۲۰ ژنوتیپ) بود که در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار انجام شد.

یافته‌ها: نتایج حاصل از تجزیه مرکب اختلاف معنی‌داری را در سطح احتمال یک درصد برای محیط، ژنوتیپ و اثر متقابل ژنوتیپ × محیط نشان داد. نتایج تجزیه مرکب نشان داد که اثر محیط ۷۹/۵ درصد، اثر ژنوتیپ ۲/۲۵ درصد و برهمکنش ژنوتیپ محیط ۱۸/۲۳ درصد از تغییرات کل را توجیه می‌کند. نتایج حاصل از GGE biplot بیانگر وجود ۴۲/۱ درصد از تغییرات کل مربوط به مولفه ی اول و ۲۶ درصد از تغییرات کل مربوط به مولفه ی دوم است که جمعاً ۶۸/۱ درصد از تغییرات کل را توجیه می‌کنند. با توجه به نتایج به دست آمده، بین محیط‌های E1 و E3 و بین محیط‌های E2 و E4 همبستگی بالایی وجود دارد و می‌توان آن‌ها را به‌عنوان محیط‌های مشابه معرفی کرد. در بررسی بای پلات هم ژنوتیپ‌های، Y (FLIP2013-29L) و Y۱۳ (FLIP 2012-262L) و Y۱۱ (FLIP 2012-207L) بطور همزمان، از عملکرد و پایداری بالاتری برخوردار بودند.

نتیجه‌گیری: ژنوتیپ‌های شماره ۷، ۱۱ و ۱۳ به‌عنوان ژنوتیپ‌های پر محصول و پایداری بالا معرفی شدند و می‌توانند برای گزینش یا توصیه رقم استفاده شوند.

واژه‌های کلیدی: اثر متقابل ژنوتیپ در محیط، پایداری، دیم، عدس

مقدمه

عدس با نام علمی *Lens culinaris Medik*، یک لگوم خوراکی خودگردانه‌افشان، یکساله و از جمله گیاهانی است که غالباً در اراضی حاشیه‌ای و در خاک‌های نه چندان حاصلخیز کشت می‌شود. این گیاه عمدتاً در شبه قاره هند، منطقه مدیترانه و آمریکای شمالی کشت و زرع می‌گردد (۲۵). عدس زراعی همانند سایر حبوبات سرما دوست در رژیم غذایی مردم کشورهای در حال توسعه اهمیت به‌سزایی دارد. عدس پس از نخود دومین گیاه بقولاتی غذایی مهم کشور محسوب شده و نقش مهمی در تأمین نیازهای پروتئینی مورد نیاز کشور ایفا می‌کند. دانه این گیاه حاوی ۲۶ درصد پروتئین بوده و به‌عنوان مکمل غذایی در الگوی تغذیه‌ای انسان جایگاه ویژه‌ای دارد. همچنین کاه و بقایای عدس در تغذیه دام ارزشمند است (۱۶). ایران به لحاظ سطح زیر کشت این محصول رتبه هشتم در جهان را بعد از کانادا، هند، استرالیا، ترکیه، نپال، آمریکا و بنگلادش به خود اختصاص داده است. در حال حاضر در سطح جهانی، کشور کانادا وسیع‌ترین منطقه تولید کننده عدس و بزرگترین صادر کننده این محصول در جهان به شمار می‌روند و نیز ایران از لحاظ رتبه تولید در رده‌ی چهاردهم قرار می‌گیرد (۶). عوامل مختلفی در پایین بودن عملکرد گیاه عدس موثر است که پتانسیل عملکرد ارقام

محلی یکی از عوامل مهم می‌باشد (۲۱). معمولاً اصلاح کنندگان نبات در جستجوی انتخاب ژنوتیپ‌هایی می‌باشند که علاوه بر عملکرد بالا، نقش اثر متقابل ژنوتیپ در محیط در آنها کمتر باشد. اثر متقابل ژنوتیپ × محیط معنی‌دار ناشی از تغییر در میزان اختلاف بین ژنوتیپ‌ها در محیط‌های متفاوت و یا تغییر در رتبه‌بندی نسبی ژنوتیپ‌ها می‌باشد. تغییرات کم در ژنوتیپ‌ها در مکان‌ها و سال‌های مختلف به‌عنوان پایداری ذکر می‌گردد (۸). آزمایشات ناحیه‌ای به‌عنوان بخش پایانی برنامه اصلاح ارقام زراعی نقش مهمی در تعیین و گزینش رقم یا ارقام برتر در مکان‌ها و سال‌های مختلف، قبل از آزادسازی و معرفی یک رقم دارد (۳۳). بسته به اندازه‌ی اثرات متقابل یا پاسخ متمایز ژنوتیپ‌های آزمایشی، رتبه بندی وارسته‌ها می‌تواند تا حد زیادی در محیط‌های مختلف متفاوت باشد. تجزیه واریانس مرکب می‌تواند مقادیر اثرات اصلی و اثرات متقابل را مشخص و تشریح نماید، ولی این تجزیه در خصوص اثر متقابل ژنوتیپ × محیط اطلاعاتی به دست نمی‌دهد (۴،۲۰). محققان معیارهای متفاوتی را جهت تشخیص پایداری ارقام و معرفی آنها به کار برده‌اند. کلیه روش‌هایی که در تجزیه پایداری به کار می‌روند، از نظر کارایی تشخیص وارسته‌های پایدار توسط محققان مختلف مورد مقایسه و مطالعه قرار گرفته‌اند. به طوری که هر گروه از

محققان نسبت به روش‌ها ابرادهایی وارد و برخی دیگر را مورد تأیید قرار داده‌اند ولی در هر حال روش کاملاً قابل قبول و قطعی وجود ندارد (۷). عملکرد دانه صفت پیچیده‌ای است که تحت تاثیر تعداد زیادی از فرایندهای فیزیولوژیک و مورفولوژیک می‌باشد و شرایط محیطی، ساختار ژنتیکی گیاه و برهمکنش آن‌ها عملکرد گیاهان زراعی را تحت تاثیر قرار می‌دهد (۱۷). از آنجایی که تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از روش‌های معمول مثل استفاده از تجزیه مرکب فقط اطلاعاتی در مورد ژنوتیپ و محیط ارایه می‌دهد، محققین معیارهای متفاوتی را جهت تشخیص پایداری ارقام و معرفی آن‌ها به کار برده‌اند (۲۰). گرافیس و توماس (۱۱) به بررسی برهمکنش ژنوتیپ × محیط و بررسی سهم اجزای عملکرد در برهمکنش ژنوتیپ و محیط پرداختند. نظر به اینکه اجزای عملکرد در طول تکامل رشد گیاه حاصل می‌شوند، از این رو عوامل محیطی آثار متفاوتی بر روی این اجزا دارند. در صورت وجود برهمکنش ژنوتیپ و محیط، برای گزینش و اصلاح ژنوتیپ‌ها در هنگام گزینش نیاز به همبستگی معنی‌دار ارزش‌های فنوتیپی و ژنوتیپی است (۱۹). تجزیه پایداری مهم‌ترین روشی است که برای پی بردن به ماهیت برهمکنش ژنوتیپ و محیط کاربرد دارد و با توجه به آن می‌توان ارقام پایدار و سازگار را شناسایی و مورد استفاده قرار داد. روش‌های تجزیه پایداری شامل روش‌های تک متغیره و چند متغیره هستند. در این میان، روش‌های آماری چند متغیره، اطلاعات بیش‌تر و جامع‌تری را در مورد برهمکنش و تعبیرپذیری فنوتیپی در اختیار قرار می‌دهند (۴). یکی از روش‌های بسیار مهم و نوین که در سال‌های اخیر ارایه شده است، روش بای پلات بر اساس مدل‌های چند متغیره است. برای رسم بای پلات باید از مقادیر حاصل از مدل‌های چند متغیره مربوط به ژنوتیپ‌ها و محیط‌ها در یک شکل و به طور همزمان استفاده کرد. با استفاده از ویژگی‌های نمودار بای پلات گابریل (۱۰) و روش‌های چند متغیره تجزیه به مولفه‌های اصلی، روش نوین GGE biplot معرفی شد. از آنجایی که محیط عاملی غیر قابل کنترل است، بنابراین در روش GGE biplot از منابع تغییرات ژنوتیپ و برهمکنش ژنوتیپ × محیط استفاده می‌شود تا بتوان نتایج قابل اعتمادی بدست آورد. بای پلات علاوه بر تجزیه برهمکنش ژنوتیپ و محیط، امکان تجزیه برهمکنش ژنوتیپ و صفت (بررسی روابط بین صفت و ژنوتیپ) را نیز دارد (۲۸). پور اسماعیل و همکاران (۱۸) با استفاده از این روش چندین ژنوتیپ پایدار با عملکرد بالا را از بین ژنوتیپ‌های بومی نخود تیپ کابلی در شرایط دیم گزینش کردند. محققین بسیاری به بررسی اثر متقابل ژنوتیپ در محیط در گیاه نخود پرداخته‌اند

مواد و روش‌ها

این تحقیق به منظور بررسی سازگاری و انتخاب لاین‌های جدید و پر محصول عدس از لحاظ عملکرد دانه و سایر ویژگی‌های زراعی (جدول ۳) در شرایط آب و هوایی مختلف مناطق زنجان، مراغه به مدت دو سال مورد بررسی قرار گرفت. آزمایش شامل لاین‌های پیشرفته عدس (۱۷ لاین انتخابی) که از بین آزمایشات پیشرفته سال قبل انتخاب گردیده بودند و ۳ شاهد کیمیا، بیله سوار و سنا در سه منطقه‌ی مذکور در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار اجرا شد. آزمون همگنی واریانس خطای آزمایشی (بارتلت) (۵۵/۰۶) جهت آزمون صحت همگن بودن واریانس آزمایش‌های مختلف در سال‌ها و مکان‌ها انجام شد. مقایسه میانگین و تجزیه مرکب با استفاده از نرم افزار آماری SAS.V.9.1 انجام گردید. از GGE-biplot و گراف‌های آن برای بررسی اثر ژنوتیپ و محیط استفاده شد. به جای جدا کردن اثر ژنوتیپ (G) و ژنوتیپ-محیط (GE)، GGE-biplot این دو اثر را با هم حفظ و آن‌ها را به دو جزء ضرب پذیر تجزیه می‌کند (رابطه ۱).

$$Y_{ij} - \mu - \beta_i = g_{i1}e_{1j} + g_{i2}e_{2j} + e_{ij} \quad (1)$$

که در آن e_{1j} و g_{i1} به ترتیب نمرات اولیه برای ژنوتیپ i و محیط j گویند، e_{2j} و g_{i2} به ترتیب نمرات ثانویه برای ژنوتیپ i و محیط j و e_{ij} باقیمانده‌ای است که به وسیله آثار اولیه و ثانویه توضیح داده نمی‌شود. یک بای پلات GGE با رسم g_{i1} در مقابل g_{i2} و e_{1j} و در مقابل e_{2j} در یک نمودار پراکنش رسم می‌شود (۷). نمرات اولیه از طریق تجزیه مقدار منفرد GGE بدست می‌آیند.

محققان نسبت به روش‌ها ابرادهایی وارد و برخی دیگر را مورد تأیید قرار داده‌اند ولی در هر حال روش کاملاً قابل قبول و قطعی وجود ندارد (۷). عملکرد دانه صفت پیچیده‌ای است که تحت تاثیر تعداد زیادی از فرایندهای فیزیولوژیک و مورفولوژیک می‌باشد و شرایط محیطی، ساختار ژنتیکی گیاه و برهمکنش آن‌ها عملکرد گیاهان زراعی را تحت تاثیر قرار می‌دهد (۱۷). از آنجایی که تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از روش‌های معمول مثل استفاده از تجزیه مرکب فقط اطلاعاتی در مورد ژنوتیپ و محیط ارایه می‌دهد، محققین معیارهای متفاوتی را جهت تشخیص پایداری ارقام و معرفی آن‌ها به کار برده‌اند (۲۰). گرافیس و توماس (۱۱) به بررسی برهمکنش ژنوتیپ × محیط و بررسی سهم اجزای عملکرد در برهمکنش ژنوتیپ و محیط پرداختند. نظر به اینکه اجزای عملکرد در طول تکامل رشد گیاه حاصل می‌شوند، از این رو عوامل محیطی آثار متفاوتی بر روی این اجزا دارند. در صورت وجود برهمکنش ژنوتیپ و محیط، برای گزینش و اصلاح ژنوتیپ‌ها در هنگام گزینش نیاز به همبستگی معنی‌دار ارزش‌های فنوتیپی و ژنوتیپی است (۱۹). تجزیه پایداری مهم‌ترین روشی است که برای پی بردن به ماهیت برهمکنش ژنوتیپ و محیط کاربرد دارد و با توجه به آن می‌توان ارقام پایدار و سازگار را شناسایی و مورد استفاده قرار داد. روش‌های تجزیه پایداری شامل روش‌های تک متغیره و چند متغیره هستند. در این میان، روش‌های آماری چند متغیره، اطلاعات بیش‌تر و جامع‌تری را در مورد برهمکنش و تعبیرپذیری فنوتیپی در اختیار قرار می‌دهند (۴). یکی از روش‌های بسیار مهم و نوین که در سال‌های اخیر ارایه شده است، روش بای پلات بر اساس مدل‌های چند متغیره است. برای رسم بای پلات باید از مقادیر حاصل از مدل‌های چند متغیره مربوط به ژنوتیپ‌ها و محیط‌ها در یک شکل و به طور همزمان استفاده کرد. با استفاده از ویژگی‌های نمودار بای پلات گابریل (۱۰) و روش‌های چند متغیره تجزیه به مولفه‌های اصلی، روش نوین GGE biplot معرفی شد. از آنجایی که محیط عاملی غیر قابل کنترل است، بنابراین در روش GGE biplot از منابع تغییرات ژنوتیپ و برهمکنش ژنوتیپ × محیط استفاده می‌شود تا بتوان نتایج قابل اعتمادی بدست آورد. بای پلات علاوه بر تجزیه برهمکنش ژنوتیپ و محیط، امکان تجزیه برهمکنش ژنوتیپ و صفت (بررسی روابط بین صفت و ژنوتیپ) را نیز دارد (۲۸). پور اسماعیل و همکاران (۱۸) با استفاده از این روش چندین ژنوتیپ پایدار با عملکرد بالا را از بین ژنوتیپ‌های بومی نخود تیپ کابلی در شرایط دیم گزینش کردند. محققین بسیاری به بررسی اثر متقابل ژنوتیپ در محیط در گیاه نخود پرداخته‌اند

جدول ۱- ژنوتیپ های مورد مطالعه در این تحقیق

Table 1. The studied genotypes in this reserchr

Code	Genotype	Code	Genotype
1	FLIP2012-2L	11	FLIP 2012-207L
2	FLIP2012-8L	12	FLIP 2012-245 L
3	FLIP2012-9L	13	FLIP 2012-262 L
4	FLIP2013-2L	14	FLIP 2013-13 L
5	FLIP2013-15L	15	FLIP 2013-24 L
6	FLIP2013-25L	16	FLIP 2013- 45 L
7	FLIP2013-29L	17	Percoz
8	FLIP2014-021L	18	Kimia
9	FLIP2012-3L	19	Bilehsevar
10	FLIP 2012-196 L	20	Sana(Check) L(Sana)

شامل سال و مکان می باشد ارتباط داد. یکی از مطالعات مهم در اصلاح نباتات و بررسی به نژادی، شناخت اثر متقابل بین ژنوتیپ ها با محیط های گوناگون است. در تجزیه و تحلیل داده های مزرعه ای حاصل از آزمایش ها، محیط می تواند به عنوان هر گونه عملیات مدیریتی مانند تاریخ کاشت، تراکم، کاربرد کود، سال، مکان و ... که جهت تولید کنندگان توصیه می شود تعریف نمود (۲۹). یک رخداد کلی در هم می آمیزش های منطقه ای آن است که محیط همیشه یک پدیده غالب در منبع تغییرات عملکرد است و اثر ژنوتیپ و ژنوتیپ × محیط نسبتاً کوچک هستند (۱۲). بزرگی اثر محیط بیانگر تنوع محیط ها است که باعث ایجاد تفاوت در عملکرد دانه ژنوتیپ ها شده است. نتایج حاصل از GGE biplot بیانگر وجود ۴۲/۱ درصد از تغییرات کل مربوط به مولفه اول و ۲۶ درصد از تغییرات کل مربوط به مولفه دوم است که جمعا ۶۸/۱ درصد از تغییرات کل را توجیه می کنند.

نتایج و بحث

آزمون همگنی واریانس خطای آزمایشی (بارتلت) (۵۵/۰۶) جهت آزمون صحت همگن بودن واریانس آزمایش های مختلف در سال ها و مکان ها انجام شد. نتایج حاصل از تجزیه مرکب اختلاف معنی داری را در سطح احتمال یک درصد برای محیط، ژنوتیپ و اثر متقابل ژنوتیپ × محیط نشان داد. معنی دار بودن اثر متقابل ژنوتیپ × محیط به این معنی است که ژنوتیپ ها در محیط های مختلف عملکرد متفاوتی داشته اند و اختلاف بین ژنوتیپ ها از یک محیط به محیط دیگر متفاوت است، بنابراین می توان پایداری عملکرد را در محیط های مختلف از طریق آماره های پایداری بررسی نمود. بیشترین تغییرات داده ها به وسیله واریانس محیط (۷۹/۵ درصد) توجیه شد و واریانس بین ژنوتیپ ها (۲/۲۵ درصد) و اثر متقابل ژنوتیپ × محیط (۱۸/۲۳) درصد از تغییرات کل واریانس داده ها را توجیه کردند. به دلیل کشت در دو سال و در دو مکان، قسمت عمده ی تغییرات را می توان به محیط که

جدول ۲- تجزیه واریانس مرکب عملکرد دانه ژنوتیپ های عدس در محیط های مختلف

Table 2. Combined analysis of variance for grain yield of wheat genotypes in different environments

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات	F مقدار	سطح احتمال معنی داری
محیط	۳	۲/۴۱**	۴۸۴/۵۶	<۰/۰۰۱
تکرار / محیط	۸	۰/۰۰۳	۰/۶۲	۰/۷۵۹۰
ژنوتیپ	۱۹	۰/۰۱۱**	۲/۱۲	۰/۰۰۶۵
ژنوتیپ × محیط	۵۷	۰/۰۰۷	۱/۵۸	۰/۰۱۵۱
خطا	۱۵۲	۰/۰۰۷۸۳۷		
ضریب تغییرات		۲۶/۰۴		

** : Significant at 1% probability level.

ارتفاع گیاه از ۲۷ تا ۳۲/۷ سانتی متر متغیر بود. تعداد روز تا گلدهی از ۱۴۲ تا ۱۴۳، تعداد روز تا رسیدگی ۸۹ تا ۹۳ روز، وزن صد دانه از ۴/۲ تا ۶ گرم، دوره موثر پر شدن دانه از ۲۳ تا ۲۶ و سرعت پر شدن دانه از ۱/۶۸ تا ۲/۴ میلی گرم در دانه در روز متفاوت بود (جدول ۳).

در تحقیق حاضر جهت گزینش نهایی ژنوتیپ ها، علاوه بر میزان عملکرد دانه و پایداری، معیارهای دیگری از جمله خصوصیات زراعی شامل وزن صد دانه، تعداد روز تا ۵۰ درصد گلدهی، تعداد روز تا رسیدگی، ارتفاع بوته، طول دوره پر شدن دانه و سرعت پر شدن دانه مورد توجه قرار گرفت (جدول ۳). خصوصیات زراعی ژنوتیپ های مورد بررسی نشان داد که

جدول ۳- میانگین خصوصیات زراعی ژنوتیپ‌های مورد بررسی در چند محیط مختلف

Table 3. Average agronomic characteristics of studied genotypes in several different environment

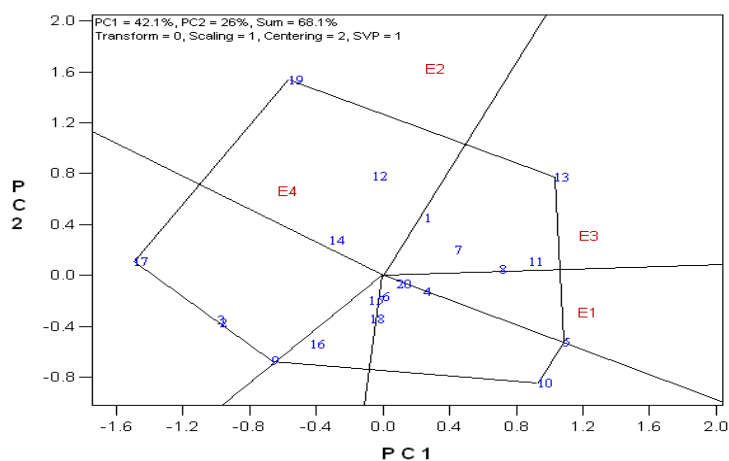
ژنوتیپ	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	تعداد روز تا گلدهی	تعداد روز تا رسیدگی	وزن صد دانه (گرم)	دوره پر شدن دانه	سرعت پر شدن دانه (میلی‌گرم در دانه در روز)
G1	۲۳	۶۷	۹۱	۵/۲	۲۴	۲/۱۷
G2	۲۲	۶۸	۹۱	۵/۴	۲۳	۲/۳۵
G3	۲۲	۶۹	۹۳	۴/۹	۲۴	۲/۰۴
G4	۲۲	۶۷	۹۳	۵/۸	۲۶	۲/۲۳
G5	۲۲	۶۸	۹۳	۶/۰	۲۵	۲/۴۰
G6	۲۱	۶۹	۹۳	۵/۴	۲۴	۲/۲۵
G7	۲۲	۶۷	۹۳	۵/۶	۲۶	۲/۱۵
G8	۲۱	۶۷	۹۱	۵/۷	۲۴	۲/۳۸
G9	۲۱	۶۷	۹۲	۵/۱	۲۵	۲/۰۴
G10	۲۱	۶۵	۹۰	۴/۴	۲۵	۱/۷۶
G11	۲۱	۶۶	۹۱	۴/۸	۲۵	۱/۹۲
G12	۲۱	۶۶	۹۱	۴/۷	۲۵	۱/۸۸
G13	۲۲	۶۸	۹۳	۵/۱	۲۵	۲/۰۴
G14	۲۱	۶۸	۹۲	۵/۵	۲۴	۲/۲۹
G15	۲۱	۶۸	۹۲	۵/۴	۲۴	۲/۲۵
G16	۲۲	۶۸	۹۳	۴/۴	۲۵	۱/۷۶
G17	۲۱	۶۶	۸۹	۴/۴	۲۳	۱/۹۱
G18	۲۱	۶۵	۹۰	۴/۷	۲۵	۱/۸۸
G19	۲۱	۶۵	۹۰	۴/۲	۲۵	۱/۶۸
G20	۲۲	۶۵	۹۰	۵/۰	۲۵	۲/۰۰

محیط را می‌توان با انتخاب ژنوتیپ‌های دارای سازگاری خصوصی با محیط‌های بزرگ، کاهش داد و حداکثر تولید را داشت (۲۳).

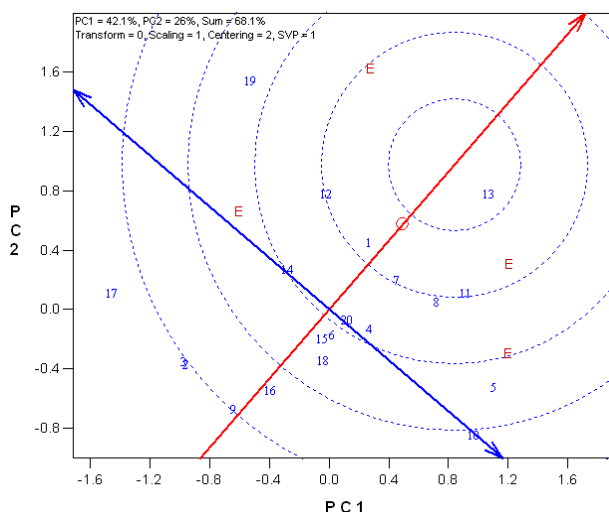
با بررسی نمودار چند ضلعی (شکل ۱)، ژنوتیپ‌های ۱۰، ۵، ۱۳، ۱۹، ۱۷ و ۷ که در رأس چند ضلعی قرار دارند، به عنوان ژنوتیپ‌های برتر شناسایی شدند. با بررسی این نمودار سه محیط کلان نیز مشخص شد که محیط اول شامل E1 بود که ژنوتیپ شماره ۵ ژنوتیپ برتر این محیط بودند. محیط دوم شامل E3 بود که ژنوتیپ شماره ۱۳ ژنوتیپ برتر این محیط بود. محیط سوم نیز شامل دو محیط E2 و E4 بود که ژنوتیپ شماره ۱۹ به عنوان ژنوتیپ برتر در این دو محیط بود. ژنوتیپ‌های ۱۷ و ۹ نیز که در رأس قرار داشتند. در هیچ یک از محیط‌های کلان قرار نگرفتند که نشان‌دهنده عدم تولید عملکرد بالای این ژنوتیپ‌ها در تمامی محیط‌ها بود. تمسجن و همکاران (۲۶) نیز برای ارزیابی پایداری ۲۰ ژنوتیپ گندم نان با دو شاهد در شش محیط از biplot استفاده و با استفاده از نمودار چند ضلعی دو محیط کلان و پنج ژنوتیپ برتر را شناسایی کردند.

یکی از کاربردهای GGE biplot رسم نمودار چند ضلعی است. جهت رسم این نمودار، ژنوتیپ‌هایی که از مبدا مختصات بای پلات دور هستند، در رأس چند ضلعی قرار می‌گیرند و سپس خط‌هایی از مبدا بای پلات و عمود بر هر طرف چند ضلعی رسم می‌شوند. این خط‌ها بای پلات را به چند بخش تقسیم می‌کنند. در درون هر بخش (محیط کلان) ژنوتیپ‌هایی که در رأس چند ضلعی قرار دارد، در کلیه محیط‌هایی که در درون آن بخش قرار گرفته‌اند، برتر و دارای سازگاری خصوصی بالا با آن محیط‌ها می‌باشند (۷، ۲۸). کلیه ژنوتیپ‌هایی که در درون هر بخش قرار می‌گیرند نیز سازگاری خصوصی بالایی با محیط‌هایی قرار گرفته در آن بخش و شباهت بالایی با ژنوتیپ قرار گرفته در رأس چند ضلعی دارند. بنابراین، یکی از ویژگی‌های این نمودار چند ضلعی وجود واریانس زیاد بین محیط‌های بزرگ و واریانس کم درون محیط‌های کوچک است (۱۲).

ارزیابی ژنوتیپ‌ها در درون یک محیط بزرگ باید مبتنی بر میانگین عملکرد و پایداری باشد تا از برهمکنش ژنوتیپ × محیط تصادفی اجتناب شود، بنابراین بر همکنش ژنوتیپ ×



شکل ۱- نمودار چند ضلعی GGE biplot برای گروه‌بندی محیط‌های مورد مطالعه
Figure 1. GGE biplot polygon for grouping the studied environments

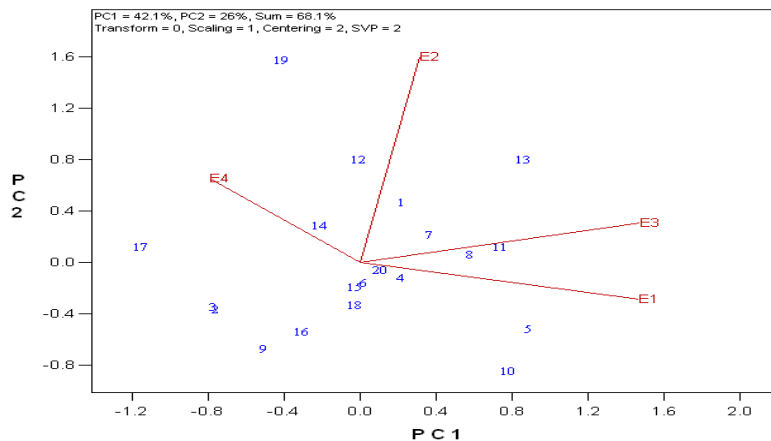


شکل ۲- بای پلات برای مقایسه ژنوتیپ‌های مورد مطالعه با ژنوتیپ ایده‌آل
Figure 2. Biplot view to compare the studied genotypes with the ideal genotype

آن‌ها، ژنوتیپ‌های ۸، ۴ و ۲۰ در رتبه دوم و سپس ژنوتیپ‌های شماره ۵، ۶، ۱۵، ۱۸، ۱۹ و ۱۴ در رتبه سوم قرار دارند. سلیم و همکاران (۲۴) نیز از روش GGE biplot برای مقایسه ارقام ارزن با رقم ایده‌آل استفاده کردند.

برای نشان دادن رابطه بین محیط‌های مورد مطالعه نیز می‌توان از روش GGE biplot استفاده کرد که در آن محیط‌ها از طریق خط‌هایی به اسم بردار به مبدأ بای پلات وصل می‌شوند (شکل ۳).

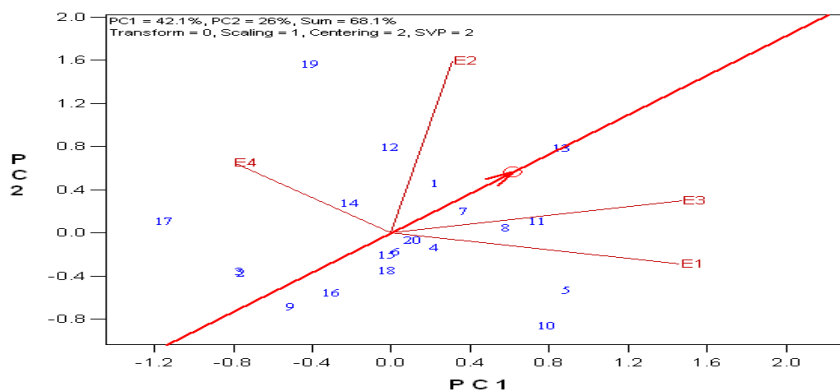
کاربرد دیگر GGE biplot، مقایسه کلیه ژنوتیپ‌ها با یک ژنوتیپ ایده‌آل است (شکل ۲). ژنوتیپ ایده‌آل در مرکز دواير متحدالمرکز قرار دارد (۲۷) و ژنوتیپی است که در همه محیط‌ها بالاترین عملکرد را دارد و مطلقاً پایدار است. بنابراین، مبنای رتبه‌بندی مبتنی بر میانگین عملکرد و پایداری است. ژنوتیپی که فاصله کمتری از ژنوتیپ ایده‌آل دارد، ژنوتیپ مطلوب با عملکرد بالا و پایدار خواهد بود. از این رو، ژنوتیپ‌های ۱، ۱۳، ۷، ۱۲ و ۱۱ که به ژنوتیپ ایده‌آل نزدیک‌تر هستند، ژنوتیپ‌های مطلوب‌تری می‌باشند. پس از



شکل ۳- بای پلات برای بررسی روابط بین محیط‌های مورد مطالعه
Figure 3. Biplot view for displaying the relationships among the studied environments

یکی از مشاهدات جالب دیگر حاصل از نمایش بردار بای پلات آن است که طول بردار هر محیط، انحراف معیار درونی آن را تقریب می‌زند که این انحراف معیار توانایی تمایز محیط را نشان می‌دهد. بررسی بای پلات همبستگی بین محیط‌ها در مجموع نشان‌دهنده قدرت تمایز بالا در همه محیط‌های مورد آزمایش بود. از میان محیط‌های مورد بررسی، محیط E2 و پس از آن محیط‌های E1 و E3 به ترتیب نسبت به سایر محیط‌ها قدرت تمایز بیشتری داشتند و کم‌ترین قدرت تمایز بین ژنوتیپ‌ها برای عملکرد دانه مربوط به محیط E4 بود. اگر محیطی فاقد توانایی تمایز باشد، اطلاعاتی درباره ارقام به دست نمی‌دهد و در نتیجه محیط آزمایش بی‌فایده می‌شود. زلک و برهانو (۳۴) نیز در آزمایشی پایداری عملکرد دانه ۱۶ لاین باقلا را در دو سال و پنج مکان، ارزیابی و محیط‌ها را از نظر قدرت تمایز گروه‌بندی کردند. کمیت دیگری که دارای اهمیت یکسان در مقایسه با توانایی تمایز محیط آزمایش است، نمایندگی آن محیط کلان می‌باشد. محیط‌ها را بر مبنای فاصله آن‌ها از محیط ایده‌آل رتبه‌بندی می‌کنند (۷). زاویه بین بردارهای یک محیط و محور افقی اندازه نمایندگی محیط را نشان می‌دهد (شکل ۴).

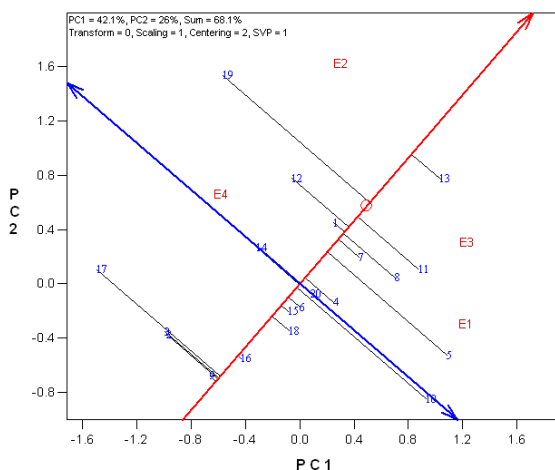
یک تفسیر جالب آن است که کسینوس زاویه بین بردارهای دو محیط ضریب همبستگی بین آن‌ها را نشان می‌دهد (۷). بنابراین هر اندازه زاویه بین دو بردار کوچک‌تر باشد به معنی همبستگی مثبت و بالای بین آن‌ها است. این مطلب به آن معناست که اطلاعات حاصل از ژنوتیپ‌ها در آن محیط‌ها (سال یا مکان) مشابه است و در صورت تکرار این نتایج در سال‌های بعد می‌توان از یکی از محیط‌ها استفاده و محیط‌های مشابه را حذف کرد که این کار سبب صرفه‌جویی در هزینه و افزایش کارایی می‌شود (۲۹). زاویه ۹۰ درجه بین دو بردار بیانگر عدم وجود همبستگی بین دو محیط و به عبارت دیگر تفاوت زیاد شرایط جوی بین دو محیط است. با توجه به نتایج به دست آمده، بین محیط‌های E1 و E3 و بین محیط‌های E2 و E4 همبستگی بالایی وجود دارد و می‌توان آن‌ها را به عنوان محیط‌های مشابه معرفی کرد. یان و راجکان (۳۰) با بررسی ژنوتیپ‌های سویا طی چند سال در چهار منطقه مختلف کانادا مشاهده کردند که یکی از مناطق دارای همبستگی بالایی با سایر مناطق است و بنابراین این منطقه را از آزمایش‌های بررسی ارقام سویا حذف کردند.



شکل ۴- بای پلات برای مقایسه محیط‌های مورد مطالعه با محیط ایده‌آل
Figure 4. Biplot view to compare the studied environments with the ideal environment

برای بررسی هم زمان پایداری و عملکرد استفاده می‌شود (۲۹). این نمودار (شکل ۵) دارای دو محور افقی و عمودی است. ارقام در محور افقی AEC رتبه‌بندی می‌شوند و جهت پیکان بیانگر میانگین عملکرد بیشتر است. محور عمودی AEC که دارای دو پیکان است که مبدأ بای پلات می‌گذرد و بر محور افقی AEC عمود است، به معنی مستقل است. بنابراین، اگر محور افقی AEC نشان‌دهنده ژنوتیپ باشد، محور عمودی AEC باید برآوردی از اثر متقابل ژنوتیپ در محیط (GEI) مرتبط با هر ژنوتیپ را فراهم کند که معیار تغییرپذیری یا بی‌ثباتی ژنوتیپ‌ها است (۷).

اگر محیط آزمایش نماینده محیط کلان نباشد، در آن صورت، نه تنها مفید نیست، بلکه گمراه کننده نیز هست و ممکن است اطلاعات آریبی درباره وارثه های آزمایش ارایه دهد. بنابراین، یک محیط ایده‌آل محیطی است که دارای بیشترین توانایی تمایز ژنوتیپ‌ها و نیز نماینده بقیه محیط های آزمایش باشد. بنابراین، محیط‌های E2 و E3 به دلیل داشتن طول بردار بلندتر که توانایی تمایز خوب و نیز قدرت نمایندگی بیشتر را نشان می‌دهد، به ترتیب به‌عنوان محیط‌های ایده‌آل‌تر نسبت به سایر محیط‌ها معرفی می‌شوند. از نمودار (Average Environment Coordinate) AEC



شکل ۵- بای پلات برای گزینش هم زمان پایداری و عملکرد ژنوتیپ‌های مورد مطالعه
Figure 5. Biplot for simultaneous selection of yield and stability of the studied genotypes

به دلیل داشتن فاصله زیاد از محور افقی AEC و بیشترین طول تصویر روی محور عمودی AEC از پایداری کمی برخوردار بودند. به‌طور کلی ژنوتیپ‌های شماره ۱۳، ۷ و ۱۱ به عنوان ژنوتیپ‌های پر محصول و پایداری بالا معرفی شدند. اگر عوامل محیطی غیرقابل پیش‌بینی علت برهمکنش ژنوتیپ × محیط باشند (مثل تغییرات سال به سال در متغیرهای آب و هوایی)، الگوی "کدام- برتر- کجا" (نتایج نمودار چند ضلعی) در سال‌های بعد تکرار پذیر نیست. در آن صورت می‌توان با انتخاب وارثه‌های پایدار و پر محصول، برهمکنش ژنوتیپ × محیط را کاهش داد و حداکثر تولید را داشت (۲۳). از نمودار GGE biplot برای شناسایی ارقام پایدار و پرمحصول نخود (۷) نیز استفاده شده است.

محور عمودی AEC برهمکنش ژنوتیپ و محیط را نشان می‌دهد و ژنوتیپی که فاصله بیشتری از محور افقی AEC (بدون در نظر گرفتن جهت) دارد، پایداری آن کمتر است. با بررسی شکل ۵ مشخص شد که به‌ترتیب ژنوتیپ ۱۳ با میانگین عملکرد دانه (۰/۳۴۰ تن در هکتار) بیشترین میانگین عملکرد و ژنوتیپ‌های ۳، ۱۷ و ۹ به‌ترتیب با عملکرد دانه (۰/۲۲۰، ۰/۲۲۶ و ۰/۲۲۹ تن در هکتار) کم‌ترین میانگین عملکرد را داشتند. ژنوتیپ‌های شماره ۱، ۶، ۱۵، ۱۶، ۹، ۱۳ و ۷ نیز به دلیل این که تقریباً روی محور افقی AEC قرار گرفتند و دارای کمترین طول تصویر روی محور عمودی AEC هستند، دارای پایداری بالایی بودند. به این معنی که این ژنوتیپ‌ها در تمامی محیط‌های مورد آزمون رتبه عملکرد تقریباً ثابتی داشتند. چهار ژنوتیپ شماره ۱۹، ۵، ۱۸ و ۱۷ نیز

منابع

1. Arshad, M., A. Bakhsh, A.M. Haqqani and M. Bashir. 2003. Genotype environment interaction for grain yield in chickpea (*Cicer arietinum* L.). Pakistan Journal of Botany, 35: 181-186.
2. Bakhsh, A., L.H. Akhtar, S.R. Malik, A. Masood, S.M. Iqbal and R. Qurashi. 2011. Grain yield stability in chickpea (*Cicer arietinum* L.) across environments. Pakistan Journal of Botany, 43: 2947-2951.
3. Blanche, S.B. and G.O. Myers. 2006. Identifying discriminating locations for cultivar selection in Louisiana. Crop Science, 46: 946-949.
4. Crossa, J., H.G. Gauch and R.W. Zobel. 1990. Additive main effects and multiplicative interactions analysis of tow international maize cultivar trails. Crop Science: 30: 493-500.
5. Ebadi Segherloo, A., S.H. Sabaghpour, H. Dehghani and M. Kamrani. 2010. Screening of superior chickpea genotypes for various environments of Iran using genotype plus genotype \times environment (GGE) biplot analysis. Journal of Plant Breeding and Crop Science, 2(9): 286-292.
6. FAO. 2019. Agricultural Data: agriculture and food trade. In Food and Agriculture Organization of the united statistics Division (<http://faostst.fao.org/>).
7. Farshadfar, E. 2015. The interaction effect of genotype and environment in plant breeding. 1st Vol. Islamic Azad University Press, Kermanshah, Iran (In persian).
8. Fernandez, G.C.J. 1991. Analysis of genotype \times environment interaction by stability estimates. Horticultural Sciences, 27: 947-950.
9. Farayedi, Y. 2013. Seed yield stability of advanced Kabuli type chickpea lines at dry fall sowing in cold region of Maragheh, Iranian Journal of Dryland Agriculture, 1(4): 17-32.
10. Gabriel, K.R. 1971. The biplot graphic display of matrices with application to principal component analysis. Biometrika 58: 453-467.
11. Grafius, J.E. and R.L. Thomas. 1971. The case for indirect genetic control of sequential traits and the strategy of deployment of environmental resources by the lam. Heredity 27: 433-442.
12. Gauch, H.G. and R.W. Zobel. 1996. Identifying mega-environments and targeting genotypes. Crop Science 37: 311-326.
13. Hamayoon, R., H. Khan, S.L. Naz, I. Munir, M. Arif, I.A. Khalil and A.Z. Khan. 2011. Performance of chickpea genotypes under two different environmental conditions. African Journal of Biotechnology, 10: 1534-1544.
14. Imtiaz, M., R.S. Malhotra, M. Singh and S. Arslan. 2013. Identifying high yielding, stable chickpea genotypes for spring sowing: specific adaptation to location and sowing seasons in the mediterranean region. Crop Science, 53: 1472-1480.
15. Kanoni, H. 2001. The yielding ability and adaptability of chickpea cultivars under rainfed conditions of Kurdistan. Seed and Plant Improvement Journal, 17(1): 1-11.
16. Muehlbauer, F.j., W.J. Kaiser, S.L. Clement and R.J. Su. Erfield. 1995. Production and breeding of lentil. Adv. Agron, 54: 283-332.
17. Monneveux, P. and E. Belhassen. 1996. The diversity of drought adaptation in wide. Plant Growth Regulation 20: 85-92.
18. Poursmael, M., H. Kanoni, H. Astaraki, M. Hajhasani and A. MirAkhori. 2017. Yield evaluation of kabuli type chickpea landraces in rainfed conditions, Seed and Plant Improvement Journal, 1(33): 29-43.
19. Pham, H.N. and M.S. Kang. 1988. Interrelationships among and repeatability of several stability statistics estimated from international maize trials. Crop Science, 28: 925-928.
20. Roustaii, M., D. Sadeghzadeh Ahari, A. Hesami, K. Soleymani, H. Pashapour, K. Nader Mahmoodi, M.M. Poursiahbidi, M.M. Ahmadi, M. Hassanpour Hosni and G. Abedaasl. 2003. Study of adaptability and stability of grain yield of breed wheat genotypes in cold and moderate-cold dryland areas. Seed and Plant, 19(2): 263-275.
21. Sabaghpour, S.H., M. Safihkni and A. Sarker. 2004. Present status and future prospects of lentil cultivation in Iran. Proceedings of the Fifth European Conference on Grain Legume 7-11 June 2004, Dijon, France.
22. Sabaghpour, S.H., A.A. Mahmodi, A. Saeed, M. Kamel and R.S. Malhotra. 2006. Study on chickpea drought tolerant lines under dryland condition of Iran. Indian Journal of Crop Science, 1: 70-73.
23. Sadegzadeh Ahari, D., K. Hossaini and K. Alizadeh. 2005. Study of adaptability and stability of durum wheat lines in tropical and sub-tropical dry land areas. Seed and Plant Improvement Journal 21(4): 561-576 (In Persian).
24. Saleem, R., M. Ashraf, I.A. Khalil, M.A. Anees, H.I. Javed and A. Saleem. 2016. GGE Biplot: A windows based graphical analysis of yield stability and adaptability of millet cultivars across Pakistan. Academia Journal of Biotechnology, 4(5): 186-193.
25. Singh, K.B. and M.C. Saxena. 1993. Breeding for stress tolerance in cool season food legume. ICARDA. Syria.
26. Temesgen, M., S. Alamerew and F. Eticha. 2015. GGE biplot analysis of genotype by environment interaction and grain yield stability of bread wheat genotypes in south east Ethiopia. Agricultural

- Sciences, 11(4): 183-190.
27. Yan, W. 2001. GGE biplot: A widows application for graphical analysis of multi-environment trial data and other types of two-way data. *Agronomy Journal* 93: 1111-1118.
 28. Yan, W., L.A. Hunt, Q. Sheng and Z. Szlavnic. 2000. Cultivar evaluation and mega-environment investigations based on the GGE biplot. *Crop Science*, 40: 597-605.
 29. Yan, W. and M.S. Kang. 2003. GGE biplot analysis: A graphical tool for breeders, geneticists and agronomists. CRC Press, Boca Raton, USA.
 30. Yan, W. and I. Rajcan. 2002. Biplot analysis of test sites and trait relations of soybean in Ontario. *Crop Science* 42: 11-20.
 31. Yadav, S.S., A.K. Verma, A.H. Rizvi, D. Singh, J. Kumar and M. Andrews. 2010. Impact of genotype \times environment interactions on the relative performance of diverse groups of chickpea (*Cicer arietinum* L.) varieties. *Archive of Agronomy and Soil Science*, 56: 49-64.
 32. Yaghotipoor, A. and E. Farshadfar. 2007. Non-parametric estimation and component analysis of phenotypic stability in chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Pakistan Journal of Biological Science*, 10: 2446-2453.
 33. Zobel, R.W., M.S. Wright and H.G. Gauch. 1988. Statistical analysis of a yield trial. *Agronomy Journal* 80: 388-393.
 34. Zeleke, A.A. and F.A. Berhanu. 2016. AMMI and GGE models analysis of stability and GEI of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) lines in Ethiopia. *Journal of Biology, Agriculture and Healthcare*, 6(9): 127-135.

Stability Analysis of Grain yield of Lens Culinaris L lentil Genotypes in Dryland Conditions by GGE biplot Method

Seyedeh Soudabeh Shobeiri¹, Davood Sadeghzadeh Ahari², Payam Pezeshkpour³ and Mahmoud Azimi⁴

1- Assistant Professor, Dryland Agricultural Research Institute, Zanzan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Zanzan, Iran, (Corresponding Author: s.shobeiri@yahoo.com)

2- Associate Professor, Dryland Agricultural Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Maragheh, Iran

3- Assistant Professor, Dryland Agricultural Research Institute, Lorestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Khoramabad, Iran

4- Assistant Professor, Horticultural Sciences Research Institute, Zanzan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Zanzan, Iran

Received: 30 April, 2021

Accepted: 21 August, 2021

Extended Abstract

Introduction and Objective: Improper distribution of rainfall and reduced rainfall are major factors in reducing lentil yield per unit area. Therefore, the use of genotypes adapted to adverse environmental conditions can play an important role in increasing yield in such conditions. Awareness of genotype \times environment interactions helps breeds to be more accurate in evaluating genotypes and choosing the best genotypes.

Materials and Methods: This study was conducted during two years (2019-2020 and 2020-2021) in two stations in the cold dry areas of the country (Qeydar Zanzan, Maragheh). The experiment consisted of 17 advanced lentil genotypes along with three control cultivars Kimia, Bilesvar and Senna (20 genotypes in total) which was performed in a randomized complete block design with 3 replications.

Results: The results of combined analysis showed a significant difference in the level of one percent probability for environment, genotype and genotype \times environment interaction. The results of combined analysis of variance showed that the environment, genotype and genotype by environment interaction effects were 79.5%, 2.25% and 18.23% of total variance, respectively. The results of GGE biplot indicate the existence of 42.1% of the total changes related to the first component and 26% of the total changes related to the second component, which together explain 68.1% of the total changes. According to the obtained results, there is a high correlation between E1 and E3 environments and between E2 and E4 environments and they can be introduced as similar environments. In biplot study, genotypes 7 (FLIP2013-29L), 13 (FLIP 2012-262 L) and 11 (FLIP 2012-207L) had higher performance and stability at the same time.

Conclusion: Genotypes 13, 7 and 11 were introduced as high yielding and stable genotypes and can be used to select or recommend a variety.

Keywords: Dryland, Genotype \times Environment interaction, Lentil, Stability