



"مقاله پژوهشی"

ارزیابی اثر متقابل ژنوتیپ- محیط برای عملکرد دانه ژنوتیپ‌های نخود (*Cicer arietinum* L.) در اقلیم سرد ایران با روش GGE بای پلات

یدالله فرایندی^۱، علی اکبر اسدی^۲، فرهاد آهک‌پز^۱، علی سعید^۳، همایون کانونی^۴ و علی احسان نصرتی^۵

۱- مربی موسسه تحقیقات کشاورزی دیم مراغه، ایران

۲- استادیار بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان زنجان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، زنجان، ایران
(نویسنده مسوول: asadipm@gmail.com)

۳- استادیار بخش تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان غربی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ارومیه، ایران

۴- دانشیار، بخش تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کردستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، سنندج، ایران

۵- مربی بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان همدان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، همدان، ایران
تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۳/۲۴ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۷/۱۳

صفحه: ۶۶ تا ۷۶

چکیده

وجود اثر متقابل ژنوتیپ- محیط ایجاب می‌کند که عملکرد ژنوتیپ‌ها در دامنه وسیعی از شرایط محیطی مورد آزمایش قرار گیرند تا اطلاعات حاصل بتواند کارایی مربوط به گزینش و معرفی آن‌ها را افزایش دهد. بدین منظور این تحقیق با استفاده از ۱۱ لاین منتخب از آزمایش‌های یکنواخت سراسری به همراه، ارقام شاهد سارال و آنا و نیز دو لاین پیشرفته در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار و در چهار منطقه سردسیر کشور (مراغه، ارومیه، کردستان و همدان) در سه سال زراعی ۱۳۹۵ تا ۱۳۹۸ انجام شد. نتایج تجزیه مرکب نشان داد که که اثرات ساده سال، مکان و ژنوتیپ و همچنین اثرات متقابل عملکرد دانه از نظر آماری معنی‌دار بودند. تصویر چندضلعی بای پلات نشان داد که ژنوتیپ G6 در ایستگاه کردستان بیشترین عملکرد را داشت. از طرف دیگر ژنوتیپ G13 در ایستگاه‌های همدان، مراغه و ارومیه دارای بیشترین عملکرد بود و در ایستگاه کردستان نیز در رتبه دوم قرار داشت که نشان می‌دهد این ژنوتیپ دارای پایداری عملکردی بالایی در تمامی ایستگاه‌ها می‌باشد. رتبه‌بندی ژنوتیپ‌ها بر اساس میانگین عملکرد دانه و میزان پایداری در محیط‌های مورد مطالعه نشان داد که ژنوتیپ‌های G4، G6 و G15 پایداری کمتری نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها داشتند. در مقابل ژنوتیپ‌های G7، G9 و G5 نسبتاً پایدارتر از سایر ژنوتیپ‌ها بودند. هم‌چنین ژنوتیپ‌های G4، G10، G12 و G6 دارای عملکرد متوسط و نسبتاً ناپایدار بودند. ژنوتیپ G15 کمترین عملکرد و پایداری را به‌خود اختصاص داده‌بود و از سوی دیگر ژنوتیپ G13 با بیشترین عملکرد به‌همراه پایداری مطلوب شناسایی شد. در انتها مشخص شد که ژنوتیپ شماره ۱۳ با پتانسیل عملکرد بالا و پایداری بیشتر، بهتر از دو رقم آنا و سارال عمل نموده و به‌عنوان ژنوتیپ نزدیک به ایده‌آل معرفی می‌شود و جهت برنامه‌های به‌زراعی و آزمایش‌های تحقیقی تطبیقی می‌تواند پیشنهاد شود.

واژه‌های کلیدی: اثر متقابل ژنوتیپ- محیط، پایداری، GGE بای پلات

مقدمه

معرفی‌شده است (۲۶). هر یک از این روش‌ها جنبه‌های مختلفی از پایداری ارقام را نشان می‌دهند و یک روش به‌تنهایی توانایی بررسی پایداری عملکرد یک ژنوتیپ بین محیط‌های مختلف را ندارد. روش‌های مختلفی برای بررسی اثر متقابل ژنوتیپ و محیط و تعیین ژنوتیپ‌های پایدار ارائه‌شده که شامل روش‌های تک‌متغیره، چندمتغیره و ناپارامتری می‌باشند. از میان روش‌های چند متغیره می‌توان به روش GGE bipot اشاره نمود. این روش ابزاری بسیار مفید جهت ارزیابی چشمی و تفسیر پاسخ الگوی ارقام، محیط‌ها و اثر متقابل آن‌ها می‌باشد (۱۰).

روش GGE biplot که بر پایه تجزیه به مؤلفه‌های اصلی استوار می‌باشد به فراوانی در تجزیه پایداری ارقام مختلف زراعی مورد استفاده قرار می‌گیرد. این روش به‌وسیله گابریل (۱۰) معرفی و توسط کمپتون (۱۵) و زوبل و همکاران (۳۸) توسعه و گسترش یافت. کاربرد وسیع و سودمند GGE

حبوبات به خاطر ویژگی مهم تثبیت نیتروژن اتمسفری در خاک موجب حاصلخیزی خاک جهت کشت محصولات بعدی که عمدتاً غلات است، می‌شود (۲۳). حبوبات به‌ویژه نخود (*Cicer arietinum* L.) از منابع مهم پروتئین گیاهی بوده که دارای ۱۶ تا ۲۴ درصد پروتئین است که در غذای اکثر مردم به‌خصوص اقشار کم‌درآمد مورد استفاده قرار می‌گیرد (۲۶). ایران با سطح زیر کشت حدود ۶۵۰۰۰ هکتار نخود هفتمین رتبه جهان پس از هندوستان، پاکستان و ترکیه، میانمار، پاکستان و اتیوپی دارا می‌باشد و ۹۵ درصد سطح زیر کشت نخود در ایران در شرایط دیم کشت می‌شود (۸، ۲۷). استفاده از جدول‌های تجزیه واریانس مرکب اطلاعات اندکی در مورد اثر متقابل ژنوتیپ در محیط به پژوهشگران می‌دهد بنابراین جهت تشخیص پایداری ارقام و معرفی آن‌ها برای کشت در محیط‌های مختلف معیارهای متفاوتی

مواد و روش‌ها

این تحقیق با استفاده از ۱۱ لاین منتخب از آزمایش‌های یکنواخت سراسری سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴ انجام شده در موسسه تحقیقات کشاورزی دیم، دو رقم شاهد سارال (مقاوم به سرما، مقاوم به برگ‌زدگی، درصد پروتئین بالا و عملکرد بالا) و آنا (عملکرد بالا، درشتی دانه، مقاوم به سرما، مقاوم به برگ‌زدگی و پژمردگی فوزاریومی و درصد پروتئین بالا) و نیز دو لاین پیشرفته در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار و در چهار منطقه سردسیر کشور (مراغه، ارومیه، کردستان و همدان) در طی سه سال (۱۳۹۵ الی ۱۳۹۸) انجام شد (جدول ۱). میانگین بارندگی و دمای ایستگاه‌های مورد بررسی در مدت زمان کشت ژنوتیپ‌ها در جدول ۲ نشان داده شده است. در هر سال زراعی عملیات آماده‌سازی زمین بر اساس توصیه فنی در هر منطقه در شهریورماه صورت گرفت و در نیمه دوم مهرماه هر لاین در شش خط پنج‌متری با فاصله خطوط ۲۵ سانتیمتر کشت شد. در طول دوران رشد و نمو مراقبت‌های معمول زراعی نظیر کوددهی و وجین علف‌های هرز صورت گرفت. عمل برداشت از ۴ خط وسط با حذف ۲۵ سانتیمتر از ابتدا و انتهای خطوط یعنی از سطح ۵/۷۶ مترمربع از هر کرت به‌طور جداگانه انجام و بذور بعد از بوجاری توزین شده و به سطح یک هکتار تعمیم داده شد. محاسبات آماری بر اساس عملکرد دانه با روش تجزیه واریانس مرکب برای مجموع مناطق و سال‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS صورت گرفت. همگنی واریانس‌های خطای آزمایشی با استفاده از روش بارتلت تأیید شد. تجزیه واریانس مرکب با فرض ثابت بودن اثر ژنوتیپ‌ها و تصادفی بودن اثرات سال و مکان انجام گرفت. مقایسات میانگین با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد. لازم به ذکر است که مقایسه میانگین بین ژنوتیپ‌ها در تمام سال‌ها و مکان‌ها انجام گرفت. همچنین به‌دلیل معنی‌دار بودن اثر متقابل ژنوتیپ در مکان، براساس میانگین سال‌ها در مکان‌های مختلف نیز مقایسه میانگین بین ژنوتیپ‌ها انجام گرفت. تجزیه GGE biplot با استفاده از نرم‌افزار R-studio و پکیج نرم‌افزاری GGE biplot و میانگین ژنوتیپ‌ها در هر منطقه صورت گرفت.

biplot در بررسی اثر ژنوتیپ و اثر متقابل ژنوتیپ- محیط توسط یان و همکاران (۳۷) نشان داده شده است. این روش از طریق نمایش گرافیکی اثر متقابل ژنوتیپ- محیط به به‌نژادگر کمک می‌کند تا به‌سادگی پایداری ژنوتیپ‌ها و ترکیب پایداری با عملکرد ژنوتیپ‌ها در محیط‌های مختلف را بررسی کرده و همچنین استفاده از این روش امکان بررسی روابط میان محیط‌ها و شناسایی محیط‌های هدف در برنامه‌های به‌نژادی را امکان‌پذیر می‌سازد (۳۷). یان و همکاران (۳۴) روش AMMI را با GGE biplot را مورد مقایسه قرار دادند، و مشخص نمودند که کارایی و دقت مدل GGE biplot از مدل AMMI بیشتر است. از این روش در بسیاری از مطالعات پایداری در گیاهان مختلف از قبیل سویا (۵)، گلرنگ (۲۰) و کلزا (۲۲) استفاده شده است. از روش‌های مورد استفاده در بررسی پایداری در نخود است. روش گرافیکی اثر محیط و ژنوتیپ (GGE biplot) اثر متقابل ژنوتیپ در محیط را در بیشتر از یک بعد توصیف کرده و فرصت‌های بهتری را برای مطالعه ژنوتیپ‌ها فراهم می‌کند (۳۷). پور اسماعیل و همکاران (۲۴) 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 (۱،۲،۳،۴،۵،۶،۷،۸،۹،۱۰،۱۱،۱۲،۱۳،۱۴،۱۵،۱۶،۱۷،۱۸،۱۹،۲۰،۲۱،۲۲،۲۳،۲۴،۲۵،۲۶،۲۷،۲۸،۲۹،۳۰،۳۱،۳۲،۳۳،۳۴،۳۵،۳۶،۳۷،۳۸،۳۹،۴۰،۴۱،۴۲،۴۳،۴۴،۴۵،۴۶،۴۷،۴۸،۴۹،۵۰،۵۱،۵۲،۵۳،۵۴،۵۵،۵۶،۵۷،۵۸،۵۹،۶۰،۶۱،۶۲،۶۳،۶۴،۶۵،۶۶،۶۷،۶۸،۶۹،۷۰،۷۱،۷۲،۷۳،۷۴،۷۵،۷۶،۷۷،۷۸،۷۹،۸۰،۸۱،۸۲،۸۳،۸۴،۸۵،۸۶،۸۷،۸۸،۸۹،۹۰،۹۱،۹۲،۹۳،۹۴،۹۵،۹۶،۹۷،۹۸،۹۹،۱۰۰،۱۰۱،۱۰۲،۱۰۳،۱۰۴،۱۰۵،۱۰۶،۱۰۷،۱۰۸،۱۰۹،۱۱۰،۱۱۱،۱۱۲،۱۱۳،۱۱۴،۱۱۵،۱۱۶،۱۱۷،۱۱۸،۱۱۹،۱۲۰،۱۲۱،۱۲۲،۱۲۳،۱۲۴،۱۲۵،۱۲۶،۱۲۷،۱۲۸،۱۲۹،۱۳۰،۱۳۱،۱۳۲،۱۳۳،۱۳۴،۱۳۵،۱۳۶،۱۳۷،۱۳۸،۱۳۹،۱۴۰،۱۴۱،۱۴۲،۱۴۳،۱۴۴،۱۴۵،۱۴۶،۱۴۷،۱۴۸،۱۴۹،۱۵۰،۱۵۱،۱۵۲،۱۵۳،۱۵۴،۱۵۵،۱۵۶،۱۵۷،۱۵۸،۱۵۹،۱۶۰،۱۶۱،۱۶۲،۱۶۳،۱۶۴،۱۶۵،۱۶۶،۱۶۷،۱۶۸،۱۶۹،۱۷۰،۱۷۱،۱۷۲،۱۷۳،۱۷۴،۱۷۵،۱۷۶،۱۷۷،۱۷۸،۱۷۹،۱۸۰،۱۸۱،۱۸۲،۱۸۳،۱۸۴،۱۸۵،۱۸۶،۱۸۷،۱۸۸،۱۸۹،۱۹۰،۱۹۱،۱۹۲،۱۹۳،۱۹۴،۱۹۵،۱۹۶،۱۹۷،۱۹۸،۱۹۹،۲۰۰،۲۰۱،۲۰۲،۲۰۳،۲۰۴،۲۰۵،۲۰۶،۲۰۷،۲۰۸،۲۰۹،۲۱۰،۲۱۱،۲۱۲،۲۱۳،۲۱۴،۲۱۵،۲۱۶،۲۱۷،۲۱۸،۲۱۹،۲۲۰،۲۲۱،۲۲۲،۲۲۳،۲۲۴،۲۲۵،۲۲۶،۲۲۷،۲۲۸،۲۲۹،۲۳۰،۲۳۱،۲۳۲،۲۳۳،۲۳۴،۲۳۵،۲۳۶،۲۳۷،۲۳۸،۲۳۹،۲۴۰،۲۴۱،۲۴۲،۲۴۳،۲۴۴،۲۴۵،۲۴۶،۲۴۷،۲۴۸،۲۴۹،۲۵۰،۲۵۱،۲۵۲،۲۵۳،۲۵۴،۲۵۵،۲۵۶،۲۵۷،۲۵۸،۲۵۹،۲۶۰،۲۶۱،۲۶۲،۲۶۳،۲۶۴،۲۶۵،۲۶۶،۲۶۷،۲۶۸،۲۶۹،۲۷۰،۲۷۱،۲۷۲،۲۷۳،۲۷۴،۲۷۵،۲۷۶،۲۷۷،۲۷۸،۲۷۹،۲۸۰،۲۸۱،۲۸۲،۲۸۳،۲۸۴،۲۸۵،۲۸۶،۲۸۷،۲۸۸،۲۸۹،۲۹۰،۲۹۱،۲۹۲،۲۹۳،۲۹۴،۲۹۵،۲۹۶،۲۹۷،۲۹۸،۲۹۹،۳۰۰،۳۰۱،۳۰۲،۳۰۳،۳۰۴،۳۰۵،۳۰۶،۳۰۷،۳۰۸،۳۰۹،۳۱۰،۳۱۱،۳۱۲،۳۱۳،۳۱۴،۳۱۵،۳۱۶،۳۱۷،۳۱۸،۳۱۹،۳۲۰،۳۲۱،۳۲۲،۳۲۳،۳۲۴،۳۲۵،۳۲۶،۳۲۷،۳۲۸،۳۲۹،۳۳۰،۳۳۱،۳۳۲،۳۳۳،۳۳۴،۳۳۵،۳۳۶،۳۳۷،۳۳۸،۳۳۹،۳۴۰،۳۴۱،۳۴۲،۳۴۳،۳۴۴،۳۴۵،۳۴۶،۳۴۷،۳۴۸،۳۴۹،۳۵۰،۳۵۱،۳۵۲،۳۵۳،۳۵۴،۳۵۵،۳۵۶،۳۵۷،۳۵۸،۳۵۹،۳۶۰،۳۶۱،۳۶۲،۳۶۳،۳۶۴،۳۶۵،۳۶۶،۳۶۷،۳۶۸،۳۶۹،۳۷۰،۳۷۱،۳۷۲،۳۷۳،۳۷۴،۳۷۵،۳۷۶،۳۷۷،۳۷۸،۳۷۹،۳۸۰،۳۸۱،۳۸۲،۳۸۳،۳۸۴،۳۸۵،۳۸۶،۳۸۷،۳۸۸،۳۸۹،۳۹۰،۳۹۱،۳۹۲،۳۹۳،۳۹۴،۳۹۵،۳۹۶،۳۹۷،۳۹۸،۳۹۹،۴۰۰،۴۰۱،۴۰۲،۴۰۳،۴۰۴،۴۰۵،۴۰۶،۴۰۷،۴۰۸،۴۰۹،۴۱۰،۴۱۱،۴۱۲،۴۱۳،۴۱۴،۴۱۵،۴۱۶،۴۱۷،۴۱۸،۴۱۹،۴۲۰،۴۲۱،۴۲۲،۴۲۳،۴۲۴،۴۲۵،۴۲۶،۴۲۷،۴۲۸،۴۲۹،۴۳۰،۴۳۱،۴۳۲،۴۳۳،۴۳۴،۴۳۵،۴۳۶،۴۳۷،۴۳۸،۴۳۹،۴۴۰،۴۴۱،۴۴۲،۴۴۳،۴۴۴،۴۴۵،۴۴۶،۴۴۷،۴۴۸،۴۴۹،۴۵۰،۴۵۱،۴۵۲،۴۵۳،۴۵۴،۴۵۵،۴۵۶،۴۵۷،۴۵۸،۴۵۹،۴۶۰،۴۶۱،۴۶۲،۴۶۳،۴۶۴،۴۶۵،۴۶۶،۴۶۷،۴۶۸،۴۶۹،۴۷۰،۴۷۱،۴۷۲،۴۷۳،۴۷۴،۴۷۵،۴۷۶،۴۷۷،۴۷۸،۴۷۹،۴۸۰،۴۸۱،۴۸۲،۴۸۳،۴۸۴،۴۸۵،۴۸۶،۴۸۷،۴۸۸،۴۸۹،۴۹۰،۴۹۱،۴۹۲،۴۹۳،۴۹۴،۴۹۵،۴۹۶،۴۹۷،۴۹۸،۴۹۹،۵۰۰،۵۰۱،۵۰۲،۵۰۳،۵۰۴،۵۰۵،۵۰۶،۵۰۷،۵۰۸،۵۰۹،۵۱۰،۵۱۱،۵۱۲،۵۱۳،۵۱۴،۵۱۵،۵۱۶،۵۱۷،۵۱۸،۵۱۹،۵۲۰،۵۲۱،۵۲۲،۵۲۳،۵۲۴،۵۲۵،۵۲۶،۵۲۷،۵۲۸،۵۲۹،۵۳۰،۵۳۱،۵۳۲،۵۳۳،۵۳۴،۵۳۵،۵۳۶،۵۳۷،۵۳۸،۵۳۹،۵۴۰،۵۴۱،۵۴۲،۵۴۳،۵۴۴،۵۴۵،۵۴۶،۵۴۷،۵۴۸،۵۴۹،۵۵۰،۵۵۱،۵۵۲،۵۵۳،۵۵۴،۵۵۵،۵۵۶،۵۵۷،۵۵۸،۵۵۹،۵۶۰،۵۶۱،۵۶۲،۵۶۳،۵۶۴،۵۶۵،۵۶۶،۵۶۷،۵۶۸،۵۶۹،۵۷۰،۵۷۱،۵۷۲،۵۷۳،۵۷۴،۵۷۵،۵۷۶،۵۷۷،۵۷۸،۵۷۹،۵۸۰،۵۸۱،۵۸۲،۵۸۳،۵۸۴،۵۸۵،۵۸۶،۵۸۷،۵۸۸،۵۸۹،۵۹۰،۵۹۱،۵۹۲،۵۹۳،۵۹۴،۵۹۵،۵۹۶،۵۹۷،۵۹۸،۵۹۹،۶۰۰،۶۰۱،۶۰۲،۶۰۳،۶۰۴،۶۰۵،۶۰۶،۶۰۷،۶۰۸،۶۰۹،۶۱۰،۶۱۱،۶۱۲،۶۱۳،۶۱۴،۶۱۵،۶۱۶،۶۱۷،۶۱۸،۶۱۹،۶۲۰،۶۲۱،۶۲۲،۶۲۳،۶۲۴،۶۲۵،۶۲۶،۶۲۷،۶۲۸،۶۲۹،۶۳۰،۶۳۱،۶۳۲،۶۳۳،۶۳۴،۶۳۵،۶۳۶،۶۳۷،۶۳۸،۶۳۹،۶۴۰،۶۴۱،۶۴۲،۶۴۳،۶۴۴،۶۴۵،۶۴۶،۶۴۷،۶۴۸،۶۴۹،۶۵۰،۶۵۱،۶۵۲،۶۵۳،۶۵۴،۶۵۵،۶۵۶،۶۵۷،۶۵۸،۶۵۹،۶۶۰،۶۶۱،۶۶۲،۶۶۳،۶۶۴،۶۶۵،۶۶۶،۶۶۷،۶۶۸،۶۶۹،۶۷۰،۶۷۱،۶۷۲،۶۷۳،۶۷۴،۶۷۵،۶۷۶،۶۷۷،۶۷۸،۶۷۹،۶۸۰،۶۸۱،۶۸۲،۶۸۳،۶۸۴،۶۸۵،۶۸۶،۶۸۷،۶۸۸،۶۸۹،۶۹۰،۶۹۱،۶۹۲،۶۹۳،۶۹۴،۶۹۵،۶۹۶،۶۹۷،۶۹۸،۶۹۹،۷۰۰،۷۰۱،۷۰۲،۷۰۳،۷۰۴،۷۰۵،۷۰۶،۷۰۷،۷۰۸،۷۰۹،۷۱۰،۷۱۱،۷۱۲،۷۱۳،۷۱۴،۷۱۵،۷۱۶،۷۱۷،۷۱۸،۷۱۹،۷۲۰،۷۲۱،۷۲۲،۷۲۳،۷۲۴،۷۲۵،۷۲۶،۷۲۷،۷۲۸،۷۲۹،۷۳۰،۷۳۱،۷۳۲،۷۳۳،۷۳۴،۷۳۵،۷۳۶،۷۳۷،۷۳۸،۷۳۹،۷۴۰،۷۴۱،۷۴۲،۷۴۳،۷۴۴،۷۴۵،۷۴۶،۷۴۷،۷۴۸،۷۴۹،۷۵۰،۷۵۱،۷۵۲،۷۵۳،۷۵۴،۷۵۵،۷۵۶،۷۵۷،۷۵۸،۷۵۹،۷۶۰،۷۶۱،۷۶۲،۷۶۳،۷۶۴،۷۶۵،۷۶۶،۷۶۷،۷۶۸،۷۶۹،۷۷۰،۷۷۱،۷۷۲،۷۷۳،۷۷۴،۷۷۵،۷۷۶،۷۷۷،۷۷۸،۷۷۹،۷۸۰،۷۸۱،۷۸۲،۷۸۳،۷۸۴،۷۸۵،۷۸۶،۷۸۷،۷۸۸،۷۸۹،۷۹۰،۷۹۱،۷۹۲،۷۹۳،۷۹۴،۷۹۵،۷۹۶،۷۹۷،۷۹۸،۷۹۹،۸۰۰،۸۰۱،۸۰۲،۸۰۳،۸۰۴،۸۰۵،۸۰۶،۸۰۷،۸۰۸،۸۰۹،۸۱۰،۸۱۱،۸۱۲،۸۱۳،۸۱۴،۸۱۵،۸۱۶،۸۱۷،۸۱۸،۸۱۹،۸۲۰،۸۲۱،۸۲۲،۸۲۳،۸۲۴،۸۲۵،۸۲۶،۸۲۷،۸۲۸،۸۲۹،۸۳۰،۸۳۱،۸۳۲،۸۳۳،۸۳۴،۸۳۵،۸۳۶،۸۳۷،۸۳۸،۸۳۹،۸۴۰،۸۴۱،۸۴۲،۸۴۳،۸۴۴،۸۴۵،۸۴۶،۸۴۷،۸۴۸،۸۴۹،۸۵۰،۸۵۱،۸۵۲،۸۵۳،۸۵۴،۸۵۵،۸۵۶،۸۵۷،۸۵۸،۸۵۹،۸۶۰،۸۶۱،۸۶۲،۸۶۳،۸۶۴،۸۶۵،۸۶۶،۸۶۷،۸۶۸،۸۶۹،۸۷۰،۸۷۱،۸۷۲،۸۷۳،۸۷۴،۸۷۵،۸۷۶،۸۷۷،۸۷۸،۸۷۹،۸۸۰،۸۸۱،۸۸۲،۸۸۳،۸۸۴،۸۸۵،۸۸۶،۸۸۷،۸۸۸،۸۸۹،۸۹۰،۸۹۱،۸۹۲،۸۹۳،۸۹۴،۸۹۵،۸۹۶،۸۹۷،۸۹۸،۸۹۹،۹۰۰،۹۰۱،۹۰۲،۹۰۳،۹۰۴،۹۰۵،۹۰۶،۹۰۷،۹۰۸،۹۰۹،۹۱۰،۹۱۱،۹۱۲،۹۱۳،۹۱۴،۹۱۵،۹۱۶،۹۱۷،۹۱۸،۹۱۹،۹۲۰،۹۲۱،۹۲۲،۹۲۳،۹۲۴،۹۲۵،۹۲۶،۹۲۷،۹۲۸،۹۲۹،۹۳۰،۹۳۱،۹۳۲،۹۳۳،۹۳۴،۹۳۵،۹۳۶،۹۳۷،۹۳۸،۹۳۹،۹۴۰،۹۴۱،۹۴۲،۹۴۳،۹۴۴،۹۴۵،۹۴۶،۹۴۷،۹۴۸،۹۴۹،۹۵۰،۹۵۱،۹۵۲،۹۵۳،۹۵۴،۹۵۵،۹۵۶،۹۵۷،۹۵۸،۹۵۹،۹۶۰،۹۶۱،۹۶۲،۹۶۳،۹۶۴،۹۶۵،۹۶۶،۹۶۷،۹۶۸،۹۶۹،۹۷۰،۹۷۱،۹۷۲،۹۷۳،۹۷۴،۹۷۵،۹۷۶،۹۷۷،۹۷۸،۹۷۹،۹۸۰،۹۸۱،۹۸۲،۹۸۳،۹۸۴،۹۸۵،۹۸۶،۹۸۷،۹۸۸،۹۸۹،۹۹۰،۹۹۱،۹۹۲،۹۹۳،۹۹۴،۹۹۵،۹۹۶،۹۹۷،۹۹۸،۹۹۹،۱۰۰۰،۱۰۰۱،۱۰۰۲،۱۰۰۳،۱۰۰۴،۱۰۰۵،۱۰۰۶،۱۰۰۷،۱۰۰۸،۱۰۰۹،۱۰۱۰،۱۰۱۱،۱۰۱۲،۱۰۱۳،۱۰۱۴،۱۰۱۵،۱۰۱۶،۱۰۱۷،۱۰۱۸،۱۰۱۹،۱۰۲۰،۱۰۲۱،۱۰۲۲،۱۰۲۳،۱۰۲۴،۱۰۲۵،۱۰۲۶،۱۰۲۷،۱۰۲۸،۱۰۲۹،۱۰۳۰،۱۰۳۱،۱۰۳۲،۱۰۳۳،۱۰۳۴،۱۰۳۵،۱۰۳۶،۱۰۳۷،۱۰۳۸،۱۰۳۹،۱۰۴۰،۱۰۴۱،۱۰۴۲،۱۰۴۳،۱۰۴۴،۱۰۴۵،۱۰۴۶،۱۰۴۷،۱۰۴۸،۱۰۴۹،۱۰۵۰،۱۰۵۱،۱۰۵۲،۱۰۵۳،۱۰۵۴،۱۰۵۵،۱۰۵۶،۱۰۵۷،۱۰۵۸،۱۰۵۹،۱۰۶۰،۱۰۶۱،۱۰۶۲،۱۰۶۳،۱۰۶۴،۱۰۶۵،۱۰۶۶،۱۰۶۷،۱۰۶۸،۱۰۶۹،۱۰۷۰،۱۰۷۱،۱۰۷۲،۱۰۷۳،۱۰۷۴،۱۰۷۵،۱۰۷۶،۱۰۷۷،۱۰۷۸،۱۰۷۹،۱۰۸۰،۱۰۸۱،۱۰۸۲،۱۰۸۳،۱۰۸۴،۱۰۸۵،۱۰۸۶،۱۰۸۷،۱۰۸۸،۱۰۸۹،۱۰۹۰،۱۰۹۱،۱۰۹۲،۱۰۹۳،۱۰۹۴،۱۰۹۵،۱۰۹۶،۱۰۹۷،۱۰۹۸،۱۰۹۹،۱۱۰۰،۱۱۰۱،۱۱۰۲،۱۱۰۳،۱۱۰۴،۱۱۰۵،۱۱۰۶،۱۱۰۷،۱۱۰۸،۱۱۰۹،۱۱۱۰،۱۱۱۱،۱۱۱۲،۱۱۱۳،۱۱۱۴،۱۱۱۵،۱۱۱۶،۱۱۱۷،۱۱۱۸،۱۱۱۹،۱۱۲۰،۱۱۲۱،۱۱۲۲،۱۱۲۳،۱۱۲۴،۱۱۲۵،۱۱۲۶،۱۱۲۷،۱۱۲۸،۱۱۲۹،۱۱۳۰،۱۱۳۱،۱۱۳۲،۱۱۳۳،۱۱۳۴،۱۱۳۵،۱۱۳۶،۱۱۳۷،۱۱۳۸،۱۱۳۹،۱۱۴۰،۱۱۴۱،۱۱۴۲،۱۱۴۳،۱۱۴۴،۱۱۴۵،۱۱۴۶،۱۱۴۷،۱۱۴۸،۱۱۴۹،۱۱۵۰،۱۱۵۱،۱۱۵۲،۱۱۵۳،۱۱۵۴،۱۱۵۵،۱۱۵۶،۱۱۵۷،۱۱۵۸،۱۱۵۹،۱۱۶۰،۱۱۶۱،۱۱۶۲،۱۱۶۳،۱۱۶۴،۱۱۶۵،۱۱۶۶،۱۱۶۷،۱۱۶۸،۱۱۶۹،۱۱۷۰،۱۱۷۱،۱۱۷۲،۱۱۷۳،۱۱۷۴،۱۱۷۵،۱۱۷۶،۱۱۷۷،۱۱۷۸،۱۱۷۹،۱۱۸۰،۱۱۸۱،۱۱۸۲،۱۱۸۳،۱۱۸۴،۱۱۸۵،۱۱۸۶،۱۱۸۷،۱۱۸۸،۱۱۸۹،۱۱۹۰،۱۱۹۱،۱۱۹۲،۱۱۹۳،۱۱۹۴،۱۱۹۵،۱۱۹۶،۱۱۹۷،۱۱۹۸،۱۱۹۹،۱۲۰۰،۱۲۰۱،۱۲۰۲،۱۲۰۳،۱۲۰۴،۱۲۰۵،۱۲۰۶،۱۲۰۷،۱۲۰۸،۱۲۰۹،۱۲۱۰،۱۲۱۱،۱۲۱۲،۱۲۱۳،۱۲۱۴،۱۲۱۵،۱۲۱۶،۱۲۱۷،۱۲۱۸،۱۲۱۹،۱۲۲۰،۱۲۲۱،۱۲۲۲،۱۲۲۳،۱۲۲۴،۱۲۲۵،۱۲۲۶،۱۲۲۷،۱۲۲۸،۱۲۲۹،۱۲۳۰،۱۲۳۱،۱۲۳۲،۱۲۳۳،۱۲۳۴،۱۲۳۵،۱۲۳۶،۱۲۳۷،۱۲۳۸،۱۲۳۹،۱۲۴۰،۱۲۴۱،۱۲۴۲،۱۲۴۳،۱۲۴۴،۱۲۴۵،۱۲۴۶،۱۲۴۷،۱۲۴۸،۱۲۴۹،۱۲۵۰،۱۲۵۱،۱۲۵۲،۱۲۵۳،۱۲۵۴،۱۲۵۵،۱۲۵۶،۱۲۵۷،۱۲۵۸،۱۲۵۹،۱۲۶۰،۱۲۶۱،۱۲۶۲،۱۲۶۳،۱۲۶۴،۱۲۶۵،۱۲۶۶،۱۲۶۷،۱۲۶۸،۱۲۶۹،۱۲۷۰،۱۲۷۱،۱۲۷۲،۱۲۷۳،۱۲۷۴،۱۲۷۵،۱۲۷۶،۱۲۷۷،۱۲۷۸،۱۲۷۹،۱۲۸۰،۱۲۸۱،۱۲۸۲،۱۲۸۳،۱۲۸۴،۱۲۸۵،۱۲۸۶،۱۲۸۷،۱۲۸۸،۱۲۸۹،۱۲۹۰،۱۲۹۱،۱۲۹۲،۱۲۹۳،۱۲۹۴،۱۲۹۵،۱۲۹۶،۱۲۹۷،۱۲۹۸،۱۲۹۹،۱۳۰۰،۱۳۰۱،۱۳۰۲،۱۳۰۳،۱۳۰۴،۱۳۰۵،۱۳۰۶،۱۳۰۷،۱۳۰۸،۱۳۰۹،۱۳۱۰،۱۳۱۱،۱۳۱۲،۱۳۱۳،۱۳۱۴،۱۳۱۵،۱۳۱۶،۱۳۱۷،۱۳۱۸،۱۳۱۹،۱۳۲۰،۱۳۲۱،۱۳۲۲،۱۳۲۳،۱۳۲۴،۱۳۲۵،۱۳۲۶،۱۳۲۷،۱۳۲۸،۱۳۲۹،۱۳۳۰،۱۳۳۱،۱۳۳۲،۱۳۳۳،۱۳۳۴،۱۳۳۵،۱۳۳۶،۱۳۳۷،۱۳۳۸،۱۳۳۹،۱۳۴۰،۱۳۴۱،۱۳۴۲،۱۳۴۳،۱۳۴۴،۱۳۴۵،۱۳۴۶،۱۳۴۷،۱۳۴۸،۱۳۴۹،۱۳۵۰،۱۳۵۱،۱۳۵۲،۱۳۵۳،۱۳۵۴،۱۳۵۵،۱۳۵۶،۱۳۵۷،۱۳۵۸،۱۳۵۹،۱۳۶۰،۱۳۶۱،۱۳۶۲،۱۳۶۳،۱۳۶۴،۱۳۶۵،۱۳۶۶،۱۳۶۷،۱۳۶۸،۱۳۶۹،۱۳۷۰،۱۳۷۱،۱۳۷۲،۱۳۷۳،۱۳۷۴،۱۳۷۵،۱۳۷۶،۱۳۷۷،۱۳۷۸،۱۳۷۹،۱۳۸۰،۱۳۸۱،۱۳۸۲،۱۳۸۳،۱۳۸۴،۱۳۸۵،۱۳۸۶،۱۳۸۷،۱۳۸۸،۱۳۸۹،۱۳۹۰،۱۳۹۱،۱۳۹۲،۱۳۹۳،۱۳۹۴،۱۳۹۵،۱۳۹۶،۱۳۹۷،۱۳۹۸،۱۳۹۹،۱۴۰۰،۱۴۰۱،۱۴۰۲،۱۴۰۳،۱۴۰۴،۱۴۰۵،۱۴۰۶،۱۴۰۷،۱۴۰۸،۱۴۰۹،۱۴۱۰،۱۴۱۱،۱۴۱۲،۱۴۱۳،۱۴۱۴،۱۴۱۵،۱۴۱۶،۱۴۱۷،۱۴۱۸،۱۴۱۹،۱۴۲۰،۱۴۲۱،۱۴۲۲،۱۴۲۳،۱۴۲۴،۱۴۲۵،۱۴۲۶،۱۴۲۷،۱۴۲۸،۱۴۲۹،۱۴۳۰،۱۴۳۱،۱۴۳۲،۱۴۳۳،۱۴۳۴،۱۴۳۵،۱۴۳۶،۱۴۳۷،۱۴۳۸،۱۴۳۹،۱۴۴۰،۱۴۴۱،۱۴۴۲،۱۴۴۳،۱۴۴۴،۱۴۴۵،۱۴۴۶،۱۴۴۷،۱۴۴۸،۱۴۴۹،۱۴۵۰،۱۴۵۱،۱۴۵۲،۱۴۵۳،۱۴۵۴،۱۴۵۵،۱۴۵۶،۱۴۵۷،۱۴۵۸،۱۴۵۹،۱۴۶۰،۱۴۶۱،۱۴۶۲،۱۴۶۳،۱۴۶۴،۱۴۶۵،۱۴۶۶،۱۴۶۷،۱۴۶۸،۱۴۶۹،۱۴۷۰،۱۴۷۱،۱۴۷۲،۱۴۷۳،۱۴۷۴،۱۴۷۵،۱۴۷۶،۱۴۷۷،۱۴۷۸،۱۴۷۹،۱۴۸۰،۱۴۸۱

جدول ۲- اطلاعات میانگین بارندگی و دمای ماهانه ایستگاه‌های مورد بررسی در دوره کشت

Table 2. Average rainfall and monthly temperature information of the stations studied during the cultivation period

میانگین بارندگی ماهانه												
سال زراعی	۹۶-۹۵	۹۷-۹۶	۹۸-۹۷	ارومیه	۹۶-۹۵	۹۷-۹۶	۹۸-۹۷	کردستان	۹۶-۹۵	۹۷-۹۶	۹۸-۹۷	همدان
مهر	۰	۰	۱۴/۸	۴	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
آبان	۴۹	۸/۲	۶۵/۵	۲۹/۲	۱۷	۲۷/۳	۶۱/۱	۶۱/۱	۳۶/۴	۴۷/۵	۹۱/۴	۵/۶
آذر	۷۱	۶۲	۹۸/۴	۳۹/۴	۷/۵	۱۹	۲۸/۷	۲۸/۷	۲۸/۷	۲۸/۷	۲۸/۷	۲۸/۷
دی	۱۸/۷	۴	۳۲/۷	۱۸/۴	۲۵	۲۱/۳	۲۱/۳	۲۱/۳	۲۱/۳	۲۱/۳	۲۱/۳	۲۱/۳
بهمن	۵۸	۸۷/۷	۷۸/۶	۲۲/۴	۱۱۴/۵	۲۲/۴	۲۲/۴	۲۲/۴	۲۲/۴	۲۲/۴	۲۲/۴	۲۲/۴
اسفند	۲۶	۲۸/۸	۸۱	۶۷/۲	۱۸	۶۷/۲	۶۷/۲	۶۷/۲	۶۷/۲	۶۷/۲	۶۷/۲	۶۷/۲
فروردین	۹۸/۷	۷۳	۱۲۸	۶۵/۱	۶۰	۶۵/۱	۶۵/۱	۶۵/۱	۶۵/۱	۶۵/۱	۶۵/۱	۶۵/۱
اردیبهشت	۱۹/۵	۱۱۶/۴	۷۱/۵	۱۹	۸۸/۵	۳۲/۵	۳۲/۵	۳۲/۵	۳۲/۵	۳۲/۵	۳۲/۵	۳۲/۵
خرداد	۰	۳۷	۷	۰	۹	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲
بارندگی سالانه	۵۷۸/۵	۴۱۷/۱	۳۳۹/۷	-	۳۳۹/۵	۲۹۸/۵	۲۹۸/۵	۲۹۸/۵	۲۹۸/۵	۲۹۸/۵	۲۹۸/۵	۲۹۸/۵
میانگین دمای ماهانه												
دما	۹۶-۹۵	۹۷-۹۶	۹۸-۹۷	۹۶-۹۵	۹۷-۹۶	۹۸-۹۷	۹۶-۹۵	۹۷-۹۶	۹۸-۹۷	۹۶-۹۵	۹۷-۹۶	۹۸-۹۷
مهر	۱۷/۴	۱۶/۵	۱۵/۹	۱۳/۸	۱۲/۷	۱۱/۹	۱۱/۹	۱۱/۹	۱۱/۹	۱۱/۹	۱۱/۹	۱۱/۹
آبان	۹/۳	۹/۸	۱۲/۲	۹	۸/۴	۶/۶	۶/۶	۶/۶	۶/۶	۶/۶	۶/۶	۶/۶
آذر	۵/۵	-۰/۳	۲/۳	-۱/۴	۱/۷	-۲/۹	-۲/۹	-۲/۹	-۲/۹	-۲/۹	-۲/۹	-۲/۹
دی	۰/۹	-۴/۵	۴/۶	-۱/۱	۲/۸	-۷/۱	-۷/۱	-۷/۱	-۷/۱	-۷/۱	-۷/۱	-۷/۱
بهمن	۲/۹	-۳/۲	۲/۲	-۴/۵	۰/۶	-۶/۸	-۶/۸	-۶/۸	-۶/۸	-۶/۸	-۶/۸	-۶/۸
اسفند	۴/۹	۳/۴	۹/۱	-۰/۲	۳/۶	-۱/۳	-۱/۳	-۱/۳	-۱/۳	-۱/۳	-۱/۳	-۱/۳
فروردین	۸/۸	۹/۴	۱۱/۹	۶/۴	۹/۹	۶	۶	۶	۶	۶	۶	۶
اردیبهشت	۱۳/۶	۱۶/۱	۱۳/۶	۱۳/۱	۱۱/۱	۱۳/۱۲	۱۳/۱۲	۱۳/۱۲	۱۳/۱۲	۱۳/۱۲	۱۳/۱۲	۱۳/۱۲
خرداد	۲۲/۱	۲۰/۴	۱۸/۵	۱۷/۶	۱۶/۹	۱۷/۸	۱۷/۸	۱۷/۸	۱۷/۸	۱۷/۸	۱۷/۸	۱۷/۸

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس مرکب نشان داد که اثرات ساده سال، مکان و ژنوتیپ برای عملکرد دانه از نظر آماری در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار می‌باشند (جدول ۳). معنی‌دار بودن اثر سال نشان می‌دهد که در سال‌های مختلف، عوامل جوی مانند نزولات آسمانی، حداقل و حداکثر درجه حرارت هوا و خاک، مقدار پوشش برفی در مناطق و ... یکسان نمی‌باشد. این موضوع با توجه به میانگین‌های متفاوت بارندگی ماهانه و دماهای متفاوت در طول ماه‌های مختلف سال زراعی در ایستگاه‌های مورد بررسی قابل اثبات است (جدول ۲). معنی‌دار بودن اثر مکان بر عملکرد دانه نشان می‌دهد که عواملی چون خواص فیزیکی و شیمیایی خاک مناطق، طول و عرض جغرافیایی، ارتفاع از سطح دریا و ... موجب ایجاد اختلاف بین مکان‌ها می‌شوند. به همین دلیل تجزیه واریانس جداگانه در هر ایستگاه جهت بررسی معنی‌دار بودن اختلاف بین ژنوتیپ‌ها انجام شد (جدول ۴). معنی‌دار بودن اثر متقابل سال در مکان (جدول ۳) نشانگر این است که اثر سال روی مکان‌ها از سالی به سال دیگر متفاوت بوده‌است. با توجه به میانگین عملکرد دانه در مکان‌های مختلف (جدول ۵) در سه سال مشاهده می‌شود که ایستگاه ارومیه با متوسط عملکرد دانه ۱۵۷۲/۱۵ کیلوگرم در هکتار، بیشترین عملکرد را نسبت به سایر مکان‌ها داشته و در رتبه اول قرار گرفت. ایستگاه‌های همدان و کردستان نیز به ترتیب با متوسط عملکرد دانه ۹۳۹/۰۸ و ۹۱۹/۴۱ کیلوگرم در هکتار در رتبه دوم و در انتها نیز ایستگاه مراغه با عملکرد ۴۷۴/۶۴ کیلوگرم قرار داشت. از نظر عملکرد دانه بین ژنوتیپ‌ها اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۱٪ وجود داشت (جدول ۳). مقایسه میانگین عملکرد دانه ژنوتیپ‌ها در سه سال و چهار مکان (جدول ۵) نشان

می‌دهد که ژنوتیپ G13 با متوسط عملکرد ۱۱۶۱/۲ کیلوگرم در هکتار بیشترین عملکرد را نشان داد، پس از آن ژنوتیپ‌های G1، G6، G7، G12 و G9 با عملکرد بیش از ۱۰۰۰ کیلوگرم در هکتار در رتبه‌های بعدی قرار داشتند. در انتها نیز ژنوتیپ‌های G14 و G15 با عملکرد ۸۲۴/۱ و ۸۲۲/۶ کیلوگرم در هکتار قرار داشتند.

معنی‌دار بودن اثر متقابل سال در ژنوتیپ برای عملکرد دانه (جدول ۳) نشان می‌دهد که ژنوتیپ‌های مختلف از سالی به سال دیگر عملکرد متفاوتی داشتند بنابراین از پایداری عملکرد در طول سال‌های مختلف برخوردار نبودند. به دلیل دیم بودن کشت نخود و تغییرات شدید در میزان بارندگی در ایستگاه‌های مورد بررسی، این نتیجه محتمل می‌باشد. اثر متقابل ژنوتیپ و مکان برای عملکرد دانه از نظر آماری معنی‌دار بود (جدول ۳) که نشان می‌دهد واکنش ژنوتیپ‌ها در مکان‌های مختلف یکسان نیست. به عبارت دیگر ژنوتیپ‌ها دارای سازگاری خصوصی بوده و در هر مکان ژنوتیپ خاصی پتانسیل عملکرد بهتری خواهد داشت. اثر متقابل سال در مکان در ژنوتیپ نیز معنی‌دار بود که نشان می‌دهد نوساناتی در ترتیب ژنوتیپ‌ها در هر یک از ترکیبات تیماری مکان و سال وجود داشته و وجود اثر متقابل ژنوتیپ و محیط به‌طور کلی اجتناب‌ناپذیر می‌باشد (جدول ۳). با توجه به نتایج جدول تجزیه واریانس و مقایسات میانگین می‌توان نتیجه گرفت که انتخاب ژنوتیپ‌های برتر بر اساس مقایسه میانگین عملکرد دانه کافی نبوده و باید برای تعیین درجه پایداری عملکرد ژنوتیپ‌ها از روش‌های مختلف تجزیه پایداری استفاده کرد. اثر متقابل ژنوتیپ در محیط پاسخ یک وارسته به تغییرات موجود در محیط می‌باشد (۲۵). اثر متقابل برای محققان اصلاح نباتات اهمیت ویژه‌ای داشته و یکی از مسائل پیچیده

از نظر پایداری و عملکرد بالا را انتخاب کنند (۲۷). وجود اثر متقابل ژنوتیپ و محیط نشان‌دهنده این است که بهترین ژنوتیپ در یک محیط ممکن است در محیط‌های دیگر بهترین ژنوتیپ نباشد (۲۱).

برنامه‌های به نژادی برای تهیه ژنوتیپ پر محصول و پایدار به‌شمار می‌رود (۳۲، ۴۱). آگاهی از ماهیت اثر متقابل ژنوتیپ و محیط به اصلاحگران کمک می‌کند تا بتوانند ژنوتیپ‌ها را با دقت بیشتری ارزیابی کرده و ژنوتیپ‌های برتر

جدول ۳- تجزیه واریانس مرکب ۱۵ ژنوتیپ در ۴ مکان در طول ۳ سال

Table 3. Combined analysis of variance of 15 genotypes in 4 locations over 3 years

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات
سال	۲	۳۶۶۷۹۱۵۹/۱**
مکان	۳	۴۶۸۹۴۶۶/۴**
سال در مکان	۶	۱۲۵۵۲۷۹۵/۳**
خطای ۱	۳۶	۴۳۲۷۹۰/۴
ژنوتیپ	۱۴	۴۴۸۵۲۰**
مکان در ژنوتیپ	۴۲	۱۲۳۶۲۱/۴**
سال در ژنوتیپ	۲۸	۲۱۹۸۸۱/۷**
مکان در سال در ژنوتیپ	۸۴	۱۲۹۹۱۷/۳**
خطای ۲	۵۰۴	۶۰۱۳۲/۳
ضریب تغییرات		۲۵/۱۱

** معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد

جدول ۴- تجزیه واریانس مرکب ۱۵ ژنوتیپ در ۳ سال در چهار ایستگاه مورد بررسی

Table 4. Analysis of compound variance of 15 genotypes in 3 years in four studied stations

منابع تغییر	درجه آزادی	همدان	کردستان	مراغه	ارومیه
سال	۲	۲۰۷۹۹۰۱۷/۴**	۵۵۹۰۰۷/۴**	۳۴۳۴۰۷۶/۳**	۱۲۵۲۴۷۵۱/۴**
خطای ۱	۹	۳۷۴۹۶/۴	۹۲۶۹۸۲/۴	۶۵۴۷۲/۵۱	۷۰۱۲۱۰/۵
ژنوتیپ	۱۴	۳۶۷۰۸۲/۷**	۲۷۵۰۷۹/۵**	۶۵۸۲۸/۴**	۱۱۰۴۰۳/۶
ژنوتیپ در سال	۲۸	۱۹۶۲۹۳/۳**	۲۱۶۰۲۵/۵**	۵۴۶۸۷/۰۴**	۱۴۲۶۲۷/۹
خطای ۲	۱۲۶	۵۷۱۶۷/۵	۵۳۰۴۵/۳۶	۲۳۱۷۳/۷	۱۰۸۱۴۲/۵
CV%		۲۵/۴۶	۲۵/۱	۳۱/۴	۲۰/۹

** معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد

جدول ۵- مقایسه میانگین عملکرد ژنوتیپ‌های نخود در چهار مکان مورد بررسی و میانگین مکان‌ها (کیلوگرم در هکتار)

Table 5. Comparison of mean yield of chickpea genotypes in four studied locations and mean locations (kg/ h)

ژنوتیپ	میانگین کلی	همدان	کردستان	مراغه	ارومیه
G1	۱۰۸۱/۱ ab	۱۱۶۶/۴ ab	۸۹۳/۱ cdefg	۵۶۵/۱ ab	۱۶۹۹/۶ a
G2	۹۰۶/۶ efg	۷۴۲/۵ ef	۹۱۹/۴ cdefg	۴۸۶/۳ abc	۱۴۷۸/۱ a
G3	۹۷۷/۸ bcde	۱۰۷۵/۶ abc	۸۳۴/۸ defgh	۴۵۷/۵ bc	۱۵۴۳/۳ a
G4	۹۲۸/۸ defg	۹۱۸ cdef	۷۱۱/۸ gh	۴۷۲/۷ bc	۱۶۱۲/۵ a
G5	۹۴۴/۱ cde	۹۸۳/۴ abcd	۸۸۰/۷ cdefgh	۴۲۹/۱ bcd	۱۴۸۳/۲ a
G6	۱۰۶۶/۷ ab	۱۰۴۵/۱ abc	۱۱۸۴/۹ a	۴۶۲/۴ bc	۱۵۷۴/۲ a
G7	۱۰۵۳/۲ bc	۱۰۳۴ abcd	۹۸۹ bcde	۵۵۲/۹ ab	۱۶۳۴/۸ a
G8	۹۸۹/۷ bcde	۹۶۱/۲ bcde	۸۸۱/۶ cdefgh	۵۲۰/۳ abc	۱۵۹۵/۷ a
G9	۱۰۱۳/۷ bcde	۹۴۶/۵ bcde	۹۶۴/۳ bcdef	۴۸۵/۱ abc	۱۶۵۸/۸ a
G10	۹۸۸/۲ bcde	۹۵۴/۷ bcde	۸۲۲/۵ efgh	۴۷۹/۲ abc	۱۶۷۸/۳ a
G11	۸۶۳/۷ fg	۸۱۰/۲ def	۷۶۵ fgh	۳۸۸/۶ cd	۱۴۹۱ a
G12	۱۰۳۳/۶ bcd	۹۹۳/۳ abcd	۱۰۴۳/۶ abcd	۴۲۶/۹ bcd	۱۶۳۰/۵ a
G13	۱۱۶۱/۲ a	۱۱۹۵/۱ a	۱۱۶۲/۶ ab	۶۲۰/۶ a	۱۶۶۵/۵ a
G14	۸۲۴/۱ g	۷۳۲/۲ f	۶۷۳/۱ h	۴۳۷/۸ bcd	۱۴۵۳/۲ a
G15	۸۲۲/۶ g	۵۲۷/۸ g	۱۰۶۵ abc	۳۱۷/۲ d	۱۳۸۰/۴ a
میانگین		۹۳۹/۰۸	۹۱۹/۴۱	۴۷۴/۶۴	۱۵۷۲/۱۵

میانگین‌های با یک حرف مشترک در هر ستون از نظر آماری بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند

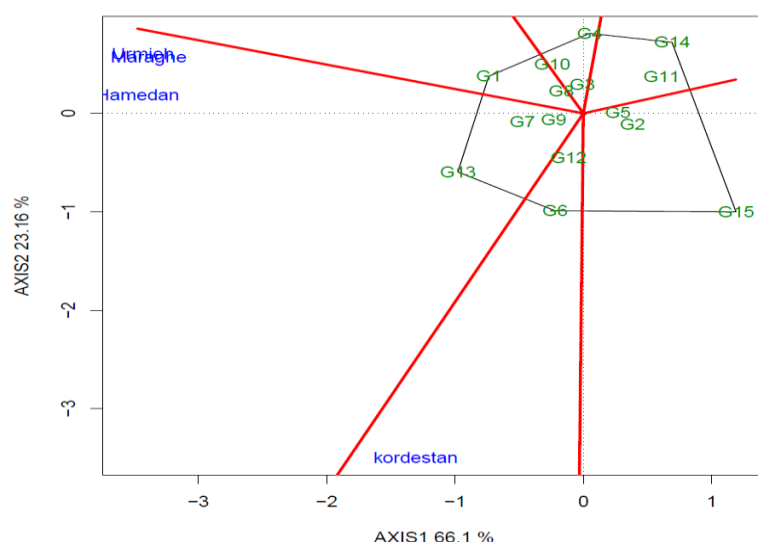
الگوی کدام- برتر- کجا

با توجه به اینکه تجزیه و تحلیل روش‌های معمول نظیر استفاده از جدول‌های تجزیه واریانس مرکب فقط اطلاعات محدودی در مورد اثر متقابل ژنوتیپ در محیط می‌دهد، محققین معیارهای متفاوتی را جهت تشخیص پایداری ارقام و معرفی آنها به‌کار گرفته‌اند. هر یک از روش‌های آماری جنبه‌های مختلفی از پایداری ارقام را نشان می‌دهند و یک روش به‌تنهایی توانایی بررسی پایداری عملکرد یک ژنوتیپ

بین محیط‌های مختلف را ندارد. یکی از روش‌هایی که به فراوانی در تجزیه پایداری مورد استفاده قرار می‌گیرد و دارای اهمیت می‌باشد روش GGE biplot است که بر پایه تجزیه به مؤلفه‌های اصلی استوار می‌باشد (۳۷). شکل ۱، نمایش چندضلعی (پلی‌گون) از ۱۵ ژنوتیپ مورد بررسی در چهار مکان را نشان می‌دهد. تجسم الگوی کدام- برتر- کجا در داده‌های چند محیطی برای مطالعه امکان وجود محیط‌های کلان در یک منطقه اهمیت دارد. نمای چندضلعی

سه محیط مراغه، ارومیه و همدان می‌باشد و بیشترین عملکرد را دارد. همچنین ژنوتیپ G6 هم در راسی هست که محیط کردستان قرار دارد. ژنوتیپ G1 بیشترین عملکرد را در ارومیه از خود نشان داد. عملکرد ژنوتیپ G4 در ارومیه، بالا و در کردستان پایین بود. ژنوتیپ‌های G14 در مراغه و G15 در مراغه و ارومیه دارای کمترین عملکرد بودند. باین‌حال هیچ محیطی در بخشی که ژنوتیپ‌های G1، G4، G14 و G15 به‌عنوان ژنوتیپ‌های راس محسوب می‌شدند، قرار نداشتند. این امر نشان می‌دهد که ژنوتیپ‌های راس مذکور در هیچ‌یک از محیط‌ها بهترین نیستند. افزون بر این، نشان داد که این ژنوتیپ‌ها در برخی یا همه محیط‌ها دارای کمترین عملکرد می‌باشند. مندرجات جدول ۵ نشان می‌دهد که این ژنوتیپ‌ها در مناطق اشاره شده عملکرد کمتر از میانگین کل ژنوتیپ‌ها دارند. ژنوتیپ G6 در ایستگاه کردستان بیشترین عملکرد را داشت. از طرف دیگر ژنوتیپ G13 در ایستگاه‌های همدان، مراغه و ارومیه دارای بیشترین عملکرد بود و در ایستگاه کردستان نیز در رتبه دوم قرار داشت که نشان می‌دهد این ژنوتیپ دارای پایداری عملکردی بالایی در تمامی ایستگاه‌ها می‌باشد.

بای‌پلات، بهترین روش برای تجسم الگوهای اثر متقابل بین ژنوتیپ‌ها و محیط‌ها و تفسیر صحیح یک بای‌پلات است (۳۴). چندضلعی با پیوستن ژنوتیپ‌هایی که دورترین فاصله را از مبدأ بای‌پلات دارند (ارقام راس)، به‌وسیله خطوط مستقیم ترسیم شده است، به‌طوری‌که ژنوتیپ‌های دیگر در درون چندضلعی قرار می‌گیرند. ژنوتیپ‌های راس، بردارهای طولی در جهت‌های مربوط به‌خود دارند که معیاری از میزان پاسخ به محیط است و لذا در زمره لاین‌های واکنش‌پذیر هستند. سایر ژنوتیپ‌ها در جهت‌های مربوط به‌خود واکنش کمتر نشان می‌دهند. قرار گرفتن ژنوتیپ G9 در مبدأ نشان می‌دهد که این ژنوتیپ در کلیه محیط‌ها دارای رتبه یکسانی است و به‌هیچ‌وجه به محیط‌ها واکنش نشان نمی‌دهد. ژنوتیپ‌های راس در این مطالعه G1، G4، G14، G15، G6 و G13 بودند (شکل ۱). این ژنوتیپ‌ها از نظر عملکرد دانه بهترین یا ضعیف‌ترین ژنوتیپ‌ها در بعضی از محیط‌ها و یا همه محیط‌ها بودند، زیرا بیشترین فاصله را از مرکز بای‌پلات داشتند. خطوط عمود بر ضلع‌ها، چندضلعی بای‌پلات را به چند بخش تقسیم می‌کنند. هر بخش دارای یک ژنوتیپ راس است و سایر ژنوتیپ‌ها در برخی یا تمام محیط‌های آزمون از کمترین عملکرد برخوردار هستند. ژنوتیپ G13 در راسی قرار دارد که



شکل ۱- نمایش چندضلعی انطباق ژنوتیپ‌های نخود با محیط‌های مورد مطالعه
Figure 1. Polygon view of the conformity of chickpea genotypes with the studied environments

میانگین عملکرد و پایداری

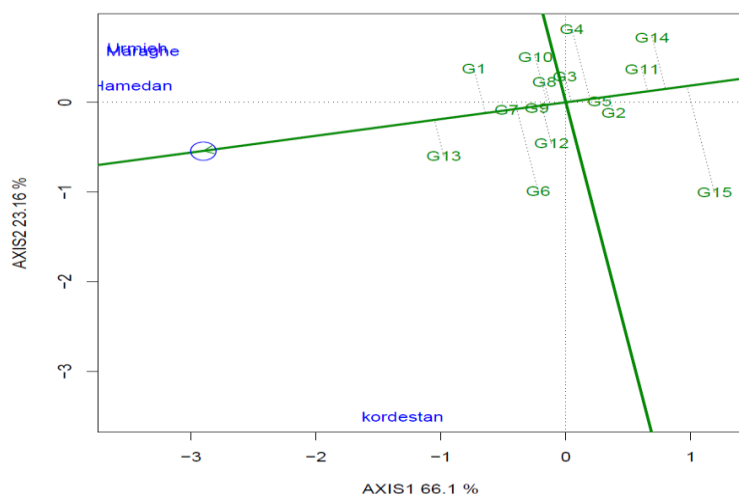
گرفت (AEC) (۱۸). ارقام در طول این محور رتبه‌بندی شده و پیکان موجود در روی این محور، میانگین عملکرد بیشتر را نشان می‌دهد. بر این اساس میانگین عملکرد ژنوتیپ‌ها به‌ترتیب زیر می‌باشد.
G13>G1>G7>G6>G12>G9>G8>G10>G3>G4>G5>G2>G11>G14>G15
محور عمودی AEC از یک خط با دو پیکان تشکیل می‌شود که از مبدأ بای پلات می‌گذرد و عمود بر محور افقی AEC است. اگر محور افقی AEC نشان‌دهنده ژنوتیپ باشد، محور عمودی AEC باید برآوردی از اثر متقابل ژنوتیپ و محیط مرتبط با هر ژنوتیپ را فراهم کند که معیار

تجسم میانگین عملکرد و پایداری ژنوتیپ‌ها از طریق ترسیم یک مختصات محیط متوسط در بای‌پلات^۱ (AEC) مبتنی بر ژنوتیپ حاصل می‌شود. شکل ۲، رتبه‌بندی ژنوتیپ‌ها را بر اساس میانگین عملکرد دانه و میزان پایداری در محیط‌های مورد مطالعه نشان می‌دهد. ابتدا یک محیط متوسط که با یک دایره کوچک نشان داده شده است (شکل ۲)، با استفاده از میانگین نمره ای PC1 و PC2 محیط‌ها تعریف می‌شود. خطی که از مبدأ بای پلات و محیط متوسط عبور می‌کند را می‌توان به‌عنوان محور محیط متوسط در نظر

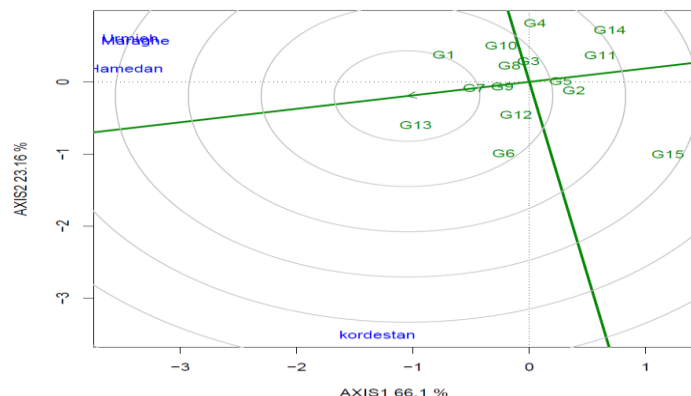
چنین ژنوتیپی به عنوان لایینی که دارای بیشترین طول روی بردار میانگین ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا و دارای حداقل نقش در پدیده اثر متقابل ژنوتیپ و محیط باشد، تعریف شده است. چنین رقم ایده‌آلی به‌دردت در واقعیت وجود دارد. با این حال، می‌توان آن را به عنوان یک مرجع برای ارزیابی ارقام استفاده کرد. برای استفاده از ژنوتیپ ایده‌آل به عنوان مرجع ارزیابی، دایره‌های هم مرکزی در بای پلات به منظور تعیین گرافیکی فاصله بین ژنوتیپ‌های مطالعه‌شده با ژنوتیپ ایده‌آل ایجاد شده است (شکل ۳) دوایر هم‌مرکز، با برخورداری از ژنوتیپ ایده‌آل در مرکز، به تجسم فاصله بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه و رقم ایده‌آل کمک می‌کنند. بنابراین G13 نزدیک‌ترین ژنوتیپ به رقم ایده‌آل است و مطلوب‌تر از کلیه ژنوتیپ‌های مورد آزمایش از نظر عملکرد و پایداری است (شکل ۳) در مقابل، ژنوتیپ G15 (رقم سارال) به عنوان ژنوتیپ نامطلوب تعیین شد، زیرا دارای بیشترین فاصله از ژنوتیپ ایده‌آل بود. در مرحله بعد رقم ژنوتیپ G14 (رقم آنا) از نظر نامطلوب بودن، رتبه دوم را به خود اختصاص داد (شکل ۳).

تغییرپذیری یا ناپایداری ژنوتیپ‌ها است. پیکان دو سر بیان می‌دارد که تصاویر بزرگ‌تر روی محور AEC، صرف‌نظر از جهت آن‌ها، دارای ناپایداری بیشتری است. بنابراین ژنوتیپ G4 که دارای طول بیشتر و به سمت بالا و G15 که دارای طول بیشتر و به سمت پایین بای پلات قرار دارند، متغیرتر بوده و پایداری کمتری نسبت به سایر ارقام دارند. ژنوتیپ‌های نزدیک به محور افقی AEC شامل G7، G9 و G5 پایداری از سایر ژنوتیپ‌ها می‌باشند. مطابق شکل ژنوتیپ G15 کمترین عملکرد و پایداری را به خود اختصاص داده بود و از سوی دیگر ژنوتیپ G13 با بیشترین عملکرد به همراه پایداری مطلوب شناسائی شد. همچنین ژنوتیپ‌های G4، G10، G12 و G6 دارای عملکرد متوسط و نسبتاً ناپایدار بودند.

دایره کوچک روی محور افقی AEC که با علامت پیکان مشخص شده است، نشان‌دهنده رقم ایده‌آل است که به وسیله دو معیار تعریف می‌شود:
۱- دارای بالاترین عملکرد در محیط‌های مورد مطالعه است.
۲- کاملاً پایدار نسبت به شرایط محیطی است زیرا بر محور افقی AEC قرار گرفته است (۳۶).



شکل ۲- بای پلات رتبه‌بندی ژنوتیپ‌ها بر اساس میانگین عملکرد و پایداری
Figure 2. Biplot of genotypes ranking based on average yield and stability

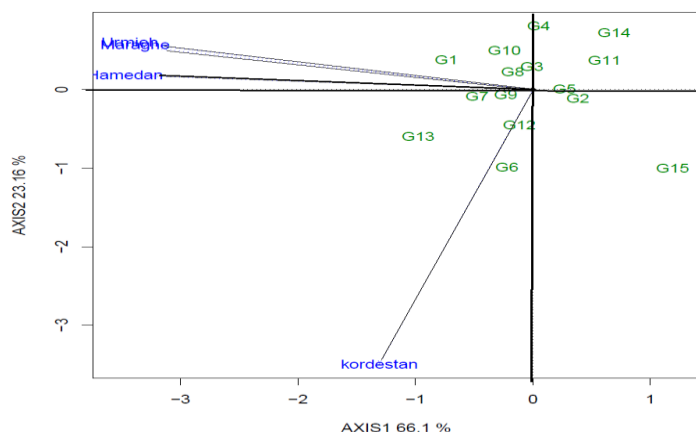


شکل ۳- بای پلات مقایسه ژنوتیپ‌ها با ژنوتیپ ایده‌آل برای میانگین عملکرد و پایداری
Figure 3. Biplot comparing the genotypes with the ideal genotype for mean yield and stability

می‌کند. اگر برخی از محیط‌ها دارای زاویه‌های کوچک باشند، همبستگی مثبت بالایی دارند و بنابراین اطلاعات حاصل از ژنوتیپ‌ها در این محیط‌ها باید مشابه باشد (۳۳،۳۵). اگر این شباهت در طی سال‌ها قابل تکرار باشد، این محیط‌ها یکسان محسوب می‌شوند و یک محیط از میان آن‌ها برای بررسی پایداری ژنوتیپ‌های ارقام مختلف کافی است. اخذ اطلاعات یکسان و استفاده از محیط‌های آزمون کمتر، هزینه را کاهش داده و کارایی اصلاحی را افزایش خواهد داد. بنابراین به‌منظور کاهش هزینه آزمایش، امکان حذف دو مکان از این سه مکان وجود دارد (۳۳،۳۵).

روابط متقابل بین محیط‌ها

در شکل ۴ محیط‌ها از بردارهایی با مبدأ بای‌پلات مرتبط هستند. این نوع تصویر از بای‌پلات، به درک روابط متقابل بین محیط‌ها کمک می‌کند. کسینوس زاویه بین بردارهای دو محیط، برآوردی از ضریب همبستگی بین آن‌ها می‌باشد (۳۳،۳۵). به‌طوری‌که در این شکل مشخص است، زاویه بین بردارهای مراغه، ارومیه و همدان کمتر از ۹۰ درجه است. بنابراین تشابه بسیار زیادی بین این سه محیط وجود دارد که نشان می‌دهد این محیط‌ها در رتبه‌بندی ژنوتیپ‌ها مشابه هم عمل کرده‌اند. (شکل ۴). تصویربرداری یک بای‌پلات همچنین به شناسایی محیط‌های آزمون یکسان کمک



شکل ۴- نمای برداری بای‌پلات جهت بررسی روابط بین محیط‌ها
Figure 4. Vector view the biplot analysis for relationships among environments

نشان‌دادن حداکثر تنوع بین ژنوتیپ‌ها برمی‌گردد، اما توانایی نمایندگی یک محیط بیان می‌کند که یک محیط نماینده شرایط سایر محیط‌ها در مطالعه موردنظر است (۳). بنابراین محیط ایده‌آل باید ترکیبی از این دو خصوصیت را برای توسعه مواد ژنتیکی سازگار داشته باشد. این خصوصیات در مدل بای‌پلات تحت‌عنوان قدرت تفکیک محیط‌ها در مقابل نمایندگی آن‌ها آورده شده است (۳۴). دایره کوچک روی محور AEC که با علامت پیکان مشخص شده است، محیط ایده‌آل را نشان می‌دهد. با توجه به شکل ۵ ملاحظه می‌شود که محیط همدان نزدیک‌ترین محیط آزمون به محیط ایده‌آل است و بنابراین از همه محیط‌ها مطلوب‌تر است و محیط کردستان با بیشترین فاصله نسبت به محیط ایده‌آل نامطلوب‌ترین محیط شناسایی شد.

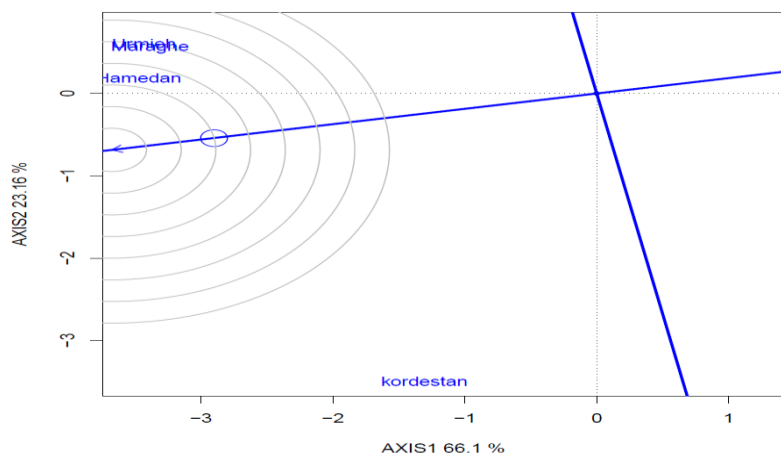
مقایسه عملکرد ژنوتیپ‌ها در بهترین محیط

مقایسه میانگین عملکرد در چهار مکان مورد بررسی نشان داد که ایستگاه ارومیه دارای بیشترین پتانسیل عملکرد است (جدول ۵). شکل ۶، مقایسه گرافیکی عملکرد نسبی تمام ژنوتیپ‌ها در این محیط را نشان می‌دهد. خطی که از مرکز بای‌پلات و از نقطه مربوط به ایستگاه ارومیه است، محور محیطی ارومیه نامیده می‌شود. خطوط عمود بر این خط وسط هر ژنوتیپ، فاصله و رتبه آن‌ها را نسبت به این محیط نشان می‌دهد. بنابراین ژنوتیپ G13 بیشترین عملکرد و ژنوتیپ G1 و G15 کمترین عملکرد را در این ایستگاه دارا هستند.

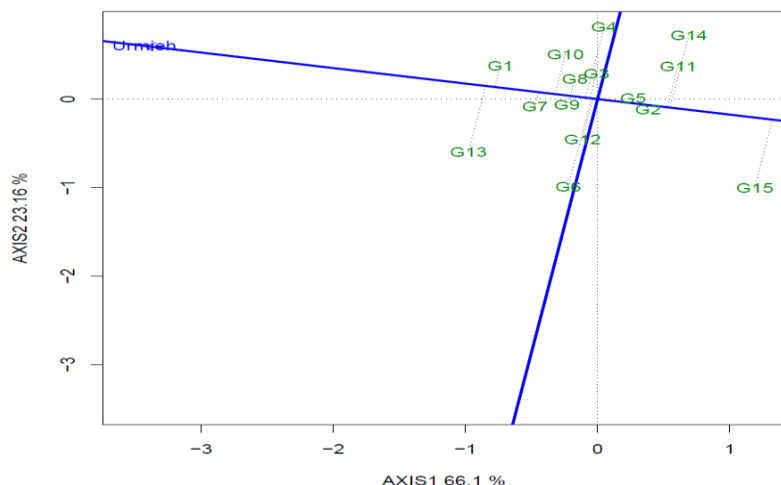
توانایی تمایز و نماینده‌بودن محیط‌ها

اگرچه آزمایش‌های چند محیطی برای ارزیابی ژنوتیپ‌ها به‌کار می‌روند، آن‌ها را می‌توان برای ارزیابی محیط‌ها نیز به‌کار برد. یک محیط ایده‌آل بایستی به‌طور واضح اختلاف بین ژنوتیپ‌ها را نشان دهد و هم‌زمان نماینده خوبی از محیط هدف باشد (۳۲). محیط آزمون فاقد توانایی تمایز، هیچ نوع اطلاعاتی را درباره ارقام فراهم نمی‌کند، در نتیجه این محیط آزمون قابل استفاده نیست. همچنین اگر یک محیط آزمون نمایانگر محیط هدف نباشد، نه تنها بی‌فایده است، بلکه به‌علت فراهم نمودن اطلاعات ارباب احتمالی درباره ارقام مورد آزمایش، می‌تواند گمراه‌کننده نیز باشد (۱۷). این ویژگی برای محیط‌های ایده‌آل در محصولات مختلف زراعی هم‌چون جو (۱۶)، گندم دوروم (۱۷)، ذرت (۷) و پنبه (۶) مورد استفاده قرار گرفته است. روش شناسایی یک محیط نمونه در بای‌پلات، عبارت از تعریف یک محیط متوسط و استفاده از آن به‌عنوان مرجع یا معیار است (۳). محیط متوسط در شکل ۵ به‌وسیله یک دایره کوچک نشان داده شده است. همان‌طور که قبلاً عنوان شد، خطی که از مبدأ بای‌پلات و محیط متوسط می‌گذرد، AEC است. زاویه بین بردار یک محیط (در شکل ترسیم نشده‌است) و محور AEC معیاری برای شناسایی محیط نمونه است. از این‌رو، در این پژوهش هیچ‌کدام از محیط‌ها نمایانگر محیط متوسط نیستند (شکل ۵). توانایی تفکیک و تمایز یک محیط به توانایی آن برای

خطی که از مبدأ بای پلات عبور می کند و عمود بر محور ارومیه است، ژنوتیپ هایی را که عملکرد بیشتر از میانگین دارند جدا می کند (شکل ۶).



شکل ۵- بای پلات مقایسه محیطها با محیط ایده آل بر اساس توانایی تمایز و نمایندگی بودن محیط هدف
Figure 5. Biplot comparing the environments with the ideal environment based on the discriminatng ability and representativeness of the target environment.



شکل ۶- بای پلات عملکرد ژنوتیپ ها در بهترین ایستگاه (ارومیه)
Figure 6. Biplot of the performance of genotypes at the best station (Urima)

ژنوتیپ G15 دارای عملکرد پایین و پایداری کم و ژنوتیپ G13 عملکرد و پایداری بالایی داشت. در مجموع مشخص شد که G13 با پتانسیل عملکرد بالا و پایداری بیشتر، بهتر از دو رقم آنا و سارال و دیگر ژنوتیپ ها عمل نموده و به عنوان ژنوتیپ نزدیک به ایده آل معرفی می شود و برای برنامه های به زراعی و آزمایش های تحقیقی تطبیقی می تواند پیشنهاد شود در پایان چنین نتیجه گیری می شود که اگرچه به نژادی ارقام سازگار و پایدار برای پهنه گسترده اقلیم سرد و معتدل مشکلات مختص به خود را دارد، لیکن انتخاب ژنوتیپ های پرمحصول با سازگاری عمومی و یا خصوصی با استفاده از اطلاعات مستخرج از این چنین تجزیه و تحلیل های پایداری، میسر خواهد بود.

نتایج نشان داد ژنوتیپ G6 در ایستگاه کردستان بیشترین عملکرد را داشت. از طرف دیگر ژنوتیپ G13 در ایستگاه های همدان، مراغه و ارومیه دارای بیشترین عملکرد بود و در ایستگاه کردستان نیز در رتبه دوم قرار داشت که نشان می دهد این ژنوتیپ دارای پایداری عملکردی بالایی در تمامی ایستگاه ها می باشد.

رتبه بندی ژنوتیپ ها بر اساس میانگین عملکرد دانه و میزان پایداری در محیط های مورد مطالعه نشان داد که ژنوتیپ های G4 و G15 پایداری کمتری نسبت به سایر ارقام داشتند و ژنوتیپ های G7، G9 و G5 نسبتاً پایدارتر از سایر ژنوتیپ ها بودند. هم چنین ژنوتیپ های G4، G10، G12 و G6 دارای عملکرد متوسط و نسبتاً ناپایدار بودند. همچنین

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. Cornelius, P.L. and J. Crossa. 1999. Prediction assessment of shrinkage estimators of multiplicative models for multi-environment cultivar trials. Crop Science, 39: 998-1009.
5. Dadras, A.R., H. Samizadeh and H. Sabouri. 2017. Evaluation of soybean varieties and advanced lines yield under drought stress conditions using GGE biplot analysis. Journal of crop Breeding, 9(23): 18-26.
6. Dimitrios, B., G. Christos, R. Jesus and B. Eva. 2008. Separation of cotton cultivar testing sites based on representativeness and discriminating ability using GGE Biplots. Agronomy Journal, 100: 1230-1236.
7. Fan, X.M., M.S. Kang, H. Chen, Y. Zhang, J. Tan and C. Xu. 2007. Yield stability of maize hybrids evaluated in multi-environment trials in Yunnan, China. Agronomy Journal, 99: 220-228.
8. FAO. 2012. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome, Italy.
9. Farayed, 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. Gauch, H.G. 2006. Statistical analysis of yield trials by AMMI and GGE. Crop Science, 46: 1488-1500.
12. 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.
13. 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.
14. 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.
15. Kempton, R.A. 1984. The use of biplot in interpreting variety by environment interaction. The Journal of Agricultural Science, 122: 335-342.
16. Koocheki, A., B. Sorkhi and M. Eslam Zade Hesar. 2012. Yield stability of barley elite genotypes in cold regions of Iran using GGE biplot. Seed and Plant Improvement Journal, 28(4): 26-39.
17. Letta, T., M.G. D'Egidio and M. Abinasa. 2008. Analysis of multi-environment yield trials in durum wheat based on GGE-biplot electronic resource. Journal of Food Agriculture and Environment, 6(2): 217-221.
18. Mohammadi, R.M., E. Armion, M. Zadhan, M. Ahmadi and D. Sadeghzadeh Ahari. 2012. Genotype $\times$ environment interaction for grain yield of rainfed durum wheat using the GGE biplot model. Seed Plant Improv Journal, 28-1(3): 503-518 (In Persian).
19. Mohammadi, R., R. Haghparast, A. Amri and S. Ceccarelli. 2010. Yield stability of rainfed durum wheat and GGE biplot analysis of multi environment trials. Crop and Pasture Science, 61: 92-101.
20. Omrani, S., A. Omrani, M. Afshari, A. Saremi-rad, S. bardehii and P. Foroozesh. 2019. Application of multivariable of additive main effects and multiplicative interaction and biplot graphical analysis multivariate methods on the study of genotype-environment interaction on safflower genotypes grain yield. Journal of crop Breeding, 11(31): 153-163.
21. Perkins, J.M. and J.L. Jinks. 1971. Environmental and genotype environment components of variability.III. Multiple line and crosses. Heredity, 23: 339-356.
22. Pourdad, S.S. and M. Jamshid Moghaddam. 2013. Study on genotype $\times$ environment interaction through GGE biplot for seed yield in spring rapeseed (*Brassica Napus* L.) in rain-fed condition. Journal of crop Breeding, 5(12): 1-14.
23. Poustini, K. 1985. Evaluation of quantitative and qualitative characteristics of several chickpea cultivars in relation to cold and water amount. M.Sc. Thesis. College of Agricultural University of Tehran, Iran (In Persian).
24. Pouresmael, 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.
25. 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.

26. Roustaei, M., A. Sadeghzadeh Ahari, A. Hesami, K. Soleymani, H. Pashapour, K. Nader Mahmoudi, M. poursiahbidi, M.M. Masood Ahmadi and M. Hassanpour Hassani. 2003. A study of adaptability and stability of grain yield in bread wheat genotypes in cold and semi-cold dryland areas. *Seed and Plant*, 19: 263-280 (In Persian).
27. Roy, D. 2000. *Plant breeding analysis and exploitation of variation*. Alpha Science International Ltd. UK.
28. 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.
29. Sabaghpour, S.H., E. Sadeghi and S. Malhotra. 2003. Present status and future prospects of chickpea cultivation in Iran. In: *Proceedings of International Chickpea Con. J*, 20-22. India Gandhi Agricultural University, Raipur Chhattisgarh, India.
30. 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.
31. 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.
32. Yan, W., J.A. Fregeau-Reid, D.R.A. Pageau, J.W. Mitchell Fetch, M. Etienne, J. Rowsell, P. Scott, M. Price, B. De Haan, A. Cumiskey, J. Lajeunesse, J. Durand and E. Sparry. 2010. Identifying essential test locations for oat breeding in eastern Canada. *Crop Science*, 50: 504-515.
33. Yan, W., M.S. Kang, B. Ma, S. Woods and P.L. Cornelius. 2007. GGE biplot vs. AMMI analysis of genotype-by-environment data. *Crop Science*, 47: 643-655.
34. Yan, W. and N.A. Tinker. 2006. Biplot analysis of multi-environment trial data: Principles and applications. *Canadian Journal of Plant Science*, 86: 623-645.
35. Yan, W. and M.S. Kang. 2003. *GGE Biplot Analysis: A graphical tool for breeders, geneticists, and agronomists*. CRC Press. Boca Raton, FL.
36. Yan, W. 2002. Singular-value partitioning in biplot analysis of multi-environment trial data. *Agronomy Journal*, 94: 990-996.
37. Yan, W., P.L. Cornelius, J. Crossa and L.A. Hunt. 2001. Two types of GGE biplots for analyzing multi-environment trial data. *Crop Science*, 41: 656-663.
38. Zobel, R., W.M.J. Wright and H.G. Gauch. 1988. Statistical analysis of a yield trial. *Agronomy Journal*, 80: 388-393.

Evaluation of Genotype -Environment Interaction for Grain Yield of Chickpea Genotypes (*Cicer arietinum* L.) in Cold Agro-Climate Zone of Iran by GGE Biplot Method

Yadollah Farayedi¹, Ali Akbar Asadi², Farhad Ahak Paz¹, Ali Saeed³, Homayoon Kanoni⁴ and Ali Ehsan Nosrati⁵

1- Assistant researcher of Dryland Agricultural Research Institute, Maragheh, Iran

2- Assistant of Professor, Crop and Horticultural Science Research department, Zanjan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Zanjan, Iran (Corresponding author: asadipm@gmail.com)

3- Assistant of Professor Seed and Plant Improvement Research Department, West Azerbaijan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Urmia, Iran

4- Associate scientist, Field and Horticultural Crops Science Dept., Kurdistan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Sanandaj, Iran

5- Associate Researcher, Crop and Horticultural Science Research department, Hamedan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Hamedan, Iran

Received: June 13, 2020

Accepted: October 4, 2020

Abstract

The existence of genotype– environment interaction requires that the performance of genotypes be tested in a wide range of environmental conditions so that the resulting information can increase the efficiency of their selection and introduction. For this purpose, this study using 11 selected lines from uniform national experiments, along with control figures of Saral and Anna and two advanced lines in the form of complete randomized block design with four replications and in four cold regions of the country (Maragheh, Urmia, Kurdistan And Hamedan) was carried out in three years (2016–19). The results of combined analysis showed that the effects of year, location and genotype, as well as the interaction effects on grain yield were statistically significant. The polygonal view of GGE biplot showed that the G6 genotype had the highest yield in Kurdistan location, On the other hand, G13 genotype had the highest yield in Hamedan, Maragheh and Urmia locatins and was in the second place in Kurdistan locatin which shows that this genotype has high yield stability in all stations. The ranking of genotypes based on average grain yield and stability in studied environments showed that G4 and G15 genotypes were less stable than other genotypes. Also, the G4, G10, G12 and G6 genotypes had average and relatively unstable yield. Also, the G15 genotype had low yield and low stability, and the G13 genotype had high yield and stability. In the end, it was found that genotype 13, with higher yield potential and greater stability, performed better than the two cultivars Anna and Saral as a check, and was introduced as a genotype close to ideal, and could be recommended for farming programs and adaptive research experiments.

Keywords: Genotype- environment interaction, GGE Biplot, Stability