دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
پژوهشنامه اصلاح گیاهان زراعی

بررسی پایداری جو سردسیر (*Hordeum vulgare* L.) با استفاده از روش‌های آماری چندمتغیره

امیر عباس تقی‌زاده[۱]، بهزاد سرخی لله‌لو[۲] و شهرام نخجوان[۳]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد بروجرد، (نویسنده مسوول: amir_a_t_61@yahoo.com)
۲- استادیار، موسسه اصلاح نهال و بذر کرج
۳- استادیار، دانشگاه آزاد اسلامی واحد بروجرد

تاریخ دریافت: ۹۲/۹/۳۰ تاریخ پذیرش: ۹۳/۱/۲۷

چکیده

در این مطالعه بیست رقم جو زراعی در قالب طرح بلوک کامل تصادفی در هشت منطقهٔ سردسیر ایران شامل اراک، اردبیل، همدان، جلگهٔ رخ (یکی از بخش‌های شهرستان تربت حیدریه)، کرج، مشهد، تبریز و میاندوآب و به مدت دو سال زراعی (۹۰-۱۳۸۹) مورد بررسی قرار گرفتند. بعد از انجام تجزیه مرکب و تایید وجود اثر متقابل ژنوتیپ × محیط، همگنی هریک از مناطق با تست بارتلت تایید شد. بیشترین مقدار عملکرد را ژنوتیپ‌های EC86-14 و EC88-08 به خود اختصاص داده‌اند. در این تحقیق از دو روش آماری چند متغیرهٔ AMMI و GGEBiplot برای بررسی پایداری ژنوتیپ‌ها استفاده شده است. با بررسی بای پلاتِ مدلِ اوّل تجزیه آمی (AMMI_1) مشخص شد ژنوتیپ‌های G14 و G4 دارای بیشترین مقدار پایداری در عملکرد با توّجه به اوّلین مؤلفه معنی‌دار شدند. مطالعهٔ بای پلات مدل دوّم تجزیه آمی (AMMI_2) نشان داد که ژنوتیپ‌های G1، G3 و G10 دارای پایداری عمومی بالا و ژنوتیپ‌های G8 و G2 با مکان E7 (تبریز) و ژنوتیپ‌های G16، G5 و G18 با مکان E6 (مشهد) دارای پایداری خصوصی مطلوبی می‌باشند. بای پلات چند ضلعی حاصل از روش GGEBiplot مشخص نمود که هر کدام از محیط‌های E1 (اراک)، E5 (کرج) و E7 (تبریز) و نیزمحیط‌های E2 (اردبیل)، E4 (جلگه رخ) و E8 (میاندوآب) یک اَبَر محیط ایجاد نموده‌اند و نیز محیط E8 (میاندوآب) دارای نزدیک‌ترین فاصله به محیط ایده آل فرضی است. در میان ژنوتیپ‌ها نیز ژنوتیپ‌های G7 و G19 با کمترین فاصله از خط پایداری، ژنوتیپ‌هایی با پایداری بالا شناخته شده اند.

واژه‌های کلیدی: پایداری، جو، روش‌های آماری چند متغیره، مناطق سردسیر، AMMI، GGEBiplo

مقدمه

جو (*Hordeum vulgare* L.) با سطح زیر کشت ۵۰ میلیون هکتار و تولید ۱۳۳ میلیون تن بعد از گندم، ذرت و برنج چهارمین غلّهٔ مهم در دنیا به‌شمار می‌آید. متوسط تولید جو در کشور حدود ۲ تن در هکتار می‌باشد و سطح زیر کشت آن یک میلیون و ۶۸۰ هزار هکتار و هم‌چنین برداشت کل محصول در کشور ۳ میلیون ۴۰۰ هزار تُن می‌باشد (۸). بعد از گندم مهم‌ترین غلّه در ایران است که مورد مصرف انسان و تعلیف دام قرار می گیرد. جو در مصارف صنعتی از جمله تهیه مالت و دارو نیز داری کاربرد گسترده‌ای می‌باشد.

وقتی واریته‌ها در محیط‌های گوناگون با یکدیگر مقایسه می‌شوند، وضعیت متفاوتی نشان می‌دهند. اثر متقابل محیط و ژنوتیپ نشان‌دهنده حساسیتِ متفاوت ژنوتیپ‌ها به شرایطِ محیطی است، بدین معنی که بهترین ژنوتیپ در یک محیط لزوماً بهترین ژنوتیپ در محیط دیگر نیست. اگر اثر متقابل ژنوتیپ در محیط زیاد باشد پیشرفتِ انتخاب کاهش خواهد یافت. یکی از روش‌های کاهش اثرات متقابلِ ژنوتیپ در محیط، انتخابِ ژنوتیپ‌های پایدار می‌باشد. این ژنوتیپ‌ها دارای اثر متقابل کمتری با محیطی هستند که در آن رشد می‌کنند. موفقیت در انتخابِ ژنوتیپ‌های پایدار وقتی میسر خواهد بود که صفت پایداری، یک صفت ژنتیکی باشد. در ضمن بدون بررسی و شناخت اثرات متقابل ژنوتیپ در محیط نتیجه‌گیری از آزمایش‌های مختلف به زراعی و به نژادی اعتبار چندانی ندارد زیرا عکس‌العمل ژنوتیپ‌ها در محیط‌های مختلف متفاوت است (۹).

ژنوتیپی دارای پایداری بالا است که تحت شرایط مختلف محیطی بتواند عملکردی مطلوب و با پایداری بالا داشته باشد. از این لحاظ بررسی اثر متقابل ژنوتیپ × محیط می‌تواند حائز اهمّیت باشد و اصلاح‌گر را در انتخاب ژنوتیپ‌های با پایداری و عملکرد بالا یاری رساند و در برآورد سازگاری خصوصی و عمومی ژنوتیپ‌ها نقش مهمی ایفا نماید (۷).

روش‌های گوناگونی برای بررسی اثر متقابل ژنوتیپ × محیط و تعیین ژنوتیپ‌های پایدار ارائه شده است. اگرچه محاسبه و استفاده از روش‌های تک متغیره و ناپارامتری آسان است ولی این روش‌ها نمی‌توانند ماهیت پیچیده و چند بُعدی اثر متقابل را به خوبی تفسیر نمایند. از این رو، استفاده از روش‌های چند متغیره برای رفع این مشکل پیشنهاد شده است (۱۳). روش تجزیه AMMI که اولین بار از سوی زوبل و همکاران (۲۵) پیشنهاد گردید، یکی از روش‌های پارامتری و چند متغیره برای تجزیه پایداری می‌باشد. در این روش اثرات اصلی (ژنوتیپ‌ها و محیط‌ها) در ابتدا با تجزیه مرکب واریانس محاسبه می‌شوند، سپس GEI (اثرمتقابل ژنوتیپ و محیط) از طریق تجزیه به عامل‌ها براساس تجزیه به مؤلفه‌های اصلی به قسمت‌های ساده تفکیک می‌شود، که منجر به شناسایی ژنوتیپ‌های پایدار با سازگاری عمومی یا خصوصی می‌گردد.

شجاعی و همکاران (۲۰) برای بررسی کُلزا، برای بررسی برنج (۱۸)، برای بررسی جو (۶)، برای بررسی گندم (۱۲)، برای بررسی عدس (۱۲)، جاویدفر و همکاران (۱۱) برای بررسی کلزا و برای بررسی گیاه منداب (۱) از این روش برای تعیین پایداری استفاده کرده‌اند.

ویژگی منحصر به فرد مدل GGEbiplot گروه‌بندی محیط‌هایی است که دارای رفتار مشابهی بوده‌اند و به صورت گرافیکی می‌تواند مشخص نماید کدام رقم در کدام محیط یا زیر گروه از پتانسیل بالاتری برخوردار است. شجاعی و همکاران (۲۰) ده رقم کلزا را در مناطق مختلف ایران از نظر عملکرد و برخی صفات زراعی ارزیابی و گزارش نمودند رقم لیکورد نسبت به سایر ارقام از نِمود بالاتری برخوردار می‌باشد.

گاناسکرا و همکاران (۱۰) در مطالعه‌ای هفت رقم کلزا را در سه مکان و طی دو سال و سه تاریخ کاشت متفاوت در شرایط آب و هوائی مدیترانه‌ای جنوب غربی استرالیا مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که عملکرد دانه بطور معنی‌داری بین مکان‌ها، زمان کاشت و بین ژنوتیپ‌ها متفاوت می‌باشد. نتایج بای پلات مربوط به عملکرد دانه، محیط‌های مورد بررسی را به سه گروه (عملکرد بالا، عملکرد متوسط و عملکرد پائین) تقسیم نمود. در این تحقیق هم‌چنین ژنوتیپ‌های دارای سازگاری خصوصی به بعضی از مناطق شناسائی شدند. در مطالعه‌ای طی سال‌های ۱۹۸۶ تا ۱۹۸۹ تولید بذر یونجه یک ساله در چهار مکان در کشورهای سوریه و اُردن از سوی کاکس (۲) بررسی شد. در این تحقیق اثر متقابل ژنوتیپ و محیط، با تجزیه رگرسیون خطی، تجزیه به مؤلفه‌های اصلی و تجزیه واریانس بررسی و روش تجزیه به مؤلفه‌های اصلی بهترین روش معرفی شد.

هدف از این تحقیق مشخص نمودن ژنوتیپ‌های سازگار با هر محیط و تعیین اَبَر محیط‌ها و ارقام برنده برای هر اَبَر محیط و هم‌چنین مشخص نمودن سازگاری عمومی و خصوصی ژنوتیپ‌ها با استفاده از روش‌های آماری چند متغیره می‌باشد.

این مطالعه به منظور تفسیر اثر متقابل ژنوتیپی × محیطی (GE) روی عملکرد دانه جو با استفاده از تجزیه AMMI برای یافتن بهترین ژنوتیپ‌ها برای حصول عملکرد دانه بالا با پایداری عملکرد انجام پذیرفت. یکی دیگر از این روش‌های چند متغیره مورد استفاده در این تحقیق، روش GGEBiplot است. اصطلاح GGE مختصر شده‌ی G+GE می‌باشد. در واقع، مفهوم GGE از اثرات اصلی ژنوتیپ و اثرات متقابل ژنوتیپ و محیط گرفته شده‌است (۲۴).

مواد و روش‌ها

داده‌های استفاده شده در این تحقیق از آزمایشات عملکرد دو سال زراعی ۹۰-۱۳۸۹ روی بیست ژنوتیپ (جدول ۲) برداشت شده است. این آزمایشات در هشت مکان (جدول ۱) صورت گرفته است.

در آزمایشات تجزیه مرکب، رقم فاکتور ثابت و سال و مکان فاکتورهای تصادفی در نظر گرفته شده‌اند. طول هر کرت آزمایشی ۶ متر و عرض آن ۱/۲۰ بود و مساحت هر کرت ۷/۲ متر مربع محاسبه شد که در هنگام برداشت از دو طرف هر کرت ۰/۵ متر برای حذف اثر حاشیه حذف

گردید و در نهایت از ۶ متر مربع باقی مانده عملکرد بر داشت شد.

تعداد دفعات آبیاری مطابق عرف و با توجه به شرایط محیطی هر ایستگاه انجام شد و بالاخره در مرحله برداشت میزان عملکرد برای هر رقم در محیط محاسبه گردید. عملکرد هر رقم با ترازوی دیجیتال اندازه‌گیری شده و در نهایت، پس از کسر وزن کیسه، عملکرد به صورت کیلوگرم در واحد آزمایشی (۶ مترمربع) تعیین و به تن در هکتار تبدیل شد. در نهایت تجزیه واریانس معمولی برای تک تک محیط‌ها انجام گرفت و بعد همگنی اشتباهات آزمایشی با آزمون بارتلت تست گردید. پس از تایید همگنی واریانس‌ها آزمون تجزیه مرکب ژنوتیپ × محیط و مکان × ژنوتیپ × سال روی داده‌ها انجام گرفت. به منظور بررسی پایداری و سازگاری عملکرد ژنوتیپ‌های مورد بررسی و تعیین اَبرمحیط‌ها و هم‌چنین تعیین بهترین ژنوتیپ برای هر محیط از روش‌های GGEbiplot و AMMI استفاده شد. مدل‌های پایهٔ GGEbiplot و AMMI مورد استفاده در این تحقیق به صورت زیر است (معادلات ۱ و ۲):

معادله ۱: مدل پایه GGEbiplot

$$Y_{ij} - \mu - \bar{Y}_j = a_1 \gamma_{i1} \delta_{1j} + a_2 \gamma_{i2} \delta_{2j} + \varepsilon_{ij}$$

Y_{ij} (میانگین عملکرد ژنوتیپ i در محیط j)، μ (میانگین کل)، $\bar{Y}_j$ (میانگین عملکرد همه ژنوتیپ‌ها در محیط j)، a_1 و a_2: مقادیر ویژه برای PC2 و PC1)، γ_{i1} و γ_{i2} (نمرات PC2 و PC1 برای ژنوتیپ i)، δ_{1j} و δ_{2j} (نمرات PC2 و PC1 برای محیط j)، ε_{ij} (باقیمانده مدل مربوط به ژنوتیپ i در محیط j).

معادله ۲: مدل پایه

$$\text{AMMI}\ Y_{ij} = \mu + g_i + e_j + a_k \lambda_{ik} \gamma_{jk} + \varepsilon_{ij}$$

Y_{ij} (میانگین تکرارهای ژنوتیپ i در محیط j)، μ (میانگین کل)، g_j, e_j (به ترتیب انحرافات اثرات ژنوتیپ‌ها و محیط‌ها از میانگین)، a_k (مقادیر ویژه برای مؤلفه nام)، λ_{ik} (مقادیر ویژه بردار ژنوتیپی مؤلفه nام)، γ_{jk} (مقادیر ویژه بردار محیطی مولفه nام)، ε_{ij} (مقادیر باقی‌مانده که در مدل باقی مانده است).

جدول ۱- مشخصات محیط‌های شرکت‌کننده در آزمایشات

منطقه آزمایش	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی	ارتفاع (متر)
اراک	$34^0 06' N$	$49^0 46' E$	۱۷۰۸
اردبیل	$38^0 15' N$	$48^0 17' E$	۱۳۵۰
همدان	$35^0 12' N$	$48^0 41' E$	۱۶۸۰
کرج	$35^0 56' N$	$50^0 54' E$	۱۳۱۴
جلگه رخ	$35^0 50' N$	$58^0 13' E$	۱۶۵۰
مشهد	$36^0 16' N$	$59^0 38 E$	۹۹۰
میاندوآب	$36^0 58' N$	$43^0 03' E$	۱۳۰۰
تبریز	$38^0 05' N$	$46^0 17' E$	۱۳۶۱

جدول ۲- مشخصات ژنوتیپ‌های شرکت کننده در آزمایشات

ژنوتیپ	کد ژنوتیپ	ژنوتیپ	کد ژنوتیپ	ژنوتیپ	کد ژنوتیپ	ژنوتیپ	کد ژنوتیپ
G1	**Bahman**	G6	EC88-06	G11	EC88-11	G16	EC88-16
G2	EC88-02	G7	EC88-07	G12	EC88-12	G17	EC88-17
G3	EC88-03	G8	EC88-08	G13	EC88-13	G18	EC88-18
G4	EC88-04	G9	EC88-09	G14	EC88-14	G19	**EC86-10**
G5	EC88-05	G10	EC88-10	G15	EC88-15	G20	**EC86-14**

ژنوتیپ‌هایی که با حروف ضخیم (Bold) نگاشته شده‌اند، شاهد هستند.

نتایج و بحث

شکل (۱) نتیجهٔ محاسبات روش اول تجزیه AMMI را نشان می‌دهد باتوجه به این شکل بیشترین مقدار تولید در میان ژنوتیپ‌ها مربوط ژنوتیپ ۲۰ می‌باشد و کمترین مقدار تولید نیز مربوط به ژنوتیپ ۱۸ بوده است. در این بای پلات ژنوتیپ‌هایی که نزدیک به خط افقی قرار دارند دارای بیشترین پایداری نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها می‌باشند و ژنوتیپ‌هایی که به سمت راست بای پلات

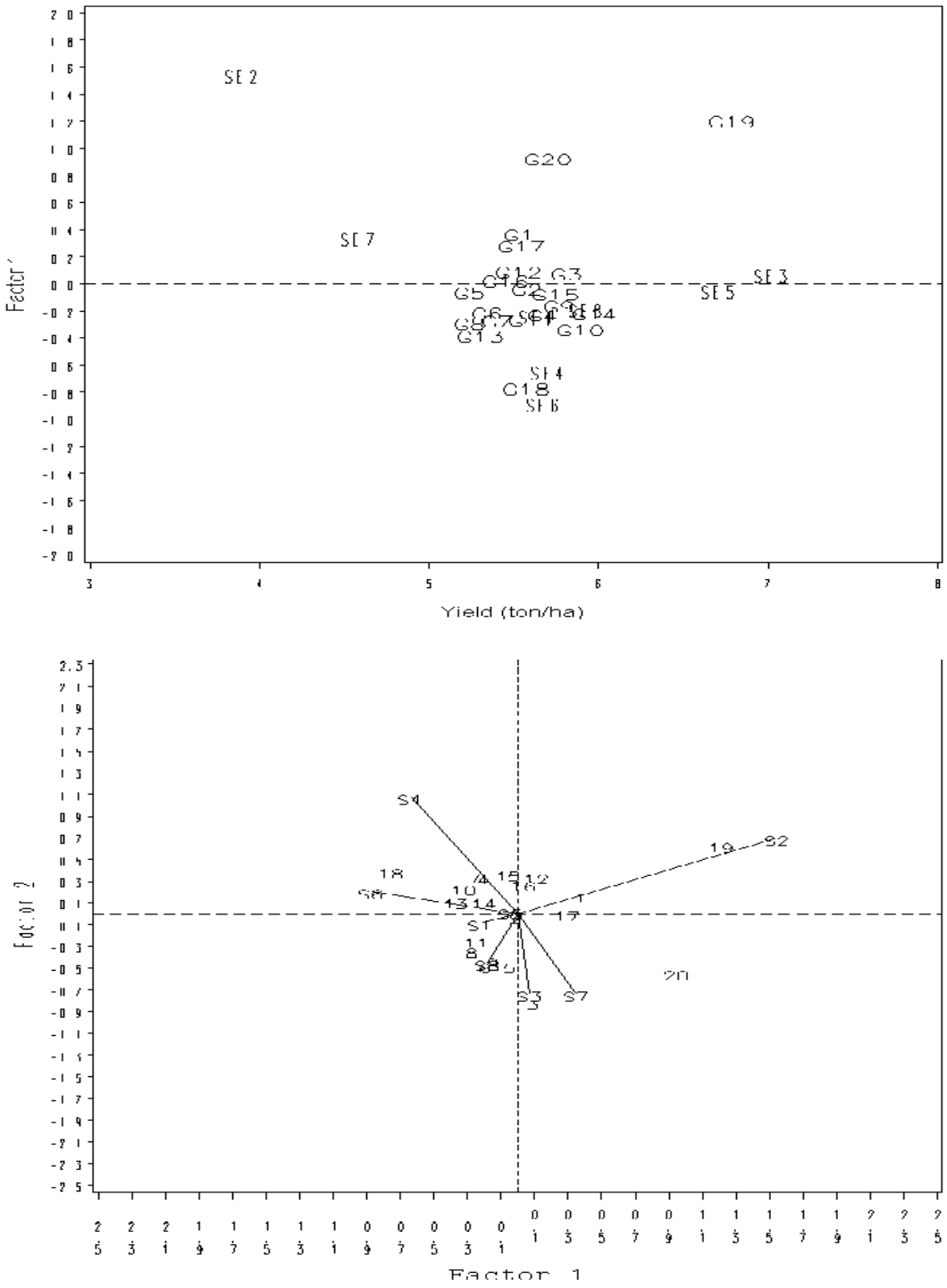
متمایل باشند عملکرد بیشتری خواهند داشت که با این تعریف پایداری ژنوتیپ‌های ۱۴، ۷ و ۱۰ از سایر ژنوتیپ‌ها بیشتر بوده است.

برای نتیجه‌گیری پیرامون سازگاری عمومی و خصوصی بین ژنوتیپ‌ها و محیط‌ها از بای پلات روش دوّم تجزیه AMMI استفاده گردید (شکل ۱). در این روش دو مؤلفه اوّل (IPC1,IPC2) در مقابل یک دیگر پلات شده‌اند اَرقامی که به مرکزِ پلات نزدیک‌تر باشند دارای پایداری مطلوب‌تری هستند که در نتیجه پایداری عمومی ژنوتیپ‌های ۱۴، ۱۰، ۷ و ۴ از سایر ژنوتیپ‌ها بیشتر بوده است. ژنوتیپ‌های ۲۰، ۱۷، ۱۸، ۵ و ۱۶ با محیط‌های ۶، ۴ و ۲ (مشهد، جلگه رخ و اردبیل) به ترتیب دارای سازگاری خصوصی بالایی می‌باشند، هم‌چنین سازگاری خصوصی ژنوتیپ‌های ۱۲و ۸ با محیط ۷ (تبریز) نیز قابل توجه است.

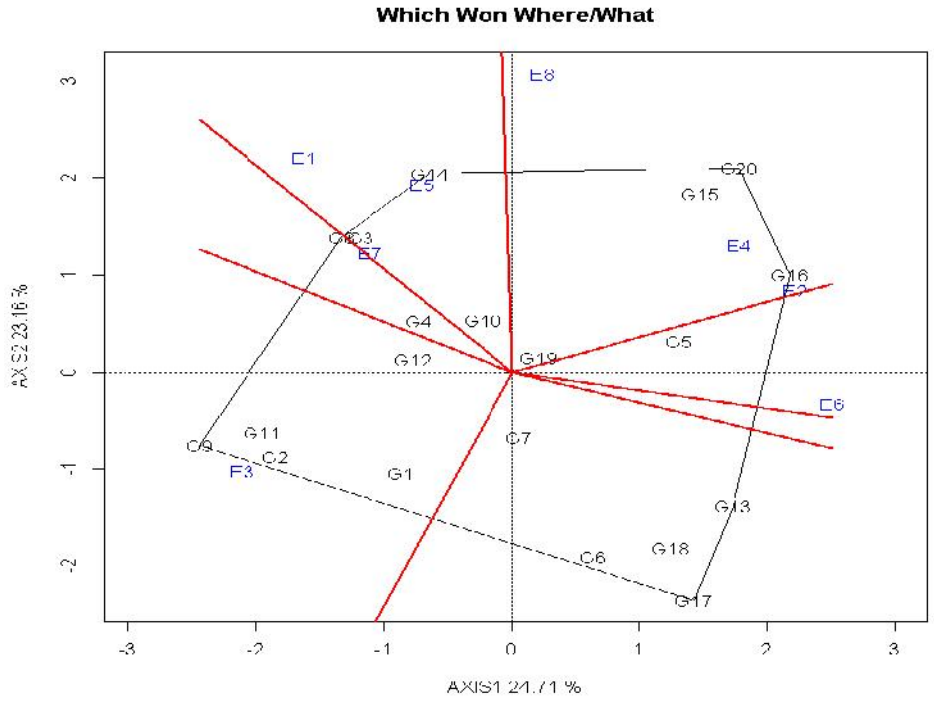
مؤلفه اوّل ۲۴/۷۱ درصد، مولفه‌دوّم ۲۳/۱۶ درصد ومجموع سایر مؤلفه‌ها ۵۲/۱۳ درصد از اثر متقابل ژنوتیپ × محیط را توجیه می‌کند. که در مجموع ۴۷/۸۷ درصد از اثرمتقابل ژنوتیپ × محیط به وسیله دو مؤلفه اصلی اوّل و دوّم قابل توجیه می‌باشد. به منظور ارزیابی پایداری عملکرد ژنوتیپ‌ها و سازگاری آن‌ها با مناطق مختلف از تجزیه واکنش ژنوتیپی یا نمودار بای‌پلات استفاده شد.

با بررسی چند ضلعی ایجاد شده با روش GGEbiplot که در شکل (۲) ارائه شده می‌توان دریافت که هفت ژنوتیپ برتر شامل ژنوتیپ‌های ۱۴، ۲۰، ۱۶، ۱۳، ۱۷، ۹ و ۸ در رئوس چند ضلعی قرار گرفته‌اند، از طرفی هر کدام از مجموعه محیط‌های ۱، ۵ و ۷ (به‌ترتیب اراک، کرج و تبریز) و هم‌چنین محیط‌های ۲، ۴ و ۸ (به‌ترتیب اردبیل، جلگه رخ و میاندوآب) و نیز محیط‌های ۳ و ۶ (به‌ترتیب همدان و مشهد به صورت مجزا) اَبَر محیط‌هایی با شرایط مشابه تولید نموده‌اند و ژنوتیپ‌های موجود در هر اَبَر محیط نیز دارای سازگاری خصوصی مطلوبی با اَبَر محیط‌های مذکور می‌باشند. در اَبَر محیط اراک، کرج و تبریز ژنوتیپ ۱۴ و در اَبَر محیط اردبیل، جلگه رخ و میاندوآب ژنوتیپ ۲۰ و در همدان ژنوتیپ ۹ حائز بالاترین مقدار پایداری بودند و ژنوتیپ برنده معرفی شدند. برای محیط مشهد هیچ ژنوتیپی دارای سازگاری خصوصی مطلوبی نبود. جالاتادر (۱۷) تحقیقی در جنوب شرقی اتیوپی روی هجده ژنوتیپ جو و در یازده محیط‌ها را GGEbiplot محیط بر اساس روش به دو محیط بزرگ که هر کدام شامل چند زیرمحیط بود تقسیم کرد و برای هر محیط بزرگ یک ژنوتیپ مناسب تعیین شد. نتایج این مطالعه نشان داد که اصلاح برای سازگاری خصوصی باید یک راهبرد اصلاحی با توجه به اثرمتقابل مثبت ژنوتیپ در محیط برای افزایش تولید و بهره‌وری محصول در این مناطق در نظرگرفته شود. در مطالعه ای برای تعیین محیط‌های بزرگ برای مناطق عدس خیز ایران نیز سه محیط بزرگ از بین هفت مکان مورد بررسی، شناسایی شد. اگر در آزمایش‌های مشابهی نیز وجود این محیط‌های بزرگ مورد تایید قرار گیرد، می توان از آزمایش‌های سازگاری در آینده استفاده کرد (۲۳).

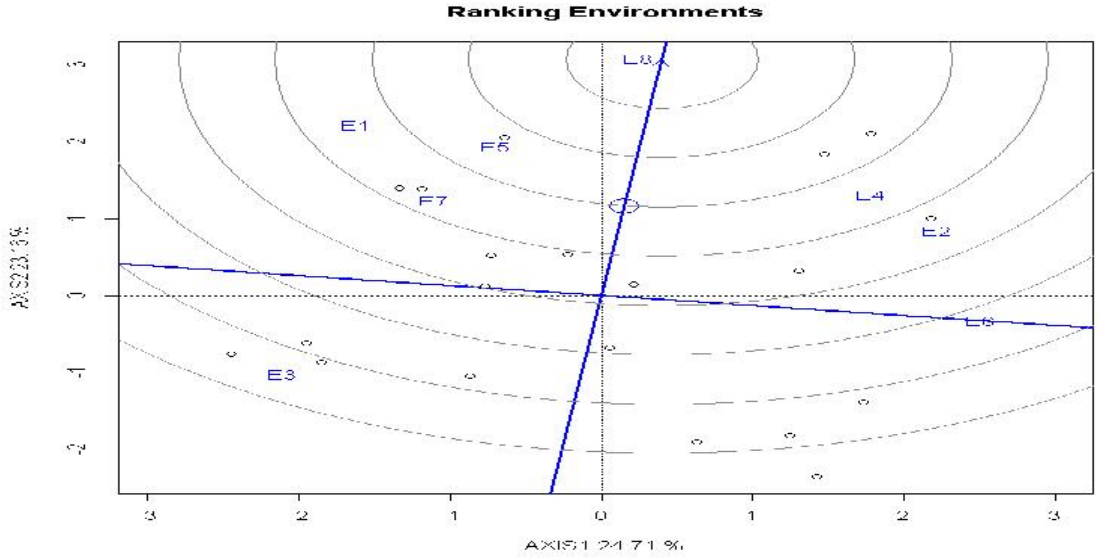
در میان محیط‌های شرکت‌کننده در آزمایش، محیطی ایده‌آل می‌باشد که هم از میانگینِ عملکرد بالا و هم از پایداریِ بالا برخوردار باشد. مرکز دوایر متحدالمرکز (شکل ۳) جایی است که ایده‌آل‌ترین محیط می‌تواند وجود داشته باشد. محیط‌هایی که نزدیک به ایده‌آل‌ترین محیط باشند، محیط‌های برتر و ایده‌آل معرفی می‌شوند. مقدار فاصله‌ای که هر محیط از محیط ایده‌آل دارد نشانهٔ مقدار شباهت و نزدیکی محیط مورد بررسی با محیط ایده‌آل فرضی است. که در این دوره بهترین محیط، محیط ۸ (میاندوآب) با کمترین فاصله از محیط ایده‌آل می‌باشد و بیشترین فاصله را نیز با محیط ایده‌آل فرضی محیط ۳ (همدان) دارا می‌باشد.



شکل ۱- به‌ترتیب مربوط به مدل‌های یک ودو تجزیه AMMI در میانگین دو دوره ۹۰ و ۱۳۸۹.



شکل ۲- نمودار چند ضلعی روش GGEbiplot برای گروه‌بندی محیط‌ها در میانگین دو دوره ۹۰ و ۱۳۸۹.



شکل ۳- نمودار محیط ایده‌آل فرضی برای بررسی مقایسه محیط‌ها در میانگین دو دوره ۹۰ و ۱۳۸۹.

در تحقیق شاه محمدی و همکاران (۱۹) با توجه به سهم ناچیز دو مؤلفه اوّل از اثر متقابل، از تفسیر بای پلات AMMI برای معرفی ژنوتیپ‌های پایدار استفاده کردند. در تحقیق دیگری که برای بررسی پایداری ۱۷ رقم جو پاییزه و ۵ رقم جو بهاره در ۲۰ تا۴۰ مکان مختلف و در طی ۳ سال انجام گرفت، روش‌های GGEbiplot و

فاکتوریل رگرسیون برای مطالعهٔ اثر متقابل ژنوتیپ و محیط به کار رفت نتایج GGEbiplot نشان داد که در هر سه اَبَر محیط، یک واریته برتر وجود دارد (۲۲). در آزمایش دیگری ۱۰ ژنوتیپ گندم دروم در دو سال در اسپانیا کشت شدند. در این آزمایش از چندین روش و تکنیک آماری برای بررسی اثر متقابل ژنوتیپ و محیط استفاده شد و مشخص گردید روش رگرسیونی در مقایسه با روش AMMI کارایی کمتری در تعیین اثر متقابل ژنوتیپ و محیط دارد (۱۵). در آزمایش دیگر نور می نی می و همکارانش (۱۴) که روی ارقام جو بهاره در ۶ مکان و ۳ سال در اروپا انجام دادند مشخص شد که واریانس اثر متقابل ژنوتیپ و محیط به طور معنی‌داری با پارامتر روش Tai هم‌بستگی داشت هم‌چنین ضریب رگرسیون به طور معنی‌داری با IPC1 و IPC2 روش AMMI در ارقام دو ردیفه و شش ردیفه جو هم‌بستگی داشت که نشان‌دهنده ارتباط قوی بین روش‌های مذکور با روش AMMI می‌باشد. روش AMMI با قابلیت تفسیر گرافیکی بالا بر اساس یک و دو مؤلفه اصلی اوّل و قابلیت تفسیر از طریق پارامترهای آن یک روش کارآمد محسوب می‌شود. در مدل AMMI_2 ژنوتیپ ۱۴ ژنوتیپی با سازگاری عمومی خوب و با عملکرد بالا شناخته شد.

تشکر و قدردانی

بدین وسیله از کلیه کارشناسان، متخصصان و تکنسین‌های مراکز و ایستگاه‌های مختلف که این تحقیق حاصل دسترنج و کار شبانه روزی آنهاست، تشکر و قدردانی می‌شود.

منابع

1. Brar, K.S., P. Singh, V.P. Mittal, P. Singh, M.L. Jakhar, Y. Yadvar, M.M. Sharma, U.S. Shekhawat and Ch. Kumar. 2010. GGE biplot Analysis for Visualization of Mean Performance and Stability for Seed Yield in Taramira at Diverse Locations in India. Journal of Oilseed Brassica, 1: 66.
2. Cocks, P.S. 1995. Genotype × site interaction in annual alfaalfa seed production in west of Asia. Journal of Agricultural Science, 125: 199-209.
3. Cooper, M. and D.E. Byth. 1996. Understanding plant adaptation to achieve systematic applied crop improvement: A fundamental challeng. pp: 5-53. *In*: M. Cooper and G.L. Hammer, (eds.). Plant Adaptation and Crop Improvement. Wallingford. UK. 238 pp.
4. Crossa, J., H.G. Gauch and R.W. Zobel. 1990. Additive main effects and multiplicative interaction analysis of two international maize cultivar trials. Crop Science, 30: 493-500.
5. Delacy, I.H., K.E. Basford, M. Cooper, J.K. Bull and C.B. Mclaren. 1996. Analysis of multi environment trials-An historical perspective. pp. 39-124. *In:* M. Cooper and G. L. Hammer, (eds.) Plant Adaptation and Crop Improvement. UK. 238 pp.
6. Dehghani, H., N. Sabaghnia and M. Moghaddam. 2009. Interpretation of genotype-by-environment interaction for late Maize Hybrids' Grain Yield Using a Biplot method. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 33: 139-148.
7. Farshadfar, E. 1998. Application f Biometric Genetics in Plant Breeding. Taghe-Bostan Press, Razi University, 396 pp (In Persian).
8. FAO. 2012. http://faostat.fao.org.
9. Gauch, H.G. and R.W. Zobel. 1988. Predictive and postdictive success of statistical analysis of yield trials. Teor. Appl. Genet, 76: 1.
10. Gunasekera, C.P., L.D. Martin, K.H.M. Siddique and G.H. Walton. 2006. Genotype by environment interactions of Indian mustard (*B. Juncea* L.) and canola (*B. napus* L.) in Mediterranean-type environments: II. Oil and protein concentrations in seed. European Journal of Agronomy, 25: 13-21.
11. Javidfar, F., B. Alizadeh, H. Amiri Oghan and N. Sabaghnia. 2011. Study on genotyp×environment interaction in rapeseed genotypes by GGE biplot method. Iranian Journal of Crop Science, 41: 771-779 (In Persian).
12. Kaya, Y., M. Akcura and S. Taner. 2006. GGE-biplot analysis of multienvironment yield trials in bread wheat. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 30: 325-337.
13. Moreno-Gonzalez, J., J. Crossa and P.L. Cornelius. 2004. Genotype×environment interaction in multienvironment trials using shrinkage factors for AMMI models. Euphytica, 137: 119-127.
14. Nurminiemi, M., S. Madsen, O.A. Rognli, A. Bjornstad and R. Ortiz. 2002. Analysis of the genotype-by-environment interaction of spring barley tested in the Nordic Region of Europe: relationships among stability statistics for grain yield Euphytica, 127: 123-132.

15. Rharrabti, Y., D. Villegas, C. Royo, V. Martos-Nunez and L.F. Garcia del Moral. 2003. Durum wheat quality in Mediterranean environments II. Influence of climatic variables and relationships between quality parameters Field Crops Research, 80: 133-140.
16. Roy, D. 2000. Plant Breeding Analysis and Exploitations of Variation. Alpha Since International Ltd., UK. 728 pp.
17. Sabaghnia, N., H. Dehghani and S.H. Sabaghpour. 2008. Graphic analysis of genotype × environment interaction for lentil (*Lens culinaris*) yield in Iran. Agronomy Journal, 100: 760-764.
18. Samonte, S.B., L.T. Wilson, A.M. McClung and J.C. Medley. 2005. Targeting cultivars onto rice growing environments using AMMI and SREG GGE biplot analysis. Crop Science, 45: 2414-2424.
19. Shahmohammadi, M., H. Dehghani and A. Yousefi. 2008. 'Additive main effects and multiplicative interaction analysis (AMMI) in barley (*Hordeum vulgare* L.) genotypes', Plantlet and Seed Journal, 20: 405-416.
20. Shojaei, S.H., K. Mostafavi, M. Khodarahmi and M. Zabet. 2011. Response study of canola (*Brassica napus* L.) cultivars to multi-environments using genotype plus genotype environment interaction (GGE) biplot method in Iran. Afr. J. Biotechnol, 10: 10877-10881.
21. Ssemakula, G., A. Dixon and B. Maziya-Dixon. 2008. Stability of iron and zinc concentrations in selected genotypes of cassava (Manihot esculenta Crantz) tuberous roots. Journal of Food, Agriculture & Environment, 6: 362-367.
22. Voltas, J., H. Lopez-Corcoles and G. Borros. 2005. Use of biplot analysis and factorial regression for the investigation of superior genotypes in multi-environment trials. Europ. J. Agronomy, 22: 309-324.
23. Yan, W. and L.A. Hunt. 2001. Interpretation of genotype × environment interaction for winter wheat yield in Ontario. Crop Science, 41: 19-25.
24. Yan, W. and M.S. Kang. 2003. GGE Biplot Analysis: A graphical tool for breeders, geneticists and agronomists. CRC Press. Boca Raton, 59: 735-736.
25. Zobel, R.W., M.J. Wright and H.G. Gauch. 1988. Statistical analysis of a yield trial, Agronomy Journal, 80: 388-393.

Study on Stability of Winter Barley (*Hordeum vulgare* L.) using Multivariate Statistical Methods

Amir Abbas Taghizadeh[1], Behzad Sorkhilalehloo[2] and Shahram Nakhjavan[3]

1- M.Sc. Student, Islamic Azad University Broujerd Branch, (Corresponding author: amir_a_t_61@yahoo.com)
2- Assistant Professor, Seed and Plant Improvement Institute (SPII)
3- Assistant Professor, Islamic Azad University Broujerd Branch
Received: December 21, 2013 Accepted: April 16, 2014

Abstract

In this study, twenty barley lines and cultivars were studied using randomized complete block design with three replications in eight cold regions of Iran, including Arak, Ardebil, Hamedan, Jolge rokh, Karaj, Mashhad, Tabriz and Miandoab for two cropping seasons during 2010-2012. Simple and combined analyses of variance were performed over the data collected from different regions. The genotype × environment effect found to be significant; hence, the homogeneity of error variance of different sites was tested by Bartlett's test. Maximum yield were belong to the lines EC86-14 and EC88-08 genotypes. In this study, two multivariate statistical methods i.e. AMMI and GGEBiplot were applied to investigate the stability of genotypes. Considering the significance of the first component of the Model 1 biplot (AMMI_1), the line numbers G14 and G4 showed the highest levels of stability and performance among the genotypes studied. Study of the second Biplot model analyzed using AMMI (AMMI_2) showed that the genotypes G1, G3, and G10 had higher general stability whereas specific adaptation was observed for the genotype G8 and G2 in the location E7 (Tabriz) and genotypes G16, G5 and G18, in the location E6 (Mashhad). Biplot polygon obtained using GGEBiplot analysis revealed that each of the environments E1 (Arak), E5 (Karaj) and E7 (Tabriz) and the environment E2 (Ardebil) and E4 (Jolge rokh) could be considered as and mega environment. Miandoab was the closest site studied nearby the ideal environment. In the genotypes G19 and G7 genotypes with the lowest distance from the stability line, have been identified to have high levels of stability.

Keywords: AMMI, Barley, Cold Climate, GGEBiplot, Multivariate Statistical Methods