دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
پژوهشنامه اصلاح گیاهان زراعی

تجزیه پایداری عملکرد دانه در ژنوتیپ‌های گلرنگ تحت شرایط دیم

مسعود اسکندری تربقان[۱]، مجید طاهریان[۲] و حسن نجار[۳]

۱ و ۳- استادیار و محقق بخش تحقیقات علوم زراعی-باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران
۲- استادیار بخش تحقیقات علوم زراعی-باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران، (نویسنده مسوول: taherian.m@ut.ac.ir)
تاریخ دریافت: ۹۵/۱۲/۲۱ تاریخ پذیرش: ۹۶/۴/۱۰

چکیده

هدف از این تحقیق تجزیه اثرات متقابل ژنوتیپ ومحیط بر عملکرد دانه ۱۹ ژنوتیپ گلرنگ با استفاده از تجزیه مدل اثرات اصلی افزایشی و ضرب پذیر(AMMI)و نیز ارزیابی ژنوتیپ‌ها، محیط‌ها واثرات متقابل آنها با استفاده از آماره‌های پایداری واکووالانس ریک می‌باشد. آزمایشات در سه ایستگاه تحقیقات کشاورزی دیم شیروان، سرارود و خرم‌آباد طی دو سال زراعی (۹۱-۱۳۸۹) اجرا شدند. نتایج حاصل از تجزیه امی نشان داد که اثرات اصلی ژنوتیپ، محیط، اثرات متقابل(GE) و چهار مولفه اول اثر متقابل معنی‌دار بودند. نمودار بای‌پلات قادر به تفکیک ژنوتیپ‌های پایدار و محیط‌های با قدرت تفکیک بالا از محیط‌های ضعیف بود. براساس نتایج تجزیه امی و پارامترهای پایداری مورد بررسی ژنوتیپ‌های ٦ و ١٠ با میانگین عملکرد بالاتر از میانگین کل دارای پایداری مطلوب بودند در صورتی که ژنوتیپ‌های ۱۸ و ۳ با بیشترین تاثیر در اثر متقابل ناپایدارترین ژنوتیپ‌ها بودند.

واژه‌های کلیدی: اثرات متقابل ژنوتیپ × محیط، پایداری، تجزیه امی، گلرنگ

مقدمه

وجود اثر متقابل ژنوتیپ × محیط مهمترین چالش فراروی به‌نژادگران گیاه می‌باشد. تفسیر اثرات متقابل، شناسایی محیط‌های هدف و معرفی ژنوتیپ‌های مناسب با سازگاری خصوصی و عمومی برای محیط‌های مورد مطالعه و تعیین ژنوتیپ‌های پایدار در سال‌های مختلف از اهداف مهم در بررسی ژنوتیپ‌ها در سال‌ها و مکان‌های مختلف می‌باشد. پدیده اثر متقابل ژنوتیپ × محیط به اصلاحگران نبات کمک می‌کند تا در ارزیابی ژنوتیپ‌ها در محیط‌های مختلف، مکان‌های غیر ضروری را حذف نموده و در نتیجه موجب کاهش عمده هزینه‌ها شوند (۴،۱۶،۲۲). پارامترهای زیادی برای تجزیه اثر متقابل ژنوتیپ × محیط ارائه شده است. استفاده از روش مبتنی بر رگرسیون (۸،۹) در زمره اولین روش‌های مورد استفاده است. سایر روش‌های آماری از جمله روش امی (Additive main effects and multiplicative interactions= AMMI) (۱۰) روش شم (SHMM) یا مدل ضرب‌پذیر متغیر (۵،۶) و مدل SREG یا GGE biplot (۲۷) نیز زیاد مورد استفاده قرار گرفته‌اند. ضمن این‌که برای تعیین پایداری، معیارهای ناپایداری هان (۱۲) که مبتنی بر تغییر رتبه ارقام می‌باشند و روش مجموع رتبه کنگ (۱۵،۱۶) که از جمله روش‌های ناپارامتری هستند می‌توانند معیارهای معتبری برای انتخاب ژنوتیپ‌های برتر باشند.

روش امی، یک روش چند متغیره آماری می‌باشد که اثرات جمع‌پذیر ژنوتیپ، محیط و اثرات ضرب‌پذیر ژنوتیپ × محیط را توجیه نموده و تفسیر خوبی از اثر متقابل ژنوتیپ × محیط ارائه می‌نماید (۷). اگر از جزء جمع‌پذیر مدل، بدون در نظر گرفتن اثر متقابل برای توجیه واریانس آزمایشات استفاده شود، مدل مذکور را امی صفر و اگر از جزء ضرب‌پذیر امی که اثر متقابل را نیز در نظر می‌گیرد استفاده شود بسته به این‌که از کدامین مولفه ای استفاده شود، مدل امی ۱ تا امی n نامیده می‌شود (۱۰).

مولفه‌های امی معیار معتبری برای بررسی پایداری ژنوتیپ‌ها و ارتباط بین ژنوتیپ‌ها و محیط‌ها می‌باشند. اگر چندین مولفه از مولفه‌های اثر متقابل در مدل امی از لحاظ آماری معنی‌دار باشند، نشان‌دهنده وجود اثر متقابل پیچیده ژنوتیپ × محیط می‌باشند (۱۰).

با استفاده از مدل امی یک پارامتر پایداری معتبر توسط پورشاز (۲۰) برای پایداری ژنوتیپ‌ها ارائه شد که آن‌را ارزش پایداری امی (AMMI stability value = ASV) می‌نامند و در آن از دو مولفه اول امی برای این روش استفاده می‌گردد. همچنین از اکووالانس ریک به منظور تعیین سهم محیط‌ها در اثر متقابل می‌توان استفاده نمود (۱۳).

آلبرت (۱) در بررسی اثر متقابل ژنوتیپ × محیط و برای تعیین پایداری هیبریدهای ذرت روش‌های مختلف پایداری را با هم مقایسه کرد ولی در نهایت مدل AMMI را مناسب‌ترین روش برای تجزیه پایداری معرفی کرد.

شومن (۲۱) برای بررسی اثر متقابل ژنوتیپ × محیط در آفتابگردان از روش‌های مختلف پایداری استفاده نمود و بیان داشت که مدل AMMI نه تنها پایدارترین ژنوتیپ‌ها را معرفی می‌کند، بلکه می‌تواند بیانگر سازگاری خصوصی ارقام نیز باشد.

محمدی و همکاران (۱۷) با بررسی ۲۰ ژنوتیپ گلرنگ در چهار منطقه گزارش نمودند مدل امی با چهار مولفه اصلی حدود ۹۸٪ از تغییرات اثر متقابل ژنوتیپ × محیط را توجیه کرد و چهار ژنوتیپ را به عنوان ژنوتیپ‌های پایدار و سازگار گزینش کردند.

[DOI: 10.29252/jcb.10.26.139]

با صفا و طاهریان (۳) هشت هیبرید ذرت را در پنج منطقه طی دو سال زراعی مورد بررسی قرار دادند و ژنوتیپ‌های دارای سازگاری ویژه و عمومی را با استفاده از روش‌های امی و اکووالانس ریک مشخص کردند. جمشید مقدم و همکاران (۱۴) ۱۵ ژنوتیپ گلرنگ را در سه سال متوالی در سه مکان بررسی نموده و بیان نمودند که در مدل امی شش مولفه اصلی اثر متقابل ژنوتیپ × محیط معنی‌دار بود و در نهایت چهار ژنوتیپ برتر گلرنگ را به عنوان ژنوتیپ‌های پایدار و سازگار گزینش کردند.

بنابراین هدف از این پژوهش ۱- تجزیه اثرات متقابل ژنوتیپ ×محیط و ۲- بررسی واکنش ژنوتیپ‌ها در محیط‌های مختلف و تعیین و انتخاب ژنوتیپ یا ژنوتیپ‌های گلرنگ پایدار به محیط‌های مورد مطالعه با استفاده از روش‌های چند متغیره و تک متغیره می‌باشد.

مواد و روش‌ها

در این بررسی ۱۹ ژنوتیپ گلرنگ طی سال‌های زراعی ۱۳۸۹ تا ۱۳۹۱ در سه ایستگاه تحقیقات کشاورزی دیم شیروان، سرارود و خرم‌آباد مورد بررسی قرار گرفتند. هر آزمایش در هر محیط در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار و در زمینی که در سال قبل به صورت آیش بوده، اجرا شد.

قبل از تجزیه امی، یکنواختی واریانس خطای آزمایش‌ها با آزمون لون (Leven's test) آزمون گردید و سپس تجزیه امی روی عملکرد دانه ژنوتیپ‌ها در محیط‌های مختلف با استفاده از نرم‌افزار GenStat انجام شد. جهت تجزیه پایداری عملکرد لاین‌ها و ارقام گلرنگ مورد بررسی از مدل امی و از مولفه‌های اثر متقابل اول و دوم امی (IPCA1, IPCA 2) به عنوان پارامترهای پایداری برای ژنوتیپ‌ها و محیط‌ها استفاده گردید (۲). همچنین از مدل بای‌پلات AMMI جهت بررسی واکنش ژنوتیپ‌ها در محیط‌ها استفاده شد. بای‌پلات‌ها به‌دلیل نمایش گرافیکی واکنش ژنوتیپ‌ها و محیط‌ها در پدیده اثر متقابل ابزار مفیدی جهت شناسایی ژنوتیپ‌های سازگار به محیط‌های ویژه می‌باشند (۲۳). به منظور تحلیل بهتر اثرات متقابل از آماره‌های پایداری امی (ASV) (۲۰) و اکووالانس ریک (W^2_i) (۲۴) استفاده گردید. آماره ASV به‌دلیل اینکه اثرات دو مولفه اول اثر متقابل را به طور همزمان مورد بررسی قرار می‌دهد نقش مهمی در تفسیر نتایج تجزیه امی دارد. ژنوتیپ‌ها و محیط‌های با مقادیر کم پارامتر ASV پایدار و با مقادیر بیشتر ناپایدار خواهند بود (۲۰). پارامتر پایداری اکووالنس ریک (W^2_i) که کمتر بودن آن برای ژنوتیپ‌ها و محیط‌ها نشان‌دهنده پایداری بیشتر آنها و سهم کمتر در اثر متقابل می‌باشد، جهت کمک در تفسیر نتایج امی مورد استفاده قرار گرفت.

جدول ۱- ژنوتیپ های گلرنگ مورد استفاده در بررسی پایداری ارقام گلرنگ

Table 1. The safflower genotypes that were used in stability analysis

نام	کد ژنوتیپ	منشأ	رنگ گل
PI 237550	G1	Unknown	زرد
PI 239041	G2	Morocco	قرمز (بی‌خار)
PI 250202	G3	Pakistan	قرمز
PI 250533	G4	Egypt	قرمز
PI 251268	G5	Jordan	قرمز
PI 253515	G6	Germany	قرمز
PI 253541	G7	Hungary	نارنجی
PI 253559	G8	Portugal	نارنجی
PI 253895	G9	Syria	نارنجی
PI 235658	G10	Australia	زرد
PI 262447	G11	Kazakhstan	قرمز
PI 306599	G12	Egypt	نارنجی
PI 306974	G13	India	زرد
PI 314650	G14	Kazakhstan	نارنجی
PI 401479	G15	Bangladesh	نارنجی
PI – 544052	G16	China, Xizang	زرد
PI 613514	G17	Australia	قرمز
Sina	G18	Iran	زرد
Zarqan 279	G19	Iran	قرمز

[DOI: 10.29252/jcb.10.26.139]

نتایج و بحث

تجزیه اثرات اصلی افزایشی و ضرب‌پذیر برای عملکرد دانه با استفاده از مدل امی

نتایج تجزیه واریانس امی برای اثرات اصلی افزایشی و ضرب‌پذیر در جدول ۲ آورده شده است. تجزیه واریانس اثرات افزایشی نشان داد که تفاوت معنی‌داری بین ژنوتیپ‌ها، محیط‌ها و اثر متقابل ژنوتیپ × محیط در سطح احتمال یک درصد وجود داشت.

در این مدل بزرگی اثرات اصلی افزایشی برای ژنوتیپ، محیط واثر متقابل ژنوتیپ×محیط به ترتیب ۶/۴۹ ، ۷۴/۳۹ و ۱۹/۲ درصد مجموع مربعات کل بود (جدول ۲). بزرگی اثرات محیط بیانگر متفاوت بودن محیط‌ها بوده که باعث ایجاد تنوع در عملکرد دانه ژنوتیپ‌ها شده است. نتایج آزمون معنی‌داری مولفه‌های اثر متقابل نیز نشان داد که چهار مولفه اول اثر متقابل مدل امی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بودند. نتایج تجزیه واریانس غیر افزایشی نشان داد که اولین مولفه اثر متقابل ۵۷/۸۳ درصد، دومین مولفه ۳۰/۱۵درصد و مولفه‌های اثر متقابل سوم و چهارم نیز به ترتیب ۸/۱۱ و ۳/۲۵ درصد از تغییرات اثر متقابل ژنوتیپ و محیط را توجیه می‌کنند. این چهار مولفه از لحاظ آماری در توجیه اثرات متقابل معنی‌دار بودند. بنابراین مدل دوم امی (AMMI2) که شامل دو مولفه اول اثر متقابل واثرات اصلی افزایشی ژنوتیپ و محیط می‌باشد و ۹۷/۸ درصد مجموع مربعات تیمار را توجیه نمود در این پژوهش مورد استفاده قرار گرفت. به عبارت دیگر استفاده از مدل دوم امی (AMMI2) به خوبی در تفسیر نتایج مفید می‌باشد.

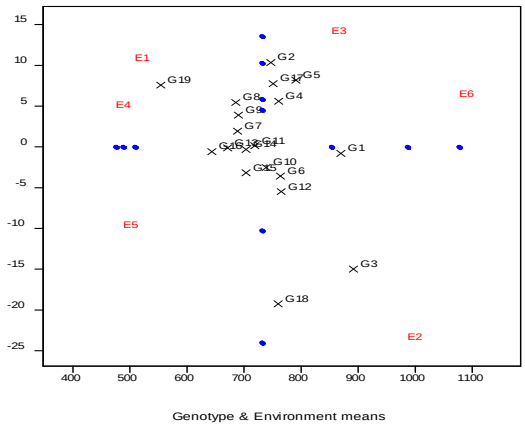
جدول ۲- تجزیه واریانس اثرات اصلی افزایشی و ضرب پذیر برای عملکرد دانه ژنوتیپ‌های گلرنگ در ۶ محیط

Table 2. Additive and multiplicative main effects ANOVA for seed yield of safflower genotypes in 6 environments

منبع تغییرات	درجه آزادی	مجموع مجذورات	F	درصد واریانس توجیه شده
کل	۳۴۱	۲۸۹۶۸۰۹۷	–	–
تیمار	۱۱۳	۲۸۵۹۸۷۵۹	۶۷۵/۶**	۹۸/۷۲
ژنوتیپ (G)	۱۸	۱۸۵۵۲۶۵	۲۷۵/۱۴**	۶/۴۹
محیط (E)	۵	۲۱۲۷۵۰۳۵	۱۷۷/۰۳**	۷۴/۳۹
ژنوتیپ × محیط (GE)	۹۰	۵۴۶۸۴۵۸	۱۶۲/۲*	۱۹/۱۲
IPCA 1	۲۲	۳۱۶۲۸۰۴	۳۸۳/۷۷**	۵۷/۸۳
IPCA 2	۲۰	۱۶۴۸۷۶۴	۲۲۰/۰۷**	۳۰/۱۵
IPCA 3	۱۸	۴۴۳۵۲۸	۶۵/۷۸**	۸/۱۱
IPCA 4	۱۶	۱۷۷۸۰۷	۲۹/۶۷**	۳/۲۵
باقیمانده	۱۴	۳۵۵۵۴	۶/۷۸	۰/۶۵
بلوک	۱۲	۲۸۸۴۲۳	۱۶/۶۴**	۱
خطا	۲۱۶	۸۰۹۱۵	–	–

*و ** : به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

به منظور بررسی روابط ژنوتیپ‌ها و محیط‌ها از نمایش گرافیکی بای‌پلات استفاده شد (شکل ۱). در این بای‌پلات محور افقی نمایانگر اثرات اصلی جمع‌پذیر یا میانگین عملکرد دانه بر حسب کیلوگرم در هکتار و محور عمودی آثار متقابل ضرب پذیر یا مقادیراولین مولفه اصلی (IPCA1) یعنی ضرایب عاملی برای ژنوتیپ‌ها و محیط‌ها به طور جداگانه می‌باشد. در بای‌پلات مذکور دو جفت از داده‌ها روی محور نمایش داده شده‌اند.اولین جفت مربوط به میانگین عملکرد هر رقم (محور افقی) و مقادیر اولین مولفه اصلی هر ژنوتیپ (محور عمودی) و دومین جفت مربوط به میانگین عملکرد هر محیط (محور افقی) و مقادیر اولین مولفه اصلی هر محیط (محور عمودی) می‌باشد. بررسی بای‌پلات شکل ۱ نشان می‌دهد که ژنوتیپ‌های ۳ و ۱۸ و همچنین محیط ۲ (جدول ۴) دارای اثر متقابل بزرگ و بیشترین تاثیر را درایجاد اثر متقابل دارند.



شکل ۱- نمودار بای پلات اثر متقابل ژنوتیپ و محیط بر اساس مولفه اول

Figure 1. Genotype and environment interaction biplot based on first component

[DOI: 10.29252/jcb.10.26.139]

ژنوتیپ‌هایی که در مرکز بای‌پلات قرار گرفته‌اند،اثر متقابل نزدیک به صفر دارند و دارای پایداری عمومی بیشتری هستند. ژنوتیپ‌های شماره ۱۱، ۱۴، ۱۳، ۱۶، ۱، ۱۰، ۶ و ۷ دارای اثر متقابل کم می‌باشند، ولی ژنوتیپ‌های شماره ۱،۱۰و۶ به علت داشتن میانگین عملکرد بالاتر از میانگین کل می‌توانند به عنوان ژنوتیپ‌های با پایداری مطلوب مورد توجه قرار گیرند.

تجزیه‌ی پایداری ژنوتیپ‌ها

مقادیر پارامترهای ژنوتیپی و رتبه بندی ژنوتیپ‌ها بر اساس این پارامترها در جدول ۳ آمده است. ضرایب دو مولفه اول اثرات متقابل به عنوان ساده‌ترین پارامترهای پایداری جهت انتخاب ژنوتیپ‌ها قبلاً مورد استفاده قرار گرفته است (۲،۱۱،۲۰). محمدی و همکاران (۱۸) در گلرنگ از ضرایب مولفه‌های اصلی اثر متقابل (IPCA) جهت گزینش ژنوتیپ‌های پایدار استفاده نمودند. در این پژوهش کمترین مقدار IPCA1 مربوط به ژنوتیپ‌های ۱۳، ۱۱، ۱۴، ۱۶، ۱، ۷، ۱۰و ۶ و کمترین مقدار IPCA2 مربوط به ژنوتیپ‌های ۱۲، ۱۰، ۱۷، ۶، ۸ و ۱۴ بود. بر اساس مقادیر IPCA1 و IPCA2، ژنوتیپ‌های ۶ و ۱۰ با عملکرد بالاتر از میانگین، از پایداری مطلوبی برخوردار بودند. بیشترین میزان IPCA1 مربوط به ژنوتیپ‌های ۱۸، ۳ و ۲ با میانگین عملکرد بیشتر از میانگین کل بود. همچنین بیشترین ضرایب IPCA2 مربوط به ژنوتیپ‌های ۱ و ۳ با میانگین عملکرد بیشتر از میانگین کل و ژنوتیپ‌های ۱۵، ۱۶ و ۱۹ با میانگین عملکرد کمتر از میانگین کل بود. آماره پایداری امی (ASV) نیز نشان داد که ژنوتیپ‌های ۱۲، ۱۰ و ۶ با کمترین مقدار ASV پایدارترین ژنوتیپ‌ها بودند. در حالی که ژنوتیپ‌های ۳، ۱۸ و ۱۹ ناپایدارترین ژنوتیپ‌ها بودند. بر اساس پارامتر پایداری اکووالانس ریک، ژنوتیپ‌های ۱۰، ۶، ۱۴ و ۱۱ پایدارترین ژنوتیپ‌ها بودند و به ترتیب با ۰/۸۷، ۱/۰۲، ۱/۱۷ و ۱/۲ درصد کمترین نقش را در اثر متقابل داشتند. در صورتی که ژنوتیپ‌های ۱۸ و ۳ بیشترین نقش را در اثر متقابل داشتند (جدول ۳).

جدول ۳- میانگین عملکرد ژنوتیپ‌ها، ضرایب مولفه‌های اثر متقابل، آماره‌های امی، اکووالانس ریک و رتبه‌های ژنوتیپ‌ها بر اساس پارامترها

Table 3. Genotype yield means, interaction principal component coefficient, AMMI values, Wricke ecovalence and genotypes ranks based on parameters

ژنوتیپ	میانگین عملکرد	رتبه	IPCA 1	رتبه	IPCA 2	رتبه	wrick	رتبه	Asv_i
۱	۸۶۹/۷	۲	- ۰/۷۹۶	۵	- ۱۲/۲۸۹	۱۹	۱۳۵۵۰۹	۱۶	۱۵/۷۱
۲	۷۴۶/۷	۹	۱۰/۳۳۱	۱۷	- ۳/۸۲۵	۹	۱۲۶۶۰۶	۱۵	۳۹/۷
۳	۸۹۱/۸	۱	- ۱۴/۹۹۷	۱۸	- ۹/۷۳۶	۱۸	۳۰۱۸۷۵	۱۸	۱۴۶/۳۳
۴	۷۶۰/۶	۶	۵/۵۸۲	۱۳	۴/۸۶	۱۱	۵۶۳۴۵	۱۱	۲۷/۵۶
۵	۷۹۱/۱	۳	۸/۱۷۶	۱۶	- ۴/۷۴۶	۱۰	۱۳۴۷۰	۱	۳۹/۰۹
۶	۷۶۳/۹	۵	- ۳/۵۶۹	۹	۰/۸۶۴	۴	۱۸۵۷۴	۳	۳/۲
۷	۶۸۸/۶	۱۵	۱/۹۱۳	۶	- ۶/۰۵۹	۱۳	۵۵۶۷۷	۱۰	۱۳/۰۸
۸	۶۸۵/۴	۱۶	۵/۴۴۴	۱۱	- ۲/۹۶۱	۵	۵۳۸۹۸	۹	۱۶/۳۹
۹	۶۹۰/۳	۱۴	۳/۸۹۴	۱۰	۳/۶۷	۸	۲۸۸۷۸	۶	۱۴/۷۵
۱۰	۷۳۸/۸	۱۰	- ۲/۵۱۶	۷	۰/۳۷۵	۲	۱۵۹۳۱	۲	۱/۰۲
۱۱	۷۱۸/۸	۱۱	۰/۱۵۲	۲	- ۳/۶۶۳	۷	۲۱۹۲۶	۵	۳/۷۱
۱۲	۷۶۵/۱	۴	- ۵/۴۸۲	۱۲	۰/۱۳۹	۱	۳۶۱۳۷	۷	۰/۷۷۴
۱۳	۶۷۱/۴	۱۷	- ۰/۱۲۱	۱	- ۵/۸۲۳	۱۲	۳۶۲۷۷	۸	۵/۸۷
۱۴	۷۰۳/۷	۱۲	- ۰/۳۲۲	۳	۳/۶۳۷	۶	۲۱۳۰۴	۴	۳/۸۲
۱۵	۷۰۳/۷	۱۳	- ۳/۱۸۱	۸	۹/۳۴۲	۱۵	۸۹۹۹۲	۱۴	۳۱/۱۵
۱۶	۶۴۳/۵	۱۸	- ۰/۵۷۴	۴	۹/۶۴۵	۱۷	۷۳۰۸۲	۱۲	۱۱/۱۲
۱۷	۷۵۱/۱	۸	۷/۷۵	۱۵	۰/۴۸۸	۳	۸۲۳۱۰	۱۳	۳/۸۱
۱۸	۷۵۹/۶	۷	- ۱۹/۲۵۶	۱۹	۶/۵۴۹	۱۴	۴۱۷۱۵۷	۱۹	۱۲۶/۲۸
۱۹	۵۵۴	۱۹	۷/۵۷۶	۱۴	۹/۵۳۲	۱۶	۱۳۷۸۶۸	۱۷	۷۲/۸۴

تجزیه پایداری محیط‌ها

محمدی و همکاران (۱۸) به منظور تجزیه بهتر اثرات متقابل ژنوتیپ و محیط، پارامترهای پایداری را برای محیط‌ها استفاده نمودند. مقادیر این پارامترها و رتبه‌بندی محیط‌ها بر اساس این پارامترها در جدول ۴ آمده است. جهت گزینش محیط‌های مناسب با قدرت بالا در تفکیک ژنوتیپ‌ها، محیط‌ها بایستی دارای مقادیر IPCA1 بالا و IPCA2 پایین باشند. بر اساس این دو پارامتر، یان در گندم (۲۷)، یان و همکاران (۲۶) در گندم و یان و راجکان (۲۵) در سویا ژنوتیپ‌های سازگار و پایدار به محیط‌ها و همچنین محیط‌های با قدرت تفکیک ژنوتیپی بالا را از سایر محیط‌ها شناسایی نمودند. بر اساس IPCA1، محیط ۴ با کمترین پتانسیل عملکرد و محیط ۶ با بیشترین پتانسیل عملکرد دارای بیشترین پایداری و کمترین نقش در اثر متقابل بودند. محیط ۲ با بیشترین IPCA1 بیشترین نقش را در ایجاد اثر متقابل ژنوتیپ و محیط داشت. کمترین IPCA2 محیطی برای محیط‌های ۱ و ۵ و ۴ و بیشترین آن برای محیط‌های ۳ و ۶ مشاهده شد. محیط‌های ایده‌آل که دارای ضریب IPCA1 بزرگ‌تر و IPCA2 کوچکتر می‌باشند، محیط‌های شماره ۵، ۱ و ۲ بودند. بر اساس آماره پایداری محیطی امی (ASV_j)، محیط ۴ و به تبع آن محیط‌های ۱ و ۵ با کمترین میزان پتانسیل عملکرد دارای بیشترین پایداری و کمترین نقش در پدیده اثر متقابل بودند، در صورتی که محیط ۲ با پتانسیل عملکرد بالا بیشترین ناپایداری را داشت. بر اساس پارامتر اکووالانس ریک، محیط ۲ با ۳۳/۸۵ درصد بیشترین نقش را در اثر متقابل و محیط ۴ با ۳/۹۶ درصد کمترین نقش را در ایجاد اثر متقابل داشتند (جدول ۴).

[DOI: 10.29252/jcb.10.26.139]

جدول ۴- میانگین عملکرد محیط‌ها، ضرایب مولفه‌های اثر متقابل، آماره‌های امی، اکووالانس ریک و رتبه‌های محیط ها بر اساس پارامترها
Table 4. Environments yield mean, interaction principal component axis, AMMI statistics, Wricke ecovalence and environments rank based on parameters

محیط	فصل زراعی	مکان	میانگین عملکرد	رتبه	IPCA 1	رتبه	IPCA 2	رتبه	ASV_i	رتبه	W^2_i	رتبه	W^2_i %
۱	۹۰-۸۹	شیروان	۵۰۸/۹	۴	۱۰/۲۹	۴	-۱/۳۶	۲	۱۴/۱۷	۳	۲۱۶۵۷۶	۳	۱۱/۸۸
۲	۹۰-۸۹	سرارود	۹۸۶/۳	۲	-۲۴/۰۱	۶	-۵/۳۸	۴	۳۳/۳۳	۶	۶۱۷۰۸۱	۶	۳۳/۸۵
۳	۹۰-۸۹	خرم آباد	۸۵۳/۱	۳	۱۳/۵۷	۵	-۱۶/۹۳	۵	۲۵/۱۵	۵	۴۳۳۸۶۹	۵	۲۳/۸
۴	۹۱-۹۰	شیروان	۴۷۵/۵	۶	۴/۵۵	۱	۱/۸۸	۳	۶/۵۲	۱	۷۲۱۴۰	۱	۳/۹۶
۵	۹۱-۹۰	سرارود	۴۸۸/۲	۵	-۱۰/۲۷	۳	۱/۳۳	۱	۱۴/۱۲	۲	۱۱۸۳۲۴	۲	۶/۴۹
۶	۹۱-۹۰	خرم آباد	۱۰۷۶/۸	۱	۵/۸۵	۲	۲۰/۴۶	۶	۲۱/۹۸	۴	۳۶۴۸۳۴	۴	۲۰/۰۱

به طور کلی از این پژوهش می‌توان نتیجه گرفت که روش AMMI با توجه به این که با چهار مولفه اصلی حدود ۹۹٪ از تغییرات اثر متقابل ژنوتیپ و محیط را توجیه می‌کند، روش مناسبی برای تجزیه پایداری ژنوتیپ‌ها بوده است. بر اساس پارامترهای IPCA1 و IPCA2 ژنوتیپ‌های ۶ و ۱۰ با میانگین عملکرد بالاتر از میانگین کل از پایداری مطلوبی برخوردار بودند. این دو ژنوتیپ بر اساس پارامترهای پایداری امی (ASV_i) و اکووالانس ریک نیز جزء پایدارترین ژنوتیپ‌ها بودند.

[DOI: 10.29252/jcb.10.26.139]

منابع

1. Albert, M.J.A. 2004. A comparison of statistical methods to describe genotype x environment interaction and yield stability in multi-location maize trials. Ph.D. Diss., department of plant sciences (plant breeding), faculty of natural and agricultural sciences of University of the Free State. Bloemfontein, South Africa, pp: 7- 35.
2. Annicchiarico, P. 1997. Joint regression vs. AMMI analysis of genotype-environment interactions for cereals in Italy. Euphytica, 94: 53-62.
3. Basafa, M. and M. Taherian. 2016. Analysis of stability and adaptability of forage yield among silage corn hybrids. Journal of Crop Breeding, 8(19): 185-191.
4. Basford, K.E. and M. Cooper. 1998. Genotype by environment interactions and some considerations of their implication for wheat breeding in Australia. Australian Journal of Agricultural Research, 49: 154-175 (In Persian).
5. Cornelius, P., J. Crossa, M. Seyedsadr, M. Kang and H. Gauch. 1996. Statistical tests and estimators of multiplicative models for genotype-by-environment interaction. Genotype-by-Environment Interaction. CRC Press, Boca Raton, FL, PP. 199-234.
6. Crossa, J., J. Franco and G.O. Edmeades, 1996. Experimental designs and the analysis of multilocation trials of maize grown under drought stress. CIMMYT. Pp, 524-536.
7. Ebdon, J. and H. Gauch. 2002. Additive main effect and multiplicative interaction analysis of national turfgrass performance trials. I. Interpretation of genotype×environment interaction. Crop Science, 42(2): 489-496.
8. Eberhart, S.A. and W.A. Russell. 1966. Stability parameters for comparing varieties. Crop Science, 6: 36-40.
9. Finlay, K.W. and G.N. Wilkinson. 1963. The analysis of adaptation in a plant breeding program. Australian Journal of Agricultural Research, 14: 742-754.
10. Gauch, H.G. and R.W. Zobel. 1996. AMMI analysis of yield trials. pp: 85-122. In: Kang, M.S., Gauch, H.G. (eds.) Genotype by environment interaction, 1-14 pp., CRC press. Boca Raton.
11. Grausgruber, H., M. Oberforster, M. Werteker, P. Ruckenbauer and J. Vollmann. 2000. Stability of quality traits in Austrian-grown winter wheats. Field Crops Research, 66: 257-267.
12. Huehn, M. (1996). Nonparametric analysis of genotype x environment interactions by ranks. Genotype by environment interaction. CRC Press, Boca Raton, FL, 213-228
13. Isik, K. and J. Kleinschmit. 2005. Similarities and effectiveness of test environments in selecting and deploying of desirable genotypes. Theoretical and Applied Genetics, 110: 311-322.
14. Jamshid Moghaddam, M., M. Eskandari Torbaghan and A. Mirzaee. 2014. Analysis of genotype × environment interaction for seed yield in spineless safflower (*Carthamus tinctorius* L.) genotypes. Crop Breeding Journal, 4(1): 47-56.
15. Kang, M.S., 1993. Simultaneous selection for yield and stability in crop performance trials: consequences for growers. Agronomy Journal, 85: 754-757.
16. Kang, M.S. and R. Magari. 1996. New developments in selecting for phenotypic stability in crop breeding. In: Kang, M.S., and H.G. Zobel (eds.) Genotype by environment interaction, 1-14 pp., CRC press. Boca Raton.
17. Mohammadi, M., P. Sharifi and R. Karimizadeh. 2015. Stability analysis of seed yield of safflower genotypes (*Carthamus tinctorius* L.). Journal of Crop Breeding, 7(16): 104-114 (In Persian).
18. Mohammadi, R., S.S. Pourdad and A. Amri. 2008. Grain yield stability of spring safflower. Australian Journal of Agricultural Research.
19. Purchase, J.L., 1997. Parametric analysis to describe genotype x environment interaction and yield stability in winter wheat. Ph. D. Thesis, University of the Free State. South Africa.
20. Purchase, J.L., H. Hatting and C.S. Van Deventer. 2000. Genotype x environment interaction of winter wheat in South Africa: II. Stability analysis of yield performance. South Africa journal of plant and soil, 17(3): 101-107.
21. Schoeman, L.J. 2003. Genotype x environment interaction in sunflower in South Africa (M.Sc. thesis), University of Free State, Bloemfontein.
22. Shafii, B., K.A. Mahler, W.J. Price and D. L. Auld. 1992. Genotype - environment interaction effects on winter rapeseed yield and oil content. Crop Science, 32: 922-927.
23. Suadric, A., D. Simic and M. Vratric. 2006. Characterization of genotype by environment interactions in soybean breeding programmes of southeast Europe. Plant Breeding, 125: 191-125.
24. Wricke, G. 1962. Uber eine method zur refassung der okologischen streubretite in feldversuchen ,Flazenzenzuecht, 47: 92-96
25. Yan, W., and I. Rajcan. 2002. Biplot analysis of test sites and trait relations of soybean in Ontario. Crop Science, 42: 11-20.
26. Yan, W., L.A. Hunt, Q. Sheng and Z. Szlavnics. 2000. Cultivar evaluation and mega-environment investigation based on the GGE biplot. Crop Science, 40: 597-605.
27. Yan, W. 2001. GGE biplot-a windows application for graphical analysis of multi-environment trial data and other types of two-way data. Agronomy Journal, 93: 1111-1118.

[DOI: 10.29252/jcb.10.26.139]

Stability Analysis of Seed Yield in Safflower Genotypes under Dryland Conditions

Masoud Eskandari Torbaghan[1], Majid Taherian[2] and Hasan Najjar[3]

1 and 3- Assistant Professor and Researcher, of Horticulture Crop Research Department, Khorasan Razavi Agricultural and Natural Resources Resaerch and Education Center, AREEO, Mashhad, Iran.
2- Assistant Professor of Horticulture Crop Research Department, Khorasan Razavi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Mashhad, Iran (Corresponding author: taherian.m@ut.ac.ir)
Received: March 11, 2017 Accepted: July 1, 2017

Abstract

The objectives of this study were to analyze genotype by environment (GE) interactions on the seed yield of 19 safflower genotypes by the additive main effects and multiplicative interactions (AMMI) model and to evaluate genotype (G), environment (E) and GE interactions using statistics parameter i.e. AMMI stability value (ASV) and ecovalence (W^2_i). The trials were conducted at three locations: Shirvan, Sararood and Khoramabad for two successive cropping seasons (2010-12). Main effects due to E, G, and GE interactions as well as two first interaction principal components (IPCA1-2) were found to be significant. AMMI biplot was able to distinguish stable genotypes and environments, with high and low genotype discrimination ability. The genotypes 6 and 10 with higher mean seed yield than total mean were to be most stable genotypes, while the genotypes 18 and 3 with the highest contribution to GE interaction were to be most instable.

Keywords: AMMI analysis, GE interaction, Safflower, Stability

[DOI: 10.29252/jcb.10.26.139]