دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
پژوهشنامه اصلاح گیاهان زراعی

تجزیه پایداری و سازگاری عملکرد علوفه در هیبریدهای ذرت علوفه‌ای

محمود باصفا[1] و مجید طاهریان[2]

۱- مربی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، (نویسنده مسوول: nbasafa@ymail.com)
۲- مربی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی
تاریخ دریافت: ۹۴/۱/۲۶ تاریخ پذیرش: ۹۴/۴/۲۳

چکیده

هدف از این پژوهش تجزیه اثرات متقابل ژنوتیپ و محیط بر عملکرد علوفه تر ۸ هیبرید ذرت با استفاده از تجزیه توسط مدل اثرات افزایشی و ضریب پذیر امی و نیز ارزیابی ژنوتیپ‌ها، محیط‌ها و اثرات متقابل آن‌ها با استفاده از آماره‌های پایداری و اکووالانس ریک می‌باشد. آزمایشات در پنج منطقه نیشابور، کرج، اصفهان، گرگان و بروجرد طی دو سال زراعی (۸۵-۱۳۸٤) اجرا شدند. نتایج حاصل از تجزیه امی نشان داد که اثرات اصلی ژنوتیپ، محیط، اثرات متقابل ژنوتیپ و محیط و سه مولفه اول اثر متقابل معنی‌دار می‌باشند. نمودار بای پلات قادر به تشخیص ژنوتیپ‌های پایدار و محیط‌های با قدرت تفکیک بالا از محیط‌های ضعیف بود. توصیه ژنوتیپ‌ها برای مکان‌های مورد مطالعه در مدل امی نشان داد که هیبریدهای ۵، ۸ و ۱ بیشترین سازگاری را به شرایط کرج داشتند. هیبریدهای ۵، ۲ و ۸ دارای سازگاری ویژه با شرایط نیشابور بودند. ژنوتیپ‌های ۱ و ۵ بهترین سازگاری و پتانسیل عملکرد را با شرایط گرگان داشتند. در بروجرد ژنوتیپ‌های ۸، ۵ و ۱ و در اصفهان هیبریدهای ۵، ۸ و ۲ دارای سازگاری ویژه بودند. بر اساس نتایج تجزیه امی و پارامترهای مورد بررسی، ژنوتیپ شماره ۵ با عملکرد بالاتر از میانگین کل دارای بیشترین پایداری بود و توانایی سازگاری عمومی بالایی به محیط‌های مورد مطالعه داشت، در صورتی که هیبریدهای ۷ و ۸ با بیشترین تاثیر در اثر متقابل داشته و ناپایدارترین ژنوتیپ‌ها در مجموع سال‌ها و مناطق آزمایش بودند.

واژه‌های کلیدی: اثرات متقابل ژنوتیپ × محیط، بای پلات، پایداری، تجزیه امی، ذرت علوفه‌ای

مقدمه

اثر متقابل ژنوتیپ × محیط یکی از مسائل پیچیده برنامه‌های به نژادی برای تهیه ژنوتیپ‌های پر محصول و سازگار به شمار می‌رود و وجود آن موجب کاهش بازدهی این گونه ژنوتیپ‌ها می‌گردد (۱۱). اثر متقابل ژنوتیپ × محیط به حالتی گفته می‌شود که ژنوتیپ‌های متفاوت به تغییرات محیطی واکنش‌های مختلف نشان دهند. اگر رتبه عملکرد ژنوتیپ‌ها در دامنه‌ای از شرایط محیطی ثابت بماند اثر متقابل ژنوتیپ × محیط وجود نخواهد داشت (۱۸). پارامترهای زیادی برای تجزیه اثر متقابل ژنوتیپ × محیط ارائه شده است. در روش‌هایی که پاسخ و واکنش ژنوتیپ با محیط بصورت یک رابطه یک متغیره در نظر گرفته می‌شود نظیر واریانس محیطی رومر (۱۷)، ضریب تغییرات فرانسیس و کاننبرگ (۶)، اکووالانس ریک (۲۲)، واریانس پایداری شوکلا (۲۰)، ضریب رگرسیون فینلی و ویلکینسون (۵) و نیز ضریب رگرسیون پرکینز و جینکز (۱۳)، سعی می‌شود که پاسخ ژنوتیپ به محیط از طریق محاسبه یک شاخص پایداری توجیه شود، لذا ممکن است یک ژنوتیپ خاص در یک ارزیابی پایدار و در روش دیگر ناپایدار شناخته شود و نتیجه مشابهی بدست نیاید، اما در تجزیه‌های چند متغییره پاسخ و واکنش یک ژنوتیپ در چند محیط مختلف ممکن است در یک فضای چند بعدی توصیف شود و لذا این روش‌ها می‌توانند ارتباطات پیچیده و مرکب بین مکان‌ها، ژنوتیپ‌ها و یا بین هر دو را به دقت توسط یک دیاگرام پراکنش توضیح دهند. یکی از روش‌های چند متغییره مدل تجزیه به مولفه‌های اصلی است. بررسی‌های ریچارد و همکاران (۱۶) نشان داد که مدل تجزیه به مولفه‌های اصلی یک مدل ضربی[1] است و بنابراین هیچ نوع منبع تغییری برای آزمون اثرهای اصلی جمع‌پذیر در آن وجود ندارد. پس روش تجزیه به مولفه‌های اصلی دارای مشکل تفسیر اثرهای اصلی است و در نتیجه اثر متقابل نیز که طبق تعریف، باقیمانده حاصل از مدل جمع‌پذیر است به خوبی ارزیابی نمی شود. مدل امی[2] را ریچارد و همکاران (۱۶)، به طور مفصل بسط داده و مورد تجزیه و تحلیل قرار دادند و اظهار داشتند که مدل امی ترکیبی از مدل تجزیه واریانس و تجزیه به مولفه‌های اصلی است و شامل اثرهای اصلی ژنوتیپ و محیط و یک یا چند اثر متقابل ضربی است و یک مولفه تصادفی به نام باقیمانده یا خطا به آن اضافه می‌شود. مدل امی برای عملکرد ژنوتیپ g در محیط e و با تکرار r (Year) به صورت زیر است:

$$Year= \mu+ \alpha_g + \beta_e + \Sigma_n \lambda_n \gamma_{gn} \delta_{en} + \rho_{ge} + \varepsilon_{ger}$$

در این فرمول μ: میانگین کل ازمایش، α_g و β_e به ترتیب اثرهای اصلی ژنوتیپ و محیط، $\Sigma_n \lambda_n \gamma_{gn}$: اثر متقابل ژنوتیپ × محیط، λ_n: مقدار منفرد[3] برای محور مولفه اصلی nام (IPC)، γ_{gn}: بردار ویژه ژنوتیپ برای محور nام، δ_{en}: بردار ویژه محیط برای محور nام، ρ_{ge}: مقدار نویز[4] یا باقیمانده حاصل از اثرات ضرب پذیر و بالاخره ε_{ger}: عبارت مربوط به خطا است.

مولفه‌های امی معیار معتبری برای بررسی پایداری ژنوتیپ ها 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 می باشد (۷).

این مقاله با استفاده از نتایج طرح ملی موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر با شماره مصوب۸۴۱۷۷-۲-۱۲-۱۰۰ تحت عنوان : بررسی و مقایسه عملکرد نهایی هیبریدهای ذرت سیلویی، نگارش شده است.

1- Multiplication 2- AMMI model 3- Singular Value 4- Noise 5- AMMI Stability Value

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-07-17]

با استفاده از مدل امی یک پارامتر پایداری معتبر توسط پرکاس (۱۵)، برای پایداری ژنوتیپ‌ها ارائه شد که آن را ارزش پایداری امی[۵] (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 (۹).

روش‌های مختلف پایداری توسط اسچو من (۱۹)، برای بررسی اثر متقابل ژنوتیپ × محیط در آفتابگردان استفاده شده و ایشان بیان داشت که مدل امی نه تنها پایدارترین ژنوتیپ‌ها را معرفی می‌کند، بلکه می تواند بیانگر سازگاری خصوصی ارقام نیز باشد. همچنین آلبرت (۲) در بررسی اثر متقابل ژنوتیپ × محیط و برای تعیین پایداری هیبریدهای ذرت روش‌های مختلف پایداری را با هم مقایسه کرد ولی در نهایت مدل امی را مناسب‌ترین روش برای تجزیه پایداری معرفی کرد.

هدف از این تحقیق تجزیه اثر متقابل ژنوتیپ × محیط برای عملکرد علوفه سبز هیبریدهای ذرت در شرایط آب و هوایی مختلف به منظور گروه‌بندی محیط‌ها و شناسایی ژنوتیپ‌های سازگار به گروه‌های محیطی و تعیین ژنوتیپ‌های پایدار بر اساس روش‌های چند متغییره و تک متغییره می‌باشد.

مواد و روش‌ها

در این پژوهش تعداد ۷ هیبرید ذرت علوفه‌ای برتر، انتخاب شده از آزمایشات مقدماتی و نیمه نهایی بمنظور مقایسه عملکرد نهایی آنها و گزینش هیبریدهای برتر نسبت به شاهد (Sc 647) در ۵ منطقه (کرج، نیشابور، گرگان، بروجرد و اصفهان) به مدت دو سال (۸۵-۱۳۸۴) مورد ارزیابی قرار گرفتند (جدول ۱). آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در ۴ تکرار اجراء شد. هر کرت شامل ۴ ردیف به طول ۵/۹۴ متر و فاصله دو ردیف مجاور ۷۵ سانتی‌متر بود. تراکم بوته نهایی ۸۱۰۰۰ بوته در هکتار در نظر گرفته شد. تنگ کردن بوته ها در مرحله ۴-۳ برگی حقیقی بوته انجام شد. مساحت هر کرت ۱۸/۸ متر مربع و سطح برداشت با حذف دو بوته از ابتدا و انتهای هر دو خط میانی برابر با ۸/۴۱ متر مربع بود. کود مصرفی به مقدار ۴۰۰ کیلوگرم در هکتار اوره که در دو مرحله مصرف گردید (نیمی از آن در مرحله کاشت و نیمی دیگر در زمان ۹-۷ برگه شدن بوته‌ها) و ۳۰۰ کیلو گرم در هکتار فسفات آمونیوم که قبل از کشت مصرف گردید. در طول دوره رشد علاوه بر مراقبت‌های زراعی مورد نیاز، از مراحل رشدی و صفات مورد نظر مانند: تاریخ کاشت، تاریخ سبزشدن و تعداد بوته سبز شده، تاریخ ظهور کاکل، تاریخ ظهور گل تاجی، ظهور دانه گرده، ارتفاع بوته و بلال، زمان خمیری شدن دانه‌ها، تعداد برگ سبز بوته در زمان برداشت و بیماری‌ها در شرایط طبیعی، یادداشت‌برداری بعمل آمد. در زمان برداشت (در اواخر مرحله خمیری دانه‌های بلال) کلیه بوته‌های سبز در هر کرت شمارش و سپس همراه با بلال از ۵ سانتی‌متر سطح خاک قطع و برداشت شدند. محصول برداشت شده هر کرت جداگانه توزین گردید.

قبل از تجزیه امی، یکنواختی واریانس خطاهای آزمایش با استفاده از آزمون لون[۱] آزمون گردید، سپس برای تجزیه امی بر روی عملکرد علوفه تر ژنوتیپ‌ها در محیط‌های مختلف از نرم‌افزار Genstat استفاده شد. جهت تجزیه پایداری عملکرد هیبریدهای مورد بررسی از مدل امی و از مولفه‌های اثر متقابل اول و دوم امی (IPCA1, IPCA2) به عنوان پارامترهای پایداری برای ژنوتیپ‌ها و محیط‌ها استفاده گردید (۴).

همچنین از مدل بای پلات امی جهت بررسی واکنش ژنوتیپ‌ها در محیط‌ها استفاده شد. بای پلات‌ها به دلیل نمایش گرافیکی واکنش ژنوتیپ‌ها و محیط‌ها در پدیده اثر متقابل ابزارهای مفیدی جهت شناسایی ژنوتیپ‌های سازگار به محیط‌های ویژه می‌باشند (۲۱). به منظور تحلیل بهتر اثرات متقابل از آماره‌های پایداری امی (ASV) و اکووالانس ریک استفاده گردید. آماره ASV به دلیل اینکه اثرات دو مولفه 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 (۱۵). پارامتر پایداری اکووالانس ریک که کمتر بودن آن برای ژنوتیپ‌ها و محیط‌ها نشان‌دهنده پایداری بیشتر آن‌ها و سهم کمتر در اثر متقابل می باشد، جهت کمک در تفسیر نتایج امی مورد استفاده قرار می گیرد.

جدول ۱- اسامی ارقام ذرت و محیط‌های آزمایش

Table 1. Names of evaluated corn hybrids and environments

Name	شماره هیبرید (No)	محیط (Environments)	۱۳۸۴ (محیط)	۱۳۸۵ (محیط)
SC647(check)	۱	کرج	۱	۶
SC 604	۲	نیشابور	۲	۷
K SC 500	۳	گرگان	۳	۸
BC 418B	۴	بروجرد	۴	۹
BC 566	۵	اصفهان	۵	۱۰
BC 582	۶			
BC 666	۷			
BC 678	۸			

نتایج و بحث

به‌منظور بررسی هیبریدهای ذرت سیلویی در مکان‌ها و سال‌های مختلف، تجزیه واریانس مرکب داده‌های حاصل از پنج منطقه و دو سال انجام شد. نتایج تجزیه واریانس مرکب نشان داد که اثر سال، مکان، اثرات متقابل سال × مکان، ژنوتیپ × سال، ژنوتیپ × مکان، اثر ژنوتیپ و اثر متقابل

1- Leven's Test

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-07-17]

ژنوتیپ× مکان× سال معنی‌دار بودند (جدول ۲). معنی‌دار بودن اثر سال و مکان نشان‌دهنده اختلاف شرایط محیطی در سال‌ها و مناطق مورد آزمایش بوده و معنی‌دار بودن اثر ژنوتیپ نشان‌دهنده اختلاف ژنتیکی در بین ارقام و لاین‌های مورد بررسی است. در تجزیه واریانس مرکب با توجه به معنی‌دار بودن اثر متقابل ژنوتیپ× مکان× سال می‌توان استنباط کرد که ژنوتیپ‌ها در مکان‌ها و سال‌های مختلف دارای تغییراتی بوده و برای بررسی دقیق تر اثر متقابل و پیداکردن ژنوتیپ‌های دارای عملکرد پایدار در شرایط محیطی مختلف باید تجزیه پایداری عملکرد ژنوتیپ‌ها در شرایط مکان‌های مورد بررسی انجام شود.

جدول ۲ – نتایج تجزیه واریانس مرکب (MS, df) هیبریدهای ذرت علوفه‌ای در ۵ منطقه[1]، ۸۵-۱۳۸۴

Table 2. Results of combined analysis of variance for forage corn hybrids (MS,Df) in five locations, 2005-2006

منبع تغییرات	درجه آزادی (Df)	میانگین مربعات (MS)
سال	۱	۱۸۷۰/۵۹**
مکان	۴	۶۳۴۱/۹۳**
مکان × سال	۴	۱۳۹۳/۷۰**
تکرار (مکان × سال)	۳۰	۱۳۴/۰۲
ارقام	۷	۳۷۲/۹۶**
سال× ارقام	۷	۸۹/۸۴**
مکان × ارقام	۲۸	۱۰۲/۰۵**
سال× مکان× ارقام	۲۸	۱۱۵/۷۳**
خطا	۲۱۰	۳۰/۸
ضریب تغییرات (CV%)		۹/۲۵

* و**: تفاوت معنی‌دار در سطح آماری پنج و یک د رصد

در مطالعات کنگ و همکاران (۱۰) بر روی پنج ژنوتیپ ذرت، اثر متقابل ژنوتیپ× محیط در تمام آزمایش‌ها معنی‌دار بود. آنها خاطر نشان کردند زمانی که اثر متقابل ژنوتیپ× محیط معنی‌دار است انتخاب بر اساس عملکرد به تنهایی کافی نمی‌باشد. در آزمایش‌های دارای مکان و سال یکی از مشکلات اساسی ارزیابی ژنوتیپ‌ها این است که اثر مکان می‌تواند به طور قابل ملاحظه‌ای از سالی به سال دیگر متغیر باشد و این عمل به وسیله معنی‌دار شدن اثر متقابل مکان× سال در جدول تجزیه واریانس نشان داده می‌شود (جدول ۲). به منظور تجزیه اثر متقابل ژنوتیپ× محیط و بررسی وضعیت پایداری ژنوتیپ‌ها از مدل امی استفاده شد. نتایج تجزیه واریانس امی برای اثرات اصلی افزایشی و ضرب پذیر در جدول ۳ آمده است. تجزیه واریانس اثرات افزایشی نشان داد که تفاوت معنی‌داری بین ژنوتیپ‌ها، محیط‌ها و اثر متقابل ژنوتیپ× محیط در سطح احتمال یک درصد وجود دارد. در این مدل بزرگی اثرات اصلی افزایشی برای ژنوتیپ، محیط و اثر متقابل ژنوتیپ× محیط به ترتیب ۶/۹۲ درصد، ۸۵/۲۴ درصد و ۷/۸۴ درصد مجموع مربعات کل بود (جدول ۳). بزرگی اثرات محیط بیانگر متفاوت بودن محیط‌ها بوده که باعث ایجاد تنوع در عملکرد علوفه ژنوتیپ‌ها شده است. نتایج آزمون معنی‌داری مولفه های اثر متقابل نیز نشان داد که دو مولفه اول اثر متقابل مدل امی در سطح احتمال یک درصد و مولفه سوم در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار می‌باشند. نتایج تجزیه واریانس غیر افزایشی نشان داد که این سه مولفه به ترتیب ۴۰/۵۱، ۲۳/۷ و ۱۹/۰۶ درصد از تغییرات اثر متقابل ژنوتیپ و محیط را توجیه می‌نمایند. این سه مولفه از نظر آماری در توجیه اثرات متقابل معنی‌دار بودند. بنابراین مدل دوم امی که شامل دو مولفه اول اثر متقابل و اثرات اصلی افزایشی ژنوتیپ‌ها و محیط‌ها می‌باشد می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. به عبارت دیگر استفاده از مدل دوم امی به خوبی در تفسیر نتایج مفید می‌باشد. تقی‌زاده و همکاران (۳) با بررسی ۲۰ رقم جو زراعی در ۸ منطقه کشور با استفاده از مدل AMMI 2 توانستند سه ژنوتیپ که دارای سازگاری عمومی بالایی به مناطق مورد بررسی داشتند را شناسایی کنند.

جدول ۳– نتایج تجزیه واریانس امی برای اثرات اصلی افزایشی و ضرب پذیر عملکرد علوفه تر در ۱۰ محیط

Table 3. AMMI analysis of variance for main additive effects and multiplication of forage yield in 10 environments

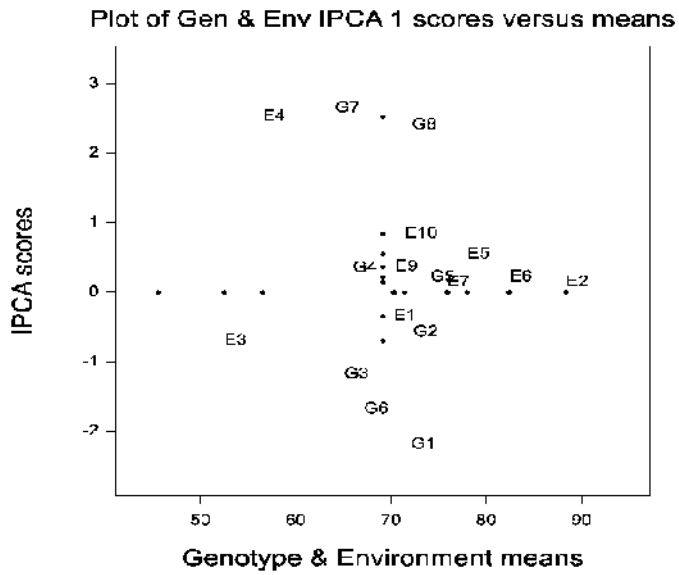
منبع تغییرات (S.O.V)	درجه آزادی (Df)	مجموع مربعات (SS)	میانگین مربعات (MS)	واریانس توجیه شده (Varianced Explained%)
کل	۳۱۹	۷۵۲۲۶	۲۳۵/ ۸**	–
تیمار	۷۹	۶۲۷۱۹	۷۹۳/۹**	۸۳/۳۷
ژنوتیپ	۷	۴۳۴۲	۶۲۰/۳**	۶/۹۲
محیط	۹	۵۳۴۶۲	۵۹۴۰/۲**	۸۵/۲۴
بلوک	۳۰	۳۳۳۰	۱۱۱**	۴/۴۳
اثرات متقابل	۶۳	۴۹۱۵	۷۸**	۷/۸۴
IPCA1	۱۵	۱۹۹۱	۱۳۲/ ۷**	۴۰/۵۱
IPCA2	۱۳	۱۱۶۵	۸۹/۶ **	۲۳/۷
IPCA3	۱۱	۹۳۷	۸۵/۲*	۱۹/۰۶
باقیمانده	۲۴	۸۲۲	۳۴/۲ns	۱۶/۷۲
خطا	۲۱۰	۹۱۷۷	۴۳/۷	۱۲/۲

* و **، ns: تفاوت معنی‌دار در سطح آماری پنج و یک د رصد، عدم تفاوت معنی‌دار

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-07-17]

به منظور بررسی روابط ژنوتیپ‌ها و محیط‌ها از نمایش گرافیکی بای پلات استفاده شد. در بای پلات شکل ۱ محور افقی نمایانگر اثرات اصلی جمع پذیر یا میانگین عملکرد علوفه بر حسب تن در هکتار و محور عمودی آثار متقابل ضربی یا مقادیر اولین مولفه اصلی (IPCA2) یعنی ضرایب عاملی، برای ژنوتیپ‌ها و محیط‌ها به طور جداگانه می‌باشد. در بای پلات مذکور دو جفت از داده‌ها روی محور نمایش داده شده‌اند. اولین جفت مربوط به میانگین عملکرد هر ژنوتیپ (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 بای پلات شکل ۱ نشان می‌دهد که هیبریدهای شماره ۱، ۷ و ۸ و همچنین محیط‌های E3 و E4 دارای اثرات متقابل بزرگ و بیشترین تاثیر را در ایجاد اثر متقابل دارند.

ژنوتیپ‌هایی که در مرکز بای پلات قرار گرفته‌اند، اثر متقابل نزدیک به صفر دارند و دارای پایداری عمومی بیشتری هستند. هیبریدهای ۴ و ۵ دارای اثرات متقابل کم می باشند، ولی هیبرید شماره ۵ به علت داشتن میانگین عملکرد بالاتر از میانگین کل (۶۹/۱۴ تن در هکتار) می‌تواند به عنوان هیبرید با پایداری مطلوب مورد توجه قرار گیرند.



شکل ۱- بای پلات میانگین ژنوتیپ‌ها و محیط‌ها و مقادیر اولین مولفه اصلی آنها

Figure 1. Genotypes and environments biplot and values of their first components

تجزیه پایداری ژنوتیپ‌ها

مقادیر پارامترهای ژنوتیپی و رتبه‌بندی ژنوتیپ‌ها بر اساس این پارامترها در جدول ۴ آمده است. ضرایب دو مولفه اول اثر متقابل به عنوان ساده‌ترین پارامترهای پایداری جمعیت جهت انتخاب ژنوتیپ‌ها قبلا مورد استفاده قرار گرفته است (۱۴،۸،۴). از ضرایب مولفه‌های اصلی اثر متقابل (IPCA) جهت گزینش ژنوتیپ‌های پایدار توسط گراس گروبر و همکاران (۸) در گندم نان و محمدی و همکاران (۱۲) در گلرنگ استفاده شده است. در تحقیق حاضر، کمترین مقدار IPCA1 مربوط به هیبریدهای ۵ و ۴ و کمترین مقدار IPCA2 مربوط به هیبریدهای ۷، ۸ و ۵ بود. بر اساس مقادیر IPCA1 و IPCA2، هیبرید شماره ۵ با میزان عملکرد بالاتر از میانگین کل (۶۹/۱۴ تن در هکتار) پایدارترین هیبرید بود. بیشترین میزان IPCA2 مربوط به هیبریدهای ۷، ۸ و ۱ بود. همچنین بیشترین ضرایب IPCA2 مربوط به هیبریدهای ۳ و ۶ با میانگین عملکرد کمتر از میانگین کل بود. آماره پایداری امی نیز نشان داد که هیبرید شماره ۵ با کمترین مقدار ASV_i ، پایدارترین هیبرید بود. در حالی که هیبریدهای ۷ و ۸، ناپایدارترین هیبرید در مجموع محیط‌ها بودند. بر اساس پارامتر پایداری اکووالانس ریک، هیبریدهای ۴ و ۵ پایدارترین هیبریدها بودند و به ترتیب با ۵/۸۷ و ۶/۰۱ درصد کمترین نقش را در اثر متقابل داشتند. در صورتی که هیبرید ۸ با ۲۶/۵۸ درصد بیشترین نقش را در اثر متقابل دارا بود (جدول ۴). احمدی و همکاران (۱) با استفاده از روش‌های مختلف پایداری از جمله اکووالانس ریک سه ژنوتیپ پایدار و سازگار خلر را ازبین ۱۴ ژنوتیپ مورد بررسی شناسایی کردند.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-07-17]

جدول ۴- میانگین عملکرد ژنوتیپ ها، ضرایب مؤلفه‌های اثر متقابل و آماره‌های امی و اکو الانس ریک و رتبه های ژنوتیپ‌ها بر اساس پارامترهای ذرت

Table 4. Mean yield of genotypes, interaction component coefficients, AMMI and wrick ecovalence statistics and genotype ranks according to corn parameters

ژنوتیپ ها	Mean yield (t/ha)	Rank	IPCA1	Rank	IPCA2	Rank	IPCA3	Rank	ASV_i	Rank	W^2_i	Rank	$\%W^2_i$
۱	۵۶/۵۴	۸	-۲/۱۹	۶	-۰/۹۸	۴	-۱/۶۲	۶	۳/۸۷	۶	۳۰۱/۶	۷	۱۷/۹۴
۲	۷۱/۴۴	۵	-۰/۵۸	۳	۱/۷۳	۵	۰/۵۵	۱	۱/۹۹	۳	۲۰۴/۴	۵	۱۲/۱۶
۳	۷۷/۹۹	۳	-۱/۱۸	۴	-۲/۰۱	۷	۲/۲۱	۸	۲/۸۵	۴	۱۶۴/۴	۳	۹/۷۸
۴	۷۰/۴۲	۶	-۰/۳۵	۲	-۱/۸۸	۶	-۱/۰۱	۳	۱/۹۷	۲	۹۸/۷	۱	۵/۸۷
۵	۸۲/۴۶	۲	-۰/۲۲	۱	۰/۷۴	۳	-۱/۸۱	۷	۰/۸۳	۱	۱۰۱	۲	۶/۰۱
۶	۸۸/۳۷	۱	-۱/۶۸	۵	۲/۱۲	۸	۱/۰۳	۴	۳/۵۷	۵	۱۵۳/۲	۴	۹/۱۱
۷	۷۵/۹۰	۴	۲/۶۵	۸	-۰/۳۶	۱	۱/۳	۵	۴/۵۴	۸	۲۱۰/۹	۶	۱۲/۵۴
۸	۷۰/۲۵	۷	۲/۴۱	۷	۰/۶۲	۲	-۰/۶۶	۲	۴/۱۷	۷	۴۴۶/۹	۸	۲۶/۵۸

IPCA1، IPCA2 و IPCA3 : اولین، دومین و سومین مؤلفه اثرات ژنوتیپی، ASVj: آماره پایداری امی برای ژنوتیپ، W^2i : اکوالانس ریک برای ژنوتیپ‌ها، $W^2i\%$ درصد سهم هر ژنوتیپ در اثر متقابل

تجزیه پایداری محیطها

مقادیر این پارامترها و رتبه‌بندی محیطها بر اساس پارامترهای مذکور در جدول ۵ آمده است. جهت گزینش محیطهای مناسب با قدرت بالا در تفکیک ژنوتیپ‌ها، محیطها بایستی دارای مقادیر IPCA1 بالا و IPCA2 پائین باشند. بر اساس این دو پارامتر، یان و همکاران (۲۴) در گندم و یان و راجکان (۲۳) در سویا، ژنوتیپ‌های پایدار به محیطها و نیز محیطهای با قدرت تفکیک ژنوتیپی بالا را از سایر محیطها شناسایی نمودند. بر اساس IPCA1 محیطهای E7 و E2 با پتانسیل عملکرد بالا دارای بیشترین پایداری و کمترین نقش را در اثر متقابل دارا بودند. محیطهای E8 و E4 با بیشترین IPCA1 بیشترین نقش را در ایجاد اثر متقابل ژنوتیپ و محیط داشتند. کمترین IPCA2 محیطی مربوط به محیط E7 و بیشترین آن به محیطهای E10 و E3 تعلق داشت.

بر اساس آماره پایداری محیطی امی (ASV_j) محیط های E7 و E1 دارای بیشترین پایداری و کمترین نقش در پدیده اثر متقابل بودند در صورتی که محیط E8 با کمترین پتانسیل عملکرد و E4 با پتانسیل عملکرد پائین، بیشترین ناپایداری را داشتند. بر اساس پارامتر اکو والانس ریک (۲۲)، محیط های E6 با ۲۹/۳۸ درصد و محیط E4 با ۲۰/۲۳ درصد بیشترین نقش و E5، E1 و E7 به ترتیب با ۲/۷، ۳ و ۳/۳ درصد کمترین نقش را در ایجاد اثر متقابل داشتند (جدول ۵).

جدول ۵- میانگین عملکرد محیطها، ضرایب مؤلفه‌های اثر متقابل و آماره‌های امی و اکوالانس ریک و رتبه‌های محیطها بر اساس پارامترهای ذرت

Table 5. Mean yield of environments, interaction component coefficients, AMMI and wrick ecovalence statistics and environment ranks according to corn parameters

محیطها	Mean yield (t/ha)	Rank	IPCA1	Rank	IPCA2	Rank	IPCA3	Rank	ASV_j	Rank	W^2_j	Rank	$\%W^2_j$
۱	۷۰/۲۵	۷	-۰/۳۴	۴	۰/۲۵	۲	۰/۰۸	۲	۰/۶۳	۲	۶۹/۹	۲	۳/۰۱
۲	۸۸/۳۷	۱	۰/۱۵	۲	۱/۶۲	۸	-۱/۲۲	۵	۱/۶۴	۵	۱۹۹/۹	۶	۸/۵۹
۳	۵۲/۴۸	۹	-۰/۷۰	۷	-۱/۵۷	۷	-۱/۴۸	۹	۱/۹۷	۷	۲۹۵/۴	۸	۱۲/۷
۴	۵۶/۵۴	۸	۲/۵۲	۹	۱/۹۵	۹	۱/۴۳	۷	۴/۷۳	۹	۴۷۰/۷	۹	۲۰/۲۳
۵	۷۷/۹۹	۳	۰/۵۵	۶	۰/۷۰	۳	-۰/۶۶	۳	۱/۱۷	۳	۶۲/۷۷	۱	۲/۷
۶	۸۲/۴۶	۲	۰/۲۲	۳	۱/۵۰	۵	۱/۴۴	۸	۱/۵۴	۴	۶۸۳/۴	۱۰	۲۹/۳۸
۷	۷۵/۹۰	۴	۰/۱۴	۱	۰/۰۶	۱	-۲/۰۱	۱۰	۰/۲۵	۱	۷۹/۲	۳	۳/۳
۸	۴۵/۵۹	۱۰	-۳/۷۶	۱۰	۱/۲۴	۴	۱/۲	۴	۶/۵۴	۱۰	۱۶۴/۲	۵	۷/۰۶
۹	۷۰/۴۲	۶	۰/۳۷	۵	-۱/۵۵	۶	۱/۲۷	۶	۱/۶۷	۶	۸۱/۳	۴	۳/۴۹
۱۰	۷۱/۴۴	۵	۰/۸۴	۸	-۱/۹۸	۱۰	-۰/۰۶	۱	۲/۴۵	۸	۲۱۹/۵	۷	۹/۴۴

IPCA1، IPCA2 و IPCA3: اولین، دومین و سومین مؤلفه اثرات ژنوتیپی، ASVj: آماره پایداری امی برای ژنوتیپ، W^2i: اکوالانس ریک برای ژنوتیپ‌ها، $W^2i\%$: درصد سهم هر ژنوتیپ در اثر متقابل

توصیه ژنوتیپ‌ها برای محیطها

تفاوت در رتبه ژنوتیپ‌ها در محیطها نشان‌دهنده اثر متقابل ژنوتیپ و محیط می باشد، به طوریکه این اثر متقابل با معنی دار شدن آن از لحاظ اماری در سطح احتمال یک درصد قابل توجه می‌باشد (جدول ۲). در جدول ۶، چهار ژنوتیپ توصیه شده بر اساس مدل امی برای هر محیط نشان داده شده است. هیبرید ۵ در هر ۱۰ محیط جزء چهار ژنوتیپ برتر بود و در ۴ محیط یه عنوان هیبرید عالی (بهترین هیبرید) ظاهر شد (جدول ۶). هیبرید ۸ در ۹ محیط از ۱۰ محیط جزء چهار ژنوتیپ برتر بود و در دو محیط هیبرید عالی بود. هیبرید ۱ در یک محیط هیبرید عالی و در هر ۱۰ محیط جزء چهار ژنوتیپ برتر بود.

بر اساس نتایج حاصل ژنوتیپ‌های ۵، ۸ و ۱ بیشترین سازگاری را به شرایط کرج در هر دو سال زراعی داشتند (جدول ۶). در شرایط نیشابور هیبریدهای ۵، ۲ و ۸ در هر دو سال جزء چهار زنوتیپ برتر توصیه شده بودند. برای گرگان هیبریدهای ۱ و ۵ در هر دو سال زراعی بهترین هیبریدها با سازگاری ویزه بودند. هیبریدهای ۸، ۵ و ۱ بیشترین سازگاری خصوصی را به شرایط بروجرد در هر دو سال زراعی داشتند. هر چهار هیبرید ۵، ۸، ۲ و ۱ در هر دو سال در اصفهان جزء ژنوتیپ‌های توصیه شده بر اساس مدل امی می‌باشند و این هیبریدها قابلیت سازگاری بالا با این منطقه را داشتند.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-07-17]

بر اساس نتایج این آزمایش در مجموع مناطق و سال‌ها، هیبرید ۵ جزء برترین هیبریدها بود و بنابراین قدرت سازگاری عمومی بالایی به محیط‌های مورد مطالعه داشت.

جدول ۶- گروه‌بندی محیط‌ها بر اساس چهار ژنوتیپ توصیه شده مدل امی

Table 6. Grouping of the environments based on the four genotypes recommended by AMMI model

محیط	فصل زراعی	مکان	میانگین عملکرد (t/ha)	First four Ammi genotype recommended per environment							
				1st	عملکرد علوفه تر (t/ha)	2nd	fy	3rd	fy	4th	fy
۴	۱۳۸۴	بروجرد	۵۶/۵۴	۸	۴۵/۵۹	۲	۸۸/۳۷	۵	۷۷/۹۹	۷	۷۵/۹۰
۱۰	۱۳۸۵	اصفهان	۷۱/۴۴	۸	۴۵/۵۹	۵	۷۷/۹۹	۱	۷۰/۲۵	۲	۸۸/۳۷
۵	۱۳۸۴	اصفهان	۷۷/۹۹	۵	۷۷/۹۹	۸	۴۵/۵۹	۲	۸۸/۳۷	۱	۷۰/۲۵
۹	۱۳۸۵	بروجرد	۷۰/۴۲	۸	۴۵/۵۹	۱	۷۰/۲۵	۵	۷۷/۹۹	۳	۵۲/۴۸
۶	۱۳۸۵	کرج	۸۲/۴۶	۳	۵۲/۴۸	۸	۴۵/۵۹	۱	۷۰/۲۵	۵	۷۷/۹۹
۲	۱۳۸۴	نیشابور	۸۸/۳۷	۵	۷۷/۹۹	۲	۸۸/۳۷	۸	۴۵/۵۹	۱	۷۰/۲۵
۷	۱۳۸۵	نیشابور	۷۵/۹۰	۵	۷۷/۹۹	۱	۷۰/۲۵	۸	۴۵/۵۹	۲	۸۸/۳۷
۱	۱۳۸۴	کرج	۷۰/۲۵	۵	۷۷/۹۹	۲	۸۸/۳۷	۱	۷۰/۲۵	۸	۴۵/۵۹
۳	۱۳۸۴	کرگان	۵۲/۴۸	۱	۷۰/۲۵	۵	۷۷/۹۹	۸	۴۵/۵۹	۴	۵۶/۵۴
۸	۱۳۸۵	کرگان	۴۵/۵۹	۶	۸۲/۴۶	۲	۸۸/۳۷	۱	۷۰/۲۵	۵	۷۷/۹۹
میانگین			۶۹/۱۴		۶۵/۳۹		۷۴/۱۱		۶۶/۲۱		۷۰/۳۷

1st ، 2nd ، 3rd و 4th: به ترتیب اولین، دومین، سومین و چهارمین ژنوتیپ انتخاب شده توسط مدل امی می باشد. fy، عملکرد علوفه تر

منابع

1. Ahmadi, J., B. Vaezi and A. Pour-Aboughadareh, 2016. Evaluation of forage yield stability of advanced lines of grass pea (*Lathyrus sativa* L.) by parametric and non-parametric methods. Journal of Crop Breeding, 8: 149-159.
2. Albert, M.J.A. 2004. A comparison of statistical methods to describe genotype × environment interaction and yield stability in multi- location maize trials. M.Sc. Thesis. Department of Plant Sci. The University of the Free State, Bloemfontein.
3. Amir Abbas Taghizadeh, A.A., B. Sorkhilalehloo and S. Nakhjavan. 2016. Study on stability of winter barley (*Hordeum vulgare* L.) using multivariate statistical methods Journal of Crop Breeding 8: 87-95.
4. Annicchiarico, P. 1997. Joint regression vs AMMI analysis of genotype-environment interactions for cereals in Italy. Euphytica, 94: 53-62.
5. 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.
6. Francis, T.R. and L.W. Kannenberg. 1978. Yield stability studies in short-season maize. I. A descriptive method for grouping genotypes. Canadian Journal of Plant Science, 58: 1029-1034.
7. Gauch, H.G. and R.W. Zobel.1996. AMMI analysis of yield trials. In: Kang, M.S. and H.G. Jr. Gauch(eds), Genotype- by- environment interaction. CRC Press, Boca Raton, Florida, 85-122.
8. Grausgruber, H., M. Oberforster, M. Werteker, P. Ruckenbauer and J. Vollmann. 2000. Stability of quality traits in Australian grown winter wheat. Field Crops Resarch, 66: 257-267.
9. Iski, K. and J. Kleinschmit. 2005. Similarities and effectiveness of test environments in selecting and deploying desirable genotypes. Theoretical and Applied Genetics, 110: 311-322.
10. Kang, M.S., D.P. Gorman and H.N. Pham.1991. Application of a stability statistic to international maize yield trials. Theoretical and Applied Genetics, 81: 162-165.
11. Liang, C.H.L. and E.G. Walter. 1966. Estimation of Variety × environment interaction in yield test of three small grains and their significance of the breeding programs. Crop Science, 6: 135-139.
12. Mohammadi, R., S.S. Pourdad and A. Amri. 2008. Grain yield stability of spring safflower (*Carthamus tinctorius* L.). Australian Journal of Agricultural Research, 59: 546-553.
13. Perkins, J.M. and J.L. Jinks.1968. Environmental and genotype-environmental components of variability. III. Multiple lines and crosses. Heredity, 23: 339-356.
14. Purchase, J. 1997. Parametric analysis to describe Genotype × environment interaction and yield stability in winter wheat. Ph.D thesis.University of the Free State, South Africa.
15. Purchase, J.L., H. Hatting and C.S. Van Deventer. 2000. Genotype × environment interaction of winter wheat in South Africa: II. Stability analysis of yield performance. South Africa Journal of Plant and Soil, 17: 101-107.
16. Richard, M.J., R.W. Zobel and H.G. Gauch. 1988. Statistical analysis of a yield trial. Agronomy Journal, 80: 388-393.
17. Roemer, T. 1917. Estimate of genotype value: A personal method. Euphytica. 22: 121-123.
18. Roy, D. 2000. Plant breeding analysis and exploitation of variation. Alpha Science International Ltd., U.K.
19. Schoeman, L.J. 2003. Genotype × environment interaction in sunflower (*Helianthus annuus*) in South Africa. M.Sc. Thesis, Department of Agronomy, University of the Free State, Bloemfontein.
20. Shukla, G.K. 1972. Some statistical aspects of partitioning genotype- environmental components of variability. Heredity, 29: 237-245.
21. Suadric, A., D. Simic and M. Vratric. 2006. Characterization of genotype by environment interactions in soybean breeding programs of South-East Europe. Plant Breeding, 125: 125-191.
22. Wricke, G. 1962. Uber eine method zur refassung der okologischen streubretite in feldversuchen. Flazenzuecht, 47: 92-96.
23. Yan, W. and I. Rajcan. 2002. Biplot analysis of test sites and trait relations of soybean in Ontario. Crop Science, 42: 11-20.
24. 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.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-07-17]

Analysis of Stability and Adoptability of Forage Yield among Silage Corn Hybrids

Mahmud Basafa[1] and Majid Taheriyan[2]

1- Instructor, Horticulture Crop Research Department, Khorasan Razavi Agricultural and Natural Resources Resaerch and Education Center, AREEO, Mashhad, Iran (Corresponding author: nbasafa@ymail.com)
2- Instructor, Horticulture Crop Research Department, Khorasan Razavi Agricultural and Natural Resources Resaerch and Education Center, AREEO, Mashhad, Iran
Received: April 15, 2015 Accepted: July 14, 2015

Abstract

The objectives of this study were to analyze genotype by environment (GE) interactions effects on the forage yield of 8 corn hybrids by computing AMMI analysis and evaluating genotype (G), environments (E) and GE interactions using stability parameter i.e., AMMI stability value(ASV) and Wrick,s ecovalance (W^2i). Experiments were conducted at five regions (karaj, Neysahbur, Gorgan, Brojerd and Isfahan Research Station), during 2005-2006 crop season. The result's of AMMI analysis for forage yield indicated that the Genotype (G) main effects, environment (E) and GE interactions as well as three first interaction principal components (IPCA1-3) were significant. AMMI biplot was able to distinguish stable genotypes and environments with high discrimination ability from low one's. AMMI ANNOVA selected different hybrids for each regions: No. 5, 8 and 1 for Karaj , 5, 2 and 8 for Neyshabur, 1 and 5 for Gorgan, 8, 5and 1 for Brojerd and finally hybrids No. 5, 8 and 2 for Isfahan. According to the AMMI analysis and the parameters investigated, genotype 5, with forage yield higher than grand mean, was the most stable hybrid and with high adaptation to the environment was studied, meanwhile Hybrids No. 7 and 8 had the greatest influence on the interaction but were the unstable genotypes tested in all years and areas.

Keywords: AMMI analysis, Biplot, Forage corn, Genotype-Environment Interaction, Stability

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-07-17]