مجله به‌نژادی نهال و بذر
جلد ۱-۲۹، شماره ۴، سال ۱۳۹۲

مقایسه عملکرد هیبریدهای خارجی ذرت با ارقام داخلی

Comparison of Yield of Foreign Maize Hybrids with Local Cultivars

رجب چوکان[۱]، افشار استخر[۲]، حسین حدادی[۳]، محمدرضا شیری[۴]، کامران انوری[۵]، عزیز آفرینش[۶]، همایون دارخال[۷] و ثریا قاسمی[۸]

۱- استاد، موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، کرج
۲، ۳، ۴، ۵، ۶، ۷ و ۸- مربی، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی به ترتیب فارس، مازندران، اردبیل، آذربایجان غربی، صفی‌آباد (دزفول)، اصفهان و ایلام

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۱/۲۸ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۶/۲۸

چکیده

چوکان، ر.، استخر، ا.، حدادی، ح.، شیری، م. ر.، انوری، ک.، آفرینش، ع.، دارخال، ه. و قاسمی، ث. ۱۳۹۲. مقایسه عملکرد هیبریدهای خارجی ذرت با ارقام داخلی. **مجله به‌نژادی نهال و بذر ۱-۲۹:** ۷۶۰ - ۷۴۷.

بیست هیبرید خارجی ذرت متوسطرس به همراه رقم رایج داخلی KSC 704 و رقم امیدبخش KSC 705 به منظور بررسی عملکرد، سازگاری اولیه و مقایسه گروه رسیدگی به شرایط مختلف آب و هوائی ایران در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار در هشت منطقه کرج، شیراز، قراخیل قائمشهر، مغان، میاندوآب، دزفول، اصفهان و ایلام طی دو سال (۹۱-۱۳۹۰) مورد مطالعه قرار گرفتند. بر اساس نتایج به دست آمده، هیبرید شماره ۲۰ با نام 89May70 با میانگین ۱۱/۳۹۲ تن در هکتار بالاترین عملکرد دانه را تولید کرد. هیبریدهای شماره ۱۶ (DKC6589) و ۱۵ (DKC 6315) به ترتیب با ۱۱/۲۴۳ و ۱۱/۰۷۱ تن در هکتار در رده‌های بعدی قرار گرفتند و تفاوت معنی‌داری نشان ندادند. بر اساس شاخص برتری(Pi)، هیبریدهای شماره ۱۶، ۲۰ و ۱۵ به ترتیب بهترین هیبریدها شناسایی شدند. تناقضات قابل توجهی بین شاخص‌ها در شناسایی پایداری یا ناپایداری برخی هیبریدها وجود داشت. شاخص برتری (P_i) تقریباً هیبریدهای پر محصول را به عنوان هیبریدهای مناسب شناسایی کرد.

واژه‌های کلیدی: ذرت، هیبریدها، عملکرد دانه، پایداری، شاخص برتری.

نویسنده مسئول: r_choukan@yahoo.com تلفن: ۰۲۶۳۲۷۰۴۵۹۹

مقدمه

یکی از مسائل حائز اهمیت در برنامه‌های به‌نژادی، استفاده از ژرم‌پلاسم دیگر کشورها است. این ژرم‌پلاسم می‌تواند به طور مستقیم جهت کشت توسط کشاورزان مورد استفاده قرار گیرد، یا جهت تولید و استخراج لاین‌های جدید استفاده شود، یا به عنوان منبع مناسب جهت اصلاح هیبریدهای موجود به کار رود و یا به طورمستقیم نیاز داخلی رقم مناسب را تا زمان تهیه هیبرید مناسب داخلی برطرف کند. استفاده مستقیم از ژرم‌پلاسم خارجی در ذرت نیز همانند محصولات دیگر برای افزایش تولید داخلی انجام می‌شود. کشت ذرت در ایران ابتدا با بررسی هیبریدهای خارجی کشورهای مختلف و شناسائی ومعرفی تعدادی از آن‌ها آغاز شد و تمام هیبریدهای موجود در دهه ۵۰ و ۶۰ شمسی خارجی بودند. از اواخر دهه ۶۰ تعدادی هیبرید داخلی با استفاده از لاین‌های خارجی تولید شدند و از دهه ۷۰ تولید و معرفی هیبریدهای تولید داخلی شروع شد. از دیگر مسائل مهم در بررسی هیبریدها به ویژه هیبریدهای خارجی، مسئله پایداری ارقام در شرایط مختلف‌محیطی است. اثر متقابل ژنوتیپ با محیط می‌تواند باعث مشکلاتی در گزینش و انتخاب ژنوتیپ‌ها در محیط‌های مختلف مورد مطالعه شود. این امر به علت کاهش همبستگی بین فنوتیپ و ژنوتیپ است، و این مسئله مورد توجه تقریباً تمامی به‌نژادگران گیاهی است. با توجه به این مسئله ارزیابی ارقام جدید در محیط های مختلف توسط به‌نژاد گران یک ضرورت محسوب می‌شود.

اثر متقابل ژنوتیپ با محیط از مسائل مورد توجه به‌نژادگران است. این اثر از نظر آماری افزایشی نیست و دلالت بر این دارد که تفاوت عملکرد بین ارقام بستگی به محیط خواهد داشت (Yue *et al.*, 1997). بسیاری از صفات زراعی و اقتصادی مثل عملکرد دانه از صفات کمی بوده و اثر متقابل ژنوتیپ × محیط را نشان می‌دهند (Fan *et al.*, 2007).

دو استراتژی ممکن برای ایجاد ارقام با اثر متقابل ژنوتیپ × محیط پائین وجود دارد. اولین استراتژی تقسیم‌بندی یک منطقه نامتجانس به بخش‌های کوچک‌تری است که بیشتر متجانس باشند و برنامه به‌نژادی مجزا برای هر یک از این بخش‌های کوچک‌تر انجام می‌شود. این روش نمی‌تواند کاملاً اثر متقابل را از بین ببرد و در هرحال بسیار پر هزینه هست. استراتژی دوم در کاهش اثر متقابل شامل گزینش ارقام با پایداری بهتر در دامنه وسیعی از محیط‌ها است. روش‌های مختلفی از تجزیه پایداری برای بررسی واکنش اثر متقابل ژنوتیپ × محیط ارائه شده است (Plaiste and Peterson, 1959).

پایداری به دو جنبه کلی استاتیک و دینامیک (Beker, 1981) تقسیم شده است. در جنبه استاتیک تظاهر ژنوتیپ در شرایط محیطی مختلف ثابت است درحالی که در مفهوم دینامیک پایداری، تظاهر ژنوتیپ خاص با میانگین محیطی مقایسه می‌شود.

دو آماره دینامیک شامل ضریب رگرسیون (Finlay and Wilkinson, 1963) و شاخص مناسب بودن یا Desirability index (Hernandez *et al.*, 1993) است. بکر (Becker, 1981)، بسته به هدف نهایی به نژادگر و صفت مورد نظر، دو جنبه پایداری بیولوژیکی و اگرونومیکی را در نظر گرفت. همچنین این دو جنبه به ترتیب به عنوان جنبه‌های استاتیک و دینامیک نیز نامیده می‌شوند (Leon, 1985). در شرایط جنبه بیولوژیکی، یک ژنوتیپ پایدار ژنوتیپی است که فنوتیپ y_{ij} انحراف اندکی از سطح مورد انتظار صفت نشان می‌دهد. این تیپ آنالوگ جنبه هموستازی ژنتیکی است که اولین بار توسط لرنر (Lerner, 1954) معرفی شد. از نقطه نظر سطح تظاهر ثابت در محیط‌های مختلف، این جنبه همچنین جنبه استاتیک پایداری است.

جنبه بیولوژیکی که برای صفاتی مثل عملکرد دانه به کار می‌رود به معنی این است که یک ژنوتیپ پایدار تظاهر خوبی در شرایط محیط‌های متنوع دارد اما به خوبی محیط‌های مناسب نیست. با این حال، با افزایش نهاده‌ها، بهبود تکنولوژی و غیره به‌نژادگر ژنوتیپی را ترجیح می‌دهد که تظاهر آن در محیط خاص در سطح مورد انتظار باشد. به عبارت دیگر به‌نژادگر علاقمند به رقمی است که اثرمتقابل ژنوتیپ × محیط نشان ندهد. این جنبه که واکنش قابل پیش‌بینی را در هر محیط فراهم کرده و انحرافی در مقدار پیش‌بینی شده ندارد، به عنوان جنبه اگرونومیکی یا دینامیکی پایداری شناخته می‌شود.

واژه‌های پایداری فنوتیپی، پایداری عملکرد و سازگاری اغلب در مفاهیم کاملاً متفاوتی استفاده می‌شوند. جنبه‌ها و تعاریف مختلف پایداری در طی سال‌ها توسط محققان مختلف ارائه و شرح داده شده است (Becker and Leon, 1988؛ Lin *et al.*, 1986). لین و همکاران (Lin *et al.*, 1986) سه جنبه پایداری را به شرح زیر داده‌اند:

تیپ ۱: یک ژنوتیپ زمانی پایدار شناخته می‌شود که واریانس بین محیط‌ها کوچک باشد. بکر و لئون (۱۹۸۸) این نوع پایداری را استاتیک یا بیولوژیکی نامیدند. یک ژنوتیپ پایدار تظاهر خود را علی‌رغم هرگونه تغییرات شرایط محیطی بدون تغییر حفظ می‌کند. این جنبه پایداری در صفات کیفی، مقاومت به بیماری‌ها یا صفات تنش مثلاً Winter hardiness مفید هستند. پارامترهای مورد استفاده در این نوع پایداری شامل ضریب تغییرات یا CV (Francis and Kannenburg, 1978) و واریانس پایداری (S^2_i) هستند.

تیپ۲: یک ژنوتیپ زمانی پایدار تلقی می‌شود که واکنش آن به محیط‌ها موازی با میانگین واکنش تمام ژنوتیپ‌های مورد آزمایش برای صفت موردنظر باشد. این نوع پایداری را جنبه دینامیک یا اگرونومیکی نام نهاده‌اند (Becker and Leon, 1988). یک ژنوتیپ

پایدار هیچ‌گونه انحرافی از واکنش عمومی به محیط‌ها ندارد و بنابراین امکان برآورد واکنش به محیط‌ها را فراهم می‌کند. ضریب رگرسیون یا b_i (Finlay and Wilkinson, 1963) و واریانس پایداری σ^2_i (Shukla, 1972) می‌توانند در این تیپ پایداری قرار گیرند.

تیپ۳: یک ژنوتیپ زمانی پایدار تلقی می‌شود که میانگین مربعات انحراف از مدل رگرسیونی آن روی شاخص‌های محیطی کوچک باشد. شاخص‌های محیطی تفاوت میانگین عملکرد تمام ژنوتیپ‌ها در هر منطقه از میانگین کل ژنوتیپ‌ها در کلیه مناطق است. همچنین تیپ ۳ پایداری بخشی از جنبه پایداری دینامیک یا اگرونومیکی است (Becker and Leon, 1988). تیپ ۳ شامل روش‌های ابرهات و راسل (Eberhart and Russell, 1966) و پرکینز و جینکز (Perkins and Jinks, 1968) است.

بکر و لئون (۱۹۸۸) تمام روش‌های پایداری مبتنی بر کمی کردن اثر ژنوتیپ × محیط را متعلق به جنبه دینامیک می‌دانند. این تعریف شامل اکووالانس (Wricke, 1962) و واریانس پایداری (Shukla, 1972) و روش‌های با استفاده از رگرسیون مثل روش‌های پیشنهادی فینلی و ویلکینسون (Finlay and Wilkinson, 1963)، ابرهات و راسل(Eberhart and Russell, 1966) و پرکینز و جینکز (Perkins and Jinks, 1968) و همچنین تجزیه‌های پایداری غیرپارامتریک است. مدل‌های پارامتریک مبتنی بر تجزیه رگرسیون خطی ساده از رایج‌ترین روش‌های مورد استفاده در شناسایی ارقام برتر است و شامل روش پیشنهادی ابرهارت و راسل (۱۹۶۶) است که واریانس انحرافات از رگرسیون (S^2_{di}) را به عنوان مقیاس پایداری ژنوتیپ و ضریب رگرسیون را به عنوان مقیاس سازگاری تفسیر می‌کند. اگر چه این روش به طور وسیعی استفاده می‌شود ولی عامل محدودکننده آن استفاده از میانگین تمام ژنوتیپ‌ها به عنوان شاخص محیطی و به عنوان متغیر مستقل است که در واقع نمی‌توانند مستقل باشند، به ویژه زمانی که تعداد ژنوتیپ‌ها کمتر از پانزده باشد (Becker and Leon, 1988؛ Crossa, 1990). علاوه بر این، تغییرات برآوردهای ضریب رگرسیون معمولاً به قدری پائین است که گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها برای پایداری و سازگاری را مشکل می‌کند (Farias *et al*., 1995). یو و همکاران (Yue *et al*., 1997) به ضرورت فرضیات نرمال بودن، یکنواختی واریانس و افزایشی بودن یا اثر خطی ژنوتیپ‌ها به عنوان عامل محدودکننده دیگر مدل‌های پارامتری اشاره کرده‌اند.

شاخص برتری Superiority index یا P_i یعنی میانگین مربعات فاصله بین واکنش ژنوتیپ و حداکثر واکنش در محیط‌ها توسط لین و بینز (Lin and Binns, 1988) معرفی شد. روش لین و بینز (۱۹۸۸) اگر چه بندرت در منابع مورد استفاده قرار می‌گیرد، ولی جایگزین بسیار

مناسبی برای بررسی اثرمتقابل ژنوتیپ و محیط است. این روش محدودیت‌های روش رگرسیون را ندارد (Scapim *et al.*, 2000). این روش معیار منفرد P_i را با تلفیق قابلیت تولید و پایدار برای مشخصه ژنوتیپ در نظر می‌گیرد و ژنوتیپ پایدار را به عنوان ژنوتیپی با تظاهر نزدیک به حداکثر در محیط‌های مختلف تعریف می‌کند (Helgadottir and Kristjansdottir, 1991؛ Lin and Binns, 1988). این تعریف برتری، بسیار شبیه به هدف به‌نژادگران است زیرا رقم برتر بایستی پرمحصول‌ترین رقم در بیشترین تعداد ممکنه از محیط‌ها باشد (Farias *et al.*, 1995, 1997).

برآوردهای پایداری از مدل‌های غیرپارامتریک مبتنی بر گروه‌بندی نسبی ارقام در یک گروه خاصی از محیط‌ها، هیچ‌گونه فرضیات اولیه لازم نداشته و می‌توانند جایگزینی برای روش‌های پارامتریک باشد (Huhn and Nassar, 1989؛ Nassar and Huhn, 1987).

هوهن (Huehn, 1990a) مقیاس‌های پایداری غیرپارامتری $S^{(1)}_i$, $S^{(2)}_i$, $S^{(3)}_i$ را بر اساس گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها در هر محیط پیشنهاد داد و رقم پایدار را به عنوان رقمی که موقعیت آن در ارتباط با سایر ارقام، در سری محیط‌های مورد بررسی بدون تغییر باقی بماند توصیف کرد.

در هر حال روش رگرسیونی محدودیت‌هایی از نقطه نظر بیولوژیکی و آماری دارد. مهم‌ترین مشکل بیولوژیکی زمانی است که فقط تعداد محدودی محیط حاصلخیز و ضعیف مورد مطالعه قرار می‌گیرد (Crossa, 1990) و مشکل آماری همان استفاده از میانگین کل ژنوتیپ‌ها به عنوان شاخص محیطی است (Freeman and Perkins, 1971). محدودیت آماری دیگر آن مستقل نبودن خطاها با ضرایب رگرسیون ژنوتیپ‌ها است. این مسئله از فرضیات رابطه رگرسیونی است (Crossa, 1990). فینلی و ویلکینسون (۱۹۶۳) در معرفی ضریب رگرسیون نتیجه‌گیری کردند که پایداری توسط ضریب رگرسیون و سازگاری توسط میانگین نسبی عملکرد یک ژنوتیپ تعریف می‌شود. در خصوص استفاده از ضریب رگرسیون و انحراف از رگرسیون توافق کافی در تعریف پایداری وجود ندارد. فینلی و ویلکینسون (۱۹۶۳) ضریب رگرسیون را به عنوان بهترین مقیاس سازگاری می‌دانند.

ایجاد ارقام هیبرید ذرت که دارای عملکرد بالا بوده و در محیط‌های مختلف نسبتاً پایدار باشند، دارای اهمیت اساسی در تولید تجارتی ذرت است (Gama and Hallauer, 1980). از طرف دیگر، اسکات (Scott, 1967) شرح داد که پایداری عملکرد در ذرت تحت کنترل ژنتیکی بوده و مناسب برای گزینش است. تلاش‌های زیادی برای تجزیه اثرمتقابل ژنوتیپ× محیط برای ارقام ثبت شده ذرت هیبرید در شرایط محیط‌های

مختلف انجام شده است. سیگنور و همکاران (Signor et al., 2001) اثر متقابل ژنوتیپ × محیط را برای عملکرد دانه ۱۳۲ هیبرید زودرس ذرت در ۲۲۹ محیط طی ۱۲ سال مورد بررسی قرار دادند. این محققان اعلام کردند که زود گلدهی در هیبریدها، موازنه آب در حدود گلدهی و میانگین درجه حرارت از مرحله ۱۲ برگی تا انتهای دوره پر شدن دانه از عوامل تعیین کننده اثر متقابل ژنوتیپ × محیط برای عملکرد دانه در منطقه مورد نظر هستند.

این بررسی با هدف شناسائی هیبریدهای خارجی مناسب جهت استفاده مستقیم در تولید داخلی ذرت دانه‌ای و یااستفاده غیر مستقیم از هیبریدهای سازگار به شرایط داخلی جهت افزایش تنوع ژنتیکی ژرم‌پلاسم موجود ذرت دربرنامه به‌نژادی کشور اجراء شد.

مواد و روش‌ها

بیست هیبرید خارجی به همراه یک رقم رایج داخلی (KSC 704) و یک رقم امیدبخش (KSC 705) به منظور بررسی عملکرد و سازگاری به شرایط مختلف آب و هوائی ایران در قالب طرح آماری بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار در هشت منطقه کرج (کشت بهاره)، شیراز (کشت بهاره تأخیری)، قراخیل قائمشهر (کشت بهاره)، مغان (کشت بهاره)، میاندوآب (کشت بهاره)، دزفول (کشت تابستانه)، اصفهان (کشت بهاره تأخیری) و ایلام (کشت تابستانه) طی دو سال (۹۱-۱۳۹۰) مورد مطالعه قرار گرفتند.

هر هیبرید در هر کرت شامل چهار ردیف کاشت بودکه برداشت بر اساس دو ردیف وسط هر کرت انجام شد. به طور کلی هر ردیف کاشت شامل ۱۶ کپه به فاصله ۳۵ سانتی‌متر بود که با احتساب ۷۵ سانتی‌متر فاصله خطوط کاشت و احتساب دو بوته در هر کپه، تراکم کشت حدود ۷۶۰۰۰ بوته در هکتار بود. در زمان برداشت، نسبت به تعیین درصد چوب بلال و درصد رطوبت دانه اقدام و نهایتاً محاسبات آماری براساس ۱۴٪ رطوبت دانه انجام شد. در هر منطقه تجزیه واریانس دو ساله و مقایسه میانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵٪ انجام شد. تجزیه مرکب و تجزیه پایداری برای کلیه مناطق و سال‌ها نیز جهت تعیین هیبریدهای مناسب از نظر عملکرد و پایداری انجام شد. شاخص‌های ضریب رگرسیون (bi) و انحراف از رگرسیون (S^2_d) (Eberhart and Russell, 1966)، اکووالانس (Wi) (Wricke, 1962)، واریانس پایداری (σ_i^2) (Shukla, 1972)، شاخص برتری (Pi) (Lin and Binns, 1988)، فاکتور پایداری (SF) (Lewis, 1954) و ضریب تبیین (R^2) (Pinthus, 1973) برحسب وضعیت داده‌های به دست آمده از نظر برازش با هر یک از روش‌های فوق و نهایتاً تلفیقی از این در محاسبات پایداری به کار گرفته شد. براساس این معیارها

هیبرید یا هیبریدهای پایدار شناسائی شدند.

نتایج و بحث

شماره و نام هیبریدهای ذرت استفاده شده در این بررسی در جدول ۱ نشان داده شده است. تجزیه واریانس مرکب داده‌ها نشان داد که اثر منطقه در سطح احتمال ۵٪ و اثر متقابل سال × منطقه در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود.

جدول ۱- هیبریدهای ذرت مورد بررسی در سال‌های ۹۱-۱۳۹۰
Table 1. Maize hybrids evaluated during 2011-12

شماره هیبرید Hybrid No.	نام هیبرید Hybrid name
1	KERMESS
2	KUADRO
3	KENDRAS
4	KALIMERAS
5	KORIMBOS
6	KXA8492(KREBS)
7	BC532
8	BC566
9	BC582
10	BC612
11	BC712
12	BCVIANA
13	BCporto
14	DKC6120
15	DKC6315
16	DKC6589
17	DKC6677
18	DKC6876
19	HIDO
20	89May70
21	KSC705
22	KSC704

این مسئله علاوه بر تفاوت بین مناطق مختلف، تفاوت شرایط محیطی مناطق را در دو سال مورد بررسی نشان داد. اثر هیبرید و اثر متقابل سه جانبه هیبرید × منطقه × سال نیز در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود که تفاوت قابل توجهی بین هیبریدها را از نظر میانگین عملکرد نشان می‌دهد. معنی‌دار بودن اثر متقابل سه جانبه ضرورت انجام تجزیه پایداری را برای شناسایی هیبریدهای مطلوب نشان داد.

بررسی عملکرد دانه هیبریدهای مورد مطالعه نشان داد که هیبرید شماره ۲۰ با نام 89May70 با میانگین ۱۱/۳۹۲ تن در هکتار بالاترین عملکرد دانه را تولید کرده بود. هیبریدهای شماره ۱۶ (DKC6589) و ۱۵ (DKC 6315) به

ترتیب با ۱۱/۲۴۳ و ۱۱/۰۷۱ تن در هکتار در رده های بعدی قرار گرفتند ولی تفاوت معنی‌داری نشان ندادند. هیبریدهای شماره ۸ (BS66)، ۲۲ (KSC 704) و ۱۲ (BCVIANA) به ترتیب با ۷/۸۲۳، ۸/۸۸۳ و ۹/۰۱۳ تن در هکتار، کمترین میانگین عملکرد دانه را داشتند (جدول ۲).

بررسی روند تغییرات میانگین دو ساله عملکرد دانه هر یک از هیبریدها نشان داد که هیچ یک از هیبریدها روند ثابت یا مشخصی را در مناطق مختلف نشان ندادند که این اثر متقابل شدید ژنوتیپ × محیط را نشان می‌دهد. کانگ وگورمن (Kang and Gorman, 1989) در بررسی هفده هیبرید ذرت اعلام کردند که هیبریدهای مورد بررسی آن‌ها بیشتر تحت تأثیر تفاوت حاصلخیزی یا عملیات زراعی در مقایسه با عوامل آب و هوایی بودند. گیافرت و همکاران (Giauffret *et al*., 2000) عدم پایداری عملکرد را در اثر متقابل ژنوتیپ در محیط برای صفات رویشی و گلدهی هیبریدهای ذرت نشان دادند و واکنش این صفات را به درجه حرارت و فتوپریود تعیین کردند. در این بررسی فقط هیبرید شماره ۲۰ و تا حدودی هیبرید شماره ۱۵ روند نسبتاً قابل قبولی را در مناطق مختلف دارا بودند. هیبرید شماره ۲۰ در مناطق شیراز، قراخیل و مغان بالاترین عملکرد دانه و در مناطق کرج، دزفول و ایلام سومین عملکرد را به خود اختصاص داد. هیبرید شماره ۱۵ نیز در مناطق دزفول و اصفهان بالاترین و در مناطق کرج دومین و قراخیل سومین عملکرد دانه را به خود اختصاص داد. هیبرید شماره ۱۶ نیز علی‌رغم این که در هیچ یک از مناطق بالاترین عملکرد را نداشت ولی عملکرد نسبتاً بالایی را داشت به طوری که در مناطق قراخیل، مغان و دزفول دومین و در منطقه میاندوآب سومین پتانسیل تولید را نشان داد. سیگنور و همکاران (Signor *et al*., 2001) در بررسی عملکرد دانه ۱۳۲ هیبرید در ۲۲۹ محیط طی دوازده سال اعلام کردند که زودگلدهی، موازنه آب در مراحل گلدهی و میانگین درجه حرارت از حدود دوازده برگی تا انتهای دورهٔ پر شدن دانه از عوامل تعیین کننده اثر متقابل ژنوتیپ × محیط برای عملکرد دانه در منطقه مورد نظر هستند.

بررسی پایداری عملکرد دانه هیبریدهای مورد بررسی نشان داد که بر اساس شاخص ضریب تغییرات، هیبریدهای شماره ۸ و ۱۸ از پایدارترین هیبریدها بودند. بر اساس همین شاخص هیبرید شماره ۲۲ از ناپایدارترین هیبریدها بود. هیبریدهای شماره ۲۰ و ۱۵ پایداری متوسطی را نشان دادند.

بر اساس شاخص‌های اکووالانس (Wricke, 1962)، واریانس پایداری (Shukla, 1972)، انحرافات از رگرسیون (Eberharet and Russell, 1966) و ضریب تبیین (Pinthus, 1973) هیبریدهای شماره ۱۹ و ۱۰ از پایدارترین هیبریدها بودند. بر اساس این شاخص‌ها هیبرید شماره ۲۲ ناپایدارترین

جدول۲- میانگین دو ساله عملکرد دانه(تن در هکتار) هیبریدهای ذرت در مناطق مختلف

Table 2. Maize hybrids grain yield(tha^{-1}) averaged over two years in different locations

شماره هیبرید Hybrid No.	کرج Karaj	شیراز Shiraz	قراخیل Gharakhil	مغان Moghan	میاندوآب Miandoab	دزفول Dezful	اصفهان Isfahan	ایلام Ilam	میانگین Mean
1	11.252a-e	12.070b-e	8.083cde	10.320a-e	19.405a	8.123a-f	10.067a-d	4.976b-g	10.537cd
2	10.930a-f	11.457def	8.353b-e	10.726a-e	19.009a	8.284a-e	10.903a	3.790f-g	10.431cd
3	10.479b-g	13.207a-d	8.092cde	9.419a-e	17.030ab	8.533a-d	10.166a-d	3.536g	10.058def
4	9.504fg	11.295def	9.246a-d	10.998abc	17.853ab	7.690a-g	8.734c-g	5.403b-e	10.090def
5	9.950c-g	14.142ab	8.281cde	10.375a-e	15.765ab	8.723abc	10.006a-e	3.888efg	10.141de
6	10.005b-g	13.909abc	7.495de	8.572b-e	15.181ab	6.398fgi	10.695ab	3.950d-g	9.526gh
7	9.801d-g	13.123a-d	7.738cde	8.171cde	14.615ab	6.681d-i	9.113b-g	4.265c-g	9.188hi
8	7.230h	10.862ef	6.240e	8.134de	11.986b	5.646hi	7.568g	4.914c-g	7.823j
9	8.717gh	13.292a-d	7.907cde	8.789b-e	16.122ab	7.088c-h	10.001a-e	6.514ab	9.804efg
10	9.461efg	12.439a-e	9.141a-d	10.099a-e	16.393ab	7.440b-h	8.570d-g	5.371b-e	9.864efg
11	9.495efg	11.813cde	8.933a-d	8.707b-e	17.041ab	7.047c-h	8.314fg	5.492a-d	9.605fgh
12	9.026fgh	13.162a-d	7.884cde	7.956e	13.159ab	6.304f-i	9.116b-g	5.515a-d	9.013i
13	8.972fgh	12.453a-e	9.219a-d	9.263a-e	14.598ab	7.645a-g	9.978a-e	4.753c-g	9.610fgh
14	11.279a-e	13.813abc	9.366a-d	10.430a-e	14.892ab	8.396a-d	10.963a	4.585c-g	10.465cd
15	12.191ab	13.155a-d	10.514ab	11.341ab	15.953ab	9.341a	11.334a	4.736c-g	11.071ab
16	11.754a-d	12.825a-e	10.874a	11.732a	18.160ab	9.224ab	10.283abc	5.092b-g	11.243ab
17	11.870a-d	12.069b-e	9.149a-d	10.928a-d	16.175ab	6.437e-i	10.375abc	5.268b-f	10.284de
18	13.057a	13.242a-d	9.757abc	10.272a-e	15.810ab	6.978c-h	10.544ab	6.952a	10.827bc
19	10.554b-g	11.770cde	9.169a-d	11.083ab	16.693ab	7.981a-g	8.346efg	5.282b-f	10.110def
20	12.076abc	14.347a	10.938a	12.071a	17.320ab	8.822abc	9.794a-f	5.768abc	11.392a
21	10.944a-f	11.476def	8.316cde	8.773b-e	17.259ab	6.153ghi	8.693c-g	4.518c-g	9.517gh
22	9.175e-h	9.578f	8.100cde	9.925a-e	16.923ab	4.983i	7.977g	4.401c-g	8.883i

میانگین‌ها با حروف مشابه در هر ستون فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ هستند (آزمون چند دامنه دانکن).

Means in each column with similar letters are not significantly different at 5% level of probability (Duncan's multiple range test).

برای نام هیبریدها به جدول ۱ مراجعه شود.

For name of hybrids see Table 1.

هیبریدها بود. بر اساس شاخص برتری یا P_i (Lin and Binns, 1988) هیبریدهای شماره ۱۶، ۲۰ و ۱۵ به ترتیب از بهترین هیبرید شناسایی شدند و هیبریدهای شماره ۲، ۱، ۱۸، ۳ و ۱۴ در در رده‌های بعدی قرار گرفتند (جدول ۳). توافق قابل قبولی بین این شاخص با سایر شاخص‌ها مشاهده نشد. اسکاپیم و همکاران (Scapim *et al*., 2000) با استفاده از بیست رقم ذرت در هشت منطقه برزیل نتیجه گرفتند که P_i هیچ رابطه‌ای با مقیاس‌های غیر پارامتری هوهن (Huehn, 1990b) ($Si^{(2)}$ و $Si^{(3)}$) و همچنین S^2_{di} ابرهارت و راسل (۱۹۶۶) ندارد. عبدولای و همکاران (Abdulai *et al*., 2007) در مطالعه اثر متقابل ژنوتیپ × محیط در هیبریدهای و ارقام آزاد گرده‌افشان ذرت اعلام کردند که وقتی فقط ضریب رگرسیون در نظر گرفته شد، هفت ژنوتیپ پایدار شناسایی شدند ولی وقتی ضریب رگرسیون و انحراف از رگرسیون (S^2_{di}) در نظر گرفته شدند فقط دو ژنوتیپ و وقتی ضریب تبیین (R^2) نیز به این دو شاخص اضافه شد، فقط یک ژنوتیپ پایدار شناخته شد (جدول ۳).

بررسی ضریب رگرسیون (Eberharet and Russell, 1966) نشان داد که ضریب رگرسیون اکثر هیبریدها معادل یک بود. هیبرید شماره ۱ با عملکرد متوسط بر اساس این ضریب بایستی واکنش نسبتاً خوبی در محیط‌های مطلوب داشته باشند. این هیبرید در محیط بسیار پر پتانسیل میاندوآب حداکثر عملکرد را در واحد سطح تولید کرد. همچنین هیبرید شماره ۸ و هیبرید شماره ۱۲ بایستی دارای تولید مناسب در محیط‌های کم پتانسیل تر و واکنش ضعیف به بهبود شرایط محیطی باشند. سایر هیبرید دارای ضرایب رگرسیون یکسانی بودند. فاریس و همکاران (Farias *et al*., 1995) اعلام کردند که تغییرات برآوردهای ضریب رگرسیون معمولاً پائین بوده و گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها برای پایداری و سازگاری را مشکل می‌کند.

براساس فاکتور پایداری یا SF، فقط هیبریدهای شماره ۲۱ و ۲۲ پایدار بودند، که با هیچ یک از آماره‌های دیگر همخوانی ندارد. بر اساس این شاخص هیبرید شماره ۵ از ناپایدارترین هیبریدها بود و هیبریدهای شماره ۱، ۱۱و ۱۹ بعد از آن قرار داشتند.

تناقضات قابل توجهی بین شاخص‌ها در شناسایی پایداری یا ناپایداری برخی هیبریدها وجود داشت. شاخص برتری (P_i) تقریباً هیبریدهای پر محصول را به عنوان هیبریدهای مناسب شناسایی کرد. این نتیجه تا حدودی با نتایج به دست آمده از ضریب تغییرات (CV) همخوانی داشت ولی در شناسایی هیبریدهای ناپایدار بعضاً تناقص دیده می‌شد، به طوری که هیبرید شماره ۸ بر اساس شاخص برتری، ناپایدارترین و بر اساس ضریب تغییرات پایدارترین هیبرید بود. از نظر ناپایدارترین هیبرید، شماره ۲۲ بین هر دو شاخص توافق

جدول ۳- شاخص های پایداری هیبریدهای ذرت از نظر عملکرد دانه

Table 3. Maize hybrids stability indices for grain yield

هیبرید Hybrid	عملکرد دانه Grain yield (tha^{-1})	ضریب تغییرات CV	اکووالانس Wi	واریانس پایداری σ_i^2	ضریب رگرسیون bi	انحراف از رگرسیون S^2_d	ضریب تبیین R^2	فاکتور پایداری SF	شاخص برتری Pi
1. KERMESS	10.537cd	44.9	33.1	2.18	1.20	1.74	92.2	4.69	1.45
2. KUADRO	10.431cd	45.1	35.0	2.32	1.13	1.90	91.4	3.89	1.42
3. KENDRAS	10.058def	41.5	16.5	1.05	1.00	1.05	94.1	3.25	1.93
4. KALIMERAS	10.090def	41.3	22.6	1.47	1.06	1.49	91.5	3.73	2.32
5. KORIMBOS	10.141de	42.3	23.7	1.54	1.04	1.53	91.5	5.562	2.17
6. KXA8492(KREBS)	9.526gh	43.9	21.2	1.37	1.05	1.39	92.0	4.19	4.00
7. BC532	9.188hi	40.7	16.8	1.07	0.94	1.07	92.4	3.08	4.83
8. BC566	7.823j	36.8	38.8	2.58	0.73	1.20	85.5	3.23	11.23
9. BC582	9.804efg	38.5	17.9	1.15	0.98	1.14	91.9	4.17	3.63
10. BC612	9.864efg	39.5	12.5	0.77	1.01	0.83	94.5	3.86	2.75
11. BC712	9.605fgh	41.5	23.2	1.51	1.00	1.54	90.2	4.57	3.50
12. BCVIANA	9.013i	37.5	31.6	2.08	0.82	1.61	85.9	3.49	6.49
13. BCporto	9.610fgh	38.9	24.9	1.62	0.89	1.56	88.8	4.23	3.76
14. DKC6120	10.465cd	38.7	18.0	1.15	0.99	1.20	92.6	4.27	1.98
15. DKC6315	11.071ab	37.1	22.3	1.45	0.98	1.48	91.2	3.51	1.00
16. DKC6589	11.243ab	39.5	20.8	1.34	1.10	1.17	94.0	4.19	0.38
17. DKC6677	10.284de	38.1	25.5	1.67	0.96	1.68	89.1	3.23	2.11
18. DKC6876	10.827bc	36.9	35.4	2.35	1.01	2.34	85.4	3.78	1.84
19. HIDO	10.110def	39.5	11.9	0.73	1.01	0.79	95.0	4.53	2.25
20. 89May70	11.392a	37.0	17.9	1.14	1.06	1.14	93.5	4.25	0.50
21. KSC705	9.517gh	44.0	37.0	2.46	1.01	2.47	86.1	2.92	3.52
22. KSC704	8.883i	49.9	77.6	5.25	0.99	5.17	73.9	2.62	5.78

وجود داشت. با این وجود یک توافق کلی در شناسایی هیبریدهای ناپایدار و کم پایدار بر اساس شاخص برتری (P_i) با شاخص‌های رگرسیونی R2، S^2_{di}، واریانس پایداری و اکووالانس ریک وجود داشت. اسکاپیم و همکاران (Scapim *et al*., 2000) اظهار داشتند که روش شاخص برتری لین و بینز (۱۹۸۸) جایگزین بسیار مناسبی برای بررسی اثر متقابل ژنوتیپ و محیط است و محدودیت‌های روش‌های مبتنی بر رگرسیون را ندارد که در این مطالعه نیز این نتایج تأیید شد. فاریس و همکاران (Farias *et al.*, 1995, 1997) تعریف این روش را بسیار شبیه به هدف به‌نژادگران می‌دانند و معتقد هستند رقم برتر بایستی پرمحصول‌ترین رقم در بیشترین تعداد ممکنه از محیط‌ها باشد.

References

Abdulai, M. S., Sallah, P. Y. K., and Safo-Kantanka, O. 2007. Maize grain yield stability analysis in full season lowland maize in Ghana. International Journal of Agricultural Biology 9(1): 41-45.

Becker, H. C. 1981. Biometrical and empirical relations between different concepts of phenotypic stability. pp. 307-314. In: Gallais, A. (ed.). Quantitative Genetics and Breeding Methods. Versailles: I.N.R.A., France.

Becker, H. C., and Léon, J. 1988. Stability analysis in plant breeding. Plant Breeding 101: 1-23.

Crossa, J. 1990. Statistical analysis of multilocation trials. Advances in Agronomy 44: 55-85.

Eberhart, S. A., and Russell, W. A. 1966. Stability parameters for comparing varieties. Crop Science 6: 36-40.

Fan, X. M., Kang, M. S., Chen, H., Zhang, Y., Tan, J., and Xu, C. 2007. Yield stability of maize hybrids evaluated in multi–environment trials in Yunnan, China. Agronomy Journal 99: 220–228.

Farias, F. J. C., Ramalho, M. A. P., Carvalho, L. P., Moreira, J. A. N., and Costa, J. N. 1995. Comparação entre métodos de avaliação de estabilidade para rendimento em cultivares de algodoeiro herbáceo. Ciênc. Prát. 19: 252-255.

Farias, F. J. C., Ramalho, M. A. P., Carvalho, L. P., Moreira, J. A. N., and Costa, J. N. 1997. Parâmetros de estabilidade propostos por Lin e Binns (1988) comparados com o método da regressão. Pesqui. Agropecu. Bras. 32: 407-414.

Finlay, K. W., and Wilkinson, G. N. 1963. The analysis of adaptation in a plant breeding programme. Australian Journal of Agricultural Research 14: 742–754

Francis, T. R., and Kannenberg, L. W. 1978. Yield stability studies in short season maize. 1. A descriptive method for grouping genotypes. Plant Science 58: 1029-1034.

Freeman, G. H., and Perkins, J. M. 1971. Environmental and genotype-environmental components of variability. VIII. Relation between genotypes grown at different environments and measures of these environments. Heredity 27: 15-23.

Gama E. G., and Hallauer, A. R. 1980. Stability of hybrids produced from selected and unselected lines of maize. Crop Science 20: 623-626.

Giauffret, C., Lothrop, J., Dorvillez, D., Gouesnard, B., and Derieux, M. 2000. Genotype × environment interaction in maize hybrids from temperature or highland tropical origin. Crop Science 40: 1004-1012.

Helgadóttir, A., and Kristjánsdóttir, T. 1991. Simple approach to the analysis of G × E interactions in a multilocational spaced plant trial with timothy. Euphytica 54: 65-73.

Hernández, C. M., Crossa, J., and Castillo, A. **1993.** The area under the function: an index for selecting desirable genotypes. Theoretical and Applied Genetics 87: 409-415.

Huehn, M. 1990a. Nonparametric measures of phenotypic stability. Part 1: Theory. Euphytica 47: 189-194.

Huehn, M. 1990b. Nonparametric measures of phenotypic stability. Part 2: Applications. Euphytica 47: 195-201.

Hühn, M., and Nassar, R. 1989. On tests of significance for nonparametric measures of phenotypic stability. Biometrics 45: 997-1000.

Kang, M. S., and Gorman, D. P. 1989. Genotype × environment interaction in maize. Agronomy Journal 81: 662-664.

Leon, J. 1985. Beitrage zur erfassung der phanotypischen stabilitat unter besonderes beruckischtigug unterschidilicher heterogenitats und heterozygotiegrade sowie einer zusammenfassenden beuiteilung von ertragshohe and ertragssicherheit. Dissertation. Christian-Albrechts-Universitat, Kiel, Deuschland.

Lerner, I. M. 1954. Genetic Homeostasis. John Wiley, New York, USA.

Lewis, D. 1954. Gene-environment interaction. A relationship between dominance heterosis, phenotypic stability and variability. Heredity 8: 338-356.

Lin, C. S., and Binns, M. R. 1988. A superiority measure of cultivar performance for cultivar × location data. Canadian Journal of Plant Science 68: 193-198.

Lin, C. S., Binns, M. R., and Lefkovitch, L. P. 1986. Stability analysis: Where do we stand? Crop Science 26: 894-900.

Nassar, R., and Hühn, M. 1987. Studies on estimation of phenotypic stability: tests of significance for nonparametric measures of phenotypic stability. Biometrics 43: 45-53.

Perkins, J. M., and Jinks, J. L. 1968. Environmental and genotype environmental components of variability. III. Multiple lines and crosses. Heredity 23: 339-356.

Pinthus, M. J. 1973. Estimate of genotypic value: A proposed method. Euphytica 22: 121-123.

Plaisted, R., L. and Peterson, L. C. 1959. A technique for evaluating the ability of selections to yield consistently in different locations or seasons. American Potato Journal 36: 381-385.

Scapim, C. A., Oliveira, V. R., Braccini, A. L., Cruz, C., Andrade, C. A. B., and Vidigal1, M. C. G. 2000. Yield stability in maize (*Zea mays* L.) and correlations among the parameters of the Eberhart and Russell, Lin and Binns and Huehn models. Genetics and Molecular Biology 23 (2): 387-393.

Scott, G. E. 1967. Selecting for stability of yield in maize. Crop Science **7**: 549-551.

Signor, C. E., Dousse, S., Lorgeou, J., Denis, J. B., Bonhomme, R., Carolo, P., and Charcosset, A. 2001. Interpretation of genotype × environment interaction for early maize hybrids over 12 years. Crop Science 41: 663-669.

Shukla, G. K. 1972. Some statistical aspects of partitioning genotype environmental components of variability. Heredity 29: 237-245.

Wricke, G. 1962. Uber eine Methode zur erfassung der ololog‌ischen sterubreite in feldversuchen. Pflanzuecht 47: 92-96.

Yue, G. L., Roozeboom, K. L., Schapaugh, J. R. W. T. Jr., and Liang, G. H. 1997. Evaluation of soybean cultivars using parametric and nonparametric stability estimates. Plant Breeing 116: 271-275.