نشریه زراعت شماره ۱۰۷، تابستان ۱۳۹۴

(پژوهش و سازندگی)

تجزیه پایداری عملکرد علوفه در لاین‌های سورگوم

- محمود باصفا، عضو هیت علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی (نویسنده مسئول)
- مجید طاهریان، عضو هیت علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی
- سید علیرضا بهشتی، دانشیار پژوهش مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی

تاریخ دریافت: فروردین ماه ۱۳۹۱ تاریخ پذیرش: بهمن ماه ۱۳۹۲

تلفن تماس نویسنده مسئول:۰۹۱۵۳۵۱۰۳۹۳

پست الکترونیک نویسنده مسئول:nbasafa@ymail.com

چکیده

هدف از این تحقیق تجزیه اثرات متقابل ژنوتیپ و محیط بر روی عملکرد علوفه تر ۱۵ لاین سورگوم علوفه‌ای با استفاده از تجزیه مدل اثرات اصلی افزایشی و ضرب پذیر امی(AMMI) و نیز ارزیابی ژنوتیپ‌ها، محیط‌ها و اثرات متقابل آنها با استفاده از آماره‌های پایداری و اکووالانس ریک بود. آزمایشات در دو ایستگاه تحقیقات کشاورزی نیشابور وطرق مشهد طی سال‌های ۸۸-۱۳۸۶ به مدت سه سال زراعی اجراء شدند. نتایج حاصل از تجزیه امی بر روی عملکرد علوفه تازه نشان داد که اثرات اصلی ژنوتیپ، محیط، اثرات متقابل آنها و دو مؤلفه اول اثر متقابل معنی‌دار بودند. نمودار بای پلات امی قادر به تفکیک ژنوتیپ‌های پایدار و محیط های با قدرت تفکیک بالا از محیط‌های ضعیف بود. در محیط های مورد بررسی بر اساس نتایج تجزیه امی و پارامتر های پایداری مورد مطالعه، ژنوتیپ‌های ۱۵ و ۵ با عملکرد بالاتر از میانگین دارای بیشترین پایداری بودند در صورتیکه ژنوتیپ‌های ۱ و ۳ با بیشترین تاثیر در اثر متقابل ناپایدارترین ژنوتیپ‌ها شناخته شدند. نتایج حاصل از توصیه ژنوتیپ‌ها برای دو منطقه مورد مطالعه در مدل امی نشان داد که ژنوتیپ‌های ۱ و ۳ بیشترین سازگاری را در سه سال زراعی به شرایط نیشابور داشتند، در حالیکه ژنوتیپ های ۵ و ۱۵ بیشترین سازگاری را به شرایط مشهد در طی این بررسی نشان دادند.

کلمات کلیدی: اثرات متقابل، ژنوتیپ * محیط، تجزیه امی، تجزیه پایداری، سورگوم علوفه ای

Agronomy Journal (Pajouhesh & Sazandegi) No:107 pp: 99-107

Stability analysis for forage yield in sorghum lines

By:

- *M. Basafa, (Corresponding Author; Tel: 09153510393), Scientific Staff of khorasan Razavi Agricultural and natural Resource Research Center*
- *M. Taherian, Scientific Staff of khorasan Razavi Agricultural and natural Resource Research Center*
- *A. Beheshti, Scientific Staff of khorasan Razavi Agricultural and natural Resource Research Center*

Received: April 2013 **Accepted: January 2014**

The objectives of this study were to analyze genotype by environment(GE) interactions on the forage yield of 15 sorghum lines by the additive main effects and multiplicative interaction(AMMI) model and to evaluate genotype(G), environment(E) and GE interactions using stability parameter i.e., AMMI stability value(ASV) and Wrick**s** ecovalance (W^2_i). The trials were conducted at two research station(Neyshabur and Torogh Mashhad) for three successive years2007-2009)). The result's of AMMI analysis for forage yield indicated that the Genotype main effects, environment, and GE interactions as well as two first interaction principal components (IPCA1-2) were significant. AMMI biplot was able to distinguish stable genotypes and environments with high and low genotype discrimination ability. The genotypes 5 and 15 with higher mean yield than total mean were to be most stable genotypes, while the genotype 1 and 3 with the highest contribution to GE interaction, were to be the most instable. The result of recommended genotypes based on AMMI analysis showed that the genotypes 1 and 3 were highly adapted to Neyshabur and genotypes 5 and 15 were adapted to Mashhad environments during this study.

key Words: Interaction effects, Genotype∗ Environment, AMMI analysis, Stability analysis, Forage Sorghum

مقدمه

سورگوم (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) یکی از گیاهان خانواده غلات (*Poaceae*) بوده و عقیده بر این است که قدمت اهلی شدن این گیاه مشابه سایر غلات است. این گیاه از نظر اهمیت مقام پنجم را بعد از گندم، برنج، ذرت و جو دارد. در سال های اخیر کشت و کار سورگوم به خاطر نیاز کمتر این گیاه به آب در مقایسه با ذرت (۱/۳ تا ۱/۲ ذرت) و سازگاری بهتر به شرایط نامتعارف محیطی توسعه زیادی یافته است(کوچکی، ۱۳۶۷). تیپ های علوفه ای معمولا شامل سورگوم علوفه ای، سودان گراس و تلاقی های سودان گراس – سورگوم می باشند. هر کدام از این تیپ ها خصوصیات رشد ویژه ای دارند که بر نحوه استفاده از آنها تاثیر می گذارد. حتی در داخل هر تیپ ارقام بسیار متفاوتی می تواند وجود داشته باشد. کمبود علوفه در ایران و ظرفیت تولید بالای سورگوم و سازگاری آن با شرایط اقلیمی ایران ایجاب می کند تا ارقام سازگار با شرایط آب و هوایی ایران و در داخل کشور تولید گردد و از هیبرید های سورگوم علوفه ای با ظرفیت تولید بالا که بیشتر از پدیده هتروزیس ناشی می شود بهره بیشتری گرفته شود. این گیاه با شرایط آب و هوایی ایران بخصوص مناطق گرم و خشک مثل سیستان و بلوچستان، کرمان، اصفهان و مناطق جنوبی سازگار است (فومن اجیرلو، ۱۳۷۱). یکی از معیارهای سازگاری ارقام سورگوم دریک ناحیه داشتن عملکرد بالا است و مشاهده شده که عملکرد کمی و کیفی علوفه در شرایط مختلف با صفات مرفولوژیکی مثل قطر ساقه، زمان گلدهی، ارتفاع بوته و نسبت برگ به ساقه بستگی دارد(Dong *et al*. 1994).

وجود اثرات متقابل ژنوتیپ و محیط مهم ترین چالش فرا روی اصلاحگران گیاه است. تفسیر اثرات متقابل، شناسایی محیط های هدف و معرفی ژنوتیپ های مناسب با سازگاری خصوصی و عمومی برای محیط های مورد مطالعه و تعیین ژنوتیپ های پایدار در سال های مختلف از اهداف مهم در بررسی ژنوتیپ ها در سال ها و مکان های مختلف می باشد. پدیده اثر متقابل ژنوتیپ-محیط به اصلاحگران گیاه کمک می کند تا در ارزیابی ژنوتیپ ها در محیط های مختلف، مکان های غیر ضروری را حذف نموده و در نتیجه موجب کاهش بیشتر هزینه ها شوند(Basford and cooper, 1998; Kang and Magari, 1996; Shafi *et al.*, 1992).

پارامتر های زیادی برای تجزیه اثر متقابل ژنوتیپ-محیط ارائه شده است. استفاده از روش مبتنی بر رگرسیون Finlay and Winkinson, 1963; Eberhart and Russell, 1966))، در زمره اولین روش های مورد استفاده است. سایر روش های آماری از جمله روش امی(AMMI: Gauch and Zobel, 1996)، روش شمی(SHAMMI) یا مدل ضرب پذیر متغیر(; Cornelius *et al*, 1996

(Cornelius,1993) و مدل SREG یا GGE biplot (Yan, 2001) نیز زیاد مورد استفاده قرار گرفته اند، ضمن اینکه برای تعیین مدل پایداری، معیار های ناپایداری هان(Huhn, 1996) که مبتنی بر تغییر مرتبه ارقام می باشند و روش مجموع رتبه کنگ (Kang, 1993 and kang, 1998) که از جمله روش های ناپارامتری هستند می توانند معیارهای معتبری برای انتخاب ژنوتیپ های برتر باشند.

روش امی، یک روش چند متغیره آماری می باشد که اثرات جمع پذیر ژنوتیپ، محیط و اثرات ضرب پذیر ژنوتیپ × محیط را توجیه نموده و تفسیر خوبی از اثر متقابل ژنوتیپ × محیط را ارائه می نماید(Ebdon and Gauch, 2002) . اگر از جزء جمع پذیر مدل، بدون در نظر گرفتن اثر متقابل برای توجیه واریانس آزمایشات استفاده شود، مدل مذکور را امی صفر و اگر از جزء ضرب پذیر امی که اثر متقابل را نیز در نظر می گیرد استفاده شود بسته به این که از کدام مؤلفه استفاده شود، مدل امی ۱ تا امی F نامیده می شود(Gauch and Zobel, 1996).

مؤلفه های امی معیار معتبری برای بررسی پایداری ژنوتیپ ها و ارتباط بین ژنوتیپ ها و محیط می باشند. اگر چندین مؤلفه از مؤلفه های اثر متقابل در مدل امی از لحاظ آماری معنی دار باشند، نشان دهنده وجود اثر متقابل پیچیده ژنوتیپ × محیط می باشد(Gauch and Zobel, 1996). با استفاده از مدل امی، یک پارامتر پایداری معتبر توسط پرکاس(Purchase, 1997) برای پایداری ژنوتیپ ها ارائه شد که آنرا ارزش پایداری امی(ASV[1]) می نامند و در آن از دو مؤلفه اول امی برای این روش استفاده می گردد. همچنین از اکووالانس ریک به منظور تعیین سهم محیط ها در اثر متقابل می توان استفاده نمود(Isik and Kleinschmit, 2005). آلبرت(Albert, 2004) در بررسی اثر متقابل ژنوتیپ × محیط و برای تعیین پایداری هیبرید های ذرت روش های مختلف پایداری را با هم مقایسه کرد ولی در نهایت مدل امی را مناسب ترین روش برای تجزیه پایداری معرفی کرد.

سچومن(Schoeman, 2003)، برای بررسی اثر متقابل ژنوتیپ × محیط در آفتابگردان از روش های مختلف پایداری استفاده نمود و بیان داشت که مدل امی نه تنها پایدارترین ژنوتیپ ها را معرفی می کند، بلکه می تواند بیانگر سازگاری خصوصی ارقام نیز باشد.

بنابراین هدف از این پژوهش: ۱- تجزیه اثرات متقابل ژنوتیپ × محیط و ۲- بررسی واکنش ژنوتیپ ها در محیط های مختلف و انتخاب ژنوتیپ سورگوم علوفه ای پایدار به محیط های مورد مطالعه با استفاده از روش های چند متغیره و تک متغیره می باشد.

مواد و روش‌ها

تعداد ۱۵ لاین امید بخش سورگوم علوفه ای(جدول ۱)، در دو منطقه نیشابور(طول جغرافیایی ۵۸ درجه و۱۵ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۴۰ دقیقه شمالی با ارتفاع ۱۱۲۰ متر) و طرق مشهد(با طول جغرافیایی ۵۹ درجه و ۳۸ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۱۶ درجه و ۳۶ دقیقه شمالی با ارتفاع ۹۸۵ متر از سطح دریا) به مدت سه سال زراعی (۸۸-۱۳۸۶)، مورد بررسی و مقایسه قرار گرفتند. منطقه نیشابور در طبقه بندی اقلیمی جزء مناطق معتدل و مشهد معتدل سرد می باشند. هر آزمایش در هرمحیط در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجراء گردید. کلیه ارقام، حاصل از برنامه های به نژادی سورگوم درکشور بوده و همگی به صورت لاین خالص (Pure Line) از آزمایشات مقدماتی انتخاب شده بودند. هر رقم درهر تکرار در ۴ خط به طول ۶/۵ متر به صورت خطی کشت شد که بعد از سبز شدن و در مرحله ۶-۴ برگی عملیات تنک مزرعه انجام و فاصله بین بوته ها در روی ردیف به ۶ سانتی متر و تعداد بوته در روی هر خط ۶/۵ متری به ۱۱۰ بوته تقلیل یافت. عناصر معدنی پر مصرف بر اساس آزمون های خاک و توصیه کودی برای هر دو منطقه برابر با ۴۰۰ کیلو گرم اوره، 150 کیلو سولفات پتاسیم و ۱۰۰ کیلوگرم فسفات آمونیوم در هکتار تعیین و اعمال شدند. کلیه مقادیر فسفات و پتاس و یک چهارم اوره قبل از کاشت مصرف شد. کود سرک مرحله اول به مقدار ۱۰۰ کیلو گرم در هکتار اوره به صورت نواری در ابتدای مرحله رشد سریع بوته کنار پشته ها مصرف و پس از هر چین برداری(دو چین) نیز تکرار گردید.

در این بررسی به خاطر تنوع ارقام از نظر طول دوره رشد و نمو، افزایش تعداد چین برداری ها و همچنین کاهش خطر مسمومیت توسط ماده اسید پروسیک موجود در ارقام سورگوم و بر اساس دستورالعمل های فنی این گیاه، برداشت محصول زمانی انجام گرفت که متوسط ارتفاع بوته کل ارقام در محدوده ۲۰۰-۱۶۰ سانتی متر بود. در شرایط اقلیمی نیشابور و مشهد حداکثر دو چین قابل برداشت می باشد. همچنین برای حفظ سرعت رشد مجدد پنجه ها بعد از برداشت، بوته ها از ارتفاع ۱۵-۱۰ سانتی متری از سطح خاک برداشت شده و بلافاصله توزین شدند. دور آبیاری ثابت و ۸ تا ۱۰ روز یکبار بود. برداشت از دو خط وسط با حذف ۲۵ سانتی متر از طرفین هر خط و در مساحت ۷/۲ متر مربع انجام شد و دو خط کناری به عنوان اثر حاشیه ای حذف گردید.

قبل از تجزیه امی، یکنواختی واریانس خطاهای آزمایش با استفاده از آزمون لون(Leven's test) بررسی گردید و سپس تجزیه امی بر روی مجموع عملکرد علوفه تازه ژنوتیپ‌ها در محیط‌های مختلف با استفاده از نرم افزار GenStat انجام شد. به منظور تجزیه پایداری عملکرد علوفه لاین‌ها و ارقام مورد بررسی از مدل امی و از مؤلفه‌های اثر متقابل اول و دوم امی(IPCA1, IPCA2) به عنوان پارامترهای پایداری برای ژنوتیپ‌ها و محیط‌ها استفاده گردید(Annicchiarico, 1997). همچنین از مدل بای پلات امی جهت بررسی واکنش ژنوتیپ‌ها در محیط‌ها استفاده شد. بای پلات ها به دلیل نمایش گرافیکی واکنش ژنوتیپ‌ها و محیط ها در پدیده اثر متقابل ابزارهای مفیدی جهت شناسایی ژنوتیپ‌های سازگار به محیط می باشند(Suadric *et al.*, 2006). به منظور تحلیل بهتر اثرات متقابل از آماره های پایداری امی (ASV, Purchase *et al.*, 2000) و اکووالانس ریک (: W_i^2 Wrick, 1962) استفاده گردید. آماره ASV به دلیل این که اثرات دو مؤلفه اول اثر متقابل را به طور هم زمان 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(Purchase *et al.*, 2000). پارامتر پایداری اکووالانس ریک(W_i^2) که کمتر بودن آن برای ژنوتیپ‌ها و محیط‌ها نشان دهنده پایداری بیشتر آنها و سهم کمتر در اثر متقابل می‌باشد جهت کمک در تفسیر نتایج مورد استفاده قرار گرفت.

نتایج و بحث

جدول تجزیه واریانس مرکب علوفه تر ژنوتیپ ها در جدول ۲ ارائه شده است. نتایج جدول ۲ نشان داد که بین سال ها، مکان های آزمایش و همچنین اثرات متقابل ژنوتیپ و محیط تفاوت معنی داری وجود دارد($p\leq 0.01$). لذا تجزیه پایدارای ژنوتیپ ها امکان پذیر می باشد.

نتایج تجزیه واریانس برای اثرات اصلی افزایشی و ضرب پذیر در جدول ۳ آمده است. تجزیه واریانس اثرات افزایشی نشان داد که تفاوت معنی‌داری بین ژنوتیپ ها، محیط و اثر متقابل ژنوتیپ و محیط در سطح احتمال یک درصد وجود دارد. در این مدل (امی)، بزرگی اثرات اصلی افزایشی برای ژنوتیپ، محیط و اثر متقابل ژنوتیپ ومحیط به ترتیب ۹/۶۷ درصد، ۸۳/۵۶ درصد و ۶/۷۸ درصد مجموع مربعات کل بود. بزرگی اثرات محیط بیانگر متفاوت بودن محیط‌ها بوده که باعث ایجاد تنوع در عملکرد علوفه ی ژنوتیپ‌ها شده است. نتایج آزمون معنی‌داری مؤلفه‌های اثر متقابل نیز نشان داد که دو مؤلفه اول اثر متقابل مدل امی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار می باشند(جدول ۳). نتایج تجزیه واریانس غیر افزایشی نشان داد که اولین مؤلفه اثر متقابل ۷۰/۰۱ درصد و دومین مؤلفه اثر متقابل ۱۶/۱۷ درصد از تغییرات ژنوتیپ و محیط را توجیه می‌نمایند. این دو مؤلفه از لحاظ آماری در توجیه اثرات متقابل معنی‌دار بودند. بنابراین مدل دوم امی(AMMI2) که شامل دو مؤلفه اول اثر متقابل و اثرات افزایشی ژنوتیپ و محیط می‌باشد می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. به عبارت دیگر استفاده از مدل دوم امی به خوبی در تفسیر نتایج مفید می‌باشد.

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 درهکتار و محور عمودی اثرات متقابل ضربی یا مقادیر اولین مؤلفه اصلی(IPCA1) یعنی ضرایب عاملی، برای ژنوتیپ‌ها و محیط‌ها به طور جداگانه می باشد. در بای پلات مذکور دو جفت از داده‌ها روی محورها نمایش داده شده‌اند. اولین جفت مربوط به میانگین عملکرد هر رقم (محور افقی) و مقادیر اولین مؤلفه اصلی هر ژنوتیپ(محور عمودی) و دومین جفت مربوط به میانگین عملکرد هر محیط (محور افقی) و مقادیر اولین مؤلفه اصلی هر محیط(محور عمودی) می باشد.

به منظور تجزیه واکنش ژنوتیپی (استفاده هم زمان از تفکیک‌های دسته بندی و بردار یابی;Purchase *et al.*,2000; Croosa *et al.*, 1996; Van Eeuwijk, 1992)، و بررسی دقیق تر پایداری ژنوتیپ ها و محیط ها، تجزیه خوشه ای بر اساس مقادیر اولین مؤلفه اصلی ژنوتیپ ها و همچنین محیط ها(جدول ۴) انجام شد. تجزیه خوشه ای مقادیر اولین مؤلفه اصلی برای ژنوتیپ ها سه گروه ژنوتیپی را مشخص نمود که گروه اول شامل ژنوتیپ های شماره ۱۲، ۱۰، ۸، ۷ و ۴ با مقادیر بالا و مثبت IPCA1، گروه سوم شامل ژنوتیپ های ۱ و ۳ با مقادیر بالا و منفی IPCA1، و گروه دوم شامل سایر ژنوتیپ ها بودند که کمترین مقادیر IPCA1 را به خود اختصاص داده بودند.(شکل ۲) همچنین تجزیه خوشه ای روی مقادیر اولین مؤلفه اصلی محیط ها سه گروه را مشخص نمود. گروه اول شامل محیط های ۱ و ۵ بود که مقادیر مثبت و نزدیک به صفر را دارا بودند. گروه دوم شامل محیط های ۴ و ۶ بودند که مقادیر بالا و مثبت IPCA1 را داشتند. گروه سوم شامل محیط های ۲ و ۳ بودند که مقادیر بالا و منفی IPCA1 را به خود اختصاص داده بودند.(شکل ۴)

بررسی بای پلات شکل ۱ نشان می دهد که ژنوتیپ های شماره ۱ و ۳ و همچنین محیط های E3 و E4 دارای اثرات متقابل بزرگ بوده و بیشترین تاثیر را در ایجاد اثر متقابل دارند. ژنوتیپ هایی که در مرکز بای پلات قرار گرفته اند، اثر متقابل نزدیک به صفر را دارند و دارای پایداری عمومی بیشتری هستند، ژنوتیپ های شماره ۱۵، ۵، ۱۱، ۱۳ و ۹ دارای اثر متقابل کم می باشند، ولی ژنوتیپ های شماره ۵ و ۱۵ به علت داشتن میانگین عملکرد بالاتر از میانگین کل می توانند به عنوان ژنوتیپ های با پایداری مطلوب مورد توجه قرار گیرند.

تجزیه پایداری ژنوتیپ ها

مقادیر پارامتر های ژنوتیپی و رتبه بندی ژنوتیپ ها بر اساس این پارامتر ها در جدول ۵ آمده است. ضرایب دو مولفه اول اثر متقابل به عنوان ساده ترین پارامتر های پایداری جهت انتخاب ژنوتیپ ها قبلا مورد استفاده قرار گرفته است(Annicchiarico, 1997; Purchase *et al.*, 2000)) گراس گروبر و همکاران (Grausgruber *et al.*, 2000) در گندم نان و محمدی،و همکاران(۲۰۰۸) در گلرنگ از ضرایب مولفه های اصلی اثر متقابل(IPCA) جهت گزینش ژنوتیپ های پایدار استفاده نمودند. درپژوهش حاضر، کمترین مقدار IPCA1 مربوط به ژنوتیپ های ۱۱، ۵، ۱۵، ۹، ۱۴ و ۱۳ و کمترین مقدار IPCA2 مربوط به ژنوتیپ های ۱۵، ۱۰، ۱۳، ۱۲، ۷ و ۵ بود. بر اساس مقادیر IPCA1 وIPCA2 ژنوتیپ های ۵، ۱۵ با میزان عملکرد بالاتر از میانگین کل پایدارترین ژنوتیپ ها بودند.

بیشترین میزان IPCA1 متعلق به ژنوتیپ های ۱و ۳ با میانگین عملکرد بیشتر از میانگین کل(۹۸/۳۲ تن در هکتار) بود. همچنین بیشترین ضرایب IPCA2 مربوط به ژنوتیپ های ۳، ۱و۲ با میانگین عملکرد بیشتر از میانگین کل(۹۸/۳۲ تن در هکتار) بود. آماره پایداری امی(ASV) نیز نشان داد که ژنوتیپ های ۵، ۱۵ و ۱۱ با کمترین مقدار ASV پایدارترین ژنوتیپ ها بودند. در حالی که ژنوتیپ های ۱ و ۳ با بالاترین عملکرد های علوفه، ناپایدارترین ژنوتیپ ها در مجموع محیط ها بودند. بر اساس پارامتر پایداری اکووالانس ریک، ژنوتیپ های ۵، ۱۳ و ۱۱ پایدارترین ژنوتیپ ها بوده و به ترتیب با ۰/۵۵، ۱/۱۶ و ۱/۳۳ درصد کمترین نقش را در اثر متقابل ژنوتیپ و محیط داشتند. در صورتی که ژنوتیپ های ۱ و ۳ به ترتیب با ۲۶/۳۴ و ۱۷/۱۱ درصد بیشترین نقش را در این اثر متقابل دارا بودند(جدول ۵).

تجزیه پایداری محیط ها

محمدی و همکاران (۲۰۰۸) به منظور تجزیه بهتر اثرات متقابل ژنوتیپ و محیط از پارامتر های پایداری برای محیط ها استفاده نمودند. مقادیر این پارامتر ها و رتبه بندی محیط ها بر اساس این پارامتر ها در جدول ۶ آمده است. جهت گزینش محیط های مناسب با قدرت بالا در تفکیک ژنوتیپ ها، محیط ها بایستی دارای مقادیر IPCA1 بالا و IPCA2 پائین باشند. بر اساس این دو پارامتر، یان و همکاران(Yan *et al.*, 2000) درگندم و یان و راجاکان(Yan and Rajcan, 2002) در سویا، ژنوتیپ های پایدار به محیط ها و نیز محیط های با قدرت تفکیک ژنوتیپی بالا از سایر محیط ها را شناسایی نمودند. در تحقیق حاضر

بر اساس IPCA1، محیط E1 با پتانسیل عملکرد بالا و محیط E5 با پتانسیل عملکرد پائین، دارای بیشترین پایداری و کمترین نقش در اثر متقابل بودند. محیط های E3 و E4 با بیشترین IPCA1 بیشترین نقش را در ایجاد اثر متقابل ژنوتیپ و محیط داشتند. کمترین IPCA2 محیطی به E6 و بیشترین آن به محیط های E2 و E3 تعلق داشت. محیط های ایده ال بر اساس IPCA1 بالاتر وIPCA2 کمتر عبارت بودند از E4 و E6 (با مقادیر مثبت IPCA1). بر اساس آماره پایداری محیطی امی(ASVj)، محیط های E1 با پتانسیل عملکرد بالا و E5 با پتانسیل عملکرد پائین دارای بیشترین پایداری و کمترین نقش در پدیده اثر متقابل بودند در صورتی که محیط های E3 با بیشترین پتانسیل عملکرد و E4 با کمترین پتانسیل عملکرد، بیشترین نقش در ناپایداری را داشتند. بر اساس پارامتر اکووالانس ریک، محیطE3 با ۲۷/۸۸ درصد بیشترین نقش و محیط E1 با ۵/۱۹ درصد کمترین نقش را در ایجاد اثر متقابل داشتند(جدول ۶).

جدول ۱ - اسامی ارقام (ژنوتیپ های) سورگوم علوفه ای ۸۸-۱۳۸۶

شماره لاین	نام لاین سورگوم علوفه ای
۱	KFS1
۲	KFS2
۳	KFS3
۴	KFS6
۵	KFS7
۶	KFS8
۷	KFS9
۸	KFS10
۹	KFS11
۱۰	KFS12
۱۱	KFS13
۱۲	KFS15
۱۳	KFS16
۱۴	KFS17
۱۵	KFS18

نتیجه گیری نهایی

تفاوت در رتبه ژنوتیپ ها در محیط ها نشان دهنده اثر متقابل ژنوتیپ و محیط می باشد، به طوری که این اثر متقابل با معنی دار شدن آن از لحاظ آماری در سطح یک درصد قابل توجه می باشد(جدول ۳). در جدول ۷، چهار ژنوتیپ توصیه شده بر اساس مدل امی برای هر محیط نشان داده شده است. بر اساس نتایج حاصل، ژنوتیپ های ۱۵ و ۵ بیشترین سازگاری را به شرایط مشهد در هر سه سال زراعی داشتند(جدول ۷). برای نیشابور ژنوتیپ های ۱ و ۳ در هر سه سال زراعی بهترین ژنوتیپ ها با سازگاری ویژه بودند. بر اساس نتایج این آزمایش در مجموع سال ها و دو منطقه، ژنوتیپ های ۱۵ و ۵ قدرت پایداری و سازگاری عمومی بالایی با محیط های مورد مطالعه را دارا بودند.

پاورقی ها

1. ASV= AMMI Stability Value

جدول ۲: تجزیه واریانس مرکب عملکرد علوفه تر لاین های سورگوم علوفه ای در دو منطقه

منبع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات(MS)
سال	۲	۲۵۲۷۳/۷۹ **
مکان	۱	۳۴۹۷۰۷/۴۵ **
سال ×مکان	۲	۲۴۴۶/۰۵ **
تکرار(سال×مکان)	۱۸	۵۷۴/۵۱ **
لاین ها	۱۴	۳۳۴۸/۸۳ **
سال × لاین	۲۸	۳۸۱/۵۸ **
مکان× لاین	۱۴	۱۱۳۴/۴۶ **
سال×مکان×لاین	۲۸	۳۰۱/۶۵**
خطا	۲۵۲	۱۷۱/۹۳
ضریب تغییرات(CV%)	۱۳/۳۴	

جدول ۳: تجزیه واریانس اثرات اصلی افزایشی و ضریب پذیر برای عملکرد علوفه تر لاین های سورگوم در ۶ محیط

منبع تغییرات	درجه آزادی (df)	میانگین مربعات (MS)	سطح احتمال آماری(F)	Variance Explained%
کل	۳۵۹	۱۵۰۰/۲۶	-	-
تیمار	۸۹	۵۴۴۸/۶	۳۱/۶۹ **	۹۰/۰۳
ژنوتیپ	۱۴	۳۳۴۸/۶	۱۹/۴۸ **	۹/۶۷
محیط	۵	۸۱۰۴۰/۶	۱۴۱/۰۷ **	۸۳/۵۶
اثر متقابل(GE)	۷۰	۴۶۹/۱۸	۲/۷۳ **	۶/۷۸
IPCA1	۱۸	۱۲۷۷/۴	۷/۴۳ **	۷۰/۰۱
IPCA2	۱۶	۳۳۱/۸۷	۱/۹۳ *	۱۶/۱۷
باقیمانده	۳۶	۱۲۶/۱	۰/ ۷۳ns	۱۳/۸۲
بلوک *	۱۸	۵۷۴/۴	۳/۳۴ **	۱/۹۲
خطا	۲۵۲	۰/۰۶۹		

ns ، *, **عدم تفاوت معنی دار وتفاوت معنی دار در سطح آماری ۰/۰۵ و ۰/۰۱

*: به بلوک داخل محیط اشاره دارد

جدول ۴- گروه بندی ژنوتیپ ها و محیط ها بر اساس اولین مؤلفه اصلی اثر متقابل و مؤلفه های اول و دوم اثر متقابل به طور همزمان

مولفه اصلی اثر متقابل	گروه	شماره ژنوتیپ ها
$IPCA1_{genotype}$	۱	۱۲ ، ۱۰ ، ۸ ، ۷، ۴
	۲	۱۵، ۱۴، ۱۳، ۱۱ ، ۹، ۶، ۵، ۲
	۳	۱ و ۳
$IPCA1_{environment}$	۱	۵، ۴، ۱ و ۶
	۲	۲ و ۳
$(IPCA1\ and\ IPCA2)_{genotype}$	۱	۲، ۱ و ۶
	۲	۳
	۳	۱۵و ۱۴، ۱۳، ۱۲، ۱۱، ۱۰، ۹، ۸، ۷، ۵، ۴
$(IPCA1\ and\ IPCA2)_{environment}$	۱	۵، ۴، ۲، ۱ و ۶
	۲	۳

جدول ۵- میانگین عملکرد ژنوتیپ ها، ضرایب مؤلفه های اثر متقابل و آماره های امی و اکوالانس ریک و رتبه های ژنوتیپ ها بر اساس پارامترها

ژنوتیپ ها	Mean yield (t/ha)	Rank	IPCA1	Rank	IPCA2	Rank	ASV_i	Rank	W^2_j	Rank	W^2_j
۱	۱۲۵/۶۱	۱	-۵/۲۷	۱۵	۲/۷۶	۱۴	۱۱/۳۱	۱۵	۲۴۲۳	۱۵	۲۶/۳۴
۲	۱۰۹/۶۹	۳	-۱/۵۸	۷	۲/۱۹	۱۳	۳/۹۵	۹	۵۲۲	۹	۵/۶۷
۳	۱۱۸/۰۱	۲	-۳/۵	۱۴	-۳/۹۵	۱۵	۸/۲۹	۱۴	۱۵۷۴	۱۴	۱۷/۱۱
۴	۸۷/۴۲	۱۳	۲/۱۹	۱۰	-۰/۸۳	۱۰	۴/۶۴	۱۰	۷۴۵	۱۲	۸/۱۰
۵	۱۰۲/۳۹	۵	۰/۳۲	۲	-۰/۴۲	۶	۰/۷۸	۳	۵۱	۱	۰/۵۵
۶	۹۹/۹۸	۶	-۱/۸۴	۹	۰/۵۲	۷	۳/۸۷	۸	۳۹۶	۷	۴/۳۱
۷	۸۴/۸۵	۱۵	۲/۸	۱۳	۰/۳۲	۵	۵/۸۴	۱۲	۷۳۳	۱۱	۷/۹۶
۸	۸۶/۳۶	۱۴	۲/۶۷	۱۲	۱/۹	۱۲	۵/۸۸	۱۳	۸۱۵	۱۳	۸/۸۵
۹	۹۲/۸۴	۱۰	-۰/۳۷	۴	-۱/۵۸	۱۱	۱/۷۵	۶	۱۹۱	۴	۲/۰۸
۱۰	۸۹/۱۸	۱۲	۲/۶۱	۱۱	۰/۲۴	۲	۵/۴۴	۱۱	۵۶۵	۱۰	۶/۱۴
۱۱	۹۲/۸۶	۹	۰/۰۰۸	۱	-۰/۶۱	۸	۰/۶۱	۱	۱۲۲	۳	۱/۳۳
۱۲	۹۳/۱۸	۸	۱/۶	۸	-۰/۳۱	۴	۳/۳۵	۷	۲۲۰	۵	۲/۳۹
۱۳	۹۲/۲۴	۱۱	۰/۴۱	۶	۰/۲۷	۳	۰/۹	۴	۱۰۷	۲	۱/۱۶
۱۴	۹۷/۲۸	۷	-۰/۴۰۲	۵	-۰/۶۶	۹	۱/۰۷	۵	۲۸۷	۶	۳/۱۲
۱۵	۱۰۲/۹۴	۴	۰/۳۴	۳	۰/۱۶	۱	۰/۷۲	۲	۴۴۹	۸	۴/۸۹

IPCA1، IPCA2 : اولین و دومین مؤلفه اثرات محیطی ؛ ASVj : آماره پایداری امی برای محیط ؛ W^2_j : اکوالانس ریک برای محیط ها؛ W^2_j% درصد سهم هر محیط در اثر متقابل

جدول ۶- میانگین عملکرد محیط ها، ضرایب مؤلفه های اثر متقابل و آماره های امی و اکووالانس ریک و رتبه های محیط ها بر اساس پارامتر ها

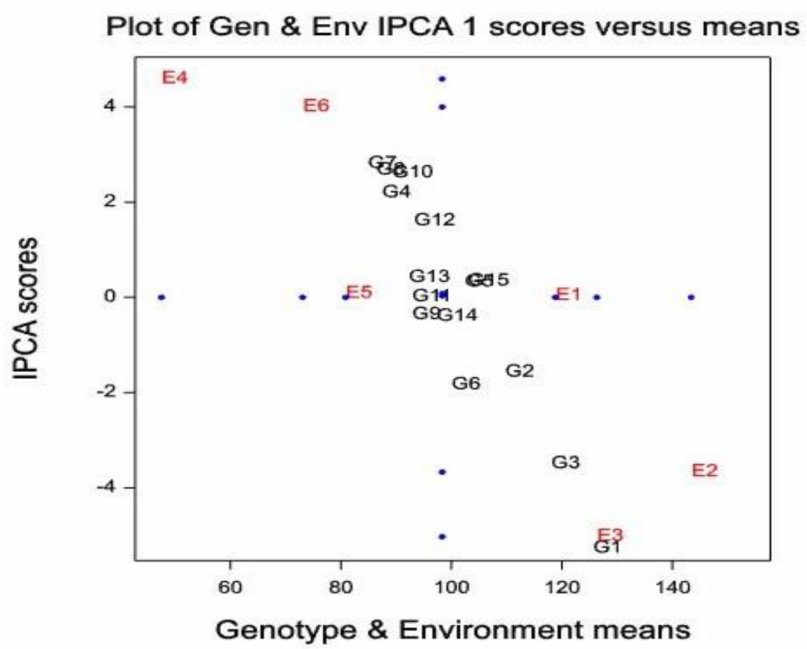
محیط (E)	فصل زراعی	مکان	میانگین عملکرد (هکتار/تن)	رتبه (Rank)	IPCA1	رتبه (Rank)	IPCA2	رتبه (Rank)	ASVj	رتبه (Rank)	W^2_j	رتبه (Rank)	$W^2_{j\%}$
۱	۱۳۸۶	نیشابور	۱۱۸/۸۱	۳	۰/۰۳	۱	۰/۵۱	۲	۰/۵۱	۱	۴۷۸	۱	۵/۱۹
۲	۱۳۸۷	//	۱۴۳/۳۷	۱	-۳/۶۷	۳	-۴/۴۷	۶	۸/۸۵	۴	۲۱۰۶	۵	۲۲/۸۹
۳	۱۳۸۸	//	۱۲۶/۲۹	۲	-۵/۰۳	۶	۳/۹	۵	۱۱/۱۷	۶	۲۵۶۵	۶	۲۷/۸۸
۴	۱۳۸۶	مشهد	۴۷/۵۴	۶	۴/۵۹	۵	۰/۷۴	۴	۹/۵۸	۵	۱۵۱۸	۴	۱۶/۴۹
۵	۱۳۸۷	//	۸۰/۸۴	۴	۰/۰۸	۲	-۰/۶۵	۳	۰/۶۷	۲	۱۱۷۶	۲	۱۲/۷۸
۶	۱۳۸۸	//	۷۳/۰۸	۵	۳/۹۹	۴	-۰/۰۳	۱	۸/۳۲	۳	۱۳۵۷	۳	۱۴/۷۶

IPCA1، IPCA2 : اولین و دومین مؤلفه اثرات محیطی ؛ ASVj : آماره پایداری امی برای محیط ؛ W^2_j : اکوالانس ریک برای محیط ها؛ W^2_j% درصد سهم هر محیط در اثر متقابل

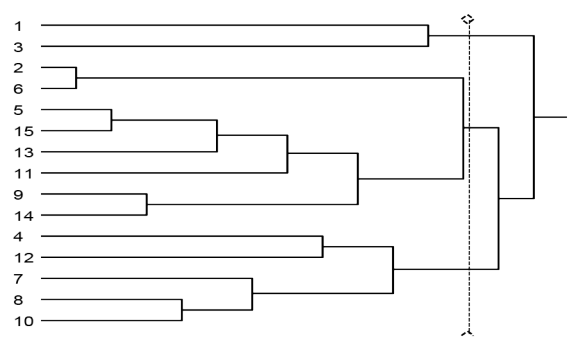
جدول ۷- گروه بندی محیط ها بر اساس چهار ژنوتیپ توصیه شده مدل امی

محیط	فصل زراعی	مکان	میانگین عملکرد (t/ha)	First four Ammi genotype recommended per environment							
				1st	عملکرد علوفه تر (t/ha)Fy	2nd	fy	3rd	fy	4th	fy
۴	۱۳۸۶	مشهد	۴۷/۵۴	۱۵	۵۳/۸۲	۲	۵۳/۲۸	۵	۵۲/۷۵	۱	۵۲/۶۵
۶	۱۳۸۸		۷۳/۰۸	۱۱	۶۷/۶۷	۱۵	۷۹/۰۵	۳	۷۸/۸۹	۵	۷۸/۴۳
۵	۱۳۸۷		۸۰/۸۴	۵	۸۵/۰۲	۳	۱۰۲/۸۳	۲	۹۰/۶۵	۱۵	۸۵/۳۸
۱	۱۳۸۶	نیشابور	۱۱۸/۸۱	۲	۱۳۱/۲	۱۵	۱۲۳/۵	۱۱	۱۱۳	۱۳	۱۱۲/۹
۲	۱۳۸۷		۱۴۳/۳۷	۳	۱۹۳/۶	۱	۱۷۷/۷	۲	۱۵۰/۷	۵	۱۴۸/۱
۳	۱۳۸۸		۱۲۶/۲۹	۶	۱۳۹/۲	۵	۱۲۷/۱	۱۵	۱۲۹/۸	۱۳	۱۱۹/۲
میانگین			۹۸/۳۲		۱۱۱/۷۵		۱۱۰/۵۸		۱۰۲/۶۳		۹۹/۴۴

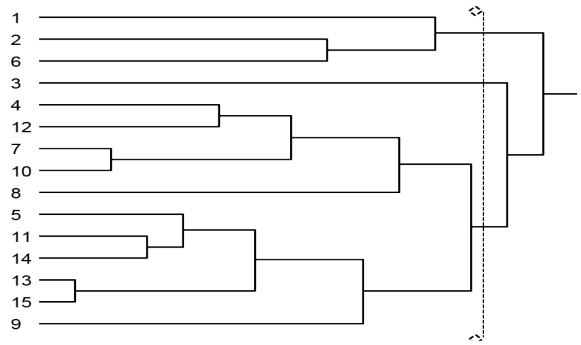
1st ، 2nd ، 3rd و 4th : به ترتیب اولین، دومین، سومین و چهارمین ژنوتیپ انتخاب شده توسط مدل امی می باشد.



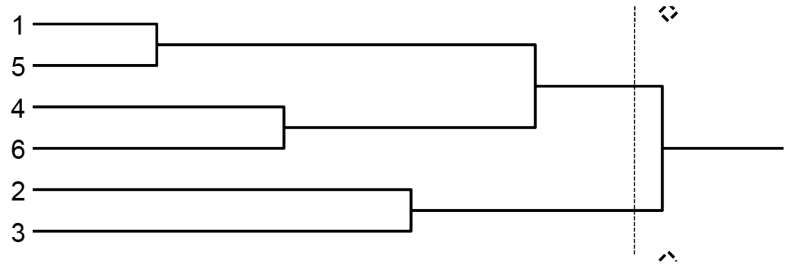
شکل ۱- بای پلات میانگین ژنوتیپ ها و محیط ها و مقادیر اولین مولفه اصلی آن ها



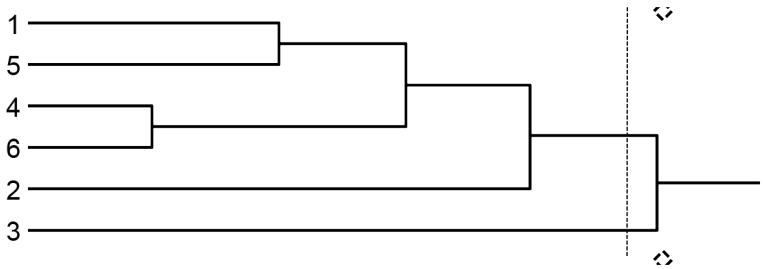
شکل ۲- دندوگرام گروه بندی ژنوتیپ ها بر اساس اولین مولفه اصلی اثر متقابل



شکل ۳- دندوگرام گروه بندی ژنوتیپ ها بر اساس مولفه های اول و دوم اثر متقابل



شکل ۴ - دندوگرام گروه بندی محیط ها بر اساس اولین مولفه اصلی اثر متقابل



شکل ۵- دندوگرام گروه بندی ژنوتیپ ها بر اساس مولفه های اول و دوم اثر متقابل

منابع مورد استفاده

۱. فومن، عزیز. (۱۳۷۱). بررسی و مقایسه عملکرد ارقام سورگوم دانه ای. مجله نهال و بذر، ۸ (۳-۴). ص. ۳۲-۲۸ .

۲. کوچکی، علیرضا. (۱۳۶۷). جنبه های از مقاومت به خشکی در سورگوم. مجله علوم و صنایع کشاورزی. ۲(۲). ص.۷۷-۸۱.

3. Albert, M.j. A. (2004). A comparison of statistical methods to describe genotype × environment interaction and yield stability in multi- location maize trials. MSc. Thesis. Department of Plant Sci. The University of the Free State, Bloemfontein.

4. Annicchiarico, p.(1997).Joint regression vs AMMI analysis of genotype-environment interactions for cereals in Italy. *Euphytica.* Vol, 94. pp: 53-62.

5. Basford, K.E., and Cooper, M.(1998). Genotype by environment interaction and some considerations of their implication for wheat breeding in Australia. *Aust. J. Agric. Res* . Vol, 49. pp: 154-175.

6. Cornelius, P.I. (1993). Statistical tests and retention of terms in the additive main effects and multiplicative interaction model for cultivar trials. *Crop Sci.* Vol, 33. pp: 1186-1193.

7. Cornelius, P.L., Crossa, J. and Seyedsadr, M.S. (1996). Statistical tests and estimates of multiplicative models for GE interaction. In: kang, M.S. and H.G. Jr. Gauch (eds). *Genotype-By- environment interaction.* (pp.199-234).CRC Press, Boca Raton, Florida.

8. Croosa, J., Gauch, G, H. and Zobell, R.W.(1990). Additive main effects and multiplicative interaction analysis of two international maize cultivar trials. *Crop Sci.* Vol, 30. pp: 493- 500.

9. Dong, O.P., LTN, C. S., Ander, O., Johnson, J.J., and Hamilton, R.I.(1994). Selecting stable and high-yielding sorghum cultivars for semi-arid tropics. *International Sorghum and Millet Newsletter*. 74: 59-762.
10. Ebdon, J.S. and Gauch, H. G.(2002). Additive main effect and multiplicative interaction analysis of national turf grass performance trials: I Interpretation of Genotype × environment interaction. *Crop Sci.* Vol, 42. pp: 489- 496.
11. Eberhart, S. A. and Russell, W.A.(1966).Stability parameters for comparing varieties. *Crop Sci.* Vol, 6. pp: 36-40.
12. Finlay, K. W. and Wilkinson, G.N.(1963).The analysis of adaptation in a plant breeding program. *Aust. J. Agric. Res.* Vol, 14. pp: 742-754.
13. Gauch, H.G. and Zobel, R.W.(1996).AMMI analysis of yield trials. In: Kang, M.S. and H.G. Jr. Gauch(eds), *Genotype- by- environment interaction*. (pp. 85-122). CRC Press, Boca Raton, Florida.
14. Grausgruber, H., Oberforster, M., Werteker, M., Ruckenbauer, P., and Vollmann,j.(2000).Stability of quality traits in Australian grown winter wheat. *Field rops Res.* Vol, 66. pp: 257-267.
15. Hayward, M., Bosemard, D. and Romagosa, L.(1993).Plant breeding. Chapman and Hall, UK.
16. Huhn, M.(1996).Nonparametric analysis of genotype × environment interaction by ranks. In: Kang, M. S. and H. G. Jr. Gauch(eds), *Genotype- by- environment interaction*. (pp. 235-271). CRC Press, Boca Raton. Florida.
17. Isik, K., and Kleinschmit. J.(2005).Similarities and effectiveness of test environments in selecting and deploying desirable genotypes. *Theor Apple Genet.* Vol, 110. pp: 311-322.
18. Kang, M. S., and Magari, R.(1996).*New developments in selecting for phenotypic stability in crop breeding.* In: M.S. Kang, and H. G. Zobel (eds), Genotype- by- Environment interaction, *1-14. CRC Press, Boca Raton.*
19. Kang, M.S.(1993).Simultaneous selection for yield and stability in crop performance genotype × environment interaction 239 trials: consequences for growers. *Agronomy Journal,* Vol, 85. pp: 754-757.
20. Kang, M.S.(1998).Using genotype × environment interaction for crop cultivar development. *Advances in Agronomy*. Vol, 62. pp: 199-252.
21. Mohammadi, R., Pourdad S.S. and Amri, A.(2008).Grain yield stability of spring safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *Aust. J. of Agric. Res.* Vol, 59. pp: 546-553.
22. Purchase, J.(1997). Parametric analysis to describe Genotype × environment interaction and yield stability in winter wheat. Ph.D.*University of the Free State*, South Africa.
23. Purchase, J.L., Hatting, H., and Van Deventer, C.S.(2000). Genotype × environment interaction of winter wheat in south Africa: II. Stability analysis of yield performance. *South Africa Journal of plant and soil.* Vol, 17(3)pp: 101-107
24. Schoeman, L. J.(2003).Genotype × environment interaction in sunflower(*Helianthus annuus*) in south Africa. MSc.Thesis, Department of Agronomy, *University of the Free State*, Bloemfontein.
25. Shafi, B., Mahler, K.A., Price, W.J., and Auld, D.L.(1992). Genotype × environment interaction effects on winter rapw seed yield and oil content. *Rop Science,*Vol, 32. pp: 922-927.
26. Suadric, A., Simic, D., and Vratric, M.(2006).Characterization of genotype by environment interactions in soybean breeding program of southeast Europe. *Plant Breed.* Vol,125. pp: 125-191.
27. Van Eeuwijk, F. F. (1992). Multiplicative models for genotype. Environment interaction in plant breeding. *Stat. Appl*. Vol, 4. pp: 393-406.
28. Wricke, G. (1962) Uber eine method zur refassung der okologischen streubretite in feldversuchen,
29. Yan, W.(2001).GGEbiplot- a Windows application for graphical analysis of multi-environment trial data and other types of two- way data. *Agron. J.* Vol, 93(5)pp: 1111-1118.
30. Yan, W., and Rajcan, I.(2002). Biplot analysis of test sites and trait relations of soybean in Ontario. *Crop Sci.* Vol, 42. pp: 11-20.
31. Yan, W., Hunt, L.A. Sheng Q., and Szlavnics, Z.(2000).Cultivar evaluation and mega- environment investigation based on the GGE biplot. *Crop Sci.* Vol, 40. pp: 597-605.