دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
پژوهشنامه اصلاح گیاهان زراعی

# ارزیابی پایداری عملکرد علوفه تر و خشک واریته‌های سورگوم علوفه‌ای (*Sorghum bicolor* L. *moench*) در شرایط مختلف کشت

**محمدرضا شیری**

مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.
(نویسنده مسوول: mohammadrezashiri52@gmail.com)

تاریخ دریافت: ۹۳/۱۰/۸ تاریخ پذیرش: ۹۴/۱/۳۱

**چکیده**

**این تحقیق با هدف برآورد میزان پایداری واریته‌های سورگوم علوفه‌ای و مشخص کردن واریته‌های با عملکرد علوفه بالا و پایدار تحت دو شرایط مختلف کشت بهاره و تابستانه انجام گرفت. بر این اساس هفت واریته سورگوم علوفه‌ای به مدت سه سال در دو محیط کشت بهاره (E1) و تابستانه(E2) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار انجام گرفت. نتایج تجزیه مرکب عملکرد علوفه تر و خشک نشان داد اثر محیط، اثر ژنوتیپ و اثر متقابل ژنوتیپ در محیط از نظر آماری معنی دار است. معنی دار بودن اثر متقابل واریته×محیط نشان‌دهنده واکنش متفاوت واریته‌ها از محیطی به محیطی دیگر بود. لذا تجزیه پایداری با روشGGE بای پلات انجام و نتایج حاکی از توجیه ۹٤/۸ درصد از کل تغییرات عملکرد علوفه تر و ۷٦/٥ درصد از کل تغییرات عملکرد علوفه خشک، با دو مولفه اول و دوم GGE بای پلات داشت. در نمودار GGE بای پلات رتبه پایداری عملکرد علوفه تر واریته‌ها به صورت NECTAR≈CHOPPER≈ KFS2>KFS3>KFS1 بود و واریته‌های NECTAR و KFS3 بالاترین عملکرد علوفه تر در بین واریته‌های مورد مطالعه را داشتند. در حالی که در مورد عملکرد علوفه خشک رتبه پایداری به‌صورت PACIFICBMR>KFS1>KFS2 و بالاترین عملکرد علوفه خشک مربوط به واریته‌های NECTAR و SPEEDFEED بود. بر اساس منابع تغییر ژنوتیپ و اثر متقابل ژنوتیپ×محیط، واریته NECTAR از نظر علوفه تر در هر دو شرایط کشت تابستانه و بهاره و از نظر علوفه خشک واریته NECTAR در شرایط کشت تابستانه و واریته SPEEDFEED در شرایط کشت بهاره، واریته‌های برتر با سازگاری خصوصی بالا بودند. براساس بای‌پلات ژنوتیپ ایده‌آل فرضی، واریته NECTAR براساس هر دو مقوله پایداری و میانگین عملکرد، بهتر از سایر واریته‌ها در هر دو شرایط کشت بود و سازگاری عمومی بالایی داشت.**

**واژه‌های کلیدی: کشت بهاره، کشت تابستانه، ژنوتیپ ایده آل، سازگاری، تجزیه بای پلات**

## مقدمه

سورگوم (*Sorghum bicolor* L. *moench*) مهم‌ترین گیاه زراعی مناطق خشک بوده و از نظر اهمیت در بین غلات بعد از گندم، برنج، ذرت و جو مقام پنجم را داراست. سورگوم علوفه‌ای به جهت سازگاری با مناطق گرمسیری و نیمه گرمسیری و بالا بودن کارائی مصرف آب می‌تواند در مناطق کم آب نقش عمده‌ای را ایفا نماید. این گیاه هم به عنوان علوفه سبز، خشک، سیلویی و حتی به صورت مستقیم جهت چرای دام مورد استفاده قرار می‌گیرد. این گیاه به علت تنوع ژنتیکی زیاد و داشتن ارقام پرمحصول در طی سال‌های متمادی طیف سازگاری خود را روز به روز با بهره‌گیری از اصلاح و تولید هیبریدهای جدید گسترش داده است. سورگوم از دیرباز در ایران کشت و کار می‌شده و با شرایط اقلیمی ایران سازگاری خوبی دارد و از آنجائی که سورگوم از پتانسیل تولید بالا، ارزش غذایی مطلوب و قابلیت نگهداری به صورت خشک و سیلو برخوردار است و می‌توان از این گیاه به نحو مطلوب در تأمین علوفه مورد نیاز دام بهره جست (۱۳).

انتخاب ژنوتیپ برتر بر اساس توانایی تولید و دامنه پایداری عملکرد آن در شرایط آب و هوایی مختلف صورت می‌گیرد. اثر متقابل ژنوتیپ×محیط با تغییر عملکرد نسبی ژنوتیپ در محیط‌های مختلف، گزینش ژنوتیپ‌های برتر را پیچیده و با اشکال مواجه می‌نماید (۱۶،۱۲،۹،۵). عکس‌العمل ژنوتیپ‌های مختلف معمولا به دلیل پاسخ متفاوت ژن‌ها و یا قدرت تظاهر متفاوت آن‌ها در محیط‌های مختلف است. فعل و انفعالات بین ژنوتیپ‌ها و اثرهای محیطی را اثر متقابل ژنوتیپ و محیط می‌دانند (۳). اثر متقابل ژنوتیپ و محیط همبستگی بین اثر ژنوتیپی و فنوتیپی را کاهش داده و پیشرفت گزینش ژنوتیپ‌ها را کاهش می‌دهد. تجزیه پایداری مهم‌ترین روشی است که برای پی بردن به ماهیت اثر متقابل ژنوتیپ و محیط کاربرد دارد و با توجه به آن می‌توان ارقام پایدار و سازگار را شناسایی و مورد استفاده قرار داد (۲۰،۵).

روش‌های گوناگونی برای بررسی اثر متقابل ژنوتیپ×محیط و تعیین ژنوتیپ‌های پایدار ارائه شده است (۱) که شامل روش‌های تک متغییره، چند متغییره و ناپارامتری می‌باشند (۱۴). اگرچه محاسبه و استفاده از روش‌های تک متغییره پارامتری و ناپارامتری آسان است ولی این روش‌ها نمی‌توانند ماهیت پیچیده و چند بعدی اثر متقابل را به خوبی تفسیر نمایند. از این رو استفاده از روش‌های چند متغییره برای رفع این مشکل پیشنهاد شده است (۱۸).

از میان روش‌های چند متغییره می‌توان به روش بای پلات که بر مبنای تجزیه به مولفه‌های اصلی پیشنهاد شده است اشاره کرد (۳۰،۱۵،۱۲،۱۰). نسخه‌های متنوعی از بای پلات براساس روش‌های آماری چند متغییره معرفی و به صورت

[ Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-01-29 ]

گسترده توسط به نژادگران در کشاورزی به منظور تجزیه گرافیکی اثر متقابل ژنوتیپ×محیط استفاده شده است (۳۰،۲۹،۱۱).

یک نسخه ویژه از بای پلات، GGE بای پلات (اثر اصلی ژنوتیپ (G)+ اثر متقابل ژنوتیپ ×محیط (GE)) است که به طور همزمان اطلاعات مربوط به اثر اصلی ژنوتیپ و اثر متقابل ژنوتیپ× محیط را در اختیار قرار می‌دهد. این روش برخلاف مرسوم‌ترین روش چند متغیره تجزیه پایداری که تنها اثرات متقابل ژنوتیپ× محیط را مد نظر قرار می‌دهد، از اثرات اصلی ژنوتیپ نیز استفاده می‌کند. پژوهش‌های متعدد نشان داده است که در بیشتر آزمایش‌های تجزیه پایداری اثر اصلی محیط زیاد است، در حالی که تغییرات توجیه شده به وسیله اثر اصلی ژنوتیپ و اثر متقابل ژنوتیپ×محیط که قابل توصیه و تفسیر می‌باشند، کم است. از آنجائی که محیط عاملی نیست که بتوان آن را کنترل کرد، از این رو در روش GGE بای پلات از منابع تغییرات ژنوتیپ و اثر متقابل ژنوتیپ× محیط استفاده می‌شود تا بتوان نتایج قابل اعتمادی را به دست آورد (۳۰).

روش GGE بای پلات از طریق نمایش گرافیکی اثر متقابل ژنوتیپ×محیط به به نژادگر کمک می‌کند تا به سادگی پایداری ژنوتیپ‌ها و ترکیب پایداری با عملکرد ژنوتیپ‌ها در محیط‌های مختلف را ارزیابی کرده و همچنین استفاده از این روش امکان بررسی روابط میان محیط‌ها و شناسایی محیط‌های هدف در برنامه‌های به نژادی را به سادگی میسر می‌سازد.

استفاده از این مدل برای تجزیه اثر متقابل ژنوتیپ×محیط به منظور ارزیابی ژنوتیپ‌ها در آزمایش‌های چند محیطی در سورگوم دانه‌ای (۲۱، ۲۲)، گندم (۲۷، ۳۱)، ذرت (۴، ۸، ۲۴، ۲۵)، سویا (۲۶)، جو (۶)، پنبه (۲، ۷)، چغندرقند (۱۹) و گندم دوروم (۱۷) گزارش شده است.

با توجه به اینکه کشت غالب علوفه منطقه مغان ذرت بوده، با این حال به علت وجود آفات زیاد ذرت در منطقه و همچنین مصرف آب بیشتر و پرتوقع بودن این گیاه، بهتر است تغییر نگرشی در جهت تولید علوفه با آب کمتر و گیاه مقاوم تر به آفات و هزینه تولید کمتر ایجاد شود. بنابراین در چنین شرایطی سورگوم با توجه مصرف آب کمتر و توقع کمتر و عملکرد علوفه بالاتر می‌تواند جهت تامین علوفه و مواد پروتئین و تأمین غذای مورد نیاز دام و همچنین استفاده حداکثر از واحدهای زراعی قابل کشت و افزایش سطح زیر کشت مورد توجه قرار گیرد. بنابراین یافتن ارقام سورگوم با عملکرد علوفه بالا و پایدار بسیار ضروری به نظر است. چون وجود اثر متقابل ژنوتیپ×محیط همواره مشکلاتی را در جهت شناسائی ژنوتیپ‌های برتر برای توصیه کشت ایجاد می‌کند بدین ترتیب ارزیابی ارقام در طی سال‌های مختلف یک ضرورت محسوب می‌شود. این پژوهش با هدف تجزیه اثر متقابل ژنوتیپ×محیط با استفاده از مدل GGE بای پلات به منظور ارزیابی واریته‌ها، محیط‌ها، روابط بین واریته‌ها و محیط، تعیین واریته‌های ایده آل و توصیه بهترین واریته (ها) برای شرایط مختلف کشت در دشت مغان انجام گرفت.

## مواد و روش‌ها

این پژوهش در ایستگاه مرکز تحقیقات کشاورزی مغان (بین ۳۹ درجه و ۴۱ دقیقه عرض شمالی و ۴۷ درجه و ۳۲ دقیقه طول شرقی و ارتفاع ۴۵ تا ۵۰ متر از سطح دریای آزاد) اجراء شد. این منطقه جزء اقلیم نیمه بیابانی خفیف بوده، دارای زمستان‌های ملایم و تابستان‌های گرم می‌باشد. حداکثر دما در مرداد ماه ۳۱/۴ درجه سانتی گراد و حداقل در دی ماه با ۱/۴ درجه سانتی گراد گزارش گردیده است. میانگین بارندگی در منطقه مورد مطالعه ۳۸۹/۵ میلی متر گزارش شده است.

این طرح در دو شرایط کشت بهاره و تابستانه به مدت سه فصل زراعی (جمعا در شش محیط) برروی هفت واریته سورگوم علوفه‌ای در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار انجام گردید. در این بررسی دو شرایط کشت شامل محیطE1 = کشت بهاره (کاشت در نیمه دوم اردیبهشت) و محیط E2 = کاشت تابستانه (کشت بعد از برداشت کلزا و گندم در دهه اول تیرماه) و هفت واریته سورگوم علوفه‌ای شاملKFS1، KFS2، KFS3، PACIFICBMR،CHOPPER، NECTAR و SPEEDFEED بودند.

هر واریته در هر کرت آزمایشی در چهار خط به فاصله ۶۰ سانتی متر و به طول ۷ متر به صورت سری کشت شد. بعد از سبز شدن واریته‌ها و در مرحله ۶-۴ برگی طوری تنک شدند که فاصله بوته‌ها در روی ردیف به ۶ سانتی‌متر رسید. بنابراین در روی هرخط ۷ متری ۱۱۸ بوته باقی ماند. در زمان ارتفاع حدود۴۰ سانتی متری بوته‌ها، کود سرک ازته به صورت نواری در کنار پشته‌ها بر اساس آزمون خاک به زمین داده شد. بعد از هر چین و به همین روش مجدداً کود اوره اضافه شد. آبیاری به صورت نشتی انجام و دور آبیاری ۱۰-۷ روز یک بار در نظر گرفته شد. معیار برداشت ارتفاع بوته بوده و برداشت زمانی شروع شد که ارتفاع بوته به ۱۷۰-۱۸۰ سانتی متر رسیده باشد. برای اینکه رشد بعدی براحتی امکان پذیر باشد، برداشت بوته‌ها از ۱۵-۱۰ سانتی‌متر سطح زمین انجام گرفت. برداشت از دو خط وسط با حذف ۲۵ سانتی‌متر از طرفین هر خط انجام گرفت و دو خط کناری نیز بعنوان حاشیه حذف گردیدند. بنابراین برداشت از سطح ۷/۸ مترمربع به عمل آمد و بلافاصله توزین گردید. از علوفه دو خط وسط در هر کرت یک نمونه تصادفی به میزان ۲ کیلوگرم جهت تعیین وزن خشک انتخاب گردیدند. در هر دو شرایط کشت بهاره و تابستانه دو چین برداشت شد و مجموع عملکرد دو چین به عنوان عملکرد علوفه تر و خشک در محاسبات استفاده شد.

در محاسبات آماری، قبل از تجزیه مرکب، آزمون بارتلت برای بررسی همگنی واریانس‌ها انجام گرفت و به منظور تجزیه گرافیکی اثر متقابل ژنوتیپ×محیط از مدلGGE بای پلات (۳۱،۲۸) استفاده شد.

رابطه GGE بای پلات بر اساس تجزیه به مقادیر منفرد به صورت زیر بود:

$$Y_{ij} - \mu - \beta_j = \sum \lambda_1 \xi_{i1} \eta_{j1} + \varepsilon_{ij}$$

[ Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-01-29 ]

در این رابطه $Y_{ij}$ میانگین ژنوتیپi درمحیطj، μمیانگین کل، $B_j$ اثر اصلی محیطj، $\lambda_l$ مقادیر منفرد برای مولفه اصلی ($PC_l$,l=1,2)، $\eta_{lij}$ بردار ویژه محیط J برای $PC_l$ و $\varepsilon_{ij}$ باقیمانده مدل است. به عبارت دیگر این روش نوعی تجزیه به مولفه‌های اصلی برای مجموع اثر اصلی ژنوتیپ و اثر متقابل ژنوتیپ و محیط است که در آن از راهبرد تجزیه به مقادیر منفرد استفاده می‌شود. داده‌های منتج از ژنوتیپ‌ها و محیط‌ها به صورت یک ماتریس دو طرفه مورد تجزیه وتحلیل قرار گرفته، مقادیر ویژه و بردارهای ویژه ژنوتیپ‌ها و محیط‌ها استخراج می‌شوند.

برای مقیاس بندی متقارن بردارهای ویژه ژنوتیپ‌ها و محیط‌ها از روابط زیر استفاده شد:

$$\xi_{il}^{*} = \lambda_l^{1/2}\xi_{il} = (\lambda_l\xi_{ilk})\lambda_l^{1/2}$$

$$\eta_{jl}^{*} = \lambda_l^{1/2}\eta_{jl} = \eta_{jl}\lambda_l^{1/2}$$

مقدار منفرد برای یک مولفه اصلی برابر ریشه دوم مجموع مربعات توجیه شده توسط آن مولفه اصلی است. بنابراین ریشه دوم مقادیر منفرد برای مولفه اصلی K ام بر اساس رابطه زیر به دست می‌آید:

$$\lambda_l^{1/2} = (x_l n)^{1/4}$$

در این رابطه، $X_l$ مقدار منفرد برای مولفه اصلی Iام وn تعداد ژنوتیپ است (۳۱،۲۸).

پس از مقیاس بندی متقارن بردارهای ویژه ژنوتیپ‌ها و محیط‌ها، مقادیر مورد نیاز برای رسم نمودارهای بای پلات حاصل می‌شود. نرم افزارGGE بای پلات تمامی این مراحل را انجام داده و نمودارهای مورد نیاز را تولید می‌کند.

در این مطالعه بای پلات‌ها بر اساس ۱) الگوهای" کدام ژنوتیپ برای کدام محیط (Which-win-where) مناسب تر است"، ۲) رتبه بندی گرافیکی ژنوتیپ‌ها براساس ترکیب همزمان عملکرد علوفه با پایداری و ۳) رتبه بندی گرافیکی ژنوتیپ‌ها براساس ژنوتیپ ایده آل ترسیم شدند.

## نتایج و بحث

نتایج تجزیه مرکب سه ساله عملکرد علوفه تر و خشک نشان داد اثر محیط و اثر متقابل محیط و واریته در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار است (جدول ۱). سهم اثر اصلی برای محیط، اثر ژنوتیپ، اثر متقابل ژنوتیپ × محیط در مورد عملکرد علوفه تر به ترتیب ۴۷/۳٪، ۲۶/۳٪ و ۵/۳٪ در مورد عملکرد علوفه خشک به ترتیب ۳۶/۹٪، ۵/۶٪ و ۱۷/۷٪ از مجموع مربعات بود (جدول ۱). معنی‌دار بودن اثر متقابل واریته×محیط، حاکی از یکسان نبودن عملکرد نسبی واریته‌ها از محیطی به محیطی دیگر بود. به طوری که بررسی روند تغییرات میانیگن عملکرد علوفه تر و خشک واریته‌های مورد مطالعه در محیط‌های مختلف نیز نشان داد که اکثر واریته‌های مورد مطالعه روند تغییرات عملکردی ثابت یا مشخصی را در محیط‌های مختلف نشان ندادند که اثر متقابل ژنوتیپ×محیط را نشان می‌دهد (جدول ۲). این مسئله علاوه بر تفاوت بین محیط‌های بررسی، تفاوت دو شرایط کشت را در سه سال مورد بررسی را نشان داد. همچنین معنی‌دار بودن اثر واریته و اثر متقابل واریته ×محیط حاکی از تفاوت قابل توجه بین واریته‌ها از نظر میانگین عملکرد بود. بررسی عملکرد واریته‌های مورد مطالعه نشان داد واریته NECTAR با میانگین ۱۰۳/۵ تن در هکتار از نظر عملکرد علوفه تر و واریته‌های SPEEDFEED و NECTAR به ترتیب با ۱۷/۵۲ و ۱۷/۱۹ تن در هکتار از نظر عملکرد علوفه خشک، واریته‌های برتر شناخته شدند.

جدول ۱- تجزیه مرکب عملکرد علوفه تر و خشک واریته‌های سورگوم علوفه‌ای در شش محیط (دو شرایط کشت بهاره و تابستانه و سه سال)
Table 1. Combined analysis of variance for fresh and dry forage yield of sorghum varieties in six environments (two spring and summer cropping conditions and three years)

| | | علوفه تر | | علوفه خشک | |
|---|---|---|---|---|---|
| منابع تغییرات | Df | میانگین مربعات | سهم از واریانس کل (٪) | میانگین مربعات | سهم از واریانس کل (٪) |
| محیط (E) | ۵ | ۴۹۹۸** | ۴۷/۳ | ۹۶/۰۸** | ۳۶/۹ |
| محیط/تکرار | ۱۸ | ۲۶۵ | ۹ | ۹/۱۲ | ۱۲/۶ |
| ژنوتیپ (G) | ۶ | ۲۳۲۵/۷** | ۲۶/۴ | ۱۲/۲۱** | ۵/۶ |
| G × E | ۳۰ | ۹۴** | ۵/۳ | ۷/۶۹** | ۱۷/۷ |
| خطا | ۱۰۸ | ۵۷/۹۹ | ۱۱/۹ | ۳/۲۶ | ۲۷/۱ |

**: معنی دار در سطح احتمال ۱٪

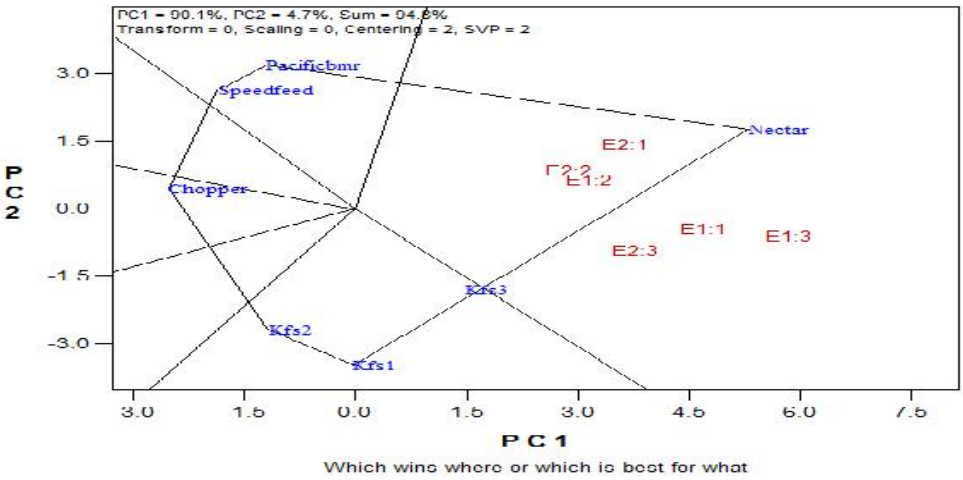
با توجه به وجود اثر متقابل بین ژنوتیپ و محیط، تجزیه واریانس معمولی قادر به توجیه پایداری ژنوتیپ‌ها نمی‌باشد، بنابراین لازم است با استفاده از روش‌های آماری، اثر متقابل ژنوتیپ×محیط تجزیه و بررسی شود، تا بتوان ژنوتیپ ( های) پایدار را مشخص نمود. نتایج حاصل از تجزیه اثر متقابل ژنوتیپ×محیط با روش گرافیکی GGE بای پلات نشان داد در مورد عملکرد علوفه تر دو مولفه اصلی اول و دوم به ترتیب۹۰/۱ و ۴/۷ درصد و در مجموع ۹۴/۸ درصد از تغییرات کل موجود در داده‌ها را توجیه نمودند (شکل ۱- الف) در صورتی که برای عملکرد علوفه خشک این اعداد به ترتیب برابر با ۴۷/۸، ۲۸/۷ و ۷۶/۵ درصد بودند (شکل ۱- ب). بنابراین دو مولفه اول توانستند بیشتر تغییرات مشاهده شده در عملکرد علوفه تر و خشک را توجیه نماید.

یکی از کاربردهای مهم GGE بای پلات نمودار چندضلعی (پلی گون) اثر متقابل ژنوتیپ × محیط است که می‌توان با استفاده از نظر عملکرد علوفه خشک، واریته‌های NECTAR، KFS3، PACIFICBMR، CHOPPER و SPEEDFEED در راس چندضلعی قرار گرفتند. بر این اساس، در برخی از محیط‌ها، واریته NECTAR و در برخی دیگر واریته SPEEDFEED، واریته‌های برتر از نظر عملکرد

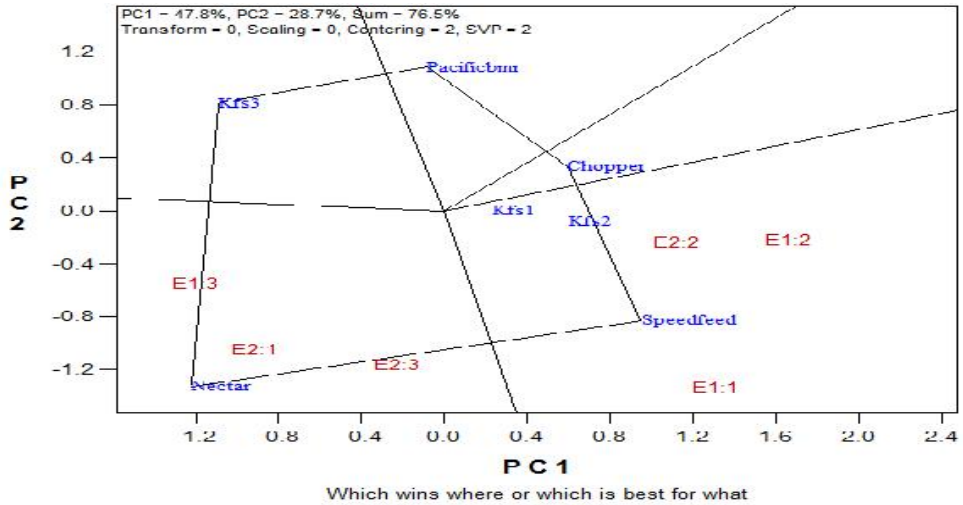
[ Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-01-29 ]

علوفه خشک شناخته شدند. به طوری که برتری نسبی واریته NECTAR در شرایط کشت تابستانه و واریته SPEEDFEED در شرایط کشت بهاره مشهود بود (شکل ۱- ب).

این نمودار تفسیر گوناگونی را بدست آورد. شکل ۱، نمایش چندضلعی از هفت واریته سورگوم علوفه‌ای در شش محیط را نشان می‌دهد. چنین رویه‌ای توسط سایر محققین نیز استفاده شده است (۳۰،۲۳،۴). در این شکل واریته‌های که حداکثر فاصله را از مبدا بای پلات دارند توسط خطوطی مستقیمی به یکدیگر وصل شده و یک چندضلعی حاصل می‌شود، سپس از مبدا مختصات خطوطی عمود بر اضلاع این چندضلعی رسم شده و محیط‌های بزرگ مشخص می‌شوند (۳۰). در مورد عملکرد علوفه تر، واریته‌های NECTAR، KFS1، KFS2، CHOPPER، SPEEDFEED و PACIFICBMR در راس چندضلعی قرار گرفتند. این واریته‌ها از نظر عملکرد علوفه تر بهترین و یا ضعیف‌ترین واریته‌ها در بعضی از محیط‌ها و یا همه محیط‌ها بودند، چرا که بیشترین فاصله را از مرکز بای پلات داشتند. در محیط‌هایE1 (کشت بهاره) و E2 (کشت تابستانه) واریته NECTAR بیشترین عملکرد علوفه تر را داشت و واریته برتر برای این دو شرایط کشت شناخته شدند. واریته‌های، KFS1، KFS2، CHOPPER، SPEEDFEED و PACIFICBMR اگر چه واقع در راس چندضلعی بودند ولی در هیچ از یک محیط‌ها عملکرد علوفه تر خوبی نداشتند (شکل ۱- الف).




(الف)




(ب)

شکل ۱- نمایش چندضلعی انطباق عملکرد علوفه تر (الف) و خشک (ب) هفت واریته سورگوم علوفه‌ای علوفه‌ی با محیط‌ها در سه سال با روش GGE بای پلات

Figure 1. Polygon views of the GGE biplot for fresh and dry forage yield of seven sorghum varieties in environments and three years

[ Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-01-29 ]

جدول ۲- میانگین عملکرد علوفه تر و خشک و رتبه آنها برای واریته‌های سورگوم علوفه‌ای مورد مطالعه در دو شرایط کشت بهاره و تابستانه در سه سال بررسی در دشت مغان

Table 2. Mean of fresh and dry forage yield for studied forage sorghum varieties and their ranking in spring and summer cropping conditions in three years in Moghan

| واریته‌ها | عملکرد علوفه تر | | | | | | | | | | | | | | | | میانگین کل دو شرایط |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | کشت بهاره | | | | | | | کشت تابستانه | | | | | | | | | |
| | سال اول | رتبه | سال دوم | رتبه | سال سوم | رتبه | میانگین | سال اول | رتبه | سال دوم | رتبه | سال سوم | رتبه | میانگین | | | |
| KFS1 | ۱۱۴/۷۴ | ۲ | ۸۲/۳۴ | ۵ | ۷۸/۵۹ | ۳ | ۹۱/۸۹ | ۶۳/۲۰ | ۵ | ۸۲/۵۰ | ۴ | ۷۵/۲۰ | ۴ | ۷۳/۶۳ | | | ۸۲/۷۶ |
| KFS2 | ۱۰۰/۳۹ | ۵ | ۸۲/۵۰ | ۴ | ۷۲/۸۸ | ۴ | ۸۵/۲۶ | ۵۹/۴۱ | ۷ | ۸۲/۸۸ | ۳ | ۷۶/۸۱ | ۳ | ۷۳/۰۳ | | | ۷۹/۱۵ |
| KFS3 | ۱۱۴/۲۶ | ۳ | ۸۹/۲۱ | ۲ | ۸۹/۷۴ | ۲ | ۹۷/۷۴ | ۷۴/۲۳ | ۲ | ۸۱/۶۳ | ۵ | ۸۰/۶۰ | ۵ | ۷۸/۸۲ | | | ۸۸/۲۸ |
| PACIFICBMR | ۱۰۰ | ۶ | ۸۴/۳۳ | ۳ | ۷۲/۴۷ | ۵ | ۸۵/۶۰ | ۶۷/۸۱ | ۴ | ۸۵/۶۳ | ۲ | ۶۵/۰۷ | ۲ | ۷۲/۸۳ | | | ۷۹/۲۲ |
| CHOPPER | ۹۴/۰۷ | ۷ | ۷۹/۹۰ | ۷ | ۶۵/۴۵ | ۶ | ۷۹/۸۱ | ۶۰/۸۶ | ۶ | ۷۸/۷۵ | ۷ | ۶۶/۳۳ | ۷ | ۶۸/۶۵ | | | ۷۴/۲۳ |
| NECTAR | ۱۳۰/۱۳ | ۱ | ۱۰۲/۶۹ | ۱ | ۱۰۵/۶۹ | ۱ | ۱۱۲/۸۴ | ۸۸/۰۴ | ۱ | ۱۰۱/۶۳ | ۱ | ۹۲/۸۳ | ۱ | ۹۴/۱۶ | | | ۱۰۳/۵۰ |
| SPEEDFEED | ۱۰۳/۲۱ | ۴ | ۸۱/۹۶ | ۶ | ۶۱/۸۹ | ۷ | ۸۲/۳۵ | ۶۸/۳۹ | ۳ | ۷۹/۸۸ | ۶ | ۶۷/۳۴ | ۶ | ۷۱/۸۷ | | | ۷۷/۱۱ |

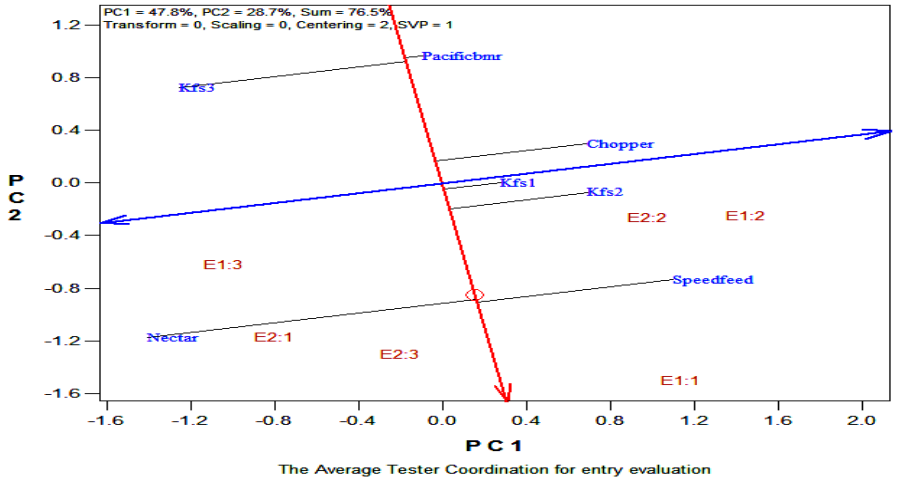
| واریته ها | عملکرد علوفه خشک | | | | | | | | | | | | | | | | میانگین کل دو شرایط |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | کشت بهاره | | | | | | | کشت تابستانه | | | | | | | | | |
| | سال اول | رتبه | سال دوم | رتبه | سال سوم | رتبه | میانگین | سال اول | رتبه | سال دوم | رتبه | سال سوم | رتبه | میانگین | | | |
| KFS1 | ۲۱/۷۰ | ۱ | ۱۴/۸۴ | ۵ | ۱۵/۹۳ | ۳ | ۱۷/۴۹ | ۱۴/۷۰ | ۵ | ۱۶/۱۵ | ۵ | ۱۳/۶۴ | ۶ | ۱۴/۸۳ | | | ۱۶/۱۶ |
| KFS2 | ۲۰/۴۵ | ۴ | ۱۷/۰۸ | ۲ | ۱۵/۷۷ | ۴ | ۱۷/۷۷ | ۱۴/۵۶ | ۶ | ۱۷/۰۷ | ۲ | ۱۴/۹۹ | ۲ | ۱۵/۵۴ | | | ۱۶/۶۶ |
| KFS3 | ۱۶/۸۹ | ۷ | ۱۴/۸۱ | ۶ | ۱۷/۷۲ | ۲ | ۱۶/۴۷ | ۱۶/۰۱ | ۳ | ۱۵/۴۸ | ۷ | ۱۴/۰۴ | ۴ | ۱۵/۱۸ | | | ۱۵/۸۳ |
| PACIFICBMR | ۱۸/۲۵ | ۶ | ۱۵/۷۷ | ۴ | ۱۵/۲۹ | ۷ | ۱۶/۴۴ | ۱۵/۹۷ | ۴ | ۱۶/۳۱ | ۴ | ۱۲/۲۲ | ۷ | ۱۴/۸۳ | | | ۱۵/۶۴ |
| CHOPPER | ۲۰/۶۴ | ۳ | ۱۶/۲۸ | ۳ | ۱۵/۷۴ | ۵ | ۱۷/۵۵ | ۱۳/۹۴ | ۷ | ۱۷/۰۰ | ۳ | ۱۳/۸۵ | ۵ | ۱۴/۹۳ | | | ۱۶/۲۴ |
| NECTAR | ۲۰/۴۵ | ۵ | ۱۴/۱۰ | ۷ | ۱۸/۵۶ | ۱ | ۱۷/۷۰ | ۱۸/۴۳ | ۱ | ۱۵/۵۶ | ۶ | ۱۶/۰۲ | ۱ | ۱۶/۶۷ | | | ۱۷/۱۹ |
| SPEEDFEED | ۲۱/۲۵ | ۲ | ۱۸/۷۵ | ۱ | ۱۵/۵۱ | ۶ | ۱۸/۵۰ | ۱۶/۹۵ | ۲ | ۱۸/۱۷ | ۱ | ۱۴/۴۷ | ۳ | ۱۶/۵۳ | | | ۱۷/۵۲ |

[ Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-01-29 ]

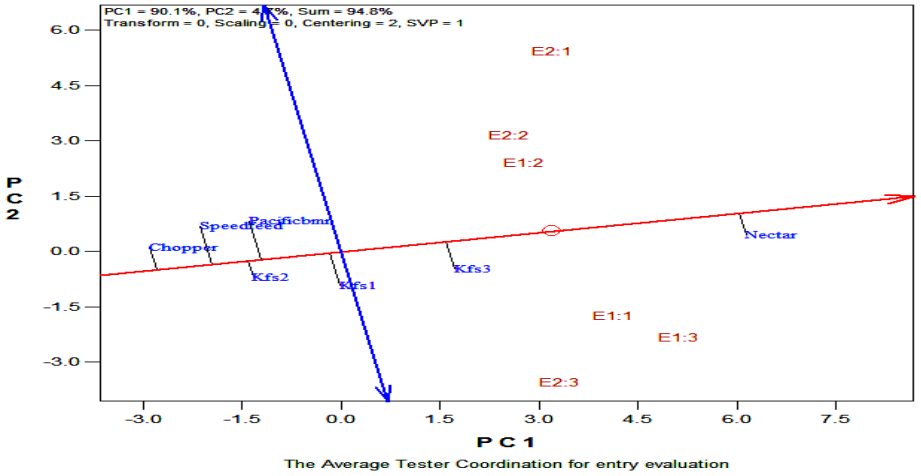
برای بررسی پایداری و عملکرد واریته‌ها، از نمودار محور پایداری (Average Tester Coordinate) استفاده می‌شود که در این بررسی نیز براساس داده‌های میانگین سه سال این نمودار رسم شد (شکل ۲). در این شکل محوری که با دایره و فلش مشخص شده، نشان‌دهنده پایداری است و هر واریته‌ی که به این محور نزدیک تر باشد پایدارتر است (۳۰). در عین حال محوری که فقط با فلش مشخص شده نشان دهنده متوسط عملکرد علوفه واریته‌ها است و واریته‌های موجود سمت چپ این خط، دارای عملکرد علوفه پایین تر از متوسط کل می‌باشند.

بر این اساس واریته‌های PACIFICBMR وSPEEDFEED، واریته‌های با عملکرد علوفه تر پایین و پایداری کم، واریته‌های KFS2 و CHOPPER دارای عملکرد علوفه تر پایین و پایداری بالا، واریته KFS1 عملکرد علوفه تر پایین و پایداری متوسط و واریته KFS3 عملکرد علوفه تر متوسط و پایداری بالا بودند در مقابل واریته NECTAR دارای عملکرد علوفه تر بالا و پایداری بالا بود (شکل ۲- الف). در حالی که بررسی پایداری عملکرد علوفه خشک واریته‌ها حاکی از عملکرد بالا و پایداری پایین واریته‌هایNECTAR و SPEEDFEED، عملکرد متوسط و پایداری بالا واریته KFS1، عملکرد متوسط و پایداری متوسط واریته KFS2، عملکرد پایین و پایداری پایین واریته KFS3 و عملکرد پایین و پایداری بالا واریته PACIFICBMR داشت (شکل ۲- ب).

چون در انتخاب واریته برای محیط‌های مختلف، بایستی هر دو مقوله عملکرد و پایداری را در نظر گرفت، بنابراین به نظر می‌رسد واریته NECTAR با پایداری خوب و بالاترین عملکرد علوفه تر، بهترین واریته از این نظر بود ولی از نظر عملکرد علوفه خشک با بالاترین عملکرد علوفه خشک پایداری پایینی داشت.




(الف)



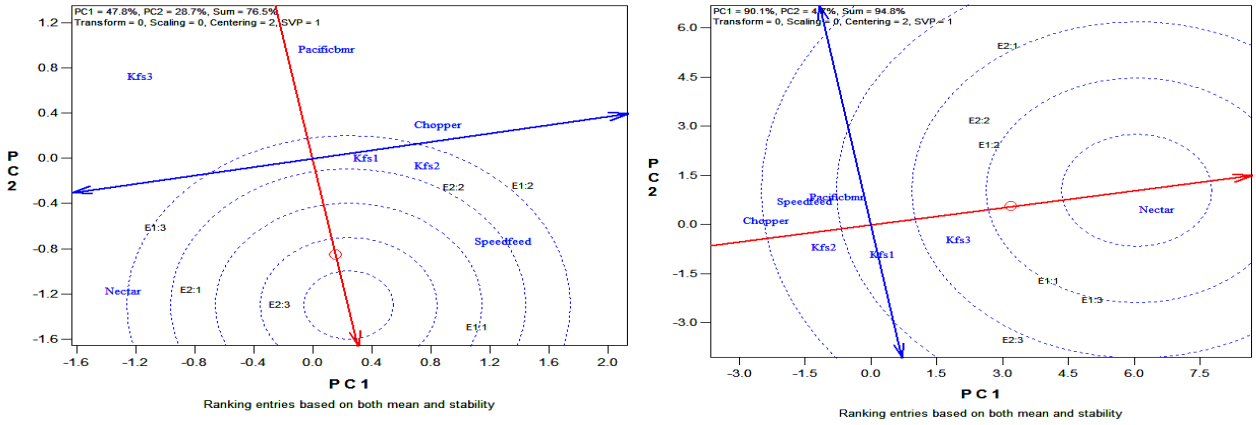

(ب)

شکل ۲- ارزیابی هفت واریته سورگوم علوفه‌ای در محیط‌ها بطور همزمان بر اساس عملکرد علوفه تر (الف) و خشک (ب) و پایداری عملکرد علوفه آنها

Figure 2. Evaluation of seven forage sorghum varieties based on both fresh (a) and dry (b) forage yield and their stability in the environments

[ Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-01-29 ]

ژنوتیپ ایده آل بر اساس تعیین فاصله از ژنوتیپ ایده آل فرضی است. این ژنوتیپ ایده آل فرضی بر اساس پایدارترین ژنوتیپ و پرمحصول‌ترین ژنوتیپ تعریف می‌شود (۲۸). چنین ژنوتیپی به عنوان ژنوتیپی که دارای بیشترین طول بر روی بردار میانگین ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا و دارای حداقل نقش در پدیده اثر متقابل ژنوتیپ× محیط باشد تعریف شده است، به صورتی که در نمودار، ژنوتیپ ایده آل فرضی به صورت یک دایره کوچک روی محور میانگین عملکرد ژنوتیپ‌ها نشان داده می‌شود. برای استفاده از ژنوتیپ ایده آل به عنوان مرکز ارزیابی، دایره‌های هم مرکزی در بای پلات به منظور تعیین گرافیکی فاصله بین ژنوتیپ‌های مطالعه شده با ژنوتیب ایده آل ایجاد شده است (شکل ۳). هر ژنوتیپی در مرکز دایره‌ها و یا نزدیک ترین فاصله را از این ژنوتیپ فرضی داشته به عنوان یک ژنوتیپ برتر با عملکرد بالا و پایداری بالا محسوب می‌شود. در شکل ۳- الف، از نظر عملکرد علوفه تر، واریته NECTAR با کمترین فاصله از ژنوتیپ ایده آل فرضی، برترین واریته بود. در عین حال از نظر علوفه خشک واریته‌های NECTAR و SPEEDFEED کمترین فاصله را از ژنوتیپ ایده آل فرضی داشتند (شکل ۳- ب). با در نظر گرفتن این موضوع که واریته SPEEDFEED از نظر علوفه تر فاصله زیادی با ژنوتیپ برتر داشت، می‌توان گفت واریته NECTAR در طی سال‌ها و شرایط کشت مختلف واریته برتر برای کشت در دشت مغان مطلوب است.




(ب) (الف)

شکل ۳- مقایسه واریته‌های مورد مطالعه با ژنوتیپ ایده آل GGE بای پلات براساس پایداری و عملکرد علوفه تر (الف) و خشک (ب) در سه سال

Figure 3. Comparing of the studied forage sorghum varieties with the GGE-biplot ideal genotype based on both fresh (a) and dry (b) forage yield and stability performance in three years

رویه GGE بای پلات برای تجزیه اثر متقابل ژنوتیپ محیط به منظور ارزیابی ژنوتیپ‌ها در آزمایش‌های چند محیطی توسط راکشیت و همکاران (۲۱) و رائو و همکاران (۲۲) سورگوم دانه‌ای یان و هانت (۲۷) و یان و همکاران (۳۱) در گندم، شیری (۲۵)، چوکان (۴) و فان و همکاران (۸) در ذرت، یان و راجان (۲۶) در سویا، دهقانی و همکاران (۶) در جو، بلانک و مایر (۲) و دیمیتروس و همکاران (۷) در پنبه و محمدی و همکاران (۱۷) در گندم دوروم استفاده شده و همگی به کارایی بالایی این رویه در گزینش ژنوتیپ‌های پایدار و سازگار اشاره نمودند (۲،۴،۶،۷، ۸، ۱۷،۲۱،۲۲،۲۵،۲۶،۲۷،۳۱).

بر اساس نتایج این تحقیق، از نظر علوفه تر واریته NECTAR در هر دو شرایط کشت تابستانه و بهاره و از نظر علوفه خشک واریته‌های در شرایط کشت تابستانه NECTAR و واریته SPEEDFEED در شرایط کشت بهاره، واریته‌های برتر با سازگاری خصوصی بالا بودند. بر اساس بای‌پلات ژنوتیپ ایده‌آل فرضی، واریته NECTAR براساس هر دو مقوله پایداری و میانگین عملکرد، بهتر از سایر واریته‌ها در هر دو شرایط کشت بود و سازگاری عمومی بالایی داشت.

## منابع


1. Becker, H.B. and J. Leon. 1988. Stability analysis in plant breeding. Plant Breeding, 101: 1-23.
2. Blanche, S.B. and G.O. Myers. 2006. Identifying discriminating locations for cultivar selection in Louisiana. Crop Science, 46: 946-949.
3. Brandiej, E. and B.E. Meverty. 1994. Genotype × environmental interaction and stability of seed yield of oil rapeseed. Crop Science, 18: 344-353.
4. Choukan, R. 2011. Genotype, environment and genotype × environment interaction effects on the performance of maize (*Zea mays* L.) inbred lines. Crop Breeding Journal, 1: 97-103.
5. Cornelius, P.L. and J. Crossa. 1999. Prediction assessment of shrinkage estimators of multiplicative models for multi-environment cultivar trials. Crop Science, 39: 998-1009.


[ Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-01-29 ]

6. Dehghani, H., A. Ebadi and A. Yousefi. 2006. Biplot analysis of genotype by environment interaction for barley yield in Iran. Agronomy Journal, 98: 388-393.
7. Dimitrios, B., G.Christos, R. Jesus and B. Eva. 2008. Separation of cotton cultivar testing sites based on representativeness and discriminating ability using GGE Biplots. Agronomy Journal, 100: 1230-1236.
8. Fan, X.M., M.S. Kang, H.Chen, Y. Zhang, J. Tan and C. Xu. 2007. Yield stability of maize hybrids evaluated in multi-environment trials in Yunnan, China. Agronomy Journal, 99: 220-228.
9. Francis, T.R. and L.W. Kannenberg. 1978. Yield stability studies in short season maize. A descriptive method for grouping genotype. Plant Science, 58: 129-1034.
10. Gabriel, K.R. 1971. The biplot graphic display of matrices with application to principal component analysis. Biometrika, 58: 453-467.
11. Gauch, H.G. 2006. Statistical analysis of yield trials by AMMI and GGE. Crop Science, 46: 1488-1500.
12. Gauch, H.G. and R.W. Zobel. 1997. Identifying mega-environments and targeting genotypes. Crop Science, 37: 311-326.
13. House, L.R. 1979. A guide to sorghum breeding. International Crops Research Institute for Semi Arid Tropics. Patancheu, Architectural Digest. India, 201 pp.
14. Karimizadeh, R., H. Dehghani and Z. Dehghanpour. 2006. Determination of genotypic ranks and stability of corn hybrids (*Zea mays* L.) by nonparametric statistics. Iranian Journal of Agricultural Sciences, 37: 381-388.
15. Kempton, R.A. 1984. The use of bi-plots in interpreting variety-by-environment interactions. Journal of Agricultural Science, Cambridge, 103: 123-135.
16. Ketata, H. 1988. Genotype and environment interaction, proceeding of biometrical technique for cereal. Breeders, International Center for Agricultural Research in the Dry Areas, 16-32.
17. Mohammadi, R., R. Haghparast, A. Amri and S. Ceccarelli. 2010. Yield stability of rainfed durum wheat and GGE biplot analysis of multi-environment trials. Crop and Pasture Science, 61: 92-101
18. Moreno-Gonzalez, J., J. Crossa and P.L. Cornelius. 2004. Genotype × environment interaction in multi-environment trials using shrinkage factors for AMMI models. Euphytica, 137: 119-127.
19. Niazian, M., R. Amiri, S.M. Mahdi Mortazavian, A. Rajabi and M.R. Orazizadeh. 2009. Genetical analysis for yield traits in tropical beet using of gge-biplot analysis of diallel cross data. Journal of Crop Breeding, 1: 77-94.
20. Perkins, J.M. and J.L. Jinks. 1971. Environmental and genotype environment components of variability.III. Multiple line and crosses. Heredity, 23: 339-356.
21. Rakshit, S., K.N. Ganapathy, S.S. Gomashe, A. Rathore, R.B. Ghorade, M.V.N. Kumar, K.Ganesmurthy, S.K. Jain, M.Y. Kamtar, J.S. Sachan, S.S. Ambekar, B.R. Ranwa, D.G. Kanawade, M. Balusamy, D. Kadam, A. Sarkar, V.A. Tonapi and J.V. Patil. 2012. GGE biplot analysis to evaluate genotype, environment and their interactions in sorghum multilocation data. Euphytica, 185: 465-479.
22. Rao, S.P. and P.S. Reddy, A. Rathore, B.V.S. Reddy and S. Panwar. 2011. Application GGE biplot and AMMI model to evaluate sweet sorghum (Sorghum bicolor) hybrids for genotype×environment interaction and seasonal adaptation. Indian Journal of Agricultural Sciences, 81: 438-444.
23. Sabaghnia, N., H. Dehghani and S.H. Sabaghpour. 2008. Graphic analysis of genotype × environment interaction for lentil (Lens culinaris Medik) yield in Iran. Agronomy Journal, 100: 760-764.
24. Shahryari-Nasab, M., R. Chogan, M. Khodarahmi, A. Masomiand and S. Khavari- khorasani. 2015. Genotype× environment interaction for grain yield of maize hybrids using the GGE biplot. Journal of Crop Breeding, 7: 123-129.
25. Shiri, M. 2013. Grain yield stability analysis of maize (*Zea mays* L.) hybrids in different drought stress conditions using GGE biplot analysis. Crop Breeding, 3: 107-112.
26. Yan, W. and I. Rajcan. 2002. Biplot analysis of test sites and trait relations of soybean in Ontario. Crop Science, 42: 11-20.
27. Yan, W. and L.A. Hunt. 2002. Biplot analysis of diallel data. Crop Science, 42: 21-30.
28. Yan, W. and M.S. Kang. 2003. GGE biplot analysis: A graphical tool for breeders, geneticists, and agronomists. CRC Press, Boca Raton, Florida, 288 pp USA.
29. Yan, W. and N.A. Tinker. 2006. Biplot analysis of multi-environment trial data: Principles and applications. Canadian Journal of Plant Science, 86: 623-645.
30. Yan, W., L.A. Hunt, Q. Sheng and Z. Szlavnics. 2000. Cultivar evaluation and megaenvironment investigations based on the GGE biplot. Crop Science, 40: 597-605.
31. Yan, W., P.L. Cornelius, J. Crossa and L.A. Hunt. 2001. Two types of GGE biplots for analyzing multi-environment trial data. Crop Science, 41: 656-663.

[ Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-01-29 ]

# Evaluation of Fresh and Dry Forage Yield Stability of Forage Sorghum Varieties (*Sorghum bicolo* L. *moench*) in Different Conditions

**Mohammadreza Shiri**

Seed and Plant Improvement Institute, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran (Corresponding author: mohammadrezashiri52@gmail.com)
Received: December 29, 2014 Accepted: April 20, 2015

## Abstract

This study was conducted to estimate stability of yield in forage sorghum varieties for identifying varieties with combine stability and high yield potential across two cropping conditions. Thus, seven forage sorghum varieties were evaluated for three years under two cropping conditions including spring (E1) and summer (E2) cropping, using a randomized complete block design with four replications. Combined analysis of variance showed that environments, genotypes and genotype-by-environment (GE) interaction effects were highly significant, suggesting that the studied varieties differently responded to changes happened in environment. Genotype and genotype-by-environment (GGE) biplot analysis explained 94.8% and 76.5% of the fresh and dry forage yield variation due to GGE, respectively. The GGE biplot analysis ranked varieties for stability of performance as NECTAR≈CHOPPER≈KFS2>KFS3>KFS1 for fresh forage yield and PACIFICBMR>KFS1>KFS2 for dry forage yield, whereas NECTAR and KFS3 varieties and NECTAR and SPEEDFEED varieties had the highest fresh and dry forage yield, respectively. Based on genotype and genotype × environment interaction variation, variety NECTAR in both spring and summer cropping conditions for fresh forage yield, while for dry forage yield, variety SPEEDFEED in spring cropping condition and NECTAR in summer cropping condition showed as superior varieties with high specific adaptation. Based on a hypothetical ideal genotype, varieties NECTAR was better than other varieties across environments for yield and stability with wide adaptation.

**Keywords:** Adaptability, Biplot analysis, Ideal genotype, Spring cropping, Summer cropping

[ Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-01-29 ]