"مجله علوم زراعی ایران"
جلد نوزدهم، شماره ۱، بهار ۱۳۹۶

# ارزیابی تحمل تنش خشکی در لاین‌های امیدبخش سورگوم علوفه‌ای (*Sorghum bicolor* L. Moench)

# Evaluation of drought tolerance in forage sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) promising lines

عظیم خزائی[۱]

## چکیده

**خزائی، ع. ۱۳۹۶.** ارزیابی تحمل تنش خشکی در لاین‌های امیدبخش سورگوم علوفه‌ای (*Sorghum bicolor* L. Moench)**. مجله علوم زراعی ایران. ۱۹(۱): ۸۵-۷۳.**

**به منظور بررسی تحمل تنش خشکی در لاین‌های امید بخش سورگوم علوفه‌ای، آزمایشی به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج به مدت دو سال زراعی (۱۳۹۰ و۱۳۹۱) اجرا شد. در این پژوهش، عامل اصلی آبیاری در سه سطح (آبیاری پس از ۶۰، ۱۲۰ و۱۸۰ میلی متر تبخیر از سطح تشتک تبخیر) و عامل فرعی لاین‌های امیدبخش سورگوم علوفه‌ای در پنج سطح (KFS2، KFS3، KFS12، KFS17 و KFS18)، مورد ارزیابی قرار گرفتند. نتایج تجزیه واریانس مرکب صفات نشان داد که عملکرد علوفه خشک و تر و ارتفاع بوته در سطوح آبیاری دارای اختلاف معنی‌دار بودند. در تیمار تنش شدید (۱۸۰ میلی‌متر تبخیر؛ IR3)، لاین‌های KFS3، KFS2 و KFS18 به ترتیب با میانگین عملکرد ۱۱۲/۳، ۹۷/۵ و ۹۵/۹ تن در هکتار، بیشترین عملکرد علوفه‌تر را داشتند. شاخص‌های تحمل تنش (STI)، میانگین هندسی بهره‌وری (GMP) و میانگین تولید (MP) با همبستگی مثبت و معنی‌دار با عملکرد علوفه در شرایط تنش و بدون تنش، به‌عنوان معیارهای مناسب جهت شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل به تنش خشکی شناخته شدند. لاین KFS3 با بالاترین مقدار STI (۱/۱۸) در نمودار بای پلات در ناحیه با پتانسیل تولید بالا و حساسیت به خشکی پایین قرار گرفت. نتایج حاصله از نمودار چند متغیره بای‌پلات و همبستگی شاخص‌ها با عملکرد علوفه‌تر در شرایط بدون تنش و تنش نشان داد که شاخص‌های MP، GMP و STI نسبت به سایر شاخص‌ها در پیش‌بینی عملکرد از اهمیت بالایی برخودار هستند و با استفاده از این شاخص‌ها می‌توان ژنوتیپ‌های متحمل را بهتر گزینش کرد. این شاخص‌ها با همبستگی مثبت و معنی‌دار با عملکرد علوفه در شرایط تنش و بدون تنش، به‌عنوان معیارهای مناسب جهت شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل به تنش تعیین شده و لاین KFS3 به‌عنوان مناسب‌ترین لاین در شرایط تنش خشکی شناخته شد.**

**واژه‌های کلیدی: بای‌پلات، سورگوم علوفه‌ای، شاخص‌های تحمل تنش و لاین‌های امید بخش.**

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱۲/۰۸ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۲/۲۰ این مقاله مستخرج از پروژه تحقیقاتی مصوب مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران با شماره ۲-۰۳-۰۳-۸۹۰۲۹ می‌باشد.

۱- عضو هیات علمی مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران. عضو انجمن علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران (مکاتبه کننده) (پست الکترونیک: a.khazaei@areeo.ac.ir)



[ Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-17 ]

[ DOR: 20.1001.1.15625540.1396.19.1.6.2 ]

## مقدمه

سورگوم (*Sorghum bicolor* L. Moench) را می‌توان در محدوده وسیعی از انواع خاک‌هایی که اسیدیته آن حدود ۸/۵- ۵/۵ و دارای سطوح مختلفی از رطوبت باشند، کشت کرد. سورگوم علوفه‌ای برای تولید مقدار معینی ماده خشک در مقایسه با ذرت، به آب کمتری نیاز دارد. بعلاوه محصول این گیاه در چند چین قابل برداشت است که این موضوع باعث کاهش هزینه‌های تولید آن در مقایسه با ذرت می‌شود (Imam, 2007). هابی اریمانا و همکاران (Habyarimana *et al*., 2004) گزارش کردند که تحمل خشکی در ارقام سورگوم، ممکن است به سازوکار اجتناب از خشکی آن‌ها که به سیستم ریشه‌ای عمیق‌تر آن‌ها مربوط می‌شود، وابسته باشد که به آن‌ها امکان جذب رطوبت از لایه‌های عمیق‌ترخاک را می‌دهد. گیاه سورگوم نسبت به خشکی متحمل است، ولی برای تولید علوفه زیاد، نیاز به آبیاری دارد. نیاز آبی سورگوم حداقل معادل ۵۰۰ میلی متر بارندگی در طول فصل رشد است (Karimi,1997). اونکن و وندت (Onken and Wendet, 1992) گزارش کردند که کارآیی مصرف آب در سورگوم در دورهای آبیاری طولانی، افزایش می‌یابد. مورگان (Morgan, 1984) با مطالعه اثر دور آبیاری و خشکی روی سورگوم علوفه‌ای اظهار داشتند که روند رشد، عملکرد و ارتفاع بوته در فاصله بیشتر دور آبیاری، کاهش چشمگیری نشان می‌یابد.

پاین و همکاران (Payne *et al*., 1992) در تحقیقات خود به افزایش کارآیی مصرف آب در دوره‌های آبیاری طولانی مدت اشاره کردند. اثر دور آبیاری بر عملکرد عمدتاً به این موضوع بستگی دارد که چه مقدار از ماده خشک تولیدی به‌عنوان ماده مفید برداشت می‌شود. وقتی که اکثر یا تمام اندام‌های هوایی گیاه (در گیاهان علوفه‌ای) عملکرد را تشکیل می‌دهد، اثر دور آبیاری بر عملکرد شبیه اثر آن بر کل رشد است. در بسیاری از مناطق دنیا ، گیاهان در طول دوره رشد و نمو خود با تنش‌های مختلفی مواجه هستند که مهمترین عوامل کاهش دهنده رشد و عملکرد، همین تنش‌های گوناگون زنده و غیر زنده می‌باشند، به همین دلیل اختلاف قابل توجهی بین عملکرد بالقوه و واقعی محصولات دیده می‌شود، به‌طوری‌که در صورت عدم بروز تنش‌ها، عملکرد واقعی باید برابر با عملکرد پتانسیل گیاهان شود، اما در بسیاری از گیاهان متوسط عملکرد، محدود شده و ۱۰ تا ۲۰ درصد کمتر از عملکرد پتانسیل می‌باشد، که در دهه‌های آینده با افزایش جمعیت، این محدودیت‌ها به صورت جدی‌تر بر کشاورزی و منابع طبیعی دنیا اثر خواهد گذاشت (Blum, 1999). بیرچ و استوارت (Birch and Stewart, 1980) گزارش کردند که بین عملکرد ماده خشک در سورگوم علوفه‌ای و نسبت برگ به ساقه، رابطه منفی وجود دارد.

زمان بروز تنش خشکی نیز در نوع و میزان خسارت وارده اثرات زیادی دارد. تحقیق انجام شده روی ارزن و سورگوم نشان داد که تنش در مرحله رشد زایشی تا ۵۰ درصد عملکرد دانه را کاهش داده، اما بروز تنش در مرحله رشد رویشی در ارزن ۲۵ درصد و در سورگوم ۳۰ درصد عملکرد را کاهش داد (Rame and Kumari, 1995). در بررسی اثر تنش خشکی بر ذرت گزارش شد که علاوه بر عملکرد، ویژگی‌های کیفی ذرت نیز تحت تأثیر سوء تنش قرار می‌گیرد، به‌طوری‌که میزان پروتئین افزایش و نشاسته کاهش یافتند (Farley and Coot, 1998). در سورگوم نیز نتایج آزمایش‌ها نشان داده‌اند که تنش خشکی باعث کاهش میزان کربوهیدرات‌های دانه شده است (Volf and Fisher, 1995). سرعت رشد گیاه نیز تحت تأثیر تنش قرار گرفته و به شدت کاهش می‌یابد. در ذرت در یک دوره رشد، مقدار کاهش تا ۴۰ درصد نیز گزارش شده است (Chapamane and Westgate, 1993). با وجود این،



[ Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-17 ]

[ DOR: 20.1001.1.15625540.1396.19.1.6.2 ]

وقوع تنش به علت اختلال و تغییر در فعالیت‌های گیاهی، افت میزان عملکرد را نسبت به شاهد به همراه خواهد داشت که شدت این تغییرات با توجه به شدت تنش و مرحله رشد گیاهی متفاوت است (Roshdi and Rezadoust, 2005).

آب یکی از مهم‌ترین عوامل موثر در عملکردگیاهان است و تنش خشکی در گیاهان علوفه‌ای باعث کاهش سرعت رشد گیاه، کاهش سطح برگ و نهایتاً کاهش تولید می‌شود (Stone, *et al.*, 1982). مطالعات زیادی در مورد اثر تنش کم آبی بر عملکرد گیاهان علوفه‌ای در مناطق مختلف انجام شده است. کهن‌مو و مظاهری (Kohanmoo and Mazaheri, 2003) در بررسی تأثیر فواصل آبیاری بر عملکرد سورگوم علوفه‌ای دریافتند که فواصل آبیاری ۷ و ۱۲ روز، نسبت به فواصل آبیاری ۱۷ و ۲۲ روز، باعث افزایش معنی‌دار عملکرد گردید. معاونی و حیدری (Moaveni and Heidari, 2004) عملکرد سورگوم علوفه‌ای رقم اسپید فید را در سه دور آبیاری ۴، ۷ و ۱۰ روز، مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که میزان علوفه‌تر تولیدی در سطوح آبیاری ۴، ۷ و ۱۰ روز در یک گروه قرار داشتند. به نظر می‌رسد که مصرف بهینه آب براساس نیاز واقعی گیاه و شرایط اقلیمی می‌تواند نقشی مؤثر در افزایش کارایی مصرف آب گیاه داشته باشد. به‌منظور انتخاب ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی شاخص‌های مختلفی بر اساس عملکرد در شرایط تنش و غیرتنش معرفی شده است. روزیله و هامبلین (Rosielle and Hamblin , 1981) شاخص‌های TOL(Tolerance Index) و MP (Mean Productivity) فیشر و مائورر (Fisher and Maurer, 1978) شاخص SSI (Stress Suscecpibility Index) و فرناندز (Fernandez, 1992) شاخص STI (Stress Tolerance Index) را برای انتخاب ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی معرفی کردند. فرناندز (Fernandez, 1992) طی آزمایشی نشان داد که شاخص STI برای انتخاب ژنوتیپ‌ها در شرایط تنش و بدون تنش بهتر از سایر شاخص‌هاست. بسیاری از آزمایش-هایی که جهت اصلاح ژنوتیپ‌ها برای متحمل بودن به خشکی صورت می‌گیرند، عموماً در دو شرایط تنش و بدون تنش اجرا می‌شوند. هدف اصلی این گونه آزمایش‌ها انتخاب ژنوتیپ‌هایی است که به هر دو شرایط فوق سازگار باشند. برای انتخاب گیاهان بر اساس عملکرد، شاخص‌های متفاوتی پیشنهاد شده است. این شاخص‌ها عملکرد گیاه را در دو محیط تنش و غیر تنش در بر می‌گیرند (Fernandez, 1992). کلیه این شاخص‌ها قادر به شناسایی ژنوتیپ‌های دارای عملکرد بالا در محیط تنش و بدون تنش از ژنوتیپ های دارای عملکرد بالا در محیط تنش نیستند. به‌طورکلی، شاخص‌هایی که در هر دو شرایط تنش و بدون تنش دارای همبستگی بالایی با عملکرد باشند، به‌عنوان بهترین شاخص شناخته می‌شوند، زیرا این شاخص‌ها قادر به تفکیک و شناسایی ژنوتیپ‌هایی با عملکرد بالا در هر دو محیط می‌باشند (Farooq *et al.*, 2009). هدف از این تحقیق شناسایی شاخص‌های مناسب تحمل و شناسایی لاین‌های سورگوم علوفه‌ای با عملکرد بالا و متحمل به خشکی بوده است.

## مواد و روش‌ها

آزمایش به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر در کرج واقع در طول جغرافیایی ۳۵ درجه و ۵۹ دقیقه شمالی و عرض جغرافیایی ۵۰ درجه و ۷۵ دقیقه شرقی در سال‌های زراعی ۱۳۹۰ و ۱۳۹۱ انجام شد. در این پژوهش، آبیاری به‌عنوان عامل اصلی به‌صورت تبخیر تجمعی از سطح تشتک تبخیر کلاس A در سه سطح؛ ۶۰ میلی‌متر (آبیاری متداول؛ بدون تنش) ($IR_1$)، ۱۲۰ میلی‌متر (تنش ملایم) ($IR_2$) و ۱۸۰ میلی‌متر



[ Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-17 ]

[ DOR: 20.1001.1.15625540.1396.19.1.6.2 ]

(تنش شدید) ($IR_3$) و لاین‌های امیدبخش سورگوم علوفه‌ای در پنج سطح ($KFS_2$، $KFS_3$، $KFS_{12}$ ، $KFS_{17}$ و $KFS_{18}$) به‌عنوان عامل فرعی مورد ارزیابی قرار گرفتند. هر کرت اصلی شامل پنج کرت فرعی بود و در هر کرت فرعی چهار خط کاشت به فاصله ۶۰ سانتی‌متر ایجاد شد. فاصله بوته روی ردیف ۸ سانتی‌متر و طول کرت ۵ متر بود. بر اساس نتایج تجزیه خاک، ۱۱۵ کیلوگرم در هکتار فسفر ($P_2O_5$) (از منبع فسفات آمونیوم) و ۴۶ کیلوگرم در هکتار نیتروژن (از منبع اوره) در هنگام کاشت و ۴۶ کیلوگرم در هکتار نیتروژن زمانی که ارتفاع بوته به ۴۰- ۳۵سانتی‌متر رسید، به خاک داده شد. بعد از برداشت چین اول، هم زمان با آبیاری، ۴۶ کیلوگرم در هکتار نیتروژن به خاک داده شد. کاشت بذر در ۱۳ خرداد انجام و تا مرحله چهار برگی آبیاری به‌طور یکسان به صورت هفتگی انجام شد. اعمال تنش بعد از مرحله چهار برگی شروع شد. در طول دوره رویش از صفات مهم زراعی شامل ارتفاع بوته، قطر ساقه، تعداد برگ در بوته و وزن علوفه‌تر و خشک، یادداشت‌برداری به‌عمل آمد. اندازه‌گیری‌ها به صورت تصادفی روی پنج بوته در هرکرت فرعی انجام شد. با حذف دو خط کناری و نیم متر از ابتدا و انتهای هر خط کاشت، دو خط میانی به مساحت ۴/۸ متر مربع تعیین عملکرد علوفه برداشت شد. پس از ثبت داده‌ها، ابتدا مفروضات تجزیه واریانس آزمون شدند و پس از اطمینان از برقراری مفروضات، تجزیه واریانس داده‌ها به صورت مرکب انجام شد. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون توکی در سطح احتمال پنج درصد انجام شد. تجزیه واریانس و همبستگی داده‌ها با استفاده از نرم افزارهای SAS و SPSS انجام شد و بر اساس عملکرد ارقام سورگوم در شرایط بدون تنش (Yp) و تنش(Ys) ، شاخص‌های مناسب تحمل خشکی و ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی شناسایی شدند. تجزیه به مؤلفه‌های اصلی و رسم نمودار بای‌پلات با استفاده از شاخص‌های انتخاب در شناسایی ارقام متحمل به خشکی انجام شد.

شاخص‌های مناسب تحمل خشکی

| منبع | فرمول | شاخص |
|---|---|---|
| فیشر و مائورر(Fisher and Maurer, 1978) | $SSI = [1-(Ys/Yp)]/SI$ | شاخص حساسیت به تنش |
| فیشر و مائورر(Fisher and Maurer, 1978) | $SI = 1- (\bar{Ys} / \bar{Yp})$ | شدت تنش |
| روزیلی و هامبلین (Rosielle and Hambline , 1981) | $TOL = Yp-Ys$ | شاخص تحمل |
| فرناندز(Fernandez, 1992) | $STI = (Yp \times Ys)/ (\bar{Yp})^2$ | شاخص تحمل به تنش |
| روزیلی و هامبلین(Rosielle and Hambline , 1981) | $MP = (Yp+Ys)/2$ | شاخص‌میانگین بهره‌وری |
| فرناندز(Fernandez, 1992) | $GMP= \sqrt{(Yp \times Ys)}$ | میانگین هندسی بهره‌وری |
| گاوازی و همکاران( Gavazzi *et al.*, 1997) | $YI = (Ys / \bar{Ys})$ | شاخص عملکرد |
| بوسلاما و اسکاپاگ( Bouslama and Schapaugh, 1984) | $YSI = Ys/Yp$ | شاخص پایداری عملکرد |
| چوکان و همکاران(Choukan *et al.*, 2006) | $Reduction\% = [(Yp-Ys)/Yp] \times 100$ | درصد کاهش |

Ys: عملکرد در شرایط تنش،Yp: عملکرد پتانسیل، GMP: میانگین هندسی بهره‌وری، YI: شاخص عملکرد، TOL: شاخص تحمل، SI: شدت تنش، STI: شاخص تحمل تنش، YSI: شاخص پایداری عملکرد، MP: میانگین بهره‌وری، Reduction%: درصد کاهش و SSI: شاخص حساسیت به تنش هستند.

## نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس مرکب نشان داد که سال‌های آزمایش از لحاظ عملکرد علوفه خشک، ارتفاع بوته و تعداد برگ در بوته دارای اختلاف معنی‌داری بودند. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که در سال دوم آزمایش، عملکرد علوفه و سایر صفات برتری داشتند، به‌طوری‌که عملکرد علوفه خشک در سال اول ۲۷/۱ تن در هکتار و در سال دوم ۳۷/۶ تن در هکتار بود (جدول ۱). معنی‌دار شدن اثر سال نشان دهنده عدم همسانی شرایط محیطی طی سال‌های آزمایش است. عملکرد علوفه تر و خشک



[ Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-17 ]

[ DOR: 20.1001.1.15625540.1396.19.1.6.2 ]

و ارتفاع بوته در سطوح آبیاری دارای تفاوت معنی‌دار بود. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که با افزایش شدت تنش، عملکرد علوفه کاهش پیدا کرد، به‌طوری که عملکرد علوفه خشک در تیمار آبیاری ۶۰ میلی‌متر تبخیر($IR_1$) ۳۷/۱ تن در هکتار بود و در تیمار ۱۸۰ میلی‌متر تبخیر($IR_3$) به ۲۷/۱ تن در هکتار کاهش پیدا کرد. تنش شدید و نسبتاً کوتاه در طول دوره رشد رویشی ممکن است اثری روی عملکرد نداشته باشد، ولی تنش کمتر از آن در طولانی مدت ممکن است باعث کاهش شدید عملکرد شود (Ariy, 1986). ارتفاع بوته در تیمار آبیاری ۶۰ میلی‌متر تبخیر($IR_1$) ۱۹۲/۹ سانتی‌متر بوده و در تیمار ۱۸۰ میلی‌متر تبخیر($IR_3$) به ۱۵۱/۴ سانتی‌متر کاهش پیدا کرد (جدول ۱). لاین‌های سورگوم از لحاظ عملکرد علوفه خشک، عملکرد علوفه تر، ارتفاع بوته، قطر ساقه و تعداد برگ در بوته نیز دارای تفاوت معنی‌داری بودند. بیشترین عملکرد علوفه خشک و تر مربوط به $KFS_3$ و بعد از آن مربوط به $KFS_{18}$ و $KFS_2$ بود. $KFS_3$ با عملکرد ۴۰/۱ تن در هکتار علوفه خشک در رتبه اول قرار گرفت و لاین‌های $KFS_{18}$ و $KFS_2$ به ترتیب ۳۱/۲ و ۳۱/۱ تن در هکتار عملکرد علوفه خشک، در رتبه های بعدی قرار گرفتند. از لحاظ ارتفاع بوته، لاین $KFS_{18}$ با ارتفاع ۱۹۱/۳ سانتی‌متر در رتبه نخست قرار گرفت (جدول ۱). در ابتدای رشد گیاه آغازه‌های زیادی از برگ تشکیل می‌شود که در شرایط مطلوب همه آن‌ها پتانسیل ایجاد برگ را دارند، اما شرایط نامساعد و تنش‌های محیطی باعث مرگ آغازه‌های برگ می‌شوند (Koocheki and Sarmadnia, 2007). کاکیر (Kakir, 2004) گزارش نمود که کمبود رطوبت از طریق کاهش تولید برگ و افزایش پیری برگ‌ها، شاخص سطح برگ را کاهش داد. افزایش شدت تنش، غیر از کاهش شاخص سطح برگ، باعث می‌شود که فشار آماس در سلول‌ها کاهش یابد، این کاهش فشار باعث می‌شود تا آب کمتری در درون سلول‌ها باقی بماند و در نتیجه از حجم آنها کاسته می‌شود. این موضوع باعث کاهش وزن سلول‌ها و در نتیجه عملکرد علوفه‌تر می‌شود. با کاهش رطوبت خاک، میزان فتوسنتز نیز کاهش می‌یابد. توانایی گیاه برای مقاومت در مقابل کمبود آب بر مبنای مقدار و دوام پتانسیل آب در گیاه اندازه گیری می‌شود، تحمل به خشکی به کار می‌برند(Sherman, 2005). عملکرد علوفه‌تر لاین‌های سورگوم در تیمارهای آبیاری تفاوت معنی‌داری داشت. با توجه به مصرف آب بیشتر در تیمار ۶۰ میلی‌متر تبخیر ($IR_1$) و تأثیر آن بر رشد رویشی گیاه، حداکثر وزن علوفه تر (۱۲۲/۳ تن در هکتار) در تیمار شاهد بدست آمد که البته نسبت به سطح دوم آبیاری (۱۲۰ میلی‌متر تبخیر) ($IR_2$) تفاوت معنی‌داری نداشت. کمبود آب در تنش شدید (۱۸۰ میلی‌متر تبخیر) ($IR_3$) باعث کاهش شدید رشد رویشی گردیده و عملکرد علوفه تر به ۹۳/۶ تن در هکتار کاهش یافت (جدول ۱). بر اساس نتایج حاصله، میانگین عملکرد علوفه به وضعیت رطوبتی خاک، حساسیت داشت و عدم مشاهده اختلاف معنی‌دار در تیمار آبیاری بدون تنش ($IR_1$) با تنش ملایم ($IR_2$) احتمالاً به دلیل سازگاری گیاه سورگوم به خشکی و تخلیه رطوبت از اعماق پایین‌تر خاک در شرایط تنش خشکی باشد. این موضوع در گزارش هاول و همکاران (Howell *et al.*, 2007) و خوزه و همکاران (Jose *et al.*, 1990) مبنی به اینکه سورگوم در شرایط کم آبی می‌تواند رطوبت بیشتری از خاک تخلیه کند نیز مورد تأکید قرار گرفته است. نتایج آزمایش حاضر نشان داد که اعمال تنش در مرحله رشد رویشی باعث کاهش عملکرد کلیه لاین‌های سورگوم گردیده و لاین‌های $KFS_3$، $KFS_2$ و $KFS_{18}$ از لحاظ عملکرد علوفه‌تر و خشک و سایر صفات دارای برتری محسوس بودند.

بر اساس میزان عملکرد علوفه در شرایط تنش (Ys) و بدون تنش (Yp) و شاخص‌های تحمل خشکی (جدول ۲)، لاین‌های سورگوم به چهار گروه



[ Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-17 ]

[ DOR: 20.1001.1.15625540.1396.19.1.6.2 ]

جدول ۱- مقایسه میانگین صفات گیاهی لاین‌های امید بخش سورگوم علوفه‌ای در تیمارهای تنش خشکی

Table 1. Mean comparison of plant characteristics of forage sorghum promising lines in drought stress treatments

| Treatments | تیمارهای آزمایشی | ارتفاع بوته Plant height (cm) | قطر ساقه Stem diameter (cm) | تعداد برگ در بوته Leaf.plant$^{-1}$ | عملکرد علوفه‌تر Fresh fodder yield (t.ha$^{-1}$) | عملکرد علوفه خشک Dry matter yield (t.ha$^{-1}$) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Year (Y) | سال | | | | | |
| Y1 | سال ۱ | 164.6 | 1.5 | 10.9 | 107.4 | 27.1 |
| Y2 | سال ۲ | 187.16 | 1.45 | 10.4 | 111. 8 | 37. 6 |
| Irrigation treatments | تیمارهای آبیاری | | | | | |
| Control (60 mm)($IR_1$) | بدون تنش | 192.9a | 1.4a | 10.8a | 122.3a | 37.1a |
| Mild stress (120 mm)($IR_2$) | تنش ملایم | 183.3a | 1.5a | 10.6a | 112.9a | 32.7b |
| Severe stress (180 mm)($IR_3$) | تنش شدید | 151.4b | 1.4a | 10.4a | 93.6b | 27.1c |
| Sorghum lines | لاین‌های سورگوم | | | | | |
| L1($KFS_2$) | ۱ | 172.8c | 1.4bc | 11.4a | 112.3b | 31.1b |
| L2($KFS_3$) | ۲ | 181.4b | 1.7a | 10.5bc | 133.8a | 40.1a |
| L3($KFS_{12}$) | ۳ | 162.5d | 1.4c | 10.4c | 92.1d | 28.1b |
| L4($KFS_{17}$) | ۴ | 171.2c | 1.4c | 9.8d | 99.7c | 31.1b |
| L5($KFS_{18}$) | ۵ | 191.3a | 1.5b | 10.9ab | 110.2b | 31.2b |

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون توکی در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند

Means in each column followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level, using Tukey's test

جدول ۱- ادامه Table 1. Continue

| Treatments | تیمارهای آزمایشی | ارتفاع بوته Plant height (cm) | قطر ساقه Stem diameter (cm) | تعداد برگ در بوته Leaf.plant$^{-1}$ | عملکرد علوفه‌تر Fresh fodder yield (t.ha$^{-1}$) | عملکرد علوفه خشک Dry matter yield (t.ha$^{-1}$) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Control (60 mm)($IR_1$) بدون تنش | $L_1$($KFS_2$) | 188.6b | 1.4de | 11.6a | 119.4bc | 34.2cd |
| | $L_2$($KFS_3$) | 203.9a | 1.8ab | 10. 8ab | 156.3a | 49.1a |
| | $L_3$($KFS_{12}$) | 175.0cd | 1.3de | 10.5bc | 101.47de | 31.4cd |
| | $L_4$ ($KFS_{17}$) | 187.4b | 1.2g | 10.2de | 112.4cd | 34.9bc |
| | $L_5$ ($KFS_{18}$) | 209.3a | 1.4de | 11.1ab | 121.7bc | 35.9bc |
| Mild stress (120 mm)($IR_2$) تنش ملایم | $L_1$($KFS_2$) | 180.8bc | 1.4de | 11.4ab | 119.9bc | 32.4cd |
| | $L_2$($KFS_3$) | 180.9bc | 1.7ab | 10.5bc | 132.8b | 40.6b |
| | $L_3$($KFS_{12}$) | 174.0cd | 1.4de | 10.1de | 96.7ef | 28.2de |
| | $L_4$ ($KFS_{17}$) | 181.1bc | 1.6bc | 9.9ef | 102.4de | 30.9cd |
| | $L_5$ ($KFS_{18}$) | 199.7a | 1.5cd | 10.8ab | 112.9cd | 31. 6cd |
| Severe stress (180 mm)($IR_3$) تنش شدید | $L_1$($KFS_2$) | 148.7fg | 1.4de | 11.0ab | 97.5ef | 26.9ef |
| | $L_2$($KFS_3$) | 159.4ef | 1.8a | 10.3cd | 112.2cd | 30.5cd |
| | $L_3$($KFS_{12}$) | 138.6g | 1.3ef | 10.6bc | 78.0g | 24.6f |
| | $L_4$ ($KFS_{17}$) | 145.1g | 1.3fg | 9.4f | 84.2fg | 27.6ef |
| | $L_5$ ($KFS_{18}$) | 164.7de | 1.3de | 10.8ab | 96.0ef | 26.1ef |

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون توکی در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند

Means in each column followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level, using Tukey's test



[ Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-17 ]

[ DOR: 20.1001.1.15625540.1396.19.1.6.2 ]

A (عملکرد بالاتر از میانگین در هر دو شرایط تنش و بدون تنش)، B (عملکرد بالاتر از میانگین در شرایط بدون تنش)، C (عملکرد بالاتر از میانگین در شرایط تنش) و D (عملکرد پایین‌تر از میانگین در هر دو شرایط تنش و بدون تنش) قابل تفکیک هستند. بر اساس نظر فرناندز (Fernandez,1992) بهترین معیار آن است که بتواند گروه A را از سایر گروه‌ها تفکیک کند. با توجه به اینکه تیمار تنش ملایم ($RI_2$) با تیمار بدون تنش ($RI_1$) تفاوت محسوسی نداشت، کلیه محاسبات بر اساس تیمار تنش شدید (۱۸۰ میلی‌متر تبخیر) ($RI_3$) انجام شد. شدت تنش که با SI نشان داده می‌شود، در این آزمایش ۰/۲۳ بود (جدول ۲). هر اندازه Ys از نظر مقدار به Yp نزدیک‌تر باشد، به همان اندازه نیز حساسیت آن رقم به خشکی کمترخواهد بود. کمترین مقدار شاخص حساسیت به تنش (SSI) متعلق به لاین‌های KFS2 و KFS18 بود. مقدار بالای STI حاکی از تحمل بیشتر یک ژنوتیپ نسبت به تنش خشکی است. طبق نظر فرناندز (Fenandez, 1992)، بهترین شاخص برای گزینش ارقام، شاخص تحمل تنش STI است. او معتقد است که شاخص‌های تحمل تنش (STI) و میانگین هندسی بهره‌وری (GMP)، با توجه به همبستگی بالا و معنی‌دار بین آن‌ها و عملکرد دانه ژنوتیپ‌های گندم برخوردار از عملکرد مطلوب، قابل توصیه هستند. از نظر شاخص STI و میانگین هندسی بهره‌وری (GMP) که مقادیر بالای آنها نشان دهنده تحمل ژنوتیپ‌ها است، لاین‌های $KFS_3$، $KFS_2$ و $KFS_{18}$ به ترتیب با عملکرد ۱۵۶/۳۰، ۱۱۹/۳۶ و ۱۲۱/۷۱ تن در هکتار، به‌عنوان لاین‌های متحمل شناخته شدند (جدول ۲).

بر اساس شاخص MP، لاین‌های $KFS_3$، $KFS_2$ و $KFS_{18}$ به‌عنوان ژنوتیپ‌های متحمل به تنش شناخته شدند (جدول ۲). در آزمایش حاضر، شاخص MP معیار مناسبی برای گزینش ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی بود. در ارزیابی ژنوتیپ‌ها با استفاده از شاخص TOL (مقدار بالای TOL نشان دهنده حساسیت ژنوتیپ به تنش خشکی بوده و انتخاب ژنوتیپ‌ها براساس مقادیر کمتر شاخص TOL مناسب‌تر است)، لاین‌های $KFS_2$ و $KFS_{12}$ حساسیت کمتری به تنش نشان دادند. ژنوتیپی که بر اساس شاخص YSI به‌عنوان ژنوتیپی با پایداری بالای عملکرد در شرایط تنش شناخته می‌شود، از پایین‌ترین میزان تغییر و یا کاهش عملکرد برخوردار است. ژنوتیپ با میزان YSI بالا باید عملکرد بالایی در دو محیط تنش و بدون تنش داشته باشد، اما لاین $KFS_2$ با مقادیر بالای YSI دارای عملکرد علوفه متوسط در هر دو شرایط تنش و بدون تنش بود (جدول ۲). شاخص YSI همانند شاخص TOL، بر پایه میزان تغییر عملکرد در دو محیط تنش و بدون تنش می‌باشد، بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که این دو شاخص فاقد توانایی لازم برای انتخاب ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا در هر دو محیط هستند.

شاخص عملکرد (YI) از نسبت عملکرد رقم در شرایط تنش به میانگین کلیه ارقام در شرایط تنش محاسبه می‌شود. بر اساس این شاخص، لاین‌های $KFS_3$، $KFS_2$ و $KFS_{18}$ به‌عنوان ژنوتیپ‌هایی با بالاترین میزان عملکرد در محیط تنش شناسایی شدند. فرشادفر و همکاران (Farshadfar *et al.*, 2001) گزارش کردند که مناسب‌ترین شاخص برای گزینش ارقام متحمل تنش، شاخصی است که دارای همبستگی بالا با عملکرد در هر دو شرایط تنش و بدون تنش باشد. محاسبه ضرایب همبستگی بین شاخص‌های ذکر شده و عملکرد علوفه در شرایط تنش و بدون تنش نشان داد که بیشترین میزان ضریب همبستگی بین شاخص‌های تحمل در شرایط بدون تنش و تنش، مربوط به شاخص‌های GMP، STI، MP و YI بود (جدول ۳).به طور کلی، در این آزمایش شاخص‌های STI، GMP و MP در گزینش ارقام متحمل موفق بودند و به‌عنوان شاخص‌های مناسب برای گزینش ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی با عملکرد بالا شناخته شدند.هنگام استفاده از



[ Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-17 ]

[ DOR: 20.1001.1.15625540.1396.19.1.6.2 ]

جدول ۲- میزان حساسیت/ تحمل لاین‌های امید بخش سورگوم علوفه‌ای بر اساس شاخص‌های تحمل در تیمارهای بدون تنش و تنش خشکی (SI=0.23)

Table 2. Susceptibility/tolerance of forage sorghum promising lines based on tolerance indices in non-stress and drought stress treatments (SI=0.23)

| لاین‌های سورگوم Sorghum lines | عملکرد در شرایط بدون تنش Yp (t.ha$^{-1}$) | عملکرد در شرایط تنش Ys (t.ha$^{-1}$) | میانگین هندسی GMP | حساسیت به تنش SSI | تحمل تنش STI | تحمل TOL | میانگین حسابی MP | شاخص عملکرد YI | شاخص پایداری عملکرد YSI | درصد کاهش Reduction (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $L_1$(KFS$_2$) | 119.4 | 97.5 | 107.9 | 0.79 | 0.87 | 21.9 | 108.5 | 1.05 | 0.82 | 19 |
| $L_2$(KFS$_3$) | 156.3 | 112.2 | 132.4 | 1.22 | 1.18 | 44.1 | 134.3 | 1.20 | 0.72 | 28 |
| $L_3$(KFS$_{12}$) | 101. 7 | 78.0 | 89.1 | 1.00 | 0.53 | 23.7 | 89.9 | 0.84 | 0.77 | 24 |
| $L_4$ (KFS$_{17}$) | 112.4 | 84.2 | 97.3 | 1.09 | 0.64 | 28.2 | 98.3 | 0.90 | 0.75 | 25 |
| $L_5$ (KFS$_{18}$) | 121.7 | 96.0 | 108.1 | 0.92 | 0.79 | 25.8 | 108.8 | 1.03 | 0.79 | 22 |
| Mean (میانگین) | 122.3 | 93.6 | 107.0 | 1.01 | 0.80 | 28.8 | 108.0 | 1.01 | 0.77 | 23.6 |

**Yp:** Yield potential, **Ys:** Yield in stress condition, **GMP:** Geometric Mean Productivity, **SSI:** Stress Susceptibility Index, **STI:** Stress Tolerance Index, **TOL:** Tolerance Index, **MP:** Mean Productivity, **YI:** Yield Index, **YSI:** Yield Stability Index, **% R:** Reduction, **SI:** Stress Index

جدول ۳- ضرایب همبستگی بین شاخص‌های تحمل و عملکرد علوفه لاین‌های امید بخش سورگوم در تیمارهای بدون تنش و تنش خشکی

Table 3. Correlation coefficients between tolerances indices and Yp and Ys of forage sorghum promising lines in non-stress and drought stress conditions

| | عملکرد در شرایط بدون تنش Yp (t.ha$^{-1}$) | عملکرد در شرایط تنش Ys (t.ha$^{-1}$) | میانگین هندسی GMP | حساسیت به تنش SSI | تحمل تنش STI | تحمل TOL | میانگین حسابی MP | شاخص عملکرد YI | شاخص پایداری عملکرد YSI | درصد کاهش Reduction (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Yp (kg.ha$^{-1}$) | 1 | | | | | | | | | |
| Ys (kg.ha$^{-1}$) | 0.95$^{*}$ | 1 | | | | | | | | |
| GMP | 0.99$^{**}$ | 0.99$^{**}$ | 1 | | | | | | | |
| SSI | 0.54 | 0.26 | 0.42 | 1 | | | | | | |
| STI | 0.97$^{**}$ | 0.99$^{**}$ | 0.99$^{**}$ | 0.34 | 1 | | | | | |
| TOL | 0.89$^{*}$ | 0.71 | 0.82 | 0.86 | 0.77 | 1 | | | | |
| MP | 0.99$^{**}$ | 0.98$^{**}$ | 1.00$^{**}$ | 0.43 | 0.99$^{**}$ | 0.83 | 1 | | | |
| YI | 0.95$^{*}$ | 1.00$^{**}$ | 0.98$^{**}$ | 0.24 | 0.99$^{**}$ | 0.70 | 0.98$^{**}$ | 1 | | |
| YSI | -0.53 | -0.25 | -0.41 | -1.00$^{**}$ | -0.33 | -0.85 | -0.42 | -0.23 | 1 | |
| Reduction(%) | 0.51 | 0.23 | 0.39 | 0.99 | 0.31 | 0.84 | 0.41 | 0.21 | -0.99$^{**}$ | 1 |

* and **: Significant at 5% and 1% probability levels, respectively

*و **: به‌ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد

**Yp:** Yield potential, **Ys:** Yield in stress condition, **GMP:** Geometric Mean Productivity, **SSI:** Stress Susceptibility Index, **STI:** Stress Tolerance Index, **TOL:** Tolerance Index, **MP:** Mean Productivity, **YI:** Yield Index, **YSI:** Yield Stability Index, **% R:** Reduction, **SI:** Stress Index



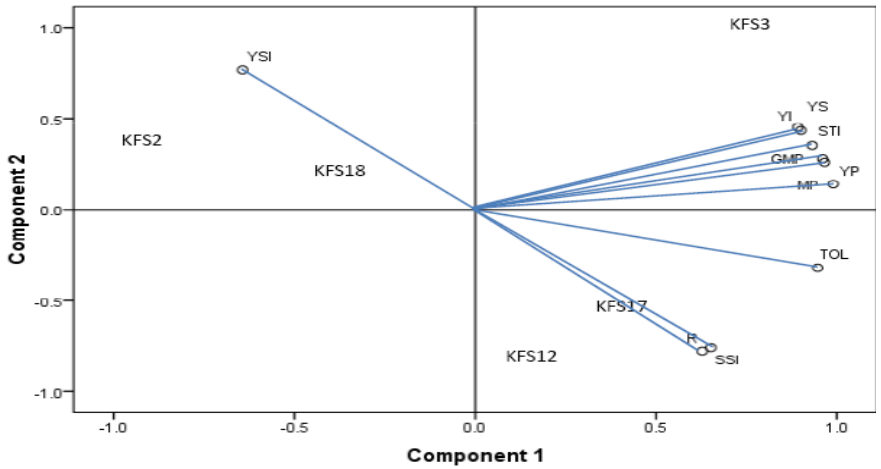
[ Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-17 ]

[ DOR: 20.1001.1.15625540.1396.19.1.6.2 ]

جدول ۴- بردارها و مقادیر ویژه برای شاخص‌های تحمل خشکی لاین‌های امید بخش سورگوم

Table 4. Vectors and eigenvalues for tolerance indices of forage sorghum promising lines

| مؤلفه Component | مقادیر ویژه Eigen values | سهم تجمعی Cumulative | عملکرد در شرایط بدون تنش Yp ($t.ha^{-1}$) | عملکرد در شرایط تنش Ys ($t.ha^{-1}$) | میانگین هندسی GMP | حساسیت به تنش SSI | تحمل تنش STI | تحمل TOL | میانگین حسابی MP | شاخص عملکرد YI | شاخص پایداری عملکرد YSI | درصد کاهش Reduction (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 7.442 | 74.423 | 0.99 | 0.901 | 0.961 | 0.652 | 0.932 | 0.947 | 0.966 | 0.892 | -0.644 | 0.628 |
| 2 | 2.543 | 99.855 | 0.14 | 0.434 | 0.277 | -0.757 | 0.354 | 0.354 | 0.258 | 0.451 | 0.765 | -0.776 |




شکل ۱- نمودار بای پلات شاخص‌های تحمل خشکی در لاین‌های امید بخش سورگوم علوفه‌ای بر اساس مولفه‌های اول و دوم

Fig. 1.Graph of biplot for tolerance indices in forage sorghum promising lines basis of first and second component



[ Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-17 ]

[ DOR: 20.1001.1.15625540.1396.19.1.6.2 ]

بیش از سه متغییر (شاخص‌های تحمل و عملکرد در شرایط تنش و غیر تنش)، استفاده از بای‌پلات که درحقیقت یک نمایش هندسی چند متغییره است، ابزار سودمندی خواهد بود (Kargar *et al.*, 2004). بر اساس اطلاعات جدول ۲، می‌توان روابط بین لاین‌ها و شاخص‌ها به‌صورت یک شکل واحد (بای پلات) رسم کرده و ساختار چنین ماتریس بزرگ دو طرفه را مورد مطالعه قرار داد. نتایج حاصل از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی روی شاخص‌ها و عملکرد در شرایط بدون تنش و تنش در پنج لاین سورگوم نشان داد که دو مؤلفه اول با داشتن مقادیر ویژه بزرگ‌تر از یک، در مجموع ۹۹/۸۵ درصد از تغییرات کل داده‌ها را توجیه کردند (جدول ۴) و رسم بای‌پلات بر اساس این دو مؤلفه انجام شد. با توجه به اینکه مؤلفه اول تغییراتی را در برمی‌گیرد که توسط مؤلفه دوم تبیین نمی‌شود و بالعکس، بنابراین می‌توان تغییرات دو مؤلفه را به صورت عمود بر هم نمایش داد. مؤلفه اول که ۷۴/۴۲ درصد از تغییرات کل داده‌ها را توجیه کرده و همبستگی مثبت و بالایی با Ys، Yp،MP، GMP و STI و همبستگی منفی با YSI داشت، به نام مؤلفه پتانسیل و پایداری عملکرد و تحمل به خشکی نام‌گذاری شد. با توجه به این‌که میزان بالای این شاخص‌ها مطلوب است، در بای‌پلات حاصله اگر به مقادیر مثبت و بالای این مؤلفه توجه شود، می‌توان لاین‌هایی که دارای عملکرد بالا در هر دو شرایط تنش و غیر تنش و شاخص‌های MP، GMP و STI بالا هستند را انتخاب کرد. مؤلفه دوم ۲۵/۴۳ درصد از تغییرات کل داده‌ها را تبیین کرد و همبستگی منفی با SSI، TOLو R همبستگی مثبت و بالا با YSI داشت و مؤلفه حساسیت به تنش خشکی و پایداری عملکرد نام‌گذاری شد. مؤلفه دوم می‌تواند ژنوتیپ‌هایی با پایداری عملکرد پایین و پتانسیل عملکرد متوسط و مقادیر کم شاخص‌های TOL و SSI را انتخاب کند (شکل ۱). همان‌طورکه در شکل ۱ ملاحظه می‌شود، لاین $KFS_3$ در ناحیه پتانسیل و پایداری عملکرد به خشکی (سمت راست شکل ۱) و لاین‌های $KFS_{12}$ و $KFS_{17}$ در ناحیه حساسیت به تنش خشکی و عملکرد پایین (سمت راست پایین شکل۱) قرار گرفتند. این موضوع نشان دهنده تفاوت ژنتیکی لاین‌ها نسبت به خشکی است.

اعمال تنش در مرحله رشد رویشی باعث کاهش عملکرد لاین‌های سورگوم شد، اما میزان کاهش عملکرد و تحمل تنش در آنها متفاوت بود. با توجه به نتایج حاصل از تجزیه بای‌پلات و شاخص‌های برتر MP، GMP و STI لاین $KFS_3$ به‌عنوان لاین متحمل، لاین‌های $KFS_2$ و $KFS_{18}$ به‌عنوان نیمه متحمل و لاین‌های $KFS_{12}$ و $KFS_{17}$ به‌عنوان حساس به تنش خشکی با عملکرد پایین شناخته شدند.

## منابع مورد استفاده

## References

**Ariy, J. M. 1986.** Corn and Corn Improvement. Academic press Inc. New York, USA.

**Birch, C. y. and A. D. Stewort. 1989.** The effect of nitrogen fertilizer rate and timing on the yield of hybrid forage sorghum serial harvest, Australian Sorghum Workshop, toowomba.

**Bouslama, M. and W. T. Schapaugh. 1984.** Stress tolerance in soybean. Part1: Evaluation of three screening techniques for heat and drought tolerance. Crop Sci. 24: 933-937.

**Bulm, A. 1999** .Towards standard assay of drought resistance in crop plants. In J. M. Ribaut and D.Poland (Eds) . M.A strategic planning workshop. 100: 21-25.

**Chapmane, P. and M. E. Westgate. 1993.** Water deficit affect receptivity of maize silk. Crop Sci. 23: 279.



[ Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-17 ]

[ DOR: 20.1001.1.15625540.1396.19.1.6.2 ]

**Choukan, R., T. Taherkhani, M. R. Channadha and , M. Khodarahmi. 2006.** Evaluation of drought tolerance in grain maize inbred lines using drought tolerance indices. Iran. J. Agric. Sci. 8(1):79-89.

**Farley, O. R. and W. J. Coot. 1998.** Temperature and soil water effect on maize growth, development yield and forage quality. Crop Sci. 36: 34-81.

**Farooq, M., A. Wahid, N. Kobayashi, D. Fujita and S. M. A. Basra. 2009.** Plant drought stress: effects, mechanisms and management. Agron. Sus. Dev. 29: 185-212.

**Farshadfar, E. A., M. R. Zamani, M. Matlabi and E. E. Emam-jome. 2001.** Selection for drought resistance chick pea lines. Iran. J. Agric. Sci. 32(1): 65-77. (In Persian with English abstract).

**Fernandez, G. C . J . 1992.** Effective Selection Criteria for Assessing Stress Tolerance. In: Kuo, C. G., (Ed.), Proceedings of the International Symposium on Adaptation of Vegetables and Other Food Crops in Temperature and Water Stress, AVRDC Publication, Tainan, 257-270.

**Fisher, R . A. and R . Maurer. 1978.** Drought resistance in spring wheat cultivars. Part 1: Grain yield responses. Aust. J. Agric. Res. 29: 897-917.

**Gavazzi, P., F. Rizza, M. Palumbo, R. G. Campaline, G. L. Ricciardi and B. Borghi. 1997.** Evaluation of field and laboratory of drought and heat stress in winter cereals. Can. J. Plant Sci. 77: 523-531.

**Habyarimana, E., D. Laureti, M. De Ninno and C. Lorenzoni. 2004.** Performances of biomass sorghum under different water regimes in Mediterranean region. Ind. Crop Prod. 20: 23-28.

**Howell, T. A., J. A. Tolk, S. R. Evntt, K. S. Copland and D. A Dusek. 2007**. Evaportranspiration of deficit irrigated sorghum. World Environmenntal and Water Resources Congress, ASCE, Tampa, Florida, United States

**Imam, Y. 2007.** Cereal Production, Shiraz University Press, Shiraz, Iran (in Persian).

**Jose, R., J. Pardals and K. Yasuhiro. 1990.** Development of sorghum root system under increasing drought stress. Japan J. Crop Sci. 59(4): 752- 761.

**Kakir, R. 2004.** Effect of water stress at different development stages on vegetative and reproductive growth of corn. Field Crops Res. 89: 1-16.

**Karimi, H. 1997.** Forage Plant Breeding. Tehran University Press, Tehran, Iran (In Persian).

**Kargar, S.M.A., Ghannadha, M.R., Bozorgi -Pour, R. and Babaei,H.A. 2004**. An investigation of drought tolerance indices in some soybean genotypes under restricted irrigation conditions. Iranian, J. Agri . Sci. 35:1.129 - 142.

**Moaveni, P. and U.Heidari.2003**. Study of plant density an d irrigation intervals on grain yield and some physiological traits in forage sorghum. . Iranian. J. Agric. Sci. 6(4):374-383.(In Persian with English abstract).

**Kohanmoo, M. and D. Mazaheri. 2003.** The effects of irrigation intervals and methods of N application on some quantitative and qualitative characteristics of forage sorghum. Iran. J. Crop Sci. 5(2): 75-85. (In Persian with English abstract).

**Koocheki, A. and G. Sarmadnia. 1999.** Crop Physiology. Jahad-e-Daneshghahi of Mashhad Press. (In Pesian).



[ Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-17 ]

[ DOR: 20.1001.1.15625540.1396.19.1.6.2 ]

**Moaveni, P. and U. Heidari, 2004.** Study of plant density and irrigation intervals on grain yield and some physiological traits in forage sorghum. Iran. J. Crop Sci. 6(4): 374-382. (In Persian with English abstract).

**Morgan, J. M. 1984.** Osomoregulation as a selection criterion for drought tolerance in wheat. Aus. J. Agric. Res. 34: 607-617.

**Onken, A. B., C. W. Wendet, W. A. Payane and M. C. Drew. 1992.** Soil phosphorus availability and pearl millet water use efficiency. Crop Sci. 32: 1010-1015.

**Payne, W. A., M. C. Drew, L. R. Hossner and R. J. Lescono. 1992.** Soil phosphorus availability and pearl millet water use efficiency. Crop Sci. 32: 937-941.

**Roshdi, M. and S. Rezadoust. 2005.** Study of different irrigation levels on qualitative and quantities traits of sunflower. Iran. J. Agric. Sci. Natur. Resour. 46 (5): 1241-1250. (In Persian with English abstract).

**Rosielle, A. A. and J. Hamblin. 1981**. Theoretical aspects of selection fir yield in stress and non stress environment. Crop Sci. 21: 943-946.

**Rame, R. and S. Kumari. 1995.** Influence of variable amounts of irrigation water and nitrogen fertilizer on growth, yield and water use of grain sorghum. Aust. J. Agric. Res. 47: 61-151.

**Sherman, R. 2005.** turf grass drought stress. University of Nebraska.

**Stone, J. F., H. E. Reeves and J. E. Carton. 1982.** Irrigation water conservation by using wide spaced furrows. Agric. Water Manage. 5: 309-317.

**Volf, T. and K. S. fischer. 1995.** Growth and yield of sorghum lines extracted from a population for differences in osmatic adjustment. Aust. J. Agric. Res. 46: 67-71.

[ Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-17 ]

[ DOR: 20.1001.1.15625540.1396.19.1.6.2 ]

# Evaluation of drought tolerance in forage sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) promising lines

**Khazaei, A.[1]**

## ABSTRACT

**Khazaei, A. 2017.** Evaluation of drought tolerance in forage sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) promising lines. **Iranian Journal of Crop Sciences. 19(1): 73-85. (In Persian).**

To evaluate the drought tolerance in forage sorghum promising lines, a filed experiment was conducted as split plot arrangement using randomized complete block design (RCBD) with three replications at the Research Farm of Seed and Plant Improvement Institute, Karaj, Iran, in 2011 and 2012 growing seasons. Main plots consisted of three irrigation regimes (irrigation after 60, 120 and 180 mm evaporation from class-A Pan) and sub-plots included five forage sorghum promising lines ($KFS_2$, $KFS_3$, $KFS_{12}$, $KFS_{17}$ and $KFS_{18}$). Combined analysis of variance showed that the effect of irrigation regimes on fresh and dry forage yield and plant height was significant ($P \leq 0.01$). Under sever drought stress the highest forage yield was obtained from $KFS_3$, $KFS_2$ and $KFS_{18}$ lines (112.3, 97.5 and 95.9 $t.ha^{-1}$ respectively). Results revealed that stress tolerance index (STI), geometric mean productivity (GMP) and mean productivity (MP) indexes had significant positive correlations with forage yield under stress and non-stress conditions and were identified as suitable indices for screening of forage sorghum promising lines. The results of biplot analysis indicated that $KFS_3$ line with the highest STI (1.18) had high forage yield potential and low susceptibility to drought stress. The results of multivariate biplot analysis and correlation of indices using forage yield data under stress and non-stress conditions showed that MP, GMP and STI were the suitable indices for predicting forage yield of sorghum promising lines and superior genotypes could be selected based on these indices. $KFS_3$ promising line was identified as highly adpated forage sorghum genotype to drought stress condition.

**Key words:** Biplot**,** Forage sorghum, Forage yield, Promising lines, Stress tolerant indices.

**Received: February, 2017** **Accepted: May, 2017**

1. Faculty member, Seed and Plant Improvement Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran. (Corresponding author) (Email: a.khazaei@areeo.ac.ir)



[ Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-17 ]

[ DOR: 20.1001.1.15625540.1396.19.1.6.2 ]