"نشریه علوم زراعی ایران"
جلد بیست و دوم، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۹

مقاله پژوهشی

ارزیابی عملکرد لاین‌های امید بخش سورگوم دو منظوره دانه‌ای- علوفه‌ای (*Sorghum bicolor* L. Moench) با استفاده از شاخص‌های تحمل به تنش خشکی

Evaluation of yield of promising dual purpose grain- forage sorghum lines (*Sorghum bicolor* L. Moench) using drought tolerance indices

عظیم خزائی[1]

چکیده

خزائی، ع.، ۱۳۹۹. ارزیابی عملکرد لاین‌های امید بخش سورگوم دو منظوره دانه‌ای- علوفه‌ای (*Sorghum bicolor* L. Moench) با استفاده از شاخص‌های تحمل به تنش خشکی. **نشریه علوم زراعی ایران. ۲۲ (۲): ۲۹۰-۲۷۵.**

به منظور ارزیابی و انتخاب لاین‌های امید بخش سورگوم دومنظوره دانه‌ای- علوفه‌ای در شرایط تنش خشکی، آزمایشی به‌صورت 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 (۹۴-۱۳۹۳) اجرا شد. کرت‌های اصلی شامل سه تیمار آبیاری (آبیاری پس از ۶۰، ۱۲۰ و ۱۸۰ میلی‌متر تبخیر تجمعی از تشتک کلاس A) و کرت‌های فرعی شامل ۱۰ ژنوتیپ سورگوم (KDFGS4، KDFGS6، KDFGS9، KDFGS10، KDFGS12، KDFGS13، KDFGS14، KDFGS16، KDFGS20 و KDFGS21) بودند. نتایج تجزیه واریانس مرکب نشان داد که اثر تیمارهای آبیاری بر ارتفاع بوته و عملکرد دانه در سطح احتمال یک درصد و بر عملکرد علوفه تر، عملکرد زیستی و وزن هزار دانه در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود. بیشترین عملکرد علوفه تر و عملکرد علوفه خشک در تیمار بدون تنش حاصل شد. نتایج حاصل از تجزیه چند متغیره بای پلات و همبستگی شاخص‌ها با عملکرد دانه در شرایط بدون تنش و تنش نشان داد که شاخص‌های MP، GMP و STI در پیش بینی عملکرد از اهمیت بیشتری برخودار بوده و با استفاده از این شاخص‌ها می‌توان ژنوتیپ‌های متحمل را گزینش کرد. بر اساس عملکرد دانه و عملکرد زیستی، ژنوتیپ‌های KDFGS16 (لاین ۸)، KDFGS4 (لاین ۱)، KDFGS20 (لاین ۹) و KDFGS9 (لاین ۳) برتر بودند. بیشترین میزان ضریب همبستگی بین شاخص‌های تحمل در شرایط تنش و بدون تنش مربوط به شاخص‌های MP، GMP، STI و YI بود. با توجه به نتایج حاصل از تجزیه بای پلات و شاخص‌های برتر MP، GMP و STI، ژنوتیپ‌های KDFGS20، KDFGS13، KDFGS14، KDFGS21، KDFGS16 و KDFGS4 (به‌ترتیب لاین‌های ۹، ۶، ۷، ۱۰ ، ۸ و ۱) به‌عنوان لاین‌های متحمل به تنش خشکی شناسایی شدند.

واژه‌های کلیدی: تجزیه بای پلات، تنش خشکی، سورگوم، لاین‌های امید بخش و همبستگی.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۹/۲۷ تاریخ پذیرش:۱۳۹۹/۰۵/۲۸ این مقاله مستخرج از پروژه تحقیقاتی شماره ۹۳۱۵۷-۰۳-۰۳-۰۲ مصوب مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر می باشد
۱- استادیار پژوهشی مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج ، ایران. (مکاتبه کننده)
(پست الکترونیک: az42095@yahoo.com)

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-05-20]
[DOR: 20.1001.1.15625540.1399.22.3.6.7]

مقدمه

سورگوم با توجه به ویژگی‌های مورفولوژیک و فیزیولوژیک منحصر به فردی که دارد به‌عنوان شاخص گیاهان زراعی مقاوم به خشکی معرفی شده است و نسبت به سایر گیاهان زراعی در شرایط گرم و دشوار آبیاری مقاوم‌تر بوده و نیاز آبی کمتری دارد (Ehdaei, 2004). سیستم ریشه‌ای این گیاه افشان و بسیار توانمند و گسترده است به‌طوری‌که تا ۲ متر خاک نفوذ می‌کند. البته در شرایط رطوبت کافی ریشه‌ها در عمق ۶۰ سانتی‌متری قرار می‌گیرند و بیش از نیمی از نیاز آب گیاه را برطرف می‌کنند (دهقانی، ۱۳۷۵). در شرایط کمبود آب ریشه‌ها گسترش جانبی کمتری داشته و به اعماق بیشتری نفوذ می‌کند سورگوم در مقایسه با ذرت دارای سیستم ریشه‌ای افشان خیلی وسیع است و در حجم زیادی از خاک نفوذ نموده و به جذب رطوبت از خاک می‌پردازد (House, 1985). چاترجی و داس (Chatterjee and Das, 1989) اظهار داشتند که سورگوم احتیاج به حدود پنج تا هفت هزار متر مکعب در هکتار آب طی پنج تا هفت دور آبیاری دارد. همچنین دان و همکاران(Done *et al*., 1984) فاصله آبیاری مناسب برای سورگوم دانه‌ای را در دامنه‌ای از ۱۲ تا ۱۸ روز تعیین کرده و اظهار داشتند که فواصل آبیاری کمتر و یا بیشتر از این مقدار به علت عدم تعادل بین رشد گیاه و میزان آب تأثیری در عملکرد نخواهد داشت. ارقام بومی مواد و منابع خوبی برای اصلاح واریته‌های سورگوم دو منظوره علوفه‌ای- دانه‌ای هستند. برای شناسایی دامنه تغییرات ژنتیکی و صفات مهم زراعی بین ارقام بومی، ۷۴ رقم از سه کشور، شامل آفریقای جنوبی، سودان و هندوستان در ۵ منطقه هند و سودان مورد بررسی قرار گرفت، واریانس ژنتیکی تمام ارقام بومی برای همه صفات مورد بررسی در سطح ۱٪ معنی‌دار بود و صفات قوه نامیه بذر، عملکرد علوفه، عملکرد دانه و شاخص برداشت اختلاف معنی‌دار داشتند و در بررسی اولیه از بین آن‌ها ۱۳ رقم انتخاب شد (Rattunde, 2006). ۱۸رقم سورگوم در برزیل برای شناسایی ارقام دو منظوره مورد بررسی قرار گرفت و با توجه به همه موارد ۱۲ رقم آن دو منظوره علوفه‌ای و دانه‌ای تشخیص داده شد (Resende, *et al*., 2003). تنش خشکی قبل و در زمان گل‌دهی در ژنوتیپ‌های حساس منجر به لوله شدن برگ، عقیم شدن گلچه‌ها، کاهش اندازه خوشه، تعداد دانه در خوشه و کاهش ارتفاع می‌شود. در تنش خشکی پس از گل‌دهی، مرگ زودرس ساقه و برگ‌ها و نیز کاهش وزن دانه ها در ژنوتیپ‌های حساس رخ می‌دهد (Tuinstra *et al*., 1997).

مظاهری لقب و همکاران (Mazaherilaghab *et al*., 2001) علت این امر را به این صورت توجیه می‌نمایند که آبیاری در مرحله گل‌دهی برباروری گلچه‌ها و افزایش تعداد دانه‌های سورگوم تأثیر دارد. در حالی‌که در مرحله دانه‌بندی، بر افزایش اندوخته غذایی و پر شدن دانه‌ها و در نتیجه افزایش وزن آن‌ها تأثیر می‌گذارد. نارشیوا و شیوراج (Narshiva and Shivraj, 1998) گزارش کردند که تنش خشکی بعد از گرده افشانی در سورگوم دانه‌ای سبب کاهش طول پر شدن دانه گردید. همچنین در این مطالعه افزایش اندازه دانه ناشی از کاهش تعداد دانه در خوشه اشاره شده است. هاسمن و همکاران (Hassman *et al*., 1998) نیز اظهار داشتند تنش آبی در اوایل گرده افشانی باعث کاهش شدید عملکرد می‌گردد. بسیاری از آزمایش‌هایی که جهت اصلاح ژنوتیپ‌ها برای متحمل شدن 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 (Fernandez, 1992). لاین‌های مورد مطالعه در این آزمایش طی سال‌های گذشته در شرایط نرمال در مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج اصلاح شده‌اند. در ارقام سورگوم دو منظوره دانه‌ای- علوفه‌ای پتانسیل تولید دانه و علوفه به طور همزمان وجود دارد و

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-05-20]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1399.22.3.6.7]

تقریباً نیمی از کل عملکرد بیولوژیک در این ارقام به علوفه ساقه و برگ اختصاص دارد. با توجه به خاصیت سبزمانی در سورگوم دومنظوره دانه‌ای- علوفه‌ای، در یک کشت، هم تولید دانه و هم تولید علوفه امکان‌پذیر است. در این ژنوتیپ‌های سورگوم حتی پس از رسیدن فیزیولوژیکی دانه، برگ‌ها و ساقه‌ها سبز و دارای کیفیت علوفه مطلوبی هستند. این ارقام می‌توانند به صورت علوفه تازه مصرف شده یا با برداشت در زمان مناسب (اواخر مرحلهٔ خمیری نرم) و داشتن درصد ماده خشک بیشتر برای مصرف به‌عنوان علوفه سیلویی استفاده شوند. علاوه بر این در صورت نیاز به دانه سورگوم می‌توان برداشت را در مرحلهٔ رسیدگی فیزیولوژیک دانه‌ها انجام داد و با توجه به خاصیت سبزمانی در این ارقام از علوفه سبز باقیمانده هم بهره برد. کاشت سورگوم دو منظوره دانه‌ای- علوفه‌ای به کشاورز اختیار می‌دهد که بر اساس مزیت اقتصادی و تقاضای بازار، زمان برداشت محصول خود را انتخاب کند (Khazaei *et al*., 2019). این آزمایش جهت تعیین و انتخاب بهترین لاین یا لاین‌های دو منظوره از لحاظ تحمل تنش خشکی و مناسب ترین دور آبیاری اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به‌منظور ارزیابی عملکرد دانه و علوفه لاین‌های امیدبخش سورگوم دانه‌ای- علوفه‌ای با استفاده از شاخص‌های تحمل به تنش خشکی در مزرعه تحقیقاتی مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر در کرج واقع در عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۵۹ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۰ درجه و ۷۵ دقیقه شرقی انجام شد. بافت خاک مزرعه آزمایشی رسی- شنی بود و سال قبل از آزمایش زمین به صورت آیش قرار داشت و در عمق ۳۰-۰ سانتی‌متر، pH خاک ۷/۵ بود. هدایت الکتریکی (EC) آن ۰/۷۵ دسی‌زیمنس بر متر گزارش شد، کربنات کلسیم ۹ درصد، کربن آلی ۰/۵۰ درصد، ازت کل ۰/۰۵ درصد، فسفر قابل جذب ۸/۲ میلی‌گرم در کیلوگرم و پتاسیم قابل جذب ۲۹۰ میلی‌گرم در کیلوگرم بود و میزان رطوبت خاک در حد ظرفیت مزرعه حدود ۲۷ درصد وزنی و جرم مخصوص ظاهری خاک ۱/۳۶ گرم بر سانتی متر مکعب بود. آزمایش به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار به مدت دو سال زراعی(۹۴-۱۳۹۳) اجرا شد. در این پژوهش آبیاری به‌عنوان عامل اصلی (A) به صورت تبخیر تجمعی از سطح تشتک تبخیر کلاس A در سه سطح (۶۰ میلی‌متر ،۱۲۰میلی‌متر و۱۸۰میلی‌متر تبخیراز سطح تشتک تبخیر) و لاین‌ها به‌عنوان عامل فرعی(B) در ۱۰ سطح (KDFGS4، KDFGS6، KDFGS9، KDFGS10، KDFGS12، KDFGS13، KDFGS14، KDFGS16، KDFGS20 و KDFGS21) مورد ارزیابی قرار گرفتند. هر پلات فرعی به طول ۷ متر و عرض ۲/۴ متر شامل ۴ پشته با فاصله ۶۰ سانتی‌متری و ۴ خط کاشت، و فاصله بوته روی ردیف ۱۲ سانتی‌متر بود. میزان ۲۵۰ کیلو گرم در هکتار کود فسفات آمونیوم و۱۰۰ کیلوگرم در هکتار اوره در زمان کاشت و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار اوره به‌عنوان سرک در زمانی که ارتفاع بوته‌ها به حدود ۴۰ - ۳۵ سانتی‌متر (مرحله ۴ تا ۶ برگی) رسید، بر اساس آزمون خاک توزیع شد. کاشت در تاریخ ۱۱ خرداد ماه انجام و تا مرحله چهار برگی آبیاری به‌طور یکسان هر هفته انجام شد. اعمال تنش بعد از مرحله چهار برگی شروع شد. در طول دوره رویش از صفات مهم زراعی یاداشت برداری به عمل آمد. لازم به ذکر است که این لاین‌ها دارای خاصیت سبز مانی (stay green) بوده و زمان رسیدگی فیزیولوژیک دانه، ساقه و برگ‌ها سبز بوده و بالای ۵۰ درصد رطوبت دارند بعد از برداشت، عملکرد دانه (در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک خوشه‌ها برداشت شده و بلافاصله خوشه‌ها توزین شدند و زمانی که رطوبت دانه به ۱۲ درصد رسید دوباره وزن خوشه‌ها گرفته شد و خوشه‌ها با خرمنکوب کوبیده شده و دانه خالص دوباره توزین شد

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-05-20]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1399.22.3.6.7]

و از وزن خوشه خشک کسر گردید و به این ترتیب وزن خشک کاه و کلش خوشه هم بدست آمد) عملکرد علوفه (بعد از برداشت خوشه‌ها، بلافاصله ساقه و شاخ و برگ هم برداشت شده و توزین شدند و وزن علوفه تر بدست آمد و دو کیلوگرم به‌عنوان نمونه برداشت شد و خشک گردید و وزن شد و به این ترتیب وزن علوفه خشک و تر حاصل شد). بعد از برداشت، عملکرد دانه و وزن هزار دانه تعیین گردید. پس از ثبت داده‌ها، ابتدا مفروضات تجزیه واریانس(یکنواختی واریانس خطاهای آزمایشی) بر اساس آزمون F ماکس هارتلی آزمون شدند و پس از اطمینان از برقراری مفروضات، تجزیه واریانس داده‌ها به صورت مرکب انجام شد. برای تجزیه واریانس و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از روش توکی از نرم‌افزار SAS 9.0 و برای همبستگی داده‌ها از نرم افزار SPSS16.0 استفاده شد. با استفاده از عملکرد دانه و علوفه لاین‌های دو منظوره در شرایط نرمال (Yp)، شرایط تنش (Ys) و میانگین عملکرد همه ژنوتیپ‌ها در شرایط مطلوب $\bar{Yp}$، شاخص‌های کمی تحمل و حساسیت به تنش به شرح زیر محاسبه شدند و شاخص‌های تحمل به خشکی مناسب و ژنوتیپ‌های متحمل معرفی شدند. تجزیه به مؤلفه‌های اصلی همراه با رسم نمودار بای پلات با استفاده از شاخص‌های انتخاب در شناسایی ارقام متحمل به خشکی انجام شد.

(رابطه ۱) فیشر و مائورر	Fisher and Maurer, 1978	شاخص حساسیت به تنش	$SSI = [1-(Ys/Yp)]/SI$
(رابطه ۲) فیشر و مائورر	Fisher and Maurer, 1978	شدت تنش	$SI = 1- (Ys / \bar{Yp})$
(رابطه ۳) روزیله و هامبلین	Rosielle and Hambline, 1981	شاخص تحمل	$TOL=Yp-Ys$
(رابطه ۴) فرناندز	Fernandez, 1992	شاخص تحمل به تنش	$STI = (Yp \times Ys)/ (\bar{Yp})2$
(رابطه ۵) روزیله و هامبلین	Rosielle and Hambline , 1981	شاخص‌میانگین بهره‌وری	$MP=(Yp+Ys)/2$
(رابطه ۶) فرناندز	Fernandez, 1992	میانگین هندسی بهره‌وری	$GMP=\sqrt{(Yp \times Ys)}$
(رابطه ۷) گاوازی و همکاران	Gavazzi *et al.*, 1997	شاخص عملکرد	$YI = (Ys / \bar{Ys})$
(رابطه ۸) بوسلاما و اسکاپاگ	Bouslama and Schapaugh, 1984	شاخص پایداری عملکرد	$YSI=Ys/Yp$
(رابطه ۹) چوکان و همکاران	Choukan *et al.*, 2006	درصد کاهش	$R (\%) = [(Yp-Ys)/Yp] \times 100$

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس مرکب نشان داد که طی دو سال آزمایش، عملکرد علوفه خشک و وزن هزار دانه لاین‌های سورگوم (در سطح احتمال یک درصد) دارای تفاوت معنی‌داری بودند. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که عملکرد علوفه خشک در سال دوم با ۱۰/۳ تن در هکتار نسبت به سال اول با ۹/۰ تن در هکتار، دارای تفاوت معنی‌دار بود. وزن هزار دانه نیز در سال اول با ۳۶/۱ گرم نسبت به سال دوم با ۳۱/۰ گرم دارای برتری بود (جدول ۱). صفات ارتفاع بوته و عملکرد دانه در تیمارهای آبیاری در سطح احتمال یک درصد دارای تفاوت معنی‌داری بودند، اما وزن خوشه، عملکرد علوفه تر، عملکرد زیستی تر و خشک و وزن هزار دانه در سطح احتمال پنج درصد، دارای تفاوت معنی‌داری بودند. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که ارتفاع بوته در تیمار بدون تنش (IR_1) با ۱۶۷/۲ سانتی‌متر نسبت به سایر تیمارها دارای تفاوت معنی‌داری بود. عملکرد علوفه تر و خشک در تیمار بدون تنش نسبت به تیمار تنش شدید (IR_3) دارای برتری بود. عملکرد زیستی تر و خشک نیز در تیمار بدون تنش نسبت به تیمار تنش شدید برتری کامل داشت. وزن هزار دانه با ۳۵/۱ گرم در تیمار بدون تنش نسبت تیمار تنش شدید دارای برتری کامل بود. عملکرد دانه در تیمار بدون تنش با ۷۰۹۴ کیلوگرم در هکتار نسبت به تیمار تنش متوسط (IR_2) دارای برتری نسبی و نسبت به تیمار تنش شدید (با ۳۹۲۳ کیلوگرم در هکتار) برتری کامل داشت (جدول ۱). همان‌طورکه مشاهده می‌شود کلیه صفات گیاهی ژنوتیپ‌های سورگوم با کاهش آبیاری و افزایش شدت تنش کاهش

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-05-20]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1399.22.3.6.7]

چشمگیری داشتند. نتایج تجزیه واریانس مرکب نشان داد که ژنوتیپ‌های سورگوم از نظر کلیه صفات (غیر از عملکرد زیستی خشک) در سطح احتمال یک درصد دارای تفاوت معنی‌داری بودند. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که لاین ۷ با ارتفاع بوته ۱۶۶/۳ سانتی‌متر در رتبه اول و لاین ۱ با ۱۶۲/۸ سانتی‌متر، در مرتبه دوم قرار گرفتند. لاین شماره ۷ با وزن علوفه تر و خشک به ترتیب ۳۹/۰۹ و ۱۳/۸۲ تن در هکتار در رتبه اول قرار گرفت. بیشترین عملکرد بیولوژیک تر مربوط به لاین شماره ۷ با ۴۷/۰۲ تن در هکتار بود و همچنین این لاین از لحاظ عملکرد بیولوژیک خشک با ۱۹/۱ تن در هکتار دارای برتری نسبی بود. از لحاظ وزن هزار دانه لاین شماره ۹ با وزن هزار دانه ۳۱/۷۱ گرم در رتبه نخست قرار گرفت. لاین‌های شماره ۸، ۱، ۹ و ۳ از لحاظ عملکرد دانه در یک گروه قرار گرفتند و دارای بیشترین عملکرد دانه بودند و کمترین عملکرد دانه مربوط به لاین شماره ۷ بود (جدول۱). در اثرات متقابل ارقام و آبیاری فقط از لحاظ صفت ارتفاع بوته در سطح یک درصد و از لحاظ وزن علوفه خشک در سطح احتمال ۵ درصد دارای تفاوت معنی‌داری بودند و اثرات متقابل سه گانه سال، ارقام و آبیاری فقط از لحاظ ارتفاع بوته در سطح احتمال ۵ درصد دارای اختلاف معنی‌داری بودند(جدول۱). مقایسه میانگین‌ها نشان داد در اثرات متقابل ارقام و آبیاری لاین شماره ۱ و سطح آبیاری IR3 با عملکرد بیولوژیک خشک ۱۷/۳۸ تن در هکتار دارای برتری بود. لاین شماره ۱ و سطح آبیاری IR3 با عملکرد دانه ۵۸۵۶ کیلوگرم در هکتار دارای بیشترین عملکرد دانه در سطح تنش شدید (IR3) بود. به نظر می‌رسد مصرف متعادل آب طی مراحل مختلف نمو در شاهد (آبیاری نرمال) منجر به بهبود عملکرد دانه شد. همچنین بهره مندی بیشتر از امکانات محیطی در شاهد با افزایش طول رسیدگی می‌تواند در ارتقاء کمی و کیفی محصول نقش بسزایی داشت (Roshdi and Rezadost, 2005). تسریع در گل‌دهی و کوتاه شدن دوره رشد به‌عنوان یکی از دلایل کاهش عملکرد گیاهی می‌باشد. در این راستا فراری و فرناندز (Ferrari and Fernandez. 1986) دریافتند که در اثر تنش خشکی در آفتابگردان سطح برگ به سرعت کاهش یافت و تأثیر منفی بر عملکرد دانه داشت. زمان بروز تنش خشکی نیز در نوع و میزان خسارت وارده اثرات زیادی دارد. تحقیق انجام شده برروی ارزن و سورگوم نشان داد که تنش در مرحله رشد زایشی تا ۵۰ درصد عملکرد دانه را کاهش داد اما بروز تنش در مرحله رشد رویشی در ارزن ۲۵ درصد و در سورگوم ۳۰ درصد عملکرد را پایین آورد (Rame and Kumari, 1995).

هاسمن و همکاران (Hassman *et al.*, 1998) در بررسی اثرات تنش آبی روی هیبریدهای مختلف سورگوم به این نتیجه رسیدند که تنش آبی در اوایل گرده افشانی باعث کاهش عملکرد می‌گردد. ابولهاشم و همکاران (Abulhashem *et al.*, 1998) نیز اظهار داشتند که عدم آبیاری در مرحله پیدایش و تشکیل گل‌ها و مواجه شدن گیاه با تنش خشکی در این مرحله حتی اگر تنش به صورت جزئی باشد باعث کاهش میزان ظهور سلول‌های بنیادی گل می‌گردد و تعداد سنبله در غلات و تعداد غلاف ها در کلزا و سویا کاهش می‌دهد. به نظر می‌رسد وجود آب کافی به خصوص در مرحله دانه‌بندی مانع از بروز رقابت زیاد بر سر جذب مواد فتوسنتزی بین دانه‌ها و اندام رویشی شد. همچنین طولانی شدن مرحله دانه‌بندی و رسیدگی در IR1 منجر به انتقال مواد فتوسنتزی کافی به دانه‌ها و افزایش متوسط وزن دانه گردید. در این راستا مظاهری لقب و همکاران(Mazaherilaghab *et al.*, 2001) اظهار داشتند آبیاری در مرحله گل‌دهی بر باروری گلچه‌ها و افزایش تعداد دانه‌های سورگوم تأثیر دارد. در حالی‌که در مرحله دانه‌بندی، آبیاری بر افزایش اندوخته غذایی و پر شدن دانه‌ها و در نتیجه افزایش وزن آن‌ها تأثیر می‌گذارد. نارشیوا و شیوراج (Narshiva and Shivraj, 1998)

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-05-20]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1399.22.3.6.7]

جدول۱- مقایسه میانگین صفات گیاهی لاین‌های امید بخش سورگوم دومنظوره (دانه‌ای- علوفه‌ای) در تیمارهای تنش خشکی

Table 1. Mean comparison of plant traits of promising dual purpose (grain – forage) sorghum lines

تیمارهای آزمایشی Treatments		ارتفاع بوته Plant height (cm)	وزن خوشه Panicle weight ($t.ha^{-1}$)	عملکرد علوفه تر Fresh forage yield ($t.ha^{-1}$)	عملکرد علوفه خشک Dry forage yield ($t.ha^{-1}$)	عملکرد زیستی تر Fresh biologic yield ($t.ha^{-1}$)	عملکرد زیستی خشک Dry biologic yield ($t.ha^{-1}$)	وزن هزار دانه 1000 grain weight (g)	عملکرد دانه Grain yield ($kg.ha^{-1}$)
Year	سال								
2014	۱۳۹۳	148.5a	10.8a	28.8a	9.0b	39.6a	17.1a	36.1a	5433.2a
2015	۱۳۹۴	151.1a	10.3a	28.7a	10.6a	39.0a	17.9a	31.0b	5617.5a
Irrigation (IR)	تیمارهای آبیاری								
IR_1 (60 mm T)	۶۰ میلی‌متر تبخیر	167.2a	13.2a	31.8a	10.9a	45.0a	20.5a	35.1a	7094.0a
IR_2 (120 mm T)	۱۲۰ میلی‌متر تبخیر	145.4b	10.5ab	28.4ab	9.6ab	38.9ab	17.1ab	33.7ab	5559.0ab
IR_3 (180 mm T)	۱۸۰ میلی‌متر تبخیر	137.0b	8.0b	25.9b	8.9b	34.0b	14.8b	31.9b	3923.0b
ژنوتیپ‌های سورگوم Sorghum genotypes									
L1 (KDFGS4)		162.8ab	12.0ab	27.4bc	9.0bc	39.4b	18.1a	34.5bc	6510.0a
L2 (KDFGS6)		132.1f	12.7a	27.8bc	9.0bc	40.6b	18.2a	33.0bc	6289.0a
L3 (KDFGS9)		138.3ef	12.4a	24.0e	8.2c	36.4b	17.1a	32.9bc	5820.0a
L4 (KDFGS10)		149.9cd	11.5ab	28.6bc	9.6bc	40.1b	17.4a	35.4ab	5401.0ab
L5 (KDFGS12)		153.0bc	9.6bc	30.2b	9.7bc	39.9b	16.8a	32.5bc	5556.0ab
L6 (KDFGS13)		154.0bc	9.8bc	29.4bc	9.8bc	39.2b	16.9a	31.8cd	5305.0ab
L7 (KDFGS14)		166.3a	7.9c	39.0a	13.8a	47.0a	19.1a	33.3bc	3346.0c
L8 (KDFGS16)		146.4cd	10.8ab	25.3de	9.0bc	36.2b	17.3a	30.4d	6604.0a
L9 (KDFGS20)		140.7de	10.1ab	25.7cd	9.0c	36.4b	16.8a	37.7a	6234.0a
L10 (KDFGS21)		155.4bc	8.1c	29.7bc	10.6b	37.9b	16.8a	34.0bc	4188.0bc

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 2026-05-20]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1399.22.3.6.7]

ادامه جدول ۱- Continued Table 1.

تیمار Treatment		ارتفاع بوته Plant length (cm)	وزن خوشه Panicle weight (tha-1)	وزن علوفه تر Fresh fodder (tha-1)	وزن علوفه خشک Dry fodder (tha-1)	عملکرد بیولوژیک تر FreshBiologic yield (tha-1)	عملکرد بیولوژیک خشک Dry Biologic yield (tha-1)	وزن هزار دانه 1000-grain weight (g)	عملکرد دانه Grain yield (kgh-1)
رژیم آبیاری Irrigation Regime(IR)	ژنوتیپ‌های سورگوم orghum genotypes								
IR1=60mm	L1 (KDFGS4)	174.8a	12.68ab	27.95bc	9.35cd	40.62ab	18.72ab	35.48ab	6989.0ab
	L2 (KDFGS6)	143.0ef	16.43a	30.90bc	9.74cd	47.30ab	21.70ab	34.15bc	8011.0ab
	L3 (KDFGS9)	151.7de	16.20a	25.83cd	8.57ef	42.05ab	20.42ab	33.98bc	7750.0ab
	L4 (KDFGS10)	162.0bc	13.43ab	30.33bc	10.12cd	43.80ab	19.62ab	36.15ab	6986.0ab
	L5 (KDFGS12)	175.0ab	12.42ab	34.40ab	10.92bc	46.83ab	20.06ab	33.65bc	6829.0ab
	L6 (KDFGS13)	173.6ab	13.07ab	35.70ab	12.45ab	48.80ab	21.86ab	34.15bc	7333.0ab
	L7 (KDFGS14)	186.7a	10.27bc	41.43a	15.30a	51.72a	22.26a	35.48ab	4603.0de
	L8 (KDFGS16)	164.3bc	13.75ab	30.43bc	10.74bc	44.17ab	20.77ab	31.48bc	8639.0a
	L9 (KDFGS20)	158.0cd	13.32ab	27.52bc	9.37cd	40.83ab	19.16ab	41.65a	8219.0ab
	L10 (KDFGS21)	183.1ab	10.72bc	33.92ab	12.76ab	44.65ab	20.89ab	35.32ab	5578.0ab
IR2=120mm	L1 (KDFGS4)	159.1cd	12.42ab	27.25bc	8.98de	39.65ab	18.28ab	34.65bc	6685.0ab
	L2 (KDFGS6)	130.3hi	12.65ab	27.68bc	9.46cd	40.33ab	18.49ab	32.82bc	6417.0ab
	L3 (KDFGS9)	134.1ghi	12.52ab	22.95e	7.81f	35.45de	16.62bc	32.48bc	5714.0ab
	L4 (KDFGS10)	143.9ef	11.60ab	29.75bc	9.95cd	41.35ab	17.52ab	35.15bc	5282.0bc
	L5 (KDFGS12)	147.9de	9.43bc	31.02bc	10.26cd	40.47ab	17.09ab	35.32ab	5999.0ab
	L6 (KDFGS13)	148.6de	9.12bc	27.78bc	8.73ef	36.90cd	15.18cd	31.82bc	5089.0cd
	L7 (KDFGS14)	166.8ab	9.07bc	40.52a	14.12ab	49.60ab	20.13ab	34.48bc	3801.fg
	L8 (KDFGS16)	140.2fg	10.85bc	22.85e	8.09f	33.73ef	16.42bc	30.48bc	6539.0ab
	L9 (KDFGS20)	135.7gh	10.60bc	26.23cd	9.05de	36.83cd	16.56bc	35.98ab	6206.0ab
	L10 (KDFGS21)	147.4de	7.08ef	28.50bc	9.84cd	35.55de	15.12de	33.98bc	3861.0fg
IR3=180mm	L1 (KDFGS4)	154.6cd	11.07bc	27.08bc	8.86ef	38.15bc	17.38ab	33.48bc	5856.0ab
	L2 (KDFGS6)	123.1i	9.17bc	25.08de	7.95f	34.28ef	14.65ef	32.32bc	4440.0de
	L3 (KDFGS9)	129.3hi	8.6bc	23.28e	8.31f	31.93gh	14.43gh	32.48bc	3997.0ef
	L4 (KDFGS10)	143.8ef	9.60bc	25.77cd	8.99de	35.38de	15.09de	35.15bc	3936.0ef
	L5 (KDFGS12)	136.0gh	7.18ef	25.25de	8.01f	32.43fg	13.45i	28.65d	3839.0fg
	L6 (KDFGS13)	139.9fg	7.28ef	24.77e	8.48f	32.05fg	13.91hi	29.48cd	3494.0gh
	L7 (KDFGS14)	145.2ef	4.40f	35.33ab	12.04ab	39.75ab	14.91de	30.15bc	1635.0i
	L8 (KDFGS16)	134.6g	8.08de	22.90e	8.338f	30.98h	14.91de	29.32cd	4633.0de
	L9 (KDFGS20)	128.3hi	8.20cd	23.53e	8.63ef	31.73gh	14.91de	35.48ab	4276.0de
	L10 (KDFGS21)	135.7gh	6.67ef	26.85cd	9.48cd	33.53ef	14.52fg	32.82bc	3125.0hi

میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون فاقد تفاوت آماری بر اساس آزمون توکی در سطح ۵٪ هستند. Means with similar letters in each column are not significantly different at 5% propability level(DMRT

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-05-20]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1399.22.3.6.7]

گزارش کردند که تنش خشکی بعد از گرده افشانی در سورگوم دانه‌ای سبب کاهش طول پر شدن دانه گردید. همچنین در این مطالعه افزایش اندازه دانه ناشی از کاهش تعداد دانه در خوشه بیان شده است. اولیوفایو و همکاران (Olufayo *et al.*, 1997) در تحقیق خود روی عملکرد سورگوم تحت شدت‌های متفاوت تنش و در مراحل مختلف رشد به این نتیجه رسیدند که تعداد خوشه در واحد سطح در زمان خوشه‌دهی تحت تأثیر کم آبی قرار گرفت و کم آبیاری در مرحله پر شدن دانه بر روی وزن دانه‌ها مؤثر بوده و موجب کاهش آن شده است. از لحاظ وزن علوفه تر و خشک و عملکرد بیولوژیک لاین شماره ۷ دارای برتری کامل بود و از لحاظ عملکرد دانه لاین‌های شماره ۱ و ۸ برتری نشان دادند(جدول۱).

شاخص‌ها

مقادیر عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک در شرایط تنش(YS) و بدون تنش(YP) و شاخص‌های تحمل به خشکی لاین‌های سورگوم دو منظوره علوفه‌ای– دانه‌ای در جدول‌های ۲ و ۴ ارائه شده است. شدت تنش(سختی محیط) که با SI نشان داده می‌شود در این آزمایش برای عملکرد دانه ۰/۴۵ است. هر اندازه YS از نظر کمی به YP نزدیک‌تر باشد به همان اندازه نیز حساسیت آن رقم به خشکی کمتر خواهد بود. بر اساس شاخص حساسیت به تنش(SSI) کمترین میزان این شاخص متعلق به لاین شماره ۱(KDFGS4) بود و بیشترین مقدار SSI متعلق به لاین‌های شماره ۳(KDFGS9) و شماره ۹(KDFGS20) به مقدار ۱/۱۰ و لاین شماره ۶ (KDFGS13) دارای ۱/۲ بود (جدول۲). بنابراین این لاین‌ها از نظر این شاخص‌ها نسبت به خشکی حساسیت بیشتری از خود نشان داده اند. مقدار بالای STI حاکی از تحمل بیشتر ژنوتیپ‌ها نسبت به تنش خشکی است. طبق نظر فرناندز (Fernandez, 1992)، بهترین شاخص برای گزینش ارقام، شاخص تحمل به تنش STI می‌باشد. او معتقد است که شاخص‌های تحمل تنش (STI) و میانگین هندسی بهره‌وری (GMP) با توجه به همبستگی بالا و معنی‌دار موجود بین آن‌ها و عملکرد دانه ژنوتیپ‌های گندم برخوردار از عملکرد مطلوب، قابل توصیه می‌باشند. از نظر شاخص STI و میانگین هندسی بهره‌وری (GMP)، که مقادیر بالای شاخص نشان دهنده تحمل ارقام می‌باشد. از نظر شاخص STI لاین‌های شماره ۱(KDFGS4) و لاین شماره ۸ (KDFGS16) با STI های معادل ۰/۸۱ و ۰/۸۰ به‌عنوان لاین‌های متحمل شناخته شدند. از لحاظ شاخص‌های MP و GMP لاین‌های شماره ۱(KDFGS4)، شماره ۸ (KDFGS16) و شماره ۹ (KDFGS20) به‌عنوان لاین‌های متحمل به تنش خشکی معرفی شدند(جدول۲). در ارزیابی لاین‌ها با استفاده از شاخص TOL لاین شماره ۱(KDFGS4) با کمترین میزان TOL به تنش حساسیت کمتری نشان داد. ارقامی که دارای شاخص TOL کمتری هستند در محیط تنش تغییر عملکرد کمتری از خود نشان می‌دهند. مسئله دیگر در مورد این شاخص آن است که پایین بودن شاخص TOL الزاماً به معنای بالا بودن عملکرد رقم در محیط بدون تنش نمی‌باشد چون ممکن است عملکرد رقمی در شرایط عادی پایین باشد و در شرایط تنش نیز با افت عملکرد کمتری همراه باشد، که باعث کوچک شدن شاخص TOL شود و در نتیجه این رقم به‌عنوان رقم متحمل معرفی شود (Moghaddam and Hadizade, 2002). بنابراین مشخص می‌شود که شاخص TOL در گزینش ژنوتیپ‌های دارای عملکرد دانه بالا در هر دو شرایط تنش و بدون تنش رطوبتی موفق نبوده و گزینش را به‌سوی ژنوتیپ‌های کم بازده و متحمل سوق می‌دهد. ژنوتیپی که توسط شاخص YSI به‌عنوان رقمی با پایداری بالای عملکرد در شرایط تنش شناسایی می‌شود، از پایین‌ترین میزان تغییر و یا کاهش عملکرد برخوردار می‌باشد. هر رقم با میزان YSI بالا باید

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-05-20]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1399.22.3.6.7]

جدول ۲- شاخص‌های تحمل به تنش خشکی لاین‌های امید بخش سورگوم دومنظوره (دانه‌ای- علوفه‌ای) بر اساس عملکرد دانه در تیمارهای بدون تنش و تنش خشکی (SI= 0.45)

Table 2. Drought stress tolerance indices of promising dual purpose (grain – forage) sorghum lines based on grain yield in normal and severe drought stress treatments (SI= 0.45)

ژنوتیپ‌های سورگوم Sorghum genotypes	Yp ($kg.ha^{-1}$)	Ys ($kg.ha^{-1}$)	TOL	MP	GMP	SSI	STI	YI	YSI	%R
L1 (KDFGS4)	6989.0	5856.0	1133.0	6422.5	6397.5	0.36	0.81	1.49	0.84	16.3
L2 (KDFGS6)	8011.0	4440.0	3571.0	6225.5	5964.0	0.99	0.71	1.13	0.55	44.6
L3 (KDFGS9)	7750.0	3997.0	3753.0	5873.5	5565.7	1.10	0.62	1.02	0.52	48.5
L4 (KDFGS10)	6986.0	3936.0	3050.0	5461.0	5243.7	0.97	0.55	1.00	0.58	43.7
L5 (KDFGS12)	6829.0	3839.0	2990.0	5334.0	5120.2	0.97	0.52	0.98	0.56	43.8
L6 (KDFGS13)	7333.0	3494.0	3839.0	5413.5	5061.8	1.20	0.51	0.89	0.48	52.4
L7 (KDFGS14)	4603.0	1635.0	2968.0	3119.0	2743.3	1.43	0.15	0.42	0.36	64.5
L8 (KDFGS16)	8639.0	4633.0	4006.0	6636.0	6326.5	1.03	0.80	1.18	0.54	46.4
L9 (KDFGS20)	8219.0	4276.0	3943.0	6247.5	5928.3	1.10	0.70	1.09	0.52	48.0
L10(KDFGS21)	5578.0	3125.0	2453.0	4351.5	4175.1	0.98	0.35	0.80	0.56	44.0
Mean میانگین	7093.7	3923.1	3170.6	5508.4	5252.6	1.01	0.57	1.00	0.55	45.2

جدول ۳- ضرایب همبستگی بین شاخص‌های تحمل به تنش و عملکرد دانه لاین‌های امید بخش سورگوم دومنظوره (دانه‌ای- علوفه‌ای) در شرایط بدون تنش و تنش خشکی

Table 3. Correlation coefficients between stress tolerance indices and grain yield of promising dual purpose (grain – forage) sorghum lines normal and drought stress treatments

	Yp	Ys	TOL	MP	GMP	SSI	STI	YI	YSI	%R
Yp	1									
Ys	0.72*	1								
TOL	0.51	-0.24	1							
MP	0.93**	0.92**	0.17	1						
GMP	0.90**	0.95**	0.08	0.99**	1					
SSI	-0.23	-0.84**	0.71*	-0.56	-0.63	1				
STI	0.89**	0.95**	0.06	0.99**	0.99**	-0.63*	1			
YI	0.72*	1.00**	-0.24	0.92**	0.95**	-0.84**	0.95**	1		
YSI	0.25	0.85**	-0.70*	0.58	0.65*	-0.99**	0.65*	0.85**	1	
%R	-0.26	-0.85**	0.70*	-0.58	-0.65*	0.99**	-0.65*	-0.86**	-0.99**	1

جدول ۴- شاخص‌های تحمل به تنش خشکی لاین‌های امید بخش سورگوم دومنظوره (دانه‌ای- علوفه‌ای) بر اساس عملکرد زیستی خشک در تیمارهای بدون تنش و تنش خشکی (SI= 0.28)

Table 4. Drought stress tolerance indices of promising dual purpose (grain – forage) sorghum lines based on dry biological yield in normal and severe drought stress treatments (SI = 0.28)

ژنوتیپ‌های سورگوم Sorghum genotypes	Yp ($t.ha^{-1}$)	Ys ($t.ha^{-1}$)	TOL	MP	GMP	SSI	STI	YI	YSI	%R
L1 (KDFGS4)	18.72	17.38	1.34	18.05	18.04	0.25	0.77	1.17	0.93	7.2
L2 (KDFGS6)	21.70	14.65	7.05	18.18	17.83	1.16	0.75	0.99	0.68	32.5
L3 (KDFGS9)	20.42	14.43	5.99	17.43	17.17	1.05	0.69	0.97	0.71	29.4
L4 (KDFGS10)	19.62	15.09	4.57	17.36	17.21	0.83	0.70	1.02	0.77	23.1
L5 (KDFGS12)	20.06	13.45	6.61	16.76	16.43	1.18	0.64	0.91	0.67	33.0
L6 (KDFGS13)	21.86	13.91	7.95	17.89	17.44	1.30	0.72	0.94	0.64	36.4
L7 (KDFGS14)	22.26	14.91	7.35	18.56	18.22	1.18	0.79	1.00	0.67	33.1
L8 (KDFGS16)	20.77	14.91	5.86	17.84	17.59	1.00	0.73	1.00	0.72	28.3
L9 (KDFGS20)	19.16	14.91	4.25	17.04	16.90	0.79	0.68	1.00	0.78	22.2
L10 (KDFGS21)	20.89	14.52	6.37	17.71	17.42	1.09	0.72	0.98	0.70	30.5
Mean میانگین	20.55	14.82	5.73	17.68	17.43	0.87	0.72	1.00	0.73	27.6

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-05-20]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1399.22.3.6.7]

جدول ۵- ضرایب همبستگی بین شاخص‌های تحمل به تنش و عملکرد زیستی خشک لاین‌های امید بخش سورگوم دومنظوره (دانه‌ای- علوفه‌ای) در شرایط بدون تنش و تنش خشکی

Table 5. Correlation coefficients between stress tolerance indices and dry biologic yield of promising dual purpose (grain – forage) sorghum lines normal and drought stress treatments

	Yp	Ys	TOL	MP	GMP	SSI	STI	YI	YSI	%R
Yp	1									
Ys	0.52	1								
TOL	0.89**	-0.85**	1							
MP	0.59	0.39	0.15	1						
GMP	0.39	0.59	-0.08	0.97**	1					
SSI	0.82**	-0.91**	0.99**	0.03	-0.20	1				
STI	0.39	0.59	-0.08	0.97**	0.99**	-0.20	1			
YI	-0.52	0.99**	-0.85**	0.38	0.53	-0.91**	0.58	1		
YSI	-0.82**	0.91**	-0.99**	-0.02	0.20	-1.00**	0.20	0.91**	1	
%R	0.83*	-0.91**	0.99	0.03	-0.20	1.00**	-0.20	-0.91**	-1.00**	1

Ys: Yield in StressCondition عملکرد تنش
Yp: Yield Potential عملکرد پتانسیل
GMP: Geometric Mean Productivity شاخص میانگین هندسی بهره‌وری
YI: Yield Index شاخص عملکرد
TOL: Tolerance Index شاخص تحمل
SI: tress Index شدت تنش
STI: Stress Tolerance Index شاخص تحمل به تنش
YSI: Yield Stability Index شاخص پایداری عملکرد
MP: Mean Productivity میانگین بهره‌وری
% R: Reduction در صد کاهش
SSI: Stress Suscepibility Index به تنش شاخص حساسیت

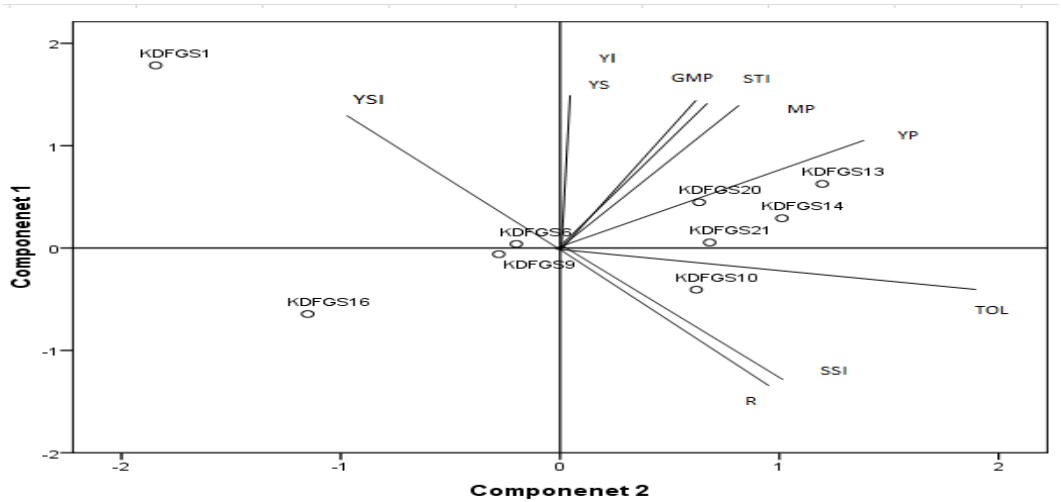
عملکرد بالایی در دو محیط تنش و بدون تنش داشته باشد. لاین۱ (KDFGS4) با مقادیر بالای YSI دارای عملکرد متوسط در هر دو شرایط تنش و بدون تنش بود. شاخص YSI همانند شاخصTOL بر پایه میزان تغییرعملکرد در شاخص پایداری عملکرد (YSI) مقادیر عددی بیشتر از واحد، حساسیت ژنوتیپ و ضعف عملکرد در شرایط تنش را نشان می‌دهد (Eberhart and Russel,1966). شاخص عملکرد (YI) از نسبت عملکرد رقم در شرایط تنش به میانگین کلیه ارقام در شرایط تنش محاسبه می‌شود. با این شاخص لاین‌های شماره ۱(KDFGS4)، شماره ۲ (KDFGS6) و شماره ۸ (KDFGS16) به‌عنوان لاین‌هایی با بالاترین میزان عملکرد در محیط تنش شناسایی شدند(جدول۲). از لحاظ عملکرد بیولوژیک با لاین‌های شماره ۶ و ۵ با مقادیر SSI به‌ترتیب ۱/۳ و ۱/۱۸ حساس‌ترین لاین‌ها بودند و لاین‌های شماره ۱، ۲، ۴، ۶ و ۱۰ دارای STI بالایی بودند و به‌عنوان لاین‌های متحمل به خشکی می‌باشند(جدول۴). مناسب‌ترین شاخص برای گزینش ارقام متحمل به تنش خشکی شاخصی است که دارای همبستگی بالای عملکرد در هر دو شرایط تنش و بدون تنش باشد. همبستگی بین شاخص‌های ذکر شده و عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک در شرایط تنش و بدون تنش در جدول‌های ۲و ۵ درج شده است. بیشترین میزان ضریب همبستگی بین شاخص‌های تحمل در شرایط تنش و بدون تنش مربوط به شاخص‌های MP ، GMP، STI و YI بود. درصورت استفاده از بیش از سه متغییر (شاخص‌ها و عملکرد در شرایط تنش و غیر تنش) بکارگیری بای پلات که در حقیقت یک نمایش هندسی چند متغییره است ابزار سودمندی خواهد بود. با توجه به جدول‌های ۲ و ۴ می‌توان روابط بین ارقام و شاخص‌ها را به‌صورت یک شکل واحد(بای پلات) ترسیم کرد و ساختار چنین ماتریس بزرگ دو طرفه را مورد مطالعه قرار داد. نتایج حاصل از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی روی شاخص‌ها و عملکرد دانه در

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-05-20]
[DOR: 20.1001.1.15625540.1399.22.3.6.7]

جدول۶- بردارها و مقادیر ویژه برای شاخص‌های تحمل به خشکی(عملکرد دانه)

Table 6. Vectors and eigen values for tolerance indices (grain yield)

مؤلفه Component	مقادیر ویژه Eigenvalues	سهم تجمعی Cumulative	عملکرد در شرایط نرمال $Yp_{(kgha^{-1})}$	عملکرد در شرایط تنش $Ys_{(kgha^{-1})}$	تحمل TOL	میانگین حسابی MP	میانگین هندسی GMP	حساسیت به تنش SSI	تحمل به تنش STI	شاخص عملکرد YI	شاخص پایداری عملکرد YSI	درصد کاهش عملکرد %R
1	7.38	73.84	0.70	0.99	-0.26	0.91	0.94	-0.85	0.94	0.99	0.87	-0.87
2	2.58	99.60	0.71	0.02	0.98	0.42	0.34	0.52	0.32	0.02	-0.49	0.49



شکل ۱- نمایش بای پلات شاخص‌های تحمل به خشکی در لاین‌های امید بخش سورگوم دانه‌ای–علوفه‌ای بر اساس مؤلفه‌های اول و دوم

Fig.1. Graph of biplot for tolerance indices in dual purpose promising forage - grain sorghum lines based on of first and second component

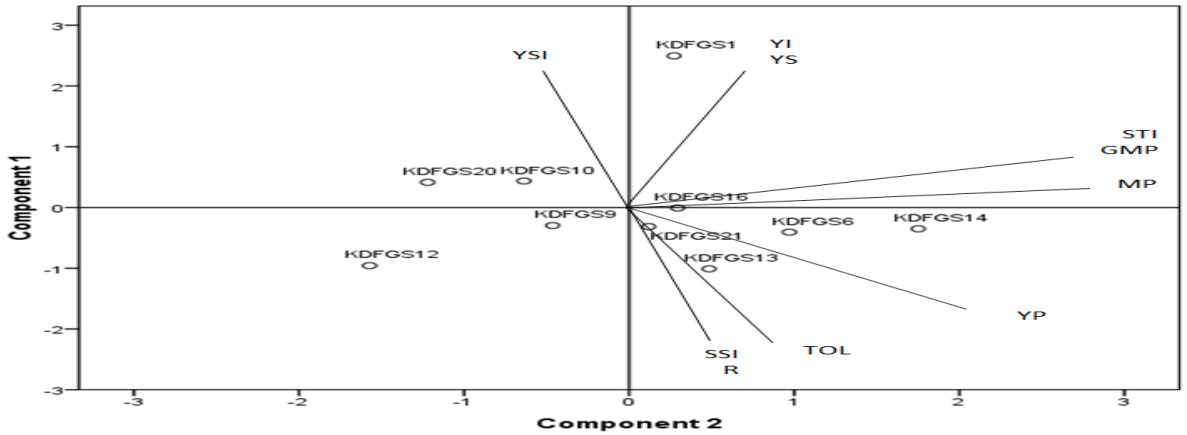
[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-05-20]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1399.22.3.6.7]

جدول۷- بردارها و مقادیر ویژه برای شاخص‌های تحمل به خشکی(عملکرد بیولوژیک)

Table7. Vectors and eigen values for tolerance indices (biologic yield)

مؤلفه Component	مقادیر ویژه Eigenvalues	سهم تجمعی Cumulative	عملکرد در شرایط نرمال $Yp_{(tha^{-1})}$	عملکرد در شرایط تنش $Ys_{(tha^{-1})}$	تحمل TOL	میانگین حسابی MP	میانگین هندسی GMP	حساسیت به تنش SSI	تحمل به تنش STI	شاخص عملکرد YI	شاخص پایداری عملکرد YSI	درصد کاهش عملکرد %R
1	6.49	64.98	0.71	0.97	-0.95	0.15	0.37	-0.98	0.37	0.97	0.98	-0.98
2	3.49	99.8	0.70	0.25	0.29	0.98	0.92	0.17	0.92	0.23	-0.17	0.18



شکل ۲- نمودار بای پلات شاخص‌های تحمل خشکی در ارقام و لاین‌های امید بخش سورگوم دو منظوره دانه‌ای– علوفه‌ای بر اساس مؤلفه‌های اول و دوم

Fig.2. Graph of biplot for tolerance indices in dual purpose promising grain – forage sorghum lines based on of first and second component

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-05-20]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1399.22.3.6.7]

شرایط نرمال و تنش در ده لاین ، نشان داد که دو مؤلفه اول با داشتن مقادیر ویژه بزرگ‌تر از یک، در مجموع ۹۹/۶۰ ٪ از تغییرات کل داده‌ها را بیان کردند (جدول۶).

پایداری درصورت استفاده از بیش از سه متغییر (شاخص‌ها و عملکرد در شرایط تنش و غیر تنش) بکارگیری بای پلات که در حقیقت یک نمایش هندسی چند متغییره است ابزار سودمندی خواهد بود (Kargar *et al.*, 2004). ترسیم بای پلات بر اساس این دو مؤلفه انجام شد. با توجه به این‌که مؤلفه اول تغییراتی را در بر می‌گیرد که توسط مؤلفه دوم تبیین نمی‌شود و بالعکس، لذا می‌توان تغییرات دو مؤلفه را به صورت عمود بر هم نمایش داد. مؤلفه اول که ۷۳/۸۴ ٪ از تغییرات کل داده‌ها را توجیه کرد و همبستگی مثبت و بالایی با MP، GMP و STI داشت به نام مؤلفه پتانسیل و پایداری عملکرد وتحمل به خشکی نام‌گذاری شد. با توجه به این که میزان بالای این شاخص‌ها مطلوب است، بنابراین در بای پلات حاصله اگر به مقادیر مثبت و بالای این مؤلفه توجه شود، می‌توان ارقامی 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 ۲۵/۷۶٪ از تغییرات کل داده‌ها را بیان کرد و همبستگی مثبت و بالا با TOL، SSI و R داشت و مؤلفه حساسیت به تنش خشکی و پایداری عملکرد نام‌گذاری شد. مؤلفه دوم می‌تواند ارقامی با پایداری عملکرد پایین و پتانسیل عملکرد متوسط و مقادیر کم شاخص‌های TOL، SSI و R را انتخاب کند(شکل۱). همان‌طوری‌که در شکل ۱ ملاحظه می‌شود لاین‌های شماره ۹، ۶، ۷ و ۱۰ در ناحیه پتانسیل و پایداری عملکرد به خشکی (سمت راست شکل ۱) و لاین شماره ۴ در ناحیه حساسیت به تنش خشکی و عملکرد پایین (سمت راست پایین شکل۱) قرار گرفت، این نشان دهنده تفاوت ژنتیکی ارقام نسبت به خشکی است. از لحاظ عملکرد بیولوژیک در شرایط نرمال و تنش در ده لاین ، نشان داد که دو مؤلفه اول با داشتن مقادیر ویژه بزرگ‌تر از یک، در مجموع ۹۹/۸۰ ٪ از تغییرات کل داده‌ها را بیان کردند (جدول۷). مؤلفه اول که ۶۴/۹۸ ٪ از تغییرات کل داده‌ها را توجیه کرد و همبستگی مثبت و بالایی با YSI داشت به نام مؤلفه پتانسیل و پایداری عملکرد وتحمل به خشکی نام‌گذاری شد. با توجه به این که میزان بالای این شاخص‌ها مطلوب است، بنابراین در بای پلات حاصله اگر به مقادیر مثبت و بالای این مؤلفه توجه شود، می‌توان ارقامی که دارای عملکرد بالا در هر دو شرایط تنش و غیر تنش و شاخص‌های برتر MP، GMP و STI بالا هستند را انتخاب کرد. مؤلفه دوم ۲۵/۷۶٪ از تغییرات کل داده‌ها را بیان کرد و همبستگی مثبت و بالا با TOL، SSI و R داشت و مؤلفه حساسیت به تنش خشکی و پایداری عملکرد نام‌گذاری شد (شکل۲). از لحاظ عملکرد بیولوژیک لاین‌های شماره ۸ و ۱ متحمل و لاین‌های شماره ۷، ۲، ۱۰ و ۶ حساس بودند (جدول ۷).

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج حاصله از تجزیه بای پلات و شاخص‌های برتر MP، GMP و STI لاین‌های شماره ۹، ۶، ۷، ۱۰ ، ۸ و ۱ به‌عنوان لاین‌های متحمل انتخاب شدند.

منابع مورد استفاده

References

Abulhashem, M., Aminmajudar, N., Hamid, A. and Hossain, M. 1998. Drought stress on seed yield attributes growth, cell membrane stability and gus change of synthesized Brassica napus.Agronomy Journal 180: 129-136.

Bouslama, M., and Schapaugh, W.T. 1984. Stress tolerance in Soybean. Part1: Evaluation of three screening

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-05-20]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1399.22.3.6.7]

techniques for heat and drought tolerance. Crop Science 24: 933-937.

Chatterjee, B. N. and P. K. Das. 1989. Forage crop production , Newdelfi: Oxford and ZBH Publishing Co. PVI. LTD.

Choukan, R., Taherkhani, T., Channadha, M. R. and Khodarahmi, M. 2006. Evaluation of drought tolerance in grain maize inbred lines usines drought tolerance indices. Iranian Journal of Agricaltural Sciences. 8(1):79-89.

Deghani, A. 1996. The effect of different types of nitrogen fertilizer on forage yield, protein and peroxidase of forage sorghum in second crop in kashkak and zarghan in fars province, Thesis of Master of Science in Agricultural College, Shiraz University.

Done, A. A., R. J. K. Myers and M.A. Foale. 1984. Responses of grain sorghum to varying irrigation frequency inthord irrigation area, I\groth and development and yield. Aust. J. Agrid. Res. 35:17-29

Eberhart, S. A., and Russel, W. A. 1966 . Stability paramenters for comparing variaties. Crop Science 6: 36-40.

Ehdaei, B. 2004. Plant breeding.Chamran University Press.(In Persian).

Ferrari, E. and Fernandez, J. M. 1986. Genetic variability in sunflower and soybean under drought. 1.Yield relationships.Australian Journal of Agriculture Research, 37, 573 – 583.

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.

Fischer, R. A. and Maurer, R. 1978. Drought resistance in spring wheat cultivars. Part1: Grain yield response. Australian Journal of Agricultural Research 29:897-912.

Hussman, B., Obilana, A., Blum, A., Ayiecho, P. and Schipperack, W. 1998. Hybrid performance of sorghum and its relationship to morphological and physiological traits under variable drought stress. Plant Breeding 117: 223-229.

House, L. R. 1985. A Guide to sorghum Breeding, ICRISAT, India**.**

Kargar, S.M.A., Ghannadha, M.R., Bozorgi – pour, R. and Babaei, H.R. 2004. An investigation of drought tolerance indices in some soybean genotypes under restricted irrigation conditions. Iranian, J.Agri.Sci.35:1. 129 – 142

Khazaei, A., A. Fouman, V. Rahjoo and F. Golzardi. 2019. Sorghum Cultivation (Handbook). Agricultural Education Publication. (In Persian).

Mazaherilaghab, H. Nori, F., Zare- Abyane, H. and Vafaei, H. 2001. Effect of final irrigation on important traits of three varieties of sunflower in dry land farming. Indian Journal of Agricultural Research 1: 41-44 (In Persian).

Moghaddam, A., and Hadizade, M. H. 2002. Response of corn (*Zea mays* L.) hybrids and their parental lines to drought using different stress tolerance indices.Seed and Plant Journal of Agricultural Research 18(3):255-

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-05-20]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1399.22.3.6.7]

272(In Persian).

Narshiva Rao, C. L. and Shivraj, A. 1998. Effect of water stress on grain growth of glossy and non glossy varieties of grain sorghum. Indian Journal of Agricultural Science 58: 770-773.

Olufayo, A., **Ruelle, P., Buldy, C. and Aidaou, A. 1997.** Biomass of sorghum under variable water regime. Biomass and Bioenergy 12: 383-387.

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

Rattunde, H. F. W. 2006. Early-maturing dual-purpose sorghums: Agronomic trait variation and covariation among landraces. Plant Breeding, 117(1): 33–36.

Resende, J. A, Pereira, M. N, Von Pinho, R. G, Fonseca, A. H. and Pereira da Silva, A. R. 2003. Ruminal Silage Degradability and Productivity of Forage and Grain -Type Sorghum Cultivars. Scientia Agricola, 60(3): 457 – 463.

Rosielle, A. T., and Hamblin, J. 1981. Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress environment. Crop Science 21:943-945**.**

Roshdi, M. and Rezadost, S. 2005. Study of different irrigation levels on qualitative and quantities traits of sunflower. Iranian Journal of Agricultural Sciences and Natural Resource, 46 (5): 1241-1250(In Persian).

Tuinstra, M.R., E.M. Grote, P.B. Goldsbrough and G. Ejeta. 1997. Genetic analysis of post-flowering drought tolerance and components of grain development in Sorghum bicolor (L) Moench. Molecular Breeding 3:439–448.

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-05-20]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1399.22.3.6.7]

Evaluation of yield of promising dual purpose grain- forage sorghum lines [*Sorghum bicolor* L. Moench] using drought tolerance indices

Khazaei, A.[1]

ABSTRACT

Khazaei, A., 2020. Evaluation of yield of promising dual purpose grain- forage sorghum lines [*Sorghum bicolor* L. Moench] using drought tolerance indices**. Iranian Journal of Crop Sciences. 22(3): 275-290. (In Persian).**

To evaluate and select the promising lines of dual purpose grain-forage sorghum under drought stress conditions, a field experiment assplit plot arrangements in randomized complete block design with three replications was carried out atresearch field station of Seed and Plant Improvement Research Institute, Karaj, Iran, in 2014 and 2015 growing seasons. Irrigation levels (60 mm, 120 mm and 180 mm of evaporation from class A evaportation pan) were assigned to main plotsand 10 sorghum lines (KDFGS4, KDFGS6, KDFGS9, KDFGS10, KDFGS12, KDFGS13, KDFGS14, KDFGS16, KDFGS20 and KDFGS21) randomized in sub-plots. Combined analysis of variance showed that irrigation effect was significant ($P\leq0.01$) on plant height and grain yield. However, irrigation effect was significant ($P\leq0.05$) on dry weight, fresh weight, biological yield and 1000 grain weight. The highest fresh and dry weights of forage was obtained in 60 mm (normal) treatment. The results of biplot multivariate analysis and correlation between droughr indices and grain yield under non-stress and stress conditions showed that MP, GMP, and STI were important in predicting performance of sorghum genotypes. These indices can be used for selecting drought tolerant genotypes. Lines No. 8 (KDFGS16), 1 (KDFGS4), 9 (KDFGS20) and 3 (KDFGS9) were high yielding. The highest correlation coefficients between tolerance indices in stress and non-stress conditions was observed for MP, GMP, STI and YI.. Considering the results of biplot analysis and MP, GMP and STI, sorghum genotypes KDFGS20, KDFGS13. KDFGS14, KDFGS21, KDFGS16, KDFGS4 (lines No. 9, 6, 7, 10, 8 and 1, respectively) were identified drought as tolerant.

Keywords: Biplot analysis, Correlation, Drought stress, Promising lines and Sorghum.

Received: December, 2019 Accepted August, 2020

1. Assistant Prof., Seed and Plant Improvement Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran. (Corresponding author) (Email: az42095@yahoo.com)

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-05-20]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1399.22.3.6.7]