

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^۱

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): ۲۷۵-۲۹۰.

به منظور ارزیابی و انتخاب لاین‌های امید بخش سورگوم دو منظوره دانه‌ای-علوفه‌ای در شرایط تنش خشکی، 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 (۹۴-۱۳۹۳) اجرا شد. کرت‌های اصلی شامل سه تیمار آبیاری (آبیاری پس از ۱۲۰، ۶۰ 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 برخوردار 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 (به ترتیب لاین‌های ۹، ۶، ۷، ۱۰، ۸ و ۱) به عنوان 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 ۹۳۱۵۷-۰۳-۰۳-۲ 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)

مقدمه

سورگوم با توجه به ویژگی‌های مورفولوژیک و فیزیولوژیک منحصر به فردی که دارد به عنوان شاخص گیاهان زراعی مقاوم به خشکی معرفی شده است و نسبت به سایر گیاهان زراعی در شرایط گرم و دشوار آبیاری مقاوم تر بوده و نیاز آبی کمتری دارد (Ehdaei, 2004). سیستم ریشه‌ای این گیاه افشان و بسیار توانمند و گسترده است به طوری که تا ۲ متر خاک نفوذ می‌کند. البته در شرایط رطوبت کافی ریشه‌ها در عمق ۶۰ سانتی متری 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). ۱۸ رقم 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 دانه‌ها 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 بر باروری گلچه‌ها و افزایش تعداد دانه‌های سورگوم تأثیر دارد. در حالی که 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

تقریباً نیمی از کل عملکرد بیولوژیک در این ارقام به علوفه ساقه و برگ اختصاص دارد. با توجه به خاصیت سبزمانی در سورگوم دو منظوره 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 مرحله خمیری نرم) و داشتن درصد ماده خشک بیشتر برای مصرف به عنوان علوفه سیلویی استفاده شوند. علاوه بر این در صورت نیاز به دانه سورگوم می‌توان برداشت را در مرحله 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 به منظور 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 ۳۰-۴۰ 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

میلی گرم در کیلوگرم و پتاسیم قابل جذب ۲۹۰ میلی گرم 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 به صورت 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 به عنوان عامل اصلی (A) به صورت تبخیر جمعی از سطح تشتک تبخیر کلاس A در سه سطح (۶۰ میلی متر، ۱۲۰ میلی متر و ۱۸۰ میلی متر تبخیر از سطح تشتک تبخیر) و لاین‌ها به عنوان 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 سانتی متری و ۴ خط کاشت، و فاصله بوته روی ردیف ۱۲ سانتی متر بود. میزان ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفات آمونیوم و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار اوره در زمان کاشت و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار اوره به عنوان سرک در زمانی که ارتفاع بوته‌ها به حدود ۴۰ - ۳۵ سانتی متر (مرحله ۴ تا ۶ برگگی) رسید، بر اساس آزمون خاک توزیع شد. کاشت در تاریخ ۱۱ خرداد ماه انجام و تا مرحله چهار برگگی آبیاری به طور یکسان هر هفته انجام شد. اعمال تنش بعد از مرحله چهار برگگی شروع شد. در طول دوره رویش از صفات مهم زراعی یادداشت برداری به عمل آمد. لازم به ذکر است که این لاین‌ها دارای خاصیت سبزمانی (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 خرمکوب کوبیده شده و دانه خالص دوباره توزین شد

انجام شد. برای تجزیه واریانس و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از روش توکی از نرم‌افزار SAS 9.0 و برای همبستگی داده‌ها از نرم‌افزار SPSS16.0 استفاده شد. با استفاده از عملکرد دانه و علوفه لاین‌های دو منظوره در شرایط نرمال (Y_p)، شرایط تنش (Y_s) و میانگین عملکرد همه ژنوتیپ‌ها در شرایط مطلوب $\bar{Y}_p$ ، 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.

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 به عنوان 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

$$SSI = [1 - (Y_s/Y_p)]/SI$$

$$SI = 1 - (\bar{Y}_s / \bar{Y}_p)$$

$$TOL = Y_p - Y_s$$

$$STI = (Y_p \times Y_s) / (\bar{Y}_p)^2$$

$$MP = (Y_p + Y_s) / 2$$

$$GMP = \sqrt{(Y_p \times Y_s)}$$

$$YI = (\bar{Y}_s / \bar{Y}_p)$$

$$YSI = Y_s / Y_p$$

$$R (\%) = [(Y_p - Y_s) / Y_p] \times 100$$

شاخص حساسیت به تنش

شدت تنش

شاخص تحمل

شاخص تحمل به تنش

شاخص میانگین بهره‌وری

میانگین هندسی بهره‌وری

شاخص عملکرد

شاخص پایداری عملکرد

درصد کاهش

Fisher and Maurer, 1978

Fisher and Maurer, 1978

Rosielle and Hamblin, 1981

Fernandez, 1992

Rosielle and Hamblin, 1981

Fernandez, 1992

Gavazzi et al., 1997

Bouslama and Schapaugh, 1984

Choukan et al., 2006

(رابطه ۱) فیشر و مانور

(رابطه ۲) فیشر و مانور

(رابطه ۳) روزیله و هامبلین

(رابطه ۴) فرناندز

(رابطه ۵) روزیله و هامبلین

(رابطه ۶) فرناندز

(رابطه ۷) گاوازی و همکاران

(رابطه ۸) بوسلاما و اسکاپاگ

(رابطه ۹) چوکان و همکاران

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 به 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). همان‌طور که مشاهده می‌شود کلیه صفات گیاهی ژنوتیپ‌های سورگوم با کاهش آبیاری و افزایش شدت تنش کاهش

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 (جدول ۱). 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 (جدول ۱). 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 بهره‌مندی بیشتر از امکانات محیطی در شاهد با افزایش طول رسیدگی می‌تواند در ارتقاء کمی و کیفی محصول نقش بسزایی داشت (Roshdi and Rezadost, 2005). تسريع 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) 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 بر روی 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 کرده 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 غلاف‌ها 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 (Mazaherilagh et al., 2001) اظهار داشتند آبیاری در مرحله گل‌دهی بر باروری گلچه‌ها و افزایش تعداد دانه‌های سورگوم تأثیر دارد. در حالی که 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)

جدول ۱- مقایسه میانگین صفات گیاهی لاین های امید بخش سورگوم دومنظوره (دانه ای- علوفه ای) در تیمارهای تنش خشکی

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

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

در هر ستون میانگین هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون توکی در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی داری ندارند

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

ادامه جدول ۱- Continued Table 1.

عملکرد دانه	وزن هزار دانه	عملکرد بیولوژیک خشک	عملکرد بیولوژیک تر	وزن علوفه خشک	وزن علوفه تر	وزن خوشه	ارتفاع بوته	تیمار
Grain yield (kgh-1)	1000-grain weight (g)	Dry Biologic yield (tha-1)	Fresh Biologic yield (tha-1)	Dry fodder (tha-1)	Fresh fodder (tha-1)	Panicle weight (tha-1)	Plant length (cm)	Treatment
								رژیم آبیاری Irrigation Regime(IR)
								ژنوتیپ‌های سورگوم orghum genotypes
								L1 (KDFGS4)
								L2 (KDFGS6)
								L3 (KDFGS9)
								L4 (KDFGS10)
								L5 (KDFGS12)
								L6 (KDFGS13)
								L7 (KDFGS14)
								L8 (KDFGS16)
								L9 (KDFGS20)
								L10 (KDFGS21)
								L1 (KDFGS4)
								L2 (KDFGS6)
								L3 (KDFGS9)
								L4 (KDFGS10)
								L5 (KDFGS12)
								L6 (KDFGS13)
								L7 (KDFGS14)
								L8 (KDFGS16)
								L9 (KDFGS20)
								L10 (KDFGS21)
								L1 (KDFGS4)
								L2 (KDFGS6)
								L3 (KDFGS9)
								L4 (KDFGS10)
								L5 (KDFGS12)
								L6 (KDFGS13)
								L7 (KDFGS14)
								L8 (KDFGS16)
								L9 (KDFGS20)
								L10 (KDFGS21)

Means with similar letters in each column are not significantly different at 5% propability level(DMRT)

میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون فاقد تفاوت آماری بر اساس آزمون توکی در سطح ۵٪ هستند.

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 (جدول ۱).

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 (جدول ۲). بنابراین این لاین‌ها از نظر این شاخص‌ها نسبت به خشکی حساسیت بیشتری از خود نشان داده‌اند. 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 STI‌های 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 (جدول ۲). 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

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

جدول ۵- ضرایب همبستگی بین شاخص‌های تحمل به تنش و عملکرد زیستی خشک لاین‌های امید بخش سورگوم دومانظوره (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

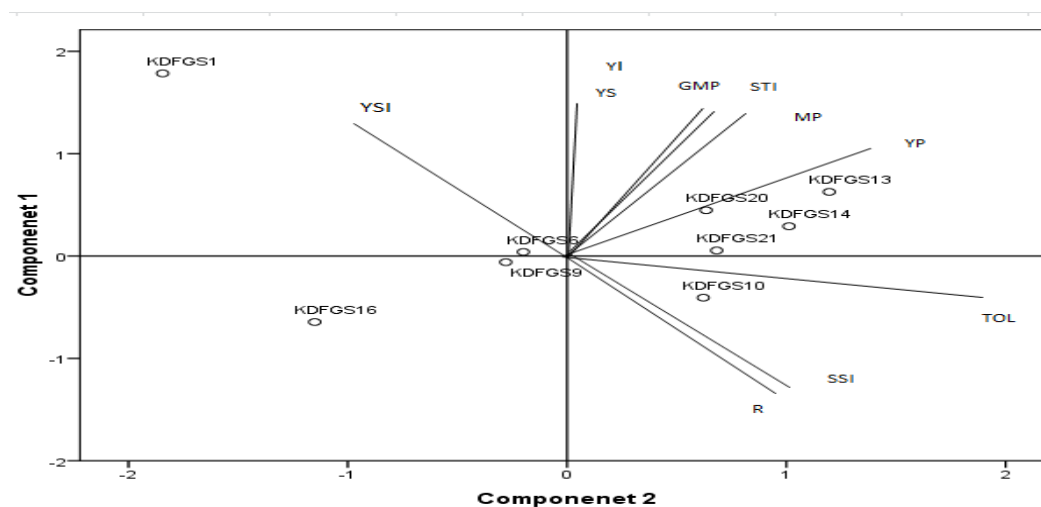
می‌باشند (جدول ۴). مناسب‌ترین شاخص برای گزینش ارقام متحمل به تنش خشکی شاخصی است که دارای همبستگی بالایی عملکرد در هر دو شرایط تنش و بدون تنش باشد. همبستگی بین شاخص‌های ذکر شده و عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک در شرایط تنش و بدون تنش در جدول‌های ۲ و ۵ درج شده است. بیشترین میزان ضریب همبستگی بین شاخص‌های تحمل در شرایط تنش و بدون تنش مربوط به شاخص‌های MP ، GMP، STI و YI بود. در صورت استفاده از بیش از سه متغیر (شاخص‌ها و عملکرد در شرایط تنش و غیر تنش) بکارگیری بای پلات که در حقیقت یک نمایش هندسی چند متغیره است ابزار سودمندی خواهد بود. با توجه به جدول‌های ۲ و ۴ می‌توان روابط بین ارقام و شاخص‌ها را به صورت 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

عملکرد بالایی در دو محیط تنش و بدون تنش داشته باشد. لاین ۱ (KDFGS4) با مقادیر بالای YSI دارای عملکرد متوسط در هر دو شرایط تنش و بدون تنش بود. شاخص YSI همانند شاخص TOL بر پایه میزان تغییر عملکرد 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) به عنوان لاین‌هایی با بالاترین میزان عملکرد در محیط تنش شناسایی شدند (جدول ۲). از لحاظ عملکرد بیولوژیک با لاین‌های شماره ۶ و ۵ با مقادیر SSI به ترتیب ۱/۳ و ۱/۱۸ حساس‌ترین لاین‌ها بودند و لاین‌های شماره ۱، ۲، ۴، ۶ و ۱۰ دارای STI بالایی بودند و به عنوان لاین‌های متحمل به خشکی

جدول ۶- بردارها و مقادیر ویژه برای شاخص‌های تحمل به خشکی (عملکرد دانه)

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

مؤلفه	مقادیر ویژه	سهم تجمعی	عملکرد در شرایط نرمال	عملکرد در شرایط تنش	تحمل	میانگین حسابی	میانگین هندسی	حساسیت به تنش	تحمل به تنش	شاخص عملکرد	شاخص پایداری عملکرد	درصد کاهش عملکرد
Component	Eigenvalues	Cumulative	$Y_p(kg/ha^{-1})$	$Y_s(kg/ha^{-1})$	TOL	MP	GMP	SSI	STI	YI	YSI	%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



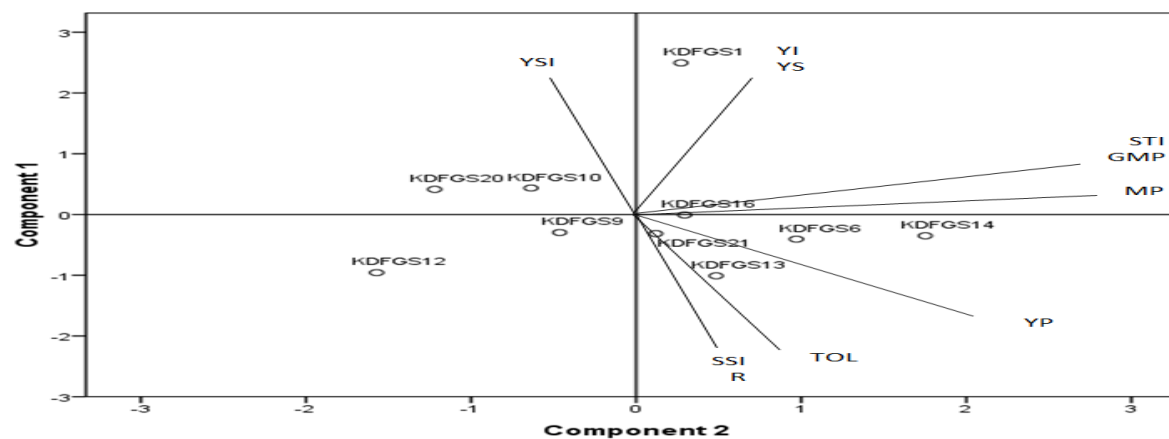
شکل ۱- نمایش بای پلات شاخص‌های تحمل به خشکی در لاین‌های امید بخش سورگوم دانه‌ای- علوفه‌ای بر اساس مؤلفه‌های اول و دوم

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

جدول ۷- بردارها و مقادیر ویژه برای شاخص‌های تحمل به خشکی (عملکرد بیولوژیک)

Table 7. Vectors and eigen values for tolerance indices (biologic yield)

مؤلفه	مقادیر ویژه	سهم تجمعی	عملکرد در شرایط نرمال	عملکرد در شرایط تنش	تحمل	میانگین حسابی	میانگین هندسی	حساسیت به تنش	تحمل به تنش	شاخص عملکرد	شاخص پایداری عملکرد	درصد کاهش عملکرد
Component	Eigenvalues	Cumulative	$Y_{p(th^{-1})}$	$Y_{S(th^{-1})}$	TOL	MP	GMP	SSI	STI	YI	YSI	%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

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 (جدول ۶).

پایداری در صورت استفاده از بیش از سه متغیر (شاخص‌ها و عملکرد در شرایط تنش و غیر تنش) بکارگیری بای پلات که در حقیقت یک نمایش هندسی چند متغیره است ابزار سودمندی خواهد بود (Kargar et al., 2004). ترسیم بای پلات بر اساس این دو مؤلفه انجام شد. با توجه به این که 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 و تحمل 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 (شکل ۱). همان‌طوری که 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 شکل ۱) 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 (جدول ۷). 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 و تحمل 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 (شکل ۲). 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.

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

منابع مورد استفاده

- 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 Agricultural 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, Igroth 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.Agr.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-

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.** Ruminant 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.

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 at research 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 evaporation pan) were assigned to main plots and 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 ($P \leq 0.01$) on plant height and grain yield. However, irrigation effect was significant ($P \leq 0.05$) 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 drought 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)