"نشریه علوم زراعی ایران"
جلد بیست و یکم، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۸

مقاله پژوهشی

اثر کم‌آبیاری و فاصله بوته روی ردیف بر صفات مورفولوژیک و عملکرد دانه لاین‌های امیدبخش سورگوم دانه‌ای (*Sorghum bicolor* L. Moench)

Effect of deficit irrigation and within row spacing on morphological traits and grain yield of grain sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) promising lines

عظیم خزائی[1]

چکیده

خزائی، ع.، ۱۳۹۸. اثر کم‌آبیاری و فاصله بوته روی ردیف بر صفات مورفولوژیک و عملکرد دانه لاین‌های امیدبخش سورگوم دانه‌ای (*Sorghum bicolor* L. Moench). **نشریه علوم زراعی ایران. ۲۱(۲): ۱۰۸-۹۶.**

به‌منظور بررسی اثر کم‌آبیاری و فاصله بوته روی ردیف بر عملکرد و اجزای عملکرد لاین‌های امید بخش سورگوم دانه‌ای،آزمایشی به‌صورت کرت‌های خرد شده- فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار طی سال‌های زراعی ۹۵-۱۳۹٤ در مزرعه تحقیقاتی مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج اجرا شد. تیمارهای آزمایشی شامل سه سطح آبیاری (پس از ٦۰ ، ۱۲۰ و۱۸۰ میلی‌متر تبخیر تجمعی از سطح تشتک تبخیر) در کرت‌های اصلی و سه فاصله بوته روی ردیف (۸ ، ۱۲ و ۱۵ سانتی‌متر؛ به ترتیب معادل ۲۱، ١٤ و ۱۱ بوته در مترمربع) و سه لاین سورگوم دانه‌ای (KGS23 ، KGS32 و KGS36) (به صورت فاکتوریل) بودند. نتایج تجزیه واریانس مرکب نشان داد که عملکرد دانه لاین‌های سورگوم تفاوت معنی‌داری داشته و بیشترین (۵۳۳۳ کیلوگرم در هکتار) و کمترین عملکرد دانه (٤۰۱۱ کیلوگرم در هکتار) به ترتیب از لاین‌های KGS23 و KGS32 بدست آمد. نتایج نشان داد که سطوح آبیاری نیز اثر معنی‌داری بر لاین‌های سورگوم دانه‌ای داشته و لاین KGS23 از نظر اکثر صفات مورد بررسی نسبت به دو لاین دیگر، برتری معنی‌داری داشت. لاین KGS23 علاوه بر عملکرد بالا و صفات مورفولوژیک مناسب، سازگاری مطلوبی با شرایط کم‌آبیاری داشته و پس از آن لاین KGS36 بالاترین عملکرد دانه و تحمل به خشکی را داشت. اثر تراکم بوته بر عملکرد علوفه و عملکرد بیولوژیک لاین‌های سورگوم معنی‌دار بود و با افزایش تراکم بوته، عملکرد علوفه و عملکرد بیولوژیک نیز افزایش یافت. براساس شاخص‌های تحمل تنش (STI)، میانگین هندسی بهره‌وری (GMP) و عملکرد دانه، سورگوم لاین امیدبخش KGS23 که در کلیه سطوح آبیاری عملکرد دانه بالاتری داشت، به‌عنوان لاین متحمل به شرایط کم‌آبیاری با عملکرد بالا شناسایی شد.

واژه‌های کلیدی: آبیاری محدود، سورگوم دانه‌ای، شاخص تحمل تنش و عملکرد علوفه.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۹/۱۴ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۱۲/۰۱ این مقاله مستخرج از طرح تحقیقاتی موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه و نهال و بذر ۹۴۱۲۲-۰۳-۰۳-۰۲ می‌باشد.

۱- استادیار پژوهشی موسسه تحقیقات اصلاح و نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران(مکاتبه کننده)
(پست الکترونیک: Az42095@yahoo.com)

مقدمه

عملکرد دانه یکی از مهم‌ترین صفات برای گزینش ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی است و در اصلاح نباتات، تولید ژنوتیپ‌هایی با پتانسل تولید بیشتر (در شرایط تنش خشکی و بدون تنش)، یک هدف محسوب می‌شود، بنابراین گزینش برای سایر صفات تحمل خشکی بدون در نظر گرفتن عملکرد دانه، نتیجه چندانی نخواهد داشت (Schaffert *et al*., 2011). عملکرد مطلوب سورگوم در مناطق خشک، افق‌های تازه‌ای در تولید این گیاه گشوده است. با توجه به نیاز روزافزون جامعه جهت تأمین پروتئین مورد نیاز و خشک بودن مناطق وسیعی از ایران و سازگار بودن سورگوم به شرایط خشکی و تحقیقات اندکی که در خصوص جنبه‌های به‌زراعی سورگوم در کشور انجام گرفته، خلاء تحقیقاتی در این زمینه احساس می‌شود.

تراکم بوته از طریق اثر بر اجزای عملکرد، عملکرد دانه را تحت تأثیر قرار می‌دهد. سورگوم با توجه به خصوصیات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی منحصر به فردی که دارد، به‌عنوان شاخص گیاهان زراعی متحمل به خشکی معرفی شده و نسبت به سایر گیاهان زراعی در شرایط گرم و دشوار و فواصل آبیاری طولانی، متحمل‌تر بوده و نیاز آبی کمتری دارد (Ehdaei, 2004). سورگوم دانه‌ای به‌عنوان غذای اصلی برای میلیون‌ها نفر در چین، هند و آفریقا مورد استفاده قرار می‌گیرد و در سایر نقاط جهان نیز برای تغذیه دام‌ها و طیور کاربرد دارد. تولید جهانی سورگوم دانه‌ای در سال ۲۰۱۶ حدود ۸۰ میلیون تن بوده است که به ترتیب اهمیت در بین غلات، پس از گندم، برنج، ذرت و جو در رتبه پنجم قرار می‌گیرد (FAO, 2016). چاترجی و داس (Chatterjee and Das, 1989) اظهار داشتند که سورگوم به حدود پنج تا هفت هزار متر مکعب در هکتار آب در پنج تا هفت بار آبیاری نیاز دارد. دان و همکاران (Done *et al*., 1984) گزارش کردند که دور آبیاری مناسب برای سورگوم دانه‌ای ۱۲ تا ۱۸ روز بوده و فواصل آبیاری کمتر و یا بیشتر، به علت عدم تعادل بین رشد گیاه و میزان آب، تأثیری بر عملکرد نخواهد داشت. به گزارش اونکن و وندت (Onken and Wendet, 1992) در دوره‌های آبیاری طولانی، کارایی مصرف آب در سورگوم افزایش می‌یابد.

امجدعلی و همکاران (Amjad Ali *et al*., 2009) با ارزیابی معیارهای مؤثر در تحمل ده ژنوتیپ سورگوم به تنش خشکی در مرحله گیاهچه‌ای و بعد از گل‌دهی بیان داشتند که کلیه صفات مورد ارزیابی شامل؛ وزن خشک ریشه، طول ریشه، طول کلئوپتیل، نسبت ریشه به ساقه، سطح برگ پرچم، شاخص سطح برگ و وزن برگ پرچم، وزن خشک برگ، محتوی آب نسبی، پایداری غشای سلولی و عملکرد دانه در بوته، در ژنوتیپ‌های سورگوم تفاوت معنی‌داری داشت. عملکرد دانه یک شاخص ارزیابی پاسخ گیاهان به تنش‌های محیطی است. بسیاری از آزمایش‌های مربوط به اصلاح ژنوتیپ‌ها برای تحمل به خشکی، عموماً در شرایط تنش و بدون تنش اجرا می‌شوند. هدف اصلی این آزمایش‌ها انتخاب ژنوتیپ‌هایی است که نسبت به هر دو شرایط سازگار باشند (Fernandez, 1992). تعیین تراکم، تاریخ کاشت و ارقام مناسب سورگوم دانه‌ای در شرایط هر منطقه، یکی از راه‌های اساسی افزایش محصول است. هوم و کبده (Hum and Kabde, 1981) با مقایسه دو رقم هیبرید سورگوم دانه‌ای در کانادا نشان دادند که با افزایش تراکم بوته از ۷۵ هزار به ۴۵۰ هزار بوته در هکتار، عملکرد دانه به طور خطی افزایش یافت. جواکین سانابریا و همکاران (Joaquin Sanabria *et al*., 1995) گزارش کردند که در هنگام خشکی بالای محیط، با کاهش فاصله خطوط کاشت، مقاومت روزنه‌ای در سورگوم افزایش یافت. وید و داگلاس (Wade and Douglas, 1990) در ارزیابی اثر تراکم بوته بر عملکرد دانه سه رقم سورگوم که از لحاظ رسیدگی

متفاوت بودند، گزارش نمودند که رقم زودرس جهت تولید حداکثر عملکرد، نسبت به ارقام دیررس، به تراکم بوته بیشتری نیاز داشت. هگده و همکاران (Hegde *et al.*, 1976) در سه آزمایش روی دو رقم هیبرید سورگوم دانه‌ای نشان دادند که در دو آزمایش به‌ترتیب با افزایش تراکم از ۸۷ به ۳۴۶ و ۸۰ به ۲۴۰ هزار بوته در هکتار، عملکرد دانه افزایش معنی‌داری نداشت، اما در یک آزمایش با افزایش تراکم بوته از ۸۰ به ۲۴۰ هزار بوته در هکتار، عملکرد دانه افزایش یافت. هینیگر و همکاران (Heiniger *et al.*, 1993) با ارزیابی تنوع وزن بذر در قسمت‌های مختلف خوشه و عوامل مؤثر بر این تنوع در دو رقم سورگوم در هفت ترکیب مختلف تراکم بوته و سایه‌دهی نتیجه گرفتند که در تراکم بیشتر، میانگین وزن دانه در قسمت پایین خوشه ۲۰/۲ میلی‌گرم و در قسمت بالای خوشه ۲۲/۸ میلی‌گرم بود. نتایج تحقیقات نشان داده است که افزایش تراکم بوته باعث کاهش دانه در خوشه می‌شود. جلالی و بحرانی (Jalali and Bahrani, 2001) با مقایسه چهار تراکم ۴/۷ ، ۱۰، ۷/ ۱۵ و ۲۰ بوته در مترمربع در سورگوم گزارش دادند که بیشترین عملکرد دانه از تراکم ۱۵/۷ بوته در متر مربع حاصل شد. روسولم و همکاران (Rosolem *et al.*, 1993) تراکم بهینه برای تولید حداکثر دانه در سورگوم دانه‌ای را ۲۱۳ هزار بوته در هکتار گزارش کردند. به گزارش گاماس و همکاران (Gamase *et al.*, 1986) افزایش تراکم بوته تأثیری بر عملکرد دانه سورگوم نداشت.

این پژوهش به منظور مقایسه اثر تیمارهای تراکم بوته و کم‌آبیاری بر رشد و عملکرد لاین‌های امید بخش سورگوم دانه‌ای اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در مزرعه تحقیقاتی مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر در کرج با طول جغرافیایی ۳۵ درجه و ۵۹ دقیقه شمالی و عرض جغرافیایی ۵۰ درجه و ۷۵ دقیقه شرقی انجام شد. سال قبل از آزمایش، زمین آیش بود. بافت خاک مزرعه آزمایشی رسی- شنی با اسیدیته ۷/۵ و هدایت الکتریکی ۰/۷۵ دسی‌زیمنس بر متر بود. خاک مزرعه آزمایشی دارای ۹ درصد کربنات کلسیم ، ۰/۵۰ درصد کربن آلی ، ۰/۰۵ درصد نیتروژن کل ، ۸/۲ میلی‌گرم در کیلوگرم فسفر قابل جذب و ۲۹۰ میلی‌گرم در کیلوگرم پتاسیم قابل جذب بود. 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 - فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار به مدت دو سال زراعی (۹۵-۱۳۹۴) اجرا شد. تیمارهای آزمایشی شامل سه سطح آبیاری (پس از ۶۰ ، ۱۲۰ و ۱۸۰ میلی‌متر تبخیر تجمعی از سطح تشتک تبخیر کلاس A) در کرت‌های اصلی و سه فاصله بوته روی ردیف (۸ ، ۱۲ و ۱۵ سانتی‌متر؛ به ترتیب معادل ۲۱، ۱۴ و ۱۱ بوته در مترمربع) و سه لاین سورگوم دانه‌ای (C) (KGS23 ، KGS32 و KGS36) (به صورت فاکتوریل؛ در کرت‌های فرعی) بودند. این لاین‌ها حاصل تلاقی‌های انجام شده در سال ۱۳۷۵ در کرج هستند که به روش شجره‌ای به مدت هفت سال خالص‌سازی شده‌اند. KGS23=21 -2/1375 ، 4/1375 – 25 =KGS32، KGS36= 15 – 1/1375. هر کرت آزمایشی شامل چهار خط کاشت به طول پنج متر با فاصله ۶۰ سانتی‌متر بود. ۱۲۵ کیلوگرم در هکتار فسفر (از منبع کود فسفات آمونیوم) و ۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن (از منبع کود اوره) در زمان کاشت و ۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن به‌صورت سرک در مرحله ۸- ۶ برگی، بر اساس نتایج آزمون خاک مصرف شدند. صفات گیاهی اندازه‌گیری شده شامل؛ ارتفاع بوته، طول خوشه، قطر ساقه، وزن خوشه، عملکرد علوفه، عملکرد بیولوژیک، وزن هزار دانه و عملکرد دانه بودند. پس از ثبت داده‌ها، ابتدا

مفروضات تجزیه واریانس آزمون شده و پس از اطمینان از برقراری مفروضات، تجزیه واریانس داده‌ها به صورت مرکب انجام شد. با استفاده از عملکرد ارقام در شرایط بدون تنش (Yp)، شرایط تنش (Ys) و میانگین عملکرد ژنوتیپ‌ها در شرایط مطلوب ($\bar{Y}p$)، شاخص‌های کمی تحمل و حساسیت به تنش به شرح روابط زیر محاسبه شده و شاخص‌های مناسب تحمل به خشکی و ژنوتیپ‌های متحمل شناسایی شدند. تجزیه واریانس، مقایسه میانگین‌ها و همبستگی‌ها با استفاده از نرم افزار SAS انجام شد.

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

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس مرکب برای صفات مورد بررسی نشان داد که اثر سال برای صفات ارتفاع بوته، طول خوشه، قطر ساقه، وزن خوشه، وزن هزار دانه و عملکرد دانه در سطح احتمال یک درصد و برای عملکرد علوفه و عملکرد بیولوژیک در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود. عملکرد دانه ژنوتیپ‌های سورگوم تحت تأثیر عوامل ناشی از اثر سال قرار گرفتند. معنی‌دار بودن اثر سال نشان دهنده تفاوت شرایط محیطی طی دو سال آزمایش است. نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که عملکرد دانه در سال دوم بیشتر از سال اول بود (جدول ۱). نتایج حاصل از سال اول و دوم آزمایش نشان دهنده تفاوت معنی‌دار بین تیمارهای آبیاری برای کلیه صفات، به جز قطر ساقه بود. نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین عملکرد دانه (۶۳۵۰ کیلوگرم در هکتار) مربوط به تیمار بدون تنش (IR_1) و کمترین آن مربوط به تنش شدید (۱۸۰ میلی‌متر تبخیر؛ IR_3) (۳۳۲۰ کیلوگرم در هکتار) بود (جدول ۱). برای عملکرد دانه، آب مهم‌ترین عامل محدودکننده محسوب شده و با کاهش میزان آب، عملکرد دانه به‌طور معنی‌داری کاهش پیدا کرد. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که بین لاین‌های سورگوم از لحاظ عملکرد دانه در سطح احتمال یک درصد تفاوت معنی‌داری وجود داشت. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که لاین KGS23 و لاین KGS36 به ترتیب با عملکرد دانه ۵۳۳۳ و ۴۶۴۵ کیلوگرم در هکتار، رتبه‌های اول و دوم را داشته و لاین KGS32 با ۴۰۱۱ کیلوگرم د ر هکتار دارای پایین‌ترین عملکرد دانه بود (جدول ۱). به نظر می‌رسد که در تیمار بدون تنش، مصرف متعادل آب طی مراحل مختلف نمو باعث بهبود عملکرد دانه لاین‌های سورگوم شد. تسریع در گل‌دهی و کوتاه شدن دوره رشد، از دلایل کاهش عملکرد محسوب می‌شوند. فراری و فرناندز (Ferrari and Fernandez, 1986) دریافتند که در اثر تنش خشکی در آفتابگردان سطح برگ‌ها به سرعت کاهش یافته و تأثیر منفی بر عملکرد دانه داشت. زمان بروز تنش خشکی نیز در میزان خسارت وارده بر گیاه اثرات زیادی دارد. تحقیق انجام شده روی ارزن و سورگوم نشان داد که تنش در مرحله رشد زایشی عملکرد دانه را تا ۵۰ درصد کاهش داد، اما وقوع تنش در مرحله رشد رویشی باعث کاهش ۲۵

جدول ۱- مقایسه میانگین صفات گیاهی لاین‌های امید بخش سورگوم دانه‌ای در تیمارهای آبیاری و تراکم بوته (۹۵-۱۳۹۴)

Table 1. Mean of comparison of plant characteristics of promising grain sorghum lines in irrigation and plant density treatments (2015 and 2016)

تیمارهای آزمایشی Treatments		ارتفاع بوته Plant Height (cm)	وزن خوشه Panicle weight (kg.ha^{-1})	عملکرد بیولوژیک Biological yield (kg.ha^{-1})	عملکرد دانه Grain yield (kg.ha^{-1})
Year (Y)	سال				
2015 (Y_1)	۱۳۹۴	100.5b	6800b	26400a	3797b
2016 (Y_2)	۱۳۹۵	107.3a	8900a	27700a	5529a
Irrigation (IR)	آبیاری				
Well watered (IR1: 60mm evaporation)	بدون تنش	117.5a	10370a	33200a	6350a
Mild stress (IR2: 120mm evaporation)	تنش ملایم	99.5b	7010b	23900b	4318b
Sever stress (IR3: 180mm evaporation)	تنش شدید	94.6c	6150b	23900b	3320c
Sorghum lines	لاین‌های سورگوم				
L1: KGS23		90.8c	8950a	28300a	5333a
L2: KGS32		121.0a	6870c	26600b	4011c
L3: KGS36		99.9b	7700b	26200b	4645b
Plant density.m^{-2}	تراکم بوته				
D1: 21		103.0a	7990a	28300a	4819a
D2: 14		104.4a	7560a	26600ab	4451a
D3: 11		104.4a	7970a	26200b	4719a

در هر ستون میانگین‌هایی 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 test

جدول ۱- ادامه

Table 1. Continue

Treatments	تیمارهای آزمایشی	ارتفاع بوته Plant height (cm)	طول خوشه Panicle length (cm)	قطر ساقه Stem diameter (cm)	وزن خوشه Panicle weight (kg.ha^{-1})	عملکرد علوفه Forage yield (kg.ha^{-1})	عملکرد بیولوژیک Biological yield (kg.ha^{-1})	وزن هزار دانه 1000 grain weight (g)	عملکرد دانه Grain yield (kg.ha^{-1})
Line×Density	لاین×تراکم بوته								
L1:KGS23×D1		90.4d	19.5c	1.66c	9410a	17130cd	25990a-c	22.8c	5754a
L2:KGS32×D1		119.9a	29.2a	1.70bc	6820c	23230a	30050a	27.4b	3981c
L3:KGS36×D1		98.7bc	25.2b	2.29a	7730a-c	21160ab	28900ab	29.5ab	4723a-c
L1:KGS23×D2		89.4d	19.8c	1.57c	8350a-c	16270d	24620bc	22.8c	4856a-c
L2:KGS32×D2		122.7a	30.1a	1.92b	6820c	21040ab	27870a-c	28.4ab	3978c
L3:KGS36×D2		101.2b	24.7b	2.30a	7500bc	19970a-c	27480a-c	28.1ab	4520bc
L1:KGS23×D3		92.6cd	20.1c	1.61c	9090ab	14940d	24030c	23.0c	5389ab
L2:KGS32×D3		120.6a	28.5a	1.81bc	6960c	20090a-c	27060a-c	28.2ab	4075c
L3:KGS36×D3		99.8b	24.5b	2.40a	7870a-c	19790bc	27650a-c	30.1a	4694a-c
Irrigation×Line	لاین×آبیاری								
IR1×L1:KGS23		103.7d	21.6fg	1.53c	11790a	19450b	31230a	24.1d	7113a
IR1×L2:KGS32		133.2a	32.5a	1.75bc	8970bc	24650a	33630a	29.7ab	5586bc
IR1×L3:KGS36		115.8bc	27.3bc	2.37a	10360ab	24390a	34760a	30.8a	6352ab
IR2×L1:KGS23		85.4f	19.5gh	1.62bc	8100cd	14030d	22130bc	23.4de	5053c
IR2×L2:KGS32		119.2b	28.9b	1.84b	6010e	19490b	25510bc	27.9bc	3405de
IR2×L3:KGS36		94.0e	24.3de	2.37a	6900de	17560bc	24460bc	29.2ab	4498cd
IR3×L1:KGS23		83.3f	18.3h	1.68bc	6970de	14860cd	21270c	21.1e	3832de
IR3×L2:KGS32		110.7cd	26.3cd	1.84b	5620e	20220b	25840b	26.4c	3042e
IR3×L3:KGS36		89.8ef	22.8ef	2.26a	5850e	18970b	24810bc	27.8bc	3087e

در هر ستون میانگین‌هایی 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 test

جدول ۱- ادامه

Table 1. Continue

Treatments	تیمارهای آزمایشی	ارتفاع بوته Plant height (cm)	طول خوشه Panicle length (cm)	قطر ساقه Stem diameter (cm)	وزن خوشه Panicle weight (kg.ha^{-1})	عملکرد علوفه Forage yield (kg.ha^{-1})	عملکرد بیولوژیک Biological yield (kg.ha^{-1})	وزن هزار دانه 1000 grain weight (g)	عملکرد دانه Grain yield (kg.ha^{-1})
Irrigation×Density×Line	لاین×تراکم×آبیاری								
IR1×D1×L1:KGS23		104.8d-i	21.5gh	1.42d	12160a	21480a-g	33630ab	25.0e-h	7513a
IR1×D1×L2:KGS32		133.6a	32.5a	1.73cd	8590a-h	27190a	35790a	29.0a-e	5578a-e
IR1×D1×L3:KGS36		116.3c-f	27.1cd	2.22ab	10730a-d	25020ab	35750a	33.5a	6597a-c
IR1×D2×L1:KGS23		103.6e-i	21.9gh	1.74cd	11380ab	18130b-i	29490a-f	22.3gh	6547a-c
IR1×D2×L2:KGS32		132.4ab	33.3a	1.71cd	8820a-h	23560a-d	32390a-d	30.0a-d	5593a-e
IR1×D2×L3:KGS36		117.8bc-e	27.9bc	2.30ab	9430a-f	23610a-d	33050a-c	26.9b-g	5725a-d
IR1×D3×L1:KGS23		102.6f-j	21.3gh	1.71cd	11830ab	18750b-i	30570a-e	25.0e-h	7281a
IR1×D3×L2:KGS32		133.4a	31.8ab	1.69cd	9510a-e	23190a-e	32710a-d	30.0a-d	5588a-e
IR1×D3×L3:KGS36		113.4c-f	26.8cd	2.26ab	10930a-c	24550a-c	35480a	31.9ab	6733ab
IR2×D1×L1:KGS23		84.5k	19.3ij	1.64cd	9050a-g	14060hi	23090e-g	22.5f-h	5760a-d
IR2×D1×L2:KGS32		120.1a-c	29.8ab	1.77cd	6190e-h	20820a-h	27020a-g	27.4b-f	3419d-f
IR2×D1×L3:KGS36		93.5h-k	25.5cd	2.52a	7190c-h	20120a-h	27330a-g	29.3a-e	4675b-f
IR2×D2×L1:KGS23		84.2k	19.0ij	1.50d	7080d-h	16170e-i	23250e-g	25.1d-h	4263b-f
IR2×D2×L2:KGS32		119.9a-d	27.5bc	1.97bc	6040e-h	20230a-h	26260b-g	28.5b-e	3208ef

در هر ستون میانگین‌هایی 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 test

جدول ۱- ادامه

Table 1. Continue

Treatments	تیمارهای آزمایشی	ارتفاع بوته Plant Height (cm)	طول خوشه Panicle length (cm)	قطر ساقه Stem diameter (cm)	وزن خوشه Panicle weight (kg.ha^{-1})	عملکرد علوفه Forage yield (kg.ha^{-1})	عملکرد بیولوژیک Biological yield (kg.ha^{-1})	وزن هزار دانه 1000 grain weight (g)	عملکرد دانه Grain yield (kg.ha^{-1})
Cultivars×Density×Irrigation	لاین×تراکم×آبیاری								
IR2×D2×L3:KGS36		93.2h-k	23.8ef	2.23a-e	7170c-h	17150d-i	24330c-g	27.9b-e	4600b-f
IR2×D3×L1:KGS23		87.5jk	20.0hi	1.70fg	8180b-h	11860i	20030g	22.7f-h	5138a-f
IR2×D3×L2:KGS32		117.7b-f	29.3ab	1.75d-g	5810e-h	17420c-i	23240e-g	27.8b-e	3587d-f
IR2×D3×L3:KGS36		95.5g-k	23.8ef	2.48ab	6320e-h	15390f-i	21710e-*g*	30.3a-c	4218c-f
IR3×D1×L1:KGS23		81.9k	17.6k	1.72e-g	7040d-h	15860f-i	21230fg	21.0h	3990def
IR3×D1×L2:KGS32		105.9c-h	25.3de	1.67fg	5690f-h	21670a-f	27350a-g	25.9c-h	2944f
IR3×D1×L3:KGS36		86.3k	23.1fg	2.25a-d	5270h	18340b-i	23620d-g	25.8c-h	2896f
IR3×D2×L1:KGS23		80.4k	18.4jk	1.70fg	6600e-h	14510g-i	21110fg	21.0h	3757d-f
IR3×D2×L2:KGS32		115.6c-f	29.4ab	2.02a-g	5610gh	19340b-h	24940b-g	26.6c-g	3132ef
IR3×D2×L3:KGS36		92.5h-k	22.3gh	2.13a-f	5900e-h	19160b-h	25050b-g	29.4a-e	3235ef
IR3×D3×L1:KGS23		87.8jk	18.9ij	1.63fg	7270c-h	14220hi	21480e-g	21.2h	3750def
IR3×D3×L2:KGS32		110.6c-g	24.4ef	1.83c-g	5560gh	19670b-h	25220b-g	26.8c-g	3049f
IR3×D3×L3:KGS36		90.6ijk	23.1fg	2.38ab	6360e-h	19410b-h	25770b-g	28.3b-e	3129ef

در هر ستون میانگین‌هایی 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 test

درصد عملکرد در ارزن و ۳۰ درصد در سورگوم شد (Rame and Kumari, 1995). هاسمن و همکاران (Hussman *et al.*, 1998) با ارزیابی اثر تنش خشکی روی هیبریدهای سورگوم گزارش دادند که تنش خشکی در اوایل گرده افشانی باعث کاهش عملکرد می‌شود.

ابوالهاشم و همکاران (Abulhashem *et al.*, 1998) نیز گزارش دادند که عدم آبیاری در مرحله پیدایش و تشکیل گل‌ها و مواجه شدن گیاه با تنش خشکی، حتی اگر تنش به صورت جزئی باشد، باعث کاهش میزان ظهور سلول‌های بنیادی گل می‌شود و باعث کاهش تعداد سنبله در غلات و تعداد غلاف‌ها در کلزا و سویا می‌شود. مصرف آب بیشتر در تیمار بدون تنش باعث تولید دانه‌های بزرگ‌تر و افزایش وزن هزار دانه نسبت به تیمار تنش شدید (۱۸۰ میلی‌متر تبخیر؛ IR_3) گردید. به نظر می‌رسد که فراهم بودن آب کافی، به خصوص در مرحله دانه‌بندی، مانع از بروز رقابت بر سر جذب مواد فتوسنتزی بین دانه‌ها و اندام رویشی می‌شود. بعلاوه طولانی شدن مرحله دانه‌بندی و رسیدگی در تیمار بدون تنش، باعث کاهش سرعت پر شدن دانه و افزایش طول دوره پر شدن دانه و افزایش متوسط وزن دانه شد. در این راستا مظاهری لقب و همکاران (Mazaheri Laghab *et al.*, 2001) اظهار داشتند آبیاری در مرحله گل‌دهی بر باروری گلچه‌ها و افزایش تعداددانه‌ها تأثیر دارد، در حالی‌که در مرحله دانه‌بندی،آبیاری بر افزایش اندوخته غذایی و پر شدن دانه‌ها و در نتیجه افزایش وزن آن‌ها اثر مثبت دارد. نارشیوا و شیوراج (Narshiva and Shivraj, 1998) گزارش کردند که تنش خشکی بعد از گرده افشانی در سورگوم دانه‌ای باعث کاهش طول دوره پر شدن دانه گردید. در این تحقیق علت افزایش اندازه دانه، کاهش تعداد دانه در خوشه گزارش شد. اولیوفایو و همکاران (Olufayo *et al.*, 1997) در آزمایش روی سورگوم در شدت‌های تنش خشکی در مراحل مختلف رشد گیاه به این نتیجه رسیدند که تعداد خوشه در واحد سطح در زمان خوشه‌دهی، تحت تأثیر کم آبی قرار گرفته و کم آبیاری در مرحله پر شدن دانه باعث کاهش وزن دانه‌ها شد. نتایج نشان داد که سطوح آبیاری بر عملکرد بیولوژیک و عملکرد علوفه اثر معنی‌داری داشت. در تیمار بدون تنش (IR_1) بیشترین عملکرد بیولوژیک بدست آمد (۳۳۲۱۰ کیلوگرم در هکتار). عملکرد بیولوژیک در تیمار ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر (IR_2) و تیمار ۱۸۰ میلی‌متر تبخیر (IR_3) به ترتیب ۲۴۰۲۰ و ۲۳۹۸۰ کیلوگرم در هکتار بود (جدول ۱).

در آزمایش حاضر اثر تیمارهای تراکم بوته بر عملکرد علوفه و عملکرد بیولوژیک معنی‌دار بود. بیشترین عملکرد علوفه و عملکرد بیولوژیک مربوط به تراکم ۲۱ بوته در مترمربع (فاصله بوته ۸ سانتی‌متر روی ردیف) بود (جدول ۱). اثر متقابل لاین و سال بر عملکرد علوفه و قطر ساقه معنی‌دار بود. اثر متقابل لاین و آبیاری فقط از لحاظ طول خوشه معنی‌دار بود. بیشترین طول خوشه (۳۲/۵ سانتی‌متر) مربوط به لاین KGS32 و تیمار بدون تنش (IR_1) بود (جدول ۱). اثرات متقابل سه گانه لاین، آبیاری و سال بر طول خوشه، قطر ساقه و وزن هزار دانه معنی‌دار بودند. اثرات متقابل لاین، تراکم و آبیاری بر طول خوشه و وزن هزار دانه معنی‌دار بود. بیشترین طول خوشه (۳۳/۳ سانتی‌متر) مربوط به تیمار بدون تنش (IR_1)، تراکم دوم (D2) و لاین KGS32 بود و بیشترین وزن هزار دانه (۳۳/۵ گرم) مربوط به تیمار بدون تنش (IR_1)، تراکم اول (D1) و لاین KGS36 بود (جدول ۱). لاین KGS23 در هر سه سطح آبیاری دارای بیشترین عملکرد دانه بود؛ در سطح آبیاری اول (IR_1) (تیمار بدون تنش): ۷۱۱۳ کیلوگرم در هکتار، در سطح آبیاری دوم (IR_2) (۱۲۰ میلی‌متر تبخیر): ۵۰۵۳ کیلوگرم در هکتار و در سطح آبیاری سوم (IR_3) (۱۸۰ میلی‌متر تبخیر): ۳۸۳۲ کیلوگرم در هکتار (جدول ۱). در اثر متقابل رژیم لاین، تراکم و آبیاری، لاینKGS23 با عملکرد دانه ۷۵۱۳ کیلوگرم

در هکتار در سطح آبیاری اول (IR_1) (تیمار بدون تنش) و تراکم اول (D1) (۲۱ بوته در مترمربع)، دارای بیشترین عملکرد دانه بود (جدول ۱).

عملکرد دانه در شرایط بدون تنش (Yp) و در شرایط تنش (Ys) و شاخص‌های ارزیابی تحمل به خشکی لاین‌های سورگوم مورد مطالعه در جدول ۳ ارائه شده است. هرچه مقدار عددی شاخص SSI کوچک‌تر باشد، حساسیت به تنش کمتر و تحمل نسبی ژنوتیپ به تنش بیشتر است. نتایج مربوط به ارزیابی شاخص SSI نشان داد که لاین KGS32 با کمترین مقادیر SSI (۰/۹۵) متحمل‌ترین ژنوتیپ نسبت به تنش خشکی بود (جدول ۲). با توجه به اینکه شاخص SSI براساس نسبت عملکرد هر رقم در شرایط تنش به شرایط بدون تنش در مقایسه با این نسبت در کل ارقام سنجیده می‌شود، بنابراین دو رقم با عملکرد زیاد یا کم در دو محیط ممکن است مقدار SSI یکسانی داشته باشند، در نتیجه انتخاب براساس SSI نمی‌تواند مناسب باشد. در این آزمایش لاین KGS32 از لحاظ شاخص TOL به‌عنوان لاین متحمل شناخته شد، در صورتی که این لاین در شرایط تنش و بدون تنش دارای بالاترین عملکرد دانه نبود، بنابراین لاین KGS32 نه به دلیل تولید عملکرد بالا در شرایط تنش، بلکه صرفا به علت پایین بودن درصد تغییر عملکرد، بر اساس این شاخص به‌عنوان متحمل‌ترین لاین شناخته شد. ارقامی که دارای شاخص TOL کمتری هستند در محیط تنش تغییر عملکرد کمتری نشان می‌دهند. مسئله دیگر در مورد شاخص TOL این است که پایین بودن این شاخص TOL الزاما 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 مقدار عددی شاخص TOL شود و در نتیجه این رقم به‌عنوان رقم متحمل شناخته 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 موفق نبوده و گزینش را به‌سوی ژنوتیپ‌های کم بازده و متحمل سوق می‌دهد. از نظر شاخص STI و GMP که مقادیر بالای آن‌ها نشان‌دهنده تحمل ارقام می‌باشد، لاین KGS23 به‌عنوان رقم متحمل شناخته شد و در گروه A قرار گرفت (جدول ۲). بر اساس شاخص MP نیز لاین KGS23 به‌عنوان ژنوتیپ متحمل به تنش شناخته شد (جدول ۲).

در شاخص پایداری عملکرد (YSI) مقادیر عددی بیشتر از واحد، نشان دهنده حساسیت ژنوتیپ و ضعف پایداری عملکرد در شرایط تنش است (Eberhart and Russel,1966). ژنوتیپی که بر اساس شاخص YSI با پایداری بالای عملکرد در شرایط تنش شناسایی می‌شود، کمترین میزان تغییر و یا کاهش عملکرد را دارد. در این آزمایش لاین‌های KGS23 و KGS32 از نظر شاخص YSI در رتبه بالاتری نسبت به ژنوتیپ KGS36 قرار گرفتند (جدول ۲). بر اساس شاخص YI ، لاین KGS23 به‌عنوان ژنوتیپ با بالاترین میزان عملکرد در شرایط تنش شناسایی شد (جدول ۲).

بر اساس گزارش فرشادفر و همکاران (Farshadfar *et al.*, 2001) مناسب‌ترین شاخص برای گزینش ارقام متحمل به تنش، شاخصی است که دارای همبستگی بالایی با عملکرد دانه در هر دو شرایط تنش و بدون تنش باشد. در آزمایش حاضر همبستگی بین شاخص‌های ذکر شده و عملکرد دانه لاین‌های سورگوم در شرایط تنش و بدون تنش نشان داد که بالاترین ضریب همبستگی بین شاخص‌های تحمل در شرایط بدون تنش مربوط به شاخص‌های MP ، GMP و STI بود که مثبت و در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بودند. طبق نظر فرناندز (Fernandez, 1992) بهترین شاخص برای گزینش ژنوتیپ‌های متحمل، شاخص‌های STI و GMP می‌باشند، زیرا قادر به

جدول ۲- برآورد شاخص‌های تحمل به تنش خشکی لاین‌های امیدبخش سورگوم دانه‌ای بر اساس عملکرد در شرایط آبیاری کامل (بدون تنش) و کم‌آبیاری (SI=0.48)

Table 2. Estimation of stress tolerance indices for promising grain sorghum lines based on grain yield under well watered (non-stress) and limited irrigation conditions (SI=0.48)

لاین‌های سورگوم Sorghum lines	عملکرد در شرایط بدون تنش Yp (kg.ha-1)	عملکرد در شرایط تنش Ys (kg.ha-1)	تحمل TOL	میانگین حسابی MP	میانگین هندسی GMP	حساسیت به تنش SSI	تحمل به تنش STI	شاخص عملکرد YI	شاخص پایداری عملکرد YSI	کاهش عملکرد R (%)
L: KGS23	7113	3832	3281.0	5472.9	5221.2	0.96	0.68	1.15	0.54	46
L2: KGS32	5586	3041	2544.3	4313.9	4122.1	0.95	0.42	0.92	0.54	46
L3: KGS36	6351	3086	3265.3	4719.2	4427.8	1.07	0.49	0.93	0.49	51
Mean میانگین	6350	3320	3030.2	4835.4	4590.6	1.00	0.53	0.85	0.52	47.7

جدول ۳- ضرایب همبستگی ساده بین شاخص‌های تحمل و عملکرد دانه لاین‌های امیدبخش سورگوم دانه‌ای در شرایط آبیاری کامل (بدون تنش) و کم‌آبیاری

Table 3. Correlation coefficients between tolerances indices and grain yield of promising grain sorghum lines under well watered (non-stress) and limited irrigation conditions

	عملکرد در شرایط بدون تنش Yp	عملکرد در شرایط تنش Ys	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 (%)
Yp	1									
Ys	0.89	1								
TOL	0.88	0.56	1							
MP	0.99**	0.96**	0.78	1						
GMP	0.97**	0.98**	0.73	.997*	1					
SSI	0.08	-0.39	0.55	-0.10	-0.18	1				
STI	0.97**	0.98**	0.72	1.00**	1.00**	-0.18	1			
YI	0.88	1.00**	0.55	0.95**	0.97**	-0.40	0.98**	1		
YSI	0.01	0.46	-0.48	0.17	0.25	-1.00**	0.26	0.47	1	
R (%)	0.01	-0.46	0.48	-0.17	-0.25	1.00**	-0.26	-0.47	-1.00**	1

شناسایی ژنوتیپ‌هایی هستند که در هر دو محیط تنش و بدون تنش دارای عملکرد بالایی هستند. نتایج ارزیابی ضرایب همبستگی عملکرد دانه در شرایط تنش خشکی و بدون تنش با شاخص‌های تحمل به خشکی در این پژوهش نشان داد که شاخص‌های MP، GMP و STI بهترین شاخص‌ها برای شناسایی لاین‌های متحمل به تنش خشکی سورگوم دانه‌ای می‌باشند. این یافته با گزارش شفازاده و همکاران (Shafazadeh *et al.*, 2004) مبنی بر اینکه شاخص‌هایMP ، GMP و STI به دلیل دارا بودن همبستگی مثبت و معنی‌دار با عملکرد دانه ژنوتیپ‌های گندم در شرایط بدون تنش و تنش خشکی پس از مرحله گل‌دهی، معیارهای مناسبی برای شناسایی ژنوتیپ‌های پرمحصول و متحمل به خشکی برای هر دو شرایط هستند، کاملا همسانی دارد.

نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج این آزمایش، با کاهش آبیاری عملکرد دانه لاین‌های سورگوم نیز کاهش پیدا کرد. بیشترین عملکرد دانه مربوط به سطح آبیاری اول (IR_1) (تیمار بدون تنش) بود. تیمارهای تراکم بوته نیز بر عملکرد علوفه و عملکرد بیولوژیک مؤثر بودند، اما اثری بر عملکرد دانه و وزن هزار دانه و سایر صفات مورد بررسی نداشتند. با افزایش تراکم بوته، عملکرد علوفه و عملکرد بیولوژیک لاین‌های سورگوم افزایش یافت و بیشترین عملکرد علوفه و عملکرد بیولوژیک مربوط به تراکم با فاصله بوته ۸ سانتی‌متر روی ردیف بود. بر اساس تیمارهای تراکم و شاخص‌های برتر (MP، GMP و STI) جهت گزینش لاین‌های برتر سورگوم متحمل به تنش خشکی، لاین KGS23 به‌عنوان لاین متحمل با عملکرد بالا، شناخته شد. بر اساس نتایج این پژوهش، عکس‌العمل لاین‌های سورگوم نسبت به تیمارهای آبیاری متفاوت بود و لاین KGS23 از نظر اکثر صفات گیاهی مورد ارزیابی در شرایط کم‌آبیاری نسبت به دو لاین دیگر برتری معنی‌داری داشت. تعیین تراکم مناسب و تأمین نیاز آبی سورگوم باعث افزایش چشمگیر عملکرد این گیاه می‌شود.

منابع مورد استفاده

References

Abulhashem, M., N. Aminmajudar, A. Hamid and M. Hossain. 1998. Drought stress on seed yield attributes growth, cell membrane stability and gas change of synthesized *Brassica napus*. Indian J. Agron. 180: 129-136.

Amjad Ali, M., A. Abbas, S. Niaz, M. Zulkiffal and S. Ali. 2009. Morpho-physiological criteria for drought tolerance in sorghum (*Sorghum bicolor*) at seedling and post-anthesis stages. Int. J. Agric. Biol., 11: 674-680.

Bouslama, M. and W. T. Schapaugh. 1984. Stress tolerance in soybean. Part 1: Evaluation of three screening techniques for heat and drought tolerance. Crop Sci. 24: 933-937.

Chatterjee, B. N. and P. K. Das. 1989. Forage Crop Prduction. New Delhi: Oxford & IBH Publishing Co. Rs 120. ISBN 81 204 0398 3.

Choukan, R., T. Taherkhani, M. R. Ghannadha and M. Khodarahmi. 2006. Evaluation of drought tolerance in grain maize inbred lines usineg drought tolerance indices. Iran. J. Agric. Sci. 8(1): 79-89. (In Persian with English abstract).

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

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

FAO. 2016. FAO data based [online]. Available at, http://faostat.fao.org

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

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

Ferrari, E. and J. M. Fernandez. 1986. Genetic variability in sunflower and soybean under drought. 1.Yield relationships. Aust. J. Agric. Res. 37: 573 – 583

Fernandez, G. C. 1992. Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. *In:* Kuo, C. G.(Ed.), Proceedings of the International Symposium on Adaptation of Vegetables and Other Food Croops in Temperature and Water Stress, Tainan, Taiwan.

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.

Gamase, B. P., M. R. Dhawase and B. M. Patil. 1986. Response of high yielding varieties of sorghum under varying levels of Fertility and plant density. PKV. Res. J. 10: 110-114.

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.

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

Hegde, B. R., J., Maford, D. B. Wilson and K. K. Krogman. 1976. Effectes of row spacing and population density on grain sorghum production in southern Alberta. Can. J. Plant Sci. 56: 31-37.

Heiniger, R. W., R. L. Vanderlip and K. D. Kofoid. 1993. Caryopsis weight patterns within the sorghum panicle. Crop Sci. 33: 543-549.

Hum, D. and J. Kebda. 1981. Response to plant hybrids date and population densing by early- maturing sorghum in Ontario. Can. J. Plant Sci. 61: 265-273.

Jalali, A. H. and M. J. Bahrani. 2001. Quantitative and qualitative characteristics of grain yield of sorghum affected by nitrogen and plant density. J. Agric. Sci. Technol. 5(3): 117 - 125 (In Persian).

Joaquin sanabria, R. J., F. Stone and D. L. Weeks. 1995. Stomatal responseto high evaporative elemad in Irrigated grain sorghum in narrow and wide now spacings. Indian. J. Agron. 87: 1010-1017.

Mazaheri Laghab, H., F. Nouri, H. Zarehabianeh and H. Vafaei. 2001. The effect of terminal irrigation on the important traits of three varieties of sunflower under rainfed conditions.

Agric. Res. (In Persian with English abstract).

Moghaddam, A. and M. H. Hadizade. 2002. Response of maize (*Zea mays* L.) hybrids and their parental lines to drought using different stress tolerance indices. Seed Plant J. Agric. Res. 18(3): 255-272. (In Persian with English abstract).

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

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

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

Rame, R. and S. Kumari. 1995. Influence of variable amounts of irrigation water and nitrogen fertilzer on growth, yield and water use of grain sorghum. Aust. J. Agric. Res. 47: 151-161.

Rosolem, C. G., S. M. Kato, J. R. Nachado and S. J. Bicudo. 1993. Nirtogen redistribution to sorghum grain as effected by plant competition. Plant Soil. 155: 199-202.

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

Schaffert, N., K. Mattes and A. O. Effenberg. 2011. An investigation of online acoustic information for elite rowers in on-water training conditions. J. Hum. Sport Exer., 6(2): 392-405.

Shafazadeh, M. K., A. Yazdansepas, A. Amini and M. R. Ghannadha. 2004. Study of terminal drought tolerance in promising winter and facultative wheat genotypes using stress susceptibility and tolerance indices. Seed Plant J. 20 (1): 57-71. (In Persian with English abstract).

Wade, L. J. and A. C. Douglass. 1990. Effect of plant density on grain yield and yield stability of sorghum hybrids differing in maturity. Indian. J. Agron. 30: 257-264.

Effect of deficit irrigation and within row spacing on morphological traits and grain yield of grain sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) promising lines

Khazaei, A.[1]

ABSTRACT

Khazaei, A. 2019. Effect of deficit irrigation and within row spacing on morphological traits and grain yield of grain sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) promising lines**. Iranian Journal of Crop Sciences. 21(2):96-108 (In Persian).**

To evaluate the effect of deficit irrigation and within row spacing on grain yield and yield components of grain sorghum promising lines, an experiment was conducted as split plot-factorial arrangement in randomized complete block design with three replications in 2015 and 2016 at the research field of Seed and Plant Improvement Institute, Karaj, Iran. Main plots consisted of three irrigation regimes (irrigation applied after 60, 120 and 180 mm cumulative evaporation from Class A pan) and sub-plots included factorial combination of three levels of within row spacing [8, 12 and 15 cm (21, 14 and 11 plant.m^{-2}, respectively)] and three promising lines of grain sorghum (KGS23, KGS32, and KGS36). Combined analysis of variance showed that the sorghum prmising lines differed significantly for grain yield. The highest (5333 kg.ha^{-1}) and lowest (4011 kg.ha^{-1}) grain yield obtained from promising lines KGS23 and KGS32, respectively. The results showed that the response of the grain sorghum promising lines to the irrigation regimes was different, and KGS23 was significantly superior in comparison with the other two lines for most of the studied traits. In addition to high grain yield and desirable morphological traits, KGS23 showed adaptibility to deficit irrigation conditions. KGS36 ranked next to KGS23 for grain yield and tolerance to deficit irrigation. The effect of within row spacing on forage yield and biological yield was significant. Decreasing the within row spacing increased the forage and biological yields. Considering the stress tolerance (STI), geometric mean productivity (GMP) and grain yiled, KGS23 promising line which had higher grain yield in all irrigation regimes was identified as tolerant line with high grain yield.

Key words: Deficit irrigation, Grain sorghum, Stress tolerance indices and Forage yield.

Received: December 2018 Accepted: February, 2019
1. Assistant Prof., Seed and Plant Improvement Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran (Corresponding author) (Email: Az42095@yahoo.com)