مجله علمی ـ پژوهشی اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی و علف‌های هرز، سال پنجم، شماره ۲۰، زمستان ۱۳۹۰، صفحه ۱۴-۱

واکنش برخی از ژنوتیپ‌های سورگوم دانه‌ای به تنش کمبود آب

سعید اهری‌زاد[۱]، صبا شهبازی[۲]، سیدابوالقاسم محمدی[۳]، عزیز فومن اجیرلو[۴]و مجید نوروزی[۵]

چکیده

به منظور ارزیابی اثر تنش کمبود آب بر تعدادی از صفات مرتبط با عملکرد در لاین‌های سورگوم دانه‌ای، آزمایشی در سال ۱۳۸۷- ۱۳۸۶ بر اساس طرح کرت‌های خرد شده و بر پایه‌ی بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه‌ی تحقیقاتی دانشکده‌ی کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز واقع در اراضی کرکج اجرا گردید. سطوح مختلف آبیاری شامل ۶۰، ۱۲۰ و ۱۸۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک کلاس A به عنوان عامل اصلی و هفت لاین سورگوم دانه‌ای به عنوان عامل فرعی در نظر گرفته شد. به منظور تثبیت خطای نوع اول، تجزیه واریانس چند متغیره انجام شد. تجزیه واریانس داده‌ها نمایان‌گر وجود اختلاف معنی‌دار بین لاین‌های مورد مطالعه و سطوح مختلف آبیاری در اکثر صفات مورد مطالعه بود. نتایج حاصل از مقایسات میانگین در متوسط شرایط آبیاری نشان داد که لاین‌های KGS5 و KGS15 از نظر اکثر صفات مؤثر بر عملکرد در گروه برتر قرار دارند. تجزیه‌ی علیت به روش رگرسیون گام به گام در متوسط شرایط آبیاری نشان داد که طول خوشه و وزن هزار دانه اجزای مؤثر بر عملکرد دانه هستند.

واژگان کلیدی: تنش آبی، تحمل به تنش، سورگوم دانه‌ای.

۱ - دانشیار گروه به‌نژادی و بیوتکنولوژی گیاهی دانشگاه تبریز (نگارنده‌ی مسئول) s.aharizad@yahoo.com
۲ - فرهیخته کارشناسی ارشد اصلاح نباتات از دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز
۳ - استاد گروه به‌نژادی و بیوتکنولوژی گیاهی دانشگاه تبریز
۴ - مربی پژوهشی مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج
۵- استادیار گروه به‌نژادی و بیوتکنولوژی گیاهی دانشگاه تبریز

تاریخ دریافت: ۸۸/۲/۲۱
تاریخ پذیرش: ۹۰/۱۲/۲۰

مقدمه

سورگوم با نام علمی (*Sorghum bicolor*)، گیاهی است ۴ کربنه و یک ساله که از خانواده‌ی غلات (cereals) می‌باشد (Dogget, 1970). سورگوم گیاهی است کم توقع و پر محصول که حتی در زمین‌های فقیر از نظر عناصر غذایی و یا شور و قلیایی کشت می‌گردد، به طوری که از نظر استقامت و قناعت از آن به عنوان شتر خانواده‌ی گیاهی نام می‌برند (Karimi, 1996).

طبق تعریف، تنش کمبود آب به منزله‌ی کمبود آب در گیاهان است و هنگامی بروز می‌کند که میزان تعرق از میزان جذب آب تجاوز نماید و نتیجه‌ی آن کاهش عملکرد نسبت به حالت تأمین آب کامل می‌باشد (Sarmadniya, 1994). گروهی از به نژادگران گیاهی، عملکرد و پایداری آن را در شرایط تنش، به عنوان شاخص گزینش ارقام مقاوم پیشنهاد کرده‌اند (Arzani, 2001). عملکرد به دلیل وراثت پذیری پایین، به تنهایی شاخص مناسبی برای گزینش ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی نیست. به این جهت پیشرفت سریع‌تر در برنامه‌های به نژادی برای عملکرد در شرایط تنش آبی، می‌تواند با گزینش از طریق صفاتی که با تحمل به خشکی همبستگی داشته و علاوه بر وراثت پذیری بالا، به سهولت و هزینه‌ی کم قابل اندازه‌گیری باشند، حاصل شود (Clarke, 1987; Fernandez, 1992).

مطالعات وسیعی در خصوص سورگوم و دیگر گیاهان جهت شناخت مکانیسم تحمل به خشکی و روشن ساختن آن، همچنین تولید ژنوتیپ‌های مقاوم به تنش آبی انجام گرفته است (Ravikumar and Salimath, 2003). با وجود این که سورگوم توانایی تحمل به تنش آبی را در طول رشد رویشی اولیه بدون کاهش مشخص و محسوس عملکرد دانه دارد، اما مانند دیگر محصولات، این گیاه توانایی تحمل تنش خشکی بیش از حد را در مرحله‌ی به گل نشستن ندارد (Leon, 2005). بر اساس نظریه‌ی مک ویلیامز (Mc Williams, 2002) درسورگوم دانه‌ای با استفاده از یک سیستم مدیریتی صحیح، محصول زراعی تحت تنش کمتری قرار می‌گیرد. وجود هتروزیس برای بسیاری از صفات سورگوم و کشف نرعقیمی در پاره‌ای از ارقام این گیاه باعث گردیده است تا هیبریدهای بسیار مطلوب با پتانسیل عملکرد بالا و سازگار با شرایط محیطی به دست آید (House, 1985). بنابراین، اطلاع از عوامل ژنتیکی مؤثر در پاسخ گیاهان به تنش خشکی و در نهایت مدیریت مطلوب زراعی می‌تواند در تولید ارقام مقاوم به خشکی حایز اهمیت باشد (Wenwei *et al*., 2000).

هدف از این پژوهش، ارزیابی میزان تنوع و مقایسه‌ی لاین‌های سورگوم از نظر صفات مختلف، همچنین تعیین اثرات مستقیم و غیر مستقیم صفات مؤثر بر عملکرد در شرایط اعمال تنش و بدون تنش در لاین‌های تحت مطالعه بر اساس صفات مورد ارزیابی بود.

مواد و روش‌ها

آزمایش در سال ۱۳۸۶ در مزرعه‌ی تحقیقاتی دانشکده‌ی کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز واقع در اراضی کرکج در ۱۵ کیلومتری شرق تبریز اجرا شد. این محل با ۱۳۶۰ متر ارتفاع از سطح دریای آزاد در طول جغرافیایی ۴۶ درجه و ۱۷ دقیقه‌ی شرقی و عرض جغرافیایی ۳۸ درجه و ۵ دقیقه‌ی شمالی قرار دارد. بر اساس طبقه بندی اقلیمی، منطقه دارای اقلیم نیمه خشک سرد می‌باشد.

بذور سورگوم (جدول ۱) از مؤسسه‌ی تحقیقات نهال و بذر کرج تهیه شد. طرح آزمایشی مورد استفاده، طرح کرت‌های خرد شده بر پایه‌ی بلوک‌های کامل تصادفی، با سه تکرار بود. عامل اصلی شامل سه سطح آبیاری ۶۰، ۱۲۰ و ۱۸۰ میلی‌متر تبخیر از

سطح تشتک کلاس A و عامل فرعی شامل هفت لاین سورگوم دانه‌ای بود. هر واحد آزمایشی متشکل از چهار ردیف کاشت به طول ۴ متر و به فاصله ۶۰ سانتی‌متر از یکدیگر بود. فاصله بوته‌های روی ردیف بعد از تنک کردن ۱۸ سانتی‌متر در نظر گرفته شد.

پس از عملیات تهیه‌ی زمین در تاریخ ۸۶/۲/۱۹، کاشت بذور انجام و بلافاصله آبیاری شد. در طول دوره‌ی رویشی، ۱۰۰ کیلوگرم در هکتارکود نیتروژنه به‌صورت سرک استفاده شد. آبیاری‌های بعدی با توجه به شرایط منطقه، هر ۷ روز یک بار و تا شروع دوره‌ی تنش انجام گرفت. آغاز دوره‌های اعمال تنش از مرحله‌ی ۶ برگی گیاه بود و تا زمان رسیدگی و برداشت، ادامه داشت. به منظور مبارزه با علف‌های هرز، وجین به صورت دستی انجام شد. همچنین، مراقبت‌های لازم در مقابل خسارت پرندگان به عمل آمد. در هر واحد آزمایشی پس از حذف حاشیه، ۱۰ بوته برای اندازه‌گیری صفات مورد مطالعه انتخاب شد.

برای انجام تجزیه‌های آماری از میانگین نمونه‌ها در هر کرت استفاده شد. ابتدا نرمال بودن توزیع انحرافات و افزایشی بودن اثر بلوک‌ها و تیمارها برای کلیه‌ی صفات مورد آزمون قرار گرفته و تأیید شد. سپس برای تثبیت خطای نوع اول، از تجزیه واریانس چند متغیره استفاده شد. در نهایت، تجزیه واریانس صفات به صورت طرح کرت‌های خرد شده بر پایه‌ی بلوک‌های کامل تصادفی انجام شد. مقایسات میانگین برای صفات معنی‌دار، با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد انجام گرفت. برای بررسی ارتباط بین صفات، ضریب همبستگی پیرسون محاسبه گردید. جهت تعیین متغیرهای مستقلی که درصد بیشتری از تغییرات متغیر وابسته را توجیه کرده و به طور مستقیم و غیر مستقیم بر آن تأثیرگذار هستند، از تجزیه علیت به روش رگرسیون گام به گام استفاده گردید. تجزیه‌های آماری و رسم شکل‌ها با استفاده از نرم افزارهای EXCEL، SPSS و MSTATC انجام شد.

نتایج و بحث

تجزیه واریانس چند متغیره با توجه به معنی‌دار شدن هر چهار آماره (پیلای تریس[۱]، لمبدای ویلکس[۲]، هتلینگ تریس[۳] و بزرگ‌ترین ریشه‌ی روی[۴])، وجود اختلاف بین لاین‌ها و همچنین سطوح مختلف آبیاری از نظر حداقل یک صفت اثبات گردید (جداول ۲و۳). در بررسی اثرات متقابل از طریق این آماره‌ها، فقط بزرگترین ریشه‌ی روی معنی‌دار بود (جدول ۴). بنابراین، نمی‌توان به وجود اثر متقابل بین لاین و سطوح مختلف آبیاری از نظر صفات مورد مطالعه اطمینان کرد.

نتایج حاصل از تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه بر اساس طرح کرت‌های خرد شده بر پایه‌ی بلوک‌های کامل تصادفی نشان داد که بین بلوک‌ها تنها از نظر صفت تعداد روز تا پنجه‌زنی اختلاف معنی‌داری وجود داشت که مؤثر بودن بلوک‌بندی را با توجه به موقعیت آن در این صفت نشان می‌دهد (جدول ۵). نتایج نشان داد که اثر سطوح مختلف آبیاری بر صفات ارتفاع بوته، وزن تر اندام هوایی، وزن خشک اندام هوایی، تعداد روز تا پنجه‌زنی، تعداد روز تا گلدهی، تعداد روز تا رسیدگی، مساحت برگ پرچم، طول خوشه، وزن هزار دانه و عملکرد دانه معنی‌دار بود، اما از نظر بقیه‌ی صفات مورد بررسی، اختلاف معنی‌داری بین سطوح مختلف آبیاری مشاهده نشد. لاین‌های مورد بررسی از لحاظ صفات ارتفاع بوته، وزن تر اندام هوایی، تعداد روز تا رسیدگی، مساحت برگ پرچم، طول خوشه، وزن هزار دانه و عملکرد دانه، در

۱- Pillai's Trace
۲- Wilks Lambda
۳- Hotelling Trace
۴- Roy's Greatest Root

سطح احتمال ۱ درصد و از لحاظ صفات وزن خشک اندام هوایی، تعداد روز تا گلدهی و طول پدانکل در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری داشتند که نشان دهنده‌ی وجود تنوع ژنتیکی برای این صفات در بین لاین‌ها بود و می‌توان از این تنوع در برنامه‌ی گزینش برای مقاومت به تنش کمبود آب بهره‌برداری کرد.

اثر متقابل لاین و سطوح مختلف آبیاری از نظر صفات ارتفاع بوته و مساحت برگ پرچم در سطح احتمال ۱ درصد و از نظر صفات وزن خشک اندام هوایی، تعداد روز تا پنجه‌زنی، تعداد روز تا گلدهی و طول پدانکل در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود. در بین صفات مورد بررسی، تعداد روز تا پنجه‌زنی، تعداد روز تا رسیدگی و تعداد روز تا گلدهی کمترین ضریب تغییرات (به ترتیب ۳/۴۹، ۴ و ۴/۳۱ درصد) و تعداد پنجه، طول پدانکل و وزن خشک اندام هوایی بیشترین ضریب تغییرات (به ترتیب ۴۰/۱۹، ۳۸/۷۹ و۲۰/۸۴ درصد) را دارا بودند. به نظر می‌رسد در این پژوهش، صفات فنولوژیکی کمتر تحت تأثیر محیط بوده و لاین‌ها هم از نظر این صفات، تقریباً مستقل از محیط عمل نموده‌اند.

نتایج مقایسات میانگین با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد در جداول ۶، ۷ و ۸ درج گردیده است. در آبیاری ۶۰ میلی‌متر تبخیر بیشترین طول خوشه حاصل شد، در حالی که از نظر این صفت بین آبیاری ۱۲۰ و ۱۸۰ میلی متر تبخیر اختلافی مشاهده نگردید. این مورد نشان دهنده‌ی تأثیر تنش خشکی در کاهش این صفت می‌باشد (جدول ۶). سطح آبیاری ۱۸۰ میلی‌متر تبخیر، باعث کاهش وزن تر اندام هوایی نسبت به شرایط آبیاری ۶۰ میلی‌متر تبخیرگردید. از نظر عملکرد دانه، آبیاری ۶۰ میلی‌متر تبخیر بیشترین عملکرد را نسبت به سطوح آبیاری ۱۲۰ و ۱۸۰ میلی‌متر تبخیر موجب شد. سطوح آبیاری ۶۰ میلی‌متر و ۱۲۰ میلی متر تبخیر از نظر وزن هزار دانه در گروه برتر قرار گرفتند. می‌توان نتیجه گرفت که تنش کمتر (آبیاری ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر)، تأثیر معنی‌داری در کاهش وزن هزار دانه ندارد. در خصوص تعداد روز تا رسیدگی، می‌توان اظهار کرد که تنش باعث زودرسی شده است. لاین KGS15 بیشترین و لاین‌های KGS11،KGS17 و KGS19 کمترین طول خوشه را داشتند (جدول ۷). از نظر صفت وزن تر اندام هوایی لاین‌های KGS11 و KGS19 دارای وزن تر اندام هوایی پایین‌تری نسبت به سایر لاین‌ها بودند. لاین‌های KGS5 و KGS15 بیشترین و لاین‌های KGS9، KGS17 و KGS19 دارای کمترین عملکرد دانه بودند. لاین‌های KGS5 و KGS11 بیشترین وزن هزار دانه و لاین KGS19 کمترین وزن هزار دانه را دارا بودند. در این پژوهش لاین KGS5 دیررس‌ترین و لاین KGS19 زودرس‌ترین لاین بود.

با توجه به معنی‌دار بودن اثر متقابل لاین‌های مورد ارزیابی و سطوح مختلف آبیاری از نظر برخی صفات، مقایسه میانگین ترکیبات تیماری از نظر این صفات با آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد (جدول ۸). از نظر مساحت برگ پرچم، لاین KGS15 در آبیاری ۶۰ و ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر و لاین KGS12 در سطح آبیاری ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر، بیشترین مقدار را داشتند. در حالی که لاین KGS11 در سطح آبیاری ۶۰ میلی‌متر و ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر، با کمترین مساحت برگ پرچم با بقیه اختلاف داشتند. در این آزمایش تنش ملایم (۱۲۰ میلی‌متر تبخیر)، تأثیر معنی‌داری در کاهش این صفت نداشت. لاین‌های KGS9، KGS12 و KGS15 در آبیاری۶۰ میلی‌متر و همچنین لاین KGS15 در آبیاری ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر، ارتفاع بوته بلندتری داشتند. لازم به ذکر است که لاین‌های KGS9 و KGS17 در آبیاری

۱۲۰ میلی‌متر تبخیر و لاین‌هایKGS17 و KGS19 در آبیـــاری ۱۸۰ میلـی‌متـر تبخیـــر ارتفـاع بوتـه‌ی کوتاه‌تری داشتند. بنابراین، نتایج حاکی از مؤثر بـودن کمبود آب بر این صفت بوده است. لاین‌های KGS5 و KGS17 در آبیاری ۶۰ میلی‌متر تبخیر، بیشترین طول پدانکل و لاین‌های KGS11 و KGS17 در آبیـاری ۶۰ و ۱۲۰ میلـی‌متـر تبخیـر، کمتـرین طـول پـدانکل را داشتند. چنین به نظر می‌رسد که تنش بیـشتر، تـأثیر معنی‌داری در کاهش طول پـدانکل نداشـته اسـت. از نظـر وزن خـشک انـدام هـوایی لایـن‌هـای KGS5 و KGS17 در آبیاری ۶۰ میلی‌متر تبخیر، برتری داشتند و لاین‌هـای KGS12، KGS17 و KGS19 در آبیـاری ۱۸۰ میلی‌متر تبخیر، دارای وزن خشک انـدام هـوایی کمتری بودند که بیـانگر تـاثیر تـنش بـر وزن خـشک انـدام هـوایی مـی‌باشـد. لایـن KGS9 در آبیـاری ۶۰ میلی‌متر تبخیر، برای پنجه‌زنی نیاز بیشتری داشـت و سـایر لاین‌ها در گـــروه‌هـای پـایین‌تـر قـرار گرفتنـد. می‌توان اظهار نمود کـه تـنش، سـرعت پنجـه‌زنـی را افـزایش داده اسـت. درآبیـاری ۶۰ میلـی‌متـر تبخیـر، لایـن‌هـای KGS5 وKGS15 تعـداد روز تـا گلـدهی بیشتر و لاین‌های KGS9 و KGS15 در آبیـاری ۱۸۰ میلی‌متر تبخیر، دارای تعداد روز تـا گلـدهی کمتـری بودنـد کـه نـشانگر تـاثیر تـنش در تـسریع گلـدهی می‌باشد. در نهایت چنین به نظر می‌رسـد کـه برتـری لاین KGS5 از نظر عملکرد دانـه، بیـشتر مربـوط بـه برتری آن از نظر صفات وزن تر اندام هوایی، وزن هزار دانه و تعداد روز تا رسـیدگی بیـشتر بـوده، همچنـین طول پدانکل در تمامی سـطوح آبیـاری و وزن خـشک اندام هوایی و تعداد روز تا گلـدهی در سـطوح آبیـاری ۶۰ و ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر مؤثر بودنـد. ایـن احتمـال وجود دارد که برتری لایـن KGS15 از نظـر عملکـرد دانه، بیشتر مربوط به برتری لاین مذکور از نظر طـول خوشه و وزن تر اندام هوایی بـوده و همچنـین تعـداد روز تا پنجه‌زنی در کلیه‌ی سـطوح آبیـاری و مـساحت برگ پـرچم، ارتفـاع بوتـه و تعـداد روز تـا گلـدهی در سـطوح آبیـاری ۶۰ و ۱۲۰ میلـی‌متـر تبخیـر دارای اهمیت بوده است.

ضـرایب همبـستگی سـاده بـین صـفات مـورد بررسی، بر اساس میانگین لاین‌هـا در سـه محـیط در جدول ۹ درج شده است. صفات طول خوشـه، ارتفـاع بوته، وزن تر اندام هـوایی، وزن خـشک انـدام هـوایی، وزن هزار دانه، تعـداد روز تـا گلـدهی و تعـداد روز تـا رسیـــدگی بـا عمـــلکرد دانـــه همبـستگی مثبـت و معنی‌داری داشتند. بـرای گـزینش صـفاتی کـه نقـش مهم‌تری در توجیه عملکرد دانـه دارنـد، از رگرسـیون گام به گام استفاده شـد. صـفات طـول خوشـه و وزن هزار دانه در مدل رگرسیون نهـایی بـاقی مانـده و بـه عنوان اجزای اصلی و مؤثر بر عملکـرد دانـه محـسوب شدند (جداول۱۰ و ۱۱). مقدار R^2 مدل (R^2=۰/۷۱۳) بیانگر تبیین بیش از ۷۰ درصد تغییرات کـل عملکـرد دانه توسط طول خوشه و وزن هزار دانه بوده است. بـا توجه به مثبـت و معنـی‌دار بـودن ضـرایب رگرسـیون طول خوشه و وزن هزار دانه، می‌توان اذعان نمـود کـه افزایش در مقدار این صـفات سـبب افـزایش عملکـرد خواهد شد. بنابراین به نظر می‌رسد لاین‌های با طـول خوشه‌ی بلندتر و وزن هـزار دانـه‌ی بیـشتر، اصـولاً از عملکرد بیشتری برخـوردار هـستند. تجزیـه‌ی علیـت برای عملکرد دانه به روش رگرسیون گام به گام انجـام شد. در این تجزیه عملکرد دانه به عنوان متغیر وابسته و طول خوشه و وزن هزار دانه به عنوان متغیر مستقل در نظر گرفته شدند. نتایج حاصـل از تجزیـه‌ی علیـت عملکرد دانـه در بوتـه در متوسـط شـرایط آبیـاری در جدول ۱۲ آمده است. به‌طـوری‌کـه در ایـن جـدول و شکل ۱ مشاهده می‌شود، اثر مستقیم طـول خوشـه و اثر غیرمستقیم وزن هزار دانه بر عملکـرد دانـه بیـشتر بود.

جدول ۱- اسامی و مبدأ هفت لاین سورگوم دانه ای مورد مطالعه

Table 1- Evaluated grain sorghum lines names and origin

Number (شماره)	Line Name(نام لاین)	Origin (مبدأ)
1	KGS5	Iran-Karaj (ایران- کرج)
2	KGS9	Iran-Karaj (ایران- کرج)
3	KGS11	Iran-Karaj (ایران- کرج)
4	KGS12	Iran-Karaj (ایران- کرج)
5	KGS15	Iran-Karaj (ایران- کرج)
6	KGS17	Iran-Karaj (ایران- کرج)
7	KGS19	Iran-Karaj (ایران- کرج)

جدول ۲- تجزیه واریانس چند متغیره بر اساس صفات مورد مطالعه برای لاین‌های سورگوم دانه‌ای

Table 2- Multivariate analysis of variance based on evaluated traits for grain sorghum lines

آزمون (Multivariate Tests)	مقدار آماره (Value)
Pillai's Trace	4.484**
Wilks' Lambda	0.001**
Hotelling's Trace	38.370**
Roy's Largest Root	19.547**

** معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪

**: significant at the 1% probability level

جدول ۳ - تجزیه واریانس چند متغیره بر اساس صفات مورد مطالعه برای سطوح مختلف آبیاری

Table 3- Multivariate analysis of variance based on evaluated traits for different irrigation levels

آزمون (Multivariate Tests)	مقدار آماره (Value)
Pillai's Trace	1.728**
Wilks' Lambda	0.012**
Hotelling's Trace	21.325**
Roy's Largest Root	17.744**

** معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪

**: significant at the 1% probability level

جدول ۴- تجزیه واریانس چند متغیره بر اساس صفات مورد مطالعه برای اثرات متقابل(لاین× سطح آبیاری)

Table 4- Multivariate analysis of variance based on evaluated traits for Line × Irrigation interactions

آزمون (Multivariate Tests)	مقدار آماره (Value)
Pillai's Trace	6.376
Wilks' Lambda	0.100
Hotelling's Trace	26.483
Roy's Largest Root	10.285**

** معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪

**: significant at the 1% probability level

جدول ۵- تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه در هفت لاین سورگوم دانه‌ای در سطوح مختلف تنش خشکی

Table 5- Analysis of variance for traits in seven sorghum lines in different drought stress levels

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات (MS)													
		ارتفاع بوته Plant height	قطر ساقه Stem diameter	طول پدانکل Peduncle Length	تعداد روز تا رسیدگی Days to maturity	تعداد روز تا گلدهی Days to flowering	تعداد روز تا پنجه زنی Days to tillering	وزن خشک اندام هوایی Shoot dry weight	وزن تر اندام هوایی Shoot fresh weight	تعداد پنجه Number of tillers	تعداد برگ Number of Leaf	مساحت برگ پرچم Flag leaf area	طول خوشه Panicle length	وزن هزار دانه 1000 grain weight	عملکرد دانه Grain yield
بلوک Replications	2	67.56ns	0.059 ns	2.099 ns	1.587 ns	48.02 ns	2.714*	0.043 ns	449171.25ns	0.870 ns	0.317 ns	15.637 ns	36.752 ns	0.344 ns	245.97 ns
سطح آبیاری Irrigation Level	2	731.985*	0.033 ns	11.835 ns	201.587*	290.873*	2.714*	0.259*	1772826.68*	0.530 ns	0.020 ns	1303.943*	109.163*	15.959*	1294.289*
خطای اصلی Error 1	4	68.472	0.031	7.369	14.683	23.611	0.357	0.031	175951.97	0.313	0.178	97.964	12.379	0.928	97.818
لاین Line	6	439.460*	0.054 ns	92.181*	108.995**	28.175*	1.238 ns	0.132*	463455.05**	0.784 ns	0.889 ns	4721.872**	115.702**	15.701**	860.153**
سطح آبیاری × لاین Irrigation×Line	12	79.762*	0.128	83.672*	10.384 ns	25.595*	3.381*	0.094*	201349.50ns	0.523 ns	0.547 ns	281.075**	10.475 ns	0.567 ns	124.99ns
خطای فرعی Error 2	36	27.874	0.067	31.132	10.317	11.376	1.310	0.042	133370.51	0.431	0.531	86.913	9.163	0.703	67.372
C.V. (درصد)		5.11	13.20	38.79	4.00	4.31	3.49	20.84	18.53	40.19	7.06	8.28	11.05	9.47	14.56

*،** و ns به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪

**, *, ns: significant at the 1%, 5% probability levels and non significant respectively.

جدول ۶- مقایسه میانگین سطوح مختلف آبیاری از نظر صفات اندازه‌گیری شده به روش دانکن

Table 6- Mean comparison of irrigation levels based on Duncan test

سطوح آبیاری Irrigation Levels	تعداد روز تا رسیدگی Days to maturity		وزن هزار دانه 1000 grain weight(g)		عملکرد دانه Grain yield (g/plant)		وزن تر اندام هوایی Shoot fresh weight (g)		طول خوشه Panicle length (cm)	
آبیاری ۶۰ میلی‌متر تبخیر Irrigation at 60mm evaporation	83.57	a	9.512	a	64.55	A	2258	a	29.84	a
آبیاری ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر Irrigation at 120mm evaporation	80.24	b	9.194	a	55.72	B	1979	ab	26.98	b
آبیاری ۱۸۰ میلی‌متر تبخیر Irrigation at 180mm evaporation	77.38	b	7.868	b	48.89	b	1677	b	25.34	b

در هر ستون حروف مشترک، نشانگر عدم اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ ٪ می‌باشد.

The same letters in each column indicates no significant at %5 level probability.

جدول ۷- مقایسه میانگین لاین‌های مختلف سورگوم دانه‌ای از نظر صفات اندازه‌گیری شده به روش دانکن

Table 7- Mean comparison of grain sorghum lines based on Duncan test

لاین Line	تعداد روز تا رسیدگی Days to maturity		وزن هزار دانه 1000 grain weight(g)		عملکرد دانه Grain yield (g/plant)		وزن تر اندام هوایی Shoot fresh weight (g)		طول خوشه Panicle length (cm)	
KGS5	86.67	A	10.29	a	64.92	ab	2328	a	27.81	bc
KGS9	78.89	D	8.389	b	43.67	e	1979	ab	26.48	bc
KGS11	77.78	E	10.95	a	55.98	cd	1864	bc	22.81	d
KGS12	80.00	C	8.148	b	61.48	bc	1976	ab	29.11	b
KGS15	82.78	B	8.627	b	70.65	a	2033	ab	34.18	a
KGS17	80.56	C	8.506	b	48.74	de	2047	ab	25.47	cd
KGS19	76.11	F	7.092	c	49.26	de	1781	c	25.84	cd

در هر ستون حروف مشترک، نشانگر عدم اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ ٪ می‌باشد.

The same letters in each column indicates no significant at %5 level probability.

جدول ۸- مقایسه میانگین لاین‌های مختلف سورگوم در سطوح مختلف آبیاری از نظر صفات اندازه‌گیری شده با آزمون دانکن

Table 8- Mean comparison of grain sorghum lines in different irrigation levels based on Duncan test

سطح آبیاری Irrigation Level	لاین Line	طول پدانکل Peduncle Length(cm)		ارتفاع بوته Plant height(cm)		مساحت برگ پرچم Flag leaf area(cm^2)	
60mm evaporation (۶۰ mm تبخیر)	KGS5	26.08	a	99.5	fghi	93.40	gh
60mm evaporation (۶۰ mm تبخیر)	KGS9	10.19	cde	118.5	ab	103.7	fg
60mm evaporation (۶۰ mm تبخیر)	KGS11	7.533	de	110.7	bcde	68.93	i
60mm evaporation (۶۰ mm تبخیر)	KGS12	11.62	cde	115.9	abc	133.7	bc
60mm evaporation (۶۰ mm تبخیر)	KGS15	10.18	cde	120.8	a	147.2	ab
60mm evaporation (۶۰ mm تبخیر)	KGS17	24.15	ab	104.3	defg	96.06	fgh
60mm evaporation (۶۰ mm تبخیر)	KGS19	16.17	abcd	100.9	efghi	85.82	h
120mm evaporation (۱۲۰ mm تبخیر)	KGS5	19.98	abc	101.7	defgh	107.0	efg
120mm evaporation (۱۲۰ mm تبخیر)	KGS9	15.00	bcde	94.20	hij	103.4	fg
120mm evaporation (۱۲۰ mm تبخیر)	KGS11	13.38	bcde	104.7	defg	81.49	hi
120mm evaporation (۱۲۰ mm تبخیر)	KGS12	15.13	bcde	106.5	cdef	145.7	ab
120mm evaporation (۱۲۰ mm تبخیر)	KGS15	10.37	cde	111.7	abcd	161.2	a
120mm evaporation (۱۲۰ mm تبخیر)	KGS17	4.743	e	91.52	ij	111.2	defg
120mm evaporation (۱۲۰ mm تبخیر)	KGS19	16.80	abcd	95.22	ghij	98.55	fgh
180mm evaporation (۱۸۰ mm تبخیر)	KGS5	16.68	abcd	102.6	defgh	125.7	cd
180mm evaporation (۱۸۰ mm تبخیر)	KGS9	18.00	abcd	105.2	defg	106.0	efg
180mm evaporation (۱۸۰ mm تبخیر)	KGS11	13.00	cde	105.0	defg	95.13	gh
180mm evaporation (۱۸۰ mm تبخیر)	KGS12	10.07	cde	100.8	efghi	134.3	bc
180mm evaporation (۱۸۰ mm تبخیر)	KGS15	16.20	abcd	106.0	def	137.4	bc
180mm evaporation (۱۸۰ mm تبخیر)	KGS17	15.53	abcde	86.37	j	122.4	cde
180mm evaporation (۱۸۰ mm تبخیر)	KGS19	11.23	cde	88.02	j	113.8	def

در هر ستون حروف مشترک، نشانگر عدم اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ ٪ می‌باشد.

The same letters in each column indicates no significant at %5 level probability.

ادامه جدول ۸

Table 7- Continued

سطح آبیاری Irrigation Level	لاین Line	وزن خشک اندام هوایی Shoot dry weight(g)		تعداد روز تا پنجه زنی Days to tillering		تعداد روز تا گلدهی Days to flowering	
60mm evaporation (۶۰ mm تبخیر)	KGS5	1.505	a	32.00	b	85.00	a
60mm evaporation (۶۰ mm تبخیر)	KGS9	1.021	cd	35.00	a	83.33	ab
60mm evaporation (۶۰ mm تبخیر)	KGS11	0.9097	cd	32.00	b	78.33	bcd
60mm evaporation (۶۰ mm تبخیر)	KGS12	1.100	bcd	32.00	b	75.00	cde
60mm evaporation (۶۰ mm تبخیر)	KGS15	0.9103	cd	33.00	ab	85.00	a
60mm evaporation (۶۰ mm تبخیر)	KGS17	1.433	ab	34.00	ab	83.33	ab
60mm evaporation (۶۰ mm تبخیر)	KGS19	0.8200	cd	34.00	ab	81.67	ab
120mm evaporation (۱۲۰ mm تبخیر)	KGS5	1.152	abc	34.00	ab	80.00	abc
120mm evaporation (۱۲۰ mm تبخیر)	KGS9	0.9470	cd	32.00	b	75.00	cde
120mm evaporation (۱۲۰ mm تبخیر)	KGS11	0.9107	cd	32.00	b	75.00	cde
120mm evaporation (۱۲۰ mm تبخیر)	KGS12	0.8837	cd	34.00	ab	81.67	ab
120mm evaporation (۱۲۰ mm تبخیر)	KGS15	0.9097	cd	33.00	ab	80.00	abc
120mm evaporation (۱۲۰ mm تبخیر)	KGS17	0.9790	cd	32.00	b	80.00	abc
120mm evaporation (۱۲۰ mm تبخیر)	KGS19	0.8740	cd	32.00	b	80.00	abc
180mm evaporation (۱۸۰ mm تبخیر)	KGS5	0.9090	cd	32.00	b	75.00	cde
180mm evaporation (۱۸۰ mm تبخیر)	KGS9	1.112	bcd	32.00	b	71.67	e
180mm evaporation (۱۸۰ mm تبخیر)	KGS11	0.9917	cd	32.00	b	73.33	de
180mm evaporation (۱۸۰ mm تبخیر)	KGS12	0.7397	d	33.00	ab	75.00	cde
180mm evaporation (۱۸۰ mm تبخیر)	KGS15	0.9947	cd	33.00	ab	71.67	e
180mm evaporation (۱۸۰ mm تبخیر)	KGS17	0.7053	d	33.00	ab	75.00	cde
180mm evaporation (۱۸۰ mm تبخیر)	KGS19	0.7267	d	32.00	b	78.33	bcd

در هر ستون حروف مشترک، نشانگر عدم اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ ٪ می‌باشد.

The same letters in each column indicates no significant at %5 level probability.

جدول ۹- ضرایب همبستگی ساده بین صفات مورد مطالعه در هفت لاین سورگوم دانه‌ای

Table 9- Correlation coefficients between traits in seven grain sorghum lines

صفت (trait)	Flag leaf area	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)
(2) **طول خوشه** Panicle length	0.528*												
(3) **ارتفاع بوته** Plant height	0.230	0.472*											
(4) **طول پدانکل** Peduncle Length	-0.207	0.125	-0.177										
(5) **تعداد برگ** Number of Leaf	0.031	-0.241	0.314	-0.605**									
(6) **تعداد پنجه** Number of tillers	-0.181	-0.064	0.428	-0.387	0.372								
(7) **قطر ساقه** Stem diameter	-0.017	0.003	0.218	0.038	-0.087	-0.058							
(8) **وزن تر اندام هوایی** Shoot fresh weight	-0.059	0.437*	0.393	0.267	-0.295	-0.021	0.170						
(9) **وزن خشک اندام هوایی** Shoot dry weight	-0.249	0.304	0.321	0.644**	-0.378	-0.211	0.247	0.705**					
(10) **عملکرد دانه** Grain yield	0.266	0.700**	0.585**	0.179	-0.013	-0.023	-0.193	0.592**	0.433*				
(11) **وزن هزار دانه** 1000 grain weight	-0.435*	0.050	0.341	0.121	0.100	0.353	-0.012	0.582**	0.536*	0.507*			
(12) **تعداد روز تا پنجه زنی** Days to tillering	0.167	0.279	0.315	0.141	0.073	0.001	-0.017	0.279	0.065	0.276	-0.058		
(13) **تعداد روز تا آغاز گلدهی** Days to flowering	-0.037	0.474*	0.214	0.142	-0.085	0.228	-0.052	0.456*	0.324	0.447*	0.233	0.479*	
(14) **تعداد روز تا رسیدگی** Days to maturity	0.157	0.559**	0.411	0.248	-0186	0.030	0.195	0.749**	0.595**	0.675**	0.511*	0.163	0.509*

* و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ ٪ و ۱ ٪

**, * : significant at the 1%, 5% probability levels .

جدول ۱۰- رگرسیون گام به گام برای عملکرد در لاین‌های سورگوم دانه‌ای

Table 10- Stepwise regression for grain yield in sorghum lines

صفات وارد شده به مدل Variables Entered in model	ضریب رگرسیون Regression coefficients	t
طول خوشه (Panicle length)	2.018	5.347**
وزن هزار دانه (1000 grain weight)	3.941	3.739**
عرض از مبدأ (Constant)	-33.806	-2.474
	R^2=۰/ ۷۱۳	* معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪

**: Significant at the %1 Probability level.

جدول ۱۱- جدول تجزیه واریانس مربوط به رگرسیون چند متغیره

Table 11- Analyses of variance for multivariate regression

مدل Model	درجه آزادی df	مجموع مربعات Sum of Squares	میانگین مربعات Mean square	F
Regression (رگرسیون)	2	2197.820	1098.910	22.346**
Residual (باقی مانده)	18	885.173	49.176	
Total (کل)	20	3082.993		

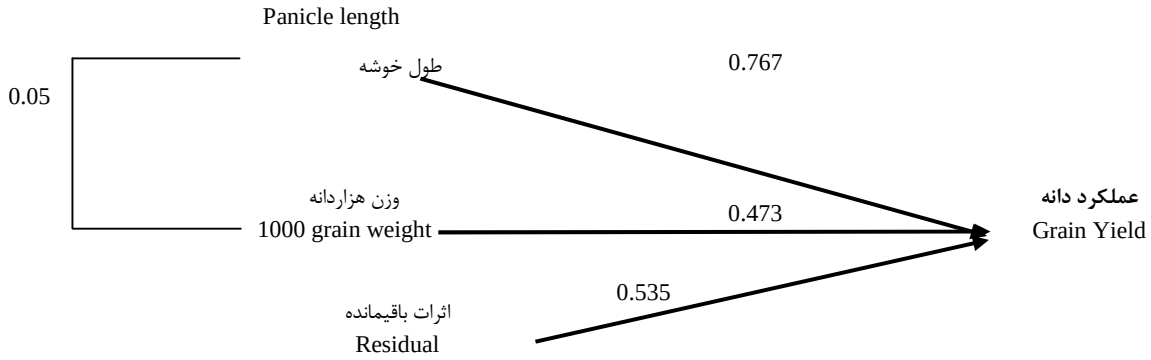
** معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪

**: Significant at the %1 Probability level.

جدول ۱۲- تجزیه علیت عملکرد دانه در متوسط سطوح آبیاری

Table 12- Path analysis of grain yield in average of irrigation levels

صفت (Trait)	اثر مستقیم direct effect	همبستگی ساده با عملکرد Simple correlation with yield	اثرات غیر مستقیم از طریق Indirect effects trough	
			وزن هزار دانه (1000 grain weight)	طول خوشه (Panicle length)
طول خوشه (Panicle length)	0.676	0.700	0.024	-
وزن هزار دانه (1000 grain weight)	0.473	0.507	-	0.034



شکل ۱- دیاگرام علیت عملکرد دانه و اجزای مؤثر در عملکرد

Figure 1- Path analysis of grain yield and effective components on yield diagram

References منابع مورد استفاده

- Arzani, A. 2001. Breeding field crops (translated), Esfahan University Press. Esfahan, Iran. (In Persian).
- Sarmadniya, Gh. 1994. Importance of environmental stresses in agronomy. First Iranian Congress of Agronomy and Plant Breeding, University of Tehran, Tehran, Iran. pp: 157- 172. (In Persian).
- Karimi, H. 1996. Crop plants, Nashre Daneshghahi Pub, Tehran University Press. Tehran, Iran. (In Persian).
- Clarke, J.M. 1987. Use of physiological and morphological traits in breeding programmers to improve drought resistance of cereals. In: J.P. Sirvastav, E. Acevedo, and S. Varma. (eds.). Drought tolerance in winter cereals, John Wiley and Sons. pp: 171-189.
- Dogget, H. 1970. Sorghum, Longmans Pub.
- Fernandez, G.C. 1992. Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance, in Proc. of Sympo. 13-18 August, Taiwan. pp: 257-270.
- House, L.R. 1985. A guide to sorghum breeding. ICRISAT.
- Leon, N. 2005. Grain sorghum irrigation, Texas Cooperative Extension Amarillo, the Texas A & M Univ.
- McWilliams, D. 2002. Drought strategies for corn and grain sorghum, Department of Extension Plant Sci. New Mexico State Univ.
- Ravikumar, B.S. and P.M. Salimath. 2003. Drought strategies for corn and grain sorghum, *Euphytica*. 133: 371-376.
- Wenwei, X.U., K. Prasanta, O. Crasta, D. Rosenow, J. Mullet, and H. Nguyen. 2000. Molecular mapping of QTLs conferring stay - green in grain sorghum (*Sorghum bicolor*), NRC Res. Pub. Department of Plant and Soil Sci., Texas Tech. Univ.

Response of Some Grain Sorghum Genotypes to Water Deficit

Aharizad, S.[1], S. Shahbazi[2], A. Mohammadi[3], A. Fouman Ajirlo[4], and M. Noruzi[5]

Abstract

To study the effect of drought stress on some grain sorghum lines, a split plot experiment based on complete randomized block design with three replications was conducted during 2007-8 at the Agriculture Research Field of Islamic Azad University, Tabriz Branch, Iran. Irrigations after 60, 120 and 180 mm evaporation from the pan were assigned to main plots and seven lines of grain sorghum to sub plots. Multivariate analysis of variance was fulfilled for fixation of type I error. Analysis of variance showed significant differences among lines and irrigations for most of the traits. Based on mean comparison, KGS5 and KGS15 showed the highest means for most of the yield related traits. Path analysis was conducted by using the stepwise regression on mean of irrigation levels. Results showed that panicle length and 1000 kernel weight were the most effective components on grain yield.

Key words: Grain sorghum, Stress tolerence, Water deficit.

1 -Associate Prof. Department of Plant Breeding and Biotechnology, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran.
2 -Former MSc. Student of Plant Breeding, Tabriz Branch, Islamic Azad University, Tabriz, Iran.
3 -Professor Department of Plant Breeding and Biotechnology, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran.
4 -Researcher of Agricultural Seed and Plant Improvement Institute, Karaj, Iran.
5-Assistant Prof. Department of Plant Breeding and Biotechnology, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Iran.
***Corresponding Author**: s.aharizad@yahoo.com*