



ارزیابی تحمل به خشکی در ارقام و لاین‌های پیشرفته سورگوم دانه‌ای در شرایط تنش کم آبیاری

*عظیم خزایی و عزیز فومن

مربی مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، کرج

تاریخ دریافت: ۱۳۸۹/۱۱/۲۶؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۰۳/۱۱

چکیده

به منظور ارزیابی تحمل به تنش خشکی در ارقام و لاین‌های پیشرفته سورگوم دانه‌ای، آزمایشی به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار در مزرعه پژوهشی مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج در سال زراعی ۱۳۸۸ اجرا شد. در این آزمایش اعمال تیمار آبیاری در ۳ سطح به صورت آبیاری پس از ۶۰ میلی‌متر (آبیاری نرمال)، ۱۲۰ میلی‌متر (تنش ملایم) و ۱۸۰ میلی‌متر (تنش شدید) تبخیر از سطح تشتک تبخیر به عنوان عامل اصلی و ۱۰ رقم و لاین پیشرفته سورگوم دانه‌ای (کیمیا، پیام، سپیده، KGS27، KGS32، KGS23، KGS19، KGS15، KGS36 و KGS25) به عنوان عامل فرعی در نظر گرفته شدند. نتایج ارزیابی با استفاده از شاخص‌های مختلف تحمل به خشکی نشان داد که براساس شاخص حساسیت به تنش (SSI) و شاخص تحمل (TOL) ارقام پیام و سپیده و لاین‌های KGS19 و KGS15 به عنوان متحمل‌ترین ژنوتیپ‌ها شناسایی شدند. براساس شاخص‌های تحمل به تنش (STI) و میانگین هندسی بهره‌وری (GMP) رقم کیمیا با عملکرد دانه به میزان ۱۲۰۲۶/۷ کیلوگرم در هکتار در شرایط بدون تنش و عملکرد دانه ۷۶۶۳/۳ کیلوگرم در شرایط تنش و لاین KGS32 با عملکرد دانه به میزان ۱۲۹۷۳/۹ کیلوگرم در شرایط بدون تنش و عملکرد دانه ۸۸۳۰/۶ کیلوگرم در شرایط تنش به عنوان ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا در هر دو محیط شناخته شدند. شاخص عملکرد (YI)، رقم کیمیا و لاین‌های KGS32 و KGS36 را به عنوان ژنوتیپ‌هایی با بالاترین میزان عملکرد در محیط تنش تعیین نمود.

واژه‌های کلیدی: تنش خشکی، سورگوم دانه‌ای، شاخص‌های تحمل به تنش، عملکرد دانه

* مسئول مکاتبه: az42095@yahoo.com

مقدمه

عملکرد گیاهان زراعی تحت تأثیر شرایط محیطی، ساختار ژنتیکی و اثر متقابل آن‌ها است. اگرچه همه تنش‌های زنده و غیرزنده از عوامل مهم کاهش تولید محسوب می‌شوند (انتز و فلور، ۱۹۹۰). خشک‌سالی و تنش به‌دست آمده از آن یکی از مهم‌ترین و رایج‌ترین تنش‌های محیطی است که تولیدات کشاورزی را با محدودیت روبرو ساخته و بازده استفاده از مناطق نیمه‌خشک را کاهش داده است (کردوانی، ۱۹۹۷). گیاهان زراعی به‌طور پیوسته در معرض تنش کمبود آب بوده و به روش‌های گوناگون به تنش واکنش نشان می‌دهند. فهم و درک این واکنش‌ها کمک‌های زیادی به تشریح نحوه رشد و میزان تولید آن‌ها در شرایط تنش‌زای محیطی خواهد کرد (احمدی و همکاران، ۲۰۰۶). عواملی که می‌توانند تنش خشکی را افزایش دهند عبارتند از: شوری بالا، پسابیدگی (دهیدراسیون)، سرما و گرما که این عوامل در نهایت بر روی رشد و تولید گیاه تأثیر می‌گذارند (گیرینگ و گود، ۱۹۸۳). سورگوم دانه‌ای به‌عنوان غذای اصلی برای میلیون‌ها نفر در چین، هند و آفریقا مطرح می‌باشد و در سایر نقاط جهان نیز برای مصارف طیور کاربرد دارد. تولید جهانی سورگوم دانه‌ای (۲۰۰۹) حدود ۸۰ میلیون تن بوده است که به‌ترتیب اهمیت در بین غلات جهان پس از گندم، برنج و ذرت در مقام چهارم قرار می‌گیرد (فائو، ۲۰۰۹).

سورگوم با توجه به خصوصیات ریخت‌شناسی و فیزیولوژیکی منحصربه‌فردی که دارد به‌عنوان شاخص گیاهان زراعی مقاوم به خشکی معرفی شده است و نسبت به سایر گیاهان زراعی نیاز آبی کم‌تری دارد (معاونی، ۲۰۰۳). با توجه به سیستم فتوسنتزی، نحوه فعالیت روزنه‌ای و سیستم ریشه‌ای، این گیاه هم‌قادر است آب را بهتر جذب کند و هم این‌که تلفات آب را به اتمسفر کم‌تر نماید و حتی بعد از یک دوره خشکی طولانی روزنه‌ها قادر خواهند بود فعالیت دوباره خود را بدون آسیب شروع کنند (کوچکی، ۱۹۸۵). ویژگی دیگری که باعث افزایش این مقاومت می‌شود وجود پوشش مومی بر سطح برگ‌ها می‌باشد که تلفات تعرقی آب را کاهش می‌دهد. در صورتی‌که سورگوم با تنش خشکی مواجه شود، اندازه بذر عموماً تحت‌تأثیر قرار گرفته و کوچک می‌شود. تعداد پانیکول در مترمربع تحت‌تأثیر تنش‌های رطوبتی قرار نمی‌گیرد، مگر این‌که تنش به‌حدی باشد که از شکل‌گیری پانیکول جلوگیری به‌عمل آورد (گوپتا، ۱۹۸۳). ناروئی‌راد (۲۰۰۳) با ارزیابی شاخص‌های تحمل به تنش در گیاه سورگوم گزارش نمود که بیش‌تر صفات و به‌خصوص اجزا عملکرد به خشکی عکس‌العمل منفی نشان می‌دهند که در این میان صفت عملکرد آسیب بیش‌تری می‌بیند، همچنین شاخص تحمل به تنش (STI) را در جداسازی ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی از سایر شاخص‌ها موفق‌تر گزارش کرد.

به منظور انتخاب ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی شاخص‌های مختلفی براساس عملکرد در شرایط تنش و بدون تنش معرفی شده است. روزیلی و هامبلین (۱۹۸۱) شاخص‌های تحمل (TOL) و میانگین بهره‌وری (MP)، فیشر و ماور (۱۹۷۸) شاخص حساسیت به تنش (SSI) و فرناندز (۱۹۹۲) شاخص تحمل به تنش (STI) را برای انتخاب ژنوتیپ‌هایی متحمل به خشکی معرفی کردند. تاکنون روش‌های متفاوتی برای ارزیابی واکنش گیاهان زراعی نسبت به انواع تنش‌ها ارایه شده و مورد استفاده اصلاح‌گران قرار گرفته است. فرناندز (۱۹۹۲) در بررسی عملکرد ژنوتیپ‌ها در دو محیط (تنش و شرایط عادی) واکنش گیاهان را به ۴ گروه تقسیم کرد: ژنوتیپ‌هایی که در هر دو محیط، عملکرد بالایی دارند (گروه A)، ژنوتیپ‌هایی که در شرایط عادی عملکرد بالایی دارند (گروه B)، ژنوتیپ‌هایی که در شرایط تنش، عملکرد خوبی دارند (گروه C) و ژنوتیپ‌هایی که در هر دو محیط دارای عملکرد پایینی هستند (گروه D). بهترین شاخص آن است که بتواند گروه A را از سه گروه دیگر متمایز کند به نظر می‌رسد که شاخص‌های MP، TOL و SSI برای این منظور مناسب نیستند. طبق نظر فرناندز (۱۹۹۲) بهترین شاخص برای گزینش ارقام، شاخص‌های تحمل به تنش (STI) می‌باشد و معتقد است که شاخص‌های تحمل به تنش (STI) و میانگین هندسی بهره‌وری (GMP) با توجه به همبستگی‌های بالا و معنی‌دار موجود بین آن‌ها و عملکرد دانه ژنوتیپ‌های گندم در شرایط تنش و بدون تنش، به عنوان مناسب‌ترین شاخص‌های گزینش ژنوتیپ‌های دارای عملکرد مطلوب، قابل توصیه می‌باشند. او طی آزمایشی نشان داد که شاخص STI برای انتخاب ژنوتیپ‌ها در شرایط تنش و بدون تنش بهتر از سایر شاخص‌ها است. در مطالعه سنجری (۱۹۹۸) روی گندم همبستگی بالا و مثبت میان شاخص‌های یاد شده و عملکرد بالقوه و با عملکرد در شرایط تنش به دست آمد.

در مطالعه مقدم و هادی‌زاده (۲۰۰۲) مشخص گردید که شاخص تحمل به تنش (STI) نسبت به شاخص حساسیت به تنش (SSI) از کارایی بیشتری در گزینش ژنوتیپ‌های ذرت متحمل به تنش برخوردار است و شاخص اخیر فقط در ژنوتیپ‌های حساس و نه گزینش ژنوتیپ‌های متحمل در شرایط دشوار کارایی قابل قبولی داشت. در یک بررسی مظفری و همکاران (۱۹۹۶) بهترین شاخص ارزیابی تحمل به خشکی را در ژنوتیپ‌های آفتاب‌گردان، شاخص STI دانستند و آن‌ها دریافتند که ژنوتیپ گلشید از نظر شاخص‌های GMP، MP و STI بهترین ژنوتیپ بود در حالی که از نظر شاخص TOL هیبرید دیگری گزینش شد.

ارقام و لاین‌های مورد مطالعه در این پژوهش طی سال‌های گذشته در مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج اصلاح شده‌اند. در این پژوهش سعی شده تحمل به تنش کمبود آب در تعدادی

از این ارقام و لاین‌های پیشرفته سورگوم دانه‌ای مورد ارزیابی قرار گیرد و ارقام و لاین‌های سورگوم دانه‌ای با عملکرد بالا و متحمل به خشکی معرفی شوند.

مواد و روش‌ها

این پژوهش به منظور بررسی تحمل به خشکی در ارقام و لاین‌های پیشرفته سورگوم دانه‌ای براساس شاخص‌های ارزیابی تنش خشکی در مزرعه تحقیقاتی مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج واقع در طول جغرافیایی ۳۵ درجه و ۵۹ دقیقه شمالی و عرض جغرافیایی ۵۰ درجه و ۷۵ دقیقه شرقی در سال ۱۳۸۸ انجام شد. بافت خاک مزرعه آزمایشی رسی-شنی و سال قبل از آزمایش زمین به صورت آیش بود. pH خاک آزمایش ۷/۵، هدایت الکتریکی (EC) آن ۰/۷۵ دسی‌زیمنس بر متر، کربنات کلسیم ۹ درصد، کربن آلی ۰/۵۰ درصد، نیتروژن کل ۰/۰۵ درصد، فسفر قابل جذب ۸/۲ میلی‌گرم در کیلوگرم و پتاسیم قابل جذب ۲۹۰ میلی‌گرم در کیلوگرم بود. میزان رطوبت خاک در حد ظرفیت مزرعه حدود ۲۷ درصد وزنی و جرم مخصوص ظاهری خاک ۱/۳۶ گرم بر سانتی‌متر مکعب بود.

آزمایش به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در ۳ تکرار اجرا شد. در این آزمایش آبیاری به‌عنوان عامل اصلی به صورت تبخیر تجمعی از سطح تشتک تبخیر کلاس A در ۳ سطح شامل ۶۰ میلی‌متر (آبیاری نرمال)، ۱۲۰ میلی‌متر (تنش ملایم) و ۱۸۰ میلی‌متر (تنش شدید) تبخیر از سطح تشتک تبخیر و ارقام و لاین‌های پیشرفته سورگوم دانه‌ای در ۱۰ سطح به‌عنوان عامل فرعی (کیمیا، پیام، سپیده، KGS27، KGS32، KGS23، KGS19، KGS15، KGS36 و KGS25) مورد ارزیابی قرار گرفتند. هر کرت آزمایشی به طول ۵ متر و عرض ۲/۴ متر شامل ۴ پشته ۶۰ سانتی‌متری و ۴ خط کاشت بود و فاصله بوته‌ها روی خطوط کاشت ۱۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. به‌منظور ممانعت از نفوذ آب بین کرت‌ها فاصله ۳ متر بین کرت‌های اصلی در نظر گرفته شد، همچنین فاصله بین ۲ تکرار مجاور ۵ متر تعیین شد. پس از آماده نمودن زمین برای کاشت براساس نتایج تجزیه خاک، میزان کود فسفات آمونیم ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار و ۱۰۰ کیلوگرم اوره در زمان کاشت و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار اوره به‌عنوان سرک در زمانی که ارتفاع بوته‌ها به حدود ۳۵ سانتی‌متر رسید، مصرف شد. کاشت در تاریخ ۱۸ خردادماه انجام شد و تا مرحله ۴ برگی آبیاری به‌طور یکسان هر هفته انجام گرفت. اعمال دور آبیاری بعد از مرحله ۴ برگی شروع شد. از صفات مهم زراعی شامل ارتفاع بوته، قطر ساقه، تعداد برگ در بوته، طول خوشه، تعداد انشعاب پانیکول قبل از برداشت و زمان

رسیدن (معیار رسیدگی فیزیولوژیکی آشکار شدن نقطه سیاه در نقطه‌ای که بذر به گلوم چسبیده است، می‌باشد) یادداشت برداری به عمل آمد. لازم به ذکر است اندازه‌گیری‌های یاد شده در مزرعه به صورت تصادفی از ۵ بوته در هر کرت فرعی و روی همان دو خط وسطی انجام شد و هیچ بوته‌ای برای اندازه‌گیری سایر صفات از دو خط وسط حذف نشد. با حذف دو خط کناری و ۰/۵ متر از ابتدا و انتهای هر خط، دو خط وسطی به مساحت ۴/۸ برای برآورد عملکرد دانه برداشت شد. بعد از برداشت، عملکرد دانه و وزن هزاردانه تعیین شد. با استفاده از عملکرد ارقام در شرایط نرمال (Yp) و تنش (Ys) شاخص‌های کمی تحمل به تنش به شرح زیر محاسبه شد.

در روابط بالا \bar{Y}_s و \bar{Y}_p به ترتیب میانگین عملکرد دانه همه ارقام و لاین‌ها در شرایط نرمال و تنش خشکی می‌باشد در جدول (۱) شاخص‌های تحمل به خشکی و فرمول‌های مربوط به آن آورده شده است. پس از محاسبه شاخص‌های تحمل به خشکی مناسب‌ترین شاخص‌ها برای انتخاب ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی و دارای پتانسیل عملکرد بالاتر براساس عملکرد ژنوتیپ‌ها در هر دو شرایط تنش و غیرتنش مشخص شد. به منظور تعیین مناسب‌ترین شاخص برای تشخیص ارقام متحمل به تنش، همبستگی بین عملکرد دانه در محیط تنش و بدون تنش و شاخص‌ها مورد ارزیابی به کمک نرم‌افزار SPSS محاسبه شد. تجزیه واریانس و مقایسه میانگین‌ها به روش LSD به کمک نرم‌افزار SAS انجام گرفت.

جدول ۱- شاخص‌های تحمل به خشکی و فرمول‌های مربوطه با مأخذ.

نام شاخص	فرمول	مأخذ
شاخص حساسیت به تنش	$SSI = [1 - (Y_s / Y_p)] / SI$	فیشر و ماور (۱۹۷۸)
شدت تنش	$SI = 1 - (\bar{Y}_s / \bar{Y}_p)$	فیشر و ماور (۱۹۷۸)
شاخص تحمل	$TOL = Y_p - Y_s$	روزیلی و هامبلین (۱۹۸۴)
شاخص تحمل به تنش	$STI = (Y_p \times Y_s) / (\bar{Y}_p)^2$	فرناندز (۱۹۹۲)
شاخص میانگین بهره‌وری	$MP = (Y_p + Y_s) / 2$	روزیلی و هامبلین (۱۹۸۴)
میانگین هندسی بهره‌وری	$GMP = \sqrt{(Y_p \times Y_s)}$	فرناندز (۱۹۹۲)
شاخص عملکرد	$YI = (Y_s / \bar{Y}_s)$	گاوازی و همکاران (۱۹۹۷)
شاخص پایداری عملکرد	$YSI = Y_s / Y_p$	بوسلاما و اسکاباق (۱۹۸۴)

نتایج و بحث

نتایج به دست آمده از تجزیه عملکرد دانه و دیگر صفات اندازه گیری شده در جدول (۲) نشان داده شده است. تأثیر سطوح آبیاری در سطح احتمال ۱ درصد بر عملکرد دانه، ارتفاع بوته، طول پانیکول و تعداد انشعاب در پانیکول معنی دار گردید که نشان دهنده اثرات متفاوت سطوح آبیاری می باشد. برای صفات وزن هزاردانه، قطر ساقه و تعداد برگ در ساقه تفاوت معنی دار نشد. مقایسه میانگین ها نشان داد که بیشترین عملکرد دانه با میانگین $10218/4$ کیلوگرم در هکتار مربوط به تیمار IR (آبیاری نرمال) و کمترین آن در IR₃ (تنش شدید) با متوسط $6763/8$ کیلوگرم در هکتار به دست آمد (جدول ۳). برای عملکرد دانه آب مهم ترین عامل محدودکننده می باشد، با کاهش میزان آب عملکرد دانه به طور معنی داری کاهش پیدا کرده است. بین ارقام و لاین ها از نظر عملکرد دانه در سطح احتمال ۱ درصد اختلاف معنی داری وجود داشت (جدول ۲). مقایسه میانگین عملکرد دانه نشان داد که لاین KGS32 با عملکرد دانه $10763/7$ کیلوگرم در هکتار رتبه نخست را به خود اختصاص داد و رقم کیمیا و لاین KGS36 به ترتیب با عملکرد دانه 10010 و $9690/2$ کیلوگرم در هکتار در رتبه های دوم و سوم قرار گرفتند (جدول ۳). اثر متقابل آبیاری و ارقام نشان داد که بیشترین عملکرد دانه با $12973/9$ کیلوگرم در هکتار مربوط به لاین KGS32 و سطح آبیاری IR (آبیاری نرمال) بود و همچنین سطح آبیاری IR رقم کیمیا با عملکرد دانه $12026/7$ کیلوگرم در هکتار و رتبه دوم قرار گرفت (جدول ۳). به نظر می رسد مصرف متعادل آب طی مراحل مختلف نمو در شاهد (آبیاری نرمال) منجر به بهبود عملکرد دانه می گردد. همچنین بهره مندی بیش تر از امکانات محیطی در شاهد با افزایش طول رسیدگی می تواند در ارتقا کمی و کیفی محصول نقش به سزایی داشته باشد (رشدی و رضادوست، ۲۰۰۵). مظاهری لقب و همکاران (۲۰۰۱) بیان نمودند تنش خشکی ضمن کاهش سطح برگ و پیری زودرس موجب افت عملکرد دانه می گردد. تسریع در گل دهی و کوتاه شدن دوره رشد به عنوان یکی از دلایل کاهش عملکرد گیاهی می باشد.

پدیده خروج خوشه از غلاف برگ سورگوم در شرایط کمبود و محدودیت آب از اهمیت بالایی برخوردار است و کم تر بودن طول و وزن خوشه در تیمار سطوح آبیاری به دلیل خروج کم خوشه ها از غلاف برگ و عقیم شدن سنبله ها بوده است.

عظیم خزائی و عزیز فومن

جدول ۲- تجزیه واریانس صفات مورد بررسی در ارقام و لاین‌های پیشرفته سورگوم دانه‌ای.

منابع تغییر	درجه آزادی	عملکرد دانه	وزن هزاردانه	ارتفاع بوته	قطر ساقه	تعداد برگ‌در ساقه	تعداد طول خوشه	انشعاب خوشه
تکرار	۲	۱۲۷۹۳۱۲/۷ ^{ns}	۵/۳۸ ^{ns}	۴۶۰/۱۰ ^{ns}	۴/۲۵ ^{ns}	۵/۵۵ ^{ns}	۱۴/۱۳ ^{ns}	۲۸۲/۶۰ ^{ns}
رژیم آبیاری	۲	۹۳۰۷۵۶۵۲/۲ ^{**}	۲۹/۹۱ ^{ns}	۲۴۹۳/۹۲ ^{**}	۴۷/۸۷ ^{ns}	۴/۳۹ ^{ns}	۲۲/۶۵ ^{**}	۳۵۹/۴۱ ^{**}
خطای آزمایشی اول	۴	۱۲۱۵۶۶۱/۸	۱۹/۲۸	۱۲۹/۱۰	۱۶/۸۸	۳/۷۸	۱/۷۲	۵۰/۷۰ ^{ns}
رقم	۹	۱۳۹۲۹۷۸۱/۷ ^{**}	۲۰/۱۱ ^{**}	۳۵۷۹/۰۲ ^{**}	۴۳/۷۶ ^{**}	۱۶۳۳ ^{**}	۱۰۷/۸۵ ^{**}	۳۷۴/۶۴ ^{**}
رقم x آبیاری	۱۸	۲۰۸۲۴۸۵/۲ ^{**}	۵/۲۰ ^{ns}	۴۰/۸۷ ^{ns}	۶/۴۲ [*]	۰/۵۰ ^{ns}	۲/۳۳ ^{ns}	۱۷/۲۳ ^{ns}
خطای آزمایشی دوم	۵۴	۸۹۰۸۹۷/۰	۵/۰۴	۵۰/۴۲	۳/۲۴	۰/۶۱	۶/۳۹	۲۴/۳۲
ضریب‌تغییرات(درصد)		۱۰/۹	۸/۰۴	۶/۸۹	۹/۱۵	۷/۹۸	۱۰/۱۹	۱۰/۶۵

* معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد، ** معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد و ^{ns} غیرمعنی‌دار.

عملکرد دانه در شرایط بدون تنش (Yp) و در شرایط تنش (Ys) و شاخص‌های ارزیابی تحمل به خشکی ارقام مورد مطالعه در جدول ۴ ارایه شده است. لازم به ذکر است تیمار تنش ملایم (IR_۲) با آبیاری نرمال اختلاف محسوسی نشان نداد، بنابراین همه محاسبات براساس تیمار تنش شدید (IR_۳) یعنی آبیاری بعد از ۱۸۰ میلی‌متر تبخیر از سطح تشتک تبخیر انجام شده است. با توجه به عملکرد دانه در شرایط بدون تنش و شرایط تنش می‌توان ارقام و لاین‌ها را به ۴ گروه A (عملکرد بالاتر از میانگین در هر دو شرایط تنش و بدون تنش)، B (عملکرد بالاتر از میانگین در شرایط بدون تنش)، C (عملکرد بالاتر از میانگین در شرایط تنش) و D (عملکرد پایین‌تر از میانگین در هر دو شرایط تنش و بدون تنش) تفکیک نمود.

جدول ۳- مقایسه میانگین صفات مورد بررسی ارقام و لاین‌های پیشرفته سورگوم دانه‌ای.

تیمار	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	وزن هزاردانه (گرم)	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	قطر ساقه (میلی‌متر)	تعداد برگ در ساقه	طول پانیکول (سانتی‌متر)	تعداد انشعاب پانیکول
رژیم آبیاری							
۶۰ میلی‌متر تبخیر	۱۰۲۱۸/۴ ^a	۲۸/۳ ^a	۱۱۱/۴ ^a	۲۰/۶ ^a	۱۰/۱ ^a	۲۵/۲ ^a	۵۰/۳ ^a
۱۲۰ میلی‌متر تبخیر	۹۰۸۸/۴ ^b	۲۸/۷ ^a	۱۰۴/۵ ^a	۲۰/۲ ^a	۱۰/۰ ^a	۲۴/۳ ^{ab}	۴۵/۱ ^b
۱۸۰ میلی‌متر تبخیر	۶۷۶۳/۸ ^c	۲۶/۱ ^a	۹۵/۴ ^b	۱۸/۲ ^a	۹/۴ ^a	۲۳/۵ ^b	۴۳/۶ ^b
ارقام							
۱ (KGS15)	۶۶۶۵/۲ ^f	۲۵/۹ ^{de}	۸۳/۲ ^f	۲۱/۹ ^{ab}	۱۰/۶ ^{bc}	۲۱/۸ ^f	۴۲/۷ ^c
۲ (KGS19)	۸۲۹۶/۹ ^d	۳۴/۹ ^a	۸۹/۷ ^{ef}	۲۰/۲ ^{bc}	۱۰/۱ ^c	۱۸/۷ ^g	۴۲/۳ ^c
۳ (KGS23)	۸۸۸۲/۵ ^{cd}	۲۵/۶ ^{de}	۸۷/۵ ^{ef}	۱۸/۸ ^{cd}	۸/۸ ^d	۲۰/۵ ^{fg}	۴۲/۳ ^c
۴ (KGS25)	۸۰۵۸/۵ ^{de}	۲۰/۹ ^g	۱۰۲/۰ ^d	۱۷/۴ ^d	۷/۶ ^e	۲۴/۴ ^{de}	۳۵/۴ ^d
۵ (KGS27)	۸۹۶۵/۰ ^{cd}	۲۳/۲ ^f	۱۲۹/۲ ^b	۱۸/۰ ^d	۱۰/۰ ^e	۲۷/۵ ^b	۵۷/۵ ^a
۶ (KGS32)	۱۰۷۶۳/۷ ^a	۲۹/۸ ^c	۱۳۹/۱ ^a	۱۷/۸ ^d	۱۰/۶ ^{bc}	۲۹/۹ ^a	۵۱/۹ ^b
۷ (KGS36)	۹۶۹۰/۲ ^{bc}	۳۲/۶ ^b	۹۰/۶ ^e	۲۲/۸ ^a	۱۱/۶ ^a	۲۴/۹ ^{cd}	۴۹/۷ ^b
۸ (پیام)	۷۲۹۳/۶ ^{ef}	۲۷/۴ ^d	۹۹/۹ ^d	۱۷/۲ ^d	۷/۷ ^e	۲۲/۴ ^{ef}	۴۲/۳ ^c
۹ (کیمیا)	۱۰۰۱۰/۰ ^{ab}	۳۴/۰ ^{ab}	۹۰/۵ ^e	۲۲/۸ ^a	۱۱/۰ ^{ab}	۲۵/۹ ^{bc}	۴۸/۰ ^b
۱۰ (سپیده)	۸۲۷۶/۵ ^d	۲۴/۹ ^{ef}	۱۲۲/۳ ^c	۱۹/۸ ^c	۱۰/۱ ^c	۲۷/۱ ^{bc}	۵۱/۲ ^b

*برای هر صفت میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در سطح احتمال ۵ درصد دارای اختلاف معنی‌داری نمی‌باشند.

عظیم خزائی و عزیز فومن

ادامه جدول ۳- مقایسه میانگین صفات مورد بررسی ارقام و لاین‌های پیشرفته سورگوم دانه‌ای.

رذیم آبیاری	ارقام	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	وزن هزاردانه (گرم)	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	قطر ساقه (میلی‌متر)	تعداد برگ در ساقه	طول خوشه (سانتی‌متر)	تعداد انشعاب خوشه
۶۰ میلی‌متر	۱ (KGS15)	۷۵۴۷/۲ ^{jk}	۲۷/۳ ^{ef}	۹۲/۲ ^{hi}	۲۲/۹ ^{ab}	۱۰/۹ ^{ab}	۲۳/۵ ^{cd}	۴۶/۰ ^{de}
	۲ (KGS19)	۹۵۳۳/۳ ^{de}	۳۶/۰ ^a	۹۲/۱ ^{hi}	۲۱/۹ ^{ab}	۱۰/۵ ^{ab}	۱۹/۴ ^{ij}	۴۴/۳ ^{ef}
	۳ (KGS23)	۱۰۸۰۴/۴ ^{bc}	۲۴/۳ ^{gh}	۹۸/۰ ^{gh}	۲۰/۳ ^{cd}	۹/۱ ^{fg}	۲۱/۸ ^{fg}	۴۴/۷ ^{ef}
	۴ (KGS25)	۹۷۴۱/۱ ^{cd}	۲۲/۳ ^k	۱۱۲/۲ ^{de}	۱۷/۹ ^{fg}	۸/۱ ^{ij}	۲۵/۰ ^{bc}	۳۸/۵ ^{jk}
	۵ (KGS27)	۱۰۸۲۸/۹ ^{bc}	۲۳/۷ ^{hi}	۱۴۰/۱ ^{ab}	۱۸/۷ ^{ef}	۹/۹ ^{bc}	۲۸/۱ ^{ab}	۶۲/۲ ^a
	۶ (KGS32)	۱۲۹۷۳/۹ ^a	۳۰/۳ ^{cd}	۱۴۶/۰ ^a	۱۸/۵ ^{ef}	۱۱/۴ ^{ab}	۳۰/۴ ^a	۵۹/۳ ^{ab}
	۷ (KGS36)	۱۱۳۶۶/۷ ^{ab}	۳۰/۷ ^{bc}	۹۲/۹ ^{hi}	۲۴/۸ ^a	۱۱/۲ ^{ab}	۲۶/۴ ^{ab}	۵۴/۰ ^{ab}
	۸ (پیام)	۷۹۶۷/۹ ^{gh}	۲۷/۰ ^{ef}	۱۰۸/۰ ^{ef}	۱۷/۷ ^{gh}	۸/۲ ^{ij}	۲۲/۴ ^{de}	۴۷/۲ ^{de}
	۹ (کیمیا)	۱۲۰۲۶/۷ ^{ab}	۳۳/۸ ^{ab}	۹۹/۷ ^{fg}	۲۴/۵ ^{ab}	۱۰/۷ ^{ab}	۲۶/۸ ^{ab}	۵۱/۶ ^{ab}
	۱۰ (سپیده)	۹۳۹۲/۸ ^{de}	۲۶/۷ ^{ef}	۱۳۲/۹ ^{bc}	۱۸/۹ ^{ef}	۱۰/۳ ^{bc}	۲۸/۱ ^{bc}	۵۴/۴ ^{ab}
۱۲۰ میلی‌متر	۱ (KGS15)	۷۰۸۸/۹ ^{kl}	۲۵/۷ ^{fg}	۸۷/۵ ^{jk}	۲۲/۷ ^{ab}	۱۱/۰ ^{ab}	۲۲/۰ ^{ef}	۳۹/۶ ^{ij}
	۲ (KGS19)	۷۸۲۲/۲ ^{hi}	۳۵/۰ ^a	۸۶/۹ ^{jk}	۱۸/۷ ^{ef}	۱۰/۱ ^{bc}	۱۷/۶ ^l	۴۰/۴ ^{hi}
	۳ (KGS23)	۹۹۲۱/۳ ^{cd}	۲۷/۷ ^{ef}	۸۴/۹ ^{kl}	۱۷/۹ ^{fg}	۸/۷ ^{gh}	۲۰/۸ ^{gh}	۴۱/۶ ^{gh}
	۴ (KGS25)	۹۵۱۵/۰ ^{de}	۲۳/۰ ^{ij}	۱۰۳/۷ ^{ef}	۱۹/۰ ^{de}	۷/۹ ^{jk}	۲۴/۳ ^{bc}	۳۵/۷ ^{kl}
	۵ (KGS27)	۹۲۵۲/۲ ^{de}	۲۳/۳ ^{hi}	۱۳۲/۴ ^{bc}	۱۸/۷ ^{fg}	۱۰/۸ ^{ab}	۲۶/۸ ^{ab}	۷۵۹/۰ ^{ab}
	۶ (KGS32)	۱۰۴۸۶/۷ ^{bc}	۲۹/۷ ^{cd}	۱۴۳/۷ ^{ab}	۱۷/۱ ^{gh}	۱۰/۳ ^{bc}	۲۹/۱ ^{ab}	۴۶/۲ ^{de}
	۷ (KGS36)	۱۰۶۰۸/۹ ^{kl}	۳۴/۷ ^{ab}	۹۳/۴ ^{hi}	۲۲/۳ ^{ab}	۱۲/۰ ^a	۲۴/۳ ^{bc}	۴۸/۵ ^{de}
	۸ (پیام)	۷۲۶۳/۱ ^{bc}	۲۸/۷ ^{de}	۱۰۱/۷ ^{fg}	۱۷/۵ ^{gh}	۷/۴ ^{kl}	۲۳/۶ ^{cd}	۴۱/۰ ^{gh}
	۹ (کیمیا)	۱۰۳۴۰/۰ ^{fg}	۳۴/۸ ^{ab}	۸۶/۸ ^{jk}	۲۵/۲ ^a	۱۱/۱ ^{ab}	۲۶/۹ ^{ab}	۴۸/۸ ^{de}
	۱۰ (سپیده)	۸۵۸۶/۱ ^{fg}	۲۵/۰ ^{gh}	۱۲۴/۰ ^{cd}	۲۳/۰ ^{ab}	۱۰/۵ ^{bc}	۲۷/۴ ^{ab}	۴۹/۷ ^{de}

*برای هر صفت میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در سطح احتمال ۵ درصد دارای اختلاف معنی‌داری

نمی‌باشند.

ادامه جدول ۳- مقایسه میانگین صفات مورد بررسی ارقام و لاین‌های پیشرفته سورگوم دانه‌ای (LSD).

وزن	ارتفاع	قطر	تعداد	طول	تعداد	عملکرد دانه	ارقام	رزیم
هزاردانه	بوته	ساقه	برگ	پانیکول	پانیکول	(کیلوگرم در هکتار)		آبیاری
(گرم)	(سانتی‌متر)	(میلی‌متر)	در ساقه	(سانتی‌متر)	پانیکول			
۲۴/۷ ^{gh}	۶۹/۸ ^m	۲۰/۱ ^{cd}	۹/۸ ^{cd}	۱۹/۹ ^{hi}	۴۲/۶ ^{fg}	۵۳۵۹/۴ ^{op}	(KGS15)	۱
۳۳/۷ ^{ab}	۸۱/۱ ^{lm}	۲۰/۰ ^{cd}	۹/۷ ^{cd}	۱۹/۰ ^{kl}	۴۲/۲ ^{fg}	۷۵۳۵/۰ ^{jk}	(KGS19)	۲
۲۴/۷ ^{gh}	۷۹/۶ ^{lm}	۱۸/۰ ^{fg}	۸/۴ ^{hi}	۱۹/۱ ^{jk}	۴۰/۴ ^{hi}	۵۹۲۱/۷ ^{no}	(KGS23)	۳
۱۷/۳ ^l	۹۰/۰ ^{ij}	۱۵/۳ ⁿ	۶/۸ ^l	۲۳/۹ ^{cd}	۳۲/۱ ^l	۴۹۱۹/۴ ^p	(KGS25)	۴
۲۲/۷ ^{jk}	۱۱۵/۱ ^{de}	۱۷/۱ ^{gh}	۹/۳ ^{ef}	۲۷/۸ ^{ab}	۵۰/۴ ^{cd}	۶۸۱۳/۹ ^{lm}	(KGS27)	۵ ۱۸۰
۲۹/۳ ^{de}	۱۲۷/۴ ^c	۱۷/۷ ^{gh}	۱۰/۱ ^{bc}	۳۰/۱ ^a	۵۰/۴ ^{cd}	۸۸۳۰/۶ ^{ef}	(KGS32)	۶ میلی‌متر
۲۳/۳ ^{ab}	۸۵/۶ ^{kl}	۲۱/۳ ^{bc}	۱۱/۵ ^{ab}	۲۳/۹ ^{cd}	۴۶/۶ ^{de}	۷۰۹۵/۰ ^{kl}	(KGS36)	۷
۲۶/۷ ^{ef}	۹۰/۰ ^{ij}	۱۶/۳ ^{hi}	۷/۴ ^{kl}	۲۱/۱ ^{gh}	۳۸/۶ ^{jk}	۶۶۴۸/۹ ^{mn}	(پیام)	۸
۳۳/۷ ^{ab}	۸۵/۰ ^{kl}	۱۸/۸ ^{ef}	۱۱/۰ ^{ab}	۲۴/۳ ^{cd}	۴۳/۵ ^{fg}	۷۶۶۳/۳ ^{ij}	(کیمیا)	۹
۲۳/۰ ^{ij}	۱۱۰/۰ ^{ef}	۱۷/۶ ^{gh}	۹/۵ ^{de}	۲۵/۶ ^{ab}	۴۹/۴ ^{de}	۶۸۵۰/۶ ^{lm}	(سپیده)	۱۰

برای هر صفت میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در سطح احتمال ۵ درصد دارای اختلاف معنی‌داری نمی‌باشند.

به نظر فرناندز (۱۹۹۲) بهترین معیار آن است که بتواند گروه A را از سایر گروه‌ها تشخیص دهد. در این پژوهش شدت تنش ۰/۲۸ برآورد شد (جدول ۴). هرچه مقدار عددی شاخص SSI کوچک‌تر باشد، حساسیت به تنش کم‌تر و تحمل نسبی ژنوتیپ به تنش رطوبتی بیش‌تر است. به عبارت دیگر هر اندازه Y_s از نظر کمی به Y_p نزدیک‌تر باشد، به همان اندازه نیز حساسیت آن ژنوتیپ به خشکی کم‌تر خواهد بود. در این آزمایش، استفاده از شاخص SSI نشان داد که ارقام پیام و سپیده و لاین KGS19 با کم‌ترین مقادیر SSI به ترتیب برابر ۰/۶۱، ۱ و ۰/۷۸ متحمل‌ترین ژنوتیپ‌ها نسبت به شرایط تنش بودند (جدول ۴). با استفاده از این شاخص فقط می‌توان ژنوتیپ‌های حساس و متحمل را بدون توجه به پتانسیل عملکرد آنها مشخص کرد (نادری و همکاران، ۲۰۰۰). 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 می‌توانند مقدار SSI یکسانی داشته باشند، در نتیجه انتخاب براساس SSI مناسب نمی‌باشد.

در این آزمایش رقم پیام به عنوان رقم متحمل بیان شد در صورتی که عملکرد این رقم در شرایط

تنش و بدون تنش پایین تر از میانگین عملکرد دانه ارقام است. بنابراین رقم پیام نه به دلیل تولید عملکرد بالا در شرایط تنش، بلکه فقط به علت پایین بودن درصد تغییر عملکرد، به وسیله این شاخص به عنوان متحمل ترین رقم معرفی شد. در این پژوهش غیر از رقم پیام که عملکردی پایین تر از میانگین داشت، رقم سپیده و لاین KGS19 که به وسیله شاخص SSI به عنوان ژنوتیپ های متحمل معرفی شدند، در واقع دارای عملکرد بالایی در شرایط تنش نسبت به سایر ارقام می باشند و براساس مدل فرناندز (۱۹۹۲) در گروه C قرار گرفتند. از نظر شاخص STI و GMP که مقادیر بالای آنها، نشان دهنده تحمل ارقام می باشد، رقم کیمیا و لاین KGS32 به ترتیب با متوسط عملکرد دانه ۱۲۰۲۶/۷ و ۱۲۹۷۳/۹ کیلوگرم در هکتار به عنوان ارقام متحمل تعیین شدند و همراه لاین های KGS27 و KGS36 که دارای متوسط عملکرد بیش تر از \bar{Y}_p و \bar{Y}_s می باشند در گروه A قرار گرفتند (جدول ۴). در این آزمایش شاخص MP لاین های KGS32، KGS36، KGS27، KGS19 و رقم کیمیا را به عنوان ژنوتیپ های متحمل به تنش معرفی کرد (جدول ۴). مقادیر عددی پایین TOL، نشان دهنده تحمل نسبی ارقام می باشد. بنابراین، گزینش برای تحمل تنش با حداقل اختلاف در بین Y_s و Y_p همراه است. شاخص TOL نشان داد که لاین های KGS19 و KGS15 و همچنین ارقام پیام و سپیده به ترتیب با عملکرد دانه ۷۵۳۵، ۵۳۵۹/۴، ۶۶۴۸/۹ و ۶۸۵۰/۶ کیلوگرم در هکتار در شرایط تنش به عنوان ژنوتیپ های متحمل معرفی شدند (جدول ۴).

ژنوتیپ هایی که توسط شاخص TOL به عنوان ارقام متحمل به تنش شناسایی شدند از نظر میزان عملکرد تولیدی در شرایط بدون تنش و تنش در پایین ترین رتبه ها قرار داشتند (جدول ۴). ارقامی که دارای شاخص TOL کمتری هستند در محیط تنش تغییر عملکرد کمتری از خود نشان دادند. مسأله دیگر در مورد این شاخص آن است که پایین بودن شاخص TOL الزاماً به معنای بالا بودن عملکرد رقم در محیط بدون تنش نمی باشد 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 به عنوان رقم متحمل معرفی شود (مقدم و هادی زاده، ۲۰۰۲). بنابراین مشخص می شود که شاخص TOL در گزینش ژنوتیپ های دارای عملکرد دانه بالا در هر دو شرایط تنش و بدون تنش رطوبتی موفق نبوده و گزینش را به سوی ژنوتیپ های کم بازده و متحمل سوق می دهد. در شاخص پایداری عملکرد (YSI) مقادیر عددی بیش تر از واحد حساسیت ژنوتیپ و ضعف پایداری عملکرد

در شرایط تنش را نشان 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. به‌عنوان مثال، در این آزمایش رقم پیام و لاین‌های KGS15 و KGS19 از نظر شاخص YSI در رتبه بالاتر نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها قرار گرفتند.

لاین‌های KGS25 و KGS23 از نظر این دو شاخص، به‌عنوان لاین‌هایی که دارای پایین‌ترین میزان پایداری عملکرد یا به‌عبارتی بیش‌ترین درصد کاهش عملکرد هستند، معرفی شدند که نشان‌دهنده حساسیت بالای این لاین‌ها نسبت به تنش می‌باشد (جدول ۴). شاخص YSI همانند شاخص TOL بر پایه میزان تغییر عملکرد در دو محیط تنش و بدون تنش می‌باشد. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که دو شاخص یاد شده بدون توانایی لازم برای انتخاب ارقام با عملکرد بالا در هر دو محیط باشند.

شاخص YI رقم کیمیا و لاین‌های KGS32 و KGS19 را به‌عنوان ژنوتیپ‌هایی با بالاترین میزان عملکرد در محیط تنش شناسایی نمود. ژنوتیپ‌های کیمیا، KGS19 و KGS32 در هر دو محیط تنش و بدون تنش دارای عملکرد بالا بودند بنابراین می‌توان نتیجه گرفت این شاخص دارای توانایی لازم برای انتخاب ارقام با عملکرد بالا در هر دو محیط می‌باشد (جدول ۴). فرشادفر و همکاران (۲۰۰۱) بر این اعتقادند که مناسب‌ترین شاخص برای گزینش ارقام متحمل به تنش، شاخصی است که دارای همبستگی بالایی با عملکرد دانه در هر دو شرایط بدون تنش و تنش باشد. همبستگی بین شاخص‌های ذکر شده و عملکرد دانه در شرایط تنش و بدون تنش در جدول ۵ درج شده است. بیش‌ترین میزان ضریب همبستگی بین شاخص‌های تحمل در شرایط بدون تنش مربوط به شاخص‌های MP، GMP و STI به‌ترتیب با مقادیر ۰/۹۴، ۰/۹۱ و ۰/۸۴ بود که مثبت و از نظر آماری در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار می‌باشند و شاخص‌های TOL، SSI و YI با مقادیر ۰/۷۴، ۰/۶۷ و ۰/۶۶ در شرایط بدون تنش دارای ضریب همبستگی مثبت و از نظر آماری در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار می‌باشند. در شرایط تنش شاخص‌های YI، GMP، MP و STI دارای بیش‌ترین ضریب همبستگی با مقادیر ۰/۹۱، ۰/۸۷ و ۰/۸۶ با عملکرد دانه بودند که مثبت و از نظر آماری در سطح ۱ درصد معنی‌دار می‌باشند (جدول ۵).

عظیم خزائی و عزیز فومن

جدول ۴- برآورد تحمل به تنش خشکی ارقام و لاین‌های پیشرفته سورگوم دانه‌ای براساس عملکرد دانه در شرایط آبیاری نرمال (I_1) و شرایط تنش آبی (I_2)، ($SI=0/28$).

ارقام	Yp (کیلوگرم بر هکتار)	Ys (کیلوگرم بر هکتار)	STI	SSI	GMP	MP	TOL	YI	YSI
۱ (KGS15)	۷۵۴۷/۲ ^{jk}	۵۳۵۹/۴ ^{op}	۰/۴۷	۱/۰۷	۶۳۵۹/۹	۶۴۵۳/۳	۲۱۸۷/۸	۰/۷۹	۰/۷۱
۲ (KGS19)	۹۵۳۳/۳ ^{de}	۷۵۳۵/۰ ^{jk}	۰/۸۳	۰/۷۸	۸۴۷۵/۵	۸۵۳۴/۲	۱۹۹۸/۳	۱/۱۱	۰/۷۹
۳ (KGS23)	۱۰۸۰۴/۴ ^{bc}	۵۹۲۱/۷ ^{no}	۰/۷۴	۱/۶۷	۷۹۹۸/۸	۸۳۶۳/۱	۴۸۸۲/۷	۰/۸۸	۰/۵۵
۴ (KGS25)	۹۷۴۱/۱ ^{cd}	۴۹۱۹/۴ ^p	۰/۵۶	۱/۸۳	۶۹۲۲/۵	۷۳۳۰/۳	۴۸۲۱/۷	۰/۷۳	۰/۵۱
۵ (KGS27)	۱۰۸۲۸/۹ ^{bc}	۶۸۱۳/۹ ^{lm}	۰/۸۶	۱/۳۷	۸۵۸۹/۹	۸۸۲۱/۴	۴۰۱۵/۰	۱/۰۰	۰/۶۳
۶ (KGS32)	۱۲۹۷۳/۹ ^a	۸۸۳۰/۶ ^{ef}	۱/۳۳	۱/۸۰	۱۰۷۰۳/۶	۱۰۹۰۲/۳	۴۱۴۳/۳	۱/۳۱	۰/۶۸
۷ (KGS36)	۱۱۳۶۶/۷ ^{ab}	۷۰۹۵/۰ ^{kl}	۰/۹۴	۱/۳۹	۸۹۸۰/۴	۹۰۰۷/۸	۴۲۷۱/۷	۱/۰۵	۰/۶۲
۸ (پیام)	۷۹۶۸/۹ ^{gh}	۶۶۴۸/۹ ^{mn}	۰/۶۱	۰/۶۱	۷۲۷۹/۰	۷۳۰۸/۹	۱۳۲۰/۰	۰/۹۸	۰/۸۳
۹ (کیمیا)	۱۲۰۲۶/۷ ^{ab}	۷۶۶۳/۳ ^{ij}	۱/۳۴	۱/۳۴	۹۶۰۰/۲	۹۸۴۵/۰	۴۳۶۳/۴	۱/۱۳	۰/۶۴
۱۰ (سپیده)	۹۳۹۲/۸ ^{de}	۶۸۵۰/۶ ^{lm}	۱/۰۰	۱/۰۰	۸۰۲۱/۶	۸۱۲۱/۷	۲۵۴۲/۲	۱/۰۱	۰/۷۳
میانگین	۱۰۲۱۸/۴	۶۷۶۳/۸	۰/۸۷	۱/۳۰	۸۲۹۳/۱	۸۴۶۸/۸	۳۴۵۴/۶	۱/۰۰	۰/۶۷

Ys: عملکرد تنش Yield in Stress Condition

MP: میانگین بهره‌وری Mean Productivity

Yp: عملکرد پتانسیل Yield Potential

SI: شدت تنش Stress Index

GMP: شاخص میانگین هندسی بهره‌وری Geometric Mean Productivity

SSI: به تنش شاخص حساسیت Stress Susceptibility Index

TOL: شاخص تحمل Tolerance Index

YI: شاخص عملکرد Yield Index

STI: شاخص تحمل به تنش Stress Tolerance Index

YSI: شاخص پایداری عملکرد Yield Stability Index

شاخص عملکرد (YI) دارای بالاترین همبستگی مثبت با عملکرد دانه در شرایط تنش بود ($r=1$) و در شرایط بدون تنش نیز همبستگی مثبت و بالایی با عملکرد دانه داشت ($r=0/66$)، بنابراین شاخص مناسبی برای انتخاب ارقام تحت هر دو شرایط بدون تنش و تنش می‌باشد. به اعتقاد فرناندز (۱۹۹۲) انتخاب براساس MP موجب گزینش ژنوتیپ‌های دارای عملکرد بالا، انتخاب براساس SSI باعث گزینش ژنوتیپ‌های متحمل به تنش ولی با پتانسیل عملکرد پایین می‌گردد. طبق نظر فرناندز (۱۹۹۲)، بهترین شاخص برای گزینش ژنوتیپ‌ها، شاخص‌های STI، GMP می‌باشند، چون قادر به شناسایی ژنوتیپ‌هایی است که در هر دو محیط تنش و بدون تنش عملکرد بالایی تولید می‌کنند (گروه A از گروه B، C و D هستند، در حالی که شنایدر و همکاران (۱۹۹۷) بهترین شاخص در گزینش ژنوتیپ‌های لوبیا، شاخص GMP معرفی کرده‌اند.

به طور کلی نتایج به دست آمده از بررسی همبستگی عملکرد دانه در شرایط تنش خشکی و بدون تنش با شاخص های تحمل به خشکی در این پژوهش نشان می دهد که شاخص های MP، GMP و STI بهترین شاخص ها برای گزینش و تعیین ارقام متحمل به تنش خشکی ارقام سورگوم دانه ای می باشند که با گزارش شفازاده و همکاران (۲۰۰۴) که شاخص های ذکر شده را به واسطه دارا بودن همبستگی مثبت و معنی دار با عملکرد دانه ژنوتیپ های گندم در دو شرایط بدون تنش و تنش خشکی پس از مرحله گل دهی، به عنوان معیارهای مناسب برای شناسایی ژنوتیپ های پرمحصول و متحمل به خشکی برای هر دو شرایط معرفی کردند، کاملاً همسانی دارد. رقم کیمیا و لاین KGS32 به عنوان مناسب ترین ژنوتیپ ها در شرایط تنش خشکی تعیین شدند.

جدول ۵- ضرایب همبستگی بین پتانسیل عملکرد دانه (Y_p)، عملکرد دانه در شرایط تنش (Y_s) و شاخص های تحمل به خشکی در شرایط آبیاری نرمال (I_1) و شرایط تنش آبی (I_2).

YSI	YI	TOL	MP	GMP	SSI	STI	Y_s (کیلوگرم بر هکتار)	Y_p (کیلوگرم بر هکتار)	
								۱	Yp (کیلوگرم بر هکتار)
							۱	۰/۶۵*	Yp (کیلوگرم بر هکتار)
						۱	۰/۸۶**	۰/۸۴**	STI
					۱	۰/۲۶ ^{ns}	-۰/۰۵ ^{ns}	۰/۶۷*	SSI
				۱	۰/۳۴ ^{ns}	۰/۹۴**	۰/۹۱**	۰/۹۱**	GMP
			۱	۰/۹۹**	۰/۴۲	۰/۹۳**	۰/۸۷**	۰/۹۴**	MP
		۱	۰/۴۷ ^{ns}	۰/۳۹ ^{ns}	۰/۹۳**	۰/۳۴ ^{ns}	-۰/۰۳ ^{ns}	۰/۷۴*	TOL
	۱	۰/۰۱ ^{ns}	۰/۸۸**	۰/۹۲**	-۰/۰۳	۰/۸۶**	۱/۰۰**	۰/۶۶ ^{ns}	YI
۱	-۰/۲۷ ^{ns}	-۰/۹۳**	-۰/۱۲ ^{ns}	-۰/۰۴ ^{ns}	۰/۸۸**	-۰/۰۱ ^{ns}	۰/۳۸ ^{ns}	-۰/۴۵	YSI

* معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد، ** معنی دار در سطح احتمال ۱ درصد و ^{ns} غیر معنی دار.

Ys: Yield in Stress Condition عملکرد تنش

MP: Mean Productivity میانگین بهره‌وری

Yp: Yield Potential عملکرد پتانسیل

SI: Stress Index شدت تنش

GMP: Geometric Mean Productivity شاخص میانگین هندسی بهره‌وری

SSI: Stress Suscepcibility Index به تنش شاخص حساسیت

TOL: Tolerance Index شاخص تحمل

YI: Yield Index شاخص عملکرد

STI: Stress Tolerance Index شاخص تحمل به تنش

YSI: Yield Stability Index شاخص پایداری عملکرد

منابع

1. Ahmadi, A., Ehsanzadeh, P., and Jabbari, F. 2006. Introduction to plant physiology. University of Tehran. (In Persian).
2. Eberhart, S.A., and Russel, W.A. 1966. Stability parameters for comparing varieties. *Crop Sci.* 6: 36-40.
3. Entz, M.H., and Flower, D.B. 1990. Differential agronomic responses of winter wheat cultivars to pre-anthesis environmental stress. *Crop Sci.* 30: 1119-1123.
4. FAO. 2009. Food outlook, Global Market Analysis. <http://www.Fao.Food outlook.Com>.
5. Farshadfar, E.A., Zamani, M.R., Matlabi, M., and Emam-yome, E.E. 2001. Selection for drought resistance chick pea lines. *Iran. J. Agric. Sci.* 32: 65-77. (In Persian)
6. 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 Crops in Temperature and Water Stress*, Publication, Tainan, Taiwan.
7. Girirang, K., and Goud, J.V. 1983. Association of yield components and development traits in grain sorghum. *Ind. J. Agric. Sci.* 53: 5-8.
8. Gupta, P. 1983. Response of some enzymes of nitrogen metabolism to water stress in two species of brassica. *Plant Physiol. Biochem.* 10: 513.
9. Kardovani, P. 1997. *Arid zone* (Vol. 1). University of Tehran. (In Persian)
10. Koocheki, A. 1985. Crop production in dry region (Cereals, Leghums, Industrial Crops, Forage crops). Mashhad University. (In Persian)
11. Mazaherilaghab, H., Nori, F., Zare-Abyane, H., and Vafai, H. 2001. Effect of final irrigation on important traits of three varieties of sunflower in dry land farming. *Iran. J. Agric. Res.* 1: 41-44.
12. Moaveni, P. 2003. Effect of row spacing on yield of quantitative and qualitative of forage sorghum. M.Sc. Thesis, Islamic Azad University, Iranshahr Branch.
13. 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 J. Agric. Res.* 18: 3. 255-272. (In Persian)
14. Mozafari, K., Arshi, I., and Zinali Khanagha, H. 1996. Study to effect of drought stress in some of morpho physiological traits and yield components of sunflower. *Seed and Plant J.* 12, 24-33. (In Persian)
15. Naderi, A., Majidi-Hervan, E., Hashemi-Dezfoli, A., Rezaei, A., and Nourmohammadi, G. 2000. Efficiency analysis of indices for tolerance to environmental stresses in field crops and introduction of a new index. *Plant and Seed J.* 15, 390-402. (In Persian)
16. Narooei Rad, M. 2003. Eliminary of drought stress in sorghum landraces of national plant gene bank of Iran. Final report of seed and plant improvement institute, Agricultural and resources research center of Sistan, Iran. (In Persian)
17. Roshdi, M., and Rezadost, S. 2005. Study of different irrigation levels on

- qualitative and quantities traits of sunflower. Iran. J. Agric. Sci. and Natur. Resour. 46, 1241-1250. (In Persian)
18. Rosielle, A.T., and Hamblin, J. 1981. Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress environment. Crop Sci. 21: 943-945.
19. Schneider, K.A., Rosales-Serena, F., Ibarra-Perez, B., Cacaes-Enriquez, J.A., Acosta-Gillegos, R., Ramirez-Vallejo, N., and Kelly, J.P. 1997. Improvement common bean performance under drought stress. Crop Sci. 37: 43-50.
20. Shafazadeh, M.K., Yazdansepas, A., Amini, A., and Ghannadha, M.R. 2004. Study of terminal drought tolerance in promising winter and facultative wheat genotypes using stress susceptibility and tolerance indices. Plant and Seed J. 20, 57-71. (In Persian)



Evaluation of drought tolerance in cultivars and Advanced grain sorghum lines under low irrigation stress conditions

***A. Khazaei and A. Fouman**

Instructor, Seed and Plant Improvement Institute, Karaj

Received: 2011-03-17; Accepted: 2012-06-01

Abstract

In order to evaluate drought tolerance of cultivars and advanced grain sorghum lines, an experiment was conducted as split-plot on randomized complete blocks design with three replications at experimental field of seed and plant Improvement Institute, Karaj in 2009. Three levels of irrigation regimes including normal irrigation ($IR_0=60$ mm), moderate stress ($IR_2=120$ mm) and sever stress ($IR_3=180$ mm evaporation from the surface evaporation pan) were the main plot and the subplots were ten cultivars and advanced lines including (Kimiya, payam, sepeede, KGS27, KGS32, KGS23, KGS19, KGS15, KGS36, KGS25). Results using stress susceptibility index (SSI) and tolerance index (TOL) revealed that Payam and Sepeede cultivars and KGS19 and KGS15 lines are more tolerant than others. Stress tolerance index (STI) and geometric mean productivity (GMP), that their higher values indicate the tolerance of cultivars under stress, revealed kimiya cultivar with grain yield $12026.7 \text{ Kg ha}^{-1}$ in non-stress conditions and grain yield $7663.3 \text{ Kg.ha}^{-1}$ in stress conditions and KGS32 line with grain yield $12973.9 \text{ Kg.ha}^{-1}$ in non-stress conditions and grain yield 8830.6 Kgha^{-1} in stress conditions, as genotypes with highest yield in both optimum irrigation and drought conditions.

Keywords: Grain yield; Grain sorghum; Stress tolerant indices; Drought stress

* Corresponding author; Email: az42095@yahoo.com

