

ارزیابی تحمل به تنش خشکی با استفاده از شاخص‌های تحمل به تنش در توده‌های سورگوم جمع‌آوری شده بانک ژن گیاهی ملی ایران

• محمد رضا نارویی راد

عضو هیأت علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی سیستان (نویسنده مسئول)

• محمد رضا عباسی

عضو هیأت علمی موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر

• حمید رضا فناپی

عضو هیأت علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی سیستان

تاریخ دریافت: آذرماه ۱۳۸۵ تاریخ پذیرش: خردادماه ۱۳۸۶

تلفن تماس نویسنده مسئول: ۰۵۴۲-۲۲۲۵۰۴۲

Email: narouirad@yahoo.com

چکیده

به منظور بررسی تحمل به تنش خشکی در توده‌های سورگوم بانک ژن گیاهی ملی ایران ۱۲۶ توده سورگوم جمع‌آوری شده از مناطق مختلف کشور به همراه ۴ شاهد در سال اول (۸۳-۱۳۸۲) در قالب طرح مقدماتی آگمنت کشت گردید که در همه توده‌ها به محض ظهور پانیکول آبیاری تا پایان مرحله برداشت قطع گردید و تنها ۱۴ توده توانستند شرایط راتحمل و تولید بذر داشته باشند. سپس در سال دوم (۸۴-۱۳۸۳) این ۱۴ توده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در دو آزمایش جداگانه نرمال و تنش کشت گردیدند که شرایط تنش در سال دوم مشابه سال اول ولی در شرایط نرمال آبیاری تا مرحله رسیدگی ادامه داشت. نتایج سال دوم نشان داد اختلاف معنی دار در بین صفات توده‌های مورد بررسی وجود دارد. هم‌چنین از نتایج مقایسات میانگین چنین استنباط گردید که در شرایط تنش توده‌های گرگان ۱ و قائنات به ترتیب با عمل کرد دانه ۱۴۷۳/۴ و ۱۴۱۹/۴ کیلوگرم در هکتار و در شرایط نرمال توده KC۹۰۰۱۶ با مبدا نامعلوم با عمل کرد ۲۳۶۳/۵ کیلوگرم در هکتار بیشترین عمل کرد را نشان دادند. ارزیابی توده‌ها از نظر شاخص‌های تحمل به خشکی نشان داد که شاخص‌های تحمل به تنش، میانگین هندسی عملکرد و میانگین حسابی همبستگی خوبی با عملکرد در شرایط تنش و غیر تنش دارند که می‌توان در تفکیک توده‌های متحمل از این شاخص‌ها بهره گرفت که در این ارتباط سه توده گرگان ۱، قائنات و KC۹۰۰۱۶ به عنوان توده‌های متحمل شناسایی شدند.

کلمات کلیدی: تنش، خشکی، سورگوم، تحمل

Horticulture Researches in Pajouhesh & Sazandegi No 82 pp: 11-18

Evaluation of drought stress tolerance with use of stress tolerance indexes in sorghum collected germplasm national plant gene bank of Iran

By: M. R. Naroui Rad (Corresponding Author, Tel: +985422225042)

Abbasi Mohammad Reza

Hamid Reza Fanaei,

In order to study of tolerance to drought stress in gene bank sorghum collection national plant gene bank of Iran, 126 sorghum germplasm was collected from different regions of Iran with 4 check (native sorghum) planted in augment design in year 2003-2004 and in all of germplasm irrigation interrupted from panicle appearance stage and only 14 germplasm could tolerance this condition and produced seed. then in second year 2005-2006 this materials planted in randomized complete block design with 3 replications in two separate experiments (drought and normal). While drought condition was right similar first year but in normal experiment irrigation continued to harvest stage, results of second year showed there are significant difference among characters so from compares mean was obtained in drought condition germplasm Gorgan 1 and Qaenat respectively with 1473.4 and 1419.4 kg/ha and in normal condition germplasm KC90016 with unknown origin and 2363.5 kg/ha had the maximum yield. Evaluation of germplasm from aspect of drought tolerance indexes showed STI, GMP and MP have a good correlation with yield in drought and normal condition and from this indexes could use for separation of tolerate germplasm and in this study three germplasm Gorgan 1, Qaenat and KC90016 were known tolerate germplasm.

Key words: Stress, Drought, Sorghum, Tolerance

مقدمه

هم چنین برای غرابال نمودن ژنوتیپ های مقاوم و یا حساس شاخص تحمل به تنش (STI) و میانگین هندسی بهره وری (GMP) پیشنهاد گردید که این روش موجب انتخاب ژنوتیپ های مقاوم به خشکی با عمل کرد زیاد می شود (۱۴). از سوی دیگر سورگوم نسبت به اکثر غلات، درجه حرارت های بالا را تحمل می نماید ولی اگر متوسط درجه حرارت در طول دوره گل دهی آن از ۴۰ درجه سانتی گراد بالاتر برود بر عملکرد اثر سوء خواهد گذاشت سورگوم معمولاً گیاهانی روز کوتاه می باشند ولی واریته های مختلف از نظر واکنش نسبت به فتوپریود متفاوت می باشند بسیاری از واریته هایی که از مناطق گرمسیر به مناطق معتدله معرفی شده اند به گل نمی روند توانایی سورگوم از نظر رشد، در مناطقی که برای هر گیاه دیگری نامساعد است باعث شده که به آن لقب شتر گیاهان جهان داده شود (۵). در مناطق خشک و نیمه خشک، آب مهم ترین عامل محدود کننده تولید گیاهان زراعی محسوب می شود و برنامه های اصلاحی جهت معرفی ژنوتیپ های متحمل به خشکی و اعمال مدیریت صحیح زراعی از جمله کارآمدترین راهکارهای موثر در جهت مقابله با شرایط کم آبی در مناطق مذکور است و سورگوم نیز در کشور ما از این قاعده مستثنی نیست. سورگوم عموماً یکی از گیاهان دیر کاشت غلات در تابستان محسوب می شود که بیشترین میزان نیاز آب آن در مرحله زایشی و گل دهی می باشد و حدود ۷۵ درصد آب مورد استفاده این گیاه تقریباً از نیمه بالایی ریشه جذب می گردد و در واقع هنگامی این گیاه دچار تنش رطوبتی می شود که نیم بالایی ریشه دچار محدودیت آبی شود طبق یک

گزینش ژنوتیپ هایی که هم به شرایط تنش و هم بدون تنش سازگاری دارند هدف اصلی آزمایش های آزمون عمل کرد است و این راه کار هنگامی مناسب است که ژنوتیپ ها در شرایط مطلوب رشد می کنند ولی تنش های زنده و غیر زنده به شکل دوره ای اتفاق می افتند (۱۴). به طور کلی واریته هایی که برای عمل کرد زیاد در شرایط عادی (بدون تنش) انتخاب شده اند ممکن است در شرایط تنش عمل کرد زیاد نداشته باشند. در حقیقت یک واریته مقاوم به تنش را باید در شرایط تنش ارزیابی و سپس انتخاب نمود (۱۶، ۱۷). شاخص های متفاوتی جهت انتخاب ژنوتیپ ها بر اساس پتانسیل تولید آنها در محیط های واجد و یا فاقد تنش پیشنهاد گردیده است به طوری که Rosielle و Ha-belen (۲۰) شاخص تحمل به تنش (TOL) را به صورت تفاضل میان عمل کرد در شرایط تنش (YS) و بدون تنش (YP) و شاخص میانگین تولید یا بهره وری متوسط (MP) را به صورت متوسط عمل کرد ژنوتیپ مورد نظر در دو شرایط عادی و تنش معرفی نمودند. هم چنین Fi-Maurer و cher (۱۵) شاخص حساسیت به تنش SSI را جهت شناخت ژنوتیپ های حساس و غیر حساس به شرایط تنش بیان نمودند که بر اساس این روش که مستقل از ظرفیت پتانسیل عملکرد می باشد ابتدا از نسبت میانگین عملکرد در شرایط تنش بر میانگین عمل کرد در شرایط بدون تنش، شدت تنش (SI) محیط آزمایش محاسبه شده و شاخص حساسیت به تنش با استفاده از رابطه ویژه ای محاسبه می شود. در اینگونه مطالعات

مصرف کود بر اساس نتایج آنالیز خاک و توصیه بخش خاک و آب به میزان ۲۵۰ کیلوگرم اوره در هکتار، ۱۱۰ کیلوگرم در هکتار سوپر فسفات تریپل و ۵۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم استفاده گردید در طول دوره رشد بسته به نوع توده (زودرس و دیررس) بین ۱ تا ۵ دور آبیاری تا مرحله ظهور پانیکول اعمال گردید یعنی برای توده های زود رس ۱ تا ۲ و برای متوسط رس ۳ تا ۴ و برای دیر رس‌ها تا ۵ دور آبیاری اعمال گردید ولی به هر حال آبیاری به محض ظهور گل آذین در هر توده تا پایان دوره رشد (مرحله برداشت) قطع شد. عملیات وجین هم دو بار صورت پذیرفت. از تعداد ۱۲۶ توده تعداد ۱۴ توده که بالاترین عملکرد را داشتند برای آزمایش سال دوم انتخاب گردیدند. در سال دوم تعداد چهارده توده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در ۳ تکرار در دو آزمایش جداگانه کشت شد (شرایط نرمال و شرایط تنش)، شرایط تنش در سال دوم همانند شرایط سال اول بود به طوری که در هر توده به محض ظهور پانیکول آبیاری تا زمان مرحله رسیدن قطع شد ولی در شرایط نرمال آبیاری تا بعد از ظهور پانیکول یعنی تا زمان رسیدن محصول ادامه داشت و صفات ارتفاع، طول پانیکول، عرض پانیکول، وزن صدانه، طول پدانکل، قطر ساقه و عملکرد دانه یادداشت برداری گردید. شرایط کشت بدین صورت بود که هر توده در هر پلات بر روی ۴ خط به طول ۵ متر به فاصله بین ردیف ۳۰ سانتی متر و روی ردیف ۵ سانتی متر کشت گردید و برداشت پس از حذف نیم متر از طول خطوط از سطح ۴/۸ متر مربع صورت پذیرفت. پس از پایان برداشت عملکرد دانه کلیه توده‌ها محاسبه و کلیه تجزیه و تحلیل‌ها بر مبنای میانگین این ۱۴ توده صورت پذیرفت، جهت کشت توده‌ها از دستگاه کاشت آزمایشات غلات و در طول آزمایش از نیروی کارگری جهت اعمال وجین و آبیاری استفاده گردید و میزان مصرف کود در سال دوم با توجه به آنالیز خاک و توصیه بخش تحقیقات خاک و آب به میزان ۳۰۰ کیلوگرم اوره ۱۱۰ کیلوگرم سوپر فسفات تریپل و ۵۰ کیلوگرم در هکتار صورت پذیرفت و شاخص‌های تحمل به تنش بر اساس فرمول‌های ۱ تا ۴ محاسبه گردید.

$$STI = \frac{(YP)(YS)}{YP^2} \quad \text{فرمول ۱-}$$

$$GMP = \sqrt{YP \times YS} \quad \text{و} \quad TOL = YP - YS \quad \text{فرمول ۲-}$$

$$MP = \frac{YP + YS}{2} \quad \text{و} \quad SSI = \frac{1 - \left[\frac{YS}{YP} \right]}{SI} \quad \text{فرمول ۳-}$$

$$SI = 1 - \left[\frac{YS}{YP} \right] \quad \text{فرمول ۴-}$$

نتایج و بحث

الف: نتایج سطح نرمال

در مجموع از ۱۲۶ توده تعداد ۱۴ توده با ویژگی عملکرد بالا انتخاب گردید. نتایج حاصل از تجزیه واریانس سطح نرمال که آبیاری تا زمان برداشت صورت پذیرفت در جدول شماره ۱ نشان داده شده است. نتایج حاصل

مطالعه که در ایالت کانزاس آمریکا بر روی سورگوم انجام گرفت مشخص شد که مرحله ظهور پانیکول و گل دهی بیشترین میزان متوسط آبی را بر اساس اینج در روز نیاز دارد. اگر محدودیت رطوبتی در شرایط رشدی مختلف این گیاه اتفاق افتد این گیاه از گیاهان متحمل به تنش است ولی تنش رطوبتی در مرحله خمیری تا رسیدگی باعث چروکیدگی آن می‌گردد (۱۲). سورگوم نسبت به ذرت می‌تواند شرایط تنش رطوبتی در حد متوسط را در مراحل اولیه رشد رویشی خود تحمل نماید ولی شبیه به دیگر محصولات نمی‌تواند شرایط تنش در مراحل گلدهی یا ظهور پانیکول را تحمل نماید، در واقع بهترین عملکرد سورگوم هنگامی بدست می‌آید که رطوبت به میزان کافی در شروع مرحله زایشی در خاک وجود داشته باشد، ضمن آن که اگر رطوبت کم باشد تحت شرایط تنش رطوبتی میزان نیترات در دانه سورگوم افزایش می‌یابد که جهت تغذیه دام این مورد حتماً بایستی مد نظر قرار گیرد ولی کشت زود هنگام می‌تواند عاملی جهت اجتناب از تنش باشد به خصوص که مراحل گرده افشانی آن به روزهای با درجه حرارت بالا برخورد کند که این خود یکی از عوامل دیگر در کاهش میزان دانه بندی و افت عملکرد می‌باشد (۲۱). ذرت خوشه‌ای به طور قابل ملاحظه‌ای در واکنش خود نسبت به رطوبت متفاوت می‌باشد و آن دسته از واریته‌هایی که در یک زمان معین گل بدهند امکان دارد پس از یک دوره افزایش خشکی تاریخ گل دهی آنها از همدیگر متفاوت باشد (۱۰). بقای گیاهان در شرایط خشک به دو روش انجام می‌گردد: فرار از خشکی و مقاومت حقیقی در مقابل خشکی که فرار از خشکی ساده‌ترین راه سازگاری گیاهان به شرایط خشک است (۶). در این بین سورگوم یکی از گیاهانی است که به لحاظ خصوصیات آناتومیکی، مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی در شرایط کمبود رطوبت قادر به بقا می‌باشد (۱۸). هم چنین خصوصیات روزنه یکی از موارد مهمی است که در جهت پاسخ به شرایط تنش و افزایش تنش می‌تواند عامل مهمی باشد (۱۱).

مواد و روش‌ها

این آزمایش در اسفند ماه سال ۸۳-۱۳۸۲ در ایستگاه تحقیقات کشاورزی زهک - زابل اجرا گردید به طوری که ۱۲۶ توده سورگوم بانک ژن گیاهی ملی ایران (بخش تحقیقات ژنتیک و ذخایر توارثی) در یک طرح آگمنت مقدماتی تنش خشکی جهت اسکرین ژرم پلاسما برای تحمل به تنش خشکی کشت گردید به طوری که ۶ بلوک و در هر بلوک ۲۱ توده به همراه ۴ شاهد کشت گردید. ایستگاه تحقیقات کشاورزی زهک در ۲۰ کیلومتری جنوب شهرستان زابل و شمال شهر زهک با عرض جغرافیایی ۳۰' ۵۴" و طول جغرافیایی ۶۱' ۴۱" و با ارتفاع ۴۸۳ متر از سطح دریا واقع گردیده است که دارای اقلیم کشاورزی بسیار خشک با تابستان بسیار گرم و طولانی خاک مزرعه از نوع بافت لومی بوده با هدایت الکتریکی ۳/۳ دسی زمینس بر متر و pH برابر ۸ بوده است و آب آبیاری دارای هدایت الکتریکی ۲-۳ دسی زمینس بر متر و pH برابر ۸ بوده است در طول دوره رشد میزان بارندگی صفر گزارش شده است. در این طرح در هر تکرار بعد از هر ۴ توده شاهد کشت گردید هر توده بر روی ۲ خط ۳ متری به فاصله ۳۰ سانتی متر از هم (بین ردیف) و با فواصل بوته‌ها روی ردیف ۵ سانتی متر کشت شدند و فاصله هر توده تا توده بعدی ۱/۵ متر در نظر گرفته شد. کلیه امور اجرایی طرح به وسیله نیروی کارگری (کاشت تا برداشت) و میزان

جدول ۱: نتایج تجزیه واریانس صفات مورد بررسی در شرایط نرمال

منابع تغییرات	درجه آزادی	ارتفاع	طول پانیکول	عرض پانیکول	وزن صد دانه	طول پدانکل	قطر ساقه	عملکرد
تکرار	۲	۱۱۰/۴۵	۵/۱۸۵	۰/۵۴۲	۰/۲۵۵	۸۳/۱۶۷	۲/۶۶۷	۳۲۵/۹۸
توده	۱۳	۲۸۶۹/۶۵**	۳۳۱/۹۹۵**	۹/۵۴۶**	۰/۸۵۴**	۱۳۶/۱۴۱**	۲۳/۱۶۵**	۱۹۳۰۰/۵**
اشتباه	۲۶	۱۷۸/۹۱۴	۳۸/۴۹۲	۱/۶۸۹	۰/۰۳۸	۱۳/۰۶۴	۳/۱۵۴	۱۱۰۹/۷۲
ضریب تغییرات		۹/۴۶	۱۸/۷۷	۲۳/۸۹	۱۶/۵۱	۲۲/۱۵	۱۵/۴۷	۱۷/۶۶

** معنی دار در سطح احتمال ۱٪

از لحاظ این صفت زیاد تحت تاثیر تنش قرار نگرفته و در هر دو شرایط رتبه نخست را به خود اختصاص داده است. از نظر وزن صد دانه توده ایلام ۲ اولین رتبه را گرفت (۱/۷۷ گرم) و از لحاظ قطر ساقه توده های بیرجند و بهشهر به ترتیب با (۱۸/۱۷ و ۱۷/۸۳ سانتی متر) بیشترین میزان را نشان دادند ولی از لحاظ عملکرد دانه توده های قائنات و گرگان ۱ به ترتیب با ۱۴۱۹/۴ و ۱۴۷۳/۴ کیلوگرم در هکتار رتبه های نخست را گرفتند و با بررسی این توده‌ها در شرایط نرمال مشخص می‌گردد این دو توده از ثبات عملکرد نسبتاً خوبی برخوردار هستند.

روش های بررسی از نظر شاخص های تحمل به تنش

۱- بر اساس شاخص تحمل TOL در واقع تحمل بیشتر مربوط به توده ای است که از شاخص کوچک تری برخوردار باشد که در بین توده های مورد بررسی توده گرگان ۲ از تحمل بیشتری برخوردار بود و از نظر این شاخص توده گنبد از حساسیت بیشتری برخوردار بود، به اعتقاد Blum (۱۳) یک ژنوتیپ با عمل کرد مناسب تحت شرایط مطلوب، عمل کرد خوبی هم در شرایط کمتر مساعد نیز باید داشته باشد تا بتواند به عنوان یک رقم اصلاح شده برای شرایط تنش در نظر گرفته شود در واقع پایین بودن شاخص TOL لزوماً بر بالا بودن عمل کرد در شرایط عادی یا تنش دلالت ندارد. YP عملکرد در شرایط نرمال و YS عملکرد در شرایط تنش می باشد. با توجه به شاخص STI در واقع YP میانگین عملکرد کل توده‌ها در شرایط نرمال می‌باشد.

بالا بودن این مقدار از شاخص حاکی از تحمل بیشتر توده به تنش است که در این بین توده KC۹۰۰۱۶ بالاترین مقدار را دارد و توده های شماره گرگان ۱ و قائنات در رتبه های بعدی قرار دارند به اعتقاد نادری و همکاران (۹) چون این شاخص بر اساس عملیات ضرب YP×YS طراحی شده است ممکن است مقدار بالای این شاخص ناشی از عملکرد زیاد ژنوتیپ تحت شرایط بدون تنش باشد ولی عملکرد ژنوتیپ در شرایط تنش کاهش داشته باشد چنانکه در مورد توده KC۹۰۰۱۶ چنین بود. شاخص حساسیت به تنش SSI نشان می دهد که هر چه مقدار این شاخص کمتر باشد حساسیت به تنش کمتر و تحمل نسبی توده به تنش بیشتر است و در محاسبه این شاخص یک جزء به نام SI (سختی محیط) وجود دارد که هرچه میزان آن بزرگ باشد یعنی شرایط محیطی سخت تر است و مقدار آن بین صفر و یک متغیر است که مقدار آن در این بررسی ۰/۲۳۶ بدست

از تجزیه واریانس نشان داد که بین صفات ارتفاع بوته، طول پانیکول، عرض پانیکول، وزن صد دانه، طول پدانکل و قطر ساقه و عملکرد دانه اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۱٪ وجود دارد. نتایج حاصل از مقایسات میانگین به روش دانکن در سطح احتمال ۵٪ برای صفاتی که در تجزیه واریانس اختلاف معنی دار نشان دادند صورت پذیرفت جدول شماره ۲ از جدول مقایسات میانگین چنین استنباط می گردد که بیشترین میزان طول پانیکول را توده سنندج ۲ (۴۴/۶۷ سانتی متر) و از نظر عرض پانیکول توده ایلام ۲ (۱۰ سانتی متر) و از نظر وزن صد دانه توده سنندج ۱ (۲/۳۱۷ گرم) و از نظر طول پدانکل توده قائم شهر (۳۳/۶۷ سانتی متر) و برای قطر ساقه توده گرگان ۱ و قائنات به ترتیب با ۱۴/۶۷ و ۱۵ میلی متر بیشترین میزان را به خود اختصاص دادند. توده شماره ایلام ۲ از جمله توده‌هایی بود که از پانیکول نسبتاً باز برخوردار بود ولی از لحاظ قطر ساقه نسبت به بقیه توده‌ها ضعیف تر ظاهر گردید و هم چنین طول پدانکل آن حداقل بود. از نظر عملکرد در شرایط نرمال توده KC۹۰۰۱۶ با ۵۳۶۳/۵ کیلوگرم در هکتار حداکثر عملکرد را نشان داد و توده سنندج ۱ در رتبه بعدی قرار گرفت ولی با بررسی عملکرد در شرایط تنش و نرمال مشخص می‌گردد این دو توده از ثبات عملکرد پایینی برخوردار هستند.

ب: نتایج سطح تنش

نتایج حاصل از تجزیه واریانس سطح تنش در جدول (۳) درج شده است. همان طور که نشان داده می شود برای صفات ارتفاع بوته، طول پانیکول، وزن صد دانه، قطر ساقه و عملکرد دانه اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۱٪ مشاهده می گردد و هم چنین بیشترین میزان ضریب تغییرات مربوط به صفت طول پدانکل بود (۳۰/۷۲) که نشان می دهد در شرایط تنش این صفت از تنوع بیشتری برخوردار بوده است در صورتی که در شرایط نرمال، عرض پانیکول تنوع بیشتری نشان داد و نشان می‌دهد که در شرایط تنش این فاصله شدیداً تحت تاثیر قرار می گیرد ولی بستگی به خصوصیات ژنتیکی توده نیز دارد. مقایسات میانگین به روش دانکن در سطح احتمال ۵٪ برای صفاتی که اختلاف معنی دار نشان دادند صورت پذیرفت (جدول ۴). از لحاظ ارتفاع بوته بیشترین میزان را توده قائنات (۱۷۸/۵ سانتی متر) ولی از لحاظ طول پانیکول توده قائم شهر (۴۹/۶۷ سانتی متر) حائز اهمیت بودند و از نظر عرض پانیکول توده ایلام ۲ (۱۰/۴۲ سانتی متر) بیشترین میزان را در شرایط تنش نشان داد در نتیجه این توده

جدول ۲: نتایج مقایسات میانگین صفات مورد بررسی به روش دانکن در سطح ۵٪

بیرجند	۱۱-۷ EF	۳۱ B	#BCD	۱-۳۳ DE	۳۱۰۷BCD	۱۱۵۵۴ F	۱۳۶۷AB
قائم شهر	۱۵۳۷ C	۳۱۶۷ AB	۳۳۳۷CDE	۱۱۱-۷ CD	۳۳۶۷ A	۱۱۰۵ EF	۱۱۳۳ABC
قائنات	۲-۳۳ A	۳۳۳۳ AB	۷۵B	۱۵۵۰ B	۳-۳۳ABC	۱۵۳۱۴ C	۱۵ A
ایلام ۱	۱۵۵۷ CD	۳-۳۳ AB	۳۱۶۷BCD	۱۱۱۷ C	۳۳۳۳ AB	۱۱۰۲ G	۱۱۶۷ABC
گرگان ۱	۱-۵۷ EF	۳۱۶۷ AB	۳۳۳۷BC	۱۳۰۰ C	۱۵۶۷ABCD	۱۵۵۱ C	۱۳۶۷ A
سنندج ۱	۱۴۱ CD	۱۴ C	۳۳۳۷BCD	۱۳۶۷ A	۱۵۳۳ DE	۱۷-۱۵ B	۱۱ BC
گرگان ۲	۱۳۳ CD	۳۳۳۳ AB	DE۳۱۶۷	۱-۵۳۳ DEF	۳۳ ABCD	۳۷۱۳ J	۱۰ C
بابل	۱۵۳۳ BC	۳۱ AB	۷۵ DE	۱-۳۳ DEF	۳۳ AB	۱۴۰۳ D	۱۳۶۷AB
گرگان ۳	۱۳۶۷ DE	۳۳۳۳ AB	۳۱۶۷ DE	۱-۳۳ DE	۱۵۳۳ABCD	۳۷۵۵ I	۱۰ C
بهبهر	۱۵۵۷ B	۷۵ AB	۱۵۳۳ E	۱-۳۳ EF	۳۳ ABCD	۱-۳۶۹ H	۱۱۶۷ABC
گنبد	۱-۵ EF	۱۵۳۳ C	۵ CD	۱-۵۳۳ F	۳۱ CD	۱۵۳۱۴ C	۳۳۶۷ D
سنندج ۲	۱۵۳۳ CD	۳۳۶۷ A	۳۱۶۷ DE	۱-۳۳ EF	۳۱ ABC	۳-۱۰۵ J	۱۲ABC
KC90016	۱۳۳ B	۳۱۳۳ B	۳۳۶۷ DE	۱-۵۳۳ EF	۳-۱۶۷ CD	۳۳۶۵ A	۱۲ABC
ایلام ۲	۱۵۶۷ F	۱۵۳۳ C	۱۰A	۱۱-۱۳ AB	۱-۳۳E	۱۵۳۱۵ E	۵۳۳ D

حروف غیر مشابه نشان دهنده اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵٪

حساسیت SsI از کارایی بیشتری در گزینش ژنوتیپ‌های ذرت متحمل به تنش برخوردار بود. فرایندی (۳) گزارش نمود که ۳ شاخص STI، GMP و MP همبستگی مثبت و بالایی با عملکرد در دو محیط تنش و بدون تنش جهت انتخاب ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی نخود کابلی دارند و استفاده از این شاخص‌ها را در تفکیک ژنوتیپ‌های حساس و مقاوم مناسب دانست.

همبستگی ساده بین شاخص‌های خشکی و عملکرد در شرایط تنش دار و بدون تنش در جدول ۶ ارائه شده است. بین عملکرد دانه در شرایط تنش و بدون تنش همبستگی وجود نداشته ولی عملکرد دانه در شرایط تنش با شاخص‌های STI، GMP و MP همبستگی مثبت و معنی دار نشان داده است و در این بین بالاترین همبستگی عملکرد در شرایط تنش با شاخص GMP بدست آمده است و در مجموع در شرایط تنش شاخص GMP و در شرایط بدون تنش شاخص MP بالاترین همبستگی را با عملکرد داشته است. برخی محققین (۲۰) شاخصی را بهتر می‌دانند که با عملکرد در شرایط تنش و بدون تنش همبستگی داشته و بتواند ارقام برتر را در هر دو شرایط مشخص کند در نتیجه در شرایط مذکور می‌توان بهترین شاخص را شاخص‌های STI، GMP و MP عنوان نمود و از شاخص TOL برای ارزیابی نهایی ارقام یا توده‌هایی که توسط سایر شاخص‌ها گزینش شده‌اند استفاده کرد. کارگر و همکاران (۴) شاخص‌های STI، GMP و MP را به عنوان شاخص‌های مناسب جهت شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل به تنش در شرایط آبیاری محدود برای سویا معرفی نمودند و گزارش نمود این شاخص‌ها همبستگی مثبت و معنی داری با عملکرد در دو شرایط عادی و تنش داشتند. از تجزیه به مولفه‌های اصلی جهت تبیین بیشتر شاخص‌های تحمل و متغیرها استفاده گردید در این عمل بیشترین تغییرات بین داده‌ها توسط دو مولفه اول توجیه گردید (۹۶/۶۷٪). در این

آمد، بر اساس این شاخص توده گرگان ۱ از تحمل بیشتری و حساسیت کمتری نسبت به تنش برخوردار بود و توده‌های ایلام ۲، گرگان ۲ و ایلام ۱ در رتبه‌های بعد قرار دارند. با توجه به شاخص MP هرچه مقدار عددی این شاخص نیز بیشتر باشد تحمل نسبی به تنش بیشتر است، البته Fernandez (۱۴) اعلام نمود این شاخص در گزینش ارقام با عمل کرد بالا در شرایط تنش مناسب نیست زیرا اختلاف عمل کرد زیاد در دو شرایط عادی و تنش باعث بالا رفتن میزان این شاخص می‌گردد با این حال توده KC۹۰۰۱۶ از تحمل نسبی بیشتری برخوردار است و با توجه به میزان عمل کرد توده‌ها در شرایط تنش مشاهده می‌گردد که این توده عملکرد بیشتری در شرایط تنش داشته است ولی در خصوص شاخص MP با توجه به توضیح فوق می‌توان این بحث را نمود که چون عمل کرد این توده در شرایط نرمال هم بالا بوده و این موضوع باعث بالا رفتن شاخص MP گردید. با بررسی شاخص میانگین هندسی عملکرد یا GMP بالا بودن این مقدار از شاخص نیز دلالت بر تحمل توده‌های مورد نظر به تنش می‌باشد که در این مورد هم توده‌های شماره KC۹۰۰۱۶، گرگان ۱ و قائنات توده‌های متحمل به تنش شناسایی شدند. در خصوص استفاده از شاخص‌های تحمل به تنش جهت انتخاب ژنوتیپ‌های متحمل گندم، سنجرى (۱) بین شاخص MP و عملکرد در شرایط عادی همبستگی بالایی بدست آورد ولی شیرازی خرازی و همکاران (۲) در شناسایی ارقام متحمل سورگوم به خشکی بین شاخص MP و عملکرد در دو شرایط عادی و تنش همبستگی مثبت و معنی داری بدست آورد و در این تحقیق تنها شاخص STI با عملکرد در شرایط تنش همبستگی مثبت و بالایی نشان داد. مظفری و همکاران (۷) بهترین شاخص شاخص ارزیابی تحمل به خشکی را در ژنوتیپ‌های آفتابگردان، شاخص STI دانستند. در بررسی مقدم و هادی زاده (۸) مشخص گردید که شاخص تحمل به تنش STI نسبت به شاخص

جدول ۳: نتایج تجزیه واریانس صفات مورد بررسی در شرایط تنش

منابع تغییرات	درجه آزادی	ارتفاع	طول پانیکول	عرض پانیکول	وزن صد دانه	طول پداتکل	قطر ساقه	عملکرد
تکرار	۲	۲۱۸۸/۰۲۱	۸۰/۰۴	۲/۹۸۷	۰/۰۴۸	۲۴/۶۹۸	۲۹/۷۲	۲۸/۳۲
توده	۱۳	۱۳۳۲/۶۶**	۲۷۶/۷۷**	۷/۴۲**	۰/۳۷**	۵۷/۹۹ ns	۲۴/۱۹**	۱۷۴۱۲/۲۳**
اشتباه	۲۶	۳۲۸/۴۷۱	۳۶/۰۵	۱/۲۵۶	۰/۰۴۷	۸۸/۵۳	۸/۲۶	۱۰۵۱/۶
ضریب تغییرات		۱۳/۸۶	۱۶/۷۲	۱۹/۰۲	۲۴/۲۹	۳۰/۷۲	۲۰/۲۹	۱۵/۸۱

** معنی دار در سطح احتمال ۱٪

جدول ۴: نتایج مقایسات میانگین صفات مورد بررسی به روش دانکن در شرایط تنش در سطح ۵٪

توده	ارتفاع بوته (سانتی متر)	طول پانیکول (سانتی متر)	عرض پانیکول (سانتی متر)	وزن صد دانه (گرم)	عملکرد عملکرد (کیلوگرم)	قطر ساقه (میلی متر)
بیرجند	۱۰۶۳ D	۷۷BCDE	۷۶۱ B	۰۷CDEF	۱۰۵۶۷ C	۳۱۷۷ A
قائم شهر	۱۲۰۰ ABCD	۶۹۶۷A	۶۵۸BCD	۰۸۵CDE	۱۰۱۰۷ D	۱۲ AB
قائنات	۱۷۸۵A	۶۰ BCD	۶۸۳ BC	۱۰۱۷BCD	۱۲۱۹۹A	۱۵/۱۷ABC
ایلام ۱	۱۰۹۷ D	۶۳۳BCDE	۵۳۳BCD	۱۰۰۰BCD	۱۰۰۲۵ D	۱۲۳۳ABC
گرگان ۱	۱۰۹۲ D	۶۳۳BCDE	۶۱۶BCD	۱۰۳۷ B	۱۲۷۷۲ A	۱۳۳۳BCD
ستج ۱	۱۲۰۲ CD	۱۹G	۵۷۵ CD	۰۵۱۶ EF	۱۰۳۸۳ D	۱۲۵۰ABC
گرگان ۲	۱۵۹۲ AB	۶۳۳BCDE	۵۶۱BCD	۱۰۷۰ BC	۸۱۷۲ E	۱۶ABC
بالی	۱۵۲۴ABC	۶۸۱۷ AB	۵۳۳BCD	۰۹۱CDE	۱۰۶۰۸ D	۱۶ABC
گرگان ۳	۱۲۶۲BCD	۶۰۶۷ABC	۶۸۳ CD	۰۶۲۳DEF	۸۲۵۴ E	۱۶/۱۷ABC
بهنر	۱۲۵۰BCD	۶۲۵-CDE	۶۸۱ CD	۰۶۶۶CDEF	۷۰۰۳ E	۱۶۸۳ A
گنبد	۱۲۱۷ CD	۶۸ EF	۶۵۸ D	۰۶۲ F	۶۷۰۲ F	۱۰/۲۷ CD
ستج ۲	۱۲۲۲ CD	۶۴ ABC	۶۵ D	۰۶۶۶CDEF	۷۸۰۱ E	۱۲۵۰ABC
۷/۶/۷/۸/۹	۱۰۰۰BCD	۶۰ EF	۶۸۱ CD	۰۶۶۶CDEF	۶۶۰۰ D	۱۰BCD
ستج ۱	۱۲۰۲ CD	۱۹G	۵۷۵ CD	۰۵۱۶ EF	۱۰۳۸۳ D	۱۲۵۰ABC

حروف غیر مشابه نشان دهنده اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵٪

بالا با شاخص های TOL و SSI داشت از این رو از این مولفه به نام مولفه حساسیت به تنش می توان نام برد و این مولفه می تواند توده های با پایداری عمل کرد پایین را انتخاب نماید.

Fernandez (۱۴) در بررسی عمل کرد ژنوتیپها در دو شرایط تنش و بدون تنش گیاهان را از نظر عکس العمل به این دو شرایط در ۴ گروه طبقه بندی نمود. ۱ - ژنوتیپ هایی که برتری نسبی یکنواخت در هر دو شرایط تنش و غیر تنش دارند (گروه A). ۲ - ژنوتیپ هایی که فقط در شرایط مطلوب عمل کرد خوبی دارند (گروه B). ۳ - ژنوتیپ هایی که فقط عمل کرد آنها در شرایط تنش به طور نسبی بیشتر است (گروه C). ۴ - ژنوتیپ هایی که در هر دو شرایط تنش و غیر تنش از نظر عمل کرد ضعیف هستند (گروه D). در رابطه با شاخص های تحمل به تنش بایستی این نکته را ذکر نمود که مقادیر بالای TOL بیان گر حساسیت بیشتر به خشکی بوده و مقادیر پایین این شاخص برای ما مطلوب است ولی این شاخص همانند

تجزیه نیز از ماتریس داده های جدول ۵ استفاده گردید. با توجه به اینکه دو مولفه اول جدول ۷ بیشترین درصد از تغییرات را بیان نموده اند و حذف سایر مولفه ها تاثیر زیادی در میزان تغییرات ندارند لذا در بررسی حاضر فقط به توضیح دو مولفه اول اکتفا گردید. همان طور که مشاهده می گردد اولین مولفه ۶۵/۳۵۷ درصد از کل واریانس را در بر گرفته و همبستگی مثبت و بالایی را با عملکرد دانه در شرایط بدون تنش و تنش و شاخص های STI، GMP و MP نشان داد که با نتایج کارگر و همکاران (۴) مطابقت داشت. در نتیجه این مولفه می تواند توده های متحمل به خشکی و هم چنین توده هایی که در شرایط نرمال و معمولی تقریباً از عملکرد خوبی برخوردار هستند را مشخص نماید که این مولفه را مولفه پتانسیل عمل کرد و تحمل به خشکی می توان نام برد، ولی دومین مولفه حدود ۳۱/۳۱ درصد از تغییرات ماتریس داده ها را بیان کرد و همبستگی منفی و بالا با عملکرد در شرایط تنش و همبستگی مثبت و

جدول ۵: شاخص‌های تحمل به تنش و میزان عمل کرد توده‌ها در دو شرایط نرمال و تنش

توده	YP gr/plot	YS gr/plot	TOL	STI	GMP	MP	SSI
بیرجند	۱۱۸۶/۴	۱۰۵۶/۷	۹۴۰/۳	۰/۷۰۹	۱۱۱۹/۶۷	۱۱۲۱/۵۵	۰/۴۶۳
قائم شهر	۱۲۰۵	۱۰۱۰/۷	۱۹۴/۳	۰/۶۸۹	۱۱۰۳/۵۸	۱۱۰۷/۸۵	۰/۶۸۳
قائنات	۱۵۴۱/۴	۱۴۱۹/۴	۱۲۲	۱/۲۳۷	۱۴۷۹/۱۴	۱۴۸۰/۴	۰/۳۳۵
ایلام ۱	۱۱۰۲	۱۰۲۶/۵	۷۵/۵	۰/۶۳۹	۱۰۶۳/۵۸	۱۰۴۶/۲۵	۰/۲۹
گرگان ۱	۱۵۵۱	۱۴۷۳/۴	۷۷/۶	۱/۲۹۲	۱۵۱۱/۷۰	۱۵۱۲/۲	۰/۲۱۲
سنندج ۱	۱۷۰۰/۵	۱۰۲۸/۳	۶۷۲/۲	۰/۱۹۸۹	۱۳۲۲/۳۵	۱۳۶۴/۴	۱/۶۷۴
گرگان ۲	۸۷۱/۳	۸۱۷/۲	۵۴/۱	۰/۴۰۲	۸۴۳/۸۱	۸۴۴/۲۵	۰/۲۶۳
بابل	۱۴۰۳	۱۰۷۰/۸	۳۳۲/۲	۰/۸۴۹	۱۲۲۵/۶۹	۱۲۳۶/۹	۱۰۰۳/
گرگان ۳	۹۷۵/۵	۸۲۵/۴	۱۵۰/۱	۰/۴۵۵	۸۹۷/۳۱	۹۰۰/۴۵	۱/۰۰۳
بهبهر	۱۰۳۸/۹	۷۷۰/۳	۲۶۸/۶	۰/۴۵۲	۸۹۴/۵۷	۹۰۴/۶	۰/۶۵۱
گنبد	۱۵۲۲/۲	۴۷۱/۲	۱۰۵/۱	۰/۴۰۵	۸۴۶/۹۱	۹۹۶/۷	۱/۰۹۵
سنندج ۲	۹۰۰/۵	۷۸۷/۱	۱۱۳/۴	۰/۴۰۰	۸۴۱/۸۹	۸۴۳/۸	۰/۵۳۳
KC۹۰۰۱۶	۲۳۶۳/۵	۱۲۶۵/۵	۱۰۹۸	۱/۶۹۲	۱۷۲۹/۴۵	۱۸۱۴/۵	۱/۹۶۸
ایلام ۲	۱۲۵۲/۵	۱۱۸۶/۴	۶۶/۱	۰/۸۴۰	۱۲۱۹	۱۲۱۹/۴۵	۰/۲۲۳

جدول ۶: ماتریس ضرایب همبستگی شاخصها و عملکرد توده‌ها در دو شرایط تنش و نرمال

	YP	YS	TOL	STI	GMP	MP	SSI
YP	۱						
YS	۰/۴۷۰	۱					
TOL	۰/۶۲۹*	-۰/۱۹۱	۱				
STI	۰/۸۶۴**	۰/۸۳۹**	۰/۲۶۱	۱			
GMP	۰/۸۳۹**	۰/۸۷۱**	۰/۲۲۹	۰/۹۹۴**	۱		
MP	۰/۹۰۹**	۰/۷۹۴**	۰/۳۴۳	۰/۹۹۰**	۰/۹۸۸**	۱	
SSI	۰/۵۵۲	-۴۵۸/۰	۰/۷۹۲**	۰/۰۶۵	۰/۰۲۱	۰/۱۶۴	۱

* و ** به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪

جدول ۷: بردارهای ویژه حاصل از ماتریس همبستگی در شرایط تنش و بدون تنش و شاخص‌های تحمل به خشکی

مولفه	YP	YS	TOL	STI	GMP	MP	SSI	سهام جمعی
۱	۰/۴۳۳	-۰/۳۵۹	-۰/۱۸۶	-۰/۴۶۱	-۰/۴۵۹	-۰/۴۶۷	-۰/۰۹۵	۶۵/۳۵۷
۲	۰/۲۴۳	-۰/۴۲۵	۰/۵۶۷	-۰/۰۹۷	-۰/۱۲۸	-۰/۰۳۳	۰/۶۴۱	۳۱/۳۱۹
								۹۶/۶۷۶

