مجله پژوهش‌های به زراعی
جلد ۱۴، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۱

مجله پژوهش‌های به زراعی

# ارزیابی تحمل به خشکی در ژنوتیپ های جو با استفاده از شاخص های تحمل به تنش

**امیر محمد مهدوی [۱*]، بهزاد سرخی لله لو [۲]، سجاد احمدی [۳]، حدیث زارع منش [۴]**

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد دانشگاه آزاد اسلامی، واحد بروجرد، گروه زراعت و اصلاح نباتات، بروجرد، ایران
۲- عضو هیأت علمی مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج، ایران
۳ - دانشگاه آزاد اسلامی، واحد خرم آباد، باشگاه پژوهشگران جوان، خرم آباد، ایران و عضو مرکز هدایت و حمایت تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی سازمان بسیج علمی، پژوهشی و فناوری لرستان، ایران
۴- عضو هیأت علمی دانشگاه پیام نور واحد خرم آباد، ایران

تاریخ دریافت : ۹۱/۳/۲۰ تاریخ پذیرش : ۹۱/۷/۱۳

## چکیده

به منظور شناسایی ژنوتیپ های متحمل به تنش خشکی جو، غربال کردن شاخص های کمی تحمل به خشکی و تعیین بهترین شاخص ها، پژوهشی با استفاده از ۲۰ ژنوتیپ پیشرفته جو در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی با سه تکرار و در دو شرایط بدون تنش و تنش رطوبتی (دیم) در سال زراعی ۸۹-۱۳۸۸ درمزرعه تحقیقات کشاورزی بروجرد انجام شد. بر مبنای عملکرد دانه ژنوتیپ ها محیط های بدون تنش (Yp) و تنش رطوبتی (Ys)، شاخص های کمی مقاومت به تنش خشکی از قبیل: شاخص تحمل (TOL)، میانگین بهره وری (MP)، میانگین هندسی بهـره وری (GMP)، میانگین هارمـونیک (HM)، شاخص حساسیت به تنش (SSI) و شاخص تحمل تنش (STI) محاسبه شدند. نتایج حاصل از مقایسه میانگین ها نشان داد که بیشترین میانگین عملکرد در شرایط آبی مربوط به ژنوتیپ ۷ (MB-79-4) و در شرایط تنش مربوط به ژنوتیپ ۱۴ (MB-82-4) بود. بیشترین میانگین هارمونیک، میانگین هندسی بهره وری، میانگین بهره وری و شاخص تحمل مربوط به دو ژنوتیپ ۱۱ و ۱۴ (CB-83-15 و MB-82-4) بود و بیشترین مقدار دو شاخص حساسیت به تنش و تحمل به تنش نیز مربوط به ژنوتیپ ۶ بود. نتایج حاصل از تجزیه ضرایب همبستگی نشان داد که چهار شاخص MP , GMP , HM و STI به دلیل همبستگی بالا با عملکرد دانه ژنوتیپ ها در دو محیط، مناسب ترین شاخص ها برای غربال کردن ژنوتیپ ها در دو شرایط آزمایش هستند. با توجه به این چهار شاخص و عملکرد بالای ژنوتیپ ها در دو شرایط محیطی، بهترین ژنوتیپ های متحمل به تنش خشکی، ژنوتیپ های ۷، ۱۱، ۱۴ و ۱۹ (MB-79-4، CB-83-15 MB-82-4 و CB-84-10) تشخیص داده شدند.

**واژه های کلیدی** : جو، تنش خشکی، شاخص های مقاومت و حساسیت به خشکی

* نگارنده مسئول (Amir.mahdavi1982@yahoo.com)

Archive of SID
www.SID.ir

**مقدمه**

تنش های محیطی از مهمترین عوامل کاهش دهنده عملکرد و تولید گیاهان زراعی به شمار رفته و مقابله یا تخفیف اثر تنش ها به عنوان راهکاری مفید در جهت افزایش عملکرد این محصولات مد نظر قرار گرفته است. وقوع خشکسالی های مداوم به ویژه در سال های اخیر که پهنه عظیمی از کشور را تحت تأثیر قرار داده است، تولیدات کشاورزی و ثبات تولید را با چالش جدی روبه رو کرده است، بنابراین توجه بیش از پیش به راهکارهای پایدار در تمامی زمینه های تحقیقاتی و عملیاتی برای کاهش اثر این عامل طبیعی، ضروری می باشد (امیری فر و همکاران، ۱۳۹۰). به نظر می رسد تولید و معرفی ارقام پرمحصول و متحمل به خشکی آخر فصل و نیز ارقام زودرس در محصولات زراعی یکی از راهکارهـای مؤثری است که در تلفیق با سایر روش هـای مدیریت کم آبی می تواند تأثیر این پدیده را به حـداقل برساند (ویسی مال امیری و همکاران، ۱۳۸۹). از طرفی وسعت اراضی دیم و وابستگی تولید در این عرصه ها به نزولات جوی که در کشور دارای نوسانات زیادی است، آسیب پذیری تولید غلاتی از جمله گندم و جو را به نحو بارزی افزایش داده است (Anonymous, 2008). بنابراین اصلاح ارقام پیشرفته و مقاوم برای مناطق خشک و نیمه خشک امری ضروری بشمار می رود (گل پرور، ۱۳۷۹).

ارزیـابی ارقـام در شرایط تنش و بدون تنش می تواند کاربرد زیادی در بررسی اثرات تنش ها داشته باشد. مقاومت گیاهان به تنش خشکی نتیجه بسیاری از خصوصیات ظاهری و فیزیولوژیکی است و تنها معیار حقیقی مقاومت به خشکی، قابلیت تحمل به خشکی بدون وارد شدن صدمه به گیاه است. با توجه به کمبود نزولات آسمانی و طبیعت غیر قابل پیش بینی بارندگی در طی فصل رویش، غربالگری ژنوتیپ های گیاهی موجود در مزرعه برای تحمل به تنش خشکی امری دشوار بوده و در نهایت کارایی سیستم گزینش را کاهش می دهد. از سوی دیگر با توجه به ناشناخته بودن خصوصیات مورفوفیزیولوژیکی و فنولوژیکی گیاهی متفاوتی که در تحمل به تنش تأثیر دارند، عملکرد دانه و سایر اجزای آن به عنوان مهمترین معیار گزینش ژنوتیپ های متحمل در برنامه های اصلاحی مورد استفاده قرار می گیرند (Trethowan & Reynokls, 2007). شاخص های متعددی برای تعیین تحمل به تنش ارائه شده است، ولی به طور کلی شاخص هایی که در هر دو شرایط تنش و عدم تنش دارای هم بستگی بالایی با عملکرد باشند به عنوان بهترین شاخص ها معرفی می شوند، زیرا این شاخص ها قادر به شناسایی ژنوتیپ هایی با عملکرد بالا در هر دو محیط تنش و غیر تنش هستند و می توان از آنها برای تخمین پایداری عملکـرد دانه استفاده کرد (Fischer & Maurer, 1978). با توجه به مطالب یاد شده اصلاح مقاومت به تنش خشکی در ژنوتیپ های امید بخش جو از اهمیت ویژه ای برخوردار است. بنابراین گزینش ارقام متحمل توسط معیارهای مبتنی بر عملکـرد دانه در دو شرایط تنش رطوبتی و غیر تنش، می تواند نتایج بهتری نسبت به انتخاب بر اساس تظاهر در محیط های واجد تنش را حاصل نماید (Zavala – Garcia *et al.*, 1991).

Fernandez (1992) شاخص تحمل تنش (STI) و شاخص میانگین هنـدسی بهره وری (GMP)، Fischer & Maurer (1978) شاخص حساسیت به تنش (SSI) و Rosielle & Hamblin (1991) شاخص های تحمل (TOL) و بهره وری متوسط (MP) را برای تمایز ژنوتیپ های متحمل به خشکی پیشنهاد نمودند. جهت تعیین نحوه تظاهر و واکنش ژنوتیپ های مختلف در شرایط تنش و بدون تنش،

Archive of SID

www.SID.ir

Fernandez (1992) آنها را به چهار دسته تقسیم نمود: ۱- ژنوتیپ هایی که عملکرد بالایی در هر دو شرایط تنش و بدون تنش دارند گروه (A)، ۲- ژنوتیپ هایی که تنها عملکرد خوبی در شرایط بدون تنش دارند (گروه B)، ۳- ژنوتیپ هایی که عملکرد خوبی در شرایط تنش دارند (گروه C) و ۴- ژنوتیپ هایی که تظاهر ضعیفی در هر دو شرایط را دارا هستند (گروه D).

Rizza *et al* (2004) از شاخص حساسیت به تنش Fischer & Maurer (1978) در جو استفاده کردند. آنها ژنوتیپ ها را در محیط های مختلف بر اساس عملکرد از بزرگ به کوچک مرتب و مشاهده کردند که هشت ژنوتیپ برتر در هر دو محیط عملکرد پایدار و بالایی داشتند، همچنین آنها با تعیین پراکنش ژنوتیپ ها بر اساس شاخص کمی حساسیت و مقاومت به تنش در برابر عملکرد نسبی در هر دو محیط مشاهده نمودند که این هشت ژنوتیپ برتر در ناحیه ای قرار گرفتند که حساسیت کمتر ولی عملکرد نسبی بیشتری در شرایط تنش داشتند.

Rosielle & Hamblin (1991) بر اساس شاخص تحمل (TOL) یا تفاوت عملکرد ژنوتیپ ها در دو شرایط تنش و غیر تنش و شاخص متوسط محصول دهی (MP) یا میانگین عملکرد هر ژنوتیپ در دو محیط معمولی و تنش بیان کردند که مقدار بالای (TOL) نشاند هنده حساسیت بیشتر ژنوتیپ ها به تنش خشکی است. به نظر می رسد ارقامی که در شرایط معمولی و آبیاری محدود عملکرد یکسانی داشته باشند و یا لااقل تفاوت عملکرد آنها کم باشد، نسبت به خشکی تحمل نسبی دارند.

Bansal & Sinha (1991) با مطالعه گونه های مختلف گندم گزارش نمودند که شاخص حساسیت به تنش Fischer & Maurer (1978) در یک رقم گندم نان از بقیه کمتر و در حدود ۰/۳۷ بود در حالیکه بیشترین مقدار آن به گندم تورژیدوم و به میزان ۱/۰۵ بود. بنابراین علاوه بر اینکه بین ارقام یک گونه از نظر حساسیت یا تحمل به خشکی تفاوت وجود دارد، این اختلاف بین گونه ها نیز مشهود است.

Calhon *et al* (1994) گزارش نمودند که در گندم، ارزیابی همزمان در شرایط تنش و غیر تنش موجب گزینش ژنوتیپ هایی با عملکرد برتر در هر دو محیط می گردد. بنابراین بررسی صفات مختلف و از جمله عملکرد نسبی ژنوتیپ ها در شرایط تنش خشکی و غیر تنش به عنوان یک نقطه شروع برای شناخت فرآیند تحمل به خشکی و انتخاب ژنوتیپ ها برای اصلاح در محیط های خشک است. با توجه به مطالب ارائه شده هدف از این پژوهش ارزیابی تنوع ژنتیکی ژنوتیپ های امید بخش جو از نظر مقاومت به تنش خشکی، انتخاب مناسب ترین شاخص های مقاومت به خشکی و گروه بندی ژنوتیپ های مورد مطالعه بر اساس این شاخص ها می باشد.

## مواد ها و روش ها

مواد گیاهی مورد استفاده در این پژوهش شامل ۲۰ لاین و ژنوتیپ پیشرفته جو بوده که از مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر دریافت گردیدند (جدول۱).

پژوهش حاضر به صورت دو آزمایش مجزا تحت دو شرایط آبیاری مطلوب و تنش رطوبتی با نقشه های مشابه در سال زراعی ۸۹-۱۳۸۸ و در ایستگاه تحقیقات کشاورزی بروجرد واقع در استان لرستان اجرا گردید. ارتفاع منطقه مورد آزمایش از سطح دریا ۱۴۹۷ متر و بر طبق تقسیم بندی آب و هوایی کوپن دارای اقلیم مدیترانه ای سرد نیمه خشک بوده و مشخصات جغرافیایی آن به ترتیب $45',48^0$ طول شرقی $53',33^0$ عرض شمالی می باشد. بافت خاک محل اجرای طرح، شنی و

Archive of SID

www.SID.ir

دارای ۱۱٪ رس، ۱۴٪ سیلت و ۷۵٪ شن بود. میانگین بارندگی و دمای سالیانه به ترتیب ۱۲۰/۴ میلی متر و ۱۱/۲ درجه سانتی گراد بود (جدول ۲).

**جدول ۱- مشخصات ژنوتیپ های مورد استفاده**

| | | | |
|---|---|---|---|
| MB-80-9 | ۱. | CB-83-15 | ۱۱. |
| CB-81-13 | ۲. | MB-82-14 | ۱۲. |
| MB-80-16 | ۳. | CB-79-10 | ۱۳. |
| CB-84-18 | ۴. | MB-82-4 | ۱۴. |
| MB-82-12 | ۵. | CB-82-11 | ۱۵. |
| CB-83-17 | ۶. | MB-79-7 | ۱۶. |
| MB-79-4 | ۷. | MB-79-15 | ۱۷. |
| MB-81-4 | ۸. | MB-80-7 | ۱۸. |
| BAHMAN | ۹. | CB-84-10 | ۱۹. |
| CB-80-13 | ۱۰. | MB-81-8 | ۲۰. |

بذور ژنوتیپ های مورد بررسی پس از تهیه زمین در اواخر آبان ماه سال ۸۸ کشت شدند. هر آزمایش دارای ۳ تکرار بود و ژنوتیپ ها بر اساس طرح بلوک های کامل تصادفی در کرت هایی ۴ ردیفه به طول ۲ متر و فاصله ردیف ۲۰ سانتی متر کشت گردیدند. در هر دو شرایط آزمایش پس از کاشت به منظور جوانه زنی و استقرار گیاهچه، آبیاری صورت گرفت. دو آزمایش از نظر نقشه کاشت و صفات اندازه گیری شده کاملا مشابه بودند، تنها تفاوت آنها در این بود که در شرایط آبیاری مطوب به صورت کشت های مرسوم منطقه عمل آبیاری انجام پذیرفت ( در این شرایط آبیاری بر اساس هر ۱۱ روز یکبار تا انتهای فصل رشد ادامه یافت) ولی در شـرایط تنش رطوبتی تا پایان دوره رشد و رسیدن کامل عمل آبیـاری صورت نگرفت (فقط آبیاری اولیه جهت جوانه زنی و استقرار گیاهچه). کلیه عملیات زراعی کاشت، داشت و برداشت غیر از آبیاری، به صورت کاملا مشابه برای هر دو آزمایش انجام پذیرفت.

برداشت زمانی انجام گرفت که حدود ۹۰ درصد بوته های آزمایش به مرحله رسیدگی فیزیولوژیکی رسیده بودند. در نهایت با استفاده از عملکرد گیاهان در آزمایش آبی (Yp) و آزمایش دیم (Ys)، شاخص های کمی مقاومت به خشکی به شرح زیر محاسبه گردید. در این روابط $yp$ و $ys$ به ترتیب مربوط به عملکرد هر ژنوتیپ و $\bar{y}p$ و $\bar{y}s$ نیز به ترتیب مربوط به میانگین عملکرد ژنوتیپ ها در دو محیط نرمال و تنش می باشند.

۱- شاخص تحمل به تنش (TOL) Rosielle & Hamblin(1991)

$$Tol = YP - YS$$

۲- شاخص میانگین تولید (MP) Rosielle & Hamblin(1991) .

$$MP = \frac{Ys + YP}{2}$$

۳- شاخص حساسیت به خشکی (SSI) Fischer & Maurer(1978).

$$SSI = \frac{1-(\frac{ys}{yp})}{1-(\frac{\bar{y}s}{\bar{y}p})}$$

۴- میانگین هندسی عملکرد در دو محیط (GMP).

$$GMP = \sqrt{(YP.YS)}$$

۵- شاخص تحمل به تنش (STI) Fernandez (1992)

$$STI = \frac{(yp)(ys)}{(\bar{y}p)^2}$$

Archive of SID

www.SID.ir

۶- میانگین هارمونیک عملکرد در دو محیط (HM).

$$HM = \frac{2(YP.YS)}{YP+YS}$$

پس از محاسبه شاخص های کمی، این شاخص ها با استفاده از نرم افزار SAS 9 و بر اساس آزمون LSD در سطح ۵٪ مورد مقایسه میانگین قرار گرفتند. سپس با استفاده از نرم افزار SPSS 16 همبستگی بین میانگین شاخص های محاسبه شده و عملکرد آبی و دیم بدست آمد. همچنین نتایج حاصل به صورت نمودار سه بعدی توسط نرم افزار SPSS 16 نمایش داده شد.

به منظور انتخاب چند متغیره از تجزیه به مؤلفه های اصلی و نمودار بای پلات و به منظور ارزیابی تنوع ژنتیکی و انتخاب لاین های مطلوب جهت دورگ گیری از تجزیه کلاستر (خوشه ای) به روش WARD استفاده شد و نتایج حاصل به صورت دندروگرام (فتوگـرام) ارائه گـردید.

## نتایج و بحث

اختلاف بسیار معنی داری بین ارقام از نظر کلیه شاخص های مقاومت به خشکی و نیز عملکـرد ژنوتیپ ها در دو شرایط آبی و دیم وجود داشت که بیانگر وجود تنوع ژنتیکی و امکان انتخاب برای مقاومت به خشکی است.

در شرایط آبیاری مطلوب بیشترین عملکرد دانه مربوط به ژنوتیپ های شماره ۷ و ۱۱ بود. در حالی که تحت شرایط تنش ژنوتیپ شماره ۱۴ بیشترین مقدار عملکرد را به خود اختصاص داد (جدول ۲). کمترین مقدار عملکرد در شرایط آبی مربوط به ژنوتیپ های شماره ۴ و ۹ و در شرایط دیم مربوط به ژنوتیپ های شماره ۶، ۸ و ۹ بود. بنابراین ژنوتیپ ۹ در هر دو محیط از بازدهی مناسبی برخوردار نبود. از نظر شاخص های کمی مقاومت به خشکی جدول ۳ بیشترین مقدار شاخص تحمل به تنش STI، میانگین هارمونیک HM، میانگین تولید MP و میانگین هندسی عملکرد GMP مربوط به ژنوتیپ های شماره ۱۱ و ۱۴ بود. کمترین شاخص حساسیت به تنش SSI و شاخص تحمل TOL نیز مربوط به ژنوتیپ های ۴ و ۱۴ و بیشترین مقدار این دو شاخص متعلق به ژنوتیپ ۶ بود (جدول ۲). از آنجا که مقادیر بالای شاخص های TOL و SSI حساسیت بیشتر ژنوتیپ ها به تنش رطوبتی را نشان می دهد، بنابراین ژنوتیپ ها بر اساس مقدار کم این دو شاخص انتخاب می شوند، زیرا در این صورت ژنوتیپ ها در شرایط تنش کاهش عملکرد کمتری نسبت به شرایط غیر تنش خواهند داشت.

Fernandez (1992) اظهار داشت که انتخاب بر مبنای شاخص TOL به نفع ژنوتیپ هایی با عملکرد پایین در شرایط غیر تنش و ژنوتیپ هایی با عملکرد بالا در شرایط تنش رطوبتی است. بنابراین شاخص فوق در تمایز ژنوتیپ هایی با عملکرد بالا کارایی چندانی ندارد.

از نظر شاخص SSI، Acosta & Adams (1991) اظهار داشتند که انتخاب بر اساس SSI زمانی مؤثر است که محیط آزمایش دارای شرایط خشکی باشد. مقدار کمتر SSI تغییرات کمتر عملکرد یک ژنوتیپ در شرایط تنش و پایداری بیشتر آن را نشان می دهد. ژنوتیپ های شماره ۵ و ۷ با اینکه از میانگین عملکرد بالایی در شرایط غیر تنش برخوردار بودند ولی در مقابل مقادیر بالایی از دو شاخص SSI و TOL را دارا بودند به عبارتی دو ژنوتیپ ذکر شده با وجود عملکرد بالا در شرایط غیر تنش جزو حساسترین ژنوتیپ ها نسبت به خشکی بودند.

ارزیابی ژنوتیپ ها بر اساس شاخص STI نشان داد که ژنوتیپ های ۱۱، ۱۴ و ۱۹ با داشتن بیشترین مقدار این شاخص از نظر تحمل شرایط کم آبی نسبت به سایر ژنوتیپ ها وضعیت مناسب تری

Archive of SID

www.SID.ir

داشتند. با توجه به اینکه در محاسبه شاخص STI از عملکرد در این دو شرایط استفاده می شود، ملاحضه می شود از بین ژنوتیپ ها مورد مطالعه در تحقیق ژنوتیپ های شماره های ۱۱و ۱۴ دارای بیشترین مقـدار شاخص تحمل تنش STI بوده‌اند (جدول ۲).

در این رابطه Fernandez (1992) اظهار داشت که عملکرد بالا و متحمل به تنش رطوبتی است. بنابراین ژنوتیپ های ۷ و ۱۱ عملکـرد بالایی در شرایط تنش داشتند و از نظـر شاخص های TOL و SSI جـزوژنوتیپ هایی با حساسیت کم بودند. این ژنوتیپ ها از نظر سایر شاخص ها نیز برتری نشان دادند.

**جدول ۲- مقایسه میانگین عملکرد دانه ژنوتیپ های شرایط آبیاری مطلوب و تنش و شاخص های کمی مقاومت به خشکی**

| ژنوتیپ | YP | Ys | HM | MP | GMP | STI | SSI | TOL |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ۱ | ۱۶/۰۴b-f | ۸/۷a-d | ۱۱/۳a-c | ۱۲/۵a-d | ۱۱/۸a-d | ۰/۴۹a-c | ۱/۱cd | ۷/۷b-f |
| ۲ | ۱۴/۳a-d | ۸/۹a-d | ۱۰/۹a-c | ۱۱/۶a-c | ۱۱/۲a-d | ۰/۴۵a-c | ۰/۹۶b-d | ۵/۴bc |
| ۳ | ۱۵/ ۳a-e | ۱۰c-e | ۱۲/۹b-d | ۱۲/۶b-d | ۱۲/۳b-d | ۰/۵۴a-c | ۰/۸۸b-d | ۵/۳bc |
| ۴ | ۱۲/۱a | ۱۱/۲d-f | ۱۱/۶a-d | ۱۱/۶a-c | ۱۱/۶a-d | ۰/۴۸a-c | ۰/۱۹a | ۰/۹a |
| ۵ | ۱۹/۸f-h | ۹/۸c-e | ۱۳/۱c-e | ۱۴/۸d-f | ۱۳/۹d-g | ۰/۶۹c-e | ۱/۲c-e | ۱۰d-f |
| ۶ | ۱۷/۶d-h | ۶/۳a | ۹/۲ab | ۱۱/۹a-d | ۱۰/۵a-c | ۰/۳۹ab | ۱/۶e | ۱۱/۳F |
| ۷ | ۲۱/۴h | ۱۱/۲d-f | ۱۴/۷d-g | ۱۶/۳ef | ۱۵/۴e-g | ۰/۸۵d-f | ۱/۲c-e | ۱۰/۲ef |
| ۸ | ۱۳/۶a-c | ۶/۹a-c | ۹/۱ab | ۱۰/۲ab | ۹/۶ab | ۰/۳۳a | ۱/۲c-e | ۶/۷b-e |
| ۹ | ۱۲/۷ab | ۶/۵ab | ۸/۵a | ۹/۶a | ۹/۸a | ۰/۲۹a | ۱/۲c-e | ۶/۲b-d |
| ۱۰ | ۱۷/۸d-h | ۱۰/۹d-f | ۱۳/۵c-f | ۱۴/۳c-f | ۱۳/۹d-g | ۰/۶۹c-e | ۰/۹۹b-d | ۶/۹b-e |
| ۱۱ | ۲۰/۶gh | ۱۳/۶f | ۱۶/۳fg | ۱۷/۱f | ۱۶/۷g | ۱f | ۰/۸۷bc | ۷bc |
| ۱۲ | ۱۷/۲c-g | ۹/۳a-e | ۱۲/۷b-d | ۱۳/۲cd | ۱۲/۶b-e | ۰/۵۷a-c | ۰/۶۸b | ۷/۹b-f |
| ۱۳ | ۱۶/۵b-f | ۹/۳a-e | ۱۳/۹c-g | ۱۴/۳c-f | ۱۴/۱d-g | ۰/۷۱c-e | ۰/۶۸b | ۴/۴ab |
| ۱۴ | ۱۷/۲c-g | ۱۶/۳g | ۱۶/۷g | ۱۶/۷ef | ۱۶/۷g | ۱f | ۰/۱۳a | ۰/۹a |
| ۱۵ | ۱۵/۲a-e | ۹/۸c-e | ۱۱/۹b-d | ۱۲/۵a-d | ۱۲/۲b-d | ۰/۵۳a-c | ۰/۹۱b-d | ۵/۴bc |
| ۱۶ | ۱۵/۵a-e | ۸/۵a-d | ۱۰/۹a-c | ۱۲a-d | ۱۱/۴b-d | ۰/۴۷a-c | ۱/۱c-d | ۷b-e |
| ۱۷ | ۱۸/۴e-h | ۹/۶b-e | ۱۲/۶c-d | ۱۴c-e | ۱۳/۲c -f | ۰/۶۳b-d | ۱/۲c-e | ۸/۸c-f |
| ۱۸ | ۱۷/۸d-h | ۸/۶a-d | ۱۱/۵a-d | ۱۳/۲b-d | ۱۲/۳b-d | ۰/۵۴a-c | ۱/۳de | ۹/۲c-f |
| ۱۹ | ۱۹/۷f-h | ۱۳/۲f | ۱۵/۸e-g | ۱۶/۴ef | ۱۶/۱fg | ۰/۹۳ef | ۰/۸۴bc | ۶/۵b-e |
| ۲۰ | ۱۵/۵a-e | ۱۰/۵de | ۱۲/۱b-d | ۱۲/۷b-d | ۱۲/۴b-d | ۰/۵۵a-c | ۰/۹b-d | ۵/۴bc |

میانگین تیمارهایی که دارای حروف مشابهی هستند، بر اساس آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح ۵٪ از لحاظ آماری اختلاف معنی داری با هم ندارند.

* : Ypعملکرد در شرایط بدون تنش، Ys عملکرد در شرایط تنش، HM میانگین هارمونیک،
STI شاخص تحمل به تنش، MP متوسط تولید،GMP میانگین هندسی عملکرد،
SSI شاخص حساسیت به تنش و TOL شاخص تحمل به تنش می باشد.

Archive of SID

www.SID.ir

**همبستگی بین شاخص های مورد مطالعه و عملکرد ژنوتیپ ها در دو شرایط کاشت**

نظر به اینکه شناسایی ژنوتیپ های متحمل به تنش خشکی با در نظر گرفتن انفرادی شاخص های کمی و یا عملکرد در محیط های تنش و غیر تنش مشکل و احیاناً با نتایج متضادی مواجه خواهد شد. لذا ابتدا با استفاده از ضرایب همبستگی بین شاخص ها و عملکرد ژنوتیپ ها در دو شرایط تنش و غیر تنش، مناسب ترین شاخص ها شناسایی شده و بر مبنای شاخص های غربال شده، برترین ژنوتیپ های متحمل به خشکی شناسایی گردیدند (جدول ۳). نتایج حاصل از هم بستگی بین شاخص ها و عملکرد نشان داد که همبستگی مثبت و بسیار معنی داری بین پنج شاخص GMP, MP, TOL, HM و STI با عملکرد ژنوتیپ ها در هر دو شرایط رطوبتی وجود دارد. زهراوی و همکاران (۱۳۸۸) نیز طی مطالعاتی شاخص های STI, MP, GMP, HARM را در جو به عنوان معیارهای گزینشی برتر معرفی کردند. همبستگی بین شاخص STI با عملکرد در شرایط تنش (Ys) حاکی از آن است که این شاخص در گزینش ژنوتیپ های متحمل به تنش از کارایی بالایی برخوردار است. شاخص TOL با SSI هم بستگی مثبت و بسیار معنی داری در سطح احتمال ۱ درصد داشت ($r = ۰/۸۸^{**}$).

بنابر اظهارات Rosielle & Hamblin (1991) در اغلب آزمایشات همبستگی بین شاخص های SSI و TOL مثبت بوده است و انتخاب بر اساس شاخص SSI به نفع ژنوتیپ هایی با پتانسیل عملکرد پایین در شرایط بدون تنش (Yp) و با عملکرد بالا در شرایط تنش (Ys) می باشد. شاخص MP با شاخص های HM, GMP و STI همبستگی مثبت و بسیار معنی داری در سطح یک درصد داشت. همبستگی شاخص HM با STI مثبت و در سطح ۱ درصد معنی دار ($r = ۰/۹۸^{**}$) و با شاخص SSI منفی و در سطح ۵ درصد معنی دار بود ($r = -۰/۵۱^{*}$). همبستگی بین شاخص GMP با شاخص های HM و شاخص STI در سطح احتمال یک درصد مثبت و بسیار معنی دار بود ($r = ۰/۹۹^{**}$). همبستگی شاخص های SSI و TOL با عملکرد در شرایط تنش منفی و معنی دار بود، بنابراین با افزایش عملکرد در شرایط تنش، میزان این دو شاخص کاهش می یابد. بیشترین مقدار همبستگی عملکرد در شرایط غیر تنش با شاخص MP بود ($r = ۰/۸۵^{**}$). عملکرد در شرایط تنش نیز بالاترین همبستگی را با شاخص HM داشت ($r = ۰/۹۴^{**}$) (جدول ۳).

با توجه به اینکه در مجموع چهار شاخص STI, MP, GMP و HM بالاترین مقدار هم بستگی را با عملکرد دانه تحت دو شرایط تنش رطوبتی و غیر تنش داشتند، بنابراین به عنوان مناسب ترین شاخص های تحمل به تنش خشکی در این پژوهش در نظر گرفته شدند و ژنوتیپ هایی که بالاترین مقدار چهار شاخص ها فوق را داشتند شناسایی و بر اساس این شاخص ها به عنوان متحمل ترین ژنوتیپ ها گزینش شدند.

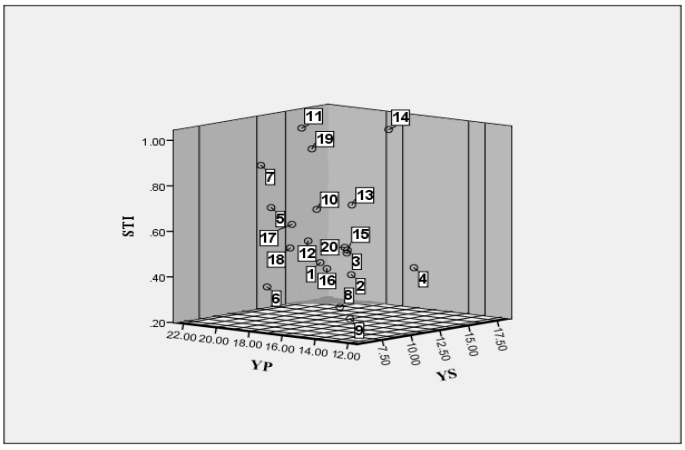
Archive of SID

www.SID.ir

**جدول ۳- ضرایب همبستگی بین عملکرد دانه در دو شرایط محیطی و شاخص های ارزیابی تحمل و حساسیت به خشکی**

| | Yp | Ys | MP | GMP | HM | TOL | STI | SSI |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Yp | ۱ | | | | | | | |
| Ys | ۰/۴۲ns | ۱ | | | | | | |
| MP | ۰/۸۵** | ۰/۸۳** | ۱ | | | | | |
| GMP | ۰/۷۶** | ۰/۹۰** | ۰/۹۸** | ۱ | | | | |
| HM | ۰/۶۸** | ۰/۹۴** | ۰/۹۶** | ۰/۹۹** | ۱ | | | |
| TOL | ۰/۵۵* | -۰/۵۱* | ۰/۳۷ns | ۰/۱۰ns | -۰/۲۲ns | ۱ | | |
| STI | ۰/۷۵** | ۰/۹۰** | ۰/۹۸** | ۰/۹۹** | ۰/۹۸** | ۰/۱۲ns | ۱ | |
| SSI | ۰/۲۱ns | -۰/۷۳** | -۰/۲۹ns | -۰/۴۲ns | -۰/۵۱* | ۰/۸۸** | ۰/۴۲ns | ۱ |

به منظور شناسایی ژنوتیپ های متحمل، از نمودار سه بعدی با سه عامل عملکرد در شرایط تنش، بدون تنش و شاخص STI استفاده شد (شکل ۱). علت استفاده از شاخص STI بخاطر کارایی بالای این شاخص در انتخاب ژنوتیپ های متحمل به تنش است. به عبارتی مبنای ریاضی این شاخص به صورتی طراحی شده است که در صورت اختلاف بین دو مقداری که میانگین گیری می شوند (یعنی دامنه اعداد بزرگ باشد) میانگین هندسی به سمت عدد کوچکتر متمایل می شود از این رو در انتخاب ژنوتیپ های متحمل به تنش دارای نقش بسزایی می باشد. بنابراین ژنوتیپ هایی که دارای مقادیر بالایی از شاخص STI باشند، تحمل نسبی بیشتری نسبت به تنش خشکی دارند. با توجه به شکل ۱ همانطور که ملاحضه می شود، ژنوتیپ های ۱۱، ۱۴ و ۱۹ دارای مقدار بالایی از شاخص STI بوده و در منطقه A قرار گرفته اند، بنابراین می توان آنها را به عنوان ژنوتیپ های متحمل معرفی کرد.




شکل ۱- رابطه میان شاخص تحمل به تنش (STI) و عملکرد ژنوتیپ ها در دو شرایط آبیاری مطلوب و تنش خشکی

Archive of SID

www.SID.ir

**تجزیه به مؤلفه های اصلی**

هدف از تجزیه به مولفه های اصلی تعیین خصوصیات ژنوتیپ ها و تفکیک آنها بر اساس شاخص های مقاومت به خشکی می‌باشد (زهراوی، ۱۳۸۸). بر اساس نتایج حاصل از تجزیه به مؤلفه های اصلی (جدول ۴)، دو مؤلفه اصلی بیشترین درصد تغییر داده ها (۹۹ درصد) را توجیه نمودند. با توجه به جدول ۴ همان طور که ملاحظه می شود، ۶۹/۹ درصد از تغییرات کل داده ها مربوط به اولین مؤلفه می باشد که این مؤلفه با شاخص های TOL و SSI هم بستگی مثبت و با عملکرد در دو محیط تنش و غیر تنش و سایر شاخص ها هم بستگی منفی داشت. با توجه به اینکه همواره مقادیر پایین دو شاخص TOL و SSI و مقدار بالای عملکرد آبی مورد نظر است، لذا در مؤلفه اول ارقامی قرار می گیرند که در شرایط آبی یا بدون تنش عملکرد پایین و TOL و SSI بالاتری دارند. به عبارت دیگر مؤلفه اول قادر به جداسازی ژنوتیپ های کم محصول از ژنوتیپ های پر محصول می باشد. بنابراین این مؤلفه به عنوان مؤلفه حساسیت به خشکی نامگذاری شد. دومین مولفه ۳۰ درصد از تغییرات کل داده ها را توجیه کرد. با توجه به جدول ۵، این مؤلفه با عملکرد در شرایط تنش خشکی همبستگی مثبت و با عملکرد در شرایط بدون تنش و شاخص های SSI و TOL همبستگی منفی داشت. بر مبنای این مؤلفه ارقامی برگزیده می شوند که در شرایط بدون تنش دارای عملکرد بالا و شاخص های SSI و TOL پایینی هستند. بنابراین مؤلفه دوم قادر به جداسازی ژنوتیپ های مقاوم به تنش خشکی از ژنوتیپ های حساس می باشد به همین علت می توان مؤلفه دوم را تحت عنوان مؤلفه مقاوم به خشکی نامگذاری نمود. بر اساس توضیحات ارائه شده و با توجه نمایش بای پلات ژنوتیپ های مورد بررسی در شاخص های مقاومت و حساسیت به خشکی بر اساس اولین و دومین مؤلفه اصلی (شکل۲) ژنوتیپ های سمت چپ نمودار از عملکرد بالایی در دو شرایط محیطی برخوردار بودند به طوریکه هر چه بیشتر به گوشه سمت چپ و بالای نمودار نزدیک شویم با ژنوتیپ هـایی رو به رو می‌شویم که تحت شرایط تنش خشکی مقاومت بیشتری از خود نشان داده و به عنوان ژنوتیپ های متحمل معرفی شدند. در مقابل، سمت راست نمودار ژنوتیپ هایی را به ما معرفی نمود که در هر دو شرایط محیطی از پتانسیل عملکرد بالایی برخوردار نبودند.

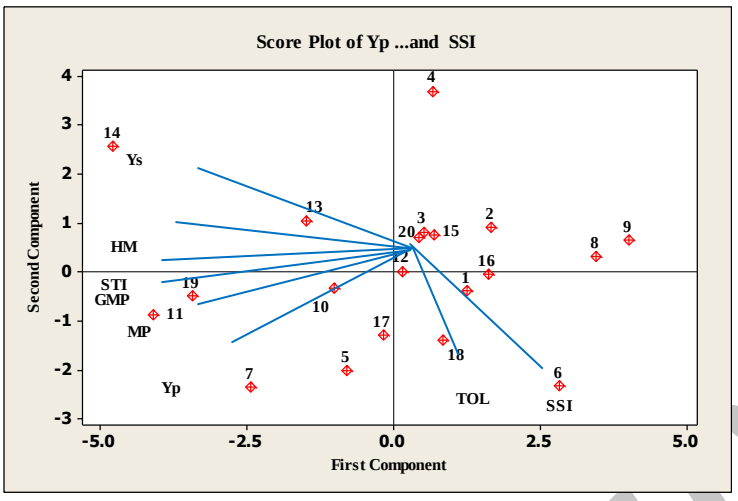
این ژنوتیپ ها از نظر شاخص های کمی مقاومت به خشکی، بالاترین مقادیر SSI و TOL را دارا بودند بنابراین به عنوان ژنوتیپ های حساس به تنش خشکی معرفی شدند.

**جدول ۴- مقادیر و بردارهای ویژه مؤلفه های اول و دوم برای شاخص های تحمل و حساسیت به خشکی**

| مؤلفه | مقادیر ویژه | سهم تجمعی | Yp | Ys | TOL | MP | GMP | SSI | STI | HM |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ۱ | ۲۲/۹ | ٪۶۹/۹ | -۰/۴۰ | -۰/۴۶ | ۰/۰۵ | -۰/۴۳ | -۰/۴۵ | ۰/۰۳ | -۰/۰۴ | -۰/۴۶ |
| ۲ | ۱۱/۱۴ | ٪۹۸/۹ | -۰/۴۸ | ۰/۳۱ | -۰/۸۰ | -۰/۰۸ | ۰/۰۰۵ | -۰/۰۹ | ۰/۰۰۱ | ۰/۰۸ |

Archive of SID

www.SID.ir




شکل ۲- نمایش بای پلات ۲۰ ژنوتیپ جو در شاخص های مقاومت به تنش خشکی بر اساس اولین و دومین مولفه اصلی (PC)

## تجزیه کلاستر (خوشه ای)

ژنوتیپ های مورد مطالعه بر اساس عملکرد در دو شرایط تنش و غیر تنش و چهار شاخص MP، GMP، HM و STI با استفاده از تجزیه خوشه ای (کلاستر) به روش WARD گروه بندی شدند و دندروگرام و دیاگرام پراکنش ژنوتیپ ها به ترتیب در شکل های ۳ و ۴ نشان داده شده است.

هدف از تجزیه کلاستر شناسایی ژنوتیپ هایی بود که دارای بیشترین فاصله ژنتیکی با یکدیگر از Yp، Ys، MP، GMP، HM و STI بودند. با توجه به این شاخص ها ژنوتیپ ها در ۴ گروه جداگانه قرار گرفتند.

بر اساس تجزیه خوشه ای ژنوتیپ های ۷، ۱۱، ۱۴ و ۱۹ در یک گروه قرار گرفتند که همان گروه مقاوم به خشکی بودند و با توجه به نمودار سه بعدی عملکرد ژنوتیپ های دو محیط و شاخص STI (شکل ۱)، نیز چهار ژنوتیپ ذکر شده بیشترین مقدار شاخص STI را دارا بودند.

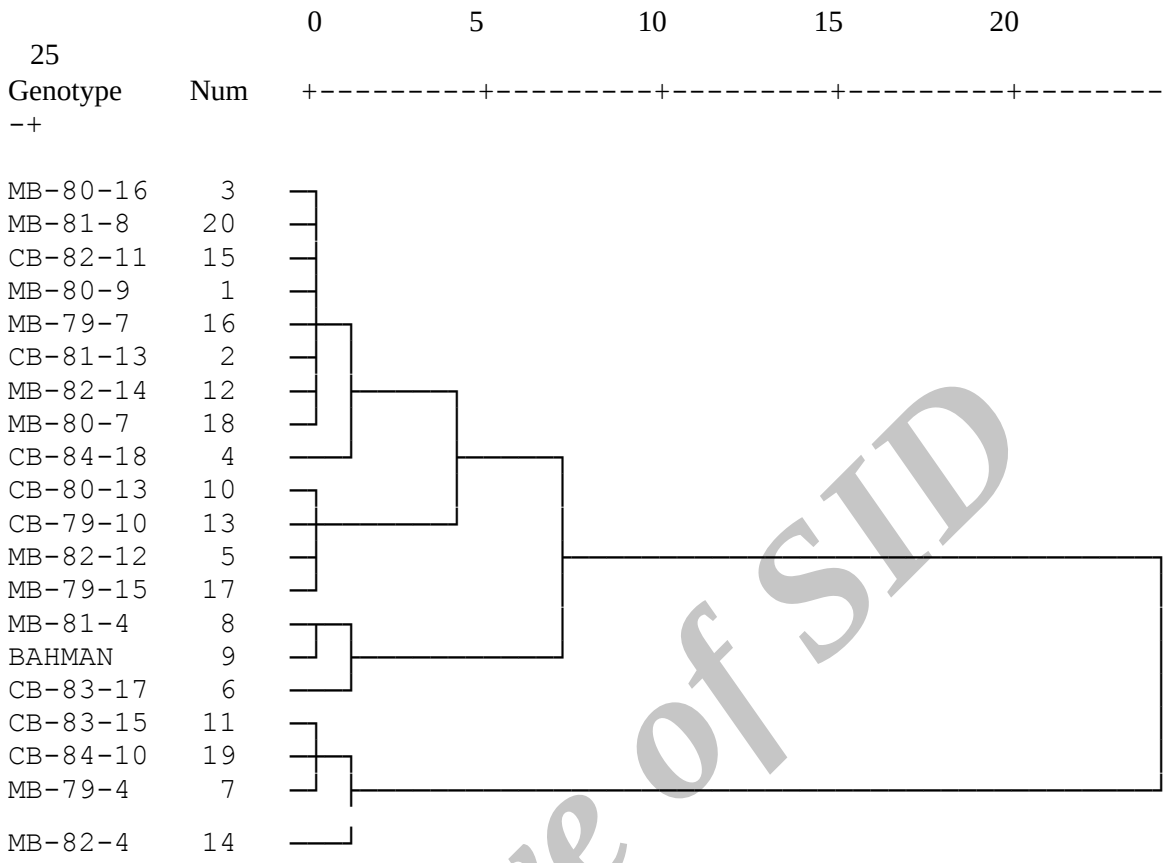
سه ژنوتیپ ۶، ۸ و۹ که مقادیر بالایی از شاخص های SSI و TOL را دارا بودند نیز در یک کلاستر قرار گرفتند که علاوه بر عملکرد پایین در دو شرایط کاشت نسبت به تنش خشکی بسیار حساس بودند. بنابراین برای کاشت در منطقه اجرای طرح ارقام مناسبی نبودند.

ژنوتیپ های ۱۰، ۱۳، ۱۵ و ۱۷ در یک کلاستر قرار گرفتند که جزو ژنوتیپ های حساس به تنش خشکی اما دارای عملکرد متوسطی در شرایط آبیاری مطلوب بودند. ژنوتیپ های ۱، ۲، ۳، ۴، ۱۲، ۱۵، ۱۶، ۱۸ و ۲۰ نیز در یک گروه قرار گرفتند. این ژنوتیپ ها در شرایط آبیاری مطلوب از میانگین عملکرد بالایی برخوردار بودند ولی مقدار شاخص SSI در آنها بالا بود، یعنی علاوه بر عملکرد بالا در شرایط پتانسیل، از حساسیت بالایی نسبت به تنش خشکی برخوردار بودند، بنابراین جهت کاشت در شرایط آبی منطقه اجرای طرح پیشنهاد می شوند.

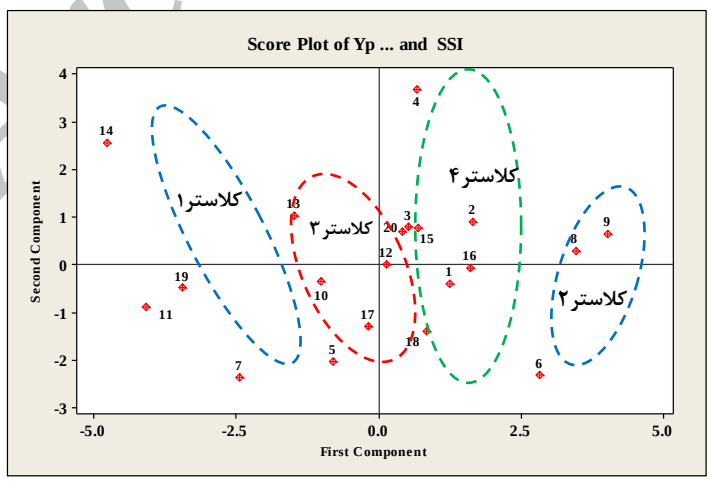
با توجه به حداکثر فاصله ژنتیکی بین ژنوتیپ های مورد مطالعه از نظر عملکرد و نیز مقاومت نسبت به تنش خشکی می توان برای تجزیه ژنتیکی شاخص های کمی مقاومت و حساسیت به خشکی و نیز عملکرد در شرایط آبیاری مطلوب و تنش رطوبتی از دورگ گیری بین ژنوتیپ های مورد بررسی استفاده کرد.

Archive of SID

www.SID.ir




شکل ۳- دندروگرام حاصل از تجزیه خوشه ای به روش WARD بر اساس داده های مربوط به شاخص های STI , MP , GMP , HM و عملکرد ژنوتیپ ها در دو شرایط محیطی




شکل ۴- دیاگرام نمایش بای پلات ۲۰ ژنوتیپ جو بر اساس اولین و دومین مؤلفه (PC)

Archive of SID

www.SID.ir

نتیجه گیری کلی از بررسی شاخص های مورد استفاده در این پژوهش مؤید برتری چهار شاخص MP، GMP، HM و STI در مقایسه با دو شاخص SSI و TOL بود، زیرا شاخص های یاد شده علاوه بر اینکه همبستگی بالایی با عملکرد ژنوتیپ ها در دو محیط تنش و غیر تنش داشتند، قادر به گزینش ژنوتیپ هایی شدند که علاوه برمتحمل بودن نسبت به تنش خشکی از میانگین عملکرد مطلوبی در دو شرایط مورد بررسی برخوردار بودند. در مجموع از نظر صفت عملکرد دانه، در شرایط مطلوب، ژنوتیپ های ۷ و ۱۱ و در شرایط تنش رطوبتی ژنوتیپ ۱۴ بیشترین عملکرد دانه را تولید نمودند. تجزیه خوشه‌ای (کلاستر) به روش WARD ژنوتیپ هایی را که از میانگین عملکرد بالایی در دو محیط مطلوب و تنش برخوردار بودند در یک گروه قرار داد که شامل ژنوتیپ های ۷، ۱۱، ۱۴ و ۱۹ بودند، این ژنوتیپ ها از مقاومت نسبتا بالایی در مقابل تنش خشکی برخوردار بودند، بنابراین در منطقه A بای پلات قرار گرفتند و نمودار سه بعدی عملکرد ژنوتیپ ها در دو محیط کاشت و شاخص STI (شکل ۱) نیز حاکی از این موضوع بود. بنابراین با توجه به عملکرد بالای این ژنوتیپ ها در دو شرایط غیر تنش و تنش، بعنوان مواد ژنتیکی ارزشمند در برنامه های تلاقی اصلاح جو برای مقاومت به تنش خشکی و یا زراعت در شرایط تنش خشکی قابل توصیه می باشند. Guttieri *et al* (2001) با استفاده از شاخص های SSI و TOL پیشنهاد کردند که مقادیر بالاتر از ۱ این شاخص نشان دهنده حساسیت بیشتر و مقادیر کمتر از ۱ نشان دهنده حساسیت کمتر ژنوتیپ ها به تنش خشکی می باشد. بنابراین ژنوتیپ های حساس به تنش خشکی توسط این دو شاخص در یک گروه قرار گرفتند که شامل ژنوتیپ های ۶، ۸ و ۹ بودند در این شرایط علاوه بر عملکرد پایین در دو شرایط محیطی دارای مقادیر بالاتر از ۱ دو شاخص SSI و TOL بودند، به همین دلیل در منطقه D بای پلات قرار گرفتند. همچنین جمع بندی نتایج حاصل از بررسی همبستگی عملکرد دانه در دو شرایط غیر تنش و تنش خشکی با شاخص های کمی مقاومت به خشکی در این پژوهش نشان داد که شاخص های MP ، GMP ، HM و STI مناسبترین شاخص ها برای تعیین ارقام متحمل به تنش خشکی در جو هستند که این مطلب با گزارشات شفازاده و همکاران (۱۳۸۳) کاملا مطابقت دارد. در مجموع استفاده از روش های ساده و قابل اطمینان برای گزینش ژنوتیپ های برتر در شرایط تنش رطوبتی همواره مد نظر به نژادگران بوده است. هر چند این روش ها ممکن است دارای نقاط ضعفی نیز باشند اما در مقابل می توانند کارایی زیادی در برنامه های به نژادی برای مقابله با تنش خشکی داشته باشند و به نژادگران توسط این روش ها قادرند حجم زیادی از مواد را در کوتاه ترین زمان گزینش نمایند.

## منابع

**امیری فر، ا.، م. آقایی سربرزه، ر. حق پرست و م. خسروشاهلی.** ۱۳۹۰. پایداری عملکرد دانه، کیفیت نانوایی و تحمل به خشکی ژنوتیپ های گندم نان. مجله به نژادی نهال و بذر. ۱-۲۷ : ۲۵۵-۲۳۳.

**حیدری شریف آباد، ح.** ۱۳۸۸. استراتژی کاهش خسارت خشکسالی در بخش کشاورزی. چکیده مقالات دهمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات. کرج، ایران.

**زهراوی، م.** ۱۳۸۸. ارزیابی ژنوتیپ های جو اسپانتانئوم (*Hordeum spontaneum*) از نظر شاخص های تحمل به خشکی، مجله به نژادی نهال و بذر. ۱-۲۵: ۵۴۹-۵۳۳.

Archive of SID

www.SID.ir

**شفازاده، م.ک.، ا. یزدان سپاس، ا. امینی، و م. ر. قنادها.** ۱۳۸۳. بررسی تحمل به خشکی آخر فصل در ژنوتیپ های امید بخش گندم زمستانه و بینابین با استفاده از شاخص های حساسیت و تحمل به تنش. مجله نهال و بذر. ۲۰: ۷۱-۵۷.

**گل پرور، ا. ر.** ۱۳۷۹. ارزیابی تعدادی از ژنوتیپ های گندم در دو محیط بدون تنش و تنش رطوبتی و تعیین بهترین صفات گزینش در دو محیط. پایان نامه کارشناسی ارشد اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران.

**ویسی مال امیری، ا.، ر. حق پرست، م. آقایی سربرزه، ع. فرشادفر، و ع. رجبی.** ۱۳۸۹. ارزیابی تحمل به خشکی ژنوتیپ های جو با استفاده از صفات فیزیولوژیکی و شاخص های مقاومت به خشکی. مجله علوم زراعی ایران. ۲۶(۱): ۴۳-۶۰.

**Anonymous,** 2008**.** Annual report of sararood experiments. Dry land Agriculture research Institute, sararood, Kermanshah, Iran. (In Persian).

**Acosta- Gollegos, J. A. and M. W. Adams.** 1991**.** Plant traits and yield stability of dry bean (*paseoulus vulgaris*) cultivars under drought stress. J. Agric. Sci. Camb. 117: 213-219.

**Bansal, K. C. and S. K. Sinha.** 1991**.** Assessment of drought resistance in 20 accessions of *Triticum aestivum* and related species. I. Total dry matter and grain yield stability. Euphytica56:7-14.

**Calhoun, D. S., A. Mranda, G. Gebeyehu, S. Rajram, and M. Van Ginkel.** 1994**.** Choosing evaluation environments to increase wheat grain yield under drought conditions. Crop Sci. 34: 673-678.

**Fernandez, G. C. I.** 1992. Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. *In*: Ku, C. G. (Ed), Adaption of food Crops to Temperature and water stress. Proc. Int. symp. For water stress, Taiwan, Asian Veget. Res. Develop. Center.

**Fisher, R . A. and R . Maurer.** 1978**.** Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance, In: Proceedings of *the symbol*. Taiwan, 13-16 Aug. 1992. By C. G. Kno. AVRDC.

**Gottieri, M. J., J. C. Stark, K. Brien, and E. Souza.** 2001**.** Relative sensitivity of spring wheat grain yield and quality parameters to moisture deficit, Crop Sci. 41: 327-335.

**Rosielle, A. T. and J. Hambelin.** 1991**.** Phenotypic diversity and associations of some potentially drought- responsive characters in durum wheat. Crop Sci. 31: 1484-1491.

**Rizza, F., F. W. Badeck, L. Cattivelli, O. Lidestri, N. D. Fozo, and A. M. Stanca. 2004.** Use of a water stress index to identify barley genotypes adapted to rain fed and irrigated conditions. Crop Sci. 44: 2127-2137.

**Trethowan, R. M. and M. Roynolds.** 2007. Drought resistance: Genetic apporoaches for improving productivity under stress. pp. 289-299.

**Zavala – Garcia, F., P. J. Bramel- Cox, J. D. Eastin, M. D. Will, and D. J. Rew.** 1991**.** Increasing the efficiency of crop selection for unreplicatable environments. Crop Sci. 32: 51-57.

Archive of SID

www.SID.ir