دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
پژوهشنامه اصلاح گیاهان زراعی

# ارزیابی تحمل به تنش‌های شوری و خشکی در ژنوتیپ‌های گندم براساس شاخص‌های تحمل

**ربابه ملاحیدری بافقی[۱]، امین باقی‌زاده[۲] و قاسم محمدی‌نژاد[۳]**

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد اصلاح نباتات، دانشگاه تحصیلات تکمیلی صنعتی و فناوری پیشرفته
۲- دانشیارگروه بیوتکنولوژی، پژوهشگاه علوم و تکنولوژی پیشرفته و علوم محیطی، دانشگاه تحصیلات تکمیلی صنعتی و فناوری پیشرفته
(نویسنده مسوول: amin_4156@yahoo.com)
۳- دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان
تاریخ دریافت: ۹۴/۶/۵ تاریخ پذیرش: ۹۵/۵/۱۸

**چکیده**

**به‌منظور بررسی تاثیر تنش‌های شوری و خشکی بر روی عملکرد دانه ژنوتیپ‌های گندم ، مطالعه شاخص‌های کمی تحمل به تنش و شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل، آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۲۰ ژنوتیپ گندم نان در ۳ تکرار در سه شرایط بدون تنش، تنش شوری و تنش خشکی طراحی و اجرا گردید. ارزیابی ژنوتیپ‌ها از نظر تحمل به شوری و خشکی با استفاده از شاخص‌های حساسیت به تنش، تحمل به تنش، میانگین هندسی بهره‌وری، میانگین بهره‌وری و تحمل انجام گرفت. نتایج تجزیه واریانس اختلاف معنی‌داری بین ژنوتیپ‌های گندم از نظر کلیه شاخص‌ها و عملکرد دانه ژنوتیپ‌ها برای هر دو شرایط تنش در سطح احتمال یک درصد نشان داد. با توجه به نتایج حاصل از بررسی همبستگی بین شاخص‌های تحمل و عملکرد دانه، شاخص تحمل به تنش، شاخص میانگین بهره‌وری و شاخص میانگین هندسی بهره‌وری به‌عنوان بهترین شاخص‌ها جهت شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل انتخاب گردیدند. نتایج نشان داد ارقام بولانی، شعله و ماهوتی بیشترین مقاومت را داشتند و حساس‌ترین ارقام مغان ۳، گاسپارد و آرتا بودند و از میان لاین‌های امید بخش، لاین‌های SNH-9 و 139-PR-87 متحمل‌ترین لاین‌ها بودند و لاین‌های N-83-3 ، KRL-4 وS-78-11 در گروه لاین‌های حساس به تنش شوری و خشکی قرار گرفتند.**

**واژه‌های کلیدی: شاخص‌های تحمل، گندم، تنش شوری، تنش خشکی**

## مقدمه

شوری یکی از عوامل محدود کننده اصلی در بهره‌وری محصولات زراعی به خصوص گندم می‌باشد (۱۹). شوری مشکلات متعددی را به دلیل القای عملکردهای ناقص فیزیولوژیکی رشد و نمو گیاه به ویژه در شیرین‌رست‌ها به دنبال دارد. گونه‌ها و واریته‌های گیاهی از لحاظ توانایی مقاومت در برابر شوری خیلی متنوع هستند. به‌طوری‌که مقاومت به نمک حتی در گونه‌های یک جنس متغیر است (۱۹،۸). میزان کم نزولات آسمانی، پراکنش نامنظم آن و درجه حرارت‌های بالا، موجب تنش خشکی در طول دوره رشد گیاهان زراعی در مناطق خشک و نیمه‌خشک می‌شود و در نهایت باعث کاهش تولید محصولات زراعی می‌گردد. گندم گیاهی است که به دلیل سازگاری ژنوتیپ‌های آن به شرایط متفاوت محیطی، در مناطق وسیعی از جهان با شرایط آب و هوایی متنوع کشت می‌شود (۱۶،۲۵). تولید عمده گندم در عرض‌های ۶۰-۳۰ درجه شمالی و ۴۰-۲۷ درجه جنوبی صورت می‌گیرد و در اغلب کشورهای تولید کننده عمده گندم، عملکرد دانه آن مورد توجه قرار دارد، در حالی‌که در ایران، علاوه بر عملکرد دانه، کاه حاصل از زراعت نیز مورد توجه تولیدکنندگان می‌باشد. لذا کل مقدار ماده خشک تولیدی نیز در گزینش ژنوتیپ‌ها و معرفی ارقام تجاری مد نظر قرار دارد. توجه به شرایط محیطی یکی از عوامل مؤثر در انتخاب و معرفی ژنوتیپ‌های برتر بر اساس عملکرد دانه است. تنش‌های محیطی رشدگندم را از زمان جوانه‌زنی تا مراحل پایانی رشد (لقاح و پر شدن دانه) تحت تأثیر قرار می‌دهند. بروز تنش در دوره پر شدن دانه موجب کاهش وزن دانه می‌شود (۵). صفات زیادی از جمله طول سنبله، تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه در گندم تحت تأثیر سوء تنش قرار می‌گیرند. تعداد سنبلچه‌ها و پنجه‌های بارور نقصان پیدا کرده، عمل لقاح مختل شده و در نهایت عملکرد دانه کاهش پیدا می‌کند (۶،۱۷). کاهش رشد گندم یکی از واکنش‌های گیاه در شرایط تنش شوری و خشکی است که ناشی از کاهش فعالیت‌های سنتزی مسیرهای متابولیکی سلول‌ها است که تولید ماده خشک را تحت تأثیر می‌دهد و به صورت کاهش سطح برگ گیاه تظاهر نموده و در نهایت رشد کلیه اندام‌های گیاهی و عملکرد را تحت تأثیر قرار می‌دهد (۱۷). اصلاح برای تحمل به شوری و خشکی می‌تواند یک روش موثر برای بهبود عملکرد و پایداری عملکرد در خاک‌های شور و اراضی خشک باشد (۹). هدف از تهیه ارقام متحمل به شوری و خشکی، معرفی ارقامی می‌باشد که نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها تنش را بهتر تحمل کنند و در شرایط یکسان افت عملکرد کمتری نشان دهند (۱۸،۲۴). هروی (۱۲) در سال ۲۰۰۹ در بررسی تاثیرات شوری بر روی غلات اظهار داشت که در تنش نمک حاصل از کلرید سدیم، عملکرد ماده خشک و مقدار آب جذب شده در گندم و جو کاهش می‌یابد. همچنین گزارش شده که شوری، طول سنبله اصلی و تعداد دانه در سنبله گندم را کاهش می‌دهد (۲۷). در یک آزمایش روی گندم، مشاهده شد که شوری بر سرعت تولید سنبلچه ژنوتیپ‌های گندم تاثیر ندارد ولی طول مدت این مرحله را کوتاه می‌کند (۱۱). خشکی تعداد برگ‌های روی ساقه اصلی و تعداد سنبلچه‌ها را در سنبله به طور معنی‌داری محدود و تعداد پنجه‌ها را شدیداً کاهش می‌دهد (۲۰). افزایش عملکرد در شرایط کمبود آب مستلزم


[ DOI: 10.29252/jcb.9.23.27 ]

شناسایی ژنوتیپ‌های مقاوم به خشکی می‌باشد (۲۰). شاخص‌های کمی متفاوتی برای ارزیابی واکنش ژنوتیپ‌ها در شرایط محیطی و تعیین تحمل به شوری و خشکی و حساسیت آنها ارائه شده است. روزیل و هامبلین در سال ۱۹۸۱ شاخص تحمل TOL[1] و شاخص میانگین بهره‌وری (MP)[2] را معرفی نمودند (۲۱). مقدار بالای TOL نشانه حساسیت ژنوتیپ به تنش است بنابراین انتخاب ژنوتیپ‌ها بر اساس مقدار کم TOL است. فیشر و مور در سال ۱۹۷۸ شاخص حساسیت به تنش SSI[3] را پیشنهاد نمودند (۷). مقدار کم SSI نشان دهنده تغییرات کم عملکرد یک ژنوتیپ در شرایط تنش و بدون تنش می‌باشد. به عبارتی مقدار پایین SSI تغییرات کم عملکرد یک ژنوتیپ در شرایط تنش و پایداری بیشتر آن را نشان می‌دهد. فرناندز در سال ۱۹۹۳ برای شناسایی ژنوتیپ‌هایی که هم در شرایط تنش و هم در شرایط بدون تنش عملکرد بالایی دارند از شاخص تحمل به تنش (STI)[4] استفاده کرد (۶). ژنوتیپ‌های پایدار تر بر اساس این شاخص دارای مقادیر بالاتر STI هستند. در سال ۱۹۹۷شاخص دیگری توسط کریستین و همکاران تحت عنوان میانگین هندسی بهروری (GMP)[5] ارائه گردید (۱۵). براساس شاخص میانگین هندسی بهره‌وری، عملکرد ژنوتیپ‌ها تحت شرایط تنش و بدون تنش محاسبه می‌شود. این شاخص حساسیت کمتری نسبت به مقادیر متفاوت عملکرد در شرایط نرمال و تنش دارد (۶،۱۰،۱۵). هر چه میزان شاخص حساسیت به تنش در رقم پایین‌تر باشد، نشان‌دهنده متحمل‌تر بودن آن رقم به شرایط تنش خواهد بود و هرچه عملکرد در شرایط نرمال و تنش نزدیک‌تر باشد نشان‌دهنده آن است که پایداری عملکرد آن واریته بیشتر است. بر این اساس در تحقیق حاضر شاخص‌های تحمل (TOL)، حساسیت به تنش (SSI)، تحمل به تنش (STI)، میانگین هندسی بهره‌وری (GMP) و میانگین بهره‌وری (MP) محاسبه گردیدند. بررسی ژنوتیپ‌های گندم از نظر تحمل به شوری و خشکی براساس شاخص‌های تحمل، تعیین بهترین شاخص‌های تحمل و شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل به شوری و خشکی از اهداف مهم این تحقیق است.

## مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی شاخص‌های تحمل به تنش و شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل به شرایط تنش شوری و خشکی در گندم، ۲۰ ژنوتیپ از ارقام کرانه‌ای (حساس و مقاوم) و لاین‌های امید بخش گندم (جدول ۱) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سه شرایط بدون تنش، تنش شوری و تنش خشکی در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه تحصیلات تکمیلی صنعتی و فناوری پیشرفته کرمان واقع در ۲۵ کیلومتری شهر کرمان در سال زراعی ۹۱-۱۳۹۰ مورد ارزیابی قرار گرفتند. کاشت در تاریخ ۱۸ آبان ۱۳۹۰ صورت گرفت. مزرعه تحقیقاتی مذکور از لحاظ جغرافیایی بین عرض‌های جغرافیایی ۳۰ درجه و ۲ دقیقه طول شرقی و ۵۷ درجه ۱۴دقیقه عرض شمالی از نصف النهار مبدأ واقع است و ارتفاع آن از سطح دریا ۱۷۵۵ متر می‌باشد. EC آب و خاک به ترتیب ۲/۵ و ۳/۵ دسی‌زیمنس بر متر بود. خاک مزرعه دارای اسیدیته ۸ و شامل ۵۵٪ شن، ۳۰٪ لای و ۱۵٪ رس بود.

جدول ۱- اسامی ژنوتیپ‌های گندم مورد ارزیابی

Table 1. Names of evaluating wheat genotypes

| شماره ژنوتیپ | نام ژنوتیپ | شماره ژنوتیپ | نام ژنوتیپ |
|---|---|---|---|
| ۱ | روشن | ۱۱ | شتردندان |
| ۲ | سرخ تخم | ۱۲ | سیستان |
| ۳ | خارچیا | ۱۳ | 139-PR-87 |
| ۴ | ماهوتی | ۱۴ | 140-PR-87 |
| ۵ | ارگ | ۱۵ | SNH-9 |
| ۶ | بولانی | ۱۶ | N-83-3 |
| ۷ | شعله | ۱۷ | 107-PR-87 |
| ۸ | مغان-۳ | ۱۸ | Mv-17 |
| ۹ | گاسپارد | ۱۹ | KRL-4 |
| ۱۰ | آرتا | ۲۰ | S-78-11 |

در شرایط تنش شوری EC آب و خاک به ترتیب ۱۰ و ۱۱ دسی‌زیمنس بر متر تثبیت شد به این نحو که قبل از کاشت و در مرحله آماده‌سازی، زمین مورد نظر چندین بار با آب شور آبیاری شد تا شوری عصاره اشباع خاک به ۱±۱۱ دسی‌زیمنس بر متر رسید و در طی فصل رشد جهت جلوگیری از تجمع نمک حاصل از تبخیر آب آبیاری ۲۰٪ سهم آب‌شویی منظور و به مقدار آب آبیاری اضافه گردید (۴). ابعاد هر کرت آزمایشی سه متر مربع بود و هر کرت آزمایشی در هر بلوک شامل شش خط کاشت ۲/۵ متری به فاصله ۱۵ سانتی‌متر از یکدیگر طراحی شد و میزان تراکم بذر ۴۰۰ دانه در متر مربع بود. آبیاری کرت‌های نرمال و تحت تنش شوری بر اساس عرف منطقه (هفت روز یک بار) و با توجه به نیاز گیاه به صورت کرتی صورت گرفت. تیمار خشکی بر روی ژنوتیپ‌های تحت شرایط تنش خشکی از زمان ظهور سنبله تا رسیدگی فیزیولوژیکی به صورت آبیاری سه هفته یک بار اعمال گردید در حالی‌که کرت‌های بدون تنش هر هفت روز یکبار آبیاری شدند. کلیه عملیات زراعی کاشت، داشت و برداشت غیر از آبیاری، کاملاً برای هر سه شرایط یکسان و طبق عرف منطقه و روش‌های علمی صورت گرفت. سپس با استفاده از عملکرد دانه گیاهان در شرایط بدون تنش و تنش‌های شوری و خشکی، شاخص‌های کمی تحمل به شوری و خشکی برای هر ژنوتیپ محاسبه شد. فرمول‌های مربوط به محاسبه شاخص‌های مختلف عبارتند از:

۱- شاخص تحمل $TOL = Yp - Ys$ (TOL)

1- Tolerance Index
2- Mean Productivity
3- Stress Susceptibility Index
4- Stress Tolerance Index
5- Geometric Mean Productivity



[ DOI: 10.29252/jcb.9.23.27 ]

Yp: عملکرد بالقوه هر ژنوتیپ در محیط بدون تنش
Ys: عملکرد بالقوه هر ژنوتیپ در محیط تنش

۲- شاخص میانگین بهره‌وری (MP)

$$MP = (Ys + Yp) / 2$$

۳- شاخص حساسیت به تنش (SSI)

$$SSI=[1- (Ys / Yp)] /SI$$

شدت تنش (SI) برای هر کدام از ارقام طبق فرمول زیر محاسبه شد:

$$SI= [1-(\hat{Y}s/\hat{Y}p)]$$

$\hat{Y}p$: میانگین عملکرد کلیه ژنوتیپ‌ها در محیط بدون تنش
$\hat{Y}s$: میانگین عملکرد کلیه ژنوتیپ‌ها در محیط تنش

۴- شاخص میانگین هندسی بهره‌وری (GMP) صفت در هر دو محیط

$$GMP= \sqrt{Yp \times Ys}$$

۵- شاخص تحمل به تنش (STI) صفت در هر دو محیط $STI = (Yp \times Ys) / (\hat{Y}p)2$ تجزیه واریانس مقادیر کمی شاخص‌های محاسبه شده برای ژنوتیپ‌ها در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی برای شرایط تنش شوری و خشکی انجام شد. ضرایب همبستگی بین عملکرد با کلیه شاخص‌ها در شرایط نرمال و تنش شوری و خشکی محاسبه گردیدند. جهت شناسایی ارقام برتر در شرایط مختلف و بررسی روابط بین ژنوتیپ‌ها و شاخص‌ها، از روش ترسیمی بای‌پلات، بر اساس تجزیه به مولفه‌های اصلی استفاده گردید و بدین‌وسیله مناسب‌ترین و نیز مقاوم‌ترین ژنوتیپ‌ها نسبت به شوری و خشکی تعیین شدند. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم‌افزارهای آماری SAS (6.12)، SPSS(12) و Excel استفاده شد.

## نتایج و بحث

### شوری

نتایج تجزیه واریانس شاخص‌ها اختلاف معنی‌داری را در سطح یک درصد بین ژنوتیپ‌ها و از نظر کلیه شاخص‌های تحمل به تنش و عملکرد دانه در دو شرایط محیطی تنش شوری و بدون تنش نشان داد (جدول ۲) که بیان‌گر وجود تنوع ژنتیکی و امکان گزینش برای تحمل به شوری است. صفت عملکرد دانه به شدت تحت تاثیر تنش شوری قرار گرفت و کاهش یافت. از آنجایی که تحمل به شوری صفت پیچیده‌ای هست و عوامل مختلفی در آن دخالت دارند، لذا قضاوت پیرامون ژنوتیپ ها از نظر یک صفت، پیچیده و گاهی اوقات با نتایج متناقض همراه است بنابراین با استفاده از تحلیل همبستگی بین عملکرد دانه در شرایط تنش و بدون تنش و شاخص‌های کمی تحمل به شوری، شاخص‌های تحمل مورد ارزیابی قرار گرفته و مناسب‌ترین شاخص‌ها انتخاب گردیدند. طبق جدول ۳ کل شاخص‌های مورد نظر با عملکرد دانه در شرایط تنش و بدون تنش دارای همبستگی بسیار معنی‌داری در سطح احتمال ($P<۰/۰۱$) بودند. شاخص‌های TOL و SSI همبستگی منفی و معنی‌داری را در سطح یک درصد با عملکرد در هر دو شرایط نشان دادند و همچنین شاخص‌های TOL و SSI در سطح یک درصد همبستگی مثبت و معنی‌داری داشتند، بررسی‌ها نشان داده است که در اغلب آزمایش‌ها همبستگی بین دو شاخص مذکور مثبت می‌باشد (۲۱). شاخص‌های STI، GMP، MP دارای همبستگی مثبت و معنی‌داری در سطح یک درصد با عملکرد دانه درهر دو شرایط تنش و بدون تنش شوری بودند (جدول ۳).

جدول ۲- تجزیه واریانس شاخص‌های کمی مقاومت به شوری در ژنوتیپ‌های گندم

Table 2. Analysis of variance of quantitative indices of salinity resistance in wheat genotypes

| منابع تغییرات | درجه آزادی | میانگین مربعات | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | YS | Yp | TOL | MP | SSI | STI | GMP |
| بلوک | ۲ | ۰/۲۴$^{ns}$ | ۰/۲۵$^{ns}$ | ۰/۰۴۲$^{ns}$ | ۰/۲۳$^{ns}$ | ۰/۰۱۷$^{ns}$ | ۱/۴۲$^{ns}$ | ۰/۲۴$^{ns}$ |
| ژنوتیپ | ۱۹ | ۹۴/۵۱$^{**}$ | ۷۲/۶۸$^{**}$ | ۱۶/۹۶$^{**}$ | ۸۲/۳۱$^{**}$ | ۰/۳۲$^{**}$ | ۱۴۴۳/۹۴$^{**}$ | ۸۴/۲۴$^{**}$ |
| اشتباه | ۳۸ | ۰/۶۶ | ۲/۰۲ | ۲/۰۱۷ | ۰/۲۳ | ۰/۰۶ | ۱۵/۹۵ | ۰/۷۸ |
| CV% | | ۴/۰۲ | ۶/۱۳ | ۴/۶ | ۴/۱۹ | ۴/۲۶ | ۸/۸۴ | ۴/۱ |

ns و **: به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌داری در سطح ۱ درصد

جدول ۳- همبستگی بین شاخص‌های تحمل به شوری با عملکرد دانه

Table 3. Correlation between Salinity Tolerance Indices and Grain Yield

| | YP | YS | TOL | SSI | MP | GMP | STI |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| YP | ۱ | | | | | | |
| YS | ۰/۷۹$^{**}$ | ۱ | | | | | |
| TOL | -۰/۶۰$^{**}$ | -۰/۸۱$^{**}$ | ۱ | | | | |
| SSI | -۰/۷۶$^{**}$ | -۰/۷۷$^{**}$ | ۰/۹۳$^{**}$ | ۱ | | | |
| MP | ۰/۹۱$^{**}$ | ۰/۸۹$^{**}$ | -۰/۶۸$^{**}$ | -۰/۷۷$^{**}$ | ۱ | | |
| GMP | ۰/۸۹$^{**}$ | ۰/۸۷$^{**}$ | -۰/۶۹$^{**}$ | -۰/۶۹$^{**}$ | ۰/۹۶$^{**}$ | ۱ | |
| STI | ۰/۸۹$^{**}$ | ۰/۸۸$^{**}$ | -۰/۷۶$^{**}$ | -۰/۷۴$^{**}$ | ۰/۹۱$^{**}$ | ۰/۸۹$^{**}$ | ۱ |

**: معنی‌داری در سطح ۱ درصد

در ادامه جهت بررسی روابط بین ژنوتیپ‌ها بر اساس شاخص‌های تحمل به شوری و به عبارتی به‌منظور گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها، از روش ترسیمی بای پلات براساس تجزیه به مولفه‌ها استفاده گردید. بر اساس تجزیه به مولفه‌ها، برای شاخص‌های تحمل به تنش در ژنوتیپ‌ها دو مولفه استخراج گردید که نتایج نشان داد، مولفه اول ۷۹/۶۲ درصد از کل تغییرات را شامل شد، این مولفه همبستگی مثبت و بالایی را با عملکرد در شرایط تنش و بدون تنش و با شاخص‌های MP، GMP، STI نشان داد (جدول ۴). بنابراین این مولفه به‌عنوان مولفه پتانسیل عملکرد و تحمل به شوری نام‌گذاری


[ DOI: 10.29252/jcb.9.23.27 ]

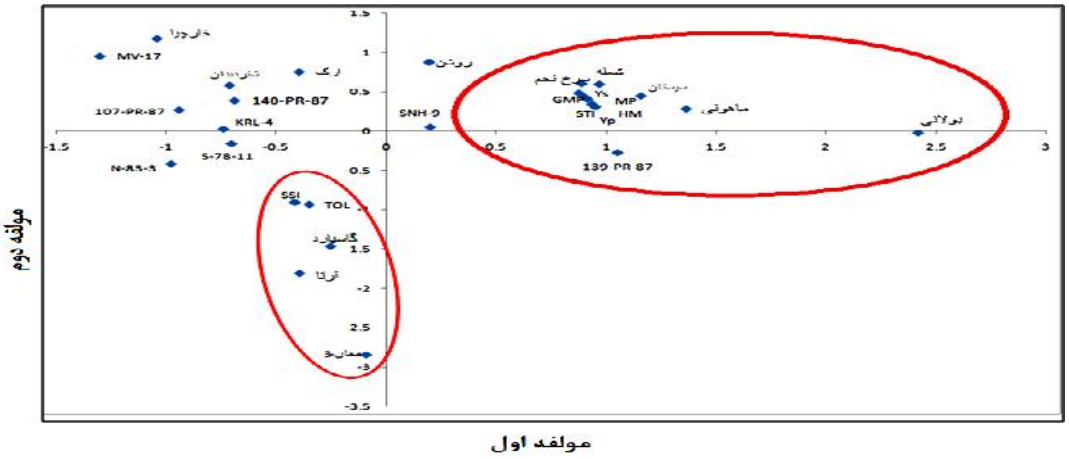
شد. این مولفه ژنوتیپ‌های دارای پتانسیل عملکرد بالا و متحمل به شوری را از ژنوتیپ‌هایی با میانگین عملکرد پایین و حساس جدا می‌کند. دومین مولفه ۱۱/۱۶ درصد از تغییرات کل داده‌ها را توجیه نمود و از آنجاییکه شاخص‌های SSI وTOL دارای ضرایب بالایی در این مولفه می‌باشند (جدول ۴)، این مولفه به‌عنوان مولفه حساسیت به تنش که ژنوتیپ‌هایی با میزان‌های بالای TOL و SSI را جدا می‌کند، نام‌گذاری شد. با توجه به این دو مولفه، ژنوتیپ‌ها در درون گروه‌های مشخصی قرار می‌گیرند که مرتبط با میانگین عملکرد و تحمل به تنش آنهاست. به‌منظور ارزیابی نظری روابط بین ژنوتیپ‌ها و شاخص‌های تحمل به شوری ترسیم بای پلات براساس دو مولفه اول و دوم انجام شد. همان‌طوری که در شکل۱ مشخص می‌باشد ارقام بولانی، ماهوتی، سیستان، شعله و سرخ تخم در ناحیه پتانسیل تولید بالا و حساسیت پایین (قسمت بالا و سمت راست شکل) واقع شده‌اند و به‌عنوان ارقام متحمل به تنش شوری در این گروه شناسایی گردیدند و ارقام گاسپارد، مغان-۳ و آرتا در ناحیه با پتانسیل عملکرد پایین و حساسیت بالا به تنش شوری قرار گرفتند و به‌عنوان ارقام بسیار حساس در این گروه شناسایی شدند.

جدول ۴- اجزای تشکیل دهنده دو مولفه اول برای هر یک از شاخص‌ها و عملکرد دانه در شرایط تنش شوری

Table 4. The first two principal components for each indices and grain yield under salinity stress conditions

| مولفه | صفات | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Yp | Ys | TOL | SSI | MP | GMP | STI | مقادیر ویژه به درصد |
| اول | ۰/۹۶* | ۰/۸۹* | -۰/۳۸۹ | -۰/۴۵۲ | ۰/۹۳۰* | ۰/۹۲۴* | ۰/۹۵۰* | ۷۹/۶۲ |
| دوم | ۰/۲۶ | ۰/۴۴ | -۰/۹۱۸* | -۰/۸۸۹* | ۰/۳۶۶ | ۰/۳۸۱ | ۰/۳۰۲ | ۱۱/۱۶ |

*: نشان‌دهنده ضرایب معنی‌دار می‌باشد.( ضرایب بالای ۰/۵ معنی‌دار در نظر گرفته شده‌اند)




شکل ۱- بای پلات ژنوتیپ‌ها براساس مولفه اول ودوم در شرایط تنش شوری

Figure 1. Biplot of genotypes based on first and second components under salinity stress conditions

براساس نتایج به دست آمده از این تحقیق مشاهده شد که شاخص‌های STI، MP و GMP در تفکیک ارقام متحمل به‌طور مشابه‌ای عمل کردند و ژنوتیپ‌های یکسانی را در ارتباط با تنش شناسایی نمودند. ارزیابی شاخص‌های تحمل به شوری نشان داد که شاخص‌های STI، MP، GMP همبستگی مثبت و بسیار معنی‌داری با عملکرد در دو محیط شاهد و تنش شوری داشتند. ارقام بولانی، شعله و ماهوتی بیشترین مقاومت را داشتند و حساس‌ترین ارقام مغان ۳، گاسپارد و آرتا بودند و از میان لاین‌های امید بخش SNH-9، 139-PR-87 متحمل‌ترین لاین‌ها بودند و لاین‌های N-83-3، KRL-4 وS-78-11 در گروه لاین‌های حساس به تنش شوری قرار گرفتند. به‌منظور گروه‌بندی و ارزیابی تحمل لاین‌های گندم دوروم به تنش شوری و خشکی تعداد ۷ لاین در یک آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در دو شرایط تنش و بدون تنش در گلخانه ایستگاه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی تبریز مورد بررسی قرار گرفت. در این بررسی پنج شاخص تحمل به خشکی شامل شاخص‌های HARM، GMP، TOL، STI، SSI بر اساس عملرد دانه در شرایط تنش و بدون تنش محاسبه شدند نتایج حاصل از ارزیابی عملکرد دانه در محیط تنش و بدون تنش لاین‌های حساس به تنش و متحمل را از یکدیگر تفکیک کرد. نتایج حاصل از همبستگی بین شاخص‌ها و عملکرد دانه نشان داد که بین شاخص‌های منتخب همبستگی مثبت و معنی‌داری در سطح احتمال ۱٪ وجود دارد. نتایج حاصل از تجزیه خوشه‌ای بر اساس اخص‌های میانگین بهره‌وری، میانگین هندسی بهره‌وری و تحمل به تنش به‌عنوان مناسب‌ترین شاخص‌ها برای شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل در این تحقیق با نتایج احمدی برای ذرت (۲)، شمس الدین و فرح بخش برای کلزا (۲۲) و سی و سه مرده (۲۳) مطابقت داشت.



[ DOI: 10.29252/jcb.9.23.27 ]

**خشکی**

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اختلاف بسیار معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد از نظر کلیه شاخص‌های تحمل به خشکی و نیز عملکرد دانه در دو شرایط تنش و بدون تنش خشکی وجود دارد، که نمایانگر وجود تنوع ژنتیکی و امکان انتخاب برای تحمل به خشکی در ژنوتیپ‌های گندم نان می‌باشد (جدول ۵). طبق نتایج بدست آمده (جدول ۶)، شاخص‌های GMP، STI و MP دارای همبستگی مثبت و بسیار معنی‌داری در سطح احتمال ۱ ٪ با عملکرد دانه در هر دو شرایط تنش خشکی و بدون تنش می‌باشند و به‌عنوان مناسب‌ترین شاخص‌ها برای انتخاب ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی در نظر گرفته می‌شوند. اهری (۱) در سال ۲۰۰۶ نیز این شاخص‌ها را به‌عنوان مناسب‌ترین شاخص‌ها، برای شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی در گندم معرفی کرده است. در بین شاخص‌های مورد بررسی شاخص‌های تحمل (TOL) و حساسیت به تنش (SSI) همبستگی منفی و معنی‌داری با عملکرد دانه داشتند.

جدول ۵- تجزیه واریانس شاخص‌های کمی تحمل به خشکی در ژنوتیپ‌های گندم

Table 5. Analysis of variance of quantitative indices of drought tolerance in wheat genotypes

| منابع تغییرات | درجه آزادی | میانگین مربعات | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Yp | Ys | TOL | SSI | MP | STI | GMP |
| بلوک | ۲ | ۰/۱۱$^{ns}$ | ۰/۰۱۲$^{ns}$ | ۰/۰۲۹$^{ns}$ | ۰/۱۲$^{ns}$ | ۰/۳۹$^{ns}$ | ۰/۰۴۱$^{ns}$ | ۰/۰۱۳$^{ns}$ |
| ژنوتیپ | ۱۹ | ۲/۵۵$^{**}$ | ۳/۴۹$^{**}$ | ۰/۲۱$^{**}$ | ۲/۷۹$^{**}$ | ۵۲/۲۹$^{**}$ | ۵/۴۷$^{**}$ | ۳/۰۳$^{**}$ |
| اشتباه | ۳۸ | ۰/۰۷۲ | ۰/۰۲۴ | ۰/۰۲۲ | ۰/۱۱ | ۰/۴۶ | ۰/۰۴۴ | ۰/۰۲۰ |
| CV% | | ۷/۱۱ | ۴/۶۵ | ۲۹/۰۶ | ۲۴/۶۵ | ۹/۲۶ | ۳/۹۶ | ۴/۰۶ |

ns و **: به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌داری در سطح ۱ درصد

جدول ۶- همبستگی بین شاخص‌های تحمل به خشکی با عملکرد دانه

Table 6. Correlation between Drought Tolerance Indices and Grain Yield

| | YP | YS | TOL | SSI | MP | GMP | STI |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| YP | ۱ | | | | | | |
| YS | ۰/۹۹$^{**}$ | ۱ | | | | | |
| TOL | -۰/۴۴$^{**}$ | -۰/۵۴$^{**}$ | ۱ | | | | |
| SSI | -۰/۷۱$^{**}$ | -۰/۷۳$^{**}$ | ۰/۵۶$^{**}$ | ۱ | | | |
| MP | ۰/۹۹$^{**}$ | ۰/۹۹$^{**}$ | -۰/۵۰$^{**}$ | -۰/۷۲$^{**}$ | ۱ | | |
| GMP | ۰/۹۹$^{**}$ | ۰/۹۹$^{**}$ | -۰/۴۶$^{**}$ | -۰/۷۲$^{**}$ | ۰/۹۹$^{**}$ | ۱ | |
| STI | ۰/۹۹$^{**}$ | ۰/۹۹$^{**}$ | -۰/۵۰$^{**}$ | -۰/۷۴$^{**}$ | ۰/۹۹$^{**}$ | ۰/۹۹$^{**}$ | ۱ |

**: معنی‌داری در سطح ۱ درصد

براساس تجزیه به مولفه‌ها برای شاخص‌های تحمل به تنش خشکی در ژنوتیپ‌ها، دو مولفه استخراج گردید این دو مولفه با داشتن مقادیر ویژه بزرگ‌تر از یک مجموعاً ۹۴/۸۶ درصد از تغییرات کل داده‌ها را بیان کردند. ترسیم بای پلات براساس دو مولفه اول انجام شد (شکل ۲). در این بررسی مولفه اول ۸۳/۸۴ درصد از تغییرات کل داده‌ها را توجیه نمود. در مولفه اول بزرگترین مقادیر ضرایب برای MP، GMP، STI، Yp و Ys بدست آمد (جدول ۷). از آنجایی که اجزای این مولفه دارای همبستگی مثبت و بسیار معنی‌داری با عملکرد در شرایط تنش خشکی و بدون تنش بودند، بنابراین روی بای‌پلات حاصله با توجه به مقادیر مثبت و بالای این مولفه، می‌توان ژنوتیپ‌هایی را که دارای عملکرد بالا در هر دو شرایط تنش و بدون تنش و دارای شاخص‌های MP، GMP، STI بالا هستند، انتخاب کرد. دومین مولفه ۱۱/۰۲ درصد از کل تغییرات داده‌ها را بیان نمود، بر مبنای ضرایب به دست آمده در مؤلفه دوم بزرگترین مقدار ضرایب برای TOL و SSI بدست آمد که حاکی از تاثیرگذاری شدیدتر این دو شاخص در این مولفه می‌باشد (جدول ۷) و همچنین این دو شاخص با عملکرد در شرایط تنش و نرمال دارای همبستگی منفی و معنی‌داری بودند (جدول ۷). بر اساس نتایج حاصل از بای پلات ارقام بولانی، سیتان، شعله، ماهوتی، روشن، سرخ تخم و خارچیا و لاین‌های امید بخش 139-PR-87 و SNH-9 در ناحیه پتانسیل تولید بالا و پایداری عملکرد و تحمل به خشکی (در قسمت بالا و سمت راست شکل) واقع شده‌اند و ارقام آرتا، گاسپارد و مغان-۳ در ناحیه با پتانسیل عملکرد پایین قرار گرفتند و این عکس‌العمل‌های متفاوت بیانگر تنوع ژنتیکی ژنوتیپ‌ها نسبت به شرایط خشکی است. نتایج تجزیه به مولفه‌های اصلی و نمودار بای‌پلات برای انتخاب ژنوتیپ‌های متحمل به تنش خشکی با بررسی ارزانی و میر محمدی میبدی (۳) مطابقت دارد. به‌منظور ارزیابی تحمل به خشکی در ژنوتیپ‌های گندم دیم، آزمایشی با ۳۴ ژنوتیپ گندم در دو شرایط دیم (تنش خشکی) و آبیاری (بدون تنش) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۹۲-۱۳۹۱ انجام شد. برای شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی، از شاخص‌های تحمل (TOL)، حساسیت به تنش (SSI)، میانگین بهره‌وری (MP)، میانگین هندسی بهره‌وری (GMP)، میانگین هارمونیک (HMP)، شاخص تحمل به تنش (STI) و شاخص پایداری عملکرد (YSI) استفاده شد. با توجه به اینکه شاخص‌های MP، GMP، HMP و STI همبستگی بالایی با عملکرد دانه تحت هر دو شرایط تنش و بدون تنش داشتند، به‌عنوان شاخص‌های مناسب جهت دستیابی به ارقام پر محصول در هر دو شرایط محیطی معرفی شدند. تجزیه خوشه‌ای به روش کمترین واریانس Ward بر پایه شاخص‌های تحمل به خشکی و عملکرد دانه در هر دو شرایط محیطی، ژنوتیپ‌های مورد بررسی را در پنج گروه قرار داد. تجزیه به مولفه‌های اصلی با



[ DOI: 10.29252/jcb.9.23.27 ]

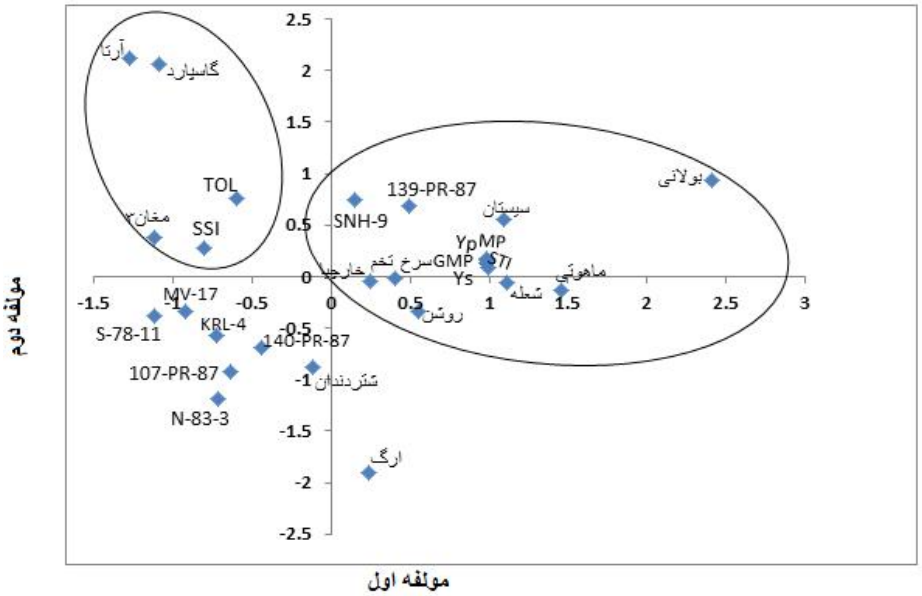
استفاده از شاخص‌های مقاومت به خشکی و عملکرد دانه در دو شرایط تنش و بدون تنش خشکی نیز توانست ژنوتیپ‌های متحمل به تنش خشکی و ژنوتیپ‌های حساس به تنش خشکی را معرفی کند (۱۳).

جدول ۷- اجزای تشکیل دهنده دو مولفه اول برای هر یک از شاخص‌ها و عملکرد دانه در شرایط تنش خشکی

Table 7. The first two principal components for each indices and grain yield under drought stress conditions

| مولفه | صفات | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Yp | Ys | TOL | SSI | MP | GMP | STI | مقادیر ویژه به درصد |
| اول | ۰/۹۸* | ۰/۹۹۳* | -۰/۴۹۶ | -۰/۴۳۴ | ۰/۹۸۹* | ۰/۹۸۰* | ۰/۹۸۹* | ۸۳/۸۴ |
| دوم | ۰/۱۷۳ | ۰/۰۹۱ | -۰/۷۶۴* | -۰/۸۲۱* | ۰/۱۳۱ | ۰/۱۶۶ | ۰/۱۲۹ | ۱۱/۰۲ |

*: نشان‌دهنده ضرایب عاملی معنی‌دار می‌باشد (ضرایب بالای ۰/۵ معنی‌دار درنظرگرفته شده‌اند).




شکل۲- بای پلات ژنوتیپ‌ها براساس مولفه اول ودوم در شرایط تنش خشکی

Figure 2. Biplot of genotypes based on first and second components under drought stress conditions

در یک تحقیق به‌منظور بررسی شاخص‌های تحمل خشکی و شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل به تنش خشکی در گندم دوروم، ۲۰ ژنوتیپ پیشرفته گندم دوروم به همراه ۳ شاهد، ارقام زردک و ساجی (شاهدهای گندم دوروم) و رقم سرداری (شاهد گندم نان) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در دو شرایط دیم و آبیاری تکمیلی مورد آزمایش قرار گرفتند. بر مبنای عملکرد دیم و آبیاری تکمیلی شاخص‌های کمی تحمل به خشکی از قبیل میانگین بهره‌وری، شاخص تحمل، میانگین هندسی بهره‌وری، میانگین هارمونیک، شاخص حساسیت به تنش، شاخص تحمل تنش، شاخص عملکرد و شاخص پایداری عملکرد محاسبه شدند و ژنوتیپ‌های متحمل و حساس شناسایی شدند. تجزیه بای پلات نیز نتایج شناسایی را تایید نمود (۱۴). بر اساس نتایج به دست آمده از تحقیق حاضر مشاهده شد که شاخص‌های STI، MP و GMP در تفکیک ارقام متحمل به خشکی به طور مشابه‌ای عمل کردند و ژنوتیپ‌های یکسانی را در ارتباط با تنش شناسایی نمودند. ژنوتیپ‌های بولانی، ماهوتی، سیستان، شعله، سرخ تخم و لاین امید بخش 139-PR-87 به‌عنوان ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی و دارای عملکرد مناسب در دو شرایط تنش و بدون تنش شناخته شده و ارقام آرتا، گاسپارد و مغان ۳ به‌عنوان ارقام حساس شناخته شدند.در یک تحقیق به‌منظور ارزیابی تحمل به خشکی در ژنوتیپ‌های پیشرفته گندم دوروم، تعداد ۲۰ ژنوتیپ در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در شرایط بدون تنش و تنش رطوبتی مورد بررسی قرار گرفتند. بر اساس نتایج تجزیه واریانس، اختلاف معنی‌داری بین ژنوتیپ‌ها از نظر عملکرد دانه در هر دو شرایط محیطی (تنش و بدون تنش) وجود داشت. مطالعه همبستگی بین عملکرد در شرایط تنش، بدون تنش و شاخص‌های مقاومت به خشکی نشان داد که شاخص تحمل تنش (STI)، شاخص میانگین بهره‌وری (MP) و شاخص میانگین هندسی بهره‌وری (GMP) برای شناسایی ژنوتیپ‌هایی با عملکرد بالا در هر دو شرایط تنش و بدون تنش خشکی مناسب هستند، که در بین آن‌ها STI به‌عنوان مناسب‌ترین شاخص شناخته شد. در روش ترسیمی بای پلات ژنوتیپ‌ها به گروه‌های متحمل و غیر متحمل تقسیم شدند بر اساس نتایج حاصل از تجزیه خوشه‌ای و تابع تشخیص ژنوتیپ‌های مورد بررسی بر اساس سه شاخص STI، MP و GMP در پنج گروه قرار گرفتند (۲۶). نتایج تحقیق مذکور با نتایج تحقیق حاضر کاملا مطابقت دارد.



[ DOI: 10.29252/jcb.9.23.27 ]

**تشکر و قدردانی**

از حمایت مالی دانشگاه تحصیلات تکمیلی صنعتی و فناوری پیشرفته کرمان و همچنین از قطب علمی تنش‌های محیطی در غلات دانشگاه شهید باهنر کرمان تشکر و قدردانی می‌شود.

**منابع**

1. Ahari, D.S. 2006. Evaluation for tolerance to drought stress in promising dryland durum wheat genotypes. Iranian Journal of Crop Sciences, 8: 30-45 (In Persian).
2. Ahmadi, G., H. Zeynali Khaneghah, M.A. Rostami and R. Chogan. 2000. The study of drought tolerance indices and biplot method in eight corn hybrids. Journal of Agricultural Sciences, 31: 523-513.
3. Arzani, M.A. and S.A.M. Mirmohamadi Maibody. 2006. Assessment of drought tolerance in segregating populations in durum wheat. Journal of Agricultural Research, 5: 162-171.
4. Ebrahimian, H.R., Z. Ranji, M. Rezaeei and Z. Abbasi. 2008. Screening sugar beet genotypes under salinity stress in the greenhouse and field conditions. Journal of Sugar Beet, 24: 1-21 (In Persian).
5. Ehdaie, B. and J.G. Waines. 1996. Genetic variation of pre anthesis assimilation to grain yield in spring wheat. Journal of Genetics and Breeding, 50: 47-56.
6. Fernandez, G.C.J. 1992. Effective selection criteria for assessing stress tolerance..Proceedings of the International Symposium on Adaptation of vegetables and other food crops in temperature and water stress. AVRDC Publication. Tainan. Taiwan, 257-270.
7. Fischer, R.A. and R. Maurer. 1978. Drought resistance in spring wheat cultivars: I. Grain yield responses. Australian Journal of Agricultural Research, 29: 897-912.
8. Francois, L.E., M.C. Grieve, V.E. Mass and M.L. Scott. 1994**.** Time of salt stress affects growth and yield components of irrigated wheat. Agronomy Journal, 86: 100-107.
9. Genc, Y., K. Oldach, A.P. Verbly, G. Lott, M. Hassan, M. Tester, H. Wallwork and G.k. McDonald. 2010. Sodium exclusion QTL associated with improved seedling growth in bread wheat under salinity stress.Theoretical and Applied Genetics, 121: 877-94.
10. Gharbi, A., V. Rashidi and A. Tarinejad. 2012. Grouping of durum wheat genotypes by tolerance indices under salinity and drought stresses. The first national congress Agriculture in difficult environmental conditions, 1-5 (In Persian).
11. Grieve, C.M., S.M. Lesch, E.V. Maas and L.E. Francois. 1993. Leaf and spikelet primordia initiation in salt-stressed wheat. Crop Science, 22: 1286-1294.
12. Heravi, M. 2009.The effects of salinity on seedling growth rate and physiological characteristics of different wheat varieties. Master's thesis Shahid Bahonar University, 31 pp.
13. Kamrani, M., A. Farzi and A. Ebadi. 2015. Evaluation of grain yield performance and tolerance to drought stress in wheat genotypes using drought tolerance indices. Cereal Research, 5: 231-246 (In Persian).
14. Khaksar, N., E. Farshadfar and R. Mohammadi. 2013. Evaluation of durum wheat advanced genotypes based on drought tolerance indices. Cereal Research, 3: 267-279 (In Persian).
15. Kristin, A.S., R.R. Serna, F.I. Perez, B.C. Enriquez, A.A. Gallegos, P.R. Vallejo, N. Wassimi and J.D. Kelley. 1997. Improving common bean performance under drought stress. Crop Science, 37: 43-50.
16. Loss, S.P. and K.H.M. Siddique.1994.Morphological and physiological traits associated with wheat yield increases in Mediterranean environments, Advances in Agronomy, 52:229-276.
17. Mass, E.V. and C.M. Grieve. 1990. Spike and leaf development in salt-stressed wheat. Crop Science, 30: 1309.
18. Mohammadinia, S., A. Asghari, O. Sofalian, H. Mohammaddoust, R. Karimizadeh. 2017. Evaluation of Durum Wheat Lines using Seed Yild based Indices in Drought Condition and relation between these Indices. Journal of Crop Breeding, 8(20): 11-23 (In Persian).
19. Narjesi, V. 2009. QTL identification of the quantity and salinity stress tolerance in wheat. Tehran University doctoral thesis, (In Persian).
20. Passioura, J.B. 2006. Increasing crop productivity when water is scarce-from breeding to field management. Agricultural Water Management, 80: 176-196.
21. Rosielle, A.A. and J. Hamblin. 1981. Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress environments, Crop Science, 21: 943-946.
22. Shamseddin, M. and H. Farahbakhsh. 2008. Investigation of Quantitative and Qualitative Parameters of Canola under Salty Conditions for Determining the Best Tolerance index. JWSS-Isfahan University of Technology, 12: 65-78 (In Persian).
23. Siose Mardeh, A., A. Ahmadi, K. Pustini and V. Mohammadi. 2006. Evaluation of drought resistance indices under various environmental conditions. Field Crops Research, 98: 222-229.
24. Srivastava, J.P., E. Acevedo and S. Varma. 1987. Drought Tolerance in Winter Cereal, pp: 101-114. John Wiley and Sons, New York. USA.
25. Tavana, S. and J. Saba. 2017. Grouping wheat Lines and their Group Selection under Rainfed Conditions Journal of Crop Breeding, 8(20): 159-164 (In Persian).
26. Zebarjadi, A., S. Tavakoli, A. Etminan and R. Mohammadi. 2013. Evaluation of Drought Stress Tolerance in Durum Wheat Genotype Using Drought Tolerance Indices. Seed and Plant Improvement Journal, 29: 1-12 (In Persian).
27. Zehtabi Salmasi, S. 1996. The effects of salinity on some physiological properties of wheat. Master's thesis, Faculty of Agriculture, Tehran University, 139 pp (In Persian).



[ DOI: 10.29252/jcb.9.23.27 ]

# Evaluation of Salinity and Drought Stresses Tolerance in Wheat Genotypes using Tolerance Indices

**Robabeh Molla Heydari Bafghi[1], Amin Baghizadeh[2] and Ghasem Mohammadinezhad[3]**

1-M.Sc. Student, In Plant Breeding, Graduate University of Advanced Technology, Kerman-Iran
2- Associate Professor, Department of Biotechnology, Institute of Science and High Technology and Environmental Sciences, Graduate University of Advanced Technology, Kerman-Iran
(Corresponding author: amin_4156@yahoo.com)
3- Associate Professor, Department of Agronomy & Plant Breeding, College of Agriculture, Shahid Bahonar University of Kerman-Iran

Received: August 27, 2015 Accepted: August 8, 2016

**Abstract**

Increasing the yield of wheat (*Triticum aestivum*) requires choosing resistant and compatible cultivars to different climatic conditions. In order to study the effects of salinity and drought stress on grain yield, Study of stress tolerance indices and identification of tolerant genotypes to salt and drought stress, 20 different Wheat (*Triticum aestivum*) genotypes were assessed in a Randomized Complete Block Design with three replications under non stress, salinity stress and drought stress conditions. Evaluation of salinity and drought stress tolerance in wheat genotypes by quantitative indices such as Mean Productivity (MP), Geometric Mean Productivity (GMP), Stress Tolerance Index (STI), Stress Susceptibility Index (SSI) and Tolerance Index (TOL) was done. The results of analysis of variance showed that there were significant differences among genotypes in terms of all of the indices and yield genotype of stress conditions in 1% level of probability. According to the analysis of the correlation between seed yield and tolerance to salinity and drought indices, Mean Productivity (MP), Geometric Mean Productivity (GMP) and Stress Tolerance Index (STI), in terms of the normal and stress conditions, as the best indices for selection of tolerant genotypes were detected. The results showed that the cultivars Bolani, sooleh and Mahutti had the highest resistance. Mogan 3, Gaspard and Arta were most sensitive.SNH-9,139-PR-87 Were the most tolerant lines and N-83-3, KRL-4 and S-78-11 lines were sensitive to salinity and drought stresses.

**Keywords:** Drought stress, Salinity stress, Tolerance indices, Wheat



[ DOI: 10.29252/jcb.9.23.27 ]