دانشگاه گیلان
دانشکده علوم کشاورزی

تحقیقات غلات

دوره ششم/ شماره دوم/ تابستان ۱۳۹۵ (۱۴۴-۱۳۳)

ارزیابی تحمل به شوری ارقام گندم نان بر اساس شاخص‌های تحمل مبتنی بر نسبت پتاسیم به سدیم برگ پرچم

سید ذبیح‌الله راوری[۱]، حمید دهقانی[۲*] و هرمزد نقوی[۳]

تاریخ دریافت: ۹۴/۱/۲۳ تاریخ پذیرش: ۹۴/۵/۱۹

چکیده

یکی از تنش‌های غیرزنده مهم در نواحی خشک و نیمه خشک دنیا از جمله ایران، شوری خاک و آب است که باعث کاهش عملکرد گیاهان زراعی از جمله گندم می‌شود. استفاده از ارقام متحمل به شوری یکی از راه‌های دستیابی به عملکرد بالا در این نواحی است. به منظور ارزیابی تحمل به شوری در گندم، ۴۱ ژنوتیپ گندم نان به صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار تحت دو شرایط بدون تنش و تنش شوری در مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی کرمان در سال زراعی ۱۳۹۱ کشت شدند. شوری آب آبیاری در شرایط بدون تنش و تنش شوری به ترتیب ۰/۶۳ و ۱۱/۸ دسی‌زیمنس بر متر بود. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر شوری بر عملکرد دانه، میزان سدیم، پتاسیم و نسبت این دو عنصر در برگ پرچم ارقام گندم معنی‌دار بود. ارزیابی همبستگی‌ها نیز نشان داد که همبستگی مثبت و معنی‌داری بین نسبت K^+/Na^+ در هر دو محیط با شاخص‌های میانگین بهره‌وری (MP)، میانگین هندسی بهره‌وری (GMP)، میانگین هارمونیک (HM) و تحمل به تنش (STI) محاسبه شده بر مبنای این نسبت وجود دارد. بر این اساس، مناسب‌ترین شاخص‌ها برای گزینش ارقام متحمل به تنش شوری، چهار شاخص MP، GMP، HM و STI بودند. همچنین بر مبنای مقادیر این شاخص‌ها، ارقام طبسی، ارگ، اکبری، بم، سرخ‌تخم، بولانی، سیستان، کارچیا و روشن که از نسبت پتاسیم به سدیم بالایی نیز تحت هر دو شرایط برخوردار بودند، به عنوان متحمل‌ترین ارقام نسبت به تنش شوری انتخاب شدند. همچنین همبستگی معنی‌دار بین این شاخص‌ها با عملکرد دانه تحت شرایط تنش نشان داد که استفاده از آن‌ها برای غربال تعداد زیادی از ژنوتیپ‌ها و یا برای انتخاب ارقام متحمل قبل از تعیین عملکرد دانه مفید است و می‌توانند به عنوان معیاری مناسب جهت انتخاب ارقام پرمحصول و متحمل به تنش شوری مورد استفاده قرار گیرند.

واژه‌های کلیدی: شاخص تحمل به تنش، عملکرد دانه، میانگین بهره‌وری، میانگین هارمونیک، میانگین هندسی بهره‌وری

۱- دانشجوی دکتری، گروه اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران
۲- دانشیار، گروه اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران
۳- استادیار پژوهش، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی کرمان، کرمان، ایران
* نویسنده مسئول: dehghanr@modares.ir

مقدمه

تنش‌های غیر زنده از مهم‌ترین عوامل کاهش محصولات کشاورزی در نواحی خشک و نیمه خشک جهان از جمله ایران هستند (Rezvani Moghaddam and Koochaki, 2001; Munns *et al.*, 2002). یکی از تنش‌های مهم در این مناطق شوری آب و خاک است که تولید محصولات کشاورزی از جمله گندم را محدود می‌کند (Downton, 1978). با توجه به ماهیت پیچیده تحمل گیاه به شوری، ارائه تعریف دقیقی برای تحمل به شوری به راحتی امکان‌پذیر نیست. گیاهی را متحمل به شوری می‌دانند که بتواند در محیط شور رشد کرده و عملکرد اقتصادی تولید کند.

مکانیسم‌های تحمل به شوری و به عبارتی کاهش آثار منفی شوری در گیاهان متفاوت است. یکی از این مکانیسم‌ها که در گیاهان گلیکوفیت از جمله گندم مشاهده شده است، جلوگیری از ورود یون سدیم به ریشه و در نتیجه به سایر اندام‌های گیاه و یا دفع سدیم به طریقی از این اندام‌ها و کاهش غلظت آن در اندام‌های گیاهی و نیز افزایش غلظت یون پتاسیم در اندام‌های گیاهی از طریق جذب فعال آن زمانی که گیاه با تنش شوری مواجه است، می‌باشد (Sharma, 1996). از این‌رو ژنوتیپ دارای نسبت پتاسیم به سدیم بالا را می‌توان متحمل به شوری گزارش کرد. بنابراین غلظت این یون‌ها و نسبت آن‌ها در اندام‌های گیاه از جمله برگ پرچم می‌تواند به عنوان یک شاخص مهم در تشخیص گیاه متحمل به شوری مد نظر قرار گیرد (Stuciffe and Baker, 1981).

ارقام یا ژنوتیپ‌های مورد بررسی را می‌توان بر اساس واکنش آن‌ها به شرایط محیطی واجد تنش و بدون تنش به چهار گروه A، B، C و D تقسیم کرد. گروه A شامل ژنوتیپ‌هایی است که در هر دو محیط عملکرد بالایی دارند، گروه B دارای ژنوتیپ‌هایی است که در محیط بدون تنش عملکرد زیاد و در محیط تنش عملکرد کمی دارند، گروه C دارای ژنوتیپ‌هایی است که در محیط تنش عملکرد بالا و در محیط بدون تنش عملکرد کمی دارند و گروه D نیز شامل ژنوتیپ‌هایی است که در هر دو محیط عملکرد ککمی دارند (Fernandez, 1992).

تا کنون شاخص‌های مختلفی برای بررسی واکنش ژنوتیپ‌های متفاوت به شرایط محیطی مختلف بر اساس روابط بین عملکرد گیاه تحت شرایط بدون تنش و تنش ارایه شده‌اند (جدول ۱). بسیاری از این شاخص‌ها بر اساس واکنش ژنوتیپ‌ها به تنش خشکی تعریف شده‌اند، ولی می‌توان از آن‌ها برای انتخاب ارقام متحمل به شوری نیز استفاده کرد (Gravandi, 2011 Najaphy and).

حسینی و همکاران (Hosseini *et al.*, 2012) شاخص‌های TOL، GMP، STI، SSI و MP را بر اساس طول گیاهچه و وزن خشک ریشه در ۶۵ ژنوتیپ برنج محاسبه کردند و نتیجه گرفتند که سه شاخص GMP، STI و MP بهترین شاخص‌ها در بین شاخص‌های ارزیابی شده هستند و به کمک آن‌ها ژنوتیپ‌های متحمل به شوری در برنج را تفکیک کردند. نتایج آزمایش نجفی و گراوندی (Najaphy and Garavandi, 2011) در ۲۷ ژنوتیپ گندم نشان داد که دو شاخص GMP و STI شاخص‌های مناسب برای تفکیک ژنوتیپ‌های گروه A از سایر گروه‌ها و دو شاخص SSI و TOL شاخص‌های قادر به تشخیص ژنوتیپ‌های متحمل و دارای عملکرد بالا در محیط تنش (گروه C) می‌باشند. نتایج آزمایش بچنی و همکاران (Bchini *et al.*, 2011) بر روی ۱۴ ژنوتیپ جو نشان داد که سه شاخص GMP، STI و MP در شرایط شوری متوسط برای تشخیص ژنوتیپ‌های گروه A مناسب هستند و در شرایط تنش شدید دو شاخص SSI و ضریب رگرسیون (b) برای تفکیک ژنوتیپ‌های متحمل مناسب هستند.

این مطالعه با هدف ارزیابی تحمل ژنوتیپ‌های گندم نان با استفاده از شاخص‌های تحمل محاسبه شده بر اساس صفت مهم نسبت پتاسیم به سدیم در برگ پرچم و همچنین تعیین بهترین شاخص‌های تحمل به شوری جهت ارزیابی میزان حساسیت و تحمل ژنوتیپ‌های گندم نان انجام شد تا با تعیین ژنوتیپ‌های مناسب، بتوان از آن‌ها در برنامه‌های اصلاحی و تهیه ارقام متحمل به شوری استفاده نمود.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در سال زراعی ۹۲-۱۳۹۱ در ایستگاه تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی کرمان با ۱۷۵۶ متر ارتفاع از سطح دریا و طول و عرض جغرافیایی به ترتیب برابر با ۳۰ درجه و یک دقیقه شرقی و ۵۷ درجه و ۶ دقیقه شمالی انجام شد. آزمایش شامل ۴۱ رقم گندم (جدول ۴) بود. با توجه به این‌که در بسیاری از مناطق استان کرمان که با مشکل شوری آب و خاک مواجه هستند علیرغم معرفی ارقام متحمل به شوری جدید گندم

نان تا به امروز رقم روشن به دلیل تحمل به شوری بالا و همچنین ارتفاع زیاد بوته و در نتیجه تولید کاه و کلش زیاد از برنامه کشت کشاورزان حذف نگردیده و سطح زیر کشت زیادی را به خود اختصاص می‌دهد. لذا با توجه به بررسی منابع انجام شده رقم روشن به عنوان شاهد محلی متحمل به شوری و رقم آرتا نیز به عنوان شاهد حساس به شوری در آزمایش استفاده شدند (Hajizadeh *et al.*, 2009; Poustini *et al.*, 2007; Rajabi *et al.*, 2005). از این‌رو، ۴۱ رقم گندم مورد مطالعه در این تحقیق در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار به صورت دو آزمایش جداگانه، آبیاری با آب شیرین و آبیاری با آب شور، کشت شدند. آب شور از چاهی که آب آن دارای شوری ۱۱/۸ دسی‌زیمنس بر متر بود، تهیه و با تانکر به محل انجام آزمایش حمل و سپس گیاهان آبیاری شدند.

زمین محل اجرای آزمایش در اواخر شهریور ماه پس از شخم خوردن، دیسک و مسطح شد. بر اساس نتایج آزمون خاک و توصیه بخش آب و خاک مرکز مقادیر ۸۰، ۳۰ و ۶۰ کیلوگرم فسفر، پتاس و ازت از منابع فسفات آمونیم، سولفات پتاسیم و اوره در زمان آماده‌سازی زمین به صورت یکنواخت در زمین پخش شد. کودهای فسفات و پتاس و یک سوم اوره هم‌زمان با تهیه زمین و دو سوم باقی‌مانده اوره در دو مرحله پنجه‌زنی و گلدهی مصرف شد. هر کرت آزمایشی شامل شش خط به طول ۲/۵ متر و فاصله خطوط ۲۰ سانتی‌متر بود. خطوط کشت با یک فاروئر دستی به عمق حدودا ۴ الی ۵ سانتیمتر ایجاد شده و بذرها با دست و بر اساس ۳۵۰ دانه در مترمربع در خطوط کشت ریخته و روی آنها با دست پوشانده شد. به منظور سبز شدن و استقرار یکنواخت بوته‌ها در دو شرایط شور و طبیعی آبیاری اول و دوم آزمایش شوری نیز با آب شیرین انجام شد. از مرحله سوم، آبیاری در شرایط شوری با آب شور (EC = ۱۱/۸ dS/m) انجام شد. هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک مزرعه قبل از اعمال تیمار شوری ۳/۶ دسی‌زیمنس بر متر بود که پس از اتمام آزمایش به ۱۰/۲۶ دسی‌زیمنس بر متر افزایش یافت.

برای اندازه‌گیری صفات مورد مطالعه در مرحله گرده‌افشانی از هر رقم پنج بوته رقابت کننده به طور تصادفی در هر تکرار انتخاب، برگ پرچم آن‌ها قطع و داخل پاکت کاغذی به آزمایشگاه منتقل شد. در آزمایشگاه برگ‌ها با آب مقطر شستشو شد و سپس در آون به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۶۰ درجه سلسیوس خشک شدند. سپس میزان سدیم و پتاسیم نمونه‌های برگی با روش شعله‌سنجی (Flame photometry) اندازه‌گیری شد (Tandon, 1995). در زمان برداشت محصول نیز از هر کرت چهار ردیف دو متری برداشت و عملکرد دانه اندازه‌گیری شد. شاخص‌های STI، YSI، MP، GMP، HM، TOL، YI و SSI برای صفت K^+/Na^+ بر اساس فرمول‌های مربوطه (جدول ۱) محاسبه شدند.

جدول ۱- روابط شاخص‌های تحمل تنش
Table 1. Tolerance indices formula

فرمول شاخص Index formula	منبع Reference	فرمول شاخص Index formula	منبع Reference
$SSI = \frac{1-(Y_s/Y_p)}{1-(\bar{Y}_s/\bar{Y}_p)}$	Fischer and Maure, 1978	$STI = \frac{(Y_p)(Y_s)}{(\bar{Y}_p)^2}$	Gavuzzi *et al.*, 1997
$YI = \frac{Y_s}{Y_p}$	Gavuzzi *et al.*, 1997	$YSI = \frac{Y_s}{\bar{Y}_p}$	Bouslama and Schapaugh, 1984
$MP = \frac{Y_p + Y_s}{2}$	Bouslama and Schapaugh, 1984	$GMP = \sqrt{Y_p \times Y_s}$	Sio-Semardeh *et al.*, 2007
$TOL = Y_p - Y_s$	Hossain *et al.*, 1990	$HM = \frac{2 \times Y_p \times Y_s}{Y_p + Y_s}$	Rosielle and Hamblin, 1981

تجزیه خوشه‌ای با روش ادغام بر حسب متوسط فاصله بین گروه‌ها (UPGMA) انجام شد. نقطه برش بر اساس حداکثر اختلاف آماره ویلکس لامبدا (Λ) در دو مرحله متوالی گروه‌بندی تعیین شد. به این ترتیب که مقدار آماره ویلکس لامبدا (Λ_n) وقتی که هر فرد یک خوشه را تشکیل می‌دهد (اندیس n برابر با تعداد خوشه یا افراد است و در این مرحله هنوز هیچ خوشه‌ای تشکیل نشده است) برابر با صفر است و در آخرین مرحله مقدار آماره ویلکس لامبدا (Λ_n) که همه ارقام یک خوشه را تشکیل می‌دهند (اندیس یک برابر با خوشه است و همه افراد در یک خوشه قرار گرفته‌اند)، برابر با یک خواهد بود. با آغاز گروه‌بندی با در نظر گرفتن نقاط برش فرضی و تشکیل خوشه‌ها در هر مرحله تعداد خوشه به عنوان تعداد تیمار و تعداد رقم یا ژنوتیپ درون هر خوشه برابر با تعداد تکرار آن تیمار در نظر گرفته شد. سپس تجزیه واریانس چند متغیره برای یک طرح کاملاً تصادفی با تعداد تیمار برابر با تعداد خوشه انجام و مقدار آماره Λ در آن مرحله و سایر مراحل گروه‌بندی محاسبه شد. سپس اختلاف آماره ویلکس لامبدا را برای تمام مراحل متوالی و پشت سر هم واریانس چند متغیره محاسبه شد. اولین نقطه‌ای که تفاوت دو آماره ویلکس لامبدا بیشترین مقدار (Λ_{K-1}- Λ_K=Max) بود به عنوان نقطه برش انتخاب شد و تعداد خوشه‌ها برابر با K تعیین شد (Johnson and Wichern, 1992). داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS ver. 9.2 (SAS Institute, 2011) و SPSS ver. 20 (SPSS, 2010) تجزیه و تحلیل شدند.

نتایج و بحث

آزمون شاپیرو و ویلک (Shapiro and Wilk 1995) برای نرمال بودن باقیمانده‌ها (جدول ۲) به همراه سایر فرضیات تجزیه واریانس در مورد تمام صفات برای تجزیه واریانس ساده و تجزیه مرکب انجام شد. نتایج تجزیه واریانس مرکب (جدول ۳) نشان داد که اثر رقم و اثر متقابل رقم × تنش بر عملکرد دانه، میزان سدیم، پتاسیم و نسبت پتاسیم به سدیم معنی‌دار بود. معنی‌دار شدن این اثرات نشان دهنده وجود اختلاف ژنتیکی بین این ارقام، وجود تفاوت بین دو شرایط آزمایشی روی صفات مورد مطالعه و واکنش متفاوت ارقام به میزان شوری متفاوت آب آبیاری است.

جدول ۲– مقادیر آماره شاپیرو- ویلک (Shapiro and Wilk, 1965) در آزمون نرمال بودن باقیمانده‌ها

Table 3. Shapiro-Wilk statistic values (Shapiro and Wilk, 1965) in normality test of residuals

Variable	متغیر	درجه آزادی df	آماره شاپیرو و ویلک Shapiro and Wilk Statistic
Grain yield under normal condition	عملکرد دانه در محیط بدون تنش	123	0.986^{ns}
Grain yield under stress condition	عملکرد دانه در محیط تنش	123	0.987^{ns}
Na^+ under normal condition	سدیم در محیط بدون تنش	123	0.979^{ns}
K^+ under normal condition	پتاسیم در محیط بدون تنش	123	0.981^{ns}
K^+/Na^+ ratio under normal condition	نسبت پتاسیم به سدیم در محیط بدون تنش	123	0.980^{ns}
Na^+ under stress condition	سدیم در محیط تنش	123	0.987^{ns}
K^+ under stress condition	پتاسیم در محیط تنش	123	0.988^{ns}
K^+/Na^+ ratio under stress condition	نسبت پتاسیم به سدیم در محیط تنش	123	0.979^{ns}
Stress susceptibility index	شاخص حساسیت به تنش	123	0.983^{ns}
Geometric mean productivity	میانگین هندسی بهره‌وری	123	0.983^{ns}
Mean productivity	میانگین بهره‌وری	123	0.987^{ns}
Stress tolerance index	شاخص تحمل به تنش	123	0.979^{ns}
Tolerance index	شاخص تحمل	123	0.984^{ns}
Harmonic mean	میانگین هارمونیک	123	0.979^{ns}
Yield stability index	شاخص پایداری عملکرد	123	0.980^{ns}
Yield index	شاخص عملکرد	123	0.988^{ns}

^{ns}: Not-significant.

^{ns}: غیرمعنی‌دار.

جدول۳- میانگین مربعات عملکرد دانه و سدیم، پتاسیم و نسبت پتاسیم به سدیم برگ پرچم در تجزیه مرکب

Table 3. Mean squares of grain yield and Na^+, K^+ and K^+/Na^+ of flag leaf in combined analysis

Sources of variation	منابع تغییرات	درجه آزادی df	Mean square میانگین مربعات			
			عملکرد دانه Grain yield	سدیم Na^+	پتاسیم K^+	سدیم/پتاسیم K^+/Na^+
Stress (S)	تنش	1	207887854**	49.1**	4268.3**	262410**
Replication / S	تکرار درون تنش	4	242684.6	0.03	25.08	199
Variety (V)	رقم	40	3693077**	0.93**	46.8**	9951**
S × V	رقم × تنش	40	3202876**	0.67**	14.3**	547**
Error	خطای آزمایش	160	112306	0.002	1.8	60.08
CV (%)	ضریب تغییرات (٪)		7.6%	6.2	4.9	9.1

**: Significant at 1% probability level. *: معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪.

ون جینکل و همکاران (Van Ginkel *et al.*, 1998)، بچنی و همکاران (Bchini *et al.*, 2011) و حسینی و همکاران (Hosseini *et al.*, 2012) نیز به این موضوع اشاره کردند که واکنش ژنوتیپ‌های مختلف در شرایط متفاوت بدون تنش و تنش یکسان نیست. به عبارت دیگر ژنوتیپ‌های مختلف، پاسخ متفاوتی به شرایط محیطی مختلف نشان می‌دهند و اختلاف بین ژنوتیپ‌ها از آزمایشی به آزمایش دیگر یکسان نیست. بررسی غلظت یون‌های سدیم، پتاسیم و نسبت پتاسیم به سدیم نشان داد که غلظت سدیم برگ پرچم در زمان گرده‌افشانی در ارقامی که عملکرد بالاتری در شرایط تنش دارند، مانند روشن، کارچیا، بولانی، افق و طبسی، کمتر از ارقام با عملکرد کمتر، مانند آرتا، تجن، سیروان و بیات است (جدول ۴). به نظر می‌رسد میزان جذب سدیم در ارقامی که در شرایط تنش دارای عملکرد بالایی بودند نسبت به ارقامی که در شرایط تنش عملکرد پایینی دارند، کمتر و یا میزان دفع آن بیشتر باشد. رجبی و همکاران (Rajabi *et al.*, 2005) نیز در تحقیقی به این موضوع اشاره کردند که گیاهان گلیکوفیت از جمله گندم با دفع یون سدیم و کلر از آثار سمی آن‌ها بر گیاه می‌کاهند. همبستگی مثبت و معنی‌دار نسبت پتاسیم به سدیم در شرایط تنش با Ys، (۰/۵۵) در این ارقام نشان می‌دهد (جدول ۵) که ارقام متحمل به شوری در شرایط تنش دارای توانایی جذب بیشتر پتاسیم بوده و در نتیجه درصد کاهش K^+/Na^+ در شرایط تنش در برگ پرچم آن‌ها کمتر است (شکل ۱). فلاورز و یئو (Flowers and Yeo, 1995) و پوستینی و سی و سه مرده (Poustini and Sio-Semardeh, 2004) نیز در گزارشات خود به این نکته اشاره و تایید کردند که میزان پتاسیم و نسبت پتاسیم به سدیم در اندام گیاه رشد یافته تحت شرایط تنش شوری می‌تواند به عنوان شاخص تحمل به شوری گیاه مد نظر قرار گیرد.

نتایج تجزیه واریانس شاخص‌های محاسبه شده بر اساس نسبتپتاسیم به سدیم (K^+/Na^+) نشان داد که بین ارقام مورد بررسی از لحاظ این شاخص‌ها تفاوت معنی‌دار وجود دارد (جدول ۶). از بین شاخص‌های مورد بررسی شاخص‌های MP، GMP، HM و STI همبستگی مثبت و معنی‌دار با نسبت پتاسیم به سدیم در هر دو شرایط بدون تنش و تنش شوری داشتند. این موضوع نشان می‌دهد که ارقام انتخابی بر اساس این شاخص‌ها مانند افق، بم، بولانی، روشن، کارچیا، دارای عملکرد بالا در هر دو محیط هستند (جدول ۷). ایزددوست و همکاران (Izaddoost *et al.*, 2013)، نجفی و گراوندی (Najaphy and Geravandi, 2011) و حسینی و همکاران (Hosseini *et al.*, 2012) نیز در تحقیقی روی شاخص‌های محاسبه شده بر اساس عملکرد دانه، این شاخص‌ها را به عنوان بهترین شاخص‌ها جهت انتخاب ارقام متحمل به تنش معرفی کردند. توانایی گیاهان در تبعیض قائل شدن بین انتقال پتاسیم و سدیم به اندام‌های هوایی گیاه که به وضعیت تحمل به شوری گیاه برمی‌گردد (Gorham, 1990)، در تحقیقات فلاورز و یئو (Flowers and Yeo, 1995) و پوستینی و سی و سه مرده (Poustini and Sio-Semardeh, 2004) نیز اشاره شده است.

جدول ۴- میانگین سدیم، پتاسیم و نسبت پتاسیم به سدیم برگ پرچم در شرایط تنش و بدون تنش

Table 4. K^+, Na^+ and K^+/Na^+ ratio of the flag leaf under stress and normal conditions

Variety	رقم	شرایط بدون تنش Normal condition			شرایط تنش Stress condition			درصد کاهش سدیم/پتاسیم
		سدیم Na^+	پتاسیم K^+	سدیم/پتاسیم K^+/Na^+	سدیم Na^+	پتاسیم K^+	سدیم/پتاسیم K^+/Na^+	Redusing K^+/Na^+ (%)
Parsi	پارسی	0.21	20.3	96.8	1.08	22.2	21	78.9
BCRoshan	روشن	0.19	20.6	106.9	1.19	23	16.5	84.5
Bahar	بهار	0.26	19.6	75.8	1.43	23	14.3	81.1
Morvarid	مروارید	0.26	21.6	82.4	1.28	22	14.1	82.8
Pishtaz	پیشتاز	0.14	26.6	168.1	0.39	30	85.6	49.0
Tajan	تجن	0.25	22.6	88.3	1.48	21.1	14.8	83.2
Hirmand	هیرمند	0.24	21.0	87.4	1.41	18.7	16.8	80.7
Sivand	سیوند	0.27	20.3	73.6	1.76	19	11.7	84.1
Hamoon	هامون	0.22	19.3	85.7	1.31	17.28	13	84.8
Sirvan	سیروان	0.18	23.3	111.1	1.58	21.4	13	88.2
Ofogh	افق	0.27	23.3	86.5	0.51	27.4	56.3	34.9
Arg	ارگ	0.12	22.6	181.4	0.30	28	94.4	47.9
Akbari	اکبری	0.15	23.3	149.5	0.39	30.6	78.2	47.6
Roshan	روشن	0.16	24.6	154.4	0.33	27	82.4	46.6
Chamran	چمران	0.24	23.6	96.5	1.24	21.6	18.1	81.2
Niknejad	نیک‌نژاد	0.18	23.3	129.8	0.36	25.1	69.4	46.5
Gonbad	گنبد	0.29	25.3	87.4	1.78	23.8	14.7	83.1
Sistan	سیستان	0.11	28	245.9	0.35	30.0	86.9	64.6
Arta	آرتا	0.26	24.3	87.2	1.56	21.8	12.8	85.3
Kavir	کویر	0.17	23.0	132.8	0.36	26.8	74.1	44.2
Alvand	الوند	0.32	23.6	73.9	1.16	19.3	17.2	76.7
Sorkhtokhm	سرخ‌تخم	0.26	23.0	86.3	0.61	27.7	45.6	47.1
Mahooti	ماهوتی	0.13	22.3	167.9	0.37	25.3	69.3	58.7
Mahdavi	مهدوی	0.28	24.0	94.7	1.25	21.7	16.9	82.1
Bayat	بیات	0.27	23.0	84.1	1.82	19.7	11.6	86.2
Bzostaya	بزوستایا	0.12	28.3	179.9	0.39	35.3	90.1	49.9
Inya	اینیا	0.11	29.3	200.5	0.34	36.0	104.3	47.9
Darab2	داراب۲	0.20	24.3	123.7	0.55	28.0	50.4	59.2
Tabasi	طبسی	0. 14	24.6	172.2	0.45	30.6	68.6	60.1
Marvdasht	مرودشت	0.11	22.0	188.8	0.35	26.6	76.8	59.3
Neishaboor	نیشابور	0.16	22.6	138.8	0.35	29.0	83.6	39.7
Moghan3	مغان۳	0.33	25.0	75.8	1.49	20.7.6	13.9	81.6
Falat	فلات	0.34	25.3	74.5	2.14	24.1	11.6	84.4
Ghods	قدس	0.26	23.6	89.9	1.94	21.8	13.5	84.9
Shiraz	شیراز	0.26	21.0	78.8	1.59	21.3	13.4	82.9
Shiroodi	شیرودی	0.30	22.0	72.5	1.33	21.0	16.8	76.8
Gaspard	گاسپارد	0.35	21.3	50.3	1.89	19.2	10.4	82.7
Bam	بم	0.15	23.0	153.6	0.40	27.5	68.8	55.2
Shoeleh	شعله	0.11	23.3	200.2	0.27	24.3	90.5	54.7
Bolani	بولانی	0.19	24.6	127.7	0.37	26.6	71.6	43.9
Karchia	کارچیا	0.24	24.6	102.8	0.53	28.0	68.3	33.5

جدول ۵- ضرایب همبستگی بین عملکرد دانه، نسبت پتاسیم به سدیم و شاخص‌های تحمل به شوری

Table 5. Correlation coefficients among grain yield, K^+/Na^+ ratio and salinity tolerance indices

شاخص Index	Yp	Ys	$(K^+/Na^+)P$	$(K^+/Na^+)S$	$(K^+/Na^+)R$	STI	MP	GMP	HM	YSI	SSI	YI
Yp	1											
Ys	0.07^{ns}	1										
$(K^+/Na^+)P$	-0.18*	-0.09^{ns}	1									
$(K^+/Na^+)S$	-0.04^{ns}	0.55**	0.55**	1								
$(K^+/Na^+)R$	-0.02^{ns}	-0.8**	-0.11^{ns}	-0.86**	1							
STI	-0.05^{ns}	0.54**	0.22**	0.76**	-0.78**	1						
MP	-0.03^{ns}	0.59**	0.19*	0.77**	-0.81**	0.98**	1					
GMP	-0.04^{ns}	0.63**	0.18*	0.79**	-0.84**	0.98**	0.99**	1				
HM	-0.05^{ns}	0.66**	0.17*	0.79**	-0.86**	0.97**	0.98**	0.99**	1			
YSI	-0.04^{ns}	0.79**	0.03^{ns}	0.72**	-0.88**	0.76**	0.77**	0.828*	0.86**	1		
SSI	0.04^{ns}	-0.79**	-0.03^{ns}	-0.72**	0.88**	-0.76**	-0.7**	-0.8**	-0.86**	-1**	1	
YI	-0.05^{ns}	0.68**	0.16^{ns}	0.79**	-0.87**	0.96**	0.98**	0.98**	0.99**	0.9**	-0.9**	1
TOL	0.04^{ns}	-0.29*	0.14^{ns}	-0.05^{ns}	0.18^{ns}	0.17*	0.2*	0.1^{ns}	0.04^{ns}	-0.4**	0.42**	-0.05^{ns}

^{ns} و **: به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪.

†: شاخص‌ها عبارت‌اند از: Yp عملکرد دانه تحت شرایط بدون تنش، Ys عملکرد دانه تحت شرایط تنش شوری، $(K^+/Na^+)P$ نسبت پتاسیم به سدیم تحت شرایط بدون تنش، $(K^+/Na^+)S$ نسبت پتاسیم به سدیم تحت شرایط تنش، $(K^+/Na^+)R$ درصد کاهش پتاسیم به سدیم، STI شاخص تحمل به تنش، MP میانگین بهره‌وری، GMP میانگین هندسی بهره‌وری، HM میانگین هارمونیک، YSI شاخص تحمل به تنش، SSI شاخص حساسیت به تنش، STI شاخص عملکرد، TOL شاخص تحمل.

^{ns} and **: Not-significant and significant at 1% probability level, respectively.

†: The indices are including: Yp, grain yield under normal condition; Ys, grain yield under stress condition; $(K^+/Na^+)P$, K^+/Na^+ ratio under normal condition; $(K^+/Na^+)S$, K^+/Na^+ ratio under stress condition; $(K^+/Na^+)R$, redising K^+/Na^+ percentage; STI, stress tolerance index; MP, mean productivity; GMP, geometric mean productivity, HM, harmonic mean productivity; YSI, yield stability index; SSI, stress susceptibility index; YI, yield index; TOL, tolerance index.

جدول ۶- تجزیه واریانس شاخص‌های تحمل به شوری محاسبه شده بر اساس نسبت K^+/Na^+

Table 6. Analysis of variance of the salinity tolerance indices calculated based on K^+/Na^+ ratio

منابع تغییرات Sources of variations	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean square							
		SSI	GMP	MP	STI	TOL	HM	YSI	YI
تکرار Replication	2	0.025^{ns}	30.9^{ns}	84.4	0.009^{ns}	458.48^{ns}	10.12^{ns}	0.007^{ns}	20.56^{ns}
رقم Variety	40	0.48**	5909.72**	4975.64**	0.904**	1094.94**	6533.79**	0.148**	24148.5**
خطای آزمایش Error	80	0.006	41.35	41.04	0.015	74.69	44.38	0.002	238.3
ضریب تغییرات (٪) CV (%)		19.8	8.4	7.5	22.1	13.2	9.6	11.6	13.1

^{ns} و **: به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪.

†: SSI شاخص حساسیت به تنش، MP میانگین بهره‌وری، GMP میانگین هندسی بهره‌وری، HM میانگین هارمونیک، STI شاخص تحمل به تنش، TOL شاخص تحمل، YI شاخص عملکرد، YSI شاخص پایداری عملکرد.

^{ns} and **: Not-significant and significant at 1% probability level, respectively.

†: SSI, stress susceptibility index; MP, mean productivity; GMP, geometric mean productivity, HM, harmonic mean productivity; STI, stress tolerance index; TOL, tolerance index; YI, yield index; YSI, yield stability index.

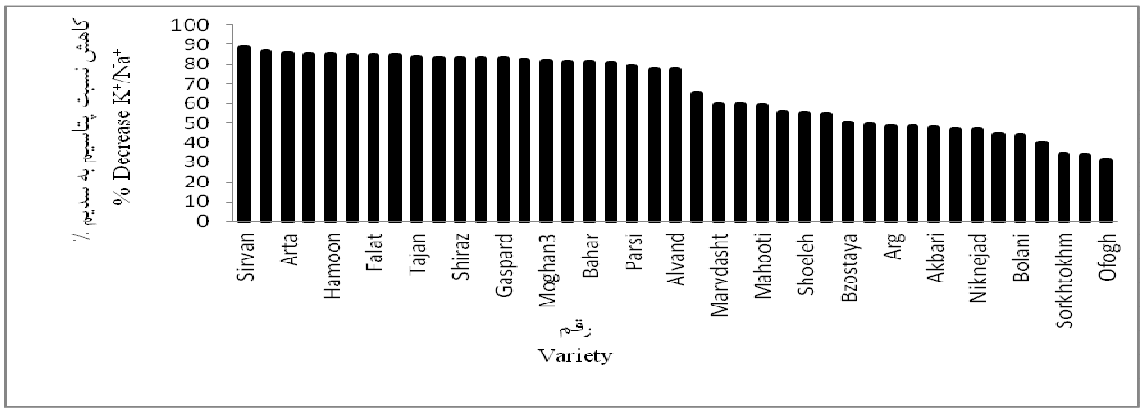
می‌توان اظهار کرد که میزان پتاسیم و نسبت پتاسیم به سدیم در برگ پرچم گیاه بالغ در شرایط تنش شوری می‌تواند به عنوان شاخص تحمل به شوری گیاه مد نظر قرار گیرد. با توجه به اینکه شاخص‌ها (STI، MP، GMP، HM، YSI و YI) بر مبنای نسبت K^+/Na^+ محاسبه شدند، از این‌رو همبستگی غیرمعنی‌دار این شاخص‌ها با عملکرد در شرایط بدون تنش حاکی از عدم وجود ارتباط بین این صفات در شرایط بدون تنش بود، یعنی وقتی گیاه با هیچگونه تنش شوری مواجه نیست تغییری در تبادل یون‌های سدیم و پتاسیم رخ نخواهد داد. از طرف دیگر در شرایط تنش شوری گیاه به سرعت مبادله یون‌های پتاسیم را با سدیم افزایش داده و باعث افزایش نسبت K^+/Na^+ در شرایط تنش شوری می‌شود. بنابراین همبستگی مثبت و معنی‌دار بین این صفات نشان‌دهنده تغییرات همسو بین نسبت K^+/Na^+ در شرایط بدون تنش و عملکرد بود که می‌تواند ملاک انتخاب ارقام متحمل به تنش شوری با عملکرد بالا قرار گیرد.

همچنین همبستگی منفی و بسیار معنی‌دار درصد کاهش نسبت K^+/Na^+ با Ys و چهار شاخص MP، GMP، HM و STI می‌تواند تاییدی بر این موضوع باشد (جدول ۵). پوستینی و سی و سه‌مرده (Poustini and Sio-Semardeh, 2004) نیز گزارش کردند که بالا بودن نسبت پتاسیم به سدیم در شرایط تنش و یا پایین بودن درصد کاهش این نسبت زمانی‌که گیاه با تنش مواجه می‌شود، دلیل بر تحمل گیاه به تنش است. حفنی و همکاران (Hefny *et al.*, 2013) در بررسی اثر شوری بر سورگوم و عباس‌زاده و همکاران (Abbaszadeh *et al.*, 2012) در بررسی اثر شوری بر کلزا به وجود همبستگی بین شاخص‌های محاسبه شده بر اساس نسبت K^+/Na^+ با Ys اشاره کردند و استفاده از این شاخص‌ها را برای تعیین وضعیت تحمل به شوری گیاه مناسب دانستند.

شاخص‌های YI و YSI دارای همبستگی مثبت و معنی‌دار با صفت نسبت K^+/Na^+ در شرایط تنش بودند. همبستگی این شاخص‌ها با نسبت K^+/Na^+ در شرایط بدون تنش معنی‌دار نبود. بنابراین گیاهان انتخابی بر اساس این شاخص‌ها دارای K^+/Na^+ بالا و در نتیجه عملکرد بالا در شرایط تنش می‌باشند. همبستگی مثبت و معنی‌دار این شاخص‌ها با Ys و همبستگی منفی و معنی‌دار با درصد کاهش K^+/Na^+ این موضوع را تایید می‌کند. همبستگی آن‌ها با Yp معنی‌دار نبود. انتخاب بر اساس این شاخص‌ها باعث افزایش K^+/Na^+ و در نتیجه افزایش Ys خواهد شد، ولی Yp را افزایش نخواهد داد. شاخص SSI نیز دارای همبستگی منفی و معنی‌دار با نسبت پتاسیم به سدیم در شرایط تنش و عدم همبستگی با این نسبت در شرایط بدون تنش بود. همبستگی این شاخص با درصد کاهش K^+/Na^+ مثبت و معنی‌دار بود. بنابراین ارقام انتخابی بر اساس میزان کم این شاخص در شرایط تنش دارای نسبت بالای پتاسیم به سدیم بوده و در نتیجه دارای عملکرد بالا در شرایط تنش هستند. همبستگی منفی و معنی‌دار این شاخص با Ys این نتیجه را تایید می‌کند. همبستگی شاخص TOL با این نسبت در هیچ‌کدام از محیط‌ها معنی‌دار نبود. همانگونه که جدول ۵ هم نشان داده شده است، این شاخص قادر به انتخاب ارقام متحمل نیست چرا که کم بودن این شاخص ممکن است به دلیل کم بودن این نسبت در هر دو محیط (مثل رقم گاسپارد)، و در نتیجه حساسیت به تنش آن رقم باشد. ایزددوست و همکاران (Izaddoost *et al.*, 2013) و سی و سه مرده و همکاران (Sio-Se Mardeh *et al.*, 2007) نیز در آزمایشات خود بر روی شاخص‌های محاسبه شده بر اساس عملکرد به ضعف شاخص TOL اشاره کردند.

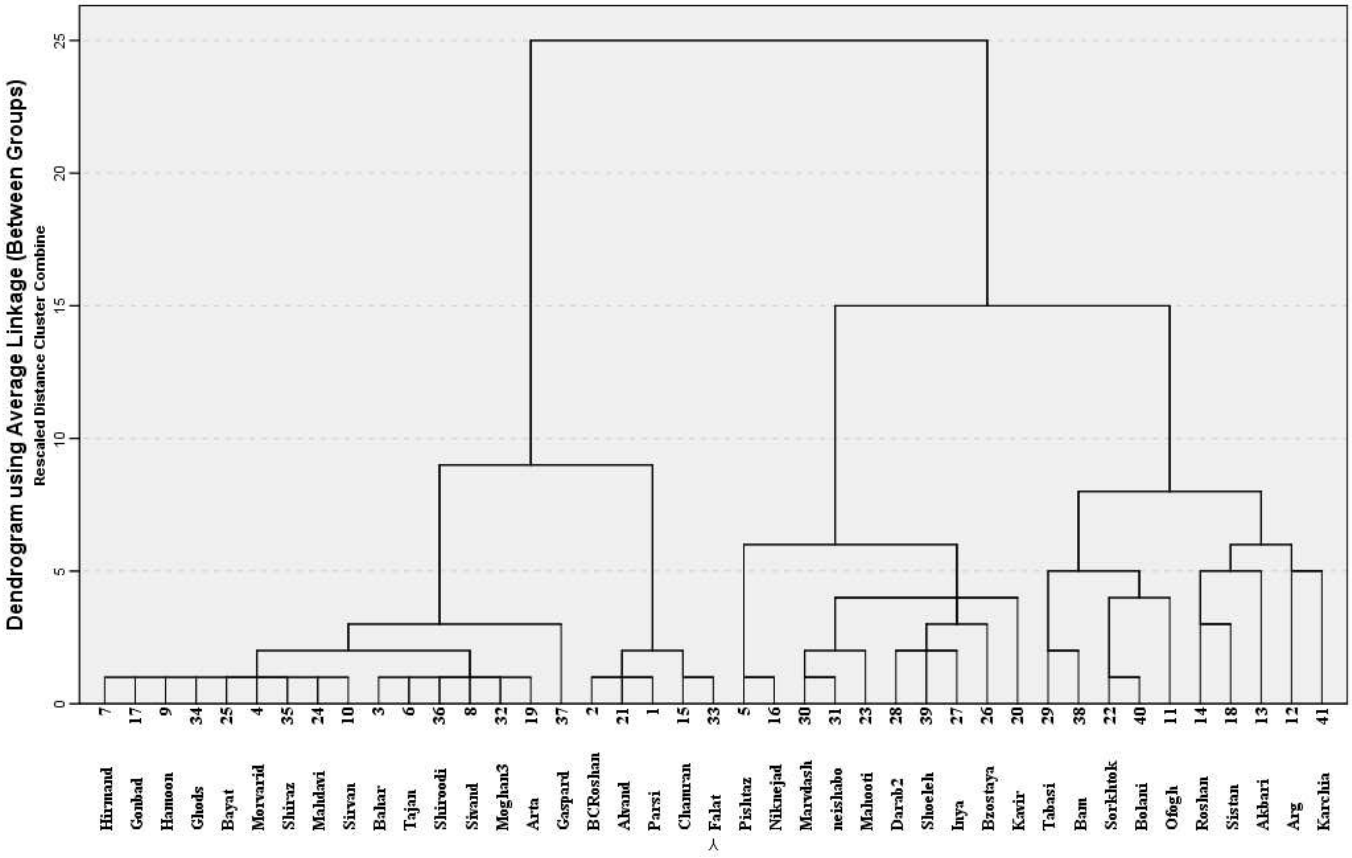
تجزیه خوشه‌ای در دو مرحله (یک مرحله با استفاده از تمام شاخص‌ها و مرحله دوم با حذف شاخص TOL) انجام شد. در مرحله اول ارقام به سه گروه دسته‌بندی شدند و ارقام سیستان و اینیا علی‌رغم نسبت پتاسیم به سدیم بالا و عملکرد خوب در شرایط تنش، در گروه ارقام حساس و ارقام شیراز و گاسپارد با نسبت پتاسیم به سدیم کم و عملکرد کم در شرایط تنش، در گروه ارقام متحمل قرار گرفتند. تجزیه خوشه‌ای در مرحله دوم ارقام را در سه گروه حساس، نیمه‌متحمل و متحمل گروه‌بندی کرد. در این گروه‌بندی رقم سیستان به همراه ارقام کارچیا، ارگ، اکبری، افق، بولانی، سرخ‌تخم، بم و طبسی و رقم شاهد متحمل روشن در گروه ارقام متحمل و ارقام شیراز و گاسپارد و ۱۲ رقم هیرمند، گنبد، قدس، بیات، مروارید، مهدوی، سیروان، بهار، تجن، شیرودی، سیوند و مغان۳ به همراه رقم شاهد حساس آرتا در گروه ارقام حساس قرار گرفتند (شکل ۲). زادوریان و همکاران (Zadorian *et al.*, 2011)، نیز در آزمایشی گزارش کردند که رقم کویر و بم در گروه ارقام متحمل به شوری قرار دارند. نتایج آزمایش رجبی و همکاران (Rajabi *et al.*, 2005) نیز نشان داد که ارقام کویر، طبسی، روشن، ماهوتی، کارچیا،

سرخ‌تخم و داراب ارقام متحمل به شوری هستند. بر اساس گزارش پوستینی و سی و سه‌مرده (Poustini and Sio-Semardeh, 2004) و پوستینی و همکاران (Poustini *et al.*, 2007)، ارقام طبسی، کویر، شعله، روشن، کارچیا، نیک‌نژاد، بزوستایا، اینیا، بولانی و مرودشت در گروه ارقام متحمل و ارقام مهدوی، شیراز، ماهوتی، فلات، الوند، تجن، قدس و بیات در گروه ارقام حساس قرار دارند.



شکل ۱- درصد کاهش نسبت پتاسیم به سدیم برگ پرچم در ارقام گندم

Figure 1. Percent reduction of K^+/Na^+ ratio of flag leaf in wheat varieties



شکل ۲- نمودار درختی تجزیه خوشه‌ای با روش UPGMA بر مبنای شاخص‌های مورد مطالعه بدون شاخص TOL

Figure 2. Dendrogram of the cluster analysis by UPGMA method based on tolerance indices without TOL index.

نتیجه‌گیری کلی

نتایج این تحقیق نشان داد که بالا بودن نسبت پتاسیم به سدیم تحت شرایط بدون تنش ارتباطی با تحمل گیاه به تنش ندارد و در مقابل، بالا بودن این نسبت تحت شرایط تنش و به عبارت دیگر درصد کاهش این نسبت جهت تشخیص وضعیت تحمل به شوری گیاه مهم است. از این‌رو، شاخص‌هایی مناسب هستند که انتخاب بر اساس آن‌ها منجر به انتخاب ارقامی شود که این نسبت در شرایط تنش در آن‌ها بالا و یا درصد کاهش این نسبت در آن‌ها پایین باشد. به عبارتی ژن یا ژن‌های کنترل‌کننده این صفت زمانی که گیاه با تنش مواجه باشد، فعال می‌شوند و انتخاب گیاه متحمل بر اساس این شاخص‌ها تحت شرایط تنش امکان‌پذیر است. بنابراین همبستگی معنی‌دار شاخص‌های محاسبه شده بر اساس نسبت مهم K^+/Na^+ با عملکرد به‌ویژه تحت شرایط تنش، حاکی از این است که استفاده از آن‌ها به منظور انتخاب ارقام متحمل قبل از تعیین عملکرد دانه و یا جهت غربالگری تعداد زیاد ژنوتیپ مفید و موثر است و این شاخص‌ها می‌توانند به عنوان معیاری مهم و موثر جهت انتخاب ارقام متحمل به شوری و پرمحصول مورد استفاده قرار گیرند. مزیت دیگر استفاده از نسبت K^+/Na^+ و شاخص‌های محاسبه شده بر اساس این نسبت آن است که قبل از رشد نهایی و برداشت گیاه و حتی در مراحل گیاهچه‌ای می‌توان از آن‌ها استفاده و ارقام متحمل و حساس را شناسایی کرد و در نتیجه سرعت و دقت کار بالاتر خواهد رفت.

References

Abbaszadeh, F. 2012. Salinity stress indices of seed yield and nutrient compositions in rapeseed (*Brassica napus L.*). **International Journal of Biology** 4: 154-162.

Bchini, H., Chaabane, R., Mosbahi, M., Ben Naceur, M. and Sayar, R. 2011. Application salt tolerance indices for screening barley. **Intenational Journal of Current Research** 3: 8-13.

Bouslama, M. and Schapaugh, W. T. 1984. Stress tolerance in soybean. Part 1: Evaluation of three screening techniques for heat and drought tolerance. **Crop Science** 24: 933-937.

Downton, W. J. S. 1978. Growth and flowering of salt stressed avocado trees. **Australian Journal of Agricultural Research** 29: 423-524.

Fernandez, G. C. J. 1992. Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. Proceeding of the International Symposium on Adaptation of Vegetables and Other Food Crops in Temperature and Water Stress Tolerance. Asian Vegetable Research and Development Centre, August 13-18, Taiwan. pp: 257-270.

Flowers, T. J. and Yeo, A. R. 1995. Breeding for salinity resistance in crop plants: Where next. **Australian Journal of Plant Physiology** 22: 875-884.

Fischer, R. A. and Maure, R. 1978. Drought response in spring wheat cultivars. I: Grain yield responses. **Australian Journal of Agricultural Research** 29: 897-912.

Gavuzzi, P., Rizza, F., Palumbo, M., Campaline, R. G., Ricciardi, G. L. and Borghi, B. 1997. Evaluation of field and laboratory predictors of drought and heat tolerance in winter cereals. **Canadian Journal of Plant Science** 77: 523-531.

Gorham, J., Wyn Jones, R. G. and Bristol, A. 1990. Partial characterization of the trait for enhanced K^+/Na^+ discrimination in the D genome of wheat. **Planta** 180: 590-597.

Hajizadeh, S., Nakhoda, B., Mohammadi-Nejad, G., Tabatabaee, M. T. and Zarandi, S. 2009. Indicators of salinity tolerance in 20 genotypes of bread wheat. Retrieved September 26, 2012. from www.iau-saveh.ac.ir/Files/Congress-DataSend/411_2011-08-21_02.20.43_shakes tahamol 1.doc.

Hefny, M. M., Rabei Metwali, E. M. and Ibrahem Mohamed, A. 2013. Assessment of genetic diversity of sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) genotypes under saline irrigation water based on some selection indices. **Australian Journal of Crop Science** 7: 1935-1954.

Hosseini, S. J., Tahmasebi Sarvestani, Z. and Pirdashti, H. 2012. Analysis of tolerance indices in some rice (*Oryza sativa* L.) genotypes at salt stress condition. **International Research Journal of Applied and Basic Sciences** 3: 1-10.

Hossain, A. B. S., Sears, A. G., Cox, T. S. and Aulsen, G. M. P. 1990. Desiccation tolerance and its relationship to assimilate partitioning in winter wheat. **Crop Science** 30: 622-627.

Izaddoost, H., Samizadeh, H., Rabiei, B. and Abdollahi, S. 2013. Evaluation of salt tolerance in rice (*Oryza sativa* L.) cultivars and lines with emphasis on stress tolerance indices. **Cereal Research** 3: 167-180. (In Persian with English Abstract).

Johnson, R. A. and Wichern, D. W. 1992. Applied multivariate statistical analysis ($3^{th.}$ Ed.). U.S.A. The Iowa State University Press.

Munns, R., Husain, S., Rivelli, A. R., James, R. A., Condon, A. G., Lindsay, M. P., Lagudah, E. S., Schachtman, D. P. and Hare, R. A. 2002. Avenues for increasing salt tolerance of crops, and the role of physiologically-based selection traits. **Plant and Soil** 247: 93-105.

Najaphy, A. and Geravandi, M. 2011. Assessment of indices to identify wheat genotypes adapted to irrigated and rain-fed environments. **Advances in Environmental Biology** 5: 3212-3218.

Poustini, K. and Sio-Semardeh, A. 2004. Ion distribution in wheat cultivars in response to salinity stress. **Field Crops Research** 85: 125-133.

Poustini, K., Sio-Semardeh, A. and Ranjbar, M. 2007. Proline accumulation as a response to salt stress in 30 wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars differing in salt tolerance. **Genetic Resources and Crop Evolution** 54 (5): 925-934.

Rajabi, R., Poustini, K., Jahanipour, P. and Ahmadi, A. 2005. Effects of salinity on yield and some physiological characteristics of 30 wheat varieties. **Journal of Agricultural Science** 153-163. (In Persian with English Abstract).

Rezvani Moghaddam, P. and Koocheki, A. 2001. Research history on salt affected lands of Iran: Present and future prospects: Halophytic ecosystem. International Symposium on Prospects of Saline Agriculture in the Gulf Cooperation Council Countries. March 18-20, 2001, Dubai, UAE.

Rosielle, A. A. and Hamblin, J. 1981. Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress environment. **Crop Science** 21: 943-946.

SAS Institute. 2011. SAS/STAT user's guide, second edition. SAS institute Inc., Cary, NC.

Sharma, S. K. 1996. Effects of salinity on uptake and distribution of Na^+, Cl^- and K^+ in two wheat cultivars. **Biologia Plantarum** 38: 261-267.

Shapiro, S. S. and Wilk, M. B. 1965. An analysis of variance test for normality (complete samples). **Biometrika** 52: 591-611.

Sio-Semardeh, A., Ahmadi, A., Poustini, K. and Mohammadi, V. 2007. Evaluation of drought resistance indices under various environmental conditions. **Field Crops Research** 98: 222-229.

SPSS. 2010. SPSS 20. Users Guide. Chicago, IL, USA.

Stuciffe, J. and .Baker, D. A. 1981. Plants and mineral salts. Edward Arnold Publisher, Southampton. pp: 16-18.

Tandon, H. L. S. 1995. Estimation of sodium and potassium. Methods of Analysis of Soils, Plants, Water and Fertilizers, FDCO, New Delhi. 62-63.

Van Ginkel, M., Calhoun, D. S., Gebeyehu, G. and Miranda, A. 1998. Plant traits related to yield of wheat in early, late, or continuous drought conditions. **Euphytica** 100: 109-112.

Zadorian, G., Khodarahmi, M., Amini, A. and Mostafavi, Kh. 2011. Study of effect of NaCl salinity on the biomass of commercial varieties of wheat at seedling stage. **Agronomy and Plant Breeding Journal** 7: 69-83. (In Persian with English Abstract).

University of Guilan
Faculty of Agricultural Sciences

Cereal Research
Vol. 6, No. 2, Summer 2016 (133-144)

Assessing salinity tolerance of bread wheat varieties using tolerance indices based on K^+/Na^+ ratio of flag leaf

Seyed Zabihallah Ravari[1], Hamid Dehghani[2*] and Hormozd Naghavi[3]

Received: April 12, 2015 Accepted: August 10, 2015

Abstract

In arid and semi-arid regions of the world including Iran, soil salinity is one of the major abiotic stresses. One of the ways to achieve high performance in these areas is using salt tolerant varieties. To assess salt tolerance indices, 41 bread wheat varieties planted in randomized complete block design with three replications under normal and saline irrigation conditions (0.631 and 11.8 dS/m, respectively) in Agriculture and Natural Resources Research Center, Kerman, Iran, in 2012. The results of analysis of variance showed significant effect of salinity on grain yield, sodium content, potassium content and K^+/Na^+ ratio in flag leaf of the studied genotypes. Evaluating the correlation coefficients among recorded data indicated that there were the significant correlations between K^+/Na^+ ratio under both condition and the indices of mean productivity (MP), geometric mean productivity (GMP), harmonic mean (HM) and stress tolerance index (STI) calculated based on this ratio. Therefore, MP, GMP, HM and STI indices were the best indices for selecting tolerant genotypes. Based on these indices, the genotypes Tabasi, Arg, Akbari, Bam, Sorkhtokhm, Bolani, Sistan, Karchia and Roshan were selected as salinity tolerant genotypes. These genotypes had also high K^+/Na^+ ratio under both normal and saline condition. Also, the significant correlation between these indices and grain yield under stress condition showed that these indices will be useful to screen a huge set of genotypes and/or to select tolerant genotypes before determining the grain yield and is recommended as the suitable criteria for selecting the salinity tolerant and high grain yield genotypes.

Keywords: Grain yield, Salinity stress, Tolerance, Wheat

1. Ph. D. Student, Dept. of Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran
2. Assoc. Prof., Dept. of Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran
3. Research Assist. Prof., Kerman Agriculture and Natural Resources Research Center, Kerman, Iran
[*] Corresponding author: dehghanr@modares.ac.ir