دانشگاه گیلان
دانشکده علوم کشاورزی

تحقیقات غلات
دوره پنجم/ شماره دوم/ تابستان ۱۳۹۴ (۱۵۷-۱۴۵)

ارزیابی پاسخ به تنش شوری در برخی ارقام گندم نان به کمک شاخص‌های تحمل به تنش

معصومه کنفی لسکوکلایه[۱]، حمید دهقانی[۲*] و جان دوراک[۳]

۱ و ۲- به ترتیب دانش آموخته کارشناسی ارشد و دانشیار گروه اصلاح نباتات دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس،
۳- استاد گروه اصلاح نباتات دانشگاه کالیفرنیا، آمریکا

(تاریخ دریافت: ۹۳/۳/۴- تاریخ پذیرش: ۹۳/۱۱/۲۷)

چکیده

تنش شوری از مهم‌ترین تنش‌های غیر زنده است که همه ساله کشت گیاهان زراعی را در مناطق وسیعی از کشور تحت تأثیر قرار می‌دهد. از آنجا که عملکرد محصولات در اثر سمیت نمک‌ها کاهش می‌یابد، از این‌رو تولید و معرفی ارقام پر محصول و متحمل به شوری در تلفیق با سایر روش‌های مبارزه با شوری آب و خاک می‌تواند تأثیر این پدیده را به حداقل برساند. در تحقیق حاضر، به منظور ارزیابی ارقام گندم نان (*Triticum aestivum* L.) برای تحمل به شوری، ۴۱ رقم گندم در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در دو شرایط بدون تنش و تنش شوری مورد بررسی قرار گرفتند. ارزیابی ارقام برای تحمل به شوری با استفاده از هشت شاخص تحمل و حساسیت به تنش انجام شد. ارقام از نظر عملکرد دانه دارای اختلاف معنی‌داری با یکدیگر بودند. تحلیل همبستگی بین شاخص‌ها و میانگین عملکرد در دو شرایط محیطی نشان داد که مناسب‌ترین شاخص‌ها برای گزینش ارقام مورد بررسی، چهار شاخص میانگین هندسی بهره‌وری (GMP)، میانگین بهره‌وری (MP) میانگین هارمونیک (HM) و شاخص تحمل به تنش (STI) بودند. تجزیه به مولفه‌های اصلی بر مبنای شاخص‌های تحمل و حساسیت به تنش، ۹۷/۱۵ درصد از تغییرات کل ارقام را توجیه کرد. تجزیه خوشه‌ای بر اساس این شاخص‌ها نیز ارقام مورد بررسی را در چهار خوشه گروه‌بندی کرد. در مجموع، بر طبق نمودار پراکنش سه بعدی، تحلیل بای‌پلات و تجزیه خوشه‌ای، ارقام شاهد، شیراز و ارگ به عنوان ارقام متحمل به شوری تعیین شدند تا در برنامه‌های اصلاحی آتی مورد استفاده قرار گیرند.

واژه‌های کلیدی: بای‌پلات، تجزیه خوشه‌ای، عملکرد دانه، مولفه‌های اصلی

* نویسنده مسئول: dehghanr@modares.ac.ir

Archive of SID
www.SID.ir

مقدمه

تنش شوری در سراسر تاریخ بشر تهدیدی جدی برای کشاورزی جهان بوده است (Lobell *et al.*, 2007). تخمین زده شده که حداقل ۱/۶ میلیون هکتار از اراضی حاصلخیز جهان در اثر شوری نابود شده‌اند (Buringh, 1977). این در حالی است که در حدود ۲۰ درصد یا ۴۵/۴ میلیون هکتار از مزارع آبی جهان تحت تأثیر شوری قرار دارند (Ghassemi *et al.*, 1995). بیش از ۷۷ هکتار از مزارع جهان تحت تأثیر شوری ثانویه قرار دارند که از این میان ۲۰ درصد را اراضی آبی و ۲ درصد را اراضی دیم به خود اختصاص داده‌اند (FAO, 2000). این در حالی است که بیش از ۵۰ درصد زمین‌های تحت کشت در ایران تحت تأثیر شوری‌های ثانویه قرار دارند (Szabolcs, 1988). اثرات شوری ۱۶ هکتار از مزارع کشاورزی و هشت هکتار از زمین‌های غیر زراعی ایران را پوشش می‌دهد (Gardner, 1996). عملکرد محصولات تولید شده در این شرایط در اثر سمیت نمک‌ها کاهش می‌یابد (Eckholm, 1976). تنها راه مناسب برای بهبود و پایداری عملکرد گندم در محیط‌های شور، اصلاح آن به منظور تحمل شوری می‌باشد (Genc *et al.*, 2007).

براساس تقسیم‌بندی مس و هافمن (Mass and Hoffman, 1977)، گندم (*Triticum aestivum* L.) دارای تحمل متوسط به تنش شوری می‌باشد. به عبارت دیگر می‌تواند غلظت ۱۰۰ میلی مولار NaCl (در حدود ۱۰ دسی زیمنس) را تحمل نماید. گیاه بالغ برنج در این شرایط قادر به رشد نخواهد بود. در حالی، که گندم تنها کاهش عملکرد پیدا می‌کند. به نظر می‌رسد تولید و معرفی ارقام پرمحصول و متحمل به شوری در گندم از مؤثرترین راهکارهایی است که در تلفیق با سایر روش‌های مدیریت تنش شوری می‌تواند تأثیر آن را تا حد زیادی کاهش دهد (Flower and Yeo, 1995; Shannon, 1997). جهت ارزیابی آسان‌تر ژنوتیپ‌ها در مواجهه با شوری و ارقام متحمل به تنش شوری شاخص‌های مختلفی به عنوان معیار گزینش ژنوتیپ‌ها براساس عملکرد آن‌ها در شرایط تنش و بهینه پشنهاد شده‌اند. روسیل و هامبلین (Rosielle and Hamblin, 1981)، شاخص تحمل به تنش (Tolerance Index, TOL) و میانگین بهره‌وری (Mean Productivity, MP) را معرفی نمودند. شاخص حساسیت به تنش (Stress Susceptibility Index, SSI) توسط فیشر و مور (Fisher and Mourer,1987) ارائه شد. فرناندز (Fernandez, 1992) در بررسی عملکرد ژنوتیپ‌ها در دو محیط (شرایط تنش و بدون تنش) واکنش گیاهان را به چهار گروه تقسیم نمود. ژنوتیپ‌هایی که در هر دو شرایط تنش و غیرتنش عملکرد بالایی دارند؛ در گروه A، ژنوتیپ‌هایی که فقط در شرایط مطلوب عملکرد خوبی دارند؛ در گروه B، ژنوتیپ‌هایی که در شرایط تنش عملکرد نسبی بالاتری دارند؛ در گروه C و ژنوتیپ‌هایی که در هر دو محیط دارای عملکرد پایینی هستند؛ در گروه D، تقسیم‌بندی شدند. لازم به ذکر است که شاخص MP قابلیت لازم برای تفکیک گروه‌های A و B را ندارد (Rosielle and Hamblin, 1981). همچنین، ژنوتیپ‌های برتر براساس آن دارای عملکرد بالا ولی تحمل به تنش پایین هستند. شاخص میانگین هندسی بهره‌وری (Geometric Mean Productivity Index, GMP) بر خلاف MP به مقادیر نسبتاً زیاد Ys و Yp حساسیت ندارد و در مقایسه با MP دارای اثر اریبی به سمت بالا نیست (Fernandez, 1992). فرناندز (1992) بر این عقیده است که شاخص تحمل به تنش (Stress Tolerance Index, STI) معیار مناسبی برای انتخاب ژنوتیپ‌ها جهت دستیابی به عملکرد بالا تحت شرایط تنش می‌باشد. این شاخص که بر اساس شاخص GMP محاسبه شده، ژنوتیپ‌هایی که دارای عملکرد بالا در شرایط تنش و بدون تنش می‌باشند را از هم جدا می‌کند. شاخص دیگری که توسط فرناندز (Fernandez, 1992) ارائه گردید، میانگین هارمونیک (Harmonic Mean, HM) نام دارد. بوسلاما و شاپاک (Bouslama and Schapaugh, 1984) شاخص پایداری عملکرد (Yield Stability Index, YSI) و گاووزی و همکاران (Gavuzzi *et al.*, 1997) شاخص عملکرد (Yield Index, YI) را معرفی کردند. YI موجب رتبه‌بندی ارقام بر حسب میزان عملکرد تولیدی آن‌ها در محیط تنش می‌شود و YSI نیز نشان دهنده میزان تحمل ژنتیکی رقم به تنش است.

تحقیقات متعددی در کشور برای ارزیابی عملکرد گیاهان زراعی در شرایط تنش شوری صورت گرفته و شاخص‌های مختلفی به عنوان شاخص‌های برتر پیشنهاد شده است (Poustini, 2002; Sabouri *et al.*, 2008; Eskandary Torbaghan *et al.*, 2009; Ranjbar and Rousta, 2010; Saberi *et al.*, 2013). حاجی‌زاده و

Archive of SID

www.SID.ir

همکاران (Hajizad *et al.*, 2011)، در گزارش خود در زمینه ارزیابی تحمل به شوری در ۲۰ ژنوتیپ گندم نان شاخص‌های STI، MP، GMP و HM را به عنوان مناسب‌ترین شاخص‌ها جهت تعیین میزان تحمل به شوری شناسایی نمودند. همچنین، عنوان کردند که این شاخص‌ها بیشترین همبستگی را با عملکرد دانه در شرایط بدون تنش و تنش شوری داشتند. در مطالعه‌ای دیگر بررسی نتایج مربوط به تنش شوری براساس شاخص‌های STI و TOL، نشان داد که رقم امید و لاین ۸۴ با بیشترین مقدار STI و رقم امید و لاین ۶۸ با کمترین مقدار TOL، تحمل بیشتری را به تنش از بین ژنوتیپ‌های مورد آزمون دارا بودند (Hemati and Pakniyat, 2006). اسدی و همکاران (Asadi *et al.*, 2012) نیز ۳۲۴ لاین گندم نان را در شرایط تنش و بدون تنش، مطالعه و ضمن بررسی پنج شاخص تحمل و حساسیت به تنش، شاخص‌های STI و GMP را به عنوان مهم‌ترین شاخص‌های تحمل به شوری جهت شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل در گندم نان معرفی کردند. ضمناً در این آزمایش، رقم ارگ پس از ارقام کویر و بم، بیشترین تحمل به شوری را نشان داد.

با توجه به اهمیت و گستردگی شوری آب و خاک در کشاورزی، در راستای کشت و تولید گندم، هدف از پژوهش حاضر، بررسی واکنش ارقام گندم نان در برابر تنش شوری، معرفی شاخص‌های برتر و در نهایت شناسایی ارقام مطلوب و متحمل به تنش شوری بود.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در مزرعه تحقیقاتی مرکز ملی تحقیقات شوری واقع در استان یزد در سال زراعی ۹۱-۱۳۹۰ اجرا شد. این مرکز دارای مختصات جغرافیایی ۳۱ درجه و ۸۶ دقیقه شمالی و ۵۳ درجه و ۹۵ دقیقه شرقی با بارش سالانه ۲۰ میلی‌متر و ارتفاع ۱۶۰۹ متر از سطح دریا است. در این آزمایش، ۴۱ رقم گندم نان از مواد ژنتیکی موجود در بانک ژن موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج تهیه و از نظر تحمل به شوری مورد آزمون قرار گرفتند (جدول ۱). آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. هر کرت شامل ۱ متر طول و ۴۰ سانتی‌متر عرض بود. کشت در دو ردیف به فاصله۲۰ سانتی‌متر در هر کرت انجام گرفت. روش کشت به صورت دستی و با توجه به قوه نامیه و وزن هزار دانه با تراکم ۵۰۰ دانه در متر مربع در آذر ماه صورت گرفت. تنش شوری بعد از مرحله گلدهی در بهار اعمال شد. آب آبیاری در شرایط بدون تنش، دارای هدایت الکتریکی ۲ دسی زیمنس بر متر و در شرایط تنش، ۱۰ دسی زیمنس بر متر بود. برای اعمال تیمارهای شوری، آب چاه (با EC بالا) با آب حوضچه‌هایی مخلوط شد و پس از اندازه‌گیری هدایت الکتریکی برای آبیاری استفاده شد. زمین محل اجرای آزمایش با عملیات متداول تهیه بستر آماده شد. قبل از کشت، نمونه‌برداری از خاک انجام گرفت و کودهای شیمیایی با توجه به نتایج تجزیه خاک اعمال شد (جدول ۲). برداشت در هنگام رسیدگی کامل محصول، پس از حذف اثر حاشیه صورت گرفت و اندازه‌گیری عملکرد دانه انجام شد. پس از برداشت، شاخص‌های تحمل به تنش بر اساس عملکرد دانه ارقام در شرایط تنش شوری (Ys) و بدون تنش (Yp) به شرح زیر محاسبه شدند:

$$SSI = \frac{1 - \frac{Y_S}{Y_P}}{SI}$$ (Fischer and Maurer, 1978) (۱)

$$STI = \frac{Y_P \times Y_S}{(\overline{Y}_P)^2}$$ (Fernandez, 1992) (۲)

$$TOL = Y_P - Y_S$$ (Rosielle and Hamblin, 1981) (۳)

$$MP = \frac{Y_P + Y_S}{2}$$ (Rosielle and Hamblin, 1981) (۴)

$$GMP = \sqrt{Y_P \times Y_S}$$ (Fernandez, 1992) (۵)

$$HM = \frac{2(Y_P \times Y_S)}{Y_P + Y_S}$$ (Fernandez, 1992) (۶)

$$YI = \frac{Y_S}{\overline{Y}_S}$$ (Gavuzzi *et al.*, 1997) (۷)

$$YSI = \frac{Y_S}{Y_P}$$ (Bouslama and Schapaugh, 1984) (۸)

در این روابط، $\overline{Y}_P$ و $\overline{Y}_S$ به ترتیب میانگین عملکرد دانه کلیه ارقام در شرایط بدون تنش و تنش شوری است. تجزیه واریانس و مقایسه میانگین عملکرد دانه ارقام مورد مطالعه، همبستگی بین شاخص‌ها و رسیم نمودارهای سه بعدی به کمک نرم‌افزار SAS Ver. 9.2 (SAS, 2009) انجام شد. به منظور ارزیابی بهتر روابط بین شاخص‌ها با عملکرد در هر دو شرایط، از نرم‌افزار GGE-biplot (Yan and Kang, 2003) استفاده و پس از انجام تجزیه به مولفه‌های اصلی، نمودار بای‌پلات مربوطه رسم شد. از نرم‌افزار SPSS Ver. 21 (SPSS, 2012) نیز برای انجام تجزیه خوشه‌ای جهت گروه‌بندی و شناسایی ارقام متحمل و حساس استفاده شد.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۱- اسامی ارقام گندم مورد بررسی در این تحقیق

Table 1. The names of the wheat varieties in this research

Variety	رقم	Variety	رقم	Variety	رقم	Variety	رقم
Adl	عدل	Chenab	چناب	Mahdavi	مهدوی	Sholeh	شعله
Aflak	افلاک	Darab 2	داراب ۲	Marvdasht	مرودشت	Sivand	سیوند
Alamot	الموت	Darya	دریا	Moghan 2	مغان ۲	Sorkhtak	سرختک
Alvand	الوند	Dez	دز	Moghan 3	مغان ۳	Star	استار
Arg	ارگ	DN11	DN11	Navid	نوید	Tajan	تجن
Arta	آرتا	Gaskojen	گاسکوژن	Pishgam	پیشگام	Toos	توس
Arvand	اروند	Qods	قدس	Sabalan	سبلان	Zagros	زاگرس
Atrak	اترک	Golestan	گلستان	Shahed	شاهد	Zare	زارع
Azar 2	آذر ۲	Hamoon	هامون	Shahpasand	شاه‌پسند		
Bahar	بهار	Karaj 2	کرج ۲	Shiraz	شیراز		
Chamran	چمران	Line A	لاین A	Shiroodi	شیرودی		

جدول ۲- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه آزمایشی در سه عمق مختلف

Table 2. Soil physicochemical characteristics of the experimental field in three different depths

شرایط آزمایش Condition	عمق* Depth (cm)*	هدایت الکتریکی EC ($ds.m^{-1}$)	ماده آلی (درصد) Organic matter (%)	اسیدیته pH	SAR	فسفر P ($mg.kg^{-1}$)	پتاسیم K ($mg.kg^{-1}$)
بدون تنش Non-stress	0-30	6.2	27	7.8	11.6	30.2	114
	30-60	5.2	19	7.5	10.5	17.45	121
	60-90	3.9	11	7.5	11.9	3.1	84
تنش شوری Salt stress	0-30	11.8	27	7.6	24.3	25.9	209
	30-60	9.89	13	7.6	23.8	5.0	177
	60-90	11.58	19	7.3	29.5	3.7	201

*: بافت خاک در هر سه عمق اندازه‌گیری شده، سیلتی لوم بود.

*: Soil texture in all each three measured depth was the silty loam.

نتایج و بحث

تجزیه واریانس ساده به تفکیک در هر دو شرایط بدون تنش و تنش شوری نشان دهنده اختلاف معنی‌دار بین ارقام از نظر صفات مورد بررسی بود (نتایج ارایه نشده است). تجزیه واریانس مرکب دو شرایط آزمایش نیز حاکی از وجود تفاوت معنی‌دار بین ارقام در سطح احتمال یک درصد بود که بیان‌گر تنوع ژنتیکی و امکان انتخاب برای تحمل به شوری در بین ارقام گندم بود (جدول ۳). ارقام سرختک (۵۰۰۳/۷۵ کیلوگرم در هکتار) و شاه‌پسند (۱۲۴۳/۳۳ کیلوگرم در هکتار) به ترتیب بیشترین و کمترین عملکرد دانه را در شرایط بدون تنش داشتند، در حالی که در شرایط تنش، رقم شیراز بیشترین (۳۶۸۶/۲۵ کیلوگرم در هکتار) و شیرودی کمترین عملکرد دانه (۵۴۰/۰۰ کیلوگرم در هکتار) را تولید کرد (جدول ۴).

برای ارزیابی واکنش گیاهان در شرایط محیطی مختلف و تعیین میزان تحمل و حساسیت آن‌ها شاخص‌های گوناگونی ارایه شده است. محاسبه شاخص حساسیت به تنش (SSI) که ارقام دارای مقادیر کمتر آن به عنوان متحمل شناخته می‌شوند (Fischer and Maurer, 1978)، نشان داد که ارقام شاه‌پسند، آذر ۲ و اترک به ترتیب با مقادیر ۷/۵۴، ۲/۱۷- و ۱/۵۸- در مقایسه با سایر ارقام از حساسیت کمتری برخوردار هستند (جدول ۴). انتخاب بر اساس شاخص SSI، به گزینش ارقام متحمل به تنش، ولی با پتانسیل عملکرد پایین منجر می‌شود و این شاخص قادر به تفکیک ارقام متحمل به تنش از ارقام با پتانسیل عملکرد پایین نیست. به عبارت دیگر دو ژنوتیپ با عملکرد بالا و پایین، در صورت داشتن اختلاف عملکرد یکسان در شرایط تنش و عدم تنش برای هر دو ژنوتیپ مقدار SSI یکسانی خواهند داشت. به همین دلیل

Archive of SID

www.SID.ir

انتخاب بر اساس SSI باعث کاهش پتانسیل عملکرد در محیط‌های مناسب و بدون تنش می‌شود (Clark *et al.*, 1992; Schnider *et al.*, 1997). در این تحقیق نیز رقم شاه‌پسند با وجود برخورداری از عملکرد بالا در شرایط تنش، عملکرد نسبتاً کمی در شرایط بدون تنش نشان داد. به همین علت این شاخص برای اصلاح در شرایط تنش با شدت کم مناسب است (جدول ۴).

در مورد شاخص تحمل به تنش (TOL) که مقادیر کمتر آن نشان دهنده تحمل نسبی ارقام است، به ترتیب ارقام آذر ۲ و اترک کمترین مقدار این شاخص را به خود اختصاص دادند و به عنوان ارقام متحمل شناسایی شدند. لازم به ذکر است که گزینش بر اساس سطوح پایین شاخص TOL منجر به انتخاب ژنوتیپ‌هایی می‌شود که عملکرد آن‌ها در محیط دارای تنش نسبت به محیط بدون تنش کاهش کمتری داشته باشد. پایین بودن این شاخص لزوماً به معنی بالا بودن عملکرد رقم در محیط بدون تنش نیست. این احتمال وجود دارد که عملکرد رقمی در شرایط بدون تنش، کم و در شرایط تنش با کاهش کمتری همراه باشد و در نتیجه موجب کوچک شدن شاخص TOL شود که در این شرایط، رقم مربوطه به عنوان رقم متحمل معرفی می‌شود (Rosielle and Hamblin, 1981).

شاخص میانگین بهره‌وری (MP)، متوسط عملکرد ارقام در شرایط بدون تنش و تنش است و ژنوتیپ‌هایی که مقادیر بیشتری برای این شاخص داشته باشند، متحمل‌تر هستند (Rosielle and Hamblin, 1981). انتخاب بر اساس MP باعث گزینش ژنوتیپ‌هایی با پتانسیل عملکرد بالا می‌شود. بر اساس شاخص میانگین بهره‌وری (MP)، به ترتیب ارقام شاهد، شیراز، ارگ و هامون، متحمل‌ترین ارقام و شیرودی، تجن و اروند، حساس‌ترین ارقام بودند (جدول ۴). بر اساس شاخص میانگین هندسی بهره‌وری (GMP) نیز ارقام شاهد، شیراز، ارگ و هامون با کسب بیشترین مقادیر این شاخص، به عنوان متحمل‌ترین ارقام و دو رقم شیرودی و تجن به عنوان حساس‌ترین ارقام ارزیابی شدند. شاخص GMP بر خلاف MP به مقدار نسبتاً زیاد Yp و Ys حساسیت ندارد و در مقایسه با MP دارای اثر اریبی به سمت بالا نیست (Fernandez, 1992). شاخص تحمل به تنش (STI) برای ارقام شاهد، شیراز، هامون، گلستان، زارع و ارگ بیشتر از ارقام دیگر بود (جدول ۴). این ارقام ضمن داشتن بالاترین مقادیر شاخص STI در بین ارقام مورد مطالعه، از نظر میانگین عملکرد نیز در هر دو شرایط محیطی در گروه ارقام پرمحصول قرار داشتند. بر اساس این شاخص، ارقام شیرودی و تجن به عنوان حساس‌ترین ارقام شناخته شدند. دهداری و همکاران (Dehdari *et al.*, 2006) نیز در بررسی ۶ رقم گندم از شاخص تحمل به تنش (STI)، به عنوان مهم‌ترین شاخص تحمل به شوری برای شناسایی ارقام دارای عملکرد بالا در هر دو شرایط تنش و بدون تنش استفاده کرد. انتخاب شاخص‌های MP، GMP و STI در گزینش ارقام گندم در تنش شوری توسط رنجبر و روستا (Ranjbar and Rousta, 2010) نیز استفاده شده است. بر اساس شاخص میانگین هارمونیک (HM) ارقام شاهد، شیراز، ارگ و هامون متحمل‌ترین ارقام بودند. ارقام شاهد، شاه‌پسند و شیراز از نظر شاخص YI (شاخص عملکرد) و ارقام اترک و آذر ۲ نیز از نظر شاخص YIS (شاخص پایداری عملکرد) به عنوان متحمل‌ترین ارقام شناسایی شدند. انتخاب بر اساس شاخص‌های MP ، GMP، STI و HM نتایج مشابهی داشت و در تمام آنها، ارقام شاهد، شیراز، ارگ و هامون به عنوان ارقام متحمل به تنش شوری شناخته شدند (جدول ۴).

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس مرکب عملکرد دانه در شرایط بدون تنش و تنش شوری

Table 3. Combined analysis of variance for grain yield under non-stress and salt stress conditions

Source of variation	منابع تغییرات	درجه آزادی df	میانگین مربعات MS
Environment (E)	محیط	1	25582249.52**
Replication /E	تکرار درون محیط	4	1728606.12**
Variety (V)	رقم	40	2017672.32**
V × E	رقم × محیط	40	1307248.73**
Error	خطای آزمایش	160	334189.7
CV (%)	ضریب تغییرات (درصد)		24.10

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

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۴- شاخص‌های تحمل به تنش شوری و عملکرد دانه در ارقام گندم مورد مطالعه

Table 4. Salinity stress tolerance indices and grain yield in the studied wheat varieties

Variety	رقم	Yp ($kg.ha^{-1}$)	Ys ($kg.ha^{-1}$)	SSI	TOL	MP	GMP	STI	HM	YI	YSI
Adl	عدل	3153.33	2141.17	1.26	1012.17	2647.25	2598.42	0.90	2550.50	1.03	0.68
Aflak	افلاک	2761.67	1791.25	1.38	970.42	2276.46	2224.15	0.66	2173.04	0.86	0.65
Alamot	الموت	3109.17	2026.67	1.37	1082.50	2567.92	2510.23	0.84	2453.84	0.97	0.65
Alvand	الوند	2525.83	1335.00	1.86	1190.83	1930.42	1836.30	0.45	1746.77	0.64	0.53
Arg	ارگ	3506.67	3413.75	0.10	92.92	3460.21	3459.90	1.59	3459.59	1.64	0.97
Arta	آرتا	2210.00	1675.83	0.95	534.17	1942.92	1924.47	0.49	1906.20	0.80	0.76
Arvand	اروند	1727.50	1420.00	0.70	307.50	1573.75	1566.22	0.33	1558.73	0.68	0.82
Atrak	اترک	1643.75	2302.50	-1.58	-658.75	1973.13	1945.44	0.50	1918.14	1.10	1.40
Azar 2	آذر۲	1512.50	2346.25	-2.17	-833.75	1929.38	1883.80	0.47	1839.30	1.12	1.55
Bahar	بهار	3049.17	2169.17	1.14	880.00	2609.17	2571.80	0.88	2534.97	1.04	0.71
Chamran	چمران	2777.50	2080.83	0.99	696.67	2429.17	2404.06	0.77	2379.21	1.00	0.75
Chenab	چناب	3107.50	1941.67	1.48	1165.83	2524.58	2456.37	0.80	2389.99	0.93	0.62
Darab 2	داراب۲	4227.50	1842.50	2.22	2385.00	3035.00	2790.91	1.04	2566.45	0.88	0.44
Darya	دریا	1949.17	1250.83	1.41	698.33	1600.00	1561.44	0.32	1523.80	0.60	0.64
Dez	دز	2331.67	2773.33	-0.75	-441.67	2552.50	2542.93	0.86	2533.39	1.33	1.19
DN11	DN11	2535.00	2313.33	0.34	221.67	2424.17	2421.63	0.78	2419.10	1.11	0.91
Gaskojen	گاسکوژن	2824.17	2153.33	0.94	670.83	2488.75	2466.04	0.81	2443.54	1.03	0.76
Qods	قدس	2375.00	2632.50	-0.43	-257.50	2503.75	2500.44	0.83	2497.13	1.26	1.11
Golestan	گلستان	4679.67	2126.67	2.15	2553.00	3403.17	3154.69	1.32	2924.37	1.02	0.45
Hamoon	هامون	4253.75	2577.50	1.55	1676.25	3415.63	3311.20	1.46	3209.97	1.24	0.61
Karaj 2	کرج۲	2143.33	1856.25	0.53	287.08	1999.79	1994.63	0.53	1989.49	0.89	0.87
Line A	Line A	2236.25	1607.50	1.11	628.75	1921.88	1895.99	0.48	1870.45	0.77	0.72
Mahdavi	مهدوی	3221.17	2250.83	1.19	970.33	2736.00	2692.64	0.97	2649.97	1.08	0.70
Marvdasht	مرودشت	3072.50	1831.67	1.59	1240.83	2452.08	2372.30	0.75	2295.11	0.88	0.60
Moghan 2	مغان۲	2400.00	1880.00	0.85	520.00	2140.00	2124.15	0.60	2108.41	0.90	0.78
Moghan 3	مغان۳	2024.17	1739.17	0.55	285.00	1881.67	1876.26	0.47	1870.88	0.83	0.86
Navid	نوید	3367.50	2002.50	1.60	1365.00	2685.00	2596.81	0.90	2511.52	0.96	0.59
Pishgam	پیشگام	1641.67	1956.67	-0.76	-315.00	1799.17	1792.26	0.43	1785.38	0.94	1.19
Sabalan	سبلان	2863.33	1229.17	2.25	1634.17	2046.25	1876.04	0.47	1719.99	0.59	0.43
Shahed	شاهد	3718.33	3888.61	-0.18	-170.28	3803.47	3802.52	1.92	3801.56	1.86	1.05
Shahpasand	شاه‌پسند	1243.33	3624.13	-7.54	-2380.79	2433.73	2122.73	0.60	1851.47	1.74	2.91
Shiraz	شیراز	3481.25	3686.25	-0.23	-205.00	3583.75	3582.28	1.71	3580.82	1.77	1.06
Shiroodi	شیرودی	2060.00	540.00	2.91	1520.00	1300.00	1054.70	0.15	855.69	0.26	0.26
Sholeh	شعله	2978.75	2356.67	0.82	622.08	2667.71	2649.51	0.93	2631.44	1.13	0.79
Sivand	سیوند	2135.83	1877.50	0.48	258.33	2006.67	2002.51	0.53	1998.35	0.90	0.88
Sorkhtak	سرختک	5003.75	1689.17	2.61	3314.58	3346.46	2907.26	1.13	2525.71	0.81	0.34
Star	استار	2312.50	2405.83	-0.16	-93.33	2359.17	2358.71	0.74	2358.24	1.15	1.04
Tajan	تجن	2256.67	885.00	2.39	1371.67	1570.83	1413.21	0.27	1271.40	0.42	0.39
Toos	توس	1912.50	1908.13	0.01	4.38	1910.31	1910.31	0.49	1910.31	0.91	1.00
Zagros	زاگرس	2500.00	1567.50	1.47	932.50	2033.75	1979.58	0.52	1926.86	0.75	0.63
Zare	زارع	3290.00	2431.25	1.03	858.75	2860.63	2828.22	1.06	2796.18	1.17	0.74
Mean	میانگین	2734.72	2086.05	0.67	648.67	2410.38	2340.56	0.77	2276.52	1.00	0.83

YP عملکرد در شرایط بدون تنش، YS عملکرد در شرایط تنش، SSI شاخص حساسیت به تنش، TOL شاخص تحمل، MP میانگین بهره‌وری، GMP میانگین هندسی بهره‌وری، STI شاخص تحمل به تنش، HM میانگین هارمونیک، YI شاخص عملکرد، YSI شاخص پایداری عملکرد.

YP, grain yield under non-stress condition; YS, grain yield under stress condition; SSI, stress susceptibility index; TOL, tolerance index; MP, mean productivity; GMP, geometric mean productivity; STI, stress tolerance index; HM, harmonic mean; YI, yield Index; YSI, yield stability index.

Archive of SID

www.SID.ir

نتایج حاصل از ضرایب همبستگی ساده بین شاخص‌های تحمل و حساسیت به شوری و عملکرد دانه در شرایط تنش و بدون تنش شوری در جدول ۵ ارایه شده است. عملکرد دانه در شرایط تنش و بدون تنش بیشترین همبستگی مثبت و معنی‌دار را با شاخص‌های MP ، GMP، STI و HM نشان داد، اما بین SSI و عملکرد دانه در شرایط تنش همبستگی منفی (-0.62**) مشاهده شد (جدول ۵). محققان دیگر بالاترین همبستگی را بین شاخص‌های HM و TOL با عملکرد در محیط تنش مشاهده کرده‌اند و جهت ارزیابی تحمل به شوری در ژنوتیپ‌های خود از این دو شاخص استفاده کرده‌اند (Mirdar Mansuri *et al.*, 2012). افیونی و مرجوی (Afiuni and Marjovvi, 2009) نیز ضمن مطالعه تحمل واریته‌های مختلف گندم نان به شوری، همبستگی بین سه شاخص MP، GMP و STI را مثبت و بالا ارزیابی کردند. شاخص‌هایی که در هر دو شرایط تنش شوری و فاقد تنش دارای همبستگی معنی‌داری با عملکرد می‌باشند، به عنوان شاخص برتر معرفی می‌شوند (Fernandez, 1992). به این مفهوم که در صورت گزینش براساس مقادیر بالای هر یک از این شاخص‌ها، به طور غیرمستقیم ارقام با عملکرد بیشتر گزینش خواهند شد. لذا، شاخص‌های نام برده در تحقیق حاضر برای معرفی ارقام متحمل به شوری مورد استفاده قرار گرفتند.

اما شاخص HM به دلیل داشتن همبستگی بیشتر با عملکرد در شرایط تنش شوری به عنوان مبنا قرار گرفت (جدول ۵).

با توجه به درجات مختلف شوری در مزرعه و آب آبیاری، ژنوتیپی متحمل به شوری محسوب می‌شود که متوسط عملکرد آن هم در شرایط تنش و هم در شرایط بدون تنش نسبتاً بالا باشد. بنابراین، شاخص‌هایی که دارای همبستگی مثبت و بالایی با عمکرد در هر دو شرایط باشند، برای گزینش ژنوتیپ‌های متحمل به کار برده می‌شوند (Richards, 1983; Shannon, 1997). از این شاخص‌ها می‌توان برای رسیم نمودار سه بعدی استفاده و همزمان روابط بین سه متغیر عملکرد در شرایط تنش و بدون تنش و یکی از شاخص‌ها را مطالعه کرد. همان طور که رسم نمودار سه بعدی (شکل ۱) نیز نشان می‌دهد، ارقام عدل، ارگ، هامون، شاهد، شیراز و زارع در گروه A قرار گرفتند، یعنی دارای عملکرد بالا در هر دو شرایط بودند. شاخص‌های Yp، Ys و HM به کمک نمودار سه بعدی برای شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل به تنش شوری در برنج استفاده شده‌اند (Mirdar Mansuri *et al.*, 2012). انتخاب ژنوتیپ‌های گندم متحمل به تنش خشکی به کمک ترسیم نمودار سه بعدی توسط احمدی‌زاده و همکاران (Ahmadizadeh *et al.*, 2012) و زبرجدی و همکاران (Zebarjaddi *et al.*, 2013) نیز گزارش شده است.

جدول ۵- ضرایب همبستگی بین شاخص‌های تحمل و حساسیت به تنش در ۴۱ رقم گندم مورد بررسی

Table 5. Correlation coefficients among tolerance and susceptibility indices in the 41 wheat varieties

Index	YS	SSI	TOL	MP	GMP	STI	HM	YI	YSI
YP	0.20	0.51**	0.72**	0.82**	0.77**	0.76**	0.70**	0.20	0.51**
YS		-0.62**	-0.53**	0.72**	0.76**	0.75**	0.79**	0.99**	0.62**
SSI			0.88**	0.006	-0.009	0.01	0.02	0.62**	0.99**
TOL				0.21	0.13	0.13	0.05	0.53**	0.88**
MP					0.99**	0.98**	0.95**	0.72**	0.004
GMP						0.99**	0.99**	0.76**	0.01
STI							0.97**	0.75**	0.01
HM								0.79**	0.02
YI									0.62**

**: معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۱. شاخص‌ها عبارت‌اند از: YP عملکرد در شرایط بدون تنش، YS عملکرد در شرایط تنش شوری، SSI شاخص حساسیت به تنش، TOL شاخص تحمل به تنش، MP میانگین بهره‌وری، GMP شاخص میانگین هندسی بهره‌وری، STI شاخص تحمل به تنش، HM میانگین هارمونیک، YI شاخص عملکرد، YSI شاخص پایداری عملکرد.

**: Significant at 1% probability level. The indices are: YP, grain yield in normal condition; YS, grain yield in salinity condition; SSI, stress susceptibility index; TOL, tolerance index; MP, mean productivity; GMP, geometric mean productivity; STI, stress tolerance index; HM, harmonic mean; YI, yield Index; YSI, yield stability index.

Archive of SID

www.SID.ir

تجزیه به مولفه‌های اصلی روی هشت شاخص حساسیت و تحمل به تنش و دو صفت عملکرد دانه در شرایط تنش و بدون تنش شوری (Yp و Ys) در ۴۱ رقم گندم مورد مطالعه انجام و نتایج در جدول ۶ ارایه شد. چنانکه ملاحظه می‌شود، بیشترین تغییرات بین داده‌ها (۹۷/۱۵ درصد) توسط دو مولفه اصلی اول و دوم توجیه شده است. پایین بودن مقدار واریانس یک مولفه اصلی به این معنی است که آن مولفه نقش اندکی در تبیین واریانس متغیرها دارد. در این بررسی، اولین مولفه اصلی، ۵۸/۰۵ درصد از تغییرات کل داده‌ها را توجیه کرد. این مولفه همبستگی مثبت و بالایی با عملکرد دانه در شرایط بدون تنش (Yp) و تنش شوری (Ys) و شاخص‌های MP، GMP، STI، HM و YI و همبستگی مثبت و ضعیفی با شاخص‌های TOL و YSI داشت، در حالی که همبستگی این مولفه با شاخص SSI منفی بود. با توجه به مقادیر همبستگی بالای مولفه اصلی اول با شاخص‌های تحمل و به ویژه با عملکرد دانه در هر دو شرایط تنش و بدون تنش شوری، انتخاب بر اساس مولفه اصلی اول موجب گزینش ارقامی می‌شود که دارای عملکرد بالا در هر دو شرایط تنش و بدون تنش هستند. بنابراین، این مولفه را می‌توان به عنوان مولفه پتانسیل عملکرد و تحمل به شوری نامید. مولفه اصلی دوم ۳۹/۱ درصد از کل تغییرات شاخص‌ها را توجیه کرد و همبستگی مثبت بالایی با شاخص‌های SSI و TOL داشت. از آنجایی که مقادیر بیشتر این شاخص‌ها نشان دهنده حساسیت رقم به تنش می‌باشد، بنابراین این مولفه را می‌توان تحت عنوان مولفه حساسیت به شوری نام‌گذاری کرد. به این ترتیب، انتخاب بر اساس مولفه اصلی دوم موجب گزینش رقم‌هایی با تحمل پایین و حساسیت به شوری بالا می‌شود.

برای مطالعه روابط بین شاخص‌ها و درک بیشتر ارتباط بین آن‌ها، از ترسیم گرافیکی بای‌پلات استفاده و نتایج در شکل ۲ ارایه شد. بای‌پلات، روش مفیدی جهت تجزیه و تحلیل اطلاعات است و ارزیابی‌های ساختار یک ماتریس بزرگ دو طرفه را ممکن می‌سازد (Gabriel, 1971). در این نمودار سمت و زاویه بین بردار مربوط به هر متغیر همبستگی بین آن‌ها و طول خطوط، انحراف معیار هر کدام از متغیرها را نشان می‌دهد. هر شاخصی که همبستگی بالایی با عملکرد در هر دو شرایط تنش و بدون تنش نشان دهد، جهت انتخاب رقم متحمل مناسب‌تر خواهد بود (Fernandez, 1992; Dehghani *et al.*, 2008). توزیع ارقام مورد آزمون در فضای بای‌پلات به خوبی می‌تواند وجود تنوع ژنتیکی بین ارقام نسبت به تنش شوری را نشان دهد. همان طور که در شکل ۲ نشان داده شده است، ارقام مورد مطالعه بر اساس عملکرد دانه در شرایط تنش و بدون تنش شوری و شاخص‌های تحمل و حساسیت به تنش به گروه‌هایی تقسیم شدند، به طوری که ارقام زارع، هامون، شاهد، شیراز و ارگ در ناحیه پتانسیل عملکرد و تحمل به شوری (سمت راست و وسط نمودار) و در مجاورت بردارهای مربوط به شاخص‌های مهم تحمل به شوری یعنی MP، GMP، STI و HM قرار گرفتند. در مقابل، ارقامی چون افلاک، سبلان، تجن و شیرودی در ناحیه حساسیت به تنش شوری (سمت چپ نمودار) و در مجاورت شاخص‌های مهم حساسیت به تنش SSI و TOL قرار گرفتند. با توجه به زاویه بین بردارهای شاخص‌ها ملاحظه می‌شود که شاخص‌های SSI و TOL همبستگی منفی و بالایی با عملکرد در شرایط تنش و همبستگی مثبت و بالا با عملکرد در شرایط بدون تنش دارند. شاخص‌های MP، GMP، STI و HM با عملکرد در هر دو شرایط محیطی همبستگی مثبت دارند و زاویه تند بین بردارهای این شاخص‌ها نیز نشان دهنده همبستگی بالای آن‌ها با یک‌دیگر است. نتایج نمودار بای‌پلات (شکل ۲) با نتایج حاصل از نمودار سه بعدی (شکل ۱) مطابقت داشت. از این‌رو، بر اساس یافته‌های این تحقیق می‌توان پیشنهاد داد که شاخص‌های MP، GMP، STI و HM برای گزینش ارقام متحمل مفید هستند. افیونی و مرجوی (Afiuni and Marjovvi, 2009)، واکنش واریته‌های مختلف گندم نان به شوری آب آبیاری را بررسی و گزارش کردند که عملکرد دانه در تیمار ۱۲ دسی زیمنس بر متر با شاخص‌های MP، GMP و STI دارای همبستگی مثبت و بالا بود، ولی این همبستگی در مورد شاخص‌های TOL و SSI منفی و معنی‌دار گزارش شد که با نتایج این مطالعه مطابقت داشت.

Archive of SID

www.SID.ir

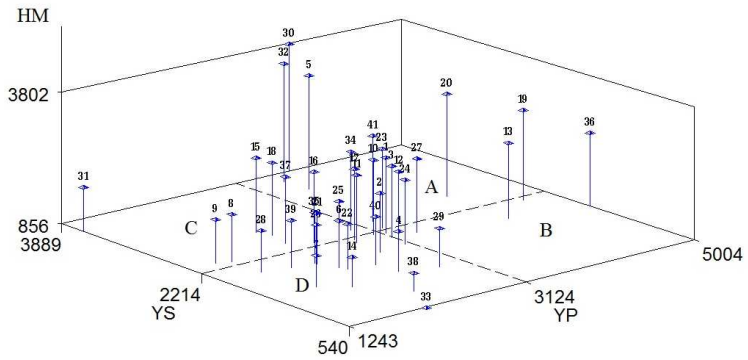
جدول ۶- تجزیه به مولفه‌های اصلی بر اساس شاخص‌های تحمل و حساسیت به شوری

Table 6. Principal component analysis using tolerance and susceptibility indices

مولفه اصلی Principal component	مقدار ویژه Eigen value	درصد واریانس Variance (%)	YP	YS	SSI	TOL	MP	GMP	STI	HM	YI	YSI
1	5.81	58.05	0.766	0.774	-0.031	0.117	0.990	0.998	0.991	0.983	0.774	0.031
2	3.91	39.10	0.604	-0.630	0.973	0.965	0.065	0.017	0.026	-0.028	-0.630	-0.973

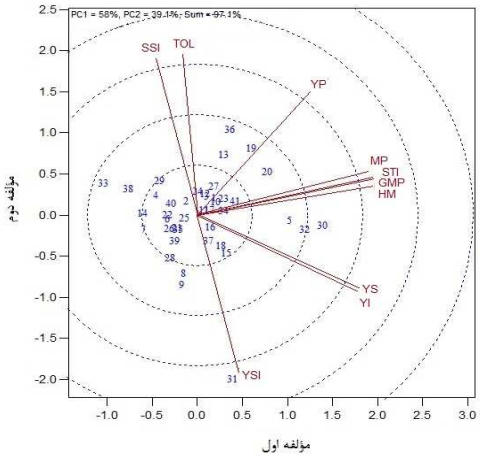
YP عملکرد در شرایط بدون تنش، YS عملکرد در شرایط تنش، SSI شاخص حساسیت به تنش، TOL شاخص تحمل، MP میانگین بهره‌وری، GMP میانگین هندسی بهره‌وری، STI شاخص تحمل به تنش، HM میانگین هارمونیک، YI شاخص عملکرد، YSI شاخص پایداری عملکرد.

YP, grain yield under non-stress condition; YS, grain yield under stress condition; SSI, stress susceptibility index; TOL, tolerance index; MP, mean productivity; GMP, geometric mean productivity; STI, stress tolerance index; HM, harmonic mean; YI, yield index; YSI, yield stability index.



شکل ۱- پراکنش سه بعدی ارقام مورد مطالعه بر اساس شاخص‌های YP (عملکرد در شرایط بدون تنش)، YS (عملکرد در شرایط تنش) و HM (میانگین هارمونیک)

Figure 1. Three dimensional dispersion of the studied varieties based on YP (grain yield under non-stress condition), YS (grain yield under stress condition) and HM (harmonic mean)



شکل ۲- نمایش بای‌پلات شاخص‌های تحمل و حساسیت به شوری در ارقام گندم بر اساس اولین و دومین مولفه اصلی.

YP عملکرد در شرایط بدون تنش، YS عملکرد در شرایط تنش، SSI شاخص حساسیت به تنش، TOL شاخص تحمل، MP میانگین بهره‌وری، GMP میانگین هندسی بهره‌وری، STI شاخص تحمل به تنش، HM میانگین هارمونیک، YI شاخص عملکرد، YSI شاخص پایداری عملکرد.

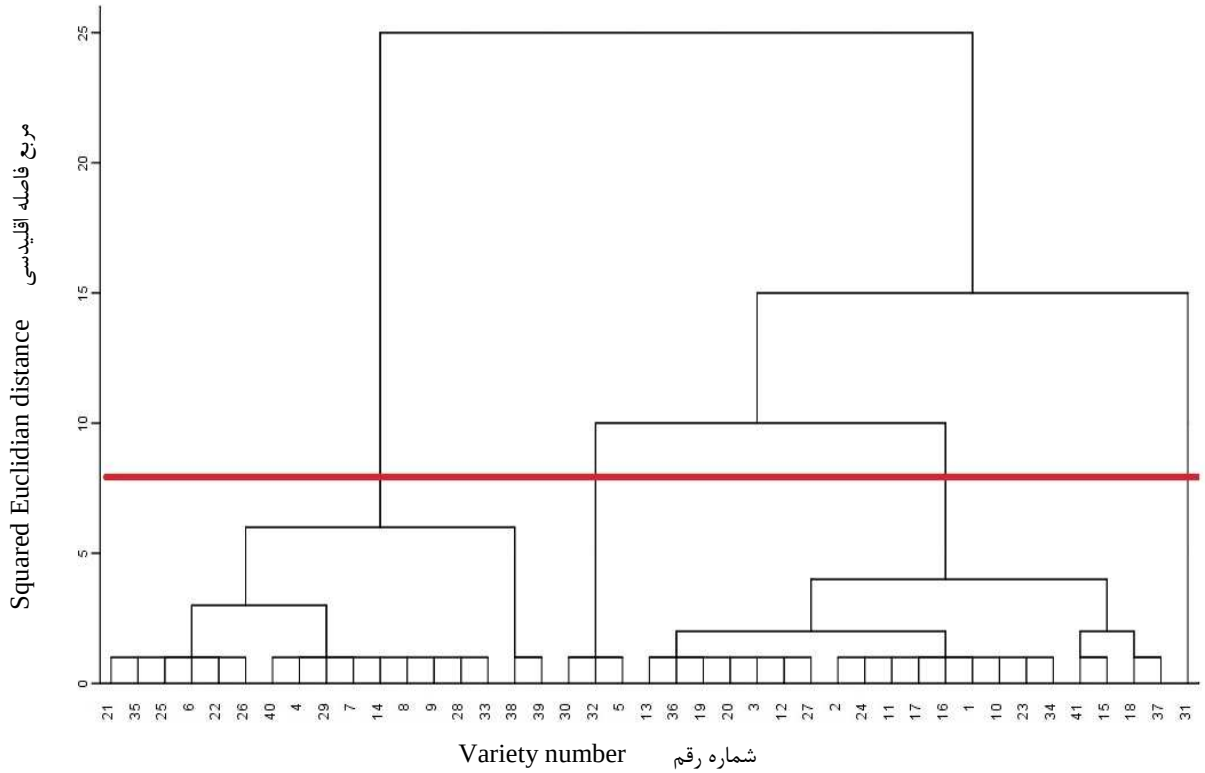
Figure 2. Biplot for tolerance and susceptibility indices in wheat varieties according to first and second principal components. YP, grain yield under non-stress condition; YS, grain yield under stress condition; SSI, stress susceptibility index; TOL, tolerance index; MP, mean productivity; GMP, geometric mean productivity; STI, stress tolerance index; HM, harmonic mean; YI, yield index; YSI, yield stability index.

Archive of SID

www.SID.ir

به منظور گروه‌بندی ارقام مورد مطالعه بر مبنای شاخص‌های تحمل و عملکرد در شرایط بدون تنش و تنش شوری، از تجزیه خوشه‌ای استفاده و نمودار درختی مربوطه رسم شد (شکل ۳). تعداد خوشه‌ها با استفاده از آماره ویلکس لامبدا برابر ۴ خوشه تعیین شد. نتایج حاصل از تجزیه خوشه‌ای نیز تا حدود زیادی نتایج حاصل از روش‌های قبلی را تأیید کرد. همان‌طور که مشاهده می‌شود، ۱۷ رقم در گروه اول قرار گرفتند. ارقام این گروه که شامل اروند و پیشگام نیز بودند، اغلب عملکرد ضعیفی در هر دو شرایط داشتند و به عنوان حساس‌ترین ارقام بودند. ارقام ارگ، شاهد و شیراز نیز در یک گروه قرار گرفتند و به عنوان متحمل‌ترین ارقام معرفی می‌شوند. در گروه دیگر، ۲۰ رقم با قدرت تولید نسبتاً بالا و نیمه متحمل به شوری قرار گرفتند که مشتمل بر ارقام زارع، عدل و هامون بودند. از این ارقام می‌توان به عنوان جایگزین ارقام متحمل و یا در مناطق دارای شدت تنش کمتر استفاده کرد. شاه‌پسند نیز به تنهایی در گروه آخر قرار گرفت.

به طور کلی، نتایج حاصل از روش ترسیم سه بعدی و روش بای‌پلات برای گزینش ارقام با عملکرد بالا و متحمل به شوری با استفاده از شاخص‌های تحمل مطابقت داشتند. نمودار درختی حاصل از تجزیه خوشه‌ای نیز تنوع قابل توجهی را بین ارقام مورد بررسی نشان داد. نتایج حاصل از شاخص‌های MP، GMP، STI و HM، ارقام زارع، هامون، شاهد، شیراز، ارگ و عدل را به عنوان ارقام متحمل به شوری در شرایط مزرعه قرار داد، اما در مجموع بر اساس تمامی تحلیل‌های انجام شده در این پژوهش، ارقام ارگ، شاهد و شیراز به عنوان متحمل‌ترین و ارقام تجن و شیرودی به عنوان حساس‌ترین ارقام به تنش شوری شناسایی شدند.



شکل ۳- خوشه‌بندی ارقام مورد مطالعه با روش دورترین همسایه‌ها و معیار مربع فاصله اقلیدسی بر اساس شاخص‌های تحمل به تنش. ۱- عدل، ۲- افلاک، ۳- الموت، ۴- الوند، ۵- ارگ، ۶- آرتا، ۷- اروند، ۸- اترک، ۹- آذر ۲، ۱۰- بهار، ۱۱- چمران، ۱۲- چناب، ۱۳- داراب ۲، ۱۴- دریا، ۱۵- دز، ۱۶- DN11، ۱۷- گاسکوژن، ۱۸- قدس، ۱۹- گلستان، ۲۰- هامون، ۲۱- کرج ۲، ۲۲- لاین A، ۲۳- مهدوی، ۲۴- مرودشت، ۲۵- مغان ۲، ۲۶- مغان ۳، ۲۷- نوید، ۲۸- پیشگام، ۲۹- سبلان، ۳۰- شاهد، ۳۱- شاه‌پسند، ۳۲- شیراز، ۳۳- شیرودی، ۳۴- شعله، ۳۵- سیوند، ۳۶- سرختک، ۳۷- استار، ۳۸- تجن، ۳۹- توس، ۴۰- زاگرس، ۴۱- زارع.

Figure 3. Clustering of the studied wheat varieties using complete linkage method and squared Euclidean distance according to tolerance indices. 1. Adl, 2. Aflak, 3. Alamot, 4. Alvand, 5. Arg, 6. Arta, 7. Arvand, 8. Atrak, 9. Azar-2, 10. Bahar, 11. Chamran, 12. Chenab, 13. Darab-2, 14. Darya, 15. Dez, 16. DN11, 17. Gaskojen, 18. Qods, 19. Golestan, 20. Hamoon, 21. Karaj, 22. Line A, 23. Mahdavi, 24. Marvdasht, 25. Moghan-2, 26. Moghan-3, 27. Navid, 28. Pishgam, 29. Sabalan, 30. Shahed, 31. Shahpasand, 32. Shiraz, 33. Shoroodi, 34. Sholeh, 35. Sivand, 36. Sorkhtak, 37. Star, 38. Tajan, 39. Toos, 40. Zagros, 41. Zare.

www.SID.ir

References

Afiuni, D. and Marjovvi, R. 2009. Assessment of different bread wheat cultivars responses to irrigation water salinity. **Journal of Crop Improvement** 11 (2): 1-10. (In Persian).

Ahmadizadeh, M., Valizadeh, M., Shahbazi, H. and Nori, A. 2012. Behavior of durum wheat genotypes under normal irrigation and drought stress conditions in the greenhouse. **African Journal of Biotechnology** 11 (8): 1912-1923.

Asadi, M., Mohammadi-Nejad, G., Golkar, P., Naghavi, H. and Nakhoda, B. 2012. Assessment of salinity tolerance of different promising lines of bread wheat (*Triticum aestivum* L.). **Advances in Applied Science Research** 3 (2): 1117-1121.

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

Buringh, P. 1977. Food production potential of the world. In: Sinha, R. (Ed.). The world food problem: Consensus and conflict. Pergamon Press, Oxford. pp: 477-485.

Clark, J. M., Depauw, R. M. and Townley-Smith, T. F. 1992. Evaluation of methods for quantification of drought tolerance in wheat. **Crop Science** 32: 723-728.

Dehdari, A., Rezai, A. and Mirmohamadi Maibody, S. A. M. 2006. Nuclear and cytoplasmic inheritance of salt tolerance in bread wheat plants based on ion contents and biological yield. **Iran Agricultural Research** 24 (2) and 25 (1): 15-26.

Dehghani, H., Omidi, H. and Sabaghnia, N. 2008. Graphic analysis of trait relations for rapeseed using the biplot method. **Agronomy Journal** 100 (5): 1443-1449.

Eskandary Torbaghan, M., Astaraei, A., Eskandary Torbaghan, M. and Ganjali, A. 2009. Evaluation of salinity stress tolerance indices derived from Cl/SO_4 anionic ratios and nitrogen fertilizer in barley (*Hordeum vulgare* L. var. Nosrat). **Environmental Stresses in Agricultural Sciences** 2 (1): 15-27. (In Persian).

Eckholm, P. E. 1976. Losing ground: Environmental stress and world food prospects. W. W. Norton and Company, Inc., New York.

FAO. 2000. Data riccardo scalenghe. Factors in soil formation: Mankind and others. Chapter 9. Book Published in 2005. http://www.agrariaunipa.it.

Fernandez, G. C. J. 1992. Effective Selection Criteria for Assessing Plant Stress Tolerance. In: Kuo, C. G. (Ed.). Adaptation of Food Crops to Temperature and Water Stress Tolerance. Proceedings of the International Symposium on Adaptation of Vegetables and Other Food Crops to Temperature and Water Stress. AVRDC Publication, Tainan, Shanhua, Taiwan. pp: 257-270.

Fischer, R. and Maurer, R. 1978. Drought resistance in spring wheat cultivars. I. Grain yield responses. **Crop and Pasture Science** 29: 897-912.

Flowers, T. and Yeo, A. 1995. Breeding for salinity resistance in crop plants: Where next? **Australian Journal of Plant Physiology** 22 (6): 875-884.

Gabriel, K. R. 1971. The biplot graphic display of matrices with application to principal component analysis. **Biometrika** 58 (3): 453-467.

Gardner, G. 1996. Shrinking fields: Cropland loss in a world of eight billion. World Watch Paper #131, 56 p.

Gavuzzi, P., Rizza, F., Palumbo, M., Campaline, R. G., Ricciardi, G. L. and Brghi, B. 1997. Evaluation of field and laboratory of drought and heat stress in winter cereals. **Canadian Journal of Plant Science** 77 (4): 523-531.

Genc, Y., Mcdonald, G. K. and Tester, M. 2007. Reassessment of tissue Na^+ concentration as a criterion for salinity tolerance in bread wheat. **Plant Cell and Environment** 30 (11): 1486-1498.

Ghassemi, F., Jakeman, A. J. and Nix, H. A. 1995. Salinization of land and water resources: Human causes, management and case studies. Center for Resources and Environmental Studies, Canberra, Australia.

Hajizad, S., Nakhoda, B., Mohammadi-Nejad, G., Tabatabaee, S. M. T. and Zarandi, S. 2011. Indicators of salinity tolerance in 20 genotypes of bread wheat. Proceeding of The First National Conference on Modern Topics in Agriculture. September 10-12, Islamic Azad University, Saveh Branch, Iran. pp: 744-751. (In Persian).

Hemati, R. and Pakniyat, M. 2006. Response of bread wheat genotypes (*Triticum aestivum* L.) and durum (*Triticum turgidum* L.) to salinity stress. **Iranian Journal of Agriculture Science** 37: 239-248. (In Persian).

Archive of SID

www.SID.ir

Lobell, D. B., Ortiz-Monsterio, J. I., Gurrola, F. C. and Valenzuuela, L. 2007. Identification of saline soils with multiyear remote sensing of crop yields. **Soil Science Society of America Journal** 71 (3): 777-783.

Maas, E. V. and Hoffman, G. J. 1977. Crop salt tolerance - current assessment. **Journal of the Irrigation and Drainage Division of the American Society of Civil Engineering** 103: 115-134.

Mirdar Mansuri, Sh., Babaeian Jelodar, N. and Bagheri, N. 2012. Effect of NaCl stress on Iranian rice genotypes in reproductive stage on the base of tolerance indices and screen by biplot method. **Journal of Plant Production** 19 (1): 68-84. (In Persian).

Poustini, K. 2002. An evaluation of thirty wheat cultivars regarding the response to salinity stress. **Iranian Journal of Agriculture Science** 33 (1): 57-64. (In Persian).

Ranjbar, Gh. and Rousta, M. J. 2010. Effective sustainability criteria in the selection of wheat genotypes under saline conditions. **Iranian Journal of Soil Research** 24 (3): 283-290. (In Persian).

Richards, R. 1983. Should selection for yield in saline regions be made on saline or non-saline soils? **Euphytica** 32: 431-438.

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

Saberi, M. H., Amini, A., Samadzade, A. and Tajalli, H. 2013. Evaluation of some wheat genotypes under salt stress in field conditions. **Environmental Stresses in Crop Sciences** 6 (1): 77-85. (In Persian).

Sabouri, H., Rezai, A. and Moumeni, A. 2008. Evaluation of salt tolerance in Iranian landrace and improved rice cultivars. **Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources** 12 (45): 47-63. (In Persian).

SAS. 2009. SAS/STAT® 9.2 User's Guide. Second Edition. Cary, NC. SAS Institute, Inc. http://support.sas.com/documentation/cdi/en/statug/63033/pdf/default/statug.pdf.

Shannon, M. 1997. Adaptation of plants to salinity. **Advances in Agronomy** 60: 75-120.

Schnider, K. A., Rosales-Serna, R., Ibarra-Perez, F., Cazares-Enriques, B., Acosta-Gallegos, J. A., Ramirez-Vallejo, P., Wassimi, N. and Kelly, J. D. 1997. Improving common bean performance under drought stress. **Crop Science** 37: 43-50.

SPSS. 2012. SPSS Institute. IBM SPSS Statistics 21 Core System User's Guide. www.sussex.ac.uk/.../pdfs /SPSS_Core_System_Users_University of Sussex, USA.

Szabolcs, I. 1988. Salt-affected soils. CRC Press, Boca Raton, FL, USA. 272 p.

Yan, W. and Kang, M. S. 2003. GGE-biplot analysis: A graphical tool for breeders, geneticists and agronomists. CRC Press, Boca Raton, FL, USA. 288 p.

Zebarjaddi, A., Tavakoli Shadpi, S., Etminan, A. and Mohamadi, R. 2013. Evaluation of drought stress tolerance in durum wheat genotype using drought tolerance indices. **Seed and Plant Improvement Journal** 29 (1): 1-11. (In Persian).

Archive of SID

www.SID.ir

Response of salt stress in some bread wheat varieties by tolerance indices

Masoumeh Kanafi Laskoukelayeh[1], Hamid Dehghani[2*] and Jan Dvorak[3]

1 and 2. M. Sc. Student and Assoc. Prof., respectively, Dept. of Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, Iran, 3. Prof., Dept. of Plant Breeding, University of California, USA

(Received: May 25, 2014- Accepted: February 16, 2015)

Abstract

Salinity is a major abiotic stress in crop production and occurs in many regions of Iran. Since yield are reduced by the toxicity of salts, therefore, production and introduction of high yielding and tolerant varieties can be useful and effective on losing the impact of this phenomena in accordance with other ways to combat soil and water salinity. This experiment was conducted to identify the Iranian bread wheat varieties (*Triticum aestivum* L.) suitability for planting in saline areas. Forty one varieties were assessed in a randomized complete block design with three replications. To evaluate varieties for salt tolerance, eight indices of stress tolerance and sensitivity were used. The varieties for grain yield showed significant difference from each other. The correlation coefficients indicated that STI (stress tolerance index), MP (mean productivity), GMP (genomic mean productivity) and HM (Harmonic mean) were the best criteria for selection of high yielding varieties under stress and non-stress conditions. Principal components analysis showed that two PCs explained 97.15% total variance. Cluster analysis based on tolerance and sensitivity indices built four distinct groups. In addition, according to results of the three dimensions scheme, biplot analysis and cluster analysis, Shiraz and Arg varieties were determined as the most tolerant varieties to salinity stress which can be used in the future breeding programs.

Keywords: Biplot, Cluster analysis, Grain yield, Principal components

Archive of SID

*Corresponding author: dehghanr@modares.ac.ir

www.SID.ir