Archive of SID

علوم گیاهان زراعی ایران
دورهٔ ۴۶، شمارهٔ ۴، زمستان ۱۳۹۴ (ص ۷۲۹-۷۲۳)

بررسی توارث نمرهٔ تحمل به تنش خشکی در گندم نان (*Triticum aestivum* L.)

خدیجه مختاری‌فر[1*] و روح‌اله عبدالشاهی[2]
۱ و ۲. دانشجوی سابق کارشناسی ارشد و استادیار بخش زراعت و اصلاح نباتات دانشگاه شهید باهنر کرمان
(تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۲/۱۹ - تاریخ تصویب: ۱۳۹۴/۵/۱۷)

چکیده

برای افزایش تحمل به خشکی در گندم نان طراحی یک برنامهٔ صحیح به‌نژادی با توجه به چگونگی توارث و عمل ژن‌های مرتبط با این صفت لازم است. در این آزمایش نه رقم گندم نان به همراه نتاج F_2 به‌دست‌آمده از آنها در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در دو شرایط عادی (نرمال) و تنش خشکی ارزیابی شدند. شاخص‌های حساسیت/تحمل تنش برای ژنوتیپ‌های مورد بررسی، محاسبه شدند و نمرهٔ تحمل به تنش (STS) با استفاده از مقادیر این شاخص‌ها محاسبه و چگونگی توارث سطح تحمل به خشکی از لحاظ شاخص‌های STI، DRI و STS با استفاده از طرح نیمه‌دی‌آلل ارزیابی شد. نسبت بیکر پایین محاسبه‌شده برای هر سه شاخص نشان داد که در کنترل ژنتیکی میزان تحمل به خشکی نقش آثار غیرافزایشی نسبت به آثار افزایشی بیشتر بوده است. وراثت‌پذیری عمومی برای این شاخص‌ها بالا و وراثت‌پذیری خصوصی پایین بود. با توجه به این نتایج، گزینش برای افزایش تحمل به خشکی بایستی پس از رسیدن به خلوص انجام شود و روش‌هایی همچون بالک، بالک تک‌بذر و دابل‌هاپلوئید برای به‌نژادی با هدف افزایش تحمل به خشکی در این جمعیت قابل توصیه هستند.

واژه‌های کلیدی: **آثار غیرافزایشی، نمرهٔ تحمل به تنش (STS)، وراثت‌پذیری عمومی و خصوصی.**

مقدمه

تنش‌های محیطی از جمله عامل‌های مهم کاهش عملکرد گیاهان زراعی به شمار می‌روند. آب فراوان‌ترین مادهٔ روی زمین است ولی کمبود آن مهم‌ترین عامل محدودکنندهٔ تولید محصولات کشاورزی به شمار می‌رود (Jafarnezhad *et al.*, 2008). گندم مهم‌ترین گیاه زراعی است که سهم عمده‌ای در تأمین غذای بشر بر عهده دارد. ایران در منطقهٔ خشک و نیمه‌خشک جهان قرار دارد. در مناطق خشک و نیمه‌خشک با اقلیم مدیترانه‌ای گیاه گندم به‌طور معمول در طول دورهٔ پر شدن دانه با خشکی روبه‌رو می‌شود (Golabadi, 2006). شرایط خشکی که در بسیاری از مواقع در اواخر فصل رشد گندم رخ می‌دهد باعث کاهش چشمگیر عملکرد این گیاه در جهان می‌شود. از یکسو افزایش جمعیت جهان و نیاز روزافزون به مواد غذایی و از سوی دیگر کاهش تولید گندم و دیگر محصولات کشاورزی در اثر خشکی باعث شده است که افزایش تحمل به خشکی یکی از هدف‌های مهم به‌نژادگران در سال‌های اخیر باشد. در بررسی برنامه‌های به‌نژادی به منظور گزینش مواد برتر، رقمی مطلوب (ایده‌آل) است که دارای عملکرد بالا و پایدار باشد. به عبارت دیگر با محیط سازگاری بالایی از خود نشان دهد (Moghaddasi *et al.*, 2010).

برای تمایز ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی در شرایط صحرا شاخص‌های مختلفی بر پایهٔ عملکرد در شرایط تنش و بدون تنش خشکی پیشنهاد شده است.

* تلفن: ۰۹۱۳۱۴۶۶۸۷۶
E-mail: Kh.mokhtary@gmail.com

www.SID.ir

Archive of SID

Fischer & Maurer (1978) شاخص حساسیت به تنش (SSI)، Rosielle & Hamblin (1981) شاخص‌های تحمل (TOL) و میانگین محصول‌دهی (MP)، Fernandez (1992) شاخص‌های تحمل تنش (STI) و میانگین هندسی عملکرد (GMP)، Bidinger *et al.* (1982) شاخص پاسخ به خشکی (DRI)، Gavuzzi *et al.* (1997) شاخص عملکرد (YI) و Bouslama & Schapaugh (1984) شاخص پایداری عملکرد (YSI) را برای ارزیابی میزان تحمل به خشکی ژنوتیپ‌ها معرفی کردند. Finlay & Wilkinson (1963) ضریب رگرسیون خطی عملکرد رقم‌ها روی شاخص محیطی (β) را برای بررسی پایداری رقم‌ها مطرح کردند که برای ارزیابی میزان تحمل به خشکی هم استفاده می‌شود.

نتایج به‌دست‌آمده از هر کدام از این شاخص‌ها ممکن است تا حدی با یکدیگر متفاوت باشد. بنابراین می‌توان از روش‌های آماری چندمتغیره مانند تجزیه به مؤلفه‌های اصلی و تجزیه به عامل‌ها برای دستیابی به یک نتیجه‌گیری کلی استفاده کرد. کاربرد این روش‌ها و تفسیر نتایج به‌دست‌آمده از آنها با پیچیدگی‌هایی همراه است. Abdolshahi *et al.* (2013) در بررسی خود با عنوان شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل در گندم نان با استفاده از روش‌های چندمتغیرهٔ مختلف، شاخص جدید نمرهٔ تحمل به تنش (STS) را معرفی کردند، در این بررسی نتایج به‌دست‌آمده از نمرهٔ تحمل به تنش با نتایج به‌دست‌آمده از تجزیهٔ عامل‌ها برای شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل یکسان بود، آنها بیان کردند استفاده از معادلهٔ نمرهٔ تحمل تنش یا STS خیلی ساده‌تر از تجزیهٔ عامل‌ها بود و به عنوان یک معیار برای شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل پیشنهاد می‌شود.

اگرچه گزارش‌های چندی برای ارتباط شاخص‌ها با تحمل به خشکی رقم‌ها وجود دارد، گزارش‌هایی که روی جمعیت‌های در حال تفکیک انجام شده باشد اندک هستند (Golabadi *et al.*, 2006). با ارزیابی تحمل به خشکی در جمعیت‌های در حال تفکیک می‌توان از چگونگی توارث تحمل به خشکی آگاه شد و این امر می‌تواند راه را برای ایجاد رقم‌های متحمل‌تر به خشکی باز کند. برای آگاهی از مشخصه (پارامتر)های ژنتیکی و دانستن چگونگی عمل ژن‌های درگیر در ظهور صفات مختلف، روش‌های مختلفی وجود دارد. روش تلاقی دی‌آلل قابلیت و کارایی بالایی دارد و در سال‌های اخیر به طور گسترده‌ای در به‌نژادی گیاهان مختلف استفاده شده است (Tahmasebi *et al.*, 2006).

Golabadi *et al.* (2006) میزان تحمل به خشکی ۱۵۱ ژنوتیپ خانوادهٔ F_3 و F_4 به‌دست‌آمده از تلاقی دو والد مقاوم و حساس Oste-Gata و Massara-1 را ارزیابی کردند و شاخص‌های STI، TOL، SSI، MP و GMP را محاسبه و ژنوتیپ‌ها را بر پایهٔ مقادیر این شاخص‌ها و تجزیه به مؤلفه‌های اصلی گروه‌بندی کردند. Saba *et al.* (2001) چگونگی توارث شماری از شاخص‌های تحمل به خشکی را با استفاده از یک طرح نیمه‌دی‌آلل بررسی کردند و ترکیب‌پذیری عمومی معنی‌داری را برای شاخص‌های میانگین هندسی (GMP)، میانگین محصول‌دهی (MP)، معیار برتری (P)، معیار برتری استاندارد (SP)، شاخص تحمل تنش (STI) و شاخص تحمل (TOL) مشاهده کردند. وراثت‌پذیری خصوصی برای SSI بسیار پایین، برای TOL پایین اما برای GMP، MP، P، SP و STI متوسط بود.

Farshadfar *et al.* (2011) به منظور بررسی چگونگی توارث شاخص‌های فیزیولوژیکی و صحرایی تحمل به خشکی در گندم نان از یک طرح دی‌آلل با ۸ والد استفاده کردند و با توجه به نتایج تجزیهٔ واریانس هیمن وجود اثر افزایشی و غیرافزایشی ژن‌ها را در کنترل عملکرد در شرایط عادی، عملکرد در شرایط خشکی و شاخص STI گزارش کردند و وراثت‌پذیری خصوصی بالایی را برای همه معیارهای محاسبه‌شده از جمله عملکرد در شرایط عادی، عملکرد در شرایط تنش و شاخص STI به دست آوردند. هدف از این بررسی آگاهی از چگونگی توارث و عمل ژن‌های مرتبط با میزان نمرهٔ تحمل به تنش (STS) در یک جمعیت گندم نان شامل نه رقم و نتایج F_2 به‌دست‌آمده از آنها با استفاده از طرح نیمه‌دی‌آلل بود.

مواد و روش‌ها

برای آگاهی از چگونگی توارث و عمل ژن‌های مرتبط

www.SID.ir

Archive of SID

با میزان تحمل به خشکی در یک جمعیت گندم نان شامل نه رقم (مهدوی، آذر۲، روشن، قدس، کویر، اکسکلیبر، کل‌حیدری، شیراز و شاه‌پسند) و نتاج F_2 به‌دست‌آمده از تلاقی نیمه‌دی‌آلل آنها، ژنوتیپ‌ها در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار و در دو شرایط عادی و تنش خشکی در مزرعهٔ تحقیقاتی دانشگاه شهید باهنر کرمان با تراکم ۲۳۰ عدد بذر در مترمربع کشت شدند. آبیاری تا زمان گلدهی هر ده روز یکبار انجام شد و پس از آن برای تیمارهای در شرایط تنش قطع شد و برای تیمارهای در شرایط عادی به صورت پیش ادامه یافت. در اواخر فروردین تا اواخر اردیبهشت ماه هر دو تا سه روز یکبار از مزرعه بازدید و تاریخ گلدهی رقم‌ها یادداشت شد. در اواخر خرداد ماه برداشت بوته‌های هر کرت به صورت جداگانه انجام شد، عملکرد دانهٔ هر کرت اندازه‌گیری و به عملکرد در واحد سطح (تن در هکتار) تبدیل شد.

تجزیهٔ واریانس داده‌های به‌دست‌آمده انجام و وجود تنوع ژنتیکی میان ژنوتیپ‌ها روشن شد. با توجه به اینکه بلوک ۱ عادی و تنش ارتباطی با هم ندارند (به عنوان مثال ممکن است در شرایط عادی بلوک ۱ بیشترین میانگین ولی در شرایط تنش بلوک ۲ بیشترین میانگین را داشته باشد) و شاخص‌ها بایستی برای هر بلوک به طور جداگانه محاسبه شده و آنگاه تجزیهٔ واریانس انجام و اثر بلوک حذف شود. با در نظر گرفتن مدل آماری طرح در شرایط تنش و عادی به‌طور جداگانه $(y_{ij}=\mu+R_j+t_i+e_{ij})$ اثر بلوک حذف شد $(y_{ij}-R_j)$. در این فرمول‌ها، y_{ij} عملکرد هر کرت، μ میانگین کل، R_j اثر بلوک، t_i اثر تیمار و e_{ij} اثر خطا را نشان می‌دهند. نمایه (اندیس)های i و j به ترتیب نشان‌دهندهٔ تیمار و بلوک است. اثر بلوک از رابطهٔ $R_j=\bar{y}_{.j}-\bar{y}_{..}$ برای هر کدام از بلوک‌ها محاسبه شد.

شاخص‌های حساسیت/تحمل تنش شامل شاخص حساسیت به تنش (SSI)، تحمل (TOL)، شاخص تحمل تنش (STI)، میانگین محصول‌دهی (MP)، میانگین هندسی محصول‌دهی (GMP)، شاخص عملکرد (YI)، شاخص پایداری عملکرد (YSI) و ضریب رگرسیون خطی عملکرد رقم‌ها روی شاخص محیطی (β) محاسبه شدند. پس از محاسبهٔ این شاخص‌ها برای دستیابی به یک نتیجه‌گیری کلی، نمرهٔ تحمل تنش با استفاده از مقادیر استانداردشدهٔ این شاخص‌ها محاسبه شد. برای بررسی بود یا نبود تنوع ژنتیکی از نظر تحمل به خشکی تجزیهٔ واریانس ساده برای شاخص‌های محاسبه‌شده انجام شد و سپس متحمل‌ترین و حساس‌ترین ژنوتیپ‌ها شناسایی شدند. با روشن شدن وجود تنوع ژنتیکی مناسب در جمعیت از نظر تحمل به خشکی تجزیه‌های دی‌آلل شامل تجزیهٔ واریانس گریفینک، تجزیهٔ واریانس هیمن و آزمون اعتبار مدل هیمن برای شاخص‌های STI، DRI و STS انجام شد و مشخصه‌های ژنتیکی برآورد شدند و چگونگی توارث و عمل ژن‌ها برای کنترل ژنتیکی میزان تحمل به خشکی از لحاظ این شاخص‌ها بحث شد.

نتایج و بحث

تجزیهٔ واریانس ساده عملکرد در هر دو شرایط عادی و تنش خشکی نشان داد (جدول ۱) که جمعیت مورد بررسی تنوع ژنتیکی مناسب و بسیار معنی‌داری برای عملکرد دارد. اثر والدها در برابر نتاج برای عملکرد در هیچ‌یک از شرایط معنی‌دار نبود. معنی‌دار نبودن این اثر برای یک صفت به حتم به دلیل بالا بودن اثرگذاری‌های افزایشی در کنترل آن نیست، چون بنابه نظر Mather & Jinks (1982) آلل‌های غالب ممکن است در برخی مکان‌های ژنی باعث افزایش و در مکان‌های ژنی دیگر باعث کاهش صفت شوند.

برای ارزیابی میزان تحمل به خشکی شاخص‌های SSI، TOL، STI، MP، GMP، YI، YSI، β و DRI محاسبه شدند که مقادیر هر یک از این شاخص‌ها به همراه میزان عملکرد در شرایط عادی و تنش رطوبتی برای ژنوتیپ‌های مورد بررسی در جدول ۲ آورده شده است. بنابر نتایج این جدول ژنوتیپ‌های کویر× مهدوی و قدس × اکسکلیبر بالاترین عملکرد را به ترتیب در شرایط عادی و تنش خشکی داشتند. پایین‌ترین عملکرد در شرایط عادی مربوط به رقم آذر۲ و در شرایط تنش مربوط به ژنوتیپ اکسکلیبر × کل‌حیدری بود. بر پایهٔ شاخص‌های SSI، TOL، β و YSI متحمل‌ترین ژنوتیپ رقم آذر۲ شناخته شد و بر پایهٔ دیگر شاخص‌ها ژنوتیپ قدس× اکسکلیبر متحمل‌ترین ژنوتیپ بود.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱. تجزیهٔ واریانس عملکرد در شرایط مطلوب و تنش رطوبتی و شاخص‌های تحمل به خشکی محاسبه‌شده

منابع تغییر	درجهٔ آزادی	عملکرد (عادی)	عملکرد (تنش)	SSI	TOL	MP	STI	GMP	β	DRI	YI	YSI	STS
ژنوتیپ	۴۴	۱/۴۴**	۰/۷۱**	۳/۹۳**	۱/۹۱**	۰/۶۰**	۰/۲۰**	۰/۶۰**	۲/۸۴**	۱/۶۵**	۰/۱۵**	۰/۳۰**	۷۵/۲۶**
والدها	۸	۲/۶۹**	۰/۹۴ **	۱۱/۷۸**	۲/۶۳**	۱/۱۶**	۰/۳۹**	۱/۲۱**	۳/۹۱**	۱/۷۸*	۰/۲۰**	۰/۸۹**	۱۱۰/۱۲**
نتاج F_2	۳۵	۱/۲۰**	۰/۶۶**	۲/۱۰**	۱/۷۸**	۰/۴۸**	۰/۱۶**	۰/۴۸**	۲/۶۵**	۱/۶۲**	۰/۱۴**	۰/۱۶**	۶۶/۸۸**
والدها در برابر نتاج F_2	۱	۰/۰۰^{ns}	۰/۵۲^{ns}	۵/۳۷*	۰/۵۴^{ns}	۰/۱۲^{ns}	۰/۰۹^{ns}	۰/۰۹^{ns}	۰/۸۷^{ns}	۱/۶۷^{ns}	۰/۱۱^{ns}	۰/۴۱*	۸۹/۴۱^{ns}
خطا	۹۰	۰/۳۶	۰/۲۷	۰/۸۴	۰/۵۴	۰/۱۹	۰/۰۶	۰/۲۰	۰/۸۰	۰/۶۷	۰/۰۶	۰/۰۷	۲۶/۷۲

جدول ۲. میزان عملکرد در شرایط مطلوب و تنش رطوبتی و شاخص‌های محاسبه‌شده

	عملکرد (عادی)	عملکرد (تنش)	SSI	TOL	MP	STI	GMP	β	DRI	YI	YSI	STS
مهدوی(۱)	۳/۸۷(۴)	۲/۶۰(۷)	۱/۱۸(۲۶)	۱/۲۸(۳۰)	۳/۲۳(۴)	۱/۱۴(۳)	۳/۱۶(۳)	۱/۵۶(۳۰)	۰/۵۲(۱۱)	۱/۲۰(۷)	۰/۶۸(۲۶)	۳/۲۹(۱۱)
آذر۲(۲)	۱/۳۲(۴۵)	۲/۸۱(۴)	-۴/۷۴(۱)	-۱/۴۹(۱)	۲/۰۷(۳۸)	۰/۴۲(۴۲)	۱/۹۱(۴۲)	-۱/۸۲(۱)	۱/۲۹(۲)	۱/۳۰(۴)	۲/۳۱(۱)	۱۲/۲۴(۱)
روشن(۳)	۳/۹۸(۲)	۲/۵۵(۹)	۱/۱۶(۲۵)	۱/۴۳(۳۶)	۳/۲۷(۳)	۱/۰۹(۴)	۳/۱۰(۴)	۱/۷۴(۳۶)	۰/۴۶(۱۳)	۱/۱۸(۹)	۰/۶۸(۲۵)	۲/۷۱(۱۵)
قدس(۴)	۳/۷۵(۹)	۳/۰۴(۲)	۰/۶۹(۱۹)	۰/۷۲(۲۰)	۳/۴۰(۲)	۱/۳۱(۲)	۳/۳۷(۲)	۰/۸۸(۲۰)	۱/۱۸(۳)	۱/۴۰(۲)	۰/۸۲(۱۹)	۷/۷۰(۳)
کویر(۵)	۱/۶۹(۴۴)	۱/۷۰(۳۸)	-۰/۰۲(۸)	-۰/۰۱(۶)	۱/۷۰(۴۵)	۰/۳۲(۴۴)	۱/۶۴(۴۴)	-۰/۰۲(۷)	-۰/۵۳(۳۶)	۰/۷۹(۳۸)	۱/۰۱(۸)	-۲/۷۱(۳۱)
اکسکلیبر(۶)	۳/۴۷(۱۳)	۲/۲۶(۲۱)	۱/۳۳(۳۰)	۱/۲۲(۲۸)	۲/۸۷(۱۲)	۰/۹۱(۱۱)	۲/۷۸(۱۲)	۱/۴۹(۲۸)	-۰/۰۹(۲۴)	۱/۰۵(۲۱)	۰/۶۳(۳۰)	۰/۰۰(۲۳)
کل‌حیدری(۷)	۳/۰۷(۲۲)	۲/۴۰(۱۵)	۰/۶۹(۲۰)	۰/۶۷(۱۹)	۲/۷۳(۱۷)	۰/۸۴(۱۳)	۲/۷۱(۱۴)	۰/۸۲(۱۹)	۰/۴۵(۱۴)	۱/۱۱(۱۵)	۰/۸۱(۲۰)	۲/۱۸(۱۷)
شیراز(۸)	۲/۸۹(۲۳)	۱/۹۴(۲۹)	۱/۱۱(۲۴)	۰/۹۵(۲۳)	۲/۴۱(۲۸)	۰/۶۲(۲۶)	۲/۳۶(۲۶)	۱/۱۶(۲۳)	-۰/۱۳(۲۷)	۰/۹۰(۲۹)	۰/۶۹(۲۴)	-۲/۱۴(۲۹)
شاه‌پسند(۹)	۲/۶۸(۳۰)	۱/۲۷(۴۴)	۱/۸۴(۴۱)	۱/۴۲(۳۵)	۱/۹۸(۴۱)	۰/۳۸(۴۳)	۱/۸۱(۴۳)	۱/۷۳(۳۴)	-۱/۰۷(۴۳)	۰/۵۹(۴۴)	۰/۴۹(۴۱)	-۸/۵۸(۴۳)
(۲) × (۱)	۳/۴۷(۲۴)	۲/۶۵(۶)	۰/۸۳(۲۱)	۰/۸۲(۲۱)	۳/۰۶(۵)	۱/۰۵(۵)	۳/۰۲(۵)	۱/۰۰(۲۱)	۰/۶۱(۸)	۱/۲۲(۶)	۰/۷۸(۲۱)	۴/۰۷(۸)
(۳) × (۱)	۳/۶۶(۱۰)	۳/۳۹(۱۶)	۱/۳۰(۲۹)	۱/۲۷(۲۹)	۳/۰۳(۷)	۱/۰۰(۶)	۲/۹۴(۸)	۱/۵۵(۲۹)	۰/۲۳(۲۰)	۱/۱۱(۱۶)	۰/۶۴(۲۹)	۱/۳۱(۱۸)
(۴) × (۱)	۳/۸۶(۵)	۲/۱۲(۲۴)	۱/۴۸(۳۶)	۱/۷۴(۴۱)	۲/۹۹(۹)	۰/۹۰(۱۲)	۲/۸۲(۱۱)	۲/۱۳(۴۱)	-۰/۲۶(۳۱)	۰/۹۸(۲۴)	۰/۶۰(۳۶)	-۱/۳۷(۲۷)
(۵) × (۱)	۴/۱۳(۱)	۱/۷۸(۳۶)	۲/۰۴(۴۳)	۲/۳۵(۴۴)	۲/۹۶(۱۱)	۰/۸۲(۱۴)	۲/۷۱(۱۳)	۲/۸۶(۴۴)	-۰/۹۱(۴۱)	۰/۸۳(۳۶)	۰/۴۴(۴۳)	-۵/۱۴(۳۹)
(۶) × (۱)	۲/۲۰(۳۸)	۱/۶۹(۳۹)	۰/۶۵(۱۸)	۰/۵۱(۱۸)	۱/۹۵(۴۲)	۰/۴۷(۴۰)	۱/۹۲(۴۱)	۰/۶۲(۱۸)	-۰/۷۱(۳۸)	۰/۷۸(۳۹)	۰/۸۲(۱۸)	-۳/۵۷(۳۷)
(۷) × (۱)	۲/۵۰(۳۳)	۲/۵۰(۱۱)	-۰/۰۴(۷)	۰/۰۰(۸)	۲/۵۰(۲۵)	۰/۷۱(۲۴)	۲/۴۹(۲۴)	۰/۰۱(۸)	۰/۵۹(۹)	۱/۱۶(۱۱)	۱/۰۱(۷)	۳/۷۲(۹)
(۸) × (۱)	۳/۴۰(۱۶)	۱/۶۰(۴۰)	۱/۹۱(۴۲)	۱/۷۹(۴۳)	۲/۵۰(۲۶)	۰/۶۱(۲۸)	۲/۳۲(۲۸)	۲/۱۹(۴۳)	-۰/۹۶(۴۲)	۰/۷۴(۴۰)	۰/۴۷(۴۲)	-۶/۲۹(۴۲)
(۹) × (۱)	۳/۶۴(۱۱)	۱/۸۷(۳۲)	۱/۶۸(۴۰)	۱/۷۷(۴۲)	۲/۷۶(۱۴)	۰/۷۵(۲۲)	۲/۵۹(۲۰)	۲/۱۷(۴۲)	-۰/۲۲(۲۹)	۰/۸۷(۳۳)	۰/۵۴(۴۰)	-۳/۳۹(۳۶)
(۳) × (۲)	۱/۹۲(۴۳)	۲/۵۰(۱۰)	-۱/۱۴(۲)	-۰/۵۸(۲)	۲/۲۱(۳۵)	۰/۵۷(۳۳)	۲/۱۸(۳۴)	-۰/۷۰(۲)	۰/۶۵(۷)	۱/۱۶(۱۰)	۱/۳۱(۲)	۵/۱۴(۶)
(۴) × (۲)	۲/۸۷(۲۴)	۱/۵۹(۴۲)	۱/۵۷(۳۹)	۱/۲۹(۳۱)	۲/۲۳(۳۴)	۰/۵۰(۳۶)	۲/۰۴(۳۸)	۱/۵۷(۳۱)	-۰/۹۰(۴۰)	۰/۷۳(۴۲)	۰/۵۷(۳۹)	-۶/۰۴(۴۱)
(۵) × (۲)	۲/۷۵(۲۸)	۲/۴۸(۱۲)	۰/۳۹(۱۳)	۰/۲۷(۱۲)	۲/۶۲(۲۲)	۰/۷۹(۱۷)	۲/۶۲(۱۹)	۰/۳۴(۱۲)	۰/۴۸(۱۲)	۱/۱۵(۱۲)	۰/۹۰(۱۳)	۳/۱۲(۱۳)
(۶) × (۲)	۳/۲۵(۱۸)	۲/۱۱(۲۵)	۱/۲۶(۲۸)	۱/۱۴(۲۷)	۲/۶۸(۱۹)	۰/۷۷(۲۰)	۲/۶۱(۱۸)	۱/۳۹(۲۷)	-۰/۱۷(۲۸)	۰/۹۸(۲۵)	۰/۶۶(۲۸)	-۱/۱۱(۲۵)
(۷) × (۲)	۲/۳۶(۳۵)	۲/۲۰(۲۳)	۰/۱۷(۱۱)	۰/۱۶(۱۰)	۲/۲۸(۳۲)	۰/۵۸(۳۲)	۲/۲۷(۳۲)	۰/۲۰(۱۰)	۰/۰۵(۲۳)	۱/۰۲(۲۳)	۰/۹۵(۱۱)	۰/۹۱(۱۹)
(۸) × (۲)	۲/۱۵(۴۰)	۲/۳۲(۱۸)	-۰/۵۶(۳)	-۰/۱۷(۴)	۲/۲۳(۳۳)	۰/۵۶(۳۵)	۲/۲۲(۳۳)	-۰/۲۱(۴)	۰/۳۷(۱۷)	۱/۰۷(۱۸)	۱/۱۵(۳)	۲/۹۵(۱۴)
(۹) × (۲)	۲/۲۲(۳۷)	۱/۹۱(۳۱)	۰/۵۳(۱۷)	۰/۳۱(۱۵)	۲/۰۷(۴۰)	۰/۴۸(۳۷)	۲/۰۴(۳۷)	۰/۳۸(۱۴)	-۰/۱۱(۲۵)	۰/۸۹(۳۱)	۰/۸۵(۱۷)	-۱/۵۶(۲۸)
(۴) × (۳)	۳/۹۲(۳)	۱/۳۶(۴۳)	۲/۳۴(۴۵)	۲/۵۶(۴۵)	۲/۶۴(۲۱)	۰/۵۹(۳۱)	۲/۲۹(۳۱)	۳/۱۲(۴۵)	-۱/۵۲(۴۴)	۰/۶۳(۴۳)	۰/۳۶(۴۵)	-۹/۲۷(۴۴)
(۵) × (۳)	۲/۷۳(۲۹)	۲/۳۹(۱۷)	۰/۴۱(۱۴)	۰/۳۵(۱۶)	۲/۵۶(۲۴)	۰/۷۴(۲۳)	۲/۵۵(۲۲)	۰/۴۳(۱۶)	۰/۲۷(۱۹)	۱/۱۱(۱۷)	۰/۸۹(۱۴)	۲/۲۰(۱۶)
(۶) × (۳)	۲/۸۴(۲۶)	۲/۸۶(۳)	-۰/۲۹(۵)	-۰/۰۲(۶)	۲/۸۵(۱۳)	۰/۹۱(۱۰)	۲/۸۳(۱۰)	-۰/۰۳(۶)	۰/۹۷(۴)	۱/۳۳(۳)	۱/۰۸(۵)	۶/۹۸(۴)
(۷) × (۳)	۳/۲۲(۱۹)	۲/۷۵(۵)	۰/۵۳(۱۶)	۰/۴۷(۱۷)	۲/۹۸(۱۰)	۱/۰۰(۷)	۲/۹۷(۶)	۰/۵۸(۱۷)	۰/۸۶(۵)	۱/۲۷(۵)	۰/۸۶(۱۶)	۵/۲۴(۵)
(۸) × (۳)	۲/۷۷(۲۷)	۲/۵۷(۸)	۰/۰۳(۹)	۰/۲۰(۱۱)	۲/۶۷(۲۵)	۰/۷۹(۱۸)	۲/۶۲(۱۷)	۰/۲۴(۱۱)	۰/۶۵(۶)	۱/۱۹(۸)	۰/۹۹(۹)	۴/۲۱(۷)
(۹) × (۳)	۳/۴۰(۱۵)	۲/۰۷(۲۶)	۱/۳۷(۳۲)	۱/۳۳(۳۳)	۲/۷۳(۱۶)	۰/۷۹(۱۹)	۲/۶۴(۱۶)	۱/۶۳(۳۳)	۰/۱۳(۲۱)	۰/۹۶(۲۶)	۰/۶۲(۳۲)	-۱/۲۳(۲۶)
(۵) × (۴)	۲/۸۶(۲۵)	۱/۸۸(۳۳)	۱/۲۱(۲۷)	۰/۹۹(۲۵)	۲/۳۷(۲۹)	۰/۶۱(۲۹)	۲/۳۱(۳۰)	۱/۲۱(۲۴)	-۰/۴۸(۳۳)	۰/۸۷(۳۲)	۰/۶۷(۲۷)	-۲/۹۸(۳۴)
(۶) × (۴)	۳/۸۰(۶)	۳/۵۱(۱)	۰/۲۸(۱۲)	۰/۲۹(۱۳)	۳/۶۵(۱)	۱/۵۰(۱)	۳/۶۵(۱)	۰/۳۶(۱۳)	۱/۸۳(۱)	۱/۶۲(۱)	۰/۹۲(۱۲)	۱۲/۰۷(۲)
(۷) × (۴)	۳/۲۶(۱۷)	۱/۹۶(۲۸)	۱/۵۲(۳۷)	۱/۳۰(۳۲)	۲/۶۱(۲۳)	۰/۷۹(۱۶)	۲/۵۲(۲۳)	۱/۵۹(۳۲)	-۰/۴۹(۳۴)	۰/۹۱(۲۸)	۰/۵۸(۳۷)	-۲/۵۸(۳۰)
(۸) × (۴)	۳/۷۹(۷)	۲/۲۹(۱۹)	۱/۳۶(۳۱)	۱/۵۰(۳۹)	۳/۰۴(۶)	۰/۹۵(۹)	۲/۹۰(۹)	۱/۸۴(۳۹)	-۰/۰۸(۲۲)	۱/۰۶(۲۰)	۰/۶۲(۳۱)	۰/۲۳(۲۲)
(۹) × (۴)	۳/۱۷(۲۱)	۱/۷۵(۳۷)	۱/۴۷(۳۵)	۱/۴۲(۳۴)	۲/۴۶(۲۷)	۰/۶۲(۲۷)	۲/۳۳(۲۷)	۱/۷۳(۳۵)	-۰/۵۴(۳۷)	۰/۸۱(۳۷)	۰/۵۹(۳۵)	-۴/۲۶(۳۸)
(۶) × (۵)	۲/۱۰(۴۲)	۱/۷۹(۳۴)	۰/۵۲(۱۵)	۰/۳۱(۱۴)	۱/۹۲(۴۳)	۰/۴۳(۴۱)	۱/۹۴(۴۰)	۰/۳۸(۱۵)	-۰/۵۲(۳۵)	۰/۸۳(۳۵)	۰/۸۶(۱۵)	-۲/۷۵(۳۲)
(۷) × (۵)	۲/۳۱(۳۶)	۲/۴۳(۱۳)	-۰/۱۹(۶)	-۰/۱۲(۵)	۲/۳۷(۳۰)	۰/۶۳(۲۵)	۲/۳۵(۲۵)	-۰/۱۵(۵)	۰/۴۲(۱۵)	۱/۱۳(۱۴)	۱/۰۵(۶)	۳/۲۷(۱۲)
(۸) × (۵)	۲/۱۰(۴۱)	۲/۰۴(۲۷)	۰/۱۲(۱۰)	۰/۰۷(۹)	۲/۰۷(۳۹)	۰/۴۸(۳۸)	۲/۰۷(۳۶)	۰/۰۸(۹)	-۰/۱۱(۲۶)	۰/۹۴(۲۷)	۰/۹۷(۱۰)	-۰/۲۵(۲۴)
(۹) × (۵)	۳/۵۸(۱۲)	۱/۹۲(۳۰)	۱/۵۴(۳۸)	۱/۶۶(۴۰)	۲/۷۵(۱۵)	۰/۷۵(۲۱)	۲/۵۸(۲۱)	۲/۰۳(۴۰)	-۰/۳۲(۳۲)	۰/۸۹(۳۰)	۰/۵۸(۳۸)	-۳/۰۰(۳۵)
(۷) × (۶)	۲/۵۰(۳۴)	۱/۰۳(۴۵)	۲/۰۸(۴۴)	۱/۴۶(۳۷)	۱/۷۶(۴۴)	۰/۲۸(۴۵)	۱/۵۸(۴۵)	۱/۷۹(۳۷)	-۱/۸۹(۴۵)	۰/۴۷(۴۵)	۰/۴۳(۴۴)	-۱۱/۳۴(۴۵)
(۸) × (۶)	۲/۲۰(۳۹)	۲/۴۴(۱۴)	-۰/۴۱(۴)	-۰/۲۴(۳)	۲/۳۲(۳۱)	۰/۶۰(۳۰)	۲/۳۱(۲۹)	-۰/۲۸(۳)	۰/۴۲(۱۶)	۱/۱۳(۱۳)	۱/۱۱(۴)	۳/۵۵(۱۰)
(۹) × (۶)	۲/۶۶(۳۱)	۱/۶۰(۴۱)	۱/۴۳(۳۴)	۱/۰۶(۲۶)	۲/۱۳(۳۷)	۰/۴۷(۳۹)	۲/۰۱(۳۹)	۱/۳۰(۲۶)	-۰/۸۸(۳۹)	۰/۷۴(۴۱)	۰/۶۱(۳۴)	-۵/۷۱(۴۰)
(۸) × (۷)	۳/۷۶(۸)	۲/۲۹(۲۰)	۱/۴۲(۳۳)	۱/۴۷(۳۸)	۳/۰۲(۸)	۰/۹۸(۸)	۲/۹۳(۷)	۱/۸۰(۳۸)	۰/۳۴(۱۸)	۱/۰۶(۱۹)	۰/۶۱(۳۳)	-۰/۶۱(۲۱)
(۹) × (۷)	۳/۲۱(۲۰)	۲/۲۲(۲۲)	۱/۰۸(۲۳)	۰/۹۹(۲۴)	۲/۷۲(۱۸)	۰/۸۱(۱۵)	۲/۶۷(۱۵)	۱/۲۱(۲۵)	۰/۵۷(۱۰)	۱/۰۳(۲۲)	۰/۷۰(۲۳)	۰/۶۵(۲۰)
(۹) × (۸)	۲/۶۳(۳۲)	۱/۸۰(۳۵)	۰/۹۸(۲۲)	۰/۸۳(۲۲)	۲/۲۱(۳۶)	۰/۵۶(۳۴)	۲/۱۶(۳۵)	۱/۰۲(۲۲)	-۰/۲۳(۳۰)	۰/۸۳(۳۴)	۰/۷۳(۲۲)	-۲/۹۱(۳۳)

اعداد درون پرانتز رتبهٔ ژنوتیپ‌ها را بر پایهٔ هر یک از شاخص‌های محاسبه‌شده نشان می‌دهد.

www.SID.ir

Archive of SID

Golabadi *et al.* (2006) نیز با استفاده از شاخص‌های STI، TOL، SSI، MP و GMP و تجزیه به مؤلفه‌های اصلی ۱۵۱ ژنوتیپ خانوادهٔ F_3 و F_4 به‌دست‌آمده از تلاقی دو والد مقاوم و حساس Oste-Gata و Massara-1 را ارزیابی کردند.

محاسبهٔ نمرهٔ تحمل به تنش (STS) برای دستیابی به یک نتیجه‌گیری کلی نیز نشان داد که ژنوتیپ‌های آذر۲ و قدس × اکسکلیبر با داشتن بالاترین میزان از این نمره متحمل‌ترین ژنوتیپ‌ها در جمعیت مورد بررسی، بودند. همچنین حساس‌ترین ژنوتیپ‌ها از لحاظ این نمره اکسکلیبر×کل‌حیدری و روشن × قدس بودند. با توجه به جدول ۱ و معنی‌دار شدن اثر ژنوتیپ برای همهٔ شاخص‌های محاسبه‌شده و نمرهٔ تحمل تنش وجود تنوع ژنتیکی مناسب در جمعیت از لحاظ این معیارها نیز روشن شد. اثر والدها در برابر نتاج برای شاخص‌های SSI و YSI معنی‌دار بود. این اثر برای دیگر شاخص‌ها معنی‌دار نبود که نشان‌دهندهٔ معنی‌دار نبودن تفاوت میان میانگین والدها و نتاج است. این مسئله را نمی‌توان به حتم به وجود آثار افزایشی در کنترل تحمل به خشکی از لحاظ این شاخص‌ها نسبت داد بلکه می‌تواند به دلیل یکسان نبودن عمل آلل‌های غالب یا مغلوب در همهٔ مکان‌های ژنی برای افزایش یا کاهش صفت باشد.

برای بررسی چگونگی توارث شاخص تحمل تنش (STI)، شاخص مقاومت به خشکی (DRI) و نمرهٔ تحمل تنش (STS) تجزیهٔ واریانس گریفینک انجام شد و نتایج آن در جدول ۳ آمده است. برای هر سه شاخص ترکیب‌پذیری عمومی بدون معنی و ترکیب‌پذیری خصوصی معنی‌دار و نسبت بیکر پایین بود که این نتایج نشان‌دهندهٔ نقش عمدهٔ آثار غیرافزایشی در کنترل ژنتیکی مقادیر این شاخص‌ها برای جمعیت مورد بررسی بود. اما نتایج تجزیهٔ واریانس هیمن (جدول۴) و معنی‌دار بودن هر دو جزء افزایشی و غیرافزایشی نشان‌دهندهٔ نقش توأم آثار افزایشی و غیرافزایشی در کنترل تحمل به خشکی از لحاظ این شاخص‌ها بود.

جدول ۳. تجزیهٔ واریانس گریفینک برای شاخص تحمل خشکی، شاخص مقاوت به خشکی و نمرهٔ تحمل تنش

منابع تغییر	درجهٔ آزادی	شاخص تحمل تنش (STI)	شاخص مقاومت به خشکی (DRI)	نمرهٔ تحمل تنش (STS)
ترکیب‌پذیری عمومی	۸	۰/۱۱ ns	۰/۹۷ ns	۵۲/۸۲ ns
ترکیب‌پذیری خصوصی	۲۷	۰/۱۷**	۱/۷۴**	۷۱/۰۴**
خطا	۷۰	۰/۰۶	۰/۶۲	۲۳/۰۵
نسبت بیکر		۰/۱۵	۰/۱۴	۰/۱۸

ns، * و ** به ترتیب غیرمعنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱درصد.

جدول۴. تجزیهٔ واریانس ژنتیکی شاخص تحمل خشکی، شاخص مقاومت به خشکی و نمرهٔ تحمل تنش به اجزای افزایشی (a) و غالبیت (b) به روش هیمن

منابع تغییر	درجهٔ آزادی	شاخص تحمل تنش (STI)	شاخص مقاومت به خشکی (DRI)	نمرهٔ تحمل تنش (STS)
A	۸	۰/۳۹**	۱/۷۷*	۱۱۰/۱۰**
B	۳۶	۰/۱۵**	۱/۵۶**	۶۷/۵۰**
b_1	۱	۰/۰۹ ns	۱/۵۱ ns	۸۹/۳۸ ns
b_2	۸	۰/۱۰ ns	۱/۱۹ ns	۵۸/۰۲*
b_3	۲۷	۰/۱۷**	۱/۶۷**	۶۹/۵۰**
خطا	۸۸	۰/۰۶	۰/۷۰	۲۷/۱۹

ns، * و **: به ترتیب غیرمعنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال ۵درصد و ۱درصد.

www.SID.ir

Archive of SID

Farshadfar *et al.* (2011) نیز با توجه به تجزیهٔ واریانس هیمن وجود هر دو نوع آثار افزایشی و غیرافزایشی را در کنترل ژنتیکی STI تأیید کردند. جزء b_1 برای هر سه شاخص معنی‌دار نبود. معنی‌دار نبودن این جزء به این مفهوم است که آلل‌های غالب در برخی مکان‌ها باعث افزایش و در برخی مکان‌ها باعث کاهش میزان تحمل به خشکی می‌شوند که این امر باعث ایجاد پیچیدگی‌هایی در برنامه‌های اصلاحی می‌شود و پیشرفت گزینش را کاهش می‌دهد. جزء b_2 برای STS معنی‌دار بود که توزیع نامتقارن ژن‌ها را در جمعیت مورد بررسی برای کنترل تحمل به خشکی از نظر این شاخص نشان داد. معنی‌دار بودن جزء b_3 برای هر سه شاخص به معنای وجود غالبیت خاص در برخی تلاقی‌ها برای مقادیر این شاخص‌ها بود.

برآورد مشخصه‌های ژنتیکی مرتبط با میزان تحمل به خشکی از لحاظ سه شاخص مورد بررسی در جدول ۵ نشان داده شده است. درجهٔ غالبیت برای این شاخص‌ها بزرگ‌تر از ۱ بود. بنابراین چگونگی عمل ژن‌ها برای آنها از نوع فوق‌غالبیت بوده است.

جدول ۵. مشخصه‌های برآوردشده برای شاخص‌های STI، DRI و STS

مشخصه	شاخص تحمل تنش (STI)	شاخص مقاومت به خشکی (DRI)	نمرهٔ تحمل تنش (STS)
D	۰/۱۱ ±۰/۰۳۷	۰/۳۷ ±۰/۲۷۴	۲۸/۳۳ ±۱۳/۴۶۵
H1	۰/۱۷ ±۰/۰۳۹	۱/۷۵ ±۰/۴۴۸	۷۲/۵۳ ±۱۸/۷۹۱
H2	۰/۱۵ ±۰/۰۳۰	۱/۵۵ ±۰/۳۴۰	۶۶/۸۶ ±۱۳/۷۴۶
F	۰/۱۰ ±۰/۰۴۹	۰/۴۶ ±۰/۴۳۲	۳۱/۳۴ ±۲۰/۱۲۸
E	۰/۰۲ ±۰/۰۰۲	۰/۲۲ ±۰/۰۲۵	۸/۳۷ ±۰/۹۲۲
$\sqrt{H1/D}$	۱/۲۴ ±۰/۱۷۸	۲/۱۷ ±۱/۴۱	۱/۶۷ ±۰/۰۴۶
Uv	۰/۲۲ ±۰/۰۱۵	۰/۲۲ ±۰/۰۱۷	۰/۲۱ ±۰/۰۱۵
h_b^2	۰/۷۴ ±۰/۰۳۲	۰/۶۷ ±۰/۰۴۳	۰/۷۲ ±۰/۰۴۰
h_n^2	۰/۲۲ ±۰/۰۴۸	۰/۰۹ ±۰/۰۴۰	۰/۱۵ ±۰/۰۴۴

نسبت فراوانی آللی برای هر سه شاخص کمتر از ۰/۲۵ و علامت F مثبت بود بنابراین در مکان‌های ژنی کنترل‌کنندهٔ میزان تحمل به خشکی از لحاظ این شاخص‌ها فراوانی آلل‌های غالب بیشتر از آلل‌های مغلوب بوده است. برای هر سه شاخص وراثت‌پذیری عمومی بالا و وراثت‌پذیری خصوصی پایین بود. بنابراین سهم عمدهٔ تنوع جمعیت مورد بررسی از لحاظ این شاخص‌ها به واریانس ژنتیکی برمی‌گردد که سهم عمدهٔ این واریانس ژنتیکی متعلق به آثار غیرافزایشی است. Saba *et al.* (2001) برای شاخص STI وراثت‌پذیری متوسطی را گزارش کردند. با توجه به همسانی نتایج تجزیهٔ واریانس گریفینک و هیمن و برآورد مشخصه‌های ژنتیکی برای سه شاخص مورد نظر می‌توان به این نتیجه رسید که کنترل ژنتیکی میزان تحمل به خشکی از لحاظ این شاخص‌ها همسان بوده است و گزینش بر پایهٔ هر کدام از این شاخص‌ها بازدهٔ ژنتیکی تا حدودی یکسانی خواهد داشت.

نتیجه‌گیری کلی و پیشنهاد

بر پایهٔ نمرهٔ تحمل به تنش رقم آذر۲ و ژنوتیپ قدس× اکسکلیبر متحمل‌ترین ژنوتیپ‌ها بودند. رقم آذر۲ بر پایهٔ شاخص‌های SSI، TOL، β و YSI متحمل‌ترین ژنوتیپ شناخته شد، این رقم در شرایط عادی دارای پایین‌ترین عملکرد بود و در شرایط تنش نیز رتبهٔ چهارم عملکرد را داشت، بنابراین این رقم برای کاشت در شرایط عادی توصیه نمی‌شود و در شرایط تنش نیز به عنوان مناسب‌ترین رقم شناخته نمی‌شود اما به دلیل دارا بودن سازوکارهای تحمل به خشکی به عنوان رقمی مناسب برای استفاده در برنامه‌های به‌نژادی با هدف افزایش میزان تحمل به خشکی معرفی می‌شود. بر پایهٔ دیگر شاخص‌ها ژنوتیپ

www.SID.ir

Archive of SID

قدس×اکسکلیبر متحمل‌ترین ژنوتیپ بود. این ژنوتیپ در هر دو شرایط عملکرد بالایی داشت.

به دلیل بالا بودن اختلاف وراثت‌پذیری عمومی و خصوصی و بالا بودن نقش آثار غیرافزایشی در چگونگی توارث تحمل به خشکی از لحاظ شاخص‌های STI، DRI و STS برنامه‌های به‌نژادی که بر گزینش مستقیم میزان تحمل به خشکی از لحاظ این شاخص‌ها استوار است با گزینش در خلال نسل‌های در حال تفکیک پاسخ مناسبی نمی‌دهد و گزینش باید پس از رسیدن به خلوص انجام شود از این رو روش‌هایی همچون بالک، بالک تک‌بذر و دابل هاپلوئید برای افزایش تحمل به خشکی جمعیت مورد بررسی از راه گزینش ژنوتیپ‌های دارای مقادیر بالای شاخص‌های بحث‌شده توصیه می‌شود.

REFERENCES

1. Abdolshahi, R., Safarian, A., Nazari, M., Pourseyedi, S. & Mohamadi-Nejad, G. (2013). Screening drought-tolerant genotypes in bread wheat (*Triticum Aestivum* L.) using different multivariate methods. *Archive of Agronomy and Soil Science*, 59, 685-704.
2. Bidinger, FR., Mahalakshmei, V. & Rao, GDP. (1987). Assessment of drought resistance in pearl millet (*Pennisetum americanum* L.). I. Factors affecting yield under stress. *Australian Journal of Agricultural Research*, 38, 37-48.
3. Bouslama, M. & Schapaugh, WT. (1984). Stress tolerance in soybean. Part 1: evaluation of three screening techniques for heat and drought tolerance. *Crop science*, 24, 933-937.
4. Farshadfar, E. & Mohammadi, R. (2004). Analysis of genetic control of drought tolerance in Sheynne wheat cultivar using substitution lines. *Journal of* S*eed and Plant*, 21(1), 93-108. (in Farsi)
5. Farshadfar, E., Rasoli, V., Teixeiradasilva, J. & Farshadfar, M. (2011). Inheritance of drought tolerance indicators in bread wheat (*Triticum aestivum* L.) using a diallel technique. *Australian Journal of Crop Science*, 5(7), 870-878.
6. Fernandez, GCJ. (1992). Effective selection criteria for assessing stress tolerance. In: *Kuo CG, editor, Proceedings of the International Symposium on 'Adaptation of vegetables and other food crops in temperature and water stress*', AVRDC *Publication. Tainan, Taiwan*. 13–18 Aug. Chapter 25, 257-270.
7. Finlay, K.W. & Wilkinson, G.N. (1963). The analysis of adaptation in a plant breeding program. *Australian Journal of Agricultural Research*, 14, 742-754.
8. Fischer, RA. & Maurer, R. (1978). Drought resistance in spring wheat cultivars. Part 1: grain yield response. *Australian Journal of Agricultural Research*, 29, 897-912.
9. Gavuzzi, P., Rizza, F., Palumbo, M., Campaline, RG., Ricciardi, GL. & 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.
10. Golabadi, M., Arzani, A. & Mirmohammadi-Meibody, SAM. (2006). Assessment of drought tolerance in segregating populations in durum wheat. *African Journal of Agricultural Research*, 5, 162-171.
11. Gravandi, M., Farshadfar, E. & Kahrizi, D. (2009). Evaluation of drought tolerance in bread wheat advanced genotypes in field and laboratory conditions. *Journal of Seed and Plant Breeding*, 1-26(2), 233-252. (in Farsi)
12. Jafarnezhad, A., Taheri, G. & Rahchamanie, A.A. (2008). Study of drought tolerance in four wheat genotypes, at germination stage. *Environmental Stresses in Agricultural Sciences*, 2(1), 73-85. (in Farsi)
13. Miri, H.R. (2009). Effect of post anthesis drought stress on contribution of stem reserves in grain yield of different wheat cultivars. *Electronic Journal of Crop Production*, 3(1), 1-19. (in Farsi)
14. Moghaddasi, L., Rashidi, V. & Rosban-Haghighi, A. (2010). Evaluation of drought tolerance in durum wheat lines using application of drought tolerance indices. *11th Crop Science Congress*. *Iran, Shahid Beheshti university of Tehran*, 5pp. (in Farsi)
15. Rosielle, AA. & Hamblin, J. (1981). Theoretical aspects of selection for yield in stress and nonstress environment. *Crop Science*, 21, 943-946.
16. Saba, J., Moghaddam, M., Ghasemi, K. & Nishabouri, M.R. (2001). Genetic properties of drought resistance indices. *Journal of Agricultural Sciences and Technology*, 3, 43-49.
17. Tahmasebi, S.; Khadambashi, M. & Resaei, A. (2006). Evaluation of genetic parameters of wheat grain yield and its relative traits using diallel method in normal and drought stress conditions. *Water and Soil Sciences*, 11(1), 229-240. (in Farsi)
18. Veisi-Mal-Amiri, I., Haghparast, R., Aghaei-Sarbarzeh, M., Farshadfar, E. & Rajabi, R. (2009). Evaluation of drought tolerance of barley (*Hordeum vulgar*) genotypes using physiological characteristics and drought tolerance indices. *Journal of Seed and Plant Breeding*, 1-26(1), 43-60. (in Farsi)

www.SID.ir

Archive of SID

Iranian Journal of Filed Crop Science, Vol. 46, No. 4, Winter 2016

Evaluation inheritance of drought stress tolerance score of bread wheat (*Triticum Aestivum* L.)

Khadijeh Mokhtarifar[1*] and Roohollah Abdolshahi[2]

1, 2. M.Sc. Student of Plant Breeding and Associate Prof., Faculty of Agriculture, Shaid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran

(Received: May 9, 2015 - Accepted: Aug. 8, 2015)

ABSTRACT

In order to increase drought tolerance in bread wheat, an appropriate breeding program based on inheritance of drought tolerance is recommended. In the present study, nine bread wheat cultivars and their F_2 progenies were evaluated in a randomized complete block design under normal and drought stress conditions. Nine sensitivity/tolerance indices were calculated for studied genotypes and stress tolerance score (STS) was calculated using all indices. Inheritance of drought tolerance indices (STI, DRI and STS) were evaluated using half diallel design. Low Baker ratio for these indices showed that none-additive effects are more important than additive effects in genetic control of these indices. In addition, broad sense heritability was relatively high and narrow sense heritability was low for evaluated indices. Results of this research showed that selection for increasing drought tolerance in bread wheat should be postponed till late generations. Based on these results, bulk, single seed descent and double haploid are recommended methods for breeding for drought tolerance in this population.

Keywords: broad and narrow sense heritability, none-additive effects, stress tolerance score (STS).

* Corresponding author E-mail: Kh.mokhtary@gmail.com Tel: +98 913 1466876

www.SID.ir