Archive of SID

" نهال و بذر"
جلد ۲۱، شماره ۱ ، سال ۱۳۸٤

تجزیه کنترل ژنتیکی تحمل به خشکی در گندم رقم شایان با استفاده از لاین‌های جایگزین*

Analysis of Genetic Control of Drought Tolerance in Sheynne Wheat Cultivar Using Substitution Lines

عزت‌الله فرشادفر و رضا محمدی

دانشکده کشاورزی دانشگاه رازی کرمانشاه و مؤسسه تحقیقات کشاورزی دیم، سرارود، کرمانشاه

تاریخ دریافت: ۸۲/۱۲/۱۸

چکیده

فرشادفر، ع.، و محمدی، ر. ۱۳۸٤. تجزیه کنترل ژنتیکی تحمل به خشکی در گندم رقم شایان با استفاده از لاین‌های جایگزین. **نهال و بذر** ۲۱: ۱۰۸-۹۳.

تنش خشکی به عنوان مهم‌ترین تنش غیرزیستی نقش مهمی در کاهش تنوع ژنتیکی و عملکرد گیاهان زراعی در جهان دارد. مطالعه حاضر با استفاده از سری کامل لاین‌های دیزومیک جایگزین شده گندم نان(*Triticum aestivum* L. cv. Sheynne) به همراه والدهای دهنده (*T. aestivum* L. cv. Chinese spring) و گیرنده (1A, 2A, ... , 7A)، (1B, 2B, ... , 7B) و (1D, 2D, ... , 7D) دریافتی از مؤسسه تحقیقات علوم آکادمی مارتون واشر مجارستان به منظور مطالعه تجزیه کنترل ژنتیکی تحمل به خشکی در گندم رقم شایان انجام شد. نتایج حاصل از تجزیه واریانس و مقایسه میانگین صفات مورد مطالعه نشان داد که برای محل‌های کروموزومی رقم شایان از نظر صفات مورد مطالعه تنوع ژنتیکی وجود دارد، بنابراین تنوع موجود بیانگر اختلاف ژنتیکی بین محل‌های کروموزومی بوده و امکان گزینش محل‌های کروموزمی حامل ژن‌های کنترل‌کننده تحمل به خشکی را آسان‌تر می‌نماید. بر اساس میزان آب نسبی برگ (RWC) به عنوان مهم‌ترین شاخص فیزیولوژیکی، محل‌های کروموزومی 7A، 6D، 2D و 5A گزینش شدند. میزان شاخص تحمل به خشکی (DTI) نیز برای محل‌های کروموزومی 7A، 2A، 4D، 6D، 1B و 2B بالا بود. شاخص انتخاب چندگانه (MSI) که همبستگی بالایی با شاخص تحمل به خشکی و شاخص‌های فیزیولوژیکی نشان داد، میزان آن برای محل‌های کروموزومی 7A، 2B، 1D، 2D، 6D، 3D و 4D بالا بود. نتایج حاصل از تجزیه ژنومی در گندم رقم شایان نشان داد که ژنوم D با ٤۳/۱۱٪ کارآیی انتخاب بر اساس شاخص انتخاب چندگانه بیشترین تأثیر را در کنترل میزان تحمل به خشکی دارد. نتایج حاصل از تجزیه خوشه‌ای و تجزیه تابع تشخیص نشان داد که لاین‌های جایگزین شده 7A، 4D، 6D و 2D براساس فاصله اقلیدسی برای شاخص‌های DTI و MSI اختلاف معنی‌داری نداشته و به عنوان مهم‌ترین گروه نقش مهمی در کنترل میزان تحمل به خشکی دارند. براساس نتایج حاصل، احتمالاً محل‌های کروموزومی 7A، 4D، 6D و 2D با بیشترین مکان‌های ژنی کنترل‌کننده تحمل به خشکی، نقش مهمی در کنترل میزان تحمل به خشکی در گندم رقم شایان دارد.

واژه‌های کلیدی: گندم، تحمل به خشکی، کنترل ژنتیکی، شاخص‌های فیزیولوژیکی، شاخص انتخاب چندگانه، لاین‌های جایگزین.

---

* بخشی از پایان‌نامه کارشناسی ارشد نگارنده دوم.

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

هدف از تجزیه ژنتیکی تحمل به خشکی شناسایی آن دسته از عوامل ژنتیکی است که شاخص‌های تحمل به خشکی را کنترل می‌نمایند. با استفاده از این روش‌ها می‌توان نحوه وراثت و محل ژن‌های کنترل‌کننده معیارهای تحمل به خشکی را مشخص نمود (فرشادفر، ۱۳۷۷). یکی از روش‌هایی که برای تجزیه ژنتیکی تحمل به خشکی به کار می‌رود، روش سیتوژنتیکی با استفاده از لاین‌های جایگزین شده کروموزومی می‌باشد. با استفاده از این روش می‌توان محل ژن‌های کنترل‌کننده عملکرد و اجزاء آن، اجزاء فیزیولوژیکی عملکرد، تنظیم فشار اسمزی، تمایز ایزوتوپ کربن، کلروفیل فلورسنس، شاخص حساسیت به خشکی و پایداری ژنوتیپی را مشخص نمود (فرشادفر، ۱۳۷۷). با استفاده از لاین‌های جایگزین می‌توان کلیه تفاوت‌های ژنتیکی موجود در بین دو رقم را به کروموزوم‌های مربوطه نسبت داد (عبدمیشانی، ۱۳۷٦). این لاین‌ها به خصوص برای تجزیه و تحلیل صفات کمی مثل خشکی مفیدند، زیرا امکان کشت جوامع یکنواختی که همگی دارای زمینه ژنتیکی مشابه بوده و هر کدام فقط از نظر یک کروموزوم با هم تفاوت دارند، فراهم می‌شود. با استفاده از لاین‌های جایگزین، امکان انتساب صفات پیچیده به کروموزوم‌های مربوطه آن فراهم شده و مطالعه اثر متقابل آن نیز امکان‌پذیر می‌باشد. با توجه به آسیب‌پذیری ژنتیکی ارقام گندم به وسیله تنش‌های محیطی (زیستی و غیرزیستی)، جمع‌آوری و تکامل گونه‌های وحشی Triticum و جنس‌های خویشاوند آن که دارای سازگاری وسیعی با محیط‌های مختلف بوده و حاوی منابع بزرگی از ژن‌های مفید با عکس‌العمل مطلوب برای تنش‌های محیطی (زیستی و غیرزیستی) باشند، هدفی است که به وسیله متخصصین گندم در سراسر دنیا در حال پیگیری است (Khush and Brar, 1992 ؛ Mann, 1987 ؛ Kalloo, 1992). علاوه بر صفات مرفولوژیکی که در سازگاری گیاه به تنش‌های محیطی نقش دارند، صفات فیزیولوژیکی نیز اهمیت حیاتی در بقاء و سازگاری گیاهان به تنش‌های محیطی داشته و از این رو توجه به معیارهای فیزیولوژیکی به منظور مطالعه میزان تحمل به خشکی یکی از جنبه‌های مهم اصلاح برای تحمل به خشکی است (محمدی، ۱۳۷۹). بنابراین خشکی ترکیبی ازصفات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی است که با میزان آب نسبی برگ (Relative Water Content: RWC)، میزان آب نسبی از دست رفته (Relative Water Loss: RWL)، کلروفیل فلورسنس(Chlorophyll Fluorscence:CHF)، تجمع پرولین و اسید آبسیزیک (ABA)، تنظیم اسمزی، اندازه ریشه (Blum, 1988) و پارامترهای دیگر تبادل روزنه‌ای (Stomatal Conduction: SC) و کارآیی استفاده‌ازآب(Water Use Efficiency:WUE)

www.SID.ir

Archive of SID

در ارتباط می‌باشد (محمدی، ۱۳۷۹؛ Lange, 1971). بیشتر مطالعات انجام شده (Sharma and Gill, 1983؛ Gale and Miller, 1987؛ Islam and Shepherd, 1991؛ Jiang *et al.*, 1994) بر اساس انتقال ژن‌های بیگانه به گندم به منظور اصلاح برای مقاومت به تنش‌های زیستی (آفات و بیماری‌ها) به ارقام گندم بوده است. این در حالی است که تحقیقات و مطالعات اندکی در مورد انتقال کروموزوم‌ها یا ژن‌های بیگانه به گندم برای اصلاح تحمل به تنش‌های غیرزیستی (خشکی، سرما، شوری) انجام شده است. از طرفی دانش موجود برای کنترل ژنتیکی صفات مرتبط با خشکی کافی نبوده و نمی‌توان از آن‌ها در برنامه‌های اصلاحی استفاده نمود. وراثت‌پذیری صفاتی همچون عملکرد اغلب تحت شرایط خشکی پایین بوده، که این می‌تواندمربوط به واریانس کوچک ژنتیکی یا بزرگ بودن واریانس اثر متقابل ژنوتیپ و محیط باشد (Smith *et al.*, 1996). بنابراین به روش‌هایی برای تأکید بیشتر بر روی جنبه‌های ژنتیکی، تعریف و مدیریت ژن‌های سازگار به شرایط تنش نیاز داریم (Morgan, 1988). تنظیم اسمزی یکی از مهم‌ترین مؤلفه‌های تحمل به خشکی است (Al-Dakheel, 1991؛ Loss and Siddique, 1994) که ارتباط زیادی با میزان آب نسبی بیشتر و کاهش کمتر میزان آب نسبی از دست رفته دارد (Yang *et al.*, 1991؛ Schonfeld *et al.*, 1988؛ Wange and Clarke, 1993؛ Haley *et al.*, 1993). از نظر رژیم آبی، تحمل به خشکی یکی از مؤلفه‌های پایداری است و در شرایطی که محیط‌ها تنوع زیادی داشته باشند ژنوتیپ‌های پایدار می‌توانند برای تحمل به خشکی براساس صفات فیزیولوژیکی طبقه‌بندی شوند (Singh, 1989؛ Clarke, 1987؛ Bidinger and Witcombe, 1989؛ Acevedo and Fereres,1993؛Blum,1992). بنابراین هدف از این پژوهش، ارزیابی محل‌های کروموزومی گندم نان رقم شایان از نظر تفاوت‌های ژنتیکی موجود، تجزیه و تحلیل صفات کمی مرتبط با خشکی و یافتن کروموزوم‌هایی از گندم می‌باشد که بیشترین تأثیر را در کنترل تحمل به خشکی داشته باشند.

مواد و روش‌ها

آزمایش در سال ۱۳۷۶ به منظور بررسی جایگاه‌های کروموزومی گندم نان برای تحمل به خشکی با استفاده از سری لاین‌های دیزومیک جایگزین شده گندم نان (1A, 2A, ... , 7A)، (1B, 2B, ... , 7B) و (1D, 2D, ... , 7D) به همراه والدهای دهنده (*T. aestivum* L. cv. Sheynne) و گیرنده (*T. aestivum* L. cv. Chinese spring) دریافتی از مؤسسه تحقیقات کشاورزی مارتون واشر وابسته به علوم آکادمی مجارستان، تحت دو شرایط تنش (در شرایط تنش تنها به نزولات

www.SID.ir

Archive of SID

جوی اکتفا شد) و بدون تنش (در شرایط بدون تنش علاوه بر نزولات جوی در سه مرحله ساقه رفتن، گلدهی و دانه بستن آبیاری به روش نشتی انجام شد) در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه رازی انجام شد. در این آزمایش از رقم محلی سرداری به عنوان شاهد استفاده شد. آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار پیاده شد. هر لاین در دو خط ۱۲۰سانتی‌متری با فاصله ردیف ۲۰ سانتی‌متر و فاصله بوته در ردیف سه سانتی‌متر کاشته شدند. در طول اجرای آزمایش مهم‌ترین شاخص‌های فیزیولوژیکی (میزان آب نسبی برگ، آب نسبی از دست رفته و کلروفیل فلورسنس) و صفات زراعی عملکرد و اجزاء آن در دو محیط تنش و بدون تنش به منظور محاسبه شاخص تحمل به خشکی (Drought Tolerance Index: DTI) مورد مطالعه قرار گرفتند. صفات و شاخص‌های مورد مطالعه با استفاده از روش‌های زیر محاسبه شدند.

۱- میزان آب نسبی برگ (RWC)

برای اندازه‌گیری این صفت، به طور تصادفی پنج برگ پرچم از بوته‌های هر کرت جدا شده و بلافاصله وزن تر (Fresh Weight: FW) آن‌ها توسط ترازوی دقیق دیجیتالی محاسبه شد. نمونه‌ها به مدت ۷۲ ساعت در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد در داخل آون به منظور به دست آوردن وزن خشک (Dry Weight: DW) قرار داده شدند و سپس با استفاده از فرمول زیر که توسط الیدیب و همکاران (Alidibe *et al.*, 1990) ارائه شده است میزان آب نسبی برگ برای هر لاین محاسبه گردید:

$$\%RWC = [\frac{FW - DW}{FW}]\,100$$

۲- میزان آب نسبی از دست رفته (RWL)

برای اندازه‌گیری این صفت پنج برگ پرچم به طور تصادفی از بوته‌های هر کرت جدا شده و بلافاصله وزن تر (FW) آن‌ها محاسبه شد. بعد از تعیین وزن تر، نمونه‌ها در اتاقک رشد با شرایط دمایی ۲ ± ۲۰ و رطوبت نسبی ٪۶۰ به مدت شش ساعت قرار داده شدند و بلافاصله نمونه‌ها وزن شدند (Ww6H). سپس نمونه‌ها در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به منظور به دست آوردن وزن خشک (DW) در آون قرار داده شدند و از طریق فرمول زیر میزان آب نسبی از دست رفته، برای شش ساعت محاسبه شد (Gavuzzi, *et al.*, 1997):

$$RWL = [\frac{(FW - Ww6H)}{(FW - DW)}]100$$

۳- کلروفیل فلورسنس (CHF)

در این روش بعد از مرحله گلدهی، به طور تصادفی پنج برگ پرچم از هر کرت آزمایشی انتخاب و میزان عملکرد کوانتوم (کلروفیل فلورسنس) با استفاده از دستگاه تجزیه‌گر عملکرد فتوسنتز (Plant Efficiency Analysis: PEA) برای هر لاین بر اساس فرمول زیر محاسبه شد (Farshadfar, 1995):

www.SID.ir

Archive of SID

$$\text{Quantum yield} = \frac{(Fm - Ft)}{Fm}$$

که در آن Fm ماکزیمم عملکرد فلورسنس و Ft میزان فلورسنس اولیه در مرحله نور مناسب است.

۴- شاخص تحمل به خشکی (DTI)

در این روش عملکرد دانه در دو محیط تنش و بدون تنش برای هر لاین محاسبه و از طریق فرمول زیر که توسط فرناندز (Fernandez, 1992) ارائه شده است میزان تحمل به خشکی برای هر لاین محاسبه شد:

$$STI = (Ys)(Yp)/(\overline{Yp})^2$$

که در این فرمول Yp، Ys و $\overline{Yp}$ به ترتیب عملکرد لاین‌ها در شرایط بدون تنش، تنش و میانگین عملکرد تمام لاین‌ها در شرایط بدون تنش می‌باشد.

۵- شاخص انتخاب چندگانه (MSI)

به منظور ارزیابی جایگاه‌های کروموزومی تحمل به خشکی در رقم شایان بر اساس شاخص‌های مورد مطالعه، از شاخص انتخاب چندگانه (Multiple Selection Index: MSI) استفاده شد. در این روش ابتدا مقادیر هر شاخص استاندارد شده و از جمع عددی شاخص‌های استاندارد شده RWC، RWL، CHF و DTI مقدار MSI برای هر لاین محاسبه شد. با توجه به این که مقادیر MSI برای بعضی از لاین‌ها منفی به دست آمد، برای حذف مقادیر منفی، مقادیر MSI برای هر لاین با ضریب ثابت C= ۵ جمع گردید (Mohammadi *et al.*, 2002).

جهت تجزیه و تحلیل داده‌ها و رسم نمودارها از نرم‌افزارهای آماری MSTAT-C، SPSS و Excel استفاده گردید.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه واریانس و مقایسه میانگین صفات مورد مطالعه نشان داد که لاین‌های جایگزین مورد بررسی از نظر صفات مورد مطالعه دارای تنوع می‌باشند (جدول ۱). اختلاف موجود در بین لاین‌های مورد بررسی بیانگر تنوع ژنتیکی در بین محل‌های کروموزومی والد دهنده از نظرصفات مرتبط با تحمل به خشکی می‌باشد. بنابراین بر اساس تنوع موجود امکان انتخاب و گزینش بر اساس مهم‌ترین شاخص‌های تحمل به خشکی ممکن خواهد بود. در جدول ۱ مقایسه میانگین لاین‌های مورد بررسی برای هر صفت با استفاده از آزمون دانکن آمده است. از نظر میزان آب نسبی برگ، در بین محل‌های کروموزومی ژنوم A، محل‌های کروموزومی 7A و 5A نسبت به سایر محل‌های کروموزومی از میزان آب نسبی برگ بالایی برخوردار بودند. محل‌های کروموزومی 1B و 2B نیز نسبت به سایر محل‌های کروموزومی ژنوم B از میزان آب نسبی بالایی برخوردار بودند. از بین محل‌های کروموزومی ژنوم D نیز 6D و 2D از نظر میزان آب نسبی برگ گزینش شدند. محل‌های کروموزومی 4B و 6A دارای کمترین میزان آب نسبی برگ بودند. والد دهنده نیز

www.SID.ir

Archive of SID

نسبت به والد گیرنده از میزان آب نسبی برگ بالاتری برخوردار بود. میزان آب نسبی برای رقم شاهد نیز نسبتاً بالا بود. مانت و همکاران (Manette *et al.*, 1988) نیز اختلاف معنی‌داری را برای ارقام گندم مورد مطالعه از لحاظ میزان آب نسبی برگ گزارش نمودند.

ددیو (Dedio, 1975) نیز از آب نسبی برگ به عنوان یک شاخص در گزینش برای تحمل به خشکی استفاده نمود. میزان آب نسبی

جدول۱- مقایسه میانگین صفات مرتبط با تحمل به خشکی در لاین‌های جایگزین و والدین

Table 1. Mean comparison of drought tolerance related traits in wheat substitution lines and parents

No. of line	Line	Ys	Yp	RWC	RWL	CHF	DTI*	MSI*
1	1A	72.21cdef	111.75bcde	52.157cd	0.226abcd	0.789ab	0.645	2.90
2	2A	72.01cdef	113.91bcde	55.026abcd	0.224abcd	0.799a	0.653	4.76
3	3A	68.27defg	101.59ef	57.058abcd	0.186d	0.770ab	0.549	3.01
4	4A	68.33defg	115.38bcde	57.463abcd	0.263ab	0.784ab	0.625	4.64
5	5A	64.20fgh	95.80f	59.465ab	0.219bcd	0.794ab	0.488	4.84
6	6A	56.89h	103.26def	52.860bcd	0.232abcd	0.801a	0.470	2.29
7	7A	82.87ab	112.93bcde	57.884abcd	0.200cd	0.773ab	0.744	5.35
8	1B	72.92bcde	115.99bcde	56.111abcd	0.223abcd	0.793ab	0.690	5.22
9	2B	66.20efg	122.43b	58.590abcd	0.218bcd	0.783ab	0.645	5.26
10	3B	60.83gh	115.67bcde	54.457abcd	0.207bcd	0.808a	0.559	4.21
11	4B	72.60cdef	103.60cdef	51.506d	0.223abcd	0.804a	0.600	3.12
12	5B	56.53fg	104.93cdef	55.653abcd	0.209bcd	0.814a	0.545	4.93
13	6B	69.60def	111.39bcde	56.488abcd	0.282a	0.733b	0.615	1.11
14	7B	64.50gfh	95.55f	53.271bcd	0.253abc	0.795ab	0.490	2.25
15	1D	72.77cdef	118.12bc	56.062abcd	0.225abcd	0.804a	0.683	5.80
16	2D	80.30abc	109.20bcde	61.288a	0.221abcd	0.807a	0.697	8.28
17	3D	67.97defg	116.52bcd	57.085abcd	0.232abcd	0.804a	0.629	5.71
18	4D	79.20abc	120.53b	55.351abcd	0.214bcd	0.791ab	0.759	5.41
19	5D	70.50def	110.51bcde	54.428abcd	0.211bcd	0.793ab	0.620	3.88
20	6D	83.17ab	117.53bcd	57.731abcd	0.210bcd	0.807a	0.744	7.54
21	7D	70.00def	113.07bcde	55.391abcd	0.247abcd	0.791ab	0.626	4.21
22	CS(Recipiant)	76.33bcd	104.78cdef	56.208abcd	0.218bcd	0.802a	0.634	5.31
23	Sheynne(Donor)	83.30ab	120.97b	59.219abc	0.200cd	0.774ab	0.800	6.47
24	Check(Sardari)	85.80a	138.18a	57.859abcd	0.213bcd	0.790ab	0.943	8.15

* These indices no variance analysed

* این شاخص‌ها تجزیه واریانس نشده‌اند

میانگین‌ها با حروف مشابه در هر ستون فاقد اختلاف معنی‌دار می‌باشند.

Means with similar letters in each column are not significantly different.

CHF: Chlorophyll fluorescence; RWC: Relative water content; RWL: Relative water loss; Yp: Yield of potential; Ys: Yield of stress; DTI: Drought tolerance index: MSI: Multiple selection index.

www.SID.ir

Archive of SID

برگ به عنوان یک معیار تحمل به خشکی به وسیله شانفلد و همکاران (Schonfeld *et al.*, 1988) پیشنهاد شده است. از این معیار در برنامه‌های اصلاحی جهت اندازه‌گیری تنظیم اسمزی نیز استفاده شده است (Morgan, 1989 ؛ Singh, 1989). ارقام مقاوم به خشکی در گندم دارای توانایی بیشتری از نظر حفظ پتانسیل آب خود هستند (Sojka *et al.*, 1981 ؛ Kiem and Kronstad, 1979) و از نظر تنظیم اسمزی نیز ظرفیت بیشتری دارد (Blum *et al.*, 1983 ؛ Sojka *et al.*, 1981). مانت و همکاران (Manette *et al.*, 1988) برای میزان آب نسبی برگ وراثت‌پذیری بالایی گزراش نمودند. این محققین گزارش نمودند که ژن مسئول کنترل‌کننده میزان آب نسبی برگ به صورت افزایشی عمل می‌نماید. از لحاظ میزان آب نسبی از دست رفته محل‌های کروموزومی 1A، 2A و 6A، 6B و 7B، 7D و 3D دارای بیشترین میزان آب نسبی از دست رفته بودند و میزان آب نسبی از دست رفته برای محل‌های کروموزومی 3A، 7A، 2B، 7B، 6D و 5D کمتر بود. میزان آب نسبی از دست رفته والد دهنده نیز نسبت به والد گیرنده کمتر بود. تنوع ژنتیکی در گندم برای صفت میزان آب نسبی از دست رفته توسط بایلز و همکاران (Bayles *et al.*, 1973)وددیو(Dedio, 1975) گزارش شده است. استفاده از این شاخص جهت گزینش برای شرایط تنش توسط عده‌ای از محققین نیز گزارش شده است (Schonfled *et al.*, 1988؛ Dedio, 1975 ؛ Morgan, 1988 ؛ Singh, 1989). محل‌های کروموزومی 7A و 6D از میزان آب نسبی برگ بالایی برخوردار بود و میزان آب نسبی از دست رفته برای آن‌ها نیز پائین بود. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که لاین‌های مذکور درحفظ پتانسیل آب موجود در شرایط تنش اهمیت بیشتری نسبت به سایر لاین‌ها دارند. میزان آب نسبی از دست رفته از وراثت‌پذیری پایینی برخوردار می‌باشد و این به علت اثر محیطی است که بخش بزرگی از تنوع فنوتیپی این صفت را تشکیل می‌دهند (Farshadfar *et al.*, 2000). محل‌های کروموزومی 6A و 5A، 3B، 4D، 5B، 6D، 2D و 3D دارای بیشترین میزان عملکرد کوانتوم بودند. همچنین میزان عملکرد کوانتوم برای رقم شاهد و والد دهنده بالا بود. بنابر اظهار نظر جنتی و همکاران (Genty *et al.*, 1989) عملکرد کوانتوم با تحمل به خشکی همبستگی دارد و ارقامی که عملکرد کوانتوم بیشتری دارند تحمل به خشکی بالاتری نیز خواهند داشت. میزان کلروفیل فلورسنس از وراثت‌پذیری پایینی برخوردار می‌باشد و این به دلیل اثر محیطی است که بخش بزرگی از تنوع فنوتیپی مربوط به این صفت را تشکیل می‌دهد. تجزیه ژنتیکی کلروفیل فلورسنس نشان داد که صفت مربوطه به وسیله عمل افزایشی ژن کنترل می‌گردد (Farshadfar *et al.*, 2000). میزان عملکرد در

www.SID.ir

Archive of SID

شرایط تنش برای محل‌های کروموزومی 7A ، 1A، 2A، 1B، 4B، 2D و 7D بالا و برای محل‌های کروموزومی 6A، 5A، 2B، 5D و 7D پایین بود. رقم شاهد و والد دهنده از عملکرد بالایی در شرایط تنش برخوردار بودند. محل‌های کروموزومی 4A ، 7A، 1B، 2B، 1D، 6D و 4D از میزان عملکرد بالایی در شرایط بدون تنش برخوردار بودند. میزان شاخص تحمل به خشکی برای محل‌های کروموزومی 7A، 2A، 1B، 2B، 4D و 6D بالا و برای محل‌های کروموزومی 3A، 6A، 3B، 5B و 7B پایین بود. فرناندز (Fernandez, 1992) نیز از این شاخص برای غربال نمودن لاین‌ها و ارقام مقاوم به خشکی استفاده نمود. بررسی ضرایب همبستگی صفات مورد مطالعه نشان داد که میزان آب نسبی برگ همبستگی مثبت و معنی‌داری (r=0.4202*) با عملکرد در شرایط تنش دارد (جدول ۲). بنابراین با توجه به همبستگی مثبت و معنی‌دار میزان آب نسبی برگ و عملکرد در شرایط تنش، می‌توان از شاخص میزان آب نسبی برگ برای گزینش در شرایط تنش استفاده نمود. استفاده از این شاخص توسط محققین دیگر نیز گزارش شده است (Dedio, 1975 ؛ Morgan, 1989 ؛ Singh, 1989). میزان آب نسبی از دست رفته همبستگی منفی (r=-0.2613) با شاخص تحمل به خشکی نشان داد. از طرفی میزان آب نسبی از دست رفته همبستگی منفی و غیرمعنی‌داری (r=-0.1947) با میزان آب نسبی برگ نشان داد، یعنی با افزایش میزان آب نسبی برگ، آب نسبی از دست رفته به طور جزئی کاهش می‌یابد. بنابراین با توجه به همبستگی منفی آب نسبی از دست رفته با شاخص تحمل به خشکی می‌توان بر اساس مقادیر پایین میزان آب نسبی از دست رفته جهت گزینش در شرایط تنش عمل انتخاب را انجام داد. از این شاخص برای گزینش در شرایط تنش قبلاً استفاده شده است

جدول۲- ماتریس ضرایب همبستگی ساده صفات و شاخص‌های مورد مطالعه

Table 2. Matrice of correlation coefficient of studied traits and indices

	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7
CHF(X1)	-						
RWC(X2)	-.1863	-					
RWL(X3)	-.3208	-.1947	-				
Yp(X4)	-.092	.2838	-.1190	-			
Ys(X5)	-.1093	.4202*	-.3127	.5511**	-		
DTI(X6)	-.1119	.3989	-.2613	.8487**	.9057**	-	
MSI(X7)	.3936	.6769**	-.4437*	.5797**	.6804**	.7187**	-

* و **: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪.

* and ** : Significant at 5% and 1% probability levels, respectively.

CHF: Chlorophyll fluorescence ; RWC: Relative water content ; RWL: Relative water loss ; Yp: Yield of potential ; Ys: Yield of stress ; DTI: Drought tolerance index : MSI: Multiple selection index

www.SID.ir

Archive of SID

Schonfeld *et al.*, 1988 ؛ Dedio, 1975) ؛ Morgan, 1988 ؛ Singh, 1989). شاخص تحمل به خشکی نیز همبستگی مثبت و معنی‌داری با عملکرد در دو شرایط تنش (r=0.9057**) و بدون تنش (r=0.8487**) نشان داد. بنابراین با گزینش برای عملکرد در شرایط تنش می‌توان لاین‌های با شاخص تحمل به خشکی بالا را گزینش نمود. فرناندز (Fernandez, 1992) این ضرایب را برای ماش در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار گزینش نمود. بنابراظهار نظر فرناندز (Fernandez, 1992) در صورت معنی‌دار بودن ضرایب همبستگی می‌توان لاین‌های با عملکرد بالا در دو شرایط تنش و بدون تنش را براساس شاخص تحمل به خشکی گزینش نمود (جدول ۲).

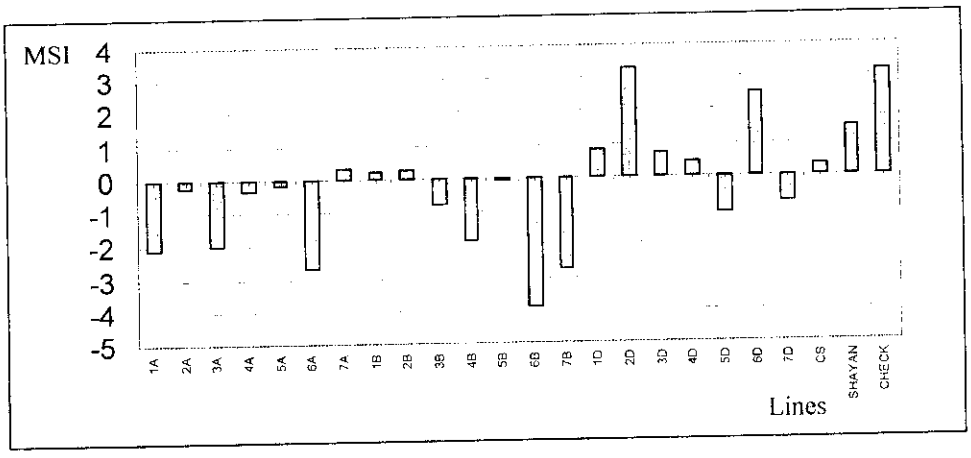
شاخص انتخاب چندگانه، همبستگی معنی‌داری با میزان آب نسبی برگ (r=0.6769**)، میزان آب نسبی از دست رفته (r=-0.4437*)، عملکرد بدون تنش (r=0.5797*)، عملکرد تنش (r=0.6804**) و شاخص تحمل به خشکی (r=0.7187**) نشان داد. بنابراین می‌توان بر اساس شاخص انتخاب چندگانه، جهت گزینش در شرایط تنش لاین‌های برتر را انتخاب نمود. با توجه به همبستگی معنی‌دار شاخص انتخاب چندگانه با شاخص تحمل به خشکی، عملکرد تنش و بدون تنش و شاخص‌های فیزیولوژیکی میزان آب نسبی برگ و آب نسبی از دست رفته لاین‌های مورد مطالعه بر اساس شاخص انتخاب چندگانه ارزیابی شدند (جدول ۱ و شکل ۱). براساس شاخص MSI محل‌های کروموزومی 7A، 2B، 1D، 2D، 6D، 3D و 4D بیشترین تأثیر را در کنترل میزان تحمل به خشکی بر اساس شاخص‌های مورد مطالعه داشتند. میزان شاخص انتخاب چندگانه (MSI) برای محل‌های کروموزومی 1A، 3A، 6A، 6B و 7B کمترین تأثیر را در کنترل میزان تحمل به خشکی داشت.

والد دهنده و شاهد نیز تأثیر زیادی در کنترل میزان تحمل به خشکی بر اساس شاخص‌های مورد مطالعه داشتند. محل‌های کروموزومی 2D و 6D به ترتیب با ۸/۷٤ ٪ و ۷/۹٦ ٪ دارای بیشترین کارآیی انتخاب بر اساس شاخص انتخاب چندگانه بودند و محل‌های کروموزومی 6B و 6A به ترتیب با ۱/۱۷٪ و ۲/٤۱٪ کمترین کارآیی انتخاب را بر اساس شاخص MSI داشتند. ژنوم‌های A، B و D به ترتیب ۲۹/۱۵٪، ۲۷/۵۷٪ و ٤۳/۱۱٪ کارآیی انتخاب داشتند، بنابراین ژنوم D با بیشترین تأثیر در کنترل میزان تحمل به خشکی دارای بیشترین مکان‌های ژنی کنترل‌کننده تحمل به خشکی در گندم رقم شایان می‌باشد (شکل ۱).

با توجه به اهمیت عملکرد تنش و قابلیت آن به عنوان یک شاخص در گزینش لاین‌های متحمل به خشکی و با توجه به همبستگی مثبت و معنی‌دار عملکرد تنش با شاخص تحمل به خشکی و شاخص انتخاب چندگانه، معادله رگرسیون عملکرد بر اساس شاخص‌های RWC، RWL، CHF و DTI تعیین و میزان

www.SID.ir

Archive of SID



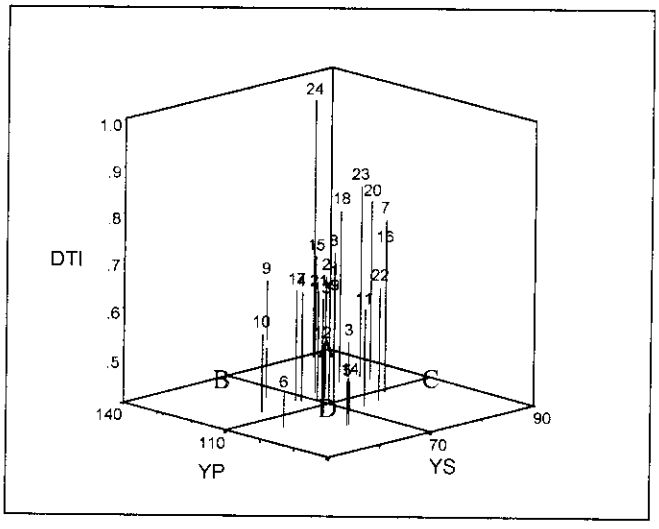
شکل ۱- ارزیابی لاین‌های جایگزین گندم بر اساس شاخص انتخاب چندگانه (**MSI**)

Fig. 1. Evaluation of wheat substitution lines based on multiple selection index (MSI)

تأثیر هر شاخص در عملکرد تنش تعیین شد (جدول ۳). همان طور که از معادله رگرسیون پیداست، شاخص تحمل به خشکی بیشترین تأثیر را در توجیه عملکرد در شرایط تنش نشان داد و بر اساس معادله مذکور شاخص فیزیولوژیکی آب نسبی برگ تأثیر مثبت و غیرمعنی‌داری بر روی عملکرد تحت شرایط تنش نشان داد. از میان شاخص‌های فیزیولوژیکی RWC، RWL و CHF، میزان آب نسبی از دست رفته بیشترین تأثیر منفی بر روی عملکرد داشت یعنی با استفاده از این شاخص می‌توان جهت گزینش در شرایط تنش، لاین‌های با آب نسبی از دست رفته کمتر را انتخاب نمود. شاخص‌های وارد شده در مدل رگرسیون به طور کلی ۷۹/٤۸٪ از تغییرات عملکرد در شرایط تنش بر اساس وضعیت موجود را توجیه می‌نمایند. نتایج حاصل از آزمون T برای هر یک از شاخص‌های وارد شده در مدل، در جدول ۳ آمده است. به منظور گزینش لاین‌های متحمل به خشکی با عملکرد بالا در هر دو محیط تنش و بدون تنش از نمودار سه‌بعدی (3-D) استفاده گردید که در آن عملکرد در محیط تنش بر روی محورxها، عملکرد در محیط بدون تنش بر روی محورyها و شاخص تحمل به خشکی (DTI) بر روی محور zها نمایش داده شد. برای نشان دادن روابط بین این سه متغیر و جدا نمودن لاین‌های گروه A از گروه‌های دیگر(D, C, B) و همچنین به منظور تشخیص سودمندی شاخص مورد نظر به عنوان معیاری برای انتخاب لاین‌های پرمحصول و متحمل به خشکی سطح x-y به وسیله کشیدن خطوط متقاطع به چهار گروه A، B، C و D تقسیم گردید. فرناندز (Fernandez, 1992) این چهار گروه را به صورت زیر تعریف نموده است:

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۲- گزینش لاین‌های متحمل به خشکی بر اساس مدل فرناندز (Yp, Ys, DTI)

Fig. 2. Selection of drought tolerant lines based on Fernandez model (DTI, Ys and Yp)

گروه A - ژنوتیپ‌هایی که تظاهر یکسانی در هر دو محیط تنش و بدون تنش دارا هستند.

گروه B - ژنوتیپ‌هایی که تظاهر خوبی فقط در محیط بدون تنش دارا هستند.

گروه C - ژنوتیپ‌هایی که عملکرد بالایی در محیط تنش دارا هستند.

گروه D - ژنوتیپ‌هایی که تظاهر ضعیفی در هر دو محیط تنش و بدون تنش دارا هستند.

فرناندز (Fernandez, 1992) بیان می‌دارد که مناسب‌ترین معیار انتخاب برای تنش، معیاری است که قادر به تشخیص گروه A از سایر گروه‌های دیگر باشد. آرنون (Arnone, 1961) نیز ارقامی را که در هر دو محیط تنش و بدون تنش عملکرد مناسبی تولید نمایند به عنوان ارقام مقاوم معرفی می‌نماید. در بررسی نمودار سه‌بعدی Yp، Ys و DTI مشاهده شد که لاین‌های 1A، 2A، 7A، 1B، 1D، 4D و 6D به همراه والددهنده و شاهد در گروه A قرار دارند و این لاین‌ها دارای DTI متوسط تا بالایی نیز می‌باشند که این خود نشاندهنده سودمندی این شاخص در جدا نمودن گروه A از گروه‌های دیگر می‌باشد (شکل ۲). با استفاده از تجزیه خوشه‌ای، گروه‌بندی لاین‌های مورد مطالعه براساس فاصله اقلیدسی برای شاخص‌های DTI و MSI انجام شد. نتایج حاصل از تجزیه تابع تشخیص گروه‌بندی لاین‌ها در چهار گروه را تأیید نمود. بر اساس نتایج تابع تشخیص، لاین‌های 7A، 4D، 6D و 2D و والد دهنده در گروه سوم قرار گرفتند. بر اساس نتایج قبلی بیشترین زمینه ژنتیکی برای کنترل تحمل به خشکی در این گروه قرار دارد. بنابراین از بین چهار گروه حاصل، گروه سوم به عنوان گروهی که دارای بیشترین تأثیر در کنترل ژنتیکی تحمل به خشکی می‌باشد انتخاب

www.SID.ir

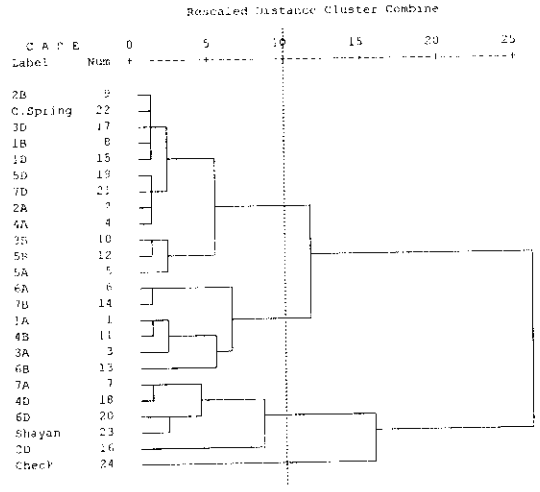
Archive of SID

جدول۳- نتایج تجزیه رگرسیون عملکرد دانه در شرایط تنش

Table 3. Results of regression analysis for grain yield under stress condition

Variables	Bi	SEbi	T	Sig.t
DTI	59.811	7.405	8.077**	0.0000
RWC	0.177	0.338	0.522	0.6076
RWL	-31.588	38.312	-0.824	0.4199
CHF	-13.885	46.255	0.30	0.7673

Multiple r = 0.9113
Adj. R Square = 0.7948
Ys = 41.544 + 59.811 (DTI) + 0.177(RWC) – 13.588 (RWL) -31.855 (CHF)



شکل ۳- نتایج حاصل از تجزیه خوشه‌ای و تجزیه تابع تشخیص بر اساس شاخص‌های DTI و MSI

Fig. 3. Results of cluster and discriminant analysis based on DTI and MSI

گردید (شکل ۳). بنابراین با در نظر گرفتن اهمیت شاخص‌های فیزیولوژیکی در گزینش برای تحمل به خشکی و با توجه به اهمیت عملکرد در دو محیط تنش و بدون تنش در توجیه شاخص تحمل به خشکی (DTI) و کارآیی این شاخص (DTI) در گزینش لاین‌های متحمل به خشکی، پیشنهاد می‌گردد که بیشترین مکان‌های ژنی کنترل‌کننده تحمل به خشکی در گندم رقم شایان‌بر روی کروموزوم‌های 7A، 4D، 6D و 2D قرار دارند.

سپاسگزاری

بدینوسیله از مؤسسه تحقیقات کشاورزی مارتون واشر وابسته به آکادمی علوم مجارستان، به خاطر ارسال مواد ژنتیکی تشکر و قدردانی می‌شود.

www.SID.ir

Archive of SID

منابع مورد استفاده References

عبدمیشانی، س.، و شاه‌نجات بوشهری، ع. ا. ۱۳۷۶. اصلاح نباتات تکمیلی. جلد اول. انتشارات دانشگاه تهران.

فرشادفر، ع.۱۳۷۷. روش‌های تجزیه ژنتیکی مقاومت به خشکی در اصلاح نباتات. چکیده مقالات چهارمین کنگره زراعت و اصلاح نباتات. ایران. دانشگاه صنعتی اصفهان.

محمدی، ر. ۱۳۷۹. تعیین محل کروموزومی ژن‌های کنترل‌کننده مقاومت به خشکی در چاودار و آگروپایرون. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه رازی.

Acevedo, E., and Ferere, E. 1993. Resistance to abiotic stresses. pp. 406-421. In: Hayward, M. D., Bosemark, N. O., and Romagosa, I. A. (eds.). Plant Breeding: Principles and Prospects. Chapman and all.London.

Al-Dakheel, R. J. 1991. Osmotic adjustment: A selection criterion for drought tolerance. pp. 337-368. In: Acevedo, E., Conesa, A. P., Monneveux, P., and Srivastava, J. P. A. (eds.), Physiology-Breeding Winter Cereals for Stressed Mediterranean Environments. Montpellier. France.

Alidibe, T., Monneveux, P., and Araus, J. 1990. Breeding Durum Wheat for Drought Tolerance: Analytical, synthetical approaches and their connection.Proceedings of an International Symposium, June 4^{th}-8^{th}, Albena, Bulgaria, Agricultural Academy, pp: 224-240.

Arnone, I. 1961. Some aspects of research of field crops in Israel. Div. of Publ., Nat, and Univ. Inst. of Agric., Rohovot, Israel. Abstract of publ. 372-E.

Bayles, B. B., Taylor, J. W., and Bartel., A. T. 1973. Rate of water loss in wheat varieties and resistance to artificial drought. Journal of American Society of Agonomy 29: 50-52.

Bidinger, F. R., and Witcombe, J. R. 1989. Evaluation of specific avoidance traits as selection criteria for improvement of drought resistance. pp.151-164. In: Baker, F. W. G. (ed.), Drought Resistance in Cereals, C. A. B. International.

Blum, A. 1988. Drought resistance, pp. 43-69. In: Blum, A. (ed.), Plant Breeding for Stress Environments, CRC. Florida.

Blum, A. 1992. Breeding methods for drought resistance. pp. 197-215. In: Hamlyn, G., Flower, T. J., and Jones, B. (eds.), Plant Under Stress. Cambridge University Press.

www.SID.ir

Archive of SID

Blum, A., Mayer, J., and Gozlan, G. 1983. Association between plant production and some physiological components of drought resistance in wheat. Plant Cell and Environment. 6: 219.

Clarke, J. M. 1987. Use of physiological and morphological traits in breeding programmes to improve drought resistance of cereals. pp. 171-189. In: Srivastava, J.P., Acevedo, E., and Varma S. (eds.), Drought Tolerance in Winter Cereals. Proceeding of an International Workshop, 27-31 October 1985, Capri, Italy, ICARDA. John Wiely and Sons.

Dedio, W. 1975. Water relations in wheat leaves as screening tests for drought resistance. Canadian Journal of Plant Science 55: 369-378.

Farshadfar, E. 1995. Genetic control of drought tolerance in wheat (*Triticum aestivum* L.), Ph. D. Thesis. Hungarian Academy of Sciences, Hungary.

Farshadfar, E., Farshadfar, M., and Sutka, J. 2000. Combining ability analysis of drought tolerance in wheat over different water regimes.Acta Agronomica Hungarica 48: 353-361.

Fernandez, G. C. J. 1992. Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. In proceedings of a Symposium, Taiwan, 13-18 Aug. Chapter. pp: 257-270.

Gale, M. D., and Miller, T. E. 1987. The introduction of alien genetic variation in wheat. pp. 173-210. In: Lupton, F. G. H. (ed.).Wheat Breeding: Its Scientific Basis. Chapman and Hall, London.

Gavuzzi, P., Rizza, F., Palumbo, M., Campanile, 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.

Genty, B. E., Brain, T., and Baker, N. R. 1989. The relationship between quantum yield of photosynthetic electron transport and quenching of chlorophyll flourescence. Biochemi Biophys. Acta Agronomica Hungarica 990: 87-92.

Haley, S. D., Quick, J. S., and Morgan, J. A. 1993. Excised-leaf water status evaluation and associations in field-grown winter wheat. Canadian Journal of Plant Science 73: 55-63.

www.SID.ir

Archive of SID

Islam, A. K. M. R., and Shepherd, K. W. 1991. Alien genetic variation in wheat improvement. pp. 291-312. In: Gupta, P. K., and Sachiya, T. (eds.). Chromosome Engineering in Plants , Part A. Elsevier, Amsterdam.

Jiang, J., Friebe, B., and Gill, B. S. 1994. Recent advances in alien gene transfer in wheat. Euphytica 73: 199-212.

Kalloo, G. 1992. Utilization of wild species. pp. 149-167. In: Kalloo, G., and Chowdhury, J. B. (eds.), Distant Hybridization of Crop Plants. Springer Verlag.

Keim, D. L., and Kronstad, W. E. 1979. Drought resistance and dryland adaptation in winter wheat. Crop Science19: 574-576.

Khush, G. S., and Brar, D. S. 1992. Overcoming the barriers in hybridization. pp. 47-61. In: Kalloo, G., and Chowdhury, J. B. (eds.). Distant Hybridization of Crop Plants, Springer Verlag.

Lange, O. L., Losch, R., Schulze, E. D., and Kappen, L. 1971. Responses of stomata to changes in humidity. Planta 100: 76-86.

Loss, S. P., and Siddique, K. H. M. 1994. Morphological and physiological traits associated with wheat yield increases in Mediterranean environments. Advance in Agronomy 52: 229-276.

Maan, S. S. 1987. Interspecific and intergenic hybridization in wheat. pp. 453-461. In: Hyene, E. G. (ed.), Wheat and Wheat Improvement. American Society of Agronomy. Inc.

Mahmood, A., and Quarrie, S. A. 1993. Effects of salinity on growth, ionic relations and physiological traits of wheat, disomic addition lines from *Thinopyrum bessarabicum*, and two amphiploids. Plant Breeding 110: 265-276.

Manette, A. S., Richard, C. J., Carre, B., and Morhinweg, W. 1988. Water relations in winter wheat as drought resistance indicators. Crop Science 28: 526-531.

Mohammadi, R., Farshadfar, E., and Aghaee-Sarbarzeh, M. 2002. Localization of QTLs controlling drought tolerance criteria in rye (*Secale cereale*) using multiple selection index. 21-25 November, EUCARPIA Cereal Section Meeting. Salsomaggiore, Italy.

Morgan, J. M. 1989. Physiological traits for drought resistance. pp. 53-64. In: Baker, F. W. G. (ed.) Drought Resistance in Cereals. C. A. B. International.

www.SID.ir

Archive of SID

Schonfeld, M. A., Johnson, R. C., Carver, B. F., and Mornhinweg, D. W. 1988. Water relations in winter wheat as drought resistance indicators. Crop Science 28: 526-531.

Sharma, H. C., and Gill, B. S. 1983. Current status of wide hybridization in wheat. Euphytica 32: 17-31.

Singh, D. P. 1989. Evaluation of specific dehydration tolerance traits for improvement of drought resistance. pp. 165-175. In: Baker, F. W. G. (ed.) Drought Resistance in Cereals, C. A. B. International.

Smith, M. E., Coffman, W. R., and Baker, T. C. 1990. Environmental effects on selection under high and low input conditions. pp. 261-272. In: Kang, M. S. (ed.) Genotype-by-Environmental Interaction and Plant Breeding. Louisiana State University, Baton Rouge.

Sojka, R. E., Stolzy, I. L., and Fischer, R. A. 1981. Seasonal drought response of selected wheat cultivars. Agronomy Journal 73: 838.

Wang, H., and Clarke, J. M. 1993. Relationship between excised-leaf water loss and stomatal frequency in wheat. Canadian Journal of Plant Science 73: 93-99.

Yang, R. C., Jana, S., and Clarke, J. M. 1991. Phenotypic diversity and associations of some Potentially drought-responsive characters in durum wheat. Crop Science 31: 1484-1491.

آدرس نگارندگان:

عزت‌الله فرشادفر- گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی دانشگاه رازی، کرمانشاه.

رضا محمدی- مؤسسه تحقیقات کشاورزی دیم، صندوق پستی ۱۱٦٤-٦٧١٤٥، کرمانشاه.

www.SID.ir