

تعیین محل ژنهای کنترل کننده کارآیی استفاده از آب و اجزاء تشکیل دهنده آن در گندم در شرایط تنش آبی

عزت اله فرشادفر و محسن فرشادفر

دانشیار دانشکده کشاورزی دانشگاه رازی کرمانشاه و عضو هیأت علمی

مرکز تحقیقات منابع طبیعی و امور دام کرمانشاه

تاریخ پذیرش مقاله ۷۸/۱۱/۱۲

خلاصه

به منظور تعیین محل ژنهای کنترل کننده کارآیی استفاده از آب، شاخص برداشت و کارآیی ترقق و تعیین سهم نسبی دو صفت اخیر در واریانس کارآیی استفاده از آب، لاینهای جایگزین شده کروموزومی گندم کاپله در زمینه ژنتیکی گندم بهاره چینی در قالب طرح بلوکهای کامل تصادفی در گلخانه دانشکده کشاورزی دانشگاه رازی کرمانشاه در شرایط تنش آبی رویانیده شدند. نتایج حاصل از تجزیه‌های آماری همبستگی بسیار معنی داری بین شاخص برداشت و کارآیی استفاده از آب ($r = 0.75^{**}$) و نیز شاخص برداشت و عملکرد دانه ($r = 0.78^{**}$) نشان داد. سهم نسبی شاخص برداشت در تغییرات کارآیی استفاده از آب (۰/۷۵) بیشتر از کارآیی ترقق بود (۰/۲۵). نظر به اینکه همبستگی بالا و معنی داری نیز بین عملکرد دانه و کارآیی ترقق وجود داشت ($r = 0.65^{**}$)، لذا امکان انتخاب همزمان شاخص برداشت و کارآیی ترقق برای اصلاح کارآیی استفاده از آب و عملکرد دانه در شرایط تنش آبی وجود دارد. تجزیه لاینهای جایگزینی برای کارآیی استفاده از آب، شاخص برداشت و کارآیی ترقق نشان داد که بیشتر ژنهای کنترل کننده کارآیی استفاده از آب بر روی کروموزوم ۷D، کارآیی ترقق بر روی کروموزوم ۱D و شاخص برداشت و عملکرد دانه بر روی کروموزوم ۶A قرار دارند. با توجه به سهم نسبی شاخص برداشت در تغییرات کارآیی استفاده از آب و ضریب همبستگی بالا بین شاخص برداشت و عملکرد دانه و نظر به اینکه بیشتر ژنهای کنترل کننده شاخص برداشت و عملکرد دانه بر روی کروموزوم ۶A قرار دارند، لذا بر طبق نتایج حاصل از این آزمایش می توان نتیجه گرفت که کروموزوم ۶A دارای اهمیت زیادی برای اصلاح همزمان کارآیی استفاده از آب، شاخص برداشت و عملکرد دانه می باشد.

واژه‌های کلیدی: لاینهای جایگزین شده کروموزومی، کارآیی استفاده از آب، مقاومت به خشکی، کروموزوم ۶A

مقدمه

تنش آبی یکی از مهمترین عوامل محدود کننده عملکرد گندم در نواحی نیمه خشک دنیا است. بنابراین بوجود آوردن ارقام گندمی که بتوانند حداکثر استفاده از آب موجود را بنمایند و خشکی را تحمل کنند یکی از هدفهای اصلی افزایش حاصلخیزی در نواحی است که در معرض تنش خشکی قرار دارند. اعتقاد بر آن است که

کارآیی استفاده از آب یکی از اجزاء مهم سازگاری به تنش خشکی است (۱، ۹ و ۱۱).

تنوع ژنتیکی در گونه‌های گیاهان زراعی از نظر کارآیی استفاده از آب وجود دارد (۵ و ۹)، اما در برنامه‌های اصلاحی به علت مشکلات ارزیابی این صفت در شرایط مزرعه از آن استفاده نشده است (۸ و ۱۱). کارآیی استفاده از آب در گیاهان را به

کروموزمهای بخصوص شناسایی شده‌اند (۲۴ و ۲۷). با استفاده از لاینهای جایگزینی گندم ژنهای کنترل‌کننده شاخص‌های مقاومت به خشکی از قبیل: شاخص تحمل تنش، شاخص حساسیت به خشکی، میزان آب نسبی برگ، میزان آب از دست رفته برگ، فلورسنس کلروفیل، میانگین هندسی بهره‌وری، شاخص بهره‌وری متوسط و شاخص تحمل شناسایی شده‌اند (۲ و ۱۴۱). تحقیق فعلی به منظور تعیین محل ژنهای کنترل‌کننده کارایی استفاده از آب، شاخص برداشت، کارایی تعرق و تعیین سهم نسبی هر یک در وارپانس کارایی استفاده از آب بعمل آمده است.

مواد و روشها

ارقام گندم Chinese Spring (CS) بعنوان والد گیرنده کروموزوم و گندم Cappelle Desprez (CD) به عنوان والد دهنده کروموزوم و ۱۹ لاین جایگزینی آنها (بجز ۲A و ۲B که در دسترس نیست) به منظور تعیین محل ژنهای کنترل‌کننده کارایی استفاده از آب، شاخص برداشت و کارایی تعرق مورد مطالعه قرار گرفتند. از هر لاین سه عدد بذر در داخل گلدانهای پلاستیکی ۳۰/۳۰/۳۰ سانتی‌متر که حاوی ۴ کیلوگرم خاک برگ، پیت و شن به نسبت ۳:۱:۱ بودند، کشت شد. گلدانها را در قالب طرح بلوکهای کامل تصادفی با سه تکرار در گلخانه قرار دادیم. در هر واحد آزمایشی یک گلدان از هر لاین وجود داشت. طول دوره رشد ۱۷ هفته بود که از اواخر آبانماه شروع و در اوایل فروردین ماه خاتمه یافت. میزان درجه حرارت روزانه بین ۱۴ سانتی‌گراد در هفته اول تا ۲۴ سانتی‌گراد در هفته آخر تنظیم گردید. دامنه درجه حرارت شبانه نیز از ۱۰ درجه سانتی‌گراد شروع و به ۲۰ درجه سانتی‌گراد ختم گردید. طول روز از ۱۳/۵ ساعت در هفته اول تا ۱۵/۵ ساعت در هفته آخر تنظیم گردید. میزان رطوبت نسبی در طول روز ۶۴ درصد و در طول شب ۷۶ درصد در نظر گرفته شد. به هر یک از گلدانها، طبق نیاز آبی گیاهان مقداری آب اضافه شد، بدینصورت که هر ۲ تا سه روز گلدانها وزن شده و مقداری آب برابر وزن از دست رفته اضافه شد. به منظور محاسبه مقدار آب تبخیر شده از گلدانهای حاوی گیاهان دو گلدان شاهد حاوی خاک و بدون گیاه در نظر گرفته شد. یکی از آنها را با پلاستیک سیاه پوشانیدیم و

صورت نسبت کل ماده خشک در واحد آب مورد استفاده تعریف کرده‌اند (۳). در بیشتر گیاهان زراعی فقط قسمتی از کل ماده خشک دارای اهمیت اقتصادی است و لذا کارایی استفاده از آب را به عملکرد برداشت شده در واحد آب مصرف شده تعریف کرده‌اند (۱۱). کارایی استفاده از آب را در سطح برگ به نسبت فتوسنتز (اسیمیلسیون گاز کربنیک خالص) در واحد آب تبخیر شده نیز تعریف کرده‌اند (۱۵ و ۲۶). اهدایی و وین (۹ و ۱۰) کارایی استفاده از آب را به صورت نسبت عملکرد دانه به کل آب مورد استفاده و کارایی تعرق را به صورت نسبت کل ماده خشک به کل آب مورد استفاده و شاخص برداشت را به نسبت عملکرد دانه به کل ماده خشک تعریف کرده‌اند. پژوهشهای زیادی به منظور شناسایی ارزشیابی صفات متفاوتی صورت گرفته است که در شرایط کمبود آب بر روی عملکرد دانه اثر می‌گذارند (۷ و ۱۵). صدیق و همکاران (۲۵) گزارش کردند که اصلاح کارایی استفاده از آب دانه در وارپته‌های جدید گندم همراه با شاخص برداشت است. نیازم آدین و مارشال (۲۲) بیان داشتند که کاهش عملکرد در پاسخ به کمبود آب در لاینهای پابلند گندم کم، در نیمه پاکوتاه متوسط و در لاینهای پاکوتاه زیاد است.

گیاهانی که اندام‌های هوایی زودرس دارند، و هنگام رشد اندام هوایی در سطح زمین گسترده می‌شوند تبخیر خاک را کاهش داده و سبب می‌شوند که بخش زیادی از آب خاک به صورت تعرق مورد استفاده قرار گیرد و در نتیجه از نظر کارایی استفاده از آب برتر هستند (۱۲، ۲۰). فرگهر و ریچارد (۱۲) و هاییک و همکاران (۱۸) گزارش نمودند که ترکیب ایزوتوپ گندم معیار مناسبی برای ارزشیابی کارایی استفاده از آب در گیاهان C₃ و بنابراین روش مؤثری برای غربال کردن ژنوتیپها از نظر مقاومت به خشکی است. فرگهر و ریچارد (۱۲)، کُندن و همکاران (۱۶) و اهدایی و همکاران (۸) همبستگی منفی بین تبعیض ایزوتوپ کربن و کارایی استفاده از آب در گندم را در شرایط گلخانه گزارش کردند.

از لاینهای جایگزین شده کروموزومی برای مطالعه اثرات کروموزوما و ژنها در ژنوتیپ‌های با زمینه ژنتیکی متفاوت استفاده شده است (۱۳) با استفاده از لاینهای جایگزینی کروموزومی ژنهای کنترل‌کننده مکانهای ژنی صفات کمی (QTLs) موجود بر روی

نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه واریانس لاینهای جایگزین شده کروموزومی گندم CD در زمینه ژنتیکی گندم CS برای کلیه صفات اندازه گیری شده، در جدول شماره ۱ نشان داده شده است. نتایج حاصل از تجزیه واریانس ساده تفاوت بسیار معنی داری را برای عملکرد دانه و شاخص برداشت، و تفاوت معنی داری را برای کل ماده خشک نشان داد. این مطلب بدان معناست که بین لاینها تنوع ژنوتیپی از نظر این صفات وجود دارد.

وجود تفاوت معنی دار بین ژنوتیپهای گندم از نظر عملکرد دانه، شاخص برداشت و کل ماده خشک در پژوهشهای مربوط به کارایی استفاده از آب در گندم توسط اهدایی و وین (۹)، اهدایی و وین (۱۰) و اهدایی و همکاران (۸) مورد تأیید قرار گرفته است. نظر به اینکه تجزیه واریانس ساده موفق به کشف اختلافات ژنوتیپی برای سایر صفات نشد، لذا از آزمون چنددامنه‌ای دانکن استفاده شد، نتایج حاصل از مقایسه میانگین‌ها نشان داد که دامنه تغییرات TWU از ۹/۶۳ کیلوگرم برای لاین جایگزینی ۶A تا ۱۰/۲۵ کیلوگرم برای ۳A متغیر است. تفاوت معنی داری بین ۳A و والدگیرنده (CS) از نظر TWU وجود دارد، لذا می‌توان نتیجه گرفت که بیشترین ژنهای کنترل کننده TWU روی کروموزوم ۳A قرار دارند. وضعیت لاینهای جایگزینی از نظر عملکرد دانه از ۴/۲ گرم برای کروموزوم ۳A تا ۱۳/۵۵ گرم برای گندم CD متفاوت است. اگر چه بین والد دهنده کروموزوم (CD) و والدگیرنده کروموزوم (CS) از نظر عملکرد دانه تفاوت معنی داری وجود ندارد. اما عملکرد والد دهنده (۱۳/۵۵ گرم) بیشتر از والدگیرنده (۹/۹ گرم) است.

با مقایسه والدگیرنده با سایر لاینهای جایگزین شده کروموزومی این احتمال وجود دارد که بیشترین ژنهای کنترل کننده عملکرد دانه بر روی کروموزوم ۶A باشد. دامنه تغییرات کل ماده خشک (TDM) از ۱۰/۲ گرم برای کروموزوم ۳A تا ۲۴/۸ گرم برای کروموزوم ۱B متغیر است و کروموزوم ۱B نیز با CD اختلاف معنی داری ندارد اما با CS دارای اختلاف معنی دار است، بنابراین می‌توان گفت که کروموزوم ۱B حامل بیشترین ژنهای

دیگری را بدون پوشش پلاستیکی در نظر گرفتیم و با استفاده از تفاوت کاهش وزن آنها مقدار آب تبخیر شده را بدست آوردیم، این مقدار را از بقیه گلدانها کم کردیم تا آب مصرفی گلدانها به گیاهان منتسب شود.

گیاهان بهمین صورت تا زمان ظهور سنبله‌ها و آغاز دوره دانه بستن آبیاری شدند. از آن به بعد تا زمان برداشت گیاهان در معرض تنش انتهایی قرار گرفتند. سپس گیاهان را متناسب با زمان رسیدن برداشت نموده و گلدانها را وزن کردیم. مقدار کل آب مورد استفاده را از تفاوت بین وزن اولیه گلدانها و وزن نهایی با اضافه مقدار آبی که به هر گلدان اضافه شده بود اندازه گیری نمودیم. صفات اندازه گیری شده عبارت بودند از: کل ماده خشک (TDM)^۱، عملکرد دانه (GY)^۲، کل آب مورد استفاده (TWU)^۳ و شاخص برداشت (HI)^۴

بمنظور پی بردن به تنوع ژنوتیپی ابتدا داده‌های حاصل را مورد تجزیه واریانس قرار دادیم و سپس با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن میانگین صفات را مقایسه کردیم. برای محاسبه کارایی استفاده از آب (WUE)^۵ از مدل اهدایی و وین (۹) به شرح زیر استفاده گردید.

$$\begin{aligned} \text{ETE} &= \frac{\text{TDM}}{\text{TWU}} = \text{کارایی تبخیر و تعرق} \\ \text{HI} &= \frac{\text{GY}}{\text{TDM}} = \text{شاخص برداشت} \\ \text{WUE} &= \frac{\text{GY}}{\text{TWU}} = \left(\frac{\text{TDM}}{\text{TWU}}\right) \left(\frac{\text{GY}}{\text{TDM}}\right) = (\text{ETE})(\text{HI}) \end{aligned}$$

استفاده از آب

به منظور تعیین سهم نسبی HI و ETE در تغییرات WUE

از مدل مول و همکاران (۲۱) به شرح زیر استفاده شد.

$$Y = X_1 + X_2$$

که در آن Y لگاریتم WUE، (Log WUE) X₁، (Log ETE) X₂ و X₂ لگاریتم HI (Log HI) می‌باشد. سهم نسبی هر X_i در مجموع مربعات Y $\left(\frac{\sum X_i y}{\sum y^2}\right)$ با فرمول زیر بدست آمد (۲۱).

$$X_i \text{ سهم نسبی هر } = \frac{\sum X_i y}{\sum y^2} = (r_{YX_i}) \left(\frac{S_{X_i}}{S_Y}\right)$$

که در آن r_{YX_i} ضریب همبستگی بین X_i و Y، S_Y و S_{X_i} انحراف معیار X_i و Y می‌باشد.

1 - Total dry matter

2- Grain yield

3 - Total water used

4 - Harvest index

5 - Water use efficiency

جدول ۱- جدول تجزیه واریانس کل آب مورد استفاده (TWU)، عملکرد دانه (GY)، کل ماده خشک (TDM)، کارآیی استفاده از آب (WUE)، کارآیی تخمیر و تعرق (ETE) و شاخص برداشت (HI) لاینهای جایگزینی گندم تحت تنش آبی

منابع تغیر	درجات آزادی	میانگین مربعات					
		HI	ETE	WUE	TDM	GY	TWU
بلوک	۲	۰/۰۰۷	۰/۸۹	۲/۴۲	۵/۰۶	۱۰/۹۵	۰/۱۳۹
لاینهای جایگزینی	۲۰	۰/۰۳۱۳**	۲/۳۴	۲/۵۸	۱۲/۶۲*	۱۴/۰۵۲**	۰/۰۷۲
اشتباه	۴۰	۰/۰۱۳	۰/۰۱۳	۰/۳۸	۰/۰۷	۶/۴۱۷	۰/۰۵

*: معنی دار در سطح احتمال ۱ درصد
*: معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد

جدول ۲- مقایسه میانگین لاینهای جایگزین شده کروموزومی از نظر کل آب مورد استفاده (TWU)، عملکرد دانه (GY)، کل ماده خشک (TDM)، کارآیی استفاده از آب (WUE) و شاخص برداشت (HI) در شرایط تنش آبی

ردیف	لاینهای جایگزینی	TWU	GY	TDM	WUE	ETE	HI
۱	۱A	۱۰/۰۱abc	۹/۵۳ab	۱۹/۶bcd	۰/۹۹b	۱/۳۱c	۰/۴۵b
۲	۳A	۱۰/۲۵a	۴/۲cd	۱۰/۲e	۱/۴۲b	۱/۳۵bc	۰/۳۵b
۳	۴A	۹/۹۸abc	۶/۰۵bcd	۱۶/۳cd	۰/۶۱b	۲/۰۳abc	۰/۳۷b
۴	۵A	۹/۸۵abc	۸/۳۲abcd	۲۰abcd	۰/۸b	۲/۰۲abc	۰/۳۳b
۵	۶A	۹/۶۳c	۱۲/۴۲a	۲۱/۲abc	۱/۳۱b	۲/۳۸abc	۰/۵۸a
۶	۷A	۱۰abc	۶/۲۳bcd	۱۶/۱۴cd	۱/۱۴b	۱/۹۱abc	۰/۳۷b
۷	۱B	۹/۷۹bc	۹/۶ab	۲۴/۸a	۱/۰۲۷b	۲/۱۴abc	۰/۴۴b
۸	۳B	۹/۸۱abc	۸/۴۱abcd	۲۰abcd	۰/۸۶b	۲/۳۱abc	۰/۴۱b
۹	۴B	۹/۹۹abc	۹/۶۵ab	۱۵/۸d	۰/۹۹b	۲/۱۳abc	۰/۴۴b
۱۰	۵B	۹/۹۰abc	۸/۵۸abc	۲۱/۷ab	۰/۸۷b	۲/۰۱abc	۰/۴۱b
۱۱	۶B	۹/۷۰c	۹/۷۷ab	۱۹/۸abcd	۱/۰۳b	۲/۵۴fab	۰/۴۵b
۱۲	۷B	۹/۹۷abc	۹/۲۱ab	۲۲ab	۰/۸۹b	۲/۰۷abc	۰/۴۱b
۱۳	۱D	۹/۷۰c	۱۰/۲۳ab	۲۰/۴abcd	۱/۰۵b	۲/۵۹a	۰/۴۶b
۱۴	۲D	۹/۷۶bc	۹/۱۴ab	۲۱/۳abc	۰/۷۵b	۱/۷۶abc	۰/۳۹b
۱۵	۳D	۹/۸۸abc	۷/۱۶bcd	۲۱/۷ab	۰/۵۵b	۲/۰۲abc	۰/۳۷b
۱۶	۴D	۹/۷۹bc	۵/۲۷bcd	۲۱/۹ab	۰/۹۶b	۱/۷۶abc	۰/۲۵b
۱۷	۵D	۹/۸bc	۹/۳۳ab	۱۸/۹bcd	۰/۷۷b	۲/۰۷abc	۰/۳۸b
۱۸	۶D	۹/۹۹abc	۷/۸۴abcd	۲۳ab	۰/۷۵b	۲/۰۶abc	۰/۴۳b
۱۹	۷D	۹/۷۷bc	۹/۵ab	۱۸/۹bcd	۴/۹۸a	۲/۲۵abc	۰/۴۰b
۲۰	CD (دهنده)	۱۰/۱۸ab	۱۳/۵۵a	۲۲ab	۴/۳۵a	۲/۵۷ab	۰/۶۱a
۲۱	CD (گیرنده)	۹/۷۹bc	۹/۹ab	۱۹/۶bcd	۱/۰۲b	۲/۲۳abc	۰/۴۲b

Capelle Desprez = CD Chinese Spring = CS

مقدار ETE نیز از ۱/۳۱ گرم بر کیلوگرم برای لاین ۱A تا ۲/۵۹ برای لاین ۱D متفاوت است، و لذا بیشترین ژنهای کنترل کننده ETE روی کروموزوم ۱D قرار دارند. مقدار شاخص برداشت نیز از ۰/۲۵ برای کروموزوم ۴D تا ۰/۶۱ برای CD متغیر است، نظر به اینکه CD و CS از نظر

کنترل کننده TDM می باشد. مقدار کارآیی استفاده از آب (WUE) از ۰/۵۵ گرم بر کیلوگرم برای کروموزوم ۳D تا ۴/۹۸ گرم بر کیلوگرم برای کروموزوم ۷D متغیر است و کروموزوم ۷D دارای تفاوت معنی داری با CS است پس می توان نتیجه گرفت که بیشتر ژنهای کنترل کننده WUE روی کروموزوم ۷D قرار دارند.

نشان می‌دهد. بین HI و ETE نیز همبستگی مثبت و معنی‌داری ($r = 0.48^*$) وجود دارد. وجود همبستگی مثبت و معنی‌دار بین HI، ETE، GY و WUE نشان‌دهنده اهمیت انتخاب همزمان HI، ETE و WUE برای افزایش عملکرد دانه در شرایط تنش آبی است. اسماعیل و هال (۱۹)، هاییک و همکاران (۱۸) و تانر و سینکلیر (۲۹) وجود همبستگی مثبت و معنی‌دار بین GY و TDM با TWU و نیز GY و TDM را گزارش کردند. در سال ۱۹۹۳ در پژوهشی که توسط اهدایی و وین (۱۰) بر روی گندم انجام شد، وجود همبستگی مثبت و معنی‌دار بین HI، ETE و WUE نشان داده شد. سهم نسبی HI و ETE در مجموع مربعات WUE با استفاده از روش مول و همکاران (۲۱) و اهدایی و وین (۱۰) بدست آمد (جدول ۴). نتایج حاصل از این تجزیه نشان داد که شاخص برداشت دارای سهم نسبی بیشتری در WUE (۰/۷۵) نسبت به ETE (۰/۲۵) است، دلیل این امر را می‌توان به همبستگی بالا و بسیار معنی‌دار HI با WUE ($r = 0.75^*$) نسبت داد.

با توجه به نتایج حاصل می‌توان گفت که انتخاب همزمان HI و ETE را می‌توان در برنامه‌های اصلاحی WUE برای اصلاح مقاومت به خشکی در گندم مورد توجه قرار داد. تنها مشکل آن است که اندازه‌گیری ETE در مزرعه مشکل است، اما چون ETE با تبعیض ایزوتوپ کربن (Δ) همبستگی منفی دارد، بنابراین می‌توان بعنوان معیاری برای اندازه‌گیری ETE از آن استفاده کرد (۱۲، ۸).

فرگهر و ریچارد (۱۲) و نیز هاییک و همکاران (۱۸) گزارش کردند که برای ارزیابی WUE می‌توان از ترکیب ایزوتوپ C استفاده کرد. با توجه به ملاحظات تئوریک پیشنهاد کردند که تبعیض ایزوتوپ کربن اندازه‌گیری شده در ماده خشک گیاه دارای همبستگی مثبت با نسبت $\frac{C_{18}}{C_{12}}$ و همبستگی منفی با WUE است. تنوع موجود در نسبت و بنابراین $\frac{C_{18}}{C_{12}}$ این Δ و WUE می‌تواند به علت تفاوت در هدایت روزنه‌ای یا تفاوت در ظرفیت فتوسنتزی موجود در بین گیاهان باشد. اگر تنوع در ظرفیت فتوسنتز تنها علت تغییرات در C_{18} باشد، در آن صورت افزایش ظرفیت فتوسنتزی سبب کاهش نسبت $\frac{C_{18}}{C_{12}}$ و در نتیجه Δ می‌شود. تحت چنین شرایطی، مقدار کربن تثبیت شده در واحد آب مورد استفاده (WUE) افزایش یافته و در رابطه بین Δ و بیومس منفی می‌شود. برعکس، بیشتر بودن هدایت روزنه‌ای سبب افزایش نسبت $\frac{C_{18}}{C_{12}}$ و در نتیجه افزایش Δ می‌شود. در این حالت، مقدار

شاخص برداشت در دو گروه قرار گرفته‌اند و کروموزوم ۶A نیز با CD در یک گروه قرار دارد، لذا نتیجه می‌گیریم که بیشتر ژنهای کنترل‌کننده HI بر روی کروموزوم ۶A قرار دارند. مطالعات صدیق و همکاران (۲۵) و نیز برگر و پلانکن (۴) نشان داد که مدار شاخص برداشت در گندم‌های جدید (نظیر CD) که انتخاب برای HI بالا در آنها صورت گرفته است بیشتر از گندم‌های قدیمی (مثل CS) است. بطور کلی می‌توان نتیجه گرفت که بیشتر ژنهای کنترل‌کننده کارایی استفاده از آب (WUE)، شاخص برداشت (HI) و ETE در دو ژنوم A و D قرار دارند و از این نظر ژنوم B از اهمیت کمتری برخوردار است. در داخل دو ژنوم A و D نیز کروموزومهای ۶A، ۱D و ۷D دارای اهمیت بیشتری از نظر ژنهای کنترل‌کننده WUE، HI و ETE هستند، و لذا می‌توان با استفاده از تکنیک‌های مهندسی کروموزوم آنها را برای اصلاح مقاومت به خشکی مورد توجه قرار داد (خصوصاً اینکه کروموزوم ۶A دارای بیشترین ژنهای کنترل‌کننده GY و HI نیز هست). در مطالعه‌ای که در سال ۱۹۹۵ توسط فرشادفر (۱۴) صورت گرفت مشخص شد که ژنهای کنترل‌کننده WUE، HI و GY بر روی کروموزومهای ۵A، ۶A و ۷A از ژنوم A، ۱D و ۶D از ژنوم D قرار دارند که نتایج این آزمایش را تأیید می‌کند. وجود ژنهایی که کنترل‌کننده مقاومت به خشکی بر روی کروموزومهای ۵A، ۶A و ۷A توسط گالیا و همکاران (۱۷) نیز مورد تأیید قرار گرفته است.

نتایج حاصل از تجزیه همبستگی صفات (جدول ۳)، همبستگی منفی و معنی‌داری را بین TWU و ETE نشان می‌دهد ($r = -0.45^*$). بین GY و WUE نیز همبستگی مثبت و معنی‌دار ($r = 0.51^*$) وجود دارد که نشان‌دهنده اهمیت افزایش WUE برای افزایش GY در شرایط کمبود آب است. بین GY و ETE نیز همبستگی مثبت و بسیار معنی‌داری وجود دارد ($r = 0.65^{**}$) که نشان می‌دهد هر قدر به ازاء آب مصرفی، ماده خشک بیشتری در گیاه تولید شود مقدار عملکرد دانه نیز در شرایط تنش آبی افزایش می‌یابد. بین GY و HI نیز همبستگی مثبت و بسیار معنی‌دار ($r = 0.78^{**}$) وجود دارد که نشان‌دهنده اهمیت افزایش HI در شرایط کمبود آب برای افزایش GY است. بین HI و WUE نیز همبستگی مثبت و بسیار معنی‌داری ($r = 0.85^{**}$) وجود دارد که اهمیت افزایش WUE برای افزایش HI در شرایط تنش خشکی را

REFERENCES

مراجع مورد استفاده

- ۱- فرشادفر، ع. ۱۳۷۶. روش شناسی اصلاح نباتات، انتشارات دانشگاه رازی کرمانشاه.
- ۲- معروفی، ا. ۱۳۷۷. تعیین محل کروموزومی شاخص های مقاومت به خشکی در گندم. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه رازی کرمانشاه.
3. Begg, J.E, and N.C.Turner. 1976. Crop water deficits. *Adv. Agron.* 28:161-217
4. Berger, M. and C.Planchon. 1990. Physiological determining yield in bread wheat. *Euphytica.* 51:3-39.
5. Briggs, L.j, and H.L.Shantz. 1914. Relative water requirement of plants. *J.Agric.Res* 3:1-64.
6. Condon, A.G,G.Farguhar, and R.A.Richards. 1990. Genotypic variation in carbon isotope discrimination and transpiration efficiency in wheat. *Aust.j. plant physiol.* 17:9-22.
7. Ehdaie, B.,Waines, J.G. and A.E.Hall. 1988. Differential responses of landrace and improved spring wheat: genotypes to stress environments. *Crop Sci.* 28:838-42.
8. Ehdaie,B.,A.E.Hall, G.D.Farquhar, H.T.Nguyen, and J.G.Waines. 1991. Water-use efficiency and carbon isotope discrimination in wheat. *Crop Sci.* 31:1282-88.
9. Ehdaie, B., and J.G.Waines. 1993. Variation in water-use efficiency and its components in wheat. *Crop Sci.* 33:294-9.
10. Ehdaie, B., and J.G.Waines. 1993. Water requirement and transpiration efficiency of primitive wheats: A model for their use. In : A. B.Damania. Biodiversity and wheat improvement. ICARDA. P.187-97.
11. Evans, L.T., and I.F.Wardlaw. 1976. Aspects of comparative physiology of grain yield in cereals. *Adv. Agron.* 28:301-59.
12. Farguhar, G.D., and R.A.Richards. 1984. Isotope composition of plant carbon correlates with water use efficiency of wheat genotypes. *Aust.J.plant physiol.* 11:539-52.
13. Farshadfar, E., B.Koszegi, T.Tischner and J.sutka.1995. Substitution analysis of drought tolerance in wheat. *Plant Breeding.* 114:542-44.
14. Farshadfar, E.1995. Genetic control of drought tolerance in wheat. Ph.D.Thesis.
15. Fischer, R.A., and R.Maurer. 1978. Drought resistance in spring wheat cultivars. I.Grain yield responses. *Aust. J.Agric. Res.*29:897-12.
16. Fischer, R.A., and N.C. Turner. 1978. Plant productivity in the arid and semi arid zones. *Annu. Rev. Plant physiol.* 29:277-317.
17. Galiba, G.,1994. In Vitro adaptation for drought and cold hardiness in wheat. In:J.Janick(ed.), *plant Breeding Reviews.* 12:115-162.
18. Hubick,K.T.,G.D.Farquhar and R.shorter. 1986. Correlation between water-use efficiency and carbon isotope discrimination in diverse peanut germplasm. *Aust.J.Plant physiol.*13:803-16.
19. Isma l, A.M., and A.E.Hall. 1992. Correlation between water-use efficiency and carbon isotope discrimination in diverse cowpea genotypes and isogenic lines. *Crop Sci.* 32:7-12.
20. Ludlow, M.M. and R.C. Muchow. 1990. A critical evaluation of traits for improving crop yields in

- water-limited environment. *Adv. Agron.* 43:107-53.
21. Moll, R.H., E. J. Kamprath, and W.A. Jackson. 1982. Analysis and interpretation of factors, which contribute to efficiency of nitrogen utilization. *Agron. j.* 74:562-64.
 22. Nizam uddin, M., and D.R. Marshall. 1989. Effects of dwarfing genes on yield and yield components under irrigated and rainfed conditions in wheat. *Euphytica.* 42:127-134.
 23. Passioura, J.B. 1977. Grain yield, harvest index and water use of wheat. *J. Aust. Inst. Agric. Sci.* 43:117-20.
 24. Petrovic, S., 1979. Monosomic analyses of the culm length and length of the spike in wheat. *Wheat Inf. Service.* 49:19-23.
 25. Siddique, K.H.M., D. Tennant., M.W. Perry., and R.K. Belford. 1990. Water use and water-use efficiency of old and modern wheat cultivars in a mediterranean-type environment. *Aust. J. Agric. Res.* 41:431-47.
 26. Sinclair, T.R., C.B. Tanner., and J.M. Bennett. 1984. Water-use efficiency in crop production. *Bioscience.* 34:36-40.
 27. Singhal, N.C., and M.P. Singh. 1981. Monosomic analysis of yield and yield components, in wheat cultivars. *Wheat Inf. Service.* 52:7-10.
 28. Sutka, J. 1979. Some aspects of use of aneuploidy in wheat breeding. *Acta Agr. Acad Sci. Hung.* 28:401-422.
 29. Tanner, C.B. and Sinclair, T.R. 1983. Efficient water use in crop production. In: Taylor, H.M. et al. (eds). *Limitation to efficient water use in crop production. Madison. Wisconsin, USA.*

**Identifying the Locations of Genes Controlling Water use Efficiency
(and its Components) of Wheat under Water Stress Conditions.**

E. FARSHADFAR AND M. FARSHADFAR

Associate Professor, Razi University of Kermanshah, and Animal Affairs and
Natural Resources Research Center, Kermanshah , Iran.

Accepted Feb. 1, 2000

SUMMARY

To locate the genes controlling water-use efficiency (WUE), harvest index (HI) and evapotranspiration efficiency (ETE), some wheat substitution lines of Cappelle into the genetic background of Chinese spring were grown in a completely randomized block design, with three replications and under water-stress conditions, in a glasshouse of the College of Agriculture, Razi University of Kermanshah. The Results of statistical analysis indicated high correlation coefficients between HI and WUE ($r=0.75^{**}$) as well as HI with grain yield ($r=0.78^{**}$). The relative contribution of HI to the variation of WUE (0.75) was higher than that of ETE (0.25). As there was also a high significant correlation coefficient between grain yield (GY) and ETE ($r=0.65^{**}$), It is therefore possible to simultaneously select for HI and ETE for improvement of WUE and GY under water stress conditions. Substitution analysis of WUE, HI and ETE indicated that most of the genes controlling WUE, ETE, HI and GY were on chromosomes 7D, 1D and 6A, respectively. With regard to the relative contribution of HI to the variation of WUE and high correlation coefficient between HI and GY, as most of the genes controlling HI and GY are on chromosome 6A, hence it can be concluded that, according to the results of this experiment, Chromosome 6A can play an outstanding role in the simultaneous improvement of WUE, HI and GY.

Key words: Substitution lines, Water use efficiency, Drought resistance,
Chromosome 6A

