

ارزیابی شاخصهای فیزیولوژیکی مقاومت به خشکی در آگروپرون با استفاده از شاخص انتخاب چندگانه

عزت اله فرشادفر^۱ و رضا محمدی^۲

۱، ۲، دانشیار و دانشجوی سابق کارشناسی ارشد دانشکده کشاورزی دانشگاه رازی کرمانشاه

تاریخ پذیرش مقاله ۸۱/۱۰/۱۸

خلاصه

تنش خشکی بعنوان مهمترین تنش غیر زیستی نقش مهمی در کاهش تولید محصول گیاهان زراعی در جهان دارد. از این رو توجه به شاخصهای فیزیولوژیکی و گونه‌های وحشی جهت اصلاح مقاومت به خشکی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. در این تحقیق به منظور بررسی محل کروموزومی نشانگرهای فیزیولوژیکی مقاومت به خشکی در گونه وحشی آگروپرون، سری کامل لاینهای افزایشی دیزومیک آگروپرون و والد‌های دهنده (*Agropyron elongatum* L.) و گیرنده (*Triticum aestivum* L.cv.Chinese Spring) در سه فاز مزرعه، گلخانه و آزمایشگاه مورد مطالعه و بررسی قرار گرفتند. لاینهای افزایشی از لحاظ میزان آب نسبی برگ (RWC)، آب نسبی از دست رفته (RWL)، کارایی استفاده از آب (WUE)، فلورسنس کلروفیل (CHF) و تبادل روزنه‌ای (SC) اختلاف معنی‌داری نشان دادند، که بیانگر تنوع ژنتیکی و امکان انتخاب برای اصلاح مقاومت به خشکی در لاینهای افزایشی می‌باشد. شاخصهای فیزیولوژیکی فلورسنس کلروفیل، میزان آب نسبی از دست رفته و کارایی استفاده از آب نقش مهمی در تعیین معادله رگرسیون عملکرد در شرایط تنش (Ys) داشتند. بر اساس شاخص انتخاب چندگانه فیزیولوژیکی (MSI) محل‌های کروموزومی 7E، 3E و 5E دارای بیشترین مکانهای ژنی کنترل کننده صفات فیزیولوژیکی مقاومت به خشکی (QTLs) بودند. ارزیابی لاینهای افزایشی بر اساس شاخص تحمل به خشکی (STI) و شاخص تنش جوانه‌زنی (GSI) نیز نشان داد که بیشترین QTLs کنترل کننده مقاومت به خشکی بر روی کروموزومهای 7E و 3E و 5E قرار دارند.

واژه‌های کلیدی: لاینهای دارای دو کروموزوم اضافی، QTLs، کارایی استفاده از آب، شاخص تنش

جوانه‌زنی، تنظیم اسمزی، شاخص تحمل به خشکی

مقدمه

علاوه بر صفات مورفولوژیکی که در سازگاری گیاه به شرایط تنش خشکی مورد توجه قرار می‌گیرند، صفات فیزیولوژیکی نیز اهمیت حیاتی در بقاء و سازگاری گیاهان به تنش‌های محیطی دارند و از این رو توجه به شاخصهای فیزیولوژیکی به منظور مطالعه میزان مقاومت به خشکی یکی از جنبه‌های مهم مقاومت به خشکی در گیاهان به حساب می‌آید. مقاومت به خشکی یک صفت ساده و منحصر به فرد نبوده، بلکه ترکیبی از صفات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی است که با میزان آب نسبی برگ (RWC)، میزان آب نسبی از دست رفته (RWL)، فلورسنس

آسیب‌پذیری ژنتیکی ارقام گندم بوسیله تنش‌های محیطی (زیستی و غیر زیستی) افزایش می‌یابد. بنابراین جمع‌آوری، نگهداری و تکامل گونه‌های وحشی تریتیکوم و ژنوتیپهای خویشاوند آن که دارای سازگاری وسیعی با محیط‌های مختلف بوده و حامل منابع بزرگی از ژنهای مفید با عکس‌العمل مطلوب برای تنش‌های محیطی زیستی و غیرزیستی باشند، هدفی است که بوسیله متخصصین گندم در سراسر دنیا در حال پی‌گیری است (۲۳، ۲۵، ۲۹).

باشند. ۲- غربال کردن شاخص‌های فیزیولوژیکی مقاومت به خشکی و معرفی شاخص انتخاب چندگانه می‌باشد.

مواد و روشها

آزمایش در سال ۱۳۷۷ در دانشکده کشاورزی دانشگاه رازی به منظور مطالعه محل کروموزومی شاخصهای فیزیولوژیکی تحمل به خشکی در آگروپیرون انجام گرفت. مواد آزمایشی شامل سری کامل لاینهای افزایشی دیزومیک آگروپیرون (1E, 2E, 3E, 4E, 5E, 6E, 7E) و ارقام *Triticum* و *Agropyron elongatum* L. ($2n=2x=14$) و *aestivum* L. cv. Chinese Spring ($2n=6x=42$) به ترتیب بعنوان والد‌های دهنده و گیرنده می‌باشد. همچنین رقم *Triticum aestivum* L. cv. Sardary ($2n=6x=42$) بعنوان شاهد در آزمایش مورد مطالعه قرار گرفتند. هر لاین در دو خط ۱۲۰ سانتی‌متری با فاصله ردیف ۲۰ سانتی‌متر و فاصله بوته در ردیف ۳ سانتی‌متر کشت گردید. آزمایش در قالب طرح بلوکهای کامل تصادفی در سه تکرار و در دو محیط تنش و بدون تنش اجرا شد. در طول اجرای آزمایش مهمترین صفات فیزیولوژیکی مرتبط با خشکی از قبیل آب نسبی برگ (RWC)، آب نسبی از دست رفته (RWL)، فلورسنس کلروفیل (CHF)، مقاومت روزنه‌ای (SR) و کارایی مصرف آب (WUE) در شرایط تنش اندازه‌گیری شد. همچنین به منظور مطالعه و برآورد میزان تحمل به خشکی (STI)، عملکرد لاینها و ارقام مورد مطالعه در دو شرایط تنش و بدون تنش (فاز مزرعه‌ای) اندازه‌گیری شد. در شرایط آزمایشگاه نیز با شبیه‌سازی برای تحمل به خشکی با استفاده از پلی‌اتیلن گلیکول ۶۰۰۰، شاخص‌های تنش جوانه‌زنی و سرعت جوانه‌زنی در شرایط تنش و بدون تنش اندازه‌گیری شدند. صفات و شاخصهای مورد مطالعه بر اساس روشهای زیر که توسط عده‌ای از محققین ارائه شده، اندازه‌گیری و محاسبه شدند.

۱- میزان آب نسبی برگ (RWC)

از هر لاین در هر تکرار ۵ نمونه برگی در مرحله ساقه رفتن بطور تصادفی جدا شده و بلافاصله وزن تر (FW) آنها بوسیله ترازوی دقیق دیجیتالی اندازه‌گیری شد. سپس به منظور بدست آوردن وزن خشک (DW)، نمونه‌ها به مدت ۷۲ ساعت در دمای

کلروفیل (CHF)، تجمع پرولین و آبسزیک اسید (ABA)، تنظیم اسمزی، اندازه ریشه (۹) و پارامترهای دیگر نظیر تبادل روزنه‌ای (CO2 Exchang) و راندمان مصرف آب (WUE) (۳۳)، در ارتباط می‌باشد. بیشتر مطالعاتی که اخیراً انجام شده است (۱۸، ۲۱، ۲۲، ۲۶، ۳۳، ۳۸) بر اساس انتقال ژنهای بیگانه و به منظور اصلاح برای مقاومت به تنشهای زیستی (آفات و بیماریها) در رقم‌های گندم بوده است. این در حالی است که تحقیقات و مطالعات اندکی در مورد انتقال کروموزومها یا ژنهای بیگانه به گندم به منظور اصلاح مقاومت به تنش‌های غیرزیستی (خشکی، سرما و شوری) صورت گرفته است. دانش ما برای کنترل ژنتیکی صفات مرتبط با خشکی کافی نبوده و لذا نمی‌توان از آنها در برنامه‌های اصلاحی استفاده کرد. وراثت‌پذیری صفاتی همچون عملکرد نیز اغلب تحت شرایط خشکی پایین بوده، که مربوط به کوچک بودن واریانس ژنتیکی یا بزرگ بودن واریانسهای اثر متقابل ژنوتیپ و محیط می‌باشد (۴۲). بنابراین به روش‌هایی برای تمرکز بیشتر بر روی جنبه‌های ژنتیکی، تعریف و مدیریت ژنهای سازگار با شرایط تنش نیاز است (۳۴). علاوه بر اصلاح برای عملکرد که معمولاً به دلیل وراثت‌پذیری پایین آن مشکل می‌باشد، توجه به شاخصهای دیگر مقاومت به خشکی از قبیل شاخصهای فیزیولوژیکی (RWC, RWL, CHF, SR, WUE) از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (۳۳). تنظیم اسمزی یکی از مهمترین مؤلفه‌های تحمل به خشکی است (۲ و ۲۸)، که ارتباط زیادی با میزان آب نسبی بیشتر و کاهش میزان آب نسبی از دست رفته دارد (۲۰، ۳۷، ۴۳، ۴۴). از لحاظ 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 بر اساس صفات فیزیولوژیکی طبقه‌بندی شوند (۱، ۶، ۷، ۱۲، ۴۰).

لاینهای افزایشی دیزومیک که حامل یک جفت کروموزوم از گونه‌های خویشاوند به زمینه ژنتیکی گونه گیرنده می‌باشند، می‌توانند به منظور تعیین کروموزومهای بیگانه که حامل ژنهای کنترل کننده نشانگرهای مقاومت به خشکی باشند، مورد استفاده قرار گیرند (۳۰). بنابراین هدف از این مطالعه: ۱- یافتن کروموزومهایی از آگروپیرون است که دارای بیشترین تعداد ژنهای کنترل کننده شاخصهای فیزیولوژیکی مقاومت به خشکی

سانتی‌متر^۱ (Scm) اندازه‌گیری گردید. دستگاه در صورتیکه بر حسب سانتی‌متر بر ثانیه (cm^{-1}) کالیبره شود، هدایت روزنه‌ای که عکس مقاومت روزنه‌ای می‌باشد را اندازه‌گیری می‌نماید.

۵- کارایی مصرف آب^۲ (WUE)

در شرایط گلخانه سری کامل لاینهای افزایشی دیزومیک آگروپیرون در قالب طرح آزمایشی کاملاً تصادفی در ۳ تکرار مورد مطالعه قرار گرفت. برای کشت در شرایط گلخانه از لیوانهای دوجداره استفاده شد. بر روی هر لیوان اتیکتی که معرف نام هر لاین و شماره تکرار هر لاین بود نصب گردید. ترکیب خاک هر لیوان (واحد آزمایشی) مخلوطی از خاک، ماسه و کود پوسیده حیوانی بود. سپس سه بذر سالم از هر لاین، در هر واحد آزمایشی با عمق ۱ سانتی متر کشت گردید و بعد از ۱۰ روز قویترین گیاهچه در هر واحد آزمایشی انتخاب و برای ادامه رشد نگهداری شد و دو گیاهچه دیگر حذف شدند. در طرح آزمایشی مذکور به منظور محاسبه میزان آب تبخیر شده از سطح واحدهای آزمایشی، گلدانهای کشت نشده نیز در قالب طرح کاملاً تصادفی منظور گردید و از این طریق میزان آبی که از طریق تبخیر سطحی از سطح واحدهای آزمایشی خارج می‌شد محاسبه گردید. در هر روز بطور مرتب و منظم میزان آب داده شده به واحدهای آزمایشی و میزان آبی که بصورت مصرف نشده از لیوان اول خارج و در لیوان زیرین جمع‌آوری می‌شد، با استفاده از بشر مدرج کوچک ۱۰۰ml اندازه‌گیری شد. در نهایت پس از ۳۹ روز آبدهی مقدار ماده خشک هر لاین، مقدار کل آب مصرف شده توسط هر لاین و میزان آب تبخیر شده برای هر لاین اندازه‌گیری شد و طبق فرمول زیر که توسط اهدایی و واینز (۱۹۹۳) ارائه شده است کارایی مصرف آب برای هر لاین محاسبه گردید.

$$WUE = \frac{DM}{WU}$$

که در آن DM مقدار ماده خشک^۳ و WU مقدار آب مصرفی^۴ می‌باشد.

۷۰ درجه سانتیگراد در آون قرار داده شدند و دوباره وزن شدند. با استفاده از فرمول زیر که توسط علی ریب و همکاران (۱۹۹۰) ارائه شده است، میزان آب نسبی برگ برحسب درصد محاسبه گردید.

$$RWC(\%) = [(FW-DW)/FW] \times 100$$

۲- میزان آب نسبی از دست‌رفته (RWL)

از هر لاین در هر تکرار در مرحله ساقه رفتن ۵ برگ بطور تصادفی انتخاب و بلافاصله وزن شدند. سپس نمونه‌های وزن شده به مدت ۲ ساعت در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند تا وزن پژمردگی آنها بدست آید، در نهایت نمونه‌ها در دمای ۱۰۰ درجه سانتیگراد به مدت ۲۴ ساعت در آون برای بدست آوردن وزن خشک قرار گرفتند. میزان کاهش آب بر حسب گرم آب از دست‌رفته از وزن خشک برگ در ۲ ساعت محاسبه شد. میزان آب از دست‌رفته (بر حسب $\text{g.g}^{-1}\text{h}^{-1}$) بوسیله فرمول زیر که توسط یانگ و همکاران (۱۹۹۱) ارائه شده است، محاسبه گردید. که در آن t_1 و t_2 زمانهای لازم برحسب ساعت برای وزن پژمردگی و وزن خشک و W_1 ، W_2 و W_3 به ترتیب وزنهای تر، پژمرده و خشک می‌باشد.

$$RWL = (W_1 - W_2 / W_3) / (t_1 - t_2 / 60)$$

۳- فلورسنس کلروفیل (CHF)

بعد از خروج سنبله‌ها از غلاف برگ پرچم، ۵ برگ پرچم از هر لاین در هر تکرار بطور تصادفی انتخاب و ماکزیمم عملکرد کوانتوم بعد از سازش با تاریکی (Fv/Fm) هر برگ پرچم توسط دستگاه جدید تجزیه‌گر عملکرد فتوسنتز - MINI-PAM - اندازه‌گیری شد.

$$\text{عملکرد کوانتوم} = Fv/Fm$$

که در آن Fm ماکزیمم عملکرد فلورسنس و Fv تغییرات عملکرد فلورسنس را نشان می‌دهد (۱۹).

۴- مقاومت روزنه‌ای (SR)

در این روش برای اندازه‌گیری مقاومت روزنه‌ای از دستگاه پرومتر^۱ استفاده شد. بطور تصادفی ۵ برگ پرچم از هر کرت انتخاب و پس از قرار گرفتن هر برگ پرچم در ما بین سنسورهای حساس پرومتر، مقاومت روزنه‌ای بر حسب ثانیه بر

2. Water Use Efficiency

3. Dry Matter

4. Water Used

1. Porometere

۷- شاخص تحمل به خشکی (STI)

در شرایط مزرعه نیز به منظور بررسی میزان حساسیت لاین‌های افزایشی، شاخص تحمل به خشکی برای هر لاین با استفاده از فرمول فرناندز (۱۹۹۲) و بصورت زیر محاسبه شد:

$$STI = (YS)(YP) / (\bar{YP})^2$$

که در این فرمول YP ، YS و \bar{YP} به ترتیب عملکرد لاینها و ارقام در شرایط بدون تنش، تنش و میانگین عملکرد تمام لاینها در شرایط بدون تنش می‌باشد.

۸- شاخص انتخاب چندگانه (MSI)

به منظور گزینش محل کروموزومی QTLهای کنترل کننده نشانگرهای فیزیولوژیکی از شاخص انتخاب چندگانه (MSI) استفاده شد. در این روش ابتدا مقادیر هر شاخص استاندارد شده و از جمع عددی شاخصهای استاندارد شده SR ، CHF ، RWL ، RWC و WUE مقدار MSI برای هر لاین محاسبه شد. با توجه به اینکه مقادیر MSI برای بعضی از لاینها منفی بدست آمد، برای حذف مقادیر منفی تمامی مقادیر MSI با ضریب ثابت ($C=10$) جمع گردیدند.

جهت تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم‌افزارهای آماری SPSS، MSTAT-C (تجزیه واریانس و مقایسه میانگین)، (تجزیه ضرایب همبستگی، تجزیه خوشه‌ای، تحلیل ممیزی و تجزیه رگرسیون) و HWG (برای رسم گراف) استفاده شد.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه واریانس و مقایسه میانگین صفات مورد مطالعه نشان داد که لاینهای افزایشی از نظر اکثر صفات مورد مطالعه با یکدیگر اختلاف معنی‌دار دارند که نشان دهنده تنوع موجود در بین لاینهای افزایشی و عکس العمل متفاوت این لاینها نسبت به شرایط تنش می‌باشد (جدول ۱ و ۲). در جدول شماره ۱ میانگین مربعات صفات مورد مطالعه آمده است.

از نظر میزان آب نسبی برگ، لاینهای افزایشی اختلاف معنی‌داری نشان دادند بطوریکه لاین E ۷ دارای بیشترین میزان آب نسبی برگ و لاینهای E ۲ و E ۴ دارای کمترین میزان آب نسبی برگ بودند. میزان آب نسبی برای محلهای کروموزومی E 3، E 5 و E 1 نیز بالا بود. مانیت و همکاران (۱۹۸۸) اختلاف معنی‌داری را برای ارقام گندم مورد مطالعه از لحاظ میزان آب

نمونه‌ها در مرحله ساقه رفتن از گلدان خارج و جهت اندازه‌گیری میزان ماده خشک به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد در آون قرار داده شدند. در این روش ابتدا وزن تر هر لاین در هر لیوان و در هر تکرار بدست آمد و بعد از ۴۸ ساعت وزن خشک برای هر لاین محاسبه گردید. در این آزمایش به منظور به حداقل رساندن اختلاف آب تبخیر شده از سطح واحدهای آزمایشی کشت شده و کشت نشده، سطح هر واحد آزمایشی توسط صدفهای سفید رنگ پوشیده شد (۱۴).

۶- شاخص تنش جوانه زنی (GSI)

در این روش لاینهای افزایشی دی‌زومیک آگروپیرون در قالب دو طرح آزمایشی کاملاً تصادفی در دو محیط تنش و بدون تنش با سه تکرار مورد ارزیابی قرار گرفتند. در آزمایش تحت تنش از محلول پلی‌اتیلن گلیکول با پتانسیل اسمزی Mpa ۰/۸- و در آزمایش بدون تنش از آب مقطر استفاده گردید. برای هر پتری ۱۰ میلی‌لیتر محلول در نظر گرفته شد، بطوریکه ۶ میلی‌لیتر آن در ابتدای آزمایش و ۴ میلی‌لیتر باقیمانده در روز ششم به ظرفهای پتری اضافه شد (۳۶). مقدار لازم برای تعیین پتانسیل ۰/۸ Mpa- با استفاده از متد میچل و کافمن بدست آمد (۳۲). ظرفهای پتری بعد از شماره‌گذاری تکرار و شماره لاین برای هر دو آزمایش، در داخل اتاقک رشد در دمای ۲۰/۱۵ (شب / روز) و رطوبت ۷۵٪ قرار داده شدند. بر این اساس تعداد بذور جوانه‌زده در طی ۱۰ روز یادداشت شده و مقدار شاخص سرعت جوانه‌زنی^۱ (PI) بطور جداگانه برای هر دو آزمایش طبق فرمول زیر محاسبه شد.

$$PI = nd2(1.0) + nd4(0.8) + nd6(0.6) + nd8(0.4) + nd10(0.2)$$

در این فرمول nd2، nd4، nd6، nd8 و nd10 به ترتیب درصد بذور جوانه‌زده در روزهای دوم، چهارم، ششم، هشتم و دهم را نشان می‌دهند. سپس مقدار شاخص تنش جوانه‌زنی^۲ (GSI) را برای هر لاین بر اساس فرمول زیر محاسبه نمودیم. بر اساس این فرمول لاینهایی که مقدار GSI بالاتری دارند، مقاومت به خشکی بالاتری نیز خواهند داشت.

$$GSI = 100(PI, Stress / PI, Non-Stress)$$

1. Promptness Index

2. Germination Stress Index

جدول ۱- میانگین مربعات صفات مورد مطالعه در لاینهای دارای دو کروموزوم اضافی

YP	YS	CHF	SR	WUE*	RWL	RWC	Df	S.O.V
۳۶۳/۸	۹۵/۱۱	۰/۰۰۱	۰/۲۹۷	-	۰/۰۰۰۰۰۶	۸/۶۱	۲	تکرار
۱۹۱۹/۱۱	۱۹۲۳/۷۰**	۰/۰۰۳**	۱۲/۹۴**	۰/۰۰۱۲**	۰/۰۰۰۴۴**	۲۱۰۴/۴۲**	۹	ژنوتیپ
۲۳۱/۶۴	۷۰/۷۲	۰/۰۰۱	۱/۴۷	۰/۰۰۰۰۵	۰/۰۰۰۰۰۸۱	۳۰۴/۰۲	۱۸	اشتباه
۲۱/۳۱	۱۸/۰۳	۴/۵۷	۱۸/۴۷	۶/۹۶	۸/۴۴	۱۴/۲۳	-	%CV

WUE* در شرایط گلخانه و در قالب طرح کاملا تصادفی مطالعه شده است.

جدول ۲- میانگین صفات مورد مطالعه در لاینهای افزایشی دارای دو کروموزوم

MSI*	GSI*	STI*	YN	YS	WUE	SR	CHF	RWL	RWC	صفات لاین
۵/۷۵۸	۴۲/۱۰	۰/۳۲۳	۶۶/۹۱bcd	۲۶/۴۹cd	۰/۱۰۷de	۴/۵۴b	۰/۷۳۰ab	۰/۰۵۷a	۱۳۸/۰۳ab	۱ E
۵/۳۴۹	۲۵/۲۰	۰/۱۵۸	۴۴/۵۷cd	۱۸/۴۴d	۰/۱۰۱e	۴/۳۰b	۰/۷۵۳ab	۰/۰۵۴b	۱۰۲/۳۳bc	۲ E
۱۲/۴۰۷	۶۱/۵	۱/۳۳۳	۹۴/۲۷ab	۷۲/۵۴a	۰/۱۳۲bc	۷/۹۰a	۰/۷۹۹a	۰/۰۲۶d	۱۳۴/۷۳ab	۳ E
۸/۵۳۵	۳۰/۹۳	۰/۱۵۸	۴۵/۴۸cd	۱۶/۹۱d	۰/۱۰۸de	۴/۹۹b	۰/۷۵۸ab	۰/۰۳۸c	۱۰۸/۲۶bc	۴ E
۱۳/۱۵۴	۵۷/۵۲	۰/۹۸۸	۷۸/۳۶abc	۶۳/۵۶ab	۰/۱۳۷b	۹/۲۱a	۰/۷۸۲ab	۰/۰۳۲d	۱۳۳/۸۳bc	۵ E
۷/۸۵۰	۳۷/۲۴	۰/۴۲۳	bcd۶۰/۱۳	۳۳/۶۰cd	۰/۱۱۲bc	۴/۷۵b	۰/۷۰۵b	۰/۰۲۵d	۱۲۲/۰۶b	۶ E
۱۵/۷۲۱	۶۳/۵۱	۱/۵۱۹	۹۶/۱۰ab	۸۰/۱۷a	۰/۱۳۱bc	۸/۵۶a	۰/۸۰۷a	۰/۰۲۰e	۱۷۰/۵۳a	۷ E
۷/۸۹۵	۵۸/۲۷	۰/۱۹۷	۳۵/۷۴d	۲۷/۵۲cd	۰/۱۰۷de	۹/۱۵a	۰/۷۵۲ab	۰/۰۳۵c	۶۷/۸۶c	E
۱۰/۰۳۸	۴۴/۲۸	۰/۷۷۵	۸۰/۰۵abc	۴۷/۵۴bc	۰/۱۲۱cd	۴/۵۹b	۰/۷۷۵ab	۰/۰۲۸d	۱۲۷/۸۳ab	CS
۱۳/۳۸۲	۸۳/۹۵	۱/۷۵۵	۱۱۲/۵۱a	۷۹/۷۴a	۰/۱۶۸a	۸/۰۱a	۰/۷۶۷ab	۰/۰۲۶d	۱۱۴/۱۳ab	شاهد

* برای این شاخصها تجزیه واریانس انجام نشده است.

نبوده است. اما لاین 7E از میزان آب نسبی بالایی برخوردار بوده و میزان آب نسبی از دست رفته برای این لاین نسبت به بقیه لاینهای موجود کمترین بود، که نشان دهنده اهمیت این لاین در حفظ پتانسیل آب موجود در شرایط تنش می‌باشد. ددیو (۱۹۷۵) میزان آب نسبی برگ (RWC) را بعنوان یک شاخص در گزینش برای تحمل به خشکی مفید ارزیابی نمود. اخیرا نیز اهمیت RWC بعنوان یک نشانگر مقاومت به خشکی بوسیله شانفلد و همکاران (۱۹۸۸) پیشنهاد شده است. همچنین از این نشانگر در برنامه‌های اصلاحی جهت اندازه‌گیری تنظیم اسمزی استفاده شده است (۳۴، ۴۰). ارقام مقاوم به خشکی در گندم دارای توانایی بیشتری از نظر حفظ پتانسیل آب خود هستند (۲۴، ۴۱) و از نظر تنظیم اسمزی نیز ظرفیت بیشتری دارند (۸، ۴۱). مانیت و همکاران (۳۱) برای میزان آب نسبی برگ وراثت‌پذیری بالایی گزارش نمودند. لاینهای افزایشی از نظر عملکرد کوانتوم (فلورسنس کلروفیل) اختلاف معنی‌داری نشان

نسبی برگ گزارش نمودند. از لحاظ میزان آب نسبی از دست رفته لاین 7E دارای کمترین مقدار آب نسبی از دست رفته بود. میزان آب نسبی از دست رفته برای محل‌های کروموزومی 2E و 4E نیز بالا بود. میزان آب نسبی از دست رفته برای محل‌های کروموزومی 3E و 5E و رقم شاهد نیز پایین بود. بنابراین با توجه به اهمیت میزان آب نسبی بالا و کاهش کم میزان آب نسبی از دست رفته، می‌توان لاین 7E را بعنوان یک لاین که از طریق پتانسیل اسمزی در کنترل مقاومت به خشکی نقش دارد، نسبت به سایر لاینها گزینش نمود (جدول ۲). تنوع ژنتیکی در گندم برای صفت میزان آب نسبی از دست رفته توسط بایلس و همکاران (۱۹۳۷) و ددیو (۱۹۷۵) گزارش شده است. لاین 1E از میزان آب نسبی بالا و میزان آب نسبی از دست رفته بیشتری برخوردار بود. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که لاین 1E هرچند که دارای میزان آب نسبی بالایی بود اما این لاین قادر به نگهداری میزان آب نسبی موجود در برابر تنش اعمال شده

دادند (جدول ۱)، لاینهای 7E و 3E دارای بیشترین عملکرد کوانتوم و لاین 6E نیز دارای کمترین عملکرد کوانتوم بود (جدول ۲). مقاومت روزنه‌ای که اهمیت زیادی در نگهداری میزان آب موجود در سلولهای گیاهی دارد مقدار آن برای محل‌های کروموزومی 5E، 7E و 3E بالا گزارش شد (جدول ۲). میزان مقاومت روزنه‌ای والد دهنده و رقم شاهد نیز بالا بود. در این تحقیق لاین 7E دارای بالاترین میزان مقاومت روزنه‌ای بود و با توجه به اینکه این لاین از لحاظ میزان آب نسبی از دست رفته دارای کمترین مقدار بود، بنابراین می‌توان به اهمیت مقاومت روزنه‌ای در حفظ و نگهداری آب سلول پی برد. لذا به نظر می‌رسد که لاین 7E از طریق مقاومت روزنه‌ای نقش مهمی در کاهش میزان آب نسبی از دست رفته داشته است. لانج و همکاران (۱۹۷۱) معتقد بودند که تغییر سریع در باز و بسته شدن روزنه‌ها در واکنش به تفرق حاصل از سلولهای محافظ است و نامبرندگان این حالت را بعنوان یک حسن قلمداد کردند، زیرا باعث می‌شود قبل از اینکه پتانسیل آب سایر سلولهای برگ کاهش یابد، تفرق کاهش یابد. با افزایش تقاضای تبخیر هوا، کنترل در گیاه از طریق کاهش اندازه روزنه‌ها اعمال می‌شود و بنابراین مقاومت افزایش می‌یابد (۲۷، ۳۵). بنابراین سلولهای محافظ بعنوان دستگاه حساس به رطوبت عمل می‌کنند و اختلاف پتانسیل داخل و خارج برگ را اندازه‌گیری می‌نمایند. نتیجه کاهش اندازه روزنه‌ها جهت حفظ پتانسیل بالای آب، افزایش مقاومت برگ نسبت به CO₂ است و لذا فتوسنتز کاهش می‌یابد. بدین ترتیب، اثر عمده رطوبت نسبی کم در محدود کردن عملکرد گیاه می‌تواند از طریق اثر بر جذب CO₂ باشد و نه از طریق اثر آن در ایجاد تنش آب.

کارایی استفاده از آب که همبستگی مثبت و معنی‌داری با شاخص تحمل به خشکی و عملکرد در شرایط تنش نشان داد، بیشترین میزان آن برای رقم شاهد گزارش شد و میزان کارایی استفاده از آب برای محل‌های کروموزومی 5E، 3E و 7E بالا بود (جدول ۲). تنوع ژنتیکی در گونه‌های گیاهان زراعی از نظر کارایی استفاده از آب گزارش شده است (۱۱، ۱۴). اما در برنامه‌های اصلاحی به علت مشکلات ارزیابی این صفت در شرایط مزرعه از آن استفاده نشده است (۱۵، ۱۶). صدیق و همکاران (۱۹۹۰) گزارش کردند که اصلاح کارایی استفاده از آب

در رقم‌های جدید گندم همراه با شاخص برداشت است. محل‌های کروموزومی 3E و 7E به همراه رقم شاهد از عملکرد بالایی در شرایط تنش برخوردار بودند و محل‌های کروموزومی 2E، 4E و 6E از عملکرد پایینی در شرایط تنش برخوردار بودند محل‌های کروموزومی 3E، 5E، 7E و 1E به همراه رقم شاهد از میزان عملکرد بالایی در شرایط بدون تنش برخوردار بودند (جدول ۲). شاخص تحمل به خشکی (STI) نیز برای محل‌های کروموزومی 7E، 3E و 5E به همراه رقم شاهد نسبت به بقیه محل‌های کروموزومی بیشتر بود (جدول ۲). فرناندز (۱۹۹۲) نیز از این شاخص برای غربال نمودن لاینها و ارقام مقاوم به خشکی استفاده نمود. همچنین محل‌های کروموزومی 2E، 4E، 1E و 6E از شاخص تحمل به خشکی پایینی برخوردار بودند. شاخص تنش جوانه‌زنی که همبستگی بالایی با شاخص تحمل به خشکی در شرایط مزرعه نشان داد میزان آن برای محل‌های کروموزومی 7E و 3E بالا بود و میزان این شاخص برای محل‌های کروموزومی 2E، 4E، 1E و 6E پایین بود (جدول ۲). بر اساس نظر ساپرا و همکاران (۱۹۹۱) لاینهایی که از شاخص GSI بالایی برخوردار باشند برای گزینش در شرایط تنش مفید خواهند بود. همچنین با توجه به مدل پیشنهادی بوسلاما و شاپوگ (۱۹۸۴) مبنی بر توانایی شاخص GSI در گزینش لاینهای مقاوم به خشکی می‌توان نتیجه گرفت که لاینهای 7E، 3E و 5E بیشترین تاثیر را در کنترل مقاومت به خشکی بر اساس GSI دارند (جدول ۲). میزان شاخص انتخاب چندگانه فیزیولوژیکی نیز برای محل‌های کروموزومی 7E، 3E و 5E بالا و برای محل‌های کروموزومی 2E و 1E حداقل بود (جدول ۲). رقم شاهد نیز از میزان MSI بالایی برخوردار بود.

میزان آب نسبی برگ (RWC) همبستگی مثبت و معنی‌داری ($r=0.6501^*$) با عملکرد در شرایط بدون تنش نشان داد (جدول ۳). اما همبستگی میزان آب نسبی برگ با عملکرد در شرایط تنش ($r=0.5770$) و شاخص تحمل به خشکی ($r=0.5610$) نسبتا بالا و غیر معنی‌دار بود. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که لاینهای افزایشی آگروپیرون از طریق میزان آب نسبی بالا در برابر شرایط تنش کمتر مقاومت می‌نمایند. میزان آب نسبی از دست رفته همبستگی منفی و معنی‌داری با عملکرد تنش ($r=-0.7143^*$) و شاخص تحمل

جدول ۳- ضرایب ماتریس همبستگی فنوتیپی شاخصهای مورد مطالعه

MSI	GSI	STI	YP	YS	SR	WUE	RWL	RWC	CHF	
									۱/۰	CHF
								۱/۰	۰/۴۴۴۵	RWC
							۱/۰	-۰/۲۹۲۴	-۰/۴۴۱۵	RWL
						۱/۰	-۰/۶۳۷۹	۰/۳۰۹۹	۰/۴۰۱۶	WUE
					۱/۰	۰/۵۳۰۰	-۰/۵۱۸۳	۰/۰۱۶۵	۰/۵۸۵۹	SR
				۱/۰	۰/۶۵۶۹*	۰/۸۶۴۵**	-۰/۷۱۴۳*	۰/۵۷۷۰	۰/۷۰۴۹*	YS
			۱/۰	۰/۹۲۶۶**	۰/۳۷۲۱	۰/۸۷۴۴**	-۰/۵۶۵۹	۰/۶۵۰۱*	۰/۵۵۹۵	YP
		۱/۰	۰/۹۵۹۲**	۰/۹۸۲۸**	۰/۵۷۵۷	۰/۹۰۱۸**	-۰/۶۷۶۰*	۰/۵۶۱۰	۰/۶۶۹۶*	STI
	۱/۰	۰/۸۴۷۳**	۰/۷۵۳۴**	۰/۸۴۷۳**	۰/۷۹۶۲**	۰/۸۴۸۹**	-۰/۵۸۷۴	۰/۱۵۲۳	۰/۵۰۵۸	GSI
۱/۰	۰/۷۶۹۱**	۰/۹۰۳۷**	۰/۸۰۰۷**	۰/۹۳۳۷**	۰/۷۱۲۴*	۰/۷۸۲۹**	۰/۷۹۴۶**	۰/۵۵۶۶	۰/۷۷۹۳**	MSI

مقاومت روزنه‌ای در نگهداری میزان آب سلول در شرایط تنش پی برد. زیرا مقاومت روزنه‌ای همبستگی مثبت و معنی‌داری با عملکرد تنش نشان داد ($r=0.6569^*$). لذا مقاومت روزنه‌ای بیشتر در شرایط تنش نقش مهمی در کاهش آب نسبی از دست رفته و متعاقب آن کاهش کمتر عملکرد دارد. در این تحقیق لاین 5E دارای بیشترین مقاومت روزنه‌ای بود و میزان کاهش عملکرد آن از شرایط بدون تنش به شرایط تنش نسبت به بقیه لاینها کمتر بود و این نشان دهنده نقش مقاومت روزنه‌ای در پایداری عملکرد یک لاین در دو شرایط تنش و بدون تنش می‌باشد. عملکرد تنش همبستگی مثبت و معنی‌داری با عملکرد بدون تنش ($r=0.9266^{**}$)، شاخص تحمل به خشکی ($r=0.8473^{**}$)، شاخص تنش جوانه زنی ($r=0.9828^{**}$) نشان داد و عملکرد بدون تنش نیز همبستگی مثبت و معنی‌داری با شاخص تحمل به خشکی ($r=0.9592^{**}$) و شاخص تنش جوانه زنی ($r=0.7534^{**}$) نشان داد. با توجه به همبستگی مثبت و بالای شاخص تحمل به خشکی با عملکرد در دو محیط تنش ($r=0.9828^{**}$) و بدون تنش ($r=0.9592^{**}$) می‌توان بر اساس شاخص تحمل به خشکی عمل‌گزینش را برای افزایش عملکرد در شرایط تنش و بدون تنش انجام داد. فرناندز (۱۹۹۲) نیز این ضرایب را برای ماش در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار گزارش نمود. همچنین شاخص STI با شاخص MSI همبستگی مثبت و معنی‌داری نشان داد ($r=0.9037^{**}$). بنابراین می‌توان بر اساس شاخص انتخاب فیزیولوژیکی چندگانه (MSI) جهت‌گزینش در شرایط تنش عمل انتخاب را انجام داد. شاخص انتخاب چندگانه فیزیولوژیکی با شاخص STI مزرعه‌ای ($r=0.7691^{**}$) و شاخص GSI آزمایشگاهی ($r=0.9037^{**}$)

به خشکی ($r=-0.6760$) نشان داد. بنابراین به نظر می‌رسد که لاینهای افزایشی آگروپیرون از طریق مقاومت در برابر آب نسبی از دست رفته قادر به حفظ پتانسیل آب موجود و در نتیجه مقاومت در برابر شرایط تنش می‌باشند. همچنین میزان آب نسبی از دست رفته همبستگی منفی و معنی‌داری با کارایی استفاده از آب نشان داد ($r=-0.6379$). می‌توان نتیجه گرفت، لاینهایی که از طریق حفظ رطوبت در شرایط تنش مقاومت بیشتری می‌نمایند، کارایی بیشتری در استفاده از آب دارند. لاینهای 7E، 3E و 5E از طریق کاهش در میزان آب نسبی از دست رفته اهمیت بالایی در کارایی استفاده از آب نشان دادند. کارایی استفاده از آب همبستگی مثبت و معنی‌داری با عملکرد تنش ($r=0.8645^{**}$)، عملکرد بدون تنش ($r=0.8744^{**}$)، شاخص تحمل به خشکی ($r=0.9018^{**}$) و شاخص تنش جوانه‌زنی ($r=0.8489^{**}$) نشان داد. با توجه به اهمیت کارایی استفاده از آب در شرایط تنش و بدون تنش و همچنین با توجه به همبستگی بالای کارایی استفاده از آب با شاخص تحمل به خشکی و شاخص تنش جوانه‌زنی می‌توان جهت‌گزینش ارقام مقاوم به خشکی بر اساس کارایی استفاده از آب عمل نمود. به این ترتیب لاینهایی که دارای کارایی استفاده از آب بیشتری باشند، غربال نمودن آنها جهت استفاده در شرایط تنش مطلوب خواهد بود. در این تحقیق لاینهای 7E، 3E و 5E دارای میزان کارایی استفاده از آب بیشتری نسبت به بقیه لاینها بودند. بعلاوه، این لاینها از میزان شاخص تحمل به خشکی و شاخص تنش جوانه‌زنی بالایی برخوردار بودند. با توجه به اهمیت مقاومت روزنه‌ای در کاهش میزان آب نسبی از دست رفته در لاینهای افزایشی آگروپیرون ($r=-0.5183$)، می‌توان به اهمیت

منظور گزینش لاینها و ارقام مقاوم به خشکی پی برد.

جدول ۴- صفاتی که در رگرسیون قدم به قدم برای عملکرد تنش (YS) وارد معادله شده اند.

Sig.T	T	اشتباه استاندارد B) (SE B)	ضرایب رگرسیون ناقص(B)	S.O.V
۰/۰۳۸۷	۲/۱۷۷*	۶۸/۱۲۲۳۱۴	۱۴۸/۳۲۲۳۹۳	CHF
۰/۰۲۰۰	-۲/۴۷۹*	۲۶۹/۱۸۳۸۹۲	-۶۶۷/۳۹۱۲۴۲	RWL
۰/۰۰۰۷	۳/۸۲۰**	۱۶۰/۴۰۲۷۱۰	۶۱۲/۷۲۴۳۰۵	WUE

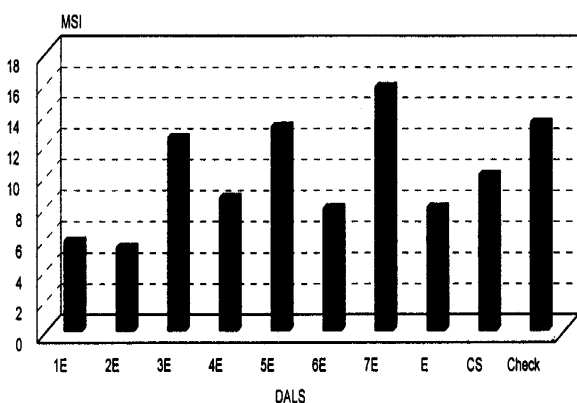
ضریب همبستگی چندگانه $R^2 = ۰/۸۴۶۶۱$

$R^2_{adj} = ۰/۷۱۶۷۵$

ضریب تشخیص تصحیح شده $R^2_{adj} = ۰/۶۸۴۰۷$

$YS = -۱۱۹/۳۹۷۹ + ۱۴۸/۳۲۲۴ (CHF) - ۶۶۷/۳۹۱۲ (RWL) + ۶۱۲/۷۲۴۳ (WUE)$

با توجه به اهمیت شاخص MSI در گزینش ارقام متحمل به تنش، لاینهای افزایشی بر اساس شاخص MSI ارزیابی شدند و با توجه به اینکه مقادیر بالای شاخص MSI برای گزینش در شرایط تنش مطلوب می باشد. میزان شاخص MSI برای محل های کروموزومی 3E، 5E و 7E به همراه رقم شاهد نسبت به بقیه محل های کروموزومی بیشتر بود. بعلاوه محل های کروموزومی 3E، 5E و 7E نیز از میزان STI و GSI بالایی برخوردار بودند. همچنین شاخص MSI برای محل های کروموزومی 1E، 2E، 4E و 1E پایین بود. کروموزوم های 3E، 7E و 5E بر اساس شاخص MSI به ترتیب 22.85%، 18.03% و 19.12% کارایی انتخاب داشتند و سه کروموزوم مذکور جمعاً 60.0% در تبیین شاخصهای فیزیولوژیکی نقش داشتند. محل های کروموزومی 1E و 2E نیز به ترتیب 8.41% و 7.77% کارایی انتخاب داشتند (شکل ۱ و جدول ۲).



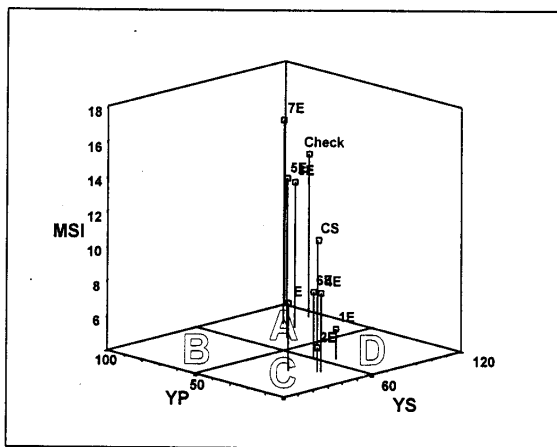
شکل ۱- میزان شاخص MSI برای لاین های افزایشی آگروپیرون

همبستگی مثبت و معنی داری نشان داد. با توجه به کارایی شاخص تحمل به خشکی (STI) و شاخص تنش جوانه زنی (GSI) در گزینش ارقام و لاینهای مقاوم به خشکی، جهت غربال نمودن بهترین شاخص های فیزیولوژیکی، از ضرایب همبستگی این شاخصها با شاخصهای STI و GSI استفاده شد. از میان شاخصهای فیزیولوژیکی مورد مطالعه، فلورسنس کلروفیل، مقاومت روزنه ای و کارایی استفاده از آب دارای همبستگی معنی داری با شاخصهای مزرعه ای (STI) و آزمایشگاهی (GSI) بودند. لذا می توان از این شاخصها جهت گزینش ارقام مقاوم بر اساس هر شاخص استفاده نمود. بنابراین با توجه به همبستگی این شاخصها با شاخصهای مزرعه ای و آزمایشگاهی می توان به اهمیت کارایی شاخص انتخاب چندگانه فیزیولوژیکی جهت گزینش ارقام و لاینها تحت شرایط تنش پی برد.

با توجه به اهمیت عملکرد تنش (YS) در گزینش ارقام مقاوم و با توجه به همبستگی بالای آن با شاخصهای STI، GSI و MSI، به منظور تعیین معادله خط رگرسیون عملکرد و تعیین بهترین شاخص های فیزیولوژیکی که بیشترین تأثیر را در برآزش معادله رگرسیون عملکرد دارند از رگرسیون قدم به قدم استفاده شد. در این روش YS بعنوان متغیر تابع و شاخصهای فیزیولوژیکی SR، WUE، RWL، RWC و CHF بعنوان متغیرهای مستقل انتخاب شدند. همانطوریکه از معادله رگرسیون پیداست $(YS = -119.3979 + 148.3224(CHF) + 612.7243(WUE) - 667.3912(RWL))$ ، متغیرهای WUE، RWL و CHF در تعیین معادله رگرسیون بیشترین نقش را داشته اند. این سه متغیر در مجموع 68.41% از تغییرات مربوط به عملکرد در شرایط تنش بر اساس شاخصهای فیزیولوژیکی مورد مطالعه را توجیه می نمایند.

نتایج حاصل از آزمون t برای سه متغیر مذکور نیز معنی دار بدست آمد (جدول ۴). همچنین آزمون F مربوط به معادله رگرسیون در سطح احتمال ۱٪ معنی دار شد (جدول ۵). علاوه بر این، شاخصهایی که در معادله وارد شده اند همبستگی بالایی با شاخص مزرعه ای (STI) و شاخص آزمایشگاهی (GSI) نشان دادند. بنابراین می توان به اهمیت این سه شاخص (WUE، RWL و CHF) در توجیه عملکرد در شرایط تنش به

گروهها باشد. آرنون (۱۹۶۱) نیز ارقامی را که در هر دو محیط تنش و بدون تنش عملکرد مناسبی تولید نمایند را بعنوان ارقام مناسب معرفی می‌نماید. در بررسی نمودار سه‌بعدی YP، YS و MSI مشاهده شد که لاین‌های افزایشی 7E، 3E و 5E به همراه شاهد در گروه A قرار گرفته‌اند و این لاین‌ها دارای MSI متوسط تا بالایی نیز می‌باشند که این خود نشان‌دهنده سودمندی این شاخص در جدا نمودن گروه A از گروههای دیگر می‌باشد (شکل ۳).



شکل ۳- نمودار سه بعدی لاین‌های دارای دو کروموزوم اضافی بر مبنای Ys، Yp و MSI

بنابراین با در نظر گرفتن شاخصهای فیزیولوژیکی و شاخص تحمل به خشکی در شرایط مزرعه و شاخص تنش جوانه‌زنی در شرایط آزمایشگاه و با توجه به اهمیت شاخص MSI در توجیه سایر شاخصهای فیزیولوژیکی نتیجه می‌گیریم که بیشترین QTL‌های کنترل کننده نشانگرهای فیزیولوژیکی مقاوم به خشکی بر روی کروموزومهای 7E، 3E و 5E قرار دارند.

REFERENCES

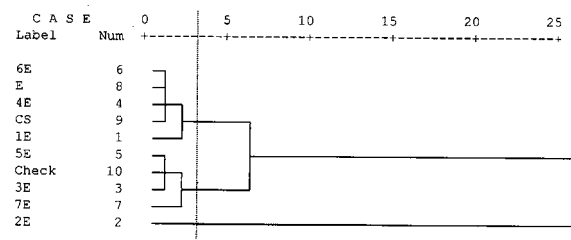
1. Acevedo, E., Ferere, E. 1993. Resistance to abiotic stresses. In: M.D. Hayward, N.O. Bosemark and I.A. Romagosa(eds). Plant breeding: Principles and prospects. Chapman and Hall. London.pp.406-421.
2. Al-Dakheel, R.J. 1991. Osmotic adjustment: A selection criterion for drought tolerance. In: Acevedo, E., Conesa, A.P., Monneveux, P., Srivastava, J.P.A. (eds) Physiology-Breeding in Winter Cereals for Stressed Mediterranean Environments. Montpellier. France.pp.337-368.
3. Alidibe, T., Monneveux, P., Araus, J. 1990. Breeding Durum Wheat for drought tolerance: Analytical, synthetical approaches and their connection. Proceeding of International Symposium, June 4th-8th, Albena, Bulgaria, Agricultural Academy, pp.224-240.
4. Arnon, 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.

جدول ۵- نتایج حاصل از تجزیه واریانس معادله رگرسیون

Sig.F	F	MS	SS	df	S.O.V
۰/۰۰۰۰	۲۱/۹۳۰۹**	۴۵۰۵/۳۷۵۶۹	۱۳۵۱۶/۱۲۷۰۸	۳	رگرسیون
		۲۰۵/۴۳۵۴۱	۲۰۵/۳۲۰۷۴	۲۶	باقیمانده
		-	۱۸۸۵۷/۴۴۷۸۲	۲۹	جمع

گروه‌بندی لاینهای افزایشی با روش تجزیه خوشه‌ای و بر اساس شاخصهای STI و MSI انجام شد (شکل ۲). بر اساس نتایج حاصل از تجزیه تابع تشخیص لاینهای افزایشی در سه گروه قرار گرفتند. در گروه اول لاینهای 4E، 6E و 1E به همراه والد‌های دهنده و گیرنده قرار گرفتند. لاینهای 7E، 3E و 5E با رقم شاهد در گروه دوم و لاین 2E نیز در گروه سوم قرار گرفت. به منظور گزینش لاین‌های مقاوم به خشکی با عملکرد بالا در هر دو محیط از نمودار سه‌بعدی (3-D) استفاده گردید. برای انتخاب لاین‌های پرمحصول و متحمل به خشکی سطح X-Y بوسیله کشیدن خطوط متقاطع به چهار گروه A، B، C و D تقسیم گردید.

Rescaled Distance Cluster Combine



شکل ۲- دندروگرام حاصل از تجزیه خوشه‌ای و تجزیه تابع تشخیص برای لاین‌های افزایشی بر اساس شاخصهای STI و MSI

فرناندز (۱۹۹۲) بیان می‌دارد که مناسبترین معیار انتخاب برای تنش معیاری است که قادر به تشخیص گروه A از سایر

5. Bayles, B.B., Taylor, J.W., Bartel, A.T. 1937. Rate of water loss in wheat varieties and resistance to artificial drought. *J. Am. Soc. Agron.*, 29, 50-52.
6. Bidinger, F.R., Witcombe, J.R. 1989. Evaluation of specific avoidance traits as selection criteria for improvement of drought resistance. In: F.W.G. Baker(ed), *Drought Resistance in Cereals*, C.A.B. International, pp. 151-164.
7. Blum, A. 1992. Breeding methods for drought resistance. In: G.Hamlyn, T.J. Flower and M.B. Jones(cds), *Plant Under Stress*. Cambridge University Press. pp. 197-215.
8. Blum, A., J. Mayer and G.Gozlan. 1983. Association between plant production and some physiological components of drought resistance in wheat. *Plant, Cell and Environ.* 6:219.
9. Blum, A. 1988. Drought resistance, In: A. Blum(ed.), *Plant Breeding for stress environments*, pp.43-69. CRC. Florida.
10. Bouslama, M. and W.T. Schapaugh. 1984. Stress tolerance in soybeans. Evaluation of three screening technique for heat and drought tolerance. *Crop Sci.* 24:933-937.
11. Briggs, L.J., and H.L. Shantz. 1914. Relative water requirement of plants. *J. Agric. Res*, 3:1-64.
12. Clarke, J.M. 1987. Use of physiological and morphological traits in breeding programmes to improve drought resistance of cereals. In: J.P. Srivastava, E.Acevedo and S. Varma(eds), *Drought Tolerance in Winter Cereals*. Proc.of an Int.Workshop, 27-31 October 1985 Capri, Italy, ICARDA. John Wiely and Sons. pp. 171-189.
13. Dedio, W. 1975. Water relations in wheat leaves as screening tests for drought resistance. *Can. J. Plant Sci.*, 55:369-378.
14. Ehdaei, 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. PP.187-97.
15. Ehdaei, 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.
16. Evans, L.T., and I.F. Wardlaw. 1976. Aspects of comparative physiology of grain yield in cereals. *Adv. Agron.* 28:301-359.
17. Fernandez, G.C.J. 1992. Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. In proceeding of a symposium, Taiwan, 13-18 Aug. Chapter 25. pp:257-270.
18. Gale, M.D. and T.E. Miller. 1987. The introduction of alien genetic variation in wheat. In: F.G.H.Loptun(ed.) *Wheat Breeding: Its Scientific Basis*, pp.173-210. Chapman and Hall, London.
19. Genty, B., Y. M. Briantais and N. R. Baker. 1989. The relationship between the quantum yield of photosynthetic electron transport and quenching of chlorophyll fluorescence. *Biochemi Biophys. Acta.* 990, 87-92.
20. Haley, S.D, Quick, J.S., Morgan, J.A. 1993. Excised-leaf water status evaluation and associations in field-grown winter wheat. *Can. J. Plant Sci.*, 73:55-63.
21. Islam, A.K.M.R., and K.W. Shepherd. 1991. Alien genetic variation in wheat improvement. In: P.K. Gupta and Tsachiya(eds.), *Chromosome Engineering in Plants, Part A*, pp.291-312. Elsevier, Amsterdam.
22. Jiang, J., B.Friebe, and B.S.Gill, 1994. Recent advances in alien gene transfer in wheat. *Euphytica*, 73:199-212.
23. Kallou, G. 1992. Utilization of wild species. In: G.Kallou and J.B.Chowdhury(eds), *Distant Hybridization of Crop Plants*. Springer Verlag. pp.149-167.
24. Keim, D.L., and W.E. Kronstad. 1979. Drought resistance and dryland adaptation in winter wheat. *Crop Sci.* 19:574-576.
25. Khush, G.S., Brar, D.S. 1992. Overcoming the barriers in hybridization. In: G.Khalloo and J.B. Chowdhury(eds). *Distant Hybridization of Crop Plants*, Springer Verlag. pp.47-61.
26. Knott, D.R., 1987. Transferring alien genes to wheat. In: E.G. Heyne(ed.) *Wheat and Wheat Improvement (second edition)*. pp. 462-471.
27. Lange, O.L., R. Losch, E.D. Schulze and L. Kappen. 1971. Responses of stomata to changes in humidity. *Planta* 100:76-86.

28. Loss, S. P., and Siddique, K.H.M. 1994. Morphological and physiological traits associated with wheat yield increases in Mediterranean environments. *Adv. In Agronomy*, 52:229-276.
29. Maan, S.S. 1987. Interspecific and intergeneric hybridization in wheat. In: E.G. Hyene(ad.), *Wheat and Wheat Improvement*. American Society of Agronomy. Inc. pp.453-461.
30. 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.
31. Manette, A.S., Richard, C.J., Carre, B., Morhinweg, W. 1988. Water relations in winter wheat as drought resistance indicators. *Crop. Sci.*, 28, 256-531.
32. Michel, B.E. and Kaufmann, M.R. 1972. The osmotic potential of polyethylene glycol 6000. Department of Botany, University of Georgia, Athens, Georgia 30601.
33. Mohammadi, R. 2001. Chromosomal Localization of the genes controlling drought tolerance in rye and agropyron. MSC Thesis Razi University, Kermanshah, IRAN.
34. Morgan, J.M. 1989. Physiological traits for drought resistance. In: F.W.G. Baker(ed), *Drought Resistance in Cereals*. C.A.B. International. pp. 53-64.
35. Raschke, K., and U. Kuhl. 1969. Stomatal responses to changes in atmospheric humidity and water supply. Experiments with leaf sections of *Zea mayes* in Co₂-free air. *Planta*, 87:36-48.
36. Saprav. T., E. Sarage, A.O. Anaele, and C.A. Beyl. 1991. Varieties differences of wheat and triticale to water stress. *Crop Sci.*, 167:23-28.
37. Schonfeld, M.A., Johnson, R.C., Carver, B.F. Mornhinweg, D.W. 1988. Water relations in winter wheat as drought resistance indicators. *Crop Sci.* 28:526-531.
38. Sharma, H.C., and B.S. Gill. 1983. Current status of wide hybridization in wheat. *Euphytica*, 32:17-31.
39. 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.* 41:431-437.
40. Singh, D.P. 1989. Evaluation of specific dehydration tolerance traits for improvement of drought resistance. In: F.W.G. Baker(ed.), *Drought Resistance in Cereals*, C.A.B. International. 165-175.
41. Sojka, R.E., I.L. Stolzy and R.A. Fischer. 1981. Seasonal drought response of selected wheat cultivars. *Agron. J.* 73:838.
42. Smith, M.E., W.R. Coffman and T.C. Baker. 1990. Environmental effects on selection under high and low input conditions. In: M.S. Kang(ed.), *Genotype-by-Environmental Interaction and Plant Breeding*, pp. 261-272. Louisiana State University, Baton Rouge.
43. Wang, H., and Clarke, J.M. 1993. Relationship between excised-leaf water loss and stomatal frequency in wheat. *Can. J. Plant Sci.*, 73:93-99.
44. Yang, R.C., Jana, S., Clarke, J.M. 1991. Phenotypic diversity and associations of some potentially drought-responsive characters in durum wheat. *Crop Sci.*, 31:1484-1491.

An Evaluation of Physiological Indices of Drought Tolerance in *Agropyron* Using Multiple Selection Index

E. FARSHADFAR¹ AND R. MOHAMMADI²

1,2, Associate Professor and Former Graduate Student, College of Agriculture, Razi University, Kermanshah, Iran

Accepted Jan. 8, 2003

SUMMARY

Drought stress as the most important abiotic stress plays an important role in the yield reduction of crop plants worldwide. Considering physiological indicators as well as wild species to improve drought resistance is of paramount importance. In order to evaluate chromosomal location of physiological indicators of drought tolerance in the wild species of *Agropyron* a complete series of disomic addition lines of *Agropyron*, donor parent (*Agropyron elongatum*) and recipient (*Triticum aestivum* L.cv. Chinese Spring) were investigated under field, green house and laboratory conditions. Disomic addition lines indicated significant differences for relative water content (RWC), relative water loss (RWL), water use efficiency (WUE), chlorophyll fluorescence (CHF) and stomatal resistance (SR), indicating genetic variation and possibility of selection for improving drought tolerance in disomic addition lines. Physiological indices of chlorophyll fluorescence, relative water loss and water use efficiency played an important role in the regression equation of yield under stress. Based on the physiological multiple selection index (MSI) most of the loci (QTLs) controlling physiological characters of drought tolerance were located on chromosomes 3E, 5E and 7E. Assessment of disomic addition lines based on stress tolerance index (STI) and germination stress index (GSI) indicated that most of the QTLs controlling drought tolerance are located on chromosomes 3E, 5E and 7E.

Key words: Disomic addition lines, QTLs, Water use efficiency, Germination stress index, Osmoregulation, Stress tolerance index.