"مجله علوم زراعي ايران"
جلد پنجم، شماره ۲، تابستان ۱۳۸۲

تعيين كروموزوم‌هاي كنترل‌كننده صفات فيزيولوژيك مرتبط با تحمل به خشكي در چاودار

Determination of chromosomes controlling physiological traits associated to drought tolerance in rye

رضا محمدی[۱] و عزت‌اله فرشادفر[۲]

چكيده

تنش خشكي به عنوان يكي از مهم‌ترين تنش‌هاي محيطي غيرزنده نقش مؤثري در كاهش توليد محصول گياهان زراعي در جهان دارد. از اين رو توجه به شاخص‌هاي فيزيولوژيكي تحمل به خشكي براي بهبود عملكرد محصولات مختلف زراعي از اهميت ويژه‌اي برخوردار مي‌باشد. به منظور بررسي و غربال نمودن محل‌هاي كروموزومي شاخص‌هاي فيزيولوژيكي تحمل به خشكي، سري كامل لاين‌هاي افزايشي ديزوميك چاودار و والدهاي دهنده (*Secale cereale* L. cv. Imperial) و گيرنده (*Triticum aestivum* L.cv.Chinese Spring) در سه فاز مزرعه، گلخانه و آزمايشگاه در سال ۱۳۷۷ در كرمانشاه مورد مطالعه و بررسي قرار گرفتند. لاين‌هاي افزايشي از لحاظ ميزان آب نسبي برگ (RWC)، آب نسبي از دست رفته (RWL)، كارآيي استفاده از آب (WUE) و مقاومت روزنه‌اي (SR) اختلاف معني‌داري نشان دادند. اختلاف موجود در ميان لاين‌هاي افزايشي مورد بررسي، بيانگر تنوع ژنتيكي و امكان انتخاب براي بهبود تحمل به خشكي در چاودار است. شاخص‌هاي فيزيولوژيكي مقاومت روزنه‌اي، ميزان آب نسبي از دست رفته و كارآيي استفاده از آب نقش مهمي در تعيين معادله رگرسيون عملكرد دانه در شرايط تنش داشتند. براساس شاخص انتخاب چندگانه (MSI) محل‌هاي كروموزومي 7R و 3R داراي بيشترين جايگاه‌هاي ژني كنترل‌كننده شاخص‌هاي فيزيولوژيكي تحمل به خشكي(QTLs) بودند. ارزيابي لاين‌هاي افزايشي بر اساس شاخص تحمل به خشكي (STI) و شاخص تنش جوانه‌زني (GSI) نيز نشان داد كه بيشترين QTLs كنترل‌كننده تحمل به خشكي بر روي كروموزوم‌هاي 7R و 3R قرار دارند.

واژه‌هاي كليدي: لاين‌هاي افزايشي، QTLs، شاخص‌هاي فيزيولوژيكي، شاخص تنش جوانه‌زني، شاخص تحمل به خشكي.

مقدمه

آسيب پذيری ژنتيكی ارقام گندم به وسيله تنش‌های محيطی (زنده و غيرزنده) افزايش می‌يابد. بنابراين جمع‌آوری، نگهداری و ارزيابی گونه‌های وحشی جنس تريتيكوم و جنس‌های خويشاوند آن كه دارای سازگاری وسيعی با محيط‌های مختلف بوده و حامل منابع بزرگی از ژن‌های مفيد با واكنش مطلوب به تنش‌های محيطی زنده و غيرزنده باشند، هدفی است كه به وسيله كارشناسان گندم در سراسر دنيا پی‌گيری می‌شود (Maan,1987; Khush and Brar,1992; Kalloo,1992). علاوه بر صفات مورفولوژيكی كه در سازگاری گياه به شرايط تنش خشكی مورد توجه قرار می‌گيرند، شاخص‌های فيزيولوژيكی نيز اهميت حياتی در بقاء و سازگاری گياهان به تنش‌های محيطی داشته و از اين رو توجه به شاخص‌های فيزيولوژيكی يكی از جنبه‌های مهم در مطالعات مربوط به تحمل به خشكی در گياهان

تاريخ دريافت: ۱۳۸۱/۲/۳۰ تاريخ پذيرش: ۱۳۸۲/۷/۲۴

۱ـ كارشناس ارشد، مؤسسه تحقيقات كشاورزی ديم- سرارود ۲ـ دانشيار دانشگاه رازی- كرمانشاه

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-10-25]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1382.5.2.4.4]

به حساب می‌آید. تحمل به خشکی یک صفت ساده و منحصر به فرد نبوده، بلکه یک صفت کمی و پیچیده با جنبه‌های محتلف می‌باشد. بنابراین تحمل به خشکی ترکیبی از صفات 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 Fluorescence=CHF)، تجمع پرولین و اسید آبسزیک(ABA)، تنظیم اسمزی (Osmotic Adjustment)، اندازه ریشه(Blum,1988) و پارامترهای دیگر [نظیر تبادل روزنه‌ای(CO_2 exchange) و کارآیی مصرف آب(Water Use Efficiency=WUE)، (محمدی ، ۱۳۷۹)] در ارتباط می‌باشد. بیشتر مطالعاتی که اخیراً انجام شده است (Jiang et al.,1994 ; Sharma and ;Knott,1987 ; Gale and Miller,1987 Gill, 1983) بر اساس انتقال ژن‌های بیگانه به گندم به منظور اصلاح برای تحمل به تنش‌های زنده (آفات و بیماری‌ها) به واریته‌های 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 غیرزنده (خشکی، سرما و شوری) انجام شده است. دانش موجود برای کنترل ژنتیکی صفات مرتبط با خشکی کافی نبوده و نمی‌توانیم از آن‌ها در برنامه‌های بهنژادی استفاده نماییم. وراثت‌پذیری صفاتی همچون عملکرد اغلب تحت شرایط خشکی پایین بوده، که این می‌تواند مربوط به واریانس کوچک ژنتیکی یا بزرگ بودن واریانس‌های اثر متقابل محیط و ژنوتیپ باشد (Smith et al.,1990). بنابراین به روش‌هایی برای تاکید بیشتر بر روی جنبه‌های ژنتیکی، تعریف و مدیریت ژن‌های سازگار با شرایط تنش نیاز داریم (Morgan,1989).

علاوه براصلاح برای عملکرد بیشتر که معمولاً به دلیل وراثت‌پذیری پایین آن مشکل می‌باشد، توجه به جنبه‌های دیگر تحمل به خشکی از قبیل شاخص‌های فیزیولوژیکی (WUE, SR, CHF, RWL, RWC) از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشد (محمدی، ۱۳۷۹). تنظیم اسمزی یکی از مهم‌ترین مؤلفه‌های تحمل به خشکی است (Loss and Siddique,1994; Al-Dakheel,1991) که ارتباط زیادی با میزان آب نسبی بیشتر و کاهش کمتر میزان آب نسبی از دست رفته دارد (Schonfeld et al., 1988; Yang et al., 1991; Wang and Clarke,1993; Haley et al.,1993).

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. (Clarke,1987; Singh,1989; Bidinger and Witcombe,1989; Blum,1992; Acevedo and Ferere, 1993)

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 کنترل‌کننده شاخص‌های تحمل به خشکی باشند، مورد استفاده قرار گیرند (Mahmood and Quarrie, 1993). بنابراین هدف از این مطالعه: ۱) یافتن کروموزوم‌هایی از چاودار است که دارای بیشترین تعداد ژن‌های کنترل‌کننده شاخص‌های فیزیولوژیکی تحمل به خشکی باشند. ۲) تعیین شاخص‌های فیزیولوژیکی مؤثر بر مقاومت به خشکی و معرفی شاخص انتخاب چندگانه می‌باشد.

مواد و روش‌ها

آزمایش در سال ۱۳۷۷ در دانشکده کشاورزی دانشگاه رازی در کرمانشاه به منظور مطالعه محل جایگاه‌های ژنی شاخص‌های فیزیولوژیکی تحمل به خشکی در چاودار انجام گرفت. مواد آزمایشی شامل

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-10-25]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1382.5.2.4.4]

سری کامل لاین‌های افزایشی دیزومیک چاودار(1R,2R,3R,4R,5R,6R,7R) و رقم چاودار *Secale celeale* L.cv. Imperial (2n = 2x = 14) و رقم گندم *Triticum aestivum* L.cv. Chinese Spring (2n=6x=42) به ترتیب به عنوان والدهای دهنده و گیرنده بود. هم‌چنین ارقام چاودار *Cecale cereale* L.cv. Lovaspatonia (2n=2x=14) و گندم *Triticum aestivum* L.cv. Sardari (2n = 6x =42) به عنوان شاهد در آزمایش مورد مطالعه قرار گرفتند. هر لاین و رقم در دو خط ۱۲۰ سانتیمتری با فاصله ردیف ۲۰ سانتیمتر و فاصله بوته روی ردیف سه سانتیمتر کشت گردید. آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار و در دو محیط تنش (محیط تنش، محیطی است که در آن هیچ‌گونه تیمار آبیاری اعمال نشده و تنها به نزولات جوی اکتفا شد) و بدون تنش (آبیاری کامل) پیاده گردید. در طول اجرای آزمایش مهم‌ترین شاخص‌های فیزیولوژیکی مرتبط با خشکی از قبیل آب نسبی برگ (RWC)، آب نسبی از دست رفته (RWL)، کلروفیل فلورسنس(CHF)، مقاومت روزنه‌ای (SR) و کارآیی مصرف آب (WUE) در شرایط تنش اندازه‌گیری شد. هم‌چنین به منظور مطالعه و برآورد میزان تحمل به خشکی [Stress Tolerance Index(STI)]، عملکرد لاین‌ها و ارقام مورد مطالعه در دو شرایط تنش و بدون تنش (درمزرعه) اندازه‌گیری شد. در شرایط آزمایشگاه نیز با شبیه‌سازی برای مطالعه تحمل به خشکی با استفاده از پلی اتیلن گلایکول ۶۰۰۰، شاخص تنش جوانه‌زنی[Germination Stress Index(GSI)] و شاخص سرعت جوانه‌زنی[Promptness Index (PI)] در شرایط تنش و بدون تنش اندازه‌گیری شد. صفات و شاخص‌های مورد مطالعه بر اساس روش‌های زیر که توسط عده‌ای از محققین ارائه شده، اندازه‌گیری و محاسبه شدند.

۱) میزان آب نسبي برگ (RWC)

در این روش از هرلاین و رقم در هر تکرار در مرحله ساقه رفتن به طور تصادفی پنج برگ جدا شده و بلافاصله وزن‌تر [Fresh Weight (FW)] آن‌ها به وسیله ترازوی دقیق دیجیتالی اندازه‌گیری شد. سپس به منظور به دست آوردن وزن خشک [Dry Weight (DW)]، نمونه‌ها به مدت ۷۲ ساعت در دمای ۷۰ درجه سانتیگراد در آون قرار داده شدند و دوباره وزن گردیدند. با استفاده از رابطهٔ زیر که توسط علی‌دیب و همکاران (Alidibe et al., 1990) ارائه شده است، میزان آب نسبی برگ برحسب درصد محاسبه گردید:

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

۲) میزان آب نسبي از دست‌رفته (RWL)

در این روش از هر لاین و رقم در هر تکرار در مرحله ساقه رفتن پنج برگ به طور تصادفی انتخاب و بلافاصله وزن شدند. سپس نمونه‌های وزن شده به مدت دو ساعت در دمای ۳۰ درجه سانتیگراد قرار داده شدند تا وزن پژمردگی آن‌ها به دست آید. در نهایت نمونه‌ها در دمای ۱۰۰ درجه سانتیگراد به مدت ۲٤ ساعت در آون برای به دست آوردن وزن خشک قرار گرفتند. میزان کاهش آب بر حسب گرم آب از دست‌رفته از وزن خشک برگ در دو ساعت محاسبه شد. میزان آب از دست رفته (بر حسب $g.g^{-1}h^{-1}$) از رابطه زیرکه توسط یانگ و همکاران (Yang et al., 1991) ارائه شده است، محاسبه گردید. در این رابطه t_1 و t_2 زمان‌های لازم برحسب ساعت به ترتیب 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) کلروفیل فلورسنس (CHF)

در این روش بعد از خروج سنبله‌ها از غلاف برگ پرچم ، پنج برگ پرچم از هر لاین و رقم در هر تکرار به طور تصادفی انتخاب و ماکزیمم عملکرد کوانتوم بعد از سازش با تاریکی (Fv/Fmax) هر برگ پرچم توسط دستگاه جدید تجزیه‌گر عملکرد فتوسنتز – MINI-PAM– اندازه‌گیری شد.

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-10-25]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1382.5.2.4.4]

عملکرد کوانتوم = Fv/Fmax

که در آن Fmax ماکزیمم عملکرد فلورسنس و Fv تغییرات عملکرد فلورسنس را نشان می‌دهد (Genty et al., 1989).

٤) مقاومت روزنه‌اي (SR)

در این روش برای اندازه‌گیری مقاومت روزنه‌ای از دستگاه پرومتر (Prometer) استفاده شد. برای اندازه‌گیری مقاومت روزنه‌ای به طور تصادفی پنج برگ پرچم از هر لاین و رقم در هر تکرار انتخاب و پس از قرار دادن برگ پرچم در بین سنسورهای حساس پرومتر، مقاومت روزنه‌ای بر حسب ثانیه بر سانتیمتر (scm^{-1}) اندازه‌گیری گردید. دستگاه در صورتی که بر حسب سانتیمتر بر ثانیه (cmS^{-1}) کالیبره شود، هدایت روزنه‌ای که عکس مقاومت روزنه‌ای می‌باشد را اندازه‌گیری می‌نماید (Mohammadi et al., 2003).

٥) شاخص تحمل به خشكي(STI)

در شرایط مزرعه نیز به منظور بررسی میزان حساسیت لاین‌های افزایشی، شاخص تحمل به خشکی برای هر لاین با استفاده از فرمول فرناندز (Fernandez, 1992) و به صورت زیر محاسبه شد:

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

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

٦) كارآيي مصرف‌آب (WUE)

در شرایط گلخانه سری کامل لاین‌های افزایشی دیزومیک چاودار در قالب طرح آزمایشی کاملاً تصادفی در سه تکرار مورد مطالعه قرار گرفت. برای کشت در شرایط گلخانه از لیوان‌های دوجداره استفاده شد. بر روی هر لیوان برچسبی که معرف نام هرلاین و شماره تکرار هر لاین بود نصب گردید. ترکیب خاک هر لیوان (واحد آزمایشی) مخلوطی از خاک، ماسه و کود پوسیده حیوانی بود. سپس‌سه بذر سالم از هر لاین، در هر واحد آزمایشی با عمق یک سانتیمتر کشت شد و بعد از ده روز قوی‌ترین گیاهچه در هر واحد آزمایشی انتخاب و برای ادامه رشد نگهداری شد و دوگیاهچه دیگر حذف شدند (Ehdaei and Waines, 1993). در طرح آزمایشی مذکور به منظور محاسبه میزان آب تبخیرشده ازسطح واحدهای آزمایشی، گلدان‌های کشت نشده نیز در قالب طرح کاملا" 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 به طور منظم و دقیق میزان آب داده شده به واحدهای آزمایشی و میزان آبی که به صورت مصرف‌نشده از لیوان اول خارج و در لیوان زیرین جمع‌آوری می‌شد، با استفاده از بشر مدرج کوچک ۱۰۰^{CC} اندازه‌گیری شد. در نهایت پس از ۳۹ روز، برای هر لاین و رقم مقدار کل ماده خشک (اندام هوایی و ریشه)، مقدار کل آب مصرف شده و میزان آب تبخیرشده اندازه‌گیری شد. و طبق فرمول زیر کارآیی مصرف آب محاسبه گردید (Ehdaei and Waines, 1993).

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

که در آن DM مقدار ماده خشک (Dry Matter) بر حسب گرم و WU مقدار آب مصرفی(Water Used) بر حسب گرم (سی‌سی) می‌باشد.

نمونه‌ها در مرحله ساقه رفتن از گلدان خارج و جهت اندازه‌گیری میزان ماده خشک به مدت ٤٨ 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 به دست آمد و بعد از ٤٨ ساعت وزن خشک برای هر لاین محاسبه گردید. در این آزمایش به منظور به حداقل رساندن اختلاف آب تبخیرشده از سطح واحدهای آزمایشی کشت شده و کشت نشده، سطح هر واحد آزمایشی توسط صدف‌های سفید رنگ پوشیده شد.

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-10-25]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1382.5.2.4.4]

۷) شاخص تنش جوانه‌زني(GSI)

در این آزمایش لاین‌های افزایشی دیزومیک چاودار 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 گلایکول با پتانسیل اسمزی ۰/۸Mpa- و در آزمایش بدون تنش از محلول آب مقطر استفاده گردید. برای هر پتری ده میلیلیتر محلول در نظر گرفته شد، به طوری که شش میلیلیتر آن در ابتدای آزمایش و چهار میلیلیتر باقیمانده در روز ششم به پتری دیش‌ها اضافه شد (Sapra et al.,1991). مقدار لازم برای تعیین پتانسیل ۰/۸Mpa- با استفاده از روش میچل و کافمن به دست آمد (Michel and Kaufman,1973). پتری‌دیش‌ها بعد از شماره‌گذاری تکرار و شماره لاین‌ها و ارقام برای هر دو آزمایش ، در داخل اتاقک رشد در دمای ۲۰/۱۵ (شب / روز) و رطوبت ۷۵٪ قرار داده شدند (Michel and Kaufman,1973). بر این اساس تعداد بذور جوانه زده در طی ده روز یادداشت شد و مقدار شاخص سرعت جوانه‌زنی برای هر لاین در هر دو آزمایش طبق رابطه 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 در صد بذور جوانه‌زده در روزهای دوم، چهارم، ششم، هشتم و دهم را نشان می‌دهند. سپس مقدار شاخص تنش جوانه‌زنی (GSI) برای هر لاین و رقم بر اساس روش بوسلاما و شاپوگ (Bouslama and Schapaugh, 1984) طبق رابطه زیر محاسبه شد. بر اساس این رابطه لاین‌هایی که مقادیر GSI بالاتری دارند، تحمل به خشکی بالاتری نیز خواهند داشت.

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

۸) شاخص انتخاب چندگانه

(**Multiple Selection Index=MSI**)

به منظور گزینش محل ژنی QTLهای کنترل‌کننده شاخص‌های فیزیولوژیکی بر اساس چندین شاخص از MSI استفاده شد. در این روش ابتدا مقادیر هر شاخص استاندارد شده و از جمع عددی شاخص‌های استاندارد شده RWC,RWL,CHF,SR و WUE مقدار MSI برای هر لاین و رقم محاسبه شد. با توجه به این که مقادیر MSI برای بعضی از لاین‌ها منفی به دست آمد، برای حذف مقادیر منفی، تمامی مقادیر MSI برای هر لاین و رقم با ضریب ثابت C = ۱۰ جمع گردید (Mohammadi et al., 2002).

جهت تجزیه و تحلیل داده‌ها و رسم نمودارها از نرم افزارهای آماری MSTAT-C،SPSS و HWG استفاده شد. هم‌چنین میانگین صفات و شاخص‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن مورد مقایسه قرار گرفتند.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه واریانس و مقایسه میانگین صفات مورد مطالعه نشان داد که لاین‌های افزایشی از نظر صفات مورد مطالعه به جز کلروفیل فلورسنس با یکدیگر اختلاف معنی‌دار دارند که این نشان دهنده تنوع موجود در بین لاین‌های افزایشی و واکنش متفاوت این لاین‌ها نسبت به شرایط تنش خشکی می‌باشد (جدول‌های ۱و۲). در جدول (۲) مقایسه میانگین صفات بر اساس آزمون دانکن آمده است. از نظر میزان آب نسبی برگ، لاین‌های افزایشی اختلاف معنی‌داری نشان دادند به طوری که لاین 6R دارای بیشترین و لاین‌های 1R و 4R دارای کمترین میزان آب نسبی برگ بودند. میزان آب نسبی برگ برای محل‌های کروموزومی 3R و 7R نیز بالا بود. مانت و همکاران Manette et al., (1988) اختلاف معنی‌داری را برای ارقام گندم مورد مطالعه از لحاظ میزان آب نسبی برگ گزارش نمودند. از لحاظ میزان آب نسبی از دست رفته لاین 6R بیشترین و لاین 7R دارای کمترین میزان آب نسبی از دست رفته بود. میزان آب نسبی از دست رفته برای محل‌های کروموزومی 2R و 4R نیز بالا گزارش شد. لاین‌های 1R

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-10-25]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1382.5.2.4.4]

3R، و 5R به همراه رقم شاهد از میزان آب نسبی از دست رفته نسبتاً پایینی برخوردار بودند (جدول ۲). تنوع ژنتیکی در گندم برای صفت میزان آب نسبی از دست رفته توسط بایلز و همکاران (Bayles et al., 1937) و ددیو(Dedio,1975) گزارش شده است. لاین 6R از میزان آب نسبی بالا و میزان آب نسبی از دست رفته بیشتری برخوردار بود (جدول ۲). بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که لاین 6R هر چند که دارای میزان آب نسبی بالایی بود اما این لاین قادر به نگهداری میزان آب نسبی موجود در برابر تنش اعمال شده نبوده است. اما لاین 7R از میزان آب نسبی بالایی برخوردار بوده و میزان آب نسبی از دست رفته برای این لاین نسبت به سایر لاین‌ها، کمترین بود که این نشان‌دهنده اهمیت این لاین در حفظ پتانسیل آب موجود در شرایط تنش می‌باشد. ددیو (Dedio,1975) میزان آب نسبی برگ (RWC) را به عنوان یک شاخص در گزینش برای تحمل به خشکی مفید ارزیابی نمود. اخیراً نیز اهمیت RWC به عنوان یک شاخص تحمل به خشکی به وسیله شانفلد (Schonfeld et al.,1988) پیشنهاد شده است. هم‌چنین از این شاخص فیزیولوژیکی در برنامه‌های بهنژادی جهت اندازه‌گیری تنظیم اسمزی استفاده شده است (Morgan,1989; Singh,1989). ارقام مقاوم به خشکی در گندم دارای توانایی بیشتری از نظر حفظ پتانسیل آب برگ خود هستند(Keim and Kronstad, 1979 ; Sojka et al., 1981) و از نظر تنظیم اسمزی نیز ظرفیت بیشتری دارند (Blum et al., 1983; Sojka et al., 1981). مانت و همکاران (Manette et al.,1988) برای میزان آب نسبی برگ وراثت پذیری بالایی گزارش نمودند. هم‌چنین این محققین گزارش نمودند که ژن مسئول کنترل کننده WC به صورت افزایشی عمل می‌نماید. میزان آب نسبی از دست رفته از وراثت‌پذیری پایینی برخوردار بود و این به علت اثرات محیطی است که بخش بزرگی از تنوع فنوتیپی این صفت را تشکیل می‌دهند. بنابراین چون تنوع ژنتیکی برای میزان آب نسبی از دست رفته وجود داشت، تجزیه ژنتیکی این صفت نشان داد که صفت مربوطه به وسیله عمل افزایشی ژن کنترل می‌گردد و نتیجه گرفته شد که انتخاب برای صفت مربوطه در نسل F2 انجام شود (Farshadfar et al.,2000). اختلاف بین لاین‌های افزایشی از نظر عملکرد کوانتوم (کلروفیل فلورسنس) معنی‌دار نشد اما لاین‌های 5R و 3R و والددهنده (Imperial) نسبت به بقیه لاین‌ها از میزان عملکرد کوانتوم بالاتری برخوردار بودند (جدول ۲). جنتی و همکاران (Genty et al., 1989) همبستگی مثبتی بین عملکرد کوانتوم و تحمل به خشکی گزارش و اعلام نمودند که ارقام با عملکرد کوانتوم بیشتر، تحمل به خشکی بیشتری نیز خواهند داشت. با افزایش رطوبت هوا، سرعت فتوسنتز افزایش می‌یابد و هم‌زمان، باعث کاهش سرعت تنفس می‌شود (Stoyanov and Frolov,1969). از طرفی دیگر تجزیه اسپکتروفتومتری حاکی است که رطوبت نسبی زیاد (۸۵٪ تا ۹۰٪) باعث اضمحلال قابل ملاحظه کلروفیل در برگ‌های لوبیا شد (میلیگرم کلروفیل به‌ازاء هر گرم وزن برگ لوبیا) (ElGelami, and ElGammudi,1977).

هیرای و همکاران (Hirai et al.,1984) نیز گزارش کردند که فتوسنتز برنج در رطوبت نسبی کم، بیشتر از حالتی بود که رطوبت نسبی زیاد بود. وزن ویژه برگ نیز در شرایط رطوبت نسبی کم بیشتر از حالتی بود که رطوبت نسبی زیاد بود و این کمیت با سرعت فتوسنتز همبستگی مثبتی نشان داد. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت با توجه به این که در شرایط تنش میزان رطوبت نسبی کمتر می‌باشد، می‌توان برای عملکرد فتوسنتز بیشتر گزینش نمود. هم‌چنین میزان کلروفیل فلورسنس از وراثت‌پذیری پایینی برخوردار می‌باشد و این به علت اثرات محیطی است که بخش بزرگی از تنوع فنوتیپی این صفت را تشکیل می‌دهند. بنابراین چون تنوع ژنتیکی در میزان کلروفیل فلورسنس وجود داشت، تجزیه ژنتیکی این صفت نشان داد که صفت مربوطه به وسیله

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-10-25]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1382.5.2.4.4]

عمل افزایشی ژن کنترل می‌گردد و نتیجه گرفته شد که انتخاب برای صفت مربوطه در نسل F2 انجام شود (Farshadfar et al.,2000). مقاومت روزنه‌ای که اهمیت زیادی در نگهداری میزان آب موجود در سلول‌های گیاهی دارد مقدار آن برای محل‌های کروموزومی 3R، 5R و 7R بالا گزارش شد (جدول ۲). میزان مقاومت روزنه‌ای والد دهنده و واریته شاهد نیز بالا بود. در این تحقیق لاین 7R دارای بالاترین میزان مقاومت روزنه‌ای بود و با توجه به این که 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 سلولی پی برد. لذا به نظر می‌رسد که لاین 7R از طریق مقاومت روزنه‌ای نقش مهمی در کاهش میزان آب نسبی از دست رفته داشته است. لانج و همکاران (Lange et al.,1971) معتقدند که تغییر سریع در باز و بسته شدن روزنه‌ها در واکنش به تعرق حاصل از سلول‌های محافظ است و این حالت را به عنوان یک ویژگی مطلوب قلمداد کردند، زیرا باعث می‌شود قبل از این که پتانسیل آب سایر سلول‌های برگ کاهش یابد، تعرق کاهش یابد. با افزایش تقاضای تبخیر هوا، کنترل در گیاه از طریق کاهش اندازه روزنه‌ها اعمال می‌شود و بنابراین مقاومت افزایش می‌یابد (Raschke and Kuhl,1969; Lange et al., 1971). بنابراین سلول‌های محافظ به عنوان دستگاه حساس به رطوبت عمل می‌کنند و اختلاف پتانسیل داخل و خارج برگ را اندازه‌گیری می‌کنند. نتیجه کاهش اندازه روزنه‌ها جهت حفظ پتانسیل بالای آب، افزایش مقاومت برگ نسبت به CO_2 است و لذا فتوسنتز کاهش می‌یابد. بدین ترتیب اثر عمده رطوبت نسبی کم در محدود کردن عملکرد گیاه می‌تواند از طریق اثر بر جذب CO_2 باشد و نه از طریق اثر آن در ایجاد تنش آب.

کارآیی استفاده از آب که همبستگی مثبت و معنی‌داری با شاخص تحمل به خشکی و عملکرد در شرایط تنش نشان داد (جدول ۳)، بیشترین کارآیی مصرف آب (0.167g/g) برای رقم شاهد تعیین گردید و میزان کارآیی استفاده از آب برای والد دهنده و محل‌های کروموزومی 7R و 1R بالا بود (جدول ۲). تنوع ژنتیکی در گونه‌های گیاهان زراعی از نظر کارآیی استفاده از آب گزارش شده است (Ehdaei and Waines,1993 ; Briggs and Shantz,1914). اما در برنامه‌های بهنژادی به علت مشکلات ارزیابی این صفت در شرایط مزرعه از آن استفاده نشده است (Ehdaei et al., 1991 و Evans and Wardlaw, 1976).

سدیک وهمکاران (Siddique et al., 1990) گزارش کردند که اصلاح کارآیی استفاده از آب در ارقام جدید گندم همراه با شاخص برداشت است. نظام‌الدین و مارشال (Nizamuddin and Marshall, 1989) بیان داشتند که کاهش عملکرد در پاسخ به کمبود آب در لاین‌های پابلند گندم کم ، در نیمه پا کوتاه متوسط و در لاین‌های پاکوتاه زیاد است. محل‌های ژنی روی کروموزوم‌های 3R و 7R به همراه رقم شاهد از عملکرد بالایی در شرایط تنش برخوردار بودند و محل‌های ژنی روی کروموزوم‌های 2R، 4R و 6R از عملکرد پایینی در شرایط تنش برخوردار بودند (جدول۲). میزان عملکرد بالایی در شرایط بدون تنش برای محل‌های ژنی روی کروموزوم‌های 1R، 3R، 5R و 7R به همراه رقم شاهد تعیین گردید (جدول ۲). شاخص تحمل به خشکی(STI) نیز برای محل‌های کروموزومی 7R و 3R به همراه رقم شاهد نسبت به سایر محل‌های کروموزومی بیشتر بود. فرناندز (Fernandez, 1992) نیز از این شاخص برای غربال نمودن لاین‌ها و ارقام مقاوم به خشکی استفاده نمود. هم‌چنین محل‌های ژنی روی کروموزوم‌های 2R، 4R و 6R از شاخص تحمل به خشکی پایینی برخوردار بودند (جدول ۲). شاخص تنش جوانه‌زنی (GSI) که همبستگی مثبت و معنی‌داری با شاخص تحمل به خشکی در شرایط مزرعه نشان داد (جدول ۳) میزان آن برای محل‌های کروموزومی 7R و 3R بالا بود و میزان این شاخص برای محل‌های ژنی روی کروموزوم‌های 2R،

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-10-25]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1382.5.2.4.4]

4R و 6R پایین بود (جدول ۲). بر اساس نظر ساپرا و همکاران (Sapra et al., 1991) 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 (Bouslama and Schapaugh,1984) مبنی بر توانایی شاخص GSI در گزینش لاین‌های مقاوم به خشکی می‌توان نتیجه گرفت که لاین‌های 7R و 3R بیشترین تأثیر را در کنترل تحمل به خشکی بر اساس GSI دارند. میزان شاخص انتخاب چندگانه فیزیولوژیکی(MSI) نیز برای محل‌های ژنی روی کروموزوم‌های 7R، 3R و 5R بالا و برای محل‌های ژنی روی کروموزوم‌های 2R و 4R حداقل بود (جدول ۲ و شکل۱). والد دهنده دارای بالاترین میزان MSI بود و رقم شاهد نیز از میزان MSI بالایی برخوردار بود.

میزان آب نسبی برگ(RWC) همبستگی مثبتی (r = 0.53) با کارآیی استفاده از آب نشان داد(جدول ۳). هم‌چنین میزان آب نسبی برگ با شاخص انتخاب چندگانه (MSI) همبستگی معنی‌داری نشان داد (r = 0.74**). میزان آب نسبی از دست رفته همبستگی منفی و معنی‌داری با مقاومت روزنه‌ای نشان داد (r = -0.79**).

بنابراین انتخاب برای مقاومت روزنه‌ای بیشتر، باعث کاهش در میزان اتلاف آب خواهد شد. هم‌چنین میزان آب نسبی از دست رفته همبستگی منفی و معنی‌داری با شاخص تحمل به خشکی (r = -0.77**)، شاخص تنش جوانه‌زنی(r=-0.70*) عملکرد دانه در شرایط تنش (r = -0.86**) و شاخص انتخاب چندگانه (r = -0.71*) نشان داد (جدول ۳). از این نتایج چنین استنباط می‌شود که استفاده از میزان آب نسبی از دست‌رفته به عنوان یک شاخص فیزیولوژیکی جهت گزینش ارقام و لاین‌های متحمل به خشکی مفید خواهد بود. استفاده از این شاخص توسط عده‌ای از محققین نیز گزارش شده است (Dedio,1975 ; Schonfeld et al.,1988 ; Singh,1989 ; Morgan,1989). مقاومت روزنه‌ای نیز همبستگی مثبت و معنی‌داری با شاخص تحمل به خشکی (r = 0.79**)، شاخص تنش جوانه‌زنی (r = 0.69*)، عملکرد دانه در شرایط تنش(r = 0.86**) و شاخص انتخاب چندگانه(r = 0.85**) نشان داد. شاخص تحمل به خشکی همبستگی مثبت و بسیار معنی‌داری با عملکرد در دو محیط تنش(r = 0.95**) و بدون تنش (r = 0.97**) نشان داد. بنابراین می‌توان بر اساس شاخص تحمل به خشکی عمل گزینش را برای افزایش عملکرد در شرایط تنش و بدون تنش انجام داد. فرناندز (Fernandez, 1992) نیز ضرایب همبستگی بین عملکرد در دو شرایط تنش و بدون تنش با شاخص تحمل به خشکی را برای ماش در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار گزارش نمود. هم‌چنین شاخص STI با شاخص MSI همبستگی مثبت و معنی‌داری نشان داد (r = 0.72*). بنابراین می‌توان بر اساس شاخص فیزیولوژیکی چندگانه(MSI) جهت گزینش در شرایط تنش عمل انتخاب را انجام داد. شاخص فیزیولوژیکی چندگانه با شاخص GSI آزمایشگاهی(r = 0.75**) همبستگی مثبت ومعنی‌داری نشان داد. با توجه به کارآیی شاخص تحمل به خشکی(STI) و شاخص تنش جوانه‌زنی (GSI) در گزینش ارقام و لاین‌های مقاوم به خشکی، جهت تعیین نمودن بهترین شاخص‌های فیزیولوژیکی، از ضرایب همبستگی این شاخص‌ها با شاخص‌های STI و GSI استفاده شد. از میان شاخص‌های فیزیولوژیکی مورد مطالعه، میزان آب نسبی از دست رفته، مقاومت روزنه‌ای و کارآیی استفاده از آب همبستگی معنی‌داری با شاخص‌های مزرعه‌ای(STI) و آزمایشگاهی(GSI) نشان دادند. از این شاخص‌ها می‌توان جهت گزینش بر اساس هر شاخص استفاده نمود. بنابراین با توجه به همبستگی این شاخص(MSI) با شاخص‌های مزرعه‌ای(STI) و آزمایشگاهی(GSI) می‌توان به اهمیت کارآیی شاخص انتخاب چندگانه فیزیولوژیکی جهت گزینش ارقام و لاین‌ها در شرایط تنش پی برد.

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-10-25]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1382.5.2.4.4]

با توجه به اهمیت عملکرد دانه در شرایط تنش(Ys) در گزینش ارقام متحمل به خشکی و با توجه به همبستگی بالای آن با شاخص‌های STI، GSI و MSI، به منظور تعیین معادله خط رگرسیون عملکرد دانه در شرایط تنش و تعیین بهترین شاخص‌های فیزیولوژیکی که بیشترین تأثیر را در برازش معادله رگرسیون عملکرد دارند از رگرسیون گام به گام استفاده شد. در این روش Ys به عنوان متغیر تابع و شاخص‌های فیزیولوژیکی SR,WUE,RWL,RWC و CHF به عنوان متغیرهای مستقل انتخاب شدند. همان طوری که از معادله رگرسیون پیداست، Ys=13.13-991.92(RWL)+5.52(SR)+276.83(WUE)، متغیرهای WUE, RWL و SR در تعیین معادله رگرسیون عملکرد بیشترین تاثیر را داشته‌اند. این سه متغیر در مجموع 69.66% از تغییرات مربوط به عملکرد در شرایط تنش بر اساس شاخص‌های فیزیولوژیکی مورد مطالعه را توجیه می‌نمایند. نتایج حاصل از آزمون T برای سه متغیر مذکور نیز معنی‌دار به دست آمد (جدول ٤). هم‌چنین آزمون F مربوط به معادله رگرسیون در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار شد (جدول ٥). علاوه بر این، شاخص‌هایی که در معادله رگرسیون عملکرد وارد شده‌اند همبستگی بالایی با شاخص مزرعه‌ای (STI) و شاخص آزمایشگاهی(GSI) نشان دادند. بنابراین می‌توان به اهمیت این سه شاخص (WUE,RWL و SR) در تعیین عملکرد دانه در شرایط تنش به منظور گزینش لاین‌ها و ارقام متحمل به خشکی پی برد. به منظور تعیین میزان کارآیی هر کروموزوم در کنترل شاخص‌های فیزیولوژیکی ، از جدول ۲ مجموع کل مقادیر MSI برای محل‌های ژنی روی کروموزوم چاودار($\sum$MSI=63.7) محاسبه و سهم جایگاه ژنی روی هر کروموزوم بر حسب درصد در تعیین شاخص‌های فیزیولوژیکی تحمل به خشکی بر حسب MS محاسبه شد. بنابراین محل‌های ژنی روی کروموزوم‌های 7R، 3R و 5R بر اساس شاخص MSI به ترتیب 21.30%، 17.97% و 17.88% کارآیی انتخاب داشتند و سه جایگاه ژنی روی کروموزوم مذکور جمعاً 57.15% در تبیین شاخص‌های فیزیولوژیکی مورد مطالعه نقش داشتند. محل‌های ژنی روی کروموزوم‌های 2R و 4R نیز به ترتیب 3.80% و 6.28% کارآیی انتخاب بر اساس MSI داشتند.

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 دانه در محیط تنش بر روی محور X ها، عملکرد در

جدول۱- میانگین مربعات برای شاخص‌های فیزیولوژیکی در لاین‌ها افزایشی و ارقام

Table1. Mean squares for physiological indices in additional lines and varieties.

S.O.V.	منابع تغییرات	درجه آزادی df	آب نسبی برگ Relative water content	آب نسبی از دست رفته Relative water loss	کارآیی استفاده از آب+ Water use efficiency+	مقاومت روزنه‌ای Stomatal resistance	کلروفیل فلورسنس Chlorophyll fluorescence
Replication	تکرار	2	183.58*	0.000006ns	-	0.869ns	0.002ns
Genotype	ژنوتیپ	10	2151.83**	0.0003**	0.002**	7.92**	0.002ns
Error	اشتباه	20	45.79	0.00000071	0.000061	0.979	0.001
CV%	ضریب تغییرات	-	5.84	8.65	5.46	15.0	4.47

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

+WUE در شرایط گلخانه و در قالب طرح کاملاً تصادفی (۲۲ = dfe) مطالعه شده است.

ns, * and **: Non significant, significant at the 5% and 1% probability levels, respectively.

+ WUE was studied in greenhouse condition using completely randomized design (df = 22).

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-10-25]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1382.5.2.4.4]

جدول۲- مقايسه ميانگين شاخص‌هاي فيزيولوژيكي و عملكرد در لاين‌هاي افزايشي و ارقام

Table 2. Mean comparison of physiological indices and yield in additional lines and varieties

Traits / Line/ Variety	آب نسبی برگ (درصد) Relative water content (%)	آب نسبی ازدست رفته (گرم بر گرم وزن خشک در ساعت) Relative water loss (g/g.hr)	کلروفیل فلورسنس (میکرو مول در متر مربع در ثانیه) Chlorophyll fluorescence (μmol/m^{2}s)	مقاومت روزنه‌ای (ثانیه بر سانتیمتر) Stomatal resistance (s/cm)	کارآیی استفاده از آب (گرم ماده خشک بر مقدار آب مصرف شده) Water use efficiency (g/g)	عملکرد دانه در شرایط تنش (گرم در کرت) Grain yield under stress (g/plot)	عملکرد دانه در شرایط مطلوب (گرم در کرت) Grain yield in optimum condition (g/plot)	شاخص تحمل به خشکی+ Stress tolerance index+	شاخص تنش جوانه‌زنی+ Germination stress index+	شاخص انتخاب چندگانه+ Multiple selection index+
1R	87.5d	0.026ab	0.811a	7.16ab	0.136d	56.70bcd	87.40abc	0.75	60.29	10.76
2R	100.1cd	0.045a	0.778a	4.02c	0.096g	17.55ef	49.56c	0.12	36.66	2.44
3R	126.2b	0.028ab	0.826a	7.89ab	0.110f	73.92abc	89.65ab	0.99	61.80	11.45
4R	69.5e	0.045a	0.778a	4.51c	0.101g	11.07f	62.61bc	0.09	34.66	4.00
5R	113.4bc	0.031ab	0.830a	8.43a	0.111f	62.79abcd	84.49abc	0.79	60.01	11.39
6R	175.8a	0.048a	0.822a	5.70bc	0.131e	34.93def	77.60abc	0.43	50.79	10.09
7R	121.5b	0.013b	0.797a	8.85a	0.142d	80.97ab	101.9ab	1.22	65.71	13.57
R/Imperial(Donor)	126.3b	0.03ab	0.862a	7.76ab	0.158b	60.73abcd	78.18abc	0.71	62.29	14.71
R/Lovaspatonia	126.6b	0.035a	0.818a	5.45bc	0.147c	44.34cdf	75.34bc	0.49	52.27	10.53
CS(Recipient)	115.4bc	0.028ab	0.800a	5.55bc	0.131e	56.70bcd	77.77abc	0.49	62.20	9.58
Sardari (check)	110.7bc	0.027ab	0.785a	7.20ab	0.167a	88.22a	121.1a	1.58	88.19	11.51

+ براي اين شاخص‌ها تجزيه واريانس انجام نشده است.

+ no analysis of variance was done on these indices.

ميانگين‌هاي داراي حروف مشابه در هر ستون براساس آزمون چنددامنه‌اي دانكن در سطح احتمال ۱% تفاوت معني‌داري ندارند.

Means followed by the same letters in each column are not significantly different at 1% probability level.

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-10-25]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1382.5.2.4.4]

جدول ۳- ماتریس ضرایب همبستگی شاخص‌های فیزیولوژیکی و صفات

Table 3. Matrix of correlation coefficients of physiological indices and traits

Traits	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9
Chlorophyll fluorescence(X1)	1.00								
Relative water content(X2)	0.53^{ns}								
Relative water loss(X3)	-0.11^{ns}	-0.21^{ns}							
Stomatal resistance(X4)	0.47^{ns}	0.47^{ns}	-0.79**						
Stress tolerance index(X5)	0.07^{ns}	0.38^{ns}	-0.77**	0.79**					
Germination stress index(X6)	0.15^{ns}	0.45^{ns}	-0.71*	0.69*	0.93**				
Grain yield in optimum condition(X7)	0.07^{ns}	0.49^{ns}	-0.71*	0.73*	0.97**	0.94**			
Grain yield in Stress condition(X8)	0.25^{ns}	0.86**	-0.86**	0.86**	0.95**	0.94**	0.91**		
Water use efficiency(X9)	0.27^{ns}	0.53^{ns}	-0.49^{ns}	0.41^{ns}	0.63*	0.75**	0.68*	0.62*	
Multiple selection index(X10)	0.65*	0.74**	-0.70*	0.85**	0.72*	0.75**	0.71*	0.83**	0.73*

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

ns, * and **: Non significant, significant at the 5% and 1% levels of probability, respectively.

جدول ٤- نتایج حاصل از تجزیه رگرسیون به روش گام به گام برای عملکرد دانه در شرایط تنش (Ys)

Table 4. Results of regression analysis based on stepwise method for grain yield under stress condition

S.O.V	منابع تغییرات	ضرایب رگرسیون ناقص (bi)	اشتباه استانداردb (SE b)	T	Sig.T
Relative water loss	آب نسبی از دست رفته	-991.92	333.44	-2.97**	
Stomatal resistance	مقاومت روزنه‌ای	5.52	1.82	3.04**	0.005
Water use efficiency	کارآیی استفاده از آب	276.83	120.64	2.29*	0.029

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

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

Multiple r = 0.85

R^2 = 0.73

R^2adj = 0.70

Ys = 13.13-991.92(RWL) + 5.52 (SR) + 276.83 (WUE)

جدول ۵- نتایج حاصل از تجزیه واریانس رگرسیون عملکرد دانه در شرایط تنش

Table 5. Results analysis of variance of regression for grain yield under stress condition

S.O.V.	منابع تغییرات	df	SS	MS	F	Sig.F
Regression	رگرسیون	3	15175.24	5058.42	25.49**	0.000
Residual	باقیمانده	29	5755.52	198.47		
Total	کل	32	20930.77	-		

** : معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪.

** : Significant at the 1% Level of probability.

محیط بدون تنش بر روی محور Y ها و شاخص فیزیولوژیکی چندگانه (MSI) بر روی محور Z ها نمایش داده شد (شکل ۲). برای نشان دادن روابط بین این سه متغیر و جدا نمودن لاین‌های گروه A از گروه‌های دیگر (C, B و D) و هم‌چنین تشخیص سودمندی شاخص مورد نظر به عنوان معیاری برای انتخاب لاین‌های پرمحصول و متحمل به خشکی سطح

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-10-25]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1382.5.2.4.4]

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.

گروه A – ژنوتیپ‌هایی که تظاهر یکسانی را 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 تحمل به تنش معیاری است که قادر به تشخیص گروه A از سایر گروه‌های دیگر باشد. آرنون (Arnon,1961) نیز ارقامی را که در هر دو محیط تنش و بدون تنش عملکرد مناسبی تولید نمایند را به عنوان ارقام متحمل معرفی می‌نماید. در بررسی نمودار سه‌بعدی Yp، Ys و MSI مشاهده شد که لاین‌های افزایشی 7R، 3R و 1R 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 ۲).

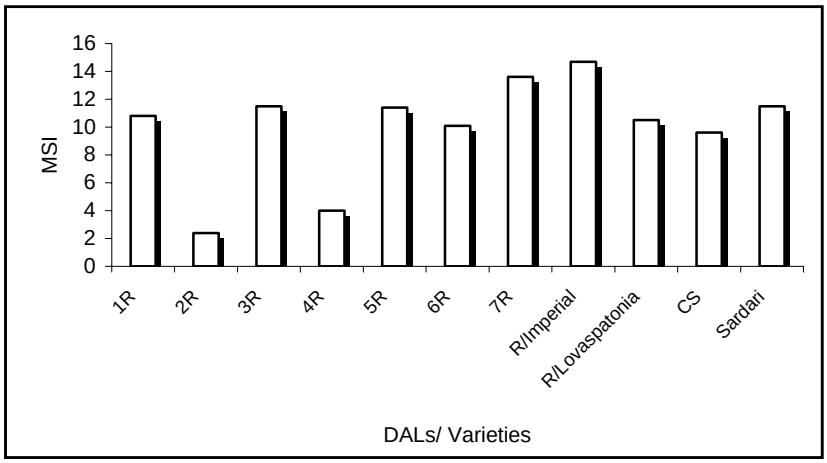
با توجه به اهمیت تجزیه به مؤلفه‌های اصلی [Principle Components Analysis (PCA)] و استفاده از روش بای‌پلات برای گزینش لاین‌های مقاوم به خشکی (Fernandez,1992)، بر اساس شاخص‌ها و صفات موجود در جدول ۲ تجزیه به مؤلفه‌های اصلی انجام گرفت، که مؤلفه اول و دوم (PCA1, PCA2) در مجموع ۸۲/۵٪ از تغییرات موجود در ماتریس داده‌ها را توجیه نمودند. بر اساس دو مولفه اول (۶۵/۸٪) و دوم (۱۳/۶٪) بای‌پلات حاصل به چهار ناحیه تقسیم شد (شکل۳).

سپس بر اساس ضرایب همبستگی مولفه‌های اول و دوم با شاخص‌ها و صفات مورد مطالعه جهت گزینش بهتر لاین‌ها و ارقام، مؤلفه‌ها نامگذاری شدند. مؤلفه اول همبستگی مثبت و معنی‌داری با شاخص تحمل به خشکی(r =0.93**) و عملکرد دانه در شرایط تنش(r =0.97**) داشت و این مؤلفه همبستگی منفی و معنی‌داری با میزان آب نسبی از دست رفته(r = -0.82**) داشت. مؤلفه دوم دارای همبستگی منفی غیرمعنی‌داری با شاخص تحمل به خشکی (r = -0.27) و عملکرد دانه در شرایط تنش(r =-0.13) و همبستگی مثبت معنی‌دار با میزان آب نسبی برگ (r = 0.75**) و عملکرد کوانتوم (r = 0.82**) و همبستگی مثبت غیر معنی‌دار با میزان آب نسبی از دست رفته (r =0.30) بود. بنابراین می‌توان مؤلفه اول را به‌عنوان مؤلفه‌ای که قادر به گزینش لاین‌ها و ارقام با عملکرد دانه بیشتر در شرایط تنش و شاخص تحمل به خشکی بیشتر باشد، نامگذاری کرد و مؤلفهٔ دوم به عنوان مؤلفه‌ای که قادر به گزینش لاین‌های با میزان آب نسبی و عملکرد کوانتوم بالا و در عین حال میزان عملکرد نسبتاً بالا در شرایط تنش باشد، نامگذاری کرد. بنابراین برای گزینش در شرایط تنش، مقادیر بیشتر و مثبت مؤلفه اول و مقادیر منفی مؤلفه دوم (ناحیه A) مطلوب خواهد بود. هم‌چنین ناحیه B نیز که دارای مقادیر مثبت و بیشتر مؤلفه اول و مقادیر متوسط و مثبت مؤلفه دوم باشد مطلوب خواهد بود. بنابراین ناحیه A به عنوان بهترین ناحیه جهت گزینش در شرایط تنش مفید خواهد بود، هم‌چنین ناحیهB نیز یک ناحیه نسبتاً مطلوب به حساب می‌آید و لاین‌هایی که دارای مقادیر متوسطی از مؤلفه دوم و مقادیر بیشتر مؤلفه اول باشند، جهت گزینش در شرایط تنش مناسب می‌باشند. در ناحیه A لاین 7R به عنوان بهترین لاین و در ناحیهB لاین 3R به عنوان یک لاین نسبتاً خوب برای شرایط تنش بر اساس بای پلات گزینش می‌شوند.

بنابراین با در نظر گرفتن شاخص‌های فیزیولوژیکی و

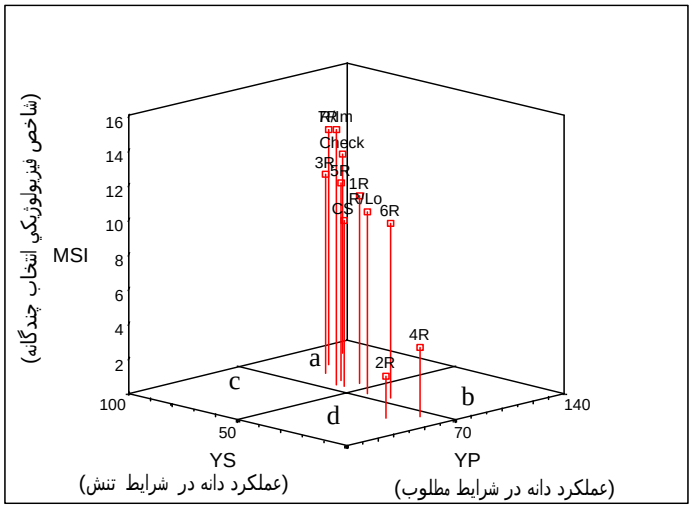
[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-10-25]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1382.5.2.4.4]



نمودار ۱- مقایسه لاین‌های افزایشی و ارقام مورد مطالعه بر اساس شاخص انتخاب چندگانه(MSI)

Fig. 1.Comparison of additional lines and varieties based on MSI



نمودار ۲- گزینش لاین‌های افزایشی بر اساس مدل فرناندز

Fig. 2. Selection of additional lines based on Fernandez model

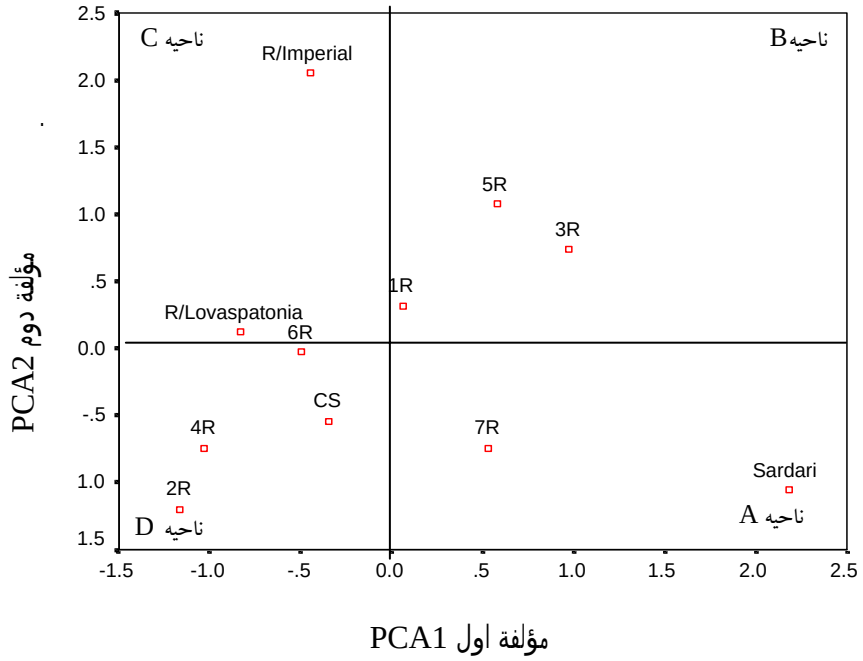
جدول٦- ماتریس ضرایب همبستگی شاخص ها با مؤلفه‌های اول و دوم در روش تجزیه به مؤلفه‌های اصلی

Table 6. Matrix of correlation coefficients of indices with components 1 and 2 based on principle components analysis

مؤلفه‌ها \ شاخص‌ها و صفات		Ys	STI	GSI	Yp	MSI	SR	RWL	WUE	CHF	RWC
PCA1	مؤلفه اول	0.97**	0.93**	0.93**	0.91**	0.91**	0.87**	-0.82ns	0.74**	0.40ns	0.30ns
PCA2	مؤلفه دوم	-0.13ns	-0.27ns	-0.17ns	-0.27ns	0.36ns	0.07ns	0.30ns	0.11ns	0.81**	0.75**

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-10-25]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1382.5.2.4.4]



نمودار ۳- گزینش لاین‌های افزایشی و ارقام برای تحمل به خشکی بر اساس تجزیه به مؤلفه‌های اصلی و به روش بای پلات

Fig. 3. Selection of additional lines and varieties for drought tolerance based on principle components analysis and biplot method

شاخص تحمل به خشکی در شرایط مزرعه و گلخانه و شاخص تنش جوانه‌زنی در شرایط آزمایشگاه و با توجه به اهمیت شاخص MSI در توجیه سایر شاخص‌های فیزیولوژیکی پیشنهاد می‌گردد که احتمالاً بیشترین QTL های کنترل کننده شاخص‌های فیزیولوژیکی تحمل به خشکی بر روی کروموزوم‌های 3R و 7R در چاودار قرار دارند.

منابع مورد استفاده References

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

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

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

Alidibe, T., P. Monneveux and J. Araus. 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.

Arnon, I. 1961. Some aspects of research of field crops in Israel. Div. of publ., Nat, and Univ. Inst. of Agric.,

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-10-25]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1382.5.2.4.4]

Rohovot, Israel. Abstract of publ. 372-E.

Bayles, B.B., J.W. Taylor and A.T. Bartel. 1937. Rate of water loss in wheat varieties and resistance to artificial drought. J. Am. Soc. Agron. **29:** 50-52.

Bidinger, F.R. and J.R. Wttcombe. 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.

Blum, A. 1988. Plant Breeding for Stress Environments, pp: 43-69. CRC. Florida.

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

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.

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.

Briggs, L.J., and H.L. Shantz. 1914. Relative water requirement of plants. J. Agric. Res, **3:** 1-64.

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.

Dedio, W. 1975. Water relations in wheat leaves as screening tests for drought resistance. Can. J. Plant Sci. **55:** 369-378.

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: 187-197.

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: 1282-1288.

Elgelami, M., and M. Elgammudi. 1977. The degradation effect of high humidity on the chlorophylls in Phaseolus vulgaris plants. Plant Physiol. 59 (6,suppl.), 303.

Evans, L.T., and I.F. Wardlaw. 1976. Aspects of comparative physiology of grain yield in cereals. Adv. Agron. 28: 301-359

Farshadfar, E., M. Farshadfar and J. Sutka. 2000. Combining ability analysis of drought tolerance in wheat over different water regimes. Acta. Agronomica Hungarica, 48(4), pp. 353-361.

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.

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

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-10-25]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1382.5.2.4.4]

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

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

Hirai, G., M. Takahashni, O. Tanaka, N. Shimanmura and N. Nakayama. 1984. Studies on the effects of relative humidity of the atmosphere on growth and physiology of rice plants. III. The influnece af atmospheric humidity on the rate of photosynthesis. Jap. J. Crop Sci. **53:** 261-267.

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

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

Keim, D.L., and W.E. Kronstad. 1979. Drought resistance and dryland adaptation in winter wheat. Crop Sci. **19:** 574-576.

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

Knott, D.R., 1987. Transferring alien genes to wheat. In: E.G. Heyne (ed.) Wheat and Wheat vement (second edition). pp. 462-471.

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

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

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

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

Michel, B.E. and M.R. Kaufman. 1973. The osmotic potential of polyethylene glycol 6000. Plant Physiol. 51: 914-916.

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

Mohammadi, R., E. Farshadfar and J. sutka. 2003. Genetic control of drought tolerance in wide relatives of wheat. 10-13 June 2003. The 1st Central Asian Wheat Conference, Almaty, Kazakhstan.

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-10-25]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1382.5.2.4.4]

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.

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.

Raschke, K., and U. Kuhl. 1969. Stomatal responses to changes in atmospheric humidity and water supply. Experiments with leaf sections of Zea mays in Co2-free air. Planta, **87:** 36-48.

Sapra. V.T., E. Sarage, A.O. Anaele, and C.A. Beyl. 1991. Varieties differences of wheat and triticale to water stress. J. Agron. Crop Sci., **167:** 23-28.

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

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

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.

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.

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.

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

Stoyanov, Z., and R.I. Frolov. 1969. Photosynthesis and entropy with various air humidity conditions. Soviet Plant Physiol. **16:** 330-333.

Wang, H. and J.M. Clarke. 1993. Relationship between excised-leaf water loss and stomatal frequency in wheat. Can. J. Plant Sci. **73:** 93-99.

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

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-10-25]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1382.5.2.4.4]

Determination of chromosomes controlling physiological traits associated to drought tolerance in rye

R. Mohammadi[1], and E. Farshadfar[2]

ABSTRACT

Drought stress as the most important abiotic stress plays an important role in yield reduction of crop plant worldwide. Considering physiological indices to improve drought resistance, is of major importance.In order to evaluate Chromosomal Locations of physiological indices for drought tolerance in wild species of rye a complete series of disomic addition lines of rye, donor parents (*Secale cereale* L.cv. Imperial*)* and recipient (*Triticum aestivum* L.cv. Chinese Spring) were studied under field, greenhouse and laboratory conditions in College of Agriculture at Razi University in 1998. Disomic addition lines showed significant differences for relative water content (RWC), relative water loss (RWL), water use efficiency (WUE), and stomatal resistance (SR), implying genetic variation and possibility of selection for improving drought tolerance in disomic addition lines. Physiological indices of stomatal resistance, relative water loss and water use efficiency played an important role in determination of regression equation of grain yield under stress condition. Based on the physiological multiple selection index (MSI), it is interperated that quantitative traits loci (QTLs) controlling physiological characteristics for drought tolerance in rye are most likely located on chromosomes 3R and 7R. Assessment of disomic addition lines based on stress tolerance index (STI) and germination stress index (GSI) also indicated that QTLs controlling drought tolerance in rye are associated to chromosomes 3R and 7R.

Key words: Disomic addition lines, QTLs, Physiological indices, Germination stress index, Stress tolerance index.

1- MSc. In Ag., Dryland Research Institute, Sararood, Kermanshah, Iran.

2- Assoc. Prof., Razi Univ., Kermanshah, Iran.

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-10-25]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1382.5.2.4.4]