" نهال و بذر"
جلد ۲٤ ، شماره ۳، سال ۱۳۸۷

بررسی و انتخاب ژنوتیپ‌های گندم نان با استفاده از صفات فیزیولوژیک و شاخص‌های تحمل به خشکی

Evaluation and Selection of Bread Wheat Genotypes Using Physiological Traits and Drought Tolerance Indices

مصطفی آقائی سربرزه[۱] ، رحمان رجبی[۲]، رضا حق‌پرست[۳] و رضا محمدی[۴]

۱- استادیار، موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، کرج
۲- محقق، معاونت موسسه تحقیقات کشاورزی دیم، کرمانشاه
۳- استادیار، معاونت موسسه تحقیقات کشاورزی دیم، کرمانشاه
۴- مربی، معاونت موسسه تحقیقات کشاورزی دیم، کرمانشاه

تاریخ دریافت: ۱۳۸٦/۱۰/۲۷ تاریخ پذیرش: ۱۳۸۷/۳/۲۳

چکیده

آقائی سربرزه، م.، رجبی، ر.، حق‌پرست، ر.، و محمدی، ر. ۱۳۸۷. بررسی و انتخاب ژنوتیپ‌های گندم نان با استفاده از صفات فیزیولوژیک و شاخص‌های تحمل به خشکی. **نهال و بذر ۲٤**: ۵۹۹-۵۷۹.

به منظور بررسی واکنش ژنوتیپ‌های گندم نان به تنش خشکی و انتخاب ژنوتیپ‌های برتر، مطالعه‌ای در شرایط تنش و بدون تنش در شرایط مزرعه و آزمایشگاه در ایستگاه تحقیقات کشاورزی سرارود کرمانشاه، به مدت دو سال زراعی (۸٤-۱۳۸۳ و ۸۵-۱۳۸٤) انجام شد. در این بررسی صفات متعددی مانند شاخص استرس جوانه‌زنی(Germination Stress Index (GSI تعداد ریشه‌چه، طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه، عملکرد دانه، وزن دانه، تعداد دانه در سنبله، ارتفاع بوته، شاخص پایداری غشاء سلولی، محتوای نسبی آب برگ(RWC)، میزان پرولین، میزان کلروفیلa وb، شاخص‌های تحمل به خشکی (STI) و (Tolerance Index (TOL، در هفده ژنوتیپ به همراه دو رقم سرداری و آذر-۲ (شاهد دیم) ورقم مرودشت (شاهد آبی) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار مقایسه شدند. نتایج ارزیابی ژنوتیپ‌ها در مرحله جوانه‌زنی ژنوتیپ‌های Bow"s"/Gen/Shahi، Ghods*3/Kavvko//Ghods*3/Kaz/Kavko، Gene Bank-914، 4848Mashhad/Tui"s"IRW921D6 و Roshan/3/F12.71/Coc//Gno79 را برتر از دیگر ژنوتیپ‌ها نشان داد. در ارزیابی‌های مزرعه‌ای نیز همین ژنوتیپ‌ها به جز Gene Bank-914 با دارا بودن صفات مناسبی مانند محتوی آب برگ، میزان بالای پرولین، حداقل خسارت به غشاء سلولی، مجموع کلروفیل a و b در شرایط تنش برتر از سایر ژنوتیپ‌ها بودند. مطالعه روابط بین صفات نشان داد که بین عملکرد دانه با شاخص تحمل خشکی، صفات مطالعه شده در مرحله جوانه‌زنی و شاخص استرس جوانه‌زنی رابطه مثبت و معنی‌دار و با میزان خسارت غشاء سلولی رابطه منفی و معنی‌دار مشاهده شد. در مجموع با توجه به نتایج حاصله و ارزیابی عملکرد دو سال ، چهار ژنوتیپ به عنوان ژنوتیپ‌های برتر برای مراحل بعدی انتخاب شدند و ژنوتیپ Ghods*3/Kavvko//Ghods*3/Kaz/Kavko) با داشتن بالاترین میانگین عملکرد در مزرعه از بقیه ژنوتیپ‌ها برتر بود.

واژه‌های کلیدی : گندم نان، شاخص‌های فیزیولوژیک، تحمل به خشکی، پرولین.

نویسنده مسئول: maghaee@yahoo.com

مقدمه

خشکی از مهم‌ترین عوامل تنش‌زای محیطی است که تولید محصولات کشاورزی را در مناطق خشک و نیمه خشک تحت تاثیر قرار داده و باعث کاهش تولید می‌شود (Farshadfar *et al.*, 2001, 2003 a,b؛ Andrew *et al.*, 2000؛ Kristin *et al.*, 1997؛ Ehdaie and Waines, 1993). ایران در کمربند بیابانی جهان قرار دارد و به عنوان منطقه‌ای خشک و نیمه خشک منظور می‌شود. متوسط بارندگی در کشور درحدود ۲۵۰ میلی‌متر است که این میزان یک سوم متوسط بارندگی در جهان است در حالی که ۱/۲ درصد از خشکی‌های جهان را به خود اختصاص داده است. از سوی دیگر از حدود ۱۸/۵ میلیون هکتار اراضی کشاورزی، ۶/۲ میلیون هکتار (۳۳/۵٪) به کشت دیم اختصاص دارد. درحدود ۱/۲ میلیون هکتار از اراضی زیر کشت دیم، بارندگی بیشتر از ۴۰۰ میلی‌متر دریافت می‌کند (Mohammadi *et al.*, 2006). اهمیت اقتصادی غلات به ویژه گندم در شرایط دیم ، ایجاب می‌کند که هر گونه راهکاری برای بهینه‌سازی سیستم تولید این محصول در کشور مورد ارزیابی و کاربرد قرار گیرد. کاهش اثر تنش‌های محیطی با استفاده از روش‌هایی مثل آبیاری، مصرف کود و روش‌های مناسب کاشت در این مناطق، با محدودیت مواجه است. بنابراین اصلاح ژنتیکی گیاهان برای به حداقل رساندن اثر تنش‌های محیطی تلاشی مهم به شمار می‌آید. یکی از اهداف تحقیقات به‌نژادی در مناطق خشک، ترکیب تحمل خشکی با افزایش و پایداری عملکرد و همچنین با مقاومت به بیماری‌ها و آفات مهم است (Heyne, 1987 ؛Osmanzai *et al.*, 1987).

بررسی فرآیندهای فیزیولوژیک مرتبط بامقاومت به خشکی در این مناطق ضروری به نظر می‌رسد. هنوز مشخص نیست که کدام پارامتر به غیر از عملکرد دانه ممکن است شاخص‌های مفیدی دریک برنامه اصلاحی برای مقاومت به خشکی باشد. درحال حاضر شاخص مطلوب و نهایی مقاومت به خشکی در طی برنامه‌های اصلاحی مقایسه عملکرد در دامنه وسیعی از شرایط آب و هوایی و شرایط نرمال وتنش است. در صورتی که اساس فیزیولوژیکی مقاومت به خشکی شناخته شود و به‌نژادگران بتوانند از آن به عنوان یک ابزار انتخابی درجمعیت‌های بزرگ درحال تفرق استفاده کنند به فرآیند اصلاح گیاهان کمک بسیاری خواهد شد.

اصلاح گندم برای مقاومت به خشکی فرایندی مشکل و طولانی است و معمولاً براساس آزمایش‌های عملکرد در محیط‌های مختلف انجام می‌شود. با وجود آن که خصوصیات مرفولوژیک و فیزیولوژیک متعددی در مقاومت یا تحمل ژنوتیپ‌های گندم به تنش تاثیر دارند، اما به علت ناشناخته بودن بسیاری از آنها هنوز هم عملکرد دانه و اجزاء آن به عنوان مهم‌ترین معیار در پیشبرد ارقام

سازگار به شرایط دارای تنش در بسیاری از برنامه‌های به‌نژادی مورد استفاده قرار می‌گیرد (Ehdaie *et al*., 1988). به هر حال به نظر می‌رسد که در مقایسه تحمل یا مقاومت ژنوتیپ‌های گندم در شرایط مطلوب و تنش خشکی علاوه بر عملکرد دانه، شاخص‌های مقاومت که اساس فیزیولوژیکی داشته باشند رامی‌توان برای گزینش مواد مادری یاغربال سریع جمعیت‌های درحال تفرق جهت بهبود مقاومت به خشکی مورد استفاده قرار داد (Winter *et al*.,1988).

برای شناسایی ژنوتیپ‌های حساس و غیرحساس، روش‌های متعددی برای بررسی پایداری عملکرد در محیط‌های تنش و بدون تنش ارائه شده است. به عنوان مثال انجام آزمایش‌های مقایسه عملکرد در دو شرایط محیطی متضاد، یعنی در شرایط تنش و شرایط بدون تنش از آن جمله‌اند. گزینش ژنوتیپ‌هایی که به هر دو محیط سازگارند، هدف اصلی این گونه آزمایش‌ها است(Fernandez, 1992). با توجه به مساله دیم‌کاری و زراعت با آبیاری محدود، انجام پژوهش‌های لازم به منظور درک مفاهیم مقاومت به خشکی در هر منطقه ضروری است.

یکی از مشکلات عملی مطرح در رابطه با به‌نژادی محصولات زراعی به ویژه در شرایط دارای تنش ، انتخاب محیط (محیط‌های) مناسب برای گزینش است. در این راستا سه استراتژی عمده پیشنهاد شده است (Calhoum *et al*., 1994) که شامل گزینش در شرایط مطلوب رشد، گزینش در شرایط تنش کامل و گزینش توام در هر دو شرایط است. شاخص‌های ارزیابی تحمل به تنش متعددی پیشنهاد شده و مورد استفاده قرار گرفته‌اند (Shafazadeh *et al*., 2004؛ Naderi *et al*., 2000؛ Fernandez, 1992) که نقاط ضعف و قوت هر یک از این موارد توسط محققین زیادی مورد نقد و بررسی قرار گرفته‌اند (نادری و همکاران ۲۰۰۰؛ Gill, 1999). آرنون (Arnon, 1972) تهیه ارقام مرغوبی که در هر دو شرایط مطلوب و تنش، عملکرد مناسبی را تولید کنند، امکان‌پذیر دانست. کیم و کرونستاد (Keim and Kronstad, 1979) و محمود و همکاران (Mahmud *et al*., 1987) گزارش دادند که در شرایط تنش شدید خشکی عملکرد ارقام پرمحصول برابر و یا حتی کمتر از ارقام اصلاح شده قبلی است. این امر بیانگر این نکته است که ارقام اصلاح شده باید به دامنه وسیعی از شرایط رطوبتی سازگاری داشته باشند.

فالکونر (Falconer, 1990) نشان داد که اگر قرار است گزینش فقط در یک محیط انجام شود، انتخاب در شرایط تنش مواد گیاهی مقاوم به خشکی بیشتری تولید می‌کند. زاوالا-گارسیا و همکاران (Zavala-Garcia *et al*., 1991) مشاهده کردند که از معیارهای گزینشی که در آن‌ها عملکرد دانه در شرایط تنش کامل آبی و بدون تنش در نظر گرفته شده‌اند، نتایج بهتری

عاید شده است تا گزینشی که فقط بر اساس شرایط تنش بوده است.

صفات متعددی برای غربال ژنوتیپ‌ها از نظر تحمل به تنش خشکی پیشنهاد شده است (Fischer and Maurer, 1978؛ Rosielle and Hamblin, 1981). نتایج آزمایش‌ها نشان داده‌اند که تجمع پرولین و کربوهیدرات‌های محلول درجهت تنظیم اسمزی درصورتی روی می‌دهد که در شرایط تنش خشکی و شوری محتوای ساکاروز واسیدهای آمینه افزایش داده و پیشنهاد شده است که ارزیابی خصوصیات بیوشیمیایی مانند محتوای اسید آمینه پرولین وپایداری کلروفیل می‌تواند درتعیین ارقام مقاوم به خشکی مورد استفاده قرار گیرد. تجمع پرولین به تنظیم اسمزی برگ کمک می‌کند که ممکن است با مقادیر بالاتر محتوی نسبی آب برگ همراه باشد. کاهش محتوای کلروفیل نیز در شرایط تنش گزارش شده است (Castrillo and Calcargo,1989) حفظ غلظت کلروفیل در تنش به ثبات فتوسنتز دراین شرایط کمک می‌کند. درگیاهان زراعی بین ارقام تفاوت‌هایی از نظر غلظت کلروفیل وجود دارد. برخی تحقیقات نشان داده‌اند که ارقام پاکوتاه گندم سطح برگ پرچم کوچک‌تر، غلظت کلروفیل بیشتر و ظرفیت تبادل خالص CO_2 بیشتری درمقایسه با ارقام پا بلند دارند (Bishop and Bugbee,1998). بسارکلی (Pessarkli, 1999) بیان داشته که دوام فتوسنتز و حفظ کلروفیل در تنش از جمله شاخص‌های فیزیولوژیکی مقاومت به تنش است. پایداری غشا سلولی در تنش رطوبتی به عنوان یک جز اصلی تحمل به خشکی گزارش شده است (Arnon, 1972). میزان خسارت به غشاهای سلولی بوسیله خشکی را می‌توان از طریق اندازه‌گیری نشت سلولی (Electroleakage) ارزیابی کرد. شناسایی صفات خاص فیزیولوژیک به عنوان واکنش‌های تطابقی و استفاده از آن‌ها در به‌نژادی و تولید ارقام با ویژگی‌های سازگار با شرایط کمبود آب یکی از مراحل مهم در مطالعات تنش خشکی است. در این راستا در مطالعه حاضر تعدادی از ژنوتیپ‌های گندم نان انتخاب شدند و برخی از واکنش‌های مورفولوژیک، فیزیولوژیک و فنولوژیک آن‌ها در شرایط تنش و عدم تنش خشکی مورد مطالعه قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در مزرعه و آزمایشگاه تحقیقاتی معاونت موسسه تحقیقات کشاورزی دیم– سرارود، کرمانشاه، به مدت دو سال زراعی (۸۴-۱۳۸۳ و ۸۵-۱۳۸۴) انجام شد.

بخش آزمایشگاهی

بیست ژنوتیپ گندم به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی درسه تکرار در شرایط تنش آبی و بدون تنش ارزیابی شدند. برای ایجاد تنش، پتانسیل‌های مختلف رطوبتی با استفاده از پلی‌اتیلن گلیکول (PEG_{6000}) ایجاد شد و محلول‌های با پتانسیل

صفر (شاهد)، ۰/۸ و ۱/۲- مگا پاسکال از طریق معادله (Michel and Kaufmann,1972) تهیه شد. در ابتدا بذرهای مورد مطالعه توسط هیپوکلرید سدیم ۲/۵ ٪ به مدت پنج دقیقه و قارچ‌کش بنومیل۲ درهزار به مدت ۳۰ ثانیه ضدعفونی شده و بعد از هر مرحله با آب مقطر شسته شدند. تعداد ۲۵ بذر از هر رقم روی کاغذ صافی واتمن شماره یک داخل تشتک‌های پتری که در دمای ۱۲۰°C به مدت ۲۴ ساعت ضدعفونی شده بودند قرار داده و ۱۰ میلی‌لیتر محلول اسمزی به هر تشتک اضافه شد. تشتک‌ها در اتاقک رشد دردمای روز و شب ۲۰/۱۵ درجه سانتی‌گراد و۱۲ ساعت روشنایی و رطوبت ۷۰ ٪ قرار داده شدند. صفات درصد جوانه‌زنی (Germination Promptness: GP) و شاخص تنش جوانه‌زنی (Germination stress index: GSI) با استفاده از معادله GSI=PIS/PIC×100 محاسبه شدند که در آن PIS (Promptness index-stress) شاخص سرعت جوانه‌زنی در شرایط تنش و PIC (Promptness index-check) شاخص سرعت جوانه‌زنی در شرایط بدون تنش است و به صورت زیر محاسبه می‌شود (Sapara *et al.*,1991):

$$\text{Promptness index (PI)} = nd_2(1)+nd_4(0.75)+nd_6(0.50)+nd_8(0.25)$$

که در آن nd_2 تا nd_8 بذرهای جوانه زده در روزهای دوم تا هشتم است. از صفات دیگر مورد بررسی طول ریشه‌چه و ساقه‌چه بود که به صورت میلی‌متر اندازه‌گیری شدند.

آزمایش مزرعه‌ای

آزمایش مزرعه‌ای در دو طرح جداگانه آبی و دیم در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شدند. هر رقم در پنج ردیف سه متری به فواصل ۲۰ سانتی‌متر و تراکم ۴۰۰ بذر در متر مربع کاشته شدند. عملیات زراعی به طور معمول و طبق توصیه‌های ارائه شده انجام شد. صفات مورد بررسی شامل موارد زیر بودند:

پتانسیل آب برگ که برای اندازه‌گیری آن، برگ پرچم در داخل اتاقک دستگاه مخزن فشاری (Prssure bomb) قرار داده شد که پتانسیل آب آن معادل مقدار منفی فشار گاز اعمال شده به برگ است که باعث خروج شیره گیاهی از سطح قطع شده می‌شود (Shiferaw and Baker,1996).

محتوای نسبی آب برگ (Relativa water content :RWC) که برای اندازه‌گیری آن دو قطعه دو سانتی‌متری از برگ جدا شد و وزن تر آن (Fresh water: FW) تعیین شد. سپس این نمونه‌ها به مدت چهار ساعت در شدت نور کم در آب مقطر قرار داده شدند. دراین حالت وزن آن‌ها در حالت تورژسانس (Turger water: TW) تعیین شد. سپس نمونه‌ها خشک شده و وزن خشک(DW) آن‌ها تعیین شد (Siddique *et al.*,2000؛ Farshadfar *et al.*, 2003 a,b). با استفاده از فرمول زیر محتوای نسبی آب برگ محاسبه شد:

$$\%RWC= (FW - DW) / (TW- DW)$$

برای محاسبه کلروفیل‌های a و b ابتدا بر اساس روش آرنون کلروفیل استخراج شد و با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر (Shimadzu UV 100) در طول موج‌های ۶۶۳ و ۶۴۵ نانومتر میزان جذب نور توسط عصاره استخراج شده تعیین شد (Ashraf *et al.*, 1994). سپس غلظت کلروفیل‌های a و b بر حسب میلی‌گرم کلروفیل در هر گرم وزن تر با استفاده از روابط زیر که در آن V حجم نمونه استخراج شده، W وزن تر نمونه و ABS میزان جذب نور بر حسب نانومتر در طول موج مورد نظر را نشان می‌دهد محاسبه شدند (Farshadfar *et al.*, 2003 a,b).

$$Chlorophyll-a = \frac{[12.7(ABS663) - 2.69(ABS645)]\times V}{1000\times W}$$

$$Chlorophyll-b = \frac{[22.9(ABS645) - 4.69(ABS663)]\times V}{1000\times W}$$

به منظور اندازه‌گیری اسید آمینه پرولین، که برای اندازه‌گیری آن نمونه‌های برگ پرچم در ۱۰ ml اسید سولفوسالیسیلیک به وسیله هاون هموژن و عصاره حاصل صاف شد. به ۲ ml از عصاره صاف شده ۲ ml اسید استیک و اسید ناین هیدرین اضافه شد. محلول حاصل به مدت یک ساعت در حمام آب گرم و در دمای ۱۰۰°C قرار داده شد. پس ازآن برای پایان یافتن واکنش لوله‌های آزمایش در بستر یخی قرار گرفتند و ۴ ml تولوئن به هر لوله اضافه شد. غلظت پرولین نمونه‌ها با استفاده از اسپکتروفتومتر به کمک غلظت‌های مشخص پرولین خالص بعنوان شاهد در طول موج ۵۲۰ nm تعیین شد.

پایداری غشاء سلولی که برای اندازه‌گیری درصد خسارت به غشاء سلولی در مرحله گرده‌افشانی در هر واحد آزمایشی ۲۰ دیسک برگی در فاصله ۱۲ تا ۱۴ ساعت تهیه و در یک لوله آزمایش با ۱ ml آب مرطوب شده و لوله‌ها به صورت دربسته به آزمایشگاه منتقل شدند. تعداد پنج نمونه از دیسک‌ها (شاهد) در ۱۰ ml آب مقطر در یک لوله آزمایش قرار داده شد. پنج نمونه دیگر از دیسک‌ها (تیمار خشکی) در ۱۰ ml محلول پلی‌اتیلن ۶۰۰۰ (PEG_{6000}) در یک لوله آزمایش قرار داده شد. تمامی نمونه‌ها به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۱۰°C قرار داده شدند. مواد محلول هر لوله آزمایش را دور ریخته و نمونه‌ها با آب مقطر شستشو داده شدند و در یک حمام آب گرم قرار داده شدند تا دمای آن‌ها به حدود ۲۵ °c برسد و سپس هدایت الکتریکی آن‌ها اندازه‌گیری شد. برای مرگ بافت‌های برگی نمونه‌ها به مدت یک ساعت در بن‌ماری قرار داده شدند و هدایت الکتریکی نمونه‌ها مجدداً قرائت شد. درصد خسارت ناشی از پسابیدگی با توجه به رابطه زیر تعیین شد (Blum and Ebercon, 1981):

$$\%RI= 1-\{1- (T_1/T_2) / 1- (C_1/C_2)\} \times 100$$

در این رابطه C و T به ترتیب هدایت الکتریکی تیمار و شاهد در قرائت‌های اول و دوم هستند.

ضریب تحمل به تنش در صفت عملکرد دانه (Sress Tolerance Index: STI_y) با به کارگیری داده‌های مربوط به عملکرد در شرایط شاهد (Y_P) و شوری (Y_S)و با استفاده از رابطه $STI = \frac{(Y_S)(Y_P)}{(\overline{Y}_P)^2}$ تعیین شد. در این رابطه Y_P میانگین کل عملکرد صفت مورد نظر در شرایط شاهد است. شاخص TOL نیز با استفاده از $TOL=Y_P-Y_S$ محاسبه شد. البته سایر صفاتی مانند مانند وزن هزار دانه، روز تا گلدهی، تعداد دانه در هر سنبلچه، ارتفاع ساقه طول دم گل‌آذین (پدانکل) و بعضی صفات مرفولوژیک دیگر نیز اندازه‌گیری شدند. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم افزارهای آماری SAS و MSTATC استفاده شد و میانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن مقایسه شدند.

نتایج و بحث

نام و شجره ژنوتیپ‌های استفاده شده در آزمایش در جدول ۱ نشان داده شده‌اند.

نتایج حاصل از تجزیه واریانس صفات در آزمایشگاه و مزرعه در شرایط تنش (۱/۲- مگا پاسکال) و بدون تنش اختلاف معنی‌داری بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی نشان داد. مقایسه میانگین صفات اندازه‌گیری شده در مرحله جوانه‌زنی (آزمایشگاه) در جدول ۲ و نتایج مقایسه میانگین صفات مورد مطالعه در مزرعه در جدول ۳ نشان داده شده‌اند. گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها از نظر صفات اندازه‌گیری شده در شرایط تنش و بدون تنش نشان داد که ژنوتیپ‌های شماره ۴، ۹، ۱۰ ، ۱۱ و ۱۲ از نظر صفات تعداد ریشه‌چه، طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه، درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی و شاخص استرس جوانه‌زنی برتر از سایر ژنوتیپ‌ها بودند (جدول ۲). ارقام سرداری، آذر-۲ و کراس البرز که مناسب شرایط دیم هستند جزو ژنوتیپ‌های دارای شاخص استرس جوانه‌زنی زیاد ، درصد جوانه‌زنی بالا و تعداد ریشه‌چه زیاد قرار داشتند، در صورتی که رقم شاهد مرودشت به عنوان یک رقم آبی جزو ژنوتیپ‌های دارای حداقل مقادیر صفات مذکور بود (جدول ۲).

مقایسه میانگین ژنوتیپ‌ها از نظر صفات اندازه‌گیری شده از آزمایش مزرعه‌ای (جدول ۳) نشان داد که ژنوتیپ‌های شماره ۳، ۴، ۸، ۹، ۱۰، ۱۱، ۱۲ ، آذر-۲ و سرداری در شرایط تنش عملکرد بیشتری نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها داشتند. با توجه به این‌که رقم مرودشت (شماره ۱۷) رقمی آبی است، انتظار می‌رود که در شرایط بدون تنش عملکرد بالاتری داشته باشد، قرار گرفتن این رقم در گروه مستقل با بالاترین رتبه این موضوع را نشان داد (جدول ۳).

بر اساس نتایج این آزمایش تنش رطوبتی سبب شد که میزان نسبی آب برگ در ژنوتیپ‌ها کاهش داشته باشد (جدول ۳). ژنوتیپ‌هائی که نسبت به بقیه در شرایط تنش تحمل بیشتری داشتند دارای محتوی آب برگ بیشتری بودند که شامل ژنوتیپ‌های شماره ۳،

جدول۱ - نام ، شجره و کد ژنوتیپ‌ها و ارقام مورد استفاده در آزمایش

Table 1. Name, pedigree and genotype code of evaluated genotypes

شماره ژنوتیپ Genotype No.	نام/ شجره Name /Pedigree
1	Sabalan/6/Shahi/Kvz/5/Shahi/4/….
2	72YRRGP
3	Ogosta/Sefid
4	Bow"s"/Gen//Shahi
5	87Zhong 291
6	Teu2/3Ures/Fan/Kauz
7	Irena/Babax/Pastor
8	WW336/vee"s'//Mrn/4/HD2172/Bloudan//Azd/3/San/Ald's'
9	Ghods*3/Kavvko//Ghods*3/Kaz/Kavko
10	Gene Bank-914
11	4848 Mashad/Tui "s" IRW92 1 D 6
12	Roshan/3/F12.71/Coc//Gn079
13	Maragheh-79-80-1
14	Maragheh-79-80-2
15	Maragheh-79-80-3
16	Maragheh-79-80-4
17	Marvdasht
18	Cross Alborz
19	Azar-2
20	Sardari

۴، ۶، ۷ ، ۸ ،۹، ۱۳، ۱۴، ۱۵، ۱۶ و سه شاهد دیم بودند. شاهد آبی (رقم مرودشت) با بیشترین کاهش نسبت به شرایط آبی کمترین میزان نسبی آب برگ را در شرایط دیم داشت که نشان‌دهنده حساسیت این رقم آبی به تنش است. افزایش غلظت پرولین در تنش خشکی ممکن است نشان‌دهنده نقش احتمالی این اسیدآمینه در تنظیم اسمزی باشد. تجمع پرولین آزاد در پاسخ به تنش اسمزی یک واکنش سازگاری است که نه تنها در گیاهان بلکه در سایر موجودات نیز دیده می‌شود. بر اساس نتایج این بررسی تنش رطوبتی سبب شد که میزان این اسید آمینه افزایش دو برابری داشته باشد (میانگین از ۰/۴۲ به ۰/۸۵ میکروگرم برگرم افزایش داشته است). در شرایط تنش ژنوتیپ‌های شماره ۴ ، ۹، ۱۱، ۱۰ و ۱۲ به ترتیب بیشترین افزایش در میزان پرولین را نسبت به شرایط بدون تنش داشتند (جدول ۳). از بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی ژنوتیپ شماره ۹ بیشترین و رقم آبی مرودشت کمترین سطح پرولین را در شرایط تنش

جدول ۲- مقایسه میانگین صفات مختلف ژنوتیپ‌های گندم در مرحله جوانه‌زنی در شرایط آزمایشگاه

Table 2. Mean comparison of different traits of wheat genotypes at germination stage in laboratory experiments

شماره ژنوتیپ Genotype No.	تعداد ریشه چه Rootlet No.		طول ریشه چه Rootlet length (mm)		طول ساقه چه Coleoptile length (mm)		درصد جوانه زنی Germination (%)		شاخص سرعت جوانه زنی Promptness index		شاخص استرس جوانه زنی Germination stress index (GSI)
	بدون تنش Non-stress	تنش Stress	بدون تنش Non-stress	تنش Stress	بدون تنش Non-stress	تنش Stress	بدون تنش Non-stress	تنش Stress	بدون تنش Non-stress	تنش Stress	
1	4.2ad	1.4cd	103.6ad	7.5gh	38.8ae	1.0g	68.3cd	19.3d	20.2e	2.2eg	11.9de
2	3.6de	1.1ce	132.6ad	6.8gh	46.0a	1.4fg	95.0ab	17.3de	50.5ab	1.7eg	3.3e
3	3.8be	.71de0	90.1bd	8.6gh	33.7bg	1.5eg	85.0ad	15.7dg	35.7cd	1.4g	4.2e
4	4.4ac	5.2a	79.3d	36.9a	32.2bg	10.0ab	90.0ac	38.2c	42.5ac	19.8bc	46.8b
5	4.7a	1.6cd	114.1ad	7.8gh	31.3ch	2.2eg	93.3ab	14.3dh	41.6bc	6.2de	14.9de
6	3.8be	1.5cd	96.4ad	6.5gh	19.8hi	1.0g	68.3cd	12.5dh	26.5de	7.1d	27.5c
7	3.4e	0.8de	112.1ad	8.2gh	16.8i	1.2fg	71.7bd	13.9dh	26.5ef	5.9de	20.1cd
8	4.5ab	1.5cd	107.1ad	6.1h	21.9gi	2.2eg	65.0d	15.5dg	21.9e	5.0dg	23.0cd
9	3.7ce	4.7a	134.2ad	23.7bd	28.1di	9.5ab	81.7ad	81.3a	41.1bc	22.9b	55.5b
10	4.4ac	4.8a	131.9ad	25.0bc	42.9ac	10.2a	88.3ad	57.8b	39.5c	18.7c	47.4b
11	4.7a	4.9a	143.7ab	30.3b	37.7af	10.0ab	91.7ac	85.4a	44.3ac	31.3a	71.2a

Table 2. Continued

ادامه جدول ۲

شماره ژنوتیپ Genotype No.	تعداد ریشه چه Rootlet No.		طول ریشه چه Rootlet length (mm)		طول ساقه چه Coleoptile length (mm)		درصد جوانه زنی Germination (%)		شاخص سرعت جوانه زنی Promptness index		شاخص استرس جوانه زنی Germination stress index (GSI)
	بدون تنش Non-stress	تنش Stress	بدون تنش Non-stress	تنش Stress	بدون تنش Non-stress	تنش Stress	بدون تنش Non-stress	تنش Stress	بدون تنش Non-stress	تنش Stress	
12	4.3ad	2.1c	139.3ac	12.5fh	38.9ae	1.5eg	85.0ad	16.3ef	40.8c	4.3dg	10.3de
13	3.9be	1.1ce	123.8ad	13.9eh	46.9a	2.7ef	88.3ad	9.3fh	41.5c	4.6dg	11.1de
14	4.2ad	0.7de	124.9ad	10.2gh	39.8ad	1.8eg	90.0ac	8.1h	46.1ac	5.2dg	11.3de
15	3.9be	0.6de	83.8cd	6.8gh	30.1dh	1.5eg	100.0a	8.9gh	50.6ab	6.1de	12.2de
16	3.6de	0.85de	97.3ad	6.0h	27.2ei	1.2g	93.3ab	10.5eh	42.9ac	5.5df	12.7de
17	3.2e	0.1e	147.6a	6.3h	26.3fi	2.9e	90.0ac	7.3h	52.3a	2.5eg	5.0e
18	4.2ad	3.6b	130.3cd	17.9df	44.0ab	2.7d	88.3ad	35.3c	41.1c	17.9e	43.7b
19	3.6de	3.5b	85.7cd	18.6cf	38.7ae	8.7bc	85.0ad	34.3c	42.8ac	18.6e	43.7b
20	4.0ae	3.6b	147.6a	20.7ce	45.9a	7.7cd	93.3ab	39.1c	40.3bc	16.7e	45.8b
mean	4.01	2.23	111.27	14.04	34.35	3.95	85.58	27.02	39.44	10.18	26.08

میانگین‌ها با حروف مشابه در هر ستون فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد هستند (آزمون چند دامنه دانکن). دو حرف غیرمتوالی تمام حروف بین آن‌ها را شامل می‌شود.

Means with similar letters in each column are not significantly different at 5% level (Duncan`s multiple range test). Two nonordinal letters cover all in between letters.

For genotypes name and pedigree see Table 1.

جدول ۳- مقایسه میانگین صفات مختلف ژنوتیپ‌های گندم در شرایط تنش و بدون تنش در مزرعه

Table 3. Mean comparison of different traits of wheat genotypes in field experiments under stress and non-stress conditions

شماره ژنوتیپ Genotype No.	عملکرد دانه Grain yield ($kgha^{-1}$)		کلروفیل a Chlorophyll a		کلروفیل b Chlorophyll b		میزان نسبی آب برگ RWC		پرولین Proline (µg/g)	
	بدون تنش Non-stress	تنش Stress	بدون تنش Non-stress	تنش Stress	بدون تنش Non-stress	تنش Stress	بدون تنش Non-stress	تنش Stress	بدون تنش Non-stress	تنش Stress
1	3765cf	2745 bf	6.68df	6.02ab	4.24ef	4.22ae	98.67a	72.20cf	0.33fg	0.51j
2	3891 af	2828 af	5.97eg	6.72a	4.59ef	3.96bf	89.85bc	70.11ef	0.24g	0.54j
3	3490 fg	2573 df	7.17cf	7.51a	4.01fg	4.18ae	98.85a	75.64be	0.45df	0.73hi
4	4222 a	2673 bf	5.63fg	4.63c	2.86hj	3.07eg	86.15ce	78.85be	0.44df	1.57ce
5	3814 bf	2438 fg	8.66ab	6.79a	6.02ab	4.40ae	86.62be	71.96df	0.35eg	0.67ij
6	3141 g	2073 g	7.49bd	6.93a	5.28cd	4.55ad	87.47be	75.66be	0.33fg	0.54j
7	3639 ef	2446 fg	8.15bc	6.84a	5.45bc	3.88bf	99.67a	85.88a	0.36eg	0.49j
8	4091ae	3230 a	6.65df	6.79a	4.47gh	3.74cg	91.35b	77.17bd	0.38eg	0.61ij
9	3976 af	3019 ac	4.06g	4.67c	2.83hj	2.65fg	85.17ce	75.75bc	0.68a	1.77a
10	4079 ae	2973 ad	5.17g	4.92c	2.90hj	2.50g	84.19de	75.67cd	0.64ac	1.3bc
11	3695 df	2930 ae	4.78g	4.41c	2.30j	2.87fg	83.38bd	72.82cf	0.58ad	1.36b
12	4316 ab	2657 bf	6.89cf	6.94a	4.48ef	4.90ac	87.13ce	72.89cf	0.44df	1.02eg
13	3693df	2536 ef	7.40bd	7.15a	4.43ef	4.33ae	99.67a	79.90b	0.48be	0.65ij
14	3912af	2725 bf	7.80bd	6.86a	6.02ab	4.29ae	100.00a	78.15bd	0.50be	0.88gh
15	3805 bf	2124 g	7.97bd	6.67a	4.73de	5.21ab	99.00a	79.67b	0.37eg	0.75hi
16	3956 af	2546 df	7.94bd	6.69a	5.40bc	4.83ac	97.67a	73.60be	0.32fg	0.74hi
17	4171 ad	2413 fg	9.64a	6.40a	6.29a	5.39a	100.00a	66.73f	0.21g	0.31k
18	4222 ac	2595 cf	5.64fg	4.89c	2.74ij	3.11eg	83.02e	75.66be	0.47cf	0.92fg
19	4350 a	2939 ae	5.71fg	4.97bc	2.24hi	3.21dg	88.31bd	76.99be	0.53ae	1.05df
20	4028 ae	3034 ab	4.83g	5.20bc	2.54j	2.77fg	99.33a	74.28be	0.33fg	0.51j
Mean	3912.80	2674.85	6.71	6.10	4.19	3.90	92.28	75.48	0.42	0.85

میانگین‌ها با حروف مشابه در هر ستون فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ هستند (آزمون چند دامنه دانکن). دو حروف غیر متوالی تمام حروف بین آن‌ها را شامل می‌شود.

Means with similar letters in each column are not significantly different at 5% level (Duncan`s multiple range test). Two nonordinal letters cover all inbetween letters.

For genotypes name and pedigree see Table 1.

Table 3. Continued

ادامه جدول ۳ -

شماره ژنوتیپ Genotype No.	خسارت غشاء سلولی Cell membrane damage	شاخص ها Indices		تعداد دانه در سنبله Seed no.	وزن هزار دانه 1000 KW(g)		ارتفاع بوته Plant hight(cm)	
	تنش Stress	TOL	STI	تنش Stress	بدون تنش Non-stress	تنش Stress	بدون تنش Non-stress	تنش Stress
1	16.6 f	507	0.34	40.89df	41.6 cg	33.93e	72.8bd	83.9ad
2	22.4 bc	326	0.28	29.33f	44.7be	36.00 e	67.1 ce	77.6 df
3	24.1ab	498	0.55	34.00df	47.8 ac	43.07 bd	78.4ab	84.9 ac
4	14.3g	318	0.45	37.00df	43.5 cf	36.73de	75.7 b	83.1 ae
5	18.6ef	266	0.31	43.33ce	38.9eh	32.07ef	62.9eg	66.2hi
6	18.8ef	356	0.35	57.44ab	34.3hi	34.13e	58.2 fg	60.0 i
7	22.1bc	289	0.29	59.33 a	37.3 gi	34.67e	58.5 fg	62.5i
8	21.3cd	440	0.54	46.44 be	46.7ac	38.33be	66.5 ce	69.4 gh
9	4.3k	379	0.47	63.33a	35.6 hi	26.40fg	65.7 df	64.9 hi
10	5.6ik	298	0.51	27.67f	42.5cg	38.20be	72.1bd	75.7 fg
11	5.1jk	308	0.61	37.78 df	45.7 ad	37.53 ce	76.7b	86.9 ab
12	7.6hi	418	0.57	44.66ce	39.7dh	32.27ef	75.9 b	79.6cf
13	25.3a	508	0.53	37.33df	50.6ab	49.93f	76.9ab	82.9ae
14	19.3de	385	0.41	33.22 ef	50.9 a	44.40 ab	77.6ab	86.1ac
15	22.1bc	460	0.39	35.67 df	47.1ac	36.87de	78.5 ab	83.5 ae
16	20.5ce	457	0.41	39.66df	47.2ac	43.07bd	74.3bc	80.2 bf
17	25.1a	735	0.48	55.11 ac	31.9 i	24.33g	56.8g	59.4 i
18	8.7h	366	0.41	46.66 bd	38.1fh	34.20 e	73.7bd	86.6 ef
19	16.6f	313	0.43	39.66df	46.4 ac	34.40e	84.8a	88.2 a
20	22.4bc	271	0.44	28.89 f	44.6be	43.93 ac	76.2b	75.1 fg
Mean	17.04	395	0.44	41.87	42.76	36.72	71.47	76.84

میانگین‌ها با حروف مشابه در هر ستون فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ هستند (آزمون چند دامنه دانکن). دو حروف غیر متوالی تمام حروف بین آن‌ها را شامل می‌شود.

Means with similar letters in each column are not significantly different at 5% level (Duncan`s multiple range test). Two nonordinal letters cover all inbetween letters.
For genotypes name and pedigree see Table 1.

داشتند، به عبارت دیگر ژنوتیپ شماره ۹ توانائی تنظیم اسمزی بسیار بالاتری نسبت به سایرین نشان داد در صورتی که رقم آبی مورد نظر فاقد این توانائی به نسبت سایرین بود.

درصد خسارت به غشاء سلولی صفت فیزیولوژیکی دیگری بود که مورد بررسی قرار گرفت. با توجه به این که ژنوتیپ‌هائی که حساسیت بیشتری دارند در شرایط تنش خسارت زیادی به غشاء سلولی آن‌ها وارد می‌شود، که ژنوتیپ‌های شماره ۴، ۹، ۱۰، ۱۱، ۱۲ و ۱۸ کمترین میزان خسارت را داشتند که بیانگر توانائی ژنوتیپ‌های فوق در تحمل شرایط تنش است، حال آن که رقم آبی مرودشت و شماره‌های ۱۳ و۳ با بیشترین خسارت غشاء سلولی حساسیت به تنش زیادی نشان دادند.

بر اساس نتایج به دست آمده از اندازه‌گیری میزان کلروفیل (جدول ۴) ملاحظه می‌شود که به طور کلی در شرایط تنش میزان کلروفیل

نسبت به شرایط بدون تنش کاهش داشته است (۸,۳٪ درصد کاهش). استیل و همکاران(Estill, *et al.*, 1991) گزارش کردند که تنش خشکی مجموع غلظت این دو کلروفیل را در ارقام حساس ۴۷٪ و در ارقام متحمل ۳۲٪ کاهش داده است. اشرف و همکاران (Ashraf *et al.*, 1994) این کاهش را در ارقام حساس ۴۷٪ و در ارقام متحمل ۲۵/۵٪ گزارش کردند. در این بررسی در برخی از ژنوتیپ‌ها در شرایط تنش مجموع کلروفیل افزایش داشت. بیشترین افزایش مربوط به ژنوتیپ‌های شماره ۳، ۹، ۱۲ و ۲۰ بود.کاهش نسبت کلروفیل a به b هم در شرایط تنش نسبت به شرایط بدون تنش مشاهده شد. لازم به ذکر است که در برخی از ژنوتیپ‌ها این نسبت در شرایط تنش افزایش یافته بود. بیشترین افزایش در این نسبت مربوط به ژنوتیپ‌های شماره ۸ و ۹ بود.

صفات مورفولوژیک متعددی در مزرعه ارزیابی شدند که برخی از آن‌ها در جدول ۳ درج شده‌اند. رابطه صفات مورد مطالعه با همدیگر با استفاده از همبستگی ساده بررسی شد (جدول ۵). با توجه به جدول ۵ ملاحظه می‌شود عملکرد دانه با صفات شاخص تحمل خشکی، میزان پرولین، تعداد ریشه‌چه، طول ریشه‌چه ، طول ساقه‌چه ، درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی ارتباط مستقیم و معنی‌دار داشت ، اما با میزان کلروفیل a و b و درصد خسارت غشاء سلولی رابطه منفی و معنی‌دار نشان داد. بررسی ارتباط صفات مورفولوژیکی نشان داد که به جز تعداد دانه در سنبله که با میزان آب نسبی برگ همبستگی معنی‌داری داشت ($r = ۰/۳۸۵^{*}$) سایر صفات رابطه معنی‌داری با صفات مختلف فیزیولوژیکی و عملکرد نداشتند.

نتایج تجزیه واریانس مرکب عملکرد دانه در دو سال زراعی برای دو شرایط تنش و بدون تنش (جدول۶) نشان داد که اثر سال از نظر آماری در هر دو شرایط معنی‌دار بودکه نشان‌دهنده تفاوت سال‌ها از نظر شرایط محیطی است. واکنش متفاوت ژنوتیپ‌ها به تغییرات محیطی با معنی‌دار شدن اثر متقابل سال × ژنوتیپ در شرایط تنش در سطح احتمال ۱٪ معنی دار نشان داده شد. اختلاف ژنوتیپهای مورد مطالعه در شرایط تنش با معنی‌دار شدن واریانس ژنوتیپ‌ها مشخص شد. این نکته بیانگر این است که به دلیل وجود صفات ویژه در برخی ژنوتیپ‌ها تفاوت آن‌ها در شرایط تنش مشخص شده است.

نتایج حاصل از مقایسه میانگین ژنوتیپ‌ها در طی دو سال بیشترین میزان عملکرد را در ژنوتیپ شماره ۹ با ۳۰۰۴ کیلوگرم در هکتار و کمترین مقدار عملکرد را در ژنوتیپ شماره ۶ با ۲۳۹۲ کیلوگرم در هکتار نشان داد (شکل ۱).

یکی از راهکارهای مهم برای مقابله با آثار تنش خشکی که عمدتاً کاهش عملکرد اقتصادی است شناسائی و یا تولید ارقامی است که بتوانند شرایط تنش را به خوبی تحمل کرده و حداقل خسارت را ببینند. مکانیزم‌های متعدد و گوناگونی وجود دارد که سبب می‌شود یک ژنوتیپ بتواند شرایط نامساعد را تحمل کند.

جدول ۴ – میزان کلروفیل a و b، نسبت ، مجموع و تفاضل آن‌ها در ژنوتیپ‌های گندم

Table 4. Sumation ,differences, and ratio of cholorophyll a and b content of wheat genotypes

شماره ژنوتیپ Genotypes No.	نسبت کلروفیل a به b Chlorophyll a/b			مجموع نسبت کلروفیل a و b Chlorophyll a+b		
	بدون تنش Non stress	تنش Stress	تنش- بدون تنش Non str.-str.	بدون تنش Non stress	تنش stress	تنش- بدون تنش Non str.-str.
1	1.58	1.43	0.15	10.92	10.24	0.68
2	1.30	1.70	-0.40	10.56	10.68	-0.12
3	1.79	1.80	-0.01	11.18	11.69	-0.51
4	1.97	1.51	0.46	8.49	7.70	0.79
5	1.44	1.54	-0.10	14.68	11.19	3.49
6	1.42	1.52	-0.10	12.77	11.48	1.29
7	1.50	1.76	-0.26	13.60	10.72	2.88
8	1.49	1.82	-0.33	11.12	10.53	0.59
9	1.43	1.76	-0.33	6.89	7.32	-0.43
10	1.78	1.97	-0.19	8.07	7.42	0.65
11	2.08	1.54	0.54	7.08	7.28	-0.20
12	1.54	1.42	0.12	11.37	11.84	-0.47
13	1.67	1.65	0.02	11.83	11.48	0.35
14	1.30	1.60	-0.30	13.82	11.15	2.67
15	1.68	1.28	0.40	12.70	11.88	0.82
16	1.47	1.39	0.08	13.34	11.52	1.82
17	1.53	1.19	0.34	15.93	11.79	4.14
18	2.06	1.57	0.49	8.38	8.00	0.38
19	2.55	1.55	1.00	7.95	8.18	-0.23
20	1.90	1.88	0.02	7.37	7.97	-0.60
Mean	1.67	1.59	0.08	10.9	10	0.90

For genotypes name and pedigree see Table 1.

گاهی ترکیبی از این مکانیزم‌ها عمل کرده و پایداری عملکرد را در شرایط تنش در ژنوتیپ واجد این صفات سبب می‌شوند. انتخاب ژنوتیپی که دارای چنین ویژگی‌هائی باشد کار ساده‌ای نیست و عمدتاً در مراحل اولیه اصلاح نباتات مشکل است. صفات فیزیولوژیک، مورفولوژیک و فنولوژیک متعددی ارائه شده‌اند که توسط محققان زیادی مورد ارزیابی قرار گرفته‌اند. ارزیابی ارقام در شرایط تنش و بدون تنش عموماً کاربرد زیادی در بررسی تنش‌ها دارد (Gill, 1999؛ Kristin, 1997؛ Farshadfar *et al.*, 2001؛ Fernandez, 1992؛ Arnon, 1972). بررسی‌های انجام شده نشان می‌دهد تفاوت زیادی بین ژنوتیپ‌های مختلف از نظر صفات موثر بر تحمل خشکی وجود دارد (Bishop and Bugbee , 1998). میزان پرولین، پایداری غشاء سلولی در شرایط تنش، تداوم فتوسنتز، میزان آب نسبی برگ، عملکرد

جدول ۵- همبستگی ساده بین صفات مختلف ژنوتیپ‌های گندم در آزمایش مزرعه و مرحله جوانه زنی در شرایط آزمایشگاه

Table 5. Simple correlation between different traits of wheat genotypes under field and laboratory conditions

Traits	Grain yield	TOL	STI	Chlorophyll *a*	Chlorophyll b	RWC	Proline	Cell membrane camage	Rootlet No.	Rootlet length	Coleoptile length	Germination percentage	Promptness index
TOL	-.279												
STI	.390*	.258											
Chlorophyll *a*	-.499*	.397*	-.204										
Chlorophyll b	-.702**	.642**	-.197	.802**									
RWC	-.111	-.342	-.093	.063	-.189								
Proline	.345+	-.341+	.382*	-.668**	-.582**	.154							
Cell membrane damage	-.369+	.388*	-.339	.693**	.576**	.088	-.786**						
Rootlet No.	.533**	-.562**	.336	-.916**	-.871**	.043	.801**	-.781**					
Rootlet length	.423*	-.496*	.392*	-.850**	-.790**	.273	.796**	-.636**	.933**				
Coleoptile length	.560**	-.412*	.403*	-.876**	-.805**	.020	.738**	-.586**	.906**	.907**			
Germination percentage	.561**	-.425*	.391*	-.851**	-.817**	-.061	.762**	-.789**	.882**	.796**	.852**		
Promptness index	.442*	-.516**	.345	-.920**	-.810**	.081	.749**	-.722**	.926**	.878**	.890**	.913**	
GSI	.472*	-.548**	.314	-.905**	-.849**	.123	.686**	-.704**	.926**	.846**	.866**	.900**	.980**

+, *, and ** :Significant at the 10%, 5% and 1% levels of probability, respectively.

+ ، *، ** : به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۱۰٪، ۵٪ و ۱٪.

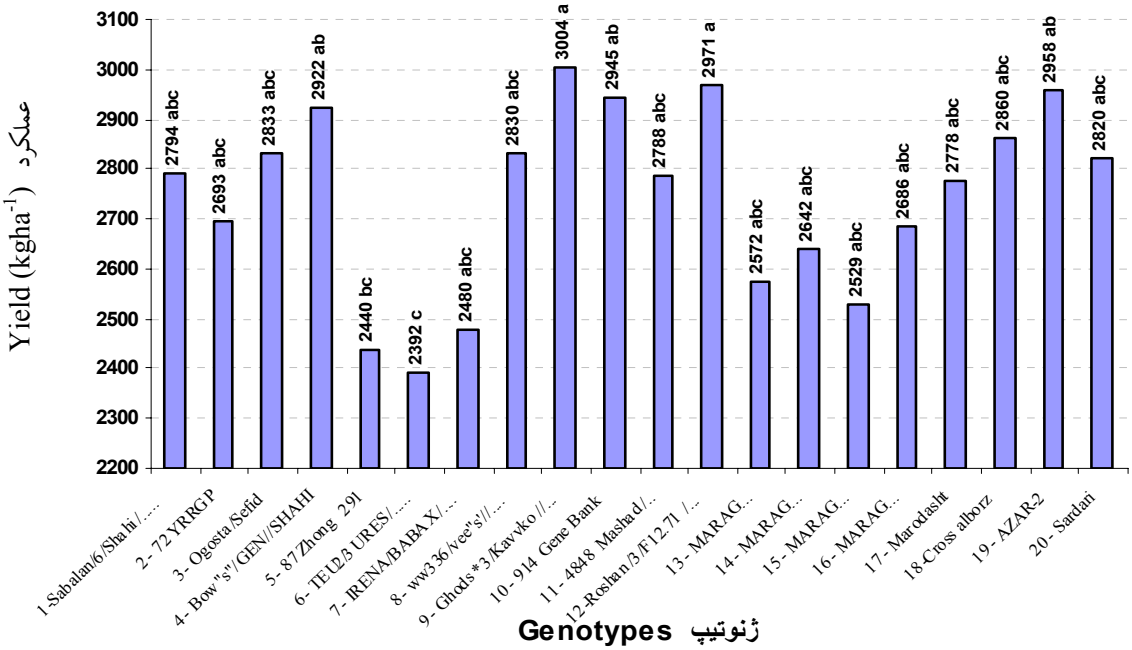
جدول ۶- تجزیه واریانس مرکب برای عملکرد دانه در دو سال زراعی

Table 6. Combined analysis of variance for grain yield base on two years experiment

S.O.V.	منابع تغییرات	درجه آزادی df.	میانگین مربعات Mean Square	
			تنش Stress	بدون تنش Non stress
Year (Y)	سال	1	59424650.20**	18154630.20**
Error (E1)	خطای ۱	4	435340.03	10687.44
Genotype (G)	ژنوتیپ	19	305687.63**	373946.30ns
G × Y	ژنوتیپ × سال	19	217902.52**	262054.52 ns
Error (E2)	خطای ۲	76	62627.10	240931.07
Total	کل	119	75860715.00	48976889.32

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

ns and **: Not significant and significant at 1% level, respectively.



شکل ۱- مقایسه میانگین عملکرد ژنوتیپ‌های گندم بر اساس میانگین دو سال

ستون‌ها با حروف مشابه فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح ۵٪ هستند (آزمون چند دامنه دانکن)

Fig. 1. Comparison of wheat genotypes for grain yield based on two years of evaluation

Bars with similar letters are not significantly different at 5% leavel (Duncan`s multiple range test).

دانه و غیره صفاتی هستند که مورد توجه بسیاری از محققین قرار گرفته‌اند (Winter *et al*., 1988). علاوه بر این صفات، عملکرد دانه به صورت محاسبه میزان تولید اقتصادی و همچنین عملکرد نسبی ژنوتیپ‌ها در شرایط تنش و بدون تنش در محاسبه شاخص‌های تحمل به تنش مورد استفاده قرار گرفته‌اند (Rosielle and Hamblin, 1981؛ Fernandez, 1992).

در این بررسی ارقام و ژنوتیپ‌هائی که در مراحل اولیه اصلاح نباتات مورد ارزیابی قرار گرفته و در شرایط دیم انتخاب شده بودند در شرایط تنش و بدون تنش ارزیابی شدند. برای مقایسه ژنوتیپ‌ها علاوه بر ارقام متداول دیم به عنوان شاهد (سرداری و آذر-۲) از رقم آبی مرودشت هم استفاده شد. نتایج حاصله از ابعاد مختلف جالب توجه بودند.

در ارزیابی ژنوتیپ‌ها در مرحله جوانه‌زنی، صفاتی مانند تعداد و طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه، درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی و شاخص استرس جوانه‌زنی بعنوان معیارهائی که به احتمال زیاد در استقرار اولیه گیاه موثر بوده و توانائی گیاه را به تحمل شرایط تنش افزایش می‌دهند، نیز نشان داد که ژنوتیپ‌های شماره ۴، ۹ ، ۱۰، ۱۱ و ۱۲ برتر از دیگر ژنوتیپ‌ها بودند. بعلبکی و همکاران (Baalbaaki, *et al*. 1999) نیز گزارش کردند که ارقام مقاوم در مقایسه با ارقام حساس درصد جوانه‌زنی و سرعت جوانه‌زنی بیشتری در شرایط تنش داشتند اما سرعت جوانه‌زنی در مقایسه با درصد جوانه‌زنی حساسیت بیشتری به تنش داشت.

در ارزیابی‌های مزرعه‌ای نیز بر اساس صفات متعدد، مشخص شد که ژنوتیپ‌های شماره ۴، ۹ ، ۱۱ و ۱۲ با دارا بودن صفات مناسب غالباً برتر از سایرین بودند. این ژنوتیپ‌ها با داشتن بیشترین محتوی آب برگ، میزان بالای پرولین، حداقل خسارت به غشاء سلولی در شرایط تنش برتر از سایر ژنوتیپ‌ها بودند ولی در بین این ژنوتیپ‌ها، ژنوتیپ شماره ۹ با داشتن بالاترین میانگین عملکرد در مزرعه طی دو سال بررسی از بقیه ژنوتیپ‌ها برتر بود. این ژنوتیپ در شجره خود دارای رقم قدس است و شجره آن Ghods*3/Kavvko//Ghods*3/Kaz/Kavko است.

رقم مرودشت به دلیل این که مناسب شرایط آبی است و در مراحل اصلاحی در شرایطی انتخاب شده است که کمترین تنش رطوبتی را داشته‌اند، نتوانست شرایط تنش را به خوبی تحمل کند، به عنوان مثال این ژنوتیپ دارای کمترین میزان آب برگ، حداقل میزان پرولین و بیشترین خسارت به غشاء سلولی در شرایط تنش نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها بود. این در شرایطی است که تنش خشکی میزان پرولین را در ژنوتیپ‌ها نسبت به شرایط بدون تنش به شدت افزایش داده بود.

مطالعه رابطه بین صفات، رابطه بین عملکرد دانه با شاخص تحمل خشکی STI، صفات

مطالعه شده در مرحله جوانه‌زنی و شاخص استرس جوانه‌زنی را مثبت و معنی‌دار و با شاخص‌های میزان کلروفیل a و b و میزان خسارت غشاء سلولی منفی و معنی‌دار نشان داد. با این وصف می‌توان از برخی صفات که اندازه‌گیری ساده‌تری دارند بسته به نوع و مرحله آزمایش در ارزیابی و گزینش ژنوتیپ‌ها استفاده کرد. در شرایط تنش در برخی از ژنوتیپ‌ها مجموع کلروفیل افزایش داشت. بیشترین افزایش مربوط به ژنوتیپ‌های شماره ۳، ۹، ۱۲ و ۲۰ بود. در برخی از ژنوتیپ‌ها نسبت کلروفیل a به b در شرایط تنش افزایش نشان داد که بیشترین افزایش در این نسبت مربوط به ژنوتیپ‌های شماره ۸ و ۹ بود. با توجه به نتایج حاصله و ارزیابی عملکرد در دو سال و صفات مطالعه شده در این بررسی ، ژنوتیپ‌های شماره ۹، ۱۲، ۱۰ و ۴ بعنوان ژنوتیپ‌های برتر برای مراحل بعدی انتخاب شدند.

References

Andrew, K. B., Hammer, G. L., and Henzell, R. G. 2000. Does maintaining green leaf area in sorghum improve yield under drought? II. Dry matter production and yield. Crop Science 40: 1037-1048.

Arnon, I. 1972. Crop Production in Dry Regions. Wheat. Vol., 2. Leonard Hill London.

Ashraf, M. Y., Azmi, A. R., Khan, A. H., and Ala, S. A. 1994. Effect of water stress and total phenols, peroxidase activity and chlorophyll content in wheat . Acta Physiologyia Plantarum 16(3):185-191.

Baalbaaki, R. Z., Zurayk, R. A., Bliek, M. M., and Talhuk, S. N.1999. Germination and seedling development of drought tolerant and susceptible wheat under moisture stress.Seed Science and Tecnology 27:291-302

Bishop, D. L., and Bugbee, B. G. 1998. Photosynthetic capacity and dry mass partitioningin dwarf and semi-dwarf wheat. Journal of Plant Physiology 153:558-565.

Blum, A., and Ebercon, A. 1981. Cell membrance stability as a measure of drought and heat tolerance in wheat.Crop Science 21:43-47.

Calhoum, D. S., Gebeyehu, C., Miranda, A., Rajaram, S. and Van Ginkel, M. 1994. Choosing evaluation environments to increase grain yield under drought conditions. Crop Science 34: 673-678.

Castrillo, M., and Calcargo, A. M. 1989. Effects of water stress and rewatering on ribulose-1,bisphosphate carboxylase activity,chlorophyll and protein contents in two cultivars of tomato. Journal of Horticultural Science 64:717-724.

Ehdaie, B., Waines, J. G., and Hall, A. E. 1988. Differential responses of landrace and improved spring wheat genotypes to stress environments. Crop Science 28:838-842.

Ehdaie, B., and Waines, J. G. 1993. Water requirement and transpiration efficiency of primitive wheats:A model for their use. pp. 187-197. In: Damania, A. B. (ed.) Biodiversity and Wheat Improvement. John Wiley & Sons, New York, USA.

Estill, K., Delany, R. H., Smith, W. K., and Ditterline, R. L. 1991. Water relations and productivity of alfalfa leaf chlorophyll variantes.Crop Science 31:1299-1233.

Falconer, D. S. 1990. Selection in different environments : effects on environmental sensitivity (reaction norm) and on mean performance. Genetics Research 56: 57-70.

Farshadfar, E., Ghannadha, M., Zahravi, M., and Sutka, J. 2001. Genetic analysis of drought tolerance in wheat. Plant Breeding 114: 542-544.

Farshadfar, E., Mohammadi, R., Aghaee, M. and Sutka, J. 2003 a. Identification of QTLs involved in physiological and agronomic indicators of drought tolerance in rye using a multiple selection index. Acta Agronomica Hungaria 51: 419-428.

Farshadfar, E., Mohammadi, R., Aghaee, M., and Sutka, J. 2003 b. Locating QTLs controlling drought tolerance criteria in rye using disomic addition lines. Cereal Research Communications 31: 257-264.

Fernandez, G. C. J. 1992. Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance.Proceedings of a Symposium, Taiwan, 13-18 Aug. Chapter 25. pp. 257-270.

Fisher, R. A., and Maurer, R. 1978. Drought resistance in spring wheat cultivars. Grain yield response. Austtalian Journal of Agricultural Research 29: 897-912.

Gill, M. S. 1999. Breeding for drought resistance. pp. 74-98. In: Nanda, G. S., Chahal, G. S., Singh, S. B., Allah Rang, S., and Gill, M. S. (eds.) Recent Concepts in Breeding for Resistance to Biotic and Abiotic Stresses in Crop Plants. Punjab Agricultural University, India.

Heyne, E. G. 1987. Wheat and Wheat Improvement . 2nd edition. American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin, USA.

Keim, D. L., and Kronstad, W. E. 1979. Drought resistance and dry land adaptation in winter wheat. Crop Science 19: 567-574.

Kristin, A. S., Brothers, M. E., and Kelly, I. D.1997. Marker-assisted selection to improve drought resistance in common bean. Crop Science 37:51-60.

Mahmud, D., Tell, A. M., and Shqaidef, F. 1987. Breeding for improved yield in moisture limiting areas : the experience of Jordan. pp. 163-169. In: Srivastava, J. P., Porceddu, E., Acevedo, E., and Varma, S. (eds.) Drought Tolerance in Winter Cereals. John Wiley and Sons. New York.

Michel, B. D., and Kaufmann, 1972. The osmotc potential of PEG6000. Department of Botany, Georgia University. Georgia 30661.

Mohammadi, R., Haghparast, R., Aghaee-Sarbarze, M., and Abdollahi, A. V. 2006. An evaluation of drought tolerance in advanced durum wheat genotypes based on physiologic characteristics and other related indices. Iranian Journal of Agricultural Sciences 37-1: 561-567 (in Farsi).

Naderi, A., **Majidi-Heravan, E., Hashemi-Dezfuli, A., Rezae, A., and Nour-Mohamadi, G. 2000.** Efficiency analysis of indices for tolerance to environmental stress in field crops and introduction of a new index. Seed and Plant 15: 390-402 (in Farsi).

Osmanzai, M., Rajaram, S., and Knapp, E. B. 1987. Breeding for moisture stressed areas. pp. 151-161. In: Srivastava, J. P., Porceddu, E., Acevedo, E., and Varma, S. (eds.) Drought Tolerance in Winter Cereals. John Wiley & Sons. New York.

Pessarkli, M. 1999. Hand Book of Plant and Crop Stress. Marcel Dekkor Inc.

Rosielle, A. A., and Hamblin, J. 1981. Theoretical aspects of selection for yield in stress and non- stress environments. Crop. Science 21: 943-946.

Sapara, V. T., Savage, E., Anaele, A. O., and Abeyl, C. 1991. Varietal diffrences of wheat and triticale to water stress. Journal Agronomy and Crop Science17:23-28.

Shafazadeh, M. K., Yazdansepas, A., Amini, A., and Ghannadha, M. R. 2004. Study of terminal drought tolerance in promising winter and facultative wheat genotypes using stress susceptibility and tolerance indices. Seed and Plant 20: 57-71 (in Farsi).

Shiferaw, B., and Baker, D. A. 1996. An evaluation of drought screening techniques. *Eragrostis tef.* pp.469-496. In : Proc. New Genetical Apporoaches to Crop Improvement II. Ed. Naqvi, S.S.M.

Siddique, A., Hamid, A., and Islam, M. S. 2000. Drought stress effects on water relations of wheat. Bot. Bull. Acad. Sin. 41: 35-39.

Winter, S. R., Musik, J. T., and Porter, K. B. 1988. Evaluation of screening techniques for breeding drought-resistance winter wheat. Crop Science 28:512-516.

Zavala- Garcia, F., Bramel-Cox., P. J., Eastin, J. D., Witt, M. D., and Andrews, D. J. 1991. Increasing the efficiency of crop selection for unpredictable environments. Crop Science 32:51-57