"مجله علوم زراعی ایران"
جلد پانزدهم، شماره۲، تابستان ۱۳۹۲

ارزیابی صفات فیزیولوژیک ژنوتیپ‌های گندم نان زمستانه و دوفصله در شرایط قطع آبیاری انتهای فصل
Evaluation of physiological traits in winter and facultative bread wheat genotypes under terminal drought stress conditions

احمد رضا کوچکی[۱]، امیر یزدان سپاس[۲] و عثمان محمد یوروف[۳]

چکیده

کوچکی، ا. ر.، ا. یزدان سپاس و ع. محمد یوروف. ۱۳۹۲. ارزیابی صفات فیزیولوژیک ژنوتیپ های گندم نان زمستانه و دوفصله در شرایط قطع آبیاری انتهای فصل. **مجله علوم زراعی ایران. ۱۵(۲): ۱۳۵-۱۲۱.**

کمبود آب مهم‌ترین عامل محدود کننده تولید محصولات کشاورزی در مناطق خشک و نیمه خشک است و به همین علت دستیابی به ارقام گندم متحمل به تنش کم آبی، در برنامه‌های به‌نژادی از اولویت خاصی برخوردار می‌باشد. به منظور ارزیابی تحمل ژنوتیپ‌های گندم نان به تنش خشکی پس از گلدهی و۲۰ روز بعد از گلدهی در طول سه سال زراعی۹۰ -۱۳۸۷ آزمایش‌هایی تحت شرایط آبیاری بدون تنش و تنش خشکی با استفاده از ۱۹ ژنوتیپ امید بخش گندم نان زمستانه و بینابین به صورت کرت‌های خرد شده بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی شامل سه عامل رژیم آبیاری به عنوان عامل اصلی و ژنوتیپ‌های گندم به عنوان عامل فرعی با سه تکرار در موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر- کرج اجرا شد. نتایج نشان داد که تنش خشکی علاوه بر عملکرد دانه، شاخص برداشت، محتوای نسبی آب برگ پرچم، افت دمای پوشش گیاهی، محتوای کلروفیل و پایداری غشای سلولی را کاهش داد. ژنوتیپ‌های با عملکرد بالاتر، از محتوای نسبی آب برگ پرچم، افت دمای پوشش گیاهی و پایداری غشای سلولی بالاتری برخوردار بودند. در شرایط تنش خشکی شدید (قطع آبیاری پس از مرحله گلدهی) (S1) همبستگی مثبت و بسیار معنی‌داری بین عملکرد دانه و افت دمای پوشش گیاهی و پایداری غشای سلولی وجود داشت. ژنوتیپ شماره ٦ از نظر افت دمای پوشش گیاهی و پایداری غشای سلولی بالاترین و ژنوتیپ‌های شماره ۱، ۲ و ۱۲ (به ترتیب ارقام شهریار و الوند و لاین (Basswood/MV17) کمترین مقدار را در شرایط تنش شدید (S1) به خود اختصاص دادند. با توجه به این همبستگی به نظر می‌رسد افت دمای پوشش گیاهی و پایداری غشای سلولی می‌توانند به عنوان شاخص‌های گزینش ژنوتیپ‌های متحمل به تنش خشکی درنظر گرفته شوند. ارزیابی ژنوتیپ‌ها از نظر تحمل خشکی با استفاده از شاخص‌های تحمل تنش (STI)، حساسیت به تنش (SSI)، تحمل (TOL)، میانگین بهره‌وری (MP) و میانگین هندسی (GMP) انجام گرفت. در مجموع با در نظرگرفتن شاخص‌های فیزیولوژیک و شاخص‌های حساسیت و تحمل خشکی و همچنین عملکرد دانه در دو شرایط بدون تنش و تنش خشکی، ژنوتیپ شماره ٦ که حاصل تلاقی رقم پیشتاز با رقم فرانسوی گاسپارد می‌باشد (Pishtaz*2/Gaspard) به عنوان برترین و متحمل‌ترین ژنوتیپ‌ها به هر دو تنش خشکی ملایم (تنش پس از مرحلهٔ شیری دانه) و خشکی شدید (تنش پس از مرحلهٔ گلدهی) مشخص گردید و جهت معرفی به کشاورزان در آزمایشات On-farm در شرایط زارعین شرکت داده شدند.

واژه‌های کلیدی: تنش خشکی، شاخص‌های حساسیت و تحمل به خشکی، صفات فیزیولوژیک و گندم.

تاریخ دریافت:۱۳۹۱/۲/۵ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۱۲/۲۳ این مقاله مستخرج از پایان نامه دکتری نگارنده اول می‌باشد

۱- مربی پژوهش مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر (عضو انجمن علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران)(مکاتبه کننده)
(پست الکترونیک: arkoocheki@yahoo.com)
۲- دانشیار مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر
۳- استاد دانشگاه کشاورزی تاجیکستان

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-09-05]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1392.15.2.3.3]

مقدمه

خشکی مهم‌ترین عامل محدود کننده رشد و عملکرد گیاهان زراعی بوده که ۴۰ تا ۶۰ درصد اراضی کشاورزی جهان را تحت تاثیرقرار می‌دهد (Bray,1997). ایران با متوسط نزولات ۲۴۰ میلی‌متر در سال طبق تعریف آمبرژه در زمره مناطق خشک و نیمه خشک قرار دارد (Kardavani, 1988).

تنش خشکی یک پدیده محیطی مهم موثر بر رشد و عملکرد غلات است (Rang *et al*., 2011) که اغلب در طول دوره پر شدن دانه در گندم اتفاق افتاده و باعث کاهش محصول در بیشتر مناطق کشت در دنیا می‌شود (Altenbach *et al*., 2003). در ایران بخش قابل توجهی از ۲/۴ میلیون هکتار سطح زیر کشت گندم آبی در اثر تنش خشکی در مرحله گلدهی و پر شدن دانه آسیب می بیند (Jalal Kamali *et al.,* 2009). تنش خشکی در مرحه گلدهی گندم باعث کاهش تعداد دانه به دلیل کاهش گرده‌های بارور می‌شود (Ji *et al.,* 2010).

اثر تنش خشکی در مرحله پرشدن دانه‌ها بسیار بارز است، زیرا عملکرد بالقوه وابسته به وزن هزار دانه است که خود نیاز به انباشت مواد فتوسنتزی دردانه‌ها دارد. مواد ذخیره شده در دانه‌ها از دو منبع فتوسنتزجاری و انتقال مجدد مواد غذایی از سایر قسمت‌های گیاه به دانه تأمین می‌شود. قسمتی از مواد فتوسنتزی قبل از گرده افشانی ساخته شده و در ساقه یا سایر اعضای گیاه ذخیره و سپس به دانه‌های در حال رشد منتقل می‌شوند، ولی قسمت اعظم مواد ساخته شده در دانه‌ها بعد از گرده افشانی ساخته می‌شوند (Gupta, 1995).

رینولدز و همکاران (Reynolds *et al*., 1999) با ارزیابی ارقام مختلف گندم به این نتیجه رسیدند که گندم گیاهی است که نسبتاً به خشکی متحمل است. تنش خشکی در بیشتر موارد و در زمان رشد ونمو گیاه باعث کاهش میزان کلروفیل و فتوسنتز برگ می‌شود (Dulai *et al.,* 2006)

واکنش گیاهان به تنش خشکی به صورت‌های مختلفی از جمله پاسخ‌های فیزیولوژیک کوتاه مدت نمود پیدا می‌کند (Pessarkli, 1999). پایداری غشای سلولی تحت تنش رطوبتی به عنوان یک شاخص مهم تحمل خشکی بیان شده است. میزان خسارت به غشاهای سلولی را می‌توان از طریق اندازه‌گیری میزان نشت سلولی ارزیابی نمود (Fokar *et al.,*1988). شیفرا و بیکر (Shifera and Baker, 1999) نیز این شاخص را در گندم جهت گزینش برای مقاومت به خشکی مناسب گزارش کرده‌اند. از افت دمای پوشش گیاهی نیز به عنوان یک شاخص انتخاب برای تحمل به خشکی و گرما استفاده می‌شود (Reynolds *et al.,* 2001). محتوای نسبی آب برگ گیاه نیز یک شاخص مهم برای تعیین شدت تنش آب در برگ‌ها محسوب می‌شود (Mitra, 2001).

عملکرد یک رقم گیاهی در شرایط تنش ممکن است مستقل از عملکرد آن در شرایط مطلوب باشد. جهت تعیین نحوه تظاهر و عکس العمل ژنوتیپ‌های مختلف در دو محیط تنش و بدون تنش، فرناندز (Fernandez, 1992) ژنوتیپ‌ها را به چهار گروه A، B، C و D تقسیم‌بندی نمود. از نظر وی مناسب‌ترین معیار شاخصی است که بتواند ژنوتیپ‌های گروه A را از سایر گروه‌ها تشخیص دهد. روزیله و هامبلین (Rosielle and Hamblin, 1981) شاخص‌های تحمل(Tol) و میانگین حسابی(MP) را معرفی نمودند. فیشر و مائورر (Fischer and Maurer, 1978) شاخص حساسیت به تنش(SSI) را پیشنهاد نمودند. فرناندز (Fernandez, 1992) شاخص‌های تحمل تنش (STI) وشاخص میانگین هندسی عملکرد (GMP) را معرفی نمود. شاخص میانگین هندسی عملکرد، حساسیت کمتری به مقادیر مختلف عملکرد در شرایط بدون تنش (Y_P) و تنش (Y_S) دارد، در صورتیکه شاخص میانگین بهره‌وری چون براساس میانگین حسابی محاسبه می‌شود، زمانی که اختلاف نسبی زیادی بین عملکرد در شرایط بدون تنش و عملکرد در

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-09-05]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1392.15.2.3.3]

شرایط تنش وجود داشته باشد، اریب زیادی به طرف عملکرد در شرایط بدون تنش خواهد داشت (Fernandez, 1992).

هدف از اجرای این آزمایش، ارزیابی واکنش ژنوتیپ‌های امید بخش گندم نان زمستانه و بینابین تحت شرایط تنش خشکی با استفاده از صفات فیزیولوژیک، به منظور دستیابی به ژنوتیپ‌های متحمل به تنش خشکی بوده است.

مواد و روش‌ها

دراین تحقیق به منظور ارزیابی تحمل ژنوتیپ‌های گندم نان به تنش خشکی پس از گلدهی (S1) و ۲۰ روز بعد از گلدهی (S2)، در سه سال زراعی ۹۰ -۱۳۸۷ ، آزمایش‌هایی تحت شرایط آبیاری بدون تنش و تنش خشکی با استفاده از ۱۹ ژنوتیپ امید بخش گندم نان زمستانه و بینابین به صورت کرت‌های خرد شده بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی شامل سه سطح رژیم آبیاری (آبیاری معمول یا بدون تنش، تنش ملایم و تنش شدید) به عنوان عامل اصلی وژنوتیپ‌های گندم به عنوان عامل فرعی با سه تکرار در موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج با عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۵۵ دقیقه و طول جغرافیایی ۵۰ درجه و ۵۴ دقیقه وبا ارتفاع ۵/ ۱۳۱۲متر از سطح دریا اجرا شد.

شجره ژنوتیپ‌های مورد استفاده در تحقیق در جدول یک ارائه شده است. در این آزمایش هر ژنوتیپ در یک کرت با ابعاد ۱/۲× ۶ متر با تراکم ۴۵۰ بذر در متر مربع و با در نظر گرفتن وزن هزار دانه برای هر ژنوتیپ در اوایل نیمه دوم مهر ماه کشت و در زمان برداشت نیم متر از ابتدا و انتهای هر کرت حذف شده و مساحت برداشت شش متر مربع در نظر گرفته شد. زمین مورد کشت تحت تناوب دو ساله غلات- آیش بوده و کلیه عملیات تهیه زمین شامل شخم کلش بعد از برداشت محصول قبل، یک نوبت شخم بهاره، یک نوبت دیسک، دو بار لولر عمود بر هم، کودپاشی و ایجاد جویچه‌های آبیاری انجام گرفت. کود مصرفی براساس نتایج آزمون خاک با فرمول ۵۰-۹۰-۱۲۰ (N-P-K) بود که کود پتاس از منبع سولفات پتاسیم، کود فسفر از منبع فسفات آمونیوم به صورت پایه و کود نیتروژن از منبع اوره در دو نوبت پایه و سرک مصرف شدند. در طول فصل زراعی مبارزه با علف های هرز به دو روش وجین دستی و شیمیایی (از علف کش گرانستار برای علف‌های هرز پهن برگ و از علف کش پوما اکسترا برای علف‌های هرز نازک برگ) انجام شد. عملیات آبیاری در آزمایشات بدون تنش به صورت نشتی شامل یک نوبت آبیاری پاییزه و شش نوبت آبیاری بهاره بود. آبیاری در آزمایش تنش شدید (S1) شامل یک نوبت آبیاری پاییزه و دو نوبت آبیاری بهاره قبل از مرحله گلدهی و در آزمایش تنش ملایم (S2) یک نوبت آبیاری پاییزه و چهار نوبت آبیاری بهاره بود. در طول دوره رشد علاوه بر مراقبت‌های زراعی، یادداشت برداری‌های لازم از کرت‌های آزمایشی به عمل آمد. محتوای نسبی آب برگ پرچم، افت دمای پوشش گیاهی، عدد کلروفیل‌متر و پایداری غشای سلولی بر اساس دستور العمل مربوط به هر کدام در دوره پر شدن دانه از برگ پرچم و پس از اعمال تنش در تیمارهای تنش (قطع آبیاری در مرحله گلدهی در آزمایش تنش شدید و دو نوبت آبیاری بعد از گلدهی در آزمایش تنش ملایم) و بلافاصله پس از آبیاری تیمار بدون تنش به طور همزمان انجام شد. صفت پایداری غشای سلولی با استفاده از داده‌ها در شرایط بدون تنش، برای دو شرایط تنش محاسبه گردید. برای اندازه گیری محتوای کلروفیل از دستگاه کلروفیل متردستی (SPAD 502, Minolta, Japan) استفاده شد و برای اندازه‌گیری محتوای نسبی آب برگ پرچم (RWC)، ازرابطه ۱ استفاده گردید (Barrs,1968).

$$RWC(\%)=[(FW-DW)/(TW-DW)] \times 100 \quad (۱)$$

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-09-05]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1392.15.2.3.3]

جدول ۱- شجره ژنوتیپ‌های گندم مورد ارزیابی

Table 1. Pedigree of wheat genotypes

کد ژنوتیپ‌های گندم Wheat genotypes code	نام/شجره Name/Parentage	کد ژنوتیپ‌های گندم Wheat genotypes code	نام/شجره Name/Parentage
C-87-1	Shahryar	C-87-11	Basswood/MV17
C-87-2	Alvand	C-87-12	Basswood/MV17
C-87-3	C-80-4	C-87-13	Bhr*5/Aga//Sni/3/Trk13/4/Gaspard
C-87-4	Gascogne//Rsh*2/10120/3/Alvd//Aldan/Ias58	C-87-14	Qds/4/Anza/3/Pi/Nar//Hys/5/Vee/Nac/6/Gascogne
C-87-5	Alvd//Aldan/Ias58/3/MV17/4/Evwyt2/Azd//Rsh*2/10120	C-87-15	Qds/4/Anza/3/Pi/Nar//Hys/5/Vee/Nac/6/Gascogne
C-87-6	Alvd//Aldan/Ias58*2/3/Gaspard	C-87-16	Omid//H7/4P839/3/Omid/Tdo/4/ICWHA81-1473/5/90Zhong87/6/Owl
C-87-7	Mhdv/Soissons/4/Bloudan/3/Bb/7C*2//Y50E/Kal*3	C-87-17	Soissons/M-73-4//Owl 852524-*3H-*O-*HOH
C-87-8	F4141-W-1-1/Pastor//Pyn/Bau	C-87-18	Bilinmeyen-6
C-87-9	Au//YT542/N10B/3/II8260/4/Ji/Hys/5/Yunnat Odesskiy/6/Ks82W409/Spn	C-87-19	Sn64//Ske/2*Ane/3/Sx/4/Bez/5/Seri/6/Chervona/7/Kleiber/2*FL80//Donskpoluk
C-87-10	Id800994.W/Vee/3/Ures/Jun//Kauz/4/Bul5052.1		

جدول۲- روزهای بارندگی و حداکثر درجه حرارت هوا در طول دوره پر شدن دانه ژنوتیپ‌های گندم

Table 2. Data of rainfall and maximum ambient temperature during grain filling periods of wheat genotypes

Crop	2009 ۱۳۸۸		2010 ۱۳۸۹		2011 ۱۳۹۰	
Days	بارندگی Rainfall(mm)	حداکثر دما Max Temp. (°C)	بارندگی Rainfall(mm)	حداکثر دما Max Temp. (°C)	بارندگی Rainfall(mm)	حداکثر دما Max Temp. (°C)
May 5 (۱۵ اردیبهشت)	-	-	0.4	21	-	-
May 11 (۲۱ اردیبهشت)	-	-	2.8	26	-	-
May 13 (۲۳ اردیبهشت)	0.7	26	1.3	31	-	-
May 14 (۲۴ اردیبهشت)	-	-	5	25	-	-
May 17 (۲۷ اردیبهشت)	0.6	22	-	-	-	-
May 18 (۲۸ اردیبهشت)	-	-	-	-	0.2	26
May 19 (۲۹ اردیبهشت)	-	-	-	-	2.4	31
May 20 (۳۰ اردیبهشت)	-	-	-	-	5.1	27
May 26 (۵ خرداد)	1.4	29	-	-	-	-
June 7 (۱۷ خرداد)	2.2	28	-	-	-	-
June 8 (۱۸خرداد)	3	28	-	-	-	-
June 13 (۲۳ خرداد)	1.6	30	-	-	-	-
Total	9.5		9.5		7.7	
	گرده افشانی(۲۶ اردیبهشت)		گرده افشانی(۱۲ اردیبهشت)		گرده افشانی(۱۸ اردیبهشت)	
	Anthesis: May 8		Anthesis: May 3		Anthesis: May 16	

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-09-05]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1392.15.2.3.3]

FW وزن تر برگ، DW وزن خشک برگ و TW وزن برگ پس از ۲۴ ساعت غوطه‌ور ساختن در آب مقطر می‌باشند.

برای اندازه گیری پایداری غشای سلولی (CMS) ازرابطه ۲ استفاده گردید (Blum *et al*., 2001).

$$CMS\% = [(1-(T1/T2))/(1-(C1/C2))] \times 10 \quad (۲)$$

C1 و C2: به ترتیب اندازه گیری هدایت الکتریکی نمونه‌ها در شرایط بدون تنش، قبل و بعد از اتوکلاو و T1 و T2 به ترتیب اندازه گیری هدایت الکتریکی نمونه‌ها در شرایط تنش خشکی قبل و بعد از اتوکلاو می‌باشند.

برای اندازه گیری افت پوشش دمای گیاهی(CTD) از دماسنج مادون قرمز (Rayteck™) استفاده گردید (Smith *et al.,* 1986). این کار در روزهای آفتابی و بدون باد و در ساعت ۱۳-۱۲ انجام و همزمان دمای محیط و پوشش گیاهی ژنوتیپ‌ها اندازه‌گیری و تفاوت دمای درون پوشش گیاهی هر ژنوتیپ‌ها با دمای اتمسفر اطراف محاسبه شد. پس از جمع آوری داده‌ها، آزمون بارتلت انجام شد. باتوجه به همگن بودن واریانس خطاهای آزمایشی، تجزیه واریانس مرکب برای هرسه شرایط آزمایش انجام گرفت. مقایسه میانگین عملکرد دانه با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام شد. ارزیابی ژنوتیپ‌ها از نظر تحمل خشکی با استفاده از صفات فیزیولوژیک و شاخص‌های Tol و Rosielle and Hamblin, 1981) MP)، SSI (Fischer and Maurer, 1978) ، و GMP و STI (Fernandez, 1992) محاسبه و همچنین ضرایب همبستگی ساده بین عملکرد دانه (در هرسه شرایط) و شاخص‌ها محاسبه گردید. برای محاسبات آماری از نرم افزارهای SAS و EXCEL استفاده گردید.

نتایج و بحث

براساس آمار هواشناسی، بعد از گلدهی و دوره پر شدن دانه بارندگی موثر وجود نداشت و آزمایش‌های تنش تحت تاثیر بارندگی در هیچکدام از سه سال آزمایش قرار نگرفتند جدول (۲). نتایج تجزیه واریانس مرکب نشان دادکه اثر آبیاری بر عملکرد دانه و محتوای نسبی آب برگ و شاخص برداشت معنی‌دار بود. اثر ژنوتیپ روی هیچیک از صفات، بجز عملکرد دانه معنی دار نشد، ولی در تجزیه جداگانه آزمایش‌ها در شرایط مختلف در سه سال روی صفات مورد بررسی نشان داد که توان ژنتیکی ژنوتیپ‌ها در بروز صفت عملکرد دانه و سایر صفات مورد بررسی در اثر تنش، دارای تفاوت‌هایی بودند. احمدی و همکاران (Ahmadi *et al* ., 2000) در آزمایش خود اثر ژنوتیپ را در شرایط تنش خشکی معنی‌دار گزارش نمودند. اثر سال بر صفات عملکرد دانه، شاخص برداشت، محتوای نسبی آب برگ، افت دمای پوشش گیاهی و پایداری غشای سلولی معنی‌دار گردید که بیانگر واکنش متفاوت ژنوتیپ‌ها برای این صفات درسال‌های مختلف می‌باشد. اثر متقابل سال در آبیاری بر صفات عملکرد، شاخص برداشت، محتوای کلروفیل، محتوای نسبی آب برگ و افت دمای پوشش گیاهی معنی‌دار گردید که نشان می‌دهد اثر تیمارهای آبیاری در سال‌های مختلف بر صفات مذکور متفاوت بوده است. اثر متقابل سال در ژنوتیپ نیز علاوه بر عملکرد روی صفات شاخص برداشت، محتوای کلروفیل، افت دمای پوشش گیاهی و پایداری غشائ سلولی معنی‌دار گردید که بیانگر واکنش متفاوت ژنوتیپ‌ها برای صفات مذکور در سال‌های مختلف می باشد.

محاسبه مقادیر میانگین برای صفات در هرسه شرایط بدون تنش (N) و تنش ملایم (S2) وتنش شدید (S1) نشان داد که بالاترین میزان عملکرد دانه در شرایط تنش شدید مربوط به ژنوتیپ‌های ۶، ۷ و ۱۸ بود که به ترتیب دارای میانگین عملکرد ۶۰۵۷ ، ۵۷۳۳ و ۵۶۱۱ کیلوگرم در هکتار و پایین‌ترین آن مربوط به ژنوتیپ‌های ۱۲، ۲ و ۱ به ترتیب دارای میانگین عملکرد

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-09-05]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1392.15.2.3.3]

جدول ۳ - مقایسه میانگین عملکرد دانه وصفات فیزیولوژیک ژنوتیپ‌های گندم درشرایط تنش شدید (S1) و ملایم (S2) خشکی و بدون تنش (N)

Table 3. Mean values for grain yield and physiological characteristics in wheat genotypes under normal (N), severe (S1) and moderate (S2) drought stress conditions

No. of wheat genotypes	عملکرد دانه Grain yield (kg.ha^{-1})			شاخص برداشت HI (%)			محتوای آب نسبی RWC (%)			افت دمای پوشش گیاهی Canopy temperature depression (ºC)			محتوای کلروفیل SPAD value			پایداری غشای سلولی CMS (%)	
	N	S2	S1	N	S2	S1	N	S2	S1	N	S2	S1	N	S2	S1	S2	S1
1	7116a	6057h	4228d	42.0ab	37.0e	34.6ab	75.6cde	68.6cd	55.9c	2.4bc	2.6abc	1.7f	41.6d	40.9bcd	40.5bcd	76.4d	70.6cd
2	7372a	6320fgh	4856cd	42.0ab	38.1de	34.9ab	74.3de	71.1abcd	66.2abc	3.0ab	2.2bc	2.0ef	42.3cd	42.0abcd	39.4d	78.7cd	74.2bcd
3	7447a	6480cdef	5420abc	40.7bc	40.9abc	36.6ab	73.5e	71.1abcd	63.1abc	2.3bc	2.5abc	2.2bcde	44.0abcd	39.9cd	39.4d	79.8bcd	75.5abcd
4	7331a	6920bcde	5571abc	42.9ab	39.6abcd	34.3ab	82.6abc	71.4abcd	66.8ab	2.6abc	2.6abc	2.3abcde	47.8ab	40.7bcd	42.9ab	86.5ab	79.8abc
5	6986a	6718bcde	5295abc	42.9ab	40.6abcd	34.1b	79.4abcde	67.8d	66.6ab	2.6abc	2.1c	2.1def	44.9abcd	41.9abcd	43.0ab	80.1bcd	73.5bcd
6	7863a	7706a	6057a	44.5ab	42.8a	37.6ab	81.7abcd	73.2abcd	61.1abc	3.2a	2.7abc	2.6ab	43.5abcd	41.7abcd	42.9ab	88.8a	83.3a
7	7877a	7164ab	5733ab	44.0ab	41.7abc	38.4ab	83.7ab	76.7a	60.4abc	2.9ab	2.6abc	2.4abcde	45.0abcd	41.4abcd	41.7abcd	85.5abc	77.4abcd
8	7648a	6962bcde	5540abc	41.5abc	38.7bcde	36.5ab	77.5abcde	73.9abcd	61.9abc	2.0c	2.5abc	2.3abcde	43.0bcd	40.7bcd	41.6abcd	85.9abc	79.6abc
9	7633a	6656cdef	5211bc	38.8c	38.0cde	36.8ab	80.9abcde	67.8d	62.8abc	2.9ab	2.4abc	2.3abcde	44.4abcd	40.9bcd	41.4abcd	84.2abc	76.6abcd
10	7151a	6715cdef	5492abc	44.2ab	42.5abc	35.4ab	78.3abcde	71.7abcd	62.7abc	2.9ab	2.6abc	2.2bcde	44.1abcd	39.1d	41.5abcd	85.4abc	79.0abcd
11	6987a	6756cdef	5603abc	45.1a	39.6abcd	38.4ab	84.5a	75.1ab	62.5abc	3.0ab	2.9a	2.6ab	45.9abcd	46.0a	44.1a	84.3abc	73.9bcd
12	7234a	6017h	4881cd	41.6abc	38.2cde	35.2ab	81.0abcde	69.2bcd	61.1abc	2.6abc	2.6abc	2.1def	44.1abcd	45.4ab	43.3ab	78.7cd	72.0cd
13	7140a	6448cdef	5097bc	44.5ab	38.5bcde	37.0ab	82.5abc	73.8abcd	61.8abc	2.3bc	2.3bc	2.7a	44.4abcd	44.4abc	42.7abc	80.0bcd	74.1bcd
14	7234a	6289efg	5273abc	43.9ab	42.0abc	37.3ab	80.5abcde	69.4bcd	65.6abc	2.5bc	2.7abc	2.5abcd	46.8abc	43.7abcd	41.9abcd	81.6abcd	75.1abcd
15	7518a	6449cdef	5233bc	43.7ab	39.6abcd	37.7ab	82.3abc	74.4abcd	62.3abc	2.7abc	2.7abc	2.5abcd	45.0abcd	44.8abc	42.2abcd	80.6bcd	76.7abcd
16	6971a	6335fgh	5528abc	43.4ab	38.8bcde	34.4b	76.8bcde	72.5abcd	64.7abc	2.8ab	2.5abc	2.6ab	41.5d	44.1abc	39.8cd	80.8bcd	75.1abcd
17	7751a	7069bc	5466abc	42.0ab	42.8a	39.4a	79.9abcde	74.4abcd	69.3a	2.9ab	2.6abc	2.6ab	47.9a	44.9ab	43.8a	84.9abc	80.6ab
18	7202a	6995bcd	5611abc	43.5ab	39.8abcd	35.5ab	77.0abcde	72.4abcd	61.8abc	2.7abc	2.7abc	2.4abcde	45.1abcd	43.4abcd	41.4abcd	84.4abc	79.7abc
19	7084a	6435cdef	5029bc	44.7a	40.4abcde	36.6ab	82.2abc	71.7abcd	57.7bc	2.4bc	2.5abc	2.4abcde	42.3cd	43.8abcd	40.5bcd	81.5abcd	75.4abcd
Mean	7345	6657	5322	42.9	40.0	36.4	79.7	71.9	62.9	2.7	2.5	2.3	44.4	42.6	41.8	82.5	76.4

درهر ستون میانگین‌هایی که دارای حرف مشترک هستند، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند

Means in each column followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level, using Duncan's Multiple Range Test

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-09-05]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1392.15.2.3.3]

۴۸۸۱، ۴۸۵۶ و ۴۲۲۸ کیلوگرم در هکتار بودند (جدول ۳). بالاترین میزان عملکرد دانه در شرایط تنش ملایم مربوط به ژنوتیپ‌های ۶، ۷ و ۱۷ بود که به ترتیب دارای میانگین عملکرد ۷۷۰۶، ۷۱۶۴ و ۷۰۶۹ کیلوگرم در هکتار و پایین‌ترین آن مربوط به ژنوتیپ‌های ۱۴، ۱ و ۱۲ به ترتیب دارای میانگین عملکرد ۶۲۸۹، ۶۰۵۷ و ۶۰۱۷ کیلوگرم در هکتار بودند. تحت شرایط بدون تنش بالاترین میزان عملکرد دانه به ژنوتیپ‌های ۷، ۶ و ۱۷ تعلق داشت که به ترتیب دارای میانگین عملکرد ۷۸۷۷، ۷۸۶۳ و ۷۷۵۱ کیلوگرم درهکتار و پایین‌ترین آن مربوط به ژنوتیپ‌های ۱۱، ۵ و ۱۶ به ترتیب با میانگین عملکرد ۶۹۸۷، ۶۹۸۶ و ۶۹۷۱ کیلوگرم در هکتار بود. ژنوتیپ شماره ۶ درهردو شرایط تنش ملایم و تنش شدید بیشترین عملکرد را داشت (جدول ۳).

اثر تنش خشکی علاوه بر عملکرد دانه، محتوای نسبی آب برگ پرچم ، افت دمای پوشش گیاهی، محتوای کلروفیل، پایداری غشای سلولی و شاخص برداشت را کاهش داد (جدول۳). تنش خشکی محتوای نسبی آب برگ پرچم را از ۷۹/۷ درصد در شرایط بدون تنش به ۷۱/۹ و ۶۲/۹ درصد به ترتیب در شرایط تنش ملایم و تنش شدید کاهش داد. تنش خشکی همچنین محتوای کلروفیل را از ۴۴/۴ در شرایط بدون تنش به ۴۲/۶ و ۴۱/۸ به ترتیب در شرایط تنش ملایم و تنش شدید کاهش داد. تنش خشکی شاخص برداشت را از ۴۲/۹ درصد در شرایط بدون تنش به ۴۰/۰ و ۳۶/۴ درصد، به ترتیب در شرایط تنش ملایم و تنش شدید کاهش داد. تنش خشکی همچنین محتوای کلروفیل را از ۴۴/۴ در شرایط بدون تنش به ۴۲/۶ و ۴۱/۸ ، به ترتیب در شرایط تنش ملایم و تنش شدید کاهش داد. کاهش محتوای کلروفیل در شرایط تنش خشکی توسط سایر محققان نیز گزارش شده است (Nayyar and Gupta, 2006). کاهش محتوای کلروفیل در مراحل انتهایی پرشدن دانه در شرایط بدون تنش و تنش خشکی می‌تواند به دلیل انتقال مجدد مواد به ویژه نیتروژن به دانه باشد (Blum, 1998). تنش خشکی افت دمای پوشش گیاهی را از ۲/۷ در شرایط بدون تنش به ۲/۵ و ۲/۳ درجه سانتی‌گراد، به ترتیب در شرایط تنش ملایم و تنش شدید کاهش داد. اگرچه این کاهش معنی دار نبود، ولی در هر سه آزمایش بدون تنش، تنش ملایم و شدید بین ژنوتیپ‌ها از نظر افت دمای پوشش گیاهی تفاوت معنی‌داری وجود داشت و لاین‌های ۶ و۱۱ به ترتیب با مقدار ۳/۲ و ۳ بیشترین و لاین‌های ۸ و ۱۳ و ۳ با مقدار ۲ و ۲/۳ درجه سانتی‌گرادکمترین میزان را در آزمایش بدون تنش به خود اختصاص دادند. در آزمایش تنش ملایم لاین‌های ۱۱ و۶ به ترتیب با مقدار ۲/۹ و ۲/۷ بیشترین و لاین‌های ۵ و ۲ به ترتیب با مقدار ۲/۱ و ۲/۲ درجه سانتی‌گراد کمترین میزان را به خود اختصاص دادند. در آزمایش تنش شدید لاین‌های ۱۳ و ۶ به ترتیب با مقدار ۲/۷ و ۲/۶ بیشترین و لاین‌های ۱ و ۲ با مقدار ۱/۷ و ۲ درجه سانتی‌گراد کمترین میزان را به خود اختصاص دادند. یک اصل فیزیولوژیکی مهم در شرایط تنش در گندم، پایین‌تر بودن دمای پوشش گیاهی در دوره پرشدن دانه است (Munjal and Rana,2003). معمولاً یک همبستگی مثبت فنوتیپی بین افت دمای پوشش گیاهی و عملکرد دانه وجود دارد (Fischer *et al.*, 1998). تنش خشکی پایداری غشای سلولی را از ۸۲/۵ درصد در شرایط تنش ملایم به ۷۶/۴ درصد در شرایط تنش شدید کاهش داد. در هردو آزمایش تنش ملایم و شدید بین ژنوتیپ‌ها از نظر پایداری غشای سلولی تفاوت معنی‌داری وجود داشت و لاین‌های ۶ و۴ به ترتیب با ۸۸/۸ و ۸۶/۵ درصد بیشترین و لاین‌های۱ و ۲ و ۱۲ با ۷۶/۴ ، ۷۸/۷ و ۷۸/۷ درصد کمترین میزان را در آزمایش تنش ملایم به خود اختصاص دادند. در آزمایش تنش شدید لاین‌های ۶ و ۱۷ به ترتیب با ۸۳/۳ و ۸۰/۶ درصد بیشترین و لاین‌های ۱ و ۱۲ به ترتیب با ۷۰/۶ و ۷۲ درصد کمترین میزان را به خود

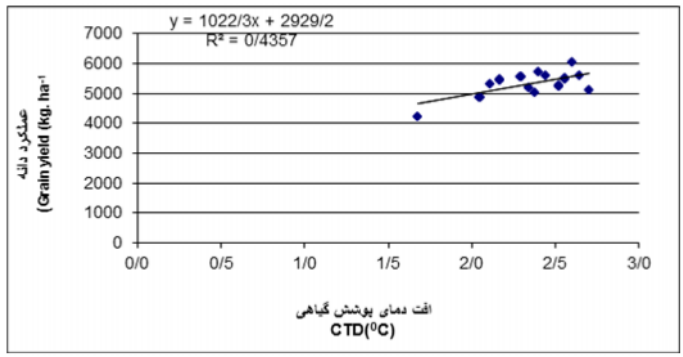
[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-09-05]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1392.15.2.3.3]

اختصاص دادند. محققان دیگری نیز از پایداری غشای سلولی به عنوان معیاری جهت انتخاب ژنوتیپ‌های متحمل به تنش خشکی و گرما استفاده کرده‌اند (Blum *et al.,* 2001; Rahman *et al.,* 2006).

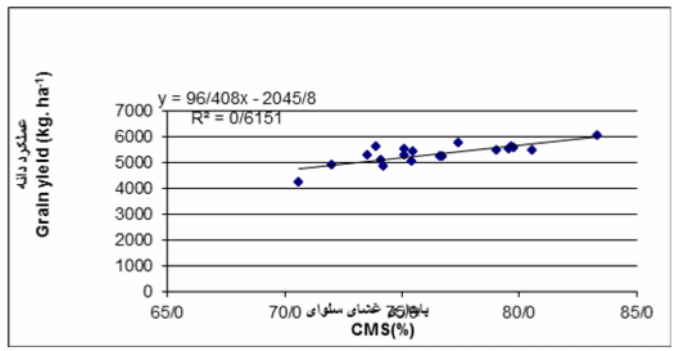
در مجموع ژنوتیپ‌های باعملکرد بالاتر، از محتوای نسبی آب برگ پرچم، افت دمای پوشش گیاهی و پایداری غشای سلولی بالاتری نیز برخوردار بودند. بالاتر بودن محتوای آب نسبی در ارقام متحمل به تنش گندم توسط سایر محققان نیز گزارش شده است (Jabari, 2004). یکی از دلایل بیشتر بودن عملکرد دانه لاین ۶ در آزمایش‌های تنش ملایم و شدید می‌تواند به دارا بودن افت دمای پوشش گیاهی و پایداری غشای سلولی بیشتر آن مربوط باشد (جدول۳).

برای تعیین شاخص‌های مناسب و بررسی ارتباط بین شاخص‌های تحمل خشکی و عملکرد در شرایط بدون تنش وتنش خشکی، ضرایب همبستگی ساده محاسبه و نتایج مربوطه در جدول‌های ۶ و ۷ نشان داده شده است. شاخص‌های MP، STI و GMP بدلیل دارا بودن همبستگی مثبت و بسیار معنی‌دار با عملکرد دانه



شکل ۱- رابطه رگرسیونی بین اختلاف دمای پوشش گیاهی با عملکرد دانه ژنوتیپ‌های گندم در شرایط تنش شدید خشکی

Fig. 1. Regression between canopy temperature depression and grain yield of wheat genotypes under severe drought stress condition



شکل ۲- رابطه رگرسیونی بین پایداری غشا سلولی با عملکرد دانه ژنوتیپ‌های گندم در شرایط تنش شدید خشکی

Fig. 2. Regression between cell membrane stability (CMS) and grain yield of wheat genotypes under severe drought stress condition

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-09-05]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1392.15.2.3.3]

جدول۴- مقادیر شاخص‌های تحمل تنش خشکی برای ژنوتیپ‌های گندم در شرایط تنش شدید خشکی

Table 4. Drought tolerance indices for wheat genotypes in severe drought stress condition

No. of wheat genotypes	Yp	Ys1	Tol	MP	GMP	STI	SSI
1	7.116	4.228	2.887	5.672	5.485	0.558	1.476
2	7.372	4.856	2.516	6.114	5.984	0.664	1.241
3	7.447	5.420	2.027	6.433	6.353	0.748	0.990
4	7.331	5.571	1.760	6.451	6.391	0.757	0.873
5	6.986	5.295	1.691	6.140	6.082	0.686	0.880
6	7.863	6.057	1.806	6.960	6.901	0.883	0.835
7	7.877	5.733	2.144	6.805	6.720	0.837	0.990
8	7.648	5.540	2.108	6.594	6.509	0.785	1.002
9	7.633	5.211	2.422	6.422	6.307	0.737	1.154
10	7.151	5.492	1.659	6.322	6.267	0.728	0.843
11	6.987	5.603	1.384	6.295	6.257	0.726	0.720
12	7.234	4.881	2.353	6.058	5.942	0.655	1.183
13	7.140	5.097	2.043	6.119	6.033	0.675	1.040
14	7.234	5.273	1.961	6.254	6.176	0.707	0.986
15	7.518	5.233	2.285	6.375	6.272	0.729	1.105
16	6.971	5.528	1.444	6.250	6.208	0.714	0.753
17	7.751	5.466	2.285	6.608	6.509	0.785	1.072
18	7.202	5.611	1.591	6.406	6.357	0.749	0.803
19	7.084	5.029	2.055	6.057	5.969	0.660	1.055

جدول۵- مقادیر شاخص‌های تحمل تنش خشکی برای ژنوتیپ‌های گندم در شرایط تنش ملایم خشکی

Table 5. Drought tolerance indices for wheat genotypes under moderate drought stress condition

No. of wheat genotypes	Yp	Ys2	Tol	MP	GMP	STI	SSI
1	7.116	6.057	1.059	6.586	6.565	0.799	1.583
2	7.372	6.320	1.052	6.846	6.826	0.864	1.518
3	7.447	6.480	0.967	6.964	6.947	0.895	1.382
4	7.331	6.920	0.412	7.126	7.123	0.940	0.597
5	6.986	6.718	0.269	6.852	6.851	0.870	0.409
6	7.863	7.706	0.157	7.784	7.784	1.123	0.213
7	7.877	7.164	0.713	7.520	7.512	1.046	0.963
8	7.648	6.962	0.687	7.305	7.297	0.987	0.955
9	7.633	6.656	0.977	7.145	7.128	0.942	1.362
10	7.151	6.715	0.436	6.933	6.929	0.890	0.649
11	6.987	6.756	0.231	6.872	6.871	0.875	0.352
12	7.234	6.017	1.217	6.626	6.598	0.807	1.790
13	7.140	6.448	0.692	6.794	6.785	0.853	1.031
14	7.234	6.289	0.946	6.761	6.745	0.843	1.391
15	7.518	6.449	1.068	6.983	6.963	0.899	1.512
16	6.971	6.335	0.636	6.653	6.645	0.819	0.971
17	7.751	7.069	0.682	7.410	7.402	1.016	0.936
18	7.202	6.995	0.207	7.098	7.097	0.934	0.306
19	7.084	6.435	0.649	6.760	6.752	0.845	0.974

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-09-05]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1392.15.2.3.3]

جدول ۶- ضرایب همبستگی بین شاخص‌ها و عملکرد دانه ژنوتیپ‌های گندم در شرایط بدون تنش و تنش شدید خشکی (*n*=۱۹)

Table 6. Correlation coefficients between tolerance indices and grain yield in wheat genotypes under normal and severe drought stress condition (n=19)

	Y_{ps1}	Ys_1	TOL_{s1}	MP_{s1}	GMP_{s1}	STI_{s1}	SSI_{s1}	CTD_{s1}	CMS_{s1}
Y_p	1.00	0.40^{ns}	0.35^{ns}	0.78^{**}	0.72^{**}	0.73^{**}	0.15^{ns}	0.17ns	-
Ys_1		1.00	-0.72^{**}	-0.54^{**}	0.93^{**}	0.92^{**}	-0.84^{**}	0.66^{**}	0.78^{**}
TOL_{s1}			1.00	-0.31^{ns}	-0.41^{ns}	-0.39^{ns}	0.98^{**}	-0.39^{ns}	-0.25^{*}
MP_{s1}				1.00	0.99^{**}	0.99^{**}	-0.49^{*}	0.54^{*}	0.85^{**}
GMP_{s1}					1.00	0.99^{**}	-0.58^{**}	0.58^{**}	0.85^{**}
STI_{s1}						1.00	-0.56^{*}	0.57^{**}	0.85^{**}
SSI_{s1}							1.00	-0.62^{**}	-0.47^{*}
CTD_{s1}								1.00	0.46^{*}
CMS_{s1}									1.00

جدول ۷- ضرایب همبستگی بین شاخص‌ها و عملکرد دانه ژنوتیپ‌های گندم در شرایط بدون تنش و تنش ملایم خشکی (n=۱۹)

Table 7. Correlation coefficients between tolerance indices and grain yield in wheat genotypes under normal and moderate drought stress condition (n=19)

	Y_pS_2	Ys_2	$TOLs_2$	MPs_2	$GMP\ s_2$	STI_{s2}	SSI_{s2}	CTD_{s2}	CMS_{s2}
Yp	1.00	0.61^{**}	0.12^{ns}	0.90^{**}	0.85^{**}	0.90^{**}	0.06^{ns}	0.13^{ns}	-
Ys_2		1.00	-0.71^{**}	0.93^{**}	0.94^{**}	0.94^{**}	-0.74^{**}	0.23^{ns}	0.89^{**}
$TOL\ s_2$			1.00	-0.40^{ns}	0.42^{ns} –	-0.42^{ns}	0.99^{**}	0.21^{ns}	-0.65^{**}
$MP\ s_2$				1.00	0.99^{**}	1.00^{**}	-0.46^{*}	0.29^{ns}	0.88^{**}
$GMP\ s_2$					1.00	1.00^{**}	-0.48^{*}	0.29^{ns}	0.86^{**}
STI_{s2}						1.00	-0.48^{*}	0.30^{ns}	0.86^{**}
SSI_{s2}							1.00	-0.27^{ns}	-0.60^{**}
CTD_{s2}								1.00	0.50^{*}
CMS_{s2}									1.00

ns; Not significant — ns: غیر معنی‌دار

*,** Significant at 5% and 1% probability levels, respectively — *و**: به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد

در دو شرایط آبیاری بدون تنش و تنش خشکی (در هر دو آزمایش تنش ملایم و تنش شدید)، مناسب‌تر به نظر رسیدند، زیرا انتخاب مقادیر بالای این شاخص‌ها یعنی دستیابی به عملکرد بالا در آبیاری بدون تنش و تنش خشکی بود. میانگین عملکرد دانه در شرایط آبیاری بدون تنش و تنش خشکی ملایم و شدید و شاخص‌های MP، STI و GMP برای ژنوتیپ‌های مورد بررسی در جدول‌های ۴ و ۵ ارائه شده است. بر اساس شاخص تحمل تنش (STI)، مقادیر بالاتر این شاخص نشان دهنده تحمل بیشتر ژنوتیپ‌ها به تنش می باشد. بر اساس شاخص STI در آزمایش تنش ملایم، ژنوتیپ‌های ۶، ۷، ۸،۱۷ و در آزمایش تنش شدید، ژنوتیپ‌های ۶، ۷،۸، ۱۷، در مقایسه با سایر ژنوتیپ‌ها از تحمل تنش بیشتری برخوردار بودند. ژنوتیپ‌های یاد شده ضمن احراز بالاترین مقادیر شاخص STI در بین ژنوتیپ‌های مورد آزمایش، از لحاظ عملکرد نیز در هر دو شرایط بدون تنش و تنش در گروه ژنوتیپ‌های پر محصول قرار داشتند. در آزمایش تنش ملایم ژنوتیپ‌های۱، ۱۲، ۱۴،۱۶ و در آزمایش تنش شدید ژنوتیپ‌های ۱، ۱۲، ۱۹،۵ ، بر اساس این شاخص به عنوان حساس‌ترین ژنوتیپ‌ها شناخته شدند (جدول‌های ۴ و ۵).

بر اساس شاخص بهره‌وری (MP)، ژنوتیپ‌هایی متحمل‌تر می‌باشند که مقادیر بیشتری از این شاخص را

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-09-05]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1392.15.2.3.3]

کسب نموده باشند (Rosielle and Hamblin, 1981). بر همین اساس به ترتیب ژنوتیپ‌های ۶، ۷، ۸،۱۷ درهر دو آزمایش تنش ملایم و تنش شدید به عنوان متحمل‌ترین ژنوتیپ‌ها و ژنوتیپ‌های ۱، ۱۲، ۱۶، ۱۹، در تنش ملایم و ژنوتیپ‌های ۱، ۱۲، ۲،۱۹ در تنش شدید با کسب کمترین مقدار از این شاخص، به عنوان حساس‌ترین ژنوتیپ‌ها شناخته شدند (جدول‌های ۴ و ۵).

بر اساس شاخص میانگین هندسی عملکرد (GMP)، ژنوتیپ‌هایی متحمل‌تر محسوب می‌شوند که مقادیر بیشتری از شاخص فوق را داشته باشند (Fernandez, 1992). براین اساس ژنوتیپ‌های ۶، ۷، ۱۷، ۸ درهر دو آزمایش تنش ملایم و تنش شدید به عنوان متحمل‌ترین و ژنوتیپ‌های ۱، ۱۲، ۱۶، ۱۴، در تنش ملایم و ژنوتیپ‌های ۱، ۱۲، ۱۹، ۲، به عنوان حساس‌ترین ژنوتیپ‌ها شناسایی شدند (جدول‌های ۴ و ۵).

بر اساس شاخص حساسیت به تنش (SSI) که بیشتر جهت حذف ژنوتیپ‌های حساس استفاده می‌شود و هر ژنوتیپی که مقادیر بالاتری از این شاخص را به خود اختصاص دهد، در برابر تنش حساس‌تر می باشد (Fischer and Maurer, 1978). براساس این شاخص، در آزمایش تنش ملایم ژنوتیپ‌های ۶، ۱۸، ۵،۱۱ و در آزمایش تنش شدید ژنوتیپ‌های ۱۱، ۱۶، ۶،۱۸ در مقایسه با سایر ژنوتیپ‌ها از وضعیت مطلوب‌تری برخوردار بودند و مقدار کمتری از شاخص یاد شده را به خود اختصاص داده و به عنوان برترین ژنوتیپ‌ها شناخته شدند و ژنوتیپ‌های ۱۲، ۱، ۲، ۱۵، در آزمایش تنش ملایم و ژنوتیپ‌های ۱، ۲، ۹،۱۲ در آزمایش تنش شدید نیز با دارا بودن بیشترین مقدار از این شاخص به عنوان حساس‌ترین ژنوتیپ‌ها شناخته شدند (جدول‌های ۴ و ۵). بر اساس شاخص تحمل (TOL) که به صورت اختلاف بین عملکرد تحت شرایط بدون تنش و تنش تعریف شده است، ژنوتیپ‌هایی متحمل‌تر محسوب می‌شوندکه مقادیر کمتری از شاخص فوق را داشته باشند (Rosielle and Hamblin, 1981). با استفاده از این شاخص، ژنوتیپ‌های ۶، ۱۱، ۵،۱۸ در آزمایش تنش ملایم و در آزمایش تنش شدید ژنوتیپ‌های ۱۱، ۱۶، ۱۰،۱۸ برترین ژنوتیپ‌ها از نظر تحمل خشکی در مقایسه با سایر ژنوتیپ‌ها بودند، چون کمترین مقدار از این شاخص را به خود اختصاص داده بودند، ولی ژنوتیپ‌های ۱۲، ۱۵، ۲، ۱، در آزمایش تنش ملایم و ژنوتیپ‌های ۱، ۲، ۹،۱۲ در آزمایش شدید، بیشترین مقدار از این شاخص را داشتند و در نتیجه حساس‌ترین ژنوتیپ‌ها بودند (جدول‌های ۴ و ۵). در مجموع با در نظر گرفتن تمام شاخص‌های حساسیت و تحمل خشکی و همچنین عملکرد دانه در دو شرایط بدون تنش و تنش خشکی، ژنوتیپ شماره ۶ به عنوان متحمل‌ترین ژنوتیپ به هر دو تنش خشکی ملایم و شدید مشخص گردید و ژنوتیپ‌های ۱،۱۲،۲ به عنوان حساس‌ترین ژنوتیپ به هردو تنش خشکی ملایم وشدید شناسایی گردیدند.

بر اساس نتایج تجزیه همبستگی (جدول‌های ۶ و ۷) سه شاخص MP، GMP و STI بیشترین همبستگی را با یکدیگر و باعملکرد دانه در شرایط تنش و بدون تنش داشتند که به عنوان مناسب‌ترین شاخص‌ها برای ارزیابی تحمل تنش خشکی در این آزمایش در نظر گرفته شدند و می‌توانند برای دستیابی به ارقام با عملکرد بالا در هر دو محیط بکار روند و ژنوتیپ‌هائی که بالاترین مقدار را در این سه شاخص دارا باشند به عنوان متحمل‌ترین ژنوتیپ‌ها شناسایی و انتخاب می‌شوند. نکته دیگر در این آزمایش، تشابه بسیار بالای شاخص‌های TOL و SSI و نیز شاخص‌های STI وMP و GMP در گزینش ژنوتیپ‌های برتر بود. شفازاده و همکاران (Shafazadeh *et al*., 2001) نیز در آزمایش خود بر روی ارقام گندم نان نتیجه گرفتند که شاخص‌های STI، MP و GMP همبستگی مثبت و بسیار معنی‌داری با عملکرد ارقام در شرایط تنش خشکی و آبیاری بدون تنش داشته و به همین دلیل مناسب‌ترین شاخص‌ها برای غربال کردن ارقام دارای پتانسیل عملکرد بالا و متحمل به تنش خشکی می‌باشند. نتایج

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-09-05]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1392.15.2.3.3]

حاصله از تحقیق حاضر با یافته‌های آنها مطابقت دارد. عملکرد نسبی ارقام و لاین‌ها در شرایط تنش خشکی و بدون تنش علاوه بر صفات مورفولوژیک، فنولوژیک و فیزیولوژیک در محاسبه شاخص‌های تحمل تنش مورد استفاده بسیاری از محققان قرار گرفته است (Rosielle and Hamblin , 1981 ; Fernandez , 1992).

بر اساس جدول ۶ همبستگی مثبت و اکثراً معنی‌داری در شرایط تنش شدید خشکی بین عملکرد دانه و افت دمای پوشش گیاهی و پایداری غشای سلولی و از طرفی بین شاخص‌های STI و MP و GMP و صفات پایداری غشای سلولی و افت دمای پوشش گیاهی در شرایط تنش شدید وجود داشت. به نظر می‌رسد که دو صفت اختلاف دمای پوشش گیاهی و پایداری غشای سلولی می‌توانند به عنوان معیاری جهت گزینش ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی درنظر گرفته شوند. ارتباط بین افت دمای پوشش گیاهی با عملکرد دانه و ارتباط بین پایداری غشای سلولی با عملکرد دانه در شرایط تنش شدید به ترتیب در شکل‌های ۱ و ۲ نشان داده شده است. کریم زاده و محمدی (Karimzadeh and Mohamadi, 2011) نیز در آزمایش خود روی گندم‌های دوروم همبستگی بین افت دمای پوشش گیاهی با شاخص‌های STI و MP و GMPرا در شرایط تنش خشکی گزارش نمودند. ژنوتیپ شماره ۶ از نظر افت دمای پوشش گیاهی و پایداری غشای سلولی بالاترین و ژنوتیپ‌های ۱، ۲ و ۱۲ کمترین عدد را در شرایط تنش شدید به خود اختصاص دادند (جدول۳). در مجموع با در نظر گرفتن شاخص‌های فیزیولوژیک و کلیه شاخص‌های حساسیت و تحمل خشکی و همچنین عملکرد دانه در دو شرایط بدون تنش و تنش خشکی ، ژنوتیپ‌های ۱،۱۲،۲ که به ترتیب ارقام شهریار و الوند و لاین Basswood/MV17 بودند به عنوان حساس‌ترین ژنوتیپ‌ها به هر دو تنش خشکی ملایم وشدید شناسایی گردیدند و ژنوتیپ شماره ۶ که حاصل تلاقی رقم گندم پیشتاز با رقم فرانسوی گاسپارد می باشد (Pishtaz*2/Gaspard)به عنوان متحمل‌ترین ژنوتیپ به هر دو تنش خشکی ملایم و شدید مشخص گردید و به عنوان بهترین ژنوتیپ انتخاب وجهت معرفی به کشاورزان در آزمایشات Onfarm در شرایط زارعین در نظر گرفته شد.

منابع مورد استفاده

References

Ahmadi, J., H. Zaynali Khaneghah, M. A., Rostami and R. Choukan. 2000. Study on drought tolerance in late maturity grain corn hybrids. Iran. J. Crop Sci. 31(4): 891-907. (In Persian with English abstract).

Altenbach, S. B., F. M. DuPont, K. M. Kothari, R. Chan, E. L. Johnson and D. Lieu. 2003. Temperature, water and fertilizer influence the timing of key events during grain development in a US spring wheat. J. Cereal Sci. 37: 9–20.

Barrs, H. D. 1968. Determination of water deficits in plant tissues. In: Kozlowski, T. T. (Ed.) Water Deficits and Plant Growth, Vol. I. p. 235–368. New Delhi, Academic Press.

Blum, A. 1998. Improving wheat grain filling under stress by stem reserve mobilization. Euphytica, 100: 77-83.

Blum, A., N. Klueva and H. T. Nguyen. 2001. Wheat cellular thermotolerance is related to yield under stress. Euphytica, 117: 117-123.

Bray, E. A. 1997. Plant response to water deficit trends. Plant Sci. 2: 48-54.

Dulai, S., I. Molnar, J. Pronay, A. Csernak, R. Tarnai, and M. Molnár-Láng. 2006. Effects of drought on

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-09-05]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1392.15.2.3.3]

photosynthetic parameters and heat stability of PSII in wheat and in *Aegilops* species originating from arid habitats. Acta Biologica Szegediensis, 50: 11–17.

Fernandez, G. C. 1992. Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. PP. 257-270. In Proceeding of the International Symposium on Adaptation of Vegetables and other Food Crops in Temperature and Water Stress. 13-16 Aug. 1992, Taiwan.

Fischer, R. A., K. D. Rees, D. Sayre, Z. M. Lu, A. G. Condon and A. Larque Saavedra. 1998. Wheat yield progress associated with higher stomatal conductance and photosynthetic rate and cooler canopies. Crop Sci. 38: 1467-1475.

Fischer, R.A. and R. Maurer. 1978. Drought resistance in spring wheat cultivars. I- Grain yield responses. Aust. J. Agric. Res. 29: 897-912.

Fokar, M., A. Blum and H. T. Nguyen. 1988. Heat tolerance in spring wheat. II. Grain filling. Euphytca, 104: 9-15.

Gupta, V. S. 1995. Production and Improvement of Crop for Drylands. Oxford and IBH pub. Co. New Delhi. 431Pp.

Jabari, F. 2004. Evaluation of some physiological stress resistance mechanisms in drought sensitive and resistance in wheat cultivars. Ph.D. Thesis .University of Tehran. (In Persian).

Jalal Kamali, M. R., H. Asadi and T. Najafi Mirak. 2009. Irrigated and rainfed wheat research strategic program. Agricultural Research, Education and Extension Organization. 345pp. (In Persian).

Ji, X., B. Shiran, J. Wan, D. C. Lewis, C. L. D. Jenkins, A. G. Condon, R. A. Richards and R. Dolferus. 2010. Importance of pre-anthesis anther sink strength for maintenance of grain number during reproductive stage water stress in wheat. Plant Cell Environ. 33: 926–942.

Kardavani, P. 1988. The Arid Lands. University of Tehran. Press (In Persian).

Karimizadeh, R. and M. Mohammadi. 2011. Association of canopy temperature depression with yield of durum wheat genotypes under supplementary irrigated and rainfed conditions. Aust. J. Crop Sci. 5(2): 138-146.

Mitra, J. 2001. Genetics and genetic improvement of drought tolerance in crop plants. Curr. Sci. 80: 758-762.

Munjal, R. and K. Rana. 2003. Evaluation of physiological traits in wheat for terminal high temperature tolerance. Proceeding of the 10th International Wheat Genetics Symposium, September 1-6, Italy, Vol. 2, Sec. 3, Classical and Molecular Breeding, 804-805.

Nayyar, H. and D. Gupta. 2006. Differential sensitivity of C3 and C4 plants to water deficit stress: Association with oxidative stress and antioxidant. Environ Exp. Bot. 58: 106-113.

Pessarkli, M. 1999. Hand Book of Plant and Crop Stress. Marcel Dekker Inc.1254 pp.

Rahman, M., A.Tabassam, M. Kazi and Y. Zafar. 2006. A step towards wheat genome initiative studies to combat drought in Pakistan using DNA fingerprinting tool. International Symposium on Strategies for Crop

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-09-05]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1392.15.2.3.3]

Improvement Against Abiotic Stresses. September 18-20, Department of Botany, University of Agriculture, Faisalabad, Pakistan, pp: 15.

Rang, Z. W., S. V. K. Jagadish, Q. M. Zhou, P. Q. Craufurd and S. Heuer. 2011. Effect of high temperature and water stress on pollen germination and spikelet fertility in rice. Environ. Exp. Bot. 70: 58–65.

Reynolds, M., B. Skovmand R. Terthowan and W. Pfeiffer. 1999. Evaluating a conceptual model for drought tolerance. Workshop on Molecular Approaches for the Genetic Improvement of Cereals for Stable Production in Water-Limited Environments, June 21-25, CIMMYT. Mexico, DF, Mexico.

Reynolds, M. P, J. I. Ortiz-Monasterio and A. Mcnab. 2001. Application of Physiology in Wheat Breeding. CIMMYT, El Batan, Mexico. 240 pp.

Rosielle, A. T. and J. Hamblin. 1981. Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress environments. Crop Sci. 21: 943-945.

Shafazadeh, M. K., A. Yazdansepas, A. Amini and M. R. Gannadha. 2001. Study of terminal drought tolerance in promising winter and facultative wheat *(Triticum.aestivum* L.*)* genotypes using stress susceptibility and tolerance indices. Seed Plant J. 20: 57-71. (In Persian with English abstract).

Shifera, B. and A. Baker. 1999. An evaluation of drought screening techniques. Eragrostis tef. In: Proceeding of New Genetic Approaches to Crop Improvement 11. Naqvi, S. S. M. (Ed.). Pp: 469-496.

Smith, R. C. G., H. D. Barrs and J. L. Steiner. 1986. Alternative models for predicting the foliage-air temperature difference of well irrigated wheat under variable meteorological conditions. Irrig. Sci. 7: 225-236.

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-09-05]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1392.15.2.3.3]

Evaluation of physiological traits in winter and facultative bread wheat genotypes under terminal drought stress conditions

A. R. Koocheki[1], A. Yazdansepas[2] and U. Mahmadyorov[3]

ABSTRACT

A. R. Koocheki, A.Yazdansepas and U. Mahmadyorov. 2013. Evaluation of physiological traits in winter and facultative bread wheat genotypes under terminal drought stress conditions**. Iranian Journal of Crop Sciences. 15(2):121 -135. (In Persian).**

Drought stress is the most limiting factor for agricultural production in arid and semi-arid regions, therefore development of drought tolerant varieties in wheat breeding programs is in top priority. This experiment was conducted to compare 19 facultative and winter wheat genotypes under normal irrigation and anthesis (S1) and post-anthesis (S2) drought stress conditions, as split plot arrangements in randomized complete blocks design with three replications at Karaj agricultural research station of Iran in 2008-11 cropping seasons. Drought stress affected grain yield, Harvest index (HI), leaf relative water content (RWC), canopy temperature depression (CTD), chlorophyll (CHL) and cell membrane stability (CMS). Results showed that genotypes with high grain yield also had higher leaf relative water content (RWC), canopy temperature depression (CTD) and cell membrane stability (CMS). Under S1 drought stress condition, grain yield had significant positive correlation with cell membrane stability (CMS) and canopy temperature depression (CTD), therefore, cell membrane stability and canopy temperature depression could be used for selection of tolerant genotypes. Among the genotypes, genotype no. 6 had higher cell membrane stability and canopy temperature depression than the others. Tolerance and susceptibility of the genotypes to drought stress were assessed using STI, SSI, TOL, MP and GMP. Considering grain yield, physiological traits and stress susceptibility indices in three conditions, genotype no. 6 (Pishtaz*2/Gaspard) was identified as the most tolerant genotype and was selected for on-farm trials.

Key words: Drought stress, Physiological traits, Susceptibility and Tolerance indices and Wheat.

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-09-05]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1392.15.2.3.3]

Received: April 2012, Accepted: March 2013,

1- Researcher, Seed and Plant Improvement Institute, Karaj, Iran (Corresponding author) (Email: arkoocheki@yahoo.com)
2- Associate Prof., Seed and Plant Improvement Institute, Karaj, Iran
3- Prof. Agricultural University of Tajikistan, Dushanbe, Tajikistan