



تأثیر تنش خشکی ملایم آخر فصل رشد بر ویژگی‌های زراعی ارقام گندم

اکبر قندی^۱ و *امیر هوشنگ جلالی^۲

^۱ کارشناس ارشد زراعت و عضو هیأت علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان،

^۲ دکترای زراعت و عضو هیأت علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان

تاریخ دریافت: ۹۱/۰۹/۲۹؛ تاریخ پذیرش: ۹۱/۱۱/۲۸

چکیده

به منظور بررسی تأثیر تنش خشکی در آغاز ظهور سنبله‌ها بر عملکرد و اجزای عملکرد ۸ رقم گندم، پژوهشی در سال ۱۳۸۷ در دو منطقه اصفهان و اردستان با استفاده از آزمایش کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار انجام شد که در آن دو تیمار آبیاری معمول و تنش خشکی آخر فصل عامل اصلی، و ۸ رقم گندم عامل فرعی را تشکیل دادند. در منطقه اصفهان و در شرایط رطوبت کافی، لاین امیدبخش SW-82-9 و رقم پیشتاز به ترتیب با عملکردهای ۱۰۵۰۰ و ۱۰۶۳۰ کیلوگرم در هکتار به طور معنی‌دار عملکرد بیش‌تری نسبت به سایر ارقام تولید نمودند، اما در شرایط تنش خشکی به ترتیب ۸ و ۱۴/۹ درصد افت عملکرد داشتند. افت عملکرد لاین امیدبخش SW-82-9 و رقم پیشتاز در شرایط تنش خشکی در منطقه اردستان به ترتیب معادل ۱۶/۳ و ۱۵/۸ درصد بود. در شرایط تنش خشکی در دو منطقه اصفهان و اردستان، تعداد دانه در سنبله و شاخص برداشت لاین امیدبخش SW-82-9 به ترتیب برابر بود با (۳۳/۸ و ۲۸/۳) و (۰/۴۹ و ۰/۴۴). شاخص تحمل به تنش در منطقه اصفهان دامنه‌ای از ۰/۷۱-۱/۳۴ و در منطقه اردستان دامنه‌ای از ۰/۵۶-۱/۲۲ داشت. با توجه به نتایج هر سه شاخص، تحمل به تنش، شاخص میانگین تولید و میانگین هندسی عملکرد، لاین امیدبخش SW-82-9 در شرایط تنش خشکی آخر فصل رشد، می‌تواند عملکرد مشابه رقم پرمحصولی مثل پیشتاز داشته و بنابراین پتانسیل کشت در دو منطقه اصفهان و اردستان را دارا می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: اجزای عملکرد، تنش خشکی، شاخص تحمل به خشکی، گندم.

* مسئول مکاتبه: Jalali51@yahoo.com

مقدمه

در نواحی خشک و نیمه‌خشک جهان دوره‌هایی که محصولات زراعی با کمبود آب مواجه می‌گردند، به دفعات رخ داده و بروز تنش رطوبتی غیرقابل اجتناب است (لاو و همکاران، ۲۰۰۰). در شرایط مزرعه و به‌ویژه در مناطقی با آب و هوای مدیترانه‌ای به دلیل حضور انواع تنش‌های محیطی، واکنش گیاه به تنش خشکی از پیچیدگی خاصی برخوردار است، اما کاهش فتوسنتز و رشد از عمومی‌ترین موارد مشاهده شده در این نواحی است (چاوز و همکاران، ۲۰۰۲). اثرات تنش رطوبتی به مرحله‌ای از رشد گیاه که با کمبود رطوبت مواجه می‌گردد، بستگی دارد (لوپز و همکاران، ۲۰۰۳) اما واکنش ژنوتیپ مختلف به تنش رطوبت متفاوت است (دنسیس و همکاران، ۲۰۰۰).

تأثیر تنش رطوبتی بر عملکرد محصولات زراعی همواره مورد توجه پژوهش‌گران بوده است، به‌عنوان مثال در مقایسه ژنوتیپ‌های مختلف گندم در اردبیل، کاهش دو نوبت آبیاری پس از ظهور سنبله‌ها، بررسی گردید. در این پژوهش ژنوتیپ اس ج- یو ۱۷۰۶۷^۱ با میانگین عملکردی معادل ۶۷۵۰ کیلوگرم در هکتار کم‌ترین کاهش عملکرد را داشت (نوری‌قنبلانی و همکاران، ۲۰۰۹). وزن هزاردانه، شاخص برداشت و وزن ویژه برگ از جمله صفاتی بودند که تحت تأثیر تنش خشکی قرار نگرفتند. دوره پر شدن دانه‌ها نیز از مراحل است که می‌تواند تحت تأثیر تنش رطوبتی قرار گیرد، اما واکنش ارقام مختلف در این رابطه یکسان نیست. در پژوهشی که در همین مورد انجام شد، با توجه به معنی‌دار شدن اثر سال، رقم‌های روشن، الوند و ام- ۷۹-۴^۲ در یک سال آزمایش و رقم‌های آزادی، مروشت و ام- ۷۹-۱۷^۳ در هر دو سال آزمایش به‌عنوان متحمل‌ترین ژنوتیپ‌ها معرفی شدند (احمدی و همکاران، ۲۰۰۶). حساس‌ترین مرحله رشدی گندم به تنش رطوبتی فاصله زمانی بین ایجاد برجستگی دوگانه^۴ تا گرده‌افشانی است که می‌تواند تأثیر منفی بر تعداد سنبلچه و تعداد دانه در سنبلچه داشته باشد (ریو و همکاران، ۱۹۹۹).

برای بیان کمی تأثیر تنش رطوبتی تاکنون شاخص‌های زیادی توسط پژوهش‌گران پیشنهاد شده است (فیشر و مائورر، ۱۹۷۸؛ یاداو و باتناگار، ۲۰۰۱). شاخص تحمل به تنش یکی از این شاخص‌ها است. شاخص تحمل به تنش بالاتر و پایین‌تر از یک به ترتیب بیانگر تحمل بالا و تحمل پایین‌تر از حد

- 1- SG-U7067
- 2- M-79-4
- 3- M-79-17
- 4- Double Ridges

میانگین، یک ژنوتیپ به تنش خشکی است (گوتری و همکاران، ۲۰۰۰). دو شاخص میانگین تولید و میانگین هندسی عملکرد نیز از جمله شاخص‌هایی هستند که در شرایط تنش خشکی مورد استفاده قرار می‌گیرند (سی و سه مرده و همکاران، ۲۰۰۶). در پژوهشی که با هدف بررسی تکنیک‌های مختلف جداسازی ژنوتیپ‌ها در شرایط تنش رطوبتی بر روی ۱۵ ژنوتیپ گندم دوروم انجام گرفت، شاخص تحمل به تنش دامنه‌ای از ۱/۴۲۷-۰/۴۹۷ داشت و دو رقم سرداری و زرداک شاخص تحمل به تنش مساوی و معادل ۰/۷۹۳ داشتند (محمدی و همکاران، ۲۰۱۰).

استان اصفهان با سطح زیرکشتی معادل ۸۸ هزار هکتار گندم آبی و متوسط عملکرد ۴۱۰۰ کیلوگرم در هکتار یکی از استان‌های غله‌خیز کشور محسوب می‌شود (آمارنامه کشاورزی، ۲۰۰۷). آب و هوای خشک و نیمه‌خشک نواحی مرکزی ایران از یک‌سو و وجود محصولات بهاره موجود در تناوب‌ها که رقیب اصلی آب در زمان تشکیل سنبله و پر شدن دانه‌های گندم محسوب می‌شوند، ضرورت پژوهش و معرفی ژنوتیپ‌هایی متحمل به خشکی را در استان اصفهان و بسیاری از مناطق کشور خاطر نشان می‌سازد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در شهرستان اردستان (۳۲ درجه و ۴۳ دقیقه شمالی و ۴۹ درجه و ۳۹ دقیقه شرقی، ارتفاع ۱۲۰۹ متر) واقع در ۱۲۵ کیلومتری شمال شرق اصفهان و شهرستان اصفهان (۳۳ درجه و ۳۳ دقیقه شمالی و ۵۱ درجه و ۲۳ دقیقه شرقی، ارتفاع ۱۶۳۰ متر) انجام شد. آزمایش به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار اجرا گردید. دو تیمار آبیاری (آبیاری به صورت معمول و تنش خشکی) عامل اصلی و ۸ رقم گندم شامل روشن، یک‌کراس روشن، لاین امیدبخش SW-82-9، پيشتاز، کرج ۱، امید، الوند و کویر عامل فرعی را تشکیل دادند. تاریخ کشت در دو شهرستان اردستان و اصفهان به ترتیب هشتم آبان و بیستم آبان‌ماه در نظر گرفته شد. قبل از اجرای آزمایش و کاشت، کرت‌های اصلی آزمایش در محل اجرای طرح مشخص و براساس آزمون خاک ۱۵۰ کیلوگرم کود پتاسیم (به صورت سولفات پتاسیم) و ۱۰۰ کیلوگرم کود فسفر (به صورت سوپر فسفات تریپل) در منطقه اردستان قبل از کشت مصرف شد. در منطقه اصفهان مقدار مشابهی کود فسفر و ۵۰ کیلوگرم کود پتاسیم کم‌تر نسبت به منطقه اردستان مصرف شد. در مصرف کود نیتروژن و انجام تیمارهای آبیاری از روش ده‌دهی زیداکس (زیداکس و همکاران، ۱۹۷۴) استفاده گردید. در هر دو منطقه ۲۸۰ کیلوگرم کود نیتروژن در هکتار (به صورت اوره) در ۳ مرحله دوبرگی (زیداکس ۱۲)، ساقه

روی (زیداکس ۲۲) و قبل از ظهور سنبله‌ها (زیداکس ۵۵-۵۰) با نسبت تقسیم مساوی استفاده شد. برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل‌های آزمایش در جدول ۱ و آمار دما و بارش دو منطقه مورد مطالعه در شکل (۱) نشان داده شده است. در هر دو منطقه از اواخر اسفند تا پایان دوره رشد بارندگی مؤثری وجود نداشت. هر کرت شامل ۸ ردیف کاشت به طول ۳ متر و فاصله ۲۰ سانتی‌متر بود و عملیات کاشت به صورت دستی انجام شد. فاصله ۱ متری بین هر دو کرت اصلی در نظر گرفته شد. تراکم کاشت برای همه ژنوتیپ‌ها ۴۰۰ بذر در مترمربع بود. آبیاری تا ابتدای مرحله ظهور سنبله‌ها (زیداکس ۶۰-۵۵) برای همه کرت‌ها یکسان بود. بعد از این مرحله برای کرت‌های با تنش خشکی، آبیاری زمانی انجام شد که علائم تنش رطوبتی (لوله شدن برگ‌ها) در اوایل صبح در کرت‌ها مشاهده شد و پتانسیل آب برگ به ۸-۱۰ بار رسید (سینگ و همکاران، ۱۹۹۲). کرت‌های با تنش خشکی در مقایسه با کرت‌هایی که به صورت معمول آبیاری شده بودند دو نوبت آب کم‌تر دریافت کردند (آبیاری معمول و تنش خشکی به ترتیب ۵ و ۳ نوبت آبیاری). در کرت‌های با آبیاری معمول پس از ظهور سنبله‌ها (زیداکس بزرگ‌تر از ۶۰) تقریباً هر ۸ روز یک‌بار آبیاری انجام گردید. در هر کرت فرعی ۲ ردیف کناری و ۵۰ سانتی‌متر از ابتدا و انتهای ردیف‌ها به عنوان حاشیه در نظر گرفته شد و اندازه‌گیری برای صفات وزن هزاردانه، تعداد دانه در سنبله، طول سنبله و تعداد سنبله بارور از قسمت‌های باقی‌مانده انجام گرفت.



شکل ۱- مقایسه دما و بارش دو منطقه اصفهان و اردستان در ماه‌های مختلف در سال آزمایش.

شاخص تحمل به تنش^۱ (فیشر و مائورر، ۱۹۷۸)، شاخص میانگین تولید (MP) و شاخص میانگین هندسی عملکرد (GMP) که جزو شاخص‌های مناسب برای محاسبه تنش‌های ملایم محسوب می‌گردند (سی و سه مرده و همکاران، ۲۰۰۶) با توجه به فرمول‌های زیر محاسبه شدند:

$$STI = Y_s \times Y_p / (\bar{Y}_p)^2 \quad MP = Y_s + Y_p / 2 \quad GMP = (Y_s \times Y_p)^{1/2}$$

در رابطه‌های بالا، Y_s ، Y_p و \bar{Y}_p به ترتیب عبارتند از عملکرد در شرایط تنش، عملکرد در شرایط بدون محدودیت آب و میانگین عملکرد کل ژنوتیپ‌ها در شرایط بدون محدودیت آب. برای اندازه‌گیری عملکرد از ۱ مترمربع وسط هر کرت استفاده شد. تجزیه آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS (سس، ۲۰۰۷) انجام و میانگین‌ها با آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال ۵ درصد مقایسه شدند.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس صفات مورد بررسی در جدول (۱) نشان داده شده است. دو منطقه آزمایش از نظر صفات عملکرد و اجزای عملکرد تفاوت معنی‌داری داشته و اثر متقابل (منطقه \times تنش خشکی) بر تمامی صفات اندازه‌گیری شده نیز از نظر آماری معنی‌دار بود. تنش خشکی تأثیر معنی‌داری بر عملکرد و اجزای عملکرد (به جز وزن هزاردانه) داشت. ارقام مختلف نیز واکنش متفاوت و معنی‌داری به تنش خشکی در دو منطقه مطالعه داشتند. اثر متقابل منطقه، تنش خشکی و ژنوتیپ‌های مورد استفاده، بر عملکرد، تعداد سنبله بارور، وزن هزاردانه و طول سنبله در سطح ۵ درصد و بر تعداد دانه در سنبله، طول پدانکل، شاخص برداشت و شاخص تحمل خشکی در سطح ۱ درصد از نظر آماری معنی‌دار بود. تفاوت معنی‌دار و قابل ملاحظه‌ای بین صفات اندازه‌گیری شده در دو منطقه مورد مطالعه وجود داشت (جدول ۱). در شهرستان اردستان عملکردهای مشاهده شده برای ارقام مختلف، به مراتب کم‌تر از منطقه اصفهان بود (جدول ۲). دماهای بالاتر در منطقه اردستان به‌ویژه در ماه‌های پس از فروردین از جمله عواملی است که با افزایش تنفس نگهداری^۲ موجب کاهش عملکرد گندم می‌گردد. افزایش تنفس نگهداری با افزایش دما بیش از ۲۰ درجه سانتی‌گراد در سایر پژوهش نیز مورد تأکید قرار گرفته است (گیفورد، ۱۹۹۵؛ ریان، ۱۹۹۱). از سوی دیگر دماهای بالا به‌ویژه در مراحل پس از گل‌دهی باعث کاهش طول مدت پرشدن دانه‌ها می‌گردد (ایوانز و فیشر، ۱۹۹۹) که در حقیقت واکنش طبیعی گیاه برای فرار از خشکی است. بافت خاک سبک‌تر و پتانسیل تبخیر و تعرق بیش‌تر منطقه اردستان نیز یکی دیگر از عوامل کاهش عملکرد دانه در این منطقه نسبت به منطقه اصفهان است.

1- Stress Susceptibility Index

2- Maintenance Respiration

جدول ۲ - مقایسه عملکرد دانه، تعداد سنبله، تعداد دانه در سنبله، طول سنبله، وزن هزار دانه و طول پدانکل در دو شرایط تأمین آب کافی و تنش رطوبتی در دو منطقه اصفهان و اردستان.

عملکرد (کیلوگرم در هکتار)	تعداد سنبله بارور		تعداد دانه در سنبله		طول سنبله (سانتی متر)		وزن هزار دانه (گرم)		طول پدانکل (سانتی متر)		رقم
	تعداد سنبله بارور	تعداد دانه در سنبله	طول سنبله (سانتی متر)	وزن هزار دانه (گرم)	طول پدانکل (سانتی متر)	تعداد سنبله بارور	تعداد دانه در سنبله	طول سنبله (سانتی متر)	وزن هزار دانه (گرم)	طول پدانکل (سانتی متر)	
روشن	۶۹۹ ^۲	۶۸۰ ^۲	۶۵۲ ^۲	۳۱۰۰ ^۲	۳۱۵۰ ^۲	۹۴۵ ^۲	۳۶۵۰ ^۲	۳۴۰ ^۲	۳۵۲۰ ^۲	۳۷۸۰ ^۲	۷۶۰۰ ^۲
مروغشت	۸۰۷۵ ^۲	۷۵۰ ^۲	۷۴۰ ^۲	۳۲۰۰ ^۲	۳۰۷۰ ^۲	۸۳۰ ^۲	۳۷۲۰ ^۲	۳۴۷۰ ^۲	۳۰۳۰ ^۲	۳۲۵۰ ^۲	۸۷۵۰ ^۲
لاین SW-82-9	۹۷۱۶ ^۲	۸۰۰ ^۲	۷۷۰ ^۲	۳۵۰۰ ^۲	۳۳۸۰ ^۲	۱۰۴۵ ^۲	۳۸۰۰ ^۲	۳۶۹۰ ^۲	۳۴۴۰ ^۲	۳۷۲۰ ^۲	۱۰۵۰۰ ^۲
پیششار	۹۲۵۲ ^۲	۸۱۵ ^۲	۷۹۰ ^۲	۳۵۰۰ ^۲	۳۳۸۰ ^۲	۱۰۱۰۰ ^۲	۳۸۲۰ ^۲	۳۴۷۰ ^۲	۳۳۳۰ ^۲	۳۵۸۰ ^۲	۱۰۶۳۰ ^۲
کرج ۱	۶۹۸۷ ^۲	۷۲۰ ^۲	۶۹۰ ^۲	۳۵۰۰ ^۲	۳۳۸۰ ^۲	۱۰۹۵ ^۲	۳۱۰۰ ^۲	۳۲۰۰ ^۲	۳۵۱۰ ^۲	۳۰۷۰ ^۲	۷۸۵۰ ^۲
امید	۷۳۰۸ ^۲	۶۹۰ ^۲	۶۵۸ ^۲	۳۳۰۰ ^۲	۳۲۰۰ ^۲	۸۷۰ ^۲	۳۷۱۰ ^۲	۳۵۶۰ ^۲	۲۸۵۰ ^۲	۳۰۷۰ ^۲	۸۱۲۰ ^۲
الوند	۷۲۶۰ ^۲	۷۴۰ ^۲	۷۱۵ ^۲	۳۳۰۰ ^۲	۳۱۱۰ ^۲	۸۹۰ ^۲	۳۳۶۰ ^۲	۳۲۱۰ ^۲	۳۰۵۰ ^۲	۳۲۲۰ ^۲	۸۲۵۰ ^۲
کوریر	۷۲۲۸ ^۲	۶۶۰ ^۲	۶۴۹ ^۲	۳۳۰۰ ^۲	۳۲۰۰ ^۲	۹۸۰ ^۲	۳۵۸۰ ^۲	۳۳۸۰ ^۲	۲۵۹۰ ^۲	۲۶۴۰ ^۲	۷۷۳۰ ^۲
LSD	۶۷۲	۱۱۲	۸۹	۱/۸۰	۱/۶۷	۰/۹۳	۶/۳۰	۶/۱۰	۴/۵۰	۴/۲۰	۱۲۵۰
میانگین	۷۸۵۲/۲	۷۳۱/۹	۷۰۸/۰	۳۳۷/۴۰	۳۲۲/۲۰	۹۴۰	۳۵۸/۰	۳۴۰/۰	۳۱۶/۲۰	۳۳/۵۰	۸۲۷۸/۷

ادامه جدول ۲ - مقایسه عملکرد دانه، تعداد سنبه، تعداد دانه در سنبه، طول سنبه، وزن هزاردانه و طول پدانکل در دو شرایط تأمین آب کافی و تنش رطوبتی در دو منطقه اصفهان و اردستان.

عملکرد (کیلوگرم در هکتار)	تعداد سنبه بارور		تعداد دانه در سنبه		طول سنبه (سانتی‌متر)		وزن هزار دانه (گرم)		طول پدانکل (سانتی‌متر)		رقم
	آب	تنش	آب	تنش	آب	تنش	آب	تنش	آب	تنش	
روشن	کافی	رطوبتی	کافی	رطوبتی	کافی	رطوبتی	کافی	رطوبتی	کافی	رطوبتی	۳۰۰ ^c
مروارفت	کافی	رطوبتی	کافی	رطوبتی	کافی	رطوبتی	کافی	رطوبتی	کافی	رطوبتی	۶۶۵ ^b
لاین SW-82-9	کافی	رطوبتی	کافی	رطوبتی	کافی	رطوبتی	کافی	رطوبتی	کافی	رطوبتی	۷۵۰ ^a
پیش‌تاز	کافی	رطوبتی	کافی	رطوبتی	کافی	رطوبتی	کافی	رطوبتی	کافی	رطوبتی	۷۷۳ ^a
کرج ۱	کافی	رطوبتی	کافی	رطوبتی	کافی	رطوبتی	کافی	رطوبتی	کافی	رطوبتی	۵۳۵ ^c
امید	کافی	رطوبتی	کافی	رطوبتی	کافی	رطوبتی	کافی	رطوبتی	کافی	رطوبتی	۶۰۲ ^b
الوند	کافی	رطوبتی	کافی	رطوبتی	کافی	رطوبتی	کافی	رطوبتی	کافی	رطوبتی	۶۲۰ ^b
کوبر	کافی	رطوبتی	کافی	رطوبتی	کافی	رطوبتی	کافی	رطوبتی	کافی	رطوبتی	۷۳۲ ^a
LSD	۸۳۰	۴۹۰	۷۳	۵۱	۱۳۰	۳۰/۴۰	۳۰/۴۰	۲۸/۵۰	۳۲/۲۰	۳۳/۲۰	۳۲/۸۰
میانگین	۶۵۰۸۷	۵۷۰۲/۵	۶۲۱/۶	۵۹۵/۶	۳۰/۴۰	۲۸/۵۰	۹۲/۲۰	۹۴/۰	۳۲/۲۰	۳۳/۲۰	۳۲/۸۰

در هر ستون میانگین‌هایی که حداقل در یک حرف مشترک هستند بر مبنای آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد بدون اختلاف معنی‌دار می‌باشند.

در منطقه اصفهان رقم پیشتاز و لاین امیدبخش SW-82-9 به ترتیب با عملکردهای ۱۰۶۳۰ و ۱۰۵۰۰ کیلوگرم در هکتار، بالاترین مقادیر عملکرد در شرایط بدون تنش رطوبتی را داشتند، اما بین این دو رقم از این نظر تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۲). سایر ارقام با داشتن دامنه عملکردی از ۷۶۰۰-۸۷۵۰ کیلوگرم در هکتار در شرایط بدون تنش رطوبتی در منطقه اصفهان، در یک گروه آماری قرار گرفتند. در شرایط تنش خشکی همه ارقام با افت عملکرد مواجه شدند.

در منطقه اصفهان، افت عملکرد در شرایط تنش خشکی نسبت به شرایط آب کافی در ارقام روشن، مرودشت، لاین امیدبخش SW-82-9، پیشتاز، کرج ۱، امید، الوند و کویر به ترتیب برابر با ۳/۷، ۸/۸، ۸/۰، ۱۴/۹، ۱/۳، ۱۱/۱، ۱۳/۶ و ۶/۹ درصد بود. در منطقه اردستان لاین امیدبخش SW-82-9 و دو رقم پیشتاز و کویر در شرایط بدون تنش به ترتیب عملکردهایی معادل ۷۵۰۰، ۷۷۳۰ و ۷۳۲۰ کیلوگرم در هکتار تولید نمودند که این عملکردها به‌طور معنی‌دار بیش از سایر ارقام مورد مطالعه بود. در شرایط تنش خشکی افت عملکرد این سه رقم به ترتیب برابر با ۱۶/۳، ۱۵/۸ و ۱۰/۶ درصد بود (جدول ۲). اگرچه افت ۱۰ درصدی عملکرد گندم در واکنش به تنش خشکی در مرحله ابتدای ظهور سنبله‌ها، در برخی از پژوهش‌ها گزارش گردیده است (بائودر، ۲۰۰۱)، مقدار افت عملکرد بستگی کامل به رقم گندم داشته (دنسیس، ۲۰۰۰) و عواملی مثل کندی رشد ساقه و ریشه (مؤمنی و همکاران، ۲۰۰۸)، افزایش تنفس نوری (لاولر، ۲۰۰۲) و یا کاهش مواد فتوسنتزی ساخته شده در واحد سطح برگ (پاسیورا، ۱۹۸۸) در شرایط تنش خشکی می‌توانند از دلایل افت عملکرد محسوب شوند. در پژوهشی که در آن ژنوتیپ گندم از نظر واکنش به تنش رطوبتی پس از گرده‌افشانی با یکدیگر مقایسه گردیدند، نه تنها ژنوتیپ‌های مختلف واکنش متفاوتی به تنش رطوبتی نشان دادند بلکه این واکنش در سال‌های مختلف پژوهش متفاوت بود (شفازاده و همکاران، ۲۰۰۴). به هر صورت، استفاده از ارقامی با پتانسیل بالای عملکرد در شرایط تنش‌های رطوبتی متوسط و همچنین استفاده از ارقام با پتانسیل عملکرد کم (کم‌تر از ۳ تن در هکتار) اما مقاوم به خشکی، در شرایط تنش‌های شدید رطوبتی، مورد توافق پژوهش‌گران است (محمدی و همکاران، ۲۰۱۰).

در شرایط تنش خشکی در منطقه اصفهان، داشتن تعداد سنبله بارور بیشتر، یکی از صفات مطلوب ارقام برای تولید عملکردهای بالاتر محسوب می‌گردد. لاین امیدبخش SW-82-9 و سه رقم پیشتاز، مرودشت و الوند به ترتیب با داشتن ۷۷۰، ۷۹۰، ۷۴۰ و ۷۱۵ سنبله بارور در هر مترمربع نسبت به سایر ارقام برتری معنی‌داری داشتند. اگرچه تعداد سنبله بارور در هر ۴ رقم در شرایط تنش خشکی

کمتر بود، اما این افت خیلی زیاد نبود (از ۳/۵-۱ درصد برای ۴ رقم ذکر شده). در منطقه اردستان و در شرایط تنش خشکی کمترین و بیشترین افت تعداد سنبله نسبت به شرایط بدون تنش به ترتیب مربوط به ارقام مرودشت (۱/۲ درصد) و روشن (۱۲/۶ درصد) بود (جدول ۲). معمولاً تنش‌های رطوبتی قبل از ظهور سنبله، با کاهش تعداد پنجه‌ها، باعث کاهش تعداد سنبله بارور و در نهایت عملکرد محصول می‌گردد. این امر ناشی از ویژگی خودتنگی^۱ است که در واکنش به کمبود منابعی مثل رطوبت رخ می‌دهد (چو و همکاران، ۲۰۱۰)، در حالی که در پژوهش‌هایی با تنش رطوبتی در اوایل ظهور سنبله‌ها (مشابه این پژوهش) با توجه به شدت تنش، تعدادی از سنبله‌ها به صورت کوچک باقی مانده و سنبلچه‌های آن‌ها بدون گلچه‌های بارور است. نتایج مشابهی در رابطه با تأثیر تنش رطوبتی در آخر فصل رشد و کاهش تعداد سنبله بارور، در ۱۶ لاین پیشرفته گندم (مؤمنی و همکاران، ۲۰۰۸) و ۱۰ رقم گندم (علی محمدی و همکاران، ۲۰۰۷) در شرایط آب و هوایی اصفهان گزارش شده است.

در شرایط رطوبت کافی در منطقه اصفهان، لاین امیدبخش SW-82-9 و دو رقم پیش‌تاز و کرج ۱ هر کدام با داشتن ۳۵ دانه در سنبله به‌طور معنی‌دار، تعداد دانه در سنبله بیشتری نسبت به سایر ارقام داشتند (جدول ۲). حفظ این ویژگی در شرایط تنش خشکی می‌تواند از عوامل برتری برخی از ارقام محسوب گردد. کاهش تعداد دانه در سنبله، در شرایط تنش خشکی خیلی شدید نبود (۳-۶ درصد برای ۳ رقم ذکر شده). این امر به دلیل زمان انجام تنش خشکی در این پژوهش است (ابتدای ظهور سنبله‌ها). در شرایط بدون تنش بر خلاف تنش خشکی، همبستگی مثبت و معنی‌داری بین تعداد دانه و عملکرد مشاهده شد (جدول ۳). به هر حال تنش خشکی در این پژوهش زمانی انجام شد که دانه‌ها در هر سنبلچه تشکیل شده بودند. روند تغییرات تعداد دانه در منطقه اردستان تا حدود زیادی با منطقه اصفهان مشابهت داشت (بر خلاف تعداد کم‌تر دانه)، با این تفاوت که تعداد دانه در رقم کویر در منطقه اردستان در اثر تنش خشکی تغییری نداشت و همین امر یکی از دلایل موفقیت این رقم در تولید عملکرد بالا بوده است. از نظر تعداد دانه در سنبله، حساس‌ترین مرحله رشدی گندم به تنش رطوبتی فاصله زمانی بین ایجاد برجستگی دوگانه تا گرده‌افشانی است (رویو و همکاران، ۱۹۹۹)، که معمولاً قبل از ظهور سنبله‌ها انجام شده و افت تعداد دانه پس از این مرحله به عقیم شدن گلچه‌ها نسبت داده می‌شود. نتایج مشابهی مبنی بر کاهش تعداد دانه در اثر تنش خشکی

1- Self-Thinning

پس از گل‌دهی در ژنوتیپ‌های گندم در شرایط آب و هوایی شیراز گزارش شده است (امام و همکاران، ۲۰۰۵). تحمل به تنش رطوبتی ۲۴ ژنوتیپ گندم قبل و بعد از گرده‌افشانی در استان اردبیل بررسی و نتایج به‌دست آمده نشان داد کاهش عملکرد، کاهش تعداد سنبله و کاهش تعداد دانه در هر سنبله در تنش رطوبتی قبل از گرده‌افشانی به شکل معنی‌داری بیش‌تر از تنش رطوبتی بعد از گرده‌افشانی بود (سنجری‌پیریواتلو و یزدان‌سپاس، ۲۰۰۸).

جدول ۳- ضرایب همبستگی صفات مختلف در شرایط معمول و تنش خشکی براساس داده‌های منطقه اصفهان.

ردیف	صفت	شرایط	۱	۲	۳	۴	۵	۶
۱	عملکرد	معمول	۱					
		تنش	۱					
۲	وزن هزاردانه	معمول	۰/۱۴۱ ^{ns}	۱				
		تنش	۰/۳۴۶ ^{ns}	۱				
۳	طول سنبله	معمول	۰/۲۸۱ ^{ns}	-۰/۳۱۱ ^{ns}	۱			
		تنش	۰/۳۰۷ ^{ns}	-۰/۲۲۹ ^{ns}	۱			
۴	تعداد دانه در سنبله	معمول	۰/۷۰۲ ^{**}	-۰/۴۰۱ ^{ns}	۰/۵۱۰ [*]	۱		
		تنش	۰/۱۴۲ ^{ns}	-۰/۳۴۳ ^{ns}	۰/۳۵۷ ^{ns}	۱		
۵	تعداد سنبله بارور	معمول	۰/۶۶۰ ^{**}	۰/۰۲۱ ^{ns}	۰/۱۰۶ ^{ns}	۰/۰۲۳ ^{ns}	۱	
		تنش	۰/۵۰۲ ^{ns}	۰/۲۲۴ ^{ns}	۰/۰۹۷ ^{ns}	-۰/۱۸۱ ^{ns}	۱	
۶	طول پدانکل	معمول	۰/۲۰۹ ^{ns}	۰/۱۵۰ ^{ns}	۰/۰۱۲ ^{ns}	۰/۱۵۱ ^{ns}	۰/۲۰۱ ^{ns}	۱
		تنش	۰/۵۱۰ [*]	۰/۴۲۰ [*]	۰/۰۴۱ ^{ns}	۰/۰۰۶ ^{ns}	۰/۱۰۹ ^{ns}	۱

* معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد، ** معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد و ^{ns} غیرمعنی‌دار.

در منطقه اصفهان و در شرایط بدون تنش، رقم پیشتاز، لاین امیدبخش SW-82-9، کرج ۱، روشن و کویر به‌ترتیب با طول سنبله ۱۰، ۱۰/۱، ۹/۸، ۹/۸ و ۹/۵ سانتی‌متر به‌طور معنی‌دار طول سنبله بیش‌تری نسبت به سایر ارقام مورد مطالعه داشتند (جدول ۲). در شرایط تنش خشکی نیز اگرچه روند مشابه با تیمار بدون تنش، در بین ارقام مشاهده گردید اما تمام ارقام یا تمایل به افزایش طول سنبله نسبت به شرایط بدون تنش داشتند و یا طول سنبله آن‌ها تفاوتی نکرد. روند مشابهی در منطقه اردستان نیز مشاهده گردید. در پژوهشی در استرالیا واکنش طول سنبله ارقام مختلف گندم به تنش رطوبتی

بررسی شد و عنوان گردید تغییرات طول سنبله بستگی کامل به نوع رقم داشته و ممکن است افزایش یا کاهش داشته باشد (ایزانلو و همکاران، ۲۰۰۸). در پژوهشی دیگر رابطه خاصی بین تنش رطوبتی و طول سنبله یافت نشد (احمدی و همکاران، ۲۰۰۶).

در هر دو منطقه مطالعه، کاهش نسبی وزن دانه‌ها در شرایط تنش خشکی نسبت به شرایط تأمین رطوبت کافی مشاهده گردید. بر خلاف کاهش نسبی وزن هزاردانه در شرایط تنش خشکی نسبت به شرایط معمول (جدول ۲)، همبستگی مثبت و معنی‌دار وزن هزاردانه با عملکرد دانه در شرایط تنش خشکی (جدول ۳) بیانگر اهمیت این جز از عملکرد در شرایط محدودیت رطوبت است. در منطقه اردستان به‌جز برای رقم کرج ۱ که با انجام تنش خشکی وزن دانه‌های آن افزایش یافت، روند مشابه با منطقه اصفهان مشاهده گردید (جدول ۲). در شرایط تنش خشکی مواد فتوسنتزی ذخیره شده در ساقه‌ها به‌عنوان منبعی برای تکمیل ظرفیت پر شدن دانه‌ها مطرح بوده و بنابراین وزن دانه‌ها کاهش نمی‌یابد (علی‌محمدی و همکاران، ۲۰۰۷؛ گنت، ۱۹۹۴)، هر چند گزارش‌هایی مبنی بر کاهش وزن دانه‌ها و ثابت باقی ماندن تعداد دانه در سنبله‌ها در اثر تنش رطوبتی پس از مرحله گرده‌افشانی نیز وجود دارد (پلائوت و همکاران، ۲۰۰۴).

در منطقه اصفهان لاین امیدبخش SW-82-9 و ارقام پیشتاز، کرج ۱ و روشن به‌ترتیب با طول پدانکل ۳۳/۳، ۳۴/۴ و ۳۵/۱ و ۳۵/۲ سانتی‌متر به‌طور معنی‌دار طول پدانکل زیادتری نسبت به سایر ارقام داشتند (جدول ۱). طول پدانکل در شرایط تنش خشکی دامنه‌ای از ۳۷/۸-۲۶/۴ سانتی‌متر داشت. تمام ارقام به‌جز رقم کرج ۱ در منطقه اصفهان و رقم روشن در منطقه اردستان طول پدانکل طول‌تری در شرایط تنش خشکی داشتند. همبستگی مثبت و معنی‌داری بین طول پدانکل و عملکرد دانه در شرایط تنش خشکی مشاهده شد (جدول ۳). با توجه به این‌که پدانکل، طول‌ترین میان‌گره ساقه محسوب می‌گردد، سطح سبزه و نزدیکی آن به سنبله (ایوانز و واردلو، ۱۹۹۶) و نقش آن در انتقال دوباره مواد فتوسنتزی (اهدایی و همکاران، ۲۰۰۶) از دلایل همبستگی عملکرد و طول پدانکل محسوب می‌شود. برخی از پژوهش‌گران معتقدند تنش‌های شدید رطوبتی بر خلاف تنش‌های ملایم موجب کاهش طول پدانکل می‌گردد و قسمت اعظم افت ارتفاع گیاه در شرایط تنش رطوبتی به همین امر مربوط می‌گردد (ایزانلو و همکاران، ۲۰۰۸). در مطالعه مشابهی ۲۰ ژنوتیپ گندم در شرایط تنش خشکی ملایم و رطوبت معمول مقایسه، و مشاهده شد طول پدانکل ۱۴ ژنوتیپ در شرایط تنش خشکی افزایش یافت (احمدی و همکاران، ۲۰۰۶).

جدول ۴- مقایسه شاخص برداشت، شاخص تحمل به تنش، شاخص میانگین تولید و شاخص میانگین عملکرد در دو شرایط آب کافی و تنش رطوبتی آخر فصل در دو منطقه اصفهان و اردستان.

رقم	اصفهان						اردستان					
	شاخص برداشت		شاخص تحمل		شاخص میانگین		شاخص برداشت		شاخص تحمل		شاخص میانگین	
	آب کافی	تنش رطوبتی	به تنش	میانگین تولید	هندسی عملکرد	آب کافی	تنش رطوبتی	به تنش	میانگین تولید	هندسی عملکرد	آب کافی	تنش رطوبتی
روشن	۰/۳۸ ^b	۰/۴۴ ^b	۰/۷۸ ^b	۷۲۹/۰ ^c	۷۲۸/۷ ^c	۰/۳۸ ^b	۰/۴۲ ^b	۰/۵۶ ^c	۴۸۵/۰ ^d	۴۸۳/۱ ^c	۰/۳۸ ^b	۰/۴۲ ^b
مروارید	۰/۳۹ ^b	۰/۴۳ ^b	۰/۹۴ ^b	۸۴۱/۰ ^b	۸۴۰/۰ ^b	۰/۳۹ ^b	۰/۴۳ ^b	۰/۹۲ ^b	۶۶۱/۰ ^b	۶۶۱/۰ ^b	۰/۳۹ ^b	۰/۴۳ ^b
لاین امیدبخش SW-82-9	۰/۴۵ ^b	۰/۴۹ ^b	۱/۳۴ ^a	۱۰۱۰/۰ ^a	۱۰۱۰/۳ ^a	۰/۴۵ ^b	۰/۴۴ ^b	۱/۱۴ ^a	۶۹۷/۰ ^a	۶۹۵/۰ ^a	۰/۴۵ ^b	۰/۴۴ ^b
پیشناز	۰/۴۵ ^b	۰/۵۰ ^b	۰/۳۱ ^b	۹۹۴/۰ ^a	۹۹۴/۰ ^a	۰/۴۵ ^b	۰/۵۰ ^b	۰/۲۲ ^b	۷۶۰/۰ ^b	۷۶۰/۰ ^b	۰/۴۵ ^b	۰/۵۰ ^b
کرج ۱	۰/۳۹ ^b	۰/۴۳ ^b	۰/۳۷ ^b	۷۴۱/۰ ^c	۷۴۰/۰ ^c	۰/۳۹ ^b	۰/۴۳ ^b	۰/۵۹ ^c	۵۰۰/۰ ^c	۴۹۹/۰ ^c	۰/۳۹ ^b	۰/۴۳ ^b
امید	۰/۴۴ ^b	۰/۴۳ ^b	۰/۷۰ ^b	۷۸۸/۰ ^c	۷۸۸/۰ ^c	۰/۴۴ ^b	۰/۴۳ ^b	۰/۳۷ ^b	۵۰۰/۰ ^c	۴۹۹/۰ ^c	۰/۴۴ ^b	۰/۴۳ ^b
الوند	۰/۴۴ ^b	۰/۴۴ ^b	۰/۷۰ ^b	۷۸۸/۰ ^c	۷۸۸/۰ ^c	۰/۴۴ ^b	۰/۴۳ ^b	۰/۳۷ ^b	۵۰۰/۰ ^c	۴۹۹/۰ ^c	۰/۴۴ ^b	۰/۴۳ ^b
کویبر	۰/۴۳ ^b	۰/۴۳ ^b	۰/۷۰ ^b	۷۸۸/۰ ^c	۷۸۸/۰ ^c	۰/۴۳ ^b	۰/۴۳ ^b	۰/۳۷ ^b	۵۰۰/۰ ^c	۴۹۹/۰ ^c	۰/۴۳ ^b	۰/۴۳ ^b
LSD	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۶۳/۰	۶۳/۰	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۸/۰	۸/۰	۰/۰۵	۰/۰۵

در هر ستون میانگین‌هایی که حاداً در یک حرف مشترک هستند بر مبنای آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد بدون اختلاف معنی‌دار می‌باشند.

شاخص برداشت در منطقه اصفهان و با تأمین رطوبت کافی دامنه‌ای از ۰/۳۸-۰/۴۵ داشت، در حالی که این دامنه در شرایط تنش خشکی از ۰/۴۳-۰/۵۰ تغییر نمود (جدول ۴). شاخص برداشت لاین امیدبخش SW-82-9 و ارقام پیشتاز و کویر در شرایط تنش خشکی به طور معنی‌دار بیش‌تر از سایر ارقام بود. روند تقریباً مشابهی در منطقه اردستان مشاهده گردید و در شرایط تنش خشکی مقادیر شاخص برداشت (با دامنه‌ای از ۰/۴۲-۰/۵۱) نسبت به شرایط تأمین رطوبت کافی، بیش‌تر بود. در نمونه‌گیری ۱۲۰۰ مزرعه در استرالیا شاخص برداشت گندم دامنه‌ای از ۰/۲۳-۰/۵۹ داشت (اونکوویچ و همکاران، ۲۰۱۰). در برخی از ارقام گندم رطوبت اضافی در مراحل پایانی رشد و پر شدن دانه‌ها باعث افزایش زیست توده اندام‌های هوایی شده و در برخی مواقع وزن دانه‌ها نیز کاهش می‌یابد، در حالی که کاهش رطوبت در چنین شرایطی با بهبود انتقال دوباره مواد از ساقه به دانه‌ها موجب افزایش شاخص برداشت می‌گردد (کانگ و همکاران، ۲۰۰۲).

شاخص تحمل به خشکی در منطقه اصفهان از ۰/۷۱ در رقم روشن تا ۱/۳۴ در لاین امیدبخش SW-82-9 متغیر بود (جدول ۴). این شاخص برای ارقام روشن و پیشتاز در منطقه اردستان به ترتیب برابر با ۰/۵۶ و ۱/۲۲ بود. در اصفهان لاین امیدبخش SW-82-9 و رقم پیشتاز به ترتیب با شاخص تحمل به خشکی ۱/۳۴ و ۱/۳۰ به طور معنی‌دار، شاخص تحمل به خشکی بالاتری نسبت به سایر ارقام داشتند. شاخص تحمل بزرگ‌تر از ۱ در لاین امیدبخش SW-82-9 و رقم پیشتاز بیانگر تحمل بیش‌تر آن‌ها از مقدار میانگین ارقام کشت شده، به شرایط تنش خشکی است، در حالی که ارقامی مثل روشن، کرج ۱، امید و الوند با داشتن شاخص تحمل به تنش کم‌تر از ۱ جزو ارقام تقریباً حساس دسته‌بندی شدند. با این وجود، ارقام با پتانسیل بالای عملکرد در شرایط مطلوب رطوبتی، افت عملکرد چشم‌گیرتری در شرایط تنش رطوبتی خواهند داشت. به‌عنوان مثال لاین امیدبخش SW-82-9 و رقم پیشتاز در منطقه اصفهان ۸ و ۱۴/۹ درصد و در شرایط اردستان ۱۶/۳ و ۱۵/۸ افت عملکرد نسبت به شرایط مطلوب رطوبتی داشتند (جدول ۲). شاخص میانگین تولید و همچنین شاخص میانگین هندسی عملکرد نیز لاین امیدبخش SW-82-9 و رقم پیشتاز را در هر دو منطقه اصفهان و اردستان به‌عنوان متحمل‌ترین ژنوتیپ‌ها به شرایط تنش تشخیص دادند (جدول ۴). میانگین عملکرد لاین امیدبخش SW-82-9 براساس دو شاخص میانگین تولید و میانگین هندسی عملکرد، به ترتیب در دو منطقه اصفهان و اردستان برابر با (۱۰۱۰۶ و ۱۰۱۰۳) و (۶۹۵۹ و ۶۹۵۷) بود. هر سه شاخص استفاده شده در این پژوهش، رقم کویر در منطقه اردستان را به‌عنوان یک رقم مقاوم به تنش خشکی که مقاومتی در حد

رقم پیشتاز و لاین امیدبخش SW-82-9 داشت معرفی نمود (جدول ۴). به هر حال تغییرات این شاخص‌ها در محیط‌های مختلف به زمان وقوع تنش رطوبتی و وجود یا عدم سازگاری ارقام در مناطق مختلف بستگی دارد (احمد و همکاران، ۲۰۱۰). به‌طور مشابه نتایج یکسانی در جداسازی ارقام متحمل به خشکی با استفاده از سه شاخص میانگین تولید، میانگین هندسی عملکرد و شاخص تحمل خشکی در ۱۳ رقم گندم دوروم گزارش شده است (محمدی و همکاران، ۲۰۱۰).

نتیجه‌گیری کلی

با توجه به تنش‌های رطوبتی متعارف آخر فصل، استفاده از لاین امیدبخش SW-82-9 و پیشتاز می‌تواند در هر دو منطقه مورد مطالعه قابل توصیه باشد. در منطقه اردستان رقم کویر نیز در شرایط تنش خشکی پتانسیل تولید قابل توجهی دارد. وجود شاخص تحمل به تنش بیش‌تر از ۱ و عملکردهای بیش‌تر ثبت شده براساس شاخص‌های میانگین تولید و میانگین هندسی عملکرد در لاین امیدبخش SW-82-9 و دو رقم پیشتاز و کویر، بیانگر تحمل نسبی این ارقام به تنش خشکی آخر فصل است. برخی از ژنوتیپ‌ها شبیه رقم کویر در شرایط سخت‌تر محیطی مثل شرایط منطقه اردستان که منطقه‌ای با آب و هوای گرم‌تر نسبت به اصفهان محسوب می‌شود، پتانسیل عملکردی معادل ارقام متحمل به خشکی مانند رقم پیشتاز دارند.

منابع

1. Ahmad, R., Qadir, S., Ahmad, N., and Shah, K.H. 2010. Yield potential and stability of nine wheat varieties under water stress conditions. *Inter. J. Agric. Biol.* 5: 7-9.
2. Ahmadi, A., Judi, M., Tavakoli, A., and Ranjbar, M. 2006. Yield and some of associated morphological responses in different wheat genotypes under stress and non-stress conditions. *J. Sci. Technol. Agric. Natur. Resour.* 46: 155-165.
3. Alimohamadi, M., Rezaei, A., and Meibodi, A.M. 2007. Evaluation of physiological traits and yield of ten cultivars of bread wheat in two irrigation regimes. *J. Sci. Technol. Agric. Natur. Resour.* 12: 107-120. (In Persian)
4. Bauder, J. 2001. Irrigating with limited water supplies. Montana State University Communications Services. Montana Hall. Bozeman, Boletin MT 59717. USA. 30p.
5. Chaves, M.M., Pereira, J.S., Maroco, J., Rodrigues, M.L., Ricardo, C.P.P., Osorio, M.L., Carvalho, I., Faria, T., and Pinheiro, C. 2002. How plants cope with water stress in the field photosynthesis and growth. *Ann. of Bot.* 89: 907-916.
6. Chu, C.J., Weiner, J., Maestre, F.T., Wang, Y.S., Morris, C., Xiao, S., Yuan, J.L.,

- Du, J.Z., and Wang, G. 2010. Effects of positive interactions, size symmetry of competition and abiotic stress on self-thinning in simulated plant populations. *Ann. of Bot.* 106: 647-652.
7. Dencic, S., Kastori, R., Kobilski, B., and Buggan, B. 2000. Evaluation of grain yield and its components in wheat cultivars and landraces under near optimal and drought conditions. *Euphytica*. 113: 43-52.
8. Ehdaie, B., Allouash, G.A., Madore, M.A., and Waines, J.G. 2006. Genotypes variation for stem reserves and mobilization in wheat: I. Postanthesis changes in internode dry matter. *Crop Sci.* 46: 735-746.
9. Emam, Y., Ranjbari, A., and Bahrani, M.J. 2005. Evaluation of yield and yield components wheat genotypes under drought stress. *J. Sci. Technol. Agric. Natur. Resour.* 1: 321-327.
10. Evans, L.T., and Fischer, R.A. 1999. Yield potential: its definition, measurement and significance. *Crop Sci.* 39: 345-353.
11. Evans, L.T., and Wardlaw, I.F. 1996. Wheat. Pp: 501-518 In: Zamski, E. and Schaffer, A.A. (Eds). *Photoassimilate distribution in plants and crops*. Marcel Dekker INC, New York.
12. Fischer, R.A., and Maurer, R. 1978. Drought resistance in spring wheat cultivar I: Grain yield responses. *Austr. J. Agric. Res.* 29: 897-912.
13. Gent, M.P.N. 1994. Photosynthate reserves during grain filling in winter wheat. *Agron. J.* 86: 159-167.
14. Gifford, R.M. 1995. Whole plant respiration and photosynthesis of wheat under increased CO₂ concentration and temperature: long-term vs. short-term distinctions for modeling. *Glob. Chan. Biol.* 1: 385-396.
15. Guttieri, M.J., Ahmad, R., Stark, J.C., and Souza, E. 2000. End-use quality of six hard red spring wheat cultivars at different irrigation levels. *Crop Sci.* 40: 631-635.
16. Izanloo, A., Condon, A.G., Langridge, P., Tester, M., and Schnurbusch, T. 2008. Different mechanisms of adaptation to cyclic water stress in two south Australian bread wheat cultivars. *J. Exp. Bot.* 59: 3327-3346.
17. Kang, S., Zhang, L., Liang, Y., and Cai, H. 2002. Effects of limited irrigation on yield and water use efficiency of winter wheat on the loess Plateau of China. *Agri. Water Manage.* 14: 105-116.
18. Law, B.E., Williams, M., Anthoni, P.M., Baldochi, D.D., and Unsworth, M.H. 2000. Measuring and modeling seasonal variation of carbon dioxide and water vapor exchange of a *Pinus ponderosa* forest subject to soil water deficit. *Glob. Chan. Biol.* 6: 613-630.
19. Lawlor, D.W. 2002. Limitation to photosynthesis in water stressed leaves: stomata vs. metabolism and the role of ATP. *Anna. of Bota.* 89: 871-885.
20. Lopez, C.G., Banowetz, G.M., Peterson, C.J., and Kronstad, W.E. 2003. Dehydrin expression and drought tolerance in seven wheat cultivars. *Crop Sci.* 43: 577-582.

21. Moemeni, A., Afuni, D., and Zarei, G. 2008. Comparison of yield and genetic features of some advanced lines of wheat under late season drought. *J. Crop Sci. Plant.* 5: 63-71.
22. Mohammadi, R., Armion, M., Kahrizi, D., and Amri, A. 2010. Efficiency of screening techniques for evaluating durum wheat genotypes under mild drought conditions. *Inter. J. Plant Prod.* 4: 11-24.
23. Nouri-Ganbalani, A., Nouri-Ganbalani, G., and Hassanpanah, D. 2009. Effects of drought stress condition on the yield and yield components of advanced wheat genotypes in Ardabil, Iran. *J. Food Agric. Environ.* 3: 228-234.
24. Passioura, J.B. 1988. Root signals control leaf expansion in wheat seedlings growing in drying soils. *Austr. J. Plant Physiol.* 15: 687-693.
25. Plaut, Z., Butow, B.J., Blumenthal, C.S., and Wrigley, C.W. 2004. Transport of dry matter into developing wheat kernels and its contribution to grain yield under postanthesis water deficit and evaluated temperature. *Field Crop Res.* 86: 185-198.
26. Royo, C., Voltas, J., and Romagosa, I. 1999. Remobilization of preanthesis assimilates to the grain for grain only and dual-purpose (forage and grain) triticale. *Agron. J.* 91: 312-316.
27. Ryan, G.R. 1991. Effects of climate change on plant respiration. *Ecol. Appl.* 1: 157-167.
28. Sanjari Pireivatlou, A., and Yazdanehpas, A. 2008. Evaluation of wheat genotypes under pre and post anthesis drought stress conditions. *J. Agric. Sci. Technol.* 10: 109-121.
29. SAS Institute. 2007. SAS Onlinedoc 9.1.3 SAS. Inst., Cary, NC. Available at <http://support>. Accessed 19 June 2007.
30. Shafazadeh, M.K., Yazdanehpas, A., Amini, A., and Ghanadha, 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.
31. Singh, M., Srivastava, J.P., and Kumar, A. 1992. Cell membrane stability in relation to drought tolerance in wheat genotypes. *Crop Sci.* 168: 186-190.
32. Sio-Se Mardeh, A., Ahmadi, A., Poustini, K., and Mohammadi, V. 2006. Evaluation of drought resistance indices under various environmental conditions. *Field Crop Res.* 98: 222-229.
33. Statistics Agriculture Letter, 2007. *Statistic Agriculture. Crop production.* Office of Statistics and Information Technology, Ministry of Agriculture. 1:136.
34. Unkovich, M., Baldock, J., and Forbes, M. 2010. Variability in harvest index of grain crops and potential significance for carbon accounting: examples from Australian agriculture. *Advances in Agronomy.* 105: 173-219.
35. Yadav, O.P., and Bhatnagar, S.K. 2001. Evaluation of indices for identification of pearl millet cultivars adapted to stress and non- stress conditions. *Field Crops Res.* 70: 201-208.
36. Zadoks, J.C., Chang, T.T., and Konzak, C.F. 1974. A decimal code for the growth stages of cereals. *Weed Res.* 14: 415-421.



Effects of moderate terminal drought stress on wheat agronomic characteristics

A. Ghandi¹ and * A.H. Jalali²

¹M.Sc and Scientific staff of Agricultural and Natural Research Center of Isfahan, Iran

²Ph.D. and Scientific staff of Agricultural and Natural Research Center of Isfahan, Iran

Received: 12/19/2012; Accepted: 02/16/2013

Abstract

In order to investigate the effect of water stress at heading stage on grain yield and yield components of eight wheat cultivars, in 2008, an experiment was conducted in the two regions, Isfahan and Ardestan by using split plot arrangement based on randomized complete block design with three replications which that two irrigation treatments included custom irrigation and terminal water stress were main factors and 8 wheat varieties were as sub factors. In Isfahan region at adequate moisture conditions, SW-82-9 line and Pishtaz cultivars produced 10500, and 10630 kg ha⁻¹ yields, respectively and they produced significantly higher yield than other cultivars, but effect of water stress on yield reduction were 8 and 14.9 percent, respectively. In water stress condition of Ardestan region, yield reduction of SW-82-9 line and Pishtaz cultivars were 16.3 and 15.8 percent, respectively. In water stress condition of Isfahan and Ardestan regions in SW-82-9 line, number of grains per spike were 33.8 and 28.3 and harvest index were 0.49 and 0.44, respectively. Stress tolerance index range was 0.71 to 1.34 in Isfahan region and 0.56 to 1.22 in Ardestan area. According to the results of all three indicators, stress tolerance index, mean productivity and geometric mean of yield, SW-82-9 line could be produced grain yield similar to Pishtaz cultivars, and therefore had the potential to culture in both Isfahan and Ardestan regions.

Keywords: Grain numbers per ear, Harvest index, Stress susceptibility index, Water stress, Wheat.

* Corresponding author; Email: Jalali51@yahoo.com