

بررسی واکنش ژنوتیپ‌های گندم به تنش خشکی انتهای فصل با استفاده از شاخص‌های فیزیولوژیک

محمدجواد احمدی لاهیجانی و یحیی امام^{*۱}

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۱/۱۸؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۶/۲۵)

چکیده

به منظور مطالعه تأثیر تنش خشکی انتهای فصل بر عملکرد و اجزای آن و برخی ویژگی‌های فیزیولوژیک گندم (*Triticum aestivum* L.)، پژوهشی مزرعه‌ای در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز در سال زراعی ۱۳۹۰-۱۳۸۹ اجرا گردید. آزمایش به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار بود. عامل اصلی رژیم آبیاری (آبیاری معمولی و قطع آبیاری بعد از گلدهی) و عامل فرعی ژنوتیپ‌های گندم نان (شانزده ژنوتیپ) بودند. نتایج نشان داد که قطع آبیاری پس از گلدهی باعث کاهش معنی‌دار عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت، شاخص افت دمای سایه انداز گیاهی، تعداد دانه در سنبله، وزن هزاردانه و محتوای آب نسبی برگ پرچم شد. حساس‌ترین صفت به تنش خشکی عملکرد دانه (میانگین کاهش ۵۱/۶ درصد نسبت به شاهد) بود. بررسی ضرایب همبستگی نشان داد که بیشترین میزان همبستگی در شرایط آبیاری معمولی بین عملکرد دانه با عملکرد بیولوژیک ($0/844^*$) و در شرایط تنش خشکی با تعداد دانه در سنبله ($0/895^{**}$)، افت دمای سایه‌انداز ($0/771^{**}$) و محتوای آب نسبی برگ پرچم ($0/689^{**}$) وجود داشت. ژنوتیپ‌های متحمل دارای محتوای آب نسبی بالاتر و افت کمتر عملکرد در شرایط تنش خشکی بودند. بررسی روند تغییرات دمای سایه‌انداز در تیمار قطع آبیاری حاکی از آن بود که با گذشت زمان از اعمال تنش خشکی، دمای سایه‌انداز به علت کاهش هر چه بیشتر آب در دسترس، افزایش می‌یافت. بیشترین کاهش عملکرد دانه در اثر تنش خشکی، در ژنوتیپ C-85-7 مشاهده شد، در صورتی که، رقم شیراز با کمترین کاهش در این جزء، از پایداری عملکرد و مقاومت به تنش خشکی انتهای فصل بیشتری برخوردار بود. با توجه به همبستگی مثبت و معنی‌دار بین عملکرد دانه و شاخص افت دمای سایه‌انداز گیاهی در هر دو شرایط رطوبتی، به نظر می‌رسد که این شاخص، شاخص مناسبی برای گزینش ژنوتیپ‌های گندم مقاوم به شرایط تنش خشکی انتهای فصل باشد.

واژه‌های کلیدی: افت دمای سایه‌انداز گیاهی، تنش خشکی، کاهش عملکرد، محتوای نسبی آب برگ پرچم

۱. گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز

*: مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: yaemam@shirazu.ac.ir

مقدمه

گندم (*Triticum aestivum* L.) مهم‌ترین گیاه زراعی روی زمین است. معروف است که در هر روز در نقطه‌ای از کره زمین کاشت و در همان روز در نقطه‌ای دیگر برداشت می‌شود. این موضوع حاکی از توانایی سازش بسیار زیاد این گیاه با اقلیم‌های گوناگون است (۱۴). در میان عوامل محدودکننده عملکرد در حالت طبیعی، کمبود آب مهم‌ترین عاملی است که به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه خشک جهان از جمله ایران، از راه‌های مختلف باعث محدودیت کاشت و کاهش گیاهان زراعی می‌گردد. خشکی عبارت است از فقدان یا کمبود نزولات و به عبارتی کمبود رطوبت در محیط ریشه که موجب آسیب رسیدن به محصول می‌شود (۲۶). در بسیاری از محیط‌های نیمه‌خشک رطوبت نسبی در ابتدای فصل رشد در بالاترین حد خود بوده و با افزایش دما و قطع بارندگی‌ها کاهش می‌یابد. در این مناطق به‌طور معمول دوره پر شدن دانه گندم مصادف با کم آبی و افزایش تبخیر از سطح خاک است و در نتیجه، عملکرد کاهش می‌یابد (۱۳). در مناطق خشک، ترکیب تحمل خشکی با افزایش و پایداری عملکرد از اهداف مهم به شمار می‌رود (۲۳).

تنش خشکی در مرحله سنبله‌دهی تا پرشدن دانه به دلیل کاهش تعداد دانه در هر سنبله و وزن هزار دانه موجب کاهش محصول می‌گردد (۴۰). نتایج یک آزمایش نشان داد که تنش خشکی در مرحله پر شدن دانه باعث کاهش وزن هزار دانه و در نهایت عملکرد دانه گندم به میزان ۱۶ درصد در مقایسه با تیمار شاهد (بدون تنش) شد (۱). گودینگ و همکاران (۲۱) در آزمایش شدت و زمان اعمال تنش خشکی در گندم گزارش کردند که تنش خشکی موجب کوتاه تر شدن دوره رسیدگی، کاهش عملکرد و وزن هزار دانه می‌شود. تنش خشکی در مرحله گلدهی باعث کاهش طول این دوره و در مراحل بعدی نمو موجب تسریع پیری و کاهش دوره پر شدن دانه می‌شود (۱۳). نتایج تحقیقات بسیاری از پژوهشگران در داخل و خارج از کشور نشان می‌دهد که تنش رطوبتی در مراحل مختلف نمو

گندم باعث کاهش عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه، شاخص برداشت و اجزای عملکرد دانه گندم شده است (۱۶ و ۲۱). اکبری مقدم و همکاران (۱) نشان دادند که قطع آبیاری در مرحله ظهور سنبله، عملکرد دانه و عملکرد زیست توده را به ترتیب ۳۶ و ۲۰ درصد کاهش داد.

تفاوت بین دمای هوا (Ta) و دمای سایه انداز گیاهی (Tc)، شاخصی به‌عنوان افت دمای سایه انداز گیاهی (CTD) را به‌دست می‌دهد، هر چه مقدار این شاخص بیشتر باشد نشان‌دهنده شرایط رطوبتی بهتر برای گیاه می‌باشد (۷). از دمای سایه‌انداز گیاهی به‌عنوان شاخصی از وضعیت آب گیاه استفاده می‌شود. در شرایط تنش خشکی ارقام گندمی که در نیم‌روز دمای سایه انداز گیاهی پایین‌تری دارند، به‌طور نسبی وضعیت آبی بهتری نیز دارا هستند (۱۰). هنگامی که دمای سایه‌انداز گیاهی از دمای هوا بیشتر باشد گیاه دچار تنش خشکی می‌شود (۲۹). وجود رابطه مستقیم بین شاخص افت دمای سایه‌انداز گیاهی و عملکرد دانه در شرایط با و بدون تنش خشکی توسط پژوهشگران متعددی اعلام شده است (۳۴).

یکی از مهم‌ترین تغییرات ناشی از تنش خشکی، کاهش محتوای آب نسبی برگ می‌باشد. این صفت می‌تواند توانمندی گیاه در مواجهه با تنش خشکی را نشان دهد. RWC تحت تأثیر تنظیم اسمزی، جذب آب و میزان تعرق قرار داشته و وراثت‌پذیری بالایی را در شرایط تنش خشکی نشان داده است (۲). بر طبق گزارش بلوم و همکاران (۱۰) ژنوتیپ‌هایی که بدون بستن روزنه‌های خود توانایی حفظ آب بیشتری دارند، برای مناطق خشک مناسب‌ترند. محتوای نسبی آب برگ به‌عنوان یک معیار انتخاب برای تحمل به خشکی پیشنهاد شده است. به‌طورکلی، تنش خشکی باعث کاهش محتوای نسبی آب برگ می‌شود (۲۹). هدف از انجام این پژوهش، بررسی تأثیر تنش خشکی انتهای فصل بر عملکرد و اجزای عملکرد و برخی ویژگی‌های فیزیولوژیک از جمله شاخص افت دمای سایه‌انداز و ارتباط این شاخص با عملکرد شانزده ژنوتیپ گندم بوده است.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی اثر تنش خشکی انتهای فصل بر عملکرد و اجزای عملکرد، محتوای آب نسبی برگ پرچم و شاخص افت دمای سایه انداز گیاهی ژنوتیپ‌های گندم، پژوهشی مزرعه‌ای در سال زراعی ۱۳۹۰-۱۳۸۹ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز واقع در باجگاه (طول جغرافیایی ۵۲ درجه و ۵۳ دقیقه و عرض جغرافیایی ۲۹ درجه و ۳۶ دقیقه و ارتفاع ۱۸۱۰ متر از سطح دریا) انجام شد. در این پژوهش ۱۶ ژنوتیپ گندم نان شامل M-73-6، C-86-2، C-85-7، C-85-14، استار، امید، آگوستا، بهار، پیشتاز، جونز، چمران، زرین، شیراز، شیرودی، طبعی و کرج ۲ مورد بررسی قرار گرفتند. این ژنوتیپ‌ها از مقایسه ژنوتیپ‌های گندم نان و دوروم از یک آزمایش مقدماتی که در سال زراعی ۱۳۸۹-۱۳۸۸ در همین مزرعه انجام شده بود انتخاب شدند.

آزمایش به صورت کرت‌های یک بار خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. رژیم آبیاری و ژنوتیپ به ترتیب به عنوان کرت‌های اصلی و فرعی در نظر گرفته شدند. دور آبیاری ۱۰ روزه به صورت سطحی با استفاده از سیفون اجرا شد، به این ترتیب که تیمار آبیاری معمولی براساس نیاز آبی گیاه تا انتهای فصل رشد آبیاری شد و تیمار تنش آبیاری براساس نیاز تا زمان گلدهی (ZGS 65) انجام شد و پس از آن آبیاری تا انتهای فصل رشد قطع شد (جدول ۱). پس از اعمال تنش، بارندگی رخ نداد. زمین محل آزمایش به مدت دو سال به صورت آیش بود. عملیات تهیه زمین شامل یک بار شخم با گاوآهن برگردان دار و یک بار استفاده از دیسک و ماله بود. بذرهاى هر ژنوتیپ روی خطوط دو متری و به فاصله ۱ سانتی متر کشت شد. تراکم کاشت ۳۲۵ بوته در مترمربع و کاشت به صورت دستی انجام شد. تاریخ کاشت نیز منطبق با تاریخ کاشت معمول منطقه باجگاه یعنی ۱۵ آبان در نظر گرفته شد.

میزان کودهای شیمیایی مورد نیاز قبل از کشت براساس نتایج آزمون خاک (جدول ۲) و مشخص شدن عدم احتیاج به

عناصری از قبیل پتاسیم و فسفر، تنها کود نیتروژن به میزان ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار از منبع اوره در دو مرحله (همزمان با کاشت و شروع ساقه‌دهی (ZGS 31) و هربار نیمی از آن مصرف گردید. کنترل علف‌های هرز از طریق محلول‌پاشی علف‌کش توتال در مرحله پنجه‌زنی گندم تا قبل از ساقه رفتن (۴۰ گرم گرانول + ۱۲۵۰ میلی‌لیتر سورفاکتانت در ۴۰۰ لیتر آب در هکتار) انجام شد. برای مبارزه با سن گندم از سم دسیس به میزان ۰/۳ لیتر در هکتار ماده تجاری در مرحله شیرگی شدن دانه‌ها استفاده شد.

پس از اعمال تیمار قطع آبیاری، دمای سایه انداز گیاهی در چهار مرحله با استفاده از دامسنج مادون قرمز (Terminator TIR 8861) در مرحله پرشدن دانه (ZGS 71, 77,83,91) از ۱۵ روز پس از اعمال تیمار در اواسط روز و هر ۱۰ روز یکبار اندازه‌گیری شد. دمای سایه‌انداز تیمار آبیاری معمولی پس از هر بار آبیاری که امکان ورود به زمین حاصل می‌شد صورت می‌گرفت و دمای سایه‌انداز تیمار قطع آبیاری نیز همزمان با تیمار آبیاری انجام می‌شد. به علت این‌که اندازه‌گیری دمای سایه‌انداز در اواسط روز انجام می‌شد، از دمای حداکثر روزانه برای محاسبه شاخص افت دمای سایه‌انداز استفاده شد. اطلاعات مربوط به دمای هوا و میزان بارندگی از ایستگاه هواشناسی دانشکده کشاورزی واقع در منطقه باجگاه دریافت شد. (جدول ۳) هنگام اندازه‌گیری، دامسنج زاویه‌ای حدود ۴۵ درجه با افق داشت و برای اندازه‌گیری دمای هر کرت از چهار نقطه یادداشت‌برداری شد و میانگین این اعداد به عنوان میانگین دمای سایه‌انداز در نظر گرفته شد. افت دمای سایه‌انداز گیاهی از رابطه زیر محاسبه شد:

$$CTD = Ta - Tc \quad [1]$$

Ta: دمای هوا (دمای حداکثر روزانه)، Tc: دمای سایه‌انداز. برای تعیین عملکرد دانه و اجزای آن، در زمان رسیدگی محصول پس از حذف اثر حاشیه، یک متر از دو خط میانی هر کرت برداشت شد و پس از وزن کردن، به مدت ۲۴ ساعت در آون در دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت تا رطوبت

جدول ۱. میزان بارندگی و آب آبیاری

۱۳۸۹-۹۰			
آبیاری	میزان آب آبیاری (mm)	بارندگی (mm)	کل (mm)
معمولی	۴۲۰	۲۵۸	۶۷۸
تنش خشکی	۲۷۰	۲۵۸	۵۲۸

جدول ۲. برخی ویژگی‌های فیزیکی-شیمیایی خاک محل آزمایش در عمق ۳۰ سانتی‌متری

هدایت الکتریکی (dSm ⁻¹)	اسیدیته کل اشباع	درصد رس	درصد سیلت	درصد شن	نیتروژن کل (%)	کربن آلی (%)	فسفر قابل جذب (mgkg ⁻¹)	پتاسیم قابل جذب (mgkg ⁻¹)
۱	۷/۷۴	۴۰	۴۲	۱۸	۰/۱۲	۱/۲۶	۲۱/۵	۴۵۰

جدول ۳. میانگین دما و بارندگی محل انجام آزمایش در طول فصل رشد

آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد
دما (°C)	۱۰/۷	۵/۶	۳/۳	۴/۶	۸/۸	۱۱/۸	۲۳/۹
بارندگی (mm)	۰	۰	۴۸/۵	۱۰۷/۵	۷۱/۸	۳۰/۵	۰

نرم‌افزار SAS 9.1، رسم نمودارها با استفاده از نرم‌افزار کامپیوتری Excel و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از رویه برش‌دهی (slicing) و با آزمون LSD در سطح ۱ درصد انجام گرفت.

نتایج و بحث

عملکرد دانه

بین ژنوتیپ‌های گندم از نظر عملکرد دانه تفاوت معنی‌داری وجود داشت (جدول ۴). در تیمار آبیاری معمولی، بیشترین میزان عملکرد دانه در رقم زرین و به مقدار ۸۱۳۰ کیلوگرم در هکتار مشاهده شد که در سطح احتمال یک درصد تفاوت معنی‌داری با رقم بهار و ژنوتیپ C-85-7 نداشت، هم‌چنین در شرایط قطع آبیاری پس از گلدهی بیشترین میزان عملکرد دانه در رقم طبسی به میزان ۳۷۲۰ کیلوگرم در هکتار مشاهده شد که در سطح احتمال یک درصد تفاوت معنی‌داری با ژنوتیپ C-86-2 نداشت (جدول ۶).

نمونه‌ها تقریباً به صفر نزدیک شود. شاخص برداشت نیز از تقسیم عملکرد دانه بر عملکرد بیولوژیک محاسبه شد.

جهت اندازه‌گیری محتوای آب نسبی برگ پرچم، در اوایل صبح و اواسط دوره پر شدن دانه، تعداد پنج برگ پرچم از هر کرت انتخاب و قطع شد و بلافاصله در درون کیسه‌های نایلونی قرار داده شد و به سرعت به آزمایشگاه منتقل گردید. ابتدا وزن تر آنها اندازه‌گیری شد و سپس به منظور تعیین وزن در حالت اشباع، به مدت ۲۰ ساعت در شدت نور کم و در دمای اتاق در داخل آب مقطر قرار داده شدند. در پایان به منظور تعیین وزن خشک، برگ‌ها به مدت ۴۸ ساعت در آون و در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند. محتوای نسبی آب برگ‌ها با استفاده از رابطه زیر به دست آمد:

$$RWC = \frac{FW - DW}{TW - DW} \times 100 \quad [2]$$

DW: وزن خشک، FW: وزن تر، TW: وزن اشباع
تجزیه و تحلیل داده‌ها به روش تجزیه واریانس با استفاده از

جدول ۴. نتایج تجزیه واریانس ویژگی‌های عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، تعداد دانه در سنبله، شاخص برداشت، وزن هزار دانه و محتوای نسبی آب برگ پرچم در شرایط آبیاری و قطع آبیاری پس از گلدهی

منابع تغییر	درجه آزادی	عملکرد دانه	عملکرد بیولوژیک	تعداد دانه در سنبله	شاخص برداشت	وزن هزار دانه	محتوای نسبی آب برگ پرچم
تکرار	۲	۵۳۶۲/۹۵	۱۳۱۸۳۴/۲۸	۶۴/۷۸	۳۹/۲۷	۹/۶۵	۲۰۵/۸۱
رژیم آبیاری	۱	۲۹۳۸۹۵/۱۰*	۲۷۵۸۷۸۲/۰۴*	۵۸۳۴/۴۰*	۶۹۹۲/۲۱*	۱۵۸۸/۴۴**	۹۳۴۷/۶۸*
خطای الف	۲	۴۸۸۸۹/۷۲	۳۶۵۸۷/۳۲	۸۲/۴۹	۳۲۸/۷۳	۷/۳۲	۴۴۱/۸۷
رقم	۱۵	۱۵۳۱۲/۸۲*	۶۲۵۵۹/۴۴**	۹۴/۲۳**	۳۳/۱۰*	۱۱۸/۵۲**	۱۳۷/۴۰**
رقم×رژیم آبیاری	۱۵	۱۶۵۷۹/۴۵**	۵۵۵۴۶/۴۶**	۷۸/۱۲**	۳۱/۳۸*	۳۱/۸۴**	۱۰۷/۶۱**
خطا	۶۰	۶۵۴۳/۹۹	۱۲۵۲۴/۵۵	۳۲/۰۳	۱۶/۳۸	۸/۱۴	۴۲/۳۷
ضریب تغییرات		۱۶/۵	۸/۷	۱۳/۱	۱۱/۰	۸/۶	۱۱/۹

ns، * و **: به ترتیب غیرمعنی دار، معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

جدول ۵. ضرایب همبستگی بین عملکرد دانه و سایر ویژگی‌های مورد اندازه‌گیری در شانزده ژنوتیپ گندم در شرایط آبیاری معمولی و قطع آبیاری پس از گلدهی

ویژگی	عملکرد دانه	عملکرد بیولوژیک	شاخص برداشت	تعداد دانه در سنبله	وزن هزار دانه	محتوای نسبی آب	افت دمای سایه‌انداز ۱	افت دمای سایه‌انداز ۲	افت دمای سایه‌انداز ۳	افت دمای سایه‌انداز ۴
آبیاری معمولی	۰/۸۴۴*	۰/۶۵۹**	۰/۸۰۷**	۰/۴۷۲ ^{ns}	۰/۵۵۶*	۰/۶۰۰*	۰/۶۰۴*	۰/۵۷۸*	۰/۳۴۳ ^{ns}	
قطع آبیاری پس از گلدهی	۰/۶۲۳*	۰/۶۳۲**	۰/۸۹۵**	۰/۳۱۶ ^{ns}	۰/۶۸۹**	۰/۷۷۱**	۰/۶۷۱**	۰/۵۲۵*	۰/۵۲۲*	

ns، * و **: به ترتیب غیرمعنی دار، معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

کاهش عملکرد دانه در اثر تنش خشکی انتهایی فصل در سایر پژوهش‌ها نیز گزارش شده است (۱۶ و ۳۴). گونزالس و همکاران (۲۰) در مطالعه‌ای روی دوازده رقم جو بیان کردند که تنش خشکی باعث کاهش هدایت روزنه‌ای و فتوسنتز خالص شده و در نهایت عملکرد دانه را کاهش می‌دهد. در پژوهش حاضر عملکرد دانه بیشترین میانگین کاهش را (۵۱/۶ درصد) در اثر تنش خشکی انتهایی فصل در مقایسه با سایر صفات نشان داد. از بین ژنوتیپ‌ها، ژنوتیپ C-85-7 با کاهش ۶۴/۴ درصد، دچار بیشترین میزان کاهش عملکرد دانه شد،

محاسبه ضرایب همبستگی بین عملکرد دانه و سایر صفات مورد بررسی نشان داد که عملکرد دانه در هر دو شرایط آبیاری معمولی و تنش خشکی با کلیه صفات به جز وزن هزار دانه، همبستگی مثبت و معنی‌داری داشت. بیشترین میزان همبستگی در شرایط آبیاری معمولی بین عملکرد دانه با عملکرد بیولوژیک (۰/۸۴۴*) و تعداد دانه در سنبله (۰/۸۰۷**) و در شرایط قطع آبیاری پس از گلدهی با تعداد دانه در سنبله (۰/۸۹۵**) و افت دمای سایه‌انداز (۰/۷۷۱**) دیده شد (جدول ۵).

جدول ۶. مقایسه میانگین عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، تعداد دانه در سنبله، شاخص برداشت، وزن هزار دانه و محتوای آب نسبی برگ پرچم ژنوتیپ‌های گندم در شرایط آبیاری معمولی و قطع آبیاری پس از گلدهی

ژنوتیپ	محتوای آب نسبی برگ پرچم (%)		شاخص برداشت (%)		عملکرد بیولوژیک (Kgha ⁻¹)		عملکرد دانه (Kgha ⁻¹)		وزن هزار دانه (g)		تعداد دانه در سنبله	
	آبیاری معمولی	قطع آبیاری	آبیاری معمولی	قطع آبیاری	آبیاری معمولی	قطع آبیاری	آبیاری معمولی	قطع آبیاری	آبیاری معمولی	قطع آبیاری	آبیاری معمولی	قطع آبیاری
C-85-14	۳۹/۷	۵۵/۶	۲۲/۳	۴۸/۰	۱۶۷۸۳	۲۶۷۷	۷۲۰۰	۳۴/۵	۳۹/۷	۲۶/۸	۵۱/۷	۲۶/۸
C-85-7	۳۴/۶	۷۰/۱	۲۹/۷	۴۸/۵	۱۵۷۸۷	۲۷۳۳	۷۶۸۰	۱۹/۰	۳۷/۵	۳۱/۹	۵۵/۱	۳۱/۹
C-86-2	۵۰/۱	۵۸/۵	۳۰/۸	۴۴/۳	۱۲۱۲۶	۳۶۵۰	۶۴۸۰	۲۹/۱	۳۲/۱	۴۰/۹	۵۴/۴	۴۰/۹
M-73-6	۴۹/۹	۷۰/۴	۲۹/۳	۵۰/۳	۱۰۷۷۷	۳۱۵۰	۷۰۳۰	۲۷/۳	۳۴/۰	۳۴/۶	۴۸/۹	۳۴/۶
استار	۴۴/۴	۶۵/۹	۲۹/۳	۴۵/۶	۱۰۹۰۰	۳۱۷۶	۶۵۸۰	۲۷/۳	۳۵/۱	۳۶/۰	۴۸/۰	۳۶/۰
امید	۴۷/۶	۶۱/۰	۲۶/۹	۳۸/۵	۱۲۴۰۰	۳۳۲۷	۵۳۳۰	۲۲/۷	۳۴/۸	۳۸/۴	۴۰/۰	۳۸/۴
آگوستا	۴۷/۸	۶۶/۵	۳۱/۹	۴۲/۲	۱۱۱۹۰	۳۵۵۰	۷۰۳۱	۳۰/۹	۴۷/۱	۴۰/۰	۴۹/۶	۴۰/۰
بهار	۳۹/۴	۷۳/۴	۲۶/۸	۴۹/۲	۱۱۵۴۶	۲۹۶۷	۷۸۷۷	۴۱/۴	۴۸/۷	۳۴/۳	۶۳/۳	۳۴/۳
پیشناز	۴۴/۱	۵۵/۴	۲۵/۴	۴۴/۰	۱۱۷۱۰	۲۹۶۷	۵۷۸۰	۲۶/۵	۳۲/۲	۳۳/۰	۴۴/۵	۳۳/۰
جونز	۴۵/۴	۷۴/۲	۲۴/۷	۴۸/۲	۱۱۵۸۰	۲۸۵۰	۷۳۲۶	۲۹/۹	۳۵/۵	۳۲/۶	۵۲/۱	۳۲/۶
چمران	۴۵/۶	۶۴/۹	۳۲/۵	۴۷/۷	۱۰۹۱۰	۳۵۶۶	۶۱۰۰	۲۶/۹	۳۲/۳	۳۸/۳	۵۲/۹	۳۸/۳
زرین	۴۱/۶	۷۲/۴	۳۱/۸	۴۶/۴	۱۰۵۴۰	۳۳۲۷	۸۱۳۱	۲۶/۳	۳۷/۳	۳۶/۸	۶۳/۰	۳۶/۸
شیراز	۵۳/۶	۶۹/۶	۳۰/۵	۴۰/۷	۱۱۴۶۷	۳۵۰۰	۵۰۰۱	۳۰/۴	۳۷/۵	۳۸/۹	۴۹/۰	۳۸/۹
شیزودی	۴۱/۱	۴۹/۵	۳۰/۶	۴۷/۹	۹۸۳۳	۳۰۰۰	۵۸۰۰	۲۲/۱	۳۴/۹	۳۳/۱	۴۳/۳	۳۳/۱
طیسی	۵۰/۶	۶۷/۸	۲۷/۰	۴۵/۴	۱۳۸۱۰	۳۷۱۶	۷۲۵۰	۳۳/۶	۳۸/۳	۴۱/۶	۵۵/۶	۴۱/۶
کرج ۲	۴۰/۷	۵۶/۷	۲۴/۶	۴۰/۴	۸۷۲۳	۲۱۲۶	۵۹۲۰	۲۲/۸	۳۶/۰	۳۰/۹	۴۶/۲	۳۰/۹
LSD (1%)	۱۰/۱	۱۸/۱	۶/۴	۱۱/۲	۲۲۲/۶	۹۶/۸	۲۳۷/۹	۶/۴	۶/۳	۱۲/۷	۱۲/۷	۱۲/۷

هکتار. برحسب کیلوگرم در هکتار گزارش شود) به دست آمد، لیکن، در شرایط قطع آبیاری پس از گلدهی بیشترین میزان عملکرد بیولوژیک را رقم طوسی (۱۳۸۱۰ کیلوگرم در هکتار) به خود اختصاص داد (جدول ۶).

در شرایط تنش خشکی پیری زودرس اندام‌های فتوسنتزکننده و همچنین کاهش فتوسنتز جاری گیاه باعث کاهش کل زیست توده تولیدی می‌گردد. امام و همکاران (۱۶) و پیرواتلو و همکاران (۳۲) نیز نتایج مشابهی مبنی بر کاهش عملکرد بیولوژیک در اثر تنش خشکی گزارش کردند. براساس پژوهش‌های انجام گرفته، کاهش فتوسنتز گیاه سبب کاهش ماده خشک در بوته می‌شود (۳). ژنوتیپ‌های با ارتفاع بیشتر، نظیر طوسی و آگوستا عملکرد بیولوژیک بیشتری داشتند (جدول ۶) که این موضوع با ارتفاع ساقه بیشتر آنها و امکان استفاده بیشتر از انتقال مجدد مواد پرورده از آنها در ارتباط می‌باشد.

شاخص برداشت

برهمکنش شرایط رطوبتی و ارقام گندم حاکی از آن بود که در شرایط آبیاری نرمال ژنوتیپ M-73-6 بیشترین شاخص برداشت (۵۰/۳ درصد) را به خود اختصاص داد. در شرایط قطع آبیاری پس از گلدهی بیشترین میزان شاخص برداشت (۳۲/۵ درصد) در رقم چمران مشاهده شد. کمترین میزان شاخص برداشت در ژنوتیپ C-85-14 در شرایط قطع آبیاری پس از گلدهی به مقدار ۲۲/۳ درصد به دست آمد (جدول ۶).

کاهش شاخص برداشت در شرایط تنش خشکی بعد از گلدهی به کاهش دسترسی به مواد پرورده جاری طی دوره پر شدن دانه نسبت داده شده است (۱۴ و ۱۵). کاهش شاخص برداشت در اثر تنش خشکی آخر فصل توسط سایر پژوهش‌گران نیز گزارش شده است (۱۸ و ۴۱). همان‌گونه که در بالا ذکر شد، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک (کل زیست توده تولیدی) در اثر تنش خشکی کاهش می‌یابند و با توجه به این موضوع که عملکرد دانه برای میانگین ارقام مورد مطالعه با شدت بیشتری (۵۱/۶ درصد) نسبت به عملکرد بیولوژیک

درحالی‌که، رقم شیراز با ۳۰ درصد کاهش در عملکرد دانه، کمترین کاهش را داشت (جدول ۵). درهمین راستا، کولاکو و هاریسون (۱۲) کاهش ۴۵ درصدی در عملکرد دانه گندم را در اثر تنش گزارش نمودند. آستین و همکاران (۳) گزارش کردند که عملکرد در شرایط تنش در مرحله گرده‌افشانی و بعد از آن کاهش قابل توجهی را نسبت به شرایط بدون تنش داشته است. با توجه به تسریع پیری برگ‌ها، کاهش فتوسنتز جاری گیاه و کوتاه شدن مدت زمان مراحل نمو گیاه در اثر تنش خشکی، تعداد دانه در سنبله و وزن دانه که از اجزای بسیار مهم عملکرد دانه می‌باشند کاهش می‌یابد (۱۵)، از سوی دیگر، وقوع تنش خشکی با افت شاخص برداشت نیز همراه است، بدین معنا که سهم کمتری از کل زیست توده تولیدی در این حالت به دانه‌ها اختصاص می‌یابد، بنابراین، با توجه به کاهش عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت در اثر تنش خشکی، کاهش عملکرد طبیعی می‌باشد.

افت کمتر عملکرد دانه در شرایط تنش خشکی در رقمی مانند طوسی ممکن است به دلیل ارتفاع زیادتر ساقه، دارا بودن ذخایر بیشتر ساقه و امکان بهره‌گیری از آن در پر شدن دانه‌ها در شرایط کمبود رطوبت باشد. بلوم و همکاران (۹) نیز مشاهده کردند که در گندم، عملکرد ارقام با ارتفاع بیشتر در مقایسه با ارقام پاکوتاه کمتر تحت تأثیر خشکی بعد از گلدهی قرار گرفت. این موضوع به زیادتر بودن هیدرات‌های کربن ذخیره شده در ساقه در ارقام پابلند نسبت داده شده است. به علاوه، افزایش عملکرد در شرایط کمبود رطوبت به ژنوتیپ‌های متحمل و مدیریت لازم برای بیشینه کردن آب قابل دسترس نیاز دارد (۳۰).

عملکرد بیولوژیک

ارقام مختلف از نظر عملکرد بیولوژیک تفاوت معنی‌داری نشان دادند (جدول ۴). تنش خشکی مانع رسیدن عملکرد بیولوژیک گیاه به بیشینه خود شد. در شرایط آبیاری معمولی بیشترین میزان عملکرد بیولوژیک از رقم زرین (۱۷۵۲۰ کیلوگرم در

تخمک‌های تلقیح شده، در اثر تنش خشکی سقط می‌شوند و در نهایت تعداد دانه در سنبله کاهش می‌یابد. اعمال تنش در مرحله گرده‌افشانی باعث عقیم شدن دانه‌های گرده و اختلال در فتوستتزی جاری و انتقال مواد ذخیره شده به دانه‌ها می‌گردد که این موضوع می‌تواند دلیلی برای کاهش تعداد دانه در سنبله باشد (۴۱).

وزن هزار دانه

وزن هزار دانه تحت تأثیر معنی‌دار ژنوتیپ، خشکی و برهمکنش آنها قرار گرفت (جدول ۴). بیشترین وزن هزار دانه به مقدار ۴۸/۷ گرم در رقم بهار و در آبیاری معمولی به‌دست آمد که در سطح یک درصد تفاوت آماری معنی‌داری با رقم آگوستا نداشت. در شرایط قطع آبیاری پس از گلدهی نیز بیشترین وزن هزار دانه در رقم بهار به مقدار ۴۱/۴ گرم مشاهده شد (جدول ۶).

پژوهشگران زیادی کاهش وزن دانه در اثر تنش خشکی را گزارش کرده‌اند (۱۸ و ۳۶). مارک و همکاران (۲۷) گزارش کردند که تنش خشکی بعد از گلدهی باعث کاهش تعداد سلول اندوسپرم دانه در قاعده و راس سنبله شده و در نهایت وزن دانه را کاهش می‌دهد. تنش خشکی پس از گلدهی طول دوره پر شدن دانه را کوتاه‌تر کرده و موجب کاهش وزن دانه‌ها می‌گردد (۱۶). در مواجهه با تنش خشکی و برای جلوگیری از هدرروی بیش از حد آب روزنه‌ها بسته می‌شوند که این موضوع در نهایت باعث کاهش فتوستتزی جاری و کاهش مواد پرورده برای پر شدن دانه‌ها می‌شود که این امر نیز باعث کاهش میانگین وزن هر دانه می‌گردد.

در سال‌های اخیر، افزایش عملکرد دانه بیشتر مربوط به افزایش تعداد دانه و تعداد سنبله در واحد سطح بوده (۵) و وزن هزار دانه از ثبات نسبی بالا و تغییرپذیری کم در شرایط بهینه برای رشد و نمو گیاه برخوردار است (۱۴). بر خلاف تعداد دانه در واحد سطح، ارتباط اندکی بین وزن هر دانه عملکرد دانه در واحد سطح وجود دارد (۲۲). به هر حال، برهم کنش

(۲۲/۵ درصد) کاهش یافته، کاهش شاخص برداشت مشاهده شده است. مطالعات متعددی نشان می‌دهد که تنش خشکی همراه با درجه حرارت زیادتر بر فتوستتزی گیاه گندم اثر منفی شدیدی می‌گذارد (۳).

در شرایط تنش خشکی، کاهش فعالیت‌های فتوستتزی نهایتاً منجر به کاهش انتقال مواد ساخته شده به دانه‌ها می‌شود که این موضوع کاهش شاخص برداشت را به دنبال دارد (۲۱)، بنابراین، ژنوتیپ C-85-14 کمترین شاخص برداشت را در شرایط تنش خشکی از خود بروز داد، تأثیرپذیری زیادتری نسبت به عوامل نامساعد محیطی دارد. در سال‌های اخیر افزایش پتانسیل عملکرد دانه ارقام جدید گندم مرهون افزایش شاخص برداشت آنها بوده است (۳۱).

تعداد دانه در سنبله

نتایج این پژوهش نشان داد که بین ژنوتیپ‌های مختلف از نظر تعداد دانه در سنبله تفاوت آماری معنی‌داری وجود داشت (جدول ۴). رقم زرین و رقم طبعی به‌ترتیب با ۶۳/۰ و ۴۱/۶ دانه در هر سنبله در شرایط آبیاری معمول و تنش خشکی بیشترین تعداد دانه در سنبله را به خود اختصاص دادند که این موضوع در ارتباط با عملکرد زیادتر دانه در این ژنوتیپ‌ها بود (جدول ۶). وادینگتون و همکاران (۴۰) نیز همبستگی معنی‌داری بین تعداد دانه در سنبله و افزایش عملکرد دانه گندم گزارش کردند. آستین و همکاران (۴) نشان دادند که ارقام جدید در مقایسه با ارقام قدیمی ۵۹ درصد دانه بیشتری تولید کردند که این مسئله به دلیل تولید تعداد سنبله بیشتر و تعداد دانه بیشتر در هر سنبله بود. به طوری که در ارقام جدید تعداد سنبله بارور در مترمربع ۱۴ درصد بیش از ارقام قدیمی بود.

نتایج مشابهی مبنی بر کاهش تعداد دانه در سنبله ناشی از تنش خشکی آخر فصل توسط پژوهشگران گزارش شده است (۱۶). مرحله گل شکفتگی از حساس‌ترین مراحل زندگی گندم به تنش خشکی است. در این زمان کمبود آب باعث عدم تلقیح و ناباروری گلچه‌ها در سنبله می‌گردد، هم‌چنین، تعدادی از

جدول ۷. نتایج تجزیه واریانس شاخص افت دمای سایه‌انداز گیاهی طی چهار مرحله اندازه‌گیری پس از اعمال قطع آبیاری پس از گلدهی

منابع تغییرات	درجه آزادی	افت دمای سایه‌انداز ۱	افت دمای سایه‌انداز ۲	افت دمای سایه‌انداز ۳	افت دمای سایه‌انداز ۴
تکرار	۲	۱۸/۶۲	۲۱/۸۲	۲۳۸/۴۷	۲۵۹/۸۵
رژیم آبیاری	۱	۴۴۱/۶۱*	۱۶۸۹/۴۹**	۶۶۸۱/۶۷*	۶۰۹/۵۳*
خطای الف	۲	۸/۴۳	۱۴/۴۵	۱۶۴/۸۸	۳۰/۲۵
رقم	۱۵	۲/۳۵**	۹/۳۴*	۸/۱۶**	۳/۶۶**
رقم×رژیم آبیاری	۱۵	۵/۵۸**	۱۲/۷۷**	۱۳/۶۳**	۷/۰۷**
خطا	۶۰	۰/۸۷	۴/۷۲	۳/۳۴	۱/۰۶
ضریب تغییرات		۹/۲	۲۱/۹	۲۲/۲	۱۴/۱

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

ژنوتیپ و محیط تعیین‌کننده میزان همبستگی و تأثیر هر یک از این اجزا در تعیین عملکرد دانه است (۲۴).

محتوای آب نسبی برگ پرچم

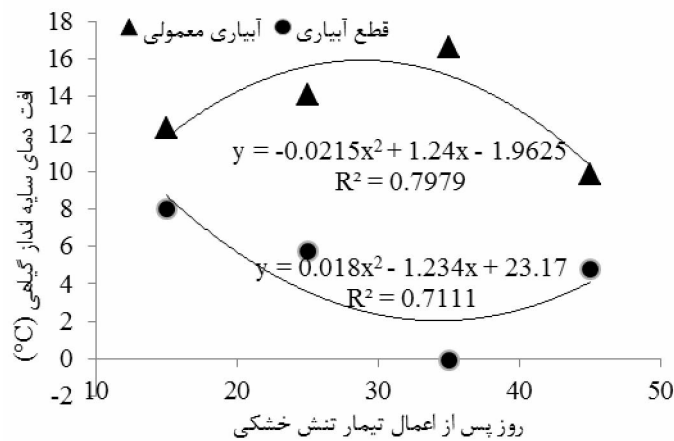
تیمار قطع آبیاری پس از گلدهی، کاهش معنی‌داری محتوای نسبی آب برگ پرچم در ژنوتیپ‌های گندم موجب شد. در بین ژنوتیپ‌ها نیز از نظر این صفات تفاوت معنی‌داری مشاهده شد (جدول ۴). بیشترین محتوای نسبی آب برگ پرچم در رقم جونز و کمترین آن، در رقم شیروودی مشاهده شد. کمترین میزان کاهش در محتوای نسبی آب برگ پرچم در ژنوتیپ C-86-2 با ۱۴/۴ درصد و بیشترین آن در ژنوتیپ C-85-7 با ۵۰/۶ درصد در اثر اعمال قطع آبیاری پس از گلدهی مشاهده شد. در شرایط تنش خشکی، رقم شیراز و بعد از آن رقم طبسی بیشترین محتوای نسبی آب برگ پرچم را داشتند (جدول ۶).

محتوای نسبی آب برگ پرچم در هر دو شرایط تنش خشکی (۰/۶۸۹**) و آبیاری معمولی (۰/۵۵۶*) دارای همبستگی مثبت و معنی‌داری با عملکرد دانه بود (جدول ۵). عملکرد دانه زیادتر ارقامی که محتوای آب نسبی بالاتری در شرایط تنش خشکی داشتند مؤید این مطلب است (جدول ۶). اسلوان و همکاران (۳۸) که در شرایط تنش خشکی، پتانسیل آب برگ و محتوای آب نسبی برگ کاهش پیدا می‌کند

و فرآیندهایی نظیر توسعه برگ نیز تحت تأثیر قرار می‌گیرد. مولنار و همکاران (۲۹) نیز اظهار کردند که تنش خشکی به‌طور نسبی پتانسیل آب برگ و محتوای آب نسبی برگ را کاهش می‌دهند. ارقام مقاوم گندم در شرایط تنش، محتوای آب نسبی بیشتری نسبت به ارقام حساس به خشکی دارند (۳۷). کاهش محتوای آب نسبی برگ پرچم در اثر تنش خشکی موجب تأثیرات منفی در فتوسنتز می‌شود (۳۵). با افزایش تنش رطوبتی، محتوای نسبی آب برگ پرچم در برگ‌های گندم کاهش پیدا می‌کند. این نتایج با نتایج حاصل پژوهش شونفیلد و همکاران (۳۴) مطابقت دارد.

افت دمای سایه‌انداز

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اختلاف دمای سایه‌انداز و دمای هوا در سطح احتمال ۱ درصد تحت تأثیر تنش خشکی، ژنوتیپ و برهمکنش آنها قرار گرفت (جدول ۷). قطع آبیاری پس از گلدهی باعث افزایش دمای سایه‌انداز نسبت به دمای هوا شد و باعث کاهش تفاوت دمای سایه‌انداز و دمای هوا شد. بررسی برهم‌کنش تنش خشکی × ژنوتیپ بر افت دمای سایه‌انداز نشان داد که در شرایط تنش خشکی دمای سایه‌انداز بیشتر از دمای هوا بود. در شرایط تنش خشکی، دمای سایه‌انداز رقم طبسی بیشترین تفاوت را با دمای هوا داشت (۹/۸) که



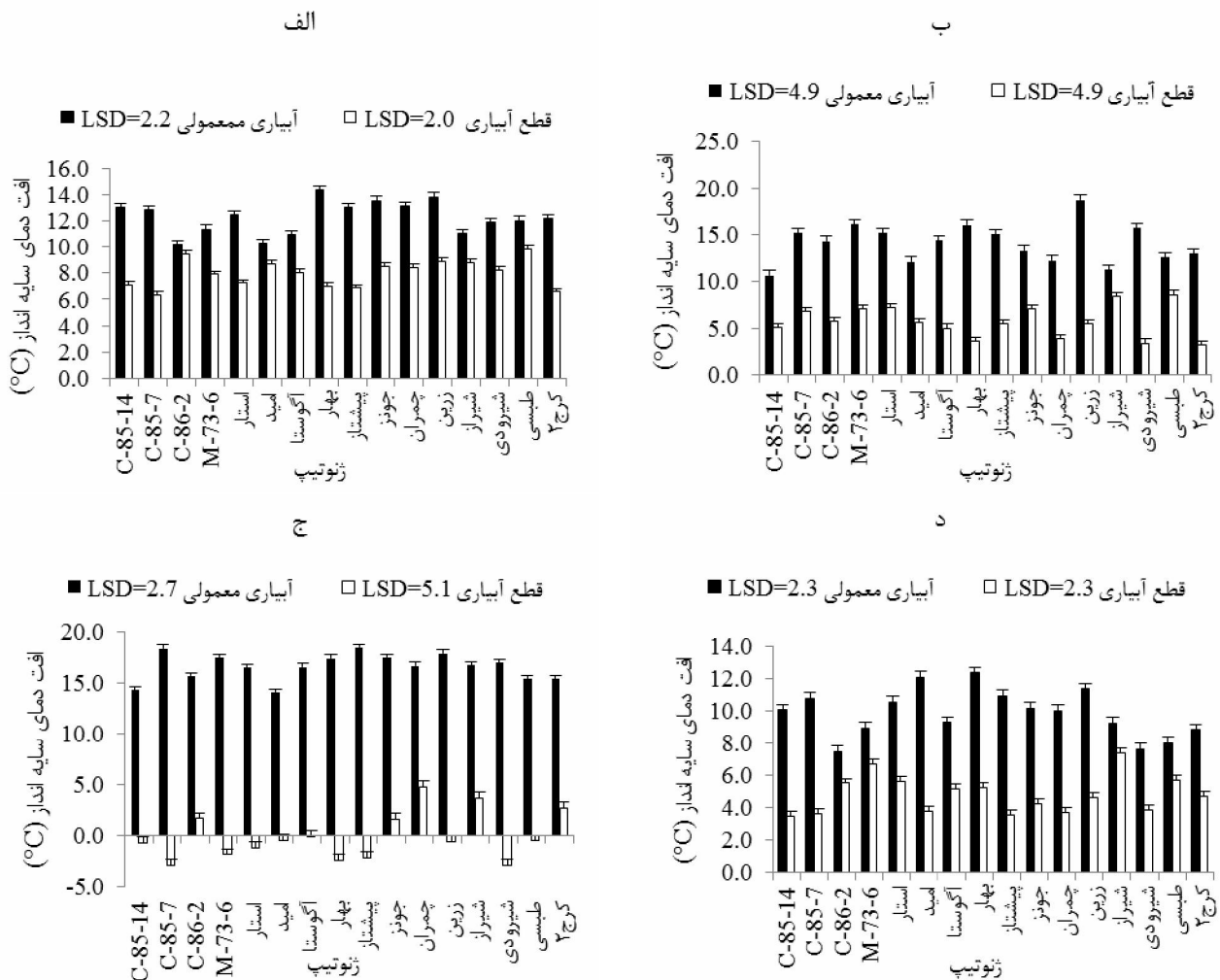
شکل ۱. روند تغییرات افت دمای سایه‌انداز گیاهی در چهار مرحله اندازه‌گیری پس از اعمال قطع آبیاری پس از گلدهی

آبیاری نشان داد که هرچه از زمان اعمال تنش خشکی می‌گذرد تفاوت دمای هوا و سایه‌انداز گیاهی کمتر شده، یا به عبارتی دمای سایه‌انداز گیاهی و دمای هوا به هم نزدیک می‌شوند تا این‌که در اواخر دوره رشد گیاه دمای سایه‌انداز از دمای هوا نیز بیشتر می‌شود. به‌طور کلی، دمای سایه‌انداز گیاهی با تنش خشکی همبستگی دارد، به‌طوری‌که با کاهش رطوبت خاک، پتانسیل آب خاک کاهش یافته و منجر به بسته شدن روزنه‌ها می‌شود، بنابراین، کاهش تعرق منجر به افزایش دمای سایه‌انداز گیاهی می‌شود (۱۱). در انتهای فصل رشد، یعنی زمان رسیدگی فیزیولوژیک، به‌علت این‌که محتوای آب گیاه کاهش می‌یابد و هم‌چنین به‌دلیل متغیر بودن شرایط آب و هوایی، دمای سایه‌انداز گیاهی کاهش یافته و با دمای هوا تقریباً به تعادل می‌رسد (شکل ۱). اما در مورد آبیاری معمولی اندکی متفاوت است، با گرم‌تر شدن تدریجی هوا و به‌دلیل این‌که اندازه‌گیری دمای سایه‌انداز پس از آبیاری انجام می‌شود، به‌تدریج افت دمای سایه‌انداز افزایش می‌یافت تا این‌که گیاهان به مرحله رسیدگی فیزیولوژیک رسیدند، پس از آن، به‌دلیل کاهش محتوای آب گیاه دمای سایه‌انداز به دمای هوا نزدیک شده و اختلاف دمای سایه‌انداز و دمای هوا کم می‌شود. اما افت دمای سایه‌انداز نهایی تیمار تنش نسبت به تیمار آبیاری کمتر بود، به این دلیل که گیاهانی که دچار تنش شده‌اند نسبت به گیاهانی که در شرایط رطوبتی مناسب رشد می‌کنند دچار زودرسی به‌علت پیری

اختلاف معنی‌داری با ژنوتیپ C-86-2 در سطح احتمال ۱ درصد نداشت، لیکن، در شرایط آبیاری معمولی، بیشترین تفاوت دمای سایه‌انداز و دمای هوا مربوط به رقم بهار (۱۴/۴) بود (شکل ۲).

تعرق ساز و کار خنک‌کننده در گیاه است، در شرایط بدون تنش خشکی روزنه‌های گیاه باز است و گیاه هم‌زمان با انجام فتوسنتز، تعرق نیز انجام می‌دهد که نتیجه این کار خنک شدن تعرقی گیاه و تولید ماده خشک است (۳۳)، ولی در شرایط تنش خشکی، گیاه برای این‌که آب کمتری از دست بدهد روزنه‌های خود را می‌بندد که همین امر باعث می‌شود فرآیند تعرق نیز انجام نگیرد و به‌تدریج دمای گیاه بالاتر رود و فتوسنتز گیاه محدود شود (۱۷)، در چنین شرایطی کاهش قدرت تولیدی گیاه دور از انتظار نیست.

بررسی ضرایب همبستگی صفات نشان داد که همبستگی مثبت و معنی‌داری بین عملکرد دانه و شاخص افت دمای سایه‌انداز گیاهی وجود دارد (جدول ۵). وجود رابطه مستقیم بین شاخص افت دمای سایه‌انداز گیاهی و عملکرد دانه در شرایط بدون تنش خشکی توسط پژوهش‌گران متعددی اعلام شده است (۶). گلستانی و آساد (۱۹) گزارش نمودند که در اثر تنش خشکی، دمای سایه‌انداز گیاهی افزایش می‌یابد. آنها CTD را شاخص مناسبی برای شناسایی ارقام مقاوم و حساس دانستند. بررسی روند تغییرات دمای سایه‌انداز گیاهی در تیمار قطع



شکل ۲. مقایسه میانگین افت دمای سایه‌انداز گیاهی طی چهار مرحله اندازه‌گیری پس از اعمال قطع آبیاری پس از گلدهی، الف) ۱۵ روز پس از اعمال تیمار قطع آبیاری، ب) ۲۵ روز پس از اعمال تیمار قطع آبیاری، ج) ۳۵ روز پس از اعمال تیمار قطع آبیاری، د) ۴۵ روز پس از اعمال تیمار قطع آبیاری

مناسب جهت گزینش ژنوتیپ‌ها در شرایط تنش خشکی آخر فصل یاد کرد. نتایج حاصل نشان‌دهنده اهمیت استفاده از معیارهای فیزیولوژیک در انتخاب ژنوتیپ‌های گندم که بیشترین سازگاری با شرایط تنش خشکی را دارند، می‌باشد. در این پژوهش، بیشترین کاهش عملکرد دانه (۶۴ درصد) و عملکرد بیولوژیک (۴۱ درصد) در اثر تنش خشکی، در ژنوتیپ C-85-7 مشاهده شد، در صورتی‌که، رقم شیراز با کمترین کاهش در این دو جزء (۳۰ و ۸ درصد به ترتیب در عملکرد دانه و بیولوژیک)، از پایداری عملکرد و مقاومت به تنش خشکی آخر فصل

زودرس می‌شوند (شکل ۱). این نتایج با نتایج سایر پژوهش‌گران نیز تطابق دارد (۶، ۸ و ۲۵).

نتیجه‌گیری

تنش خشکی در دوره پرشدن دانه تأثیر منفی بارزی بر عملکرد و اجزای آن و هم‌چنین محتوای نسبی آب برگ پرچم گذاشت. نتایج این پژوهش نشان داد که شاخص افت دمای سایه‌انداز گیاهی همبستگی مثبت و معنی‌داری در هر دو شرایط آبی با عملکرد دانه داشت و بنابراین، می‌توان از آن به‌عنوان شاخصی

بیشتری برخوردار بود. بر پایه نتایج این پژوهش، به نظر می‌رسد انتخاب و کشت ژنوتیپ‌هایی نظیر شیراز و چمران، چنانچه در پژوهش‌های تکمیلی مورد تأیید قرار گیرد، می‌تواند گزینه‌های مناسبی برای بهبود عملکرد، در مناطقی که آب قابل دسترس در دوره پر شدن دانه کم است، باشد.

منابع مورد استفاده

1. Akbari Moghaddam, H., Gh. Etesam, R. Koohkan, Sh. A. Rostami, and Gh. A. Keikha. 2002. Effect of moisture stress in different growth stages on grain yield in wheat cultivars. Proceedings of the 7th Iranian Crop Science Congress. Karaj, Iran. 735. (In Farsi).
2. Al-hakimi, A., P. Monneveux, and M. M. Nachit. 1998. Direct and indirect selection for drought tolerance in alien tetraploid wheat × durum wheat crosses. *Euphytica* 100: 287-294.
3. Austin, R.B. 1978. Actual and potential yields of wheat in the UK. *ADAS Quarterly Review*. 29: 277-294.
4. Austin, R. B., M. A. Ford and C. L. Morgan. 1989. Genetic improvement in the yield of the winter wheat: A further evaluation. *Journal of Agricultural Science. Cambridge*. 112: 259-301.
5. Araus. J. L., Slafer. G. A., Royo. C. and Serret. M. D. 2008. Breeding for Yield Potential and Stress Adaptation in Cereals. *Critical Reviews in Plant Science* 27:377-412.
6. Bahar B., Y. Mehmet., B. Celaledin., and G. Ibrahim. 2008. Effect of Canopy Temperature Depression on grain yield and yield components in bread and durum wheat. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*. 36: 34-37.
7. Balota, M., W.A. Payne, S.R. Evett, M.D. Lazar & T.R. Peters. 2008. Morphological and physiological traits associated with canopy temperature depression in three closely related wheat lines. *Crop Science* 48: 1897-1910.
8. Barma N. C., M. Rahman, R. Amin, Z. I. Sarker, C. Meisner, and M. A. Razzaque. 1997. Summary of Data from Bangladesh. PP. 21-22 In: Reynolds, M. P., S. Nagarajan, M. A. Razzaque, O. A. A. Ageeb (eds), Wheat Special Report, No: 42, Using canopy temperature depression to select for yield potential of wheat in heat-stressed environments, CIMMYT, Mexico, DF.
9. Blum, A., B. Simmena, J. Mayer, G. Golan and L. Shpiler. 1994. Stem reserve mobilization support wheat-grain filling under heat stress. *Australian Journal of Plant Physiology* 21: 771-781.
10. Blum, A., L. Shipiler, G. Golan, and J. Mayer. 1989. Yield stability and canopy temperature of wheat genotypes under drought stress. *Field Crops Research* 22: 289-296.
11. Carcova, J., G. A. Maddonni, and C. M. Ghersa. 1998. Crop water stress index of three maize hybrids grown in soils with different quality. *Field Crops Research* 55: 165-174.
12. CollaKu, A. and S. A. Harrison. 2002. Losses in wheat due to water logging. *Crop Science*. 42: 444-450.
13. Duysen, M.E. and T.P. Freeman. 1974. Effects of moderate water deficits on wheat seedling growth and plastid pigment development. *Plant Physiology* 31: 262-266.
14. Emam, Y. 2011. Cereal Crop Production. Shiraz University Press. 4th ed., Pp. 190. (In Farsi).
15. Emam, Y. and M. Niknejhad. 2011. An Introduction to the Physiology of Crop Yield. Shiraz University Press. Pp. 571. (In Farsi).
16. Emam, Y., A.M. Ranjbari and M. J. Bahrani. 2007. Evaluation of yield and yield components in wheat genotypes under post- anthesis drought stress. *Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources* 11: 317-328. (In Farsi).
17. Flexas, J. & H. Medrano. 2002. Drought-inhibition of photosynthesis in C3 plants: stomatal and non-stomatal limitations revisited. *Annals of Botany* 89, 183-189.
18. Foulkes M. J., R. Sylvester-Bradley, R. Weightman & J. W. Snape. 2007. Identifying physiological traits associated with improved drought resistance in winter wheat. *Field Crops Research* 103:11-24.
19. Golestani, S. & M.T. Assad. 1998. Evaluation of four screening techniques for drought resistance and their relationship to yield reduction ratio in wheat. *Euphytica* 103: 293-299.
20. Gonzalez. A., V. Bermejo, and B. S. Gimeno. 2010. Effect of different physiological traits on grain yield in barley grown under irrigated and terminal water deficit conditions. *Journal of Agricultural Science* 148: 319-328.
21. Gooding, M.J., R.H. Ellis, P. R. Shewry, and J. D. Schofield. 2003. Effects of restricted water availability and increased temperature on the grain filling, drying and quality of winter wheat. *Journal of Cereal Science* 37: 295-309.
22. Hay, R. K. M. and A. J. Walker. 1989. An Introduction to the Physiology of Crop Yield. Longman Scientific and Technical. Harlow, England. Pp. 292.

23. Heyne, E. G. 1987. Wheat and Wheat Improvement. 2nd ed., American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin, USA.
24. Jackson, P., M. Robertson, M. Cooper, and G. Hammer. 1996. The role of physiological understanding in plant breeding; from a breeding perspective. *Field Crop Research* 49: 11–37.
25. Karimizadeh, R., M. Mohammadi, S. Ghaffaripour, F. Karimpour and M. K. Shefazadeh. 2011. Evaluation of physiological screening techniques for drought-resistant breeding of durum wheat genotypes in Iran. *African Journal of Biotechnology* 10: 12107-12117.
26. Kramer, P.J. 1983. Water Relations of Plants. Academic Press, New York.
27. Marc. E. N., M. G. Roslyn and M. J. Dalling. 1985. Effect of post-anthesis drought on cell division and starch accumulation in developing wheat grains. *Annals of Botany* 55: 433-444
28. Maria, B., W. A. Payne, S. R. Evett and M. D. Lazar. 2007. Canopy temperature depression sampling to assess grain yield and genotypic differentiation in winter wheat. *Crop Science* 47: 1518-1529.
29. Molnár, I. S. Dulai, Á. Csernák, J. Prónay and M.M. Láng. 2005. Photosynthetic responses to drought stress in different Aegilops species. *Acta Biologica*. 49: 141-142.
30. Nikolaeva, M. K., S. N. Maevskaya, A. G. Shugaev and N. G. Bukhov. 2010. Effect of drought on chlorophyll content and antioxidant enzyme activities in leaves of three wheat cultivars varying in productivity. *Russian Journal of Plant Physiology* 57: 87–95.
31. Parry, M. A. J., M. Reynolds, M. E. Salvucci, Ch. Raines, P. J. Andralojc, X. G. Zhu, G. D. Price, A. J. Condon and T. F. Furbank. 2011. Raising yield potential of wheat. II. Increasing photosynthetic capacity and efficiency. *Journal of Experimental Botany* 62: 453–467.
32. Pireivatlou, A. S., B. Dehdar Masjedlou and T. A. Ramiz. 2010. Evaluation of yield potential and stress adaptive trait in wheat genotypes under post anthesis drought stress conditions. *African Journal of Agricultural Research* 5: 2829-2836.
33. Reynolds, M. P., B.M.I., Delgado, M. Gutierrezrodríguez and A. Larque-Saavedra. 2000. Photosynthesis of wheat in a warm, irrigated environment. I. Genetic diversity and crop productivity. *Field Crops Research* 66: 37–50.
34. Schonfeld, M. A., R. C. Johnson., B. F. Carver and D. W. Mornhinweg. 1988. Water relations in winter wheat as drought resistance indicators. *Crop Science* 28: 526-531.
35. Siddique, M. R. B., A. Hamid and M. S. Islam. 2000. Drought stress effects on water relation of wheat. *Botanical Bulletin of Academia Sinica* 41: 35-39.
36. Sio-Se Mardeh, A., A. Ahmadi, K. Poustini and V. Mohammadi. 2006. Evaluation of drought resistance indices under various environmental conditions. *Field Crops Research* 98: 222–229.
37. Siosemardeh, A., A. Ahmadi, K. Poustini and H. Ebrahimzede. 2003. Stomatal and nonstomatal limitations to photosynthesis and their relationship with drought resistance in wheat cultivars. *Iranian Journal of Agricultural Science*. 34: 93-106. (In Farsi).
38. Sloane, R. J., R. P. Patterson and T. G. Carter. 1990. Field drought tolerance of soybean plant introduction. *Crop Science* 30: 118 – 123.
39. Sterling, J. D. E. and H.G. Nass. 1981. Comparison of tests characterizing varieties of barley and wheat for moisture resistance. *Canadian Journal of Plant Science* 61: 283-292.
40. Waddington, S. R., J. K. Ranson, M. Osmanza and D. A. Saunders. 1986. Improvement in yield potential of bread wheat adapted to northwest Mexico. *Crop Science* 26: 698-703.
41. Wang, Z. M., A. L. Wei and D. M. Zheng. 2001. Photosynthetic characteristic of non-leaf organs of winter wheat cultivar differing in ear type and their relationship with grain mass per ear. *Photosynthetica* 39: 239-244.