

تأثیر تنفس خشکی آخر فصل بر عملکرد، اجزای عملکرد و دمای سایه‌انداز

گیاهی ارقام گندم نان

هدایت الله کریم‌زاده سورشجانی، یحیی امام* و سعید موری

گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز

چکیده:

عملکرد دانه گندم در اکثر مناطق زراعی ایران در نتیجه بروز تنفس خشکی پس از گلدهی کاهش می‌یابد. به منظور بررسی اثر قطع آبیاری بر عملکرد، اجزای عملکرد و دمای سایه‌انداز ارقام گندم نان پژوهشی در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز در سال‌های زراعی ۱۳۸۹-۹۰ و ۱۳۸۸-۸۹ طراحی و اجرا گردید. آزمایش به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوك‌های کامل تصادفی با چهار تکرار بود. عامل اصلی رژیم آبیاری (آبیاری بعد از گلدهی) و عامل فرعی ارقام گندم نان (چهل رقم) بود. نتایج نشان داد که قطع آبیاری باعث کاهش معنی‌دار عملکرد دانه، تعداد دانه در واحد سطح، وزن هزار دانه، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت، شاخص افت دمای سایه‌انداز گیاهی، آهنگ تجمع عملکرد بیولوژیک، سرعت تولید عملکرد دانه و سرعت پر شدن دانه شد. در شرایط آبیاری معمولی بیشترین عملکرد دانه از ارقام شیرودی (۸۸۶۴ کیلوگرم در هکتار)، نوید (۸۴۴۰ کیلوگرم در هکتار) و کرج (۸۰۳ کیلوگرم در هکتار) و در شرایط قطع آبیاری بیشترین عملکرد دانه در ارقام مغان (۴۴۴۵ کیلوگرم در هکتار) و عدل (۴۱۷۹ کیلوگرم در هکتار) مشاهده شد. وجود همبستگی مثبت و معنی‌دار بین عملکرد دانه و شاخص افت دمای سایه‌انداز گیاهی در هر دو شرایط رطوبتی، حاکی از آن است که این شاخص، شاخص مناسبی برای شناسایی ارقام مقاوم به خشکی آخر فصل می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: افت دمای سایه‌انداز گیاهی، سرعت پر شدن دانه، عملکرد گندم، کم آبیاری

با این وجود، اغلب مناطق تولید گندم در جهان در بخشی از فصل رشد با کمبود آب مواجه هستند. خشکی از مهم‌ترین عوامل تنفس‌زای محیطی است که تولید محصولات کشاورزی را در مناطق خشک و نیمه‌خشک تحت تأثیر قرار داده و باعث کاهش عملکرد می‌شود (Andrew *et al.* 2000; Farshadfar *et al.* 2001). تحت چنین شرایطی عملکرد دانه گندم نیز در سال‌های متوالی دارای نوساناتی خواهد بود (Shimshi *et al.*, 1982).

مقدمه:

گندم مهم‌ترین گیاه زراعی روی زمین است (امام، ۱۳۹۰؛ Reynolds *et al.* 2000)، که از زمان اهلی شدن تا کنون همواره از اهمیت خاصی برخوردار بوده و بیشترین سطح زیر کشت را در بین محصولات زراعی به خود اختصاص داده است (امام، ۱۳۹۰). گندم به عنوان مهم‌ترین غله در بسیاری از مناطق جهان است و غذای اصلی اکثر مردم را تشکیل می‌دهد (Shewry 2009; Rauf *et al.*, 2007).

شرایط تنش خشکی ارقام گندمی که در نیم روز دمای سایه انداز گیاهی پایین تری دارند، بطور نسبی وضعیت آبی بهتری نیز دارا هستند (Blum *et al.*, 1989). افت دمای Canopy Temperature (CCT) شاخصی برای شناسایی وضعیت آب گیاهی (Depression, CTD Ehrler, 1972; Blum *et al.*, 1982; Jakson *et al.*, 1981; Idso, 1982 Pinter *et al.*, 1990; Hatfield استفاده کاراتر از آب (Blum *et al.*, 1987) و مقاومت به تنش خشکی (al., 1989; Royo *et al.*, 2002 آساد (Golestan and Asad, 1998) گزارش نمودند که در اثر تنش خشکی دمای سایه انداز گیاهی افزایش می یابد. آنها CTD را شاخص مناسبی برای شناسایی ارقام مقاوم از حساس دانستند. از افت زیادتر دمای سایه انداز گیاهی به عنوان یک معیار انتخاب برای بهبود مقاومت به تنش خشکی و گرمایی استفاده می شود (Amani *et al.*, 1996; Blum *et al.*, 1989; Pinter *et al.*, 1990; Rashid *et al.*, 1999; Reynolds *et al.*, 1994; Fischer *et al.*, 1998). بنابراین، این آزمایش با هدف، بررسی تاثیر قطع آبیاری پس از گلدهی بر عملکرد، اجزای عملکرد و دمای سایه انداز گیاهی ارقام گندم نان انجام شد.

مواد و روش‌ها:

این پژوهش در مزرعه ایستگاه تحقیقات زراعی دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز واقع در ۱۱ کیلومتری شمال شرقی شهر شیراز با طول جغرافیایی ۵۲ درجه و ۲۵ دقیقه، عرض جغرافیایی ۲۹ درجه و ۴۰ دقیقه و ارتفاع ۱۸۱۰ متر از سطح دریا در دو سال زراعی ۱۳۸۹-۹۰ و ۱۳۹۰-۹۱ انجام شد. ویژگی‌های هواشناسی و خاکی منطقه محل آزمایش به ترتیب در جدول‌های ۱ و ۲ آورده شده است. آزمایش به صورت کرت‌های خرد شده در

در حالی که در دهه‌های گذشته، محور اصلی برنامه‌های تحقیقات به نژادی غلات در ایران معرفی ارقام پرمحصول در شرایط بهینه آبی بوده است، محدودیت آبیاری اراضی گندم آبی بویژه در اوآخر فصل به دلیل رقابت زراعت‌های بهاره با آخرین آبیاری گندم در مرحله بحرانی دانه‌بندی گیاه، باعث شده تا شناسایی و معرفی ارقامی که با حداقل دو نوبت آبیاری در بهار پس از پایان بارندگی‌های بهاره عملکرد قابل قبولی دارند، در برنامه‌های به نژادی مورد توجه قرار گیرد (متقی و همکاران، ۱۳۸۹). در این زمینه، معرفی ارقامی که بتوانند در هر دو شرایط آبیاری معمول و یا تنش خشکی آخر فصل محصول بیشتری تولید کنند، اهمیت بسیار زیادی پیدا می‌کند.

کمبود آب پس از گلدهی از طریق آسیب رساندن به فرآیند باروری دانه می‌تواند تعداد دانه در هر سنبله را کاهش دهد (Evans and Dunstone, 1970). تنش خشکی در مرحله سنبله‌دهی تا پر شدن دانه به دلیل کاهش تعداد دانه در هر سنبله و وزن هزار دانه موجب کاهش محصول می‌گردد (Sterling and Nass, 1981). گزارش Hochman (1982) 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 شد. تنش رطوبتی در طول پر شدن دانه (Brooks et al. 1982) و یا کاهش سرعت پر شدن دانه، عملکرد دانه را کاهش دهد (Brocklehurst, 1977). درک تاثیر تنش خشکی بر عملکرد دانه، گامی موثر در تولید ارقامی با عملکرد زیاد و پایدار می‌باشد (Royo *et al.*, 2002). اندازه‌گیری دمای سایه انداز گیاهی با استفاده از دماسنجد فروسرخ (Infrared Thermometer) روشی برای مشخص کردن وضعیت تنش خشکی در گندم و ابزاری مناسب برای انتخاب ارقام مقاوم به خشکی است. تحت

جدول ۱- مشخصات هواشناسی محل انجام آزمایش

ماه	میانگین بلندمدت (سال ۳۰)	بازنگری (میلی متر)		دما (درجه سلسیوس)		میانگین بلندمدت ۱۳۸۹-۹۰	میانگین بلندمدت ۱۳۸۸-۸۹
		۱۳۸۹-۹۰	۱۳۸۸-۸۹	۱۳۸۹-۹۰	۱۳۸۸-۸۹		
آبان	۲۱/۲	۲۲/۵	۰	۱۰/۳	۱۲/۳	۱۰/۷	۱۳۸۹-۹۰
آذر	۸۰/۰	۱۲۹/۰	۰	۵/۸	۵/۷	۵/۶	۱۳۸۸-۸۹
دی	۹۱/۷	۱۷/۰	۴۸/۵	۳/۳	۵/۱	۳/۳	۱۳۸۹-۹۰
بهمن	۸۳/۰	۵۴/۵	۱۰۷/۵	۳/۷	۶/۱	۴/۷	۱۳۸۸-۸۹
اسفند	۶۳/۰	۳۷/۵	۷۱/۸	۷/۲	۱۰/۴	۸/۶	۱۳۸۹-۹۰
فروردین	۴۴/۵	۲۴/۵	۳۰/۵	۱۱/۱	۱۲/۲	۱۱/۸	۱۳۸۸-۸۹
اردیبهشت	۱۲/۶	۱۳/۰	۰	۱۶/۰	۱۷/۰	۱۷/۷	۱۳۸۹-۹۰
خرداد	۰/۸	۰	۰	۲۰/۴	۲۰/۶	۲۴/۰	۱۳۸۸-۸۹
تیر	۰/۳	۰	۰	۲۳/۹	۲۶/۰	۲۷/۲	۱۳۸۹-۹۰
مجموع/میانگین	۳۹۷/۱	۲۹۸/۰	۲۵۸/۳	۱۱/۳	۱۳/۰	۱۲/۶	۱۳۸۹-۹۰

افزودن عناصری از قبیل پتاسیم و فسفر به خاک تنها کود مورد استفاده کود نیتروژن به مقدار ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار از منبع اوره در دو نوبت در مراحل شروع پنجه‌زنی و گل‌دهی (هر نوبت یک دوم) به مصرف رسید. دور آبیاری ۱۰ روزه به صورت سطحی با استفاده از سیفون اجرا شد، در هر آبیاری پس از اندازه‌گیری دبی سیفون‌ها با استفاده از رابطه‌ی زیر مقدار آب آبیاری محاسبه گردید (Micheal and Ojha, 1987) و تا قبل از اعمال تیمار قطع آبیاری همه کرت‌های آزمایشی در هر آبیاری مقدار آب یکسانی دریافت کردند.

$$Q = 0.65 \times 10^{-3} \times A \times \sqrt{2gh}$$

در رابطه فوق: Q : دبی (لیتر در ثانیه)، A : سطح مقطع سیفون (سانتی‌متر مربع)، g : شتاب جاذبه زمین (۹۸۱ سانتی‌متر بر مجدور ثانیه) و h : اختلاف ارتفاع بین سطح آب در نهر اصلی و کف کرت (سانتی‌متر) می‌باشد. در تیمار آبیاری معمولی در صورت نیاز (بعضی مواقع به علت بارندگی آبیاری انجام نشد) هر ۱۰ روز یکبار تا انتهای فصل رشد آبیاری انجام شد و در تیمار دیگر آبیاری

قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۴ تکرار اجرا شد. عامل اصلی رژیم آبیاری (آبیاری تا انتهای فصل رشد و قطع آبیاری در مرحله گل‌دهی) و عامل فرعی ارقام مختلف گندم نان (۴۰ رقم شامل: اترک، البرز، الموت، الوند، امید، اینیا، آزادی، بم، بهار، بیات، پیشتاز، چناب، رسول، روشن، زرین، سایسون، سبلان، سرخ‌تخم، سرداری، سیستان، شاهپسند، شعله، شیراز، شیرودی، طبسی، عدل، فلاٹ، قدس، کراس‌شاهی، کرج-۱، کرج-۲، گاسپارد، گلستان، مارون، مرودشت، مغان-۲، مهدوی، نوید، نیک‌ثزاد و هیرمند) بود. عملیات تهیه بستر شامل شخم، دیسک، تسطیح و ایجاد پسته با فاصله ۶۰ سانتی‌متر در مهر ماه هر دو سال انجام شد. هر یک از ارقام مختلف گندم روی چهار خط به فاصله ۳۰ سانتی‌متر (کشت در دو طرف پسته) بر اساس تراکم ۳۳۰ بوته در متر مربع به صورت دستی در تاریخ ۱۵ آبان هر دو سال (تاریخ کاشت بهینه منطقه) کشت شد. طول هر خط کشت دو متر و جهت کاشت در هر دو سال شرقی-غربی در نظر گرفته شد. فاصله بین تکرارها و فاصله بین دو عامل اصلی در هر تکرار ۱/۵ متر در نظر گرفته شد. با توجه به نتایج آزمون خاک (جدول ۲) و مشخص شدن عدم نیاز به

جدول ۳- میزان بارندگی و آب آبیاری در دو سال آزمایش*						
۱۳۸۹-۹۰			۱۳۸۸-۸۹			رژیم معمولی
کل	آبیاری	بارندگی	کل	آبیاری	بارندگی	
۶۹۵	۲۵۸	۴۴۰	۶۸۸	۲۹۸	۳۹۰	
۵۳۳	۲۵۸	۲۷۵	۵۱۸	۲۹۸	۲۲۰	قطع
* میلیمتر						

نوبت، به فواصل یک هفته اندازه‌گیری شد. از تفاصل بین دمای هوا (Ta) و دمای سایه‌انداز گیاهی (Tc) شاخص افت دمای سایه‌انداز گیاهی (Canopy Temperature Depression, CTD) (Balota et al. 2007; Depression, CTD 2008)

$$CTD = Ta - Tc$$

در زمان رسیدگی فیزیولوژیک (زمانی که محور سنبله خشک و شکننده شده، ریشکها زرد شده و دانه را نتوان با کمک ناخن شست به دو نیم تقسیم کرد، امام ۱۳۹۰) پس از حذف اثر حاشیه، یک متر از دو خط میانی کشت، برداشت شده و عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه بدست آمد، شاخص برداشت نیز از تقسیم عملکرد دانه بر عملکرد بیولوژیک محاسبه گردید (امام، ۱۳۹۰). همچنین از هر کرت یک نمونه تصادفی شامل بیست ساقه بارور تهیه شد. برای تعیین وزن خشک نمونه‌ها، از نگهداری در آون تهویه‌دار به مدت ۲۴ ساعت در درجه ۸۰ درجه سانتی‌گراد استفاده شد. برای اندازه‌گیری وزن هزاردانه نیز چهار نمونه صدایی از بذرها تمیز شده توزین و براساس وزن آنها وزن هزاردانه مشخص شد. برای محاسبه آهنگ تجمع عملکرد بیولوژیک، آهنگ افزایش عملکرد دانه و سرعت پرشدن دانه از روابط زیر استفاده شد (Reynolds et al., 1998).

تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS ver.) (Reynolds et al., 1998).

تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS ver.) (Reynolds et al., 1998).

تجزیه واریانس آزمون یکنواختی واریانس (آزمون بارتلت) بر روی داده‌ها انجام شد و با توجه به همگنی واریانس‌ها، داده‌های دو سال تجزیه مرکب شدند. با توجه

جدول ۲- برخی ویژگی‌های فیزیک و شیمیابی خاک محل آزمایش در عمق ۳۰ سانتیمتری

هدايت الکتریکی (دسى زیمنس بر اسیدیته کل اشباع	۱
رس (درصد)	۷/۷۴
سیلت (درصد)	۴۰
شن (درصد)	۴۲
بافت	۱۸
نیتروژن کل (درصد)	۰/۱۲
کربن آلی (درصد)	۱/۲۶
فسفر قابل جذب (میلی گرم در پتانسیم قابل جذب (میلی گرم در	۲۱/۵
	۴۵۰

هر ۱۰ روز یکبار تا زمان گل‌دهی انجام و پس از آن آبیاری تا انتهای فصل رشد قطع شد. میزان آب آبیاری و بارندگی موثر در دو سال آزمایش در جدول ۳ آورده شده است. در هر دو سال اجرای آزمایش بعد از اعمال تیمار قطع آبیاری، بارندگی رخ نداد.

برای مبارزه با علف‌های هرز پهنه برگ از علف‌کش ۲,۴-D به میزان یک لیتر در هکتار ماده تجاری در مرحله پنجه‌زنی استفاده شد. وجین دستی نیز در بهار طی دو مرحله انجام گرفت. برای مبارزه با زنگ زرد به محض مشاهده اولین آثار بیماری در تیمار آبیاری معمولی، از سم آتو به میزان نیم لیتر در هکتار ماده تجاری در زمان خمیری شدن دانه‌ها و برای مبارزه با آنگز زرد به محض مشاهده اولین آثار بیماری در تیمار آبیاری معمولی، از سم آتو به میزان نیم لیتر در هکتار ماده تجاری در زمان خمیری شدن دانه‌ها استفاده شد. همچنین، با مشاهده اولین آثار خوابیدگی در مزرعه در رقم‌هایی مانند سرداری، با نصب قیمهایی و کشیدن طناب به دور هر ردیف، از پیشروی آن جلوگیری به عمل آمد. همچنین، در ارقام مورد مطالعه به دلیل برداشت به موقع، ریزش بذر مشاهده نشد.

پس از اعمال تیمار قطع آبیاری، دمای سایه‌انداز گیاهی با استفاده از دستگاه دماسنجه مادون قرمز مدل ترمیناتور (Terminator, TIR 8861) بین ساعت ۱۲ تا ۱۴ در چهار

= آهنگ تجمع عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار در روز)

= آهنگ از دیاد عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار در روز)

= سرعت پر شدن دانه (کیلوگرم در هکتار در روز)

تعرق ساز و کار خنک کننده در گیاه است، در شرایط بدون تنفس خشکی روزنه‌های گیاه باز است و گیاه همزمان با انجام فتوسنتز، تعرق نیز انجام می‌دهد که نتیجه این امر خنک شدن تعرقی گیاه و تولید ماده خشک است ولی در شرایط وجود تنفس خشکی با توجه به بسته شدن نسبی روزنه‌ها، فرآیند تعرق نیز انجام نگرفته و به تدریج دمای درونی گیاه زیادتر می‌شود و تولید در چنین شرایطی کاهش خواهد یافت (امام و نیک نژاد، ۱۳۹۰). بنابراین به نظر می‌رسد شاخص افت دمای سایه‌انداز گیاهی، شاخص مناسبی برای انتخاب ارقام مقاوم به خشکی و شناسایی ارقام با عملکرد بالا در شرایط آبیاری معمولی باشد. اختلاف بین افت دمای سایه‌انداز گیاهی در دو سال اجرای آزمایش به دلیل تفاوت در متوسط درجه حرارت دو سال آزمایش می‌باشد. همانطور که در جدول ۱ نشان داده شد در سال دوم آزمایش دما نسبت به سال اول در اردیبهشت و خرداد که دوره موثر پر شدن دانه بود به ترتیب $0/7$ و $1/4$ درجه سانتی‌گراد بیشتر بود که این امر باعث کمتر بودن افت دمای سایه‌انداز گیاهی در سال اول نسبت به سال دوم بود.

تعداد دانه در واحد سطح:

تیمار قطع آبیاری اثر معنی‌داری بر میانگین تعداد دانه در واحد سطح ارقام مورد مطالعه داشت (جدول ۴). میانگین تعداد دانه در واحد سطح در بین ارقام در اثر قطع آبیاری

عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار)

طول دوره زندگی گیاه (روز)

عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)

طول دوره زندگی گیاه (روز)

عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)

طول دوره پر شدن دانه (روز)

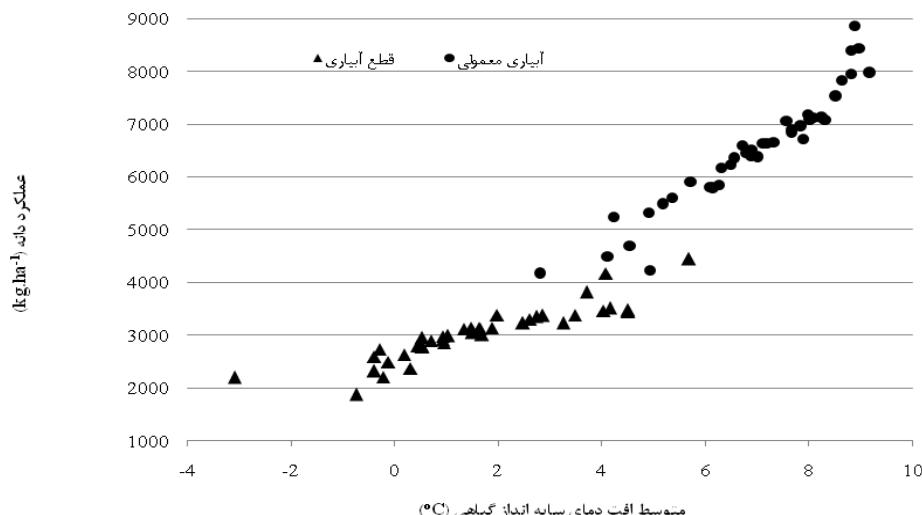
به عدم معنی‌داری برهمکنش رقم با سال و رقم با سال با رژیم آبیاری برای کلیه صفات، از میانگین داده‌های دو سال برای مقایسه میانگین‌ها استفاده شد.

نتایج و بحث:

افت دمای سایه‌انداز گیاهی:

قطع آبیاری پس از گل‌دهی باعث کاهش معنی‌دار افت دمای سایه‌انداز گیاهی در هر چهار مرحله اندازه‌گیری، شد (جدول ۴ و ۵). نتایج نشان داد در هر دو شرایط آبیاری در سطح یک درصد همبستگی مثبت و معنی‌داری بین عملکرد دانه و شاخص افت دمای سایه‌انداز گیاهی در هر چهار مرحله اندازه‌گیری وجود دارد (جدول ۶). بدین مفهوم که در هر دو شرایط آبیاری ارقامی که عملکرد زیادتری داشتند، افت دمای سایه‌انداز آنها نیز بالاتر بود (شکل ۱).

وجود رابطه مستقیم بین شاخص افت دمای سایه‌انداز گیاهی و عملکرد دانه در شرایط با و بدون تنفس خشکی توسط سایر پژوهشگران نیز گزارش شده است (Rynolds *et al.*, 1998; Balota *et al.*, 2008; Balota *et al.*, 2007). در مطالعات دیگر بر روی برنج، نیز مشخص شد که میزان آب موجود در خاک بر دمای سایه‌انداز گیاهی تاثیرگذار است و با افزایش میزان آب در خاک دمای سایه‌انداز گیاهی پایین می‌باشد (Wen- (zhong *et al.*, 2007



شکل ۱- رابطه بین عملکرد دانه ارقام گندم نان و شاخص افت دمای سایه انداز گیاهی (میانگین چهار اندازه گیری)

گردهافسانی نمو آندوسپرم و رویان را متوقف می کند
. (Westgate and Boyer 1986)

وزن هزار دانه:
میانگین وزن هزار دانه ارقام مورد مطالعه در اثر قطع آبیاری پس از گل دهی $\frac{3}{4}/\frac{1}{3}$ درصد کاهش یافت (شکل ۲). ارقام سیستان و مهدوی بیشترین وزن هزار دانه در شرایط آبیاری معمولی را به خود اختصاص دادند (۴۵ گرم)، در شرایط قطع آبیاری پس از گل دهی بیشترین وزن هزار دانه از رقم البرز (۳۵ گرم) بدست آمد (جدول ۵). در بین ارقام مورد مطالعه بیشترین درصد کاهش وزن هزار دانه در اثر قطع آبیاری پس از گل دهی در رقم پیشتاز مشاهده شد (۵۲/۸ درصد) و این درحالی است که رقم طبیعی در اثر قطع آبیاری از نظر این صفت کاهشی نشان نداد. و کاهش سرعت پرشدن دانه سبب کاهش میانگین وزن دانه و کاهش عملکرد دانه می شود (Royo et al., 2000).

پس از گل دهی $\frac{3}{4}/\frac{1}{3}$ درصد کاهش یافت (شکل ۲). بیشترین تعداد دانه در واحد سطح (متر مربع) در شرایط آبیاری معمولی در رقم های قدس، نوید، کرج ۲-۲ و الوند مشاهده شد. در شرایط قطع آبیاری پس از گل دهی بیشترین تعداد دانه در واحد سطح (متر مربع) در رقم های نوید و بهار مشاهده شد (جدول ۵). ارقام الوند و معان ۲-۲ به ترتیب بیشترین (۵۵/۱۱ درصد) و کمترین (۷/۸ درصد) میزان کاهش تعداد دانه در واحد سطح در اثر قطع آبیاری پس از گل دهی را نشان دادند.

کاهش تعداد دانه در اثر تنفس خشکی به دلیل کاهش تعداد سنبک در سنبله و تعداد دانه در سنبک صورت می گیرد (امام و نیک نژاد، ۱۳۹۰). بنا به اعتقاد برخی پژوهشگران این مسئله ممکن است از عدم باروری دانه های گردد ناشی شود (امام، ۱۳۹۰) ناباروری دانه های گرده نیز به افزایش آبسیزیک اسید (ABA) نسبت داده شده است (Siani and Aspinall 1981). بعلاوه، نتایج برخی پژوهش ها حاکی از آن است که تنفس خشکی در دوره

CD: اندیشه ادراز گیرانی
NS: NS *** به ترتیب خبر معنی دار، معنی دار در سطح ۰ درصد و معنی دار در سطح ۱ درصد

جدول ۶- ضرایب همبستگی پیرسون برای افت دمای سایه‌انداز گیاهی و عملکرد دانه

عملکرد دانه	قطع آبیاری پس از گلدهی	آبیاری معمولی	رژیم آبیاری
۰/۹۵**	۰/۹۱**	۰/۹۵**	۰/۹۶**
۰/۸۸**	۰/۹۱**	۰/۹۵**	۰/۸۷**

CTD: Canopy Temperature Depression

** معنی دار در سطح ادرصد

کرج-۲ نداشت. رقم مغان-۲ با عملکرد دانه ۴۴۴۵ کیلوگرم در هکتار بیشترین عملکرد دانه در شرایط قطع آبیاری پس از گلدهی را به خود اختصاص داد که تفاوت معنی داری با رقم عدل در سطح یک درصد نداشت (جدول ۵). بیشترین و کمترین درصد کاهش عملکرد دانه در اثر قطع آبیاری پس از گلدهی به ترتیب در رقم شیراز (۶۷/۸ درصد) و البرز (۲۵ درصد) مشاهده شد که این امر نشان از حساسیت بالای رقم شیراز به تنفس خشکی آخر فصل است. یکی از دلایل کاهش عملکرد دانه در اثر قطع آبیاری کاهش سرعت پر شدن دانه در نتیجه قطع آبیاری است (شکل ۴). همچنین همبستگی مثبت و معنی دار بین عملکرد دانه و افت دمای سایه‌انداز گیاهی در هر دو شرایط آبیاری (جدول ۶) نشان دهنده این موضوع می‌باشد که ارقامی که در شرایط قطع آبیاری پس از گلدهی توانسته‌اند روزنه‌ها را باز نگه دارند و همزمان عمل تعرق و فتوستتر را انجام دهند، آسیب کمتری را در اثر قطع آبیاری متحمل شده‌اند و دارای عملکرد بیشتری هستند. در شرایط آبیاری معمولی نیز افت دمای سایه‌انداز زیادتر به معنای شرایط رطوبتی مناسب‌تر، تعرق و فتوستتر بیشتر و در نهایت عملکرد دانه بیشتر می‌باشد کاهش عملکرد دانه در اثر تنفس خشکی آخر فصل مورد توجه سایر پژوهشگران هم قرار گرفته است (Kirigwi *et al.*, 2004; Rajjala *et al.*, 2009 و Gonalez *et al.*, 2004).

همکاران (۲۰۱۰) گزارش کردند که تنفس خشکی باعث کاهش هدایت روزنه‌ای و فتوستتر خالص شده و در نهایت عملکرد دانه را کاهش می‌دهد. با توجه به تسريع پیری برگ‌ها، کاهش فتوستتر گیاه و کوتاه شدن مدت دانه

پژوهشگران زیادی کاهش وزن دانه در اثر تنفس خشکی را گزارش کردند (امام، ۱۳۹۰؛ Sio-Se Mardeh *et al.*, 2006؛ Foulkes *et al.*, 2001؛ Kirigwi *et al.*, 2004 و همکاران (۲۰۰۱) دلیل اصلی کاهش عملکرد ارقام گندم را در درجه اول کاهش وزن هزار دانه و در درجه دوم کاهش تعداد دانه در واحد سطح گزارش کردند. Boyer (۱۹۹۶) نیز نشان داد که تنفس خشکی بهاره در منطقه استرالیا، که در مرحله پر شدن دانه و بطور ناگهانی اتفاق می‌افتد، منجر به کاهش شدید میانگین وزن هزار دانه می‌گردد. Marc و همکاران (۱۹۸۵) گزارش کردند که تنفس خشکی بعد از گلدهی باعث کاهش تعداد سلول‌های اندوسپریم دانه در قاعده و راس سنبله شده و در نهایت وزن دانه را کاهش می‌دهد. تنفس خشکی پس از گلدهی موجب کوتاه‌تر شدن طول دوره پر شدن دانه و تشدید تنفس خشکی به علت گرمتر شدن دمای هوا باعث ریزتر شدن دانه‌ها و کاهش وزن دانه‌ها می‌گردد (امام و نیک نژاد، ۱۳۹۰). بعلاوه در شرایط تنفس خشکی، برای جلوگیری از هدر روی بیش از حد آب، روزنه‌ها بسته می‌شود که این موضوع در نهایت باعث کاهش فتوستتر جاری و کاهش مواد پرورده برای پر شدن دانه‌ها شده و در نهایت وزن دانه‌ها کاهش می‌یابد (امام، ۱۳۹۰).

عملکرد دانه:

عملکرد دانه در بین صفات مورد بررسی بیشترین کاهش (۵۲/۸ درصد) را از تنفس خشکی پذیرفت (شکل ۲). در شرایط آبیاری معمولی بیشترین عملکرد دانه به میزان ۸۸۶۴ کیلوگرم از هکتار در رقم شیرودی بدست آمد که در سطح یک درصد تفاوت معنی داری با ارقام نوید و

عملکرد بیولوژیک:

قطع آبیاری باعث کاهش معنی دار عملکرد بیولوژیک شد (جدول ۴)، میانگین کاهش عملکرد بیولوژیک در کل ارقام ۳۴/۹ درصد بود (شکل ۲). در شرایط آبیاری معمولی بیشترین میزان عملکرد بیولوژیک از رقم کرج-۲۱۰۲۹ کیلوگرم در هکتار مشاهده شد که در سطح یک درصد تفاوت معنی داری با ارقام نوید و شیروودی نداشت. در شرایط قطع آبیاری پس از گل دهی بیشترین میزان عملکرد بیولوژیک در رقم البرز ۱۳۵۵۸ کیلوگرم در هکتار مشاهده شد که با ارقام چمران، مهدوی، کرج-۲، آزادی، مغان-۲، عدل، کرج-۱، شیروودی، رسول، بهار، هیرمند، زرین، امید و نوید در سطح یک درصد تفاوت معنی داری نداشت (جدول ۵). در بین ارقام بیشترین درصد کاهش عملکرد بیولوژیک (۵۶/۷ درصد) در اثر قطع آبیاری پس از گل دهی در رقم شیروودی مشاهده شد. در شرایط تنفس خشکی پیری زودرس اندامهای فتوستتر کننده و همجنین کاهش فتوستتر جاری گیاه باعث کاهش کل زیست توده تولیدی می گردد امام (۱۳۹۰)، Mohammadi و همکاران (۲۰۰۶) و Pireivatlou و همکاران (۲۰۱۰) نیز نتایج مشابهی مبنی بر کاهش عملکرد بیولوژیک در اثر تنفس خشکی گزارش کردند.

تنفس خشکی از طریق کاهش هدایت روزنایی به دلیل بسته شدن روزنه ها و اختلال در متabolیسم باعث کاهش میزان فتوستتر می شود (Brenner and Cheikh, 1995; Tezara *et al.*, 1999; Lawson *et al.*, 2003; Liang *et al.*, 2002). محدودیت های روزنایی به عنوان عامل اصلی کاهش فتوستتر در شرایط تنفس خشکی گزارش شده است (Cornic, 2000). متوسط دمای بیشتر در سال دوم آزمایش در دوره موثر پر شدن دانه (جدول ۱) باعث کوتاه شدن طول دوره پر شدن دانه و در نتیجه کاهش عملکرد دانه و زیست توده در سال زراعی ۱۳۸۸-۹۰ شد. کوتاه شدن طول دوره پر شدن دانه و در نتیجه کاهش

می باشند کاهش می یابد، و این امر در نهایت کاهش عملکرد دانه را در پی خواهد داشت (امام، ۱۳۹۰). با توجه به نمودار دو طرفه عملکرد ارقام گندم در دو شرایط آبیاری (شکل ۳) ارقامی که در ناحیه ۳ (سمت راست و بالا) نمودار قرار دارند مانند شیروودی در هر دو شرایط آبیاری اعمال شده دارای عملکرد دانه زیادتر از متوسط بودند و برای کشت در هر دو شرایط آبی مناسب می باشند. ارقامی مثل کرج-۲ که در ناحیه ۴ نمودار (سمت راست و پایین) قرار دارند در شرایط آبیاری معمولی عملکرد بالاتر از متوسط دارند، ولی حساسیت این ارقام به تنفس خشکی آخر فصل نیز زیاد است و کشت آنها فقط در شرایط آبیاری معمولی قابل توصیه است. ارقامی که در ناحیه ۲ نمودار قرار دارند (سمت چپ و بالا) مانند طبسی در شرایط تنفس خشکی آخر فصل عملکردی زیادتر از متوسط دارند ولی در شرایط آبیاری معمولی عملکرد آنها پایین است. ارقامی مانند شعله که در ناحیه ۱ نمودار قرار دارند (سمت چپ و پایین) در هر دو شرایط آبیاری عملکرد پایین تر از متوسط زمان مراحل نموی گیاه در اثر تنفس خشکی، تعداد دانه در سنبله و وزن دانه که از اجزای بسیار مهم عملکرد داشتند و به نظر می رسد برای هیچ یک از شرایط آبیاری مورد مطالعه، در این منطقه مورد مطالعه مناسب نباشند.

بین عملکرد دانه در شرایط قطع آبیاری پس از گل دهی و آبیاری معمولی همبستگی وجود نداشت (شکل ۳) این بدان معناست که عملکرد دانه در شرایط آبیاری معمولی و تنفس رطوبتی آخر فصل از یکدیگر مستقل می باشند. نتایج مشابهی مبنی بر مستقل بودن عملکرد دانه در شرایط نرمال و تنفس رطوبتی بدست آمد (Fernandez, 1992) در حالیکه پژوهشگران دیگری از وجود همبستگی بین عملکرد دانه در شرایط با و بدون تنفس خشکی خبر داده اند (کرمی و همکاران، ۱۳۸۴؛ فرشادفر و همکاران، ۱۳۸۰). (Golabadi *et al.*, 2006)



شکل ۲- افت صفات مورد مطالعه در ارقام گندم نان در اثر قطع آبیاری

شده است (Foulkes *et al.*, 2001; Foulkes *et al.*, 2006; Sio-Se Mardeh *et al.*, 2007). با توجه به اینکه شاخص برداشت از تقسیم عملکرد دانه به عملکرد بیولوژیک بدست می‌آید و از آنجا که قطع آبیاری پس از گل‌دهی عملکرد دانه را باشد کاهش می‌دهد، کاهش شاخص برداشت دور از انتظار نمی‌باشد (امام و نیک نژاد، ۱۳۹۰).

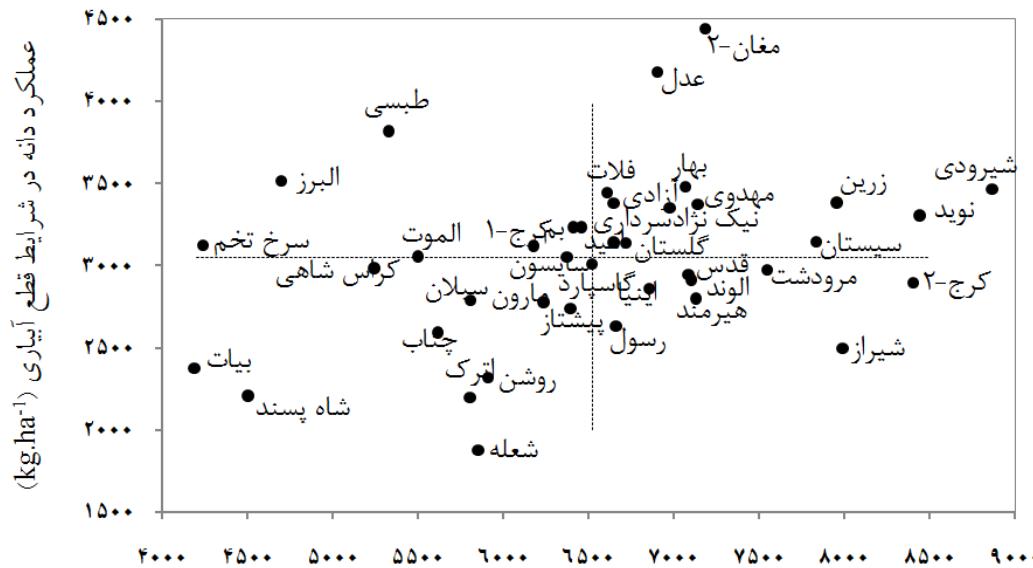
کوتاه شدن طول دوره پر شدن دانه و در نتیجه کاهش عملکرد دانه و زیست تروده در سال زراعی ۱۳۸۸-۹۰ شد. دمای بالاتر در سال دوم به علاوه باعث تشدييد تنش خشکی از طریق گرمتر کردن محیط و منفی تر شدن پتانسیل آب هوا نسبت به پتانسیل آب برگ و در نتیجه باعث تشدييد تنش خشکی و افت عملکرد در سال دوم انجام آزمایش نسبت به سال اول شده است.

آهنگ تجمع عملکرد بیولوژیک:

قطع آبیاری دارای اثر معنی دار بر آهنگ تجمع عملکرد بیولوژیک بود (جدول ۴). در اثر تنش خشکی میانگین آهنگ تجمع عملکرد بیولوژیک در ارقام گندم مورد مطالعه ۳۱ درصد کاهش یافت (شکل ۲) که همین امر نیز یکی از دلایل کاهش عملکرد بیولوژیک در اثر قطع آبیاری می‌باشد. در شرایط آبیاری معمولی بیشترین آهنگ تجمع عملکرد بیولوژیک در رقم گاسپارد مشاهده شد (۱۱۲ کیلوگرم در هکتار در روز) که در سطح یک درصد تفاوت معنی داری با ارقام طبیعی و نیکنژاد نداشت. در شرایط قطع آبیاری پس از گل‌دهی بیشترین سرعت تولید عملکرد دانه در رقم امید بدست آمد (۷۸/۶ کیلوگرم در

شاخص برداشت:

قطع آبیاری پس از گل‌دهی باعث کاهش شاخص برداشت شد (جدول ۴). میانگین شاخص برداشت ارقام گندم مورد مطالعه در اثر قطع آبیاری $26/3$ درصد کاهش یافت (شکل ۲). بیشترین میزان شاخص برداشت، در شرایط آبیاری معمولی به میزان ۴۸ درصد از رقم هیرمند و در شرایط قطع آبیاری به میزان $37/4$ درصد پس از گل‌دهی از رقم گاسپارد بدست آمد (جدول ۵). بیشترین درصد کاهش شاخص برداشت در رقم هیرمند به میزان $46/3$ درصد و کمترین میزان کاهش در رقم طبیعی به میزان $2/6$ درصد رخ داد. کاهش شاخص برداشت در اثر تنش خشکی آخر فصل توسط سایر پژوهشگران نیز گزارش



شکل ۳- عملکرد دانه ارقام گندم در شرایط قطع آبیاری پس از گل دهی نسبت به شرایط آبیاری معمولی (خط چین عمودی میانگین عملکرد در شرایط آبیاری معمولی، خط چین افقی میانگین عملکرد در شرایط قطع آبیاری)

گیاه باعث کاهش سرعت تولید عملکرد دانه در این گیاه شده است.

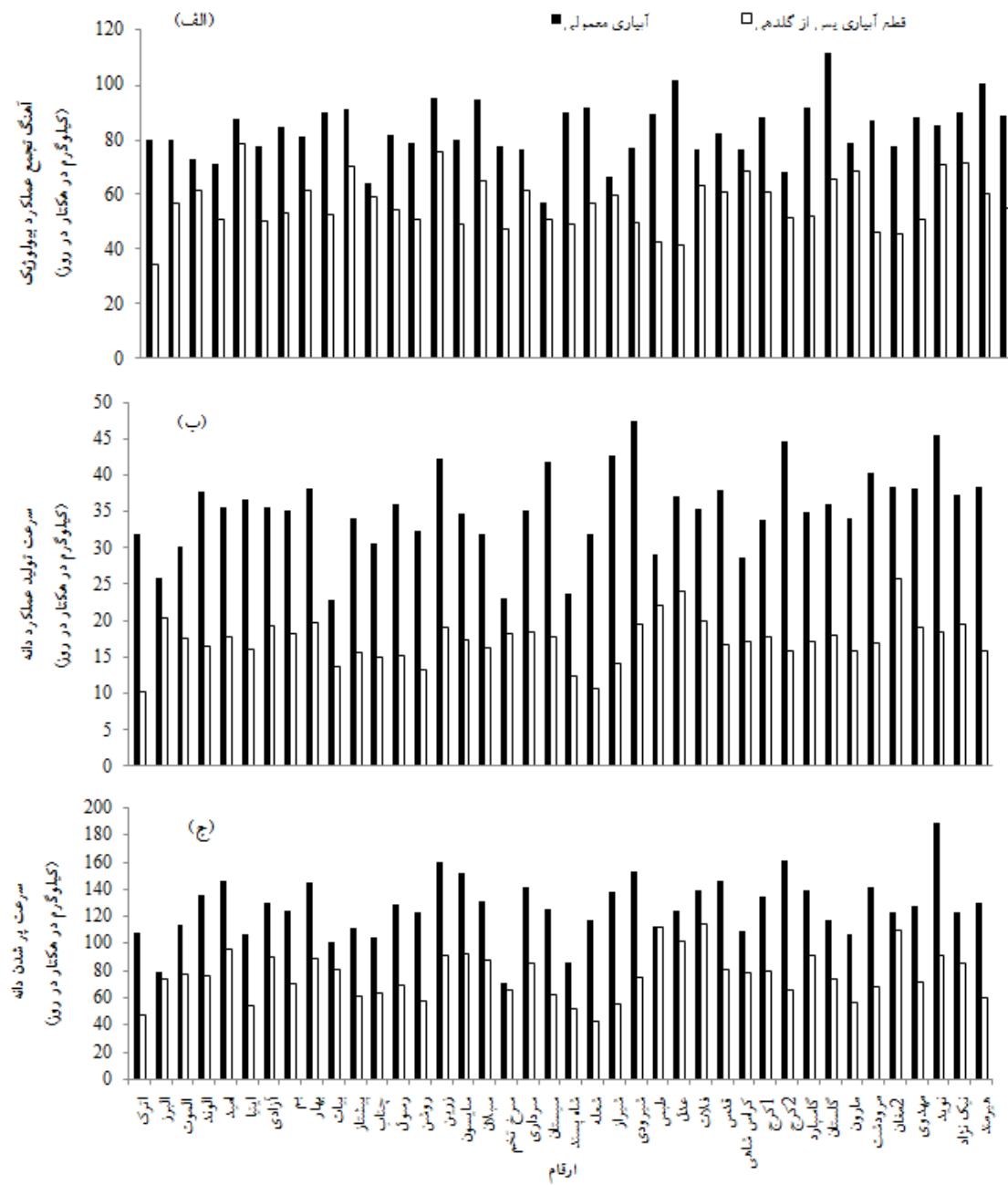
هکتار در روز) که در سطح یک درصد تفاوت معنی داری با ارقام روشن، نوید، مهدوی، بیات، گلستان، قدس، گاسپارد، سایسون و عدل نداشت (شکل ۴).

سرعت پر شدن دانه:

قطع آبیاری پس از گل دهی سرعت پر شدن دانه را به میزان ۳۸/۱ درصد کاهش داد (شکل ۴). در شرایط آبیاری معمولی بیشترین سرعت پر شدن دانه در رقم نوید به میزان ۱۸۹ کیلوگرم در هکتار در روز مشاهده شد و در شرایط قطع آبیاری پس از گل دهی بیشترین سرعت پر شدن دانه در رقم فلات به میزان ۱۱۴ کیلوگرم در هکتار در روز مشاهده شد (شکل ۴) که تفاوت معنی داری با ارقام طبسی، مغان-۲ و عدل در سطح یک درصد نداشت. در سایر تحقیقات نیز پژوهشگران ذکر کردند که تنفس خشکی باعث کاهش سرعت پر شدن دانه گندم می شود (Wardlaw *et al.*, 1980; Sofield *et al.*, 1977) همچنین در سایر پژوهش ها نیز وجود تنوع در بین ارقام

سرعت تولید عملکرد دانه:

قطع آبیاری پس از گل دهی باعث کاهش معنی دار آهنگ ازدیاد عملکرد دانه به میزان ۵۰/۱ درصد شد (جدول ۴ و شکل ۴). در شرایط آبیاری معمولی رقم شیرودی بیشترین سرعت تولید عملکرد دانه را داشت (۴/۴۷ کیلوگرم در هکتار در روز) که با ارقام نوید و کرج-۲ در سطح یک درصد تفاوت معنی داری نداشت. در شرایط قطع آبیاری پس از گل دهی بیشترین سرعت تولید عملکرد دانه در رقم مغان-۲ به میزان ۲۵/۷ کیلوگرم در هکتار در روز بدست آمد (شکل ۴) که با رقم عدل در سطح یک درصد اختلاف معنی داری نشان نداد. کاهش شدیدتر عملکرد دانه در اثر قطع آبیاری نسبت به کاهش طول دوره رشد



شکل ۴- آهنگ تجمع عملکرد بیولوژیک (الف)، عملکرد دانه (ب) و سرعت پر شدن دانه در شرایط آبیاری معمولی و قطع آبیاری پس از گلدهی

نتیجه گیری:

با توجه به نتایج آزمایش در شرایط آبیاری معمولی بیشترین عملکرد دانه از ارقام شیرودی، نوید و کرج-۲

گندم از نظر آهنگ تجمع عملکرد بیولوژیک، سرعت تولید عملکرد دانه و سرعت پر شدن دانه گزارش شده است (Reynolds *et al.*, 1998).

- Amani, I., Fischer, R.A., and Reynolds, M.P. (1996) Canopy temperature depression association with yield of irrigated spring wheat cultivars in hot climate. *Journal of Agronomy and Crop Science* 176:119–129.
- Andrew, K.B., Hammer, G.L., and Henzell, R.G. (2000) Does maintaining green leaf area in sorghum improve yield under drought? II. Dry matter production and yield. *Crop Science* 40: 1037-1048.
- Balota, M., Payne, W.A., Evett, S.R. and Lazar, M.D. (2007) Canopy temperature depression sampling to assess grain yield and genotypic differentiation in winter wheat. *Crop Science* 47: 1518–1529.
- Balota, M., Payne, W.A., Evett, S.R., Lazar, M.D. and Peters, T.R. (2008) Morphological and physiological traits associated with canopy temperature depression in three closely related wheat lines. *Crop Science* 48: 1897-1910.
- Blum, A., Mayer, J., and Gozlan, G. (1982) Infrared thermal sensing of plant canopies as a screening technique for dehydration avoidance in wheat. *Field Crops Research* 5: 137–146.
- Blum, A., Shipiler, L., Golan, G., and Mayer, J. (1989) Yield stability and canopy temperature of wheat genotypes under drought stress. *Field Crops Research* 22: 289–296.
- Boyer, J.S. (1996) Advances in drought tolerance in plants. *Advance in Agronomy* 59: 187- 218.
- Brenner, M.L. and Cheikh, N. (1995) The role of hormones in photosynthate partitioning and seed filling. In: *Plant Hormones*. (ed. Davies, P. J.) 649-670. Kluwer Academic Publishers, The Netherlands.
- Brocklehurst, P. A. (1977) Factors controlling grain weight in wheat. *Nature* 266: 348-9.
- Brooks, A., Jenner, C.F., and Aspinall, D. (1982) Effect of water deficit on endosperm starch granules and grain physiology of wheat and barley. *Australian Journal of Plant Physiology* 9: 423–436.
- Cornic, G. (2000) Drought stress inhibits photosynthesis by decreasing stomatal aperture by affecting ATP synthesis. *Trends Plant Scienace* 5: 187–188.
- بدست آمد و این ارقام مناسب برای کشت در شرایط آبیاری معمولی می‌باشند. در شرایط قطع آبیاری پس از گل‌دهی ارقام مغان-۲ و عدل بیشترین عملکرد دانه را به خود اختصاص دادند. به نظر می‌رسد این دو رقم در شرایط اقلیمی مشابه، که تنش خشکی در آخر فصل شایع باشد، برای کشت مناسب باشند.
- علاوه در اثر قطع آبیاری پس از گل‌دهی تعداد دانه در واحد سطح و وزن هزار دانه به نسبت مساوی کاهش یافت. در این آزمایش مشاهده شد شاخص افت دمای سایه‌انداز گیاهی شاخص مناسبی برای شناسایی مقاومت ارقام گندم به تنش خشکی آخر فصل می‌باشد. همچنین مشاهده شد تنش خشکی آخر فصل عملکرد دانه را باشد. شدت بیشتری نسبت به طول فصل رشد کاهش می‌دهد و این موضوع نیز یکی از دلایل کاهش سرعت پر شدن دانه در شرایط تنش خشکی آخر فصل می‌باشد.
- منابع:**
- امامی. و. م. نیک نژاد (۱۳۹۰) مقدمه‌ای بر فیزیولوژی عملکرد گیاهان زراعی. انتشارات دانشگاه شیراز. شیراز.
- امامی. (۱۳۹۰) زراعت غلات چاپ چهارم. انتشارات دانشگاه شیراز. شیراز.
- فرشادفر، ا. ا. زمانی، م. مطلبی و ا. امام جمعه (۱۳۸۰) انتخاب برای مقاومت به خشکی در لاین‌های نخود. *مجله علوم کشاورزی ایران* ۳۲: ۶۵-۷۷.
- کرمی، ع.، م. ر. قنادها، م. ر. نقوی و م. مرادی (۱۳۸۴) ارزیابی مقاومت به خشکی در جو. *مجله علوم کشاورزی ایران* ۳۶: ۴۷-۵۶.
- متقی، م. گ. مجفیان و م. ر. بی‌همتا (۱۳۸۸) اثر تنش خشکی آخر فصل بر عملکرد دانه و کیفیت نانوایی ژنوتیپ‌های گندم هگزاپلولید. *مجله علوم زراعی ایران*. ۱۱: ۲۹۰-۳۰۶.

- Netherlands Journal of Plant Breeding 103: 293-299.
- Gonzalez, A., Bermejo, V. and Gimeno, B. S. (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.
- Guttieri, M.J., Stark, J.C., O'Brien, K., and Souza, E. (2001) Relative sensitivity of spring wheat grain yield and quality parameters to moisture deficit. *Crop Science* 41: 327–335.
- Hatfield, J. L., Quinsenberry, J. E. and Dilbeck, R. E. (1987) Use of canopy temperature to identify water conservation in cotton germplasm. *Crop Science* 27: 269–273.
- Hochman, Z. (1982) Effect of water stress with phasic development on yield of wheat growing in a semi-arid environment. *Field Crops Research* 5: 55-67.
- Idso, S.B. (1982) Non-water-stressed baseline: A key to measuring and interpreting plant water stress. *Agricultural Forecast and Meteorology* 27: 59–70.
- Jackson, R. D., Idso, S. B., Reginato, R. J., and Pinter, P. J. Jr. (1981) Canopy temperature as a crop water stress index. *Water Resources Research* 17: 1133–1138.
- Kirigwi, F.M., Ginkel, van M., Trethewan, R., Sears, R.G., Rajaram, S., and Paulsen, G.M. (2004) Evaluation of selection strategies for wheat adaptation across water regimes. *Euphytica Netherlands Journal of Plant Breeding* 135: 361–371.
- Lawson T, and Oxborough, K., Morison, J. I. L., Baker, N. R. (2003) The responses of guard and mesophyll cell photosynthesis to CO₂, O₂, light, and water stress in a range of species are similar. *Journal of Experimental Botany* 54: 1743–52.
- Liang, Y.C., and Ding, R.X. (2002) Influence of silicon on microdistribution of mineral ions in roots of salt-stressed barley as associated with salt tolerance in plants A review. *Environmental Pollution* 45: 298-308.
- Marc, E.N., Roslyn, M. G. and Dalling, M. J. (1985) Effect of post-anthesis drought on Ehdaie, B., and Waines, J.G. (1993) Water requirement and transpiration efficiency of primitive wheats: A model for their use In: *Biodiversity and Wheat Improvement*. (ed. Damania, A. B.) 187-197. John Wiley and Sons, New York.
- Ehrler, W.L. (1972) Cotton leaf temperatures as related to soil water depletion and meteorological factors. *Agronomy Journal* 65: 404–409.
- Evans, L. T. and Dunstone, R. L. (1970) Some physiological aspects of evolution in wheat. *Australian Journal of Biology and Science*. 23: 725-741.
- Farshadfar, E., Ghannadha, M., Zahraei, M. and Sutka, J. (2001) Genetic analysis of drought tolerance in wheat. *Plant Breeding* 114: 542-544.
- Fernandez, G. C. J. (1992) Effective selection criteria for assessing stress tolerance.In: *Proceedings of the International Symposium on Adaptation of Vegetables and Other Food Crops in Temperature and Water Stress*. (ed. Kuo, C. G.) 257-270. AVRDC Publication, Tainan, Taiwan.
- Fischer, R.A., Rees, D., Sayre, K.D., Lu, Z.M., Condon, A.G., and Larque Saavedra, A. (1998) Wheat yield progress associated with higher stomatal conductance and photosynthetic rate, and cooler canopies. *Crop Science* 38: 1467–1475.
- Foulkes, M.J., Scott, R.K. and Bradley, S. (2007) The ability of wheat cultivars to withstand drought in UK conditions: formation of grain yield. *Journal of Agricultural Science* 138: 153–169.
- Foulkes, M.J., Scott, R.K. and Sylvester-Bradley, R. (2001) The ability of wheat cultivars to withstand drought in UK conditions: resource capture. *Journal of Agricultural Science*. 137: 1–16.
- Golabadi, M., Arzani, A., and Mirmohamadi Maibody, S. A. M. (2006) Assessment of drought tolerance in segregating populations in durum wheat. *African Journal of Agricultural Research* 1: 162-171.
- Golestani, S. and Assad, M.T. (1998) Evaluation of four screening techniques for drought resistance and their relationship to yield reduction ratio in wheat. *Euphytica*

- wheat in a warm, irrigated environment I: Genetic diversity and crop productivity. *Field Crops Research* 66: 37-50.
- Reynolds, M.P., Singh, R.P., Ibrahim, A., Ageeb, O.A.A., Larque Saavedra, A., and Quick, J.S. (1998) Evaluating physiological traits to complement empirical selection for wheat in warm environments. *Euphytica Netherlands Journal of Plant Breeding* 100: 84–95.
- Royo, C., Abaza, M., Blanco, R. and García del Moral, L. F. (2000) Triticale grain growth and morphometry as affected by drought stress, late sowing and simulated drought stress. *Australian Journal of Plant Physiology* 27: 1051-1059.
- Royo, C., Villegas, D., Garcia del Moral, L. F., Elhani, S., Aparicio, N., Rharrabti, Y., and Araus, J. L. (2002) Comparative performance of carbon isotope discrimination and canopy temperature depression as predictors of genotypes differences in durum wheat yield in Spain. *Australian Journal of Agricultural Research* 53: 561–569.
- Shewry, P.R. (2009) Wheat. *Journal of Experimental Botany* 60: 1537-1553.
- Shimshi, D., Mayoral, M. L., and Atsmon, D. (1982) Responses to water stress in wheat and related wild species. *Crop Science* 22: 123-128.
- Siani, H.S. and Aspinall, D. (1981) Effects of water deficit on sporogenesis in wheat. *Annals of Botany*. 43: 623-633.
- Sio-Se Mardeh, A., Ahmadi, A., Poustini, K. and Mohammadi, V. (2006) Evaluation of drought resistance indices under various environmental conditions. *Field Crops Research* 98: 222–229.
- Sofield, I., L. T. Evans, M. G. Cook, I. F. Wardlaw (1977) Factors influencing the rate and duration of grain filling in wheat. *Australian Journal of Plant Physiology* 4: 785–797.
- Sterling, J. D. E. and Nass H. G. (1981) Comparison of tests characterizing varieties of barley and wheat for moisture resistance. *Canadian Journal of Plant Science* 61: 283-292.
- cell division and starch accumulation in developing wheat grains. *Annals of Botany* 55: 433-444.
- Micheal, A.M. & T.P. Ojha. (1987). Principal of Agricultural Engineering. Jain Brothers Publisher. New Dehli.
- Mohammadi, A., Majidi, E., Bihamta, M.R. and Heidari sharifabad, H. (2006). Evaluation of drought stress on agro -morphological characteristics in some wheat cultivars. *Pajouhesh and Sazandegi* 73: 184-192.
- Pinter, P. J., Zipoli, G., Reginato, R. J., Jackson, R. D., Idso, S. B., and Hohman, J. P. (1990) Canopy temperature as an indicator of differential water use and yield performance among wheat cultivars. *Agricultural Water Management* 18: 35–48.
- Pireivatlou, A. S., Dehdar Masjedlou, B. and Ramiz, T. A. (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.
- Rajala, A., Hakala, K., Makela, P., Muurinen, S. and Peltonen-Sainio, P. (2009) Spring wheat response to timing of water deficit through sink and grain filling capacity. *Field Crops Research* 114: 263–271.
- Rashid, A., Stark, J. C., Tanveer, A., and Mustafa, T. (1999) Use of canopy temperature measurements as a screening tool for drought tolerance in spring wheat. *Journal of Agronomy and Crop Science* 182: 231–237.
- Rauf, M., Munir, M., Hassan, M., Ahmad, M., and Afzal, M. (2007) Performance of wheat genotypes under osmotic stress at germination and early seedling growthstage. *African Journal of Agricultural Research*. 6: 971-975.
- Reynolds, M. P., Balota, M., Delgado, M. I. B., Amani, I., and Fischer, R. A. (1994) Physiological and morphological traits associated with spring wheat yield under hot, irrigated conditions. *Australian Journal of Plant Physiology* 21:717–730.
- Reynolds, M.P., Delgado, M.I., GutieÂrrez-RodrÃoÂguez, B. M. and LarqueÂ-Saavedra, A. (2000) Photosynthesis of

- Australian Journal of Plant Physiology 7: 387-400.
- Wen-zhong Z, Ya-dong, H., and Hong-juan, D. (2007) Relationship between canopy temperature at flowering stage and soil water content, yield components in rice. Rice Science 14: 67-70.
- Westgate, M. E. and Boyer, J. S. (1986) Reproduction at low silk and pollen water potential in maize. Crop Science 61: 433-449.
- Tezara W., Mitchell, V. J., Driscoll, S. D., and Lawlor, D.W.(1999) Water stress inhibits plant photosynthesis by decreasing coupling factor and ATP. Nature 1401: 914-7.
- Wardlaw, I. F., L. Sofield, P. M Cartwright(1980) Factors limiting the rate of dry matter accumulation in the grain of wheat grown at high temperature.

Effect of post-anthesis drought stress on yield, yield components and canopy temperature of bread wheat cultivars

Hedayaallah Karimzadeh Soureshjani, Yahya Emam*, Saeed Moori

Department of agronomy and plant breeding, College of Agricultural, Shiraz University,
Shiraz, Iran

* Corresponding author: yaemam@ shirazu.ac.ir

Abstract:

Wheat grain yield is reduced by post-anthesis drought stress conditions in most wheat growing farmlands of Iran. To evaluate the effect of post-anthesis-withholding irrigation on yield, yield components and canopy temperature of wheat cultivars, a field experiment was conducted as split plot in a completely randomized block design with four replications at experimental farm of college of Agriculture, Shiraz University during 2009-2010 and 2010-2011 growing seasons. Irrigation regimes (normal and cut off after anthesis) and bread wheat cultivars (40 cultivars) were assigned in main plots and subplots, respectively. The results showed that post-anthesis withholding irrigation significantly reduced grain yield, grain number per unit area, 1000 grain weight, biological yield, harvest index, canopy temperature depression (CTD) index, rate of biological yield accumulation, grain yield production rate and grain filling rate. Maximum grain yield under normal irrigation conditions belonged to Shiroudi (8864 kg.ha^{-1}), Navid (8440 kg.ha^{-1}) and Karaj-2 (8403 kg.ha^{-1}) cultivars, whereas in the late season drought stress conditions, Moghan-2 (4445 kg.ha^{-1}) and Adl (4179 kg.ha^{-1}) had maximum grain yield. Positive and significant correlation between grain yield and CTD under two irrigation regimes suggested that CTD might be a good indicator for selecting of drought resistant cultivars for late season water deficit, as well as high grain yield under normal irrigation conditions.

Keywords: Canopy Temperature Depression, Grain filling rate, Wheat yield, With holding Irrigation.