

تاثیر تنش خشکی آخر فصل بر عملکرد، اجزای عملکرد و دمای سایه‌انداز گیاهی ارقام گندم نان

هدایت اله 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 تنش 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 ۱۳۸۸-۸۹ و ۱۳۸۹-۹۰ طراحی و اجرا گردید. آزمایش به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار بود. عامل اصلی رژیم آبیاری (آبیاری معمولی و قطع 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-۲ (۸۴۰۳ کیلوگرم در هکتار) و در شرایط قطع آبیاری بیشترین عملکرد دانه در ارقام مغان-۲ (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

مقدمه:

با این وجود، اغلب مناطق تولید گندم در جهان در بخشی از فصل رشد با کمبود آب مواجه هستند. خشکی از مهم‌ترین عوامل تنش‌زای محیطی است که تولید محصولات کشاورزی را در مناطق خشک و نیمه‌خشک تحت تاثیر قرار داده و باعث کاهش عملکرد می‌شود (Andrew et al. 2000; Farshadfar et al. 2001; Ehdai and Waines 1993). تحت چنین شرایطی عملکرد دانه گندم نیز در سال‌های متوالی دارای نوساناتی خواهد بود (Shimshi et al., 1982).

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).

در حالی که در دهه‌های گذشته، محور اصلی برنامه‌های تحقیقات به‌نژادی غلات در ایران معرفی ارقام پر محصول در شرایط بهینه آبی بوده است، محدودیت آبیاری اراضی گندم آبی بویژه در اواخر فصل به دلیل رقابت زراعت‌های بهاره با آخرین آبیاری گندم در مرحله بحرانی دانه‌بندی گیاه، باعث شده تا شناسایی و معرفی ارقامی که با حداکثر دو نوبت آبیاری در بهار پس از پایان بارندگی‌های بهاره عملکرد قابل قبولی دارند، در برنامه‌های به‌نژادی 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 ممکن است از طریق کاهش دوره 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 سایه‌انداز گیاهی با استفاده از دماسنج فروسرخ (Infrared Thermometer) روشی برای مشخص کردن وضعیت تنش خشکی در گندم و ابزاری مناسب برای انتخاب ارقام مقاوم به خشکی است. تحت

شرایط تنش خشکی ارقام گندمی که در نیم‌روز دمای سایه‌انداز گیاهی پایین‌تری دارند، بطور نسبی وضعیت آبی بهتری نیز دارا هستند (Blum et al., 1989). افت دمای سایه‌انداز گیاهی (Canopy Temperature Depression, CTD) شاخصی برای شناسایی وضعیت کلی آب گیاه (Ehrler, 1972; Blum et al., 1982; Idso, 1982; Jakson et al., 1981) است. استفاده کاراتر از آب (Pinter et al., 1990; Hatfield et al., 1987) و مقاومت به تنش خشکی (Blum et al., 1989; Royo et al., 2002) می‌باشد. گلستانی و آساد (Golestani and Asad, 1998) گزارش نمودند که در اثر تنش خشکی دمای سایه‌انداز گیاهی افزایش می‌یابد. آنها CTD را شاخص مناسبی برای شناسایی ارقام مقاوم از حساس دانستند. از افت زیادتر دمای سایه‌انداز گیاهی به عنوان یک معیار انتخاب برای بهبود مقاومت به تنش خشکی و گرمایی استفاده می‌شود (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 سایه‌انداز 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 ۹۰-۱۳۸۹ و ۹۱-۱۳۹۰ 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

جدول ۱- مشخصات هواشناسی محل انجام آزمایش

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

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، پیشناز، چناب، رسول، روشن، زرین، سایسون، سبلان، سرخ‌تخم، سرداری، سیستان، شاه‌پسند، شعله، شیراز، شیرودی، طبسی، عدل، فلات، قدس، کراس‌شاهی، کرج-۱، کرج-۲، گاسپارد، گلستان، مارون، مرودشت، مغان-۲، مهدوی، نوید، نیک‌نژاد و هیرمند) بود. عملیات تهیه بستر شامل شخم، دیسک، تسطیح و ایجاد پشته 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 پشته) 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

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 مجذور 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

جدول ۲- برخی ویژگی های فیزیک و شیمیایی خاک محل

آزمایش در عمق ۳۰ سانتیمتری	
هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر	۱
اسیدیته کل اشباع	۷/۷۴
رس (درصد)	۴۰
سیلت (درصد)	۴۲
شن (درصد)	۱۸
بافت	سیلتی رسی لوم
نیترژن کل (درصد)	۰/۱۲
کربن آلی (درصد)	۱/۲۶
فسفر قابل جذب (میلی گرم در	۲۱/۵
پتاسیم قابل جذب (میلی گرم در	۲۵۰

جدول ۳- میزان بارندگی و آب آبیاری در دو سال آزمایش*

رژیم	۱۳۸۸-۸۹		۱۳۸۹-۹۰	
	آبیاری	بارندگی کل	آبیاری	بارندگی کل
معمولی	۳۹۰	۲۹۸	۴۴۰	۲۵۸
قطع	۲۲۰	۲۹۸	۲۷۵	۲۵۸

* میلیمتر

نوبت، به فواصل یک هفته اندازه گیری شد. از تفاضل بین دمای هوا (Ta) و دمای سایه انداز گیاهی (Tc) شاخص افت دمای سایه انداز گیاهی (Canopy Temperature Depression, CTD) (Balota et al. 2007; 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 تهویه دار به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۸۰ درجه سانتی گراد استفاده شد. برای اندازه گیری وزن هزاردانه نیز چهار نمونه صدتایی از بذرها تمیز شده توزین و براساس وزن آنها وزن هزاردانه مشخص شد. برای محاسبه آهنگ تجمع عملکرد بیولوژیک، آهنگ ازدیاد عملکرد دانه و سرعت پر شدن دانه از روابط زیر استفاده شد (Reynolds et al., 1998).

تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از نرم افزار SAS (ver. 9.1) انجام شد.

انجام 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

هر ۱۰ روز یکبار تا زمان گل دهی 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 پهن برگ از علفکش-2,4 D به میزان یک لیتر در هکتار ماده تجاری در مرحله پنجه زنی استفاده شد. وچین دستی نیز در بهار طی دو مرحله انجام گرفت. برای مبارزه با سن گندم از سم دسیس به میزان ۰/۳ لیتر در هکتار ماده تجاری در مرحله شیری شدن دانه‌ها و برای مبارزه با زنگ زرد به محض مشاهده اولین آثار بیماری در تیمار آبیاری معمولی، از سم آلتو 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 سایه انداز گیاهی با استفاده از دستگاه دماسنج مادون قرمز مدل ترمیناتور (Terminator, TIR 8861) بین ساعت ۱۲ تا ۱۴ در چهار

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

= آهنگ ازدیاد 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 تنش 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 تنش 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 ۰/۷ و ۱/۴ 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)

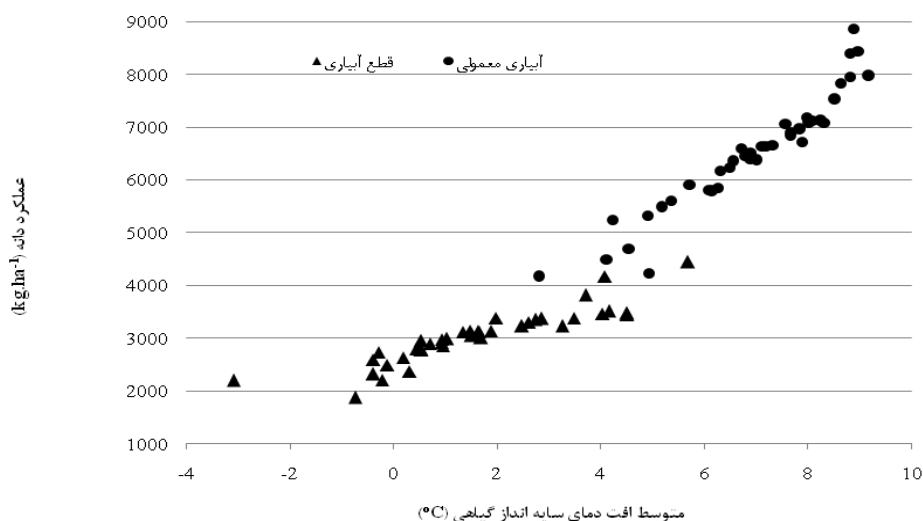
به عدم معنی‌داری برهمکنش رقم با سال و رقم با سال با رژیم آبیاری برای کلیه صفات، از میانگین داده‌های دو سال برای مقایسه میانگین‌ها استفاده شد.

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 تنش 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 اندازه‌گیری)

گرده‌افشانی نمو آندوسپرم و رویان را متوقف می‌کند (Westgate and Boyer 1986).

وزن هزار دانه:

میانگین وزن هزار دانه ارقام مورد مطالعه در اثر قطع آبیاری پس از گل‌دهی ۳۱/۳ 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 گل‌دهی 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 گل‌دهی در رقم پیشناز مشاهده شد (۵۲/۸ درصد) و این درحالی است که رقم طبسی در اثر قطع آبیاری از نظر این صفت کاهش نشان نداد. و کاهش سرعت پر شدن دانه سبب کاهش میانگین وزن دانه و کاهش عملکرد دانه می‌شود (Royo et al., 2000).

پس از گل‌دهی ۳۱/۴ درصد کاهش یافت (شکل ۲). بیشترین تعداد دانه در واحد سطح (متر مربع) در شرایط آبیاری معمولی در رقم‌های قدس، نوید، کرج-۲ و الوند مشاهده شد. در شرایط قطع آبیاری پس از گل‌دهی بیشترین تعداد دانه در واحد سطح (متر مربع) در رقم‌های نوید و بهار مشاهده شد (جدول ۵). ارقام الوند و مغان-۲ به ترتیب بیشترین (۵۵/۱ درصد) و کمترین (۷/۸ درصد) میزان کاهش تعداد دانه در واحد سطح در اثر قطع آبیاری پس از گل‌دهی را نشان دادند.

کاهش تعداد دانه در اثر تنش خشکی به دلیل کاهش تعداد سنبلک در سنبله و تعداد دانه در سنبلک صورت می‌گیرد (امام و نیک نژاد، ۱۳۹۰). بنا به اعتقاد برخی پژوهشگران این مسئله ممکن است از عدم باروری دانه‌های گرده ناشی شود (امام، ۱۳۹۰) ناباروری دانه‌های گرده نیز به افزایش آبسزیک اسید (ABA) نسبت داده شده است (Siani and Aspinall 1981). بعلاوه، نتایج برخی پژوهش‌ها حاکی از آن است که تنش خشکی در دوره

جدول ۴- نتایج تجزیه وراثتس مرکب افت دمای سایه انداز گیاهی، صمگرد و اجزای صمگرد لزاقم گندم نان در شرایط آبیاری معمولی و قطع آبیاری

صنایع تخمیرات	درجه آزادی	میگن مریجات											
		CTD1	CTD2	CTD3	CTD4	تعداد دانه	وزن حوزار	صمگرد	صمگرد بیولوژیک	صمگرد دانه	شاخص برداشت	آذنگ تخمیر	آذنگ تخمیر صمگرد دانه
سال (T)	۱	۹۲۰ ^{***}	۱۷/۲۳ [*]	۱۸۳ ^{***}	۱۱۹ ^{***}	۸۱۳۹۹۸۵ [†]	۸/۰۰۱NS	۱۴۱۶۳۳ ^{***}	۳۷۷۱ [*]	۲۲۶ ^{***}	۹/۹۵ ^{***}	۹/۰۰۴NS	۹/۸۳ ^{***}
نکرار (سال)	۶	۱۰۸	۶۲/۴۴	۶۲/۹۴	۷۶/۲	۳۳۰۰۳۳۱۹	۰/۰۰۴	۳۳۲۸۹۳	۵۳۹۴۱	۲۰/۷	۹/۳۴	۱/۴۵	۱۹/۱
رژیم آبیاری	۱	۷۰۳۳ ^{***}	۱۹۸۹ ^{***}	۶۶۳۳ ^{***}	۵۴۴۶ ^{***}	۸۷۹۰۹۷۲۹۷۷ ^{††}	۰/۰۱۵ ^{††}	۶۳۷۰۴۶۶۶ ^{***}	۱۸۹۵۰۴۳۷ ^{***}	۱۹۵۷ ^{***}	۱۰۸۹ ^{***}	۴۹۶ ^{***}	۳۷۴۹ ^{***}
Y-I	۱	۵۷/۸ ^{***}	۷۳/۵۰ ^{***}	۳۰/۸۴ ^{***}	۰/۰۱۱NS	۸۱۴۸۶۷۳ ^{††}	۰/۰۰۱NS	۶۰۹۸NS	۲۷۸۱NS	۶/۰۹NS	۷/۲۵NS	۰/۱۶۴ ^{***}	۱/۷۵NS
صنایع لاف	۶	۱۲۰	۶۲/۲	۶۲/۵	۷۴/۵	۷۸۵۰۷۲۸ ^{††}	۰/۰۰۳NS	۶۹۷۷NS	۱۹۱۶ [*]	۱۰۳ ^{***}	۷/۸۴ [*]	۰/۰۳۹NS	۲/۵۴ ^{***}
رقم (C)	۳۹	۱۳/۳ ^{***}	۱۲/۳ ^{***}	۱۲/۰۸ ^{***}	۱۰/۹ ^{***}	۲۵۳۴۱۲۳۳ ^{††}	۰/۰۰۳ ^{††}	۳۶۵۴۶۸ ^{***}	۶۸۵۸۵ ^{***}	۱۲۵ ^{***}	۱۰/۳ ^{***}	۱/۹۱ ^{***}	۴۱/۵ ^{***}
IXC	۳۹	۶۲۰ ^{***}	۲۰/۳ ^{***}	۲۵۱ ^{***}	۳۳/۳ ^{***}	۵۸۰۷۳۳۳۷ ^{††}	۰/۰۰۱ ^{††}	۱۷۶۱۱۳ ^{***}	۶۷۴۵۳ ^{***}	۶۶۳ ^{***}	۵/۴۰ ^{***}	۱/۳۳	۲۱/۹ ^{***}
YxC	۳۹	۰/۷۱۹NS	۰/۲۷۲NS	۰/۲۳۶NS	۰/۴۸۵NS	۵۲۱۸۶۱NS	۰/۰۰۳NS	۸۷۸۱NS	۴۳NS	۷/۷۰NS	۰/۲۷۵NS	۰/۰۱۴NS	۰/۳۹۲NS
IXCY	۳۹	۰/۲۴NS	۰/۲۷۷NS	۰/۳۶۸NS	۰/۸۰۶NS	۲۶۳۷۰۴NS	۰/۰۰۴NS	۶۵۵۹NS	۳۳۳NS	۷/۵NS	۰/۲۱۳NS	۰/۰۱NS	۰/۳۶۶NS
صنایع ب	۴۶۸	۷/۶۱۸	۷/۹۴۰	۷/۶۱	۷/۶۸	۷۹۱۹۲۸	۰/۰۰۱	۷۵۱۳۳۸	۷۱۷/۱۱	۱۳/۷۰	۰/۷۷	۰/۰۲۱	۰/۶۰۸
فزیب تغییرات (درصد)	۳۰/۴	۲۹/۶	۳۰/۴	۳۰/۳	۴/۵	۲/۳	۱۷/۴	۱۷/۴	۵/۶	۱۰/۱	۱۲/۴	۵/۶	۷/۶

CTD: افت دمای سایه انداز گیاهی

NS، * و ** به ترتیب غیر معنی دار، معنی دار، معنی دار در سطح ۵ درصد و معنی دار در سطح ۱ درصد

ارقام	در مزرع	روز برداشت	آبیاری آبیاری			قطیع آبیاری			تفاوت
			میانگین	تیراوری	(تن در هکتار)	میانگین	تیراوری	(تن در هکتار)	
سستمان	۱۷۸۶۱	۵۶	۱۷۲۹۳	۱۷۲۹۳	۷۸۳۱	۴۵/۳	۱۳۰۱۳	۸۷	۳۱۹۵
ظاهرسند	۶۵۶۶۱	۳۰	۱۲۶۹۱	۱۲۶۹۱	۶۸۲۶	۳۵/۴	۶۸۲۶	۶۱	۲۲۰۹
ظلمه	۸۶۳۳۷	۶۶	۰۷۱۴۱	۰۷۱۴۱	۶۸۷۶	۳/۱۴	۶۸۷۶	۷۱	۷۸۷۱
کسراک	۷۵۸۸۸	۶۶	۷۱۷۶۱	۷۱۷۶۱	۱۷۵۴۱	۴/۸۶	۱۷۵۴۱	۶۱	۷۶۴۶
شیردستی	۱۱۵۰۶۱	۶۶	۶۸۰۶۱	۶۸۰۶۱	۴۶۶۷	۴/۶۴	۴۶۶۷	۷۱	۸۶۶۶
طیسی	۵۱۳۳۵	۷۱	۱۴۰۳۴	۱۴۰۳۴	۵۳۳۵	۳۸/۰	۸۷۳۱	۷۱	۳۴۶۷
عسل	۴۸۷۳۴	۶۶	۱۵۳۴۹	۱۵۳۴۹	۲۰۶۰۲	۷/۴۷	۱۶۵۴۹	۷۱	۶۸۱۴
قاروت	۴۷۶۶۶	۷۱	۴۶۶۶۶	۴۶۶۶۶	۵۰۶۶۶	۳/۶۴	۰۸۷۵۱	۴۶	۶۴۶۶
قدیس	۶۶۶۶۶	۵۶	۶۶۶۶۶	۶۶۶۶۶	۳۸۰۷۰	۶/۱۴	۳۳۶۰۶	۶۱	۶۴۶۶
کراس شامی	۵۸۱۶۱	۶۶	۸۴۵۶۱	۸۴۵۶۱	۱۴۴۰۱	۶/۱۴	۴۸۷۳۱	۴۶	۸۷۶۶
کرج ۱	۵۸۱۶۵	۸۶	۱۶۵۵۵	۱۶۵۵۵	۶۱۷۴	۳۷/۳	۱۶۱۵۳	۶۱	۳۱۲۱
کرج ۲	۱۷۶۱۳	۳۰	۶۱۰۶۱	۶۱۰۶۱	۶۱۰۶۱	۴۰/۱	۶۱۸۷۶	۷۱	۷۶۷۱
گلستان	۳۳۶۲۰	۶۶	۵۶۲۶۵	۵۶۲۶۵	۶۷۱۸	۴۱/۳	۳۰۴۳	۸۶	۷۳۶
سارون	۵۵۰۱۱	۶۶	۶۸۲۶۱	۶۸۲۶۱	۳۳۳۶	۳/۴۴	۶۸۷۶۶	۵۶	۱۷۷۱
مورطی	۷۸۵۷۹	۳۰	۸۴۵۶۱	۸۴۵۶۱	۵۴۵۶	۶/۵۴	۲۶۶۷۱	۷۱	۶۷۶۶
مغان ۲	۸۶۳۳۷	۵۶	۵۷۰۸۵	۵۷۰۸۵	۳۷۸۳	۶/۴۶	۲۴۵۶	۶۶	۵۴۶۶
مهلری	۷۵۶۸۱	۵۶	۸۶۹۰۷	۸۶۹۰۷	۸۱۳۷	۳/۱۴	۸۱۵۶۱	۵۶	۶۳۶۶
نرید	۶۵۱۱۳	۶۶	۰۰۸۷۱	۰۰۸۷۱	۴۴۰	۳/۵۴	۳۳۶۶	۶۶	۸۰۳۶
نیکباز	۷۸۶۶۱	۳۰	۸۰۸۶۱	۸۰۸۶۱	۲۸۶۶	۸/۱۴	۷۶۶۵۱	۶۶	۵۵۶۶
مهریت	۴۴۶۶۶	۵۶	۷۵۶۹۱	۷۵۶۹۱	۷۱۱۸	۰/۷۴	۶۷۷۱۱	۴۶	۱۰۷۱
ISD	۱۷۶۶۶۱	۷/۶	۴۵۸۱	۴۵۸۱	۸۸۱۶۱	۰/۶	۸۸۱۶۱	۶/۶	۷۱۶۶

ادامه جدول ۵

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

CTD4	CTD3	CTD2	CTD1	رژیم آبیاری	
۰/۹۵**	۰/۹۱**	۰/۹۵**	۰/۹۶**	آبیاری معمولی	عملکرد دانه
۰/۸۸**	۰/۹۱**	۰/۹۵**	۰/۸۷**	قطع آبیاری پس از گل دهی	
CTD: Canopy Temperature Depression				** معنی دار در سطح ۱ درصد	

کرج-۲ نداشت. رقم مغان-۲ با عملکرد دانه ۴۴۴۵ کیلوگرم در هکتار بیشترین عملکرد دانه در شرایط قطع آبیاری پس از گل دهی 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 گل دهی به ترتیب در رقم شیراز (۶۷/۸ درصد) و البرز (۲۵ درصد) مشاهده شد که این امر نشان از حساسیت بالای رقم شیراز به تنش 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 سایه انداز گیاهی در هر دو شرایط آبیاری (جدول ۶) نشان دهنده این موضوع می باشد که ارقامی که در شرایط قطع آبیاری پس از گل دهی توانسته اند روزنه ها را باز نگه دارند و همزمان عمل تعرق و فتوسنتز را انجام دهند، آسیب کمتری را در اثر قطع آبیاری متحمل شده اند و دارای عملکرد بیشتری هستند. در شرایط آبیاری معمولی نیز افت دمای سایه انداز زیادتر به معنای شرایط رطوبتی مناسب تر، تعرق و فتوسنتز بیشتر و در نهایت عملکرد دانه بیشتر می باشد کاهش عملکرد دانه در اثر تنش خشکی آخر فصل مورد توجه سایر پژوهشگران هم قرار گرفته است (Kirigwi et al., 2009; Rajjala et al., 2004; Gonzalez et al., 2010) گزارش کردند که تنش خشکی باعث کاهش هدایت روزنه ای و فتوسنتز خالص شده و در نهایت عملکرد دانه را کاهش می دهد. با توجه به تسریع پیری برگ ها، کاهش فتوسنتز گیاه و کوتاه شدن مدت دانه

پژوهشگران زیادی کاهش وزن دانه در اثر تنش خشکی را گزارش کرده اند (امام، ۱۳۹۰؛ Sio-Se Mardeh et al., 2006; Foulkes et al., 2001; Kirigwi et al., 2004). Guttieri 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 تنش خشکی بهاره در منطقه استرالیا، که در مرحله پر شدن دانه و بطور ناگهانی اتفاق می افتد، منجر به کاهش شدید میانگین وزن هزار دانه می گردد. Marc و همکاران (۱۹۸۵) گزارش کردند که تنش خشکی بعد از گل دهی باعث کاهش تعداد سلول های اندوسپرم دانه در قاعده و راس سنبله شده و در نهایت وزن دانه را کاهش می دهد. تنش خشکی پس از گل دهی موجب کوتاه تر شدن طول دوره پر شدن دانه و تشدید تنش خشکی به علت گرم تر شدن دمای هوا باعث ریزتر شدن دانه ها و کاهش وزن دانه ها می گردد (امام و نیک نژاد، ۱۳۹۰). بعلاوه در شرایط تنش خشکی، برای جلوگیری از هدر روی بیش از حد آب، روزنه ها بسته می شود که این موضوع در نهایت باعث کاهش فتوسنتز جاری و کاهش مواد پرورده برای پر شدن دانه ها شده و در نهایت وزن دانه ها کاهش می یابد (امام، ۱۳۹۰).

عملکرد دانه:

عملکرد دانه در بین صفات مورد بررسی بیشترین کاهش (۵۲/۸ درصد) را از تنش 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 معنی‌دار 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 (۲۱۰۲۹ کیلوگرم در هکتار) مشاهده شد که در سطح یک درصد تفاوت معنی‌داری با ارقام نوید و شیرودی نداشت. در شرایط قطع آبیاری پس از گل‌دهی 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، شیرودی، رسول، بهار، هیرمند، زرین، امید و نوید در سطح یک درصد تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۵). در بین ارقام بیشترین درصد کاهش عملکرد بیولوژیک (۵۶/۷ درصد) در اثر قطع آبیاری پس از گل‌دهی در رقم شیراز مشاهده شد. در شرایط تنش خشکی پیری زودرس اندام‌های فتوستتز کننده و همچنین کاهش فتوستتز جاری گیاه باعث کاهش کل زیست‌توده تولیدی می‌گردد امام (۱۳۹۰)، Mohammadi و همکاران (۲۰۰۶) و Pireivatlou و همکاران (۲۰۱۰) نیز نتایج مشابهی مبنی بر کاهش عملکرد بیولوژیک در اثر تنش خشکی گزارش کردند.

تنش خشکی از طریق کاهش هدایت روزنه‌ای به دلیل بسته شدن روزنه‌ها و اختلال در متابولیسم باعث کاهش میزان فتوستتز می‌شود (Brenner and Cheikh, 1995; Tezara et al., 1999; Lawson et al., 2003; Liang et al., 2002). محدودیت‌های روزنه‌ای به عنوان عامل اصلی کاهش فتوستتز در شرایط تنش 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 ۹۰-۱۳۸۸ شد. کوتاه شدن طول دوره پر شدن دانه و در نتیجه کاهش

می‌باشند کاهش می‌یابد، 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 شیرودی در هر دو شرایط آبیاری اعمال شده دارای عملکرد دانه زیادتز از متوسط بودند و برای کشت در هر دو شرایط آبی مناسب می‌باشند. 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 تنش 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 طوسی در شرایط تنش خشکی آخر فصل عملکردی زیادتز 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 پایین‌تر از متوسط زمان مراحل نمو گیاه در اثر تنش خشکی، تعداد دانه در سنبله و وزن دانه که از اجزای بسیار مهم عملکرد داشتند و به نظر می‌رسد برای هیچ یک از شرایط آبیاری مورد مطالعه، در این منطقه مورد مطالعه مناسب نباشند.

بین عملکرد دانه در شرایط قطع آبیاری پس از گل‌دهی و آبیاری معمولی همبستگی وجود نداشت (شکل ۳) این بدان معناست که عملکرد دانه در شرایط آبیاری معمولی و تنش رطوبتی آخر فصل از یکدیگر مستقل می‌باشند.

نتایج مشابهی مبنی بر مستقل بودن عملکرد دانه در شرایط نرمال و تنش رطوبتی بدست آمد (Fernandez, 1992)، در حالیکه پژوهشگران دیگری از وجود همبستگی بین عملکرد دانه در شرایط با و بدون تنش خشکی خبر داده‌اند (کریمی 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 با شدت کاهش می‌دهد، کاهش شاخص برداشت دور از انتظار نمی‌باشد (امام و نیک نژاد، ۱۳۹۰).

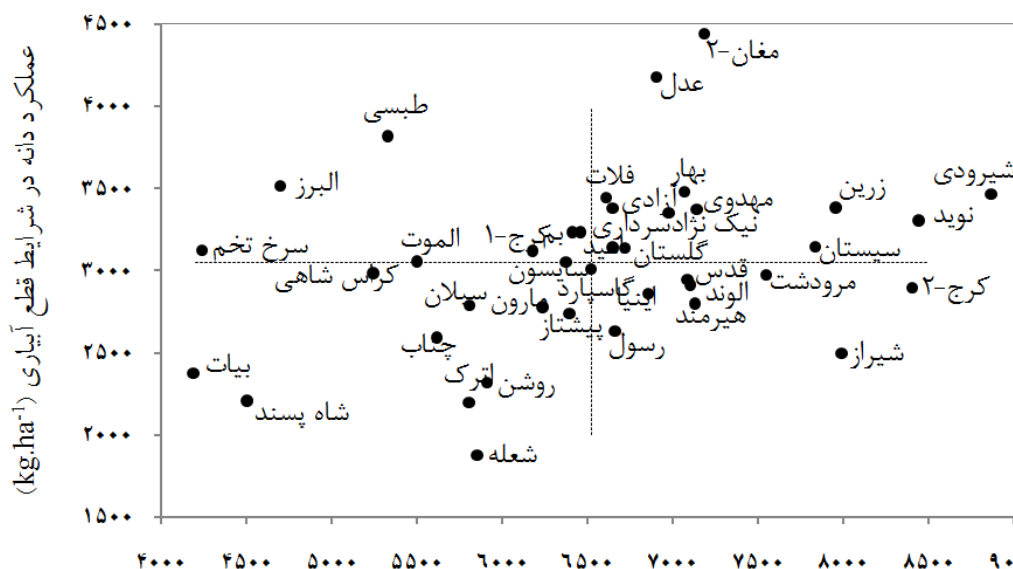
آهنگ تجمع عملکرد بیولوژیک:

قطع آبیاری دارای اثر معنی‌دار 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 معنی‌داری با ارقام طبسی و نیک‌نژاد نداشت. در شرایط قطع آبیاری پس از گل‌دهی بیشترین سرعت تولید عملکرد دانه در رقم امید بدست آمد (۷۸/۶ کیلوگرم در

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

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 ۲۶/۳ 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 ۳۷/۴ درصد پس از گل‌دهی از رقم گاسپارد بدست آمد (جدول ۵). بیشترین درصد کاهش شاخص برداشت در رقم هیرمند به میزان ۴۶/۳ درصد و کمترین میزان کاهش در رقم طبسی به میزان ۲/۶ 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 گل‌دهی 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.

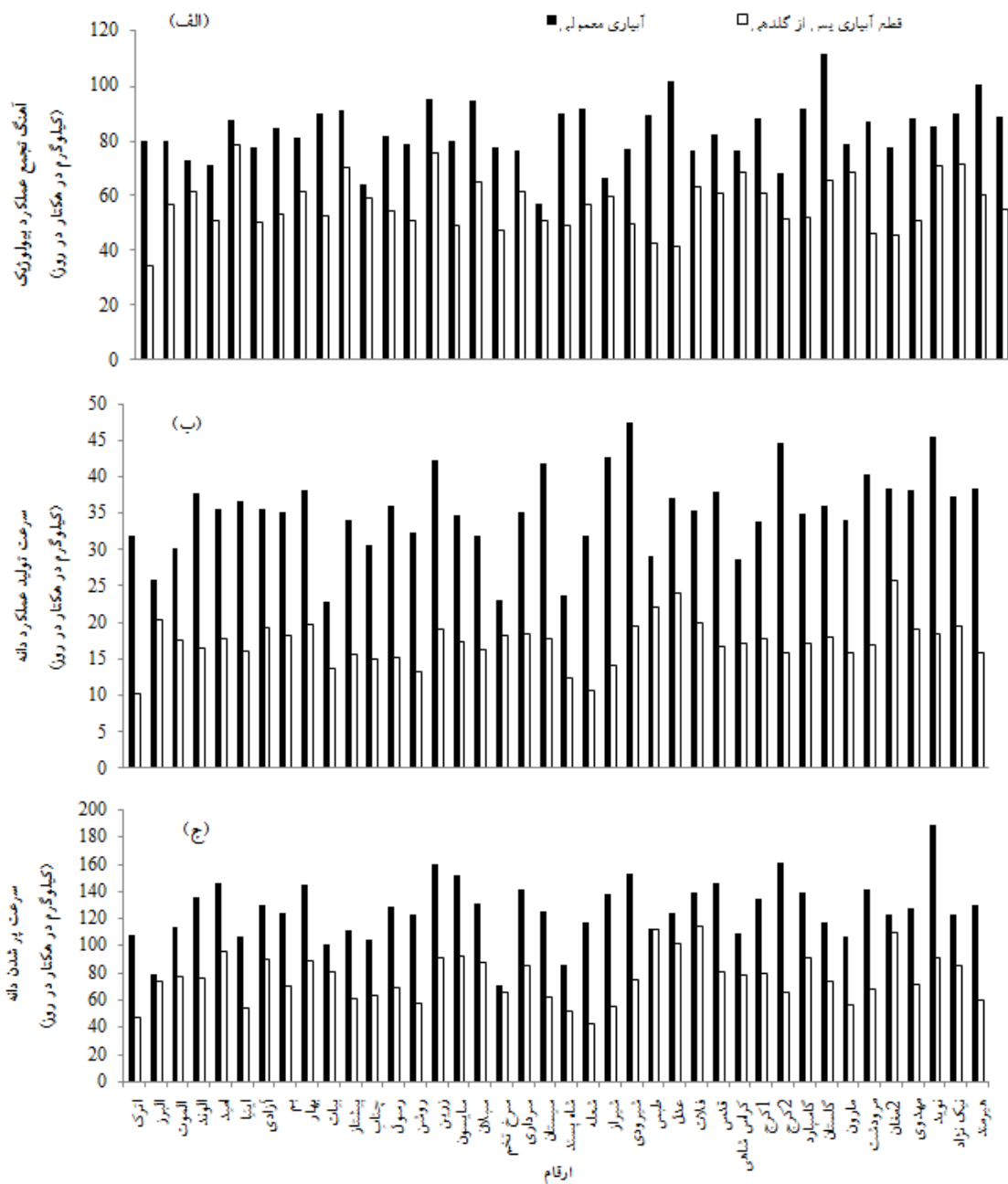
هکتار در روز) که در سطح یک درصد تفاوت معنی‌داری با ارقام روشن، نوید، مهدوی، بیات، گلستان، قدس، گاسپارد، سایسون و عدل نداشت (شکل ۴).

سرعت پر شدن دانه:

قطع آبیاری پس از گل‌دهی 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 گل‌دهی بیشترین سرعت پر شدن دانه در رقم فلات به میزان ۱۱۴ کیلوگرم در هکتار در روز مشاهده شد (شکل ۴) که تفاوت معنی‌داری با ارقام طیسی، مغان-۲ و عدل در سطح یک درصد نداشت. در سایر تحقیقات نیز پژوهشگران ذکر کردند که تنش خشکی باعث کاهش سرعت پر شدن دانه گندم می‌شود (Wardlaw et al., 1980; Sofield et al., 1977). همچنین در سایر پژوهش‌ها نیز وجود تنوع در بین ارقام

سرعت تولید عملکرد دانه:

قطع آبیاری پس از گل‌دهی باعث کاهش معنی‌دار آهنگ ازدیاد عملکرد دانه به میزان ۵۰/۱ درصد شد (جدول ۴ و شکل ۴). در شرایط آبیاری معمولی رقم شیروودی بیشترین سرعت تولید عملکرد دانه را داشت (۴۷/۴ کیلوگرم در هکتار در روز) که با ارقام نوید و کرج-۲ در سطح یک درصد تفاوت معنی‌داری نداشت. در شرایط قطع آبیاری پس از گل‌دهی 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 معنی‌داری 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 Science* 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.

بعلاوه 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 با 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:

- امام ی. و م. نیک نژاد (۱۳۹۰) مقدمه‌ای بر فیزیولوژی عملکرد گیاهان زراعی. انتشارات دانشگاه شیراز. شیراز
- امام، ی. (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 لاین های 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: ۵۴۷-۵۶۰.
- متقی، م. گ. نجفیان و م. ر. بی‌همتا (۱۳۸۸) اثر تنش خشکی آخر فصل بر عملکرد دانه و کیفیت نانویی ژنوتیپ‌های گندم هگزاپلوئید. *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., Quisenberry, 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., Trethowan, 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., Zahravi, 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 Syvester-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.
- Rajjala, 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., GutieÁrrez-RodrôÁguez, B. M. and LarqueÁ-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 (8440kg.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.