

تأثیر رژیم‌های کم آبیاری بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه و تعیین بهترین شاخص ارزیابی تحمل به خشکی سه رقم گندم نان

حمید دهقان‌زاده^۱، محمدرضا خواجه‌پور^۲، حسین حیدری شریف‌آباد^۳ و علی سلیمانی^۴

چکیده

به منظور بررسی تأثیر رژیم‌های آبیاری بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه و شاخص‌های مقاومت به خشکی در سه رقم گندم نان (*Triticum aestivum* L.)، آزمایشی در سال‌های زراعی ۸۴-۱۳۸۳ و ۸۵-۱۳۸۴ در مزرعه دانشگاه آزاد اسلامی خوراسگان به صورت کرت‌های خرد شده با طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار به اجرا درآمد. کرت‌های اصلی شامل زمان آبیاری (آبیاری پس از ۹۰، ۷۰ و ۱۱۰ میلی‌متر تبخیر جمعی از تشک تبخیر کلاس A) و کرت‌های فرعی شامل ارقام گندم (مهدوی، قدس و بک کراس روشن) بودند. تیمارهای آبیاری پس از ۷۰ و ۹۰ میلی‌متر تبخیر جمعی، از نظر اکثر صفات اندازه‌گیری شده عملکرد و اجزای عملکرد دانه تفاوت معنی‌داری نداشتند. افزایش فاصله آبیاری از ۹۰ به ۱۱۰ میلی‌متر تبخیر جمعی سبب کاهش معنی‌دار عملکرد دانه و اجزای آن شد، اما بر راندمان مصرف آب تأثیری نداشت. ارقام آزمایشی از نظر تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه و عملکرد دانه تفاوت معنی‌داری با یکدیگر داشتند، به طوری که ارقام قدس و بک کراس روشن به ترتیب دارای بیشترین و کمترین تعداد دانه در سنبله و هم‌چنین دارای کمترین و بیشترین وزن هزار دانه و عملکرد دانه بودند. بر اساس شاخص‌های حساسیت و تحمل به تنش، رقم قدس از پایداری عملکرد بالاتری برخوردار بود. بر اساس نتایج این بررسی، در شرایط مشابه با مطالعه حاضر می‌توان گندم را پس از ۹۰ میلی‌متر تبخیر جمعی از تشک تبخیر کلاس A آبیاری نمود که در این صورت ضمن ۲۲ درصد صرفه‌جویی در آب آبیاری مصرفی، عملکرد دانه نزدیک به تیمار ۷۰ میلی‌متر تبخیر جمعی حاصل می‌شود.

واژه‌های کلیدی: گندم نان، رژیم‌های آبیاری، تنش خشکی، عملکرد دانه، اجزای عملکرد دانه.

تاریخ دریافت مقاله: ۸۷/۳/۷ تاریخ پذیرش: ۸۸/۶/۱۹

۱- عضو هیأت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد نراق

۲- دانشیار گروه زراعت، دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان

۳- دانشیار مؤسسه ثبت و گواهی نهال و بذر تهران

۴- استادیار گروه زراعت، دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوراسگان

مقدمه و بررسی منابع

این تفاوت‌ها می‌تواند به دلیل اختلاف در شرایط محیطی و ارقام آزمایشی باشد.

تنش خشکی باعث کاهش ماده خشک تولیدی بواسطه پیری و ریزش برگهای پایینی گندم می‌شود (۸، ۲۰). با این حال، ناکاگامی^۱ و همکاران (۲۰۰۴) گزارش کردند که با انجام آبیاری تا ۸۰ درصد ظرفیت زراعی، ماده خشک کل، کاهش معنی‌داری نیافت که علت آن را کمی شدت تنش، افزایش توسعه سیستم ریشه‌ای و سرعت فتوسنتز خالص بیشتر در این تیمار بیان نمودند. علی و همکاران (۱۹۹۹) و سالمی و افیونی (۱۳۸۴) نیز افزایش شاخص برداشت در شرایط تنش را گزارش کردند. کاهش رشد رویشی می‌تواند توضیحی برای شاخص برداشت بالاتر در شرایط تنش باشد (۱۲). در حالی که برخی دیگر از بررسی‌ها، کاهش شاخص برداشت در شرایط تنش را به دلیل کاهش تعداد سنبله بارور، تعداد کمتر دانه در سنبله و وزن دانه کمتر گزارش کرده‌اند (۱۱).

جانسون و همکاران (۱۹۸۴) در یک آزمایش گلخانه‌ای با اعمال تیمار عدم آبیاری به مدت ۱۴ روز بعد از پنجه‌زنی، کاهش راندمان مصرف آب در شرایط تنش را گزارش کردند. آنها کاهش عملکرد دانه در شرایط تنش رطوبتی را به دلیل کاهش راندمان مصرف آب بیان کردند. در حالی که سالمی و افیونی (۱۳۸۴) در مطالعه خود تأثیر معنی‌دار تیمارهای کم آبیاری بر راندمان مصرف آب گزارش کرده‌اند. آن‌ها بیان کردند که با کاهش مصرف آب آبیاری، راندمان مصرف آب افزایش یافت، به طوری که تیمار مصرف آب آبیاری به میزان ۸۰ درصد تبخیر و تعرق دارای بیشترین راندمان مصرف آب و تیمار مصرف آب آبیاری به میزان ۱۰۰ درصد تبخیر و تعرق، دارای کمترین راندمان مصرف آب بود.

شاخص تحمل تنش^۱ از جمله شاخص‌هایی است که اختلاف عملکرد یک ژنوتیپ در شرایط مطلوب و تنش‌زا را نشان می‌دهد (۱۰). مقادیر بالاتر این شاخص نشان‌دهنده پایداری بیشتر ارقام به تنش می‌باشد. این شاخص با استفاده از رابطه (۱) محاسبه می‌شود.

در ایران کم آبی و خشکی همواره یکی از مهم‌ترین مشکلات بخش کشاورزی بوده و در نتیجه بررسی تأثیر تنش خشکی بر روی گیاهان زراعی از اهمیت خاصی برخوردار است. خشکسالی سال زراعی ۷۸-۱۳۷۷ در ایران کاهش‌هایی در حدود ۲ میلیون هکتار در سطح کاشت و ۵ میلیون تن در تولید محصولات زراعی به جای گذاشت (بی‌نام، ۱۳۷۹). هرچند پیشرفت‌های ژنتیکی در عملکرد دانه در شرایط مطلوب و تنش در طی چند دهه گذشته به وضوح دیده شده است، اما جستجو در مورد اختلافات ژنتیکی و معیارهای انتخاب مؤثر بیشتر، به‌خصوص تحت شرایط تنش باید ادامه یابد (۱۴).

توکلی (۱۳۸۲) در آزمایشی بر روی ارقام گندم در مراغه، با انجام تیمارهای آبیاری کامل (آبیاری پس از ۵۰ درصد تخلیه رطوبت خاک)، دو سوم آبیاری کامل، یک سوم آبیاری کامل و شرایط دیم، گزارش کرد که تیمار آبیاری اثر معنی‌داری بر تعداد سنبله در واحد سطح دارد و با افزایش آب مصرفی، تعداد سنبله بیشتری در واحد سطح تولید شد. گوتیری^۱ و همکاران (۲۰۰۱) در آزمایشی با اعمال تیمارهای تنش خشکی شامل آبیاری کامل (آبیاری به صورت یک بار در هفته)، تنش متوسط بعد از پنجه‌زنی (آبیاری به صورت یک هفته در میان) و تنش شدید (عدم آبیاری از آخر اردیبهشت تا رسیدگی)، اثر معنی‌دار تیمارهای آبیاری را بر تعداد دانه در سنبله گزارش کردند.

سالمی و افیونی (۱۳۸۴) گزارش کردند که با مصرف آب آبیاری به میزان ۸۰ درصد تبخیر و تعرق، وزن هزار دانه ارقام گندم کاهش معنی‌داری نداشت، درحالی که با مصرف آب آبیاری به میزان ۶۰ درصد تبخیر و تعرق، وزن هزار دانه به‌طور معنی‌دار کاهش یافت.

فیشر و مائورر^۲ (۱۹۷۸) بیان داشتند که قطع آبیاری از ۶۹ روز قبل از گرده افشانی تا ۱۰ روز قبل از گرده افشانی، باعث کاهش عملکرد ارقام گندم به میزان ۱۴ تا ۶۳ درصد شد. این کاهش بیشتر از طریق کاهش تعداد دانه در سنبله ایجاد گردید، در حالی که نورمند و همکاران (۲۰۰۱) کاهش وزن دانه را علت اصلی کاهش عملکرد دانه در شرایط تنش گزارش کردند.

1. Nakagami
2. Stress Tolerance Index (STI)

1. Guttieri
2. Fischer and Maurer

قالب بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار اجرا گردید. عامل اصلی شامل آبیاری پس از ۷۰ (I₁)، ۹۰ (I₂) و ۱۱۰ (I₃) میلی‌متر تبخیر تجمعی از تشک تبخیر کلاس A و عامل فرعی شامل ارقام قدس، مهدوی و بک‌کراس روشن بودند. هر کرت فرعی شامل ۱۲ خط کاشت شش متری با فاصله ردیف ۲۰ سانتی‌متر بود. فواصل کرت‌های فرعی از یکدیگر یک متر و فواصل کرت‌های اصلی از یکدیگر دو متر در نظر گرفته شد. نیاز کودی با توجه به تجزیه خاک، به میزان ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار اکسید فسفر (P₂O₅) از منبع سوپر فسفات تریپل و مقدار ۵۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار به صورت قبل از کاشت و هم‌چنین ۷۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص به صورت سرک از منبع اوره و در هنگام شروع رشد بهاره تأمین گردید. کاشت با دست و تراکم حدود ۴۰۰ بذر در متر مربع و در هر دو سال در تاریخ ۱۵ آبان صورت گرفت. در طول دوره رشد، مراقبت‌های زراعی به‌طور یکنواخت برای همه کرت‌های آزمایشی انجام گردید. تیمارهای آبیاری در طول رشد برای همه تیمارها به طور منظم اعمال شدند. تیمارهای آبیاری نیز از هنگام شروع رشد بهاره اعمال گردید. به‌منظور تعیین مقدار آب در هر آبیاری، در مراحل ساقه‌رفتن، گرده‌افشانی و پر شدن دانه، عمق توسعه ریشه از طریق نمونه‌برداری با حفر پروفیل در کنار ریشه گیاه و به طور تصادفی از پلات‌های اصلی برآورد و سپس با استفاده از رابطه (۴) میزان آب مصرفی در هر آبیاری جهت کرت‌های اصلی برآورد و در هنگام آبیاری از طریق سرریز به کرت‌ها وارد گردید (۴).

$$VW = [(FC - SM) \cdot Bd \cdot D \cdot A]$$

در این رابطه VW حجم آب مصرفی در هر آبیاری (بر حسب متر مکعب)، FC درصد وزنی رطوبت خاک در ظرفیت زراعی، SM درصد وزنی رطوبت خاک در هنگام نمونه‌برداری، Bd جرم مخصوص ظاهری خاک (گرم بر سانتی‌متر مکعب)، D عمق توسعه ریشه گیاه (متر) و A مساحت کرت اصلی (متر مربع) می‌باشد. برای مشخص کردن درصد وزنی رطوبت خاک به منظور محاسبه میزان آب مورد نیاز، از سه قسمت مختلف هر کرت نمونه‌هایی تا عمق توسعه ریشه با متد برداشته شد و بلافاصله وزن مرطوب آن توزین و سپس به‌مدت ۱۲ ساعت در آون با حرارت ۱۱۰ درجه سلسیوس خشک گردید (۵). در مرحله برداشت، تعداد پنجه نابارور، تعداد سنبله در واحد

(۱)

$$STI = \frac{Y_{si} \times Y_{pi}}{(\bar{Y}_p)^2}$$

در این رابطه، Y_{pi} عملکرد دانه رقم i در شرایط مطلوب و Y_{si} عملکرد دانه در شرایط تنش و \bar{Y}_p میانگین عملکرد همه ارقام در شرایط مطلوب می‌باشد. فیشر و مائور (۱۹۷۸) شاخص حساسیت به تنش^۱ را به منظور بررسی تغییرات عملکرد دانه در شرایط مطلوب و تنش پیشنهاد کردند. مقادیر کمتر این شاخص نشان دهنده پایداری بیشتر ارقام به تنش می‌باشد. این شاخص با استفاده از رابطه (۲) محاسبه می‌شود.

(۲)

$$SSI = [1 - Y_{si}/Y_{pi}] / D$$

در این رابطه D شدت تنش خشکی بوده و از رابطه (۳) محاسبه می‌گردد.

(۳)

$$D = 1 - (\bar{Y}_s / \bar{Y}_p)$$

در رابطه (۳)، \bar{Y}_s و \bar{Y}_p به ترتیب میانگین عملکرد همه ارقام در شرایط مطلوب و تنش می‌باشند.

با توجه به کمبود آب در اصفهان و اختصاص آب آبیاری به محصولات اقتصادی‌تر نظیر صیفی‌جات، دستیابی به حد آستانه کاهش مصرف آب آبیاری، امری اجتناب‌ناپذیر می‌باشد. علاوه بر این از واکنش ارقام گندم به رژیم‌های مختلف آبیاری تحت شرایط اصفهان اطلاعات کافی و جامعی وجود ندارد. بنابراین در مطالعه حاضر واکنش سه رقم گندم مورد کاشت در منطقه به رژیم‌های کم آبیاری از لحاظ عملکرد و اجزای عملکرد دانه و شاخص‌های مقاومت به خشکی بررسی گردید.

مواد و روش‌ها

آزمایش در سال‌های زراعی ۱۳۸۴-۱۳۸۵ و ۱۳۸۳-۱۳۸۴ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه آزاد اسلامی خوراسگان اصفهان انجام گرفت. ارتفاع محل آزمایش ۱۵۵۵ متر از سطح دریا می‌باشد. خاک محل اجرای طرح دارای بافت لوم سیلتی رسی^۲، pH حدود ۷/۵ و EC حدود ۲/۷ دسی زیمنس بر متر بود. آزمایش به صورت طرح آماری کرت‌های خرد شده در

1. Stress Susceptible Index (SSI)
2. Clay Silty Loam

تعداد پنجه‌های بارور افزایش یافته است. این نتایج با گزارش‌های علی و همکاران (۱۹۹۹)، فرنچ و شولتز^۱ (۱۹۸۴) و توکلی (۱۳۸۲) همسو می‌باشد. ارقام، اختلاف معنی‌داری در تعداد سنبله در واحد سطح داشتند (جدول ۱) به طوری که رقم بک کراس روشن، ۱۹/۶ درصد سنبله بارور بیشتری نسبت به رقم قدس داشت (جدول ۲). این نتایج با گزارش مصطفی و همکاران (۱۹۹۶) هماهنگ می‌باشد. با این حال، سالمی و افیونی (۱۳۸۴) در مطالعه خود گزارش کردند که ارقام آزمایشی اختلاف معنی‌داری از نظر تعداد سنبله در واحد سطح نداشتند. این اختلافات می‌تواند به دلیل تفاوت در ارقام شرایط آزمایشی باشد.

تعداد دانه در سنبله

تعداد دانه در سنبله تحت تأثیر تیمارهای آبیاری قرار گرفت (جدول ۱). بین تیمار آبیاری پس از ۷۰ و ۹۰ میلی‌متر تبخیر، اختلاف معنی‌داری در تعداد دانه در سنبله مشاهده نشد. اما با افزایش فاصله دو آبیاری به ۱۱۰ میلی‌متر تبخیر، تعداد دانه در سنبله کاهش معنی‌داری یافت (جدول ۲). این نتایج با گزارشات فیشر و مائورر (۱۹۷۸) و گوتیری و همکاران (۲۰۰۱) مطابقت دارد. ناکاگامی و همکاران (۲۰۰۴) در مطالعات خود عدم وجود تفاوت معنی‌دار در تعداد دانه در سنبله در تیمار آبیاری به میزان ۸۰ درصد ظرفیت زراعی و آبیاری کامل را به واسطه کمی شدت تنش و بهبود سیستم ریشه‌ای در تیمار تنش گزارش کردند که با نتایج این بررسی مطابقت دارد. تغییرات تعداد دانه تحت تأثیر تیمار آبیاری با تغییرات تعداد سنبله در واحد سطح هماهنگ بود. این امر نشان‌گر تأثیر شرایط نامساعد رطوبتی بر هر دو جزء عملکرد دانه در تیمار آبیاری پس از ۱۱۰ میلی‌متر تبخیر می‌باشد (۱۳). تعداد کمتر دانه در سنبله در اثر تنش خشکی می‌تواند به علت عقیم شدن گل‌های انتهایی سنبله باشد (۱۶).

ارقام اختلاف معنی‌داری از لحاظ تعداد دانه در سنبله داشتند (جدول ۱). ارقام قدس، مهدوی و بک‌کراس روشن به ترتیب بیشترین تا کمترین تعداد دانه در سنبله را تولید کرده‌اند (جدول ۲). سالمی و افیونی (۱۳۸۴) هم تعداد دانه بیشتر رقم قدس در مقایسه با رقم بک کراس روشن را گزارش کردند. بین تعداد دانه در سنبله ارقام و تعداد سنبله در واحد سطح

سطح، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه، عملکرد دانه و وزن خشک، روی نمونه‌های برداشت شده از مساحت یک متر مربع از خطوط وسط هر کرت با رعایت حاشیه تعیین شد. شاخص برداشت^۱ با تقسیم وزن دانه به کل ماده خشک اندام‌های هوایی محاسبه گردید. راندمان مصرف آب^۲ از طریق تقسیم عملکرد دانه به مقدار آب مصرف شده محاسبه شد. شاخص تحمل به تنش بر اساس روش فرناندز^۳ (۱۹۹۲) و شاخص حساسیت به تنش بر اساس روش فیشر و مائورر (۱۹۷۸) برای هر رقم محاسبه گردید. تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار Minitab انجام گرفت. در صورت معنی‌دار بودن اثر عامل آزمایشی، از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد برای مقایسه میانگین‌ها استفاده شد.

نتایج و بحث

تعداد پنجه‌های بارور

تیمار آبیاری تأثیر معنی‌داری بر تعداد پنجه‌های نابارور داشت (جدول ۱). تیمار آبیاری پس از ۷۰ و ۹۰ میلی‌متر تبخیر اختلاف معنی‌داری در تعداد پنجه‌های نابارور نداشتند، اما با تأخیر آبیاری به ۱۱۰ میلی‌متر تبخیر، تعداد پنجه‌های نابارور افزایش معنی‌داری یافت (جدول ۲). این نتایج با گزارش توکلی (۱۳۸۲) هماهنگ می‌باشد. ظاهراً افزایش فاصله دو آبیاری از طریق مرگ اندام‌های جنسی گل‌های سنبله و افزایش رقابت بین پنجه‌های اولیه و ثانویه موجب کاهش تعداد پنجه‌های بارور گردیده است (۸).

ارقام، اختلاف معنی‌داری در تعداد پنجه‌های نابارور داشتند (جدول ۱)، به طوری که ارقام بک‌کراس روشن و قدس به ترتیب دارای بیشترین و کمترین تعداد پنجه نابارور بودند (جدول ۲).

تعداد سنبله

تیمار آبیاری تأثیر معنی‌داری بر تعداد سنبله در واحد سطح داشت (جدول ۱). تیمار آبیاری پس از ۷۰ و ۹۰ میلی‌متر تبخیر، اختلاف معنی‌داری بر تعداد سنبله نگذاشت، اما با تأخیر آبیاری به ۱۱۰ میلی‌متر تبخیر، تعداد سنبله در واحد سطح کاهش معنی‌داری یافت (جدول ۲). ظاهراً با کاهش فاصله دو آبیاری، شرایط رطوبتی مناسب‌تری برای پنجه‌زنی فراهم شده و

1. Harvest Index
2. Water Use Efficiency (WUE)
3. Fernandez

عملکرد دانه

تیمار آبیاری تأثیر معنی‌داری بر عملکرد دانه داشت (جدول ۱). بین تیمار آبیاری پس از ۷۰ و ۹۰ میلی‌متر اختلاف معنی‌داری در عملکرد دانه مشاهده نشد، اما با افزایش فاصله آبیاری از ۹۰ به ۱۱۰ میلی‌متر تبخیر، عملکرد دانه به‌طور معنی‌داری کاهش یافت (جدول ۲). کاهش عملکرد دانه در تیمار آبیاری پس از ۱۱۰ میلی‌متر تبخیر، در اثر کاهش تعداد سنبله بارور در واحد سطح، کاهش تعداد دانه در سنبله و کاهش وزن هزار دانه بود (جدول ۲). این نتایج با مطالعات سایر محققین مبنی بر کاهش عملکرد دانه در اثر تنش خشکی مطابقت دارد (۶، ۱۴، ۱۹).

ارقام اختلاف معنی‌داری در عملکرد دانه داشتند (جدول ۱). ارقام بک کراس‌روشن و قدس به‌ترتیب دارای بیشترین و کمترین عملکرد دانه بودند (جدول ۲). این نتایج با گزارش‌های مصطفی^۱ و همکاران (۱۹۹۶) و سالمی و افیونی (۱۳۸۴) همسو می‌باشد. سالمی و افیونی (۱۳۸۴) هم در مطالعه خود عملکردهای بالاتر رقم بک‌کراس‌روشن را گزارش کردند. عملکرد بالاتر رقم بک‌کراس‌روشن در مقایسه با رقم قدس می‌تواند به دلیل تعداد سنبله در واحد سطح و وزن هزار دانه بالاتر رقم بک‌کراس‌روشن در مقایسه با رقم قدس باشد (جدول ۲). همبستگی مثبت و معنی‌دار عملکرد دانه با وزن هزار دانه ($r=0.78^{**}$) و تعداد سنبله در واحد سطح ($r=0.72^{**}$) بیان‌گر سهم نسبی این دو جزء عملکرد بر عملکرد دانه در شرایط تنش می‌باشد.

ماده خشک

تیمار آبیاری تأثیر معنی‌داری بر مقدار ماده خشک گیاهی داشت (جدول ۱). بین تیمار آبیاری پس از ۷۰ و ۹۰ میلی‌متر تبخیر، اختلاف معنی‌داری در ماده خشک کل گیاهی مشاهده نشد، اما با افزایش فاصله آبیاری از ۹۰ به ۱۱۰ میلی‌متر تبخیر، ماده خشک کل گیاهی به‌طور معنی‌داری کاهش یافت (جدول ۲). کاهش تجمعی تعداد سنبله در واحد سطح، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه و عملکرد دانه را می‌توان علت کاهش وزن خشک کل گیاه در تیمار آبیاری پس از ۱۱۰ میلی‌متر تبخیر دانست (جدول ۲). نتایج به‌دست آمده با

آن‌ها روندی معکوس مشاهده گردید. رقم قدس که کمترین تعداد سنبله در واحد سطح را داشت، دارای بیشترین تعداد دانه در سنبله و رقم بک کراس‌روشن که دارای بیشترین تعداد سنبله در واحد سطح بود، کمترین تعداد دانه در سنبله را تولید نمود (جدول ۲). این روند نشان‌دهنده خاصیت جبرانی اجزای عملکرد می‌باشد (۷).

وزن هزار دانه

تیمار آبیاری تأثیر معنی‌داری بر وزن هزار دانه داشت (جدول ۱). بین تیمار آبیاری پس از ۷۰ و ۹۰ میلی‌متر تبخیر، اختلاف معنی‌داری در وزن هزار دانه مشاهده نشد، اما با افزایش فاصله دو آبیاری به ۱۱۰ میلی‌متر تبخیر، وزن هزار دانه کاهش معنی‌داری یافت (جدول ۲). این نتایج با یافته‌های گوتیری و همکاران (۲۰۰۱)، نورمند و همکاران (۲۰۰۱) و گیانتا^۱ و همکاران (۱۹۹۳) دایر بر کاهش وزن دانه با افزایش تنش خشکی مطابقت دارد. وانگ^۲ و همکاران (۱۹۹۶) علت کاهش وزن دانه ناشی از تنش خشکی را تسریع پیری گیاه و کاهش ظرفیت فتوسنتزی آن بیان کردند. سالمی و افیونی (۱۳۸۴) و موگابه و نیاکاتاوا^۳ (۲۰۰۰) عدم وجود تفاوت معنی‌دار در وزن هزار دانه را در تیمار ۸۰ درصد آبیاری کامل و آبیاری کامل گزارش کرده‌اند که با نتایج بررسی حاضر مطابقت دارد. تغییرات وزن هزار دانه تحت تأثیر تیمار آبیاری با تغییرات تعداد دانه در سنبله و تعداد سنبله در واحد سطح هماهنگ بود (جدول ۲). این امر می‌تواند نشانگر تأثیر مثبت شرایط رطوبتی مناسب بر شکل‌گیری اجزای عملکرد در تیمار آبیاری پس از ۷۰ میلی‌متر تبخیر باشد.

ارقام آزمایشی اختلاف معنی‌داری در وزن هزار دانه داشتند (جدول ۱). ارقام بک‌کراس‌روشن و قدس به‌ترتیب دارای بیشترین و کمترین وزن هزار دانه بودند (جدول ۲). رقم بک کراس‌روشن دارای کمترین و رقم قدس دارای بیشترین تعداد دانه در سنبله بودند (جدول ۲). بنابراین تغییرات وزن هزار دانه نسبت به تعداد دانه در سنبله می‌تواند واکنشی در جهت تعدیل مخزن با منبع باشد. این نتایج با مطالعه موگابه و نیاکاتاوا (۲۰۰۰) هماهنگ می‌باشد.

باشد. اثر تنش بر راندمان مصرف آب ارقام معنی‌دار نبود (جدول ۲).

حساسیت به تنش

عملکرد ارقام گندم در شرایط بالاترین عملکرد (Y_{pi}) و در شرایط تنش (Y_{si}) و شاخص‌های تحمل به تنش و حساسیت به تنش در جدول (۳) نشان داده است. نتایج نشان داد که ارقام بک‌کراس روشن و قدس به ترتیب دارای بیشترین و کمترین حساسیت به تنش بودند. رقم بک‌کراس روشن به شرایط رطوبتی مساعد، سازگاری خوبی داشت ولی به خشکی بسیار حساس بود. اگر چه رقم قدس پتانسیل عملکرد محدودتری نسبت به دو رقم دیگر داشت (جدول ۳)، اما به خشکی متحمل‌تر از دو رقم دیگر بوده و نه تنها عملکرد آن در اثر خشکی افت کمتری داشت، بلکه پتانسیل عملکرد بیشتری در شرایط تنش داشت. به عبارت دیگر پایداری عملکرد رقم قدس در شرایط تنش از دو رقم دیگر بیشتر بود. گوتیری و همکاران (۲۰۰۱) همبستگی بین شاخص حساسیت به خشکی و عملکردهای پتانسیل را گزارش کردند. حسن‌پناه و همکاران (۱۳۷۵) هم اختلاف معنی‌داری در ارقام گندم از نظر میزان حساسیت به خشکی گزارش کردند. آن‌ها بیان کردند ارقام مقاوم به خشکی دارای ضریب حساسیت به خشکی کمتری بودند.

نتیجه‌گیری کلی

بر اساس نتایج این بررسی می‌توان در شرایط مشابه با مطالعه حاضر، گندم را پس از ۹۰ میلی‌متر تبخیر تجمعی از تستک تبخیر کلاس A، آبیاری نمود و ضمن ۲۲ درصد صرفه‌جویی در آب آبیاری مصرفی، عملکرد دانه نزدیک به تیمار ۷۰ میلی‌متر تبخیر تجمعی به دست آورد. هم‌چنین به نظر می‌رسد شاخص حساسیت به خشکی معیار بهتری در مقایسه ارقام گندم به تنش خشکی باشد.

یافته‌های علی^۱ و همکاران (۱۹۹۹) مطابقت دارد. پیری و ریزش بیشتر برگ‌های گیاه تحت شرایط تنش خشکی علت کاهش وزن خشک گیاه می‌باشد (۸).

اثر تنش بر ماده خشک کل گیاهی در ارقام مختلف معنی‌دار بود (جدول ۱) به طوری که ارقام بک‌کراس روشن و قدس به ترتیب دارای بیشترین و کمترین ماده خشک کل بودند (جدول ۲). این ارقام به ترتیب دارای بیشترین و کمترین تعداد سنبله در واحد سطح، وزن هزار دانه و عملکرد دانه بودند (جدول ۲).

شاخص برداشت

تیمار آبیاری تأثیر معنی‌داری بر شاخص برداشت داشت (جدول ۱). تفاوت تیمار آبیاری پس از ۷۰ با ۹۰ میلی‌متر تبخیر، معنی‌دار نبود (جدول ۲). اما با اعمال تنش زیاد (I_3) شاخص برداشت به میزان ۱۶ درصد نسبت به تیمار ۹۰ میلی‌متر تبخیر، کاهش یافت (جدول ۲). نتایج این مطالعه با یافته‌های علی و همکاران (۱۹۹۹) مبنی بر کاهش شاخص برداشت بر اثر کاهش تعداد سنبله بارور، تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه در اثر تنش خشکی شدید همسو می‌باشد. هم‌چنین اثر تنش بر شاخص برداشت ارقام معنی‌دار نبود (جدول ۲). که این نتایج با نتایج فرنچ و شولتز (۱۹۸۴) ناسازگار است.

راندمان مصرف آب

تیمار آبیاری تأثیر معنی‌داری بر راندمان مصرف آب داشت (جدول ۱). به طور کلی با افزایش فاصله دو آبیاری راندمان مصرف آب افزایش یافت (جدول ۲). این نتایج با یافته‌های شائوزونگ^۲ و همکاران (۲۰۰۲) و سالمی و افیونی (۱۳۸۴) مطابقت دارد. ظاهراً افزایش فاصله دو آبیاری، باعث کاهش سطح و تعداد اندام‌های رویشی در گیاه شده و از این طریق موجب نقصان تلفات رطوبتی گیاه گردیده و باعث افزایش راندمان مصرف آب می‌شود (۹). با این وجود، این نتایج با یافته‌های جانسون^۳ و همکاران (۱۹۸۴) مغایرت دارد. آن‌ها کاهش عملکرد دانه در شرایط تنش رطوبتی را دلیل کاهش راندمان مصرف آب بیان کردند. تفاوت در نتایج دو آزمایش می‌تواند به دلیل اختلاف در شدت تنش‌های به کار گرفته شده

جدول ۱- تجزیه واریانس مرکب دو ساله عملکرد و اجزای عملکرد دانه

میانگین مربعات (MS)									
منابع تغییر	درجه آزادی	پنجه نابارور	تعداد سنبله در واحد سطح	تعداد دانه در سنبله	وزن هزار دانه	عملکرد دانه	ماده خشک کل	شاخص برداشت	راندمان مصرف آب
سال (Y)	۱	۲۹۲۳۴**	۲۴۱۹۲۵**	۱۴۷/۶۰**	۰/۲۰ ns	۶۹۱۷۸۰۶*	۳۱۱۳۸۱۲۴**	۲/۱۲ ns	۰/۰۹۳۰۰ ns
خطای سال (e ₁)	۶	۲۰۱۲	۳۳۰۲۹	۱۵/۳۳	۳۱/۲۰	۳۷۷۴۱۶۱	۱۰۴۷۳۵۷۸	۹۰/۶۳	۰/۱۰۲۹
آبیاری (I)	۲	۲۸۶۳۳**	۳۱۴۶۰۸۰**	۳۱۸/۱۲**	۷۹۲/۳۶**	۲۰۳۰۵۳۲۰۴**	۸۶۸۸۱۳۶۲۲**	۳۶۲/۵۸**	۰/۱۵۰۶*
سال×آبیاری	۲	۳۹۸۰*	۱۵۲۸۵ ns	۹/۰۷ ns	۸۳/۶۷**	۳۴۲۴۲۲۱ ns	۱۵۲۷۵۶۲ ns	۱۰۱/۰۰ ns	۰/۰۵۰۹ ns
خطا (e ₂)	۱۲	۱۳۷	۷۱۷۹	۲۴/۰۹	۲۲/۵۰	۱۰۲۸۹۴۱	۸۸۰۴۳۴۷	۵۱/۷۵	۰/۰۶۶۱
رقم (V)	۲	۴۷۶۸*	۲۹۴۹۳*	۲۸۴/۰۰**	۱۳۷/۱۱**	۲۶۴۵۲۵۶*	۱۲۵۱۲۵۸۳*	۱/۹۱ ns	۰/۱۱۹۸ ns
سال×رقم	۲	۲۹۳ ns	۱۰۷۵ ns	۶۲/۹۵**	۱/۲۷ ns	۱۱۸۱۹۳۴ ns	۸۲۸۹۳۰۷*	۲/۲۶ ns	۰/۲۹۰ ns
آبیاری×رقم (IV)	۴	۶۲۵ ns	۳۰۹۷ ns	۸/۰۷ ns	۲۵/۵۰ ns	۹۵۱۱۳۶ ns	۶۷۹۳۰۸۶**	۷/۷۲ ns	۰/۰۱۵۰ ns
سال×آبیاری×رقم (YIV)	۴	۳۰۴ ns	۴۹۳۴*	۱۰/۱۴ ns	۱۱/۳۸ ns	۱۸۶۴۵۵ ns	۷۰۶۱۱۴۵**	۳۶/۱۳ ns	۰/۰۲۱۷ ns
خط (e2)	۳۶	۷۱	۵۶۴	۱۴/۱۷	۱۲/۵۹	۷۳۶۰۸۴	۳۸۰۸۶۳	۲۱/۰۰	۰/۰۳۶۰
ضریب تغییرات (C.V)	-	۷/۷	۴/۳	۹/۸	۱۰/۶	۱۲/۲	۳/۵	۱۱/۶	۲۰/۹

*، ** و ns به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۱۰٪، ۵٪ و غیر معنی دار

جدول ۲- مقایسه میانگین‌های صفات مورد بررسی مقادیر مختلف آبیاری و ارقام (میانگین دو سال)

تیمارهای آزمایش	تعداد پنجه نابارور در واحد سطح	تعداد سنبله در واحد سطح	تعداد دانه در سنبله	وزن هزار دانه (گرم)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	ماده خشک کل (کیلوگرم در هکتار)	شاخص برداشت (درصد)	راندمان مصرف آب (کیلو گرم بر متر مکعب)
آبیاری								
I ₁	۷۵ c	۶۲۷ a	۴۰/۴ a	۳۸/۳۵ a	۹۱۱۵ a	۲۲۲۴۷ a	۴۱/۲ a	۰/۷۸ a
I ₂	۹۶ b	۶۲۳ a	۴۱/۴ a	۳۶/۲۴ a	۸۸۶۱ a	۲۰۷۹۵ a	۴۲/۸ a	۰/۹۵ ab
I ₃	۱۵۶ a	۳۹۸ b	۳۳/۶ b	۲۵/۷۱ b	۳۱۲۰ b	۹۱۷۶ b	۳۴/۶ b	۰/۹۹ b
رقم								
بک کراس روشن	۱۲۸ a	۵۹۱ a	۳۴/۷ b	۳۶/۰۱ a	۷۳۵۵ a	۱۷۹۴۳ a	۴۰/۰ a	۰/۸۲ a
قدس	۹۶ b	۴۹۴ c	۴۳/۰ a	۳۰/۰۶ b	۶۴۶۴ b	۱۶۴۵۸ b	۳۸/۶ a	۱/۰۱ a
مهودی	۱۰۳ ab	۵۶۳ b	۳۷/۷ b	۳۴/۲۲ a	۷۲۷۶ ab	۱۷۸۱۷ a	۴۰/۱ a	۰/۸۹ a

در هر ستون، میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در سطح احتمال ۵٪ با همدیگر تفاوت معنی دار ندارند.

جدول ۳- برآورد پایداری عملکرد و پتانسیل عملکرد ارقام گندم تحت شرایط شاهد و تنش رطوبتی

ارقام	Y _{pi}	Y _{si}	SSI	STI
بک کراس روشن	۱۰۰۱۶	۲۶۱۶	۱/۱۲ a	۰/۳۱ a
قدس	۷۹۱۷	۳۷۲۲	۰/۸۰ b	۰/۳۵ a
مهودی	۹۴۱۱	۳۰۲۱	۱/۰۳ a	۰/۳۴ a

Y_{pi} عملکرد هر رقم در شرایط مطلوب، Y_{si} عملکرد هر رقم در شرایط تنش، STI شاخص تحمل و SSI شاخص حساسیت به تنش.

در هر ستون میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در سطح احتمال ۵٪ با همدیگر تفاوت معنی دار ندارند.

منابع

- ۱- بی‌نام. ۱۳۷۹. غلات در آیین آماری. معاونت برنامه‌ریزی و بودجه، اداره کل آمار و اطلاعات، وزارت کشاورزی، ۲۹۸ صفحه.
- ۲- توکلی، ع. ۱۳۸۲. اثرات کم آبیاری و کود نیتروژن بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم. مجله علمی کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز، جلد ۲۶، شماره ۲، ص. ۸۷-۷۵.
- ۳- حسن‌پناه، د.، ولی‌زاده، م.، محفوظی، م. س. و شهریاری، ر. ۱۳۷۵. استفاده از شاخص‌های فیزیولوژیک برای ارزیابی منابع مقاومت به خشکی در ارقام گندم. چکیده مقالات چهارمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه صنعتی اصفهان، ص. ۲۴۲.
- ۴- حسن‌لی، ع. م. ۱۳۷۹. روش‌های گوناگون اندازه‌گیری آب. مرکز نشر دانشگاه شیراز، ۵۶ ص.
- ۵- خواجه‌نوی نژاد، ج. چ.، کاظمی، ح.، آلیاری، ح.، جوانشیر، ع. و آروین، م. ج. ۱۳۸۴. تأثیر سطوح مختلف آبیاری و تراکم‌های گیاهی بر روی رشد و عملکرد ارقام سویا به عنوان کشت دوم. مجله علمی کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز، جلد ۲۷، صفحات ۶۷-۸۸.
- ۶- سالمی، ح. ر. و افیونی، د. ۱۳۸۴. اثر تیمارهای کم آبیاری بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه ارقام جدید گندم. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی، شماره ۳، ص. ۲۰-۱۱.
- ۷- کوچکی، ع. و م. بنایان اول. ۱۳۷۳. فیزیولوژی عملکرد گیاهان زراعی (ترجمه). انتشارات جهاد دانشگاهی دانشگاه فردوسی مشهد، ۲۵۲ ص.
8. Ali, M., Jensen, C. R., Mogensen, V. O., Andersen, M. N., and Henson, I. E. 1999. Root signaling and osmotic adjustment during intermittent soil drying sustain grain yield of field grown wheat. *Field Crops Research* 62: 35-52.
9. Clark, J. M., Smith, T. F. T., Mc Caig, T. N., and Green, D. G. 1984. Growth analysis of spring wheat cultivars of varying drought resistance. *Crop Science* 24: 537-541.
10. Fernandez, G. C. L. 1992. Effective criteria for assessing plant stress tolerance. *Proceedings of the International Symposium on Adaptation of Vegetable and other Food Crops in Temperature and Water Stress, Taiwan, Chapter 25: 257-270.*
11. Fischer, R. A., and Maurer, R. 1978. Drought resistance in spring wheat cultivars. I. Grain yield response. *Australian Journal of Agricultural Research* 29: 897-912.
12. French, R. J., and Schultz, J. E. 1984. Water use efficiency of wheat in a Mediterranean-type environment. II. Some limitations of efficiency. *Australian Journal of Agricultural Research* 35: 765-775.
13. Giana, F., Motzo, R., and Deidda, M. 1993. Effect of drought on yield and yield components of durum wheat and triticale in a Mediterranean environment. *Field Crops Research* 33: 399-409.
14. 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.
15. Johnson, R. C., Nguyen, H. T., and Croy, L. I. 1984. Osmotic adjustment and solute accumulation in two wheat genotypes differing in drought resistance. *Crop Science* 24: 951-962.
16. Moustafa, M. A., Boersma, L. B., and Kyonstad, W. E. 1996. Response of four spring wheat cultivars to drought stress. *Crop Science* 36: 982-986.
17. Mugabe, F. T., and Nyakatawa, E. Z. 2000. Effect of deficit irrigation on wheat and opportunities of grown wheat on residual soil moisture in Southeast Zimbabwe. *agricultural. Water Management* 46: 1111-1119.
18. Nakagami, K., Okawa, T. O., and Hirasawa, T. 2004. Effect of a reduction in soil moisture from one month before flowering through ripening on dry matter production and ecophysiological characteristics of wheat plants. *Plant Production Science* 7: 143-154.
19. Nourmand, F., Rostami, M. A., and Ghannadha, M. R. 2001. A study of morpho-physiological traits of bread wheat, relationship with grain yield under normal and drought stress conditions. *Iranian Journal Agricultural Science* 32: 185-194.
20. Robertson, M. J., and Giunta, F. 1994. Responses of spring wheat exposed to preanthesis water stress. *Australian Journal Agricultural Research* 45: 19-35.
21. Shaozhong, K., LU, Z., Xiaotao, Y. H., Huanjie, C., and Binjie, G. 2002. Effect of limited irrigation on yield and water use efficiency of winter wheat in the Loess plateau of China. *Agricultural Water Management* 55: 203-216.
22. Wang, C.Y., Ma, Y., and Zhou, S. 1996. Study on effect of soil drought stress on winter wheat senescence. *Acta Agricultural University of Henan* 30: 309-313.