

تأثیر تنش رطوبتی بر عملکرد و اجزای عملکرد دو رقم گندم

فرزاد پاک نژاد^{۱*}، مجید جامی الاحمدی^۲، علیرضا پازوکی^۳، محمد نصری^۴

۱. عضو هیات علمی دانشگاه آزاد اسلامی، واحد کرج؛ ۲. عضو هیات علمی دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند
 ۳. عضو هیات علمی دانشگاه آزاد اسلامی، واحد شهرری؛ ۴. عضو هیات علمی دانشگاه آزاد اسلامی، واحد ورامین
- تاریخ دریافت: ۸۷/۷/۲۸؛ تاریخ پذیرش: ۸۸/۱۲/۲۴

چکیده

به منظور بررسی اثر تنش خشکی بر عملکرد و اجزای عملکرد دو رقم گندم در شرایط مزرعه، دو آزمایش مشابه و همزمان در سال زراعی ۸۵-۱۳۸۴ در مزرعه‌ی پژوهشی دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج و دانشگاه آزاد اسلامی واحد تربت جام اجرا شد. این آزمایش‌ها به صورت فاکتوریل با چهار تکرار در قالب طرح بلوکهای کامل تصادفی اجرا شد. عامل اول شامل ۹ رژیم مختلف آبیاری بر مبنای درصد تخلیه‌ی رطوبتی خاک در مراحل مختلف رشد بود (شاهد (T₁)، آبیاری در ۶۰ و ۸۰ درصد تخلیه‌ی رطوبتی از ابتدای طویل شدن ساقه‌ها تا پایان دوره‌ی رشد (به ترتیب T₂ و T₃)، آبیاری در ۶۰ و ۸۰ درصد تخلیه‌ی رطوبتی در زمان گل دهی (به ترتیب T₄ و T₆)، آبیاری در ۶۰ و ۸۰ درصد تخلیه‌ی رطوبتی از زمان گل دهی تا پایان دوره‌ی رشد (به ترتیب T₅ و T₇)، قطع آبیاری از گلدهی تا پایان دوره‌ی رشد (T₈) و قطع آبیاری در طول دوره‌ی پر شدن دانه (T₉). عامل دوم شامل دو رقم چمران و مرودشت بود. نتایج حاصله حاکی از تفاوت بسیار معنی دار تیمارهای مختلف تنش خشکی نسبت به شاهد، از نظر عملکرد و اجزای عملکرد بود. قطع آبیاری از مرحله‌ی گلدهی به بعد با ۶۴ درصد کاهش نسبت به تیمار شاهد، کمترین عملکرد دانه را سبب شد و کمترین افت عملکرد با ۱۹٪ کاهش نسبت به شاهد مربوط به آبیاری در ۶۰٪ تخلیه‌ی رطوبتی از ابتدای مرحله طویل شدن ساقه‌ها تا پایان دوره رشد بود. بر طبق این نتایج حساس‌ترین مرحله رشد گیاه نسبت به تنش خشکی، مرحله‌ی گلدهی و پر شدن دانه‌ها است. رقم مرودشت با وجود داشتن عملکرد بالاتر در شرایط رطوبت کافی و حتی شرایط کم آبی در طول فصل رشد، نسبت به رقم چمران از قطع آبیاری آخر فصل خسارت بیشتری را متحمل شد. صفات تعداد دانه در سنبله و طول پدانکل در شرایط مطلوب رطوبتی به ترتیب بیشترین همبستگی را با عملکرد دانه نشان دادند. در تیمار قطع آبیاری از گلدهی تا پایان دوره‌ی رشد، وزن هزار دانه با عملکرد همبستگی مثبت و معنی داری را نشان داد. این نتیجه حاکی از آن است که تأثیر منفی تنش رطوبتی در این مرحله بر روی عملکرد، ناشی از کاهش وزن دانه بوده است.

واژه‌های کلیدی: گندم، ارقام، قطع آبیاری، مرحله نمو، کم آبیاری، شاخص برداشت

مقدمه

تنش‌های گرما و خشکی عمده ترین عوامل کاهش دهنده‌ی عملکرد دانه‌ی گندم در مناطق نیمه خشک هستند. یافتن توفیق در زمینه‌ی کشاورزی با ثبات در نواحی خشک و نیمه خشک جهان، بستگی کامل به میزان فراهمی آب دارد. اگر چه از دیرباز زمین‌های کشاورزی به منظور حذف محدودیت آب مورد نیاز برای آبیاری می‌شده‌اند، اما امروزه تولیدات کشاورزی حتی

بیش از قبل به دلیل کاهش منابع آب محدود شده و در آینده بسیاری از مناطق جهان با محدودیت شدید و روزافزون آب مواجه خواهند بود (الدرفاسی و نیلسن، ۲۰۰۴؛ فررس، ۲۰۰۴).

چالش موجود در زمان محدودیت آب قابل دسترس، برآورده ساختن تقاضای آبی گیاه در مراحل بحرانی (و دارای بیشترین حساسیت) است. تصمیم-

می‌شوند. در آزمایش گوپتا و همکاران (۲۰۰۱)، وقوع خشکی در زمان گرده‌افشانی گندم موجب کاهش وزن خشک ساقه، تعداد و وزن دانه‌ها، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت شد. همچنین عملکرد دانه در رطوبت پایین خاک نسبت به رطوبت بالای آن به میزان ۳۳٪ کاهش یافت که این کاهش خود حاصل کاهش اندازه‌ی دانه بود، به ویژه که مشخص شده است در شرایط تنش رطوبتی بین وزن هزار دانه و عملکرد همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود دارد (احمدی و باجلان، ۲۰۰۸).

در ارقام مختلف گندم دیده شده است که قطع دیرتر آبیاری در مرحله‌ی دانه بستن نیز موجب کاهش عملکرد از طریق کاهش وزن دانه می‌شود (صارمی، ۱۳۷۲). طبق مشاهده‌های رویو و همکاران (۲۰۰۰)، تنش خشکی از گلدهی تا مرحله‌ی رسیدگی به ویژه اگر با دمای زیاد همراه باشد، دوره‌ی پر شدن دانه را در تریپتیکاله کوتاه نموده و بنابراین وزن هزاردانه را کاهش می‌دهد. گوئرا و آنتولینی (۱۹۹۶) مشاهده کردند که تنش خشکی در مرحله‌ی خمیری نرم، از طریق کاهش وزن هزار دانه موجب کاهش عملکرد می‌شود و توصیه نمودند برای حصول به بیشترین وزن دانه و هکتولیترا، باید آبیاری را تا پایان مرحله‌ی خمیری دانه ادامه داد. در مطالعات سینگ و پاتل (۱۹۹۶) اعمال تنش رطوبتی در مرحله خمیری دانه موجب بیشترین کاهش وزن هکتولیترا شد و کمترین تعداد دانه و تعداد روز تا گلدهی، نیز در اثر وقوع تنش در مرحله‌ی طویل شدن ساقه‌ها به دست آمد.

گندم یک گیاه زراعی مهم بوده و به گستره‌ی وسیعی از شرایط اقلیمی سازگار است. هرچند در نواحی خشک و نیمه خشک، عملکرد آن توسط تنش کمبود آب به شدت محدود شده است (الدرفاسی و نیلسن، ۲۰۰۱)، اما یافتن ژنوتیپهای متحمل به خشکی می‌تواند به تخفیف اثرات منفی تنش کمبود آب بر عملکرد گندم کمک نماید. ابهری و همکاران (۱۳۸۵) و زارع فیض آبادی و قدسی (۲۰۰۴) تنوع در واکنش ژنوتیپهای گندم به کمبود آب را متذکر شده و بیان

گیری در خصوص آبیاری در یک مرحله‌ی معین از رشد، به حساسیت گیاه زراعی به تنش آب بستگی دارد (دبیک و ابودرار، ۲۰۰۴). گزارشهای متفاوتی در مورد مراحل حساس رشد و نمو گندم نسبت به تنش رطوبتی وجود دارد (گوپتا و همکاران، ۲۰۰۱). با وجود این مشخص است که وقوع تنشهای محیطی بین مراحل ۲۱ (پنجه زنی) و ۶۵ (گلدهی) زادوکس^۱، بیشترین تأثیر را روی میزان دانه، تولید ماده‌ی خشک اندامهای هوایی، شاخص برداشت، عملکرد پروتئین دانه، تعداد سنبله در مترمربع و تعداد دانه در سنبله دارد (صارمی، ۱۳۷۲).

گیاه در مرحله‌ی ساقه‌دهی به علت رقابت شدید بین اندامهای گیاهی در سوخت و ساز و جذب آب و مواد غذایی، به شدت نسبت به تنشهای محیطی حساس می‌شود (صارمی، ۱۳۷۲). وقوع تنش خشکی در مرحله‌ی پنجه زنی و طویل شدن ساقه‌های گندم، سبب کاهش معنی‌دار تعداد سنبله‌ی بارور در واحد سطح، گلدهی زود هنگام، کاهش ارتفاع بوته بر اثر کاهش طول میانگره‌ها، کاهش تعداد دانه در سنبله و در نهایت عملکرد دانه می‌شود (زارع فیض آبادی و قدسی، ۲۰۰۴؛ ابهری و همکاران، ۱۳۸۵).

به نظر می‌رسد که مرحله‌ی گلدهی حساسترین مرحله‌ی رشد گندم به تنش خشکی است (ریچاردز و همکاران، ۲۰۰۱؛ پاک نژاد و همکاران، ۲۰۰۷). کمبود آب در مراحل خاصی از نمو و گلدهی می‌تواند از طریق عقیمی دانه‌ی گرده یا سقط جنین (گیاهک) به شدت بر تشکیل بذر خسارت وارد ساخته (ساینی و وست-گیت، ۲۰۰۰) یا باعث کاهش مدت دوره‌ی پر شدن دانه و کاهش وزن دانه (پاک نژاد و همکاران، ۱۳۸۶) شود. برطبق مشاهده‌های گودینگ و همکاران (۲۰۰۳)، ۲-۳ هفته پس از گل شکفتگی، مرحله‌ی مهمی برای تعیین وزن دانه به شمار می‌رود، زیرا مشاهده شده است که تیمارهای محیطی به کار رفته در مدت ۲-۳ هفته پس از گل شکفتگی، تأثیر بسیار بیشتری بر اندازه‌ی نهایی دانه دارند تا تیمارهایی که دیرتر اعمال

^۱ . Zadoks

آزمایش به صورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوکهای کامل تصادفی و در ۴ تکرار اجرا شد. تیمارهای آزمایشی شامل ۹ سطح مختلف از تنش خشکی (به شرح جدول ۱) و دو رقم گندم شامل مرودشت و چمران بودند. هر کرت آزمایشی شامل ۷ خط کاشت با فاصله ۱۵ سانتیمتر و طول ۴ متر بود. قبل از انجام آزمایش به منظور اطلاع از میزان حرکت آب بین کرتها و تعیین فاصله بین کرتهای آزمایشی، تعدادی کرت با ابعاد در نظر گرفته شده برای کرتهای آزمایشی، با فواصل مختلف بین ۵۰ تا ۲۰۰ سانتیمتر از یکدیگر ایجاد و آبیاری شدند. میزان رطوبت داخل و بین کرتها با نصب بلوکهای گچی به طور مرتب کنترل شد. بلوکهای گچی قبلاً واسنجی و منحنی رطوبت خاک تعیین شده بود (پاک نژاد و همکاران، ۱۳۸۶). براساس نتایج این آزمایش‌های مقدماتی، فواصل بین کرتها در آزمایش اصلی به منظور اجتناب از تداخل اثر تیمارهای آبیاری، در منطقه‌ی کرج یک متر و در منطقه‌ی تربت جام ۱/۲ متر و بین تکرارهای آزمایشی در هر دو منطقه ۲ متر در نظر گرفته شد. در انتهای هر تکرار یک جوی زه آب به منظور هدایت آب مازاد هر کرت که احتمال می‌رفت توسط بارندگیهای شدید بهاره سرریز نماید، احداث گردید.

کاشت بر مبنای تراکم ۴۰۰ بذر در مترمربع انجام شد. همزمان با کاشت و بر مبنای آزمایش خاک، کود نیتروژن پایه به مقدار ۶۰ کیلوگرم نیتروژن خالص از منبع اوره و کود فسفره نیز به مقدار ۱۰۰ کیلوگرم اکسیدفسفر از منبع سوپر فسفات تریپل به زمین داده شد و در مرحله‌ی طویل شدن ساقه‌ها نیز ۶۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار از منبع اوره به صورت سرک مصرف شد. اولین آبیاری در تاریخ ۲۰ آبان ماه و بلافاصله پس از کاشت بذرها صورت گرفت. رطوبت کرتهای آزمایشی به طور مرتب توسط دستگاه رطوبت سنج Wet HH2 اندازه‌گیری شد. بر اساس اندازه‌گیری‌های به عمل آمده در منطقه کرج بدلیل بارندگیهای مکرر تا مرحله‌ی طویل شدن ساقه‌ها نیازی به اجرای آبیاری مجدد نبود، در حالی که در منطقه‌ی

داشتند که ارقام از نظر عملکرد دانه، تعداد دانه در سنبله، ارتفاع بوته، تعداد پنجه، وزن هزار دانه و میزان حساسیت به خشکی، نسبت به یکدیگر اختلاف معنی‌داری دارند. بر طبق نظر بلوم (۱۹۸۹)، در فرآیند به نژادی جهت افزایش مقاومت به خشکی، نباید از عملکرد دانه به عنوان یک شاخص انحصاری به‌گزینی استفاده شود، زیرا این روش هزینه زیادی در برداشته و آزمونها و ارزیابی‌های آن به دوره زمانی طولانی نیاز دارد. بنابراین بررسی اثر تنش خشکی بر روی اجزای عملکرد می‌تواند شاخصهای به‌گزینی دیگری را به منظور برنامه‌های به نژادی معرفی کند.

با توجه به آنچه ذکر شد، هدف از این تحقیق بررسی اثر تنش خشکی و کم آبیاری در مراحل مختلف رشد، از مرحله‌ی طویل شدن ساقه‌ها تا پرشدن دانه، بر عملکرد و اجزای عملکرد ارقام گندم در شرایط مزرعه-ای و همچنین ارزیابی و شناسایی دوره‌ای از رشد گندم که حساسیت کمتری به خشکی و کم آبیاری داشته باشد، بوده است.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال زراعی ۸۴-۱۳۸۳ در مزارع پژوهشی دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج (عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۴۵ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ۶ دقیقه شرقی) به ارتفاع ۱۳۱۳ متر از سطح دریا و مزرعه پژوهشی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تربت جام (عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۱۳ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۶۰ درجه و ۲۷ دقیقه شرقی) به ارتفاع ۹۱۰ متر از سطح دریا اجرا شد. متوسط بارندگی سالیانه‌ی کرج ۲۵۰ میلی‌متر و تربت جام ۱۶۸ میلی‌متر با توزیع غیر یکنواخت است. خاک محل آزمایش در منطقه‌ی کرج دارای بافتی شنی لومی با هدایت الکتریکی (EC) برابر ۱/۴ دسی‌زیمنس بر متر و اسیدیته‌ی (pH) معادل ۷/۶ و در منطقه‌ی تربت جام دارای بافتی لومی رسی با EC برابر ۱/۲ دسی‌زیمنس بر متر و pH معادل ۸/۵ بود.

آب باران از طریق آنها به خارج از محوطه ی آزمایش منتقل می‌شد.

در پایان دوره ی رشد عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک بر روی گیاهان برداشت شده از سه ونیم متر طولی از خطوط ۴ و ۵ هر کرت، با رعایت اثر حاشیه- ای تعیین شدند. بنابراین مساحت برداشت برای هر کرت یک متر مربع بود. وزن هزاردانه با انتخاب پنج نمونه تصادفی از دانه‌های برداشت شده از هر کرت مشخص شد. تعداد دانه در هر سنبله و ارتفاع بوته و طول پدانکل در ۱۰ بوته ی برداشت شده به طور تصادفی از هر کرت، تعیین شدند. برای تعیین تعداد سنبله در واحد سطح، قبل از برداشت تعداد سنبله‌های سطح قابل برداشت شمارش شد.

تربت جام یک آبیاری دیگر نیز انجام شد و آبیاری‌های بعدی بر اساس تیمارهای تعریف شده صورت گرفت. لازم به ذکر است که برای اعمال دقیق تیمارهای تنش رطوبتی، کل مزرعه لوله کشی شد و آبیاری کرتها به منظور کنترل دقیق آب ورودی به هر کرت، با استفاده از کنتورهای قابل تنظیم و اتوماتیک انجام شد. برای اجتناب از ورود آب باران به کرتها، در صورت احتمال وقوع بارندگی در مراحلی که تیمارهای تنش رطوبتی آبیاری اعمال می‌شد، کرت‌های مورد نظر با استفاده از پلاستیک پوشانده می‌شدند. نصب پلاستیکها به حالت شیب دار و با چهارچوب فلزی برای هر کرت اصلی به- نحوی بود که باران را به فاصله ی بین دو تکرار هدایت می‌کرد. در بین دو تکرار نیز جویهایی وجود داشت که

جدول ۱. مشخصات تیمارهای اعمال تنش رطوبتی بر مبنای مراحل رشد گندم

تیمار	توصیف
T1	آبیاری در ۴۰٪ تخلیه ی رطوبتی در تمام دوره ی رشد (شاهد)
T2	آبیاری در ۶۰٪ تخلیه ی رطوبتی از ابتدای طویل شدن ساقه‌ها (تشخیص اولین گره: مرحله رشدی ۳۱ زادوکس) تا پایان دوره ی رشد
T3	آبیاری در ۸۰٪ تخلیه ی رطوبتی از ابتدای طویل شدن ساقه‌ها (تشخیص اولین گره: مرحله رشدی ۳۱ زادوکس) تا پایان دوره ی رشد
T4	آبیاری در ۴۰٪ تخلیه ی رطوبتی تا زمان گلدهی؛ آبیاری در ۶۰٪ تخلیه رطوبتی در زمان گل دهی (از مرحله ی رشدی آبستنی: مرحله ی رشدی ۴۳ زادوکس، تا پایان گلدهی کامل: مرحله ی ۶۹ زادوکس)؛ آبیاری در ۴۰٪ تخلیه رطوبتی از پایان گلدهی تا پایان رشد
T5	آبیاری در ۴۰٪ تخلیه ی رطوبتی تا زمان گلدهی؛ آبیاری در ۶۰٪ تخلیه ی رطوبتی از زمان گل دهی (مرحله رشدی آبستنی: مرحله ی رشد ۴۳ زادوکس) تا پایان دوره رشد
T6	آبیاری در ۴۰٪ تخلیه ی رطوبتی تا زمان گلدهی؛ آبیاری در ۸۰٪ تخلیه ی رطوبتی در زمان گل دهی (از مرحله ی رشدی آبستنی: مرحله ی رشد ۴۳ زادوکس تا پایان گلدهی کامل: مرحله ۶۹ زادوکس)؛ آبیاری در ۴۰٪ تخلیه ی رطوبتی از پایان گلدهی تا پایان رشد
T7	آبیاری در ۴۰٪ تخلیه ی رطوبتی تا زمان گلدهی؛ آبیاری در ۸۰٪ تخلیه ی رطوبتی از زمان گل دهی (از مرحله ی رشدی آبستنی: مرحله رشد ۴۳ زادوکس) تا پایان دوره ی رشد
T8	آبیاری در ۴۰٪ تخلیه ی رطوبتی تا زمان گلدهی (مرحله ی رشدی آبستنی: مرحله ی رشد ۴۳ زادوکس)؛ قطع آبیاری از گلدهی تا پایان دوره ی رشد
T9	آبیاری در ۴۰٪ تخلیه ی رطوبتی تا ابتدای پر شدن دانه؛ قطع آبیاری در طول دوره ی پر شدن دانه (از مرحله ی شیری شدن دانه: مرحله ی رشدی ۷۰ زادوکس تا انتهای دوره ی رشد)

در سال آزمایش می‌باشد. از طرف دیگر منطقه تربت-جام در ماه‌های انتهایی رشد گندم دارای میانگین درجه حرارت بالاتری بود. این مسئله موجب کاهش طول دوره‌ی رشد زایشی و در نتیجه کاهش عملکرد گندم در این منطقه شد. سینگ و پاتل (۱۹۹۶) و پاک نژاد و همکاران (۱۳۸۶) نیز اعلام نموده‌اند که اعمال خشکی در مرحله پر شدن دانه بویژه اگر با گرما همراه باشد، می‌تواند موجب تسریع پیری، کاهش طول دوره پر شدن دانه و کاهش وزن دانه شود. عملکرد بیولوژیک بیشتر در منطقه‌ی کرج تا حدی ناشی از افزایش در ارتفاع بوته و طول پدانکل گیاهان در این منطقه است (جدول ۳). مطالعات دیگر نیز نشان داده‌اند که طول پدانکل تحت شرایط تنش رطوبتی با عملکرد بیولوژیک همبستگی مثبت و معنی داری دارد (کریمی و نکویی، ۱۳۷۲).

برای محاسبات آماری از نرم افزار SAS (V.9) استفاده شد. مقایسه‌ی میانگین‌های تیماری پس از تجزیه‌ی واریانس با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطوح معنی‌داری مربوطه انجام گردید و کلیه نمودارها و منحنی‌ها توسط نرم افزار Excel رسم شدند.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس عملکرد و اجزای عملکرد دانه (جدول ۲) نشانگر وجود اختلاف معنی‌داری در تمامی صفات، بجز شاخص برداشت در بین دو مکان آزمایشی است. میانگین عملکرد دانه در منطقه کرج در تمام تیمارهای آزمایش بیشتر از منطقه‌ی تربت‌جام بوده است؛ که دلیل آن احتمالاً وجود شرایط مساعدتر منطقه‌ی کرج و بارندگی‌های مکرر بهاره در این منطقه

جدول ۲ خلاصه‌ی نتایج تجزیه‌ی واریانس عملکرد و اجزای عملکرد دو رقم گندم تحت تأثیر تیمارهای متفاوت تنش رطوبتی در دو منطقه کرج و تربت جام

میانگین مربعات								درجه آزادی	منابع تغییرات
طول پدانکل	ارتفاع بوته	تعداد سنبله در واحد سطح	تعداد دانه در سنبله	وزن ۱۰۰۰ دانه	شاخص برداشت	عملکرد بیولوژیک	عملکرد دانه		
۴۲۶/۷*	۲۰۳۱*	۱۵۱۹۵۷**	۱۵۷۷**	۲۸۰**	۱۵۳/۷ ^{ns}	۳۶۳۲۲۰۰۶**	۲۶۲۳۴۲۴۳**	۱	مکان
۳۸/۶۲	۱۷۰	۳۹۴۵	۴۰/۰۹	۱/۸۹	۱۲۲/۳	۱۱۲۸۹۲۳	۵۲۶۸۱۴	۶	مکان×تکرار
۴۰/۶۳ ^{ns}	۱۱۸۶**	۴۹۴۳۸**	۱۴۷/۹۵*	۲۲۰**	۱۳۴۳/۴*	۵۸۶۸۸۱۸**	۲۵۸۵۸۷۲۱**	۸	تنش رطوبتی
۱۸/۰۳	۳/۱۷	۸۵۴/۴	۸۹/۲۱	۲/۸۵	۲۳۹/۸	۸۷۴۵۱۳	۵۵۴۳۶۳	۸	مکان×تنش رطوبتی
۶۲/۲۷*	۱۳۳۸*	۳۵۲ ^{ns}	۱۲۲/۱*	۹۶/۴۱ ^{ns}	۵/۱ ^{ns}	۱۰۴۵۸۰۴ ^{ns}	۶۳۴۳۳۳ ^{ns}	۱	ارقام
۰/۳۳۱	۳/۷۳	۸۵/۵۶	۰/۲۵	۱/۱۳	۱/۴۴	۱۵۶۸۰۶	۶۱۷۱	۱	مکان×رقم
۱۰/۷۹**	۴۸/۷۵**	۱۲۱۹*	۷/۱۳ ^{ns}	۳/۴۹**	۷۳/۸ ^{ns}	۲۷۸۹۴۷ ^{ns}	۵۱۴۲۶**	۸	تنش رطوبتی×رقم
۰/۴۱	۰/۱۳۱	۲۳۳	۶/۴۲	۰/۰۹۹	۴۸/۷	۲۸۰۲۷۷	۳۷۳۱۳	۸	مکان×تنش×رقم
۸/۳۸	۳۰/۴۷	۱۴۳۷	۵/۲۵	۴/۶۹	۵۹/۸	۳۳۳۹۰۱	۱۶۱۱۵۸	۱۰۲	خطای آزمایش
۹/۷۹	۷/۷۴	۵/۴	۱۱/۳۴	۶/۶	۱۹/۷۲	۱۶/۸۴	۹/۷	-	ضریب تغییرات

ns, *, ** به ترتیب غیر معنی دار و معنی داری در سطوح احتمال ۰/۵ و ۰/۱

تیمار T8 (قطع آبیاری از مرحله‌ی گلدهی تا پایان دوره‌ی رشد) با حدود ۶۴٪ افت عملکرد نسبت به شاهد کمترین عملکرد دانه را تولید کرد (جدول ۳، شکل ۱).

طبق نتایج به دست آمده، تنش خشکی بر عملکرد و تمام اجزای عملکرد اثر معنی‌داری داشته است (جدول ۲). بیشترین عملکرد دانه در تیمار شاهد مشاهده شد و

و با تیمارهای کم‌آبیاری از گلدهی تا پایان دوره ی رشد در یک گروه آماری قرار گرفت (جدول ۳). با توجه به این‌که این تیمار تا زمان تشکیل دانه‌ها آب کافی دریافت نموده است و گیاهان در این تیمار تنها در زمان پرشدن دانه‌ها با تنش مواجه شدند (جدول ۱)، می‌توان گفت که مرحله‌ی پرشدن دانه‌ها نیز مانند مرحله گلدهی به‌شدت به تنش رطوبتی حساس می‌باشد، گرچه نحوه تأثیرگذاری کمبود آب بر اجزای عملکرد در این مرحله اندکی با مرحله گلدهی متفاوت است (جدول ۳). آزمایش‌های دیگر محققین بر روی گندم نیز موید این امر است که قطع آبیاری و تنش رطوبتی در مرحله پرشدن دانه‌ها اثر اندکی بر روی سرعت پر شدن دانه دارد، ولی طول مدت پر شدن آن را کاهش می‌دهد (واردلاو، ۲۰۰۲؛ گودینگ و همکاران، ۲۰۰۳؛ پاک نژاد و همکاران، ۱۳۸۶) که خود موجب کاهش وزن دانه‌ها و عملکرد می‌شود (صارمی، ۱۳۷۲).

کمترین میزان کاهش عملکرد مربوط به تنش متوسط از مرحله ی طویل شدن ساقه‌ها تا پایان دوره رشد (T₂) بود که نسبت به شاهد تنها ۱۹٪ کاهش عملکرد نشان داد (جدول ۳، شکل ۱). تنش شدید از مرحله ی طویل شدن ساقه‌ها تا پایان دوره رشد (T₃) نسبت به شاهد ۳۵٪ کاهش عملکرد داشت. گیاهان این تیمار (T₃) با این که قسمت زیادی از دوره رشد خود را در شرایط تنش شدید کم آبیاری گذراندند، عملکرد تولیدی آنها تفاوت معنی داری با عملکرد گیاهان در تیمارهای تنش خشکی در زمان گلدهی (T₅ و T₆) نداشت (جدول ۳). این مسئله نشان دهنده ی ایجاد سازگاری نسبی به شرایط تنش رطوبتی در تنش‌های سرتاسری نسبت به ایجاد شرایط تنش در یک مرحله ی خاص فنولوژیک و به خصوص گلدهی و پرشدن دانه (تیمارهای T₇، T₈ و T₉) است (جدول ۳، شکل ۱). به عبارت دیگر مواجه شدن گیاهان این تیمار با تنش رطوبتی در یک مرحله زودتر رشدی، که تا انتهای فصل رشد به طول انجامید، سبب القای تدریجی سازوکارهای مقاومت به خشکی در این گیاهان شد. در مقام مقایسه، گیاهان تیمار T₇ همین مقدار تنش را از گلدهی تا

با توجه به اینکه گیاهان در این تیمار تا مرحله‌ی گلدهی به مقدار کافی آب دریافت نموده و در مرحله‌ی گلدهی که اندامهای زایشی تشکیل می‌شود با تنش مواجه شدند، تعداد دانه در هر سنبله تحت تأثیر شرایط تنش کاهش پیدا کرده است و این تیمار با تعداد ۱۶/۴ دانه در هر سنبله کمترین تعداد دانه را به خود اختصاص داد (جدول ۳). پاک نژاد و همکاران (۱۳۸۶) در مطالعه‌ی میزان حساسیت مراحل مختلف رشد گیاه گندم به تنش خشکی اعلام نمودند که مرحله‌ی گلدهی حساسترین مرحله‌ی رشد گیاه به تنش رطوبتی است و اعمال تنش رطوبتی در مرحله‌ی گلدهی از طریق کاهش شدید طول دوره‌ی پر شدن دانه‌ها موجب کاهش عملکرد می‌شود. بنابراین به نظر می‌رسد که انجام آبیاری، به ویژه در مراحل بحرانی همچون مرحله‌ی پرشدن دانه می‌تواند حیاتی باشد (زارع فیض آبادی و قدسی، ۲۰۰۴)؛ زیرا اعمال تنش در مرحله‌ی گلدهی موجب اختلال در فتوسنتز جاری و انتقال مواد ذخیره شده به دانه‌ها می‌شود که می‌تواند دلیلی بر کاهش تعداد و وزن دانه باشد (ریچاردز و همکاران، ۲۰۰۱).

گیاهانی که فقط در مرحله‌ی گلدهی با تنش متوسط مواجه شدند (T₄)، با عملکردی معادل ۴۹۶۰ کیلوگرم در هکتار نسبت به شاهد در حدود ۲۳٪ کاهش عملکرد نشان دادند (شکل ۱) و از نظر گروه بندی نسبت به شاهد در رتبه دوم قرار گرفتند (جدول ۳). گیاهان تیمار تنش شدید تنها در مرحله‌ی گلدهی (T₆) با عملکردی معادل ۴۰۷۸ کیلوگرم در هکتار در رتبه سوم گروه بندی قرار گرفته و نسبت به شاهد به میزان ۳۶٪ کاهش عملکرد نشان دادند (شکل ۱، جدول ۳). تنش متوسط از گلدهی تا پایان دوره رشد (T₅) و تنش شدید از مرحله گلدهی تا پایان دوره رشد (T₇) نسبت به شاهد (T₁) به ترتیب موجب ۴۴ و ۵۵ درصد کاهش عملکرد شدند که این کاهش ناشی از کاهش تعداد و وزن دانه بود (شکل ۱، جداول ۳ و ۴). قطع آبیاری در مرحله پرشدن دانه (T₉) نیز نسبت به شاهد موجب حدود ۴۷٪ کاهش عملکرد شد (شکل ۱)

گیاهان در تیمار T₂ که تنش نسبتاً ملایمتری را در طول دوره ی رشد نسبت به تیمار T₃ تحمل نمودند به همین سبب باشد. پاک نژاد و همکاران (۲۰۰۷) نیز با آزمایشاتی که در منطقه ی کرج انجام دادند نتایج مشابهی را گزارش نمودند.

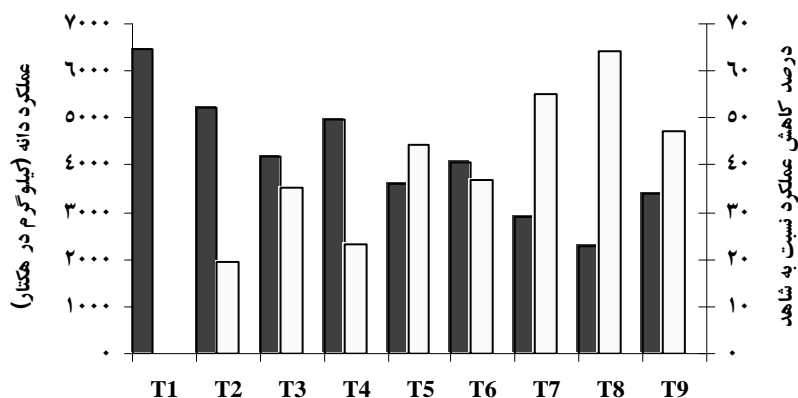
پایان دوره ی رشد تحمل نموده‌اند، ولی کاهش عملکرد این گیاهان به مراتب بیشتر از تیمار T₃ بوده است (شکل ۱). دی و اینتالاپ (۱۹۷۰) اعلام نمودند که گاهی در تنشهای ملایم واکنشهای جبرانی از طریق افزایش وزن دانه می‌تواند تا حدودی کاهش عملکرد را جبران نماید. احتمال می‌رود که کاهش کمتر عملکرد

جدول ۳. میانگین و مقایسه‌ی میانگین صفات مورد ارزیابی در تیمارهای تنش رطوبتی، ارقام و مناطق مختلف آزمایش.

تیمارهای آزمایش	طول پدانکل (سانتیمتر)	ارتفاع بوته (سانتیمتر)	تعداد سنبله در واحد سطح (سانتیمتر)	تعداد دانه در سنبله (گرم)	وزن هزاردانه (گرم)	شاخص برداشت (درصد)	عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار)	عملکرد دانه
تنش رطوبتی*								
T1	۳۰/۵ a	۸۴/۱ a	۷۲۶/۱ ab	۲۴/۹ a	۳۴/۹۹ b	۴۸/۱ ab	۱۳۷۶۶ a	۶۴۵۰ a
T2	۳۱/۶ a	۶۴/۲ e	۷۳۶/۲ c	۲۲/۸ ab	۳۳/۵۱ c	۵۰ ab	۱۰۷۲۱ b	۵۲۰۳ b
T3	۲۶/۶ b	۶۴/۹ e	۵۶۹/۸ d	۱۹/۲ ab	۳۲/۲۹ cd	۵۲/۴۸ a	۸۴۴۸ c	۴۱۹۰ c
T4	۳۰/۲ ab	۸۰/۱ b	۷۰۸/۱ b	۲۲/۶ ab	۳۶/۷۷ a	۳۹/۹۲ abc	۱۲۹۲۷ ab	۴۹۶۰ b
T5	۲۹/۹ ab	۶۵/۵ de	۷۲۲/۱ ab	۱۷/۸ ab	۳۰/۹۴ de	۳۶/۷۷ bc	۱۰۲۲۳ cde	۳۵۹۰ cd
T6	۲۹/۸ ab	۶۷/۱ c	۷۱۱/۲ ab	۲۰/۳ ab	۳۸ a	۳۶/۹۱ bc	۱۱۲۷۰ abc	۴۰۷۸ c
T7	۲۷/۲ ab	۶۶/۷ cd	۷۱۵/۵ ab	۱۶/۵ b	۳۰/۳۶ e	۳۱/۸۳ c	۹۳۴۴ de	۲۸۹۶ ef
T8	۲۸/۳ ab	۶۵/۴ de	۷۳۵ a	۱۶/۴ b	۲۸/۱۲ f	۲۸/۲۶ c	۸۵۰۸ c	۲۲۹۶ f
T9	۳۱/۱ a	۸۳/۷ a	۷۳۴/۵ a	۲۱/۶ ab	۲۷/۱۲ f	۲۸/۵۱ c	۱۲۴۰۶ abc	۳۴۰۳ de
ارقام								
چمران(V1)	۲۸/۹ b	۶۸/۳ b	۷۰۰/۵ a	۱۹/۳ a	۳۳/۳ a	۳۹/۰۱ a	۱۰۵۷۶ a	۴۰۵۲ a
مرودشت(V2)	۳۰/۲ a	۷۴/۴ a	۶۹۰/۶ a	۲۱/۱ a	۳۱/۷ b	۳۹/۳۸ a	۱۱۱۱۵ a	۴۱۸۵ a
مکانهای آزمایش								
کرج	۳۱/۳ a	۷۵/۱ a	۶۶۳ b	۲۳/۵۱ a	۳۳/۸۶ a	۳۸/۱۶ a	۱۲۴۳۴ a	۴۵۴۵ a
تربت جام	۲۷/۹ b	۶۷/۶ b	۷۲۷/۹۹ a	۱۶/۸۹ a	۳۱/۰۷ b	۴۰/۲۳ a	۹۲۵۷ b	۳۶۹۱ b

میانگینهای دارای حروف مشابه در هرستون تفاوت معنی داری ندارند.

* تیمارهای آزمایشی عبارت بودند از T1: شاهد؛ T2 و T3، به ترتیب آبیاری در ۶۰ و ۸۰ درصد تخلیه ی رطوبتی از ابتدای طویل شدن ساقه-ها تا پایان دوره ی رشد؛ T4 و T6، به ترتیب آبیاری در ۶۰ و ۸۰ درصد تخلیه ی رطوبتی در زمان گل دهی؛ T5 و T7، به ترتیب آبیاری در ۶۰ و ۸۰ درصد تخلیه ی رطوبتی از زمان گل دهی تا پایان دوره ی رشد؛ T8، قطع آبیاری از گلدهی تا پایان دوره ی رشد؛ T9 قطع آبیاری در طول دوره پر شدن دانه. شرح کامل تیمارها در جدول ۱ ارائه شده است.



تیمارهای تنش رطوبتی

شکل ۱. میانگین عملکرد مطلق (ستونهای سیاه) و نسبی (ستونهای روشن) دانه در تیمارهای مختلف تنش رطوبتی در مقایسه با تیمار شاهد (T₁). تیمارهای آزمایشی عبارت بودند از T₁: شاهد؛ T₂ و T₃، به ترتیب آبیاری در ۶۰ و ۸۰ درصد تخلیه ی رطوبتی از ابتدای طویل شدن ساقه‌ها تا پایان دوره ی رشد؛ T₄ و T₆، به ترتیب آبیاری در ۶۰ و ۸۰ درصد تخلیه ی رطوبتی در زمان گل دهی؛ T₅ و T₇، به ترتیب آبیاری در ۶۰ و ۸۰ درصد تخلیه ی رطوبتی از زمان گل دهی تا پایان دوره ی رشد؛ T₈، قطع آبیاری از گلدهی تا پایان دوره ی رشد؛ T₉ قطع آبیاری در طول دوره ی پر شدن دانه

مرحله‌ی گلدهی تا پایان دوره‌ی رشد (تیمار T₈) صدمه‌ی بیشتری به عملکرد گیاه گندم وارد می‌سازد. کوباتا و همکاران (۱۹۹۲) اعلام نمودند که تنش رطوبتی در زمان گرده‌افشانی از طریق کاهش عملکرد بیولوژیک، تعداد دانه در هر سنبله، وزن دانه‌ها، و شاخص برداشت موجب کاهش عملکرد می‌شود. در آزمایش حاضر هم در تیمار T₈ که دارای کمترین مقدار عملکرد بود، علاوه بر کاهش شاخص برداشت، عملکرد بیولوژیک نیز در اثر کاهش ارتفاع بوته و نیز احتمالاً به دلیل کاهش طول پدانکل، نسبت به تیمار شاهد کاهش نشان داد (جدول ۳). یافته‌های حسن پناه و همکاران (۱۳۷۴) نیز نشان می‌دهد که طول پدانکل با ارتفاع بوته، عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه همبستگی مثبت و معنی‌داری دارد و نقش طول پدانکل در عملکرد در شرایط تنش رطوبتی آخر فصل پنج برابر بیشتر از شرایط فاریاب است. اعمال تنش در این تیمار (T₈) بر روی تعداد سنبله در واحد سطح تاثیری نداشت (جدول ۳)، زیرا عمل پنجه زنی و تشکیل سنبله‌ها قبل از اعمال تنش این تیمار صورت گرفته است. ابهری و

با توجه به نتایج حاصله می‌توان چنین بیان کرد که وقوع تنش رطوبتی در مرحله‌ی گلدهی تأثیر منفی زیادی بر عملکرد دانه می‌گذارد و با تداوم یافتن این خشکیها به سمت انتهای فصل و افزایش شدت تنش، عملکرد دانه به میزان بیشتری کاهش می‌یابد. مشخص شده است که گیاهان در مرحله‌ی رشد زایشی حساسیت ویژه‌ای به کمبود آب دارند (رادمهر، ۱۳۷۶) و حساسترین مرحله رشد گندم به تنش خشکی مرحله‌ی گلدهی (از مرحله‌ی سنبله‌دهی تا اوایل دوره پر شدن دانه‌ها) است (صارمی، ۱۳۷۲؛ سیمانه و همکاران، ۱۹۹۳). مصطفی و همکاران (۱۹۹۶) و پاک نژاد و همکاران (۲۰۰۷) نیز اعلام نمودند اعمال تنش رطوبتی در هنگام ظهور سنبله‌ی گندم، عملکرد را به شدت کاهش می‌دهد، و بر طبق نتایج حاضر و نیز یافته‌های سلیم (۲۰۰۳)، میزان کاهش عملکرد تحت این شرایط به شدت و مدت تنش بستگی دارد. در تحقیق حاضر نیز مشاهده شد که حساسترین مراحل رشد گیاه نسبت به تنش خشکی مراحل گلدهی و پر شدن دانه‌ها است، و در این میان قطع آبیاری از

است (جدول ۳). بنابراین می‌توان گفت که تنش خشکی بعد از گرده افشانی، تأثیر زیادی بر تعداد دانه نداشته، ولی باعث کاهش معنی‌دار وزن دانه می‌شود (ابهری و همکاران، ۱۳۸۵). احمدی و باجلان (۲۰۰۸) نیز بین وزن هزار دانه و عملکرد دانه در شرایط تنش رطوبتی همبستگی مثبت و بسیار معنی‌داری مشاهده کردند و انتخاب برای وزن هزاردانه را ابزار مؤثری برای بهبود تحمل به خشکی در نسل‌های اولیه‌ی حاصل از تلاقی دانستند. احتمالاً ارقامی که از سرعت پر شدن دانه بالاتری برخوردار باشند و از تنش آخر فصل لجت‌ناب نمایند، در چنین شرایطی موفقتر هستند (پاک نژاد و همکاران، ۱۳۸۶).

بر خلاف تیمار T8، در تیمار شاهد (T1) قویترین همبستگی بین عملکرد دانه و تعداد دانه در هر سنبله وجود داشت (جدول ۴). با توجه به همبستگی بالای بین عملکرد دانه و تعداد دانه در هر سنبله در شرایط آبیاری کامل می‌توان نتیجه گرفت که تلاش در جهت افزایش تعداد دانه‌ی بیشتر در هر سنبله موجب تضمین عملکرد بیشتر خواهد شد.

همکاران (۱۳۸۵) در تحقیقات خود پی بردند که در شرایط تنش رطوبتی عملکرد دانه بیشترین خسارت را می‌بیند و دلیل آن نیز کاهش تعداد سنبله در متر مربع، تعداد دانه در هر سنبله و وزن هزار دانه است.

در آزمایش حاضر با وجود کاهش معنی‌دار تعداد دانه در تیمار T8 نسبت به شاهد (جدول ۳)، همبستگی معنی‌داری بین این صفت و عملکرد دانه مشاهده نشد، در حالی که در این شرایط تنش همبستگی مثبت و بسیار معنی‌داری بین وزن هزار دانه و عملکرد دانه وجود داشت (جدول ۴). این نتیجه بیانگر این مطلب است که چون گیاهان در این تیمار در دوران پر شدن دانه‌ها هیچ آبی دریافت نکرده‌اند، وزن دانه‌ی آنها بیش از سایر اجزای عملکرد تحت تأثیر قرار گرفته است و این خود می‌تواند عامل تعیین‌کننده‌ی عملکرد دانه باشد؛ بویژه این که بر خلاف سایر اجزای عملکرد که عموماً قبل از شرایط بروز تنش تشکیل شده‌اند، تداوم و تشدید شرایط تنش رطوبتی برای این تیمار، در طی دوره پر شدن دانه و به سمت انتهای دوره‌ی رشد سبب کاهش شدید وزن دانه‌ها شده

جدول ۴. ضرایب همبستگی صفات مختلف با متوسط عملکرد دانه در هر یک از تیمارهای آزمایش (n=۱۶)

تیمارهای آزمایش	طول پدانکل	ارتفاع بوته	دانه در سنبله	تعداد سنبله در واحد سطح	شاخص برداشت	وزن دانه ۱۰۰۰	عملکرد سنبله	عملکرد بیولوژیک
T1	۰/۶۲**	۰/۱۴ ^{ns}	۰/۸۹**	۰/۰۴ ^{ns}	۰/۴۲ ^{ns}	۰/۲۱ ^{ns}	۰/۳۴ ^{ns}	۰/۴۳ ^{ns}
T2	۰/۵۴*	۰/۶۱*	۰/۹۶**	۰/۶*	۰/۶۳**	۰/۴۳ ^{ns}	۰/۶۱*	۰/۱۶ ^{ns}
T3	۰/۲۹ ^{ns}	۰/۵۰*	۰/۹۵**	۰/۸۵**	۰/۱۱ ^{ns}	۰/۴ ^{ns}	۰/۵۶*	۰/۴۳ ^{ns}
T4	۰/۲۷ ^{ns}	۰/۴۵ ^{ns}	۰/۴۹*	۰/۱۳ ^{ns}	۰/۲۲ ^{ns}	۰/۰۶ ^{ns}	۰/۶۷**	۰/۶۲**
T5	۰/۶۲**	۰/۶۱*	۰/۹۲**	۰/۸۱**	۰/۵۷*	۰/۶۲**	۰/۵۹*	۰/۷۸**
T6	۰/۴ ^{ns}	۰/۶۴**	۰/۲۵ ^{ns}	۰/۵۹*	۰/۰۸ ^{ns}	۰/۲۸ ^{ns}	۰/۶۷**	۰/۶۶**
T7	۰/۱۱ ^{ns}	۰/۳۹ ^{ns}	۰/۵۸*	۰/۷۷**	۰/۱ ^{ns}	۰/۶۸**	۰/۱۵ ^{ns}	۰/۶۲**
T8	۰/۳۷ ^{ns}	۰/۱۲ ^{ns}	۰/۴۹ ^{ns}	۰/۴۴ ^{ns}	۰/۲۱ ^{ns}	۰/۷۸**	۰/۱۸ ^{ns}	۰/۵۸*
T9	۰/۲۹ ^{ns}	۰/۰۸ ^{ns}	۰/۷۹**	۰/۶۸**	۰/۰۳ ^{ns}	۰/۶۵**	۰/۷۶**	۰/۵۰*

ns، * و ** به ترتیب نشانگر وجود اختلاف غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطوح احتمال ۵٪ و ۱٪

تیمارهای آزمایشی عبارت بودند از T1: شاهد؛ T2 و T3، به ترتیب آبیاری در ۶۰ و ۸۰ درصد تخلیه‌ی رطوبتی از ابتدای طول شدن ساقه‌ها تا پایان دوره‌ی رشد؛ T4 و T6، به ترتیب آبیاری در ۶۰ و ۸۰ درصد تخلیه‌ی رطوبتی در زمان گل‌دهی؛ T5 و T7، به ترتیب آبیاری در ۶۰ و ۸۰ درصد تخلیه‌ی رطوبتی از زمان گل‌دهی تا پایان دوره‌ی رشد؛ T8، قطع آبیاری از گلدهی تا پایان دوره‌ی رشد؛ T9 قطع آبیاری در طول دوره‌ی پر شدن دانه. شرح کامل تیمارها در جدول ۱ ارائه شده است.

صفات در زمینه اصلاح برای تحمل به تنش خشکی بیان نمودند که در غلات دانه ریز افزایش شاخص برداشت ممکن است باعث بهبود عملکرد در شرایط تنش شود، بدون آن که نیاز گیاه به آب افزایش یابد. از سوی دیگر اصلاح برای عملکرد بیولوژیک کارآیی استفاده‌ی گیاه از آب قابل دسترس را افزایش می‌دهد.

تیمار T₆ که از نظر اعمال تنش شبیه تیمار T₄ بود نیز روندی مشابه تیمار T₄ نشان داد، با این تفاوت که شدت تنش رطوبتی در این تیمار در زمان گلدهی بیشتر بود، همچنین همبستگی بین ارتفاع بوته با عملکرد دانه در این تیمار معنی‌دار شد، که تأیید کننده‌ی اثرگذاری ارتفاع بوته بر عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه از طریق انتقال مجدد بیشتر مواد به دانه‌ها در شرایط تنش خشکی (سلیم، ۲۰۰۴) است. وجود همبستگی ارتفاع بوته با عملکرد دانه در تیمار اخیر نسبت به تیمار T₄ شاید به دلیل اعمال شرایط تنش شدیدتر و مشهود شدن اهمیت این صفت در شرایط تنش خشکی در مرحله‌ی گلدهی بر عملکرد دانه باشد.

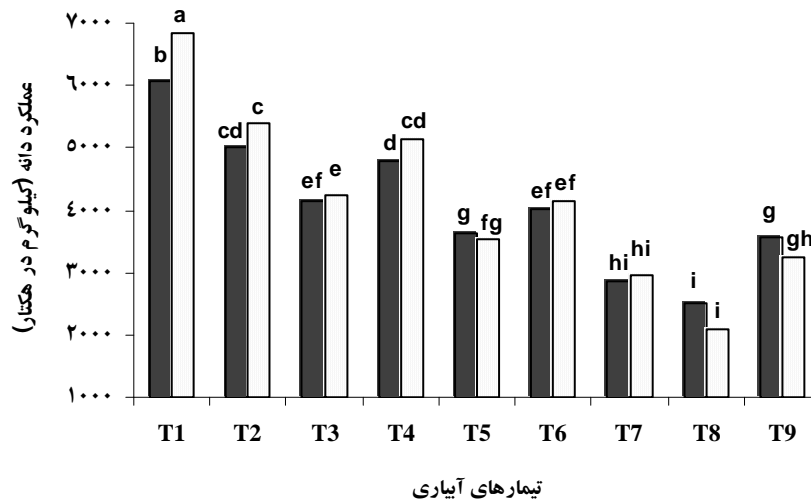
بررسی همبستگی عملکرد و اجزای عملکرد در تیمارهای کم آبیاری T₅ و T₇ (از زمان گلدهی تا پایان دوره‌ی رشد) نشان داد که بین عملکرد دانه و تعداد سنبله در واحد سطح، همبستگی منفی و بسیار معنی‌داری وجود دارد. این همبستگی منفی برای تیمار T₉ (تنش رطوبتی در مرحله‌ی پرشدن دانه‌ها) نیز مشاهده شد. از آنجایی که این تیمارها تا زمان گلدهی آب کافی دریافت نمودند، تعداد سنبله‌ی آنها تحت تأثیر شرایط کمبود آب واقع نشد. مقایسه‌ی میانگینها نیز نشان دهنده‌ی عدم تأثیر این شرایط تنش بر تعداد سنبله است (جدول ۳). این تیمارها در زمان گلدهی و یا بعد از گلدهی، که دانه‌های موجود بر روی سنبله‌ها در حال پرشدن هستند با کمبود آب مواجه شدند، در نتیجه سنبله‌های بیشتر تولیدی، که همان مصرف کننده‌های آب هستند، آب خاک را زودتر تخلیه نموده و موجب تشدید شرایط تنش رطوبتی بر گیاهان، و از طریق کاهش طول دوره‌ی زایشی، موجب کاهش وزن دانه‌ها و در نتیجه کاهش عملکرد دانه شدند. از سوی

مشخص شده است که تنش رطوبتی در مرحله‌ی طویل شدن ساقه‌ها موجب کاهش عملکرد ناشی از تعداد کمتر سنبله در واحد سطح و تعداد کمتر دانه در هر سنبله می‌شود (سلیم، ۲۰۰۳). در این آزمایش نیز همبستگی بسیار معنی‌داری بین تعداد دانه در هر سنبله و عملکرد دانه در شرایط تنش T₂ و T₃ (آبیاری در ۶۰ و ۸۰ درصد تخلیه‌ی از طویل شدن ساقه‌ها تا پایان دوره‌ی رشد) مشاهده می‌شود (جدول ۴). شاخص برداشت، تعداد سنبله در واحد سطح و ارتفاع بوته به ترتیب در درجه‌ی بعدی اهمیت رگرسیونی قرار دارند. در این دو تیمار با توجه به اینکه تنش رطوبتی در مرحله‌ی طویل شدن ساقه‌ها و بعد از آن اعمال گردید، تعداد پنجه بارور تحت شرایط تنش واقع شد و با کاهش تعداد سنبله، عملکرد دانه کاهش یافته است (جدول ۳). لذا در چنین شرایطی عملکرد تابع تعداد دانه در هر سنبله قرار می‌گیرد و در نتیجه همبستگی معنی‌داری بین تعداد دانه در هر سنبله و عملکرد دانه مشاهده می‌شود.

در شرایط تیمار T₄ از بین اجزای عملکرد، عملکرد بیولوژیک و تعداد دانه در هر سنبله با عملکرد دانه همبستگی مثبت و معنی‌داری داشتند (جدول ۴). با توجه به ایجاد شرایط تنش در مرحله‌ی گلدهی و حساسیت دانه‌های گرده به کمبود رطوبت و پسابدگی، تعداد دانه در هر سنبله تحت تأثیر شرایط تنش رطوبتی کاهش یافت. همچنین تحت تأثیر این شرایط تنش، کاهش ارتفاع بوته و طول پدانکل نیز موجب کاهش عملکرد بیولوژیک شده است. مطالعات نیز نشان می‌دهد که در شرایط تنش رطوبتی، ارتباط مثبت و مستقیمی بین عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه وجود دارد (گوپتا و همکاران، ۲۰۰۱) و احتمالاً این تأثیر از طریق ذخیره شدن بیشتر مواد در ساقه‌ها و انتقال آنها به دانه، بر افزایش عملکرد اثر مثبت می‌گذارد. بنابراین تولید ماده‌ی خشک نیز می‌تواند به عنوان یک معیار انتخاب برای تحمل به خشکی به کار رود (سلیم، ۲۰۰۴). کواری و همکاران (۱۹۹۹) نیز ضمن معرفی شاخص برداشت و عملکرد بیولوژیک به عنوان مهمترین

تیمارهای مختلف تنش خشکی، دریافتند که تعداد دانه در سنبله و تعداد سنبله در واحد سطح بیشترین حساسیت را به تنش خشکی دارند، در حالی که وزن دانه به دلیل انتقال مجدد مواد پرورده‌ی ذخیره شده‌ی قبل از گل‌دهی، به طور نسبی از حساسیت چندانی برخوردار نیست. مقایسه‌ی تیمارهای T₅ و T₆ نیز نشان می‌دهد زمانی که پس از اعمال تنش در مرحله‌ی حساس گله‌ی گیاهان تا پایان دوره‌ی رشد مجدداً آب کافی دریافت کردند (T₆)، از طریق افزایش وزن هزار دانه خود قادر شدند تا حدودی عملکرد خود را بهبود ببخشند (جدول ۳).

دیگر در این تیمار تعداد دانه در هر سنبله، وزن دانه و عملکرد بیولوژیک با عملکرد دانه همبستگی مثبت و بسیار معنی‌داری داشتند. چون در این تیمارها آب در زمان گله‌ی محدود بوده است، تعداد دانه‌ی کمتری تولید شد و گیاهان در چنین شرایطی با افزایش وزن دانه‌ها از طریق فتوسنتز جاری و آب موجود و یا از طریق انتقال مجدد مواد ناشی از عملکرد بیولوژیک بیشتر، که از طریق ارتفاع بوته و طول بیشتر پدانکل ایجاد می‌شود، توانستند از شرایط تنش آخر فصل اجتناب نموده و از کاهش شدید عملکرد دانه جلوگیری نمایند. گیونتا و همکاران (۱۹۹۳) نیز با بررسی



شکل ۲. عملکرد دانه‌ی گندم ارقام چمران (ستونهای سیاه) و مرودشت (ستونهای سفید) در تیمارهای مختلف تنش آبیاری. تیمارهای تنش رطوبتی عبارت بودند از T₁: شاهد؛ T₂ و T₃: به ترتیب آبیاری در ۶۰ و ۸۰ درصد تخلیه‌ی رطوبتی از ابتدای طویل شدن ساقه‌ها تا پایان دوره‌ی رشد؛ T₄ و T₆: به ترتیب آبیاری در ۶۰ و ۸۰ درصد تخلیه‌ی رطوبتی در زمان گل‌دهی؛ T₅ و T₇: به ترتیب آبیاری در ۶۰ و ۸۰ درصد تخلیه‌ی رطوبتی از زمان گل‌دهی تا پایان دوره‌ی رشد؛ T₈: قطع آبیاری از گله‌ی تا پایان دوره‌ی رشد؛ T₉: قطع آبیاری در طول دوره‌ی پر شدن دانه.

نتایج تحقیقات برخی از محققین (گوئرا و آنتولینی، ۱۹۹۶؛ سلیم، ۲۰۰۳) نشانگر وجود اختلاف معنی‌دار در بین ارقام در شرایط تنش و عدم تنش رطوبتی از نظر عملکرد دانه، تعداد دانه در سنبله، ارتفاع بوته، تعداد پنجه، وزن هزار دانه و میزان

حساسیت به خشکی است. نتایج تجزیه‌ی واریانس آزمایش اخیر نشان داد که عملکرد و اجزای عملکرد ارقام مورد آزمایش با یکدیگر تفاوت معنی‌داری ندارند، ولی اثر متقابل رقم و تنش خشکی برای صفات عملکرد دانه، وزن هزار دانه، تعداد سنبله در واحد سطح، ارتفاع

در شرایط مساعدتری وارد فاز زایشی می‌شوند، می‌توانند از گرما و تنش‌های رطوبتی آخر فصل اجتناب نموده و در نتیجه از پایداری عملکرد بیشتری برخوردار باشند؛ در حالی که ارقام دیررس به دلیل برخورد به شرایط گرمای آخر فصل، مصرف آب بیشتری داشته و در شرایط کمبود آب، خسارت شدیدتری را متحمل می‌شوند (پاک نژاد و همکاران، ۱۳۸۶).

به طور کلی طبق نتایج به دست آمده مشخص می‌شود که رقم مرودشت در شرایط آبیاری کامل به دلیل طول دوره‌ی رشد بیشتر و استفاده‌ی بیشتر از عوامل محیطی موثر در رشد، از عملکرد بیشتر و بهتری برخوردار بوده است و حتی در شرایط کم آبیاری ابتدای فصل نیز کاشت آن قابل توصیه است. اما این رقم در شرایط تنش رطوبتی آخر فصل، بخصوص در شرایط قطع آبیاری نمی‌تواند رقم مناسبی باشد؛ در چنین شرایطی ارقام زودرس مثل چمران نتایج بهتری را نشان می‌دهند، زیرا این گونه ارقام با فرار از خشکی آخر فصل، از کاهش شدید عملکرد خود اجتناب می‌کنند. در کل باید توجه داشت که در شرایط محدودیت منابع آب، مسئله‌ی مهم جدا از نوع رقمی که برای کاشت انتخاب می‌شود، تلاش برای ممانعت از بروز تنش رطوبتی در دوره‌های گلدهی و پرشدن دانه است تا بتوان از طریق عملیاتی همچون آبیاری تکمیلی از افت شدید عملکرد جلوگیری نمود.

بوته و طول پدانکل معنی‌دار است (جدول ۲). رقم مرودشت بیشترین و کمترین عملکرد را به ترتیب در شرایط آبیاری کامل (T_1) و قطع آبیاری از گلدهی تا پایان دوره‌ی رشد (T_8) تولید کرد (شکل ۲) و این نشان دهنده‌ی تغییر پذیری زیاد واکنش این رقم به شرایط رطوبتی در خاک است.

بررسی نتایج نشان می‌دهد که در کل، رقم مرودشت نسبت به رقم چمران تنش‌های کم آبیاری را بهتر تحمل نموده است (شکل ۲). در تیمارهای T_2 تا T_7 که تیمارهای تنش کم آبیاری بر گیاهان اعمال شد، عملکرد دانه در رقم متوسط‌ترس مرودشت بیشتر از رقم زودرس چمران است، ولی در تیمارهای T_8 و T_9 که تنش اعمال شده در آنها به صورت قطع آبیاری از مرحله‌ی گلدهی تا پایان دوره‌ی رشد و قطع آبیاری در دوره‌ی پرشدن دانه‌ها است، عکس این حالت مشاهده شد (شکل ۲). احتمالاً معنی‌داری اثر متقابل نیز ناشی از تاثیر متفاوت این دو تیمار تنش رطوبتی بر ارقام مورد آزمایش می‌باشد. هر دو رقم چمران و مرودشت بیشترین عملکرد را در تیمار شاهد و کمترین عملکرد را در تیمار T_8 داشتند و میزان کاهش عملکرد آنها در این تیمار نسبت به شاهد، به ترتیب برابر ۵۸ و ۶۹ درصد بود. این نتایج نشان دهنده‌ی حساسیت رقم مرودشت به تنش رطوبتی انتهایی (در آخر فصل) است. همچنین می‌توان نتیجه گرفت که ارقام زودرس، چون

منابع

- ابهری، ع.، گالشی، س.، لطیفی، ن.، کلاته عربی، م.، ۱۳۸۵. اثر تنش خشکی انتهایی بر عملکرد، اجزای عملکرد و اسید آمینه پرولین ژنوتیپهای گندم (*Triticum aestivum*). مجله علوم و صنایع کشاورزی. ج ۲۰، ص ۵۷-۶۷
- پاک نژاد، ف.، مجیدی، ا.، نورمحمدی، ق.، سیادت، ع.، وزان، س.، ۱۳۸۶. ارزیابی تأثیر تنش خشکی بر صفات موثر بر انباشت مواد در دانه ارقام مختلف گندم. مجله ی علوم کشاورزی. ج ۱۳، ص ۱۳۷-۱۵۰
- حسن پناه د.، مقدم، م.، ولی زاده، م.، محفوظی، س.، شهریاری، ر.، ۱۳۷۴. استفاده از شاخص‌های فیزیولوژیک برای ارزیابی منابع مقاومت به خشکی در ارقام گندم. چهارمین کنگره زراعت و اصلاح نباتات ایران - اصفهان.
- رادمهر، م.، ۱۳۷۶. تأثیر تنش گرما بر فیزیولوژی رشد و نمو گندم. چاپ اول. انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد، ۲۰۱ صفحه.

صارمی، م.، ۱۳۷۲. تعیین حساسیت مراحل مختلف رشد فیزیولوژیک ارقام گندم نسبت به کمبود رطوبت خاک. مقالات کلیدی اولین کنگره زراعت و اصلاح نباتات ایران، کرج.

کریمی، م.، نکوئی، ا.، ۱۳۷۲. شاخص های فیزیولوژیکی و اجزائی مؤثر بر عملکرد ارقام گندم. اولین کنگره علوم زراعی ایران. دانشگاه مشهد. صص. ۷۱-۷۲.

Ahmadi, H., Bajelan, B., 2008. Heritability of drought tolerance in wheat. *American-Eurasian J. Agric. Environ. Sci.* 3, 632-635.

Alderfasi, A.A., Nielsen, D.C., 2001. Use of crop water stress index for monitoring water status and scheduling irrigation in wheat. *Agric. Water Manage.* 47, 69-75.

Blum, A., 1989. Breeding methods for drought resistance. *In: Jones, H.G., Flowers, T.J., Jones, M.B. (Eds.) Plants under stress*, Cambridge University Press, pp. 197-215.

Day, A.D., Intalp, S., 1970. Some effects of soil moisture stress on the growth of wheat (*Triticum aestivum*). *Agron. J.* 62, 27-29.

Debaeke, P., Aboudrare, A., 2004. Adaptation of crop management to water-limited environments. *Europ. J. Agron.* 21, 433-446

Fereres, E., 2004. Water-limited agriculture. *Europ. J. Agron.* 21, 399-400.

Giunta, F., Motzo, R., Deidda, M., 1993. Effects of drought on yield and yield components of durum wheat and triticale in a Mediterranean environment. *Field Crop Res.* 33, 399-409.

Gooding, M.J., Ellis, R.H., Shewry, P.R., Schofield, J.D., 2003. Effects of restricted water availability and increased temperature on the grain filling, drying and quality of winter wheat. *J. Cereal Sci.* 37, 295-309.

Guera, A.F., Antonini, J.C.A., 1996. Time for stopping irrigation on wheat crop. *Pesquisa Agro. Brasil.* 31, 823- 828.

Gupta., N.K., Gupta, S., Kumar, A., 2001. Effect of water stress on physiological attributes and their relationship with growth and yield of wheat cultivars at different stages. *J. Agron. Crop Sci.* 186, 55-62.

Kobata, T., Palta, J.A., Turner, N.C., 1992. Rate of development of post anthesis water deficits and grain filling of spring wheat. *Crop Sci.* 32, 1238-1242.

Moustafa, M.E., Boersma, L., Kronstad, W.E., 1996. Response of four spring wheat cultivars to drought stress. *Crop Sci.* 36, 982-986.

Paknejad, F., Nasri, M., Tohidi Moghadam, H.R., Zahedi, H., Jami Alahmadi, M., 2007. Effects of drought stress on chlorophyll fluorescence parameters, chlorophyll content and grain yield of wheat cultivars. *J. Biol. Sci.* 7, 841-847.

Quarrie, S.A., Stojanovic, J., Pekic, S., 1999. Improving drought tolerance in small-grain cereals: a case study, progress and prospects. *Plant Growth Reg.* 29, 1-21

Richards, R.A., Condon, A.G., Rebetzke, G.J., 2001. Application of Physiology in wheat breeding. *In: Reynolds, M.P., Ortiz-Monasterio, J.U., McNab, A., (Eds.), CIMMYT, Mexico*

- Royo, C., Abaza, M., Blanco, R., Garcia del Moral, L.F., 2000. Triticale grain growth and morphometry as affected by drought stress, late sowing and simulated drought stress. *Aust. J. Plant Physiol.* 27, 1051-1059
- Saini, H.S., Westgate, M.E., 2000. Reproductive development in grain crops during drought. *Adv. Agron.* 68, 59-96.
- Saleem, M., 2003. Response of durum and bread wheat genotypes to drought stress: biomass and yield components. *Asian J. Plant Sci.* 2, 290-293.
- Simane, B.J., Peacock, M., Struik, P.C., 1993. Differences in developmental plasticity and growth rate among drought resistant and susceptible cultivars of durum wheat. *Plant and Soil.* 157,155-166.
- Singh, J., Patel, A.L., 1996. Dry matter distribution different parts of wheat under water stress at various growth stage. *Field Crop Abst.* 49, 10-16.
- Wardlaw, I.F., 2002. Interaction between drought and chronic high temperature during kernel filling in wheat in a controlled environment. *Ann. Bot.* 90, 469-476.
- Zarea-Fizabady, A., and M. Ghodsi. 2004. Evaluation of yield and yield components of Facultative and winter bread wheat genotypes (*Triticum aestivum*) under different irrigation regimes in Khorasan Province in Iran. *Agron.* 3, 184-187.

Investigation of the drought stress effects on yield and yield components in wheat cultivars

F. Paknejad^{1*}, M. Jami AlAhmadi², A.R. Pazoki³, M.Nasri³

1. A Faculty member, Faculty of Agriculture, Islamic Azad University, Karaj
2. A Faculty member, Faculty of Agriculture, the University of Birjand
3. A Faculty member, Faculty of Agriculture, Islamic Azad University, Shahre-Rey
4. A Faculty member, Faculty of Agriculture, Islamic Azad University, Varamin

Abstract

In order to evaluate effects of drought stress on yield and yield components of two wheat cultivars under field condition, two similar experiments were conducted in 2004 in Field Research Stations of Islamic Azad Universities of Karaj and Torbat-e-Jam Unites. The study was arranged as factorial experiments based on a randomized complete block design with four replications. The first factor was consisted of nine different irrigation regimes including control (T1), irrigating when 60 and 80 percent of soil moisture was depleted at stem elongation to ripening stage (T2 and T3, respectively), at the start of flowering to ripening (T5 and T7, respectively), at flowering stage (T4 and T6, respectively), and irrigation termination at flowering and grain filling stages to ripening stage (T8 and T9, respectively). The second factor was included two wheat cultivars, Chamran and Marvdasht. Results showed a significant difference between different treatments of drought stress and control regarding yield and yield components. Irrigation termination from flowering onward led to the lowest grain yield, with 64 percent reduction compared to control. The lowest yield reduction equal to 19 percent beside control was obtained with irrigating at 60 percent soil moisture depletion from stem elongation up to end of growth period. According to these results, the most sensitive growth stages of wheat to drought stress were flowering and grain filling stages. Marvdasht despite its higher yield under sufficient moisture condition, and even under water-deficit through growth period, suffered more damage than Chamran from terminal irrigation termination. Under optimum condition of humidity, grains per spike and length of peduncle showed higher correlation with grain yield, respectively. When irrigation was withheld from flowering to ripening stage, weight of 1000 kernels showed a positive and significant correlation with yield, indicating that impact of water stress in this stage on yield was mediated by reduction of kernel weight.

Key words: wheat, cultivars, irrigation termination, deficit irrigation, growth stage, harvest index

