بررسی اثر تنش آبی بر روی تبخیر- تعرق و شاخص‌های تولید گیاه گندم زمستانه

محمد مهدی نخجوانی مقدم- بیژن قهرمان[1]

تاریخ دریافت ۸۲/۱۱/۸

چکیده

به منظور بررسی اثر تنش آبی بر روی تبخیر- تعرق و شاخص‌های تولید گیاه گندم زمستانه، آزمایشی در ناحیه مشهد در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی شامل نه تیمار در سه تکرار اجرا شد. تیمار اول بر اساس آبیاری کامل در تمامی مراحل رشد گیاه (تیمار شاهد)، شش تیمار بر اساس قطع آب به ترتیب در مراحل مختلف رشد جوانه زنی، پنجه زنی، ساقه دهی، گل دهی، دانه بندی و رسیدگی دانه گیاه گندم و دو تیمار باقی مانده نیز براساس کاهش یکسان میزان آب داده شده به میزان ۲۰ و ۶۰ درصد در طول فصل رشد انتخاب و به صورت کرتی آبیاری شدند. با استفاده از معادله بیلان آبی مقادیر تبخیر- تعرق واقعی گیاه در تیمارهای مختلف آزمایشی تعیین شدند. تنش آبی سبب شد تا تبخیر- تعرق گیاه نتواند پس از خاتمه دوره تنش به حد تبخیر- تعرق پتانسیل برسد. افزون بر این تنش آبی همچنین سبب کاهش مقادیر ضریب گیاهی و نمایهٔ سطح برگ شد. نتایج نشان داد که تفاوت معنی داری بین مقادیر عملکرد دانه، شاخص برداشت، راندمان مصرف آب و اجزا عملکرد در تیمار شاهد و سایر تیمارهای آزمایشی در سطح ۵ درصد وجود داشت. همچنین نتیجه شد که تنش آبی در مراحل دانه بندی و گل دهی گیاه گندم زمستانه از طریق کاهش وزن هزار دانه و تعداد دانه در سنبله بیش از تعداد سنبله در واحد سطح بر عملکرد تأثیر داشته است.

واژه های کلیدی : تبخیر- تعرق، تنش آبی، عملکرد، گندم زمستانه، مشهد.

مقدمه

گندم گیاهی است که به مقدار زیاد و در مساحت وسیعی از زمینهای کشاورزی دنیا و حتی در نواحی خشک کشت می گردد. همچنین گندم از نظر سطح زیر کشت و تولید محصول مهمترین محصول کشاورزی ایران است و اراضی زیر کشت گندم در مجموعه نیمی از اراضی زیر کشت زراعی کشور را شامل می شود. کمبود آب تاثیر بسزایی بر روی عملکرد گندم دارد و ارقام متفاوت گندم نیز عکس العمل های متفاوتی به تنش آبی دارند. از این رو دستیابی به ارقامی که قادر به تولید عملکرد بالا در شرایط کمبود آب باشند، از اهداف اساسی و بسیار مهم در انتخاب محصولات زراعی است. ارقام گندم که در مقابل کمبود آب مقاوم هستند مدت زمان بیشتری زنده مانده و همچنین توزیع ریشه وعمق نفوذ آن در خاکهای خشک بیشتر است. تنش رطوبت در گیاه به حالتی گفته می شود که سلولها و بافتها در معرض شرایط نامساعد قرار گرفته، گیاه پژمرده شود و آماس طبیعی

۱- بترتیب دانشجوی سابق کارشناسی ارشد و استادیار دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد.

خود را از دست بدهند. تنش رطوبت درجات مختلفی دارد، از رطوبت کم گرفته تا پژمردگی های زود گذر وسط روز و حتی پژمردگی های دائم در روزهای داغ و آفتابی، که منجر به مرگ گیاه می گردد. همیشه تنش رطوبت در گیاه نتیجه سرعت بالای از دست رفتن آب از طریق تعرق در مقایسه با سرعت جذب آن است. ژانگ [۱۳] با کشت گندم پاییزه در گلدان و اعمال تنش آبی بر تیمارها به این نتیجه رسید که با افزایش تنش رطوبتی خاک در گلدان ها، پتانسیل آب برگ، روند فتوسنتز و میزان محصول گندم کاهش می یابد. میشرا و همکاران [۹] در تحقیقی دیگر رابطه پتانسیل آب برگ و عملکرد گندم را در طی ۲ سال با ۶ رژیم رطوبتی متفاوت بررسی کردند و دریافتند که با کاهش آب موجود در خاک، پتانسیل آب برگ و عملکرد کاهش یافتند.

اثر تنش آبی بر روی عملکرد بسته به مراحل رشد متفاوت است و معمولاً اجزایی از عملکرد تحت تأثیر تنش آب قرار می‌گیرند که در زمان تنش در مرحله رشد سریع خود باشند. تا کنون تحقیقات متعددی در زمینه اثرات تنش آبی در مراحل مختلف رشد و نمو گندم انجام شده است. براین اساس تعدادی از محققین با انجام مطالعات زیادی روی گندم نتیجه گرفتند که تنش رطوبتی قبل از مرحله گل دهی بطور نسبی عملکرد را کاهش نمی‌دهد، اما تنش رطوبتی در مراحل گل دهی و دانه بندی بطور معنی داری باعث کاهش عملکرد می‌شود [۱۱]. از نظر اثر تنش رطوبتی بر اجزاء عملکرد دانه [به نقل از ۲] نتیجه گرفت که تنش در اوایل رشد باعث ایجاد خوشه های بیشتر نسبت به حالت معمول می گردد، اما خیلی از آنها در تولید دانه ناتوان می باشند. اسدی و همکاران [۲] طی آزمایشی به منظور بررسی اثر تنش آبی در مراحل مختلف رشد گندم، تفاوت معنی داری از نظر راندمان مصرف آب، تعداد خوشه ها در واحد سطح، تعداد دانه در خوشه، وزن هزار دانه و ارتفاع بوته بین تیمار شاهد و سایر تیمارها مشاهده کردند. همچنین آنها دریافتند که تنش در مرحله رشد رویشی (پنجه دهی و ساقه دهی) باعث افزایش تعداد خوشه در واحد سطح و تنش در مراحل گل دهی و خوشه دهی باعث کاهش تعداد خوشه و عملکرد گندم می شود. صارمی [۴] گزارش کرد حذف آب در مرحله ساقه رفتن گندم موجب کاهش عملکرد، ارتفاع گیاه و تعداد دانه در سنبله شده و در مرحله دانه بندی کاهش وزن هزاردانه را به دنبال داشت. آبخضر و قهرمان [۱] در تحقیقی که به منظور بررسی اثر تنش آبی در مراحل مختلف رشد گندم زمستانه انجام دادند، به این نتیجه رسیدند که تنش در مرحله خوشه دهی، پنجه زنی و ساقه دهی، بیشترین تأثیر را به ترتیب بر عملکرد، نمایه سطح برگ و ارتفاع گیاه دارد.

با توجه به محدودیت منابع آبی و همچنین اهمیت گیاه گندم به عنوان یک محصول استراتژیک تحقیق حاضر به منظور بررسی اثر تنش آبی در مراحل مختلف رشد گندم زمستانه در شرایط آب و هوایی مشهد انجام گردیده است.

مواد و روشها

جهت بررسی اثر تنش رطوبتی بر گیاه گندم زمستانه، آزمایشی در دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد با عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۱۶ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۹ درجه و ۳۸ درجه شرقی و ارتفاع ۹۸۵ متر از سطح دریا در سال زراعی ۸۲-۱۳۸۱ اجرا شد. تیمارهای آزمایشی عبارت بودند از : T_1 : آبیاری کرتی بدون تنش رطوبتی در طول دوره رشد (تیمار شاهد)، T_2 : آبیاری کرتی با قطع آب در مرحله جوانه زنی، T_3 : آبیاری کرتی با قطع آب در مرحله پنجه زنی، T_4 : آبیاری کرتی با قطع آب در مرحله ساقه دهی، T_5 : آبیاری کرتی با قطع آب در مرحله گل دهی، T_6 : آبیاری کرتی با قطع آب در مرحله دانه بندی، T_7 : آبیاری کرتی با قطع آب در مرحله رسیدن دانه، T_8 : آبیاری کرتی با ۲۰ درصد تنش آبی، T_9 : آبیاری کرتی با ۶۰ درصد تنش آبی (مقادیر تنش در تیمارهای ۸ و ۹ نسبت به خودشان سنجیده شده اند نه تیمار شاهد). قبل از کاشت گیاه ، از اعماق مختلف خاک مزرعه نمونه گیری انجام شد و سپس خصوصیات فیزیکی خاک مزرعه در لایه های مختلف تعیین شدند (جدول ۱).

پس از عملیات اولیه آماده سازی زمین، تعداد ۲۷ کرت به ابعاد ۲ متر در ۲ متر به روش دستی و توسط کارگر ایجاد شد. رقم گندم مورد استفاده در این پژوهش C.73.5 بود. این رقم شجره Spn/Mcd/Cama/3/Nzr از ارقام دانشگاه

اورگان آمریکا است و رقمی نسبتا پایه بلند، کاملا مقاوم به خوابیدگی و سرما و نیمه مقاوم به زنگ زرد می باشد. کلیه کرت های آزمایشی در تاریخ ۱۳۸۱/۸/۲۰ بطور یکسان کشت شدند. کاشت بذور به صورت دستی با توجه به وزن هزار دانه رقم مورد کاشت (۳۷ گرم) و بر اساس ۴۰۰ دانه در هر متر مربع برای هر کرت محاسبه شد و با فواصل خطوط ۲۰ سانتی متری کشت گردید. برای اندازه گیری رطوبت خاک در طول انجام آزمایش، از بلوک های گچی واسنجی شده‌ای که به ترتیب در اعماق ۱۵، ۴۵، ۷۵، ۱۰۵، ۱۳۵ و ۱۶۵ سانتی متری از سطح خاک نصب شده بودند استفاده شد. آبیاری هر کرت در هر دوره زمانی بر اساس کمبود رطوبت خاک آن کرت تا عمق توسعه ریشه با توجه به حد ظرفیت زراعی لایه های خاک انجام گرفت و به جهت هماهنگی بین تیمارهای آزمایشی از یک تقویم زمانی آبیاری استفاده شد و فاصله بین آبیاری ها بسته به نوع مرحله رشد و شرایط جوی متغیر در نظر گرفته شد. اولین آبیاری در تاریخ ۸۱/۸/۲۱ و آخرین آن در تاریخ ۱۳۸۲/۳/۱۸ انجام گرفت. حجم آب مورد نیاز هر کرت توسط کنتور تحویل می‌شد. همچنین راندمان آبیاری برابر ۱۰۰ درصد در نظر گرفته شد. در تحقیق حاضر برای تعیین مقدار تبخیر- تعرق واقعی گیاه (ETc) از معادله بیلان حجمی آب خاک استفاده شد (رابطه ۱).

$$ET_C = I + P + D_p - \Delta S \qquad (1)$$

به این ترتیب که در هر دوره با محاسبه یا اندازه‌گیری کلیه پارامترهای لازم (مقادیر آب آبیاری(I)، بارندگی(P)، تغییرات ذخیره آب (ΔS) خاک و نفوذ عمقی (D_p) (مقدار نفوذ عمقی توسط رسم پروفیل رطوبتی در ابتدا و انتهای هر دوره زمانی و محاسبه حجم آب خارج شده از انتهای منطقه ریشه برآورد شد.))، با استفاده از رابطه ۱ مقدار آب مصرفی گیاه و یا به عبارتی مقدار تبخیر- تعرق واقعی گیاه در تیمارهای مختلف تعیین شدند. برداشت نهایی محصول از کلیه کرت‌های آزمایشی در تاریخ ۱۳۸۲/۴/۴ انجام گرفت. در این زمان برای مقایسه عملکرد محصول در تیمارهای متفاوت پس از حذف اثر حاشیه ای، سطحی معادل یک متر مربع به عنوان سطح برداشت در نظر گرفته شد. در نهایت کلیه اطلاعات و آمار برداشت شده در دوره داشت و برداشت شامل مقدار نمایه سطح برگ، ارتفاع بوته گیاه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت، راندمان مصرف آب)مصرف آب((راندمان مصرف آب برابر است با نسبت ماده خشک تولید شده به آب مصرفی گیاه)، تعداد دانه در خوشه و وزن هزار دانه با استفاده از نرم افزار SPSS (Ver 11) مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفتند.

از آنجا که ضرایب گیاهی رابطه مستقیمی با تبخیر- تعرق گیاه دارند، بنابراین ضرایب گیاهی بعد از اتمام دوره تنش، نیز تحت تاثیر قرار می گیرند. به منظور محاسبه این ضرایب در تیمار های تحت تنش، ابتدا با استفاده از ضرایب گیاهی گندم زمستانه و مقادیر تبخیر- تعرق تیمار شاهد (تعیین شده به روش بیلان آبی) دردوره های مختلف از فصل رشد، مقادیر تبخیر- تعرق مرجع معادل تعیین شدند. سپس مقادیر تبخیر- تعرق پتانسیل در تیمارهای ۲ الی ۶ در دوره های پس از اتمام تنش بر مقادیر تبخیر- تعرق مرجع تقسیم شدند تا ضرایب گیاهی تیمارهای مزبور در این دوره ها بدست آیند.

نتایج و بحث

الف) مراحل مختلف رشد گندم: در تحقیق حاضر با توجه به پیشنهاد دورنباس و کاسام [۸] شش مرحلهٔ رشد برای گیاه گندم زمستانه در نظر گرفته شد. پس از برداشت نمونه های گیاهی بر اساس مشاهدات مزرعه ای مراحل فنولوژی مختلف رشد گیاه از یکدیگر تفکیک و زمان رسیدن به هر یک از مراحل نیز مشخص شد. کل دوره رشد گندم ۲۲۲ روز به طول انجامید. فواصل زمانی ثبت شده برای مراحل شش گانه رشد و دوره های زمانی مختلف در جدول ۲ ارائه شده اند. همچنین جدول ۳ میزان بارندگی در دوره های زمانی مختلف رشد گیاه گندم زمستانه را نشان می‌دهد.

ب) تبخیر- تعرق: مقدار آب آبیاری در تیمارهای ۱ الی ۹ به ترتیب برابر ۶۴/۵۴، ۶۱/۹۰، ۶۴/۰۸، ۵۳/۸۸، ۵۵/۱۳، ۵۶/۵۸، ۴۹/۲۸، ۵۷/۰۴ و ۳۸/۷۷ سانتی متر بود. با استفاده از معادله بیلان حجمی آب خاک، مقدار آب مصرفی گیاه و یا به عبارتی مقدار تبخیر- تعرق واقعی گیاه در تیمار۱ (تیمار شاهد) به میزان ۷۱/۳۷ سانتی متر به دست آمد که معادل

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی لایه های مختلف خاک.

عمق خاک (سانتی متر)	وزن مخصوص ظاهری (گرم بر سانتی مترمکعب)	بافت خاک	ظرفیت زراعی (درصد وزنی)
۰-۳۰	۱/۳۳	لوم	۲۱/۳۳
۳۰-۶۰	۱/۴	لوم رسی سیلت	۲۱/۶۴
۶۰-۱۲۰	۱/۴۳	لوم رسی	۲۲/۸۴
۱۲۰-۱۸۰	۱/۴۷	لوم رسی	۲۳/۲۳

جدول ۲- فواصل زمانی ثبت شده برای مراحل مختلف رشد گندم (تیمار شاهد).

مرحله رشد	طول مرحله (روز)	شماره دوره زمانی	طول دوره (روز)	تاریخ شروع دوره	تاریخ پایان دوره
جوانه زنی	۲۱	۱	۱۱	۱۳۸۱/۰۸/۲۰	۱۳۸۱/۰۹/۰۱
		۲	۱۰	۱۳۸۱/۰۹/۰۱	۱۳۸۱/۰۹/۱۱
پنجه زنی	۱۱۲	*۳	۹۴	۱۳۸۱/۰۹/۱۱	۱۳۸۱/۱۲/۱۵
		۴	۱۸	۱۳۸۱/۱۲/۱۵	۱۳۸۲/۰۱/۰۴
ساقه دهی	۳۳	۵	۱۱	۱۳۸۲/۰۱/۰۴	۱۳۸۲/۰۱/۱۵
		۶	۸	۱۳۸۲/۰۱/۱۵	۱۳۸۲/۰۱/۲۳
		۷	۱۴	۱۳۸۲/۰۱/۲۳	۱۳۸۲/۰۲/۰۶
گل دهی	۱۸	۸	۹	۱۳۸۲/۰۲/۰۶	۱۳۸۲/۰۲/۱۵
		۹	۹	۱۳۸۲/۰۲/۱۵	۱۳۸۲/۰۲/۲۴
دانه بندی	۱۷	۱۰	۹	۱۳۸۲/۰۲/۲۴	۱۳۸۲/۰۳/۰۲
		۱۱	۸	۱۳۸۲/۰۳/۰۲	۱۳۸۲/۰۳/۱۰
رسیدن دانه	۲۱	۱۲	۸	۱۳۸۲/۰۳/۱۰	۱۳۸۲/۰۳/۱۸
		۱۳	۱۳	۱۳۸۲/۰۳/۱۸	۱۳۸۲/۰۳/۳۰

*دوره خواب زمستانی به مدت ۹۴ روز

جدول۳ - میزان بارندگی در دوره های زمانی مختلف فصل رشد گیاه گندم زمستانه.

شماره دوره زمانی	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳
میزان بارندگی(میلی متر)	۹	۲	۹۵	۲۵	۱۸	۲	۴۷	۴	۱۵	۱۳	۶	۴	۰

تبخیر- تعرق پتانسیل در نظر گرفته شد. تیمارهای ۲ الی ۷ که هر کدام در یک مرحله رشد خاص آبیاری نشدند به ترتیب ۳/۳، ۴/۳، ۱۵/۱، ۱۲/۹، ۱۲/۸ و ۱۳/۷ درصد کسر تبخیر- تعرق نسبت به تیمار شاهد داشتند. این عامل برای دو تیمار ۸ و ۹ نیز به ترتیب ۸/۴ و ۲۲ درصد به دست آمد.

نتایج به دست آمده در تحقیق حاضرنشان داد که در تمامی تیمارهای ۲ الی ۶ بعد از اتمام دوره تنش، عمدتا مقدار تبخیر- تعرق نسبت به تیمار شاهد کاهش یافته است. همچنین تیمارهای ۸ و ۹ که در تمامی مراحل رشد تحت تنش آبی بودند، در تمامی دوره های زمانی دارای مقدار تبخیر- تعرق

کمتری نسبت به تیمار شاهد می باشند. جدول ۴ روند تغییرات تبخیر - تعرق گیاه گندم را پس از اتمام دوره تنش در تیمارهای ۲ الی ۶ نسبت به تیمار ۱ (تیمار شاهد) نشان می‌دهد. این موضوع نشان می‌دهد که گیاه عمدتا نتوانسته بعد از اتمام دوره تنش، میزان تبخیر - تعرق خود را به حد پتانسیل برساند. درجدول ۵ مقایسه ای بین تبخیر - تعرق در تیمارهای تحت تنش پس از ختم دوره تنش تا انتهای دوره رشد و همچنین در طی دوره تنش با مقادیر نظیر در تیمار شاهد صورت گرفته است. نتایج جدول ۵ نشان می‌دهد که در بین تیمارهای ۲ الی ۶ پس از خاتمه دوره تنش، علی رغم اینکه گیاه بحد کافی آب دریافت نموده است، ولی گیاه گندم نتوانسته به میزان تبخیر - تعرق پتانسیل در تیمار شاهد برسد. آبخضر و قهرمان [۱] نیز در تحقیقی مشابه این موضوع را تأیید کرده اند. همچنین آنگوس ومونکا [۷] نیز تأخیر در رشد گیاه گندم را پس از یک دوره تنش سخت گزارش نموده اند. همچنین نتایج جدول ۵ نشان می‌دهد که میزان درصد تنش در طی دوره تنش درتیمارهای ۲ الی ۹ نسبت به تیمار شاهد یکسان نبوده و بین حدود ۸ تا ۵۲ درصد متغیر بوده است.

جدول ۴ - روند تغییرات تبخیر - تعرق واقعی در تیمارهای ۲ تا ۶ پس از اتمام دوره تنش نسبت به تیمار شاهد (اعداد پر رنگ مربوط به میزان تبخیر - تعرق واقعی در مراحل تحت تنش می‌باشند).

مراحل رشد	تیمار					
	۱	۲	۳	۴	۵	۶
جوانه زنی	۲/۲۴	**۱/۳۶**				
پنجه زنی	۴/۸۷	۴/۴۰	**۳/۰۶**			
سفته دهی	۱۹/۱۱	۱۸/۹۲	۱۸/۸۸	**۹/۵۷**		
گل دهی	۱۴/۱۴	۱۳/۷۳	۱۴/۰۴	۱۴/۰۴	**۶/۸۸**	
دانه بندی	۱۵/۳۸	۱۵/۳۹	۱۵/۳۹	۱۵/۰۹	۱۴/۳۹	۸/۳۹
رسیدن دانه	۱۵/۶۳	۱۵/۲۰	۱۴/۷۸	۱۵/۱۰	۱۴/۹۸	۱۴/۵۱

جدول ۵ - تبخیر - تعرق واقعی (سانتی متر) در تیمارهای تحت تنش نسبت به تیمار شاهد.

تیمار	پس از ختم تنش تا انتهای دوره رشد			در طی دورهٔ تنش		
	تیمار تحت تنش	تیمار شاهد	درصد کاهش	تیمار تحت تنش	تیمار شاهد	درصد تنش
۲	۶۷/۶۳	۶۹/۱۳	۲/۱۷	۱/۳۶	۲/۲۴	۳۹/۲۹
۳	۶۳/۰۹	۶۴/۲۶	۱/۸۲	۳/۰۶	۴/۸۷	۳۷/۱۷
۴	۴۴/۲۵	۴۵/۱۵	۱/۹۹	۹/۵۷	۱۹/۱۱	۴۹/۹۲
۵	۳۰/۱۷	۳۱/۰۱	۲/۷۱	۶/۸۸	۱۴/۱۴	۵۱/۳۴
۶	۱۴/۵۱	۱۵/۶۳	۷/۱۷	۸/۳۹	۱۵/۳۸	۴۵/۴۵
۷	-	-		۷/۵۴	۱۵/۶۳	۵۱/۷۶
۸	-	-		۶۵/۳۷	۷۱/۳۷	۸/۴۱
۹	-	-	-	۵۵/۵۲	۷۱/۳۷	۲۲/۲۱

ضریب گیاهی (Kc) رابطه مستقیمی با تبخیر-تعرق گیاه دارد. جدول ۶ تاثیر تنش آبی را برمقادیر Kc در تیمارهای ۲ تا ۶ بعد از اتمام دوره تنش نشان می‌دهد. همانطور که در این جدول مشاهده می‌شود مقادیر Kc تیمارهای فوق جز در بعضی دوره‌های بخصوص، در اغلب دوره‌ها کمتر از مقادیر مشابه در تیمار شاهد هستند. این امر موارد مطرح شده در

جدول ۶ - روند تغییرات ضریب گیاهی در تیمارهای ۲ تا ۶ پس از اتمام دوره تنش نسبت به تیمار شاهد.

شماره دوره زمانی	مرحله رشد	تیمار ۱	۲	۳	۴	۵	۶
۱	جوانه زنی	۰/۴۵					
۲	جوانه زنی	۰/۴۵					
۴	پنجه زنی	۰/۵۴	۰/۴۹				
۵	ساقه دهی	۰/۸۹	۰/۹۱	۰/۸۴			
۶	ساقه دهی	۱/۱۰	۱/۱۲	۱/۱۴			
۷	ساقه دهی	۱/۳۳	۱/۲۷	۱/۳			
۸	گل دهی	۱/۳۳	۱/۲۶	۱/۳۴	۱/۳		
۹	گل دهی	۱/۳۳	۱/۳۱	۱/۳	۱/۳۴		
۱۰	دانه بندی	۱/۳۳	۱/۳۵	۱/۳۱	۱/۳۷	۱/۱۷	
۱۱	دانه بندی	۱/۳۳	۱/۳۱	۱/۳۵	۱/۳۵	۱/۳۴	
۱۲	رسیدن دانه	۱/۲۳	۱/۲۳	۱/۱۸	۱/۲۱	۱/۱۸	۱/۰۷
۱۳	رسیدن دانه	۰/۸۹	۰/۷۹	۰۰/۷۹	۰/۸۰	۰/۸۰	۰/۸۳
میانگین کاهش (درصد)		-	۲/۲۴	۱/۸۴	۱/۸۲	۵/۰۲	۷/۷۰

جدول - ۷ مقایسه میانگین های* صفات اندازه گیری شده.

تیمار	عملکرد دانه (gr / m²)	عملکرد بیولوژیک (gr / m²)	وزن هزار دانه(gr)	تعداد دانه در سنبله	تعدادسنبله در متر مربع	شاخص برداشت	شاخص سطح برگ	ارتفاع گیاه(cm)	راندمان مصرف آب (Kg / m³)
۱	a۶۶۵/۸	a۱۶۰۸/۶۷	a۴۴/۱۰	a۶۵/۳۳	a۵۷۵/۰	a۰/۴۱۴	a۵/۶۶	a۱۲۰/۲	a۰/۹۳۳
۲	b۶۲۳/۸	bc۱۵۴۸/۶۷	a۴۳/۷۱	a۶۴/۶۷	ab۵۶۲/۵	ab۰/۴۰۳	a۵/۵۸	ab۱۱۹/۲	a۰/۹۰۷
۳	b۶۲۵/۸	b۱۵۵۹/۳۳	a۴۳/۳۱	ab۶۳/۳۳	ab۵۵۸/۳	b۰/۴۰۱	bc۵/۴۱	cd۱۱۸/۳	a۰/۹۰۱
۴	c۵۲۲/۶	dc۱۴۱۹/۶۷	bf۴۰/۸۳	bc۶۱/۳۳	ab۵۴۵/۸۳	c۰/۳۶۸	d۵/۲۸	f۱۰۹/۵	b۰/۸۸۳
۵	d۴۵۸/۶	f۱۳۲۹/۳۳	e۳۹/۱۷	d۵۶/۶۷	ab۵۲۵/۰	d۰/۳۴۵	bc۵/۴۰	de۱۱۷/۵	c۰/۷۲۷
۶	d۴۶۹/۶	e۱۴۰۹/۶۷	d۳۷/۲۰	c۵۳/۱۷	ab۵۵۰/۰	e۰/۳۳۳	cd۵/۳۴	e۱۱۷/۳	c۰/۷۵۴
۷	c۵۱۳/۷	f۱۴۳۹/۳۳	bf۱/۹۹	c۶۰/۸۳	ab۵۵۴/۲	c۰/۳۵۷	a۵/۶۶	ab۱۱۹/۳	b۰/۸۳۴
۸	b۶۰۶/۷	e۱۵۲۹/۶۷	af۴۳/۱۴	ab۶۳/۵۰	ab۵۵۴/۲	b۰/۳۹۷	b۵/۴۶	e۱۱۶/۸	a۰/۹۲۸
۹	c۴۱۲/۸	g۱۲۵۴/۶۷	e۳۶/۹۱	f۵۰/۱۷	b۵۱۲/۵	e۰/۳۳۰	c۴/۶۵	g۱۰۱/۳	c۰/۷۴۵

*مقایسه میانگین ها تو سط آزمون دانکن انجام گرفت. درهر ستون تفاوت بین هر دو میانگین که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند از نظر آماری معنی دار نیست.

*اندازه گیری شده در تاریخ ۱۳۸۲/۳/۱۰ (۲۰۲ روز پس از کشت)

بحث قبلی را مبنی بر کاهش مقادیر تبخیر تعرق پتانسیل گیاه حتی بعد از اتمام دوره تنش را تایید می کند.

ج) شاخص رشد: نمایه سطح برگ (LAI) اندازه گیری شده در ۱۴۸، ۱۶۰، ۱۷۸ و ۲۰۲ روز بعد از کاشت در تیمار شاهد به ترتیب ۲/۳۱، ۵/۱۲، ۶/۳۲ و ۵/۶۶ بدست آمد. بر این اساس می‌توان نتیجه گیری کرد که میزان LAI تا آغاز دوره رشد زایشی (آغاز مرحله گل دهی) روند افزایشی و پس از آن روند نزولی داشته است (مقادیر LAI برای تیمارهای دیگر در مرجع شماره ۶ یافت می‌شود). محققین دیگر نیز حصول حداکثر نمایه سطح برگ گندم را در مرحله گل‌دهی و پیش از وقوع گرده افشانی گیاه تأیید کرده اند [۳]. دربین تیمارهای نه گانه، تیمار شاهد در تمامی زمان‌های اندازه گیری حداکثر میزان نمایه سطح برگ را دارا بود. در این تیمار حداکثر میزان نمایه سطح برگ در مرحله گل دهی و به میزان ۶/۳۲ حاصل شد. محققین حداکثر نمایه سطح برگ گیاه گندم زمستانه را بین ۵ تا ۸ گزارش کرده اند. نتایج مقایسه میانگین‌های نمایه سطح برگ (نمونه برداری در تاریخ ۱۳۸۲/۳/۱۰، ۲۰۲ روز بعد از کاشت) در جدول ۷ ارائه شده است. همانطور که در جدول فوق مشاهده می شود تفاوت نمایه سطح برگ در تیمار شاهد با تیمارهای ۳، ۴، ۵، ۶، ۸ و ۹ در سطح ۵ درصد معنیدارست. در صورتیکه تفاوت معنی داری در سطح مزبور بین تیمار شاهد و تیمارهای ۲ و ۷ مشاهده نمی‌شود.

د) شاخص‌های تولید و بهره‌وری: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تفاوت معنی داری در سطح ۱٪ بین تیمارهای مختلف از لحاظ میزان عملکرد دانه وجود دارد. همچنین نتایج حاصله از مقایسه میانگین های عملکرد دانه که با استفاده از آزمون دانکن انجام گرفت (جدول ۷)، نشان می‌دهد که بین میانگین عمکرد دانه در تیمار شاهد با سایر تیمارها تفاوت معنی داری در سطح ۵٪ وجود دارد. نتایج به دست آمده نشان می‌دهد که کمبود آب در هر مرحله از رشد سبب کاهش میزان عملکرد دانه می‌شود. البته در تحقیق حاضر تأثیر تنش بر عملکرد بسته به نوع مرحله رشد متفاوت بود. با مراجعه به جدول ۷ مشاهده می‌شود که در بین تیمارهای ۲ تا ۷ که هر کدام در مرحله مشخصی ازفصل رشد گیاه تحت تنش بودند، کمبود آب در مراحل گل‌دهی و دانه‌بندی بیشترین تأثیر را در کاهش عملکرد دانه داشته است. مینگ [۱۱] نیز گزارش نمود که تنش در مراحل گل دهی و دانه بندی به طور معنی داری سبب کاهش عملکرد دانه می شود. آبخضر و قهرمان [۱] نیز در تحقیقی مشابه تفاوت معنی داری بین تیمار شاهد و سایر تیمارهای تحت تنش در سطح ۵٪ مشاهده کردند. آنها همچنین دریافتند که تنش در مراحل گل دهی و دانه بندی بیشترین تأثیر را در کاهش عملکرد دانه دارد. دورنباس و کاسام [۸] نیز نتایج مشابهی را گزارش نموده اند. نتایج به دست آمده همچنین نشان داد که کمبود آب به میزان ۶۰ درصد تنش آبی (تیمار ۹) در کل دوره رشد تأثیر زیادی در کاهش میزان عملکرد دانه گیاه بر جای گذاشت در حالی که تاثیر مزبور در تیمار ۸ (تیمار تنش آبی به میزان ۲۰ درصد) چندان قابل توجه نبود. با توجه به نتایج مقایسه میانگین ها (جدول ۷) مشاهده می‌شود که تفاوت معنی داری در سطح ۵٪ بین میانگین عملکرد بیولوژیک تیمار شاهد و سایر تیمارها وجود دارد. نتایج مقایسه میانگین‌ها (جدول ۷) نشان می‌دهد که تفاوت میانگین شاخص برداشت در تیمار ۱ وتیمار ۲ (تیمار تنش در مرحله جوانه زنی) معنی دار نبوده ولی این تفاوت در مورد تیمار شاهد با سایر تیمارهای تحت تنش در سطح ۵٪ معنی دار است.

با توجه به جدول ۷ مشاهده می‌شود که در بین تیمارهای نه گانه حداکثر مقدار مصرف آب مربوط به تیمار شاهد و کمترین مقدار مصرف آب نیز مربوط به تیمار ۹ است. همچنین نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان می‌دهد که تفاوت معنی داری بین میانگین مقادیر مصرف آب در تیمار شاهد و تیمارهای ۲، ۳ و ۸ مشاهده نمی شود. اما این تفاوت بین تیمار شاهد و تیمارهای ۴، ۵، ۶، ۷ و ۹ در سطح ۵٪ معنی دار است. قطع آب در هر یک از مراحل رشد گندم (تیمارهای ۲ تا ۷) در مقایسه با تیمار شاهد سبب تغییر میزان عملکرد تولیدی و میزان آب مصرفی گردید. در نتیجه تأثیر توأم این دو پارامتر، مصرف آب نیز تغییر می کند. معنی داری و عدم معنی داری در تفاوت مصرف آب تیمارهای تحت تنش در مقایسه با

تیمار شاهد، به تفاوت های بین عملکرد و آب مصرفی آن تیمارها مربوط می شود. این تفاوت ها به نظر می رسد به طور کلی بیانگر حساسیت مرحله رشد به کم آبی باشد. در مورد دو تیمار ۸ و ۹ که به طور مستمر در طول فصل رشد از کاهش آب برخوردار بودند، می توان استدلال کرد که تنش در تیمار ۸ به حدی نبوده است که تفاوت معنی داری با تیمار شاهد داشته باشدو از طرف دیگر معنی داری تفاوت مصرف آب تیمار ۹ با تیمار شاهد احتمالا مربوط به مقدار زیاد تنش آن می باشد. بدلیل تیمار بندی موجود ما نقاط میانی این دو حد را در اختیار نداشتیم تا مشخص شود که در چه حدی از تنش مستمر مصرف آب حداکثر می شود. اسدی و همکاران [۲] نیز با بررسی اثر تنش آبی در مراحل مختلف رشد گیاه گندم زمستانه تفاوت معنی داری بین مقدار مصرف آب تیمار شاهد و سایر تیمارهای تحت تنش مشاهده کردند.

نتایج مقایسه میانگین‌ها (جدول ۷) نشان می دهد که تفاوت معنی داری بین میانگین مقادیر تعداد دانه در سنبله در تیمار شاهد و تیمارهای ۲، ۳ و ۸ مشاهده نمی‌شود. اما این تفاوت بین تیمار شاهد و تیمارهای ۴، ۵، ۶، ۷ و ۹ در سطح ۵٪ معنی‌دار است. نتایج به دست آمده همچنین نشان داد که در بین تیمارهای نه گانه، تیمار شاهد بیشترین میزان تعداد دانه در سنبله را داراست. تیمار ۹ و در مرحله بعد به ترتیب تیمارهای ۶ و۵ (به ترتیب تنش در مراحل دانه بندی و گل‌دهی) بیشترین اختلاف با تیمار شاهد را دارا بودند. این امر نشان می دهد که تنش آبی در مراحل گل‌دهی و دانه بندی و همچنین در کل فصل رشد (به اندازه ۶۰درصد نیاز آبی گیاه) سبب کاهش تعداد دانه در سنبله گیاه می‌شود. عبدمیشانی و شبستری [۵] نیز اثر تنش آبی را در کاهش وزن هزار دانه و تعداد دانه در سنبله گندم در سطح ۵٪ معنی‌دار گزارش کرده‌اند. نتایج مقایسه میانگین ها (جدول ۷) نشان می دهد که تیمار شاهد بیشترین میزان تعداد سنبله در واحد سطح را دارا می باشد و در بین تیمارهای نه گانه تنها بین تیمار ۱ با تیمار ۹ از نظر تعداد سنبله در واحد سطح تفاوت معنی داری (در سطح ۵٪) دیده می شود و از این نظر تفاوت معنی داری بین تیمار شاهد و سایر تیمارها مشاهده نمی شود. مصطفی و همکاران [۱۰] نیز در تحقیقی مشابه تفاوت معنی داری بین تیمار شاهد با تیمارهای تحت تنش از نظر تعداد دانه در سنبله و تعداد سنبله در واحد سطح مشاهده نکردند. اما برخلاف نتیجه فوق بعضی از محققین اثر تنش آبی (خصوصا اثر تنش در مرحله گل دهی) را در کاهش تعداد سنبله گیاه گندم زمستانه در واحد سطح معنی دار گزارش کرده اند [۳]. این اختلاف در نتایج فوق شاید به دلیل تفاوت در شدت میزان تنش اعمال شده به گیاه گندم در تحقیقات مزبور باشد.

نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان می‌دهد که در بین تیمارهای نه گانه تیمار شاهد بیشترین میزان وزن هزار دانه و تیمار ۹ کمترین میزان وزن هزار دانه را دارا می‌باشند. به طوری که اختلاف بین دو تیمار مزبور در سطح ۵٪ معنی دار است. همچنین اختلاف معنی داری بین تیمار شاهد با تیمارهای ۴، ۵، ۶ و ۷ از نظر وزن هزار دانه در سطح مزبور دیده می‌شود. با این وجود این اختلاف در مورد تیمار شاهد با تیمارهای ۲، ۳ و ۸ معنی‌دار نیست. همچنین نتایج بدست آمده نشان می‌دهد که تنش در مرحله دانه بندی گندم زمستانه تأثیر قابل توجهی در کاهش وزن هزار دانه داشته است. مقایسه میانگین‌ها نشان می‌دهد تنش به میزان ۶۰ درصد در کل فصل رشد نسبت به تیمار شاهد (تیمار ۹) تأثیر زیادی در کاهش میزان اجزاء عملکرد گیاه گندم زمستانه داشته است. در حالی که این امر در مورد تیمار ۸ (تنش به میزان ۲۰ درصد نسبت به تیمار شاهد) صدق نمی‌کند. همچنین نتایج به دست آمده نشان می‌دهد که تنش آبی در مراحل گل‌دهی و دانه‌بندی گیاه گندم زمستانه از طریق کاهش وزن هزار دانه و تعداد دانه در سنبله بیش از تعداد سنبله در واحد سطح برعملکرد گیاه گندم زمستانه تأثیر داشته است. چنین نتیجه ای نیز توسط یانگ و همکاران [۱۲] گزارش شده است.

نتیجه گیری: نتایج بدست آمده در تحقیق حاضر نشان داد که تنش آبی سبب شد تا تبخیر - تعرق گیاه نتواند پس از خاتمه دوره تنش به حد تبخیر- تعرق پتانسیل برسد. با این وجود درصد کاهش تبخیر - تعرق در تیمارهای مختلف نسبت به تیمار شاهد کمتر از ۷ درصد بود. بنابراین نمی توان نتیجه گیری قطعی در این خصوص نمود. تکرار آزمایش در شرایط مختلف دیگر برای رسیدن به نتیجه قطعی تری مورد

نیاز است. افزون بر این تنش آبی همچنین سبب کاهش مقادیر ضریب گیاهی و نمایهٔ سطح برگ گیاه شد. نتایج نشان داد که تفاوت معنی داری بین مقادیر عملکرد دانه، شاخص برداشت، راندمان مصرف آب و اجزا عملکرد در تیمار شاهد وسایر تیمارهای آزمایشی در سطح ۵ درصد وجود داشت.

همچنین نتیجه شد که تنش آبی در مراحل دانه بندی و گل دهی گیاه گندم زمستانه از طریق کاهش وزن هزار دانه وتعداد دانه در سنبله بیش از تعداد سنبله در واحد سطح بر عملکرد تأثیر داشته است.

منابع

۱. آیخضر، ح.ر. و ب. قهرمان، ۱۳۸۲. تعیین ضرایب حساسیت گندم زمستانه به تنش رطوبتی. مجله پژوهش های زراعی ایران، جلد ۱، شماره ۱، ص ۳ -۱۲.

۲. اسدی، ح.، م. ر. نیشابوری و ح. سیادت، ۱۳۸۰. اثر تنش آبی در مراحل مختلف رشد بر عملکرد، اجزاء عملکرد و برخی روابط آبی گندم. مجموعه خلاصه مقالات هفتمین کنگره علوم خاک ایران، دانشگاه شهر کرد، شهریور ۱۳۸۰، صفحه ۷۹-۸۱.

۳. شریفی، ح.ر. ۱۳۸۰. الگوی ماده خشک و ضرایب تخصیص کل ماده خشک در ارقام گندم دیم. پایان نامه دکتری زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، ۱۲۱ صفحه.

۴. صارمی، م. ۱۳۷۲. بررسی حساسیت ارقام گندم در مراحل مختلف رشد فیزیولوژیکی نسبت به کمبود رطوبت. مجموعه خلاصه مقالات اولین کنگره زراعت و اصلاح نباتات ایران. کرج. صفحه ۵۹.

۵. عبد میشانی، س. و ح. شبستری. ۱۳۷۶. ارزیابی ارقام گندم برای مقاومت به خشکی. مجله علوم کشاورزی ایران، جلد ۱۹، شماره های ۱ و ۲، ۴۴ ۳۷

۶. نخجوانی مقدم، م.م. ۱۳۸۲. بررسی اثر تنش آبی در مراحل مختلف رشد گیاه گندم زمستانه و تعیین ضرایب حساسیت گندم. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، ۱۴۰ صفحه.

7. Angus, J.F. and M.W. Mouncu, 1977. Water stress and phenology. Aust. J. Agric. Res., 28 :177- 181.

8. Doorenbos, J. and A.H. Kassam, 1979. Yield response to water. FAO Irrig. Drain. Paper. No 33, 193p.

9. Mishra, H.S., T.R. Rathore and V.S. Tomar, 1995. Water use efficiency of irrigated wheat in the Tarai region of India. Irrig. Sci., 16:75-80.

10. Moustafa, M.A., L. Boersma and W.E. Kronstad, 1998. Response of four spring wheat cultivars to drought stress. Crop. Sci., 36:982-986.

11. Singh, S.D., 1981. Moisture sensitive growth stages of dward wheat and optimal sequencing of evapotrranspiration deficits. Agron. J., 73:387-391.

12. Yang, J., J. Zhang, Z. Wang, Q. Zhu, and L. Liu, 2001. Water deficit-induced senescence and its relationship to the remobilization of pre-stored carbon in wheat during grain filling. Agron. J., 93:196-206.

13. Zhang, L.I.D., 1992. Effect of soil water status photosynthesis and yield of wheat with drought resistance. J. Shandong Agric. Univ., 23(2) :125-130.

Investigation of the effect of water stress on ET and yield criteria of winter wheat

M. M. Nakhjavani Moghadam- B. Ghahraman[1]

ABSTRACT

To investigate the effect of water stress on ET and yield criteria of winter wheat, an experiment was conducted in Mashhad region. A complete randomized block design with 9 treatments and 3 replications were used. The first treatment (control treatment) was irrigated in all growth stages of the plant, six treatment were irrigated on the basis of no watering in a specific growth stage (germination, tillering, jointing, flowering, seeding and ripening) and the two remaining treatments were irrigated on the basis of 20 and 60 percentages of their potential water needs. The amounts of actual evapotranspirations were determined in different experimental treatments by using the water balance equation. The results showed that water stress caused plant could not reach their potential evapotranspirations after the end of stress period. In addition to that, water stress caused the reduction in the amount of plant coefficient and leaf area index. the results show that there is significant difference in the amount of seed yield, harvest index, water use efficiency and the component of yield between control treatment and other treatments ($p<0.05$). As well water stress affected yield mainly via reduction in the weight of 1000 seeds and the number of seed in spike more than the number of spike per area unit.

Key words : Evapotranspirations, Mashhad, water stress, winter wheat, yield.

1- Contribution from College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad.