

## اثر تنش رطوبتی و محدودیت منبع بر تجمع و انتقال مجدد مواد فتوسنتزی در ژنوتیپ های گندم

مسعود عزت احمدی<sup>۱\*</sup> - قربان نورمحمدی<sup>۲</sup> - مسعود قدسی<sup>۳</sup> - محمد کافی<sup>۴</sup>

تاریخ دریافت: ۱۳۸۸/۸/۱

تاریخ پذیرش: ۱۳۸۹/۳/۲۴

### چکیده

به منظور مطالعه روند تولید و تجمع ماده خشک و انتقال مجدد مواد فتوسنتزی به دانه، آزمایشی مزرعه ای در قالب طرح کرت‌های دو بار خرد شده بر پایه بلوک های کامل تصادفی با سه تکرار در سالهای زراعی ۱۳۸۵-۸۶ و ۱۳۸۶-۸۷ در ایستگاه تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی طرق مشهد به اجرا در آمد. تیمار آبیاری در کرت های اصلی شامل آبیاری مطلوب در طول فصل رشد (D<sub>1</sub>) و تنش رطوبتی از مرحله گرده افشانی تا رسیدگی (D<sub>2</sub>)، تیمار ژنوتیپ در کرت های فرعی شامل هفت ژنوتیپ جدید گندم (لاین های شماره ۹۱۰۳، ۹۱۱۶، ۹۲۰۳، ۹۲۰۵، ۹۲۰۷، ۹۲۱۲، C-81-10) و رقم کراس شاهی و تیمار شرایط فتوسنتزی در کرت های فرعی شامل استفاده از فتوسنتز جاری (P<sub>1</sub>) و جلوگیری از فتوسنتز جاری (P<sub>2</sub>) بود. نتایج تجزیه مرکب نشان داد، اثر تنش رطوبتی بر عملکرد دانه، میزان ماده خشک تولیدی در مراحل خمیری نرم و رسیدگی فیزیولوژیک، میزان ماده خشک انتقال یافته، بازدهی انتقال مجدد ماده خشک، درصد انتقال مجدد ماده خشک و کاهش دمای کانوبی (CTD) و میزان نسبی آب برگ (RWC) در مراحل ظهور بساک و آبیکی دانه معنی دار بود. با اعمال تنش رطوبتی، میزان ماده خشک انتقال یافته، بازدهی انتقال مجدد ماده خشک و درصد انتقال مجدد ماده خشک به ترتیب حدود ۱۵، ۱۸ و ۵۰/۶ درصد نسبت به تیمار آبیاری کامل (D<sub>1</sub>) افزایش یافت. با جلوگیری از فتوسنتز جاری، میزان ماده خشک انتقال یافته و بازدهی انتقال مجدد ماده خشک و درصد انتقال مجدد ماده خشک به ترتیب حدود ۴۴ درصد کاهش، ۶۰/۸ درصد کاهش و ۴۳/۱ درصد نسبت به استفاده از فتوسنتز جاری افزایش یافت. اعمال تنش رطوبتی و جلوگیری از فتوسنتز جاری پس از گرده افشانی علاوه بر محدودیت منبع، باعث محدودیت مخزن و کاهش CTD و RWC شد. با توجه به این که ژنوتیپ های C-81-10، ۹۱۰۳ و ۹۱۱۶ بالاترین عملکرد دانه و میزان ماده خشک انتقال یافته را به خود اختصاص دادند، می توان آنها را به عنوان ژنوتیپ های امید بخش و مناسب جهت استفاده در برنامه های اصلاحی مناطق خشک و نیمه خشک پیشنهاد نمود. همبستگی قابل توجه CTD و RWC با عملکرد دانه به ویژه در مرحله آبیکی دانه، نشان داد که می توان از این دو صفت به عنوان معیار انتخاب در برنامه های اصلاحی استفاده کرد.

**واژه های کلیدی:** گندم نان، خشکی، عملکرد دانه، میزان نسبی آب برگ، کاهش دمای کانوبی

### مقدمه

در دنیا بخش قابل توجهی از زراعت گندم در نواحی صورت می گیرد که گیاهان حداقل در دوره هایی از فصل رشد با کمبود آب

قابل دسترس مواجه هستند. تاثیر کمبود آب خاک به مرحله رشد، تداوم و شدت تنش بستگی دارد. در مناطق مدیترانه ای مرحله پر شدن دانه اغلب بر زمانی منطبق است که افزایش دمای محیط و کاهش ذخیره رطوبتی خاک باعث بروز تنش های خشکی و گرما می شود. نتیجه نهایی و عمومی این تنش ها، چروکیدگی دانه، کاهش وزن هزار دانه و در نتیجه کاهش عملکرد دانه می باشد (۱۵). در بیشتر مطالعات در مورد غلات دانه ریز مشخص شده است که ساقه و غلاف برگها محل ذخیره مواد فتوسنتزی می باشند. کربوهیدرات ها در ساقه ها به شکل گلوکز، فروکتوز، ساکارز و نشاسته ذخیره می شوند، اما بیشتر ذخایر به شکل فروکتان می باشند (۳۹). مواد ذخیره شده عمدتاً به شکل کربوهیدرات های غیر ساختمانی و یا کربوهیدرات

۱- فارغ التحصیل دکتری زراعت، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران و استادیار مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی

(\*- نویسنده مسئول: Email : meahmady@yahoo.com)

۲- استاد دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران

۳- استادیار مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی

۴- استاد گروه زراعت دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

استوار است که با تخییر از سطح برگ، دمای برگ کاهش می‌یابد. این صفت مستقیماً به وسیله هدایت روزنه ای و به طور غیر مستقیم به وسیله بسیاری از فرایندهای فیزیولوژیکی از جمله انتقال آب به وسیله آوندها، تثبیت کربن و سایر فعالیتهای متابولیکی تحت تاثیر قرار می‌گیرد و معیار مناسبی برای ارزیابی سازگاری یک ژنوتیپ در یک محیط می‌باشد (۱۳ و ۳۰). الحکیمی و جاردات (۶) میزان نسبی آب برگ را شاخص مفید و مؤثری برای انتخاب در نسلهای در حال تفرق گندم دوروم در شرایط محدودیت رطوبتی معرفی کردند. مطالعات دیگری نیز حاکی از قابل اطمینان بودن میزان نسبی آب برگ به عنوان شاخص تحمل به تنش رطوبتی می‌باشد (۳۶). توان بالقوه ذخیره سازی مواد فتوسنتزی در ساقه و سپس کارایی انتقال آنها به دانه دو خصوصیت مؤثر در ثبات عملکرد تحت شرایط تنش خشکی می‌باشد. این خصوصیات تحت کنترل ژنتیکی بوده و لذا در ارقام اصلاح شده برای نقاط مختلف می‌تواند متفاوت باشد (۴). یک روش ساده و مؤثر برای اندازه گیری انتقال مجدد مواد فتوسنتزی، اندازه گیری میزان کاهش وزن ساقه‌ها بین مراحل گرده افشانی و رسیدگی است (۳۲). هدف از انجام این تحقیق، مطالعه میزان تولید، تجمع و انتقال مجدد مواد فتوسنتزی ذخیره شده در ساقه‌های ژنوتیپ‌های گندم نان تحت تنش رطوبتی در مراحل مختلف نمو و رابطه میزان نسبی آب برگ و کاهش دمای کانوپی با عملکرد دانه می‌باشد.

### مواد و روش‌ها

این بررسی در قالب آزمایش کرت های دو بار خرد شده با متن اصلی بلوک های کامل تصادفی با سه تکرار و به مدت دو سال زراعی (۸۶-۱۳۸۵ و ۸۷-۱۳۸۶) در مزرعه ایستگاه تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی طرق مشهد با عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۱۳ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۹ درجه و ۴۰ دقیقه شرقی و ارتفاع ۹۸۵ متر از سطح دریا بر روی خاکی با بافت لوم سیلتی به اجرا در آمد. تیمار آبیاری در کرت‌های اصلی شامل آبیاری مطلوب در طول فصل رشد (D<sub>1</sub>) و تنش رطوبتی (قطع آبیاری و جلوگیری از نفوذ باران) از مرحله گرده افشانی تا رسیدگی (D<sub>2</sub>)؛ تیمار ژنوتیپ در کرت های فرعی شامل هفت ژنوتیپ جدید گندم (لاین های شماره ۹۱۰۳ (C<sub>1</sub>)، ۹۱۱۶ (C<sub>2</sub>)، ۹۲۰۳ (C<sub>3</sub>)، ۹۲۰۵ (C<sub>4</sub>)، ۹۲۰۷ (C<sub>5</sub>)، ۹۲۱۲ (C<sub>6</sub>)، انتخابی از آزمایش یکنواخت سراسری خشکی گندم (C-84-D)، C-81-10 (C<sub>7</sub>) و رقم کراس شاهی (C<sub>8</sub>) حساس به خشکی) و تیمار شرایط فتوسنتزی در کرت های فرعی شامل استفاده از فتوسنتز جاری (P<sub>1</sub>)، شرایط معمولی) و جلوگیری از فتوسنتز جاری (P<sub>2</sub>) بود. برای اجرای تیمار اخیر حدود ۱۲ تا ۱۴ روز پس از ظهور سنبله یعنی آغاز مرحله رشد خطی پر شدن دانه‌ها، دید پتاسیم با

های محلول در آب می‌باشند. یکی از راهکارهای مناسب جهت دستیابی به عملکرد قابل قبول، استفاده از شاخص های فیزیولوژیکی از جمله ارزیابی میزان انتقال مجدد کربوهیدرات ها و پروتئین ها در گندم و جو تحت تنش خشکی می‌باشد (۴). سهم انتقال مجدد ذخیره ای ساقه یا درصد ذخایر ساقه نسبت به وزن کل دانه به وسیله اندازه مخزن، شرایط محیط و رقم کنترل می‌شود. پس از گرده افشانی مهمترین و قویترین مخزن، دانه‌های در حال پر شدن می‌باشند. بنابراین میزان تقاضای مخزن (دانه‌ها) مهمترین مؤلفه در تعیین میزان انتقال ذخایر ساقه است (۱۸).

سهم نسبی ذخایر ساقه به وزن کل دانه در سنبله (عملکرد دانه) بسته به شرایط محیط آزمایش و ارقام مورد استفاده به طور متوسط بین ۶ تا ۱۰۰ درصد متغیر می‌باشد (۱۷ و ۲۰). پاپاکوستا و گایاناس (۲۷) در یک مطالعه بر روی ۴ رقم گندم کارایی انتقال ماده خشک، یعنی بخشی از وزن ساقه که به دانه انتقال می‌یابد را بین ۲/۳ تا ۳۶/۴ درصد ذکر کردند. افزایش شدت تنش نیز انتقال مجدد را تحت تاثیر قرار می‌دهد. پالتا و همکاران (۲۶) دریافتند که در شرایط تنش رطوبتی شدید نسبت به تنش خفیف، مجموع کل کربن دانه به میزان ۲۴ درصد کاهش یافت، زیرا میزان تثبیت کربن پس از گرده افشانی ۵۷ درصد کاهش یافت ولی میزان انتقال مجدد کربن ذخیره شده در قبل از گرده افشانی به میزان ۳۶ درصد افزایش یافت. مکانیزم های خود تنظیمی گیاه و روند تکاملی آن در جهت استفاده حداکثر از امکانات محیطی به موازات مصرف انرژی کمتر است. نقش فتوسنتز جاری در عملکرد دانه را می‌توان به عنوان یک مکانیزم انتخابی قلمداد نمود؛ زیرا فرایند انتقال مجدد در هر دو مرحله انباشت و انتقال مستلزم صرف انرژی است. به عبارت دیگر، در شرایطی که مواد حاصل از فتوسنتز جاری برای پر شدن دانه کافی باشد، جریان حرکت و انتقال مجدد مواد فتوسنتزی محدود می‌شود (۴). البته عموماً در مرحله پر شدن دانه‌ها، فتوسنتز جاری تحت تاثیر تنش های زنده و غیر زنده متعددی قرار می‌گیرد و در این زمان انتقال مجدد ذخایر ساقه به عنوان یک فرایند مهم و پشتیبانی کننده می‌تواند تا حدود زیادی کاهش عملکرد دانه را جبران کند (۴ و ۱۵). صفت تاخیر در پیری برگ (به عنوان یک منبع با ثبات فتوسنتز جاری) در شرایط بدون تنش جهت افزایش عملکرد صفت مطلوبی است، ولی در شرایط تنش پس از مرحله گرده افشانی ممکن است یک مزیت به حساب نیاید، زیرا تنش موجب پیری یا زوال برگ می‌شود. همچنین مطالعات نشان می‌دهد که علاوه بر طول دوره پر شدن دانه‌ها، صفات فیزیولوژیکی از جمله هدایت روزنه ای و کاهش دمای جامعه گیاهی<sup>۱</sup> نقش مهمی در تضمین عملکرد بالاتر در شرایط تنش رطوبتی دارند. اساس فیزیولوژیکی کاهش دمای کانوپی بر این پایه

1 - Canopy Temperature Depression (CTD)

(۲۷):

$$DMT = DMA - (DMM - GW) \\ CPAAG \% = (DMT/GW) \times 100$$

در معادله‌های فوق، DMT: مقدار ماده خشک انتقال یافته<sup>۲</sup>، DMA: وزن ماده خشک در مرحله ظهور بساک<sup>۳</sup>، DMM: وزن ماده خشک در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک<sup>۴</sup>، GW: وزن دانه<sup>۵</sup> و CPAAG: درصد مشارکت مواد پرورده ی ذخیره ای قبل از ظهور بساک در پر شدن دانه (درصد انتقال مجدد)<sup>۶</sup> می باشد. بازدهی انتقال مجدد (RE)<sup>۷</sup>، با استفاده از معادله زیر محاسبه شد (۳۳).

$$RE \% = DMT/DMA \times 100$$

برای انجام محاسبات و تجزیه واریانس از نرم افزارهای Excel و Mstatc استفاده شد و پس از انجام آزمون یکنواختی داده‌ها، تجزیه واریانس مرکب دو ساله بر روی عملکرد دانه و سایر صفات مرتبط با عملکرد و انتقال مجدد مواد فتوسنتزی انجام شد. میانگین مربعات خطا برای هر منبع تغییر، به کمک روش کارمر و همکاران (۱۹) و با استفاده از امید ریاضی آنها تعیین و F جدول محاسبه و برای مقایسه میانگین‌ها از روش دانکن استفاده شد.

## نتایج و بحث

نتیجه تجزیه واریانس مرکب دو سال نشان داد، اثر تنش رطوبتی بر تولید و تجمع ماده خشک در مراحل خمیری نرم و رسیدگی فیزیولوژیک، وزن خشک سنبله در مرحله ظهور بساک، میزان ماده خشک انتقال یافته، بازدهی انتقال مجدد ماده خشک و درصد انتقال مجدد ماده خشک معنی دار بود. به علاوه اختلافات ژنوتیپی نیز در مورد صفات مذکور معنی دار بود (جدول ۱ و ۲). روند تولید و تجمع ماده خشک ژنوتیپ‌های گندم در تیمارهای تنش رطوبتی و شرایط فتوسنتزی صعودی بود و از منحنی کلی سیگموئیدی رشد تبعیت داشت (شکل ۱). تنش رطوبتی بر میزان ماده خشک تولیدی در مراحل مختلف نمو مؤثر بود و حداکثر ماده خشک تولیدی مربوط به تیمار D1 بود. با اعمال تنش رطوبتی، تنش شدیدی به گیاه وارد شد؛ به طوری که روند منحنی تجمع ماده خشک کاهش و شیب منحنی کند شد (شکل ۱). در شرایط مطلوب، میزان تثبیت کربن بالا بوده و بخشی از اسیملات‌ها نیز ذخیره می شوند (۱۵، ۱۷ و ۲۶).

غلظت ۰/۴ درصد ماده مؤثر بر روی کلیه اندام های گیاه از جمله ساقه‌ها، برگ‌ها و سنبله‌ها پاشیده شد تا از فتوسنتز جاری جلوگیری به عمل آید (۱۵). هر کرت شامل ۶ ردیف با فاصله ۲۰ سانتی متر از یکدیگر (روی دو پشته) و به طول ۷ متر بود. به منظور اطمینان از عدم تداخل آبیاری، بین هر کرت اصلی دو پشته نکاشت (به عرض ۱/۲ متر) قرار گرفت. تاریخ کاشت در هر دو سال ۲۷ مهر و میزان بذر بر اساس تراکم ۵۰۰ بذر در متر مربع و با در نظر گرفتن وزن هزار دانه ژنوتیپ‌های گندم تعیین شد. میزان کود مورد نیاز بر اساس نتایج آزمون خاک و با استفاده از فرمول (۵۰-۹۰-۱۶۰) کیلوگرم N-P-K خالص در هکتار محاسبه و تمامی کود فسفره و پتاسه به علاوه یک سوم کود نیتروژنه همزمان با کاشت (به عنوان کود پایه) و باقیمانده کود نیتروژن به نسبت مساوی در دو مرحله، ابتدای تولید شدن ساقه و ابتدای ظهور سنبله، به صورت سرک مصرف شد. کاشت با استفاده از ماشین بذر کار آزمایشات غلات انجام و سپس آبیاری صورت گرفت تا رطوبت پروفیل خاک در منطقه توسعه ریشه اشباع و جوانه زنی و سبز کردن بذور با سهولت انجام شود. برای کنترل علف‌های هرز دو بار وجین انجام شد. تیمار تنش رطوبتی در مرحله ظهور بساک به وسیله قطع آبیاری و جلوگیری از نفوذ باران (با استفاده از یک باران گیر متحرک<sup>۱</sup>) اعمال شد. میزان آب مورد نیاز گیاه و زمان آن از طریق اندازه گیری مکرر رطوبت خاک به روش وزنی تعیین و با شیوه آبیاری نشتی در دسترس گیاه قرار گرفت (۳).

برای اندازه گیری میزان نسبی آب برگ از روش سیدیک و همکاران (۳۶) و شانفلد و همکاران (۳۴) استفاده شد. دمای کانوپی با استفاده از دماسنج مادون قرمز (مدل HI-500, TASC0, Japan) تعیین شد. تمام اندازه گیری‌های مربوط به دمای کانوپی در ظهر خورشیدی انجام و به منظور حداقل کردن تاثیر زاویه خورشید، جهت رو به جنوب انتخاب شد. همزمان با اندازه گیری دمای کانوپی، دمای محیط نیز به صورت لحظه ای با دماسنج دیجیتال دستی (مدل OSK-11535, Japan) اندازه گیری و تفاوت دمای محیط و کانوپی به عنوان کاهش دمای کانوپی (CTD) منظور گردید (۱۲). عملکرد بیولوژیک و دانه از طریق برداشت ۴ خط ۴ متری از هر کرت (۳/۲ متر مربع) تعیین گردید. به منظور تخمین قدرت ذخیره سازی مواد فتوسنتزی در ساقه و قدرت انتقال مجدد آنها در شرایط کنترل و تنش، در مرحله ظهور بساک از هر کرت فرعی فرعی ۶۰ ساقه کامل و نسبتاً یکنواخت علامت گذاری شده و به دو گروه حتی الامکان مشابه تقسیم شدند و ۳۰ ساقه در ظهور بساک و ۳۰ ساقه دیگر در رسیدگی فیزیولوژیک همراه با سنبله برداشت شده و به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۸۰ درجه سانتی گراد خشک شدند و صفات مربوط به انتقال مجدد ماده خشک اندامهای هوایی از روابط زیر محاسبه شد

2 - Dry matter translocated

3 - Dry matter at anthesis

4 - Dry matter at maturity

5 - Grain weight

6 - Contribution of pre-anthesis assimilates to grain filling

7 - Remobilization efficiency

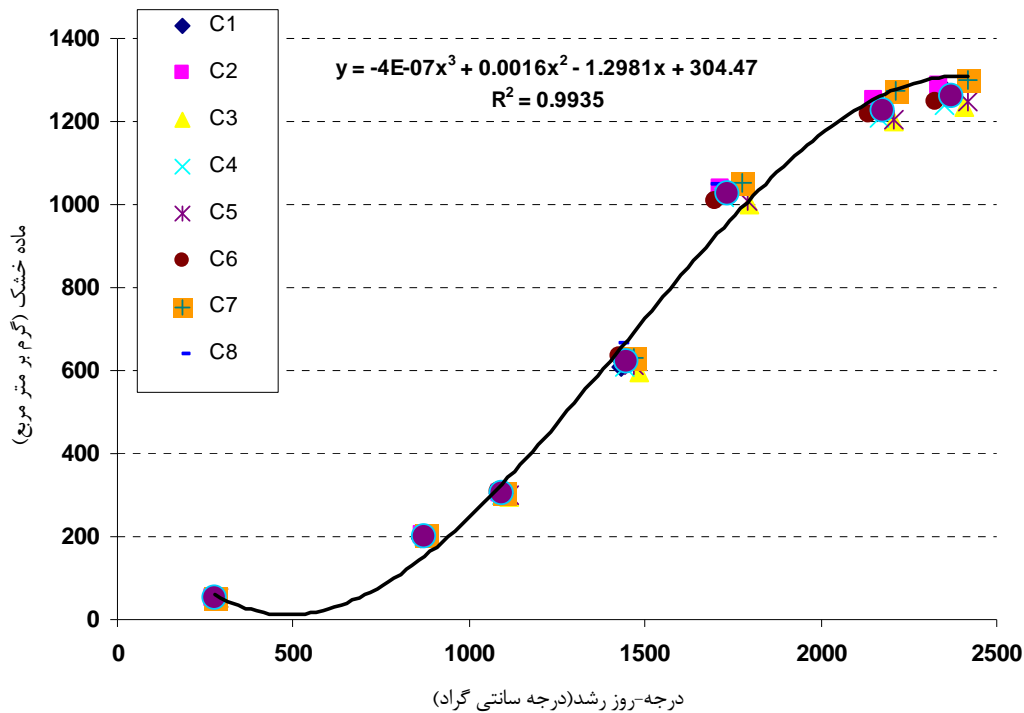
1 - Mobile Rain Shelter



جدول ۲- خلاصه نتایج تجزیه واریانس مرکب (میانگین مربعات) ماده خشک تولیدی در مراحل مختلف نمو، عملکرد دانه و روز تا رسیدگی فیزیولوژیک.

روز تا رسیدگی فیزیولوژیک	عملکرد دانه	ماده خشک در رسیدگی فیزیولوژیک	ماده خشک در خمیری نرم	ماده خشک در ظهور بساک	ماده خشک در ظهور برگ	ماده خشک		ماده خشک در گل انگیزی	ماده خشک در برگ	درجه آزادی	منابع تغییر
						طول شدن ساقه	ظهور برگ				
۱۷۸۲/۴۲۳ <sup>ns</sup>	۳۷۱۳۰/۸۰ <sup>ns</sup>	۱۴۰۷۱۶۱/۲۵۵ <sup>ns</sup>	۱۲۸۵۲۵/۱۸۱ <sup>ns</sup>	۵۳۳۸۵/۳۳۱ <sup>ns</sup>	۲۱۱۸۷۵/۸۰۱ <sup>ns</sup>	۹۳۳۱/۴۸۳ <sup>ns</sup>	۱۰۴۰/۵۷۹ <sup>ns</sup>	۶۰/۴۱۳ <sup>ns</sup>	۱	سال	
۰/۸۸۵	۱۱۴۵۷۵/۸	۳۰۱۹/۷۰۱	۳۳۵۵/۸۷۹	۹۴۵/۳۳۴	۱۱۴۰/۳۹۳	۴۸۹/۱۵۶	۳۰۳/۶۹۴	۰/۴۱۶	۴	سال (تکرار)	
۱۶۰/۴۳۹۷ <sup>ns</sup>	۱۲۲۹۶۸۶/۳۲۵ <sup>ns</sup>	۲۱۶۴۱۸۶/۳۲۵ <sup>ns</sup>	۱۶۹۴۰۰۱/۴۶۶ <sup>ns</sup>	۴۸۸۳۴۰/۸	۱۷۵۵/۴۶۸	۱۸۶/۳۶۳ <sup>ns</sup>	۲۶/۹۴۳ <sup>ns</sup>	۲/۲۶۳ <sup>ns</sup>	۱	تنش رطوبتی	
۵/۰۰۵ <sup>ns</sup>	۱۶۵۰۵۵۶/۹ <sup>ns</sup>	۳۰۵۳۴۴/۶۰۴ <sup>ns</sup>	۳۰۶۰۰۹/۱۶۴ <sup>ns</sup>	۱۵۶۰۲/۴۳۱ <sup>ns</sup>	۳۴۴۲/۰۹۲ <sup>ns</sup>	۱۲/۰۸۰ <sup>ns</sup>	۳۴۲/۱۴۶ <sup>ns</sup>	۰/۶۶۵ <sup>ns</sup>	۱	سال × تنش رطوبتی	
۰/۴۴۸	۵۴۰۰۵/۷	۵۵۳۲/۵۲۹	۹۰۴۷/۱۲۸	۴۶۶۴/۳۳۱	۱۷۷/۰۶۳	۱۲۲/۴۵۸	۱۷۸/۸۵۰	۰/۱۸۶	۴	تکرار × تنش رطوبتی (سال)	
۶۲/۸۵۶ <sup>ns</sup>	۴۶۷۴۶۵/۴ <sup>ns</sup>	۱۵۸۳۷/۹۴۳ <sup>ns</sup>	۱۶۸۱۰/۰۴۴ <sup>ns</sup>	۹۲۷۹/۲۶۹ <sup>ns</sup>	۱۱۵۱۲/۷۰۰ <sup>ns</sup>	۱۲۸۱/۹۰۱ <sup>ns</sup>	۳۳۳/۸۸۵ <sup>ns</sup>	۵/۳۳۰ <sup>ns</sup>	۷	ژنوتیپ	
۴۴/۹۲۲ <sup>ns</sup>	۷۴۸۸۰/۶/۵	۳۴۰۲/۴۷۸	۴۱۷۲/۲۵۶ <sup>ns</sup>	۱۴۹۸/۸۲۶ <sup>ns</sup>	۳۰۰۰/۲۱۶ <sup>ns</sup>	۱۱۲/۳۶۹ <sup>ns</sup>	۳۹۱/۰۵۷ <sup>ns</sup>	۵/۳۷۸ <sup>ns</sup>	۷	سال × ژنوتیپ	
۲/۳۹۲ <sup>ns</sup>	۴۴۱۳۴۳/۵	۱۸۶۹/۳۷۹ <sup>ns</sup>	۳۳۶۴/۰۹۲ <sup>ns</sup>	۱۶۷۴/۶۰۸	۷۸۹/۶۶۸ <sup>ns</sup>	۱۲۰/۱۱۷ <sup>ns</sup>	۳۲۹/۳۳۳ <sup>ns</sup>	۰/۱۸۶ <sup>ns</sup>	۷	تنش رطوبتی × ژنوتیپ	
۳/۴۵۸ <sup>ns</sup>	۲۸۶۵۶۵/۹ <sup>ns</sup>	۶۷۳۰/۳۷۸	۵۳۰۷/۳۸۱ <sup>ns</sup>	۳۲۹۴/۰۸۳ <sup>ns</sup>	۶۹۲/۰۷۵ <sup>ns</sup>	۷۷/۵۲۳ <sup>ns</sup>	۱۱۳/۹۱۰ <sup>ns</sup>	۰/۲۸۸ <sup>ns</sup>	۷	سال × تنش رطوبتی × ژنوتیپ	
۱/۷۲۶	۱۰۷۵۲۵/۳	۴۸۴۲/۴۰۱	۴۳۹۷/۴۳۵	۳۳۶۲/۱۲۲	۱۰۷۴/۱۲۴	۲۶۶/۸۹۷	۲۶۳/۰۰۱	۰/۹۱۶	۵۶	خطا	
۷۶/۲۵۵ <sup>ns</sup>	۷۲۷۰۴۵۰۶۰/۶ <sup>ns</sup>	۵۰۵۴۲۱۷/۱۹۱ <sup>ns</sup>	۳۸۸۹۴۸/۹۲۸ <sup>ns</sup>	۱۵۵۲۲/۵۴۱ <sup>ns</sup>	۱۸۵۸/۱۶۳ <sup>ns</sup>	۶۶۲/۷۵۶ <sup>ns</sup>	۵۱۶/۲۰۷ <sup>ns</sup>	۰/۰۱۳ <sup>ns</sup>	۱	فوستر	
۱۱/۵۰۵ <sup>ns</sup>	۳۷۱۸۹۱۶۰/۹ <sup>ns</sup>	۳۳۱۶۸/۵۶۴ <sup>ns</sup>	۲۸۵۲۵/۰۳۱ <sup>ns</sup>	۶۳۳۳/۶۳۰ <sup>ns</sup>	۱۸۶۹/۳۸۰ <sup>ns</sup>	۱۳۶/۴۸۵ <sup>ns</sup>	۱۱۲/۵۷۳ <sup>ns</sup>	۰/۰۵۷ <sup>ns</sup>	۱	سال × فوستر	
۱۸/۱۳۰ <sup>ns</sup>	۶۶۸۱۵۲۵/۹ <sup>ns</sup>	۷۶۶۸۱/۲۰۳ <sup>ns</sup>	۵۵۱۳۳۲/۲۰۵ <sup>ns</sup>	۶۰۵۶/۴۵۱ <sup>ns</sup>	۳۲۵/۲۸۲ <sup>ns</sup>	۳۶/۸۲۰ <sup>ns</sup>	۱۹۱/۶۴۰ <sup>ns</sup>	۰/۱۲۵ <sup>ns</sup>	۱	تنش رطوبتی × فوستر	
۱۰/۵۲۷ <sup>ns</sup>	۱۳۴۴۲۵۰/۹ <sup>ns</sup>	۲۵۶۳۳۰/۱۳۳ <sup>ns</sup>	۳۷۸۰۴۶/۶۱۱ <sup>ns</sup>	۸۴۳۴/۳۸۷ <sup>ns</sup>	۱۰۰/۱۶۴۶ <sup>ns</sup>	۳۱/۱۳۷ <sup>ns</sup>	۲۵۲/۹۶۶ <sup>ns</sup>	۲/۳۳۱ <sup>ns</sup>	۱	سال × تنش رطوبتی × فوستر	
۰/۷۷۹ <sup>ns</sup>	۱۰۵۸۷۴۶/۳ <sup>ns</sup>	۱۱۳۰/۲/۳۶۵ <sup>ns</sup>	۹۴۶۶/۷۱۶ <sup>ns</sup>	۱۶۹۶/۸۷۳ <sup>ns</sup>	۱۹۱/۴۹۶ <sup>ns</sup>	۲۰۴/۵۸۲ <sup>ns</sup>	۱۵۷/۶۷۷ <sup>ns</sup>	۰/۴۹۷ <sup>ns</sup>	۷	ژنوتیپ × فوستر	
۰/۴۸۱ <sup>ns</sup>	۵۲۱۰۰۹۲/۷ <sup>ns</sup>	۳۳۲۵/۵۸۷ <sup>ns</sup>	۳۱۲۸/۷۶۴ <sup>ns</sup>	۲۱۰۰۳/۶۲۸ <sup>ns</sup>	۲۲۲/۹۴۸ <sup>ns</sup>	۲۱۹/۳۲۸ <sup>ns</sup>	۳۲۸/۴۰۳ <sup>ns</sup>	۰/۱۰۳ <sup>ns</sup>	۷	سال × ژنوتیپ × فوستر	
۰/۹۸۷ <sup>ns</sup>	۳۶۳۰۷۸/۵ <sup>ns</sup>	۱۸۸۵/۰۵۳ <sup>ns</sup>	۱۳۳۲/۳۴۳ <sup>ns</sup>	۱۲۸۲/۰۹۸ <sup>ns</sup>	۲۵۷/۳۳۳ <sup>ns</sup>	۵۴/۱۰۰ <sup>ns</sup>	۱۷۷/۷۸۵ <sup>ns</sup>	۰/۳۱۱ <sup>ns</sup>	۷	تنش × ژنوتیپ × فوستر	
۰/۳۳۳ <sup>ns</sup>	۲۲۰۴۷۱/۷ <sup>ns</sup>	۳۱۰۲/۶۷۶ <sup>ns</sup>	۳۶۸۸/۰۴۴ <sup>ns</sup>	۸۶۵/۴۱۴ <sup>ns</sup>	۱۵۷/۶۷۳ <sup>ns</sup>	۷۷/۸۵۸ <sup>ns</sup>	۱۹۶/۰۵۰ <sup>ns</sup>	۰/۳۳۳ <sup>ns</sup>	۷	سال × تنش رطوبتی × ژنوتیپ × فوستر	
۱/۲۸۱	۱۰۸۶۶۰/۰	۲۲۵۰/۹۶۰	۳۲۶۵/۹۷۷	۱۶۰۷/۳۹۷	۴۶۱/۷۷۲	۱۴۲/۴۵۴	۳۳۶/۷۵۴	۱۰/۰۶۸	۶۴	خطا	
۰/۵۰	۸/۳۲	۳/۷۷	۳/۹۶	۳/۹۱	۳/۳۵	۳/۹۲	۷/۶۶	۲/۰۱		ضریب تغییرات (%)	

ns و \*\* به ترتیب به مفهوم معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و غیر معنی دار



شکل ۱ - روند تولید و تجمع ماده خشک ژنوتیپ‌های گندم در تیمارهای تنش رطوبتی و شرایط فتوسنتزی در طول فصل رشد (میانگین دو سال)

یافت (جدول ۳). فتوسنتز جاری به عنوان یکی از مهمترین منابع کربن برای پر شدن دانه‌ها، به جذب مؤثر نور به وسیله سطح سبز گیاه پس از مرحله گرده افشانی وابسته است (۴ و ۹). این منبع نیز عموماً به وسیله پیری طبیعی برگ و بروز تشبیهات مختلف محدود می‌شود. در حالی که در همین زمان تقاضا برای مواد فتوسنتزی جهت پر شدن دانه‌ها و تقاضا برای تنفس نگهداری زیست توده نیز افزایش می‌یابد (۴). پاپاکوستا و گاگیاناس (۲۷) گزارش نمودند، به طور متوسط درصد انتقال مجدد در مورد گندم نان بین ۶ تا ۷۳ درصد بوده و در شرایط تنش رطوبتی انتهای فصل رشد، ذخایر ساقه از اهمیت زیادی برخوردار است، زیرا در مناطق مدیترانه‌ای دوره پر شدن دانه‌ها با شرایط گرم و خشک مصادف شده و در فتوسنتز جاری گندم اختلال ایجاد می‌شود. همچنین نتایج آزمایشات مختلف (۳۳ و ۳۹) نشان داد در شرایط مطلوب رطوبتی سهم ذخایر ساقه در پر کردن دانه‌های گندم نان حدود ۱۰ تا ۱۲ درصد و در شرایط تنش رطوبتی بیش از ۴۰ درصد بود که با نتایج این آزمایش موافقت دارد. ژنوتیپ C-81-10 (C7) بیشترین درصد انتقال مجدد مواد، میزان ماده خشک انتقال یافته و بازدهی انتقال مجدد را به خود اختصاص داد (جدول ۳). حسین و همکاران (۲۴) گزارش نمودند که گندم رقم بانتی-۳۱۰ پتانسیل عملکرد دانه بالایی داشته و در مورد استفاده از ذخایر ساقه از قابلیت خوبی برخوردار بود. بنابراین نتیجه گرفتند که ارقام متحمل به خشکی بایستی از ظرفیت ذخیره ساقه مناسبی برای پر کردن دانه‌ها برخوردار باشند، هرچند به بهای کاهش پتانسیل عملکرد آنها تمام

در مراحل ظهور بساک، خمیری نرم و رسیدگی فیزیولوژیک در مورد میزان ماده خشک تولیدی، بین ژنوتیپ‌های گندم اختلاف آماری معنی داری وجود داشت (جدول ۲). ژنوتیپ‌های C-81-10 (C7)، ۹۱۱۶ (C2) و ۹۱۰۳ (C1) بیشترین و ژنوتیپ ۹۲۰۳ (C3) و رقم کراس شاهی (C8) کمترین مقدار ماده خشک را در این مراحل تولید نمودند (جدول ۴). مقدار ماده خشک تولیدی کمتر در ژنوتیپ ۹۲۰۳ را می‌توان به ارتفاع کمتر گیاه و در رقم کراس شاهی علی‌رغم ارتفاع زیاد گیاه، به عملکرد دانه پایین نسبت داد. بین مقدار ماده خشک تولیدی ژنوتیپ‌ها در سایر مراحل نمو تفاوت آماری معنی داری وجود نداشت (جدول ۴). اثر تیمار فتوسنتزی بر میزان ماده خشک تولیدی در مراحل خمیری نرم و رسیدگی فیزیولوژیک معنی دار بود (جدول ۲). با توجه به مصرف دید پتانسیم حدود ۱۲ تا ۱۴ روز پس از ظهور سنبله و از بین رفتن سطح سبزینه گیاه و نتیجتاً توقف فتوسنتز جاری، تولید ماده خشک کمتر در مراحل خمیری نرم و رسیدگی فیزیولوژیک نسبت به تیمار P<sub>1</sub> منطقی می‌باشد.

با اعمال تنش رطوبتی، میزان ماده خشک انتقال یافته، بازدهی انتقال مجدد ماده خشک و درصد انتقال مجدد ماده خشک به ترتیب حدود ۱۵، ۱۸ و ۵۰/۶ درصد نسبت به تیمار آبیاری کامل (D<sub>1</sub>) افزایش یافت (جدول ۳). با جلوگیری از فتوسنتز جاری، میزان ماده خشک انتقال یافته و بازدهی انتقال مجدد ماده خشک و درصد انتقال مجدد ماده خشک به ترتیب حدود ۴۴ درصد کاهش، ۶۰/۸ درصد کاهش و ۴۳/۱ درصد نسبت به استفاده از فتوسنتز جاری افزایش

ژنوتیپ های ۹۱۰۳ (C1)، ۹۱۱۶ (C2) و C-81-10 (C7) عملکرد دانه بالایی داشتند. ژنوتیپ های C-81-10، ۹۱۱۶ و ۹۲۰۷ (C5) تحت شرایط معمولی و جلوگیری از فتوستنژ جاری بالاترین عملکرد دانه را به خود اختصاص دادند. مناسبترین ژنوتیپ ها برای شرایط معمولی رطوبتی C-81-10، ۹۱۱۶ و ۹۱۰۳ بودند. در شرایط تنش رطوبتی و تحت شرایط استفاده از فتوستنژ جاری ژنوتیپ های ۹۱۰۳ و ۹۲۱۲ و C-81-10 در شرایط تنش رطوبتی و جلوگیری از فتوستنژ جاری ژنوتیپ های ۹۱۱۶، C-81-10 و ۹۱۰۳ بالاترین عملکرد دانه را داشتند. مناسبترین ژنوتیپ ها برای شرایط تنش رطوبتی، لاین های ۹۱۰۳، ۹۱۱۶ و C-81-10 بودند. ریچاردز و همکاران (۳۲) گزارش نمودند، برای دستیابی به عملکرد بالا بایستی بین میزان رشد قبل و بعد از گرده افشانی توازن وجود داشته باشد. رشد کمتر قبل از گرده افشانی باعث کاهش عملکرد بیولوژیک شده ولی باعث به حداکثر رساندن شاخص برداشت خواهد شد، در حالی که رشد بیشتر قبل از گرده افشانی، بیوماس را به حداکثر رسانده ولی باعث کاهش شاخص برداشت می شود.

کاهش معنی دار روز تا رسیدگی فیزیولوژیک تحت تنش رطوبتی ناشی از زرد شدن زودتر برگها و در نتیجه پیری زودرس گیاه بود (جدول ۲). در بین ژنوتیپ های مورد مطالعه، ژنوتیپ های C-81-10 و ۹۱۱۶ از زودرسی نسبی برخوردار بودند (جدول ۴). آراس و همکاران (۹) و آلوارو و همکاران (۷) اظهار نمودند، در شرایط مطلوب (بدون تنش) افزایش نسبی طول دوره پر شدن دانه ها یک مزیت به حساب می آید، زیرا گیاه فرصت بیشتری برای انتقال مواد فتوستنژی (فتوستنژ جاری و ذخایر ساقه) به دانه ها داشته و از این طریق عملکرد افزایش می یابد. در حالی که در شرایط تنش رطوبتی، القاء زودرسی برای فرار از شرایط سخت محیطی از اهمیت بیشتری برخوردار است. این گزارشات با نتایج این تحقیق در مورد زودرسی نسبی ارقام متحمل به تنش رطوبتی مطابقت دارد.

جلوگیری از فتوستنژ جاری سبب کاهش روز تا رسیدگی فیزیولوژیک شد (جدول ۲ و ۴). این کاهش ممکن است به دلیل از بین رفتن کلروفیل، عدم انجام فتوستنژ و در نتیجه زودرسی اجباری در گیاه باشد.

اثر محدودیت رطوبتی در مراحل ظهور بساک و آبکی دانه، اثر ژنوتیپ در مراحل ظهور برگ پرچم، سنبله دهی، ظهور بساک و آبکی دانه، و اثر شرایط فتوستنژی در مرحله آبکی دانه بر مقادیر CTD و RWC معنی دار بود (جدول ۱). در شرایط بهینه و محدودیت رطوبتی مقادیر CTD و RWC با پیشرفت مراحل فنولوژیک کاهش یافت (جدول ۳). سیدیک و همکاران (۳۶) در بررسی مشابهی کاهش RWC و افزایش دمای کانوپی (کاهش CTD) را با پیشرفت مراحل فنولوژیک گزارش کردند.

شود. توده های بومی گندم نیز در مقایسه با ارقام پر عملکرد جدید، بیشتر از ذخایر ساقه برای پر کردن دانه ها استفاده می کنند که البته به دلیل ماهیت ارتفاع بوته زیاد آنها می باشد (۱۶). به عبارت دیگر، نتایج این گونه مطالعات نشان می دهد که یک رابطه متقابل منفی بین پتانسیل عملکرد دانه و استفاده از ذخایر ساقه وجود ندارد (۱۷) و (۲۰) که مؤید نتایج این تحقیق می باشد.

تحت شرایط تنش رطوبتی و جلوگیری از فتوستنژ جاری، عملکرد دانه به ترتیب حدود ۳۵٪ و ۶۸٪ نسبت به شرایط معمولی کاهش یافت (جدول ۴). کاهش عملکرد دانه عمدتاً ناشی از کاهش وزن هزار دانه و تعداد دانه در سنبله بود که با نتایج امام و همکاران (۲۱) و همام (۲۳) مطابقت دارد. مقایسه میانگین عملکرد دانه ژنوتیپ های گندم در میانگین تیمارهای تنش رطوبتی و شرایط فتوستنژی نشان داد ژنوتیپ های C-81-10 (C7)، ۹۱۱۶ (C2) و ۹۱۰۳ (C1) بالاترین عملکرد دانه و رقم کراس شاهی کمترین عملکرد دانه را به خود اختصاص دادند (جدول ۴). این در حالی است که همین ژنوتیپ ها (C-81-10، ۹۱۱۶ و ۹۱۰۳) بیشترین مقدار عملکرد بیولوژیک را داشتند (داده ها نشان داده نشده است). بنابراین می توان گفت برای افزایش عملکرد بالقوه، باید میزان ماده خشک تولیدی را افزایش داد. بین مقدار ماده خشک تولیدی در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک با عملکرد دانه همبستگی بالا و معنی داری مشاهده شد (\*\* $r=0.94$ ). از نظر تحمل به خشکی بین ژنوتیپ های گندم واریانس ژنوتیپی وجود داشت و معمولاً ژنوتیپ هایی که در شرایط معمولی از عملکرد زیادی برخوردار بودند، شرایط تنش را نیز بهتر تحمل نموده و عملکرد قابل قبولی تولید کردند که با نتایج سایر محققین (۲۲، ۲۵ و ۳۵) مطابقت دارد. تنش رطوبتی علاوه بر محدود نمودن منبع، باعث کاهش مخزن و ظرفیت ذخیره ای آن شد که به تبع آن، مقدار ماده خشک بخش هوایی و عملکرد دانه به طور معنی داری کاهش یافت (جدول ۲). اثر سوء تیمار تنش رطوبتی بر صفات مذکور، که متاثر از شدت خشکی محیط و گرمای انتهای فصل رشد بود، باعث شد گیاه بیشتر به ذخایر ساقه متکی باشد و بنابراین به دلیل اثرات تنش رطوبتی بر انباشت و انتقال مواد و فتوستنژ جاری، عملکرد دانه کاهش یافت (جدول ۴). بسیاری از دانشمندان معتقدند، افزایش عملکرد دانه مرهون توازن منبع و مخزن می باشد (۳۲). به طور کلی اگرچه هر دو عامل منبع و مخزن باعث محدودیت عملکرد دانه گندم می شوند، اما شواهد نشان می دهد حتی در مورد لاین های جدید گندم نیز مخزن عامل محدود کننده می باشد (۳۰ و ۳۷). گزارشات متعددی در مورد اثر تنش رطوبتی (۲ و ۲۸) و محدودیت منبع (۵) در مراحل مختلف نمو گندم (به ویژه پس از مرحله گرده افشانی) بر کاهش عملکرد دانه وجود دارد که مؤید نتایج حاصل از این آزمایش است. اختلافات ژنوتیپی معنی داری نیز در مورد عملکرد دانه وجود داشت (جدول ۱). در شرایط معمولی رطوبتی و استفاده از فتوستنژ جاری





جدول ۴- مقایسه میانگین مقدار ماده خشک (گرم در متر مربع) در مراحل مختلف نمو، عملکرد دانه و تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک

روز تا رسیدگی فیزیولوژیک	عملکرد دانه (kg/ha)	ماده خشک در		ماده خشک در		ماده خشک در		ماده خشک در		ماده خشک در		تنش رطوبتی
		عملکرد دانه	رسیدگی فیزیولوژیک	ماده خشک در	ظهور برگ	ماده خشک در	ظهور بوساک	ماده خشک در	ظهور برگ	ماده خشک در	ظهور بوساک	
۲۲۷/۵ a	۴۵۷۷ a	۱۲۴۵/۹۵a	۱۳۲۰/۸۸a	۱۰۴۱/۳۹a	۶۲۵/۷۵a	۳۰۵/۳۳a	۲۰۱/۳۷a	۵۱/۵۹a	D1			
۲۲۱/۸ b	۳۹۷۶ b	۱۱۵۳/۶۱b	۱۱۳۳/۰۲b	۱۰۰۹/۱۶a	۶۱۹/۶۶a	۲۰۲/۲۵a	۲۰۰/۳۹a	۵۱/۳۷a	D2			
۲۲۳/۸ b	۴۱۰۵ a	۱۲۸۰/۵۲a	۱۲۴۳/۳۲a	۱۰۳۳/۶۷ab	۶۰۸/۰۳bc	۳۰۲/۵۲ab	۱۹۶/۹۱a	۵۱/۶۹a	C1			
۲۲۳/۳ b	۴۰۹۸ a	۱۲۸۶/۹۵a	۱۲۵۳/۸۷a	۱۰۳۹/۶۲a	۶۲۵/۳۳ab	۳۰۵/۴۷ab	۲۰۴/۸۸a	۵۱/۸۰a	C2			
۲۲۶/۴ a	۳۸۱۱ ab	۱۲۳۵/۰۲b	۱۱۹۷/۹۶b	۱۰۰۱/۶۹b	۵۹۶/۹۹c	۲۹۲/۸۴b	۱۹۹/۰۵a	۵۰/۸۶a	C3			
۲۲۳/۹ b	۳۵۰۹ b	۱۲۳۷/۹۲b	۱۲۰۷/۷۲b	۱۰۱۵/۵۳b	۶۰۷/۷۵c	۲۹۹/۰۵ab	۱۹۷/۹۳a	۵۱/۰۰a	C4			
۲۲۶/۵ a	۳۸۱۸ ab	۱۲۴۵/۷۵b	۱۲۰۴/۴۰b	۱۰۱۰/۶۱b	۶۱۱/۳۳bc	۲۹۹/۶۶ab	۲۰۱/۱۵a	۵۱/۳۲a	C5			
۲۲۲/۷ bc	۳۸۶۹ ab	۱۲۴۸/۹۵b	۱۲۱۹/۳۷ab	۱۰۰۸/۷۱b	۶۳۴/۷۲b	۳۰۹/۷۳ab	۲۰۴/۲۲a	۵۱/۱۹a	C6			
۲۲۶/۷ a	۴۱۷۷ a	۱۳۰۱/۳۰a	۱۲۷۲/۰۱a	۱۰۵۳/۹۲a	۶۳۱/۶۶b	۳۰۵/۶۵ab	۲۰۲/۷۹a	۵۲/۱۸a	C7			
۲۲۳/۸ b	۲۸۲۳ c	۱۲۴۱/۸۴b	۱۲۱۶/۸۳b	۱۰۴۸/۴۳a	۶۶۶/۳۴a	۳۱۸/۰۰a	۱۹۹/۵۵a	۵۱/۸۷a	C8			
*شوسنتر												
۲۲۵/۳ a	۵۷۲۲ a	۱۴۲۲/۰۳a	۱۳۶۹/۲۵a	۱۰۳۳/۳۵a	۶۲۵/۸۲a	۳۰۷/۰۰a	۲۰۲/۵۷a	۵۱/۴۷a	P1			
۲۲۴/۰ b	۱۸۳۰ b	۱۰۹۷/۵۴b	۱۰۸۴/۶۵b	۱۰۱۷/۲۰a	۶۱۹/۵۹a	۳۰۷/۴۸a	۱۹۹/۴۹a	۵۱/۴۹a	P2			

C-8I-10: ۹۱۱۶، ۹۲۰۵، ۹۲۰۷، ۹۲۰۸، ۹۲۰۹، ۹۲۰۱۰، ۹۲۰۱۱، ۹۲۰۱۲، ۹۲۰۱۳ شماره های ژنوتیپ های به ترتیب C8 و C7، C6، C5، C4، C3، C2، C1، تنش رطوبتی از مرحله گرده افشانی تا رسیدگی، D1، D2، تنش رطوبتی در طول فصل رشد و P1، استفاده از فتوسنتر جاری و P2، جلوگیری از فتوسنتر جاری و میانگین های دارای حروف مشترک در سطح ۵٪ با یکدیگر اختلاف آماری معنی داری ندارند.

سیستم ریشه و تفاوت در تنظیم اسمزی آنها مربوط می‌شود (۱۰) و (۴۰)، باعث تفاوت ژنوتیپ‌ها در میزان CTD و RWC شد. بروا و زلاتو (۱۴) تنوع ژنتیکی RWC در تربیتکاله را گزارش کردند. محققین دیگر نیز تنوع ژنتیکی در ارقام گندم از نظر CTD و RWC را اظهار داشته‌اند (۸، ۳۶ و ۳۸) که در تایید نتایج حاصل از این بررسی می‌باشد. همبستگی مثبتی بین کاهش دمای کانوبی و میزان نسبی آب برگ با عملکرد دانه در تمام مراحل اندازه‌گیری وجود داشت. همبستگی عملکرد دانه و RWC در مرحله ظهور برگ پرچم ( $r = 0.18ns$ )، در مرحله سنبله دهی ( $r = 0.27^*$ )، در مرحله ظهور بساک ( $r = 0.41^{**}$ ) و در مرحله آبکی دانه ( $r = 0.69^{**}$ ) مثبت بود (جدول ۵). اگر چه در تمام مراحل نمو همبستگی RWC و عملکرد دانه مثبت بود، ولی در مرحله آبکی دانه رابطه نزدیکتری را با عملکرد نشان داد که حاکی از بیشترین تاثیر مثبت میزان نسبی آب برگ بر عملکرد دانه در مرحله پر شدن دانه بود.

همبستگی عملکرد دانه با CTD در مرحله ظهور برگ پرچم ( $r = 0.26^*$ )، در مرحله سنبله دهی ( $r = 0.34^{**}$ )، در مرحله ظهور بساک ( $r = 0.42^{**}$ ) و در مرحله آبکی دانه ( $r = 0.76^{**}$ ) معنی‌دار با عملکرد دانه بیشتر بود و نشان از رابطه نزدیک‌تر CTD با عملکرد دانه در تمام مراحل نمو داشت. رینولدز و همکاران (۲۹ و ۳۱) گزارش کردند که بین CTD در مراحل قبل و بعد از ظهور بساک با عملکرد دانه گندم رابطه مثبتی وجود دارد.

مرحله پر شدن دانه به دلیل افزایش تشعشع و دما و کاهش رطوبت نسبی محیط و همچنین بروز تنش‌های زنده (بیماری‌ها) از مراحل بحرانی رشد غلات است. همبستگی قابل توجه CTD و RWC با عملکرد دانه در مرحله آبکی دانه، اهمیت دمای کانوبی و میزان نسبی آب برگ را در طی دوره پر شدن دانه بر عملکرد دانه بیان می‌نماید. همبستگی بسیار قوی عملکرد دانه و CTD به ویژه در دوره پر شدن دانه به مفهوم آن است که هر چه دمای کانوبی کمتر یا CTD بیشتر باشد، عملکرد دانه بیشتر خواهد شد. به نظر می‌رسد عملکرد دانه غلات مرهون شرایط محیطی و خصوصیات ژنوتیپی آنها در طی مرحله پر شدن دانه‌ها باشد و شرایط مناسب در این دوره (از قبیل افزایش CTD و RWC)، عملکرد دانه را افزایش می‌دهد. با دور شدن از شرایط بهینه (کاهش CTD و RWC) عملکرد دانه کاهش می‌یابد. در شرایط تنش رطوبتی انتهایی فصل رشد، میزان ماده خشک انتقال یافته و درصد انتقال مجدد ماده خشک رقم حساس کراس شاهی کاهش یافت. ژنوتیپ‌های C-81-10، ۹۱۰۳ و ۹۱۱۶ بیشترین درصد انتقال مجدد ماده خشک، بازدهی انتقال مجدد، بالاترین عملکرد دانه و میزان ماده خشک انتقال یافته را به خود اختصاص دادند. به طور کلی، نظر به اینکه ژنوتیپ‌های C-81-10، ۹۱۰۳ و ۹۱۱۶ بالاترین عملکرد دانه و میزان ماده خشک انتقال یافته را به

آنها نتیجه گرفتند که با ورود گیاه به مرحله زایشی اثر منفی تنش محدودیت رطوبتی در طی مراحل رویشی، به شرط خاتمه تنش و بوجود آمدن وضعیت بهینه رطوبتی کاهش پیدا می‌کند. خزاعی و کافی (۱) نیز کاهش RWC را با پیشرفت مراحل فنولوژیک در گندم گزارش کرده‌اند که با نتایج این بررسی مطابقت دارد. کاهش دمای کانوبی به عنوان یک صفت معتبر فیزیولوژیکی، نشان داد تحت تیمار تنش رطوبتی به علت شدت تنش و شرایط سخت محیطی (از جمله گرمای شدید)، در مرحله آبکی دانه توازن دمایی بین گیاه و محیط به هم خورده و دمای داخل کانوبی به دمای محیط نزدیک شده است (۰/۸۱ درجه سانتی‌گراد). در حالی که در تیمار آبیاری کامل، اختلاف دمای کانوبی و محیط، ۲/۷۹ درجه سانتی‌گراد بود (جدول ۳). کاهش دمای کانوبی و هدایت روزنه‌ای توام با سایر سازوکارها، نقش مهمی در توانایی ژنوتیپ برای اختصاص مواد فتوسنتزی به دانه‌ها در شرایط تنش رطوبتی دارند. کاهش دمای کانوبی یک معیار مناسب برای سازگاری یک ژنوتیپ در یک محیط می‌باشد (۳۰). همچنین همبستگی بین کاهش دمای کانوبی با عملکرد و تعداد دانه در واحد سطح به اثبات رسیده است (۹، ۱۱ و ۳۲). کارایی این صفت برای توجیه عملکرد و انتقال و اختصاص مواد فتوسنتزی ذخیره‌ای به دانه‌ها، نتایج این آزمایش را تایید می‌نماید. مقادیر CTD و RWC در مرحله آبکی دانه در تیمار P2 (به ترتیب ۱/۲۱ درجه سانتیگراد و ۴۴/۱ درصد) نسبت به P1 (به ترتیب ۲/۳۹ درجه سانتیگراد و ۵۲/۵ درصد) کاهش معنی‌داری را داشت (جدول ۳).

بنابراین کانوبی تیمار P1 به میزان ۱/۱۸ درجه سانتیگراد خنک‌تر از کانوبی تیمار P2 بود که با توجه به کاهش دما در مرحله پر شدن دانه و تاثیر مثبت آن بر فتوسنتز، این کاهش دما حائز اهمیت بود. کاهش RWC در مرحله آبکی دانه در تیمار D2 (۴۰/۳٪) نسبت به D1 (۵۶/۳٪) به میزان ۱۵/۹ درصد، به دلیل آبیاری تیمار D1 در مرحله آبکی دانه بود. سرد شدن کانوبی به وسیله تعرق انجام می‌شود و با توجه به اینکه تا مدتی پس از رفع تنش روزنه‌ها بسته باقی می‌ماند، بنابراین تا مدتی پس از رفع تنش شرایط بهینه از نظر دمای کانوبی حاصل نمی‌شود (۸ و ۳۱). سیدیک و همکاران (۳۶) گزارش دادند که میزان RWC و دمای کانوبی و همچنین جبران آنها پس از رفع تنش، به شدت تنش بستگی دارد و با رفع تنش از تیمارهایی که در مراحل قبل با شدت زیاد تنش مواجه بوده‌اند، زمان زیادتری برای جبران اثر سوء تنش نیاز خواهد بود. بین ژنوتیپ‌های گندم از نظر میزان CTD و RWC تفاوت معنی‌داری وجود داشت (جدول ۱). در بین ژنوتیپ‌های مختلف، واکنش ژنوتیپ‌های C-81-10، ۹۱۰۳ و ۹۱۱۶ قابل تأمل بود. مقدار CTD و RWC این ژنوتیپ‌ها در مراحل ظهور برگ پرچم، ظهور بساک و آبکی دانه بیشتر از سایر ژنوتیپ‌ها بود. توانایی ژنوتیپ‌ها برای جذب بیشتر آب خاک که به کارایی

خود اختصاص دادند، می توان آنها را به عنوان ژنوتیپ‌های امید بخش و مناسب برای شرایط تنش رطوبتی در مناطق خشک و نیمه خشک معتدل سرد تا سرد معرفی و در برنامه‌های اصلاحی استفاده کرد.

جدول ۵- ماتریس ضرایب همبستگی ساده عملکرد دانه، CTD و RWC در مراحل مختلف نمو (میانگین داده ها)

RWC		CTD						
آبکی دانه	ظهور بساک	ظهور سنبله	ظهور برگ پرچم	آبکی دانه	ظهور بساک	ظهور سنبله	ظهور برگ پرچم	
							۰/۵۶**	CTD
						۰/۱۵ <sup>n.s.</sup>	۰/۲۰ <sup>n.s.</sup>	
					۰/۸۶**	۰/۲۲ <sup>n.s.</sup>	۰/۲۱ <sup>n.s.</sup>	
				۰/۱۹ <sup>n.s.</sup>	۰/۱۹ <sup>n.s.</sup>	۰/۳۶*	۰/۵۹**	RWC
			۰/۶۹**	۰/۲۹**	۰/۲۲ <sup>n.s.</sup>	۰/۴۴**	۰/۶۳**	
		۰/۴۴**	۰/۴۰**	۰/۷۴**	۰/۸۲**	۰/۴۳**	۰/۳۶*	
	۰/۹۰**	۰/۳۵*	۰/۲۹ <sup>n.s.</sup>	۰/۹۱**	۰/۸۴**	۰/۳۵*	۰/۲۸ <sup>n.s.</sup>	
عملکرد دانه	۰/۶۹**	۰/۴۱*	۰/۲۷ <sup>n.s.</sup>	۰/۱۸ <sup>n.s.</sup>	۰/۷۶**	۰/۴۲*	۰/۳۴*	۰/۲۶ <sup>n.s.</sup>

\* و \*\*: به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪؛ n.s.: غیر معنی دار

## منابع

- ۱- خزاعی، ح.، و م. کافی. ۱۳۸۱. بررسی نقش مقدار آب نسبی و مقاومت روزانه‌ای در مقاومت به خشکی در گندم و ارتباط آنها با عملکرد دانه در شرایط مزرعه و گلخانه. مجله علوم صنایع کشاورزی، جلد ۱۶، صفحات ۱۱۵-۱۲۳.
- ۲- زارع فیض آبادی، الف.، و م. قدسی. ۱۳۸۱. بررسی میزان تحمل به خشکی لاین ها و ارقام گندم مناطق سرد کشور. مجله علوم و صنایع کشاورزی، ۱۶ (۲): ۱۸۹-۱۸۱.
- ۳- علیزاده، الف. ۱۳۷۲. اصول طراحی سیستم‌های آبیاری. دانشگاه امام رضا. ص ۲۰۵-۲۰۲.
- ۴- نادری، الف.، و غ. مشرف. ۱۳۷۹. اثرات تنش خشکی بر عملکرد دانه و صفات زراعی وابسته به آن در ژنوتیپ های گندم. مجموعه خلاصه مقالات ششمین کنگره زراعت و اصلاح نباتات ایران. بابلسر، مازندران. ص ۵۵۵.
- 5- Alam, M. S., A. H. M. M. Rahman, M. N. Nesa, S. K. Khan and N. A. Siddique. 2008. Effect of source and/or sink restriction on the grain yield in wheat. *Europ. J. App. Sci. Res.* 4: 258-261.
- 6- Al-Hakimi, A., and A. A. Jaradat. 1998. Primitive tetraploid wheat species to improve drought tolerance in durum wheat. *Triticaceae III. Proceeding of the 3rd International Triticaceae Symposium, Aleppo, Syria, 4-8 May 1997.* pp. 305-312.
- 7- Alvaro, F., C. Royo, L. F. Garcia del Moral and D. Villegas. 2008. Grain filling and dry matter translocation responses to source-sink modifications in a historical series of durum wheat. *Crop Sci.* 48: 1523-1531.
- 8- Araus, J. L., J. Bort, P. Steduto D. Villegas and C. Royo. 2003. Breeding cereals for Mediterranean conditions: ecophysiological clues for biotechnology application. *Ann. Appl. Biol.* 142: 129-141.
- 9- Araus, J. L., G. A. Slafer, M. P. Reynolds and C. Royo. 2002. Plant breeding and drought in C3 cereals: What should we breed for? *Annals of Bot.* 89: 925-940.
- 10- Babu, C. R., S. M. Pathan, A. Blum and T. H. Nguyen. 1999. Comparison of measurement methods of osmotic adjustment in rice cultivars. *Crop Sci.* 39: 150-158.
- 11- Bahar, B., M. Yildirim, C. Barutcular and I. Genc. 2008. Effect of canopy temperature depression on grain yield and yield components in bread and durum wheat. *Not. Bot. Hort. Agrobot. Cluj.* 36: 34-37.
- 12- Balota, M., W. A. Payne, S. R. Evett and M. D. Lazar. 2007. Canopy temperature depression sampling to assess grain yield and genotypic differentiation in winter wheat. *Crop Sci.* 7: 1518-1529.

- 13- Balota, M., W. A. Payne, S. R. Evett and T. R. Peters. 2008. Morphological and physiological traits associated with canopy temperature depression in three closely related wheat lines. *Crop Sci.* 48: 1897-1910.
- 14- Berova, M., and Z. Zlatev. 2003. Physiological response of paclobutrazol-treated triticale plants to water stress. *Biologia Plantarum.* 46: 133-136.
- 15- Blum, A. 1998. Improving wheat grain filling under stress by stem reserve mobilization. *Euphytica.* 100: 77-83.
- 16- Blum, A., G. Golan, J. Mayer, B. Sinmena and J. Burra. 1989. The drought response of landraces of wheat from the Northern Negev desert in Israel. *Euphytica* 43: 87-96.
- 17- Blum, A., B. Sinmena, J. Mayer, G. Golan and L. Shpiler. 1994. Stem reserve mobilization supports wheat grain filling under heat stress. *Aust. J. Plant Physiol.* 21: 771-781.
- 18- Bonnett, G. D., and L. D. Incoll. 1992. Effects on the stem of winter barley of manipulating the source and sink during grain-filling 1. Changes in the composition of water-soluble carbohydrates of internodes. *J. Exp. Bot.* 44: 75-82.
- 19- Carmer, S. G., W. E. Nyquist and W. M. Walker. 1989. Least significant differences for combined analysis of experiments with two or three factor treatment design. *Agron. J.* 81: 665-672.
- 20- Davidson, D. J., and R. M. Chevalier. 1992. Storage and remobilization of water-soluble carbohydrates in stem of spring wheat. *Crop Sci.* 32:186-190.
- 21- Emam, Y., A. M. Ranjbar and M. J. Bahrani. 2007. Evaluation of yield and yield components in wheat genotypes under post-anthesis drought stress. *J. Sci. & Technol. Agric. & Natur. Resour.* 11(1): 328-333. Isf. Univ. Technol., Isf., Iran.
- 22- Fischer, R. A. 1979. Growth and water limitation to dryland wheat yield in Australia: A physiological framework. *J. Aust. Inst. Agric. Sci.* 45: 83-89.
- 23- Hamam, K. A. 2008. Increasing yield potential of promising bread wheat lines under drought stress. *Res. J. Agric. & Biol. Sci.* 4: 842-860.
- 24- Hossain, A. B. S., R. G. Sears, T. S. Cox and G. M. Pausen. 1990. Desiccation tolerance and its relationship to assimilate partitioning in winter wheat. *Crop Sci.* 30: 622-627.
- 25- Nasser, A., and H. A. Fallahi. 2007. Water use efficiency of winter wheat under deficit irrigation. *J. Biol. Sci.* 7: 19-26.
- 26- Palta, J. A., T. Kobata, N. C. Turner and I. R. Fillery. 1994. Remobilization of carbon and nitrogen in wheat as influenced by postanthesis water deficits. *Crop Sci.* 34: 118-124.
- 27- Papakosta, D. K., and A. A. Gagianas. 1991. Nitrogen and dry matter accumulation, remobilization, and losses for Mediterranean wheat during grain filling. *Agron. J.* 83: 864-870.
- 28- Praba, M. L., J. E. Cairns, R. C. Babu and H. R. Lafitte. 2009. Identification of physiological traits underlying cultivar differences in drought tolerance in rice and wheat. *J. Agron. Crop Sci.* 195: 30-46.
- 29- Reynolds, M. P., B. Skovmand, R. Trethowan and W. Pfeiffer, W. 1999. Evaluating a conceptual model for drought tolerance. Workshop on Molecular Approaches for the Genetic Improvement of Cereals for Stable Production in Water Limited Environments. Mexico, Jun 21-25, 1999. ([www.cimmyt.org](http://www.cimmyt.org).)
- 30- Reynolds, M. P., B. Skovmand, R. M. Trethowan, R. P. Singh, and M. van-Ginkel. 2000. Applying physiological strategies to wheat breeding. Anonymous: Research Highlights of the CIMMYT Wheat Program. 1999-2000. pp. 49-56. Mexico, D.F. CIMMYT.
- 31- Reynoldss, M. P., S. Nagarajan, M. A. Razzaque and O. A. A. Ageeb. 2001. Heat tolerance. In: Reynoldss, M. P., J. I. Ortiz- Monasterio and A. McNab, (eds). Application physiology in wheat breeding. Mexico, D. F, CIMMYT. pp: 124-136.
- 32- Richards, R. A., A. G. Condon and G. J. Rebetzke. 2001. Traits to improve yield in dry environments. *In: Reynolds, M. P., J. I. Ortiz-Monasterio and A. McNab, (eds). Application of Physiology in Wheat Breeding.* 240 pages. Mexico, D.F. CIMMYT.
- 33- Robertson, M. J., and F. Giunta. 1994. Responses of spring wheat exposed to pre-anthesis water stress. *Aust. J. Agri. Res.* 45: 19-35.
- 34- Schonfeld, M. A., R. C. Johnson, B. Carver and D. W. Morhinweg. 1988. Water relation in winter wheat as drought resistance indicator. *Crop Sci.* 28: 526-531.
- 35- Shahryari, R., E. Gurbanov, A. Gadimov and D. Hassanpanah. 2008. Tolerance of 42 bread wheat genotypes to drought stress after anthesis. *Pak. J. Biol. Sci.* 11(10): 1330-1335.
- 36- Siddique, M. R. B., A. Hamid and M. S. Islam. 2000. Drought stress effects on water relations of wheat. *Butanical Bullecin of Academia Sinica.* 41: 35-38.
- 37- Slafer, G. A., and R. Savin. 1994. Sink – source relationships and grain mass at different positions within the spike in wheat. *Field Crops Res.* 37: 39-49.
- 38- Taharal, M., B. F. Carver, R. C. Johnson and E. L. Smith. 1990. Relationship between relative water content during

reproductive development and winter wheat grain yield. *Euphytica*. 49: 255-262.

- 39- Wardlaw, I. F., and J. Willenbrink. 1994. Carbohydrate storage and mobilization by the culm of wheat between heading and grain maturity: the relation to sucrose synthase and sucrose-phosphate synthase. *Aust. J. Plant. Physiol.* 21: 255-271.
- 40- Zhang, X. G., H. T. Nguyen and A. Blum. 1999. Genetic analysis of osmotic adjustment in crop plants. *J. Exp. Bot.* 50: 291-302.