magiran.com

تجمع و انتقال مجدد مواد فتوسنتزی در ارقام گندم تحت تنش رطوبت در مراحل قبل و بعد از گرده افشانی در شرایط مزرعه ای

مسعود قدسی[1]، محمد رضاجلال کمالی[2]، محمدرضاچائی چی[3] و داریوش مظاهری[4] *

چکیده

بـه مـنظور مطالعه روند تولید و تجمع ماده خشک و انتقال مجدد مواد فتوسنتزی به دانه های ارقام گندم تحت تنش رطوبت و در مـراحل مختلف نمو، آزمایشی مزرعه ای، در قالب طرح کرتهای خردشده بر پایه بلوکهای کامل تصادفی با سه تکرار و به مدت دو سـال زراعـی (۱۳۸۱-۱۳۷۹) در ایسـتگاه تحقـیقات کشـاورزی طرق مشهد به اجرا درآمد. تیمارهای تنش رطوبتی در هفت سطح شـامل: D1: آبیاری کامل، D2: قطع آبیاری از یک برگی تا گل انگیزی، و در تیمارهای بعدی قطع آبیاری و جلوگیری از بارندگی بـه ترتیب D3: از یک برگی تا گل انگیزی، D4: از گل انگیزی تا ابتدای ساقه رفتن، D5: از ابتدای ساقه رفتن تا ظهور برگ پرچمـی، D6: از ظهـور بـرگ پرچمـی تا گرده افشانی و D7: از گرده افشانی تا اواخر مرحله دانه بندی (خمیری نرم) در کرتهای اصـلی و چهـار رقـم گندم روشن، قدس، مرودشت و چمران در کرتهای فرعی قرار گرفتند. نتایج تجزیه مرکب نشان داد، اثر تنش رطوبتـی بر عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه، شاخص برداشت، میزان ماده خشک تولیدی در مراحل مختلف نمو، میزان ماده خشک انـتقال یافـته، بازدهـی انـتقال مجـدد مـاده خشک، درصد انتقال مجدد ماده خشک، وزن خشک سنبله (بدون دانه در مرحله گرده افشانی)، تنزل دمای کانوپی (CTD)، طول دوره پر شدن دانه ها و ارتفاع بوته معنی دار بود ($p<0/05$). اعمال تنش رطوبتی قبل از مـرحله گـرده افشـانی گـندم (تیمارهای D5 و D6) موجب کاهش شدید ماده خشک تولیدی، عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه، وزن خشـک سـنبله، و ارتفاع بوته گردید. با اعمال تنش از مرحله گرده افشانی تا خمیری نرم (تیمارD7) میزان ماده خشک انتقال یافـته و بـازده انـتقال مجـدد ماده خشک به ترتیب حدود ۲۶۱ میلی گرم و ۳۳/۹ درصد نسبت به تیمار آبیاری کامل (D1) کاهش یافـت، در صـورتیکه بـا اعمـال تـیمار D5 بازدهی انتقال مجدد ماده خشک و با اعمال تیمارها ی D4، D5 وD7، درصد انتقال مجـدد ماده خشک نسبت به تیمار D1 افزایش یافت. اعمال تنش پس از گرده افشانی علاوه بر محدودیت منبع، باعث محدودیت مخـزن و کاهش تنزل دمای کانوپی (CTD) شد. رقم روشن بیشترین ارتفاع بوته، طول پدانکل و درصد انتقال مجدد ماده خشک و رقم چمران بالاترین عملکرد دانه، و میزان ماده خشک انتقال یافته را بخود اختصاص داد و از زودرسی نسبی برخوردار بود.

واژه های کلیدی: گندم، تنش رطوبت، مراحل نمو، عملکرد، تجمع ماده خشک، انتقال مجدد

مقدمه

در بیشتر مناطق رشد گندم، خصوصا در مناطق مدیترانه ای، پـر شـدن دانـه هـا توسط مواد فتوسنتزی تحت تاثیر انواع تنشـهای زنـده و غـیر زنـده (محیطـی) قـرار می گیرد. در این مـناطق مـرحله پر شدن دانه ها اغلب بر زمانی منطبق است که افـزایش درجه حرارت محیط و کاهش ذخیره رطوبتی خاک باعـث بـروز تنشـهای خشـکی و گرما می شود. نتیجه نهایی و عمومـی این تنشها، چروکیدگی دانه، کاهش وزن هزار دانه و در نتـیجه کـاهش عملکـرد دانـه مـی باشـد (۷ و ۹). در بیشتر مطالعات در مورد غلات دانه ریز مشخص شده است که ساقه و غـلاف بـرگها محـل ذخـیره مـواد فتوسـنتزی مـی باشـند. کربوهـیدراتها در سـاقه ها به شکل گلوکز، فروکتوز، ساکارز

* ۱-دانشجوی دکتری زراعت، ۲- استادیار مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال وبذر، ۳و۴- دانشیار و استاد دانشگاه تهران.

magiran.com

و نشاسته ذخیره می شوند، اما بیشتر ذخائر به شکل فروکتان می باشند (۱۷ و ۲۸). مواد ذخیره شده عمدتا به شکل کربو هیدراتهای غیر ساختمانی[1] (TNC) یا کربوهیدراتهای محلول در آب[2] (WSC) می باشند. یکی از راهکارهای مناسب جهت دستیابی به عملکرد قابل قبول، استفاده از شاخصهای فیزیولوژیکی از جمله ارزیابی میزان انتقال مجدد کربوهیدراتها و پروتئینها در گندم و جو تحت تنش خشکی می باشد (۵ و ۶). سهم انتقال مجدد مواد ذخیره ای ساقه یا درصد ذخائر ساقه نسبت به وزن کل دانه بوسیله اندازه مخزن، محیط و رقم کنترل می شود. پس از گرده افشانی مهمترین و قویترین مخزن، دانه های در حال پر شدن می باشند. بنابراین میزان تقاضای مخزن (دانه ها) مهمترین مؤلفه در تعیین میزان انتقال ذخائر ساقه است (۱۲).

بهرحال این اصل کلی مورد پذیرش قرار گرفته است که سهم نسبی ذخائر ساقه به وزن کل دانه در سنبله (عملکرد دانه) بسته به شرایط محیط آزمایش و ارقام مورد استفاده متفاوت بوده است. این سهم بطور متوسط بین ۶ و ۱۰۰ درصد متغیر می باشد (۱۱، ۱۳، ۱۶، ۱۹ و ۲۲). پاپاکوستا و گاگیاناس (۲۳) گزارش نمودند، درصد انتقال مجدد در مورد گندم نان بطور متوسط بین ۶ تا ۷۳ درصد بوده و در شرایط تنش رطوبتی انتهای فصل رشد، ذخائر ساقه از اهمیت زیادی برخوردار بود، زیرا در مناطق مدیترانه ای دوره پر شدن دانه ها با شرایط گرم و خشک مصادف شده و در فتوسنتز جاری گندم اختلال ایجاد می شود. همچنین نتایج آزمایشات مختلف نشان داد (۲۶ و ۲۸) در شرایط مطلوب رطوبتی سهم ذخائر ساقه در پر کردن دانه های گندم نان حدود ۱۰ تا ۱۲ درصد و در شرایط تنش رطوبتی بیش از ۴۰ درصد بود.

افزایش شدت تنش نیز انتقال مجدد را تحت تاثیر قرار می دهد. پالتا و همکاران (۲۲) و ایوانز (۱۸) دریافتند که در شرایط تنش رطوبتی شدید نسبت به تنش خفیف، مجموع کل کربن دانه به میزان ۲۴ درصد کاهش یافت، در حالیکه میزان تثبیت کربن ۵۷ درصد و انتقال مجدد مواد به میزان ۳۶ درصد کاهش یافت. مکانیزمهای 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 می توان بعنوان یک مکانیزم انتخابی قلمداد نمود. زیرا فرایند انتقال مجدد در هر دو مرحله انباشت و انتقال مستلزم صرف انرژی است. بعبارت دیگر در شرایطی که مواد حاصل از فتوسنتز جاری برای پر شدن دانه کافی باشد، جریان حرکت و انتقال مجدد مواد فتوسنتزی محدود می شود (۶). البته عموما در مرحله پر شدن دانه ها، فتوسنتز جاری تحت تاثیر تنشهای زنده و غیر زنده متعددی قرار می گیرد و در این زمان انتقال مجدد ذخائر ساقه بعنوان یک فرآیند مهم و پشتیبانی کننده می تواند تا حدود زیادی کاهش عملکرد دانه را جبران کند (۶ و ۹). صفت تاخیر در پیری برگ[3] (بعنوان 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 بحساب نیاید، زیرا تنش موجب پیری یا زوال برگ می شود. همچنین مطالعات نشان می دهد که علاوه بر طول دوره پر شدن دانه ها، صفات فیزیولوژیکی از جمله هدایت روزنه ای و تنزل دمای کانوپی[4] (CTD) نقش مهمی در توانایی ژنوتیپ ها برای اختصاص مواد فتوسنتزی به دانه در شرایط تنش رطوبتی دارند. اساس فیزیولوژیکی تنزل دمای کانوپی بر این پایه استوار است که با تبخیر از سطح برگ، دمای برگ کاهش می‌یابد. این صفت مستقیما بوسیله هدایت روزنه‌ای و بطور غیر مستقیم بوسیله بسیاری از فرآیندها ی فیزیولوژیکی از جمله انتقال آب بوسیله آوندها، تثبیت کربن و سایر فعالیتهای متابولیکی تحت تاثیر قرار می گیرد و معیار مناسبی برای ارزیابی سازگاری یک ژنوتیپ در

1 - Total non-structural carbohydrstes

2 - Water soluble carbohydrates

3 - Sray green

4 - Canopy temperature depression

magiran.com

یک محیط می باشد (۲۴).

علیرغم اهمیت ذخائر ساقه در عملکرد دانه گندم، تفاوتهای ژنتیکی اساسی برای ذخیره سازی و انتقال مجدد کربوهیدراتها در میان ژنوتیپهای گندم وجود دارد. یک روش ساده و مؤثر برای اندازه گیری انتقال مجدد مواد فتوسنتزی، اندازه گیری میزان کاهش وزن ساقه ها بین مراحل گرده افشانی و رسیدگی است (۲۵). هدف از انجام این تحقیق، مطالعه میزان تولید، تجمع و انتقال مجدد مواد فتوسنتزی ذخیره شده در ساقه های ارقام گندم تحت تنش رطوبتی در مراحل مختلف نمو و تاثیر آن بر عملکرد دانه در شرایط مزرعه ای می باشد.

مواد و روشها

این تحقیق با استفاده از آزمایشی مزرعه ای در قالب طرح کرتهای خرد شده (اسپلیت - پلات) بر پایه بلوکهای کامل تصادفی با سه تکرار و به مدت دو سال زراعی (۸۱-۱۳۷۹) در ایستگاه تحقیقات کشاورزی 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 نام فامیل فاین - لومی، اور سندی - اسکلتال، میکس، مزیک[1] به اجرا درآمد. متوسط بارندگی سالیانه محل اجرای آزمایش ۲۴۷ میلی متر، حداکثر و حداقل دمای مطلق آن به ترتیب ۴۳/۴ و ۲۷/۸- درجه سانتی گراد و میانگین سالانه دما، متوسط دمای فصل گرم و فصل سرد آن به ترتیب ۱۴/۵، ۲۴/۵ و ۴- درجه سانتی گراد است.

تیمارهای تنش رطوبتی در هفت سطح در کرتهای اصلی شامل: D1: آبیاری کامل، D2: قطع آبیاری و استفاده از بارندگی از مرحله یک برگی تا گل انگیزی (مرحله برجستگی دوگانه[2])حد فاصل مراحل ۲۳-۱۱ زادوکس (۲۹) و در سایر تیمارها، تنش رطوبتی بصورت قطع آبیاری و جلوگیری از بارندگی به کمک پناهگاه بارندگی[3] به ترتیب، D3: از مرحله یک برگی تا گل انگیزی، D4: از مرحله گل انگیزی تا سنبلچه انتهایی[4] (ابتدای طویل شدن ساقه ها)، مراحل ۳۱-۲۳ زادوکس، D5: از مرحله سنبلچه انتهایی تا ظهور برگ پرچمی[5]، مراحل ۴۱-۳۱ زادوکس، D6: از مرحله ظهور برگ پرچمی تا گرده افشانی[6]،مراحل ۶۵-۴۱ زادوکس و D7- از گرده افشانی تا اواخر مرحله پر شدن دانه ها (مرحله خمیری نرم[7])، مراحل ۸۵-۶۵ زادوکس و در کرتهای فرعی چهار رقم گندم با عادت رشد بهاره شامل، C1 : روشن (رقم قدیمی و سازگار به شرایط متفاوت اقلیمی)، C2: قدس (رقم نسبتا قدیمی با پتانسیل عملکرد بالا و حساس به خشکی)، C3: مرودشت (رقم جدید با پتانسیل عملکرد بالا و از نظر تحمل به تنش ناشناخته) و C4: چمران (رقم جدید با پتانسیل عملکرد بالا و سازگار به تنش خشکی انتهای فصل رشد) قرار گرفتند. ابعاد هر کرت فرعی ۷/۲ = ۴/ ۲×۳ متر مربع بود. هر رقم بر روی ۱۲ ردیف به فاصله ۲۰سانتی مترکشت شد. به منظور اطمینان از عدم تداخل آبیاری ، بین هر کرت اصلی چهار پشته (۲/۴ متر) کاشته نشده قرار گرفت. تاریخ کشت نیمه دوم آبانماه و میزان بذر بر اساس تراکم ۴۰۰ بذر در متر مربع و با در نظر گرفتن وزن هزار دانه ارقام تعیین و در عمق پنج سانتی متری کشت شد. قبل از کاشت ، بذور با قارچ کش کاربوکسین- تیرام (ویتاواکس) ضد عفونی شد.

میزان کود مورد نیاز بر اساس نتایج آزمون خاک و با استفاده از فرمول (۵۰-۹۰-۱۲۰) کیلوگرم N-P-K خالص در هکتار محاسبه و تمامی کود فسفره (به شکل فسفات آمونیم) و پتاسه (به شکل سولفات پتاسیم) بعلاوه یک سوم کود نیتروژنه (به شکل اوره) همزمان با کاشت (کود پایه) و

1 - Fine-loamy Over Sandy-Skeletal, Mixed, Mesic
2 - Double ridge
3 - Rain Shelter
4 - Terminal Spikelete
5 - Emergence of Flag Leaf or Booting
6 - Anthesis
7 - Soft dough

magiran.com

باقیمانده کود نیتروژن در دو مرحله، ابتدای طویل شدن ساقه ها و ابتدای ظهور سنبله بصورت سرک مصرف شد. با استفاده از ماشین مخصوص کاشت آزمایشات غلات (وینتر اشتایگر) بذرکاری انجام و بلافاصله آبیاری شد، تا رطوبت پروفیل خاک در منطقه توسعه ریشه اشباع و برای کلیه تیمارها یکسان شده و بعلاوه جوانه زنی و سبزکردن بذور با سهولت انجام شود. برای کنترل علفهای هرز یک تا دو بار وجین انجام و در سال دوم با مشاهده اولین علائم بیماری زنگ زرد بر روی ارقام حساس (روشن و قدس) از قارچ‌کش تیلت با غلظت ۰/۷ در هزار استفاده شد.

تیمارهای تنش رطوبتی در مراحل نموی مورد نظر، بوسیله قطع آبیاری و جلوگیری از بارندگی اعمال شد. برای جلوگیری از بارندگی از یک پناهگاه بارندگی متحرک[1] به مساحت ۱۲ متر مربع استفاده شد که بر روی هر کرت فرعی در تیمار مربوطه قرار گرفت. این پناهگاه ها قابل جابجایی و ارتفاع چتر آن از سطح خاک قابل تنظیم بود. چتر پلاستیکی فقط هنگام بارندگی گسترده می شد، در غیر این صورت شرایط معمولی مزرعه ای برقرار بود. در تیمار آبیاری کامل و سایر تیمارها پس از اعمال تنش در حد فاصل مراحل نموی مورد نظر و رفع تنش بوسیله آبیاری مجدد[2] میزان آب مورد نیاز گیاه و زمان آن از طریق اندازه گیری مکرر رطوبت خاک به روش وزنی تامین و با شیوه آبیاری نشتی در دسترس گیاه قرار گرفت.

به منظور اندازه گیری مقدار آب مصرفی در هر نوبت آبیاری، قبل از انجام آبیاری نسبت به نمونه برداری از خاک تا عمق ۶۰ سانتی متری اقدام شد. سپس نمونه های خاک به آزمایشگاه منتقل و ابتدا وزن تر نمونه ها اندازه گیری شد و در آون در دمای ۱۰۵ درجه سانتی گراد و به مدت ۲۴ ساعت قرار داده شد و سپس وزن خشک نمونه ها اندازه گیری و درصد رطوبت وزنی خاک محاسبه شد. بعد از خروج آب ثقلی، یعنی ۴۸ ساعت پس از آبیاری و عبور از نقطه ظرفیت زراعی[3] (FC)، نمونه برداری مجددا انجام و میزان آب ذخیره شده در عمق ۶۰ سانتی متری خاک (عمق توسعه ریشه) از طریق فرمول زیر محاسبه شد (۴):

$$(\theta w2 - \theta w1) \times Bd \times r / 100 = R \qquad (1)$$

که در این فرمول θw1: درصد وزنی رطوبت خاک پس از آبیاری، θw2: درصد وزنی رطوبت خاک قبل از آبیاری، Bd: وزن مخصوص ظاهری خاک بر حسب گرم بر سانتی متر مکعب، r: عمق توسعه ریشه گندم بر حسب سانتی متر و R: عمق رطوبت ذخیره شده در خاک (بر حسب سانتی متر) می باشد. سپس حجم آب آبیاری (V) از طریق رابطه $(R/100) \times 10000m^2$ براساس متر مکعب در هکتار محاسبه شد (۴). آبیاری بر اساس ۵۰ درصد تخلیه رطوبتی خاک (از ظرفیت مزرعه) تا عمق توسعه ریشه انجام می شد. به منظور کنترل آب مصرفی و عبور آب به میزان محاسبه شده برای هر مرحله آبیاری، از پارشال فلوم تیپ چهار استفاده شد که در مجرای ورود آب به مزرعه نصب شده بود. میزان آب مصرفی بر اساس واحد ستونی از آب که برای اشباع کردن خاک در بیشترین عمق ریشه مورد نیاز بود، محاسبه و نتایج به متر مکعب تبدیل شد.

شرایط آب و هوایی سالهای اجرای آزمایش متفاوت بود. مجموع بارندگی در فصل زراعی (۸۰-۱۳۷۹) و (۸۱-۱۳۸۰) بترتیب ۱۵۷/۷ و ۲۳۶/۲ میلی متر بود که بترتیب ۸۹/۳ و ۱۰/۸ میلیمتر کمتر از میانگین طولانی مدت بارندگی محل اجرای آزمایش (۲۴۷ میلیمتر) بود. سال اول دارای پاییز و زمستان سرد و بهار گرم و خشک و پراکنش بارندگی نامطلوب بود، چنانچه فقط ۱۴ درصد بارندگی در بهار نازل شد. سال دوم سالی نسبتا معمولی و دارای زمستانی ملایم و بهاری نسبتا خنک بود. بعلاوه، بارندگی از پراکنش خوبی نیز برخوردار بود، بطوریکه حدود ۴۵ درصد از مجموع بارندگی در بهار نازل شد. متوسط دمای روزانه سال اول و دوم در فصل بهار بترتیب ۳/۴ و ۰/۹ درجه سانتی گراد بیش از

[1] - Mobile Rain Shelter

[2] - Rewatering

[3] - Field Capacity

magiran.com

میانگین طولانی مدت دمای روزانه محل اجرای آزمایش در طی این فصل (۱۸/۳ درجه سانتی گراد) بود. به منظور تعیین دقیق مراحل نمو برای اعمال تنش، تعداد پنج بوته بطور تصادفی از هر کرت انتخاب و با انجام عمل کالبد شکافی[1] در آزمایشگاه مراحل گل انگیزی و سنبلچه انتهایی، با استفاده از میکروسکوپ تعیین شد. سایر مراحل نمو به ترتیب بر حسب ظهور بیش از ۵۰ درصد ظهور برگ پرچمی (مرحله سنبله در غلاف برگ پرچم)، خروج ۵۰ درصد پرچمها از سنبلچه ها (گرده افشانی) و ۵۰ درصد دانه های سنبله ها در مرحله خمیری نرم مشخص شد. برای اندازه گیری صفات مرفولوژیکی و فیزیولوژیکی از ۲۰ بوته تصادفی در هر کرت استفاده شد. برای اندازه گیری وزن خشک بوته (اندامهای هوایی) و وزن خشک سنبله در مرحله گرده افشانی ، بوته های انتخابی (۲۰ بوته تصادفی از هر کرت) در آون با دمای ۷۶ درجه و به مدت ۴۸ ساعت قرار داده شد. تنزل دمای کانوپی (CTD) در طی مرحله گرده افشانی تقریبا ساعت ۱۱ صبح با استفاده از دما سنج مادون قرمز[2] اندازه گیری شد. سعی بر این بود که دماسنج با زاویه مشخص و فاصله نسبتا ثابتی از کانوپی قرار داده شود و همزمان از دماسنج معمولی برای اندازه گیری دمای هوا استفاده شد. سپس برای بدست آوردن تنزل دمای کانوپی قدر مطلق حاصل تفریق دمای هوا و کانوپی محاسبه شد.

پس از رسیدگی کامل بوته ها، برداشت از دو پشته وسطی به مساحت ۱/۲ متر مربع با داس از سطح خاک انجام و عملکرد بیولوژیکی و دانه هر کرت توزین و ثبت شد. برای اندازه گیری صفات مربوط به انتقال مجدد ماده خشک اندامهای هوایی با استفاده از ۲۰ نمونه تصادفی و از روابط زیر استفاده شد (۴ و ۱۰):

$$ARDM(mg/plant) = DMSHT(Ant) - DMSHT(Mat) \quad (۲)$$

$$REE(\%) = [ARDM(mg/plant) / DMSHT(Ant)] \times 100 \quad (۳)$$

$$REP(\%) = [ARDM(mg/plant) / GY(mg/plant)] \times 100 \quad (۴)$$

که در روابط فوق، ARDM مقدار ماده خشک انتقال یافته بر حسب میلی گرم در بوته، DMSHT (Ant) مقدار ماده خشک اندامهای هوایی در مرحله گرده افشانی، DMSHT(Mat) مقدار ماده خشک اندامهای هوایی (بجز دانه) در مرحله رسیدگی فیزیولوژیکی، REE و REP به ترتیب بازدهی انتقال مجدد و درصد انتقال مجدد ماده خشک بر حسب درصد، GY و BY به ترتیب عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک (گرم بر متر مربع) می باشد.

برای انجام محاسبات و تجزیه واریانس از نرم افزارهای Excelو Mstatc استفاده شد، و تجزیه واریانس مرکب پس از انجام آزمون یکنواختی داده ها (بارتلت)، انجام شد. تجزیه واریانس مرکب دو ساله بر روی عملکرد دانه و سایر صفات مرتبط با عملکرد و انتقال مجدد مواد فتوسنتزی انجام شد. MS خطا برای هر منبع تغییر، به کمک روش مک اینتاش (۲۱) و کارمر و همکاران (۱۵) و با استفاده از امید ریاضی آنها تعیین و F جدول محاسبه و برای مقایسه میانگین ها از روش دانکن استفاده شد.

نتایج و بحث

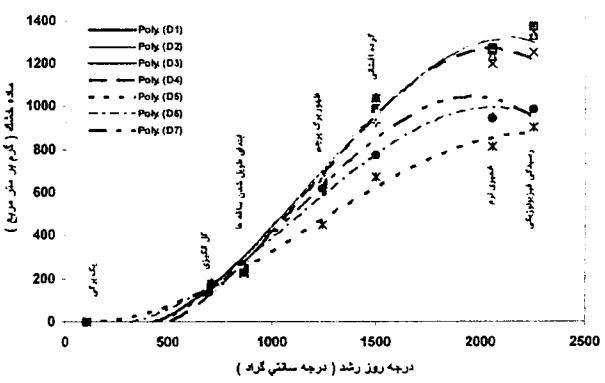
نتیجه تجزیه واریانس مرکب دو ساله نشان داد، اثر تنش رطوبتی بر تولید و تجمع ماده خشک در مراحل مختلف نمو (گل انگیزی، ابتدای طویل شدن ساقه، ظهور برگ پرچمی، گرده افشانی و مرحله پرشدن دانه ها- مرحله خمیری نرم)، وزن خشک سنبله در مرحله گرده افشانی، میزان ماده خشک انتقال یافته، بازدهی انتقال مجدد ماده خشک و درصد انتقال مجدد ماده خشک معنی داربود. بعلاوه اختلافات ژنوتیپی نیز در مورد صفات مذکور موجود بود (جداول ۲ و ۳).

روند تولید و تجمع ماده خشک ارقام گندم در تیمارهای مختلف تنش رطوبتی 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 تیمارهای D1، D2 و D3 بود. هر چند اعمال تنش رطوبتی از کاشت تا گل انگیزی

1 - Dissection
2 - Infra red thermometer

magiran.com

(تیمار D2) و مرحله ابتدای ساقه رفتن (D3) باعث کاهش جزئی و معنی دار زیست توده[1] شد، اختلاف ماده خشک در تیمارهای تنش رطوبتی در مقایسه با آبیاری کامل، از مرحله رشد خطی (از طویل شدن ساقه تا گرده افشانی و پر شدن دانه ها) بیشتر آشکار شد، بطوریکه کمترین میزان ماده خشک تولیدی به ترتیب به تیمارهای D5، D6 و D7 تعلق داشت. اعمال تنش رطوبتی قبل از مرحله گرده افشانی (تیمارهای D5 و D6) و پس از آن (تیمار D7) اثر شدیدی بر تولید و تجمع ماده خشک داشت، در صورتیکه اثر تنش رطوبتی بر ماده خشک تولیدی در مرحله رشد رویشی (تیمارهای D2 و D3) شدید نبود و پس از رفع تنش، روند تولید و تجمع ماده خشک در این تیمارها مشابه تیمار آبیاری کامل (D1) بود. با اعمال تنش رطوبتی از مرحله گرده افشانی به بعد (D7)، تنش شدیدی به گیاه وارد شد، بطوریکه روند منحنی تجمع ماده خشک کاهشی و شیب منحنی کند شد (شکل ۱).



شکل ۱: روند تولید و تجمع ماده خشک ارقام گندم در تیمارهای تنش رطوبتی (متوسط دو سال)

نکته قابل توجه این است که اعمال تنش رطوبتی در مراحل حساس نمو گندم (از مرحله طویل شدن ساقه تا پر شدن دانه ها)، تاثیر منفی بسیار شدیدی بر فرآیندهای متابولیکی مرتبط با فتوسنتز و انتقال و اختصاص مواد داشت، بطوریکه پس از رفع تنش و انجام آبیاری مجدد نیز اثر سوء تنش جبران نشد. میزان تجمع مواد خشک در ساقه شدیدا وابسته به شرایط محیط رشد قبل از مرحله گرده افشانی می باشد. در شرایط بهینه رشد، با توجه به رژیم آبی، میزان تثبیت کربن بالا بوده و بخشی از اسیمیلاتها نیز ذخیره می شوند (۹، ۱۱ و ۲۲).

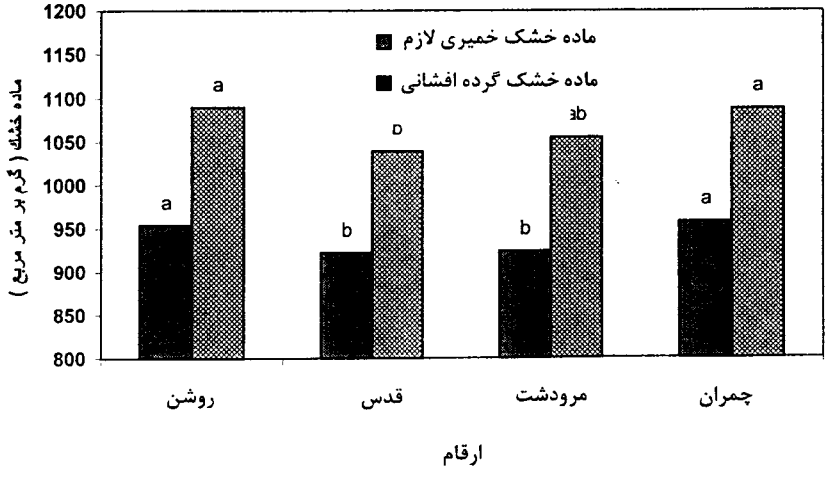
در مرحله طویل شدن ساقه ها چنانچه گیاه تحت تنش رطوبتی قرار گیرد، میزان تثبیت کربن و در نتیجه میزان ذخائر ساقه کاهش می یابد (۱۱ و ۲۲). بعنوان مثال در شرایطی که گندم تحت تنش رطوبتی بود، میزان کربوهیدراتهای محلول در آب (WSC) که بوسیله فرآیند انتقال مجدد به دانه ها انتقال یافته بودند، ۶۴۱ میلی گرم بود، در حالیکه برای شرایط بدون تنش تا ۱۰۴۷ میلی گرم افزایش یافت (۱۶). نتیجه اینکه میزان ذخائر ساقه در گندم تحت تنش کمتر از حالت معمولی بود که با نتایج این آزمایش موافقت دارد. همچنین در شرایط دیم، در مقایسه با شرایط آبی، تنها نیمی از کربوهیدراتهای محلول در آ ب برای انتقال مجدد در طی مرحله پر شدن دانه ها فراهم بود (۱۶). از طرف دیگر با افزایش میزان CO2 محیط، میزان تثبیت و در نتیجه میزان ذخائر ساقه افزایش یافت (۱۶ و ۲۲).در مراحل گرده افشانی و خمیری نرم در مورد میزان ماده خشک تولیدی، بین ارقام گندم اختلاف آماری معنی داری وجود داشت. ارقام روشن و چمران بیشترین و ارقام قدس و مرودشت کمترین مقدار ماده خشک را در این مراحل تولید نمودند (شکل ۲). بین مقدار ماده خشک تولیدی ارقام در سایر مراحل نمو تفاوت آماری معنی داری وجود نداشت (جدول ۲).

اعمال تیمارهای D5 و D6 باعث کاهش وزن خشک سنبله در مرحله گرده افشانی (بدون دانه) شد، چنانچه با اعمال این تیمارها وزن خشک سنبله به ترتیب به میزان ۵۰/۵ و ۲۸/۳ درصد نسبت به تیمار D1 (آبیاری کامل) کاهش یافت (جدول ۱). رابرتسون و گیونتا (۲۶) گزارش نمودند اعمال تنش رطوبتی قبل از گرده افشانی (حد فاصل مرحله سنبلچه انتهایی و ظهور برگ پرچمی)، و از ظهور برگ

1 - Biomass

magiran.com

پرچمی تا گرده افشانی، وزن خشک سنبله را به میزان ۵۸ تا ۹۴ درصد نسبت به شاهد کاهش داد که با نتایج حاصل از این آزمایش مطابقت دارد. بیشترین میزان ماده خشک انتقال یافته (۷۱۳/۲ میلی گرم بر بوته) متعلق به تیمار D4 بود که با تیمارهای D1، D2 و D3 از تفاوت آماری معنی داری برخوردار نبود (جدول ۱). در شرایط تنش رطوبتی شدید (تیمارهای D5، D6 و D7)، میزان ماده خشک انتقال یافته به دانه ها کاهش یافت که ناشی از کاهش میزان تولید و تجمع ماده خشک در این تیمارها بود. با اعمال تیمار D7 میزان ماده خشک انتقال یافته و بازدهی انتقال مجدد ماده خشک به ترتیب حدود ۲۶۱ میلی گرم بر بوته و ۳۳/۹ درصد نسبت به تیمار D1 (آبیاری کامل) کاهش یافت (جدول ۱). بیشترین بازده انتقال مجدد ماده خشک به تیمار D5 اختصاص یافت. بدین معنی که اعمال تنش قبل از مرحله گرده افشانی اگر چه موجب کاهش میزان ماده خشک انتقال یافته به دانه ها شد، اما پس از رفع تنش احتمالا به دلیل اختلال در فتوسنتز جاری، گیاه بیشتر به مواد ذخیره ای متکی بود و به همین دلیل بازدهی انتقال و درصد انتقال مجدد در این تیمار نسبت به سایر تیمارها افزایش یافت. درصد انتقال مجدد ماده خشک تیمارهای D4، D5 و D7 بطور متوسط حدود ۶۳ درصد و بیش از درصد انتقال مجدد تیمار D1 (۵۴/۲ درصد) بود (جدول ۱). بطور کلی تحت شرایط تنش رطوبتی شدید، میزان ماده خشک انتقال یافته به دانه ها کاهش و درصد انتقال مواد افزایش یافت. بعنوان مثال در مورد تیمار D5، پس از رفع تنش بدلیل وجود آب کافی گیاه توانست درصد بیشتری از مواد ذخیره شده را با بازدهی بیشتر به دانه ها منتقل نماید، به همین دلیل شاخص برداشت و درصد انتقال مجدد این تیمار (D5) نسبت به تیمار D1 افزایش یافت (جدول ۱). فتوسنتز جاری بعنوان یکی از مهمترین منابع کربن برای پر شدن دانه ها، به جذب مؤثر نور بوسیله سطح سبز گیاه پس از مرحله گرده افشانی وابسته است (۶ و ۸). این منبع نیز عموما بوسیله پیری طبیعی برگ و بروز تنشهای مختلف محدود می شود. در حالیکه در همین زمان تقاضا برای مواد فتوسنتزی برای پر شدن دانه ها و تقاضا برای تنفس نگهداری زیست توده نیز افزایش می یابد (۶). پاپاکوستا و گاگیاناس (۲۳) گزارش نمودند، بطور متوسط درصد انتقال مجدد در مورد گندم نان بین ۶ تا ۷۳ درصد بوده و در شرایط تنش رطوبتی انتهای فصل رشد، ذخائر ساقه از اهمیت زیادی برخوردار است، زیرا در مناطق مدیترانه ای دوره پر شدن دانه ها با شرایط گرم و خشک مصادف شده و در فتوسنتز جاری گندم اختلال ایجاد می‌شود.



شکل ۳ : ماده خشک ارقام گندم در مراحل گرده افشانی و خمیری لازم در متوسط تیمارهای تنش رطوبتی

magiran.com

جدول ۱: اثر تنش رطوبتی بر عملکرد بیولوژیک و دانه و صفات مرتبط با انتقال مجدد مواد فتوسنتزی گندم

*تنش رطوبتی	عملکرد بیولوژیک (kg/ha)	عملکرد دانه (kg/ha)	شاخص برداشت (درصد)	وزن خشک سنبله (mg/m²)	میزان ماده خشک انتقال یافته (mg/p)	بازدهی انتقال مجدد (درصد)	درصد انتقال مجدد ماده خشک	طول دوره پر شدن دانه (روز)	ارتفاع بوته (cm)	تنزل دمای کانوپی (°C)
D_1	۱۴۱۶۰ a	۵۴۰۰ a	۳۸/۱ a	۱۴۶/۹ a	۷۰۴/۶ a	۲۷/۱ b	۵۴/۲ b	۲۸/۵ a	۴/۴ a	۶/۹ a
D_2	۱۴۰۳۰ a	۵۴۵۰ a	۳۸/۸ a	۱۴۱/۶ a	۶۵۳/۴ a	۲۶/۳ b	۴۹/۲ b	۲۷/۷ ab	۹۱/۷ a	۶/۹ a
D_3	۱۴۳۳۰ a	۴۹۹۰ a	۳۴/۸ a	۱۴۶/۱ a	۶۸۰/۶ a	۲۶/۱ b	۵۵/۹ b	۲۸/۵ a	۹۲/۳ a	۷/۴ a
D_4	۱۳۶۰۰ a	۴۶۵۰ ab	۳۴/۲ b	۱۴۱/۹ a	۷۱۳/۲ a	۲۷/۹ ab	۶۳/۰ a	۲۸/۵ a	۹۱/۷ a	۷/۳ a
D5	۹۹۰۰ c	۳۴۲۰ bc	۳۴/۶ a	۷۲/۷ c	۵۲۴/۳ b	۳۱/۵ a	۶۲/۹ a	۲۶/۸ bc	۷۶/۸ c	۶/۷ a
D_6	۱۱۷۶۰ b	۴۱۷۰ abc	۳۵/۵ a	۱۰۵/۴ c	۴۹۲/۸ bc	۲۶/۴ b	۴۸/۶ b	۲۷/۰ bc	۸۲/۸ b	۶/۵ a
D_7	۱۰۶۸۰ bc	۲۹۴۰ c	۲۷/۵ c	۱۴۲ a	۴۴۳/۹ c	۱۷/۹ c	۶۲/۷ a	۲۶/۴ c	۹۰/۲ a	۲/۶ b
×رقم										
C_1	۱۲۴۱۱ a	۳۵۰۴ c	۲۸/۴ b	۱۰۲/۸ c	۵۵۶/۰ b	۲۰/۰ b	۶۵/۱ a	۲۷/۰ b	۱۰۱/۵ a	۶/۴ a
C_2	۱۲۶۲۷ a	۴۵۰۴ a	۳۵/۵ a	۱۲۹/۸ a	۵۹۷/۷ b	۲۶/۵ ab	۵۴/۷ b	۲۹/۰ a	۸۷/۷ b	۶/۱ a
C_3	۱۲۵۷۰ a	۴۷۵۹ a	۳۸/۰ a	۱۳۹/۰ a	۵۶۹/۲ b	۲۵/۰ b	۴۹/۴ c	۲۸/۷ a	۸۳/۴ bc	۵/۸ b
C_4	۱۲۴۹۸ a	۴۹۵۹ a	۳۸/۵ a	۱۲۹/۴ a	۶۸۸/۳ a	۲۹/۱ a	۵۷/۲ a	۲۵/۹ b	۸۱/۸ c	۶/۴ a

* برای توضیح تیمارها به مواد و روشها مراجعه شود.

میانگینهای دارای حروف مشترک در سطح ۵٪ با یکدیگر اختلاف آماری معنی دار ی ندارند.

همچنین نتایج آزمایشات مختلف نشان داد (۲۶ و ۲۸)، در شرایط مطلوب رطوبتی سهم ذخائر ساقه در پر کردن دانه های گندم نان حدود ۱۰ تا ۱۲ درصد و در شرایط تنش رطوبتی بیش از ۴۰ درصد بود، که با نتایج این آزمایش موافقت دارد.

رقم روشن بیشترین درصد انتقال مجدد مواد و رقم چمران بیشترین میزان ماده خشک انتقال یافته و بالاترین بازده انتقال مجدد را به خود اختصاص داد (جدول ۱). رقم روشن که یک رقم قدیمی و حاصل انتخاب از بین توده های بومی است، ظرفیت بیشتری برای ذخیره و انتقال مجدد مواد نسبت به ارقام دیگر در این آزمایش داشت. البته ارقام جدید چمران، مرودشت و رقم قدس نیز از ظرفیت قابل قبولی برای ذخیره و انتقال مجدد مواد برخوردار بودند. حسین و همکاران (۲۰) گزارش نمودند که گندم رقم بانتی-۳۱۰ از پتانسیل عملکرد دانه بالایی برخوردار بوده و همچنین در مورد استفاده از ذخائر ساقه از قابلیت خوبی برخوردار بود. بنابراین نتیجه گرفتند که ارقام متحمل به خشکی بایستی از ظرفیت ذخیره ساقه مناسبی برای پر کردن دانه ها برخوردار باشند، هرچند به بهای کاهش پتانسیل عملکرد آنها تمام شود. در کانزاس نیز برای گندم زمستانه گزارش شده که ارقام جدید نسبت به ارقام قدیمی، قابلیت کمتری برای مصرف ذخائر ساقه برای پر کردن دانه ها دارند (۲۰). توده های بومی گندم نیز در مقایسه با ارقام پر عملکرد جدید، بیشتر از ذخائر ساقه برای پر کردن دانه ها استفاده می کنند که البته بدلیل ماهیت ارتفاع زیاد بوته آنها می باشد (۱۰). بعبارت دیگر نتایج اینگونه مطالعات نشان می دهد که یک رابطه متقابل منفی بین پتانسیل عملکرد دانه و استفاده از ذخائر ساقه وجود ندارد و مؤید نتایج این تحقیق می باشد (۱۱ و ۱۶).

magiran.com

همچنین نتیجه تجزیه واریانس مرکب نشان داد، اثر تنش رطوبتی در مراحل مختلف نمو بر عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه، شاخص برداشت، ارتفاع بوته، طول دوره پر شدن دانه و تنزل دمای کانوپی معنی دار بود (جداول ۲ و ۳). بنابراین تنش رطوبتی علاوه بر محدود نمودن منبع، باعث کاهش مخزن و ظرفیت ذخیره ای آن شد، که به تبع آن، عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه و شاخص برداشت کاهش یافت (جدول ۱). اثر سوء تیمارهای D5 و D7 بر صفات مذکور، که متاثر از شدت خشکی محیط و گرمای انتهای فصل رشد بود، باعث شد گیاه بیشتر به ذخائر ساقه متکی باشد و بنابراین بدلیل اثرات تنش رطوبتی بر انباشت و انتقال مواد و فتوسنتز جاری عملکرد بیولوژیکی و دانه کاهش یافت (جدول ۳). بسیاری از دانشمندان معتقدند، افزایش عملکرد دانه مرهون توازن منبع و مخزن می باشد (۲۵). بطور کلی اگرچه هر دو عامل منبع و مخزن باعث محدودیت عملکرد دانه گندم می شوند، اما شواهد نشان می دهد حتی در مورد لاینهای جدید گندم نیز مخزن عامل محدود کننده می باشد (۱۴، ۲۴ و ۲۷). گزارشات متعددی در مورد اثر تنش رطوبتی در مراحل مختلف نمو گندم (بویژه پس از مرحله گرده افشانی) بر کاهش عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه و شاخص برداشت وجود دارد (۱، ۲ و ۳) که مؤید نتایج حاصل از این آزمایش است. اختلافات ژنوتیپی نیز در مورد عملکرد دانه و شاخص برداشت وجود داشت (جدول ۲). ارقام روشن و چمران به ترتیب کمترین و بیشترین عملکرد دانه و شاخص برداشت را به خود اختصاص دادند و بین عملکرد دانه و شاخص برداشت چمران و دو رقم دیگر تفاوت آماری معنی داری وجود نداشت (جدول ۱). اعمال تنش رطوبتی بویژه در مراحل حساس نمو گندم (از مرحله طویل شدن ساقه به بعد) باعث کاهش ارتفاع بوته و در نتیجه کاهش تولید و ذخیره مواد فتوسنتزی شد (جدول ۱). گزارش شده، با حذف آبیاری در مراحل مختلف نمو گندم از جمله مرحله طویل شدن ساقه و پر شدن دانه ها، ارتفاع بوته ارقام گندم بطور معنی داری کاهش یافت که بواسطه کاهش فاصله میانگره ها و در نتیجه کاهش اندازه گیاه بود (۱ ، ۲ و ۳) که نتایج حاصله را تایید می نماید.

ریچاردز و همکاران (۲۵) 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 (مانند شرایط تیمار D5 در این آزمایش) ولی باعث به حداکثر رساندن شاخص برداشت خواهد شد، در حالیکه رشد بیشتر قبل از گرده افشانی بیوماس را به حداکثر رسانده ولی باعث کاهش شاخص برداشت می شود (مانند شرایط تیمار D7 در این آزمایش). تحت تیمارهای تنش رطوبتی شدید (D5، D6 و D7) طول دوره پر شدن دانه کاهش یافت. در بین ارقام مورد مطالعه، ارقام چمران و روشن از زودرسی نسبی برخوردار بودند (جدول ۱). آریوس و همکاران (۸) و رینولدز و همکاران (۲۴) 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 فتوسنتزی (فتوسنتز جاری و ذخائر ساقه) به دانه ها داشته و از این طریق عملکرد افزایش می یابد. در حالیکه 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 طول دروه پر شدن دانه و زودرسی نسبی ارقام متحمل به تنش رطوبتی مطابقت دارد.

تنزل دمای کانوپی (CTD) بعنوان یک صفت معتبر فیزیولوژیکی، نشان داد تحت تیمار D7 بعلت شدت تنش و شرایط سخت محیطی (از جمله گرمای شدید)، توازن دمایی بین گیاه و محیط بهم خورده و دمای داخل کانوپی به دمای محیط نزدیک شده است. در حالیکه تحت سایر تیمارها اختلاف دمای کانوپی و محیط بیش از شش درجه سانتی گراد بود (جدول ۱). تنزل دمای کانوپی (CTD) و هدایت روزنه ای توام با سایر مکانیزمها، نقش مهمی در توانایی ژنوتیپ برای اختصاص مواد فتوسنتزی به دانه ها در شرایط تنش رطوبتی دارند. تنزل دمای کانوپی (CTD) یک معیار

magiran.com

مناسب برای سازگاری یک ژنوتیپ در یک محیط می باشد (۲۴). همچنین همبستگی بین تنزل دمای کانوپی با عملکرد و تعداد دانه در واحد سطح در شرایط تنش به اثبات رسیده است (۸، ۲۴ و ۲۵). کارآیی این صفت برای توجیه عملکرد و انتقال و اختصاص مواد فتوسنتزی ذخیره ای به دانه ها، نتایج این آزمایش را تایید می نماید.

نتایج حاصل از این آزمایش نیز حاکی است، ظرفیت رقم متحمل چمران و رقم سازگار روشن برای استفاده از ذخائر ساقه در مقایسه با ارقام حساس قدس و مرودشت بیشتر بود. ملاحظه می شود، در شرایط تنش رطوبتی انتهای فصل رشد، میزان ماده خشک انتقال یافته و درصد انتقال مجدد ماده خشک ارقام حساس قدس و مرودشت کاهش یافت. رقم روشن بیشترین ارتفاع بوته و درصد انتقال مجدد ماده خشک و رقم چمران بالاترین عملکرد دانه، و میزان ماده خشک انتقال یافته را بخود اختصاص داد و از زودرسی نسبی برخوردار بود.

منابع

۱- حسینی، س.ک. ۱۳۷۹. بررسی اثرات تنشهای خشکی و گرما بر روی ارقام پیشرفته گندم نان در شرایط گرمسیری دیم گچساران. مجموعه خلاصه مقالات ششمین کنگره زراعت و اصلاح نباتات ایران. بابلسر، مازندران. ص ۲۵۱.

۲- خزاعی، ح. ر. ۱۳۸۱. اثر تنش خشکی بر خصوصیات فیزیولوژیکی ارقام مقاوم و حساس گندم و معرفی مناسبترین شاخصهای مقاومت به خشکی. رساله دکتری زراعت، دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد. ۲۲۵ صفحه.

۳- زارع فیض آبادی، الف. و م. قدسی. ۱۳۸۱. بررسی میزان تحمل به خشکی لاینها و ارقام گندم مناطق سرد کشور. مجله علوم و صنایع کشاورزی ۱۶ (۲) : ۱۸۹-۱۸۱.

۴- علیزاده، الف. ۱۳۷۲. اصول طراحی سیستمهای آبیاری. دانشگاه امام رضا. ص ۲۰۵-۲۰۲.

۵- طهماسبی سروستانی، ز. ۱۳۷۷. مروری بر بحث انتقال مجدد ماده خشک و پروتئین در ارقام گندم و جو تحت شرایط تنش آب. مجموعه خلاصه مقالات پنجمین کنگره زراعت و اصلاح نباتات ایران، کرج. ص ۲۴۶-۲۴۴.

۶- نادری، الف. و غ. مشرف. ۱۳۷۹. اثرات تنش خشکی بر عملکرد دانه وصفات زراعی وابسته به آن در ژنوتیپهای گندم. مجموعه خلاصه مقالات ششمین کنگره زراعت و اصلاح نباتات ایران. بابلسر، مازندران. ص ۵۵۵.

۷- هاشمی دزفولی، الف.، ع. کوچکی، و م. بنایان اول. ۱۳۷۵. افزایش عملکرد گیاهان زراعی. جهاد دانشگاهی مشهد. ص ۱۵۹ -۱۵۰.

8- 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.

9- Blum, A. 1996. Improving wheat grain filling under stress by stem reserve utilization. *In*: Braun, H.J., F. Altay, W.E. Kronstas, S.P.S. Beniwal, and A. McNab, (eds). Prospects for global improvement. Proc. of the 5th Int. Wheat Conf. Ankara, Turky, pp. 135-142.

10- 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.

11- 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.

12- 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 internods. J. Exp. Bot. 44: 75-82.

13- Borrell, A.K., L.D. Incoll, and M.J. Dalling. 1993. The influence of rht1 and rht2 allels on the deposition and use of stem reserves in wheat. Annals of Bot. 71: 317-326.

14- Caldrini, D.F., M.P. Reynolds, and G.A. Slafer. 1999. Genetic gains in wheat yield and main

magiran.com

physiological changes associated with them during the 20th century. *In*: Satorre, E.H. and G.A. Slafer, (eds) Wheat: Ecology and Physiology of Yield Determination. New York, Food Products Press.

15- 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.

16- 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.

17- Dubois, D., M. Winzeler, and J. Nosberger. 1990. Fructan accumulation and sucrose:sucrose fructosyl trsnsferase activity in stem of spring wheat genotypes. Crop Sci. 30: 315-319.

18- Evans, I.T. 1993. Crop evaluation, adaptation and yield. Cambridge University Press, Cambridge. 500 pp.

19- Gent, M.P.N. 1994. Photosynthate reserves during grain filling in winter wheat. Agron. J. 86: 159-167.

20- 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.

21- McIntosh, M.S. 1983. Analysis of combined experiments. Agron. J. 75: 153-155.

22- 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.

23- 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.

24- 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.

25- 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.

26- Robertson, M.J., and F. Giunta. 1994. Responses of spring wheat exposed to pre-anthesis water stress. Aust. J. Agri. Res. 45: 19-35.

27- 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.

28- 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.

29- Zadoks, J.C., T.T. Chang, and C.F. Konzak. 1974. A decimal code for growth stages of cereals. Weed Res. 14: 415-421.

magiran.com

Dry matter accumulation and remobilization in bread wheat cultivars under water stress during pre- and post-anthesis stages in field conditions

M. Ghodsi, M. R. Jalal Kamali, M. R. Chaichi, D. Mazaheri[1]

Abstract

In order to study dry matter accumulation in different developmental stages and remobilization in bread wheat cultivars under water stress, a field experiment was conducted using a split plot design based on a complete randomized block design with 3 replications for two years (2000-2002) in Torogh Agricultural Research Station (Mashhad, Iran). Main plots were allocated to 7 levels of water stress treatments namely D1: full irrigation, D2: water stress from one leaf stage to double ridge (floral initiation), and in other treatments, water stress and prevention of precipitation from D3: One leaf stage to double ridge, D4: double ridge stage to early stem elongation, D5: early stem elongation stage to emergence of flag leaf, D6: emergence of flag leaf stage to anthesis and D7: anthesis stage to late of grain filling (soft dough), respectively. Four bread wheat cultivars (Roshan, Ghods, Marvdasht and Chamran) were assigned to sub plots. Results of combined analysis showed that, biological yield, grain yield, spike weight at anthesis, harvest index, accumulation of dry matter in different developmental stages, amount of remobilized dry matter, remobilization efficiency, remobilization percentage, duration of grain filling and plant height was significantly ($p<0.05$) affected by water stress treatments. Biological and grain yield, accumulation of dry matter in different developmental stages, spike weight at anthesis, harvest index and plant height, was decreased due to water stress at stem elongation stage (D5). Water stress decreased dry matter and limited source before anthesis (D5 and D6), but after anthesis (D7) decreased amount of remobilized dry matter and remobilization efficiency about 261 mg/plant and %33.9 in comparison to D1 treatment, respectively. In severe water stress treatments (D5 and D7) remobilization percentage were increased in comparison to D1,D2 and D3 treatments. In addition, D7 treatment, affected canopy temperature depression (CTD). Plant height and amount of remobilized dry matter of Roshan was relatively high. Also, Chamran had relatively higher grain yield and remobilization percentage and was relatively early maturing.

Key words: Water stress, developmental stages, remobilization, dry matter accumulation, wheat cultivars, yield.

1- Contribution from Tehran University and Seed and Plant Improvement Institute.