Archive of SID

"نهال و بذر"
جلد ۲۰، شماره ٤، سال ۱۳۸۳

تعیین حساسیت مراحل نمو گندم نان به تنش رطوبتی و تأثیر آن بر عملکرد و اجزای عملکرد*

Determination of Susceptibility of Developmental Stages in Bread Wheat to Water Stress and Its Effect on Yield and Yield Components

مسعود قدسی، محمدرضا چائی‌چی، محمدرضا جلال‌کمالی و داریوش مظاهری

مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان و دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران

تاریخ دریافت: ۸۲/۱۱/۵

چکیده

قدسی، م.، چائی‌چی، م. ر.، جلال‌کمالی، م. ر.، و مظاهری، د. ۱۳۸۳. تعیین حساسیت مراحل نمو گندم نان به تنش رطوبتی و تأثیر آن بر عملکرد و اجزای عملکرد. نهال و بذر ۲۰: ۵۰۹-٤۸۹.

به منظور مطالعه اثر تنش رطوبتی بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم و تعیین حساسیت مراحل نمو به تنش، آزمایشی مزرعه‌ای با استفاده از طرح کرت‌های خرد شده در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار و به مدت دو سال زراعی (۸۱-۱۳۷۹) در ایستگاه تحقیقات کشاورزی طرق مشهد به اجرا در آمد. در کرت‌های اصلی، تیمارهای تنش خشکی در هفت سطح شامل D1 آبیاری کامل، D2 قطع آبیاری از یک برگی تا گل انگیزی، و در تیمارهای بعدی قطع آبیاری و جلوگیری از نفوذ بارندگی به ترتیب D3 از یک برگی تا گل انگیزی، D4 از گل انگیزی تا ابتدای طویل شدن ساقه، D5 از طویل شدن ساقه تا ظهور برگ پرچم، D6 از ظهور برگ پرچم تا گرده‌افشانی و D7 از گرده‌افشانی تا اواخر مرحله پر شدن دانه‌ها (خمیری نرم) و در کرت‌های فرعی چهار رقم گندم روشن، قدس، مرودشت و چمران قرار گرفتند. نتایج تجزیه واریانس مرکب نشان داد، اثر تنش رطوبتی بر عملکرد بیولوژیک، عملکرد و اجزای عملکرد دانه، شاخص برداشت و دیگر صفات معنی‌دار بود. اختلافات ژنوتیپی در مورد صفات مورد نظر موجود بود. عملکرد دانه ارقام در تیمارهای D5، D6 و D7 به ترتیب ۳٦/۷، ۲۲/۸ و ٤٥/٦ درصد نسبت به تیمارD1 کاهش یافت. بین عملکرد دانه و تعداد سنبله در مترمربع، تعداد دانه در سنبله، شاخص برداشت، درصد باروری سنبله و وزن خشک سنبله در مرحله گرده‌افشانی همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود داشت. بر اساس این نتایج مشخص شد که در شرایط تنش رطوبتی، عملکرد دانه عمدتاً متأثر از تعداد دانه در واحد سطح می‌باشد. بنابراین اعمال تنش در هر مرحله از نمو گندم باعث کاهش عملکرد شده و مراحل پر شدن دانه‌ها (D7) و رشد سریع گندم (D5) نسبت به کمبود رطوبت بسیار حساس می‌باشند، هر چند اثر سوء تنش بر عملکرد نزدیک مرحله گرده‌افشانی (D6) و در مرحله پنجه‌زنی (D3) نیز قابل توجه بود. نتایج این تحقیق همچنین نشان داد که مراحل مختلف نمو گندم به تنش رطوبتی حساسیت‌های متفاوتی دارند و اثر سوء تنش در مراحل پر شدن دانه‌ها و طویل شدن ساقه بر عملکرد از شدت بیشتری برخوردار می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: گندم نان، تنش خشکی، مراحل نمو، گل انگیزی، پر شدن دانه‌ها.

* بخشی از پایان‌نامه دکتری نگارنده اول.

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

گندم اصلی‌ترین منبع کالری و پروتئین و یکی از مهم‌ترین محصولات زراعی دنیا و ایران است. حدود ۳۳ میلیون هکتار از اراضی زیرکشت گندم دنیا، از جمله مناطق مدیترانه‌ای، با تنش خشکی مواجه می‌باشند و خسارت ناشی از آن در سطح جهان قابل توجه می‌باشد (Rajaram *et al.*, 1995؛ Richards *et al.*, 2001). مطالعات جدی پیرامون عکس‌العمل گیاهان نسبت به شرایط نامساعد محیطی از سال ۱۹٤۱ شروع و واژه‌های حساسیت و تحمل گیاهان به تنش تعریف شد (Levitt, 1980).

مراحل گلدهی و پر شدن دانه‌ها جزو بحرانی‌ترین مراحل رشد و نمو گندم به تنش خشکی معرفی شده و این مراحل دوره‌هایی هستند که گندم نسبت به کمبود آب بیشترین حساسیت را نشان می‌دهد. همچنین گزارش شده گیاهان دانه‌ای از جمله گندم دو هفته قبل از گرده‌افشانی نسبت به خشکی حساس می‌باشند (هاشمی دزفولی و همکاران، ۱۳۷۵؛ Machado *et al.*,1993؛ Rajaram *et al.*,1995؛ Richards *et al.*, 2001).

نتایج تحقیقات نشان می‌دهد، تنش خشکی در مراحل قبل از گرده‌افشانی گندم باعث کاهش رشد و نمو و زیست توده (بیوماس) شده، در حالی که اثر عمده تنش پس از گرده‌افشانی بر محدودیت مخزن و ظرفیت ذخیره‌ای آن می‌باشد. رابرتسون و گیونتا (Robertson and Guinta, 1994) گزارش نمودند اعمال تنش خشکی پس از مرحله تشکیل سنبلچه انتهایی (Terminal spikelet) که مصادف با مرحله ابتدای طویل شدن ساقه در گندم می‌باشد، تعداد سنبله بارور و نسبت تعداد دانه به وزن خشک سنبله (بدون دانه) را حدود ۵۰ درصد کاهش داد، در حالی که اعمال تنش در مرحله گرده‌افشانی باعث شد وزن خشک سنبله به میزان ۵۸ تا ۹٤ درصد کاهش یابد. از طرف دیگر ماچادو و همکاران (Machado *et al.*, 1993) نتیجه گرفتند که کمبود آب نزدیک مرحله گلدهی، تشکیل دانه و باروری آن را به طور معنی‌داری کاهش می‌دهد، در حالی که اعمال تنش در مرحله پر شدن دانه‌ها، ظرفیت انتقال مواد فتوسنتزی به دانه‌ها را به طور معنی‌داری کاهش داده وباعث چروکیدگی دانه‌ها و کاهش وزن هزار دانه می‌شود. بنابراین نتیجه گرفتند تولید مواد فتوسنتزی و انتقال مجدد آن‌ها مرتبط با مرحله‌ای است که تنش خشکی اتفاق افتاده است.

مجموعه‌ای از صفات فنولوژیک، مرفولوژیک و فیزیولوژیک در تحمل گندم نسبت به تنش خشکی دخالت داشته که در رابطه با زمان وقوع و مدت زمان دوام تنش، فراوانی وقوع خشکی و خصوصیات خاک مورد شناسایی و ارزشیابی قرار می‌گیرند (اهدایی، ۱۳۷۲؛ Richards *et al.*, 2001). گزارش‌های متعددی در مورد اثر تنش خشکی

www.SID.ir

Archive of SID

بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه گندم موجود است. در تنش خشکی، عملکرد دانه، تعداد سنبله بارور در واحد سطح، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه، عملکرد بیولوژیک (وزن ماده خشک اندام‌های هوایی) شاخص برداشت و ارتفاع بوته به طور معنی‌داری کاهش یافت (دستفال و رمضانپور، ۱۳۷۹؛ صارمی، ۱۳۷۲؛ نادری و مشرف، ۱۳۷۹؛ زارع فیض آبادی و قدسی، ۱۳۸۱؛ خزاعی، ۱۳۸۱؛ Fischer, 1979 ؛ Debake *et al.*, 1996 ؛ Moustafa *et al.*, 1996 ؛ Reynolds *et al.* 2000). فیشر (Fischer, 1985) معتقد است یک جزء مهم عملکرد دانه یعنی تعداد دانه در سنبله (توانایی مخزن) در مرحله رشد سنبله جوان تعیین می‌شود، لذا این مرحله نمو برای تعیین پتانسیل عملکرد دانه یک مرحله بحرانی است.

Calderini *et al.* (1999) معتقدند که در سال‌های اخیر افزایش عملکرد دانه عمدتاً مرهون افزایش تعداد دانه بوده و این جزء عملکرد اهمیت بیشتری از وزن دانه داشته است. اگرچه هر دو عامل منبع (Source) و مخزن (Sink) باعث محدودیت عملکرد می‌شوند، اما شواهد نشان می‌دهد حتی در مورد لاین‌های جدید گندم نیز مخزن بیشتر محدود کننده است (Reynolds *et al.*, 2000). شاخص برداشت در گندم حاصل نسبت عملکرد دانه به عملکرد بیولوژیک (اندام‌های هوایی) می‌باشد. این شاخص، تحت تنش خشکی کاهش یافته و به عواملی از جمله وزن نسبی ماده خشک قبل و بعد از گرده‌افشانی و همچنین به قابلیت انتقال مواد ذخیره شده (قبل از گرده‌افشانی) در ساقه‌ها به دانه بستگی دارد. هدف از انجام این آزمایش، تعیین حساسیت مراحل نموی گندم نسبت به تنش رطوبتی قبل و بعد از گرده‌افشانی در شرایط مزرعه‌ای بود. همچنین تعیین روابط همبستگی بین عملکرد، اجزای عملکرد و صفات مختلف مرتبط با عملکرد در شرایط تنش رطوبتی از اهداف دیگر این تحقیق بود که مورد مطالعه قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

این بررسی با استفاده از آزمایشی مزرعه‌ای در قالب طرح کرت‌های خرد شده با متن اصلی 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 و۱۳دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۹ درجه و ٤٠ دقیقه شرقی و ارتفاع ۹۸۵ متر از سطح دریا بر روی خاک Fine-loamy Over Sandy-Skeletal, Mixed, Mesic به اجرا درآمد. 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 دو گانه یا Double ridge حد فاصل مراحل ۲۳-۱۱

www.SID.ir

Archive of SID

زادوکس (Zadoks *et al.*, 1974)) و در تیمارهای بعدی تنش رطوبتی به صورت قطع آبیاری و جلوگیری از بارندگی به کمک باران‌گیر به ترتیب D3 از مرحله یک برگی تا گل انگیزی، D4 از مرحله گل انگیزی تا تشکیل سنبلچه انتهایی (ابتدای طویل شدن ساقه، مراحل ۳۱-۲۳ زادوکس)، D5 از مرحله سنبلچه انتهایی تا ظهور برگ پرچم (تورم سنبله یا Booting، مراحل ٤۱-۳۱ زادوکس)، D6 از مرحله ظهور برگ پرچم تا گرده‌افشانی (Anthesis، مراحل ٦٥-٤۱ زادوکس) و D7 از مرحله گرده‌افشانی تا اواخر مرحله پر شدن دانه‌ها (خمیری نرم Soft dough، مراحل ۸٥-٦٥ زادوکس). در کرت‌های فرعی چهار رقم گندم با تیپ 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 نظرتحمل تنش ناشناخته) و C4 چمران (رقم جدید با پتانسیل عملکرد بالا و سازگار به شرایط خشکی انتهای فصل رشد در منطقه) قرار گرفتند. ابعاد هر کرت فرعی ۷/۲ = ۲/٤ × ۳ مترمربع بود. هر رقم بر روی ۱۲ ردیف به فاصله ۲۰ سانتی‌متر کاشته شد. به منظور اطمینان از عدم تداخل آبیاری، بین هر کرت اصلی چهار پشته (به عرض ۲/٤ متر) کاشته نشده قرار داده شد. تاریخ کاشت دهه سوم آبان ماه و میزان بذر بر اساس تراکم ٤۰۰ دانه در مترمربع و با در نظر گرفتن وزن هزاردانه ارقام تعیین و در عمق پنج سانتی‌متری کاشته شد. قبل از کاشت، بذرها با قارچ‌کش کاربوکسین- تیرام ضدعفونی شد.

میزان کود مورد نیاز بر اساس آزمون خاک و با استفاده از فرمول (٥۰-۹۰-۱۲۰) کیلوگرم N-P-K خالص در هکتار محاسبه و تمامی کود فسفر و پتاس به علاوه یک سوم کود نیتروژن همزمان با کاشت (کود پایه) و مابقی کود نیتروژن در دو مرحله، ابتدای طویل شدن ساقه و ابتدای ظهور سنبله به صورت سرک مصرف شد. با استفاده از ماشین مخصوص کاشت آزمایش‌های غلات (وینتر اشتایگر) بذرکاری انجام و بلافاصله پس از آن در هر دو سال در تاریخ ۲۰ آبان ماه آبیاری شد، تا رطوبت پروفیل خاک در منطقه توسعه ریشه اشباع و برای کلیه تیمارها یکسان شده و به علاوه جوانه‌زنی و سبز کردن بذرها با سهولت انجام شود. برای کنترل علف‌های هرز یک تا دو بار وجین انجام و درسال دوم اجرای آزمایش 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، به وسیله قطع آبیاری و جلوگیری از نفوذ باران اعمال شد. برای جلوگیری از بارندگی از یک باران گیر متحرک (Mobile Rain Shelter) استفاده شد که بر روی هر کرت فرعی در تیمار مربوطه قرار گرفت. باران‌گیرها با استفاده از لوله‌های

www.SID.ir

Archive of SID

داربستی و بست طراحی و ساخته شد و برای پوشش آن از پلاستیک سفید رنگ گلخانه‌ای با جنس پلی اتیلن و ضریب عبور نور ۹۵ درصد استفاده شد. باران گیرها قابل جابجایی و ارتفاع چتر از سطح خاک قابل تنظیم بود. چتر پلاستیکی فقط هنگام بارندگی پهن می‌شد، در غیر این صورت شرایط معمولی مزرعه‌ای برقرار بود. در تیمار آبیاری کامل و سایر تیمارها پس از اعمال تنش در حد فاصل مراحل نموی مورد نظر و رفع تنش به وسیله آبیاری مجدد (Rewatering) میزان آب مورد نیاز گیاه و زمان آن از طریق اندازه‌گیری مکرر رطوبت خاک به روش وزنی تأمین و با شیوه آبیاری نشتی در دسترس گیاه قرارگرفت. به منظور اندازه‌گیری مقدار آب مصرفی در هر نوبت آبیاری، قبل از آبیاری نسبت به نمونه‌گیری از خاک تا عمق ۶۰ سانتی‌متر اقدام شد. نمونه‌های خاک در آون در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت قرار داده شد. بعد از خروج آب ثقلی، یعنی ۴۸ ساعت پس از آبیاری، نمونه‌برداری مجدداً انجام و میزان آب ذخیره شده در عمق ۶۰ سانتی‌متری خاک (عمق توسعه ریشه) از طریق فرمول پیشنهادی زیر محاسبه شد (علیزاده، ۱۳۷۲):

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

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 سانتی‌متر مکعب، r عمق توسعه ریشه گندم و R عمق رطوبت ذخیره شده (سانتی‌متر) می‌باشد. حجم آب آبیاری (V) از رابطه $(R/100) \times 10000m^2$ و بر اساس مترمکعب در هکتار محاسبه شد.

شرایط آب و هوایی سال‌های اجرای آزمایش متفاوت بود. مجموع بارندگی سال اول و دوم بترتیب ۱۵۷/۷ و ۲۳۶/۲ میلی‌متر بود که به ترتیب ۵۶/۵ میلی‌متر کمتر و ۲۲ میلی‌متر بیشتر از میانگین طولانی مدت بارندگی مشهد (۲۱۴/۲ میلی‌متر) بود. سال اول دارای پاییز و زمستان سرد و بهارگرم و خشک بود و پراکنش بارندگی نامطلوب بود، چنانچه فقط ۱۴ درصد بارندگی در بهارنازل شد. در حالی که سال دوم سالی معمولی و دارای زمستانی ملایم و بهاری نسبتاً خنک بود. متوسط دمای روزانه سال اول و دوم در فصل بهار به ترتیب ۳/۴ و ۰/۹ درجه سانتی‌گراد بیش از میانگین طولانی مدت دمای روزانه مشهد در طی این فصل (۱۸/۳ درجه سانتی‌گراد) بود. به علاوه، بارندگی از پراکنش خوبی نیز برخوردار بود و حدود ۴۵ درصد از مجموع بارندگی در بهار نازل شد. به منظور تعیین دقیق مراحل نمو برای اعمال تنش، تعدادپنج بوته به طور تصادفی از هر کرت انتخاب و با انجام عمل کالبد شکافی (Dissection) نوک ساقه (Shoot apex) در آزمایشگاه مراحل گل‌انگیزی و سنبلچه انتهایی، با استفاده از لوپ و میکروسکوپ تعیین شد. سایر مراحل نمو به ترتیب بر حسب ظهور بیش

www.SID.ir

Archive of SID

از ۵۰ درصد ظهوربرگ پرچم (مرحله تورم سنبله)، خروج ۵۰ درصد پرچم‌ها از سنبلچه‌ها (گرده‌افشانی) و ۵۰ درصد دانه‌های سنبله‌ها در مرحله خمیری نرم مشخص شد. برای اندازه‌گیری صفات مرفولوژیکی و فیزیولوژیکی از جمله ارتفاع بوته، طول سنبله، طول پدانکل، تعداد دانه در سنبله، و ساختار سنبله (تعداد سنبلچه در سنبله، تعداد گلچه در سنبله و تعداد گلچه در سنبلچه) از ۲۰ بوته تصادفی در هر کرت استفاده شد. برای اندازه‌گیری وزن خشک سنبله در مرحله گرده‌افشانی، سنبله های بوته‌های انتخابی به مدت ۷۲ ساعت در آون در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند. پس از حذف اثر حاشیه‌ای، برداشت از دو پشته (شش ردیف) وسطی به مساحت ۱/۲ مترمربع با داس از سطح خاک انجام و عملکرد بیولوژیک ابتدا اندازه‌گیری و پس از خرمن‌کوبی عملکرد دانه هر کرت توزین و ثبت شد و نمونه‌ای برای وزن هزار دانه و خصوصیات کیفی گرفته شد. برای تجزیه و تحلیل اطلاعات به دست آمده از نرم‌افزارهای SAS و MSTATC استفاده شد، و تجزیه واریانس مرکب پس از انجام آزمون یکنواختی داده‌ها (بارتلت) بر روی صفات مورد نظر انجام شد. MS خطای هر منبع تغییر، به کمک روش مک اینتاش (McIntosh, 1983) و کارمر و همکاران (Carmer *et al.*, 1989) و با استفاده از امید ریاضی آن‌ها تعیین و F جدول محاسبه وبرای مقایسه میانگین‌ها از روش LSD استفاده شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه مرکب دو ساله این آزمایش نشان داد، اثر تنش رطوبتی بر عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه، شاخص برداشت، تعداد سنبله در مترمربع، تعداد دانه در سنبله، ساختارسنبله (تعداد سنبلچه درسنبله، تعداد گلچه در سنبله، تعداد گلچه در سنبلچه و درصد باروری سنبله)، شاخص برداشت سنبله، وزن خشک سنبله در مرحله گرده‌افشانی، نسبت تعداد دانه به وزن خشک سنبله (بدون دانه)، طول دوره پرشدن دانه و ارتفاع بوته در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار بود (جدول ۱).

بیشترین عملکرد بیولوژیک و دانه به ترتیب از تیمارهای D3 و D2 به دست آمد. این دو تیمار از نظر دریافت و یا عدم دریافت بارندگی با یکدیگر تفاوت داشتند. همچنین کمترین عملکرد بیولوژیک و دانه به ترتیب از تیمارهای D5 و D7 حاصل شد (جدول ۲). اثر سوء تیمارهای D5، D6 و D7 برمیزان ماده خشک تولیدی (Biomass) ارقام گندم شدیدتر از سایر تیمارها بود، چنانچه عملکرد بیولوژیک این تیمارها به ترتیب ۳۰/۱، ۱۶/۹ و ۲٤/٦ درصد نسبت به تیمار D1 کاهش یافت. اثر سوء تنش رطوبتی در مراحل قبل از گرده‌افشانی گندم به صورت کاهش وزن خشک و ارتفاع بوته ارقام بروز نمود، لذا کمترین ارتفاع بوته به ترتیب متعلق به تیمارهای D5 و D6 بود (جدول ۲). بین میزان تجمع ماده خشک در مراحل قبل و بعد از گرده‌افشانی گندم ارتباط

www.SID.ir

جدول ۱- تجزیه واریانس مرکب دو ساله عملکرد، اجزای عملکرد و صفات مرفولوژیک و فیزیولوژیک (میانگین مربعات) گندم نان

Table 1. Combined analysis of variance on yield, yield components and morphological and physiological traits of bread wheat in two years (mean squares)

S. O. V.	منابع تغییرات	درجه آزادی df.	عملکرد بیولوژیک Biological yield	عملکرد دانه Grain yield	شاخص برداشت Harvest index	تعداد سنبله در متر مربع Spike/m^2	تعداد دانه در سنبله Grain/ spike	وزن هزار دانه 1000 KW	تعداد دانه به وزن خشک سنبله Kernel /spike weight	تعداد سنبلچه در سنبله Spikelet/ spike	تعداد گلچه در سنبله Floret/ spike	تعداد گلچه در سنبلچه Floret/ spikelet	درصد باروری سنبله Seed set percentage
Year (Y)	سال	1	1332272.5^{ns}	70889.2 ^{ns}	757.3**	6401.0 ^{ns}	234.8 *	1553.4 **	780.0 ^{ns}	24.8 ^{ns}	1250.8**	1.1 ^{ns}	135.6^{ns}
Rep (year)	تکرار (سال)	4	115659.1	10992.0	10.6	15584.8	24.3	51.2	2131.3	4.4	43.4	0.2	91.7
Water stress(WS)	تنش رطوبتی	6	807432.1**	226516.3 *	316.9**	60499.8 *	382.9 *	353.6 *	18467.8**	2.0 **	352.9 **	1.3 *	584.0 *
Year × WS	سال × تنش	6	45128.3 ^{ns}	33164.9 **	110.5^{ns}	14271.7**	74.4 **	67.1 **	303.5 ^{ns}	0.5^{ns}	185.9 **	0.7**	100.7 *
Error a	خطای a	24	55005.4	3520.2	55.9	3711.7	12.3	9.8	553.7	0.5	38.6	0.1	32.3
Cultivar (C)	رقم	3	21569.8 ^{ns}	175175.0**	906.2**	34993.8 *	840.7 *	640.8 **	10226.3**	31.9 *	2350.8 *	5.2 *	215.8 ^{ns}
Y × C	سال × رقم	3	14822.4 ^{ns}	5055.3 ^{ns}	27.5 ^{ns}	2361.1 ^{ns}	33.0 ^{ns}	16.3 ^{ns}	331.9 ^{ns}	4.9 ^{ns}	83.3 ^{ns}	0.3$^{n.s}$	204.1 ^{ns}
WS × C	تنش × رقم	18	25422.4 **	7880.3 **	39.0 **	2769.9 *	37.3 **	19.0 **	1715.7 **	2.9 **	66.2 **	0.2**	123.6 **
Y × WS × C	سال×تنش×رقم	18	11577.9 ^{ns}	2544.7 ^{ns}	11.6 ^{ns}	1221.9 ^{ns}	42.6 **	10.3 ^{ns}	315.6 ^{ns}	2.6 **	111.4 **	0.3**	107.9 **
Error b	خطای b	84	13213.04	1578.47	21.07	2021.34	8.05	9.51	203.97	0.70	23.91	0.1	37.78
C. V %			9.10	8.97	13.07	11.42	8.38	7.94	11.41	5.23	8.46	9.07	10.43

ns, * and ** : Non significant, significant at 5% and 1% probability levels, respectively.

ns ، * و **: به ترتیب غیرمعنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪ .

Archive of SID

www.SID.ir

www.SID.ir

Table 1. Continued

ادامه جدول ۱

S. O. V.	منابع تغییرات	درجه آزادی df.	وزن خشک سنبله در مرحله گرده افشانی Spike weight at anthesis	شاخص برداشت سنبله Spike harvest index	طول دوره پر شدن دانه Duration of grain filling	ارتفاع بوته Plant height	طول سنبله Spike length	طول پدانکل Peduncle length	تعداد روز تا ظهور سنبله Days to heading	تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک Days to maturity
Year (Y)	سال	1	780.0 ^{ns}	1.13 ^{ns}	1326.1 **	50.1 ^{ns}	704.4 ^{ns}	3.4 ^{ns}	453.4 **	3330.4 **
Rep (year)	تکرار (سال)	4	231.3	8.3	3.7	140.4	594.6	17.9	3.1	1.8
Water stress (WS)	تنش رطوبتی	6	18467.8 **	42.8 **	19.9 *	972.9 **	175.2 ^{ns}	53.0 ^{ns}	1.0 ^{ns}	2.2 ^{ns}
Year × WS	سال × تنش	6	303.5 ^{ns}	6.3 ^{ns}	2.4 ^{ns}	46.4 ^{ns}	70.9 ^{ns}	52.4 *	3.4 **	19.0 **
Error a	خطای a	24	553.7	6.1	1.7	26.1	36.7	18.4	0.6	0.9
Cultivar (C)	رقم	3	10226.3 **	59.3 **	90.9 *	3362.4**	640.1 *	1705.5 **	18.8 ^{ns}	143.5 **
Y × C	سال × رقم	3	331.9 ^{ns}	1.7 ^{ns}	4.4 ^{ns}	49.9 *	62.5 ^{ns}	4.5 ^{ns}	11.3 **	4.3 ^{ns}
WS × C	تنش × رقم	18	1715.7 **	12.8 **	6.3 ^{ns}	237.2 **	74.1 ^{ns}	28.2 *	2.0 ^{ns}	3.4 ^{ns}
Y × WS × C	سال × تنش × رقم	18	315.6 ^{ns}	3.4 ^{ns}	4.5 **	15.0 ^{ns}	54.5 ^{ns}	11.3 ^{ns}	0.85 *	5.9 **
Error b	خطای b	84	203.98	2.23	1.33	19.29	39.11	8.20	0.45	0.82
C. V %			11.41	14.94	4.17	4.96	7.34	8.84	0.62	0.63

ns, * and ** : Non significant, significant at 5% and 1% probability levels, respectively.

ns ، * و **: به ترتیب غیرمعنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪.

Archive of SID

Archive of SID

وجود دارد و برای حصول عملکردهای بالا، بایستی گ‌یاه قبل ازمرحله گرده افشانی به رشد مطلوبی برسد. گزارش شده اعمال تنش رطوبتی قبل از مرحله گرده‌افشانی گندم باعث کاهش رشد و نمو، ارتفاع بوته و بیوماس می‌شود (دستفال و رمضانپور، ۱۳۷۹؛ Fischer, 1979 ؛ Richards *et al*., 2001؛ Donaldson,1996) که با نتایج حاصل از این آزمایش مطابقت دارد.

برای مقایسه ژنوتیپ‌های گندم در تنش خشکی، عملکرد دانه معیار مهمی می‌باشد. البته عملکرد صفتی است که توسط تعداد زیادی ژن کنترل می‌شود و متأثر ازشرایط محیطی می‌باشد. هرچند جمع‌آوری کلیه ژن‌های مطلوب و مؤثر در تحمل به خشکی در یک رقم امکان‌پذیر نیست، لیکن این امر مانع استفاده از قابلیت صفت عملکرد دانه به عنوان یک معیار مهم برای تحمل به خشکی نشده است (Hurd, 1976). نتایج حاصل از این آزمایش نشان داد، بیشترین کاهش عملکرد دانه به ترتیب مربوط به تیمارهای D7، D5 و D6 بود. متوسط عملکرد دانه ارقام در این تیمارها نسبت به تیمار D1 به ترتیب ٤٥/٦، ٣٦/٧ و ٢٢/٨ درصد کاهش یافت، در حالی که اعمال تنش رطوبتی در مراحل اولیه رشد و نمو (تیمارهای D2 ، D3 و D4) باعث کاهش معنی‌دار عملکرد دانه نشد (جدول ۲). همچنین با توجه به نتایج حاصل از اثر متقابل تنش رطوبتی و رقم بر عملکرد بیولوژیک و دانه مشخص شد، با اعمال تیمار D5 عملکرد بیولوژیک رقم حساس قدس (C2) و رقم سازگار چمران (C4) به ترتیب ۳۵/۷ و ۱۸/۳ درصد نسبت به تیمار D1 کاهش یافت (جدول ۳). بین عملکرد دانه ارقام گندم تفاوت آماری معنی‌داری وجود داشت. عملکرد دانه ارقام روشن (C1)، قدس(C2)، مرودشت (C3) و چمران (C4) در متوسط تیمارهای تنش رطوبتی به ترتیب ٣٥٠٤، ٤٥٠٦، ٤٧٦٠ و ٤٩٦٠ کیلوگرم در هکتار بود. بین عملکرد دانه رقم چمران (C4) و ارقام قدس (C2) و مرو دشت (C3) تفاوت آماری معنی‌داری وجود نداشت. این نتایج تأیید می‌کند که رقم چمران (C4) یکی از ارقام با پتانسیل عملکرد زیاد در شرایط مطلوب و تنش رطوبتی می‌باشد. برخی از پژوهشگران (اهدایی، ۱۳۷۲؛ Fischer, 1979) معتقدند از نظر تحمل به خشکی بین ارقام گندم واریانس ژنوتیپی وجود دارد و معمولاً ارقامی که در شرایط معمولی از عملکرد زیادی برخوردارند، شرایط تنش را نیز بهتر تحمل نموده و عملکرد قابل قبولی تولید می‌کنند. البته در این زمینه اتفاق نظر وجود ندارد.

بالاترین شاخص برداشت از تیمار D2 و کمترین آن از تیمارD7 به دست آمد. با اعمال تیمار D7 شاخص برداشت ارقام در مقایسه با تیمار D1 به میزان ۲۷/۲ درصد کاهش یافت (جدول ۲). بین ارقام گندم از نظر این صفت تفاوت ژنوتیپی وجود داشت. در متوسط تیمارهای تنش رطوبتی (D1تا D7)، شاخص برداشت ارقام روشن (C1)، قدس (C2)، مرودشت (C3) و چمران (C4) به ترتیب ٢٨/٤،

www.SID.ir

www.SID.ir

جدول ۲- اثر تنش رطوبتی بر عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه، اجزای عملکرد و برخی صفات مرفولوژیک و فیزیولوژیک ارقام گندم نان

Table 2. Effect of water stress on biological yield, grain yield, yield components and some morphological and physiological traits of bread wheat cultivars

تنش رطوبتی* Water Stress	BY[1] (kgha^{-1})	GY[2] (kgha^{-1})	H I[3] (%)	[4] Ns/m^2	[5] NG/S	TKW[6] (g)	NK/SW[7] (1/g)	NST/S[8]	NFT/S[9]	NFT/ST[10]	SSP[11] (%)	SWANT[12] (mg m^{-2})	SHI[13] (%)	DGF[14] (day)	PLH[15] (cm)
D1	14165 c	5400 c	38.1c	431 c	35.9 c	40.8 c	12.4 c	16.2 c	58.5 c	3.6 c	62.2 c	146.9 c	10.4 c	28.5 c	94.4 c
D2	14038 c	5445 c	38.7c	435 c	38.1 c	38.8 c	13.6 c	16.0 c	60.4 c	3.8 c	63.4 c	141.6 c	10.2 c	27.7 c	91.7 c
D3	14335 c	4995 c	34.9c	420 c	37.2 c	38.9 c	13.5 c	15.9 d	60.9 c	3.8 c	61.9 c	146.1 c	10.3 c	28.5 c	92.3 c
D4	13598 c	4653 c	34.3d	428 c	36.2 c	40.7 c	13.1 c	15.4 e	57.4 c	3.7 c	63.1 c	141.9 c	10.6 c	28.5 c	91.7 c
D5	9903 e	3423 e	34.7c	308 d	27.6 d	42.8 c	19.1 a	16.1 c	49.8 e	3.1 d	55.9 c	72.7 e	7.5 e	26.8 e	76.8 e
D6	11760 e	4175 c	35.5c	393 c	32.0 c	39.3 c	15.4 b	16.2 c	57.2 c	3.5 c	55.8 c	105.4 e	9.2c	27.0 d	82.8 e
D7	10678 e	2938 c	27.5e	341 d	30.1 c	30.8 e	12.7 c	16.3 c	60.4 c	3.7 c	50.5 e	142.0 c	11.8 c	26.4 e	90.2 c
LSD(0.05)	1500	1286	3.8	84.4	6.1	5.8	2.6	0.3	4.2	0.3	7.1	12.3	1.8	1.1	4.8
LSD(0.01)	2274	1949	5.3	127.9	9.2	8.8	4.0	0.41	5.9	0.52	10.7	18.7	2.7	1.7	7.3

* For legend of water stress treatments see English abstract.

* برای توضیح تیمارها به مواد و روش‌ها مراجعه شود.

a: بیشتر از شاهد در سطح ۱٪، b: بیشتر از شاهد در سطح ۵٪، c: در سطح شاهد، d: کمتر از شاهد در سطح ۵٪، e: کمتر از شاهد در سطح ۱٪.

a: higher than check at 1%, b: higher than check at 5%, c: the level of check, d: lower than check at 5%, e: lower than check at 1%

۱، ۲، .... ، ۱۵ : به ترتیب عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه، شاخص برداشت، تعداد سنبله در مترمربع، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه، نسبت تعداد دانه به وزن خشک سنبله در مرحله گرده‌افشانی، تعداد سنبلچه در سنبله، تعداد گلچه در سنبله، تعداد گلچه در سنبلچه، درصد باروری سنبله، وزن خشک سنبله در مرحله گرده‌افشانی، شاخص برداشت سنبله (نسبت وزن خشک سنبله به عملکرد بیولوژیک)، طول دوره پر شدن دانه و ارتفاع بوته می‌باشند.

1,2,..., and 15: biological yield, grain yield, harvest index, spikes per square meter, grains per spike, thousand kernel weight, kernels per spike weight at anthesis, spikelets per spike, floret per spike, floret per spikelet, seed set percentage, spike weight at anthesis, spike harvest index, duration of grain filling, and plant height, respectively.

Archive of SID

جدول ۳- اثر متقابل تنش رطوبتی و رقم بر عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه، شاخص برداشت و شاخص برداشت سنبله گندم نان

Table 3. Interaction effect between water stress and cultivar on biological yield, grain yield, harvest index and spike harvest index of bread wheat

تیمار* تنش رطوبتی Water stress* treatment	عملکرد بیولوژیک Biological yield ($kgha^{-1}$)				عملکرد دانه Grain yield ($kgha^{-1}$)				شاخص برداشت Harvest index (%)				شاخص برداشت سنبله Spike harvest index (%)			
	C_1**	C_2	C_3	C_4	C_1	C_2	C_3	C_4	C_1	C_2	C_3	C_4	C_1	C_2	C_3	C_4
D1	14050 c	14110 c	14650c	13850c	4040c	5940 c	5990 c	5630 c	28.8 c	42.1 c	40.9c	40.6 c	9.0 c	11.4 c	9.4 c	11.9 c
D2	13520 c	14530 c	13910c	14190c	4240c	5750 c	6110 c	5680 c	31.4 c	39.6 c	43.9c	40.0 c	10.2c	10.2 c	10.3c	10.1 c
D3	13880 c	14710 c	14200c	14550c	3810c	5260 d	5460 c	5450 c	27.4 c	35.8 e	38.5c	37.5 c	6.8 d	10.3 c	14.0a	10.0 c
D4	13180 c	14590 c	13730c	12890c	3530c	4890 e	4880 e	5310 c	26.8 c	33.5 e	35.5e	41.2 c	8.8 c	10.3 c	12.5a	10.8 c
D5	9710 e	9070 e	9520e	11310e	3090e	3180 e	3490 e	3930 e	32.8 c	35.1 e	36.7d	34.7 e	7.3 c	7.6 e	8.2 c	7.0 e
D6	11590 e	11760 e	11710e	11980e	3440c	3820 e	4430 e	5010 d	29.7 c	32.5 e	37.8c	41.8 c	7.8 c	8.4 d	10.2c	10.5 c
D7	10950 e	9620 e	10270e	11870e	2380e	2700 e	2960 e	3710 e	21.7 e	28.1 e	28.8e	31.3 e	8.7 c	14.6 a	13.6a	10.4 c
LSD(0.05)	1310				611				4.1				2.2			
LSD(0.01)	1788				838				5.7				3.1			

* For legend of water stress treatments see English abstract.

** C_1, C_2 , C_3 and C_4 : Wheat cultivars Roshan, Ghods, Marvdasht and Chamran, respectively.

* برای توضیح تیمارها به مواد و روش‌ها مراجعه شود.

** C_1 ، C_2 ، C_3 و C_4 : به ترتیب ارقام گندم روشن، قدس، مرودشت و چمران .

a: بیشتر از شاهد در سطح ۱٪، b: بیشتر از شاهد در سطح ۵٪، c: در سطح شاهد، d: کمتر از شاهد در سطح ۵٪، e: کمتر از شاهد در سطح ۱٪ .

a: higher than check at 1%, b: higher than check at 5%, c: the level of check, d: lower than check at 5%, e: lower than check at 1% .

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ٤- اثر متقابل تنش رطوبتی و رقم بر تعداد سنبله در مترمربع، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه و درصد باروری سنبله گندم نان

Table 4. Interaction effect between water stress and cultivar on number of spikes per square meter, number of grains per spike, thousand kernel weight and seed set percentage of bread wheat

تیمار* تنش رطوبتی Water stress* treatment	تعداد سنبله در مترمربع Spikes / m^{-2}				تعداد دانه درسنبله Grains / spike				وزن هزار دانه 1000 KW (g)				درصد باروری سنبله Seed set (%)			
	C_1**	C_2	C_3	C_4	C_1	C_2	C_3	C_4	C_1	C_2	C_3	C_4	C_1	C_2	C_3	C_4
D1	363 c	468 c	444 c	447 c	30.8 c	35.9c	41.1 c	35.7 c	46.6 c	38.5 c	38.3 c	39.7 c	65.3 c	62.2 c	60.3 c	60.8 c
D2	410 b	453 c	432 c	446 c	30.2 c	41.5a	44.7 a	36.0 c	42.2 e	37.5 c	38.2 c	37.2 e	62.2 d	66.4 a	63.8 b	61.0 c
D3	386 c	435 c	442 c	418 c	30.9 c	39.3a	43.1 b	35.5 c	43.6 e	38.5 c	35.5 e	37.8 e	64.9 c	60.9 c	60.1 c	61.8 c
D4	410 b	429 c	426 c	445 c	29.1 d	36.6c	41.1 c	37.9 b	48.5 a	37.0 c	36.6 e	40.8 b	56.9 e	64.5 c	67.2 a	63.6 c
D5	283 e	294 e	294 e	359 e	22.9 e	27.3e	29.3 e	30.7 e	47.7 b	41.4 a	40.6 a	41.3 a	49.8 e	57.8 e	55.6 e	60.5 c
D6	342 c	383 e	413 c	434 c	25.6 e	31.7e	35.4 e	35.4 c	44.8 e	35.5 e	34.8 e	42.1 a	51.8 e	55.3 e	52.5 e	63.5 c
D7	276 e	347 e	344 e	397 d	22.7 e	30.9e	30.1 e	36.7 c	37.5 e	25.4 e	28.1 e	32.0 e	48.5 e	48.3 e	42.3 e	62.8 c
LSD(0.05)	42.4				1.7				1.1				3.0			
LSD(0.01)	58.1				2.4				1.4				4.0			

* برای توضیح تیمارها به مواد و روش‌ها مراجعه شود.

** C_1 ، C_2 ، C_3 و C_4: به ترتیب ارقام گندم روشن، قدس، مرودشت و چمران .

a: بیشتر از شاهد در سطح ۱٪، b: بیشتر از شاهد در سطح ۵٪، c: در سطح شاهد، d: کمتر از شاهد در سطح ۵٪، e: کمتر از شاهد در سطح ۱٪ .

* For legend of water stress treatments see English abstract.

** C_1, C_2 , C_3 and C_4 : Wheat cultivars Roshan, Ghods, Marvdasht and Chamran, respectively.

a: higher than check at 1%, b: higher than check at 5%, c: the level of check, d: lower than check at 5%, e: lower than check at 1% .

Archive of SID

www.SID.ir

Archive of SID

۳۵/۵، ۳۸/۰ و ۳۸/۵ درصد بود و بین شاخص برداشت روشن (C1) با سایر ارقام تفاوت آماری معنی‌داری در سطح ۵ درصد وجود داشت (جدول ۳). شاخص برداشت حاصل نسبت عملکرد دانه به عملکرد بیولوژیک است و توانایی گیاه را برای انتقال و اختصاص مواد فتوسنتزی به دانه‌ها (اندام اقتصادی) نشان می‌دهد. در سال‌های اخیر افزایش پتانسیل عملکرد دانه ارقام جدید گندم عمدتاً مرهون افزایش شاخص برداشت آن‌ها بوده است (Richards *et al.*, 2001). ارقام جدید توانایی بیشتری برای انتقال و اختصاص مواد فتوسنتزی به دانه‌ها دارند. نتایج آزمایش‌های مختلف نشان می‌دهد، اعمال تنش به ویژه پس از مرحله گرده‌افشانی کاهش معنی‌دار شاخص برداشت را به دنبال داشته است که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد (زارع فیض آبادی و قدسی، ۱۳۸۱؛ خزاعی، ۱۳۸۱؛ Debake *et al.*, 1996).

در جدول ۳ نتایج اثر متقابل تنش رطوبتی و رقم بر شاخص برداشت آورده شده است. مشاهده می‌شود شاخص برداشت ارقام قدس (C2) و مرودشت (C3) در تیمار D7 به ترتیب ۳۳/۲ و ۲۸/٦ درصد نسبت به تیمار D1 کاهش یافت، در حالی که شاخص برداشت ارقام چمران (C4) و روشن (C1) به ترتیب ۲۱/۸ و ۲٤/۰ درصد کاهش یافت. همچنین شاخص برداشت ارقام حساس قدس (C2) و مرودشت (C3) با اعمال سایر تیمارهای تنش (به جز تیمار D2) نیز کاهش یافت. یکی از دلایل افزایش شاخص برداشت روشن (C1) در تیمار D5 این است که عملکرد بیولوژیک آن بیش از عملکرد دانه تحت تأثیر قرار گرفته و کاهش یافت (جدول۳). ریچاردز و همکارن (Richards *et al.*, 2001) گزارش نمودند، برای دستیابی به عملکرد دانه بالا بایستی بین میزان رشد قبل و بعد از گرده‌افشانی توازن وجود داشته باشد. رشد کمتر قبل از گرده‌افشانی باعث کاهش عملکرد بیولوژیک شده (مانند شرایط تیمار D5 در این آزمایش) ولی باعث به حداکثر رساندن شاخص برداشت خواهد شد، در حالی که رشد بیشتر قبل از گرده‌افشانی، بیوماس را به حداکثر رسانده ولی باعث کاهش شاخص برداشت می‌شود (مانند شرایط تیمارD7 در این آزمایش).

با تجزیه و تحلیل اجزای عملکرد دانه گندم می‌توان تغییرات عملکرد را در شرایط مختلف از جمله شرایط تنش رطوبتی تفسیر نمود. تعداد سنبله بارور در واحد سطح یکی از اجزای عملکرد دانه گندم است . کمترین و بیشترین تعداد سنبله در مترمربع به ترتیب از تیمارهای D5 و D2 حاصل شد (جدول ۲). بین تعداد سنبله ارقام تفاوت آماری معنی‌داری وجود داشت. متوسط تعداد سنبله ارقام روشن (C1)، قدس (C2)، مرودشت (C3) و چمران (C4) به ترتیب ۳۵۲/۸، ٤۰۱/۳، ۳۹۹/۲ و ٤۲۰/۹ سنبله در مترمربع بود (جدول ٤). مصطفی و همکاران (Moustafa *et al.*, 1996) گزارش نمودند که اعمال تنش رطوبتی در مرحله طویل شدن ساقه

www.SID.ir

Archive of SID

(مانند تیمار D5 این آزمایش) باعث کاهش معنی‌دار تعداد سنبله بارور در واحد سطح می‌شود و ارقام جدید متحمل تعداد سنبله بارور بیشتری تولید می‌کنند. از نظر مقایسه مراحل مختلف نمو، اثر سوء تنش رطوبتی بر این صفت در مرحله طویل شدن ساقه (مانند تیمار D5) شدیدتر بود که مؤید نتایج حاصل از این آزمایش می‌باشد. در تیمارهای D5 و D7 روند کاهش تعداد سنبله ارقام قدس (C2) و مرودشت (C3) نسبت به ارقام روشن (C1) و چمران (C4) شدیدتر بود (جدول ٤). با توجه به این که در مرحله رشد سریع و طویل شدن ساقه گندم، رقابت بین اندام‌های مختلف گیاه نیز صورت می‌گیرد، تنش رطوبتی باعث تشدید رقابت اندام‌ها برای دسترسی به مواد پرورده (فتوسنتزی) شده و بنابراین تعداد سنبله بارور در واحد سطح کاهش می‌یابد.

تعداد دانه در سنبله، جزء دیگر عملکرد دانه گندم است. در سال‌های اخیر افزایش عملکرد دانه عمدتاً مرهون افزایش تعداد دانه در سنبله یا در واحد سطح بوده و افزایش وزن دانه سهم کمتری در افزایش عملکرد داشته است (Calderini *et al.*, 1999). اطلاعات جدول ۲ نشان می‌دهد، بیشترین و کمترین تعداد دانه در سنبله به ترتیب از تیمارهای D2 و D5 به دست آمد. ارقام روشن (C1)، قدس (C2)، مرودشت (C3) و چمران (C4) به ترتیب ۲۷/۵، ۳٤/۷، ۳۷/۸ و ۳۵/٤ دانه در سنبله تولید نمودند و تعداد دانه روشن (C1) با دیگر ارقام تفاوت آماری معنی‌دار داشت (جدول ٤). فیشر (Fischer, 1985) گزارش داد، یک جزء مهم عملکرد دانه، یعنی تعداد دانه در سنبله (توانایی مقصد) در طی مرحله رشد سنبله جوان (از گل انگیزی تا ظهور برگ پرچم) تعیین می‌شود، بنابراین این مرحله‌ی نموی برای تعیین پتانسیل عملکرد دانه یک مرحله بحرانی است. نتایج این آزمایش نیز نشان داد، تیمار D5 بیشترین اثر سوء را بر کاهش تعداد دانه درسنبله دارد. همچنین در اثر متقابل تنش رطوبتی و رقم بر این صفت (جدول ٤)، کاهش تعداد دانه در سنبله ارقام حساس قدس (C2) و مرودشت (C3) در تیمارهای D5، D6 و D7 شدیدتر بود. در اثر تنش رطوبتی بر اجزای سنبله در تیمارهای D3 و D4 تعداد سنبلچه در سنبله و در تیمار D5 تعداد گلچه در سنبله و تعداد گلچه در سنبلچه به طور معنی‌داری کاهش یافت، در حالی که در تیمار D7 درصد باروری سنبله در مقایسه با تیمار D1 به طور معنی‌داری کاهش یافت (جدول ۲).

اختلافات ژنوتیپی بین ارقام گندم در مورد اجزای سنبله وجود داشت. رقم روشن (C1) دارای کمترین تعداد دانه در سنبله، سنبلچه در سنبله، گلچه در سنبله و گلچه در سنبلچه بود. با اعمال تیمار D7 درصد باروری سنبله رقم چمران (C4) (نسبت به تیمار D1) به میزان ۱۸/٦ درصد کاهش یافت، در صورتی که درصد باروری سنبله ارقام روشن (C1)، قدس (C2) و مرودشت (C3) در این تیمار نسبت به تیمار D1

www.SID.ir

Archive of SID

به ترتیب ۵۵/۷، ۵۵/٤ و ۵۳/۸ درصد کاهش یافت (جدول ٤). مشاهده می‌شود، رقم چمران (C4) توانسته است در شرایط تنش رطوبتی اجزای مهم عملکرد دانه یعنی تعداد سنبله بارور در مترمربع، تعداد دانه در سنبله و درصد باروری سنبله را در مقایسه با ارقام دیگر در حد قابل قبولی حفظ نماید.

ماچادو وهمکاران(Machado *et al.*, 1993) در تحقیقات خود نتیجه گرفتند، اعمال تنش رطوبتی نزدیک مرحله گلدهی، تشکیل دانه و باروری آن را به طور معنی‌داری کاهش می‌دهد و وزن خشک سنبله (بدون دانه) در این مرحله و در مرحله رشد خطی دانه (پر شدن دانه‌ها) به ترتیب به میزان ۳۰ و ۸ درصد کاهش می‌یابد. در این آزمایش نیز وزن خشک سنبله (بدون دانه) در تیمارهای D5، D6 و D7 به ترتیب به میزان ۵۰/۵، ۲۸/۳ و ۱۷/۰ درصد نسبت به تیمار D1 کاهش یافت (جدول ۲). دونالدسون (Donaldson, 1996) شاخص برداشت سنبله (Spike harvest index) که حاصل نسبت وزن خشک سنبله در مرحله گرده‌افشانی به عملکرد بیولوژیک می‌باشد را به عنوان معیاری برای ارزیابی تحمل به خشکی ارقام گندم معرفی نموده است. در حقیقت وزن خشک سنبله در مرحله گرده‌افشانی ساختار سنبله و توانایی مخزن را نشان می‌دهد و می‌توان از آن به جای صفات مربوط به اجزای سنبله (تعداد گلچه در سنبله و سنبلچه در سنبله) استفاده کرد، زیرا اندازه‌گیری اجزای سنبله دشوارتر از اندازه‌گیری وزن خشک سنبله می‌باشد. نتایج این آزمایش نشان داد، اعمال تیمار D5 باعث کاهش معنی‌دار ($p \leq 0.01$) شاخص برداشت سنبله شد (جدول ۲). اثر شدید تیمار D5 بر عملکرد بیولوژیک و وزن خشک سنبله قبلاً مورد بحث قرار گرفت. همچنین نسبت تعداد دانه به وزن خشک سنبله (در مرحله گرده‌افشانی) در تیمار D5 افزایش یافت (جدول ۲).

وزن هزار دانه جزء دیگر عملکرد دانه است. با اعمال تیمار D7 وزن هزار دانه ارقام ۲٤/۸ درصد نسبت به تیمار D1 کاهش یافت (جدول ۲). وزن هزار دانه ارقام روشن (C1)، قدس (C2)، مرودشت (C3) و چمران (C4) در متوسط تیمارهای آبیاری به ترتیب ٤٤/٤، ۳٦/۳، ۳٦/۰ و ۳۸/۷ گرم بود، وزن هزار دانه روشن (C1) با سایرین تفاوت آماری معنی‌داری ($p \leq 0.05$) داشت. به طور متوسط در اثر اعمال تیمار D7 وزن هزار دانه ارقام روشن (C1)، قدس (C2)، مرودشت (C3) و چمران (C4) به ترتیب ۱۹/۵، ۳٤/۰، ۲٦/٦ و ۱۹/٤ درصد در مقایسه با تیمار D1 کاهش یافت (جدول ٤). بنابراین ارقام قدس (C2) و مرودشت (C3) در شرایط تنش رطوبتی پس از مرحله گرده‌افشانی در مقایسه با ارقام روشن (C1) و چمران (C4) کمتر توانستند مواد فتوسنتزی کافی را با سرعت مناسب، به دانه‌ها منتقل نمایند، در نتیجه وزن هزار دانه آن‌ها به شدت کاهش یافت.

www.SID.ir

Archive of SID

نتایج آزمایش سویرا و همکاران (Svihra *et al.*, 1996) نشان داد، تنش رطوبتی پس از مرحله گرده‌افشانی باعث کاهش سرعت پر شدن دانه‌ها و در نتیجه وزن هزار دانه می‌شود. سایر محققان (صارمی، ۱۳۷۲؛ اهدایی، ۱۳۷۲؛ دستفال و رمضانپور، ۱۳۷۹؛ زارع فیض‌آبادی و قدسی، ۱۳۸۱؛ خزاعی، ۱۳۸۱؛ Donaldson, 1996؛ Reynolds *et al.*,2000) نیز نتایج مشابهی گزارش نموده‌اند که با نتایج این آزمایش مطابقت دارد. تنش رطوبتی اثر معنی‌داری برسرعت نمو ارقام نداشت و به نظر می‌رسد عوامل ترموپریودی (عمدتاً درجه روز رشد) و فتوپریودی مشخص کننده طول مدت هر مرحله نمو می‌باشد (نتایج نشان داده نشده است).

بین تعداد روز تا ظهور سنبله ارقام تفاوت آماری معنی‌داری وجود نداشت، در صورتی که بین تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیکی تفاوت آماری معنی‌داری مشاهده شد. ارقام مرودشت (C3) و قدس (C2) دارای بیشترین و رقم چمران (C4) دارای کمترین تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیکی بود (نتایج نشان داده نشده است). به علاوه اعمال تنش رطوبتی قبل از گرده‌افشانی (تیمارهای D5 و D6) و پس از گرده‌افشانی (تیمار D7) طول دوره پر شدن دانه (Duration of Grain Filling: DGF) را نسبت به تیمار D1 کاهش داد (جدول ۲). ارقام چمران (C4) و روشن (C1) از زودرسی نسبی برخوردار بودند. معمولاً افزایش نسبی دوره پر شدن دانه‌ها در شرایط معمولی باعث انتقال بیشتر مواد فتوسنتزی به دانه‌ها شده و در نتیجه وزن هزار دانه افزایش می‌یابد. البته به نظر می‌رسد در شرایط تنش رطوبتی سرعت انتقال از اهمیت بیشتری برخوردار است و در این شرایط زودرسی نسبی صفتی مطلوب تلقی می‌شود. دستفال و رمضانپور (۱۳۷۹) و قدسی و همکاران (۱۳۷۷) در آزمایش‌های خود دلایل عملکرد مطلوب و سازگاری به تنش رطوبتی رقم چمران را تعداد بیشتر سنبله بارور در واحد سطح، تعداد بیشتر دانه در سنبله، شاخص برداشت بالاتر و زودرسی نسبی آن در شرایط تنش رطوبتی عنوان نموده‌اند، که نتایج این تحقیق را تأیید می‌نماید.

با مطالعه همبستگی بین عملکرد دانه و اجزای آن و سایر صفات مرفولوژیک و فیزیولوژیک مشخص شد، عملکرد دانه با تعداد سنبله در مترمربع، شاخص برداشت، تعداد دانه در سنبله، درصد باروری سنبله و وزن خشک سنبله در مرحله گرده‌افشانی همبستگی مثبت و معنی‌داری دارد ($p\leq 0.01$). این روابط نشان داد که افزایش تعداد دانه در واحد سطح و افزایش شاخص برداشت و درصد باروری سنبله عمدتاً موجب افزایش عملکرد دانه می‌شود (جدول ۵). بین اجزای عملکرد دانه گندم رابطه متقابل و منفی وجود دارد. معمولاً افزایش یک جزء باعث کاهش جزء یا اجزای دیگر می‌شود. این یک سیستم خود تنظیمی و جبرانی است که باعث تطابق بهتر گیاه با امکانات و شرایط

www.SID.ir

www.SID.ir

جدول ۵- ماتریس ضرایب همبستگی ساده بین اجزاء عملکرد دانه و صفات مرفولوژیک و فیزیولوژیک مؤثر بر عملکرد دانه ارقام گندم نان (n = ۲۸)

Table 5. Simple correlation coefficients matrix between yield components and effective morphological and physiological traits on grain yield of bread wheat cultivars based on all data (n = 28)

	1000 kw	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1. Spikes/ m^{-2}	- 0.12^{ns}										
2. Harvest index	-0.05^{ns}	0.64**									
3. Tiller fertility coefficient	0.14^{ns}	0.29^{ns}	-0.08^{ns}								
4. Plant height	0.29^{ns}	0.07^{ns}	- 0.55**	0.15^{ns}							
5. Days to heading	0.10^{ns}	-0.09^{ns}	- 0.24^{ns}	- 0.18^{ns}	0.28^{ns}						
6. Days to mturity	- 0.02^{ns}	-0.03^{ns}	0.16^{ns}	- 0.48*	0.06^{ns}	0.44*					
7. Kernels/ spike	- 0.33^{ns}	0.84**	0.72**	- 0.01^{ns}	-0.18^{ns}	0.04^{ns}	0.23^{ns}				
8. Seed set %	0.29^{ns}	0.65**	0.47*	0.03^{ns}	0.16^{ns}	-0.15^{ns}	0.04^{ns}	0.63**			
9. Spike weight at anthesis	- 0.40*	0.78**	0.41*	0.31^{ns}	0.11^{ns}	0.04^{ns}	0.11^{ns}	0.77**	0.39*		
10. Kernels/ spike weight	0.29^{ns}	- 0.45*	0.08^{ns}	- 0.51**	-0.41*	-0.07^{ns}	0.13^{ns}	-0.25^{ns}	-0.01^{ns}	-0.78**	
11. Grain yield	0.01^{ns}	0.88**	0.84**	0.11^{ns}	-0.13^{ns}	-0.05^{ns}	0.18^{ns}	0.85**	0.69**	0.69**	-0.26^{ns}

ns, * and ** : Non significant, significant at 5% and 1% probability level, respectively.

ns ، * و **: به ترتیب غیرمعنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪.

Archive of SID

Archive of SID

محیطی می‌شود. وزن هزار دانه با تعداد دانه در سنبله و تعداد سنبله در مترمربع همبستگی منفی و غیر معنی‌دار داشت، در حالی که تعداد سنبله در مترمربع با تعداد دانه در سنبله، درصد باروری سنبله و وزن خشک سنبله در مرحله گرده‌افشانی همبستگی مثبت و معنی‌دار ($p\leq 0.01$) نشان داد. برای دسترسی به عملکرد بالا، افزایش نسبی اجزای عملکرد به ویژه افزایش تعداد دانه در واحد سطح بسیار مهم می‌باشد.

به‌نژادگران یکی از قدم‌های اولیه اصلاح برای تحمل به خشکی را تعیین محیط یا شرایط تحت کشت یا مقصد (Target environment) عنوان می‌نمایند. بنابراین ارزیابی حساسیت مراحل مختلف نمو گندم برا ی تعیین محیط مقصد از اهمیت زیادی برخوردار است. در نهایت با توجه به نتایج حاصل از این آزمایش چنین نتیجه‌گیری می‌شود که در شرایط آب و هوایی مشهد (و شرایط مشابه) مرحله پر شدن دانه‌ها (تیمار D7) و مرحله رشد سریع رویشی گندم (تیمار D5) از نظر تنش رطوبتی بحرانی بوده و اثر تنش بر عملکرد دانه گندم چشمگیر می‌باشد. هرچند اثر سوء تنش رطوبتی نزدیک مرحله گرده‌افشانی (از مرحله ظهور برگ پرچم تا گرده‌افشانی، تیمار D6) و مراحل اولیه رشد رویشی (مرحله پنجه‌زنی، تیمار D3) نیز قابل تأمل می‌باشد. در شرایط آب و هوایی مشهد (همانند سایر مناطق مدیترانه‌ای) بخش عمده‌ای از بارندگی‌ها در فصل‌های پاییز و زمستان نازل می‌شود و معمولاً در کشت پاییزه گندم بخش عمده‌ای از دوره زندگی گیاه (عمدتاً مرحله پنجه‌زنی) منطبق بر این فصول بوده و گیاه می‌تواند با استفاده از باران نیاز آبی خود را رفع نماید. به هر حال، به دلیل نزول بارندگی‌های مؤثر تا ابتدای رشد سریع گندم (اوایل بهار) معمولاً کشاورزان مزارع گندم را آبیاری نمی‌نمایند. راوی چاندران و مونگز (Ravichandran and Mungse, 1995) در شرایط مزرعه‌ای، اثر تنش رطوبتی در مراحل مختلف نمو را مورد بررسی قرار داده و نتیجه گرفتند که عملکرد دانه در تنش رطوبتی در مراحل پنجه‌زنی، گلدهی و پر شدن دانه‌ها به ترتیب ۹/۱، ۱۷/۷ و ۱۱ درصد کاهش می‌یابد. آنان بیشترین اثر سوء تنش را به مرحله گلدهی منسوب نمودند، در حالی که نتایج این آزمایش نشان داد، تنش رطوبتی در مرحله پر شدن دانه‌ها بیشترین کاهش عملکرد را به دنبال دارد. هاشمی دزفولی و همکاران (۱۳۷۵) خاطر نشان ساخته‌اند گیاهان دانه ریز از جمله گندم دو هفته قبل از گرده‌افشانی نسبت به خشکی حساس هستند. سایر محققان (رحیمیان مشهدی، ۱۳۶۹؛ صارمی، ۱۳۷۲؛ Svihra *et al.*, 1996؛ Moustafa *et al.*, 1996؛ Machado *et al.*, 1993؛ Reynolds *et al.*, 2000؛ Richards *et al.*, 2001) بر این عقیده‌اند که مراحل گلدهی و پر شدن دانه‌ها، مراحل بحرانی گندم نسبت به کمبود آب می‌باشد که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد. بحرانی بودن مرحله پر شدن دانه‌های گندم در شرایط آب و

www.SID.ir

Archive of SID

هوایی مشهد، از این نظر اهمیت دارد که معمولاً به دلیل عدم بارندگی مؤثر در این مرحله تأمین آب کافی از طریق آبیاری را ضروری می‌سازد. در حالی که آبیاری‌های آخر گندم (مرحله پر شدن دانه‌ها) با آبیاری کاشت صیفی‌جات تلاقی می‌نماید و کشاورزان به دلیل این که محصول تابستانه خود را به موقع کشت نمایند، آبیاری‌های آخر گندم را حذف می‌کنند، لذا گندم در این مرحله با تنش رطوبتی و گرمای انتهای فصل رشد مواجه شده و عملکرد آن شدیداً کاهش می‌یابد. بنابراین چون این مرحله نموی از نظر عملکرد بسیار اهمیت دارد و اعمال تنش خسارت شدیدی وارد می‌نماید، بحرانی بودن آن کاملاً محرز می‌باشد.

منابع مورد استفاده **References**

اهدایی، ب. ۱۳۷۲. انتخاب برای مقاومت به خشکی در گندم. مجموعه مقالات کلیدی اولین کنگره زراعت و اصلاح نباتات ایران. کرج. صفحه ٦٢-٤٣.

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. ۲۲۵صفحه.

دستفال، م.، و رمضانپور، م. ۱۳۷۹. ارزیابی مقاومت به خشکی ارقام گندم در شرایط آب و هوایی داراب. خلاصه مقالات ششمین کنگره زراعت و اصلاح نباتات ایران. بابلسر، مازندران. صفحه ۲۵۰.

رحیمیان مشهدی، ح . ۱۳٦۹. واکنش گندم در مقابل دمای بالا و تنش رطوبت. مجله علوم و صنایع کشاورزی ٤ (۱): ٤٩-۳۷.

زارع فیض آبادی، ا.، و قدسی، م. ۱۳۸۱. بررسی میزان تحمل به خشکی لاین‌ها و ارقام گندم مناطق سرد کشور. مجله علوم و صنایع کشاورزی ١٦ (۲): ۱۸۹-۱۸۱.

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

علیزاده، ا. ۱۳۷۲. اصول طراحی سیستمهای آبیاری. انتشارات دانشگاه امام رضا.

قدسی، م.، ناظری، م.، و زارع فیض‌آبادی، ا. ۱۳۷۷. واکنش ارقام جدید و لاین‌های امیدبخش گندم بهاره نسبت به تنش خشکی. خلاصه مقالات پنجمین کنگره زراعت و اصلاح نباتات ایران. کرج. صفحه ۲۵۲.

نادری، ا.، و مشرف، غ. ۱۳۷۹. اثرات تنش خشکی بر عملکرد دانه و صفات زراعی وابسته به آن در ژنوتیپ‌های گندم. خلاصه مقالات ششمین کنگره زراعت و اصلاح نباتات ایران. بابلسر، مازندران. صفحه ۵۵۵.

www.SID.ir

Archive of SID

هاشمی دزفولی، ا.، کوچکی، ع.، و بنایان اول، م. ۱۳۷۵. افزایش عملکرد گیاهان زراعی. جهاد دانشگاهی مشهد.

Calderini, D. F., Reynolds, M. P., and Slafer, G. A. 1999. Genetic gains in wheat yield and main physiological changes associated with them during the 20th century. pp. 351-377. In: Satorre, E.H., and Slafer, G.A(eds.) Wheat: Ecology and Physiology of Yield Determination. New York: Food Products Press.

Carmer, S. G., Nyquist, W. E., and Walker, W. M. 1989. Least significant differences for combined analysis of experiments with two or three factor treatment design. Agronomy Journal 81: 665-672.

Debake, P., Puech, J., and Casals, M. L. 1996. Yield build-up in winter wheat under soil water deficit. I: Lysimeter studies. Agronomie 16: 3-23.

Donaldson, E. 1996. Crop traits for water stress tolerance. American Journal of Altrenative Agricuture 11 (2-3): 89-94.

Fischer, R. A. 1979. Growth and water limitation to dryland wheat yield in Australia: a physiological framework. Journal of Australian Institute of Agricultural Science 45: 83-94.

Fischer, R. A. 1985. Number of kernels in wheat crops and the influence of solar radiation and temperature. Journal of Agricultural Science 108: 447-461.

Hurd, E. A. 1976. Breeding for drought resistance in water deficit and plant growth. pp. 317-353. In: Kozlowzki, T.T (ed.) Soil Water Management and Plant Responses. Academic Press.

Levitt, J. 1980. Responses of Plant to Environmental Stresses. Vol:2. Water, Radiation, Salt and other Stresses. Academic Press. 324 pp.

Machado, E. C., Lagoa, A. M. A., and Ticelli, M. 1993. Source-sink relationships in wheat subjected to water stress during three productive stage. Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal. 5 (2): 145-150.

McIntosh, M. S. 1983. Analysis of combined experiments. Agronomy Journal 75: 153-155.

Moustafa, M. A., Boersma, l., and Kronstad, W. E. 1996. Response of four spring wheat cultivars to drought stress. Crop Science 36: 982-986.

www.SID.ir

Archive of SID

Rajaram, S., Braun, H. J., Van Ginkel, M., and Tigerstedt, P. M. A. 1995. CIMMYT's approach to breed for drought tolerance. Euphytica 92 (1-2): 147-153.

Ravichandran, V., and Mungse, H. B. 1995. Effect of moisture stress on leaf area development, dry matter production and grain yield in wheat. Annals of Plant Physiology 9: 117-120.

Reynolds, M. P., Skovmand, B., Trethowan, R. M., Singh, R. P., and Van Ginkel, M. 2000. Applying physiological strategies to wheat breeding. Anonymous: Research Highlights of the CIMMYT Wheat Program. 1999-2000. pp. 49-56.

Richards, R. A., Condon, A. G., and Rebetzke, G. J. 2001. Traits to improve yield in dry environments. pp. 88-100. In: Reynolds, M.P., Ortiz-Monasterio, J. I., and McNab, A. (eds.). Application of Physiology in Wheat Breeding. Mexico, D.F. CIMMYT.

Robertson, M. J., and Guinta, F. 1994. Responses of spring wheat exposed to pre-anthesis water stress. Australian Journal of Agricultural Research 45: 19-35.

Svihra, J., Brestic, M., and Olsovska, K. 1996. The effect of water and temperature stresses on productivity of winter wheat cultivars. Rostlinna Vyroba 42 (9): 425-429.

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

آدرس نگارندگان:

مسعود قدسی- بخش تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان، مشهد.

محمدرضا چائی‌چی و داریوش مظاهری- گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران، کرج.

محمدرضا جلال کمالی- بخش تحقیقات غلات، مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، صندوق پستی ٤١١٩، کرج ٣١٥٨٥.

www.SID.ir