ارزیابی تحمل به خشکی ژنوتیپ‌های جدید گندم در شرایط تنش رطوبتی

حمیدرضا کمیلی[۱]، محمد حسن راشد محصل[۲]، مسعود قدسی[۳]، و احمد زارع فیض آبادی[۴]

چکیده

به منظور ارزیابی میزان تحمل به خشکی ژنوتیپ های جدید گندم به تنش رطوبتی انتهایی در شرایط مزرعه‌ای، آزمایشی با استفاده از طرح کرتهای خرد شده در قالب بلوکهای کامل تصادفی با سه تکرار در ایستگاه تحقیقات کشاورزی طرق مشهد و در طی سال زراعی ۸۳-۱۳۸۲ به اجرا درآمد. تیمار آبیاری در دو سطح شامل: ۱- آبیاری کامل (۱۰۰٪ آب مصرفی گیاه بر اساس نیاز گندم در مراحل مختلف رشد و نمو و بر اساس عرف معمول ایستگاه) و ۲- آبیاری محدود (تأمین نیاز آبی گیاه تا مرحله گرده افشانی و سپس اعمال تنش رطوبتی از طریق حذف آبیاری و جلوگیری از بارندگی به کمک باران گیر، از مرحله گرده‌افشانی تا انتهای رشد و نمو گندم) در کرت‌های اصلی و تعداد ۱۶ ژنوتیپ امیدبخش گندم مناطق سرد کشور (C-82) به انضمام شاهد (رقم توس) در کرت‌های فرعی قرار گرفتند. نتایج تجزیه واریانس داده ها نشان داد، که تیمار آبیاری بطور معنی داری عملکرد دانه، شاخص برداشت، اجزای عملکرد دانه (تعداد سنبله در متر مربع، تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه) راتحت تاثیر قرار داد. همچنین اختلافات معنی داری در مورد صفات مذکور بین ژنوتیپ های مورد بررسی موجود بود. ژنوتیپ C-82-5 از بیشترین عملکرد دانه در شرایط مطلوب و تنش رطوبتی برخوردار بود. بعلاوه شاخص برداشت، تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه این ژنوتیپ نیز در سطح مطلوب بود. این ژنوتیپ علاوه بر دارا بودن عملکرد بالا در شرایط مطلوب، از تحمل قابل قبولی به تنش رطوبتی انتهایی نیز برخوردار بود.

واژه های کلیدی: گندم، ژنوتیپ، عملکرد، اجزاء عملکرد، شاخص تحمل، تنش رطوبتی

مقدمه

خشکی یکی از مهمترین عوامل محدود کننده تولید محصولات زراعی از جمله گندم در دنیا و ایران است، این موضوع بویژه در مناطق خشک و نیمه خشک دنیا از اهمیت بیشتری برخوردار است (۷ و ۲۴). اهمیت این موضوع وقتی روشن می‌شود که بدانیم بیش از ۱/۴ سطح زمین جزو مناطق خشک و نیمه خشک است و تخمین زده شده که حدود ۱/۳ از اراضی قابل کشت دنیا تحت شرایط کمبود آب بسر می‌برند (۲۴). حدود ۳۳ درصد از کل سطح زیر کشت گندم دنیا و حدود ۵۵ درصد از اراضی زیر کشت گندم کشورهای در حال توسعه، از جمله ایران به نحوی تحت تأثیر تنش خشکی قرار دارد. به هر حال کمبود آب این مناطق کلیه مراحل رشد و نمو گندم از جوانه زنی تا تشکیل بذر و در نهایت عملکرد را تحت تأثیر قرار می‌دهد (۳۳).

در مناطق تحت تنش، بدلیل بالا بودن مقدار تبخیر و تعرق، محدودیت منابع آبی و سایر عوامل توجه بیشتری به مطالعه اثرات تنش خشکی برگیاه و انتخاب ارقام متحمل به خشکی معطوف شده است (۷). معرفی ارقام گندم متحمل به خشکی و استفاده از روش‌های به زراعی مطلوب، امکان استفاده بهینه از اراضی واقع در مناطق خشک و نیمه خشک

۱- کارشناس مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان، ۲- عضو هیأت علمی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد، ۳- عضو هیات علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان، ۴ - عضو هیات علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی

دنیا را بهبود بخشیده و موجب افزایش سطح زیر کشت و تولید پایدار آنها خواهد شد. به خاطر تسهیل در کار مطالعات خشکی، معمولاً اینگونه مطالعات در گلخانه یا آزمایشگاه و تحت شرایط ثابت و کنترل شده انجام می‌شود. غالباً نتایج اینگونه مطالعات منتهی به انتخاب ارقام بسیار متحمل می‌شود، بطوریکه بقاء گیاه و نه عملکرد آن مورد توجه قرار می‌گیرد. اگر چه اینگونه گیاهان برای احیا و توسعه مراتع بسیار مفیدند، ولی در زراعت کاربرد محدودی دارند، زیرا کشاورز نگران میزان تولید و درآمد خود می‌باشد، نه بقاء گیاه (۲ و ۷).

در کشور ما گندم به عنوان منبع عمده تامین کالری و پروتئین مورد نیاز کشور بوده بطوریکه ۷۵ درصد پروتئین مصرفی و ۶۵ درصد کالری دریافتی روزانه هر فرد از نان تامین می‌شود (۱۰). با توجه به گستردگی سطح زیر کشت گندم و متفاوت بودن محیط‌های کشت آن از نظر خصوصیات اقلیمی هر منطقه، شناسایی مرحله یا مراحل بحرانی رشد و نمو یا زمان حساسیت شدید گیاه به خشکی از اهمیت زیادی برخوردار است (۳۰). تأثیر تنش رطوبتی بر فنولوژی گندم نه تنها به ویژگی‌های تنش (شدت و استمرار)، بلکه به زمان وقوع تنش نیز بستگی دارد (۱۸). مراحل گرده افشانی و پر شدن دانه ها جزو بحرانی ترین مراحل نمو گندم نسبت به تنش رطوبتی معرفی شده و دوره ای است که گندم نسبت به کمبود آب بیشترین حساسیت را نشان می‌دهد. همچنین گزارش شده گیاهان دانه‌ای از جمله گندم دو هفته قبل از گرده افشانی نسبت به خشکی حساس می باشند (۵ و ۳۰). فیشر (۲۰) دریافت که حساسترین مرحله نمو گندم به تنش رطوبتی ، پانزده روز قبل از گرده افشانی است که عمدتاً بر تعداد دانه در هر سنبله تاثیر می‌گذارد. این دوره (۵ تا ۱۶ روز قبل از ظهور سنبله) مصادف با طویل شدن سنبله ،رشد بساک ها و مادگی می‌باشد. همچنین وی اظهار نمود، اثر تنش با وقوع تقسیمات میوز در سلول‌های مادر دانه گرده در بساک‌ها همراه است و موجب رشد غیر طبیعی بساک می شود در حالیکه اندام‌های ماده آنها عادی و طبیعی بود. نتایج تحقیقات نشان می‌دهد، بروز تنش رطوبتی در مراحل قبل از گرده‌افشانی گندم باعث کاهش رشد و نمو و زیست توده (بیوماس) شده و تشکیل دانه و باروری آنرا بطور معنی‌داری کاهش می دهد، در حالی که اثر عمده تنش پس از گرده افشانی بر محدودیت مخزن و کاهش ظرفیت ذخیره‌ای آن و انتقال مواد فتوسنتزی به دانه‌ها شده و موجب کاهش وزن هزار دانه می‌شود (۲۶). بنابراین آنها نتیجه گرفتند که مقدار مواد فتوسنتزی تولید شده و انتقال مجدد آنها مرتبط با مرحله‌ای است که خشکی اتفاق می‌افتد.

رابرتسون و گیونتا (۳۱) گزارش کردند اعمال تنش رطوبتی قبل از گرده افشانی (حد فاصل مرحله سنبلچه انتهایی و ظهور برگ پرچم) که مصادف با مرحله‌ی طویل شدن ساقه‌ها در گندم می‌باشد، تعداد سنبله بارور در واحد سطح را به میزان ۶۰ تا ۷۰ درصد و تعداد دانه در سنبله را به میزان ۴۰ درصد نسبت به شاهد (بدون تنش) کاهش داد. آنها کاهش شدید عملکرد دانه گندم را تحت این تیمار تنش به کاهش ا ین دو جزء مهم عملکرد دانه نسبت می‌دهند. نتایج تحقیقات بسیاری از محققان در داخل و خارج از کشور نشان می‌دهد که تنش رطوبتی در مراحل مختلف نمو گندم باعث کاهش معنی دار عملکرد کل ماده خشک (بیوماس)، عملکرد دانه، شاخص برداشت و اجزای عملکرد دانه گندم شده است. همچنین اثرات تنش رطوبتی با توجه به شدت تنش و مرحله نمو گندم متفاوت بوده است (۲، ۴، ۵، ۶، ۷، ۸، ۱۳ و ۱۴).

بر اساس واکنش ژنوتیپ ها به شرایط محیطی (شرایط با تنش یا بدون تنش) می‌توان آنها را به چهار گروه تقسیم کرد:

گروه اول: ژنوتیپ‌هایی که در هر دو محیط از عملکرد بالایی برخوردارند.

گروه دو م : ژنوتیپ‌هایی که فقط در شرایط بدون تنش عملکرد بالایی دارند.

گروه سوم: ژنوتیپ‌هایی که در شرایط تنش از عملکرد نسبی بالایی برخوردارند. این ژنوتیپ‌ها اساساً در شرایط محیطی مطلوب عملکرد کمی دارند که به علت وقوع خوابیدگی (ورس)، رشد رویشی زیاد و یا ابتلا به آفات و بیماری‌ها می‌باشد.

گروه چهارم : ژنوتیپ‌هایی که در شرایط مطلوب و تنش عملکرد کمی دارند.

شاخص‌های گزینش متفاوتی برای گزینش ژنوتیپ‌ها در محیط‌های مختلف (با تنش و بدون تنش) پیشنهاد شده است. ازجمله آنها می توان شاخص های تحمل (TOL)، میانگین حسابی (MP)، میانگین هندسی (GMP)، شاخص تحمل به تنش فرناندز (STI) و شاخص حساسیت به تنش فیشر و مائورر (SSI) را نام برد (۱۲). در مجموع چنین استباط می شود که یکی از راهکارهای اجرایی افزایش عملکرد گندم در مناطق تحت تنش خشکی، استفاده از ارقام متحمل به تنش می باشد و البته سعی بر این است که ارقامی گزینش و معرفی شوند که تحمل آنها از نوع تخفیف تنش[1] باشد و به عبارت دیگر این ارقام در تقسیم بندی فرناندز در گروه اول قرار گیرند. با توجه به مطالب فوق، هدف از این تحقیق، ارزیابی تحمل ژنوتیپ های جدید و امید بخش گندم نسبت به تنش رطوبتی انتهای فصل رشد در شرایط مزرعه‌ای می باشد. لازم به ذکر است که این بررسی اولین بار است که بر روی ژنوتیپ های امید بخش گندم مناطق سرد کشور (سری C-82) انجام می شود، که در نتیجه ژنوتیپ های برتر می توانند به عنوان رقم متحمل به خشکی معرفی شوند.

مواد و روش‌ها

این آزمایش بصورت طرح کرت های خرد شده در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی با سه تکرار در ایستگاه تحقیقات کشاورزی طرق که در فاصله شش کیلومتری 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 قرار دارد به اجرا درآمد. بر اساس اقلیم بندی آمبرژه آب و هوای مشهد خشک و سرد می‌باشد. متوسط بارندگی سالیانه مشهد ۲۱۴ میلی‌متر، حداکثر و حداقل درجه حرارت مطلق و متوسط آن به ترتیب ۴۳/۴، ۲۷/۸- و ۱۴/۵ درجه سانتی‌گراد است. متوسط درجه حرارت فصل گرم ۲۴/۵ و متوسط فصل سرد آن ۴- درجه سانتی‌گراد می‌باشد.

تیمارهای تنش در دو سطح شامل:

A1: آبیاری کامل (۱۰۰٪ آب مصرفی گیاه بر اساس نیاز ارقام گندم در مراحل مختلف رشد و نمو و بر اساس عرف معمول ایستگاه)

A2: آبیاری محدود (تأمین نیاز آبی گیاه تا مرحله گرده افشانی و سپس اعمال تنش خشکی به روش قطع آبیاری از مرحله گرده‌افشانی تا انتهای رشد و نمو گندم) به کرت‌های اصلی

و تعداد ۱۶ ژنوتیپ امیدبخش گندم مناطق سرد کشور (C-82) به انضمام شاهد رقم گندم توس به کرت‌های فرعی اختصاص یافتند. به منظور جلوگیری از بارندگی در تیمار آبیاری محدود از باران‌گیر[2] استفاده شد. تهیه زمین و کلیه عملیات زراعی در طی دوره‌های کاشت، داشت و برداشت بطور یکسان و بر طبق عرف معمول محل کاشت انجام شد. میزان کود مصرفی بر اساس فرمول (50-90-120) کیلوگرم (N-P-K) خالص در هکتار محاسبه و با توجه به نتایج

1 - Slow Stressing

2 - Rain Shelter

آزمون شیمیایی خاک مصرف شد. یک سوم کود ازته، تمامی کود فسفره و پتاسه همزمان با کاشت بعنوان کود پایه و مابقی کود ازته در دو مرحله ابتدای ساقه رفتن و ابتدای ظهور سنبله مصرف شد. میزان بذر مصرفی لاین‌ها و ارقام گندم بر اساس تراکم ۴۵۰ بذر در مترمربع و با در نظر گرفتن وزن هزار دانه آنها تعیین شد. هر لاین در ۶ ردیف به فاصله ۲۰ سانتیمتر بر روی دو پشته به طول ۳ مترکشت شد. بنابراین مساحت هر کرت فرعی ۳/۶ = ۳ × ۰/۲ × ۶ متر مربع و فاصله بین بلوکها دو متر بود. به منظور اطمینان از عدم تداخل آبیاری در تیمار های آبیاری کامل و تنش خشکی، بین هر کرت اصلی دو پشته نکاشت (به عرض ۱/۲ متر) منظور شد. کاشت با ماشین مخصوص آزمایشات غلات انجام و عمق کاشت پنج سانتیمتر بود. پس از کاشت بلافاصله مزرعه آبیاری شد تا رطوبت پروفیل خاک در منطقه توسعه ریشه اشباع و برای کلیه تیمارها یکسان شده و علاوه بر آن جوانه زنی و سبز کردن با سهولت انجام شود. آبیاری با استفاده از روش نشتی انجام شد. پس از حذف حاشیه و نیم متر از ابتدا و انتهای هر کرت، مساحت برداشت ۱/۲ = ۲ × ۰/۲ × ۳ متر مربع بود.

برای محاسبه تحمل به خشکی ژنوتیپ ها[1] (TOL) و شاخص بهره‌وری متوسط[2] (MP) از فرمول روزایلی و هامبلین استفاده شد که شاخص تحمل(TOL) را بصورت اختلاف در عملکرد محیط بدون تنش (Yp) و با تنش (Ys) و شاخص بهره‌وری متوسط(MP) را بصورت میانگین عملکرد در محیط بدون تنش (Yp) و با تنش (Ys) تعریف نمودند. در ارزیابی ژنوتیپ‌ها با استفاده از شاخص‌های TOL و MP، مقدار بالای TOL نشانه حساسیت ژنوتیپ به تنش بوده و انتخاب ژنوتیپ‌ها بر اساس مقادیر کم TOL انجام می‌شود. برای سنجش حساسیت ارقام نسبت به تنش خشکی از شاخص حساسیت به تنش[3] (۲۲) (SSI) کمک گرفته شد. این شاخص بصورت معادلهٔ (۱) بیان می‌شود:

$$SSI = [1-(Ys / Yp)] / SI, \qquad (۱)$$

$$SI =(1- \bar{Y}s / \bar{Y}p)$$

در این رابطه، Ys و Yp به ترتیب عملکرد هر ژنوتیپ در شرایط تنش و مطلوب می‌باشد و SI نیز شدت تنش نام دارد که برای محاسبه آن $\bar{Y}s$ و $\bar{Y}p$ به ترتیب میانگین عملکرد کلیه ژنوتیپ‌ها در شرایط تنش و بدون تنش می‌باشند. مقدار کمتر SSI نشان دهنده تغییرات کم عملکرد یک ژنوتیپ در شرایط تنش نسبت به شرایط مطلوب و در نتیجه پایداری بیشتر عملکرد آن ژنوتیپ است.

برای اندازه‌گیری تحمل به تنش رطوبتی ژنوتیپ های مورد بررسی از شاخص تحمل به تنش[4] (STI) و بصورت معادلهٔ (۲) استفاده شد:

$$STI= (Yp \times Ys) / \bar{Y}^2p \qquad (۲)$$

بر اساس این شاخص، ژنوتیپ‌های پایدار دارای مقادیر بالاتر STI هستند. در شاخص پیشنهادی فرناندز مقدار $\bar{Y}^2p$ مربع میانگین عملکرد کلیه ژنوتیپ‌ها در شرایط مطلوب است و مقدار آن ثابت می‌باشد. Yp و Ys نیز به ترتیب نشان دهنده عملکرد یک ژنوتیپ در شرایط مطلوب و تنش هستند.

پس از برداشت ابتدا عملکرد بیولوژیک (کل ماده خشک اندام های هوایی) اندازه‌گیری و پس از خرمنکوبی عملکرد دانه هر کرت توزین و ثبت شد و نمونه‌ای برای وزن هزار دانه گرفته شد. به منظور یکنواختی داده‌ها، در صورت لزوم تبدیل داده‌ها انجام شد که برای داده های درصدی از تبدیل زاویه ای استفاده شد. تجزیه واریانس ساده بر روی صفات مورد مطالعه بر اساس طرح کرت‌های خرد شده انجام و سطوح معنی دار مشخص شد. برای مقایسه میانگین ها از آزمون چند دامنه ای دانکن استفاده شد و برای

1 - Tolerance
2 - Mean Productivity
3- Stress Susceptibility Index
4- Stress Tolerance Index

انجام تجزیه واریانس و تحلیل اطلاعات بدست آمده از نرم افزارهای MSTAT-C و Excel استفاده شد.

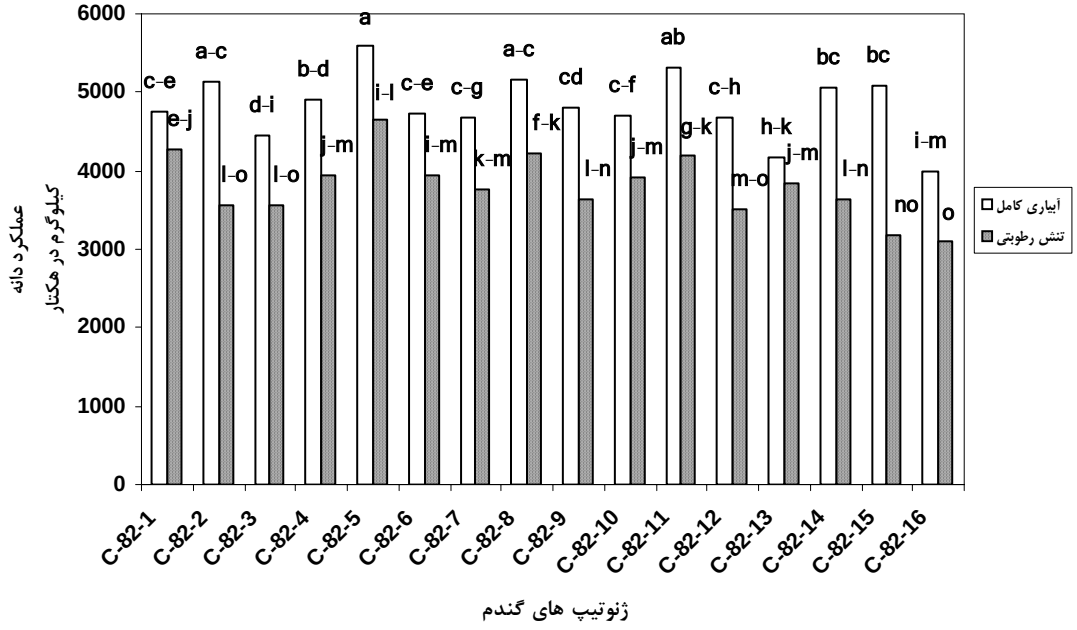
نتایج و بحث

نتایج نشان داد که اعمال تنش رطوبتی درانتهای فصل رشد عملکرد دانه، شاخص برداشت، تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه را تحت تاثیر قرار داد (جدول ۱). عکس العمل ارقام به تنش رطوبتی متفاوت بود به طوری که ژنوتیپ C-82-5 بیشترین و ژنوتیپ C-82-16 کمترین عملکرد دانه را به خود اختصاص دادند (شکل ۱).

جدول ۱- تجزیه واریانس صفات عملکرد دانه، شاخص برداشت، تعداد سنبله در متر مربع، تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه (میانگین مربعات)

منابع تغییر	درجه آزادی	عملکرد دانه	شاخص برداشت	تعداد سنبله در متر مربع	تعداد دانه در سنبله	وزن هزار دانه
تکرار	۲	۱۹۶/۵۷۹ n.s	۱/۲۶۶ n.s	۳۷۰۴۰/۸۸۵ n.s	۴۵/۰۷۳ n.s	۱۲/۰۹۴ n.s
آبیاری	۱	۲۶۸۷۲۸/۴۵۹ **	۱۶۲/۳۴۸ *	۲۲۹۷۱/۰۹۴ n.s	۵۶۲۷/۳۴۴ *	۶۸۸/۰۱۰ **
خطای a	۲	۲۲۸/۰۴۵	۰/۱۷۱	۶۵۴۷۷/۳۴۴	۱۲۲/۲۸۱	۴/۲۶۰
ژنوتیپ	۱۵	۶۰۹۶/۱۴۸ **	۴۳/۱۶۴ **	۱۲۴۹۹/۴۲۷ **	۱۰۲/۸۰۵ **	۳۷/۴۲۷ **
آبیاری× ژنوتیپ	۱۵	۲۵۳۱/۷۲۰ **	۱۸/۵۸۱ **	۷۳۳۷/۷۶۰ *	۲۳/۰۱۰ n.s	۵/۶۵۵ n.s
خطای کل	۶۰	۴۱۲/۹۲۹	۱/۴۵۰	۳۴۷۵/۷۸۱	۲۲/۵۹۹	۴/۵۹۹
ضریب تغییرات (C.V%)		۴/۷۳	۳/۳۵	۱۰/۵۳	۱۲/۴۷	۶/۱۳

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

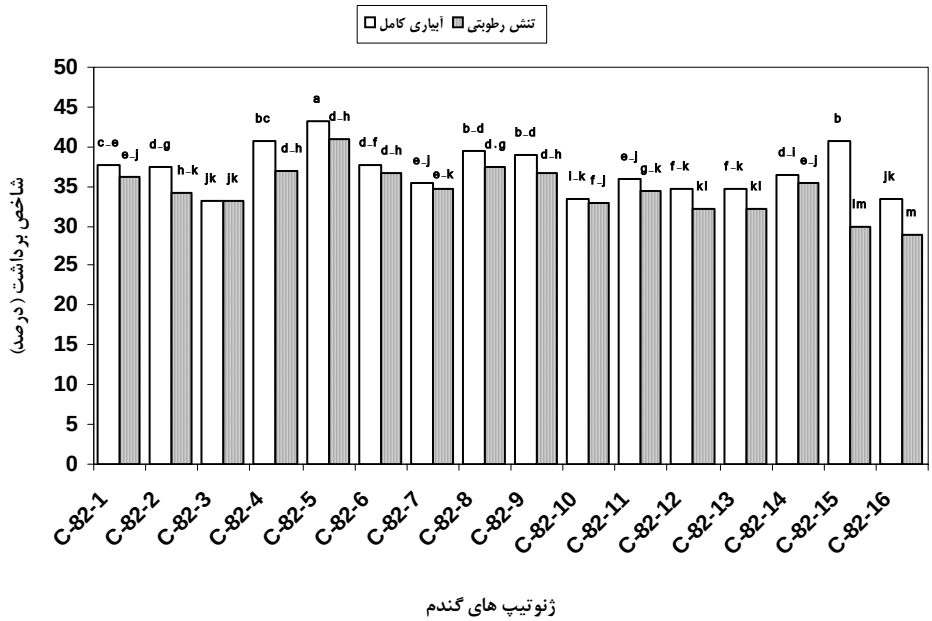


شکل ۱- اثر متقابل تنش رطوبتی در ژنوتیپ بر عملکرد دانه

هرد (۲۳) گزارش کرد که معمولا ژنوتیپ های برتر در شرایط رطوبتی مطلوب، از عملکرد دانه بالایی در شرایط تنش نیز برخوردارند. برای مقایسه ژنوتیپ های گندم تحت تنش رطوبتی، عملکرد دانه معیار مهمی می باشد. البته عملکرد صفتی است که توسط تعداد زیادی ژن کنترل می شود (۲۳). ژنوتیپ C-82-5 هم در شرایط معمولی و هم در شرایط تنش رطوبتی بالاترین عملکرد دانه را به خود اختصاص داد، در حالی که ژنوتیپ C-82-16 در هر دو محیط کمترین عملکرد دانه را به خود اختصاص داد (شکل ۱). اهدایی (۲)، هرد (۲۳) و فیشر (۲۰) نیز نتایج مشابهی را گزارش کردند.

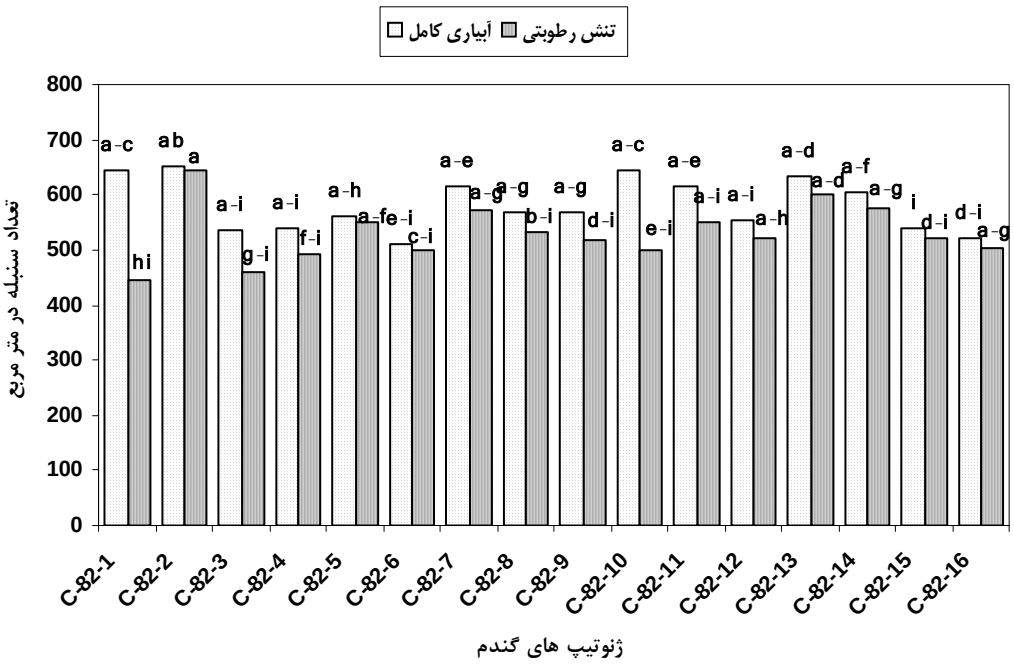
همچنین ژنوتیپ های C-82-5 و C-82-16 به ترتیب بیشترین و کمترین شاخص برداشت را به خود اختصاص دادند، این در حالی است که همین دو ژنوتیپ به ترتیب بالاترین و پائین ترین عملکرد دانه را داشتند (شکل ۲). شاخص برداشت حاصل نسبت عملکرد دانه به عملکرد بیولوژیک است و توانایی گیاه را برای انتقال و اختصاص مواد فتوسنتزی به دانه‌ها (اندام اقتصادی) نشان می دهد. در سالهای اخیر افزایش پتانسیل عملکرد دانه ارقام جدید گندم عمدتا مرهون افزایش شاخص برداشت آنها بوده است (۳۰). ارقام جدید توانایی بیشتری برای انتقال و اختصاص مواد فتوسنتزی به دانه‌ها دارند. نتایج مشابهی توسط زارع فیض آبادی و قدسی (۶)، خزاعی (۳) و قدسی (۸) گزارش شده است.

ژنوتیپ C-82-5 بالاترین شاخص برداشت و عملکرد را در هر دو محیط (شرایط مطلوب و تنش رطوبتی) به خود اختصاص داد. در مورد برخی از ژنوتیپ ها کاهش شاخص برداشت در شرایط تنش رطوبتی نسبت به شرایط مطلوب بیشتر از ژنوتیپ های دیگر بود، مانند ژنوتیپ C-82-15، در صورتیکه شاخص برداشت بعضی از ژنوتیپ ها در هر دو شرایط از اختلاف کمتری برخوردار بود که نمونه آن ژنوتیپ C-82-3 می باشد (شکل ۲). این امر را می توان به تغییرات کمتر عملکرد دانه آنها نسبت به عملکرد بیولوژیک در دو محیط مطلوب و تنش رطوبتی نسبت داد.



شکل۲- اثر متقابل تنش رطوبتی در ژنوتیپ بر شاخص برداشت

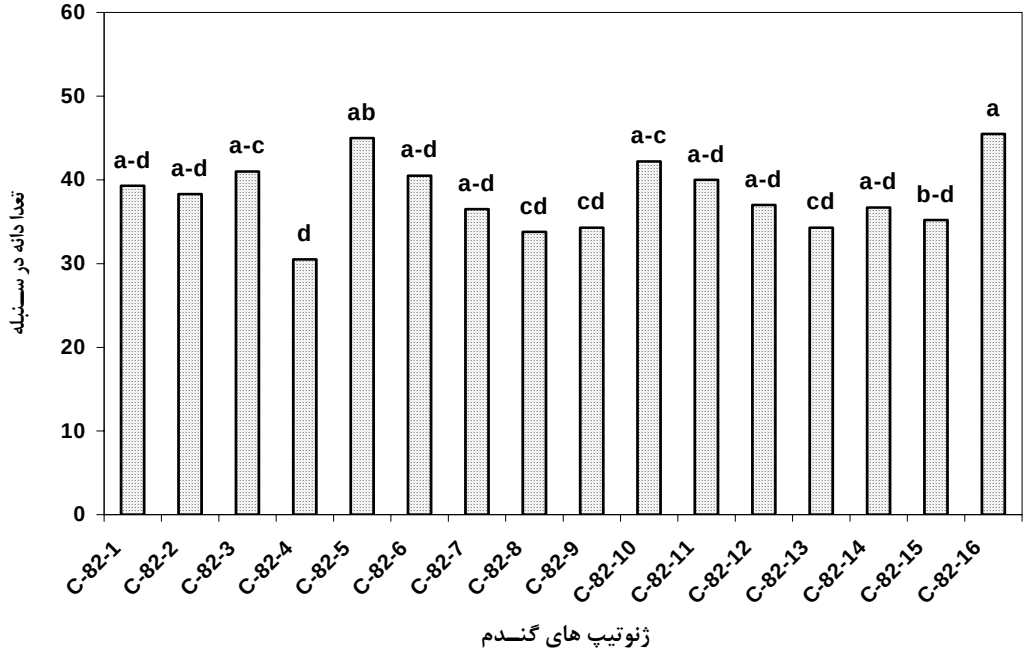
نتیجه تجزیه واریانس نشان داد، اثر تیمار آبیاری بر تعداد سنبله در متر مربع معنی دار نبود (جدول ۱). ژنوتیپ‌های C-82-2 و C-82-15 به ترتیب بیشترین (۶۵۲) و کمترین (۴۸۲) تعداد سنبله بارور در متر مربع را به خود اختصاص دادند. تعداد سنبله در متر مربع ژنوتیپ برتر C-82-5 نیز در حد ژنوتیپ C-82-2 یعنی معادل ۵۷۷ سنبله در متر مربع بود. همچنین اثر متقابل آبیاری × ژنوتیپ نشان داد ژنوتیپ های C-82-2 و C-82-15 بیشترین و کمترین تعداد سنبله بارور در متر مربع را در شرایط مطلوب و تنش رطوبتی به خود اختصاص دادند (شکل ۳). در همین ارتباط تعداد سنبله در متر مربع ژنوتیپ C-82-5 در شرایط تنش رطوبتی نیز در حد متوسطی بود (شکل ۳). با تجزیه و تحلیل اجزای عملکرد دانه گندم می توان تغییرات عملکرد را در شرایط مختلف از جمله تنش رطوبتی تفسیر نمود. همچنین با اندازه گیری اجزای عملکرد دانه، می توان مشخص نمود که تنش در کدام مرحله یا مراحل از فنولوژی گیاه و از طریق تاثیر بر کدامیک از اجزای عملکرد، باعث می‌شود عملکرد دانه تحت تاثیر قرار گیرد (۱). عوامل ژنتیکی و مدیریتی از جمله تراکم کاشت، تاریخ کاشت و تغذیه گیاه می توانند بر روی این صفت مؤثر باشند. تعداد مطلوب سنبله در واحد سطح، تحت تاثیر ژنوتیپ قرار گرفته و با رژیم رطوبتی خاک در طی دوره رشد گیاه ارتباط نزدیکی دارد (۱).



شکل ۳- اثر متقابل تنش رطوبتی در ژنوتیپ بر تعداد سنبله در متر مربع

بیشترین تعداد دانه در سنبله (۴۵/۸ دانه) از تیمار آبیاری کامل و کمترین آن (۳۰/۵ دانه) از تیمار تنش رطوبتی انتهای فصل رشد بدست آمد. ژنوتیپ های C-82-16 و C-82-4 به ترتیب بیشترین و کمترین تعداد دانه در سنبله را به خود اختصاص دادند (شکل ۴). در همین رابطه تعداد دانه در سنبله ژنوتیپ C-82-5 نیز در حد تعداد دانه در سنبله ژنوتیپ C-82-16 بود. کالدرینی و همکاران (۱۷) معتقدند که در سالهای اخیر افزایش عملکرد دانه گندم مرهون

افزایش تعداد دانه در سنبله یا واحد سطح بوده و افزایش وزن دانه سهم کمتری در افزایش عملکرد داشته است. یکی از اثرات مهم تنش رطوبتی بر تعداد دانه در سنبله، افزایش درصد نر عقیمی است. معمولا در این مورد افزایش آبسیزیک اسید باعث جلوگیری از قدرت بقاء دانه‌های گرده می‌شود. کمبود آب در طی مرحله تقسیم میوزی سلول مادر دانه گرده باعث کاهش معنی‌دار تعداد دانه در سنبله و درصد دانه بندی (ضریب باروری سنبله) در مقایسه با شاهد (شرایط بدون تنش) شد (۳۰).

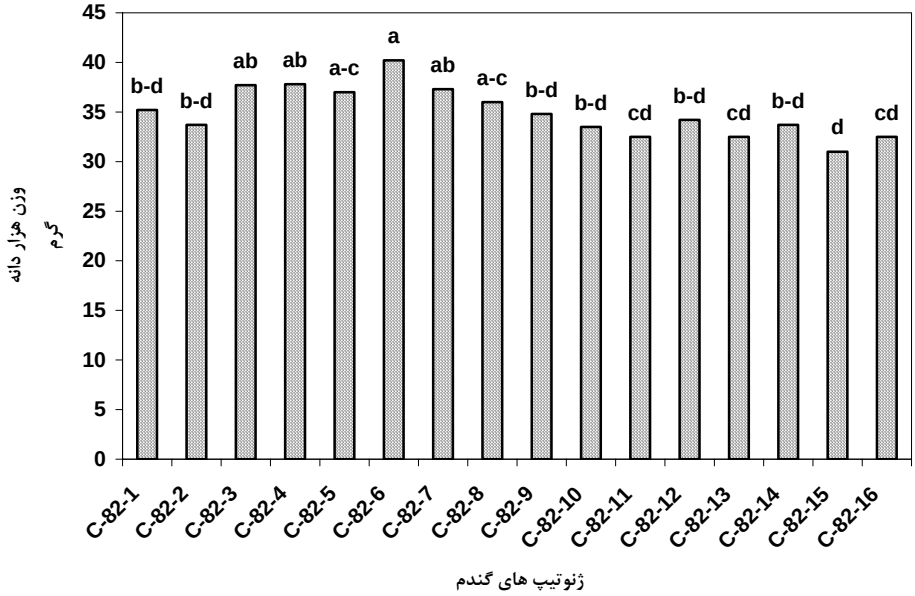


شکل ۴- تعداد دانه در سنبله ژنوتیپ های گندم

نتایج آزمایشات مختلف نیز نشان می دهد بروز تنش رطوبتی در مراحل مختلف نمو گندم باعث کاهش معنی‌دار تعداد دانه در سنبله یا واحد سطح شد که نتایج این تحقیق را تایید می نماید. رابرتسون و گیونتا (۳۱) و فیشر (۲۰) گزارش نمودند اعمال تنش رطوبتی قبل از گرده افشانی (حدفاصل مراحل طویل شدن ساقه‌ها و گرده افشانی) تعداد دانه در سنبله را ۴۰٪ نسبت به شاهد کاهش داد. آنها کاهش تعداد دانه در سنبله را به کاهش وزن خشک سنبله در مرحله گرده افشانی نسبت می دهند. بعلاوه شواهدی وجود دارد که نشان می دهد، مقدار ماده خشک و مهمتر از آن میزان نیتروژن سنبله در زمان گرده افشانی یک مؤلفه مهم در تعیین تعداد دانه می‌باشد (۳۲).

بیشترین وزن هزار دانه (۳۷/۶ گرم) و کمترین آن (۳۲/۳ گرم) به ترتیب از تیمار آبیاری کامل و تنش رطوبتی انتهای فصل رشد بدست آمد. ژنوتیپ C-82-6 بیشترین و ژنوتیپ C-82-15 کمترین وزن هزار دانه را به خود اختصاص داد. وزن هزار دانه ژنوتیپ برتر C-82-5 نیز از نظر آماری در حد ژنوتیپ C-82-6 بود (شکل ۵). وزن هزار دانه سومین جزء عملکرد دانه گندم است که شرایط محیطی پس از مرحله گرده افشانی بر این جزء عملکرد، تاثیر بسزایی دارد (۱۷). نادری و مشرف (۱۲)، زارع فیض آبادی و قدسی (۶ و ۳۵)

و قدسی (۸) و رینولدز و همکاران (۲۹) نیز نتایج مشابهی را گزارش کردند. در آزمایشی که بر روی ارقام مختلف گندم در شرایط مطلوب و تنش رطوبتی انجام شد، مشخص گردید که افت عملکرد تحت تنش رطوبت در مراحل انتهایی رشد، عمدتا ناشی از کاهش وزن هزار دانه بود و در مقام مقایسه تعداد دانه در سنبله از افت کمتری در این شرایط برخوردار بود (۳).



شکل ۵- وزن هزار دانه ژنوتیپ های گندم

نهایتاً چنین نتیجه گیری شد که در شرایط آب و هوایی مشهد، اثرات سوء تنش رطوبتی پس از گرده افشانی بیشتر از دوره قبل از گرده افشانی نمایان بوده که می تواند به دلیل کاهش فتوسنتز پس از گلدهی یا کاهش انتقال مجدد مواد ذخیره‌ای یا ترکیبی از هر دو عامل باشد (۳ و ۸).

همچنین به منظور سنجش میزان حساسیت یا تحمل ژنوتیپ های مورد بررسی در این آزمایش به تنش رطوبتی انتهایی از شاخص های مختلف TOL, MP, SSI, STI استفاده شد (جدول ۲). نتایج نشان داد که برخی از ژنوتیپ ها در شرایط مطلوب از عملکرد بالایی برخوردارند، در حالی که عملکرد آنها در شرایط تنش رطوبتی بالا نیست. در این میان شاخصی اهمیت دارد که بتواند ژنوتیپ‌های گروه اول را از بقیه تشخیص دهد. محاسبه شدت سختی محیط (SI) نشان دادکه عملکرد دانه ژنوتیپ ها ۲۱/۹ درصد کاهش یافت (جدول ۲). شاخص های TOL, MP, GMP, STI ژنوتیپC-82-5را به عنوان ژنوتیپ برتر معرفی نمودند، در صورتی که شاخص SSI ژنوتیپ C-82-13 را جزو ژنوتیپ های متحمل معرفی می نماید (جدول ۲). همانطور که گفته شد با استفاده از شاخص های TOL و MP مقادیر بالای آنها نشانه حساسیت به تنش رطوبتی بوده و انتخاب بر اساس مقادیر کم آنها انجام می شود. از طرف دیگر مقدار کمتر SSI نشان دهنده تحمل به خشکی ژنوتیپ و پایداری بیشتر عملکرد آن می باشد. در حالی که مقادیر بالاتر STI نشادن دهنده پایداری بیشتر عملکرد و تحمل به خشکی ژنوتیپ ها می باشد و بر اساس شاخص STI ژنوتیپ C-82-5 به عنوان ژنوتیپ متحمل به خشکی و دارای عملکرد پایدار گزینش شد.

جدول ۲- ارزیابی میزان حساسیت یا تحمل ارقام گندم نسبت به تنش رطوبتی با استفاده از شاخص های مختلف تحمل به خشکی

ژنوتیپ	عملکرد دانه در شرایط مطلوب ($kg.ha^{-1}$)	عملکرد دانه در شرایط تنش رطوبتی($kg.ha^{-1}$)	TOL	MP	STI	SSI
C-82-1	۴۷۶۴$^{c-e}$	۴۲۷۸$^{e-j}$	۴۸۶	۴۵۲۱	۰/۸۷۵	۰/۴۶۵
C-82-2	۵۱۳۹$^{a-c}$	۳۵۶۹$^{l-o}$	۱۵۷۰	۴۳۵۴	۰/۷۸۷	۱/۳۹۱
C-82-3	۴۴۴۴$^{d-i}$	۳۵۵۶$^{l-o}$	۸۸۸	۴۰۰۰	۰/۶۷۹	۰/۹۱۱
C-82-4	۴۹۰۳$^{b-d}$	۳۹۳۱$^{j-m}$	۹۷۲	۴۴۱۷	۰/۸۲۸	۰/۹۰۴
C-82-5	۵۵۸۳^{a}	۴۶۵۲$^{i-l}$	۹۳۱	۵۱۱۸	۱/۱۱۵	۰/۷۶۱
C-82-6	۴۷۳۶$^{c-e}$	۳۹۴۴$^{i-m}$	۷۹۲	۴۳۴۰	۰/۸۰۲	۰/۷۶۳
C-82-7	۴۶۸۱$^{c-g}$	۳۷۶۴$^{k-m}$	۹۱۷	۴۲۲۳	۰/۷۵۷	۰/۸۹۴
C-82-8	۵۱۶۷$^{a-c}$	۴۲۲۲$^{f-k}$	۹۴۵	۴۶۹۵	۰/۹۳۷	۰/۸۳۴
C-82-9	۴۸۰۶^{cd}	۳۶۳۹$^{l-n}$	۱۱۶۷	۴۲۲۳	۰/۷۵۱	۱/۱۰۸
C-82-10	۴۶۹۴$^{c-f}$	۳۹۱۷$^{j-m}$	۷۷۷	۴۳۰۶	۰/۷۸۹	۰/۷۵۵
C-82-11	۵۳۰۶^{ab}	۴۱۹۴$^{g-k}$	۱۱۱۲	۴۷۵۰	۰/۹۵۵	۰/۹۵۶
C-82-12	۴۶۶۷$^{c-h}$	۳۵۰۰$^{m-o}$	۱۱۶۷	۴۰۸۴	۰/۷۰۱	۱/۱۴۱
C-82-13	۴۱۸۱$^{h-k}$	۳۸۴۷$^{j-m}$	۳۳۴	۴۰۱۴	۰/۶۹۱	۰/۳۶۴
C-82-14	۵۰۶۹^{bc}	۳۶۲۵$^{l-n}$	۱۴۴۴	۴۳۴۷	۰/۷۸۹	۱/۲۹۹
C-82-15	۵۰۹۷^{bc}	۳۱۶۷^{no}	۱۹۳۰	۴۱۳۲	۰/۶۹۳	۱/۷۲۷
C-82-16	۳۹۸۶$^{i-m}$	۳۰۹۷^{o}	۸۸۹	۳۵۴۲	۰/۵۳۰	۱/۰۱۷
میانگین عملکرد	۴۸۲۶^{a}	۳۷۶۸^{b}				SI=۰/۲۱۹

از این رو توانایی شاخص STI برای شناسایی ژنوتیپ های گروه اول، که در هر دو شرایط مطلوب و تنش رطوبتی عملکرد بالایی دارند، مشخص می گردد، در صورتی که شاخص های دیگر از این توانایی برخوردار نبوده و معرف پایداری عملکرد ژنوتیپ های مورد بررسی نمی باشند. همانطور که گفته شد این قابلیت شاخص STI بواسطه اعمال نمودن مجذور میانگین عملکرد دانه کلیه ژنوتیپ ها در مخرج کسر و حاصل ضرب عملکرد هر ژنوتیپ در شرایط معمولی و تنش رطوبتی می باشد. در نهایت مشخص شد که ژنوتیپ C-82-5 از عملکرد بالایی در شرایط مطلوب و تنش رطوبتی انتهای فصل برخوردار است. این رقم توانست اجزای عملکرد دانه را در حد بهینه حفظ نماید و از شاخص برداشت بالایی برخوردار بود.

قدر دانی

بدین وسیله از مدیریت محترم مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی و همکاران محترم در پروژه تحقیقات غلات بخاطر مساعدت هایشان صمیمانه تشکر و قدر دانی می نماییم.

منابع

۱- امام، ی.، و م. نیک نژاد. ۱۳۷۳. مقدمه‌ای بر فیزیولوژی عملکرد گیاهان زراعی. (ترجمه). دانشگاه شیراز. ۵۷۰ صفحه.

۲- اهدایی، ب. ۱۳۷۲. انتخاب برای مقاومت به خشکی در گندم. مجموعه مقالات کلیدی اولین کنگره زراعت و اصلاح نباتات ایران. کرج. ص. ۶۲-۴۳.

۳- خزاعی، ح. ر. ۱۳۸۱. اثر تنش خشکی برخصوصیات فیزیولوژیکی ارقام مقاوم و حساس گندم و معرفی مناسب ترین شاخص‌های مقاومت به خشکی. رساله دکتری زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد.

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

۵- رحیمیان مشهدی، ح. ۱۳۶۹. واکنش گندم در مقابل دمای بالا وتنش رطوبت. مجله علوم وصنایع کشاورزی ۴ (۱).

۶- زارع فیض آبادی، ا.، 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.

۷- سرمدنیا، غ. ۱۳۷۲. اهمیت تنش های محیطی در زراعت. مجموعه مقالات کلیدی اولین کنگره زراعت و اصلاح نباتات ایران، کرج. ص. ۱۷۲-۱۵۲.

۸- قدسی، م. ۱۳۸۳. جنبه های اکوفیزیولوژیک کمبود آب بر رشد و نمو گندم. رسالهٔ دکتری زراعت. دانشکده کشاورزی، دانشگاه تهران.

۹- قدسی، م.، م. ناظری و ا. زارع فیض آبادی. ۱۳۷۷. واکنش ارقام جدید و لاینهای امید بخش گندم بهاره نسبت به تنش خشکی. مجموعه خلاصه مقالات پنجمین کنگره زراعت و اصلاح نباتات ایران. کرج. ص۲۵۲.

۱۰- کشاورز، ع.، م. ر. جلال کمالی، ع. ب. دهقانی، م. حمید نژاد، ب. صدری، ا. حیدری و م. محسنین. ۱۳۸۱. طرح افزایش عملکرد و تولید گندم آبی و دیم کشور ۱۳۹۰-۱۳۸۱. مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات و آموزش کشاورزی، وزارت جهاد کشاورزی. ۱۴۶ صفحه.

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

۱۲- نادری، ا.، ا. مجیدی هروان، ا. هاشمی دزفولی، ع. رضایی و ق. نورمحمدی. ۱۳۷۹. تحلیل کارآیی شاخص‌های ارزیابی کننده تحمل گیاهان زراعی به تنش های محیطی و معرفی یک شاخص جدید. مجموعه خلاصه مقالات ششمین کنگره زراعت و اصلاح نباتات ایران. بابلسر، مازندران. ص. ۱۸۹.

13- Araus, J. L., J. Bort, P. Steduto, D.Villegas and C. Royo. 2003. Breeding cereal for Mediteranean conditions: ecophysiological clues for biotechnology application. Ann. Appl. Biol. 142: 129-141.

14- 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.

15- Asana, R. D., P. N. Bahi, P. N. Sharma and B. Kumar. 1988. Grain weight of main shoot as an index of yield for non irrigated wheat. Indian J. Gent. Plant. Breed. 28: 85-90.

16- Bonnett, G. D., and L. D. Incoll. 1992b. 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.

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

18- Duysen, M. E., and T. P. Freeman. 1975. Partial restoration of the high rate of plastid pigment development and the ultra structure of plastid in detached water stresses wheat leaves. Plant Physiol. 55: 768-773.

19- El Hafid, R., D. H. Smith, M. Karrou and K. Samir. 1998. Morphological attributes associated with early-season drought tolerance in spring durum wheat in a Mediterranean environment. Euphytica, 101: 273-282.

20- Fisher, R.A. 1979. Growth and water limitation to dryland wheat yield in Australia: a physiological framework. J. Austral. Ins. Agric. Sci. 45: 83-94.

21- Fisher, R .A. 1985. Number of kernels in wheat crops and the influence of solar radiation and temperature. J. Agri. Sci. 108: 447-461.

22- Fisher, R. A., and R. Maurer. 1978. Drought resistance in spring wheat cultivars. I. Grain yield responses. Aus.J. Agric. Res. 29: 879-912.

23- Hurd, E. A. 1976. Breeding for drought resistance. In water deficit and plant growth. In: Kozlowzki, T.T. (Eds.). Soil water management and plant responses. Academic Press.

24- Kirigwi, F. M., M. Van Ginkel, R. G .Trethowan, R. G. Sears, S. Rajaram and G. M. Paulsen. 2004. Evaluation of selection strategies for wheat adaptation across water regimes. Euphytica, 135: 361-371.

25- Levitt, J. 1980. Responses of plant to environmental stresses. Vol: 2. Water, radiation, salt and other stresses. Academic Press, New York.

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

27- Rajaram. S., H. J. Braun, M.Van Ginkel and P. M. A. Tigerstedt. 1995. CIMMYT's approach to breed for drought tolerance. XIV EUCARPIA Congress on Adaptation in Plant Breeding. Jyvaskyla. Finland. Euphytica. 92: 1-2, 147-153.

28- Reynolds, M. P., M. Balota, M. I. B Delgado, I. Amani and R. A. Fischer. 1994. Phsiological and morphological traits associated with spring wheat yield under hot, irrigated conditions. Aust. J Plant. Physiol. 21: 717-730.

29- 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. International Wheat Improvement Center.

30- Richards, R. A., A. G. Condon and G. RebetzkeJ. 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. Mexico, D.F. CIMMYT. 240 pp.

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

32- 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.

33- Trethowan, R. M., J. Crossa, M. Van Ginkel and S. Rajaram. 2001. Relationships among bread wheat international yield testing locations in dry areas. Crop Sci. 41: 1461-1469.

34- Trethowan, R. M., M. Van Ginkel and S. Rajaram. 2002. Progress in breeding wheat for yield and adaptation in global drought affected environments. Crop Sci. 42: 1441-1446.

35- Zarea Fizabady, A., and M. Ghodsi. 2004. Evaluation of Yield and Yield components of facultative and winter bread wheat genotypes (*Triticum aestivum* L.) under different irrigation regimes in khorasan province in Iran. J. Agron. 3: 184-187.

Evaluation of droght tolerance of new wheat genotypes under water stress conditions

H. R. Komeili, M. H. Rashed. M. Ghodsi, A. Zare Fizabadi[1]

Abstract

To evaluate the drought tolerance of new wheat genotypes to terminal water stress in field conditions, an experiment using a split plot design based on compelet randomaised block design with three replications was conducted in Torogh Agricultural Research Station (Mashad) in 1382-83. Irrigation treatments with two levels were allocated in main plots: I_1- full irrigation (100% water use in different development stages) and I_2- water stress (withdrawal of irrigation from anthesis stage to maturity with prevention of precipitation using mobile rain shelter). Number of 16 elite wheat genotypes suited for cold regions of Iran and Khorasan province (C-82) were allocated in sub plots. Results showed that, irrigation treatment had a significant effect on grain yield (GY), harvest index (HI), No. of spike per m^2 ($S.m^{-2}$), No. of grain per spike ($G.S^{-1}$) and thousands kernel weight (1000 KW). There was significant differences between genotypes. C-82-5 was a high yielding genotype in both conditions (control and water stress) and had optimum level of HI, $G.S^{-1}$ and 1000 KW. The tolerance of genotypes to water stress was evalovated with different drought tolerance indices, such as stress tolerance index (STI). Results showed that, C-82-5 was a high yielding genotype with more tolerance to terminal water stress.

Key words: Wheat, genotype, yield, yield components, tolerance indices, water stress.

[1] - Contribution from Research Center for Agricultural and Natural Resources of Khorasan, and Ferdowsi University of Mashhad.