"مجله علوم زراعی ایران"
جلد سیزدهم، شماره ۲ تابستان ۱۳۹۰

ارزیابی خصوصیات زراعی و محتوای کربوهیدرات‌های محلول ساقه در ژنوتیپ‌های گندم بهاره در شرایط تنش خشکی انتهای فصل

Variation in some agronomic characteristics and soluble stem carbohydrates cantent at anthesis in spring wheat genotypes under terminal drought stress conditions

مهدیه مجدی[۱]، محمدرضا جلال کمالی[۲]، محسن اسماعیل زاده مقدم[۳]، داوود ارادتمند اصلی[۴]، فواد مرادی[۵] و سیروس طهماسبی[۶]

چکیده

مجدی، م.، م.ر. جلال کمالی، م. اسماعیل زاده مقدم، د. ارادتمند اصلی، ف. مرادی و س. طهماسبی. ۱۳۹۰. ارزیابی خصوصیات زراعی و محتوای کربوهیدرات‌های محلول ساقه در ژنوتیپ‌های گندم بهاره در شرایط تنش خشکی انتهای فصل. **مجله علوم زراعی ایران. ۱۳(۲): ۳۰۹-۲۹۹.**

به منظور بررسی خصوصیات زراعی و محتوای کربوهیدرات‌های محلول ساقه در زمان گلدهی در گندم‌های بهاره در شرایط تنش خشکی انتهای فصل، ۱۹۶ ژنوتیپ دریافتی از مرکزبین‌المللی تحقیقات ذرت و گندم (CIMMYT) در یک آزمایش مزرعه‌ای با استفاده از طرح آلفا لاتیس با دو تکرار در ایستگاه تحقیقات کشاورزی حسن آباد داراب در سال زراعی ۱۳۸۸-۱۳۸۷ ارزیابی شدند. نتایج نشان داد که ژنوتیپ‌های مورد بررسی از نظر خصوصیات تعداد روز تا ظهور سنبله، ارتفاع گیاه، تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک، وزن هزار دانه، طول دوره پر شدن دانه و عملکرد دانه تفاوت معنی‌داری داشتند. دامنه تغییرات برای برخی از صفات مانند تعداد روز تا ظهور سنبله (۱۱۹- ۱۰۶ روز) محدود بود. تغییرات کربوهیدرات‌های محلول ساقه در مرحله گلدهی دارای دامنه بسیار وسیع (۹۵/۵-۸/۵ میلی‌گرم بر گرم ماده خشک) بود. سرعت پر شدن دانه (۱/۱۸- ۰/۵۲ میلی‌گرم در روز) نیز دارای تغییرات قابل توجهی بود. عملکرد دانه نیز تغییرات بسیار وسیعی (۶۰۹۵-۹۸۷ کیلوگرم در هکتار) داشت. همبستگی ژنتیکی کربوهیدرات‌های محلول ساقه در مرحله گرده‌افشانی با عملکرد دانه منفی و معنی‌دار (r= -۰/۳۹۴) بود. به نظر می‌رسد که تجمع کربوهیدرات‌های محلول در ساقه در مرحله گرده‌افشانی بدون انجام فرآیند انتقال مجدد در افزایش عملکرد دانه در شرایط تنش خشکی انتهای فصل نقشی ندارد. تجزیه علیت نشان داد که چهار خصوصیت تعداد روز تا ظهور سنبله، ارتفاع گیاه، سرعت پر شدن دانه و کربوهیدرات‌های محلول در ساقه آثار مستقیم و معنی‌داری بر عملکرد دانه داشتند. بر اساس نتایج این آزمایش صفاتی نظیر زودرسی و سرعت پر شدن دانه که همبستگی معنی‌داری با عملکرد دانه در شرایط تحقیق حاضر داشتند، در برنامه‌های به‌نژادی گندم برای بهبود عملکرد دانه در شرایط تنش خشکی انتهای فصل قابل بهره برداری هستند.

واژه‌های کلیدی: تنش خشکی انتهای فصل، سرعت پر شدن دانه، زودرسی، کربوهیدرات‌های محلول و گندم بهاره.

تاریخ دریافت: ۱۳۸۹/۹/۲۹ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۲/۱۴

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد زراعت، دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد ساوه
۲- محقق ارشد گندم، مرکز بین‌المللی تحقیقات ذرت و گندم (CIMMYT) (مکاتبه کننده) (پست الکترونیک:cimmyt-iran@cgiar.org)
۳- استادیار موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر
۴- استادیار دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد ساوه
۵- استادیار پژوهشکده بیوتکنولوژی کشاورزی
۶-عضو هیات علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس

Archive of SID
www.SID.ir

مقدمه

تنش‌های محیطی مهم‌ترین عوامل کاهش‌دهنده عملکرد گیاهان زراعی در سراسر جهان بوده و به همین دلیل پتانسیل ژنتیکی عملکرد گیاهان زراعی تحقق نمی‌یابد (Jalal Kamali *et al.*, 2009). در حدود ۳۳ میلیون هکتار از اراضی زیر کشت گندم دنیا، از جمله مناطق مدیترانه‌ای، با تنش خشکی مواجه می‌باشند و خسارت ناشی از آن در سطح جهان قابل توجه است (Rajaram *et al.*, 1995; Richards *et al.*, 2001).

شناخت صفات مرتبط با تحمل به تنش خشکی و بررسی رابطه آن‌ها با عملکرد دانه ضروری است. در واقع باید صفاتی که باعث جلوگیری یا کاهش خسارت ناشی از تنش خشکی به گیاه می‌شوند شناسایی شده و نقش و اثر هر کدام از آن‌ها بر میزان تحمل به تنش خشکی ارزیابی شود. بهبود ظرفیت پر شدن دانه‌ها با استفاده از ذخایر ساقه، یکی از مهم‌ترین اهداف به‌نژادی گندم تحت تنش‌های محیطی (مانند خشکی و گرما) می‌باشد. تفاوت‌های ژنتیکی در زمینه بهبود پر شدن دانه در شرایط تنش خشکی با استفاده از ذخایر ساقه گزارش شده است (Ruuska *et al.*, 2006). در بسیاری از گیاهان زراعی از جمله گندم، مواد ذخیره شده عمدتاً به شکل کربوهیدرات‌های غیر ساختمانی یا کربوهیدرات‌های محلول در آب می‌باشند. مواد ذخیره شده در ساقه به شکل کربوهیدرات‌های محلول در آب بوده و حدود ۲۵ تا ۴۰ درصد از کل وزن خشک ساقه را تشکیل می‌دهند (Reynolds *et al.*, 2000; Ehdaie *et al.*, 2006b). این مواد شامل الیگوساکارید فروکتوز (فروکتان) و همچنین ساکاروز و هگزوز هستند (Takahashi *et al.*, 2001; Ruuska *et al.*, 2006). بلوم (Blum, 1996) نشان داد که برخی از ارقام گندم دارای ذخیره کافی در ساقه هستند، ولی انتقال مجدد آنها به دانه‌ها صورت نمی‌گیرد. این موضوع حاکی از آن است که انتقال مجدد و مصرف کربوهیدرات‌های ذخیره شده به قدرت مخزن و در واقع مقدار تقاضا برای ذخایر ساقه بستگی دارد. آردیونی و همکاران (Arduini *et al.*, 2006) گزارش کردند که ارقام پرمحصول دارای ذخایر ساقه کمتری بوده و در شرایط تنش خشکی در مرحله پر شدن دانه کاهش شدیدتری را در عملکرد دانه در مقایسه با ارقام کم محصول نشان می‌دهند. فیلانگ و سیدیک (Pheloung and Siddique, 1991) نیز عنوان کردند که ارقام با پتانسیل عملکرد بالا در مقایسه با ارقام با پتانسیل عملکرد پایین، از میزان ذخیره ساقه کمتری برخوردار بودند، لیکن در شرایط تنش رطوبتی، کاهش عملکرد دانه آن‌ها با یکدیگر تفاوت معنی‌داری نداشت. مشابه همین موضوع برای گندم زمستانه نیز گزارش شده است که ارقام جدید نسبت به ارقام قدیمی، قابلیت کمتری برای مصرف ذخایر ساقه برای پر کردن دانه‌ها دارند (Hossain *et al.*, 1990; Ehdaei *et al.*, 2006a; Ehdaei *et al.*, 2006b).

بین غلظت کربوهیدرات‌های محلول ساقه در مرحله گرده‌افشانی با عملکرد دانه ($r = 0.27–0.43$) و همچنین با اندازه دانه ($r = 0.60–0.62$) ارتباط مثبتی گزارش شده است (Rebetzke *et al.*, 2008). در لاین‌های گندم که بیشترین میزان کربوهیدرات‌های محلول ساقه را داشتند، خصوصیاتی چون پاکوتاهی، زودرسی و تولید پنجه‌های کمتر مشاهده شد که موجب کاهش تولید زیست‌توده (بیوماس) می‌شوند (Rebetzke *et al.*, 2008). وان هرواردن و همکاران (Van Herwaarden *et al.*, 1998) گزارش کردند که در ارقام گندم مورد آزمایش آن‌ها که میزان کربوهیدرات‌های محلول ساقه بالا بود، عملکرد دانه بیشتر و اندازه دانه بزرگتر با تعداد پنجه‌های بارور بیشتر و زیست توده (بیوماس) کل بیشتری در زمان گلدهی و رسیدگی داشتند. در بررسی‌های محققان دیگر نیز لاین‌هایی با کربوهیدرات‌های محلول ساقه بالا و پایین و بدون تغییر در تعداد روز تا ظهور سنبله، ارتفاع گیاه و محتوای نیتروژن گزارش شده است. بنابراین

Archive of SID

www.SID.ir

تشخیص تفاوت ژنوتیپ‌ها برای میزان کربوهیدرات‌های محلول در آب برای به‌نژادگران اهمیت خاص دارد (Rebetzke *et al.*, 2008).

پاپا کوستا و گاگیاناس (Papakosta and Gagianas, 1991) نشان دادند که با افزایش شدت تنش خشکی و کاهش فتوسنتز جاری، انتقال قندهای محلول ذخیره ساقه به دانه افزایش می‌یابد. وینزلر و نسبرگر (Winzeler and Nosberger, 1980) نیز ارتباط قوی بین نیاز دانه به مواد فتوسنتزی و تغییر در وزن خشک و کربوهیدرات‌های غیر ساختاری ساقه در طول مرحله پر شدن دانه را گزارش کردند. آن‌ها تاکید کردند که در مراحل انتهایی رشد، اثر تنش خشکی بر وزن دانه قابل توجه است. سایر محققان نیز افزایش انتقال مجدد مواد فتوسنتزی از ساقه به دانه و افزایش سرعت پر شدن دانه را در شرایط تنش خشکی گزارش کردند و نشان دادند که ژنوتیپ‌های دارای سرعت تجمع و انتقال مواد بیشتر به میزان کمتری تحت تأثیر تنش‌های انتهای فصل قرار می‌گیرند (Yang *et al.*, 2000; Ehdaie *et al.*, 2006b; Yang and Zhang, 2006).

میزان مشارکت ذخایر ساقه در عملکرد دانه گندم از حدود ۳۰ تا ۵۰ درصد در شرایط تنش رطوبتی و از حدود ۱۰ تا ۲۰ درصد در شرایط مساعد گزارش شده است (Wardlaw and Willenbrink, 1994; Van Herwaarden *et al.*, 1998). در ارقامی از گندم که حداکثر وزن خشک ساقه در مرحله گرده‌افشانی آن‌ها بیشتر است، پتانسیل ذخیره‌سازی مواد فتوسنتزی در شرایط مطلوب و اولیه رشد (قبل از شروع فصل خشک) بالاتر می‌باشد. این موضوع ممکن است در حالتی که مواد فتوسنتزی ذخیره شده با کارایی بیشتری به دانه منتقل شوند یک مزیت محسوب شود (Ehdaie *et al.*, 2006a).

این تحقیق به منظور بررسی تغییرات برخی از خصوصیات زراعی، فیزیولوژیکی، مقدار کربوهیدرات‌های محلول ساقه در مرحله گلدهی و رابطه بین کربوهیدرات‌های ذخیره شده ساقه در مرحله گلدهی و عملکرد دانه ارقام گندم بهاره در شرایط تنش خشکی انتهای فصل اجرا شد.

مواد و روش‌ها

در این آزمایش ۱۹۶ ژنوتیپ گندم بهاره دریافتی از مرکز بین‌المللی تحقیقات ذرت و گندم (CIMMYT) با استفاده از طرح آلفا لاتیس با دو تکرار در سال زراعی ۱۳۸۸-۱۳۸۷ در ایستگاه تحقیقات کشاورزی حسن آباد داراب در شرایط تنش خشکی انتهای فصل ارزیابی شدند. هر کرت آزمایشی شامل ۶ خط کاشت بطول ۵ متر و فواصل بین خطوط ۲۰ سانتیمتر بود. مساحت کاشت هر کرت ۶ مترمربع بود. میزان بذر مصرفی بر اساس تراکم ۴۵۰ بذر در مترمربع در نظر گرفته شد. زمین محل اجرای آزمایش در سال زراعی قبل بصورت آیش بود. نوع خاک مزرعه بر اساس طبقه‌بندی خاک وزارت کشاورزی آمریکا انتیسول (Entisols) با pH= ۷/۱-۸ بود. میزان کود بر اساس آزمون خاک و توصیه آزمایشگاه تحقیقات خاک و آب به مقدار ۱۱۵ کیلوگرم در هکتار نیتروژن از منبع اوره، ۶۹ کیلوگرم فسفات از منبع فسفات دی آمونیوم و ۷۵ کیلوگرم پتاس از منبع سولفات پتاس مصرف شد. تمامی کود فسفر و پتاس و نصف کود نیتروژن (قبل از کاشت) مصرف شد. نصف باقیمانده کود نیتروژن در مرحله طویل شدن ساقه به خاک داده شد. آبیاری در چهار نوبت، که یک نوبت پس از خاتمه عملیات کاشت در تاریخ ۱۶ آذر ۱۳۸۷ و ۳ نوبت دیگر در طول فصل زراعی تا مرحله ظهور سنبله انجام شد و پس از ظهور ۵۰ درصد سنبله‌ها در اکثر کرت‌ها آبیاری قطع گردید. سطح برداشت برای عملکرد دانه با حذف ۲۵ سانتیمتر از ابتدا و انتهای هر کرت ۵/۴ مترمربع بود.

برخی خصوصیات زراعی و فیزیولوژیکی نظیر تعداد روز تا ظهور سنبله، ارتفاع بوته، تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیکی، طول دوره پر شدن دانه

www.SID.ir

(تعداد روز بین گرده‌افشانی و رسیدگی فیزیولوژیکی)، سرعت پر شدن دانه (خارج قسمت وزن نهایی دانه بر طول دوره پر شدن دانه)، وزن هزار دانه، عملکرد دانه نیز اندازه‌گیری شدند. برای اندازه‌گیری کربوهیدرات‌های محلول ساقه در مرحله گرده‌افشانی (هفت روز پس از گرده‌افشانی) از هر کرت تعداد ۲۰ ساقه به طور تصادفی برداشت (Reynolds *et al.*, 2007) و در آون در دمای ۷۰ درجه سانتیگراد به مدت ۷۲ ساعت خشکانده شده و پس از خرد و آسیاب کردن برای اندازه‌گیری کربوهیدرات‌های محلول مورد استفاده قرار گرفتند. سنجش غلظت قندهای محلول گیاه با استفاده از روش فنل-اسیدسولفوریک صورت گرفت (Hassid and Neufield, 1964; Dubois *et al.*, 1965). برای آنالیز آماری داده‌ها از نرم افزار SAS استفاده شد.

نتایج و بحث

تجزیه واریانس داده‌ها برای خصوصیات فیزیولوژیکی و زراعی اندازه‌گیری شده نشان داد که ژنوتیپ‌های گندم مورد بررسی از نظر خصوصیات تعداد روز تا ظهور سنبله، ارتفاع بوته، تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیکی، وزن هزار دانه و عملکرد دانه در سطح احتمال یک درصد تفاوت معنی‌داری داشتند. این ژنوتیپ‌ها از نظر طول دوره پر شدن دانه در سطح احتمال پنج درصد با یکدیگر تفاوت معنی‌داری نشان دادند (جدول ۱). بیشینه، کمینه، انحراف معیار، میانگین صفات، واریانس ژنوتیپی ضریب تغییرات ژنوتیپی و وراثت‌پذیری صفات مورد بررسی در جدول ۲ ارائه شده است. دامنه تغییرات عملکرد دانه بین ۶۰۹۵-۹۸۷ کیلوگرم در هکتار متغیر بود. ژنوتیپ‌های ۴۰ و ۱۲۷ به ترتیب بالاترین و کمترین عملکرد دانه را داشتند (جدول ۲). وراثت‌پذیری برای عملکرد دانه متوسط و ۰/۶۵ برآورد گردید. ژنوتیپ‌های ۱۵۸ و ۱۱۶ به ترتیب حائز بیشترین و کمترین مقدار کربوهیدرات‌های محلول ساقه در مرحله گرده‌افشانی بودند و دامنه تغییرات این صفت بین ۸/۵ و ۹۵/۵ میلی‌گرم بر گرم ماده خشک متغیر بود. مقدار واریانس و ضریب تغییرات ژنوتیپی برای این صفت بسیار کم بود و بنابراین وراثت‌پذیری برآورد شده برای آن نیز پایین و برابر ۰/۰۹۷ بدست آمد (جدول ۲). این نتایج حاکی از آن است که سهم عوامل محیطی در کنترل این صفت بیشتر از عوامل ژنتیکی بود.

به منظور بررسی ارتباط بین خصوصیات زراعی و فیزیولوژیکی، ضرایب همبستگی فنوتیپی و ژنتیکی محاسبه شدند. بین عملکرد دانه و صفات وزن هزار دانه ($r = ۰/۳۳۱^{**}$)، سرعت ($r = ۰/۲۷۸^{**}$) و طول دوره پر شدن دانه ($r = ۰/۱۴۷^{*}$) همبستگی‌های فنوتیپی مثبت و معنی‌داری بدست آمد، در صورتی که همبستگی‌های فنوتیپی عملکرد دانه با صفات تعداد روز تا ظهور سنبله ($r = -۰/۴۵۱^{**}$)، رسیدگی فیزیولوژیک ($r = -۰/۴۱۳^{**}$) و ارتفاع بوته ($r = -۰/۳۱^{**}$) منفی و معنی‌دار بود. بین کربوهیدرات‌های محلول ساقه در مرحله گرده‌افشانی و عملکرد دانه همبستگی معنی‌داری مشاهده نشد. در حالیکه رابطه مثبت و معنی‌داری بین این صفت و وزن هزار دانه ($r = ۰/۱۸۸^{**}$) و سرعت پر شدن دانه ($r = ۰/۱۶۵^{*}$) بدست آمد و نشان داد که این صفت در تعیین وزن هزار دانه در شرایط تنش خشکی نقش دارد (جدول ۳). ارزیابی همبستگی‌های ژنوتیپی بین خصوصیات زراعی و فیزیولوژیکی نشان داد که صفات فنولوژیک و ارتفاع بوته ارتباط معنی‌داری با عملکرد دانه در شرایط تنش رطوبتی انتهای فصل داشتند (جدول ۳). این نتایج نشان داد که افزایش دوره رشد در گندم نان و در شرایط تنش آبی انتهای فصل، منجر به کاهش عملکرد دانه گردید. ارتباط ژنتیکی مثبت و معنی‌داری بین وزن هزار دانه، سرعت و طول دوره پر شدن دانه با عملکرد دانه در شرایط تنش خشکی انتهای فصل بدست آمد (جدول ۳). این نتایج حاکی از آن است که وزن هزار دانه و سرعت پر شدن

Archive of SID

www.SID.ir

دانه می‌توانند از معیارهای گزینشی مناسبی جهت تعیین ژنوتیپ‌های متحمل به تنش خشکی انتهای فصل به شمار آیند. همبستگی ژنتیکی عملکرد دانه و کربوهیدرات‌های محلول ساقه در مرحله گرده‌افشانی منفی و معنی‌دار ($r = -۰/۳۹۴^{**}$) بود (جدول ۳). این نتایج نشان داد که تجمع کربوهیدات‌های محلول در ساقه در مرحله گرده‌افشانی بدون انجام فرآیند انتقال مجدد، نقش مؤثری در افزایش عملکرد دانه در شرایط تنش خشکی نخواهد داشت. آردیونی و همکاران (Arduini *et al.*, 2006) نیز گزارش کردند که ارقام پرمحصول در شرایط تنش خشکی دارای ذخایر ساقه کمتری بوده و در شرایط تنش خشکی و در مرحله پر شدن دانه کاهش شدیدتری را در عملکرد دانه در مقایسه با ارقام کم محصول نشان می‌دهند. از طرف دیگر وان هروارden و همکاران (Van Herwaarden *et al.*, 1998) در آزمایش خود ارقامی از گندم را مشاهده کردند که غلظت کربوهیدرات‌های محلول ساقه در آنها بالا بوده و عملکرد دانه بیشتر و اندازه دانه بزرگتر را با تعداد پنجه‌های بارور بیشتر و زیست توده کل بیشتر در زمان گلدهی و رسیدگی تولید کردند. رابرتزکه و همکاران (Rebetzke *et al.*, 2008) نیز ارتباط مثبتی بین غلظت کربوهیدرات‌های محلول ساقه با عملکرد دانه ($r = ۰/۲۷-۰/۴۳$) گزارش نمودند که با نتایج آزمایش حاضر مطابقت نداشت.

همبستگی ژنتیکی عملکرد دانه با خصوصیات فنولوژیکی مانند تعداد روز تا ظهور سنبله ($r = -۰/۵۴۲^{**}$)، روز تا رسیدگی فیزیولوژیکی ($r = -۰/۵۰۲^{**}$) و ارتفاع بوته ($r = -۰/۵۷۷^{**}$) منفی و معنی‌دار بود (جدول ۳). نتایج این آزمایش نشان داد که زودرسی در شرایط تنش خشکی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است و در ژنوتیپ‌هایی که زودتر به مرحله ظهور سنبله رسیدند، دوره پر شدن دانه کمتر با تنش خشکی انتهای فصل مواجه گردید و عملکرد این ژنوتیپ‌ها کمتر از تنش متأثر شد. الیورز ویلگاس و همکاران (Olivares-Villegas *et al.*, 2007) نیز نشان دادند که زودرسی و ارتفاع بوته از صفات مؤثر در سازگاری لاین‌های نوترکیب گندم بهاره در شرایط تنش رطوبتی محسوب می‌شوند.

رابطه مثبت و معنی‌داری بین کربوهیدرات‌های محلول ساقه در مرحله گلدهی با وزن هزار دانه ($r = ۰/۸۰۶^{**}$)، سرعت پر شدن دانه ($r = ۰/۷۴۸^{**}$) و طول دوره پر شدن دانه ($r = ۰/۱۶۴^{*}$) مشاهده شد (جدول ۳). رابرتزکه و همکاران (Rebetzke *et al.*, 2008) نیز ارتباط مثبتی بین غلظت کربوهیدرات‌های محلول ساقه و اندازه دانه ($r = ۰/۶۰-۰/۶۲$) گزارش نمودند. همبستگی ژنتیکی معنی‌داری بین کربوهیدرات‌های محلول در ساقه مرحله گلدهی و خصوصیات فنولوژیکی تعداد روز تا ظهور سنبله، رسیدگی فیزیولوژیکی و ارتفاع بوته مشاهده نشد (جدول ۳). رابرتزکه و همکاران (Rebetzke *et al.*, 2008) نیز اظهار داشتند که تغییرات مقدار کربوهیدرات‌های محلول ساقه در لاین‌های مورد بررسی، ارتباطی با تعداد روز تا ظهور سنبله، ارتفاع بوته و مقدار نیتروژن نداشت. با وجود این، آن‌ها بیان داشتند که تشخیص تفاوت بین ژنوتیپ‌های مختلف برای مقدار و غلظت کربوهیدرات‌های محلول در آب برای به‌نژادگران حائز اهمیت خاص می‌باشد.

به منظور تعیین سهم صفات مؤثر بر عملکرد دانه و به خصوص کربوهیدرات‌های محلول ساقه در شرایط تنش خشکی انتهای فصل برای ژنوتیپ‌های مورد مطالعه، تجزیه رگرسیونی مرحله‌ای انجام و خصوصیات وارد شده به مدل جهت تعیین ضرایب علیت و تهیه نمودار مربوطه مورد استفاده قرار گرفتند (شکل ۱ و جدول ۴).

نتایج تجزیه علیت نشان داد که چهار صفت تعداد روز تا ظهور سنبله، ارتفاع گیاه، سرعت پر شدن دانه و کربوهیدرات‌های محلول ساقه آثار مستقیم و معنی‌داری

www.SID.ir

جدول۱- تجزیه واریانس برای خصوصیات زراعی و فیزیولوژیکی در ژنوتیپ‌های گندم‌های بهاره در شرایط تنش خشکی انتهای فصل

Table 1. Analysis of variance for agronomic and physiological traits of spring bread wheat genotypes under terminal drought stress conditions

S. O. V.	منابع تغییر	درجه آزادی d.f	روز تا ظهور سنبله Days to heading	ارتفاع بوته Plant height	روز تا رسیدگی فیزیولوژیکی Days to physiological maturity	وزن هزار دانه 1000 grain weight	طول دوره پر شدن دانه Grain filling period	سرعت پر شدن دانه Gain filling rate	کربوهیدرات‌های محلول ساقه Stem soluble carbohydrates	عملکرد دانه Grain yield
Replication	تکرار	1	87.309	2695.9	122.39	503.89	2.95	0.475	67150.60	0.007
Block (adj)	بلوک تصحیح شده	96	1.540	72.072	3.035	17.367	3.825	0.013	471.430	0.980
Genotype	ژنوتیپ	195	9.771	427.043	7.101	33.484	4.820	0.028	472.025	1.902
Genotype (adj)	ژنوتیپ تصحیح شده	195	6.281**	297.891**	5.2536**	23.580**	2.770*	0.020ns	416.704ns	1.055**
Error	خطا	99	1.7512	62.2958	1.796	8.2841	2.2411	0.0068	353.6421	0.3811
C.V.(%)	ضریب تغییرات		1.2	7.1	0.9	9.9	4.3	9.8	36.1	18.9

ns: Non-significant

ns: غیر معنی‌دار

* and **: Significant at 5% and 1% probability levels, respectively

* و **: به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد

جدول۲- میانگین، بیشینه، کمینه، انحراف معیار، واریانس و ضریب تغییرات ژنوتیپی و وراثت پذیری برای خصوصیات فیزیولوژیکی و زراعی در ژنوتیپ‌های گندم‌های بهاره در شرایط تنش خشکی انتهای فصل

Table 2. Mean, maximum, minimum, standard deviation, genotypic and genotypic coefficient of variance and heritability for agronomic and physiological traits of spring bread wheat genotypes under terminal drought stress conditions

Statistics	آماره	روز تا ظهور سنبله Days to heading	ارتفاع بوته Plant height (cm)	روز تا رسیدگی فیزیولوژیکی Days to Physiological maturity	وزن هزار دانه 1000 grain weight (g)	طول دوره پرشدن دانه Grain filling duration (day)	سرعت پر شدن دانه Gain filling rate ($g.day^{-1}$)	کربوهیدرات‌های محلول ساقه Stem soluble carbohydrates ($mg.g^{-1}$ dw)	عملکرد دانه Grain yield ($kg.ha^{-1}$)
Mean	میانگین	115	111	155	29.20	35	0.84	52.20	3271
Standard deviation	انحراف معیار	2.21	14.58	1.85	3.92	1.48	0.12	15.27	925.2
Maximum	بیشینه	119	153	159	39.9	39.0	1.18	95.50	6095
Minimum	کمینه	106	83	149	18.1	30.0	0.52	8.50	987
Genotypic variance	واریانس ژنوتیپی	0.682	0.708	0.457	0.426	0.226	0.455	0.036	0.478
Genotypic coefficient of variation	ضریب تغییرات ژنوتیپی	0.718	0.758	0.436	2.235	1.358	80.302	0.363	0.021
Heritability	وراثت‌پذیری	0.829	0.843	0.656	0.620	0.369	0.653	0.097	0.646

ns: Non-significant

ns: غیر معنی‌دار

* and **: Significant at 5% and 1% probability levels, respectively

* و **: به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد

Archive of SID

www.SID.ir

جدول۳- ضرایب همبستگی فنوتیپی (اعداد بالا) و ژنوتیپی (اعداد پایین) بین خصوصیات فیزیولوژیکی و زراعی ژنوتیپ‌های گندم‌های بهاره در شرایط تنش خشکی انتهای فصل

Table 3. Phenotypic (up) and genotypic (low) correlation coefficients among agro- physiological traits of spring bread wheat genotypes under terminal drought conditions

صفات گیاهی Plant characteristics	روز تا ظهور سنبله Days to heading (1)	ارتفاع بوته Plant height (2)	روز تا رسیدگی فیزیولوژیکی Days to physiological maturity (3)	وزن هزار دانه 1000 grain weight (4)	طول دوره پرشدن دانه Grain filling duration (5)	سرعت پر شدن دانه Gain filling rate (6)	کربوهیدرات‌های محلول ساقه Stem soluble carbohydrates (7)	عملکرد دانه Grain yield (8)
(2)	-0.016^{ns}	1						
	-0.018^{ns}							
(3)	0.737^{**}	-0.063^{ns}	1					
	0.897^{**}	-0.014^{ns}						
(4)	-0.437^{**}	0.100^{ns}	-0.460^{**}	1				
	-0.550^{**}	0.099^{ns}	-0.704^{**}					
(5)	-0.540^{**}	-0.048^{ns}	0.161^{*}	0.089^{ns}	1			
	-0.692^{**}	-0.014^{ns}	-0.301^{**}	0.033^{ns}				
(6)	-0.263^{**}	0.113^{ns}	-0.496^{**}	0.952^{**}	-0.216^{**}	1		
	-0.370^{**}	0.098^{ns}	-0.621^{**}	0.968^{**}	-0.219^{**}			
(7)	-0.048^{ns}	0.025^{ns}	0.004^{ns}	0.188^{**}	0.072^{ns}	0.165^{*}	1	
	-0.129^{ns}	0.042^{ns}	-0.083^{ns}	0.806^{**}	0.164^{*}	0.748^{**}		
(8)	-0.451^{**}	-0.31^{**}	-0.413^{**}	-0.331^{**}	0.147^{*}	0.278^{**}	-0.08^{ns}	1
	-0.542^{**}	-0.502^{**}	-0.577^{**}	0.205^{**}	0.225^{**}	0.189^{**}	-0.394^{**}	

ns: Non-significant

ns: غیر معنی‌دار

* and **: Significant at 5% and 1% probability levels, respectively

* و **: به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد

جدول ۴- اثرات مستقیم (روی قطر اصلی) و اثرات غیرمستقیم صفات مورد بررسی بر عملکرد دانه در ژنوتیپ‌های گندم بهاره در شرایط تنش خشکی انتهای فصل

Table 4. Direct (on diameter) and indirect effects of studied traits on grain yield in spring wheat genotypes under terminal drought stress conditions

Plant characteristics	صفات گیاهی	X_1	X_2	X_3	X_4	ضریب همبستگی با عملکرد دانه Correlation coefficient with grain yield
X_1 Days to heading	روز تا ظهور سنبله	-0.396^{**}	0.0058	-0.0544	0.0068	-0.451^{**}
X_2 Plant height	ارتفاع گیاه	0.0063	-0.365^{**}	0.0233	-0.0213	-0.310^{**}
X_3 Grain filling rate	سرعت پر شدن دانه	0.1041	-0.0412	0.207^{**}	-0.0234	0.278^{**}
X_4 Stem soluble carbohydrates	کربوهیدرات‌های محلول ساقه	0.0190	-0.0091	0.0341	-0.142^{**}	-0.088^{ns}

ns: Non-significant

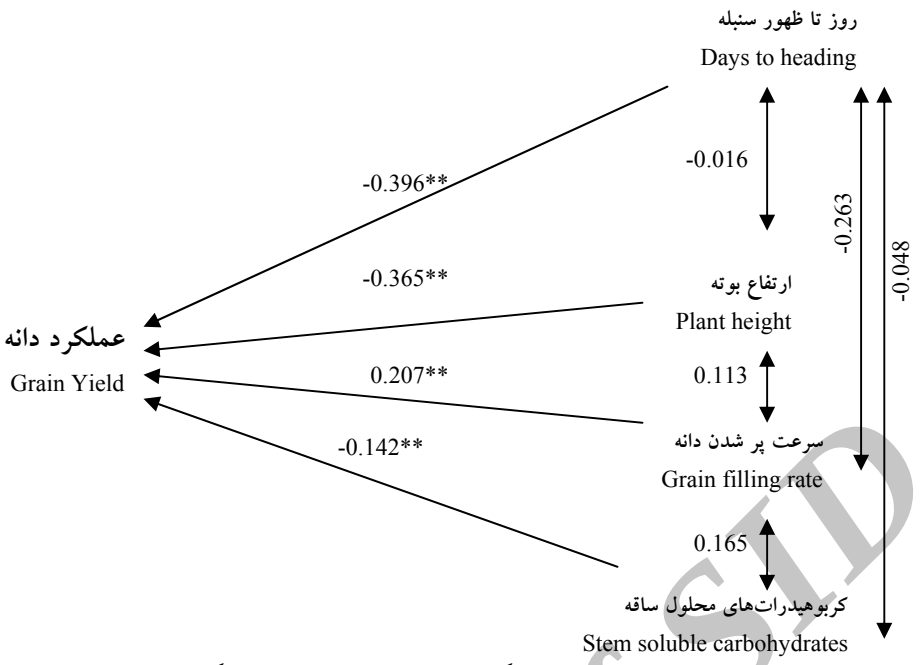
ns: غیر معنی‌دار

* and **: Significant at 5% and 1% probability levels, respectively

* و **: به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۱- نمودار تجزیه علیت برای صفات مؤثر بر عملکرد دانه در شرایط تنش خشکی انتهای فصل در ژنوتیپ‌های گندم بهاره

Fig. 1. Path diagram for traits affecting grain yield under terminal drought stress conditions in spring wheat genotypes

بر عملکرد دانه داشتند (شکل ۱ و جدول ۴). با بررسی آثار غیرمستقیم خصوصیات از طریق یکدیگر مشخص شد که صفت کربوهیدرات‌های محلول در ساقه مرحله گلدهی اثر مثبتی را از طریق سرعت پر شدن دانه بر عملکرد داشت. اثر غیرمستقیم این خصوصیت از طریق تعداد روز تا ظهور سنبله مثبت و از طریق ارتفاع گیاه بر عملکرد دانه منفی بود. تعداد روز تا ظهور سنبله، اثر غیرمستقیم و مثبتی را از طریق ارتفاع بوته و کربوهیدرات‌های محلول در ساقه در مرحله گلدهی بر عملکرد دانه داشت. در صورتی که اثر غیرمستقیم آن از طریق سرعت پر شدن دانه بر عملکرد منفی بود (جدول ۴). ارتفاع بوته اثر غیرمستقیم و مثبتی را از طریق تعداد روز تا ظهور سنبله و سرعت پر شدن دانه بر عملکرد دانه داشت و اثر غیرمستقیم این خصوصیت بر عملکرد دانه از طریق کربوهیدرات‌های محلول ساقه در مرحله گلدهی منفی بود. آثار غیرمستقیم سرعت پر شدن دانه از طریق صفات ارتفاع بوته و کربوهیدرات‌های محلول ساقه در مرحله گلدهی بر عملکرد دانه منفی بود، در حالیکه اثر غیرمستقیم این صفت از طریق تعداد روز تا ظهور سنبله مثبت برآورد گردید (شکل ۱ و جدول ۴).

نتایج این آزمایش نشان داد که ژنوتیپ‌های گندم بهاره مورد مطالعه تنوع قابل ملاحظه‌ای برای خصوصیات زراعی و فیزیولوژیکی بررسی شده داشتند. این تنوع می‌تواند برای استفاده در برنامه تحقیقاتی به‌نژادی و مطالعات فیزیولوژی گندم بهاره مورد استفاده قرار گیرد. دامنه تغییرات برای برخی از این صفات وسیع و برای برخی دیگر محدودتر بود. بطور مثال دامنه تغییرات برای تعداد روز تا ظهور سنبله محدود (۱۱۹-۱۰۶ روز) بود، زیرا این ژنوتیپ‌ها قبلاً برای این خصوصیت غربال شده بودند. دامنه تغییرات برای کربوهیدرات‌های محلول ساقه در مرحله گلدهی بسیار

www.SID.ir

وسیع (۹۵/۵–۸/۵ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک) بود. عملکرد دانه نیز تغییرات زیادی (۶۰۹۵–۹۸۷ کیلوگرم در هکتار) نشان داد. عدم ارتباط فنوتیپی معنی‌دار بین کربوهیدرات‌های محلول ساقه در مرحله گلدهی و عملکرد دانه ممکن است به این دلیل باشد که برخی از ژنوتیپ‌ها که مقادیر زیادی کربوهیدرات‌های محلول را در مرحله گلدهی در ساقه انباشته کردند، لزوماً مقادیر قابل توجهی از این ذخایر را به دانه‌های در حال رشد و نمو انتقال ندادند، یعنی کارآیی انتقال مجدد پایینی داشتند. تغییرات مشاهده شده برای وزن هزار دانه (۳۹/۹–۱۸ گرم) و عملکرد دانه را شاید بتوان به تفاوت در واکنش ژنوتیپ‌های مورد بررسی به شرایط تنش خشکی انتهای فصل اعمال شده نسبت داد. تغییرات مشاهده شده برای سرعت پر شدن دانه (۱/۱۸–۰/۵۲ میلی‌گرم در روز) که یکی از خصوصیات مؤثر در تعیین و تحقق عملکرد دانه در شرایط تنش خشکی انتهای فصل است نیز قابل توجه بود. تنوع مشاهده شده برای این خصوصیت می‌تواند در برنامه‌های به‌نژادی برای بهبود عملکرد دانه در شرایط تنش خشکی انتهای فصل مورد استفاده قرار گیرد، با وجود این برای حصول نتایج قطعی‌تر، باید آزمایش در سال‌های دیگر تکرار شود.

گرچه ارتباط مثبت و معنی‌داری بین عملکرد دانه و کربوهیدرات‌های محلول ساقه در مرحله گرده‌افشانی در این آزمایش بدست نیامد، اما نتایج نشان داد که تنوع قابل توجهی برای این صفت در بین لاین‌ها در شرایط تنش خشکی انتهای فصل وجود داشت. از نتایج این آزمایش استنباط می‌شود که تجمع مقادیر بالای کربوهیدرات‌های محلول در مرحله گرده‌افشانی در ساقه شرط لازم و نه کافی برای دستیابی به عملکرد دانه بالا در شرایط تنش خشکی انتهای فصل می‌باشد.

منابع مورد استفاده

References

Arduini, I., A. Masoni, L. Ercoli and M. Mariotti. 2006. Grain yield, dry matter and nitrogen accumulation and remobilization in durum wheat as affected by variety and seeding rate. Europ. J. Agron. 25: 309–318.

Blum, A. 1996. Improving wheat grain filling under stress by stem reserve utilization. Pp. 135-142. In: H. J. Braun, F. Altay, W. E. Kronstad, S.P.S. Beniwal and A. McNab (Eds.). Prospects for global wheat improvement. Proc. of the 5th Int. Wheat Conf. 10-14 June 1996, Ankara, Turkey.

Dubois, M., K. A., Gilles, J. K., Hamilton, P. A., Rebers, and F., Smith. 1956. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. Anal. Chem. 28: 350-356.

Ehdaei, B., G. A. Alloush, M. A. Madore and J. G. Waines. 2006a. Genotypic variation for stem reserves and mobilization in wheat. I. Pos-tanthesis changes in internode dry matter. Crop Sci. 46: 735-746.

Ehdaei, B., G. A. Alloush, M. A. Madore and J. G. Waines. 2006b. Genotypic variation for stem reserves and mobilization in wheat: II. Post-anthesis changes in internodes water soluble carbohydrates. Crop Sci. 46: 2093-2103.

Hassid, W. Z. and F. Neufeld. 1964. Quantitative determination of starch in plant tissues. p. 33. In: R. Whistler and E. Paschall (Eds.). Methods in Carbohydrate Chemistry. Academic Press, New York.

Hossain, A. B. S, R. G. Sears, T. S. Cox and G. M. Paulses. 1990. Desiccation tolerances and its relationship to assimilate partitioning in winter wheat. Crop Sci. 30: 622-627.

Jalal Kamali, M. R., H. Asadi and T. Najafi Mirak. 2009. Irrigated and dryland wheat research strategic program. Agricultural Research, Education and Extension Organization. 345pp. (In Persian).

Olivares-Villegas, J. J., M. P. Reynolds and G. K. McDonald. 2007. Drought-adaptive attributes in the

Archive of SID
www.SID.ir

Seri/Babax hexaploid wheat population. Func. Plant Biol. 34: 189-203.

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.

Pheloung, P. C., and K. H. M. Seddique. 1991. Contribution of stem dry matter to grain yield in wheat cultivars. Aust. J. Plant Physiol. 18: 53-58.

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

Rebetzke, G. J., A. F. Van Herwaarden, C. Jenkins, M. Weiss, D. Lewis, S. Ruuska, L. Tabe, N. A. Fettell and R. A. Richards. 2008. Quantitative trait loci for water-soluble carbohydrates and associations with agronomic traits in wheat. Aust. J. Agric. Res. 59: 891–905.

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

Reynolds, M. P., F. Dreccer and R. Thretown. 2007. Drought-adaptive traits derived from wheat wild relatives and landraces. J. Exp. Bot. 58(2): 177–186.

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

Ruuska, S., G. J. Rebetzke, A. F. van Herwaarden, R. A. Richards, N. A. Fettell, L. Tabe and C. Jenkins. 2006. Genotypic variation for water soluble carbohydrate accumulation in wheat. Func. Plant Biol. 33: 799–809.

Takahashi, T., P. M., Chevalier and R. I. Rupp. 2001. Storage and remobilization of soluble carbohydrates after heading in different plant parts of a winter wheat cultivar. Plant Prod. Sci. 4: 160–165.

Van Herwaarden, A. F., J. F. Angus, R. A. Richards and G. D. Farquhar. 1998. Haying off the negative grain yield response of dryland wheat to nitrogen fertilizer. II. Carbohydrate and protein dynamics. Aust. J. Agric. Res. 49: 1083-1093.

Wardlaw, I. F. and J. Willenbrink. 1994. Carbohydrate storage and mobilization by the culms of wheat between heading and grain maturity: the relation to sucrose synthase and sucrose-phosphate synthase. Aust. J. Plant Physiol. 21: 255-271.

Winzeler, H. and J. Nosberger. 1980. Dry matter production and content of nonstructural carbohydrates during the grain filling period as influenced by different pre-grain filling temperatures in two spring wheat cultivars. Z. Acker. Pflanzenbau, 149: 318-327.

Yang, J. and J. Zhang, 2006. Grain filling of cereals under soil drying. New Phytol. 169 (2): 223-236.

Yang, J., J., Zhang, Z. Huang, Q. Zhu and L. Wang. 2000. Remobilization of carbon reserves is improved by controlled soil-drying during grain filling of wheat. Crop Sci. 40: 1645–1655.

Archive of SID

www.SID.ir

Variation in some agronomic characteristics and soluble stem carbohydrates content at anthesis in spring wheat genotypes under terminal drought stress conditions

Majdi, M[1]., M. R. Jalal Kamali[2], M. Esmaeilzadeh Moghaddam[3], D. Eradatmand Asli[4], F. Moradi[5] and S. Tahmasbi[6]

ABSTRACT

Majdi, M., M. R. Jalal Kamali, M. Esmaeilzadeh Moghaddam, D. Eradatmand Asli, F. Moradi and S. Tahmasbi. 2011. Variation n some agronomic characteristics and soluble stem carbohydrates content at anthesis in spring wheat genotypes under terminal drought stress conditions**. Iranian Journal of Crop Sciences. 13(2): 299-309. (In Persian).**

To study the variation in some agronomic characteristics and soluble stem carbohydrates at anthesis in spring wheat, 196 wheat genotypes received from the International Maize and Wheat Improvement Center (CIMMYT) were evaluated in a field experiment at Hasan Abad Field Research Station, Darab, Iran, in 2008-2009 growing season. Analysis of variance of data revealed that spring wheat genotypes were significantly different ($P < 0.01$) for days to heading, plant height, days to physiological maturity, 1000 grain weight and grain yield. The genotypes were also significantly different ($P<0.05$) for grain growth duration. Range of variation for some characteristics as days to heading was narrow (106-119 days). However, the range of variation for soluble stem carbohydrates at anthesis was very wide (8.5-95.5 $mg.g^{-1}$ dry matter). Variation in the grain growth rate was 0.52-1.18 $mg.day^{-1}$ and grain yield varied from 987–6095 $kg.ha^{-1}$. Genetic correlation between soluble stem carbohydrates at anthesis and grain yield was negative but significant (-0.394**). It was indicated that the accumulation of high amount of stem soluble carbohydrates at anthesis without remobilization process can not effectively increase grain yield under terminal drought conditions. Path analysis revealed that the direct effects of four characteristics: days to heading, plant height, grain growth rate and soluble stem carbohydrates at anthesis on grain yield were significant. Early maturity and grain growth rate were under genetic control and correlated with grain yield under terminal conditions of this study that can be used in wheat breeding programs for improvement of grain yield under terminal drought conditions.

Key words: Earliness, Grain growth rate, Soluble carbohydrates, Spring wheat andTerminal drought stress.

Received: December, 2010 Accepted: May, 2011

1- Graduated M.Sc. Student, Saveh Branch, Islamic Azad University, Saveh, Iran
2- Senior Wheat Scientist, International Maize and Wheat Improvement Center (CIMMYT), Karaj, Iran (Corresponding author) (Email: cimmyt-iran@cgiar.org)
3- Assistant Prof., Seed and Plant Improvement Institute, Karaj, Iran
4- Assistant Prof., Saveh Barnch, Islamic Azad University, Saveh, Iran
5- Assistant Prof., Agricultural Biotechnology Research Institute of Iran, Karaj, Iran
6- Faculty member, Agricultural and Natural Resources Research Center of Fars Province, Darab, Iran

Archive of SID
www.SID.ir