مجله به‌نژادی نهال و بذر
جلد ۱-۲۶ ، شماره ۳، سال ۱۳۸۹

تجمع مواد فتوسنتزی در دانه لاین‌های اینبرد نوترکیب گندم نان حاصل از تلاقی رقم آذر ۲ و 81Zhong 291 در شرایط تنش خشکی

Accumulation of Photosynthesis Assimilates in Grains of the Recombinant Inbred Lines Population of Bread Wheat Derived from Cross Between Azar 2 and 87Zhong 291 under Drought Conditions

مظفر روستائی[۱]، سیدابوالقاسم محمدی[۲]، اسلام مجیدی هروان[۳]، احمد عمری[۴] و رضا حق‌پرست[۵]

۱- دانشجوی سابق دکتری اصلاح نباتات، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران
۲- استاد، دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز
۳- استاد، پژوهشکده بیوتکنولوژی کشاورزی ایران، کرج
۴- محقق ارشد، مرکز تحقیقات بین‌المللی کشاورزی در مناطق خشک، حلب، سوریه
۵- استادیار، معاونت موسسه تحقیقات کشاورزی دیم، سرارود، کرمانشاه

تاریخ دریافت: ۱۳۸۸/۳/۱۰ تاریخ پذیرش: ۱۳۸۹/۱/۲۶

چکیده

روستائی، م.، محمدی، س. ا.، مجیدی هروان، ا.، عمری، ا.، و حق‌پرست، ر. ۱۳۸۹ تجمع مواد فتوسنتزی در دانه لاین‌های اینبرد نوترکیب گندم نان حاصل از تلاقی رقم آذر ۲ و 87Zhong 291 در شرایط تنش خشکی. **مجله به‌نژادی نهال و بذر ۱-۲۶:** ۴۳۱ - ۴۱۳.

در این بررسی به منظور ارزیابی میزان تجمع مواد فتوسنتزی در دانه لاین‌های اینبرد نوترکیب گندم نان حاصل از تلاقی رقم آذر۲ و 87Zhong 291، تعداد ۱۴۴ رقم و لاین نوترکیب، در قالب طرح لاتیس مربع با سه تکرار و در دو شرایط تنش خشکی و آبیاری تکمیلی در ایستگاه تحقیقات کشاورزی دیم مراغه در سال زراعی۸۶- ۱۳۸۵ مطالعه شد. تفاوت بین ژنوتیپ‌ها از نظر صفات مختلف زراعی و فیزیولوژیکی در دو شرایط تنش خشکی و آبیاری تکمیلی معنی‌دار بود. میانگین عملکرد دانه ژنوتیپ‌ها در شرایط تنش خشکی و آبیاری تکمیلی به ترتیب ۹۲۸ و ۲۵۴۷ کیلوگرم در هکتاربود. در شرایط تنش خشکی بیشترین و کمترین عملکرد دانه به ترتیب ۱۹۳۵ و ۲۷۲ و در آبیاری تکمیلی به ترتیب ۳۸۰۵ و ۱۰۸۶ کیلوگرم در هکتار بود. در تنش خشکی در هفته‌های اول تا چهارم به ترتیب ۱۰/۶، ۲۴/۹، ۵۲/۶ و ۱۱/۹ درصد ماده خشک در دانه انباشته شد که نشان‌دهنده تجمع بیش از ۸۸ درصد از ماده خشک دانه در شرایط تنش در سه هفته اول بعد از گرده‌افشانی بود. ضریب همبستگی بین افزایش وزن دانه با سرعت پرشدن دانه در شرایط تنش در هفته اول و دوم به ترتیب $r = ۰/۷۶^{**}$ و $r = ۰/۴۸^{*}$ ولی در هفته چهارم همبستگی ضعیف بود. نتایج مذکور نشان‌دهنده اهمیت تجمع ماده خشک دانه در شرایط خشکی در هفته‌های اول بعد از گرده‌افشانی است. ژنوتیپ‌هائی که در شرایط تنش خشکی توانایی تولید بیشتر محصول را داشتند از ویژگی‌هائی مانند زودرسی، ارتفاع بوته بیشتر، وزن هزاردانه بالا و سرعت انباشت بالاتر مواد فتوسنتزی در هفته‌های اول بعد از گرده‌افشانی برخوردار بودند.

واژه‌های کلیدی: گندم، خشکی، زودرسی، تجمع و مواد فتوسنتزی.

نویسنده مسئول: roustaii @yahoo.com

Archive of SID
www.SID.ir

مقدمه

تنش خشکی یکی از مهم‌ترین و رایج‌ترین تنش‌های محیطی است که تولیدگندم دیم را با محدودیت روبرو ساخته و بازده تولید در مناطق خشک و نیمه‌خشک را کاهش می‌دهد. از کل اراضی زیر کشت گندم کشور، ۴۰ درصد را گندم آبی و ۶۰ درصد را گندم دیم تشکیل می‌دهد. براساس آمار و اطلاعات منتشر شده درسال زراعی ۸۵ ـ ۱۳۸۴ متوسط تولید گندم آبی ۳۷۴۵ و گندم دیم ۱۰۸۵ کیلوگرم در هکتار بوده است (Anonymous, 2006).

تنش خشکی در مرحله تشکیل سنبله می‌تواند باعث کاهش تعداد سنبلچه و گلچه در سنبله گندم شود. تنش‌های شدید ممکن است منجر به چروکیدگی دانه و یا در مواقعی منجر به عقیمی کامل یا نسبی دانه گرده گندم شود. در بسیاری از محیط‌های نیمه خشک رطوبت نسبی در ابتدای فصل رشد در بالاترین حد بوده و بعدا با افزایش دما و قطع بارندگی‌ها مقدار آن کاهش می‌یابد. در این مناطق عموماً دوره پر شدن دانه گندم مصادف با کم آبی و افزایش تبخیر از سطح خاک می‌شود و در نتیجه عملکرد کاهش می‌یابد، بنابراین در ارقام زودرس کارایی مصرف آب بیشتر خواهد بود. البته در شرایطی که تنش خشکی در اوایل فصل رشد بروز کند و تا قبل از گل‌دهی خاتمه یابد، ارقام دیررس عملکرد بالاتری نسبت به ارقام زودرس خواهند داشت (Najafi-Mirak and Sheakhy Gorjani, 2005) عملکرد دانه گندم ممکن است رابطه نزدیک با دوام و شدت فتوسنتز بعد از باز شدن گل‌ها داشته باشد. ولی فتوسنتز قبل از باز شدن گل‌ها مخصوصاً در دوره رشد و نمو سنبله، ممکن است تاثیر عمیق روی عملکرد از طریق تاثیر روی اجزای ظرفیت ذخیره‌ای بگذارد (Moaveni and Changizi, 2007).

زود رسی از جمله صفاتی است که گیاه می‌تواند به وسیله آن از تنش خشکی آخر فصل فرار کند (Blum *et al.*, 1983؛ Fischer and Maurer, 1978). بدین‌معنی که ارقام دارای رشد رویشی کوتاه،با فرار کردن از تنش خشکی در مرحله گلدهی، عملکرد بالایی را تولید می‌کنند. البته بین زودرسی و پتانسیل عملکرد رابطه معکوس وجود دارد و به این دلیل در برنامه‌های به نژادی نباید دوره رشد را از مقدار مورد نیاز کوتاه‌تر کرد (Mitchel *et al.*, 1996). روستایی و همکاران (Roustaii *et al.*, 2002) با مطالعه صفات موثر بر عملکرد دانه و تعیین ارتباط آن‌ها جهت استفاده در برنامه‌های به‌نژادی گندم دیم، خصوصیات زراعی ۶۵۲ نمونه از گندم‌های بومی را با استفاده از تجزیه به عامل‌ها بررسی و گزارش کردند که شاخص‌های زودرسی، طول دوره پر شدن دانه، ارتفاع بوته، وزن هزار دانه و مقاومت به سرما اهمیت بسیار زیادی درگزینش ژنوتیپ‌های مطلوب برای منطقه سرد دارند.

شرایط محیطی بر طول دوره پر شدن دانه تاثیر می‌گذارد، به طوری که برخی از

Archive of SID

www.SID.ir

پژوهشگران به این نتیجه رسیده‌اند که با افزایش دما این دوره کوتاه می‌شود (Hunt *et al.*, 1991). آزمایش‌های مزرعه‌ای انجام شده در تگزاس روی گندم نشان داد که به ازای افزایش یک درجه سانتی‌گراد به میانگین دمای روزانه در مرحله پر شدن دانه، ۳/۱ روز از طول پر شدن دانه کاسته شد (Bruckner and Frohberg, 1987). بروکنر و فروبرگ (۱۹۸۷) با ارزیابی تنوع ژنتیکی ارقام گندم بهاره گزارش کردند که بین تاریخ گلدهی و طول دوره پر شدن دانه همبستگی منفی وجود دارد و ژنوتیپ‌هایی که تاریخ گلدهی آن‌ها زودتر از بقیه بود، دوره پر شدن دانه آن‌ها طولانی تر شد. نتایج تحقیقات انجام شده توسط آستین (Austin, 1989) نیز نشان داد که وجود ذخائر بیشتر آسیمیلات‌ها در ساقه و مصرف آن‌ها در دوره پر شدن دانه در شرایط خشکی آخر فصل از عوامل مهمی است که در ژنوتیپ‌های پابلند عملکرد دانه را به طور مثبت تحت تاثیر قرار می‌دهد.

پر شدن دانه در گندم به دو منبع اصلی کربن وابسته است. یکی از منابع اصلی فتوسنتز جاری است که در برگ‌ها و قسمت‌های توسعه یافته وسنبله قرار دارد و دومی کربوهیدرات‌های قابل انتقال و محلول در آب هستند که از ساقه به سمت دانه‌های در حال پر شدن حرکت می‌کنند (Ehdaie *et al.*, 2006). وقتی فتوسنتز جاری در برگ به علت عوامل محیطی به خصوص خشکی تحلیل می‌رود، پر شدن دانه به مقدار زیادی به کربوهیدرات‌های قابل انتقال وابسته می‌شود (Blum *et al.*, 1998؛ Kiniry, 1993). کمبود آب هم بر روی مقدار مواد ذخیره شده در ساقه و هم برروی مقدار انتقال آن تاثیر می‌گذارد. گیاهانی که در شرایط تنش آبی هستند مقدار ذخیره کربوهیدرات‌های کمتری در ساقه دارند (Ehdaie *et al.*, 2006).

آرائوس و همکاران (Araus *et al.*, 2003) گزارش کردند که تجمع ماده خشک در یک ژنوتیپ نشان‌دهنده کارایی مصرف آب در شرایط کمبود آب است، بنابراین تجمع ماده خشک بیشتر در بخش‌های زایشی در زمان گرده‌افشانی می‌تواند پارامتر محسوس و مناسبی برای گزینش در شرایط خشکی باشد. آرائوس و همکاران (۲۰۰۳) همچنین بین وزن ماده خشک موجود در ساقه و عملکرد دانه همبستگی مثبت و معنی‌دار را گزارش کرده و میزان وراثت‌پذیری خصوصی تخصیص مواد فتوسنتزی به ساقه را ۴۲ درصد به دست آوردند.

وزن نهایی دانه در سنبله از اجزای مهم عملکرد و متاثر از دو مولفه سرعت و مدت پر شدن دانه است. از این دو عامل برای تجزیه و تحلیل رشد دانه و نحوه تاثیر عوامل گیاهی و محیطی بر آن استفاده شده است (Ahmadi and Baker, 1999; Egli, 1999). تنش رطوبتی در طول پر شدن دانه ممکن است از طریق کاهش دوره پر شدن دانه (Brooks *et al.*, 1982) و یا سرعت پر شدن دانه (Brocklehurst *et al.*, 1978) عملکرد را

Archive of SID

www.SID.ir

کاهش دهد.

یکی از عوامل کاهش محصول دانه در سنبله گندم، وزن پایین دانه است. اثر وزن دانه بر عملکرد معمولاً مثبت است. ولی همانند دو جزء دیگر عملکرد به تنهایی نقش اساسی در تعیین عملکرد دانه ندارد (Hockett and Nilan, 1985). نتایج برخی از پژوهش‌های انجام شده نشان می‌دهد که معمولاً با افزایش سرعت پر شدن دانه عملکرد کاهش می‌یابد (Ahmadi *et al.*, 2006؛ Ahmadi and Baker, 2001). فردریک (Frederick, 1997) در مقایسه ژنوتیپ‌های گندم ارتباط ضعیفی بین سرعت رشد دانه و عملکرد گندم پیدا کرد. وزن هزار دانه به سرعت و دوام پر شدن دانه بستگی دارد، بنابراین هر عاملی که سرعت و دوام پر شدن دانه را تقلیل دهد، کاهش وزن دانه را نیز در پی خواهد داشت (Johnson *et al.*, 1981؛ Kanemasu and Hiebsch, 1975). نتایج آزمایش‌های مزرعه‌ای، در شرایط آبی و تنش خشکی نشان داد که در شرایط خشکی انتهای فصل، ارقام پابلند بومی نسبت به ارقام پاکوتاه و نیمه پاکوتاه گندم از ثبات عملکرد دانه بهتر برخوردار بودند هر چند که ظرفیت عملکرد آن‌ها کمتر بود (Ehdaie and Waines, 1989). تجمع مواد فتوسنتزی و قدرت نگهداری در ساقه بستگی زیادی به شرایط رشد قبل از گلدهی دارد (Ehdaie *et al.*, 2006). جنت (Gent, 1994) با یک بررسی سه ساله نشان داد که تنفس کانوپی و تجمع مواد خشک در دانه تقریباً برابر با منابع فتوسنتزکننده و در مراحل آخر پر شدن دانه بیشتر از فتوسنتز کانوپی بود. تجمع کربوهیدرات‌ها و توانایی ذخیره آن‌ها در ساقه بستگی به شرایط رشد در مرحله قبل از گلدهی دارد. پالتا و همکاران (Palta *et al.*, 1994) گزارش کردند که با فزایش شدت تنش خشکی و کاهش آب مورد نیاز برای فعالیت‌های جاری، میزان ذخیره اسیمیلات‌ها ۲۴ درصد نسبت به زمانی که شدت تنش ملایم بود کاهش داشت. هدف از اجرای تحقیق مطالعه روند تجمع مواد فتوسنتزی در دانه جمعیت لاین‌های نوترکیب گندم حاصل از تلاقی رقم آذر۲ و 291 87Zhong به منظور گزینش لاین‌هائی با خصوصیات رشد دانه مطلوب در شرایط تنش خشکی، و با عملکرد قابل قبول بود.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال زراعی ۸۶-۱۳۸۵ در ایستگاه تحقیقات کشاورزی دیم مراغه انجام شد. ایستگاه تحقیقات کشاورزی دیم مراغه در ۳۰ کیلومتری شرق مراغه و با ارتفاع ۱۷۵۰ متر از سطح دریا با طول جغرافیایی ۴۶ درجه و ۱۷ دقیقه و عرض جغرافیایی۳۷ درجه و ۱۵ دقیقه واقع است. مزرعه آزمایشی در سال قبل به صورت آیش بود. بافت خاک آن در عمق ۲۰-۰ سانتی‌متری لومی‌رسی با pH = ۷/۸

Archive of SID

www.SID.ir

و ۰/۳۷ = EC میکروموس بر سانتی‌متر گزارش شده است (Feizi Asl *et al*., 2004).

در این تحقیق از ۱۴۲ لاین اینبرد نوترکیب حاصل از تلاقی گندم رقم آذر۲ و 87Zhong 291 در نسل F8 ، به همراه والدین نتاج و رقم سرداری به عنوان شاهد استفاده شد.

آزمایش در ۱۲ مهر سال ۱۳۸۵ کشت شد. میزان ۱۲۰ کیلوگرم کود اوره در هکتار و ۴۰ کیلوگرم سوپرفسفات آمونیوم در زمان کاشت به صورت جایگذاری مصرف شد (Feizi Asl *et al*., 2004). تراکم بذر بر اساس ۳۵۰ دانه در مترمربع براساس وزن هزار دانه ژنوتیپ‌ها تعیین شد. هر کرت آزمایشی شامل شش خط چهارونیم متری با فاصله خطوط ۲۰ سانتی‌متر بود. در این بررسی ۱۴۲ لاین اینبرد نوترکیب به همراه دو والد در قالب طرح لاتیس مربع بر پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در دو شرایط تنش خشکی و آبیاری تکمیلی کاشته شدند. رقم سرداری به عنوان یک شاهد به انتهای هر تکرار اضافه شد. در آزمایش آبیاری تکمیلی در زمان کاشت به مقدار ۴۰ میلی‌متر برای سبز شدن بذر ژنوتیپ‌ها و در زمان ظهور سنبله نیز به میزان ۳۰ میلی‌متر آبیاری انجام شد. کل مقدار آبی مصرفی در آزمایش آبیاری تکمیلی ۴۵۰ میلی‌متر (۷۰ میلی‌متر آبیاری +۳۸۰ میلی‌متر باران) بود. در آزمایش مربوط به تنش خشکی، ژنوتیپ‌های گندم از مرحله شروع ساقه‌دهی به وسیله حفاظ مصنوعی (Rain shelter) از بارش باران روی آزمایش جلوگیری به عمل آمد و در نهایت ۳۲۰ میلی‌متر باران دریافت کردند.

در طول فصل زراعی صفات ارتفاع بوته، تعداد روز تا ظهور سنبله، گرده‌افشانی و رسیدگی فیزیولوژیکی، طول سنبله، تعداد سنبلچه در سنبله، وزن تر سنبله، وزن خشک سنبله، تعداد دانه در سنبله، وزن دانه در سنبله، میانگین وزن تک دانه، روند تجمع مواد فتوسنتزی در دانه، وزن هزاردانه و عملکرد دانه مورد مطالعه قرار گرفتند.

برای تعیین روند تجمع مواد فتوسنتزی در دانه، نمونه‌گیری به شرح زیر انجام شد:

در زمان ظهور سنبله‌ها تعداد ۵۰ – ۴۰ سنبله از سنبله‌های اصلی شناسایی و با استفاده از روبان رنگی علامت‌گذاری شدند. یک هفته بعد از گرده‌افشانی، تعداد ۴ سنبله علامت‌گذاری شده از هر لاین در دو تکرار از ساقه جدا و پس از اندازه‌گیری وزن تر سنبله، طول سنبله و تعداد سنبلچه در سنبله، وزن خشک سنبله (در آون در دمای ۷۰ درجه به مدت ۴۸ ساعت) تعداد دانه و وزن خشک دانه شمارش و توزین شدند. این کار یک هفته بعد از گرده‌افشانی و هر هفت روز یک بار و در مجموع در چهار مرحله تکرار شد.

تجزیه واریانس داده‌ها بر اساس مدل آماری طرح لاتیس مربع انجام شد ولی به دلیل پایین بودن سودمندی طرح لاتیس، تجزیه آماری برپایه بلوک‌های کامل تصادفی انجام (Ehdaie, 2007) و مقایسه میانگین صفات با

Archive of SID

www.SID.ir

استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد. برای محاسبات آماری و رسم نمودارها از نرم‌افزارهای Genstat 10th Edition و SPSS9.0 و Excel استفاده شد.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که از نظر صفات تعداد روز تا ظهور سنبله، تعداد روز تا گرده‌افشانی، طول دوره پرشدن دانه، تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیکی، سرعت پر شدن دانه، وزن هزار دانه و عملکرد دانه بین ژنوتیپ‌های گندم در شرایط تنش خشکی و آبیاری تکمیلی تفاوت معنی‌دار وجود داشت (جدول‌های ۱و۲).

تنوع ژنتیکی بالایی برای عملکرد دانه ژنوتیپ‌های گندم در شرایط تنش خشکی وجود داشت. کمترین عملکرد دانه از لاین‌های شماره ۱۴۲، ۱۳۳ و ۱۲۸ به ترتیب با ۲۷۲، ۲۷۴/۵ و ۲۹۱/۰۷ کیلوگرم در هکتار و بیشترین عملکرد دانه از لاین‌های شماره ۹۷، ۹۹، ۱، ۷۹، ۹۵ و ۱۰۶ به ترتیب با ۱۹۳۶/۷، ۱۹۳۴/۸، ۱۴۵۳/۵، ۱۴۰۷/۱ و ۱۴۰۱/۳ کیلوگرم در هکتار به دست آمد. میانگین عملکرد دانه والدین جمعیت در شرایط تنش خشکی ۹۱۵ کیلوگرم در هکتار بود. در آزمایش آبیاری تکمیلی لاین‌های شماره ۱۷ و ۲۶ به ترتیب با ۳۸۰۵/۴ و ۳۸۰۴/۹ کیلوگرم در هکتار بالاترین عملکرد دانه را داشتند. در آزمایش آبیاری تکمیلی میانگین عملکرد دانه والدین جمعیت ۲۷۳۲ کیلوگرم در هکتار بود و دو لاین برتر (شماره ۱۷ و ۲۶) حدود یک تن بیشتر از والدین، عملکرد دانه در شرایط آبیاری تکمیلی تولید کردند.

بر اساس نتایج تجزیه واریانس داده‌ها برای چهار سری نمونه‌برداری، بین مراحل نمونه‌برداری از نظر صفات وزن خشک سنبله، طول سنبله، تعداد دانه، وزن دانه در سنبله و وزن تک دانه تفاوت معنی‌دار وجود داشت. صفت تعداد سنبلچه در سنبله در مراحل مختلف نمونه‌برداری معنی‌دار نبود. ژنوتیپ‌های مورد مطالعه از نظر کلیه صفات مربوط به اجزاء سنبله تفاوت معنی‌دار داشتند که نشان‌دهنده وجود تنوع ژنتیکی قابل ملاحظه در بین جمعیت مورد مطالعه برای صفات فوق‌الذکر بود. اثر متقابل زمان نمونه‌برداری × لاین برای صفات تعداد سنبلچه در سنبله و تعداد دانه در سنبله غیر معنی‌دار و برای صفات وزن خشک سنبله، طول سنبله، وزن دانه در سنبله و وزن تک دانه معنی‌دار بود (جدول ۳). معنی‌دار شدن اثر متقابل زمان نمونه‌برداری × لاین برای صفات وزن خشک سنبله، وزن دانه در سنبله و وزن تک دانه نشان‌دهنده عکس‌العمل متفاوت لاین‌ها برای انباشت مواد فتوسنتزی در دانه در طی مراحل نمونه‌برداری بود.

نتایج نشان داد که وزن تک دانه در هفته اول، دوم، سوم و چهارم نمونه‌برداری به ترتیب ۴، ۱۲، ۳۰ و ۳۴ میلی‌گرم بود و تفاوت

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۱- تجزیه واریانس خصوصیات مورفوفیزیولوژیکی ژنوتیپ های گندم در شرایط تنش خشکی

Table 1. Analysis of variance for morphophysiological characteristics of bread wheat genotypes under drought condition

	درجه آزادی	میانگین مربعات M.S						
	df.	عملکرد دانه	وزن هزاردانه	دوره پرشدن	روز تا رسیدگی فیزیولوژیکی	روز تا گرده‌افشانی	روز تا سنبله‌دهی	سرعت پرشدن دانه
S.O.V.		GY	TKW	GFP	DPM	DANT	DHE	B
Replication	2	6237521^{ns}	5.02^{ns}	2.28^{ns}	6.66^{ns}	5.40^{ns}	5.84^{ns}	0.0010^{ns}
Genotype	144	337811**	42.06^{ns}	3.61*	6.27*	8.78**	7.79**	0.00120*
Error	288	111542	8.63	2.01	3.25	2.56	2.36	0.00027
C.V. %		24.57	9.66	3 .97	0.68	0.68	0.67	15

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

ns, * and **: Not significant, significant at the 5% and 1% probability levels, respectively.
GY: Grain Yield; TKW: Thousand Kernel Weight; GFP: Grain Filling Period; DPM: Days to Physiological Maturity; DANT: Days to Anthesis; DHE: Days to Heading; B: Grain Filling Rate.

جدول ۲- تجزیه واریانس صفات مورفوفیزیولوژیک ژنوتیپ‌های گندم در شرایط آبیاری تکمیلی

Table 2. Analysis of variance for morphophysiological characteristics of bread wheat genotypes under supplementary irrigated condition

	درجه آزادی	میانگین مربعات M.S						
	df.	سرعت پرشدن دانه	روز تا سنبله‌دهی	روز تا گرده‌افشانی	روز تا رسیدگی فیزیولوژیکی	دوره پرشدن	وزن هزاردانه	عملکرد دانه
S.O.V.		B	DHE	DANT	DPM	GFP	TKW	GY
Replication	2	0.039^{ns}	257.7**	139.71^{ns}	27.15^{ns}	224.31**	207.76**	1802893^{ns}
Genotype	144	0.282**	10.2**	8.99**	8.48**	6.98**	39.84**	759971**
Error	288	0.014	3.8	2.63	4.39	3.50	8.18	547001
C.V. %		10.330	0.8	0.66	0.76	5.19	8.50	25

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

ns, * and **: Not significant, significant at the 5% and 1% probability levels, respectively.
GY: Grain Yield; TKW: Thousand Kernel Weight; GFP: Grain Filling Period; DPM: Days to Physiological Maturity; DANT: Days to Anthesis; DHE: Days to Heading; B: Grain Filling Rate.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۳- تجزیه واریانس صفات مربوط به اجزای سنبله و روند پر شدن دانه در شرایط تنش خشکی
Table 3. Analysis of variance for spike components and trend of grain filling at different sampling times under drought condition

S.O.V.	درجه آزادی df.	میانگین مربعات M.S					
		وزن تک دانه SGW	وزن دانه در سنبله GWS	تعداد دانه در سنبله GNS	تعداد سنبلچه در سنبله SNS	طول سنبله SL	وزن خشک سنبله DSW
Date of Sampling (D)	3	0.05900**	229.76**	20031.60*	52.45^{ns}	21.51**	267.33**
Error 1	4	0.00046	1.43	1674.89	24.79	1.99	2.34
Line (L)	144	0.00117**	0.45**	858.55**	22.59**	3.76**	0.91**
L × D	432	0.00001**	0.15**	155.37^{ns}	1.84^{ns}	0.89*	0.24*
Error 2	576	0.00013	0.10	151.53	2.37	1.14	0.19
C. V. (%)		19.05	27.80	22.82	11.83	16.57	24.21

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

ns, * and **: Not significant, significant at the 5% and 1% probability levels, respectively.
SGW: Single Grain Weight; GWS: Grain Weight per Spike; GNS: Grain Number per Spike; SNS: Spikelet Number per Spike; SL: Spike Length; DSW: Dry Spike Weight.

معنی‌داری بین زمان‌های نمونه‌برداری برای وزن تک دانه وجود داشت. تفاوت هفته سوم با چهارم معنی‌دار نبود. وزن دانه‌ها در سنبله در هفته اول، دوم، سوم و چهارم نمونه‌برداری به ترتیب ۱۷۰، ۶۰۵، ۱۷۸۰ و ۱۹۹۱ میلی‌گرم بود و تفاوت معنی‌داری بین زمان‌های نمونه‌برداری در سه هفته اول بعد از گرده‌افشانی داشت. از نظر این صفت نیز تفاوت هفته سوم با چهارم معنی‌دار نبود. روند افزایش وزن خشک سنبله نیز نشان داد که این روند افزایش در هفته‌های اول، دوم و سوم بیشتر بود ولی افزایش وزن در طی هفته سوم با هفته چهارم تفاوت معنی‌داری نداشت. روند افزایش وزن دانه در سنبله مشابه روند وزن تک دانه و وزن خشک سنبله بود (جدول ۴). تعداد دانه در سنبله بین مراحل نمونه‌برداری به غیر از هفته اول تفاوت معنی‌دار نداشت.

بررسی روند پر شدن دانه‌ها در شرایط تنش خشکی نشان داد که در ژنوتیپ‌ها درصد ماده خشک تشکیل‌دهنده دانه در هفته‌های اول تا چهارم به ترتیب ۱۰/۶ ، ۲۴/۹، ۵۲/۶ و ۱۱/۹ درصد بود (جدول ۵). بر اساس نتایج حاصل، بیش از ۸۸ درصد از ماده خشک دانه در شرایط تنش در سه هفته اول بعد از گرده‌افشانی تجمع یافته بود. بیشترین مقدار تجمع ماده خشک در دانه در طی هفته سوم و سپس در هفته دوم اتفاق افتاد. تجمع ماده خشک در یک ژنوتیپ نشان‌دهنده کارایی مصرف آب در شرایط کمبود آب است (Araus *et al.*, 2003). ولی مهم‌تر از آن اختصاص ماده خشک به بخش‌های اقتصادی گیاه است که منجر به شاخص برداشت بالاتر می‌شود. بنابراین تجمع ماده خشک بالاتر به بخش‌های زایشی در زمان گرده‌افشانی می‌تواند معیار محسوس و مناسبی برای گزینش در شرایط خشکی باشد.

پژوهشگران گزارش کرده‌اند که در مرحله

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۴ - میانگین صفات مربوط به اجزای سنبله و روند پر شدن دانه در شرایط تنش خشکی در زمان‌های متفاوت نمونه‌برداری

Table 4. Means of spike components and grain assimilate accumulation trend at different sampling times under drought condition

Sampling time	وزن تک دانه SGW	وزن دانه در سنبله GWS	تعداد دانه در سنبله GNS	تعداد سنبلچه در سنبله SNS	طول سنبله SL	وزن خشک سنبله DSW
1st. week following anthesis	4c	170c	42.8b	12.9a	6.2b	820c
2nd. week following anthesis	12b	605b	52.5a	12.5a	6.2b	1233b
3rd. week following anthesis	30a	1780a	60.9a	13.4a	6.7a	2582a
4th. week following anthesis	34a	1991a	59.5a	13.2a	6.7a	2727a

Means in each column, followed by similar letters are not significantly different at the 5% probability level using LSD.
SGW: Single Grain Weight; GWS: Grain Weight per Spike; GNS: Grain Number per Spike; SNS: Spikelet Number per Spike; SL: Spike Length; DSW: Spike Dry Weight.

جدول۵- تجمع مواد فتوسنتزی در دانه در شرایط تنش خشکی

Table 5. Assimilate accumulation in grain under drought condition

Sampling time	ضریب همبستگی وزن دانه با سرعت پرشدن دانه Correlation coefficient GW with grain filling rate	درصد تجمعی مواد خشک در دانه Accumulation (%)	درصد مواد تجمع یافته در دانه Assimilate Accumulation(%)
1st week following anthesis	$r = 0.76^{**}$	10.7	10.6
2nd week following anthesis	$r = 0.48^{*}$	35.5	24.9
3rd week following anthesis	$r = 0.37^{**}$	88.1	52.6
4th week following anthesis	$r = 0.23^{**}$	100	11.9

* و **: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد.
* and **: Significant at the 5% and 1% probability levels, respectively.

رشد خطی، سرعت رشد دانه ثابت بوده و در بالاترین مقدار خود قرار دارد و قسمت اعظم وزن دانه در مرحله خطی تشکیل می‌شود (Vnsan Ford, 1985). در زمان پر شدن دانه، تنش خشکی ازطریق تقلیل فتوسنتز باعث کاهش عملکرد دانه می‌شود، بنابراین نیاز مقصد برای پر شدن دانه از طریق انتقال مجدد مواد فتوسنتزی ذخیره شده تامین می‌شود (Clark *et al.*, 1983). فردریک (Frederick, 1977) در مقایسه ژنوتیپ‌های گندم ارتباط ضعیفی بین سرعت رشد دانه و عملکرد گندم پیدا کرد. نتایج برخی از پژوهش‌ها حاکی از ارتباط معکوسی بین سرعت رشد دانه و طول مدت پر شدن آن است (Ehdaie, 2007).

اصلاح برای استفاده بیشتر از ذخیره‌های ساقه

Archive of SID

www.SID.ir

و فتوسنتز جاری در پر کردن دانه یکی از مهم‌ترین اهداف به‌نژادی گندم در مناطق با تنش‌های محیطی و غیرمحیطی که در طول دوره پر شدن دانه اتفاق می‌افتند محسوب می‌شود. بررسی رابطه سرعت پرشدن دانه با وزن دانه در مراحل مختلف نمونه‌برداری نشان داد که بیشترین همبستگی بین افزایش وزن دانه با سرعت پرشدن دانه در هفته اول و سپس در هفته دوم بعد از گرده‌افشانی وجود داشت به طوری که این همبستگی در هفته اول و دوم به ترتیب ($r = ۰/۷۶^{**}$) و ($r = ۰/۴۸^{*}$) بود ولی همبستگی وزن دانه (تجمع مواد فتوسنتزی) و سرعت پرشدن دانه در هفته آخر (هفته چهارم نمونه‌برداری) کم بود (جدول ۵). نتایج مذکور نشان‌دهنده اهمیت تجمع ماده خشک دانه (سرعت پرشدن) در شرایط تنش خشکی در هفته‌های اول بعد از گرده‌افشانی است و با گذشت زمان این رابطه ضعیف می‌شود. شاید یکی از مهم‌ترین عوامل موثر در کاهش سرعت پرشدن دانه در هفته‌های آخر مربوط به افزایش شدت خشکی، کاهش رطوبت قابل دسترس در خاک برای ادامه فعالیت‌های جاری گیاه و به ویژه افزایش دما باشد. در گندم سرعت و مدت پر شدن دانه از عوامل مهم در تعیین عملکرد در شرایط تنش خشکی وگرما است. در مناطقی که دوره پر شدن دانه با افزایش ناگهانی دما مواجه می‌شود، منجر به افت عملکرد می‌شود. در این شرایط اُفت عملکرد قابل توجه است. نتایج برخی از پژوهش‌های انجام شده نشان می‌دهد که معمولاً با افزایش سرعت پر شدن دانه عملکرد کاهش می‌یابد (Ahmadi and Baker, 2001؛Ahmadi *et al*., 2005). بر اساس نتایج تحقیقات اگلی (Egli, 1999) بیشترین مقدار افزایش وزن خشک دانه مصادف با مرحله رشد خطی دانه است. در این مرحله رشد سریع و حدود ۹۰٪ بر وزن نهایی دانه انباشته می‌شود. نتایج پژوهش حاضر نشان داد که بیشترین مقدار افزایش وزن خشک دانه به ترتیب در هفته سوم و سپس در هفته دوم اتفاق افتاد و کاملا در راستای تایید نتایج Egli (1999) است.

زودرسی از جمله صفاتی است که می‌تواند باعث فرار گیاه زراعی از خشکی شود (Blum, 1988). برای بررسی رابطه بین زمان ظهور سنبله و روند تغییرات وزن هزار دانه و سایر صفات دیگر، لاین‌ها به به سه گروه مختلف از نظر این صفت تقسیم شدند. گروه لاین‌های زودرس (۲۳۰- ۲۲۷روز تا ظهور سنبله) دارای بیشترین مقدار عملکرد دانه (۱۱۳۹ کیلوگرم در هکتار)، وزن هزاردانه (۳۲ گرم)، ارتفاع بوته (۶۶ سانتی‌متر)، طول دوره پرشدن دانه (۳۶ روز) و کمترین زمان برای ظهور سنبله و گرده افشانی را نسبت به گروه‌های متوسط‌رس و دیررس داشتند. گروه متوسط‌رس و دیررس به ترتیب ۲۰۳ و ۳۶۳ کیلوگرم در هکتار عملکرد دانه کمتری نسبت به گروه زودرس داشتند. کاهش وزن هزار دانه در این دو گروه نسبت به گروه زودرس به ترتیب ۲ و ۸

Archive of SID

www.SID.ir

گرم بود ولی میزان تفاوت در گروه دیررس بسیار زیاد بود. بر اساس نتایج حاصل با تاخیر در زمان ظهور سنبله، عملکرد دانه، ارتفاع بوته، وزن هزاردانه کاهش ولی مقادیر صفات تعداد روز تا گرده‌افشانی و رسیدگی فیزیولوژیکی افزایش یافت (جدول ۶). در این پژوهش به طور میانگین به ازای هر یک روز تاخیر در ظهور سنبله، ۶۹/۸ کیلوگرم در هکتار از عملکرد دانه لاین‌ها کاسته شد و این کاهش با تاخیر در ظهور سنبله در گروه لاین‌های بسیار دیررس به ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار در روز رسید. در بسیاری از مطالعات به اهمیت این صفت در گزینش ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی برای تولید عملکرد بالا در شرایط تنش خشکی اشاره شده است (Blum, 1988؛ Fischer and Maurer, 1978). لاین‌های زودرس نسبت به لاین‌های دیر رس ۸ سانتی‌متر ارتفاع بوته بیشتری داشتند (جدول ۶). صفت زودرسی به گیاه توانایی تولید محصول را قبل از بروز خشکی می‌دهد. متوسط عملکرد ژنوتیپ‌های زودرس در شرایط تنش آبی توسط فیزیولوژیست‌ها، به طور گسترده مورد مطالعه قرار گرفته و اکثر مطالعات انجام شده حاکی از آن است که ژنوتیپ‌های زودرس به شرایط خشک سازگارتر هستند (Blum,1988).با توجه به این که صفات تعداد روز تا ظهور سنبله و گرده‌افشانی از صفات مهم و موثر بر عملکرد دانه در شرایط دیم محسوب می‌شوند، بنابراین اهمیت گزینش ژنوتیپ‌های زودرس در شرایط تنش خشکی برای برخورداری از عملکرد بیشتر در شرایط دیم مورد تاکید قرار می‌گیرد.

بررسی تنوع ژنتیکی در درون گروه‌های تقسیم بندی شده نشان داد که در گروه زودرس حداقل و حداکثر عملکرد دانه به ترتیب ۸۵۸ و ۱۹۳۴ کیلوگرم در هکتار و این مقدار در گروه‌های متوسطرس و دیررس به ترتیب ۲۹۱ ، ۱۹۳۷ و ۲۷۲ ، ۱۲۵۴ کیلوگرم در هکتار بود. نکته قابل اهمیت این‌که در گروه زودرس بیش از ۸۵ درصد از لاین‌ها داری عملکرد دانه بیش از یک تن در هکتار بودند ولی این مقدار در گروه‌های دیگر به ترتیب ۴۸ و ۳۱ درصد بود. به عبارت دیگر اکثر لاین‌ها در گروه زودرس نسبت به دو گروه دیگر دارای عملکرد دانه بیشتری بودند. دامنه تغییر برای وزن هزار دانه در گروه‌های زود رس، متوسطرس و دیررس به ترتیب ۹، ۱۷ و ۱۳ گرم بوده و بالاترین وزن هزار دانه به گروه زودرس تعلق داشت. برای ارتفاع بوته نیز تنوع ژنتیکی قابل ملاحظه‌ای در درون گروه‌ها وجود داشت، به طوری که دامنه تغییرات برای ارتفاع بوته در درون سه گروه فوق به ترتیب ۲۱، ۲۳ و ۲۴ سانتی‌متر بود (جدول ۷).

در گروه لاین‌های زودرس انباشت مواد فتوسنتزی (حاصل از فتوسنتز جاری و انتقال مجدد) تقریباً در سه هفته اول بعد از گرده‌افشانی خاتمه یافت ولی در لاین‌های متوسطرس و دیررس در هفته چهارم نیز انباشت مواد وجود داشت (جدول ۸). لاین‌های زودرس در هفته

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۶- میانگین خصوصیات زراعی جمعیت براساس صفت ظهور سنبله در تنش خشکی

Table 6 . Mean of agronomic traits in genotypic groups based on Date to heading under drought stress

DHE	DANT (days)	DPM (days)	GFP (days)	GY ($kgha^{-1}$)	PH (cm)	TGW (g)	B (mg/day)
Early	223	266	36	1139	66	32	1.05
Medium	235	267	35	936	61	30	1.04
Late	237	268	35	776	58	24	1.05

GY: Grain Yield; TGW: Thousand Grain weight; GFP: Grain Filling Period; DPM: Days to Physiological Maturity; DANT: Days to Anthesis; DHE: Days to Heading; PH: Plant Height; B: Rate of assimilate accumulation in grain.

جدول ۷- دامنه تغییرات صفات مورد مطالعه در درون گروه‌ها براساس صفت ظهور سنبله در تنش خشکی

Table 7. Range of agronomic traits between groups based on date to heading under drought stress

DHE (days)	DANT (days)	DPM (days)	GFP (days)	GY ($kgha^{-1}$)	PH (cm)	TGW (g)	B (mg/day)
Early (227- 230)	232-234	264-267	35-37	858-1934	54-75	27-36	0.82-1.24
Medium (230-234)	233-237	264-270	34-37	291-1937	48-71	21-38	0.71-1.24
Late (234-236)	234-238	265-270	33-36	272-1254	48-72	20-33	0.94-1.23

GY: Grain Yield; TGW: Thousand Grain weight; GFP: Grain Filling Period; DPM: Days to Physiological Maturity; DANT: Days to Anthesis; DHE: Days to Heading; PH: Plant Height; B: Rate of assimilate accumulation in grain.

جدول ۸ – تجمع مواد فتوسنتزی در دانه ژنوتیپ‌های زودرس، متوسط و دیررس(میلی گرم در روز)

Table 8. Assimilate accumulation in grain in earliness, medium and late genotypes under drought condition (mg/day)

Groups	هفته اول 1st Week	هفته دوم 2nd Week	هفته سوم 3rd Week	هفته چهارم 4th Week
Early	6.0	10.2	20.0	1.0
Medium	3.6	7.5	17.5	4.0
Late	3.0	5.3	16.9	6.1

Archive of SID

www.SID.ir

اول به ترتیب ۱/۷ و ۲ برابر لاین‌های متوسط و دیررس انباشت مواد فتوسنتزی در دانه داشتند. که این میزان در هفته دوم نیز به ترتیب ۱/۳۶ و ۱/۹۲ برابر در گروه‌های مربوطه بود.

به دلیل بالا بودن میزان انباشت مواد فتوسنتزی در دانه گروه لاین‌های زودرس، این گروه از ژنوتیپ‌ها توانایی تحمل بیشتر به تنش خشکی را دارا بودند و به دلیل دارا بودن برخی از مکانیزم تحمل به خشکی، بیشترین وزن هزار دانه را در بین سه گروه داشتند. اختلاف متوسط وزن هزار دانه لاین‌های زودرس با گروه‌های متوسط و دیررس به ترتیب ۲ و ۸ گرم بود که نشان‌دهنده اهمیت تجمع سریع مواد فتوسنتزی در دانه برای تولید محصول قابل قبول در تنش خشکی است. محققین زیادی عقیده دارند که تنش خشکی در مرحله گرده‌افشانی و مراحل پس از آن علاوه بر کاهش مستقیم فتوسنتز، از طریق کاهش صدور مواد از برگ، فعالیت منبع را تحت تأثیر قرار می‌دهد. در شرایط تنش خشکی افزایش فعالیت اینورتازهای واکوئلی در برگ باعث کاهش غلظت ساکارز و نشاسته و از طرف دیگر افزایش غلظت هگزوزها می‌شود، که این امر در نهایت باعث کاهش صادرات از برگ و همچنین از طریق انتقال معکوس باعث کاهش فتوسنتز می‌شود. البته تجمع هگزوزها در شرایط ذکر شده خود درجهت تنظیم اسمزی و مقابله با تنش است. از طرف دیگر وقوع تنش خشکی فعالیت اینورتازها را در مخزن نیز کاهش می‌دهد. به طور کلی تنش خشکی محدودیت‌های منبع و مخزن را افزایش می‌دهد (Hurkman *et al.*, 2003؛ Liu *et al.*, 2004؛ Ahmadi and Baker, 2001).

رابطه وزن هزار دانه با میزان تجمع اسیمیلات‌های فتوسنتزی در هفته اول بعد از گرده‌افشانی در پژوهش اخیر معنی‌دار بود (جدول ۵) که ناشی از وجود مکانیزم‌های بین منبع و مقصد جهت استفاده از مواد فتوسنتزی در دانه‌ی این گروه از لاین‌ها است، به عبارت دیگر کارایی مصرف آب در این گروه از ژنوتیپ‌ها در تنش خشکی بسیار بالاست. استفاده از ارقامی که آب قابل دسترس را با کارایی بیشتر مصرف کرده و قادر به تحمل خشکی باشند یک هدف عمده برای افزایش تولید در محیط‌های خشکی است. وجود ارقام با توان انتقال مجدد بالا در زمان بروز تنش خشکی خصوصاً در مرحله پر شدن دانه و شناسایی سازوکار آن‌ها، علاوه بر را فراهم آوردن مولفه مناسب اصلاح هدفمند و دقیق لاین‌های متحمل، این احتمال را فراهم می‌آورد که بدون افزایش میزان آب مصرفی بتوان عملکرد گندم را در شرایط تنش خشکی افزایش داد (Ehdaie *et al.*, 2006).

روند انباشت ماده خشک در دانه لاین‌های نوترکیب در تنش خشکی نشان داد که میزان تجمع ماده خشک در دانه گروه زودرس در طی هفته‌های اول، دوم و سوم به ترتیب ۶، ۱۰/۲ و ۲۰ میلی‌گرم در روز بود. انباشت ماده خشک در دانه لاین‌های زودرس در هفته اول دو برابر گروه‌های متوسط‌رس و دیررس بود، همچنین

Archive of SID

www.SID.ir

در گروه زودرس مقدار انباشت در طی هفته‌های دوم و سوم نیز بیشتر از سایر گروه‌ها بود و در سه هفته اول بعد از گرده‌افشانی تجمع مواد در دانه تقریباً خاتمه یافت (جدول ۸).

تجزیه مرکب داده‌ها (برای چهار سری نمونه‌برداری) همچنین نشان داد که صفات طول سنبله و تعداد سنبلچه در سنبله در مراحل نمونه‌برداری معنی‌دار نبوده، ولی صفات وزن خشک سنبله، وزن دانه در سنبله و وزن تک دانه معنی‌دار بودند. ژنوتیپ‌های مورد مطالعه از نظر کلیه صفات مربوط به اجزاء سنبله تفاوت معنی‌داری نشان دادند. اثر متقابل زمان نمونه‌برداری × لاین فقط برای صفت وزن تک دانه معنی‌دار بود (جدول ۹).

میزان انباشت ماده خشک در دانه ژنوتیپ‌های زودرس در هفته اول بیشتر از دیررس بود ولی گروه دیررس در هفته آخر میزان انباشت مواد بیش از دو برابر گروه زودرس داشتند (جدول ۱۰). انباشت مواد خشک در دانه ژنوتیپ‌های زود گرده‌افشان در آبیاری تکمیلی در طی هفته‌های اول و دوم ۱/۴۷ و ۱/۱۵ برابر ژنوتیپ‌های دیر گرده‌افشان بود، ولی در هفته سوم تفاوتی بین گروه‌های زود و دیر گرده‌افشان مشاهده نشد. اما انباشت مواد خشک در دانه گروه دیررس در هفته چهارم نسبت به زودرس‌ها ۲/۱۸ برابر بیشتر بود. در مجموع در سه هفته اول از گرده‌افشانی ژنوتیپ‌های گروه زودرس ۸/۱۲ درصد بیشتر از ژنوتیپ‌های دیررس انباشت مواد فتوسنتزی در دانه‌ها داشتند.

وزن تک دانه در آبیاری تکمیلی در هفته‌های اول، دوم، سوم و چهارم نمونه‌برداری به ترتیب ۳، ۱۱، ۳۰ و ۳۶ میلی‌گرم بود که از نظر آماری تفاوت معنی‌دار در بین آن‌ها وجود داشت. وزن دانه در سنبله نیز در هفته‌های اول، دوم، سوم و چهارم تفاوت معنی‌داری با هم داشتند و بیشترین افزایش وزن مربوط به هفته چهارم با ۲/۶۰۷ گرم بود. از نظر صفات طول سنبله و تعداد سنبلچه در سنبله در مراحل مختلف اجرای آزمایش تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۱۱).

در مجموع نتایج نشان داد که میانگین عملکرد دانه ژنوتیپ‌ها در شرایط تنش و آبیاری تکمیلی به ترتیب ۹۲۸ و ۲۵۴۷ کیلوگرم در هکتار بود. انجام آبیاری تکمیلی به میزان ۷۰ میلی‌متر (در زمان‌های کاشت و ظهور سنبله) باعث افزایش ۱۹۱۶ کیلوگرم در هکتار عملکرد دانه در لاین‌های مورد مطالعه شد که به ازای هر یک میلی‌متر آبیاری در پژوهش حاصر ۲۳ کیلوگرم به میانگین عملکرد دانه لاین‌ها اضافه شد. روند انباشت مواد فتوسنتزی در دانه لاین‌های نوترکیب تحت تنش خشکی نشان داد بیش از ۸۸ درصد از ماده خشک دانه در جمعیت در تنش خشکی در سه هفته اول بعد از گرده‌افشانی تجمع یافته بود. این مقدار در گروه لاین‌های زود رس و دیررس به ترتیب ۹۵ و ۸۵ درصد بود که اهمیت صفت زودرسی را برای پرکردن دانه در طی سه هفته اول بعد از

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۹- تجزیه واریانس مرکب اجزاء سنبله در مراحل مختلف نمونه برداری در شرایط آبیاری تکمیلی

Table 9. Combined analysis of variance for spike components and assimilate accumulation in grain at different sampling times under supplementary irrigation

S.O.V. منابع تغییرات	درجه آزادی df.	میانگین مربعات M.S				
		وزن تک دانه SGW	وزن دانه در سنبله GWS	تعداد دانه در سنبله GNS	تعداد سنبلچه در سنبله SNS	طول سنبله SL
Date of sampling (D)	3	0.0680000**	402.069**	46510.848**	37.986 ^{ns}	4.066 ^{ns}
Error 1	4	0.0002500	1.227	952.896	38.757	2.148
Line (L)	144	0.0000552**	0.281**	397.062**	26.473*	2.274**
L × D	432	0.0000115**	0.114 ^{ns}	161.524 ^{ns}	20.523 ^{ns}	0.610 ^{ns}
Error 2	576	0.0000103	0.116	163.102	21.623	0.682
C. V. (%)		15.66	23.270	18.890	30.550	10.650

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

ns, * and **: Not significant, significant at the 5% and 1% probability levels, respectively.
SGW: Single Grain Weight; GWS: Grain Weight per Spike; GNS: Grain Number per Spike; SNS: Spikelet Number per Spike; SL: Spike Length.

جدول ۱۰- میزان انباشت مواد خشک در دانه در گروه‌های زودرس و دیررس بر اساس زمان‌های مختلف نمونه‌برداری در آبیاری تکمیلی

Table 10. Means of assimilate accumulation in single grain in early and late genotypes at different sampling times under supplementary irrigation

Sampling time	ژنوتیپ های دیررس (Late genotypes)			ژنوتیپ های زودرس (Early Genotypes)		
	درصد تجمعی Accumulation (%)	درصد انباشت Assimilate accumulation (%)	میزان ماده خشک Dry matter(g)	میزان ماده خشک Dry matter(g)	درصد انباشت Assimilate accumulation (%)	درصد تجمعی Accumulation (%)
1st week following anthesis	9.40	9.40	0.003045	0.005214	13.81	13.81
2nd week following anthesis	33.00	23.60	0.007642	0.010214	27.06	40.87
3rd week following anthesis	85.35	52.35	0.016955	0.019857	52.60	93.47
4th week following anthesis	100.00	14.65	0.004746	0.002464	6.73	100.00

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۱۱- میانگین خصوصیات اجزاء سنبله و انباشت مواد خشک در مراحل مختلف نمونه‌برداری در شرایط آبیاری تکمیلی

Table 11. Means of spike component and assimilate accumulation in grain at different sampling times

مرحله نمونه برداری Sampling time	وزن تک دانه SGW (g)	وزن دانه در سنبله GWS	تعداد دانه در سنبله GNS	تعداد سنبلچه در سنبله SNS	طول سنبله SL (cm)
1st week following anthesis	0.003 d	0.16 d	49.06 b	15.63 a	7.60 a
2nd week following anthesis	0.011 c	0.80 c	70.87 a	14.85 a	7.73 a
3rd week following anthesis	0.030 b	2.28 b	77.09 a	15.41 a	7.82 a
4th week following anthesis	0.036 a	2.61 a	73.39 a	14.99 a	7.87 a

Means in each column, followed by similar letters are not significantly different at the 5% probability level using LSD.
SGW: Single Grain Weight; GWS: Grain Weight per Spike; GNS: Grain Number per Spike; SNS: Spikelet Number per Spike; SL: Spike Length.

گرده‌افشانی نشان می‌دهد. همچنین در لاین‌های زودرس کل ماده خشک دانه در سه هفته اول بعد از گرده‌افشانی تجمع یافته و نشان‌دهنده سرعت رشد بیشتر دانه در این گروه از ژنوتیپ‌ها بود. نتایج حاصل از این بخش کاملاً در راستای تایید تحقیقات Vnsan Ford (1985) است که اظهار داشت که در مرحله رشد خطی، سرعت رشد دانه ثابت بوده و در بالاترین مقدار خود قرار دارد و قسمت اعظم وزن دانه در مرحله خطی تشکیل می‌شود.

بر اساس نتایج به ازای هر روز تاخیر در زمان ظهور سنبله در تنش خشکی، به طور میانگین ۶۹ کیلوگرم در هکتار از عملکرد دانه ژنوتیپ‌ها کاسته شد. همبستگی بین افزایش وزن دانه با سرعت پرشدن دانه در شرایط تنش هفته اول و دوم به ترتیب ($r = ۰/۷۶^{**}$) و ($r = ۰/۴۸^{*}$) بود ولی همبستگی وزن دانه (تجمع مواد فتوسنتزی) و سرعت پرشدن دانه در هفته آخر (هفته چهارم نمونه‌برداری) ضعیف بود (جدول ۵). نتایج مذکور نشان‌دهنده اهمیت تجمع ماده خشک دانه (سرعت پرشدن) در شرایط تنش خشکی در هفته‌های اول بعد از گرده‌افشانی است. ژنوتیپ‌هائی که توانایی تولید محصول بیشتر در شرایط تنش خشکی را داشتند ویژگی‌هائی مانند زودرسی، ارتفاع بوته، وزن هزاردانه و سرعت انباشت بیشتر در هفته‌های اول بعد از گرده‌افشانی را نیز داشتند.

References

Ahmadi, A., and Baker, D. A. 1999. Effects of abscisic acid (ABA) on grain filling processes in wheat. Journal of Agricultural Science 136: 257- 269.

Archive of SID
www.SID.ir

Ahmadi, A., and Baker, D.A. 2001. The effect of water stress on grain filling processes in wheat. Journal of Agricultural Science 138: 257-269.

Ahmadi, A., Saeidi, M., and Jahansooz, M.R. 2006. The pattern of photoassimilate distribution and grain growth in bread wheat cultivars under water stress and non stress conditions. Iranian Journal of Agricultural Scienes 36: 1333-1344 (in Farsi).

Anonymous, 2006. Agricultural Crop Productions Statistical. Agronomy Deputy, Ministry of Jihad-e-Agriculture, Tehran, Iran (in Farsi).

Araus, J. L., Bort, J., Steduto, P., Villegas, D., and Royo, C. 2003. Breeding cereal for Mediterranean conditions: ecophysiological clues for biotechnology application. Annals of Applied Biology 142: 129-141.

Austin, R.B. 1989. Maximizing production in water limited environments. pp. 13-26. In*:* Baker, F.W.G. (ed.), Drought Resistance in Cereals. CAB International, London, UK.

Blum, A. 1988. Improving wheat grain filling under stress by stem reserve mobilization. Euphytica 100: 77-83.

Blum, A., Polyarkova, H., Golan, G., and Mayer, J.1983. Chemical desiccation of wheat plants as a simulator of post- anthesis stress: Effects on translocation and kernel growth. Field Crops Research 6: 51-58.

Blum, A., Sinmena, B., Mayer, J., and Golan, G. 1998. Stem reserve mobilization supports wheat grain filling under stress. Australian Journal of Plant Physiology 21: 771-781.

Brocklehurst, P. A., Moss, J. P., and Williams, W. 1978. Effect of irradiance and water supply on grain development in wheat. Annals of Applied Biology 90: 265-276.

Brooks, A., Jenner, C. F., and Aspinall, D. 1982. Effect of water deficit on endosperm starch granules and on grain physiology of wheat and barley. Australian Journal of Plant Physiology 4: 432-436.

Bruckner, P. L., and Frohberg, R. C. 1987. Rate and duration of grain filling in spring wheat. Crop Science 27: 451-455.

Clark, J. M., Smith, T. F., Ccaig, T. N. M., and Gerrn, D. G. 1983. Growth analysis of spring wheat cultivars of varying drought resistance. Crop Science 24: 537-541.

Archive of SID

www.SID.ir

Egli, D.B. 1999. Seed Biology and the Yield of Grain Crops. CBA International. UK. 149 pp.

Ehdaie, B., Alloush, G. A., Madore, M. A., and Waines, J. G. 2006. Genotypes variation for stem reserves and mobilization in wheat. I. Postanthesis changes in internod dry matter. Crop Science 46: 735-746.

Ehdaie, B. 2007. Plant Breeding. University of Tehran Press, Tehran, Iran. 589 pp. (in farsi).

Ehdaie, B., and Waines, Journal of Genetics and Breeding 1989. Adaptation of landrace and improved spring wheat genotypes to stress environments. J. Genet. Breed. 43: 151-156.

Feizi Aasl, V., Kasraei, R., Moghaddam, M., and Valizadeh,G. R. 2004. Investigation on uptake limitation and nutrient deficiency diagnosis at applied phosphorus and zinc fertilizers by different methods in Sardari wheat. Iranian Journal of Agricultural Science and Natural Resources 11 (3): 23-33.

Fischer, R. A., and Maurer, R. 1978. Drought resistance in spring wheat cultivars; grain yield response. Australian Journal of Agricultural Research 29: 897-912.

Frederick, J. R. 1997. Winter wheat leaf photosynthesis, stomatal conductance and leaf N concentration during reproductive development. Crop Science 37: 1819-1826.

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

Hockett, E. A., and Nilan, R. A. 1985. Genetics. pp. 233-258. In: Rasmusson, D. C. (ed). Barley. American Society of Agronomy, Madison, USA.

Hunt, L. A., Vander, P., and Parajasingham, S. 1991. Postanthesis temperature effects on duration and rate of grain filling in some winter and spring wheats. Canadian Journal of Plant Science 71: 609-617.

Hurkman, W. J., McCue, K. F., Altenbach, S. B., Korn, A., Tanaka, C. K., Kothari, K. M., Johnson, E. L., Bechtel, D. B., Wilson, J. D., and Anderson, O. D. 2003. Effect of temperature on expression of genes encoding enzymes for starch biosynthesis in developing wheat endosperm. Plant Science 164:873–881.

Archive of SID

www.SID.ir

Johnson, R. C., Witters, R. E., and Ciha, A. J. 1981. Daily patterns of apparent photosynthesis and evapotranspiration in developing winter wheat crop. Agronomy Journal 73: 414-418.

Kanemasu, E. T., and Hiebsch, C.K. 1975. Net carbon dioxide exchange of wheat, sorghum and soybeans. Canadian Journal of Botany 53: 382-389.

Kiniry, J. R. 1993. Nonstructural carbohydrates utilization by wheat shaded during grain growth. Agronomy Journal 85: 844-849.

Liu, H. P., Dong, B. H., Zhang, Y. Y., Liu, Z. P., and Liu, Y. L. 2004. Relationship between osmotic stress and the levels of free, conjugated and bound polyamines in leaves of wheat seedlings. Plant Science 166: 1261-1267.

Mitchell, J. H., Fukai, S., and Cooper, M. 1996. Influence of phenology grain yield variation among barley cultivars grown under terminal drought. Australian Journal of Agricultural Research 47: 757-774.

Moavenei, P., and Changizi, M. 2007. Plant Physiology under Drought and Salinity. Vol. 1. Islamic Azada University, Arak Branch Publications, Arak, Iran (in Farsi).

Najafi-Mirak, T. and Sheakhy Gorjani, A. 2005. Wheat Hand Book. Agricultural Publication Center Press, Karaj, Iran (in Farsi).

Palta, J. A., Kobata, T., Turner, N. C., and Fillery, I. R. 1994. Remobilization of carbon and nitrogen as influenced by postanthesis water deficits. Crop Science 34: 118-124.

Roustaii, M., Sadeghzadeh, D., Zadehassan, E., and Arshad, Y. 2002. Factor analysis for studying characteristic relations influencing grain yield of wheat in dryland. Agricultural Science Journal 3: 1-10.

Vnsan Ford, D. A. 1985. Variation in kernel growth characters among soft red winter wheats. Crop Science 25: 625-630.

Archive of SID

www.SID.ir