

اثر سطوح کود نیتروژن بر عملکرد دانه و صفات وابسته به رشد دانه ژنوتیپ‌های گندم در شرایط تنش گرمای پس از گرده‌افشانی

Effect of nitrogen fertilizer levels on grain yield and grain growth related traits of wheat genotypes under post-anthesis heat stress conditions

شهرام لک^۱ و عادل مدحج^۲

چکیده

لک، ش. و ع. مدحج. ۱۳۹۰. اثر سطوح کود نیتروژن بر عملکرد دانه و صفات وابسته به رشد دانه ژنوتیپ‌های گندم در شرایط تنش گرمای پس از گرده‌افشانی. مجله علوم زراعی ایران. ۱۳(۲): ۲۳۳-۲۱۹.

به منظور ارزیابی اثر مقادیر کود نیتروژن بر عملکرد دانه و روند رشد دانه ژنوتیپ‌های گندم در شرایط مطلوب و تنش گرمای پس از گرده‌افشانی، این تحقیق در دو سال زراعی ۱۳۸۵-۱۳۸۶ و ۱۳۸۷-۱۳۸۶ در مزرعه پژوهشی دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز اجرا شد. این پژوهش به صورت دو آزمایش مستقل، هر یک به صورت کرت‌های یک‌بار خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار صورت گرفت. آزمایش اول شامل کاشت ژنوتیپ‌ها در تاریخ کاشت توصیه شده (اول آذر ماه) بود و به منظور مصادف شدن مراحل فنولوژیکی رشد گیاه بعد از گرده‌افشانی با تنش گرمای پایان فصل، تاریخ کاشت ژنوتیپ‌ها در آزمایش دیگر در اول بهمن ماه در نظر گرفته شد. در هر آزمایش، سه سطح کود نیتروژن ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار به عنوان کرت اصلی و شش ژنوتیپ گندم (سه رقم گندم نان چمران، استار و ویری ناک و یک رقم گندم دوروم کرخه و دو لاین دوروم D-83-8 و D-84-5) به عنوان کرت‌های فرعی در نظر گرفته شدند. نتایج نشان داد که در هر دو شرایط مطلوب و تنش گرمای پایان فصل، کاهش مصرف نیتروژن باعث کاهش معنی‌دار عملکرد دانه شد، اما اثر مقدار کود نیتروژن بر وزن هزار دانه، سرعت و مدت موثر پر شدن دانه معنی‌دار نبود. بیشترین و کمترین میانگین مدت موثر پر شدن دانه در شرایط مطلوب (۲۶ روز) و تنش گرمای پایان فصل (۱۳ روز) به رقم دیررس استار اختصاص داشت. افزایش دما در مرحله پر شدن دانه، میانگین سرعت پر شدن دانه را ۱۵ درصد افزایش و میانگین مدت موثر پر شدن دانه و وزن هزار دانه ژنوتیپ‌های گندم را به ترتیب ۴۰ و ۳۱ درصد کاهش داد. مدت موثر پر شدن دانه در شرایط تنش گرمای پایان فصل کاهش یافت و این کاهش از طریق افزایش سرعت تجمع مواد فتوسنتزی در دانه قابل جبران نبود. ژنوتیپ‌های استار و D-84-5 که مرحله گرده‌افشانی آنها دیرتر بود، به دلیل مصادف شدن مراحل پایانی رشد با تنش گرمای، نسبت به ژنوتیپ‌های زودرس تر D-83-8 و ویری ناک، از شیب تغییرات مدت موثر پر شدن دانه، وزن دانه و عملکرد دانه بیشتری در شرایط تنش گرمای پایان فصل نسبت به شرایط مطلوب برخوردار بودند.

واژه‌های کلیدی: تنش گرمای پایان فصل، گندم، مدت موثر پر شدن دانه و نیتروژن.

مقدمه

تنش گرمای پایان فصل در شرایط آب و هوایی خوزستان از عوامل مهم محدود کننده رشد گندم به شمار می‌رود (Modhej *et al.*, 2008). در برخی پژوهش‌ها، دمای مطلوب در مرحله پر شدن دانه، ۱۵-۱۸ درجه سانتیگراد گزارش شده است (Radmehr, 1997) و نتایج برخی از پژوهش‌ها نشان داده‌اند که دماهای بالاتر از ۲۶ درجه سانتیگراد در این مرحله، باعث کاهش وزن و عملکرد دانه ژنوتیپ‌های گندم بهاره می‌گردد (Tewolde *et al.*, 2007). وزن نهایی دانه به وسیله سرعت و مدت پر شدن دانه کنترل می‌شود و هر دو مؤلفه تحت تأثیر گرمای زیاد تغییر می‌کنند. گرما در مرحله پر شدن دانه باعث کوتاه شدن این مرحله و کاهش وزن دانه می‌شود (Radmehr, 1997). پژوهش‌های متعددی در رابطه با بررسی اثر تنش گرمای پایان فصل بر وزن دانه و صفات وابسته به رشد دانه در شرایط تنش گرمای پایان فصل انجام شده است. مدحج و بنی سعیدی (Modhej and Banisaidi, 2007) گزارش دادند که میانگین وزن دانه ژنوتیپ‌های گندم نان بهاره در شرایط تنش گرمای پایان فصل در شرایط محیطی اهواز نسبت به شرایط مطلوب دمایی، ۱۸ درصد کاهش یافت. در برخی از پژوهش‌ها گزارش شده است که کاهش وزن دانه در شرایط تنش گرمای پایان فصل با کاهش طول مدت پر شدن دانه مرتبط است (Castro *et al.*, 2005 and Castro *et al.*, 2007). ارزیابی برخی از ارقام متحمل به تنش گرما در شرایط آب و هوایی اهواز نیز نشان داد که با افزایش دما در مرحله پر شدن دانه از ۲۱ به ۲۶ درجه سانتیگراد، سرعت پر شدن دانه از ۱/۰۶ به ۰/۹۷ میلی گرم در روز، وزن هزار دانه از ۴۷ به ۳۱ گرم و مدت پر شدن دانه از ۴۲ به ۳۲ روز و عملکرد دانه از ۴۳۰ به ۱۷۰ گرم در متر مربع کاهش یافت. در آزمایش مذکور با افزایش میانگین دما به میزان ۴/۵ درجه سانتیگراد در مرحله پر

شدن دانه، عملکرد دانه ۲۱ درصد کاهش یافت (Radmehr, 1997). پانوزو و ایگلز (Panozzo and Eagles, 1999) تغییرات رشد دانه را در چهار رقم گندم در محیط‌های مختلف بررسی کرده و با استفاده از دو شاخص روزهای بعد از کاشت و درجه روز گزارش دادند که در شرایط تنش گرمای پایان فصل، حداکثر مقدار مدت و سرعت پر شدن دانه کاهش یافت. ویسواناتان و چوپرا (Viswanathan and Chopra, 2001) گزارش نمودند که تنش گرمای پایان فصل باعث کاهش سرعت و مدت پر شدن دانه ژنوتیپ‌های گندم شد. این پژوهشگران کاهش وزن دانه را در ژنوتیپ گندم سونالیکا با کاهش سرعت پر شدن دانه و در ژنوتیپ هندی ۶۲ با کاهش مدت پر شدن دانه، مرتبط دانستند.

تنش کمبود نیتروژن در گیاه گندم در اثر کاهش مصرف کود نیتروژن، استفاده از روش‌های مدیریت زراعی ارگانیک و مصرف نیتروژن در زمان نامناسب (Mainard and Jeuffroy, 2001) صورت می‌گیرد. چنانکه کمبود نیتروژن از طریق مصرف مجدد کود جبران نشود، تنش کمبود نیتروژن تا مراحل پایانی رشد ادامه یافته و در این شرایط تعداد دانه در واحد سطح در اثر کاهش تعداد سنبله در واحد سطح، تعداد سنبلک‌ها در سنبله، تعداد گلچه‌های بارور در سنبلک، کاهش بقای گلچه‌ها و بارور شدن گلچه‌ها، کاهش می‌یابد (Peltonen and Peltonen, 1995; Mainard and Jeuffroy, 2001). کاهش تعداد دانه در سنبله ممکن است تغییرات وزن دانه را به علت افزایش سهم مواد فتوسنتزی هر یک از دانه‌ها به همراه داشته باشد. در این رابطه سرعت و مدت پر شدن دانه ژنوتیپ‌های نان و دوروم احتمالاً واکنش متفاوتی به میزان نیتروژن خواهند داشت.

پژوهش‌های متعددی در رابطه با واکنش ارقام گندم در شرایط تنش گرما و به ویژه تنش گرمای پایان فصل متداول در مناطق خشک و نیمه خشک انجام شده

این پژوهش به صورت دو آزمایش مستقل (تاریخ کاشت مطلوب و دیر هنگام)، هر یک به صورت کرت‌های یک‌بار خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام گرفت. در یکی از آزمایش‌ها کاشت ژنوتیپ‌های گندم در تاریخ کشت توصیه شده (اول آذر) انجام شد و در آزمایش دیگر به منظور مصادف شدن مراحل فنولوژیک رشد بعد از گرده افشانی با تنش گرمای پایان فصل، کاشت در اول بهمن ماه انجام گرفت. در هر آزمایش، عامل اصلی شامل سه سطح کود نیتروژن ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار از منبع اوره و عامل فرعی شامل شش ژنوتیپ گندم (سه رقم گندم نان چمران، استار و ویری ناک و یک رقم گندم دوروم کرخه و دو لاین دوروم D-84-5 و D-83-8) در نظر گرفته شدند.

تراکم کاشت بر اساس توصیه‌های تحقیقاتی با تراکم ۴۰۰ و ۵۰۰ بذر در متر مربع به ترتیب برای ژنوتیپ‌های گندم دوروم و نان در نظر گرفته شد. کاشت بذر ژنوتیپ‌ها در شش خط در هر کرت صورت گرفت. طول هر خط سه متر و فاصله بین خطوط کاشت ۰/۲ متر بود. کود نیتروژن از منبع اوره بر حسب میزان تیمار نیتروژن و فسفر به میزان ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار از منبع فسفات آمونیم به خاک اضافه شدند. یک دوم کود نیتروژن و تمام کود فسفر به صورت پایه بعد از دیسک اول در مزرعه توزیع و با استفاده از دیسک دوم با خاک مخلوط گردیدند. بقیه کود نیتروژن در هر تیمار کودی در مرحله ساقه رفتن (یک دوم) به صورت سرک مصرف شد. به منظور تعیین عملکرد دانه و اجزای آن، برداشت در مرحله رسیدگی نهایی با رطوبت دانه ۱۴ درصد و پس از حذف نیم متر از ابتدا و پایان هر کرت از خطوط سوم و چهارم در سطحی معادل ۱/۲ متر مربع انجام گرفت. وزن هزار دانه از طریق شمارش چهار نمونه بذر ۲۵۰ عددی و توزین آن‌ها محاسبه شد.

است، اما با وجود اهمیت تنش گرمای پایان فصل در شرایط آب و هوایی خوزستان و همچنین اثر تنش‌های مدیریتی نظیر کمبود نیتروژن در این منطقه و اکثر مناطق کشور، تحقیقات چندانی برای ارزیابی برهمکنش این تنش‌ها بر روند رشد دانه و مؤلفه‌های مربوط به آن در ژنوتیپ‌های گندم انجام نشده است. این پژوهش با هدف بررسی اثر سطوح نیتروژن بر عملکرد دانه و صفات وابسته به رشد ژنوتیپ‌های گندم در شرایط بهینه و تنش گرمای پایان فصل انجام شد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در دو سال زراعی ۱۳۸۶-۱۳۸۵ و ۱۳۸۷-۱۳۸۶ در مزرعه پژوهشی دانشگاه آزاد اسلامی اهواز با مختصات جغرافیایی ۴۰ درجه و ۲۰ دقیقه طول شرقی و ۳۲ درجه و ۲۰ دقیقه عرض شمالی با ارتفاع ۲۰ متر از سطح دریا اجرا شد. خاک محل آزمایش دارای بافت رسی لومی بود. میزان نیتروژن، فسفر و پتاسیم قابل جذب در لایه صفر تا ۳۰ سانتیمتری خاک به ترتیب ۵/۳، ۶/۸ و ۲۲۰ میلی‌گرم در کیلوگرم در سال ۱۳۸۵-۱۳۸۶ و ۵/۴، ۷/۱ و ۲۲۴ میلی‌گرم در کیلوگرم در سال ۱۳۸۶-۱۳۸۷ بود. با توجه به نتایج آزمون خاک نیازی به مصرف پتاسیم نبود. مقدار مواد آلی در لایه‌های صفر تا ۳۰ و ۳۰-۶۰ سانتیمتر در سال ۱۳۸۵-۱۳۸۶ به ترتیب ۰/۷۶ و ۰/۵۲ درصد و در سال ۱۳۸۶-۱۳۸۷ به ترتیب ۰/۷۸ و ۰/۶۱ اندازه‌گیری شد. محل انجام آزمایش دارای اقلیم گرم و خشک با زمستان‌های معتدل و تابستان‌های گرم بود. میانگین حداکثر و میانگین حداقل دما در فصل رشد گندم در سال اول آزمایش به ترتیب ۲۶/۸ و ۱۵ درجه سانتیگراد و در سال دوم به ترتیب ۲۸/۷ و ۱۳/۶ درجه سانتیگراد بود. میانگین دما در مرحله رشد دانه ژنوتیپ‌های گندم در تاریخ کاشت مطلوب و دیر هنگام در سال اول آزمایش به ترتیب ۲۲ و ۲۷ درجه سانتیگراد و در سال دوم به ترتیب ۲۴ و ۲۸ درجه سانتیگراد بود.

همکاران (Subedi *et al.*, 2007) نیز با اجرای یک آزمایش، اثر سطوح نیتروژن بر مدت موثر پر شدن دانه را غیر معنی دار گزارش کردند. میانگین مدت پر شدن دانه در شرایط مطلوب در دو ژنوتیپ استار و D-84-5 طولانی تر و در سایر ژنوتیپها کوتاه تر بود (جدول ۲). ژنوتیپهای دیررس (استار و D-84-5) در شرایط مطلوب از مدت موثر پر شدن دانه بیشتری نسبت به ژنوتیپهای زودرس برخوردار بودند (جدول ۲). این نتایج با گزارش رادمهر و همکاران (Radmehr *et al.*, 2005) مغایرت داشت. این پژوهشگران نتیجه گرفتند، طول دوره پر شدن دانه رقم زودرس فونگ در شرایط مطلوب نسبت به رقم دیررس استار بیشتر بود. این محققان گزارش دادند که رقم فونگ دارای طول دوره رشد رویشی کوتاه و دوره نمو زایشی بیشتری نسبت به سایر ارقام بود.

اثر کود نیتروژن بر سرعت پر شدن معنی دار نبود، در حالی که اثر ژنوتیپ بر آن در سطح احتمال یک درصد معنی دار بود (جدول ۱). اگرچه افزایش میزان نیتروژن باعث افزایش سرعت موثر پر شدن دانه شد، اما این افزایش معنی دار نبود. فردریک و کامپراتو (Fredrick and Camperato, 1994) و سیمونز و موس (Simmons and Moss, 1978) گزارش دادند که افزایش میزان کود نیتروژن باعث افزایش سرعت موثر پر شدن دانه از طریق افزایش میزان فتوسنتز برگ در گندم بهاره شد.

بیشترین سرعت موثر پر شدن دانه در شرایط مطلوب به لاین D-83-8 (۱/۹ میلی گرم در دانه در روز) و کمترین آن به دو رقم استار و چمران (۱/۵ میلی گرم در دانه در روز) اختصاص داشت (جدول ۲). ژنوتیپهای گندم دوروم نسبت به گندم نان از سرعت پر شدن دانه بیشتری برخوردار بودند. میانگین سرعت موثر پر شدن دانه در ژنوتیپهای دوروم نسبت به ژنوتیپهای نان ۱۶/۴ درصد بیشتر بود. ژنوتیپهای دیررس (۱/۶ میلی گرم در دانه در روز) نسبت به ژنوتیپهای میانرس (۱/۶۵ میلی گرم در دانه در روز)

به منظور بررسی روند رشد دانه و تعیین هر یک از مؤلفه‌های مربوط به آن یعنی سرعت و مدت موثر پر شدن دانه، یک هفته پس از ظهور سنبله‌های ساقه اصلی، تعدادی از ساقه‌های اصلی با روبان رنگی علامت گذاری شدند، سپس با فاصله‌های زمانی چهار روز، پنج سنبله علامت گذاری شده به صورت تصادفی برداشت و از هر سنبله، تعداد پنج سنبلک از شماره پنج تا نه (شمارش از قاعده سنبله) جدا و سپس از هر سنبلک دو دانه که به محور اصلی نزدیکتر بودند با استفاده از پنس جدا شدند. وزن خشک دانه‌ها پس از خشکاندن در آون ۷۵ درجه به مدت ۴۸ ساعت تعیین شد. پس از ترسیم منحنی پر شدن دانه (تغییرات وزن دانه در روزهای پس از گرده افشانی) از هر منحنی چهار نقطه که در مرحله پر شدن خطی دانه قرار داشتند انتخاب و تجزیه رگرسیونی برای دو متغیر روزهای پس از گرده افشانی و وزن خشک دانه به عمل آورده شد. شیب خط به عنوان سرعت موثر پر شدن دانه بر حسب میلی گرم در دانه در روز در نظر گرفته شد. مدت موثر پر شدن دانه از رابطه زیر محاسبه شد:

$$(1) \quad \text{میانگین وزن دانه نهایی (گرم)} / \text{سرعت مؤثر پر شدن دانه (گرم در روز)} = \text{مدت زمان مؤثر پر شدن دانه (روز)}$$

تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از نرم افزار SAS انجام شد. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌های دانکن در سطح احتمال پنج درصد صورت گرفت.

نتایج و بحث

شرایط مطلوب

خلاصه تجزیه واریانس برای صفات سرعت و مدت موثر پر شدن دانه در شرایط مطلوب در جدول یک ارائه شده است. اثر نیتروژن بر مدت موثر پر شدن دانه معنی دار نبود، در حالی که تفاوت این صفت در ژنوتیپهای مورد مطالعه و برهمکنش نیتروژن × ژنوتیپ در سطح احتمال یک درصد معنی دار بود. سوبدی و

ضرایب همبستگی بین سرعت و مدت موثر پر شدن دانه، وزن دانه و عملکرد دانه در جدول ۳ ارائه شده است. نتایج نشان داد همبستگی بین سرعت و مدت موثر پر شدن دانه منفی بود، اگرچه این ضریب معنی دار نبود. ساتوره و اسلافر (Sattore and Slafer, 2000) با جمع بندی نتایج چند پژوهش مختلف گزارش دادند که همبستگی مدت و سرعت موثر پر شدن دانه منفی بود.

شرایط تنش گرمای پس از گرده افشانی

اثر نیتروژن بر مدت موثر پر شدن دانه در شرایط تنش گرمای پس از گرده افشانی معنی دار نبود، ولی اثر ژنوتیپ بر آن در سطح احتمال یک درصد معنی دار شد (جدول ۴). مدحج و فتحی (Modhej and Fathi, 2008) گزارش دادند، اگرچه مدت موثر پر شدن دانه تحت تاثیر برخی فعالیت‌های مدیریتی نظیر مصرف کود نیتروژن قرار می‌گیرد، اما به نظر می‌رسد که اثر نیتروژن بر این مؤلفه از رشد دانه، به شرایط محیطی بستگی دارد. بانزیگر و همکاران (Banziger *et al.*, 1994) نتیجه گرفتند، به شرط آنکه مرحله پر شدن دانه گندم با شرایط مطلوب دمایی و رطوبت مناسب خاک همراه باشد، مصرف کود نیتروژن ممکن است باعث افزایش دوام برگ‌ها، میزان فتوسنتز و مدت موثر پر شدن دانه شود.

مقایسه میانگین‌ها نشان داد، بیشترین و کمترین مدت موثر پر شدن دانه در شرایط تنش گرمای پایان فصل به ترتیب به لاین D-83-8 و رقم استار اختصاص داشت (جدول ۳). به نظر می‌رسد که دیررسی و گرده افشانی دیر هنگام در رقم استار باعث افزایش مواجهه مراحل پس از گرده افشانی با گرما شد. این نتایج با گزارش رادمهر و همکاران (Radmehr *et al.*, 2005) مطابقت داشت. مدحج و همکاران (Modhej *et al.*, 2008) نیز نتیجه گرفتند، ژنوتیپ‌هایی که از طول دوره رشد طولانی تری (سبز شدن تا گرده افشانی) برخوردار بودند، در شرایط

و زودرس (۱/۷۵ میلی گرم در دانه در روز)، سرعت پر شدن دانه کندتری داشتند.

کاهش میزان کود نیتروژن باعث کاهش معنی دار عملکرد دانه در شرایط مطلوب شد، میزان این صفت در تیمارهای ۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار به ترتیب ۲۷ و ۱۳ درصد نسبت به تیمار ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن (باعملکرد ۴۹۵۰ کیلوگرم در هکتار) در هکتار کاهش یافت. اهدایی و وینز (Ehdaie and Waines, 2001) نتیجه گرفتند که با کاهش میزان کود نیتروژن از ۱۷۰ به ۱۰۵ کیلوگرم در هکتار، میانگین عملکرد دانه ژنوتیپ‌های گندم نان، گندم دوروم و تریتیکاله در تاریخ کاشت مطلوب، ۳۱ درصد کاهش یافت. در آزمایش حاضر رقم چمران و رقم زودرس ویری ناک به ترتیب بیشترین و کمترین عملکرد دانه را در شرایط مطلوب به خود اختصاص دادند (جدول ۲). چمران یک رقم سازگار به شرایط محیطی خوزستان بوده و به دلیل پتانسیل بالای تعداد سنبله در واحد سطح و تعداد دانه در سنبله از پتانسیل عملکرد دانه بالایی برخوردار است (Modhej *et al.*, 2008).

نتایج تجزیه واریانس برای صفت وزن هزار دانه در شرایط مطلوب نشان داد که اثر تیمارهای کود نیتروژن بر صفت وزن هزار دانه معنی دار نبود (جدول ۱). این نتایج با گزارش مینارد و جوفروی (Mainard and Jeuffroy, 2001) و مای و همکاران (Mi *et al.*, 2000) مطابقت داشت. این پژوهشگران نتیجه گرفتند که کمبود نیتروژن باعث کاهش تعداد سنبله و تعداد دانه در سنبله شد، اما اثر معنی داری بر وزن دانه نداشت. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین و کمترین وزن دانه در شرایط مطلوب به ترتیب به ارقام کرخه و چمران اختصاص داشت (جدول ۲). رادمهر و همکاران (Radmehr *et al.*, 2005) نتیجه گرفتند، رقم زودرس فونگک در زمان کاشت مطلوب عملکرد کمتری نسبت به ارقام دیررس داشتند.

جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس عملکرد دانه، وزن هزار دانه، مدت زمان موثر پر شدن دانه و سرعت موثر پر شدن دانه در ژنوتیپ‌های گندم در شرایط مطلوب

Table 1. Analysis of variance for grain yield, 1000-grain weight, effective grain filling rate and effective grain filling period in wheat genotypes under optimum conditions

S.O.V	منابع تغییر	درجه آزادی d.f	میانگین مربعات (MS)			
			عملکرد دانه Grain yield	وزن هزار دانه 1000-grain weight	مدت زمان موثر پر شدن دانه Effective grain filling period	سرعت پر شدن دانه Effective grain filling rate
Year (Y)	سال	1	5684 ^{ns}	338.5 ^{ns}	12.4 ^{ns}	0.06 ^{ns}
Rep (Y)	تکرار (سال)	4	211 ^{ns}	23.1 ^{ns}	22.52	0.04
Error (a)	خطا (الف)	8	4532**	19.2	0.36	0.00
Nitrogen (N)	نیتروژن	2	195849**	67.0 ^{ns}	12.80 ^{ns}	0.09 ^{ns}
Y×N	سال × نیتروژن	2	24937**	35.6 ^{ns}	6.71**	0.03 ^{ns}
Genotype (G)	ژنوتیپ	5	23105**	445.7**	3.40**	0.53**
Y×G	سال × ژنوتیپ	5	18066**	78.1**	1.38**	0.31**
N×G	نیتروژن × ژنوتیپ	10	4157**	22.3**	2.18**	0.00 ^{ns}
Y×N×G	سال × نیتروژن × ژنوتیپ	10	2954**	19.9**	6.26**	0.04*
Error (b)	خطا (ب)	60	1255	9.4	0.38	0.01

ns: Non-significant.

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

ns: غیر معنی‌دار

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

ژنوتیپ‌های گندم مورد مطالعه در شرایط مطلوب جدول ۲- مقایسه میانگین‌های عملکرد دانه، وزن هزار دانه، سرعت موثر پر شدن دانه و مدت زمان موثر پر شدن دانه در سطوح نیتروژن و

Table 2. Mean comparison for grain yield, 1000-grain weight, effective grain filling rate and effective grain filling period at nitrogen levels and wheat genotypes under optimum conditions

Treatments	تیمارهای آزمایشی	عملکرد دانه Grain yield(kg.ha ⁻¹)	وزن هزار دانه 1000-grain weight (g)	مدت زمان موثر پر شدن دانه Effective grain filling period (day)	سرعت پر شدن دانه Effective grain filling rate (mg.day ⁻¹)
Nitrogen (kg.ha ⁻¹)	نیتروژن				
50	۵۰	3613c	37a	25a	1.6a
100	۱۰۰	4280b	37a	25a	1.6a
150	۱۵۰	4951a	40a	26a	1.7a
Wheat genotypes	ژنوتیپ‌های گندم				
Vee/Nac	ویری ناک	3681c	32c	25b	1.6c
Star	استار	4104bc	35c	26a	1.5c
Chamran	چمران	4661a	31c	25b	1.5c
Karkhe	کرخه	4604ab	45a	25b	1.8a
D-84-5		4303ab	40b	26a	1.7b
D-83-8		4425ab	42ab	25b	1.9a
Mean	میانگین	4283	38	25	1.7

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند

Means in each column followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level, using Duncan's Multiple Range Test

دانه و سرعت پر شدن آن در شرایط تنش همبستگی مثبت و معنی دار وجود داشت (جدول ۳). واردلاو و مونکور (Wardlaw and Moncur, 1995) گزارش دادند، ژنوتیپ‌های گندم متحمل به گرمای پایان فصل از شیب تغییرات وزن دانه کمتری نسبت به شرایط مطلوب برخوردار بودند. این پژوهشگران این موضوع را ناشی از سرعت پر شدن دانه بالا در شرایط تنش گزارش کردند. در پژوهش حاضر نیز مشخص شد که با وجود افزایش سرعت مؤثر پر شدن دانه، کاهش معنی دار مدت پر شدن دانه در شرایط تنش گرما از طریق افزایش سرعت مؤثر پر شدن دانه قابل جبران نبود. ضریب همبستگی بین وزن هزار دانه در شرایط تنش گرما و سرعت مؤثر پر شدن دانه در شرایط مطلوب، مثبت و معنی دار بود (جدول ۳).

نتایج برخی پژوهش‌ها نشان داده است که سرعت مؤثر پر شدن دانه بیش از آنکه تحت تاثیر محیط قرار گیرد، تحت تاثیر ژنوتیپ می‌باشد (Modhej *et al.*, 2008). ماشیرینگوانی و شوپنهاوسر (Mashiringwani and Schweggenhauser, 1992) گزارش دادند، لاین‌های گندمی که از سرعت مؤثر پر شدن دانه و وزن دانه بالایی در شرایط تنش برخوردار هستند، لاین‌های متحمل به تنش گرمای پایان فصل محسوب می‌شوند. با توجه به نتایج پژوهش‌های مذکور و نتایج جدول ۳ به نظر می‌رسد که ژنوتیپ‌هایی نظیر ویری ناک در میان ارقام نان و D-83-8 در میان ژنوتیپ‌های دوروم که به صورت ژنتیکی در شرایط مطلوب از سرعت پر شدن دانه بیشتری برخوردار بودند، در شرایط تنش گرمای پایان فصل نیز وزن دانه مطلوب‌تری داشتند.

کاهش میزان نیتروژن مصرفی باعث کاهش معنی دار عملکرد دانه در شرایط تنش گرمای پایان فصل شد، بطوری که این صفت در تیمارهای ۱۰۰ و ۵۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار به ترتیب ۱۷ و ۳۰ درصد نسبت به تیمار ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در

تنش گرمای پایان فصل، مدت مؤثر پر شدن دانه کوتاه‌تری نسبت به ژنوتیپ‌های زودرس داشتند. بروکنر و فروهبرگ (Brukner and Frohberg, 1987)، رادمهر و همکاران (Radmehr *et al.*, 2005) و تولدو همکاران (Tewolde *et al.*, 2007) نیز گزارش دادند، ارقامی که دیر به گلدهی می‌رسند در مقایسه با ارقامی که گلدهی آنها زودتر اتفاق می‌افتد، دوره رشد طولانی‌تری داشته و تاثیر شرایط نامساعد محیطی بر مدت مؤثر پر شدن دانه این ارقام بیشتر است. در لاین زودرس D-83-8 زمان گرده‌افشانی زود هنگام‌تر نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها اتفاق افتاد و در شرایط تنش گرمای پایان فصل مدت مؤثر پر شدن دانه طولانی‌تری نسبت به رقم زودرس ویری ناک و سایر ژنوتیپ‌های میان‌رس و دیررس برخوردار بود.

اثر ژنوتیپ بر سرعت مؤثر پر شدن دانه در سطح احتمال یک درصد معنی دار بود (جدول ۱). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین و کمترین سرعت مؤثر پر شدن دانه در شرایط تنش گرمای پایان فصل به ترتیب به ارقام کرخه و ویری ناک اختصاص داشت (جدول ۴). تفاوت سرعت مؤثر پر شدن دانه به استثنای رقم کرخه در سایر ژنوتیپ‌ها معنی دار نبود. برخلاف شرایط مطلوب، سرعت پر شدن دانه ژنوتیپ‌های دیررس در شرایط تنش گرمای پایان فصل نسبت به ژنوتیپ‌های زودرس بیشتر بود. با توجه به تلاقی مرحله پر شدن دانه ژنوتیپ‌های دیررس با تنش گرما، به نظر می‌رسد که افزایش دما در این مرحله از رشد باعث افزایش سرعت مؤثر پر شدن دانه در ژنوتیپ‌های مذکور شد. استون و نیکولاس (Stone and Nicolas, 1995) و واردلاو و همکاران (Wardlaw *et al.*, 1989) نیز نتیجه گرفتند، افزایش دمای محیط در مرحله پر شدن دانه باعث افزایش سرعت مؤثر پر شدن دانه در ژنوتیپ‌های مورد مطالعه شد.

بررسی ضرایب همبستگی بین وزن هزار دانه، عملکرد دانه، سرعت و مدت پر شد دانه در شرایط تنش گرمای پس از گرده‌افشانی نشان داد که بین وزن

جدول ۳- ضرایب همبستگی بین وزن هزار دانه، عملکرد دانه، سرعت و مدت موثر پر شدن دانه در شرایط مطلوب و تنش گرمای پس از گرده‌افشانی در ژنوتیپ‌های گندم (df=6-2=4)

Table 3. Correlation coefficient between 1000 grain weight, grain yield, effective grain filling rate and effective grain filling period in nitrogen levels and wheat

genotypes under optimum and post-anthesis heat stress conditions in wheat genotypes (df=6-2=4)

Plant characteristics	صفات گیاهی	سرعت پر شدن دانه Effective grain filling rate (O)	سرعت پر شدن دانه Effective grain filling rate (S)	مدت زمان موثر پر شدن دانه Effective grain filling period (O)	مدت زمان موثر پر شدن دانه Effective grain filling period (S)	وزن هزار دانه 1000-grain weight (O)	وزن هزار دانه 1000-grain weight (S)	عملکرد دانه Grain yield (O)
Effective grain filling rate (S)	سرعت پر شدن دانه	0.78*						
Effective grain filling period (O)	مدت پر شدن دانه	-0.31 ^{ns}	-0.23 ^{ns}					
Effective grain filling period (S)	مدت پر شدن دانه	0.56 ^{ns}	0.00 ^{ns}	-0.61*				
1000-grain weight (O)	وزن هزار دانه	0.92**	0.84**	0.00 ^{ns}	0.38 ^{ns}			
1000-grain weight (S)	وزن هزار دانه	0.80**	0.70*	-0.31 ^{ns}	0.50 ^{ns}	0.89**		
Grain yield (O)	عملکرد دانه (مطلوب)	0.63*	0.58 ^{ns}	0.18 ^{ns}	0.27 ^{ns}	0.28 ^{ns}	0.19 ^{ns}	
GY (S)	عملکرد دانه (تنش)	0.40 ^{ns}	0.12 ^{ns}	0.12 ^{ns}	0.57 ^{ns}	0.10 ^{ns}	0.33 ^{ns}	0.83**

ns: Non-significant

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

S and O: post-anthesis heat stress and optimum conditions, respectively

ns: غیر معنی‌دار

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

S و O: به ترتیب شرایط تنش گرمای پایان فصل و شرایط مطلوب

جدول ۴- تجزیه واریانس عملکرد دانه، وزن هزار دانه، مدت و سرعت موثر پر شدن دانه در شرایط تنش گرمای پس از گرده‌افشانی در ژنوتیپ‌های گندم

Table 4. Analysis of variance for grain yield, 1000-grain weight, effective grain filling rate and effective grain filling period under post-anthesis heat stress conditions

in wheat genotypes

S.O.V	منابع تغییر	درجه آزادی d.f	میانگین مربعات (MS)			
			عملکرد دانه Grain yield	وزن هزار دانه 1000-grain weight	مدت زمان موثر پر شدن دانه Effective grain filling period	سرعت پر شدن دانه Effective grain filling rate
Year (Y)	سال	1	10918 ^{ns}	12.74 ^{ns}	18.33 ^{ns}	1.68 ^{ns}
Rep (Y)	تکرار (سال)	4	478 ^{ns}	3.30 ^{ns}	4.58	1.93
Error (a)	خطا (الف)	8	133	10.08	2.78	0.00
Nitrogen (N)	نیتروژن	2	131881**	1.40 ^{ns}	12.93 ^{ns}	0.26 ^{ns}
Y×N	سال × نیتروژن	2	1802**	0.80 ^{ns}	1.99 ^{ns}	0.02 ^{ns}
Genotype (G)	ژنوتیپ	5	25590**	308.96**	19.05**	0.63**
Y×G	سال × ژنوتیپ	5	18067**	40.37**	26.52**	0.10**
N×G	نیتروژن × ژنوتیپ	10	10765**	1.20 ^{ns}	2.06 ^{ns}	0.06 ^{ns}
Y×N×G	سال × نیتروژن × ژنوتیپ	10	4824**	1.23 ^{ns}	0.43 ^{ns}	0.08*
Error (b)	خطا (ب)	60	485	5.71	1.63	0.03

ns: Non-significant

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

ns: غیر معنی‌دار

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

همکاران (Subedi *et al.*, 2007) و همچنین کاسترو و همکاران (Castro *et al.*, 2007) گزارش دادند که تنش گرمای پس از گرده‌افشانی از طریق کاهش طول دوره پر شدن دانه باعث کاهش وزن دانه شد. وسواناتان و چوپرا (Viswanathan and Chopra, 2001) نتیجه گرفتند، شرایط تنش گرمای شدید در مرحله پر شدن دانه از طریق کاهش هر دو مؤلفه سرعت و مدت پر شدن دانه، باعث کاهش وزن دانه در گندم می‌شود.

استون و نیکولاس (Stone and Nicolas, 1995) و واردلاو و همکاران (Wardlaw *et al.*, 1989) نیز گزارش دادند که اگرچه افزایش دمای محیط در مرحله رشد دانه باعث افزایش سرعت مؤثر پر شدن دانه شد، اما کاهش معنی‌دار مدت مؤثر پر شدن دانه از این طریق قابل جبران نبود و وزن هزار دانه در این شرایط به طور معنی‌داری کاهش یافت، بنابراین به نظر می‌رسد که با وجود اینکه سرعت مؤثر پر شدن دانه در ژنوتیپ‌های دیررس نظیر استار و D-84-5 در شرایط تنش گرما، بیش از سایر ژنوتیپ‌ها افزایش یافت (شکل ۱a)، اما این ژنوتیپ‌ها از بیشترین میزان کاهش وزن دانه (شکل ۱b) به دلیل کاهش معنی‌دار مدت مؤثر پر شدن دانه (شکل ۲) برخوردار بودند.

ژنوتیپ‌هایی نظیر رقم استار و لاین D-84-5 که گرده‌افشانی آنها دیر هنگام صورت گرفت، نسبت به ژنوتیپ‌هایی نظیر لاین D-83-8 و رقم ویری ناک که گرده‌افشانی آنها زود هنگام تر انجام شد، از شیب تغییرات مدت مؤثر پر شدن دانه و وزن دانه بیشتری برخوردار بودند (شکل ۱b و ۲). تولد و همکاران (Tewolde *et al.*, 2007) نتیجه گرفتند، در شرایط تنش گرمای پایان فصل، ژنوتیپ‌های زودرس با گلدهی زود هنگام به دو دلیل دارای شیب تغییرات وزن دانه کمتری نسبت به ژنوتیپ‌های دیررس با گلدهی دیر هنگام بودند: اول اینکه ژنوتیپ‌های زودرس دارای طول دوره پر شدن دانه بیشتری در شرایط تنش گرمای پایان فصل بوده و بخش عمده‌ای از مرحله پر شدن دانه

هکتار کاهش یافت. رقم چمران و رقم دیررس استار به ترتیب بیشترین و کمترین عملکرد دانه را در شرایط تنش به خود اختصاص دادند (جدول ۲). مدحج و بنی سعیدی (Modhej and Banisaeedi, 2007) گزارش دادند که گندم رقم چمران به دلیل تعداد دانه بیشتر در واحد سطح و رقم استار به دلیل دیررسی و برخورد بیشتر مراحل پس از گرده‌افشانی با گرمای پایان فصل، به ترتیب از عملکرد دانه بالا و پایین تری نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها برخوردار بودند. تنش گرمای پایان فصل باعث کاهش معنی‌دار عملکرد دانه شد (جدول ۲)، بطوری که میانگین دانه ژنوتیپ‌های گندم در شرایط تنش گرمای پس از گرده‌افشانی نسبت به شرایط مطلوب ۲۴ درصد کمتر بود. در شرایط تنش گرمای پایان فصل، اثر ژنوتیپ بر وزن هزار دانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۱). در صورتیکه اثر نیتروژن بر این صفت معنی‌دار نبود (جدول ۲). بیشترین و کمترین وزن دانه در ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در شرایط تنش گرمای پایان فصل به ترتیب به ارقام دوروم کرخه (۳۲ گرم) و استار (۲۳ گرم) اختصاص داشت (جدول ۲).

مقایسه سرعت و مدت پر شدن دانه در دو محیط

مقایسه میانگین‌های مربوط به سرعت و مدت مؤثر پر شدن دانه ژنوتیپ‌های گندم در دو محیط نشان داد، افزایش دما در مرحله پر شدن دانه، مدت مؤثر پر شدن دانه و وزن هزار دانه را به ترتیب ۴۰ و ۳۱ درصد کاهش داد (جدول ۲ و ۵). اثر محیط بر عملکرد دانه و وزن هزار دانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود، در حالی که اثر محیط بر سرعت مؤثر پر شدن دانه معنی‌دار نشد (جدول ۶). بنابراین، مدت مؤثر پر شدن دانه در شرایط تنش گرمای پایان فصل کاهش یافت و این کاهش، از طریق افزایش غیر معنی‌دار سرعت تجمع مواد فتوسنتزی در دانه قابل جبران نبود. نتیجه این واکنش، ۳۱ درصد کاهش در وزن دانه و ۲۴ درصد کاهش در عملکرد دانه بود (جدول ۲ و ۵). سوبدی و

جدول ۵- مقایسه میانگین‌های عملکرد دانه، وزن هزار دانه، سرعت و مدت موثر پر شدن دانه در سطوح نیتروژن و ژنوتیپ‌های گندم مورد مطالعه در شرایط تنش گرمای پایان فصل

Table 5. Mean comparison for grain yield, 1000-grain weight, effective grain filling rate and effective grain filling period in nitrogen levels and wheat genotypes

		under post-anthesis heat stress conditions			
Treatments	تیمارهای آزمایشی	عملکرد دانه Grain yield (kg.ha ⁻¹)	وزن هزار دانه 1000-grain weight (g)	مدت زمان موثر پر شدن دانه Effective grain filling period (day)	سرعت پر شدن دانه Effective grain filling rate (mg.day ⁻¹)
Nitrogen (kg.ha ⁻¹)	نیتروژن				
50	۵۰	2750c	25a	15a	1.9a
100	۱۰۰	3171b	26a	15a	2.0a
150	۱۵۰	3804a	27a	15a	2.1a
Wheat genotypes	ژنوتیپ‌های گندم				
Vee/Nac	ویری ناک	2905c	26b	15a	1.8b
Star	استار	2864c	23c	13c	2.0b
Chamran	چمران	3740a	22c	15a	1.9b
Karkhe	کرخه	3300bc	32a	15a	2.3a
D-84-5		3202bc	27b	15a	2.1b
D-83-8		3473ab	29b	17a	2.0b
Mean	میانگین	3263	26	15	2.0

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند

Means in each columns followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level, using Duncan's Multiple Range Test

جدول ۶- تجزیه واریانس مرکب عملکرد دانه، وزن هزار دانه، سرعت و مدت موثر پر شدن دانه در ژنوتیپ‌های گندم

Table 6. Combined analysis of variance for grain yield, 1000-grain weight, effective grain filling rate and effective grain filling period in wheat genotypes

		میانگین مربعات (MS)				
S.O.V.	منابع تغییر	درجه آزادی d.f	عملکرد دانه Grain yield	وزن هزار دانه 1000-grain weight	مدت زمان موثر پر شدن دانه Effective grain filling period	سرعت پر شدن دانه Effective grain filling rate
Year (Y)	سال	1	423 ^{ns}	109.94*	0.28 ^{ns}	1.19 ^{ns}
Environment (E)	محیط	1	37519**	4093.35**	5331.08**	4.83 ^{ns}
Y×E	سال×محیط	1	16178**	241.30	30.53 ^{ns}	0.55 ^{ns}
R (YE)	تکرار در داخل سال و محیط	8	344 ^{ns}	13.23**	13.55	0.98
Nitrogen (N)	نیتروژن	2	321934**	41.77 ^{ns}	20.53 ^{ns}	0.28 ^{ns}
Y×N	سال×نیتروژن	2	9940**	22.55 ^{ns}	7.76 ^{ns}	0.04**
E×N	محیط×نیتروژن	2	5796**	26.64 ^{ns}	5.20 ^{ns}	0.07**
Y×E×N	سال×محیط×نیتروژن	2	16799**	13.86 ^{ns}	0.93 ^{ns}	0.00 ^{ns}
Error (a)	اشتباه الف	16	2332	14.66	1.57 ^{ns}	0.00
Genotype (G)	ژنوتیپ	5	41123**	730.29**	7.95**	0.07**
Y×G	سال×ژنوتیپ	5	5148**	46.49**	14.24**	0.33**
E×G	محیط×ژنوتیپ	5	7671**	34.37**	14.51**	0.09**
Y×E×G	سال×محیط×ژنوتیپ	5	30986**	72.02**	13.66**	0.08**
N×G	نیتروژن×ژنوتیپ	10	10846**	15.21*	3.57**	0.03 ^{ns}
Y×E×N	سال×نیتروژن×ژنوتیپ	10	5665**	9.37 ^{ns}	3.81**	0.06 ^{ns}
E×N×G	محیط×نیتروژن×ژنوتیپ	10	4077**	8.29 ^{ns}	0.68 ^{ns}	0.03 ^{ns}
Y×E×N×G	سال×محیط×نیتروژن×ژنوتیپ	10	2113**	11.76 ^{ns}	2.88**	0.05 ^{ns}
Error (b)	اشتباه ب	120	870	7.55	1.01	0.02

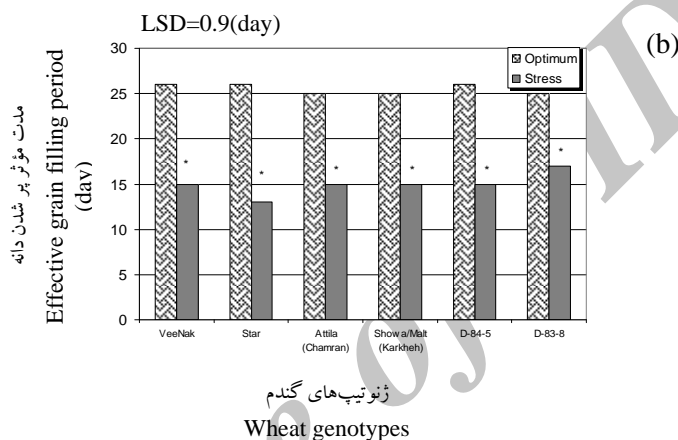
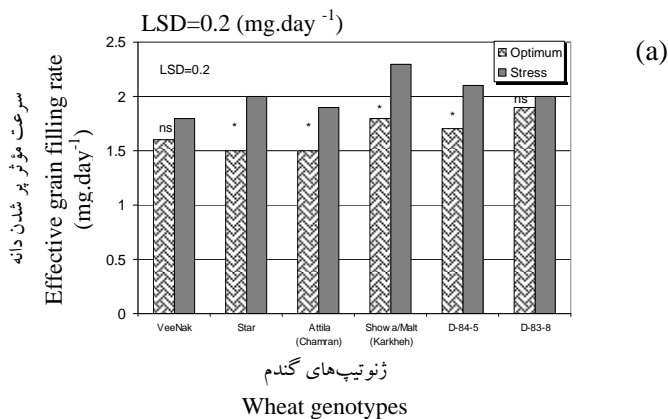
ns: Non-significant

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

ns: غیر معنی‌دار

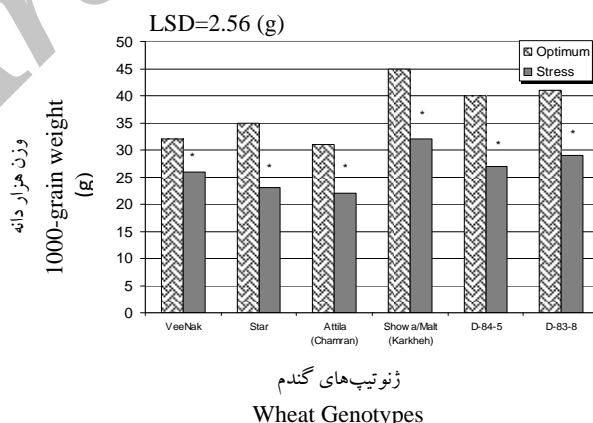
* و **: به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد

" اثر مقدار کود نیتروژن بر عملکرد....."



شکل ۱- مقایسه میانگین های سرعت موثر (a) و مدت موثر (b) پر شدن دانه ژنوتیپ های گندم مورد مطالعه در شرایط مطلوب و تنش گرمای پس از گرده افشانی (*: تفاوت ژنوتیپ در دو محیط در سطح احتمال خطای پنج درصد به روش LSD معنی دار است)

Fig. 1. Mean comparison for effective grain filling rate (a) and effective grain filling period (b) of wheat genotypes under optimum and post-anthesis heat stress conditions (*: differences for the genotype between two environments is significant at the 5% probability level using, LSD)



شکل ۲- مقایسه میانگین های وزن هزار دانه ژنوتیپ های گندم مورد مطالعه در شرایط مطلوب و تنش گرمای پس از گرده افشانی (*: تفاوت ژنوتیپ در دو محیط در سطح احتمال خطای پنج درصد به روش LSD معنی دار است)

Fig. 2. Mean comparison for 1000-grain weight of wheat genotypes under optimum and post-anthesis heat stress conditions (*: differences for the genotype between two environments is significant at the 5% probability level, using LSD test)

کمترین شیب تغییرات وزن دانه در شرایط تنش گرمای پایان فصل نسبت به شرایط مطلوب، به ترتیب به ارقام استار و ویری ناک اختصاص داشت. این نتایج با گزارش مدحج و بنی سعیدی (Modhej and Banisaidi, 2007) مطابقت دارد. این محققان نیز نتیجه گرفتند که رقم دیررس استار به دلیل مصادف شدن مراحل پس از گرده‌افشانی با تنش گرمای پایان فصل، از میزان کاهش وزن دانه بیشتری نسبت به رقم زودرس ویری ناک برخوردار بود. میزان تغییرات وزن دانه در لاین D-83-8 نیز پس از رقم ویری ناک، از سایر ژنوتیپ‌ها کمتر بود. این لاین علاوه بر زودرسی و تحمل بالا به تنش گرمای پایان فصل، از عملکرد دانه بالایی در شرایط مطلوب و تنش گرما برخوردار بود.

به طور کلی، نتایج این تحقیق نشان داد که افزایش میزان نیتروژن مصرفی از ۵۰ به ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار، اثر معنی‌داری بر وزن دانه و مولفه‌های مربوط به آن نداشت. تنش گرما و افزایش پنج و شش درجه سانتیگراد به ترتیب در میانگین و میانگین حداکثر دما در مرحله پر شدن دانه در طی دو سال آزمایش، باعث کاهش معنی‌دار وزن هزار دانه، عملکرد دانه و مدت موثر پر شدن دانه شد. سرعت موثر پر شدن دانه در شرایط تنش گرمای پس از گرده‌افشانی افزایش یافت، اما کاهش مدت موثر پر شدن دانه از طریق افزایش سرعت موثر پر شدن دانه قابل جبران نبود و میانگین وزن نهایی دانه در شرایط مذکور به طور معنی‌داری کاهش داشت. با توجه به این نتایج به نظر می‌رسد که مدیریت‌های بهینه زراعی نظیر انتخاب تاریخ کاشت مناسب، گزینش ژنوتیپ‌های مناسب برای تاریخ‌های کاشت مختلف بر اساس ویژگی‌های فنولوژیکی و افزایش کارایی مصرف نیتروژن، باعث کاهش اثر برخی تنش‌های محیطی (گرمای پایان فصل) و مدیریتی (کمبود نیتروژن) و افزایش پتانسیل تولید خواهد شد.

در شرایط محیطی مطلوب دمایی صورت گرفت، دوم اینکه با وجود تعداد و سطح برگ کمتر ژنوتیپ‌های زودرس نسبت به ژنوتیپ‌های دیررس، دوام سطح برگ در ژنوتیپ‌های زودرس در شرایط تنش گرمای پایان فصل بیشتر بود. در این تحقیق میزان کاهش عملکرد دانه به ازای هر یک روز تاخیر در تاریخ کاشت، ۱۷ کیلوگرم در هکتار بود. احمد و میسنر (Ahmad and Miesner, 1996) نیز گزارش دادند که در شرایط محیطی بنگلادش به ازای هر یک روز تاخیر در تاریخ کاشت مطلوب اول دسامبر، عملکرد دانه در حدود ۴۴ کیلوگرم در هر هکتار کاهش یافت که این کاهش به دلیل مصادف شدن مراحل انتهایی رشد گندم با تنش گرما و خشکی پایان فصل صورت گرفت.

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین میزان تغییرات وزن دانه در شرایط تنش گرمای پایان فصل نسبت به شرایط مطلوب به رقم دیررس استار و کمترین آن به رقم ویری ناک و لاین D-83-8 اختصاص داشت (جدول ۲). تغییرات عملکرد دانه در این ژنوتیپ‌ها با تغییرات وزن هزار دانه در دو محیط مرتبط بود. گرده‌افشانی دیر هنگام در رقم استار باعث افزایش احتمال مصادف شدن مرحله پر شدن دانه این رقم با گرمای پایان فصل، کاهش معنی‌دار وزن هزار دانه و در نتیجه کاهش معنی‌دار عملکرد دانه شد. در ژنوتیپ‌های زودرس، مرحله پر شدن دانه را پیش از فرا رسیدن گرما به پایان رسیده، وزن و همچنین عملکرد دانه این ژنوتیپ‌ها کمتر تحت تاثیر تنش گرما قرار گرفت.

مقایسه میانگین‌های وزن هزار دانه در دو محیط نشان داد که وزن هزار دانه ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در شرایط تنش گرمای پایان فصل نسبت به شرایط مطلوب ۳۱ درصد کاهش یافت (جدول ۲). نتایج پژوهش‌ها نشان می‌دهند که وزن دانه در شرایط تنش گرمای پایان فصل بیش از سایر اجزای عملکرد دانه تحت تاثیر قرار می‌گیرد (Main et al., 2007; Lemon, 2007). بیشترین و

References

منابع مورد استفاده

- Ahmed, S. M. and C. Meisner. 1996.** Wheat research and development in Bangladesh. Bangladesh–Australia Wheat Improvement Project. CIMMYT-Bangladesh Publishers, Dhaka, Bangladesh, 201 pp.
- Banziger, M., B. Feil, and P. Stamp. 1994.** Competition between nitrogen accumulation and grain growth for carbohydrates during grain filling of wheat. *Crop Sci.* 34: 440-446.
- Bruckner, P. L. and R. C. Frohberg. 1987.** Stress tolerance and adaptation in spring wheat. *Crop Sci.* 22: 31-36.
- Castro, M, C. J. Peterson., M. Dalla Rizza, P. Díaz Dellavalle, D. Vázquez, V. Ibáñez and A. Ross. 2005.** Wheat production in stressed environments. Proceedings of the 7th International Wheat Conference, Nov. 27-Des. 2, Mar del Plata, Argentina.
- Castro, M, C. J. Peterson, M. Dalla Rizza, P. Díaz Dellavalle, D. Vázquez, V. Ibáñez and A. Ross .2007.** Influence of heat stress on wheat grain characteristics and protein molecular weight distribution. *Develop. Plant Breed.* 12: 365-371.
- Ehdaie, B. and J. G. Waines. 2001.** Sowing date and nitrogen rate effects on dry matter and nitrogen partitioning in bread and durum wheat. *Field Crops Res.* 73(1): 47-61.
- Fredrick, J. R. and J. J. Camperato. 1994.** Leaf net CO₂ exchange rate and associated leaf traits of winter wheat grown with various spring nitrogen fertilization rates. *Crop. Sci.* 34: 432-439.
- Mashiringwani, N. A., and M. A. Schweppenhauser. 1992.** Phenotypic characters associated with yield adaptation of wheat to a range of temperature conditions. *Field Crops Res.* 29(1): 69-77.
- Mainard, S. D. and M. H. Jeuffroy. 2001.** Partitioning of dry matter and nitrogen to the spike throughout the spike growth period in wheat crops subjected to nitrogen deficiency. *Field Crop Res.* 70(1): 153-165.
- Mi, G., L. Tanga, F. Zhanga and J. Zhang. 2000.** Is nitrogen uptake after anthesis in wheat regulated by sink size? *Field Crops Res.* 68(3): 183-190.
- Modhej, A. and A. Banisaidi. 2007.** Evaluation of source restriction intensifying of wheat spring wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes under post-anthesis heat stress. *Inter. J. Appl. Agric. Res.* 2(1): 1- 11.
- Modhej, A. and G. Fathi. 2008.** *Wheat Physiology.* (1st ED). Islamic Azad University Press. 317 Pp. (In Persian).
- Modhej, A, A. Naderi, Y. Emam, G. Normohamadi and A. Ayenehband. 2008.** Effects of post-anthesis heat stress and nitrogen levels on grain yield and grain growth of wheat (*T. durum* and *T. aestivum*) genotypes. 11th International Wheat Genetic Symposium, 24-29 Aug., Queensland. Australia.
- Panozzo, J. F. and H. A. Eagles. 1999.** Rate and duration of grain filling and grain nitrogen accumulation of wheat cultivars grown in different environments. *Aust. J. Agric. Res.* 50: 1007-1015.
- Peltonen, P. and J. Peltonen. 1995.** Floret set and abortion in oat and wheat under high and low nitrogen. *Eur. J. Agron.* 4: 253-262.
- Radmehr, M. 1997.** Effect of heat stress on physiology of growth and development of wheat. Ferdowsi University Press. 201 p. (In Persian).

- Radmehr, M., A. Lotfaliyeneh and R. Mamaghni. 2005.** A study of the reaction of middle, long and short season wheat genotypes to different sowing dates. I- Effects of sowing date on morphological, phenological and grain yield of four bread wheat genotypes. *Seed and Plant J.* 21(2): 175-189. (In Persian with English abstract).
- Simmons, S. R. and D. M. Moss. 1978.** Nitrate reductase as a factor affecting nitrogen assimilation during the grain filling period in spring wheat. *Crop Sci.* 18: 584-586.
- Stone, P. J. and M. E. Nicolas. 1995.** Wheat varieties differing in heat tolerance. I. Grain growth. *Aust. J. Plant Physiol.* 22: 927-934.
- Subedi, K. D, B. L. Ma and A. G. Xue. 2007.** Planting date and nitrogen effects on grain yield and protein content of spring wheat. *Crop Sci.* 47: 36-44.
- Tewolde, H., C. J. Fernandez and C. A. Erickson. 2007.** Wheat cultivars adapted to post-heading high temperature stress. *J. Agron. Crop Sci.* 192: 111-120.
- Viswanathan, C. and R. K. Chopra. 2001.** Effect of heat stress on grain growth, starch synthesis and protein synthesis in grains of wheat (*Triticum aestivum* L.) varieties differing in grain weight stability. *J. Agron. Crop Sci.* 186: 1-7.
- Wardlaw, I. F., A. Dawson and P. Munibi. 1989.** The tolerance of wheat to high temperature during reproductive growth. II. Grain development. *Aust. J. Agric. Res.* 40: 15-24.
- Wardlaw, I. F. and L. Moncur. 1995.** The response of wheat to high temperature following anthesis. I. The rate and duration of kernel filling. *Aust. J. Plant Physiol.* 22: 391-397.

Effect of nitrogen fertilizer levels on grain yield and grain growth related traits of wheat genotypes under post-anthesis heat stress conditions

Lack Sh.¹ and A. Modhej²

Abstract

Lack, Sh. and A. Modhej. 2011. Effects of nitrogen fertilizer levels on grain yield and grain growth related traits of wheat genotypes under post-anthesis heat stress conditions. **Iranian Journal of Crop Sciences. 13(2): 219-233. (In Persian).**

To study the effect of nitrogen levels on grain yield and grain growth of wheat genotypes under optimum and post-anthesis heat stress conditions, two separate field experiments were conducted in delayed and optimum sowing dates in Ahvaz, Iran in 2006 - 2008 cropping seasons. The experimental site had a mild winter and dry, hot summer. Wheat genotypes in delayed sowing date experienced heat stress in post-anthesis. Each experiment was arranged as split plot in randomized complete block design with three replications. The N application rates were (50, 100, and 150 kg.ha⁻¹) assigned to the main-plots. Sub-plots consisted of six bread and durum wheat genotypes. Results indicated that in both optimum and delayed sowing date, grain yield decreased significantly as nitrogen level decreased. The effect of N treatments on 1000-grain weight (TGW), effective grain filling rate (EGFR) and effective grain filling period (EGFP) was not significant. The longest and the shortest EGFP under optimum (26 days) and in delayed sowing date (13 days) belonged to cv. Star, respectively. High temperature during grain filling period, enhanced EGFR (15%) and reduced TGW (31%) and EGFP (40%). Therefore, although the rate of assimilate accumulation increased under stress conditions, but this enhancement could not compensate EGFP reduction and led to 31% reduction in TGW. Results also showed that genotypes that headed late (Star and D-84-5) generally had higher reduction in TGW and EGFP than those genotypes headed earlier under post-anthesis heat stress conditions.

Key words: Grain growth, Nitrogen, Post-anthesis heat stress and Wheat.

Received: June, 2009

Accepted: November, 2010

1- Assistant Prof., Science and Research Branch, Islamic Azad University of Khuzestan, Ahvaz, Iran

2- Assistant Prof., Islamic Azad University, Shoushtar Branch, Shushtar, Iran (Corresponding author)

(Email: adelmodhej2006@yhoo.com)