نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۸، شماره ۶ ، بهمن - اسفند ۱۳۸۹، ص ۹۵۵-۹۴۶

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 8, No. 6, Jan. – Feb. 2011, p. 946-955

رابطهٔ دمای سایه‌انداز جامعهٔ گیاهی و میزان کلروفیل برگ با عملکرد دانهٔ ژنوتیپ‌های گندم در سطوح مختلف نیتروژن و شرایط تنش گرمای پس از گرده‌افشانی

عادل مدحج[1*]- شهرام لک[2]- احمد نادری[3]- یحیی امام[4]- قربان نور محمدی [5]

تاریخ دریافت: ۸۸/۴/۲۲
تاریخ پذیرش: ۸۸/۱۰/۱۵

چکیده

به منظور مطالعهٔ رابطهٔ عملکرد دانه، میزان کلروفیل و دمای سایه‌انداز ژنوتیپ‌های گندم در شرایط مطلوب و تنش گرمای پس از گرده‌افشانی، این آزمایش در سال زراعی ۸۷- ۱۳۸۶ در مزرعهٔ تحقیقاتی دانشگاه آزاد اهواز انجام شد. این تحقیق در دو آزمایش مستقل، هر یک به صورت کرت یک‌بار خرد شده در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام گرفت. آزمایش اول شامل کاشت ژنوتیپ‌ها در تاریخ کاشت توصیه شده یعنی اول آذر ماه بود و به منظور برخورد مراحل فنولوژیکی رشد بعد از گرده افشانی با تنش گرمای پایان فصل، تاریخ کاشت ژنوتیپ‌ها در آزمایش دیگر در اوائل بهمن ماه انجام 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 به عنوان کرت‌های فرعی بودند. دستگاه‌های ترمومتر (دماسنج مادون قرمز) و کلروفیل سنج قابل حمل در مزرعه، به ترتیب برای اندازه‌گیری دمای اندام‌ها و میزان کلروفیل برگ پرچم ژنوتیپ‌های گندم در مراحل گرده‌افشانی و رشد شیری دانه استفاده شدند. نتایج نشان داد، میانگین عملکرد دانهٔ ژنوتیپ‌های گندم در شرایط تنش گرما نسبت به شرایط مطلوب ۲۳/۸ درصد کاهش یافت. دمای کل سایه‌انداز سنبله و برگ پرچم، تحت تأثیر برهمکنش ژنوتیپ و محیط قرار گرفت. اگرچه کاهش میزان نیتروژن، افزایش دمای سایه‌انداز را به همراه داشت، اما این افزایش در مرحلهٔ رشد شیری دانه در شرایط تنش گرمای پایان فصل معنی‌دار نبود. در شرایط تنش گرمای پایان فصل، ژنوتیپ‌های دیررس (رقم استار و لاین ۵-۸۴-D)، ژنوتیپ‌های با توانایی کمتر در لوله‌ای شدن برگ (لاین ۵-۸۴-D و رقم کرخه) و یا ژنوتیپ‌های با عرض برگ بیشتر (نظیر رقم استار و لاین ۵-۸۴-D)، از دمای برگ پرچم و سایه‌انداز بیشتر و همچنین شیب تغییرات عملکرد دانه و کلروفیل برگ پرچم بیشتری نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها برخوردار شدند.

واژه‌های کلیدی: گندم، تنش گرمای پس از گرده‌افشانی، دمای سایه‌انداز و میزان کلروفیل برگ

مقدمه

تنش گرما یکی از تنش‌های غیر زیستی عمده در مناطق گرمسیری است (۱۰). تنش گرما در مناطق گرمسیری معمولاً در مرحلهٔ رشد طولی ساقه (۹) و در مناطق مدیترانه‌ای در مراحل پس از گرده‌افشانی (۳۰) رخ داده و باعث محدودیت عملکرد دانهٔ ژنوتیپ‌های گندم می‌شود. یکی از اثرات اصلی تنش گرما بر گندم، کاهش طول دورهٔ مراحل نموی است (۶).

پژوهش‌ها نشان می‌دهند که تنش گرما از طریق افزایش تنفس (۷)، کاهش فتوسنتز (۲۲) و ساخت نشاسته در دانه‌ها (۱۵)، کاهش تعداد سنبله در واحد سطح، تعداد دانه در سنبله و وزن دانه (۳۱) و همچنین افزایش سرعت پیر شدن گیاه (۳)، باعث کاهش عملکرد دانهٔ ژنوتیپ‌های گندم می‌شود. تنش گرمای پایان فصل در شرایط آب و هوای خوزستان یکی از عوامل مهم محدود کنندهٔ رشد گندم می‌باشد. دمای مطلوب در مرحلهٔ پر شدن دانه ۱۸-۱۵ درجهٔ سانتی‌گراد گزارش شده است (۲۹). دماهای بالای ۳۰ درجهٔ سانتی‌گراد در مرحلهٔ پر شدن دانه باعث کاهش عملکرد دانهٔ ژنوتیپ‌های گندم از طریق کاهش وزن دانه می‌شود (۳۰). در شرایط آب و هوایی خوزستان معمولاً دما در مرحلهٔ پر شدن دانه بالاتر از حد مطلوب است (۱۶ و ۱۷).

۱- استادیار دانشگاه آزاد اسلامی شوشتر
(*- نویسنده مسئول: Email: adelmodhej2006@yahoo.com)
۲- استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز
۳-استادیار مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان
۴- استاد دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز
۵- استاد دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران

برخی پژوهشگران بر این عقیده‌اند که میزان رطوبت و وضعیت تعرق در گیاه، نقش مهمی را در تنظیم دمای گیاه در شرایط تنش گرما ایفا می‌کند. آینه و همکاران (۶) نتیجه گرفتند، دمای برگ و سنبله در بوته‌های گندم نسبت به دمای محیط کمتر بود. این پژوهشگران، تفاوت دمای اندام‌های گیاه و محیط را با میزان تبخیر و تعرق و اثرات خنک کنندگی این فرآیند، مرتبط دانستند.

دماسنج مادون قرمز به عنوان ابزاری کارآمد جهت اندازه‌گیری دمای سایه‌انداز گیاهی مورد استفاده قرار می‌گیرد. بلوم از این وسیله جهت ارزیابی میزان توانایی گندم در اجتناب از پسابیدگی در شرایط تنش استفاده نمود. دمای سایه‌انداز گیاهی به منظور ارزیابی میزان اثر تنش گرما در ژنوتیپ‌های گندم، مورد استفاده قرار می‌گیرد (۶ و۱۳). رینولدز و همکاران (۸) گزارش دادند، از آنجایی که میزان دمای سایه‌انداز جامعهٔ گیاهی به فرآیندهای فیزیولوژیکی متعددی وابسته است، این پارامتر به عنوان شاخصی مناسب جهت ارزیابی میزان تحمل و حساسیت ژنوتیپ‌ها به تنش گرما به شمار می‌رود. ژنوتیپ‌های گندم به دلیل ساختار مختلف سایه‌انداز گیاهی ممکن است از میزان دمای متفاوتی برخوردار باشند. ویژگی‌های مورفولوژیکی متفاوت نظیر رنگ گیاه، میزان مومی بودن، اندازهٔ برگ، سنبله و ریشک‌ها ممکن است از طریق تأثیر بر میزان جذب تابش، هدایت گرمایی و جریان گرمای نهان و یا ترکیبی از این عوامل، باعث تفاوت دمای سایه‌انداز در دو ژنوتیپ مختلف گردد (۶). هاتفیلد و همکاران (۱۳) دمای اندام‌های گندم را در شرایط تنش گرما مورد ارزیابی قرار داده و نتیجه گرفتند، دمای سایه‌انداز گیاهی در هنگام وجود و یا عدم وجود سنبله، متفاوت بود، در پژوهش مذکور، دمای سایه‌انداز گیاهی در هنگام وجود سنبله در بوته‌ها نسبت به بوته‌های فاقد سنبله، بیشتر ارزیابی شد. این پژوهشگران همچنین گزارش دادند وجود ریشک در سنبله‌ها ممکن باعث افزایش دمای سایه‌انداز شده و این اندام اثر معنی‌داری در انتشار و کاهش دمای در سایه‌انداز جامعهٔ گیاهی ندارد. در برخی پژوهش‌ها تأثیر زاویهٔ برگ بر میزان دمای سایه‌انداز گیاه، معنی‌دار ارزیابی شده است (۱۴). آروس و همکاران (۵) با مطالعهٔ میزان دمای سایه‌انداز در ژنوتیپ‌های گندم با برگ‌های عمودی و افقی، نتیجه گرفتند تفاوت دما در این ژنوتیپ‌ها معنی‌دار نبود. به نظر می‌رسد اندام‌های گیاه گندم (برگ و سنبله) با توجه به موقعیت آنها در گیاه، از میزان دمای متفاوتی برخوردار هستند. فتوسنتز برگ یکی از ویژگی‌هایی است که تحت تأثیر تنش گرما قرار می‌گیرد (۱۹ و ۲۲). پژوهش‌ها نشان می‌دهند، اثر تنش گرما بر فتوسیستم دو در فرآیند فتوسنتز بیش از سایر واکنش‌ها است (۳). اضمحلال و کاهش میزان کلروفیل برگ نیز از واکنش‌هایی است که در شرایط تنش گرما گزارش شده است (۱۹). با توجه به رابطهٔ میزان نیتروژن و کلروفیل برگ در گندم (۲۰)، مدیریت نیتروژن از نظر میزان مصرف و کارایی استفاده از نیتروژن در شرایط محیطی با گرمای پایان فصل از اهمیت بالایی برخوردار خواهد بود. همچنین با توجه به ویژگی‌های مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی متفاوت ژنوتیپ‌های گندم، به نظر می‌رسد، مطالعهٔ وضعیت دما در اندام‌های مختلف ژنوتیپ‌های متحمل به تنش گرما و رابطهٔ آن با برخی ویژگی‌های مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی، به شناخت ویژگی‌های موثر در تحمل به تنش، منجر خواهد شد. هدف از اجرای این پژوهش، ارزیابی رابطهٔ دماهای اجزای مختلف جامعهٔ گیاهی با عملکرد دانه و برخی ویژگی‌های مورفوفیزیولوژیکی ژنوتیپ‌های گندم در سطوح مختلف نیتروژن می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۱۳۸۷-۱۳۸۶ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه آزاد اسلامی اهواز با مختصات جغرافیایی ´۲۰ :°۴۰ طول شرقی و ´۲۰:°۳۲ 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 ۵/۴، ۷/۱ و ۲۲۴ واحد در میلیون برآورد شد. با توجه به نتایج آزمون خاک نیازی به مصرف پتاسیم نبود. مقدار مواد آلی در لایه‌های ۳۰-۰ و ۶۰-۳۰ سانتیمتر به ترتیب ۰/۷۸ و ۰/۶۱ ارزیابی شد. محل انجام آزمایش دارای اقلیم گرم و خشک با زمستان‌های معتدل و تابستان‌های گرم بود. متوسط دما در فصل رشد گندم، میانگین حداکثر و حداقل آن به ترتیب ۲۱، ۲۸/۷ و ۱۳/۶ درجهٔ سانتی‌گراد بود. میانگین متوسط دما در مرحلهٔ رشد دانهٔ ژنوتیپ‌های گندم در تاریخ کاشت مطلوب و دیر هنگام به ترتیب ۲۴ و ۲۸ درجهٔ سانتی‌گراد ارزیابی شد.

این پژوهش در دو آزمایش مستقل (تاریخ کاشت مطلوب و دیرهنگام)، هر یک به صورت کرت‌های یک بار خرد شده در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام گرفت. در یکی از آزمایش‌ها کاشت ژنوتیپ‌ها در تاریخ کاشت توصیه شده یعنی اول آذر انجام شد و به منظور برخورد مراحل فنولوژیکی رشد بعد از گرده‌افشانی با تنش گرمای پایان فصل، تاریخ کاشت در آزمایش دیگر در اوائل بهمن صورت گرفت. در هر آزمایش، کرت‌های اصلی شامل سه سطح کود نیتروژن ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار و کرت‌های فرعی شامل شش ژنوتیپ گندم (سه رقم گندم نان چمران، استار و ویناک و یک رقم گندم دوروم کرخه و دو لاین دوروم D-۸۴-۵ و D-۸۳-۸) بودند. مقدار بذر در واحد سطح 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 (۲). هر کرت آزمایش دارای شش خط کاشت بود. طول هر خط سه متر و فاصله بین ردیف‌ها ۰/۲ متر در نظر گرفته شد. کود نیتروژن از منبع اوره بر

حسب تیمار نیتروژن مصرف گردید. فسفر به میزان ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار اکسید فسفر از منبع فسفات آمونیم به خاک اضافه شد. یک دوم کود نیتروژن و تمام کود فسفر به صورت پایه بعد از دیسک اول در مزرعه توزیع و توسط دیسک دوم با خاک مخلوط گردید. بقیه کود نیتروژن در هر تیمار کودی در مرحلهٔ ساقه رفتن (یک دوم) به صورت سرک مصرف شد. به منظور تعیین میزان عملکرد دانه و اجزای آن، برداشت در مرحله رسیدگی نهایی و پس از حذف نیم متر از ابتدا و انتهای هر کرت از خطوط سوم و چهارم، در سطحی معادل ۱/۲ متر مربع انجام گرفت.

به منظور اندازه‌گیری دمای سایه‌انداز جامعهٔ گیاهی، سنبله و برگ پرچم از دستگاه ترمومتر (دماسنج مادون قرمز) مدل ۸۸۶۶ استفاده شد. دمای سایه‌انداز، سنبله‌ها و برگ پرچم ژنوتیپ‌های گندم در مراحل گرده‌افشانی و مرحلهٔ پرشدن شیری دانه، در ساعت‌های بین ۱۱ تا ۱۳ و سه تا چهار روز پس آبیاری مزرعه، اندازه‌گیری شد (۶). در هنگام اندازه‌گیری دمای سایه‌انداز، دماسنج با زاویه ۳۰ درجه نسبت به سطح افق در ارتفاع یک متر از سطح زمین و در حدود نیم متر از سطح گیاه قرار گرفت. به منظور اندازه‌گیری سطح اندام‌ها، بر اساس توصیهٔ آینه و همکاران (۶) نسبت فاصلهٔ دماسنج با اندام و اندازه سطح اندام هشت به یک در نظر گرفته شد.

میزان کلروفیل برگ پرچم در مرحلهٔ شیری دانهٔ ژنوتیپ‌های گندم با استفاده از دستگاه کلروفیل‌متر مدل SPAD-502 در ساعت ۱۱ تا ۱۳ اندازه‌گیری شد (۶). میانگین لوله‌ای شدن برگ با استفاده از کولیس در مرحلهٔ پر شدن شیری دانه و از طریق رابطهٔ پیشنهادی سائئوکا و همکاران (۲۷) از رابطهٔ زیر محاسبه شد:

$$\text{میزان لوله‌ای شدن برگ} = \frac{\text{بیشترین عرض پهنک برگ در حالت پیچ خوردگی}}{\text{بیشترین عرض پهنک برگ در حالت طبیعی و بدون پیچ خوردگی}}$$

تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از نرم افزار آماری SAS انجام شد. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌های دانکن صورت گرفت.

نتایج و بحث

دمای سایه‌انداز در مرحلهٔ گرده‌افشانی

شرایط مطلوب

نتایج نشان داد، اثر تیمار نیتروژن بر دمای سایه‌انداز و سنبله در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود، در حالی که اثر نیتروژن بر دمای برگ پرچم معنی‌دار نبود (جدول۱). اثر ژنوتیپ و برهمکنش ژنوتیپ و نیتروژن بر دمای سایه‌انداز، سنبله و پرچم در سطح احتمال خطای ۱٪ معنی‌دار بود. دمای سایه‌انداز، سنبله و برگ پرچم در تمامی تیمارها نسبت به دمای محیط کمتر بود (جدول۱). پژوهش‌ها نشان داده‌اند که دمای اندام‌های گیاه در شرایط مزرعه با دمای محیط اطراف آن چندین درجه تفاوت دارد، افزایش تعرق موجب افزایش این تفاوت‌ها می‌شود. آینه و همکاران (۶) و همچنین امانی و همکاران (۴)، تفاوت دمای اندام‌های گیاه و محیط را با میزان تبخیر و تعرق و اثرات خنک کنندگی این فرآیند و همچنین هدایت گرمایی سایه‌انداز گیاهی مرتبط دانستند. افزایش میزان مصرف نیتروژن در شرایط مطلوب، کاهش معنی‌دار دمای سایه‌انداز ژنوتیپ‌های گندم را در مرحلهٔ گرده‌افشانی به همراه داشت (جدول۲). به نظر می‌رسد، افزایش شاخص سطح برگ در سایه‌انداز گیاهی و در نتیجه بالا رفتن میزان تبخیر و تعرق در سطح گیاه، باعث کاهش دما در سطوح بالای نیتروژن شد (۶). بیشترین و کمترین دمای سایه‌انداز در مرحلهٔ گرده‌افشانی به ترتیب به رقم استار و لاین D-۸۴-۵ اختصاص داشت (جدول۲). در اثر تأخیر در زمان گرده‌افشانی، رقم استار با دمای بیشتر مواجه شد. این نتایج با تولد و همکاران (۲۶) مطابقت داشت.

مقایسهٔ میانگین‌های دمای سنبله در مرحلهٔ گرده‌افشانی ژنوتیپ‌های گندم در شرایط مطلوب نشان داد، دمای سنبله نسبت به دمای سایه‌انداز، شش درصد بیشتر بود (جدول۲). این نتایج با گزارش‌های آینه و همکاران (۶) و امانی و همکاران (۴) مطابقت داشت، این پژوهشگران، تفاوت این دما را با برخورد بیشتر تابش با سنبله‌ها، قرار گرفتن سنبله در معرض بادهای گرم و تعرق کمتر سنبله مرتبط دانستند. در مرحلهٔ گرده‌افشانی برگ پرچم ژنوتیپ‌های گندم مورد مطالعه از دمای بیشتر نسبت به سایه‌انداز گیاه (دو درصد) و از دمای کمتری نسبت به سنبله (پنج درصد) برخوردار بود. به نظر می‌رسد، کاهش میزان نفوذ تابش خورشید از سطح به لایه‌های پایینی سایه‌انداز گیاهی، برخورد کمتر بادهای گرم با لایه‌های پایینی و همچنین انتشار و هدایت گرما در لایه‌های فوقانی، باعث شد اندام‌های فوقانی سایه‌انداز گندم از دمای بیشتری برخوردار باشند.

آروس و همکاران (۵) گزارش دادند، اندام‌های گیاه گندم (برگ و سنبله) با توجه به موقعیت آنها در گیاه، از میزان دمای متفاوتی برخوردار هستند. نتایج جدول ۲ نشان داد، رقم استار بیشترین دمای برگ پرچم را به خود اختصاص داد.

گرده‌افشانی دیر هنگام در رقم استار این رقم را با دمای بیشتر مواجه کرد. لاین زودرس D-۸۳-۸ از دمای برگ پرچم کمتری نسبت به رقم استار و سایر ارقام میان‌رس نظیر چمران و کرخه برخوردار بود (جدول۲). بررسی ویژگی‌های مورفولوژیکی ژنوتیپ‌های مورد مطالعه نشان داد که ژنوتیپ D-۸۳-۸ از زاویه برگ پرچم کمتری نسبت به ساقه در مقایسه با سایر ژنوتیپ‌ها برخوردار بود (داده‌ها ارائه نشده‌اند). ایدسو و همکاران (۱۴) با مطالعه تأثیر دمای

محیط بر دمای برگ با زوایای مختلف نتیجه گرفتند، ژنوتیپ‌هایی که از زاویه برگ عمودی‌تر نسبت به سطح زمین برخوردار بودند، به علت کاهش برخورد تابش خورشید، نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها دمای کمتری داشتند.

شرایط تنش گرمای پایان فصل

تفاوت دمای سایه‌انداز، سنبله و برگ پرچم در مرحلهٔ گرده‌افشانی برای تیمارهای نیتروژن مورد مطالعه معنی‌دار نبود، تفاوت ژنوتیپ‌های مورد مطالعه و برهمکنش ژنوتیپ و نیتروژن برای دمای سایه‌انداز و دو اندام مذکور در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد (جدول۱).

با توجه به اینکه دمای مطلوب محیط برای مرحلهٔ گرده‌افشانی ژنوتیپ‌های گندم در حدود ۲۳-۱۸ درجهٔ سانتی‌گراد گزارش شده است (۱)، به نظر می‌رسد در این پژوهش ژنوتیپ‌های دیررس گندم در مرحلهٔ گرده‌افشانی تا حدودی با افزایش دمای محیط مواجه شدند. همانند شرایط مطلوب، کاهش میزان نیتروژن، افزایش میزان دمای سایه‌انداز را به همراه داشت، اگرچه این افزایش معنی‌دار نبود. به نظر می‌رسد افزایش میزان نیتروژن به دلیل افزایش تعداد سنبله در واحد سطح و پوشش بیشتر سطح زمین توسط بوته‌ها و کاهش برخورد تابش با سطح زمین (۱۲)، افزایش میزان فتوسنتز، گسترش سطح اندام‌های فتوسنتز کننده و در نتیجه افزایش تعداد روزنه‌ها موجب افزایش میزان تعرق و کاهش نسبی دما در سایه انداز جامعهٔ گیاهی شد (۶). رینولدز و همکاران (۲۲) نیز نتیجه گرفتند، تعرق از سطح برگ باعث کاهش دمای برگ نسبت به محیط اطراف می‌شود. به اعتقاد این پژوهشگران، هدایت روزنه‌ای از عوامل مهم موثر بر میزان تعرق از سطح برگ است که به واسطهٔ میزان تثبیت کربن، تولید مواد فتوسنتزی و جذب و تحلیل عناصر غذایی به ویژه نیتروژن کنترل می‌شود. مقایسهٔ میانگین‌ها نشان داد، تاخیر در مرحلهٔ گرده‌افشانی رقم استار در تاریخ کاشت دیر هنگام نیز باعث شد، دمای سایه انداز این ژنوتیپ به دلیل برخورد با دماهای بالا در مراحل پایانی فصل، نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها بیشتر باشد. رقم دیررس استار و رقم زودرس ویناک به ترتیب بیشترین و کمترین دمای سنبله را در مرحلهٔ گرده‌افشانی به خود اختصاص دادند (جدول۲). بیشترین و کمترین دمای برگ پرچم در شرایط تنش گرمای پس از گرده‌افشانی به ترتیب به ارقام استار و ویناک اختصاص داشت. مدحج و بنی‌سعیدی (۱۷) گزارش دادند، مرحلهٔ گردافشانی ارقام زودرس نظیر فونگ قبل از آغاز گرمای پایان فصل انجام شده و کمتر با دماهای بالا در این مرحلهٔ برخورد می‌نماید.

تجزیهٔ و تحلیل داده‌های دو محیط مطلوب و تنش گرما

خلاصهٔ نتایج تجزیه واریانس مرکب دمای اندام‌های گندم در دو محیط (تاریخ کاشت) نشان داد، تفاوت دمای سایه‌انداز، سنبله و برگ پرچم برای محیط، تیمار نیتروژن، ژنوتیپ‌ها و برهمکنش محیط و نیتروژن در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود (جدول۳). میانگین دمای سایه‌انداز، سنبله و برگ پرچم ژنوتیپ‌های گندم در شرایط تنش گرمای پس از گرده‌افشانی نسبت به شرایط مطلوب به ترتیب ۲۰، ۱۷و۱۶ درصد افزایش یافت (جدول۲). دمای تمامی اندام‌های اندازه‌گیری شده در تاریخ کاشت دیر هنگام نسبت به شرایط مطلوب به طور معنی‌دار افزایش یافت. با توجه به دماهای اندازه‌گیری شده در مرحلهٔ گرده‌افشانی ژنوتیپ‌های گندم در تاریخ کاشت دیرهنگام، به نظر می‌رسد در این تاریخ کاشت ژنوتیپ‌های دیررس گندم در مرحلهٔ گرده‌افشانی نیز تا حدودی با دماهای بالا مواجه بودند.

دمای سایه انداز در مرحلهٔ رشد شیری دانه

شرایط مطلوب

بیشترین و کمترین دمای سایه‌انداز، سنبله و برگ پرچم در مرحلهٔ رشد شیری ژنوتیپ‌های مورد به ترتیب به ژنوتیپ‌های استار و ویناک اختصاص داشت (جدول۵). دیررسی و برخورد مراحل رشد دانهٔ ژنوتیپ استار با دمای بالا موجب افزایش دمای سایه‌انداز و سایر اندام‌های این ژنوتیپ شد.

تنش گرمای پایان فصل

نتایج نشان داد، بیشترین و کمترین دمای سایه‌انداز، سنبله و برگ پرچم در مرحلهٔ شیری رشد دانه به ترتیب به ژنوتیپ‌های استار و ویناک اختصاص داشت (جدول۵).

شاخص لوله‌ای بالا در برگ‌های ژنوتیپ ویناک و زودرسی این ژنوتیپ باعث شد، مرحلهٔ فنولوژیکی رشد دانهٔ این ژنوتیپ در دماهای نسبتاً پایین‌تر محیط به پایان رسیده و برخورد کمتری با تنش گرمای انتهای فصل داشته باشد. این نتایج با گزارش آینه و همکاران (۶) در رابطه با ژنوتیپ‌های دارای ویژگی لوله‌ای شدن برگ بالا، مطابقت داشت در شرایط تنش گرمای پایان فصل، تفاوت میانگین دمای سایه‌انداز ژنوتیپ‌های نان و دوروم در مرحلهٔ شیری رشد دانه معنی‌دار نبود.

تجزیهٔ و تحلیل داده‌های دو محیط مطلوب و تنش گرما

نتایج تجزیهٔ واریانس مرکب دو محیط برای دماهای اندازه‌گیری شده در مرحلهٔ شیری دانه نشان داد، تفاوت آزمایش، نیتروژن، ژنوتیپ و برهمکنش محیط و ژنوتیپ برای دمای سایه‌انداز، سنبله و برگ پرچم در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار شد (جدول۳). میانگین دمای سایه‌انداز، سنبله و برگ پرچم در مرحلهٔ شیری، نسبت به شرایط مطلوب به ترتیب ۱۳، ۱۱ و ۱۰ درصد افزایش یافت.

جدول۱- خلاصهٔ نتایج تجزیهٔ واریانس دمای سایه‌انداز، سنبله و برگ پرچم در مرحلهٔ گرده‌افشانی ژنوتیپ‌های گندم در شرایط مطلوب و تنش گرمای پس از گرده‌افشانی

منابع تغییرات	درجهٔ آزادی	میانگین مربعات					
		سایه‌انداز		سنبله		برگ پرچم	
		مطلوب	تنش	مطلوب	تنش	مطلوب	تنش
تکرار	۲	۰/۷۲	۹۳/۳۸	۰/۶۹	۹۳/۳۸	۰/۶۱	۹۳/۳۸
نیتروژن	۲	۷/۳۵**	۲۸/۵۰ns	۹/۵۶**	۱۴/۶۲ns	۱۲/۰۱ns	۱۴/۹۴ns
اشتباه	۴	۰/۰۶	۰/۰۵	۰/۴۰	۰/۰۵	۰/۶۰	۰/۰۵
ژنوتیپ	۵	۲۳/۳۵**	۱۷۴/۷۰**	۱۴/۰۷**	۱۱۷/۷۷**	۷/۷۱**	۱۱۶/۶۲**
نیتروژن×ژنوتیپ	۱۰	۱/۰۲**	۱۲/۱۰**	۱/۱۰**	۷/۸۲**	۲/۰۲**	۷/۴۳**
اشتباه	۳۰	۰/۲۵	۱/۱۶	۰/۴۱	۱/۱۶	۰/۲۰	۱/۱۶
ضریب تغییرات (درصد)		۲/۶۰	۴/۶۰	۲/۰۰	۴/۵۰	۲/۳۰	۴/۷۰

**و * به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال خطای ۱٪ و ۵٪ ns، اختلاف معنی‌دار نیست.

جدول۲- مقایسهٔ میانگین‌های دمای سایه‌انداز، سنبله و برگ پرچم (درجه سانتیگراد) ژنوتیپ‌های گندم و سطوح مختلف نیتروژن در مرحلهٔ گرده‌افشانی

تیمارها	سایه‌انداز		سنبله		برگ پرچم	
	مطلوب	تنش	مطلوب	تنش	مطلوب	تنش
نیتروژن*						
۱۵۰	۱۸/۰b	۲۲/۰a	۱۹/۲b	۲۳/۰a	۱۹/۰a	۲۱/۷a
۱۰۰	۱۸/۷ab	۲۳/۶a	۲۰/۲ab	۲۴/۸a	۱۹/۰a	۲۳/۰a
۵۰	۱۹/۵a	۲۴/۶a	۲۰/۷a	۲۵/۰a	۱۹/۲a	۲۳/۵a
ژنوتیپ‌ها						
ویناک	۱۸c	۲۱b	۲۰/۴b	۲۲/۰b	۱۹/۰b	۲۰/۰b
استار	۲۱a	۲۹a	۲۲/۰a	۳۰/۸a	۲۰/۰a	۲۹/۰a
چمران	۱۸c	۲۲b	۱۹/۵b	۲۳/۶b	۱۷/۷c	۲۲/۰b
کرخه	۱۸c	۲۲b	۱۹/۴b	۲۳/۶b	۱۸/۲bc	۲۱/۰b
D-۸۴-۵	۱۷c	۲۲b	۱۹/۳b	۲۳/۰b	۱۸/۶bc	۲۲/۶b
D-۸۳-۸	۲۰b	۲۱b	۱۹/۰b	۲۳/۰b	۱۷/۷c	۲۰/۰b
میانگین	۱۸/۷	۲۳/۴	۲۰/۰	۲۴/۲	۱۹/۱	۲۲/۷

در هر ستون میانگین هایی که حروف مشترک دارند دارای اختلاف معنی‌دار به روش دانکن در سطح احتمال خطای ۵٪ نیستند.

* تیمار نیتروژن بر حسب کیلوگرم در هکتار

مدحج و همکاران (۱۸) گزارش دادند، دماهای بالاتر از ۳۰ درجهٔ سانتی‌گراد در مرحلهٔ پر شدن دانه، از طریق کاهش وزن دانه باعث کاهش عملکرد دانهٔ ژنوتیپ‌های گندم می‌شود. میانگین دمای محیط در زمان اندازه‌گیری دمای اندام‌های گیاه در این آزمایش بسته به زودرسی و دیررسی ژنوتیپ در حدود ۴۲-۳۸ درجهٔ سانتی‌گراد بود (داده‌ها ارائه نشده‌اند). بطور کلی نتایج نشان داد، با وجود اینکه دمای اندام‌ها به دلیل انجام فرآیند تعرق و هدایت گرمایی (۴) نسبت به محیط اطراف کمتر ارزیابی شد، اما به نظر می‌رسد، دماهای بالاتر از حد مطلوب رشد گندم در مرحلهٔ رشد شیری دانه، باعث شد که ژنوتیپ‌های گندم در این مرحله از رشد با شرایط نامساعد دمایی مواجه شوند.

عملکرد دانه

نتایج در شرایط مطلوب نشان داد، کاهش میزان نیتروژن باعث کاهش معنی دار عملکرد دانه شد، به طوری که این صفت در تیمارهای ۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار به ترتیب ۲۷

و ۱۳ درصد نسبت به تیمار ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار کاهش یافت (جدول۶). اهدایی و وینز (۲۰۰۱) نتیجه گرفتند کاهش میزان کود نیتروژن از ۱۷۰ به ۱۰۵ کیلوگرم در هکتار میانگین عملکرد دانه ژنوتیپ‌های گندم نان، گندم دوروم و تریتیکاله را در تاریخ کاشت مطلوب ۳۱ درصد کاهش داد.

رقم چمران و رقم زودرس ویناک به ترتیب بیشترین و کمترین عملکرد دانه را در شرایط مطلوب به خود اختصاص دادند. چمران یک رقم متحمل به شرایط محیطی خوزستان بوده و به دلیل پتانسیل بالای تعداد سنبله در واحد سطح و تعداد دانه در سنبله از پتانسیل عملکرد دانهٔ بالایی برخوردار است (۱۸). رادمهر و همکاران (۲) نتیجه گرفتند، ارقام زودرس نظیر فونگ در تاریخ کاشت مطلوب عملکرد کمتری نسبت به ارقام دیررس داشتند. کاهش میزان نیتروژن باعث کاهش معنی‌دار 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 و۳۰ درصد نسبت به تیمار ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار کاهش یافت (جدول۶). رقم چمران و رقم دیررس استار به ترتیب بیشترین و کمترین عملکرد دانه را در شرایط مطلوب به خود اختصاص دادند. مدحج و بنی سعیدی (۱۷) نتیجه گرفتند، رقم چمران به دلیل پتانسیل بالا از نظر تعداد دانه در واحد سطح و رقم استار به دلیل دیررسی و برخورد بیشتر مراحل پس از گرده‌افشانی با گرمای پایان فصل، به ترتیب از پتانسیل عملکرد دانهٔ بالا و پایین‌تری نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها برخوردار بودند. اسپیرتز و همکاران (۲۰۰۶) نیز گزارش دادند رقم چمران (آتیلا)، یک ژنوتیپ متحمل به مناطق گرم است.

جدول۳- خلاصهٔ نتایج تجزیهٔ واریانس مرکب دمای سایه‌انداز، سنبله و برگ پرچم در مرحلهٔ گرده‌افشانی ژنوتیپ‌های گندم در شرایط مطلوب و تنش گرمای پس از گرده‌افشانی

منابع تغییرات	درجهٔ آزادی	میانگین مربعات					
		سایه‌انداز		سنبله		برگ پرچم	
		گرده‌افشانی	مرحلهٔ شیری	گرده‌افشانی	مرحلهٔ شیری	گرده‌افشانی	مرحلهٔ شیری
محیط (تاریخ کاشت)	۱	۵۹۶/۹۰*	۲۵۶/۰۷**	۵۴۸/۵۵*	۲۵۶/۶۸**	۴۷۹۲/۰۰**	۲۷۱/۷۰**
تکرار (محیط)	۴	۴۷/۰۵	۷۲/۵۴	۴۷/۰۳	۷۳/۳۸	۱۴۸۳/۳۴	۷۳/۳۸
نیتروژن	۲	۲۳/۹۴**	۱۰/۹۰**	۱۳/۵۰**	۸/۷۷**	۴۰/۰۵**	۴۵/۵۸**
محیط ×نیتروژن	۲	۱۱/۹۰**	۰/۲۹ns	۱۰/۶۸**	۰/۵۴*	۹/۲۸**	۱۸/۸۹**
اشتباه	۸	۰/۰۵	۰/۱۲	۰/۲۳	۰/۱۴	۰/۱۴	۰/۱۴
ژنوتیپ	۵	۱۵۱/۶۳**	۱۷/۱۷**	۱۰۲/۸۴**	۱۴/۸۳**	۱۱/۸۱**	۱۴۰/۴۸**
محیط ×ژنوتیپ	۵	۴۶/۴۲**	۳۲/۱۷**	۲۹/۰۰**	۲۹/۶۶**	۶/۴۶ns	۳۵/۷۰**
نیتروژن×ژنوتیپ	۱۰	۵/۵۲**	۱۳/۳۶**	۲/۹۳**	۹/۹۵**	۵/۷۳ns	۹/۸۱**
محیط ×نیتروژن× ژنوتیپ	۱۰	۷/۶۰**	۲/۴۴**	۵/۹۹**	۲/۰۱**	۴/۱۵ns	۱۲/۸۳**
اشتباه	۶۰	۰/۷۱	۰/۸۲	۰/۷۹	۰/۸۲	۴/۱۳	۰/۸۲
ضریب تغییرات (درصد)		۴/۰۰	۳/۱۷	۴/۱۰	۳/۱۶	۹/۷۰	۳/۳۵

**و * به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال خطای ۱٪ و ۵٪ ns، اختلاف غیر معنی‌دار

جدول٤- خلاصهٔ نتایج تجزیهٔ واریانس دمای سایه‌انداز، سنبله و برگ پرچم در مرحلهٔ رشد شیری دانهٔ ژنوتیپ‌های گندم در شرایط مطلوب و تنش گرمای پایان فصل

منابع تغییرات	درجهٔ آزادی	میانگین مربعات					
		سایه‌انداز		سنبله		برگ پرچم	
		مطلوب	تنش گرما	مطلوب	تنش گرما	مطلوب	تنش گرما
تکرار	۲	۵۱/۷۰	۹۳/۳۸	۵۳/۳۸	۹۳/۳۸	۵۳/۳۹	۹۴/۳۹
نیتروژن	۲	۳/۸۱ns	۷/۳۸ns	۳/۸۴ns	۵/۴۶ns	۵/۷۲ns	۴/۷۰ns
اشتباه	۴	۰/۱۸	۰/۰۵	۰/۲۲	۰/۰۵	۰/۲۲	۰/۰۵
ژنوتیپ	۵	۳۹/۷۰**	۹/۶۴**	۳۲/۰۹**	۱۲/۴۱ns	۴۶/۷۷**	۷/۹۹ns
نیتروژن×ژنوتیپ	۱۰	۱۰/۵۳**	۵/۲۷**	۷/۱۸**	۴/۷۷**	۸/۵۷**	۷/۷۹**
اشتباه	۳۰	۰/۴۹	۱/۱۶	۰/۴۷	۱/۱۷	۰/۴۸	۱/۱۶
ضریب تغییرات (درصد)		۱۴/۴۰	۳/۵۰	۲/۵۰	۸/۳۰	۲/۷۰	۳/۷۰

** و * به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال خطای ۱٪ و ۵٪ ns، اختلاف غیر معنی‌دار

جدول۵- مقایسهٔ میانگین‌های دمای سایه‌انداز، سنبله و برگ پرچم (درجه سانتیگراد) ژنوتیپ‌های گندم در مرحلهٔ شیری دانه

تیمارها	سایه‌انداز		سنبله		برگ پرچم	
	مطلوب	تنش گرما	مطلوب	تنش گرما	مطلوب	تنش گرما
نیتروژن*						
۱۵۰	۲۶/۶a	۲۸/۰a	۲۷/۰a	۳۱/۰a	۲۵/۳a	۲۸/۰a
۱۰۰	۲۵/۹a	۲۸/۸a	۲۷/۰a	۳۰/۰a	۲۵/۶a	۲۸/۷a
۵۰	۲۵/۸a	۲۸/۹a	۲۶/۸a	۲۹/۹a	۲۶/۰a	۲۸/۹a
ژنوتیپ‌ها						
ویناک	۲۳c	۲۷a	۲۴/۵c	۲۹a	۲۲c	۲۸a
استار	۲۸a	۳۲a	۳۰/۰a	۳۲a	۲۸a	۲۹a
چمران	۲۶b	۲۹a	۲۸/۰b	۳۰a	۲۶b	۲۸a
کرخه	۲۶b	۳۰a	۲۷/۰b	۳۱a	۲۶b	۲۹a
D-۸۴-۵	۲۶b	۳۰a	۲۷/۰b	۳۱a	۲۶b	۲۹a
D-۸۳-۸	۲۵b	۲۹a	۲۷/۰b	۳۰a	۲۵b	۲۸a
میانگین	۲۶/۱	۳۰/۰	۲۷/۰	۳۰/۳	۲۵/۶	۲۸/۶

در هر ستون میانگین هایی که حروف مشترک دارند دارای اختلاف معنی‌دار به روش دانکن در سطح احتمال ۵٪ نیستند.

* تیمار نیتروژن بر حسب کیلوگرم در هکتار

تنش گرمای پایان فصل باعث کاهش معنی‌دار عملکرد گندم در شرایط تنش گرمایی پس از گرده‌افشانی، نسبت به شرایط مطلوب ۲۴ درصد کاهش یافت. میزان کاهش عملکرد دانه به ازای هر یک روز تأخیر در تاریخ کاشت، ۱۷ کیلوگرم در هکتار بود. احمد و میسنر (۱۹۹۶) 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 برخورد مراحل پایانی رشد گندم با تنش گرما و خشکی پایان فصل نسبت داده شد. مقایسهٔ میانگین‌ها نشان داد، بیشترین میزان تغییرات وزن دانه در شرایط تنش گرمای پایان فصل نسبت به شرایط مطلوب به رقم دیررس استار و کمترین آن به ژنوتیپ‌های زودرس ویناک و D-۸۳-۸ اختصاص داشت. تغییرات عملکرد دانه در این ژنوتیپ‌ها با تغییرات وزن هزار دانه در دو محیط مرتبط بود. گرده‌افشانی دیر هنگام در رقم استار باعث افزایش برخورد مرحلهٔ پر شدن دانهٔ این رقم با گرمای پایان فصل، کاهش معنی‌دار وزن هزار دانه و در نتیجه کاهش معنی‌دار عملکرد دانه شد. ژنوتیپ‌های زودرس، مرحلهٔ پر شدن دانه را پیش از فرا رسیدن گرما به پایان رسانده، وزن و همچنین عملکرد دانهٔ این ژنوتیپ‌ها کمتر تحت تأثیر تنش مذکور قرار گرفت.

کلروفیل برگ پرچم

کاهش میزان نیتروژن مصرفی باعث کاهش میزان کلروفیل برگ پرچم شد (جدول۶). تفاوت بین تیمارهای نیتروژن از نظر صفت میزان کلروفیل معنی‌دار نبود. ارقام استار و ویناک به ترتیب بیشترین و کمترین میزان کلروفیل برگ پرچم را در شرایط مطلوب به خود اختصاص دادند. با توجه به همبستگی مثبت و معنی‌دار (r=۰/۹۵**) بین کلروفیل برگ پرچم و عرض برگ به نظر می‌رسد دریافت بیشتر تابش خورشید توسط برگ‌های عریض‌تر باعث افزایش میزان کلروفیل برگ شد. بیشترین و کمترین عرض برگ پرچم در شرایط مطلوب نیز به ترتیب به ارقام استار و ویناک اختصاص داشت.

تفاوت میزان کلروفیل برگ برای سطوح نیتروژن و ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در شرایط تنش گرمای پایان فصل معنی‌دار نشد (جدول۶). همانند شرایط مطلوب، کاهش میزان نیتروژن در شرایط تنش گرمای پایان فصل باعث کاهش میزان کلروفیل برگ شد.

تنش گرمای پایان فصل باعث کاهش معنی‌دار میزان کلروفیل برگ پرچم شد (جدول۶). میانگین میزان کلروفیل برگ پرچم در شرایط تنش گرمای پس از گرده‌افشانی نسبت به شرایط مطلوب ۱۰ درصد کاهش یافت. فیتر و های (۲۰۰۲) گزارش دادند، افزایش دما از طریق اضمحلال کلروفیل و بسته شدن روزنه‌ها باعث کاهش میزان فتوسنتز برگ می‌شود. در این پژوهش، رابطهٔ بین فتوسنتز برگ و دماهای بالاتر از ۲۵ درجهٔ سانتی‌گراد در ارقام گندم کاشته شده در مناطق سرد منفی بود، در حالی که ارقامی که در شرایط گرمسیری رشد می‌کردند، کاهش مشابه فتوسنتز برگ در دماهای بالاتر از ۳۵ درجهٔ سانتی‌گراد رخ داد. وحید و همکاران (۲۸)، کامجو و همکاران (۲) و همچنین ژئو و همکاران (۱۱) نتیجه گرفتند، تولید رادیکال‌های آزاد اکسیژن در شرایط تنش گرما باعث میزان کلروفیل برگ شد. مقایسهٔ میانگین‌ها نشان داد، بیشترین و کمترین تغییرات میزان کلروفیل در شرایط تنش گرمای پایان فصل نسبت به شرایط مطلوب به ترتیب به ارقام استار (۱۴ درصد) و چمران (شش درصد) اختصاص

داشت. ژنوتیپ‌های دیررس نسبت به ژنوتیپ‌های میان‌رس و زودرس شیب تغییرات کلروفیل بیشتری در شرایط تنش نسبت به شرایط مطلوب داشتند. همبستگی بین دمای سایه‌انداز و میانگین عرض برگ‌ها همبستگی مثبت و معنی‌دار وجود داشت (جدول۷).

بنابراین، به نظر می‌رسد برگ‌هایی که با عرض بیشتر از جذب تابش بیشتری برخوردار بودند، دمای بیشتری داشتند. نتایج همچنین نشان داد، اگرچه همبستگی بین شاخص لوله‌ای شدن برگ پرچم و دمای آن منفی شد، اما ضریب این همبستگی معنی‌دار نبود.

همبستگی دمای برگ پرچم در مرحله رشد شیری دانهٔ ژنوتیپ‌های گندم در تاریخ کاشت دیر هنگام و میزان کاهش میزان کلروفیل برگ در این شرایط نسبت به شرایط مطلوب، مثبت و معنی‌دار بود. بنابراین، ژنوتیپ‌هایی که در شرایط تنش گرمای پایان فصل به دلیل دیررسی (ژنوتیپ‌های استار و D–۸۴–۵)، توانایی کمتر در لوله‌ای شدن برگ (ژنوتیپ D–۸۴–۵ و کرخه) و یا عرض برگ بیشتر (ژنوتیپ‌های استار و D–۸۴–۵)، دمای برگ و سایه‌انداز بیشتری داشتند، از میزان کاهش کلروفیل برگ و عملکرد دانهٔ بیشتری نسبت به شرایط مطلوب برخوردار بودند.

این نتایج با گزارش‌های آینه و همکاران (۶) و همچنین وحید و همکاران (۲۸) مطابقت داشت. بررسی رابطهٔ رگرسیونی بین شیب تغییرات عملکرد دانه و کلروفیل برگ پرچم ژنوتیپ‌های گندم در شرایط مطلوب و تنش گرما نشان داد، بین شیب تغییرات میزان کلروفیل برگ پرچم و میزان کاهش عملکرد دانه در شرایط تنش گرما نسبت به شرایط مطلوب، رابطهٔ رگرسیونی خطی، مثبت و معنی‌دار بود (نمودار۱). نتایج همچنین نشان داد، ژنوتیپ‌هایی که از شیب کاهشی کلروفیل برگ بیشتری در شرایط تنش گرمای پایان فصل برخوردار بودند، درصد کاهش عملکرد دانهٔ بیشتری داشتند. رینولدز و همکاران (۲۲) نتیجه گرفتند، رابطهٔ میزان کلروفیل برگ پرچم و عملکرد دانهٔ ژنوتیپ‌های گندم در شرایط تنش گرمای پایان فصل مثبت و معنی‌دار بود.

جدول٦- مقایسهٔ میانگین‌های میزان کلروفیل برگ پرچم، عرض برگ پرچم و عملکرد دانه در شرایط مطلوب و تنش گرمای پس از گرده‌افشانی

تیمارها	میزان کلروفیل برگ پرچم (SPAD)		عرض برگ پرچم (میلی‌متر)		عملکرد دانه (گرم در متر مربع)	
	مطلوب	تنش	مطلوب	تنش	مطلوب	تنش
نیتروژن						
۱۵۰	۵۴/۴a	۴۹a	۱۵/۷a	۱۳/۰a	۴۹۵a	۳۸۰a
۱۰۰	۵۲/۷a	۴۸a	۱۵/۴ab	۱۲/۹a	۴۲۸b	۳۱۷b
۵۰	۵۲/۴a	۴۷a	۱۵/۲b	۱۲/۶a	۳۶۱c	۲۷۵c
ژنوتیپ‌ها						
ویناک	۵۱/۳c	۴۶a	۱۴/۲c	۱۱/۵d	۳۶۸c	۲۹۰c
استار	۵۵/۸a	۴۸a	۱۶/۴ab	۱۴/۷a	۴۱۰bc	۲۸۶c
چمران	۵۱/۴b	۴۸a	۱۴/۷bc	۱۲/۴c	۴۶۶a	۳۷۴a
کرخه	۵۳/۰b	۴۷a	۱۵/۳b	۱۳/۲b	۴۶۰ab	۳۳۰bc
D–۸۴–۵	۵۴/۰a	۴۹a	۱۶/۷a	۱۳/۱b	۴۳۰ab	۳۲۰bc
D–۸۳–۸	۵۳/۴ab	۴۸a	۱۵/۳b	۱۳/۰b	۴۴۲ab	۳۴۷ab
میانگین	۵۳/۰	۴۸/۰	۱۵/۴	۱۲/۸	۴۲۸	۳۲۶

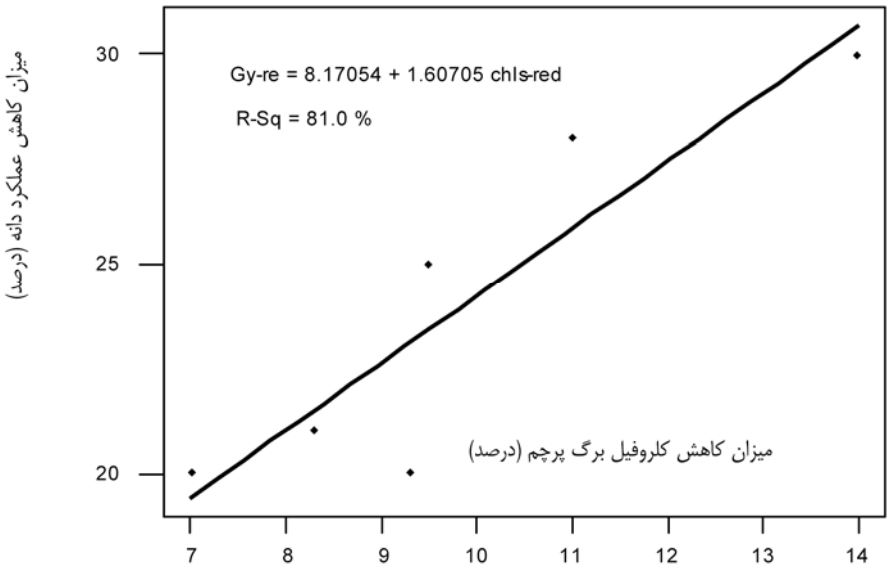
در هر ستون میانگین هایی که حروف مشترک دارند دارای اختلاف معنی‌دار به روش دانکن در سطح احتمال خطای ۵٪ نیستند.

*تیمار نیتروژن بر حسب کیلوگرم در هکتار

جدول۷- ماتریس ضرایب همبستگی بین دمای سایه‌انداز، سنبله و برگ پرچم، میزان کاهش کلروفیل برگ پرچم در شرایط تنش گرما نسبت به شرایط مطلوب، عرض برگ و شاخص لوله‌ای شدن برگ در مرحلهٔ رشد شیری دانه در شرایط تنش گرمای پس از گرده‌افشانی

صفات	میزان کاهش کلروفیل	عرض برگ	شاخص لوله‌ای شدن	دمای سایه‌انداز	دمای سنبله
عرض برگ	۰/۰۹^{ns}				
شاخص لوله‌ای شدن	−۰/۲۴^{ns}	−۰/۳۶^{ns}			
دمای سایه‌انداز	۰/۵۵^{ns}	۰/۷۰*	۰/۰۴^{ns}		
دمای سنبله	۰/۵۴^{ns}	۰/۷۰*	−۰/۰۳^{ns}	۰/۹۷**	
دمای برگ پرچم	۰/۶۳^{ns}	۰/۲۵^{ns}	−۰/۳۶^{ns}	۰/۳۷^{ns}	۰/۵۳^{ns}

**و * به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال خطای ۱٪ و ۵٪



نمودار۱- روند تغییرات رگرسیونی بین درصد کاهش میزان کلروفیل برگ پرچم (Chls-red) و درصد کاهش عملکرد دانه (Gy-red) در شرایط تنش گرمای پس از گرده‌افشانی نسبت به شرایط مطلوب

موهانتی (۱۹) نیز گزارش داد، در شرایط تنش گرمای پایان فصل، ژنوتیپ‌هایی که از شیب تغییرات کلروفیل برگ کمتری برخوردار بودند، عملکرد دانهٔ بیشتری داشتند. به طور کلی، نتایج آزمایش نشان داد، دمای سایه‌انداز، سنبله و برگ پرچم، تحت تأثیر برهمکنش ژنوتیپ و محیط قرار گرفت. اگرچه کاهش میزان نیتروژن، افزایش دمای سایه‌انداز را به همراه داشت، اما این افزایش در مرحلهٔ رشد شیری دانه در شرایط تنش گرمای پایان فصل معنی‌دار نبود. دمای اندام‌های گندم در تمامی تیمارها نسبت به دمای محیط اطراف کمتر بود. تفاوت دمای سایه‌انداز و محیط اطراف در مرحلهٔ شیری دانهٔ ژنوتیپ‌های گندم در شرایط مطلوب (۸-۶ درجهٔ سانتی‌گراد) بیشتر از شرایط تنش گرمای پایان فصل (۳-۲ درجهٔ سانتی‌گراد) بود (داده‌ها ارائه نشده‌اند). با توجه به نتایج سایر پژوهش‌ها مبنی بر بسته‌تر شدن منفذ روزنه‌ها در شرایط تنش گرما (۱۹ و ۲۲) از جهتی، و اهمیت فرآیند تعرق در کاهش دمای برگ از جهتی دیگر، به نظر می‌رسد، کاهش تبادلات بخار آب از طریق روزنه در شرایط تنش گرما باعث افزایش دمای برگ و کاهش تفاوت دمای سایه‌انداز جامعهٔ گیاهی و محیط اطراف آن شد.

در این پژوهش، ویژگی‌های مورفولوژیکی نظیر شاخص لوله‌ای شدن برگ و عرض آن و همچنین ویژگی‌های فنولوژیکی (طول دورهٔ رشد) با دمای اندام‌های گیاهی رابطهٔ مستقیم داشت. همچنین با توجه نتایج مربوط به میزان کلروفیل برگ در شرایط مطلوب و تنش به نظر می‌رسد، محدودیت تولید مواد فتوسنتزی و یا به عبارتی مبداء، از عوامل مهم در کاهش عملکرد دانهٔ ژنوتیپ‌های گندم در شرایط تنش گرمای پایان فصل بود.

منابع

۱- رادمهر، م. ۱۳۷۶. تأثیر تنش گرما بر فیزیولوژی رشد و نمو گندم. انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد، ۲۰۱ صفحه.

۲- نادری، ا.، ا. مجیدی هروان.، ا. هاشمی دزفولی.، ق، نورمحمدی.، وع ا، رضایی. ۱۳۷۸. تحلیل کارایی شاخص‌های ارزیابی کنندهٔ تحمل گیاهان زراعی به تنش های محیطی و معرفی یک شاخص جدید. مجله نهال و بذر: صص۴۰۱- ۳۹۰.

3- Al- Khatib, K, and G. Paulsen. 1984. Enhancement mode of high temperature injury wheat during grain development. Physiol. Plant. 61: 363-368.

4- Amani, I., R. A. Fischer and M. P. Reynolds. 1996. Canopy temperature depression association with yield of irrigated spring wheat cultivars in a hot climate. J. Agron. Crop Sci. 176: 119–129.

5- Araus, J. L., M. P. Reynolds and E. Acevedo. 1993. Leaf posture, grain yield, growth, leaf structure, and carbon isotope discrimination in wheat. Crop Sci. 33, pp. 1273–1279.

6- Ayeneh, A., M. van Ginkel., M. P. Reynolds and K. Ammar. 2002. Comparison of leaf, spike, peduncle and canopy temperature depression in wheat under heat stress. Field Crops Res. 79 (2-3):173-184.

7- Berry, J. and O. Bjorkman. 1980. Photosynthetic response and adaptation to temperature in higher plants. Ann. Rev. Plant Physiol. 31, pp. 491–532.

8- Blum, A. 1988. Plant Breeding for Stress Environments. CRC Press, Boca Raton, FL, p. 72.
9- Fischer, R. A. 1984. Physiological limitation to producing wheat in semitropical and tropical environments and possible selection criteria. In: Villareal, R.L., Klatt, A. (Eds.), Wheat for More Tropical Environments. CIMMYT, Mexico, D.F., pp. 201–230.
10- Fischer, R. A., and D. R. Byerlee. 1991. Trends of wheat production in the warmer areas: major issues and economic considerations. In: Saunders, D.A. (Ed.), Wheat for Nontraditional Warmer Areas. CIMMYT, Mexico, D.F., pp. 3–27.
11- Guo, Y.-P., H. F., Zhou., and L. C. Zhang. 2006. Photosynthetic characteristics and protective mechanisms against photooxidation during high temperature stress in two citrus species. Sci. Hort. 108, 260–267.
12- Halse, N. J., E. A. N. Greenwood., P. Lapins., and C. A. P. Boundy. 2006. An analysis of the effects of nitrogen deficiency on the growth and yield of a Western Australian wheat crop. Aust. J. of Agric Res. 20(6) 987 – 998.
13- Hatfield, J. L., P. J. Pinter, J., E. Chasserary, C. E. Ezra, R. J. Reginato, S. B. Idos and R. D. Jackson. 1984. Effects of panicles on infrared thermometer measurements of canopy temperature in wheat. Agric. For. Meteorol. 32: 97–105.
14- Idso, S. B., R. J. Reginato, K. L. Clawason and M. G. Anderson. 1984. On the stability of the non-water-stressed baselines. Agric. For. Meteorol. 32: 177–182.
15- Jenner, C. F. 1991. Effects of exposure of wheat ears to high temperature on dry matter accumulation and carbohydrate metabolism in the grain of two cultivars. I. Immediate responses. Aust. J. Plant Physiol. 18: 165–177.
16- Modhej, A. 2006. Effect of heat stress after anthesis on grain yield of wheat and barley genotypes. Conference of German Genetics Society and the German Society for Plant Breeding. P95.
17- Modhej, A, and B. Behdarvandi. 2006. Study of the effect of terminal heat stress on source limitation and grain yield in bread wheat genotypes. Conference of German Genetics Society and the German Society for Plant Breeding. P96.
18- Modhej, A., A. Naderi., Y. Emam, A. Aynehband., and G. Normohamadi. 2008. Effects of post-anthesis heat stress and nitrogen levels on grain yield in wheat (*T. durum* and *T. aestivum*) genotypes. International Journal of Plant Production 2 (3): 257-267.
19- Mohanty, N. 2003. Photosynthetic characteristics and enzymatic antioxidant capacity of flag leaf and the grain yield in two cultivars of (*Triticum aestivum* L.) exposed to warmer growth conditions. J. Plant Physiol. 160: 71–74.
20- Peltonen, J., A. Virtanen and E. Haggren. 1995. Using a chlorophyll meter to optimize nitrogen fertilizer application for intensively-managed small-grain cereal. J. Agron. Crop Sci, 147: 309-318.
21- Reynolds, M. P., M. Balota., M. I. B. Delgado., I. Amani and R. A. Fischer. 1994. Physiological and Morphological Traits Associated With Spring Wheat Yield Under Hot, Irrigated Conditions. Aust. J. Plant Physiol. 21(6): 717 – 730.
22- Reynolds, M. P., M. I. Delgado, B. M. Gutierrez-Rodriguez and A. Larque-Saavedra. 2000. Photosynthesis of wheat in a warm, irrigated environment. I. Genetic diversity and crop productivity. Field Crops Res. 66: 37–50.
23- Reynolds, M. P., J. I. Ortiz-Monasterio, and A. McNab (eds.). 2001. Application of Physiology in Wheat Breeding. Mexico, D.F.: CIMMYT.
24- Reynolds, M. P., C. S. Pierre., A. S. I. Saad., M. Vargas and A. G. Condon. 2007. Evaluating Potential Genetic Gains in Wheat Associated with Stress-Adaptive Trait Expression in Elite Genetic Resources under Drought and Heat Stress. Crop Sci. 47:172-189.
25- Saneoka, H. S., and W. Agata. 1996. Cultivars differences in dry matter production and leaf water relations in water-stressed maize. Grassland Sci. 41 (4): 294-301.
26- Tewolde, H., C. J. Fernandez, and C. A. Erickson. 2007. Wheat Cultivars Adapted to Post-Heading High Temperature Stress. J. Agron. Crop Sci. 192(2): 111 – 120.
27- Wahid, A., and Ghazanfar, A., 2006. Possible involvement of some secondary metabolites in salt tolerance of sugarcane. J. Plant Physiol. 163, 723–730.
28- Wahid, A., S. Gelani., M. Ashraf., and M. R. Foolad. 2007. Heat tolerance in plants: An overview. Environmental and Experimental Botany. 61: 199–223.
29- Wardlaw, I. F. 1994. The effect of high temperature on kernel development in wheat: Variability related to pre-heading and post-anthesis conditions. Aust. J. Plant Physiol. 21(6): 731 – 739.
30- 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.
31- Warrington, I. J., R. L. Dunstone and L.M. Green. 1977. Temperature effects at three development stages on yield of the wheat ear. Aust. J. Agric. Res. 28: 11–27.