

اثر سطوح مختلف نیتروژن بر عملکرد دانه، محتوی پروتئین دانه و کارایی زراعی مصرف نیتروژن در ژنوتیپ‌های گندم در دو شرایط بهینه و تنش گرمای پس از گرده‌افشانی

Effect of Different Nitrogen Levels on Grain Yield, Grain Protein Content and Agronomic Nitrogen Use Efficiency in Wheat Genotypes under Optimum and Post-anthesis Heat Stress Conditions

عادل مدحج^۱، احمد نادری^۲، یحیی امام^۳، امیر آینه‌بند^۴ و قربان نورمحمدی^۵

- ۱- استادیار، دانشگاه آزاد اسلامی شوشتر
- ۲- استادیار، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان (اهواز)
- ۳- استاد، دانشگاه شیراز
- ۴- استادیار، دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید چمران
- ۵- استاد، واحد علوم و تحقیقات تهران، دانشگاه آزاد اسلامی

تاریخ دریافت: ۱۳۸۷/۷/۳۰ تاریخ پذیرش: ۱۳۸۸/۱۰/۱۰

چکیده

مدحج، ع.، نادری، ا.، امام، ی.، آینه‌بند، ا. و نورمحمدی، ق. ۱۳۸۸. اثر سطوح نیتروژن بر عملکرد دانه، محتوی پروتئین دانه و کارایی زراعی مصرف نیتروژن در ژنوتیپ‌های گندم در دو شرایط بهینه و تنش گرمای پس از گرده‌افشانی. *مجله به‌زراعی نهال و بذر* ۲-۲۵ (۴): ۳۷۱-۳۵۳.

به منظور مطالعه اثر سطوح مختلف نیتروژن بر عملکرد دانه، درصد پروتئین دانه و کارایی زراعی مصرف نیتروژن ژنوتیپ‌های گندم در شرایط بهینه و تنش گرمای پس از گرده‌افشانی، این پژوهش در دو سال زراعی ۱۳۸۵-۱۳۸۶ و ۱۳۸۶-۱۳۸۷ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه آزاد اسلامی اهواز انجام شد. این پژوهش در دو آزمایش مستقل، هر یک به صورت کرت‌های 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 آخر 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 (چمران، استار، ویری‌ناک، کرخه، D-۸۳-۸ و D-۸۴-۵) در کرت‌های فرعی بررسی شدند. نتایج نشان دادند که در هر دو شرایط بهینه و تنش گرمای انتهای فصل، کاهش میزان نیتروژن باعث کاهش معنی‌دار عملکرد دانه شد. اثر این تیمار بر وزن هزار دانه معنی‌دار نبود. افزایش دما در مرحله پر شدن دانه، میانگین عملکرد دانه و وزن هزار دانه ژنوتیپ‌های گندم را به ترتیب ۲۴ و ۳۱ درصد کاهش داد. کاهش مقدار نیتروژن باعث افزایش کارایی زراعی مصرف نیتروژن شد. کارایی زراعی مصرف نیتروژن در تنش گرمای پایان فصل نسبت به شرایط بهینه ۴/۸٪ در ۴۷ درصد کاهش یافت. محدوده درصد پروتئین دانه ژنوتیپ‌های گندم مورد مطالعه در شرایط بهینه، ۴/۱۲-۱۱ درصد و در شرایط تنش گرمای آخر فصل، ۸/۱۳-۶/۱۲ درصد بود. افزایش مقدار نیتروژن و تنش گرمای پایان فصل باعث افزایش درصد پروتئین دانه شد. عملکرد پروتئین دانه در واحد سطح در شرایط تنش گرمای پایان فصل نسبت به شرایط بهینه ۹ درصد کاهش یافت. عملکرد پایین دانه در شرایط تنش گرمای پس از گرده‌افشانی با افزایش درصد پروتئین دانه و کاهش عملکرد پروتئین دانه در واحد سطح همراه بود.

واژه‌های کلیدی: گندم، نیتروژن، تنش گرمای پس از گرده‌افشانی، کارایی زراعی نیتروژن و درصد پروتئین دانه.

مقدمه

برخی از پژوهش‌ها نشان داده‌اند که اگرچه وزن و عملکرد دانه در شرایط تنش گرما کاهش می‌یابد، اما کاهش دوره پر شدن دانه باعث کاهش دوره پر شدن دانه از مواد کربوهیدراتی و افزایش نسبت پروتئین به کربوهیدرات دانه می‌شود (Tahir et al., 2007; Subedi et al., 2007). طاهر و همکاران (Tahir et al., 2007) اثر تنش گرمای انتهای فصل بر عملکرد کمی و کیفی دانه ۵۰ ژنوتیپ گندم را مورد مطالعه قرار دادند و گزارش کرده‌اند که افزایش دمای محیط در مراحل پس از گرده‌افشانی باعث افزایش میزان پروتئین دانه می‌گردد. این پژوهشگران همچنین نتیجه گرفتند که تنش گرما باعث افزایش همزمان پروتئین‌های محلول و غیر محلول می‌شود. سوبدی و همکاران (Subedi et al., 2007) با بررسی اثر سطوح نیتروژن بر درصد پروتئین دانه در تاریخ‌های کاشت متفاوت گزارش دادند، اگرچه تاخیر در تاریخ کاشت باعث کاهش عملکرد دانه شد، اما محتوای پروتئین دانه را افزایش داد. در این پژوهش، کاهش میزان نیتروژن مصرفی، کاهش درصد پروتئین دانه را به دنبال داشت. لمون (Lemon, 2007) گزارش داد، کاهش طول دوره پر شدن دانه در اثر برخورد این مرحله از رشد با شرایط خشک و گرم پایان فصل باعث افزایش محدودیت تجمع کربوهیدرات‌ها در دانه، افزایش درصد پروتئین و کاهش وزن دانه شد. بلومنتال و همکاران

پروتئین دانه گندم به دلیل حجم بالای مصرف، بخش عمده‌ای از نیاز غذایی انسان را تامین می‌کند (Lemon, 2007). میزان پروتئین دانه گندم تحت تاثیر مدیریت‌های زراعی نظیر میزان، زمان و چگونگی مصرف نیتروژن، نوع ژنوتیپ و شرایط محیطی در مراحل قبل و پس از گرده‌افشانی و همچنین برهمکنش عوامل محیطی و نوع ژنوتیپ قرار دارد (Cox and Rains, 1985; Graybosch et al., 1996; Huebner et al., 1997).

در حال حاضر اصلاح و معرفی ژنوتیپ‌هایی با عملکرد دانه بالا و درصد پروتئین مناسب از جمله اهداف اصلی برنامه‌های به‌زادی گندم به شمار می‌رود، اما به دلیل همبستگی منفی و معنی‌دار میان وزن و عملکرد دانه با درصد نیتروژن (پروتئین) دانه، معرفی ژنوتیپ یا ژنوتیپ‌هایی با ویژگی‌های مذکور تا کنون کمتر موفقیت آمیز بوده است (Beninati and Busch, 1992). در اکثر پژوهش‌ها افزایش میزان کود نیتروژن موجب افزایش درصد پروتئین دانه شده است (Fowler, 2003). از آنجایی که انتقال مجدد نیتروژن از اندام‌های رویشی به دانه، سهم بسزایی در میزان پروتئین دانه ایفا می‌کند، بنابراین، توزیع نیتروژن ذخیره شده در اندام‌های رویشی و انتقال آن به دانه در شرایط تنش گرمای پایان فصل دارای اهمیت زیادی است (Papakosta and Gagianas, 1991). نتایج

نتایج با گزارش وان سانفورد و مک کاون (Van Sanford and MacKown, 1997) مغایرت داشت. این پژوهشگران نتیجه گرفتند که اثر متقابل محیط \times ژنوتیپ بر کارایی زراعی مصرف نیتروژن معنی دار نیست.

با توجه به پژوهش‌های انجام شده به نظر می‌رسد، برخورد مراحل پایانی رشد ژنوتیپ‌های گندم با تنش گرمای انتهایی فصل، از طریق کاهش مدت پر شدن دانه (Ehdaie and Waines, 2001)، کاهش ذخیره کربوهیدرات‌ها و افزایش سرعت ذخیره مواد نیتروژن‌دار (Panozzo and Eagles, 1999)، موجب افزایش میزان (درصد) پروتئین دانه می‌شود. تاخیر در تاریخ کاشت ژنوتیپ‌های گندم علاوه بر گسترش دامنه برخورد مرحله پر شدن دانه با تنش گرما (Lemon, 2007)، باعث کاهش توسعه ریشه و کارایی جذب نیتروژن در گیاه می‌شود (Cartel et al., 2006). این تغییرات در شرایط بهینه رشد گیاه در پایان به کاهش میزان پروتئین دانه در واحد سطح می‌انجامد. در برخی پژوهش‌ها گزارش شده است که همبستگی میان عملکرد دانه و درصد پروتئین دانه منفی و معنی دار می‌باشد (Lemon, 2007; Subedi et al., 2007). بنابراین به نظر می‌رسد، با وجود اینکه افزایش میزان نیتروژن، افزایش درصد پروتئین را به دنبال دارد، اما افزایش کارایی زراعی مصرف نیتروژن که در اغلب پژوهش‌ها از همبستگی مثبتی با عملکرد دانه برخوردار است

(Blumenthal et al., 1995) با بررسی اثر تنش گرمای پس از گرده‌افشانی بر ویژگی‌های کیفی دانه ۴۰ ژنوتیپ گندم، نتیجه گرفتند که میانگین محتوی پروتئین دانه تمامی ژنوتیپ‌ها در دمای ۴۰ درجه سانتیگراد برای مدت ۱۰ ساعت، ۱۷ درصد افزایش یافت. اسپیرتز و همکاران (Spiertz et al., 2006) با بررسی اثر دماهای مختلف شب و روز در مرحله پر شدن دانه بر ویژگی‌های کمی و کیفی دانه ژنوتیپ‌های گندم حساس و متحمل به تنش گرما، گزارش کردند که تنش گرما باعث کاهش عملکرد دانه و وزن دانه و افزایش درصد پروتئین دانه شد. نتایج پژوهش‌های اهدایی و وینز (Ehdaie and Waines, 2001) نشان داد که تاخیر در تاریخ کاشت موجب کاهش عملکرد پروتئین دانه در واحد سطح شد در حالی که بر روی درصد پروتئین دانه اثر نداشت. در این پژوهش کاهش عملکرد پروتئین به دلیل کاهش وزن و عملکرد دانه در واحد سطح بود. کاسترو و همکاران (Castro et al., 2005) نیز گزارش کردند که تنش گرما اثر معنی داری بر درصد پروتئین دانه ندارد. کوکس و رینز (Cox and Rains, 1985) نتیجه گرفتند که برخورد مراحل پس از گرده‌افشانی در ژنوتیپ‌های گندم با شرایط خشک و گرم در برخی مناطق مدیترانه‌ای، به دلیل کاهش جذب و متابولیسم نیتروژن و در نتیجه کاهش کارایی زراعی مصرف نیتروژن باعث کاهش میزان نیتروژن و پروتئین در واحد سطح می‌شود. این

آزمون خاک نیازی به مصرف پتاسیم نبود. مقدار مواد آلی در لایه‌های ۰-۳۰ و ۳۰-۶۰ سانتیمتر در سال ۱۳۸۶-۱۳۸۵ به ترتیب ۰/۷۶ و ۰/۵۲ درصد و در سال ۱۳۸۷-۱۳۸۶ به ترتیب ۰/۷۸ و ۰/۶۱ ارزیابی شد. محل اجرای آزمایش دارای اقلیم گرم و خشک با زمستان‌های معتدل و تابستان‌های گرم می‌باشد. میانگین دما در فصل رشد گندم، میانگین حداکثر و حداقل آن در سال اول آزمایش به ترتیب ۲۱، ۲۶/۸ و ۱۵ درجه سانتیگراد و در سال دوم به ترتیب ۲۱، ۲۸/۷ و ۱۳/۶ درجه سانتیگراد بود. میانگین دما در مرحله رشد دانه ژنوتیپ‌های گندم در تاریخ کاشت بهینه 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. جدول ۱ میانگین و میانگین حداکثر و حداقل و دمای محل آزمایش در دو سال انجام پژوهش را ارائه می‌کند. این پژوهش در دو آزمایش مستقل (تاریخ کشت بهینه و دیر هنگام)، هر یک به صورت کرت‌های یک‌بار خرد شده و 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 انتهای فصل، تاریخ کاشت آزمایش دیگر در اوائل بهمن انجام گرفت. در هر آزمایش، کرت‌های اصلی شامل سه سطح کود نیتروژن ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار و

(Ehdaie and Waines, 2001)، باعث کاهش درصد پروتئین دانه می‌شود. با توجه به اهمیت تنش گرمای آخر فصل در شرایط آب و هوایی خوزستان و همچنین اثر تشدید کننده تنش‌های مدیریتی نظیر کمبود نیتروژن در این منطقه و برخی مناطق دیگر در کشور، برای ارزیابی تاثیر برهمکنش این تنش‌ها بر میزان پروتئین دانه و همچنین رابطه کارایی مصرف نیتروژن با عملکرد کمی و کیفی ژنوتیپ‌های گندم مطالعاتی انجام نشده است. در این پژوهش، اثر نیتروژن بر عملکرد دانه و محتوی پروتئین دانه و کارایی زراعی مصرف نیتروژن برای شش ژنوتیپ گندم در شرایط بهینه و تنش گرمای انتهای فصل مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در دو سال زراعی ۱۳۸۵-۱۳۸۶ و ۱۳۸۶-۱۳۸۷ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه آزاد اسلامی اهواز، واقع در شهرستان اهواز با مختصات جغرافیایی ۲۰°:۴۰' طول شرقی و ۳۲°:۲۰' 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 سانتی متری خاک به ترتیب ۵/۳، ۶/۸ و ۲۲۰ واحد در میلیون در سال ۱۳۸۵-۱۳۸۶ و ۵/۴، ۷/۱ و ۲۲۴ واحد در میلیون در سال ۱۳۸۶-۱۳۸۷ ارزیابی گردید. با توجه به نتایج

جدول ۱- میانگین بیشینه و کمینه و میانگین دمای محل انجام آزمایش در دو سال زراعی ۸۶-۱۳۸۵ و ۸۷-۱۳۸۶

Table 1. Mean, maximum and minimum temperatures at experimental site in 2007-2008 and 2008-2009 cropping seasons

		دما (درجه سانتیگراد) Temperature (°C)					
		میانگین Mean Temp.		میانگین بیشینه Mean Max.		میانگین کمینه Mean Min.	
Month	ماه	2007-2008	2008-2009	2007-2008	2008-2009	2007-2008	2008-2009
Oct.-Nov.	آبان	22.1	24.0	27.4	32.0	16.8	16.4
Nov.-Dec.	آذر	13.6	22.2	18.6	33.0	8.6	11.0
Dec.-Jan.	دی	9.9	10.3	14.3	15.6	5.5	5.0
Jan.-Feb.	بهمن	14.9	13.7	20.3	19.4	9.5	8.0
Feb.-March	اسفند	18.0	19.0	24.1	26.3	11.8	12.0
March-April	فروردین	22.6	26.6	29.0	34.0	16.3	19.0
April-May	اردیبهشت	30.0	31.5	37.0	39.0	22.7	24.0

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 (یک دوم) در هر تیمار کودی در مرحله ساقه رفتن به صورت سرک مصرف شد. به منظور تعیین عملکرد دانه، 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. میزان نیتروژن دانه در مرحله رسیدگی با استفاده از روش کلیدال محاسبه شده و سپس درصد پروتئین دانه با استفاده از رابطه زیر تعیین شد (Voltas et al., 1997):

$$\text{پروتئین (درصد)} = 5/7 \times \text{نیتروژن (درصد)}$$

عملکرد پروتئین دانه از حاصل ضرب عملکرد دانه در درصد پروتئین دانه به

کرت‌های فرعی شامل شش ژنوتیپ گندم (سه رقم گندم نان چمران، استار و ویری ناک و یک رقم گندم دوروم کرخه و دو لاین گندم دوروم ۵-۸۴-D و ۸-۸۳-D) بودند.

کرت شاهد بدون مصرف کود نیتروژن به منظور محاسبه کارایی مصرف نیتروژن در نظر گرفته شد که در محاسبه‌های آماری وارد نشد. مقدار بذر در واحد سطح بر اساس توصیه‌های پژوهشی با تراکم ۴۰۰ و ۵۰۰ بوته در متر مربع به ترتیب برای ژنوتیپ‌های گندم دوروم و نان در نظر گرفته شد. در هر کرت، ژنوتیپ‌ها در شش خط کاشته شدند. طول هر خط سه متر و فاصله بین ردیف‌ها ۰/۲ متر بود. کود نیتروژن از منبع اوره (۴۶٪) بر حسب تیمار نیتروژن و فسفر به میزان ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار فسفر خالص از منبع فسفات آمونیم به خاک اضافه شد. یک

رقم چمران و رقم زودرس ویری‌ناک به ترتیب بیشترین و کمترین عملکرد دانه را در شرایط بهینه به خود اختصاص دادند (جدول ۳). چمران یک رقم سازگار به شرایط محیطی خوزستان می‌باشد و به دلیل تعداد سنبله زیاد در واحد سطح و تعداد دانه بیشتر در سنبله از پتانسیل عملکرد دانه بالایی برخوردار است (Modhej *et al.*, 2008). رادمهر و همکاران (Radmehr *et al.*, 2005) نتیجه گرفتند، ارقام زودرس نظیر فونگک در تاریخ کاشت بهینه 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 و ۳۰ درصد نسبت به تیمار ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار کاهش یافت. رقم چمران و رقم دیررس استار به ترتیب بیشترین و کمترین عملکرد دانه را در شرایط بهینه به خود اختصاص دادند (جدول ۳). مدحج و بنی سعیدی (Modhej and Banisaeedi, 2007) نتیجه گرفتند، 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 انتهای فصل، به ترتیب از پتانسیل عملکرد دانه بالا و پایین‌تری نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها برخوردار بودند. تنش گرمای انتهای فصل باعث کاهش معنی‌دار عملکرد دانه شد (جدول ۳). بطوری که میانگین دانه ژنوتیپ‌های گندم در شرایط تنش گرمای

دست آمد. کارایی زراعی نیتروژن با استفاده از رابطه زیر محاسبه شد (Timsina *et al.*, 2001):

$$ANUE(kg.kg^{-1}) = \frac{GY(N_x) - GY(N_0)}{N_x}$$

در این رابطه: Grain yield (N_0): $GY(N_0)$ و Grain yield (N_x): $GY(N_x)$

به ترتیب عملکرد دانه در کود صفر و عملکرد دانه در تیمار کود مورد نظر است. تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از نرم افزار آماری SAS انجام شد. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌های دانکن در سطح احتمال ۵٪ صورت گرفت.

نتایج و بحث

عملکرد دانه

در شرایط بهینه، اثر نیتروژن، ژنوتیپ و برهمکنش آنها بر عملکرد دانه در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود (جدول ۲). کاهش مقدار نیتروژن باعث کاهش معنی‌دار عملکرد دانه شد، بطوری 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. اهدایی و وینز (Ehdaie and Waines, 2001) نیز نتیجه گرفتند، کاهش مقدار کود نیتروژن از ۱۷۰ به ۱۰۵ کیلوگرم در هکتار میانگین عملکرد دانه ژنوتیپ‌های گندم نان، گندم دوروم و تریتیکاله را در تاریخ کاشت بهینه ۳۱ درصد کاهش داد.

جدول ۲- خلاصه تجزیه واریانس مرکب عملکرد دانه، وزن هزار دانه، درصد پروتئین دانه، عملکرد پروتئین و کارایی زراعی مصرف نیتروژن در شرایط بهینه و تنش گرمای پس از گردهافشانی

Table 2. Summary of combined analysis of variance for grain yield (GY), 1000-grain weight (TGW), grain protein content (GPC), grain protein yield (GPY) and agronomic nitrogen use efficiency (ANUE) under optimum and post-anthesis heat stress conditions

S.O.V.	منابع تغییرات	درجه آزادی	تنش گرمای پس از گردهافشانی					شرایط بهینه				
			Post-anthesis heat stress conditions					Optimum conditions				
		df	GY	TGW	ANUE	GPY	GPC	GY	TGW	ANUE	GPY	GPC
Year (Y)	سال	1	10918 ^{ns}	12.74 ^{ns}	0.009 ^{ns}	106.0 ^{ns}	1.24 ^{ns}	5684 ^{ns}	338.5 ^{ns}	1.78 ^{ns}	119.01 ^{ns}	1.22 ^{ns}
Rep./Y	تکرار/سال	4	478 ^{ns}	3.30 ^{ns}	0.012 ^{ns}	1471.8 ^{ns}	147.85 ^{ns}	211 ^{ns}	23.1 ^{ns}	0.33 ^{ns}	2526.06 ^{ns}	136.26 ^{ns}
Error (a)	اشتباه (الف)	8	133	10.08	0.011	31.4	0.35	4532 ^{**}	19.2	0.50	46.94	0.33
Nitrogen (N)	نیتروژن	2	131881 ^{**}	1.40 ^{ns}	3.141 ^{**}	3650.4 ^{**}	15.77 ^{**}	195849 ^{**}	67.0 ^{ns}	19.67 ^{**}	3981.55 ^{**}	10.17 ^{ns}
Y × N	سال × نیتروژن	2	1802 ^{**}	0.80 ^{ns}	0.412 ^{**}	31.51 ^{ns}	0.08 ^{ns}	24937 ^{**}	35.6 ^{ns}	0.76 ^{ns}	424.22 ^{**}	0.05 ^{ns}
Genotype (G)	ژنوتیپ	5	25590 ^{**}	308.96 ^{**}	0.988 ^{**}	529.8 ^{**}	3.44 ^{ns}	23105 ^{**}	445.7 ^{**}	2.17 ^{**}	642.81 ^{**}	00.46 ^{ns}
Y × G	سال × ژنوتیپ	5	18067 ^{**}	40.37 ^{**}	0.669 ^{**}	309.5 ^{**}	0.08 ^{ns}	18066 ^{**}	78.1 ^{**}	0.49 [*]	260.91 ^{**}	0.06 ^{ns}
N × G	نیتروژن × ژنوتیپ	10	10765 ^{**}	1.20 ^{ns}	0.155 ^{**}	237.2 ^{**}	3.96 ^{**}	4157 ^{**}	22.3 ^{**}	0.12 ^{ns}	85.78 ^{**}	0.70 ^{ns}
Y × N × G	سال × نیتروژن × ژنوتیپ	10	4824 ^{**}	1.23 ^{ns}	0.210 ^{**}	79.5 ^{**}	0.09 ^{ns}	2954 ^{**}	19.9 ^{**}	0.39 [*]	52.47 ^{ns}	0.07 ^{ns}
Error (b)	اشتباه (ب)	60	485	5.71	0.018	18.7	0.58	1255	9.4	0.17	28.53	0.57

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

* و **: به ترتیب معنی دار در سطح احتمال خطای ۵٪ و ۱٪

ns: Non-significant

ns: غیر معنی دار

جدول ۳- مقایسه میانگین‌های عملکرد دانه، وزن هزار دانه، درصد و عملکرد پروتئین دانه و کارایی زراعی مصرف نیتروژن برای سطوح نیتروژن و ژنوتیپ‌های گندم مورد مطالعه در شرایط بهینه و تنش گرمای پس از گرده‌افشانی

Table 3. Mean comparison for grain yield (GY), 1000-grain weight (TGW), grain protein content (GPC), grain protein yield (GPY) and agronomic nitrogen use efficiency (ANUE) for different nitrogen levels and wheat genotypes under optimum and post-anthesis heat stress conditions

تیمارها Treatments	تنش گرمای پس از گرده‌افشانی Post-anthesis heat stress conditions					شرایط بهینه Optimum conditions				
	GY (g.m ²)	TGW (g)	ANUE (kg.kg ⁻¹)	GPY (g.m ⁻²)	GPC (%)	GY (g.m ²)	TGW (g)	ANUE (kg.kg ⁻¹)	GPY (g.m ⁻²)	GPC (%)
	نیتروژن (کیلوگرم در هکتار) Nitrogen (kg/ha)									
150	380a	27a	9.6b	55.4a	13.7a	495a	40a	18c	59.9a	12.1a
100	317b	26a	11.0b	44.1b	13.2ab	428b	37a	21b	50.0b	11.6a
50	275c	25a	15.0a	35.3c	12.4b	361c	37a	32a	38.9c	11.0a
ژنوتیپ Genotype										
Vee/Nac	290c	26b	9.5b	35.8b	12.6a	368c	32c	21bc	40.5b	11.0a
Star	286c	23c	9.3b	39.6b	13.4a	410bc	35c	18c	46.0b	11.6a
Chamran	374a	22c	15.0a	53.0a	13.3a	466a	31c	26ab	50.6ab	11.6a
Karkheh	330bc	32a	14.0a	44.3ab	13.1a	460ab	45a	28a	51.5ab	11.7a
D-84-5	320bc	27b	12.0a	48.1ab	13.8a	430ab	40b	24ab	58.4a	12.4a
D-83-8	347ab	29b	12.0a	46.3ab	12.7a	442ab	42ab	26ab	50.2ab	11.3a

میانگین‌هایی، در هر ستون، که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵٪ تفاوت معنی‌دار ندارند.

Means, in each column, followed by at least one letter in common are not significantly different at the 5% probability level -using Duncan's Multiple Range Test.

پس از گرده‌افشانی نسبت به شرایط بهینه ۲۴ درصد کاهش یافت. کمترین تغییرات عملکرد دانه در ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در سطح مختلف نیتروژن به رقم زودرس ویری‌ناک اختصاص داشت (جدول ۴).

ژنوتیپ‌هایی نظیر چمران و ۸-۸۳-D که از عملکرد دانه بالاتری در تیمار کودی مطلوب (۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار) برخوردار بودند، شیب تغییرات عملکرد دانه بیشتری در تیمار کودی ۵۰ کیلوگرم نیتروژن نسبت به ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار داشتند (جدول ۴). 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) گزارش دادند که در شرایط محیطی بنگلادش به ازای هر یک روز تاخیر در تاریخ کاشت بهینه اول دسامبر، عملکرد دانه در حدود ۴۴ کیلوگرم در هر هکتار کاهش یافت، که این کاهش به دلیل برخورد مراحل انتهایی رشد گندم با تنش گرما و خشکی انتهایی فصل بود. مقایسه میانگین‌ها نشان داد، بیشترین میزان تغییرات وزن دانه در شرایط تنش گرمای انتهایی فصل نسبت به شرایط بهینه به رقم دیررس استار و کمترین آن به ژنوتیپ‌های زودرس ویری‌ناک و ۸-۸۳-D اختصاص داشت (جدول ۳). تغییرات عملکرد دانه در این ژنوتیپ‌ها با تغییرات وزن هزار دانه در دو محیط مرتبط بود. گرده‌افشانی دیر هنگام در رقم استار باعث افزایش مواجهه طولانی‌تر

مرحله پر شدن دانه این رقم با گرمای انتهایی فصل، کاهش معنی‌دار وزن هزار دانه و در نتیجه کاهش معنی‌دار عملکرد دانه شد. ژنوتیپ‌های زودرس، مرحله پر شدن دانه را پیش از فرا رسیدن گرما به پایان رسانده، وزن و همچنین عملکرد دانه این ژنوتیپ‌ها کمتر تحت تاثیر تنش مذکور قرار گرفت.

وزن هزار دانه

اثر نیتروژن بر صفت وزن هزار دانه معنی‌دار نبود (جدول ۲). 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، کمبود نیتروژن باعث کاهش تعداد سنبله و تعداد دانه در سنبله شد، اما تاثیر معنی‌داری بر وزن دانه نداشت. مقایسه میانگین‌ها نشان داد، بیشترین کمترین وزن دانه در شرایط بهینه به ترتیب به ارقام کرخه و چمران اختصاص داشت (جدول ۳).

در شرایط تنش گرمای انتهایی فصل، تفاوت وزن هزار دانه برای ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار شد (جدول ۲). بین سطوح مختلف نیتروژن از نظر صفت مذکور تفاوت معنی‌دار مشاهده نشد (جدول ۳). بیشترین و کمترین وزن دانه در ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در شرایط تنش گرمای پایان فصل به ترتیب به ارقام کرخه و استار اختصاص داشت (جدول ۳). نادری (Naderi, 2000) گزارش داد، رقم استار یک رقم دیررس می‌باشد و تاخیر در مرحله

جدول ۴- مقایسه میانگین‌های اثر متقابل نیتروژن × ژنوتیپ بر عملکرد دانه، وزن هزار دانه، درصد و عملکرد پروتئین دانه و کارایی زراعی مصرف نیتروژن در شرایط بهینه و تنش گرمای پس از گرده‌افشانی
 Table 4. Mean comparison of nitrogen × genotypes on grain yield (GY), 1000-grain weight (TGW), grain protein content (GPC), grain protein yield (GPY) and agronomic nitrogen use efficiency (ANUE) under optimum and terminal heat stress conditions

تیمارها Treatments	تنش گرمای پس از گرده‌افشانی Post-anthesis heat stress conditions					شرایط بهینه Optimum conditions				
	GY (g. m ⁻²)	TGW (g)	ANUE (kg.kg ⁻¹)	GPY (g.m ⁻²)	GPC (%)	GY (g. m ⁻²)	TGW (g)	ANUE (kg.kg ⁻¹)	GPY (g.m ⁻²)	GPC (%)
50 kg/ha Nitrogen						۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن				
Vee/Nac	310j	32c	1.1def	25e	12.1ab	230i	24d	2.8bc	32h	10.9a
Star	350hij	34bc	1.3cde	36de	12.8ab	272fgh	23d	2.7c	40efgh	11.2a
Chamran	390fghij	31c	1.9a	44bcd	13.3ab	324def	21d	3.4ab	40efgh	10.8a
Karkheh	390fghij	45a	1.6abc	34de	12.9ab	249ghi	31a	3.6a	35gh	10.9a
D-84-5	367ghij	37abc	1.6abc	32de	11.3b	273fgh	27c	3.4ab	46bcde	12.0a
D-83-8	361hij	40abc	1.7ab	40cd	12.4ab	305efg	28c	3.5ab	38efgh	10.4a
100 kg/ha Nitrogen						۱۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن				
Vee/Nac	331hij	33bc	0.8fg	31de	12.5ab	247ghi	25d	1.9ef	38efgh	10.9a
Star	390fghi	32c	0.8fg	40cd	13.6ab	284efgh	23d	1.5f	45cdefg	11.6a
Chamran	468cdef	32c	1.3cde	54ab	13.2ab	377abc	22d	2.5cde	51bcdef	11.6a
Karkheh	470bcd	43ab	1.5bc	43bcd	12.9ab	325def	31a	2.6cd	55bcd	12.0a
D-84-5	455bcde	40abc	1.2cde	51abc	14.4ab	341cde	27c	2.0def	56bcd	12.0a
D-83-8	445bcde	40abc	0.9efg	44bcd	12.9ab	333de	29b	2.3cde	53bcde	11.6a
150 kg/ha Nitrogen						۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن				
Vee/Nac	401bcde	33c	0.9efg	60a	13.2ab	390abc	26d	1.8ef	50bcdef	11.2a
Star	463bcd	35bc	0.6g	42bcd	13.7ab	302efg	22d	1.3f	52bcde	12.0a
Chamran	532a	36abc	1.1def	60a	13.6ab	421a	23d	1.8ef	60ab	12.0a
Karkheh	523ab	45a	1.3cd	55ab	13.6ab	389abc	32a	2.3cde	64ab	12.4a
D-84-5	506c	40abc	1.0def	61a	15.6a	375bcd	28b	1.9ef	72a	12.0a
D-83-8	501abc	44ab	1.0def	54ab	13.0ab	404ab	29b	1.9ef	60ab	12.4a

میانگین‌هایی، در هر ستون، که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵٪ تفاوت معنی‌دار ندارند.

Means, in each column, followed by at least one letter in common are not significantly different at the 5% probability level -using Duncan's Multiple Range Test.

بالا به تنش گرمای پایان فصل، از پتانسیل عملکرد دانه بالایی در شرایط بهینه و تنش گرما برخوردار بود.

کارایی زراعی مصرف نیتروژن

اثر نیتروژن، ژنوتیپ و برهمکنش نیتروژن × ژنوتیپ بر کارایی زراعی مصرف نیتروژن در سطح احتمال ۱٪ معنی دار بود (جدول ۲). بیشترین و کمترین کارایی زراعی مصرف نیتروژن به تیمارهای ۵۰ و ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار اختصاص داشت (جدول ۳).

با کاهش میزان نیتروژن از ۱۵۰ کیلوگرم به ۱۰۰ و ۵۰ کیلوگرم در هکتار، کارایی زراعی مصرف نیتروژن به ترتیب ۱۴/۳ و ۴۳ درصد افزایش یافت. این نتایج با گزارش بیسواز و موخرجی (Biswas and Mukherjee, 1987) و گریف (Greef, 1994) مطابقت داشت. مدحج و فتحی (Modhej and Fathi, 2008) بیان کردند، بالاترین کارایی زراعی مصرف نیتروژن معمولاً با مصرف اولین واحد کود حاصل می شود، با افزایش میزان کود نیتروژن، واحدهای بعدی افزایش کمتری را موجب می شوند. دوپل و هالفورد (Doyle and Holford, 1993) علت کاهش کارایی زراعی مصرف نیتروژن در اثر افزایش مصرف کود نیتروژن را با افزایش سرعت از دست رفتن عنصر مذکور از طریق آبشویی و تصعید و یا عدم جذب موثر آن توسط گیاه مرتبط دانستند. ارقام کرخه و استار به ترتیب

گرده افشانی این رقم باعث مواجهه طولانی تر مراحل پس از گرده افشانی آن با خشکی انتهای فصل و در نتیجه کاهش وزن و عملکرد دانه آن شد.

تفاوت وزن هزار دانه در دو محیط در سطح احتمال ۱٪ معنی دار بود (جدول ۵). مقایسه میانگین های وزن هزار دانه در دو محیط نشان داد، وزن هزار دانه ژنوتیپ های مورد مطالعه در شرایط تنش گرمای پایان فصل نسبت به شرایط بهینه ۳۱ درصد کاهش یافت (جدول ۳).

نتایج پژوهش های دیگر نیز نشان می دهند که وزن دانه در شرایط تنش گرمای پایان فصل بیش از سایر اجزای عملکرد دانه تحت تاثیر قرار می گیرد (Spirtz et al., 2006; Main et al., 2007 and Lemon, 2007). بیشترین و کمترین شیب تغییرات وزن دانه در شرایط تنش گرمای پایان فصل نسبت به شرایط بهینه، به ترتیب به ارقام استار و ویری ناک اختصاص داشت. مدحج (Modhej, 2007) نتیجه گرفت، رقم دیررس استار به دلیل برخورد بیشتر مراحل پس از گرده افشانی با تنش گرمای انتهای فصل از میزان کاهش وزن دانه بیشتری نسبت به رقم زودرس ویری ناک برخوردار بود. به گزارش این پژوهشگر، کاهش وزن دانه رقم استار به دلیل کاهش معنی دار مدت موثر پر شدن دانه در شرایط تنش گرمای انتهای فصل بود. میزان تغییرات وزن دانه در لاین ۸-۸۳-D نیز پس از رقم ویری ناک، از سایر ژنوتیپ ها کمتر بود. این لاین علاوه بر زودرسی و تحمل

جدول ۵- خلاصه تجزیه واریانس مرکب عملکرد دانه، وزن هزار دانه، درصد و عملکرد پروتئین دانه و کارایی زراعی مصرف نیتروژن

Table 5. Summary of combined analysis of variance for grain yield (GY), 1000-grain weight (TGW), grain protein concentration (GPC), grain protein yield (GPY) and agronomic nitrogen use efficiency (ANUE) based on means of variation

S.O.V.	منابع تغییرات	درجه آزادی df	GY	TGW	ANUE	GPY	GPC
Year (Y)	سال	1	423 ^{ns}	109.94*	1.02 ^{ns}	0.19 ^{ns}	2.46 ^{ns}
Environment (E)	محیط	1	37519**	4093.35**	77.46**	1130.11 ^{ns}	130.10**
Y × E	سال × محیط	1	16178**	241.30	0.77 ^{ns}	224.87 ^{ns}	0.01 ^{ns}
R (YE)	تکرار در داخل سال و محیط	8	344 ^{ns}	13.23**	0.17 ^{ns}	1998.95 ^{ns}	142.02 ^{ns}
Nitrogen (N)	نیتروژن	2	321934**	41.77 ^{ns}	19.26**	7607.75**	25.63**
Y × N	سال × نیتروژن	2	9940**	22.55 ^{ns}	1.14*	164.00*	0.14 ^{ns}
E × N	محیط × نیتروژن	2	5796**	26.64 ^{ns}	3.55**	24.21 ^{ns}	0.31 ^{ns}
Y × E × N	سال × محیط × نیتروژن	2	16799**	13.86 ^{ns}	0.03 ^{ns}	291.73**	0.02 ^{ns}
Error (a)	اشتباه (الف)	16	2332	14.66	0.26	39.20	0.34
Genotype (G)	ژنوتیپ	5	41123**	730.29**	2.92**	996.37**	7.50**
Y × G	سال × ژنوتیپ	5	5148**	46.49**	0.91**	81.87**	0.14 ^{ns}
E × G	محیط × ژنوتیپ	5	7671**	34.37**	0.23*	176.29**	0.40 ^{ns}
Y × E × G	سال × محیط × ژنوتیپ	5	30986**	72.02**	0.25*	488.52**	0.03 ^{ns}
N × G	نیتروژن × ژنوتیپ	10	10846**	15.21*	0.21*	205.65**	2.08**
Y × E × N	سال × محیط × نیتروژن × ژنوتیپ	10	5665**	9.37 ^{ns}	0.44**	93.66**	0.16 ^{ns}
E × N × G	محیط × نیتروژن × ژنوتیپ	10	4077**	8.29 ^{ns}	0.07 ^{ns}	117.30**	2.58**
Y × E × N × G	سال × محیط × نیتروژن × ژنوتیپ	10	2113**	11.76 ^{ns}	0.16 ^{ns}	3837**	0.01 ^{ns}
Error (b)	اشتباه (ب)	120	870	7.55	0.09	23.62	0.58

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

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

ns: Non-significant

ns: غیر معنی‌دار

معنی‌دار بود (جدول ۶). بنابراین در شرایط بهینه، ژنوتیپ‌هایی که از کارایی زراعی مصرف نیتروژن بالایی برخوردار بودند، عملکرد دانه بیشتری داشتند. این نتایج با گزارش تیمسینا و همکاران (Timsina *et al.*, 2001) مطابقت داشت.

اثر نیتروژن، ژنوتیپ و برهمکنش نیتروژن ×

بیشترین و کمترین کارایی زراعی مصرف نیتروژن را به خود اختصاص دادند (جدول ۳). تفاوت رقم کرخه با سایر ژنوتیپ‌ها به استثنای استار و ویری‌ناک معنی‌دار نبود. نتایج ضرایب همبستگی نشان داد، همبستگی بین عملکرد دانه و کارایی زراعی مصرف نیتروژن در شرایط بهینه ($r = 0.77^*$) مثبت در سطح احتمال ۱٪

تاریخ کاشت دوم ۲۹ درصد کاهش یافت. مقایسه میانگین‌های کارایی زراعی مصرف نیتروژن ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در شرایط تنش گرمای پایان فصل نشان داد، بیشترین و کمترین میزان کارایی به ترتیب به ارقام چمران و استار اختصاص داشت (جدول ۳). تفاوت بین چمران با سایر ژنوتیپ‌ها به استثنای استار و ویری ناک معنی‌دار نبود. همانند شرایط بهینه، همبستگی بین عملکرد دانه و کارایی زراعی مصرف نیتروژن در شرایط تنش گرمای انتهای فصل ($r = 0.90^{**}$)، مثبت و در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود (جدول ۶). تجزیه واریانس مرکب دو محیط نشان داد، اثر محیط بر کارایی زراعی مصرف نیتروژن در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود (جدول ۵). تنش گرمای انتهای فصل در تاریخ کاشت دیر هنگام باعث کاهش معنی‌دار صفت مذکور شد (جدول ۳). کارایی زراعی مصرف نیتروژن در تنش گرمای انتهای فصل نسبت به شرایط بهینه ۴۷/۸ درصد کاهش یافت (جدول ۲). تیمسینا و همکاران (Timsina et al., 2001) اظهار داشتند، تاخیر در تاریخ کاشت مناسب از طریق تغییر در تلاقی مراحل مختلف فنولوژیکی با شرایط متفاوت محیطی، نظیر برخورد با خشکی و یا گرمای انتهای فصل و یا در برخی موارد عدم استفاده از بارندگی‌های ابتدای فصل و رطوبت ذخیره شده در خاک موجب کاهش عملکرد و کارایی زراعی مصرف نیتروژن می‌شود.

ژنوتیپ بر کارایی زراعی مصرف نیتروژن در شرایط تنش گرمای آخر فصل در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود (جدول ۲). با کاهش میزان نیتروژن از ۱۵۰ کیلوگرم به ۱۰۰ و ۵۰ کیلوگرم در هکتار، کارایی زراعی مصرف نیتروژن به ترتیب ۱۳ و ۳۶ درصد افزایش یافت. مقایسه میانگین‌های کارایی زراعی مصرف نیتروژن در سطوح مختلف نیتروژن در شرایط تنش گرمای انتهای فصل و بهینه نشان داد، شیب تغییرات صفت مذکور در سطوح کودی ۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار نسبت به سطح ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار در تاریخ کاشت دیر هنگام کمتر از تاریخ کاشت بهینه بود. اهدایی (Ehdaie, 1995) و همچنین اهدایی و وینز (Ehdaie and Waines, 2001) گزارش دادند، در شرایط کاشت دیر هنگام ژنوتیپ‌های گندم، توسعه نظام ریشه‌ای و طول دوره رشد کاهش یافته و میزان هدر روی نیتروژن و میزان نیتروژن جذب نشده توسط گیاه افزایش یافت. در این پژوهش، واکنش کارایی زراعی مصرف نیتروژن به سطوح مختلف کود نیتروژن در تاریخ کاشت دیر هنگام در مقایسه با تاریخ کاشت بهینه، کمتر بود. تیمسینا و همکاران (Timsina et al., 2001) نیز با بررسی کارایی زراعی مصرف نیتروژن ژنوتیپ‌های گندم در دو تاریخ کاشت ۲۳ آبان و ۱۶ آذر، نتیجه گرفتند، کارایی زراعی در تیمار ۱۲۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار نسبت به تیمار ۱۸۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار در تاریخ کاشت اول ۴۱ درصد و در

جدول ۶- ضرایب همبستگی بین عملکرد دانه، وزن هزار دانه، درصد پروتئین دانه و کارایی زراعی

مصرف نیتروژن در شرایط بهینه و تنش گرمای پس از گرده‌افشانی (درجه آزادی=۴)

Table 6. Correlation between grain yield (GY), 1000 grain weight (TGW), grain protein content and agronomic nitrogen use efficiency under optimum and post-anthesis heat stress conditions (df=4)

صفات Traits	GY		TGW		GPC	
	مطلوب	تنش	مطلوب	تنش	مطلوب	تنش
	Optimum	Stress	Optimum	Stress	Optimum	Stress
TGW	0.42 ^{ns}	0.02 ^{ns}				
GPC	0.43 ^{ns}	0.04 ^{ns}	0.35 ^{ns}	-0.28 ^{ns}		
ANUE	0.77*	0.90**	0.54 ^{ns}	0.19 ^{ns}	0.18 ^{ns}	0.2 ^{ns}

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

ns: غیر معنی‌دار

ns: Non-significant

درصد پروتئین دانه معنی‌دار نبود، اما بیشترین و کمترین درصد پروتئین دانه به ترتیب به تیمارهای ۱۵۰ و ۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار اختصاص داشت (جدول ۳). این نتایج با گزارش سوبدی و همکاران (Subedi *et al.*, 2007) و لمون (Lemon, 2007) مطابقت داشت. بیشترین و کمترین درصد پروتئین دانه در ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در شرایط بهینه به ترتیب به لاین گندم دوروم ۵-۸۴-D و رقم گندم نان ویری‌ناک اختصاص داشت (جدول ۳). محدوده درصد پروتئین دانه ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در شرایط بهینه، ۱۱-۱۲/۴ درصد بود. سلس و زنتنر (Selles and Zentner, 2001)، درصد پروتئین دانه ژنوتیپ‌های گندم بهاره دانه قرمز سخت را در منطقه ساسکاجوان کانادا ۱۲/۸ درصد گزارش کردند. گلن و همکاران

با توجه شرایط بهینه آبیاری در این آزمایش استنباط می‌شود، کاهش توسعه نظام ریشه‌ای و احتمالاً کاهش میزان تعرق و محلول نیتروژن خاک از عوامل عمده کاهش کارایی زراعی مصرف نیتروژن در تاریخ کاشت دیر هنگام بودند.

درصد پروتئین دانه

در شرایط بهینه، اثر نیتروژن، ژنوتیپ و برهمکنش نیتروژن × ژنوتیپ بر درصد پروتئین دانه معنی‌دار نبود (جدول ۲). این نتایج با نتایج لمون (Lemon, 2007) مطابق بود. این پژوهشگر نیز نتیجه گرفت، تفاوت درصد پروتئین دانه ژنوتیپ‌هایی که در یک کلاس رده‌بندی (پایزه قرمز سخت) قرار داشتند، معنی‌دار نشد. اگرچه در بررسی حاضر اثر تیمار نیتروژن بر

شد (جدول ۵). درصد پروتئین دانه در شرایط تنش گرمای انتهایی فصل نسبت به شرایط بهینه ۱۲/۲ درصد افزایش یافت (جدول ۳). به نظر می‌رسد، کاهش طول دوره پر شدن دانه به علت برخورد این مرحله از رشد با گرمای انتهایی فصل باعث کاهش طول مدت تجمع کربوهیدرات‌ها و افزایش نسبت پروتئین به وزن دانه شد (Lemon, 2007). طاهر و همکاران (Tahir et al., 2007) تاثیر تنش گرمای پایان فصل بر عملکرد کیفی ژنوتیپ‌های گندم را مورد مطالعه قرار دادند و گزارش کردند افزایش دمای محیط در مراحل پس از گرده‌افشانی باعث افزایش محتوای پروتئین دانه شد. پانوزو و ایگلز (Panozzo and Eagles, 1999) نتیجه گرفتند، افزایش سرعت تجمع پروتئین در دانه و کاهش سرعت تجمع کربوهیدرات‌ها مهمترین عامل افزایش درصد پروتئین دانه در شرایط تنش گرمای پایان فصل بود.

مقایسه میانگین‌ها نشان داد، درصد پروتئین دانه در تمامی ژنوتیپ‌های گندم مورد مطالعه در شرایط تنش گرمای پس از گرده‌افشانی نسبت به شرایط بهینه افزایش یافت (جدول ۳). تغییرات درصد پروتئین دانه در شرایط تنش نسبت به شرایط بهینه در ژنوتیپ‌های گندم دوروم نسبت به ارقام گندم نان کمتر بود.

عملکرد پروتئین دانه

با توجه به اینکه تغییرات درصد پروتئین دانه در سطوح مختلف نیتروژن و ژنوتیپ‌های مورد

(Glenn et al., 1985) نیز گزارش دادند، درصد پروتئین دانه ژنوتیپ‌های پاییزه در منطقه کلرادو در سطوح بهینه کود نیتروژن ۱۲-۱۱/۱ درصد بود. ژنوتیپ‌های گندم دوروم نسبت به ژنوتیپ‌های گندم نان، از درصد پروتئین دانه بیشتری برخوردار بودند.

اثر نیتروژن و برهمکنش نیتروژن × ژنوتیپ در شرایط تنش گرمای آخر فصل بر درصد پروتئین دانه در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود، در حالی که اثر ژنوتیپ بر این صفت معنی‌دار نشد (جدول ۲). بیشترین و کمترین درصد پروتئین دانه به ترتیب به تیمارهای ۱۵۰ و ۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار اختصاص داشت (جدول ۳). نتایج مشابه توسط سیم و همکاران (Syme et al., 1978) و بلای و وودارد (Bly and Woodward., 2003) گزارش شده است. به نظر می‌رسد، افزایش توزیع مجدد نیتروژن در تیمار کودی ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و برهمکنش آن با کاهش طول دوره پر شدن دانه در اثر برخورد با گرمای انتهایی فصل باعث افزایش معنی‌دار تیمار کودی مذکور نسبت به کود ۵۰ کیلوگرم در هکتار شد (Subedi et al., 2007). در شرایط تنش گرمای انتهایی فصل نیز، تفاوت معنی‌داری بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه از نظر درصد پروتئین مشاهده نشد (جدول ۳).

نتایج جدول تجزیه واریانس مرکب برای سال و محیط نشان داد، تفاوت درصد پروتئین دانه برای اثر محیط در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار

ترتیب ۴۹/۶ و ۴۴/۹ گرم در متر مربع بود (جدول ۳). بنابراین عملکرد پروتئین دانه در شرایط تنش نسبت به شرایط بهینه ۹٪ کاهش یافت که این کاهش از نظر آماری معنی‌دار نبود (جدول ۵).

به طور کلی نتایج آزمایش نشان داد، اگرچه درصد نیتروژن دانه در شرایط تنش گرمای آخر فصل نسبت به شرایط مطلوب افزایش داشت، اما کاهش معنی‌دار عملکرد دانه در شرایط تنش باعث کاهش عملکرد پروتئین گردید. به هر حال، ارزیابی اثر تنش گرمای فصل و سطوح نیتروژن بر سایر ژنوتیپ‌های گندم متداول در منطقه جهت دستیابی به اطلاعات بیشتر، ضرورت دارد.

مطالعه در هر دو شرایط بهینه و تنش گرمای انتهایی فصل معنی‌دار نبود و یا از تفاوت قابل توجهی برخوردار نشد، عملکرد پروتئین دانه، تابع عملکرد دانه و تغییرات آن در تیمارهای مختلف بود. در هر دو شرایط بهینه و تنش گرمای پایان فصل، اثر نیتروژن، ژنوتیپ و برهمکنش آنها برای صفت عملکرد پروتئین دانه در واحد سطح در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار شد (جدول ۲). پروتئین دانه در شرایط تنش گرمای انتهایی فصل نسبت به شرایط بهینه، کاهش معنی‌دار عملکرد دانه در شرایط تنش باعث کاهش عملکرد پروتئین دانه در هر سه سطح نیتروژن شد. میانگین عملکرد پروتئین دانه در شرایط بهینه و تنش گرمای انتهایی فصل به

References

- Ahmed, S. M., and Meisner, C. 1996. Wheat research and development in Bangladesh. Bangladesh-Australia Wheat Improvement Project. CIMMYT-Bangladesh Publishers, Dhaka, Bangladesh. 201 pp.
- Beninati, N. F., and Busch, R. H. 1992. Grain protein inheritance and nitrogen uptake and redistribution in spring wheat crosses. *Crop Science* 32: 1471-1475.
- Biswas, T. D., and Mukherjee, S. K. 1987. Text book of science. Tata Mc Graw-hill, Publishing Co. LTD. New Dehli 13: 202-209.
- Bly, A. G., and Woodward, H. J. 2003. Foliar nitrogen application timing: Influence on grain yield and grain protein concentration of hard red spring wheat. *Agronomy Journal* 95: 335-338.
- Blumenthal, C., Bekes, F., Grans, L. P. W., Barlow, E. W. R., and Wrigley, C. W. 1995. Identification of Wheat Genotypes Tolerant to the Effects of Heat Stress on Grain Quality. *Cereal Chemistry Journal* 72(6): 539-544.
- Castro, M., Peterson, C. J., Dalla Rizza, M., Díaz Dellavalle, P., Vázquez, D.,

- Ibáñez, V., and Ross, A. 2005.** Wheat Production in Stressed Environments. Proceedings of the 7th International Wheat Conference (2005), Mar del Plata, Argentina. Pp 251.
- Cox, M. C., and Rains, D. W. 1985.** Genetic Variation for Nitrogen Assimilation and Translocation in Wheat. I. Dry Matter and Nitrogen Accumulation. *Crop Science* 25:430-435.
- Doyle, A. D., and Holford, I. C. R. 1993.** The uptake of nitrogen by wheat, its agronomic efficiency and their relationship to soil and nitrogen fertilizer. *Australian Journal of Agricultural Research* 44: 1245-1258.
- Ehdaie, B. 1995.** Variation in water-use efficiency and its components in wheat. II. Pot and field experiments. *Crop Science* 35: 1617-1626.
- Ehdaie, B., and Waines, J. G. 2001.** Sowing date and nitrogen rate effects on dry matter and nitrogen partitioning in bread and durum wheat. *Field Crop Research* 73 (1): 47-61.
- Fowler, D. B. 2003.** Crop Nitrogen Demand and Grain Protein Concentration of Spring and Winter Wheat. *Agronomy Journal* 95: 260-265.
- Glenn, D. M., A. Carey, F. E. Bolton, and M. Vavra. 1985.** Effect of N fertilizer on protein content of grain, straw, and chaff tissues in soft white winter wheat. *Agronomy Journal* 77: 229-232.
- Graybosch, R. A., Peterson, C. J., Shelton, D. R., and Baenziger, P. S. 1996.** *Crop Science* 36: 296-300.
- Greef, J. M. 1994.** Productivity of maize in relation to morphological physiological characteristics under varying amounts of nitrogen supply. *Journal of Agronomy and Crop Science* 173: 317-326.
- Huebner, F. R., Nelsen, T. C., Chung, O. K., and Bietz, J. A. 1997.** *Cereal Chemistry* 74: 123-128.
- Lemon, J. 2007.** Nitrogen management for wheat protein and yield in the sperance port zone. Department of Agriculture and Food Publisher. 25 pp.
- Mainard, S. D, and Jeuffroy, M. H. 2001.** Partitioning of dry matter and nitrogen to the spike throughout the spike growth period in wheat crops subjected to nitrogen deficiency. *Field Crop Research* 70: 153-165.
- Mi, G., Tanga, L., Zhanga, F., and Zhang, J. 2000.** Is nitrogen uptake after anthesis

- in wheat regulated by sink size? Field Crop Research 68 (3): 183-190.
- Mian, M. A., Mahmood, A., Ihsan, M., and Cheema, N. M. 2007.** Response of different wheat genotypes to post-anthesis temperature stress. Journal of Agricultural Research 45(4): 269-277.
- 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. Pp. 95.
- Modhej, A., and Banisaidi, A. 2007.** Evaluation of source restriction intensifying of wheat spring wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes under post-anthesis heat stress. International Journal of Applied Agricultural Research 2 (1): 1- 11.
- Modhej, A., and Fathi, G. 2008.** Wheat physiology. Islamic Azad University Publishing. 317 pp.
- Modhej, A., Naderi, A., Emam, Y., Aynehband, A., and Normohamadi, G. 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): 257-268.
- Modhej, A. 2009.** Study of the effect of terminal heat stress on source limitation and grain yield in bread wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes in Khuzestan condition. Iranian Journal of Field Crop Science 39 (1): 89-97.
- Naderi, A. 2000.** Evaluation of genetic diversity and modeling of the assimilates and nitrogen remobilization to grain in wheat genotypes under drought stress. Ph.D. Thesis, Science and Research Unit, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran.
- Panozzo, J. F., and Eagles, H. A. 1999.** Rate and duration of grain filling and grain nitrogen accumulation of wheat cultivars grown in different environments. Australian Journal of Agricultural Research 50 (60): 1007-1015.
- Papakosta, D. K., and Gagianas, A. A. 1991.** Nitrogen and Dry Matter Accumulation, Remobilization and Losses for Mediterranean Wheat during Grain Filling. Agronomy Journal 83: 864-870.
- Radmehr, M., Lotfali-Ayeneh, A., and Mamaghni, R. 2005.** A study of the reaction of middle, long and short season wheat genotypes to different sowing dates. 1- Effects of sowing date on morphological, phonological and grain yield of four bread wheat genotypes. Seed and Plant 21(2): 175-189.

- Selles, F., and Zentner, R. P. 2001.** Grain protein as a postharvest index of N sufficiency for hard red spring wheat in the semiarid prairies. *Canadian Journal of Plant Science* 81:631–636.
- Spiertz, J. H. J., Hamer, R. J., Xu, H., Primo-Martin, C., Don, C., and van der Putten, P. E. L. 2006.** Heat stress in wheat (*Triticum aestivum* L.): Effects on grain growth and quality traits. *European Journal of Agronomy* 25(2) :89-95.
- Subedi, K. D., Ma, B. L., and Xue, A. G. 2007.** Planting Date and Nitrogen Effects on Grain Yield and Protein Content of Spring Wheat. *Crop Science* 47:36-44.
- Syme, J. R., Mackenzie, J., and Strong, W. M. 1978.** Comparison of four wheat cultivars for yield and protein response to nitrogen fertilizer. *Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry* 16: (80) 407 – 410.
- Tahir, I. S. A., Nakata, N., Ali, A. M., Mustafa, H. M., Saad, A. S. I., Takata, K., Ishikawa, N., and Abdalla, O. S. 2006.** Genotypic and temperature effects on wheat grain yield and quality in a hot irrigated environment. *Plant Breeding* 125 (4): 323–330.
- Timsina, T, Singh, U., Badaruddin, M., Meisner, C., and Amin, M. R. 2001.** Cultivar, nitrogen, and water effects on productivity, and nitrogen-use efficiency and balance for rice–wheat sequences of Bangladesh. *Field Crop Research* 72: 143-161.
- Van Sanford, D. A., and MacKown, C. T. 2004.** Variation in nitrogen use efficiency among soft red winter wheat genotypes. *Journal of Theoretical and Applied Genetics* 72 (2): 158-163.
- Voltas, J., Romagosa, I., and Araus, J. L. 1997.** Grain size and nitrogen accumulation in sink-reduction barley under Mediterranean conditions. *Field Crops Research* 52: 117-126.