

ارزیابی تنوع ژنوتیپی برای عملکرد و پروتئین دانه و ارتباط آن با انتقال مجدد نیتروژن در ارقام زراعی گندم ایران

زینب بیات^{۱*}، علی احمدی^۲ و منیژه سبکدست^۳

۱، ۲، ۳، دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشیار و مربی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران
(تاریخ دریافت: ۸۹/۴/۲۲ - تاریخ تصویب: ۹۰/۴/۲۹)

چکیده

هدف از تحقیق حاضر بررسی اثر ژنوتیپ بر انتقال مجدد نیتروژن و ارتباط آن با عملکرد و پروتئین دانه در تعدادی از ارقام گندم بود. تعداد ۱۲ رقم (الوند، کرج ۱، شیراز، زرین، آذر ۲، چمران، اروندموتانت، کرخه، فلات، شیرودی، کاوه، پیشتاز) متفاوت از نظر عملکرد و درصد پروتئین دانه متعلق به اقلیم‌های اصلی کشور (سرد و معتدل سرد، گرم و خشک جنوب، گرم و مرطوب شمال و معتدل) مورد مطالعه قرار گرفتند. این آزمایش به صورت مزرعه‌ای در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سال زراعی ۸۸-۱۳۸۷ در ایستگاه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی تهران واقع در کرج اجرا شد. نتایج به دست آمده برای محتوای نیتروژن اندام‌های رویشی در مرحله گرده‌افشانی نشان داد که برگ با بالاترین محتوای نیتروژن (۱۵/۴۴ میلی‌گرم بر بوته) منبع عمده نیتروژن برای دانه می‌باشد. انتقال مجدد نیتروژن در بین ارقام متفاوت بود و ارقام کرخه و زرین دارای بالاترین میزان انتقال مجدد و آذر ۲ و چمران دارای کمترین میزان بودند. رقم شیراز بالاترین عملکرد دانه و آذر ۲ پایین‌ترین عملکرد را به خود اختصاص دادند. همبستگی منفی معنی‌دار بین غلظت نیتروژن دانه و عملکرد به دست آمد و آذر ۲ بالاترین درصد پروتئین دانه را در بین ارقام مورد بررسی دارا بود.

واژه‌های کلیدی: انتقال مجدد نیتروژن، پروتئین دانه، گندم، عملکرد.

مقدمه

است. وجود نیتروژن قابل دسترس خاک در حد کافی، توانایی جذب، تحلیل و سپس انتقال مجدد نیتروژن از اندام‌های رویشی به دانه تعیین‌کننده پروتئین دانه می‌باشد. توان تجمع و ذخیره‌سازی نیتروژن در دانه نیز می‌تواند در پروتئین دانه مؤثر باشد (Ehdaie & Waines, 2001). نیتروژن مورد نیاز برای دانه در حال نمو از طریق انتقال مجدد نیتروژن جذب شده پیش از گرده‌افشانی و به‌وسیله تجمع نیتروژن جذب شده در طی پرشدن دانه تأمین می‌گردد (Hossain et al., 1990). غلات حدود ۷۰ تا ۸۰ درصد نیتروژن دانه را از

گندم (*Triticum aestivum* L.) به عنوان یکی از مهم‌ترین محصولات زراعی از لحاظ سطح زیرکشت و میزان تولید در جهان بوده و نقش مهمی را در تأمین نیاز غذایی جوامع بشری دارد. در نتیجه افزایش عملکرد در واحد سطح همراه با حفظ کیفیت غذایی آن چالشی برای تغذیه جهانی محسوب می‌شود (Tillman, 1999; Tillman et al., 2002).

محتوای پروتئین دانه یک صفت کیفی مهم برای گندم می‌باشد که متأثر از عوامل محیطی و ژنتیکی

مرفولوژیکی، فیزیولوژیکی و زراعی متنوع و سازگار به اقلیم‌های اصلی کشور در آزمایش مزرعه‌ای در سال زراعی ۸۷-۱۳۸۶ با استفاده از طرح لاتیس مربع ساده با دو تکرار مورد مطالعه قرار گرفت. بر اساس نتایج سال اول ارقام از لحاظ عملکرد و درصد پروتئین دانه درجه‌بندی شدند و سپس ۱۲ رقم متعلق به اقلیم‌های مختلف و عملکرد و درصد پروتئین بالا و پایین (طرفین طیف درجه‌بندی) انتخاب شدند. در سال دوم، ۱۲ رقم مورد نظر از میان ۸۱ رقم برای ارزیابی میزان انتقال مجدد نیتروژن و کارایی انتقال مجدد و ارتباط آن با پروتئین و عملکرد دانه مورد مطالعه قرار گرفت. با توجه به معنی‌دار نبودن واریانس بین بلوک‌های ناقص و پایین بودن ضریب تغییرات، صفات مورد بررسی برای آنالیز آماری ۱۲ رقم مورد بررسی از طرح بلوک‌های کامل تصادفی استفاده شد. مشخصات ارقام انتخاب شده در جدول ۱ ارائه شده است. آزمایش در سال زراعی ۸۸-۱۳۸۷ در مزرعه آموزشی-پژوهشی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران واقع در کرج (طول جغرافیایی ۵۰ درجه، ۵۴ دقیقه شرقی، عرض جغرافیایی ۳۵ درجه، ۵۵ دقیقه شمالی و ارتفاع ۱۳۱۲ متر از سطح دریا) انجام گردید، آمار بارندگی در جدول ۲- الف ارائه شده است. خاک محل آزمایش دارای بافت لومی-رسی و زمین محل آزمایش در سال گذشته آیش بوده است (جدول ۲-ب). هر کرت شامل ۴ ردیف با فواصل ۲۰ سانتی‌متری و به طول ۴ متر و تراکم ۴۰۰ بذر در مترمربع بود. بذر ارقام روی ردیف‌های کشت به صورت دستی در آبان سال ۱۳۸۷ تحت شرایط آبیاری طبیعی کاشته شدند. بر اساس توصیه متداول کودی برای مزرعه آزمایشی کود مونو آمونیوم فسفات بر مبنای ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار قبل از کاشت و همچنین ۷۵ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن در مراحل پنجه‌زنی و ساقه‌رفتن به صورت سرک به زمین داده شدند. پس از حذف اثرات حاشیه تعداد ۵ بوته از دو خط وسط به طور تصادفی از هر کرت برداشت شد. در مرحله گرده‌افشانی (مرحله ۶۹ طبق شاخص زادوکس) زمانی که پرچم‌ها در ۵۰ درصد از سنبله‌ها ظاهر شدند، نمونه‌برداری انجام و به مدت ۴۸ ساعت در آون ۷۰ درجه سانتی‌گراد خشکانده شده و وزن آنها اندازه‌گیری شد همچنین در

نیتروژن ذخیره شده در بافت‌های رویشی کسب می‌کنند. انتقال این مقدار نیتروژن از بافت‌های رویشی به دانه، منبع اصلی نیتروژن برای نمو دانه می‌باشد (Papakosta & Gaginas, 1991; Mainard & Jeuffroy, 2001).

میزان انتقال مجدد نیتروژن به کارایی انتقال مجدد آن بستگی دارد. کارایی انتقال مجدد به شرایط رشد در طول دوره پرشدن دانه و ژنوتیپ وابسته می‌باشد (Van Barbottin et al. Sanford & MacKown, 1987) (2005) نشان دادند زمانی که هیچ عامل محیطی محدودکننده رشد دانه نباشد، تفاوت در میزان انتقال مجدد نیتروژن از بافت‌های رویشی اساساً به دلیل تفاوت در ظرفیت گیاه زراعی جهت ذخیره نیتروژن در اندام‌های مخزن در طی این دوره است. اصلاح برای کارایی استفاده از نیتروژن در گیاهان زراعی نیازمند وجود تنوع ژنتیکی کافی برای صفاتی مانند جذب و بهره برداری از نیتروژن می‌باشد که کارایی مصرف نیتروژن را تعیین می‌کند (Sherrard et al., 1984). تنوع ژنتیکی برای جذب و یا کارایی بهره‌برداری از نیتروژن در گندم گزارش شده است (Papakosta & Gaginas, 1991; Terman. Ortiz-Monasterio et al., 1997) گزارش کرد که محتوای پروتئین در دانه ممکن است به‌وسیله انتخاب ژنوتیپ‌هایی که درصد بالاتر نیتروژن را از اندام‌های رویشی به دانه انتقال می‌دهند، بهبود یابد.

مقایسه طیف متنوعی از ارقام زراعی گندم ایران از لحاظ توان جذب و ذخیره‌سازی نیتروژن و انتقال مجدد آن به دانه در یک شرایط ثابت محیطی اطلاعات پایه ای مفید در خصوص این ویژگی مهم زراعی در ارقام در اختیار قرار داده و بستر مناسبی را برای مطالعات بعدی در خصوص شناخت سازوکارهای فیزیولوژیکی-مولکولی ذخیره‌سازی و انتقال مجدد نیتروژن در اختیار قرار می‌دهد. از اهداف این مطالعه ارزیابی انتقال مجدد نیتروژن و الگوی تجمع نیتروژن در ارقام گندم با درصد پروتئین و عملکرد دانه بالا و پایین بوده است.

مواد و روش‌ها

طیف متنوعی از ارقام گندم‌های زراعی ایران (۸۱ رقم) در بردارنده ارقام قدیم تا جدید با ویژگی‌های

$$\text{میزان انتقال مجدد نیتروژن} \times 100 = \frac{\text{میزان انتقال مجدد نیتروژن}}{\text{محتوای نیتروژن در گرده افشانی}} = \text{کارایی انتقال مجدد نیتروژن (\%)}$$

$$\text{میزان انتقال مجدد نیتروژن} \times 100 = \frac{\text{میزان انتقال مجدد نیتروژن}}{\text{محتوای نیتروژن دانه}} = \text{سهام انتقال مجدد نیتروژن (\%)}$$

$$\text{محتوای کل نیتروژن در رسیدگی} \times 100 = \frac{\text{محتوای نیتروژن دانه}}{\text{محتوای کل نیتروژن در رسیدگی}} = \text{شاخص برداشت نیتروژن (NHI)}$$

در روابط فوق تلفات نیتروژن به دلیل ریزش برگها قبل از برداشت و نقش ریشه در نظر گرفته نشده است. به منظور آنالیز واریانس داده‌ها از برنامه آماری SAS و Excel استفاده شد. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون LSD در سطح ۵ درصد انجام شد.

مرحله رسیدگی فیزیولوژیک (مرحله ۹۰ طبق شاخص زادوکس) نمونه‌برداری دوم انجام و پس از خشکاندن نمونه‌ها در آن مشابه نمونه‌برداری اول، وزن آنها اندازه‌گیری شد. در زمان گرده‌افشانی و رسیدگی فیزیولوژیک، جهت اندازه‌گیری‌ها و بررسی صفات از ساقه اصلی استفاده شد و نمونه‌ها به اجزای برگ، ساقه و سنبله در مرحله گرده‌افشانی و به اجزای برگ، ساقه، دانه و کاه (chaff) در مرحله رسیدگی تفکیک گردید. اندازه‌گیری نیتروژن نمونه‌ها با استفاده از روش کلدال انجام گرفت و با استفاده از داده‌های به دست آمده شاخص‌های زیر محاسبه گردید (Papakosta & Gagianas, 1991):

= انتقال مجدد نیتروژن (میلی گرم بر بوته)
محتوای نیتروژن در گرده‌افشانی - محتوای نیتروژن در رسیدگی.

جدول ۱- مشخصات ارقام گندم انتخاب شده مورد آزمایش در سال زراعی ۱۳۸۷-۸۸

ارقام	منطقه آب و هوایی	پروتئین دانه (%)	عملکرد دانه (گرم بر مترمربع)
الوند	سرد و معتدل سرد	۱۳/۵۵	۷۸۲
کرج ۱	سرد و معتدل سرد	۱۴/۹۹	۵۷۴
شیراز	سرد و معتدل سرد	۱۲/۷۰	۸۶۱
زرین	سرد و معتدل سرد	۱۲/۰۷	۶۲۹
آذر ۲	سرد و معتدل سرد	۱۴/۲۳	۷۷۶
چمران	گرم و خشک جنوب	۱۴/۵۶	۸۶۹
اروند موتانت	گرم و خشک جنوب	۱۳/۴۸	۷۳۴
کرخه	گرم و خشک جنوب	۱۲/۸۸	۷۵۳
فلات	گرم و خشک جنوب	۱۰/۷۴	۸۲۵
شیرودی	گرم و مرطوب شمال	۱۲/۶۰	۸۹۱
کاوه	گرم و مرطوب شمال	۱۵/۲۷	۶۹۰
پیش‌تاز	معتدل	۱۳/۴۴	۸۶۶

جدول ۲- الف - آمار بارندگی و متوسط دمای ماهانه در سال ۱۳۸۷-۸۸ در منطقه کرج

ماه	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور
بارندگی (mm)	۳	۳۲/۴	۲۲/۵	۲۷/۱	۵۵/۵	۴/۵	۴۲/۷۸	۴۵/۸۸	۷/۱۳	۰	۰	۱/۶
میانگین دما (°C)	۲۰/۱۷	۹/۸۴	۴/۶۵	۳/۰۲	۴/۱	۱۱/۴	۱۰/۸۹	۱۷/۸۴	۲۲/۴۱	۲۷/۸۶	۲۷/۴۴	۲۳/۲۳

جدول ۲- ب - تجزیه خاک محل آزمایش مزرعه‌ای

نیتروژن (درصد)	فسفر (میلی گرم بر کیلوگرم)	پتاسیم (میلی گرم بر کیلوگرم)
۸۰	۲۲/۹	۱۸۱

نتایج و بحث

غلظت و محتوای نیتروژن

نتایج مربوط به تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه در جدول ۳ ارائه گردیده است. نمونه‌ها در مراحل گرده‌افشانی و رسیدگی فیزیولوژیک به تفکیک تجزیه واریانس گردید و سپس مقایسه میانگین انجام شد. نتایج به دست آمده برای محتوای نیتروژن اندام‌های رویشی در گرده‌افشانی نشان می‌دهد که برگ دارای بالاترین محتوای نیتروژن (۱۵/۴۴ میلی‌گرم بر بوته) بود (جدول ۴). این موضوع نشان‌دهنده اهمیت برگ به عنوان یک اندام رویشی مهم و منبع نیتروژن برای دانه می‌باشد (Barnexi et al., 1992, Lopez-Bellido et al., 2004). در مرحله رسیدگی، برگ دارای کمترین میزان نیتروژن (۲/۸۴ میلی‌گرم بر بوته) در بین اندام‌های

رویشی به دلیل انتقال مجدد نیتروژن از برگ به دانه و دانه دارای بالاترین میزان نیتروژن (۳۹/۴۳ میلی‌گرم بر بوته) بود (جدول ۵). ارقام مورد مطالعه در مرحله گرده‌افشانی از نظر تجمع نیتروژن در بخش‌های رویشی و زایشی متفاوت بودند (جدول ۴) و با توجه به اهمیت برگ به عنوان منبع نیتروژن برای دانه، ارقام پیش‌تاز و کرخه دارای بالاترین محتوای نیتروژن و ارقام آذر ۲ و شیراز دارای کمترین محتوای نیتروژن در برگ بودند. در مرحله رسیدگی، رقم کرج ۱ دارای بیشترین محتوای نیتروژن در ساقه و برگ بود و در مقابل رقم زرین دارای کمترین محتوای نیتروژن در این اندام‌ها بود که این موضوع نشان‌دهنده انتقال مجدد بالای نیتروژن از این اندام‌ها به دانه در رقم زرین می‌باشد (جدول ۵). ارقام مورد مطالعه از نظر محتوای نیتروژن سنبله و

جدول ۳- تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه در ارقام گندم در مرحله گرده‌افشانی و مرحله رسیدگی

منابع تغییر آزادی	درجه	میانگین مربعات												
		مرحله گرده‌افشانی						مرحله رسیدگی						
		غلظت نیتروژن			محتوای نیتروژن			غلظت نیتروژن			محتوای نیتروژن			
برگ	ساقه	سنبله	برگ	ساقه	سنبله	برگ	ساقه	سنبله	برگ	ساقه	سنبله			
بلوک ۱	۲۲/۹۳*	۲/۹۱ ^{ns}	۱/۵۷ ^{ns}	۱۵/۲۹ ^{ns}	۰/۲۷ ^{ns}	۴/۱۶ ^{ns}	۱۲/۴۰**	۳/۹۸*	۰/۲۵ ^{ns}	۰/۱۰۱ ^{ns}	۲/۴۰*	۲/۱۵ ^{ns}	۷۹/۶۸ ^{ns}	۰/۱۷ ^{ns}
تیمار ۱۱	۱۲/۲۳*	۰/۹۸ ^{ns}	۴/۲۹ ^{ns}	۱۱/۲۰ ^{ns}	۱۴/۴۷ ^{ns}	۷/۷۶*	۳/۸۵*	۰/۶۱ ^{ns}	۹/۱۴*	۳/۶۴ ^{ns}	۱/۲۶*	۱۸/۵۲ ^{ns}	۱۶۴/۴۷*	۲/۱۵ ^{ns}
اشتباه ۱۱	۳۸/۶۸	۸/۶۹	۱۷/۹۶	۵۰/۰۰	۴۰/۷۹	۲/۵۹	۱۲/۶۴	۶/۲۶	۲۷/۷۰	۴۴/۲۳	۴/۱۹	۹/۱۷	۴۹/۸۰	۱/۵۰

ns و ** و * به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و عدم اختلاف معنی‌دار.

جدول ۴- غلظت و محتوای نیتروژن در بخش‌های رویشی و زایشی در ۱۲ رقم گندم ایران در مرحله گرده‌افشانی

ارقام گندم	غلظت نیتروژن (میلی‌گرم بر گرم وزن خشک)			محتوای نیتروژن (میلی‌گرم بر بوته)		
	سنبله	برگ	ساقه	کل	سنبله	برگ
الوند	۱۴/۱۱	۱۴/۱۹	۶/۱۵	۳۴/۴۵	۸/۹۸	۱۲/۷۷
اروندموتانت	۱۶/۱۶	۲۰/۴۲	۷/۴۳	۴۴/۰۱	۸/۰۶	۱۶/۷۳
آذر ۲	۱۶/۰۸	۱۶/۵۲	۵/۹۶	۳۸/۵۶	۷/۳۲	۱۲/۳۷
چمران	۱۲/۴۶	۱۶/۵۲	۶/۱۸	۳۵/۱۶	۶/۱۰	۱۳/۸۹
فلات	۱۵/۹۰	۱۶/۷۷	۶/۱۸	۳۸/۸۵	۱۰/۱۰	۱۵/۷۷
کرج ۱	۱۴/۲۹	۱۳/۷۲	۶/۲۳	۳۴/۲۴	۹/۱۰	۱۴/۲۴
کاوه	۱۵/۸۱	۱۹/۷۸	۸/۰۴	۴۳/۶۳	۹/۹۸	۱۸/۰۸
پیش‌تاز	۱۷/۱۴	۱۹/۹۵	۶/۲۹	۴۳/۳۸	۱۱/۴۱	۱۹/۰۹
شیراز	۱۶/۷۹	۱۴/۳۳	۷/۴۰	۳۸/۵۲	۱۱/۴۴	۱۲/۲۹
شیرودی	۱۶/۱۵	۱۸/۳۴	۷/۱۷	۴۱/۶۶	۱۰/۳۴	۱۵/۶۳
کرخه	۱۷/۷۳	۱۹/۹۰	۷/۴۹	۴۵/۱۲	۱۲/۴۲	۱۸/۴۳
زرین	۱۶/۴۷	۱۵/۲۹	۶/۶۶	۳۸/۴۲	۱۲/۲۸	۱۵/۹۴
میانگین	۱۵/۷۵	۱۷/۱۵	۶/۷۶	۳۹/۶۶	۹/۷۹	۱۵/۴۴
LSD	۲/۸۱	۴/۱۳	۱/۹۶	۰/۵۴	۰/۶۹	۰/۲۴

جدول ۵- غلظت و محتوای نیتروژن در بخش‌های رویشی و زایشی در ۱۲ رقم گندم ایران در مرحله رسیدگی

ارقام گندم	غلظت نیتروژن (میلی‌گرم بر گرم وزن خشک)				محتوای نیتروژن (میلی‌گرم بر بوته)				
	کاه	دانه	برگ	ساقه	کل	کاه	دانه	برگ	ساقه
الوند	۴/۹۵	۲۲/۶۴	۶/۶۵	۲/۵۶	۳۶/۸	۲/۶۰	۳۴/۳۹	۳/۵۱	۲/۲۷
اروندموتانت	۸/۱۳	۲۱/۲۵	۶/۸۵	۳/۵۳	۳۹/۷۶	۴/۱۷	۳۲/۰۹	۳/۱۰	۳/۸۴
آذر ۲	۷/۳۵	۲۶/۱۸	۸/۳۶	۳/۶۷	۴۵/۵۶	۳/۱۴	۳۲/۸۷	۳/۰۸	۳/۲۳
چمران	۵/۱۴	۲۳/۴۶	۷/۳۳	۳/۸۰	۳۹/۷۳	۱/۷۹	۲۹/۴۶	۲/۸۳	۳/۴۹
فلات	۴/۹۹	۲۳/۲۰	۶/۴۰	۳/۲۹	۳۷/۸۸	۲/۱۸	۴۷/۶۱	۲/۶۹	۲/۹۰
کرج ۱	۷/۲۸	۲۵/۲۳	۷/۳۹	۴/۱۸	۴۴/۰۸	۳/۰۷	۴۴/۷۹	۴/۵۸	۵/۳۴
کاو	۵/۳۶	۲۵/۴۶	۷/۶۴	۳/۴۰	۴۱/۸۶	۲/۴۳	۳۹/۴۴	۲/۷۲	۲/۹۹
پیش‌تاز	۷/۷۴	۲۰/۳۹	۵/۳۷	۲/۹۵	۳۶/۴۵	۴/۱۲	۳۳/۷۳	۱/۹۶	۲/۲۸
شیراز	۵/۱۲	۲۱/۰۶	۶/۶۹	۳/۰۱	۳۵/۸۸	۱/۵۷	۳۵/۶۶	۳/۴۲	۲/۲۰
شیرودی	۵/۹۳	۲۰/۶۳	۵/۱۸	۲/۷۴	۳۴/۴۸	۳/۶۵	۳۵/۶۷	۲/۳۲	۲/۷۳
کرخه	۴/۸۳	۲۱/۴۴	۴/۴۴	۲/۸۰	۳۳/۵۱	۰/۷۱	۶۱/۴۱	۲/۲۴	۲/۴۸
زرین	۴/۰۸	۱۹/۹۶	۳/۷۱	۲/۳۱	۳۰/۰۶	۲/۵۷	۴۶/۰۳	۱/۶۰	۲/۱۴
میانگین	۵/۹۱	۲۲/۵۷	۶/۳۳	۳/۱۸	۳۷/۹۹	۲/۶۷	۳۹/۴۳	۲/۸۴	۲/۹۹
LSD (۰/۰۵)	۴/۴۱	۳/۴۹	۲/۳۶	۱/۶۶		۰/۷۰	۵/۵۳	۰/۳۶	۰/۱

کاهش در عملکرد امکان‌پذیر می‌باشد.

انتقال مجدد نیتروژن و کارایی انتقال مجدد

با بررسی میانگین‌ها در بین ارقام مورد مطالعه، تفاوت معنی‌دار در انتقال مجدد نیتروژن جذب شده در طول مرحله رویشی در میان ارقام مشاهده شد (جدول ۶). بالاترین میزان انتقال مجدد نیتروژن در ارقام کرخه و زرین (به ترتیب ۳۳/۹۹ و ۳۲/۰۷ میلی‌گرم بر بوته) و پایین‌ترین میزان در ارقام آذر ۲، چمران (به ترتیب ۱۹/۶۹ و ۲۰/۳۰ میلی‌گرم بر بوته) مشاهده شد. آمار بلندمدت هواشناسی منطقه و آزمایش حاضر نشان می‌دهد که نوع تنش در منطقه تنش انتهایی بوده و ژنوتیپ‌ها بیشترین تنش را در دوره زایشی تحمل می‌کنند. اهمیت انتقال نیتروژن برای گندم که در شرایط آب و هوایی خشک و نیمه‌خشک رشد می‌کند قابل ملاحظه است، زیرا در این شرایط، پس از مرحله گلدهی تنش خشکی جذب نیتروژن از خاک را محدود می‌سازد (Kirda et al., 2001). به این ترتیب درصد پروتئین دانه به مقدار زیادی بستگی به انتقال مجدد نیتروژن ذخیره شده در اندام‌های رویشی دارد.

در گزارشات مختلف به تفاوت موجود بین ارقام مختلف از نظر کارایی انتقال مجدد اشاره شده است برای مثال Papakosta & Gagianas (1991) کارایی انتقال

دانه تفاوت معنی‌داری را نشان دادند (جدول‌های ۴ و ۵). محتوای نیتروژن سنبله و دانه در مرحله گرده‌افشانی و رسیدگی در ارقام کرخه و زرین بیشتر از سایر ارقام بود در حالی که ارقام چمران و آذر ۲ کمترین محتوا را در این اندام‌ها داشتند. رتبه‌بندی ژنوتیپ‌ها از نظر غلظت نیتروژن دانه متفاوت بود ارقام آذر ۲ و کاوه غلظت نیتروژن بالاتری را در دانه از ارقام زرین و پیش‌تاز دارا بودند (جدول ۵).

در این مطالعه، همبستگی منفی بین عملکرد دانه و غلظت نیتروژن دانه مشاهده شد (جدول ۸). Kibite & Evanse (1984) اثبات کردند که همبستگی منفی بین عملکرد دانه و غلظت نیتروژن دانه به علت عوامل ژنتیکی نبوده و تحت تأثیر حاصلخیزی خاک، آب قابل دسترس و دیگر عوامل محیطی می‌باشد (May et al., 1991). به نظر می‌رسد با انتخاب ژنوتیپ‌هایی با عملکرد بالا و غلظت بالای نیتروژن دانه، امکان بهبود این دو صفت میسر می‌باشد. برای مثال ارقام فلات و چمران دارای عملکرد و غلظت نیتروژن بالا در دانه می‌باشند. از طرف دیگر Jenner et al. (1991) گزارش کردند که تجمع نشاسته و پروتئین در دانه وقایع مستقل بوده و به‌وسیله سازوکارهای جداگانه کنترل می‌شوند، بنابراین بهبود غلظت نیتروژن دانه از طریق اصلاح نباتات بدون

یا محدود می‌شود در نتیجه باعث تفاوت ارقام در انتقال مجدد نیتروژن می‌گردد.

به‌طور کلی در تمام ارقام مورد مطالعه از گرده‌افشانی تا رسیدگی، محتوای نیتروژن در برگ و ساقه کاهش و در سنبله افزایش یافت، بر این اساس به نظر می‌رسد که نیتروژن از بخش‌های رویشی به سنبله صادر شده است. سهم انتقال مجدد در محتوای نیتروژن دانه از ۹۱/۷۸ درصد در رقم پیش‌تاز تا ۴۴/۷۶ درصد در کرج ۱ متغیر بود. به نظر می‌رسد در رقم پیش‌تاز نیتروژن دانه، اساساً از انتقال مجدد نیتروژن حاصل شده است (جدول ۶).

شاخص برداشت نیتروژن (NHI)

معیار دیگری از توانایی ارقام برای انتقال و جابجایی ترکیبات نیتروژن از برگ، ساقه و کاه به سمت دانه می‌باشد. ارقام مورد مطالعه به طور معنی‌داری از نظر شاخص برداشت نیتروژن متفاوت بودند به طوری که ارقام کرخه و زرین دارای بیشترین شاخص برداشت نیتروژن (به ترتیب ۹۲ و ۸۸ درصد) و ارقام ارون‌دموتانت و کرج ۱ دارای کمترین میزان (به ترتیب ۷۴ و ۷۶ درصد) بودند. شاخص برداشت نیتروژن به طور معنی‌داری با کارایی انتقال مجدد نیتروژن ($P < 0.01$ ، $r = 0.85$) همبستگی داشت (جدول ۸)، در نتیجه به نظر می‌رسد که کارایی انتقال مجدد بالا پیش‌نیاز افزایش

مجدد نیتروژن را از ۶۰/۹ تا ۸۰/۷ درصد، و Przulj & Momsilovic (2001) از ۲۷ تا ۶۶ درصد گزارش کردند. در این بررسی کارایی انتقال مجدد نیتروژن از ۵۹/۴۷ درصد برای رقم کرج ۱ تا ۸۶/۳۱ درصد برای رقم کرخه متغیر بود.

میزان انتقال مجدد و کارایی آن به رطوبت خاک، رقم و قسمت‌های مختلف گیاه زراعی وابسته می‌باشد و ارقام با کارایی بالاتر انتقال مجدد نیتروژن بیشتر مورد توجه می‌باشند (Ntanos & Koutroubas, 2002). Banziger et al (1991) به اهمیت انتقال مجدد نیتروژن جهت بهبود محتوای پروتئین دانه در گندم تأکید کرده‌اند. دیواره سلولی بافت‌های رویشی محتوی نیتروژن ساختاری قابل توجه (۴-۲ درصد) می‌باشد که مقدار آن وابسته به گونه است (Onoda et al., 2004). از طرف دیگر، تمام نیتروژن غیرساختاری به دانه انتقال نمی‌یابد زیرا جابجایی نیتروژن از بخش‌های رویشی به دانه ممکن است به‌وسیله پرشدن آهسته دانه در شرایطی مانند مصرف زیاد کود نیتروژن محدود شود (Yang et al., 2001). بر این اساس به نظر می‌رسد که کارایی جابجایی نه تنها به‌وسیله تجمع نیتروژن پیش از گرده‌افشانی در بافت‌های رویشی (اندازه منبع) بلکه به‌وسیله انتقال بعد از گرده‌افشانی (اندازه مخزن) کنترل

جدول ۶- انتقال مجدد نیتروژن، کارایی انتقال مجدد، سهم انتقال مجدد و شاخص برداشت نیتروژن ارقام گندم

ارقام	انتقال مجدد نیتروژن (میلی‌گرم بر بوته)	کارایی انتقال مجدد نیتروژن (%)	سهم انتقال مجدد نیتروژن (%)	شاخص برداشت نیتروژن (%)
الوند	۲۳/۳۹	۷۳/۱۹	۶۹/۵۹	۸۱
ارون‌دموتانت	۲۳/۵۱	۶۸/۰۱	۷۳/۳۴	۷۴
آذر ۲	۱۹/۶۹	۶۶/۸۴	۶۰/۸۹	۷۸
چمران	۲۰/۳۰	۷۱/۵۱	۶۹/۱۶	۷۹
فلات	۲۶/۸۳	۷۷/۳۶	۵۹/۳۰	۸۶
کرج ۱	۲۰/۹۸	۵۹/۴۸	۴۴/۷۶	۷۶
کاهه	۳۰/۴۶	۷۸/۸۶	۷۷/۱۶	۸۳
پیش‌تاز	۳۰/۴۹	۷۷/۹۶	۹۱/۷۸	۸۱
شیراز	۲۵/۸۲	۷۸/۳۵	۷۷/۳۶	۸۳
شیرودی	۲۶/۹۴	۷۵/۱۵	۷۵/۱۶	۸۱
کرخه	۳۳/۹۹	۸۶/۳۱	۵۵/۳۳	۹۲
زرین	۳۲/۰۷	۸۳/۴۸	۶۹/۵۸	۸۸
میانگین	۲۴/۵۴	۷۴/۷۱	۶۸/۶۱	۷۵
LSD	۱۲/۹۱	۲۱/۴۵	۳۹/۱۵	۱۲

یکسان کاهش نمی‌یابد و یک کاهش نسبی در عملکرد و افزایش نسبی در غلظت پروتئین دانه مشاهده می‌گردد. شرایط مطلوب محیطی منجر به افزایش عملکرد دانه و کاهش غلظت پروتئین دانه می‌گردد. در نتیجه همان ارقام می‌توانند تنوع بالایی در عملکرد و غلظت پروتئین دانه با توجه به منطقه و سال داشته باشند (Przulj & Momsilovic, 2001). غلظت پروتئین دانه یک صفت کیفی مهم می‌باشد و تنوع ژنوتیپی برای آن در گندم گزارش شده است (McKendry et al., 1995). عملکرد دانه به طور منفی با غلظت پروتئین دانه همبستگی داشت. جهت غلبه بر رابطه منفی بین عملکرد و غلظت پروتئین دانه باید بر بهبود تجمع پروتئین دانه در دانه تمرکز شود. افزایش محتوای پروتئین دانه از طریق

نیترژن دانه و بهبود کیفیت دانه می‌باشد. همچنین محتوای نیترژن دانه به طور مثبتی با شاخص برداشت نیترژن همبستگی نشان داد ($r = 0/83, P < 0/01$).

عملکرد دانه و میزان پروتئین دانه

جدول ۷ نشان‌دهنده درصد پروتئین و عملکرد دانه در ارقام در طی دو سال می‌باشد. با بررسی میانگین‌ها در بین ارقام مورد مطالعه مشاهده‌گردید ارقام پیشتاز و شیراز بالاترین عملکرد دانه و آذر ۲ پایین‌ترین عملکرد را به خود اختصاص داده‌اند. در حالی که در سال دوم، آذر ۲ بالاترین میزان پروتئین دانه را در بین ارقام مورد بررسی دارا بود. شرایط محیطی در طول فاز زایشی اثرات متفاوت بر عملکرد و محتوای پروتئین دانه دارد. تحت شرایط نامطلوب، جذب نیترژن و فتوسنتز به طور

جدول ۷- عملکرد و میزان پروتئین دانه ارقام گندم مورد بررسی در سالهای ۸۸-۱۳۸۶

ارقام گندم	میزان پروتئین (درصد)			عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)		
	سال اول	سال دوم	میانگین	سال اول	سال دوم	میانگین
الوند	۱۳/۵۵	۱۴/۱۳	۱۳/۸۴	۷۸۲۰	۹۶۴۳	۸۷۳۲
اروندموتانت	۱۳/۴۸	۱۳/۲۹	۱۳/۳۸	۷۳۴۰	۸۵۷۹	۷۹۶۰
آذر ۲	۱۴/۲۳	۱۶/۳۵	۱۵/۲۹	۵۶۲۰	۵۹۰۹	۵۷۶۵
چمران	۱۴/۵۶	۱۴/۶۶	۱۴/۶۱	۸۶۹۰	۹۳۴۱	۹۰۱۶
فلات	۱۰/۷۴	۱۴/۵۱	۱۲/۶۲	۸۲۵۰	۹۳۵۳	۸۸۰۲
کرچ ۱	۱۴/۹۹	۱۵/۷۶	۱۵/۳۷	۵۷۴۰	۶۳۴۶	۶۰۴۳
کاو	۱۵/۲۷	۱۵/۹۱	۱۵/۵۹	۶۹۰۰	۵۹۱۶	۶۴۰۸
پیشتاز	۱۳/۴۴	۱۲/۷۶	۱۳/۱۰	۸۶۶۰	۱۱۲۶۰	۹۹۶۰
شیراز	۱۲/۷۰	۱۳/۱۹	۱۲/۹۴	۸۶۱۰	۱۰۱۱۶	۹۳۶۳
شیرودی	۱۲/۶۰	۱۲/۹۱	۱۲/۷۵	۸۹۱۰	۸۵۷۳	۸۷۴۲
کرخه	۱۲/۸۸	۱۳/۴۱	۱۳/۱۴	۷۵۳۰	۸۸۷۳	۸۲۰۲
زرین	۱۲/۰۷	۱۲/۴۷	۱۲/۲۷	۶۲۹۰	۷۹۷۵	۷۱۳۳
میانگین	۱۳/۳۷	۱۴/۱۱	۱۳/۷۴	۶۸۷۸/۳۳	۸۴۹۰/۳۳	۸۰۱۰/۵

جدول ۸- تجزیه همبستگی صفات در ۱۲ رقم گندم مورد مطالعه

صفات	غلظت نیترژن دانه	محتوای نیترژن دانه	انتقال مجدد نیترژن	کارایی انتقال مجدد نیترژن	شاخص برداشت نیترژن	درصد پروتئین دانه	عملکرد دانه
غلظت نیترژن دانه	۱						
محتوای نیترژن دانه	-۰/۰۸	۱					
انتقال مجدد نیترژن	-۰/۵۵	۰/۵۶	۱				
کارایی انتقال مجدد نیترژن	-۰/۵۶	۰/۴۸	۰/۹۱**	۱			
شاخص برداشت نیترژن	-۰/۳۰	۰/۸۳**	۰/۷۹**	۰/۸۵**	۱		
درصد پروتئین دانه	۱**	-۰/۰۸	-۰/۵۵	-۰/۵۶	-۰/۳۰	۱	
عملکرد دانه	-۰/۷۳*	-۰/۱۳	۰/۲۵	۰/۳۹	۰/۱۴	-۰/۷۳**	۱
کل محتوای نیترژن در گرده‌افشانی	-۰/۴۹	۰/۵۵	۰/۹۳**	۰/۷۰*	۰/۶۰*	-۰/۴۹	۰/۱۲

** و * به ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد.

تقسیم سلولی در اندوسپرم) را در تعیین میزان پروتئین دانه و نیتروژن ساختاری مشخص می‌کند. در مقابل فاز اولیه نمو دانه، تجمع نیتروژن در دانه در طی پرشدن دانه منبع محدود می‌باشد (Martre et al., 2003). به طور کلی نتایج این بررسی نشان می‌دهد که تنوع ژنتیکی برای انتقال مجدد نیتروژن و درصد پروتئین دانه و عملکرد در ارقام گندم ایران موجود می‌باشد و با انتخاب ژنوتیپ‌هایی با عملکرد و درصد بالای پروتئین دانه می‌توان همراه با حفظ عملکرد دانه، کیفیت دانه را بهبود بخشید.

بهبود ظرفیت دانه جهت تجمع نیتروژن یا از طریق تأمین نیتروژن بیشتر به دانه‌ها فراهم می‌گردد (Triboi & Triboi-Blondel, 2002). مقایسه ظرفیت دانه‌های گندم جهت تجمع نیتروژن در شرایط آزمایشگاهی در ژنوتیپ‌های با محتوای پروتئین بالا و پایین نشان داد که تفاوت در ظرفیت سنتز پروتئین یکی از دلایل تفاوت در غلظت نیتروژن دانه می‌باشد (Donovan et al., 1977). تجمع نیتروژن در دانه در ۱۵-۱۰ روز اول بعد از گرده‌افشانی توسط مخزن یا به‌وسیله منبع-مخزن تنظیم می‌گردد. این موضوع اهمیت مرحله اول نمو دانه (فعالیت

REFERENCES

- Banziger, M., Feil, B., Schmid, J. E. & Stamp, P. (1991). Relationship between grain yield and grain nitrogen concentration of wheat cultivars (*Triticum aestivum* L.). In: Proceedings of the *eucarpia cereal section meeting*, June 24-26, 1991. *Vortr. Pflanzenzucht*, 20, 284-292.
- Barbottin, A., Lecomte, C., Bouchard, C. & Jeuffroy, M. H. (2005). Nitrogen remobilisation during grain filling in wheat: genotypic and environmental effects. *Crop Science*, 45, 1141-1150.
- Barneix, A. J., Arnoz, R. A. & Guitman, M. R. (1992). The regulation of nitrogen accumulation in the grain of wheat plants (*Triticum aestivum* L.). *Physiology of Plant*, 86, 609-615.
- Donovan, G. R., Lee, J. W. & Hill, R. D. (1977). Compositional changes in the developing grain of high- and low-protein wheats: II. Starch and proteinsynthetic capacity. *Cereal Chemistry*, 54, 646-656.
- Ehdaie, B. & Waines, J. G. (2001). Sowing date and N rate effects on dry matter and N partitioning in bread and durum wheat. *Field Crops Research*, 73, 47-61.
- Hossain, A. B. S., Srars, R. G., Cox, T. S. & Paulsen, G. M. (1990). Desiccation tolerance and its relationship to assimilate partitioning in winter wheat. *Crop Science*, 30, 622-627.
- Jenner, C. F., Ugalde, T. D. & Aspinall, D. (1991). The physiology of starch and protein deposition in the endosperm of wheat. *Australian Journal of Plant Physiology*, 18, 211-226.
- Kibit, S. & Evans, L. E. (1984). Cause of negative correlation between grain yield and grain protein concentration in common wheat. *Euphytica*, 33, 801-810.
- Kirda, C., Derici, M. R. & Schepers, J. S. (2001). Yield response and N-fertilizer recovery of rained wheat growing in the Mediterranean region. *Field Crops Research*, 71, 113-122.
- Lopez-Bellido, R. J., Shepherd, C. E. & Barraclough, P. B. (2004). Predicting post-anthesis N requirements of bread wheat with a Minolta SPAD meter. *European Journal of Agronomy*, 20, 313-320.
- Mainard, S. D. & Jeuffroy, M. H. (2001). Partitioning of dry matter and N to the spike throughout the spike growth period in wheat crops subjected to N deficiency. *Field Crops Research*, 70, 153-162.
- Martre, P., Porter, J. R., Jamieson, P. D. & Triboi, E. (2003). Modeling grain nitrogen accumulation and protein composition to understand the sink/source regulation of nitrogen remobilization for wheat. *Plant Physiology*, 133, 1959-1967.
- May, L., Van Sanford, D. A., Mackown, C. T. & Cornelius, P. L. (1991). Genetic variation for nitrogen use in soft red × hard red winter wheat population. *Crop Science*, 31, 626-630.
- McKendry, A. L., McVetty, P. B. E. & Evans, L. E. (1995). Selecton criteria for combining high grain yield and high grain protein concentration in bread wheat. *Crop Science*, 35, 1597-1602.
- Ntanos, D. An. & Koutroubas, S. D. (2002). Dry matter and N accumulation and translocation for India and Japonica rice Mediterranean conditions. *Field Crops Research*, 74, 93-101.
- Onoda, Y., Hikosaka, K. & Hirose, T. (2004). Allocation of nitrogen to cell walls decreases photosynthetic nitrogen-use efficiency. *Functional Ecology*, 18, 419-425.
- Ortiz-Monasterio, R. J. L., Sayre, K. D., Rajaram, S. & McMahon, M. (1997). Genetic progress in wheat yield and nitrogen use efficienct under four nitrogen rates. *Crop Science*, 37, 898-904.
- Papakosta, D. K. & Gagianas, A. A. (1991). Nitrogen and dry matter accumulation, remobilization, and losses for Mediterranean wheat during grain filling. *Agronomy Journal*, 83, 864-870.
- Przulj, N. & Momcilovic, V. (2001). Genetic variation for dry matter and nitrogen accumulation and translocation in two-rowed spring barley a. Dry matter translocation. *European Journal of Agronomy*, 15, 241-254.

20. Saidi, A., Akbari, A., Bakhtiar, F., Mehravar, M. R. & Nategh, Z. (2005). Characteristics of improved bread wheat, durum wheat, and barley and rye cultivars released during 1930-2003. Agricultural Research and Education Organization, Cereal Research Department. (In Farsi).
21. Sherrard, J. H., Lambert, R. J., Messmer, M. J. & Below, F. E. (1984). Plant breeding for efficient plant use of nitrogen .In: Nitrogen in Crop Production. ASA-CSSA-SSSA, pp. 363-378.
22. Terman, G. L. (1979). Yield and protein content of wheat grain as affected by cultivars, N, and environmental growth factors. *Agronomy Journal*, 71, 437-440.
23. Tilman, D. (1999). Global environmental impacts of agricultural expansion: the need for sustainable and efficient practices. In: Proceedings of *the National Academy of Science USA*. 96, 5995-6000.
24. Tilman, D., Cassman, K. G., Matson, P. A., Naylor, R. & Polasky, S. (2002). Agricultural sustainability and intensive production practices. *Nature*, 418, 671-677.
25. Tribou, E. & Tribou-Blondel, A. M. (2002). Productivity and grain or seed composition: a new approach to an old problem: invited paper. *European Journal of Agronomy*, 16, 163-186.
26. Van Sanford, D. A. & MacKown, C. T. (1987). Cultivar differences in nitrogen remobilization during grain filling in soft red winter wheat. *Crop Science*, 27, 295-300.
27. Yang, J., Zhang, J., Wang, Z., Zhu, Q. & Wang, W. (2001). Hormonal changes in the grain of rice subjected to water stress during filling. *Plant Physiology*, 27, 315-323.