انتقال مجدد نیتروژن، غلظت عناصر نیتروژن، پتاسیم و فسفر گندم‌های دی، ترا و هگزاپلوئید در پاسخ به نیتروژن

سمیرا فتح اللهی[۱]، پرویز احسان‌زاده[۲*] و حسن کریم مجنی[۳]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱۱/۱۵ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۳/۱۹)

چکیده

ارتباط کاربرد کود نیتروژن با انتقال مجدد نیتروژن، غلظت عناصر فسفر، پتاسیم و نیتروژن در گندم به‌خوبی شناخته شده نیست. مطالعه حاضر به‌منظور ارزیابی انتقال مجدد نیتروژن و وضعیت برخی از عناصر غذایی در برگ و دانه گندم‌های قدیم دی، ترا و هگزاپلوئید در پاسخ به نیتروژن در شرایط گلدانی اجرا شد. این آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۳ تکرار در مزرعه تحقیقاتی چاه اناری دانشکده کشاورزی واقع در دانشگاه صنعتی اصفهان از پاییز ۱۳۹۶ تا تابستان ۱۳۹۷ و در فضای باز انجام شد. فاکتورهای آزمایشی شامل چهار سطح کود نیتروژن (صفر، ۱۸/۶۶، ۳۷/۳۳ و ۵۶ میلی‌گرم نیتروژن خالص در هر کیلوگرم خاک) و دوازده ژنوتیپ گندم با سطوح مختلف پلوئیدی دی، ترا و هگزاپلوئید بودند. انتقال مجدد نیتروژن با افزایش کاربرد کود نیتروژن در تمام ژنوتیپ‌ها افزایش یافت، اما میزان این افزایش در ژنوتیپ‌های مختلف متفاوت بود. انتقال مجدد نیتروژن در ارقام اصلاح شده تا سطح بالای نیتروژن و در گندم‌های قدیمی و پوشینه‌دار تا سطح متوسط نیتروژن افزایش یافت. غلظت عناصر فسفر، پتاسیم و نیتروژن اندام رویشی و دانه پاسخ مثبت به کاربرد کود نیتروژن نشان دادند. در شرایط کاربرد کم کود نیتروژن گندم‌های قدیمی و پوشینه‌دار غلظت عناصر غذایی بالاتری نسبت به گندم‌های اصلاح شده داشتند. نتایج مطالعه حاضر نشان داد که در شرایط کمبود نیتروژن گندم‌های قدیمی در جذب و استفاده از عناصر غذایی نسبت به گندم‌های اصلاح شده بهتر عمل می‌کنند.

واژه‌های کلیدی: انتقال مجدد، اینکورن، ایمر، اسپلت

۱. ۲ و ۳. به‌ترتیب دانشجوی دکتری، استاد و دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران.

*: مسئول مکاتبات: پست الکترونیکی: ehsanzadehp@gmail.com

مقدمه

کودهای شیمیایی از جمله مهم‌ترین عوامل تولید و افزایش پایداری عملکرد در گندم بعد از انقلاب سبز بوده‌اند. نیتروژن یکی از کودهای شیمیایی مؤثر در افزایش عملکرد گندم است (۲۲). نیتروژن یکی از ترکیبات اصلی گیاه است که به‌طور مستقیم و یا غیرمستقیم نمو گیاه را تحت تأثیر قرار داده، در فرایندهای مهم گیاه مانند تمایز سلول و فتوسنتز دخالت داشته و در ساختار پروتئین‌ها و اسیدهای نوکلئیک وجود دارد (۱). نیتروژن مورد نیاز برای گیاهان زراعی و باغی از طریق کاربرد کود نیتروژن و تثبیت بیولوژیکی نیتروژن توسط لگوم‌ها، تأمین می‌شود (۳۳). نیتروژن اصلی‌ترین عنصر معدنی محدود کننده تولیدات زراعی است و نقش اساسی در افزایش عملکرد محصول، از طریق ایجاد و حفظ ظرفیت فتوسنتزی دارد، به‌همین دلیل به‌صورت کودهای شیمیایی در سطح وسیع مورد استفاده قرار می‌گیرد (۱۱). معرفی ارقام نیمه پاکوتاه با کودپذیری بالا در دهه ۱۹۶۰ سهم عمده‌ای در افزایش عملکرد دانه گیاهان زراعی و باغی داشته است (۲۴). گیاهان زراعی در کشاورزی مدرن تحت شرایط کاربرد بیش از حد کود نیتروژن اصلاح و تولید شده‌اند که این موضوع باعث کاهش کارایی مصرف منابع و خطرات زیست‌محیطی بیشتری شده است (۱۹). افزایش کاربرد کود نیتروژن برای تولید گیاهان زراعی اصلاح شده نه تنها باعث افزایش هزینه‌های تولید شده و بار اقتصادی زیادی را بر دوش کشاورزان داشته است، بلکه اثرات منفی زیادی بر محیط زیست می‌گذارد. نیترات موجود در کودهای شیمیایی از طریق آبشویی به آب‌های زیرزمینی راه یافته و باعث آلودگی این آب‌ها می‌شود. کودهای نیتراته با تبدیل شدن به اکسید نیتروژن، به‌عنوان یک گاز گلخانه‌ای، در گرمایش کره زمین نقش بسزایی دارند (۱۵). شیوه‌های رایج استفاده از کودهای شیمیایی، به‌ویژه کود نیتروژن، با کشاورزی پایدار مغایرت دارد (۲۴). ارقام قدیمی گیاهان زراعی، که توسط کشاورزی سنتی حفظ شدند، منبع ژنتیکی مهمی هستند که ممکن است به برگرداندن پایداری به نظام‌های تولید کمک کنند. تنوع موجود در ارقام قدیمی گونه‌های زراعی نه تنها در حفظ پایداری عملکرد در نظام‌های کم‌نهاده نقش مهمی دارند، بلکه ممکن است به‌دلیل تنوع ژنتیکی بالا به‌عنوان ابزار مهمی در اصلاح نباتات به‌کار روند (۲۸).

از عوامل اصلی تعیین کننده کمیت و کیفیت تولیدات گیاهان زراعی و باغی می‌توان تقسیم‌بندی کربن و نیتروژن بین اندام‌های مختلف گیاه را نام برد. در گیاهان در طی دوره‌ای از رشد، تجمع برخی از مواد تولید شده در فرایند فتوسنتز بیشتر از میزان مصرف آن برای رشد گیاه است. در این حالت این مواد مازاد، بیشتر در ساقه و برگ انباشته شده و در مراحل بعد از گلدهی به دانه انتقال می‌یابند که به این فرایند انتقال مجدد می‌گویند. نیتروژن مورد نیاز برای نمو دانه از طریق انتقال مجدد نیتروژن جذب شده قبل از گلدهی و تجمع نیتروژن در طی پر شدن دانه، فراهم می‌شود (۱۸). اگر نیتروژن خاک محدود باشد یا برگ‌ها مواد فتوسنتزی لازم برای نمو ریشه و دانه را تولید نکنند، گیاه جذب نیتروژن بعد از گرده‌افشانی را کم یا متوقف می‌کند، که در این‌صورت نیتروژنی که در گیاه وجود دارد تنها منبع نیتروژن دانه در زمان برداشت خواهد بود. در غلات پس از مرحله گرده‌افشانی، دانه‌ها مقصد بسیار فعالی برای جذب نیتروژن هستند (۱۰). بخش عمده‌ای از نیتروژن ذخیره شده در دانه از تخریب پروتئین موجود در برگ‌های پیر و در حال خشک شدن منشأ می‌گیرد که توسط انتقال مجدد نیتروژن از اندام‌های رویشی به دانه منتقل می‌شوند (۲۷). مطالعات سهم نیتروژن دانه از انتقال مجدد نیتروژن در گندم را حدود ۴۰ تا ۹۰ درصد گزارش کردند که متغیر بودن این میزان از انتقال مجدد نیتروژن را به تفاوت در ژنوتیپ، شرایط آب و هوایی، نوع خاک و مدیریت مزرعه نسبت دادند (۲۳). گوئاردا و همکاران نشان دادند (۱۷) که با گذشت زمان و تولید ارقام جدید گندم، ذخیره نیتروژن در دانه در هر سال (۰/۶ تا ۰/۸ کیلوگرم در هکتار در کاربرد کود نیتروژن و ۰/۲ کیلوگرم در هکتار در عدم کاربرد کود نیتروژن) افزایش یافته است. این افزایش جذب نیتروژن با میانگین افزایش عملکرد (۳۳/۵

کیلوگرم در هکتار در سال) مطابقت دارد. این نتایج نشان می‌دهد که با وجود انتخاب تحت شرایط نیتروژن مطلوب، روند تکاملی ارقام منجر به بهبود ظرفیت آسیمیلاسیون نیتروژن، صرف‌نظر از کاربرد نیتروژن، شده است. آنها همچنین نشان دادند که بدون کاربرد کود نیتروژن ۱۹ کیلوگرم در هکتار در سال به عملکرد دانه افزوده شد و در کاربرد ۱۶۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار حدود ۴۳ کیلوگرم در هکتار در سال به عملکرد دانه افزوده شده است. این نتایج نشان می‌دهد که قابلیت افزایش ذخیره نیتروژن، ظرفیت استفاده از نیتروژن را تشدید می‌کند و درنتیجه توانایی گیاه برای افزایش عملکرد دانه در پاسخ به کاربرد نیتروژن را بالا می‌برد (۱۷). مطالعات انجام شده توسط ارکولی و همکاران (۱۲) نشان دادند که محتوی نیتروژن در تمامی قسمت‌های گیاه (از جمله برگ، ساقه، سنبله و ریشه)، تجمع نیتروژن در دانه، انتقال مجدد نیتروژن در گندم دوروم با افزایش کاربرد کود نیتروژن افزایش یافت. در مطالعه‌ای دیگر بحرانی و حق‌جو (۴) تأثیر نیتروژن بر انتقال مجدد نیتروژن برگ پرچم در گندم دوروم و نان را بررسی کردند. آنها گزارش کردند که با افزایش کاربرد کود نیتروژن، محتوی نیتروژن برگ پرچم در مرحله گلدهی و رسیدگی و انتقال مجدد نیتروژن افزایش، ولی کارایی انتقال مجدد نیتروژن کاهش یافت. آنها دریافتند که محتوی نیتروژن برگ پرچم در مرحله گلدهی، در گندم نان و دوروم برابر ولی در مرحله رسیدگی محتوی نیتروژن برگ پرچم گندم دوروم کمتر از گندم نان بود. این مطلب نشان‌دهنده انتقال مجدد نیتروژن بیشتر در گندم دوروم است.

میزان زیادی از عناصر غذایی همچون نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم، منیزیم و گوگرد برای تکمیل چرخه زندگی گیاهان مورد نیاز است، از این‌رو آنها اغلب به‌عنوان عناصر غذایی پر مصرف یا ضروری برای گیاه عنوان می‌شوند. مطالعات نشان دادند کمبود نیتروژن تأثیر منفی بیشتری نسبت به سایر عناصر غذایی پرمصرف بر رشد گیاه دارد. مطالعات همبستگی مثبت بین کاربرد کود نیتروژن و غلظت نیتروژن، فسفر و پتاسیم کل گیاه را نشان دادند (۳۴). پتاسیم و نیتروژن در فعالیت فتوسنتزی و در تشکیل و انتقال کربوهیدرات‌ها و پروتئین‌ها در گیاه نقش دارند. آسیمیلاسیون نیتروژن نیز به فعالیت فتوسنتزی گیاه وابسته است و این موضوع می‌تواند دلیلی بر تأثیر برهم‌کنش کاربرد نیتروژن و پتاسیم بر غلظت نیتروژن و پتاسیم دانه باشد (۸). مهم‌ترین تفاوت گندم‌های اصلاح شده با گندم‌های قدیمی، غلظت عناصر غذایی بالا در دانه این گندم‌ها است. بسیاری از مطالعات برتری گندم‌های قدیمی به گندم‌های اصلاح شده را به کیفیت دانه این گندم‌ها نسبت می‌دهند. اعتقاد بر این است که در اثر فشار اصلاح نباتات، غلظت عناصر معدنی در گندم‌های اصلاح شده کاهش یافته و گندم‌های قدیمی نسبت به گندم‌های اصلاح شده عناصر غذایی بالاتری دارند. به‌همین دلیل امروزه گندم‌های قدیمی (اینکورن، ایمر و اسپلت) به‌دلیل بالا بودن غلظت عناصر معدنی، بیشتر مورد توجه قرار گرفتند (۳). نقش مهم نیتروژن در گیاهان از جمله گندم به‌خوبی شناخته شده است، اما جنبه‌های تأثیر آن بر جذب و توزیع سایر عناصر غذایی در اندام‌های مختلف گیاهان به‌ویژه ارقام قدیمی گندم نیاز به بررسی بیشتری دارد. شناسایی ژنوتیپ‌ها و انواع گندمی که ضمن نیاز نه چندان زیاد به نهاده‌هایی نظیر کودهای شیمیایی از کیفیت محصول دانه مناسبی برخوردار باشند می‌تواند کمک زیادی به کاهش عوارض منفی زیست‌محیطی مواد شیمیایی کشاورزی و در عین حال تولید محصولات خاص بشر امروزی کند. بر این اساس مطالعه حاضر با هدف بررسی تأثیر نیتروژن بر انتقال مجدد نیتروژن، غلظت عناصر نیتروژن، پتاسیم و فسفر گندم‌های قدیمی دی، تترا و هگزاپلوئید انجام شد.

مواد و روش‌ها

برای مقایسه انتقال مجدد نیتروژن و غلظت عناصر فسفر، پتاسیم و نیتروژن برگ و دانه منتخبی از گندم‌ها با سطوح مختلف پلوئیدی آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۳ تکرار به‌صورت آزمایش گلدانی در مزرعه تحقیقاتی چاه انباری دانشکده کشاورزی واقع در دانشگاه

جدول ۱. گندم‌های به‌کار رفته در آزمایش گلدانی

محل تهیه بذر	نام رایج	نام ژنوتیپ	نام علمی	طبقه بندی	گروه	سطح پلوئیدی
مرکز تحقیقات آلمان	–	TRI 565	*T. monococcum*	قدیمی	اینکورن	دیپلوئید
مرکز تحقیقات آلمان	خراسان	TRI17606	*T. turanicum*	قدیمی	قدیمی	تتراپلوئید
مرکز تحقیقات آلمان	–	TRI 12911	*T. jakubzineriu*			
مرکز تحقیقات آلمان	اتیوپی	TRI 15593	*T. aethiopicum*			
زاگرس مرکزی ایران	جونقان	Joneghan	*T. turgidum* ssp. *dicoccum*	قدیمی	ایمر (پوشینه‌دار)	
زاگرس مرکزی ایران	سینگرد	Singerd	*T. turgidum* ssp. *dicoccum*:			
مرکز تحقیقات آلمان	–	TRI 9652	*T. turgidum*	جدید	ماکارونی	
زاگرس مرکزی ایران	یاواروس	Yavaroos	*T. turgidum* var. Yavaroos			
زاگرس مرکزی ایران	اسپلت	TRI 3429	*T. spelta*	قدیمی	اسپلت–مکا (پوشینه‌دار)	هگزاپلوئید
زاگرس مرکزی ایران	مکا	TRI 13595	*T. macha*			
مرکز تحقیقات آلمان	پاکوتاه هندی	TRI18664	*T. sphaeroccum*	جدید	نان	
زاگرس مرکزی ایران	روشن	Roushan	*T. aestivum* var. Roushan			

صنعتی اصفهان از پاییز ۹۶ تا تابستان ۹۷ و در فضای باز انجام شد. فاکتورهای آزمایشی شامل چهار سطح کود نیتروژن (صفر، ۱۸/۶۶، ۳۷/۳۳ و ۵۶ میلی‌گرم نیتروژن خالص در هر کیلوگرم خاک که در متن برای سهولت در ارئه نتایج به‌ترتیب از عبارات سطح صفر، پایین، متوسط و بالای نیتروژن استفاده شده است) به‌عنوان یک فاکتور و دوازده ژنوتیپ گندم به‌عنوان فاکتور دیگر بودند. این ژنوتیپ‌ها شامل هفت ژنوتیپ گندم تتراپلوئید، چهار ژنوتیپ گندم هگزاپلوئید و یک ژنوتیپ گندم دیپلوئید بودند که در جدول ۱ نشان داده شدند. کاشت در گلدان‌های پلاستیکی با قطر ۳۰ سانتی‌متر و ارتفاع ۳۵ سانتی‌متر (حاوی ۱۵ کیلوگرم خاک) که با ماده آزمایشی یکنواختی شامل یک سوم ماسه و دو سوم خاک مزرعه پر شده بود، در هفته اول آذر سال ۱۳۹۶ صورت گرفت. ابتدا کاشت متراکم بذر صورت گرفته و پس از استقرار تعداد بوته‌ها در هر گلدان به ۱۰ عدد تنک شد (سه بوته در مرحله گلدهی یعنی مرحله ۶۵ مقیاس زادوکس به‌منظور محاسبه صفات انتقال مجدد نیتروژن و هفت بوته باقی‌مانده در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک یعنی مرحله ۹۹ مقیاس زادوکس برای محاسبه صفات انتقال مجدد نیتروژن و تعیین غلظت عناصر نیتروژن، پتاسیم و فسفر برداشت شدند). برای اعمال تیمار کودی، کود اوره (حاوی ۴۶ درصد نیتروژن) در آب حل شده و در هنگام آبیاری، به‌طور یکنواخت در گلدان‌ها پخش شد. اعمال تیمار نیتروژن در دو مرحله پنجه‌دهی و به ساقه رفتن (به‌ترتیب در مراحل ۲۹ و ۳۷ مقیاس زادوکس که مصادف با تاریخ‌های یازدهم اسفند ۱۳۹۶ و پنجم فروردین ۱۳۹۷ بود) صورت گرفت. برای تعیین میزان آب مورد نیاز برای هر گلدان ابتدا گلدان‌های پلاستیکی که با خاک و ماسه پر شده بودند، وزن شدند و تا وضعیت اشباع خاک، آبیاری شدند. گلدان‌ها با پلاستیک پوشیده شده و بعد از ۳۶ ساعت وزن شدند. این وزن به‌عنوان ظرفیت زراعی درنظر گرفته شد. تفاوت بین وزن خاک خشک و ظرفیت زراعی به‌عنوان میزان آب قابل دسترس درنظر گرفته شد. بنابراین آبیاری مطابق میزان آب قابل دسترس (۲ لیتر در هر گلدان) انجام گرفت (۲۶). قبل از انجام آزمایش، آزمون خاک برای اندازه‌گیری

خصوصیات خاک انجام شد (جدول ۲) و با توجه به نتایج این آزمایش کود فسفر و پتاس استفاده نشد. برداشت نهایی در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک در هفته دوم تیرماه انجام شد.

انتقال مجدد نیتروژن: در مرحله گلدهی زمانی که پرچم‌ها در ۵۰ درصد سنبله‌ها ظاهر شدند (مرحله ۶۵ مقیاس زادوکس)، ۳ بوته کامل به‌طور تصادفی از هر گلدان برداشت شد. نمونه‌های برداشت شده به‌مدت ۴۸ ساعت در درجه حرارت ۷۰ درجه سانتی‌گراد در آون خشک شده و وزن آنها اندازه‌گیری شد. همچنین در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک (مرحله ۹۹ مقیاس زادوکس) نمونه‌برداری دوم انجام و پس از خشک‌کردن نمونه‌ها مشابه نمونه‌برداری اول، وزن آنها اندازه‌گیری شد (۲۵). غلظت نیتروژن نمونه‌ها در دو مرحله گلدهی و رسیدگی با دستگاه کلدال نیمه‌میکرو (semi micro Kjeldahl) اندازه‌گیری شد. محتوی نیتروژن بخش هوایی در مرحله گلدهی و رسیدگی و انتقال مجدد نیتروژن از روابط زیر محاسبه شد (۲).

(۱) = محتوی نیتروژن بخش رویشی در مرحله گلدهی
× غلظت نیتروژن بخش رویشی در مرحله گلدهی)
(وزن خشک کل اندام هوایی بوته در مرحله گلدهی

(۲) = محتوی نیتروژن بخش رویشی در مرحله رسیدگی
× غلظت نیتروژن بخش رویشی بوته در مرحله رسیدگی
وزن خشک کل اندام هوایی بوته (برگ + ساقه + کاه) در مرحله رسیدگی

(۳) = محتوی نیتروژن دانه
(وزن دانه در بوته × غلظت نیتروژن دانه)

(۴) = انتقال مجدد نیتروژن (میلی‌گرم نیتروژن بر بوته)
– محتوی نیتروژن کل اندام هوایی بوته در مرحله گلدهی
محتوی نیتروژن کل اندام هوایی بوته (برگ + ساقه + کاه) در
مرحله رسیدگی

اندازه‌گیری غلظت عناصر فسفر و پتاسیم در بخش هوایی و دانه

برای اندازه‌گیری میزان عناصر در اندام رویشی و دانه، نمونه‌برداری در مرحله خمیری دانه (مرحله ۸۵ مقیاس زادوکس) صورت گرفت (۸).

تجزیه و تحلیل آماری

داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۴ و Excel نسخه ۲۰۱۶ مورد بررسی و تجزیه آماری قرار گرفت و مقایسه میانگین با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثرات کاربرد کود نیتروژن، ژنوتیپ و اثر برهم‌کنش آنها بر صفات مربوط به انتقال مجدد نیتروژن و غلظت عناصر فسفر، پتاسیم و نیتروژن اندام رویشی و دانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۳).

محتوی نیتروژن بوته در مرحله گلدهی و رسیدگی با افزایش کاربرد کود نیتروژن در تمام ژنوتیپ‌ها افزایش یافت، ولی میزان این افزایش در ژنوتیپ‌های مختلف متفاوت بود. محتوی نیتروژن بوته در مرحله گلدهی در ارقام اصلاح شده یاواروس و روشن (به‌ترتیب گونه‌های *Triticum turgidum* و *Triticum aestivum*) تا سطح بالای نیتروژن (۵۶ میلی‌گرم نیتروژن خالص در هر کیلوگرم خاک) و در سایر ژنوتیپ‌ها اغلب تا سطح متوسط نیتروژن (۳۷/۳۳ میلی‌گرم نیتروژن خالص در هر کیلوگرم خاک) افزایش یافت (جدول ۴). بیشترین میزان افزایش محتوی نیتروژن بوته در مرحله گلدهی در سطح بالای نیتروژن به رقم روشن از گونه *T. aestivum* (۴۷ درصد) و کمترین آن در سطح متوسط نیتروژن به ژنوتیپ تی آر آی ۱۳۵۹۵ از گونه *Triticum macha* (۲۷ درصد) تعلق داشت. گندم‌های هگزاپلوئید پوشینه‌دار (گونه‌های *Triticum spelta* و *T. macha*) در تمام سطوح کود نیتروژن، به‌جز سطح بالای نیتروژن، بیشترین

جدول ۲. ویژگی‌های خاک استفاده شده در آزمایش گلدانی

هدایت الکتریکی	پتاسیم قابل استفاده در خاک	فسفر قابل استفاده در خاک	کل محتوی ازت خاک	محتوی کربن آلی	محتوی ماده آلی خاک	بافت خاک			پی اچ
						شن	رس	سیلت	
(دسی زیمنس بر متر)	(میلی‌گرم بر کیلوگرم)			(درصد)		(درصد)			
۳/۰۷	۳۲۰	۲۰/۲۷	۱۴۰	۰/۹۵	۱/۶۳	۳/۸	۲۸	۳۲/۲	۷/۳۶

جدول ۳. نتایج تجزیه واریانس محتوی نیتروژن در مرحله گلدهی و رسیدگی، انتقال مجدد نیتروژن غلظت فسفر، غلظت پتاسیم و غلظت نیتروژن اندام رویشی و دانه در دوازده ژنوتیپ گندم ارزیابی شده تحت چهار سطح کود نیتروژن در شرایط گلدانی

منابع تغییرات	میانگین مربعات									
	درجه آزادی	محتوی نیتروژن در مرحله گلدهی	محتوی نیتروژن در مرحله رسیدگی	محتوی نیتروژن دانه	انتقال مجدد نیتروژن	غلظت فسفر اندام رویشی	غلظت فسفر دانه	غلظت پتاسیم اندام رویشی	غلظت پتاسیم دانه	غلظت نیتروژن اندام رویشی	غلظت نیتروژن دانه
نیتروژن	۳	۹۲۲۷**	۳۰۵۲**	۶۱۶۷**	۱۷۰۱**	۱/۱۳**	۴/۰۵**	۲۶۴/۲**	۳۱/۹**	۷۳/۴**	۱۷۴/۷**
ژنوتیپ	۱۱	۳۲۰۱**	۲۵۷۲**	۸۷۳/۸**	۷۹۱/۴**	۰/۰۹**	۲/۱۹**	۳۷۳/۹**	۱۳/۶**	۵۰/۸**	۶۵/۷**
نیتروژن × ژنوتیپ	۳۳	۳۶۹/۴**	۷۹/۶**	۳۶۸/۱**	۲۳۰/۱**	۰/۰۷**	۰/۵۳**	۱۲/۹**	۲/۹۳**	۲/۲۶**	۷/۱۵**
خطا	۹۶	۶/۰۸	۱/۰۳	۱/۱۷	۲/۶۵	۰/۰۰۳	۰/۱۴	۰/۴۴	۰/۰۷	۰/۰۰۸	۰/۳۷

* و** به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد و ns غیرمعنی‌دار

جدول ۴. اثر متقابل نیتروژن و ژنوتیپ بر محتوی نیتروژن در مرحله گلدهی و رسیدگی، محتوی نیتروژن دانه و انتقال مجدد نیتروژن دردوازده ژنوتیپ گندم تحت سطوح مختلف کود نیتروژن در شرایط گلدانی

ژنوتیپ / نیتروژن	محتوی نیتروژن در مرحله گلدهی (میلی‌گرم بر بوته)				محتوی نیتروژن در مرحله رسیدگی (میلی‌گرم بر بوته)				محتوی نیتروژن دانه (میلی‌گرم بربوته)				انتقال مجدد نیتروژن (میلی‌گرم بر بوته)			
	صفر	۴۰	۸۰	۱۲۰	صفر	۴۰	۸۰	۱۲۰	صفر	۴۰	۸۰	۱۲۰	صفر	۴۰	۸۰	۱۲۰
T. monococcum: TRI 565	۷۰/۳^{tu}	۱۰۰/۳^{fgh}	۱۱۸/۸^{c}	۹۴/۴^{ijk}	۳۰/۹^{p}	۴۲/۳^{k}	۶۸/۰^{c}	۴۹/۸^{i}	۱۷/۳^{tu}	۲۹/۲^{p}	۴۷/۲^{i}	۳۹/۹^{l}	۳۹/۳^{vw}	۵۸/۰^{fgh}	۵۰/۷^{klm}	۴۴/۵^{qrs}
T. turanicum: TRI 17606	۵۲/۷^{xy}	۴۹/۲^{y}	۹۴/۴^{ijk}	۹۳/۴^{jk}	۱۸/۹^{u}	۲۱/۷^{s}	۴۲/۰^{k}	۳۷/۴^{n}	۲۶/۳^{qr}	۶۰/۶^{e}	۷۱/۲^{b}	۳۳/۰^{no}	۳۳/۷^{y}	۲۷/۵^{z}	۵۲/۴^{jk}	۵۶/۱^{ghi}
T. jakubzineriu: TRI 12911	۷۹/۸^{op}	۱۰۱/۱^{efg}	۱۴۷/۷^{a}	۱۲۴/۸^{b}	۳۰/۱^{p}	۴۵/۲^{j}	۵۷/۷^{e}	۵۰/۸^{hi}	۱۶/۱^{uv}	۳۳/۲^{n}	۶۳/۴^{d}	۴۵/۸^{ij}	۴۹/۷^{lmn}	۵۵/۸^{hi}	۹۰/۰^{a}	۷۳/۹^{b}
T. aethiopicum: TRI 15593	۴۳/۷^{z}	۶۷/۲^{u}	۷۸/۵^{pq}	۶۷/۹^{u}	۱۰/۲^{x}	۱۶/۷^{v}	۱۹/۸^{tu}	۲۱/۵^{s}	۲۵/۳^{r}	۵۲/۹^{gh}	۶۱/۱^{c}	۵۲/۴^{h}	۳۳/۵^{y}	۵۰/۵^{klm}	۵۸/۷^{f}	۴۶/۴^{pq}
T. turgidum ssp. *dicoccum*: Joneghan	۷۲/۸st	۸۵/۱^{mn}	۱۰۱/۷^{defg}	۹۱/۶^{kl}	۲۶/۱^{q}	۳۳/۴^{o}	۳۸/۵^{mn}	۳۲/۶^{o}	۳۳/۶^{n}	۶۱/۷^{e}	۶۴/۸^{cd}	۵۴/۷^{g}	۴۶/۷^{opq}	۵۱/۷^{jkl}	۶۳/۱^{de}	۵۹/۰^{f}
T. turgidum ssp. *dicoccum*: Singerd	۷۰/۹^{tu}	۱۰۵/۲^{d}	۱۰۲/۵^{def}	۸۴/۸^{tu}	۲۸/۸^{p}	۴۰/۳^{l}	۵۳/۰^{fg}	۳۹/۱^{lm}	۲۶/۲^{qr}	۵۴/۳^{g}	۵۱/۹^{h}	۳۸/۷^{l}	۴۱/۲^{tuv}	۶۴/۹^{cd}	۴۹/۵^{lmn}	۴۵/۶^{pqr}
T. turgidum: TRI 9652	۵۷/۷^{w}	۷۵/۳^{qrs}	۷۷/۷^{pqr}	۷۲/۴st	۲۰/۸st	۲۶/۲^{q}	۲۹/۹^{p}	۲۴/۳^{r}	۱۶/۹^{tuv}	۳۹/۶^{l}	۳۵/۶^{m}	۲۲/۷^{s}	۳۶/۹^{wx}	۴۹/۱^{lmno}	۴۷/۸^{nop}	۴۸/۱^{mnop}
T. turgidum var. Yavaroos	۵۷/۲^{w}	۷۴/۲^{rst}	۸۳/۴^{no}	۹۲/۵^{kl}	۱۷/۰^{v}	۳۰/۷^{p}	۳۲/۹^{o}	۳۴/۰^{o}	۱۸/۴^{t}	۳۱/۸^{no}	۴۵/۴^{j}	۶۵/۰^{c}	۴۰/۲^{uv}	۴۳/۴^{rst}	۵۰/۵^{klm}	۵۸/۵^{fg}
T. spelta: TRI 3429	۸۸/۶^{lm}	۱۱۷/۱^{c}	۱۲۴/۹^{b}	۹۶/۷^{hij}	۵۳/۸^{f}	۷۱/۳^{b}	۹۰/۱^{a}	۶۹/۹^{b}	۲۱/۹^{s}	۴۳/۳^{k}	۳۸/۹^{l}	۲۹/۳^{p}	۳۴/۷^{xy}	۴۵/۷^{pqr}	۳۴/۸^{xy}	۲۶/۷^{z}
T. macha: TRI 13595	۸۷/۲^{mn}	۱۰۴/۷^{de}	۱۲۰/۶^{c}	۱۱۶/۶^{c}	۳۳/۷^{o}	۴۵/۸^{j}	۵۹/۹^{d}	۵۱/۸^{gh}	۲۱/۱^{s}	۴۷/۲^{i}	۳۵/۶^{m}	۳۲/۱^{no}	۵۳/۵^{ij}	۵۸/۹^{f}	۶۰/۶^{ef}	۶۴/۸^{cd}
T. sphaeroccum: TRI 18664	۵۲/۵^{xy}	۵۳/۹^{wx}	۹۳/۵^{jk}	۹۷/۸^{ghi}	۱۷/۳^{v}	۱۹/۱^{u}	۳۳/۲^{o}	۳۸/۰^{mn}	۱۵/۳^{v}	۲۷/۵^{pq}	۵۷/۱^{f}	۳۱/۴^{o}	۳۵/۰^{xy}	۳۴/۷^{xy}	۶۰/۳^{f}	۵۹/۷^{f}
T. aestivum var. Roushan	۵۵/۷^{wx}	۶۲/۵^{v}	۸۶/۸^{mn}	۱۰۴/۲^{def}	۱۳/۶^{w}	۲۳/۴^{r}	۳۷/۰^{n}	۳۷/۴^{wx}	۲۶/۴^{qr}	۳۹/۱^{l}	۶۰/۹^{c}	۸۸/۰^{a}	۴۲/۱^{stu}	۳۹/۱^{vw}	۴۹/۷^{lmn}	۶۶/۸^{c}
LSD	۳/۹۹				۱/۶۴				۱/۷۵				۲/۶۴			

در هر صفت میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، بر اساس آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار در سطح پنج درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

محتوی نیتروژن بوته در مرحله گلدهی را دارا بودند. افزایش محتوی نیتروژن بوته در مرحله رسیدگی در رقم روشن از گونه *T. aestivum*، رقم یاواروس از گونه *T. turgidum*، ژنوتیپ تی آر آی ۱۸۶۶۴ از گونه *Triticum sphaeroccum* و ژنوتیپ تی آر آی ۱۵۵۹۳ از گونه *Triticum aethiopicum* تا سطح بالای نیتروژن و در سایر ژنوتیپ‌ها تا سطح متوسط نیتروژن مشاهده شد (جدول های ۴ و ۶). بیشترین میزان افزایش در سطح بالای نیتروژن به رقم روشن از گونه *T. aestivum* (۶۴ درصد) و کمترین آن در سطح متوسط نیتروژن به ژنوتیپ جونقان از گونه *T. turgidum* ssp. *dicoccum* (۳۱ درصد) تعلق داشت. گندم‌های هگزاپلوئید پوشینه‌دار (گونه‌های *T. spelta* و *T. macha*) در تمام سطوح کود نیتروژن بیشترین و ژنوتیپ تی آر آی ۱۵۵۹۳ از گونه *T. aethiopicum* نیز با اختلاف بسیار زیاد نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها در تمام سطوح کود نیتروژن کمترین محتوی نیتروژن بخش رویشی در مرحله رسیدگی را دارا بودند.

محتوی نیتروژن دانه در تمام ژنوتیپ‌ها به افزایش کاربرد کود نیتروژن پاسخ مثبت نشان داد، ولی میزان این پاسخ مثبت در ژنوتیپ‌های مختلف متفاوت بود. این پاسخ مثبت تنها در ارقام اصلاح شده روشن و یاواروس (به‌ترتیب گونه‌های *T. aestivum* و *T. turgidum*) تا سطح بالای نیتروژن ادامه داشت و در سایر ژنوتیپ‌ها در سطح متوسط نیتروژن متوقف شد (جدول ۴). بیشترین میزان افزایش در سطح بالای نیتروژن به رقم روشن از گونه *T. aestivum* (۴۷ درصد) و کمترین آن در سطح متوسط نیتروژن به ژنوتیپ تی آر آی ۱۳۵۹۵ از گونهٔ *T. macha* (۲۷ درصد) تعلق داشت. گندم‌های تتراپلوئید قدیمی (گونه‌های *T. aethiopicum*، *Triticum jakubzineriu* و *Triticum turanicum*) و تتراپلوئید پوشینه‌دار (گونه *T. turgidum ssp. dicoccum*) در سطح پایین (۱۸/۶۶ میلی‌گرم نیتروژن خالص در هر کیلوگرم خاک) و متوسط نیتروژن و گندم‌های اصلاح شده یاواروس و روشن (به‌ترتیب گونه‌های *T. turgidum* و *T. aestivum*) در سطح بالای نیتروژن بیشترین محتوی نیتروژن دانه را دارا بودند.

انتقال مجدد نیتروژن با افزایش کاربرد کود نیتروژن در تمام ژنوتیپ‌ها افزایش یافت، اما میزان این افزایش در ژنوتیپ‌های مختلف متفاوت بود. انتقال مجدد نیتروژن در ارقام اصلاح شده یاواروس و روشن (به‌ترتیب گونه‌های *T. turgidum* و *T. aestivum*) تا سطح بالای نیتروژن و سایر ژنوتیپ‌ها تا سطح متوسط کود نیتروژن افزایش یافت (جدول ۴). بیشترین میزان افزایش انتقال مجدد نیتروژن در سطح متوسط نیتروژن به ژنوتیپ تی آر آی ۱۲۹۱۱ از گونه *T. jakubzineriu* (۴۵ درصد) و کمترین میزان افزایش در سطح پایین نیتروژن به ژنوتیپ تی آر آی ۵۶۵ از گونه *Triticum monococcum* (۲۲ درصد) تعلق داشت. گندم‌های قدیمی و پوشینه‌دار به‌دلیل ذخیره بیشتر نیتروژن در اندام‌های رویشی و عدم انتقال آن به دانه، انتقال مجدد نیتروژن کمتر (به‌جز ژنوتیپ تی آر آی ۱۲۹۱۱ از گونه *T. jakubzineriu*) و تا حدی برابر نسبت به ارقام اصلاح شده گندم دارند. شاخص برداشت نیتروژن نسبت محتوی نیتروژن در قسمت‌های قابل برداشت گیاه (دانه در گندم) به کل نیتروژن موجود در اندام هوایی گیاه است. شاخص برداشت نیتروژن در ارقام اصلاح شده یاواروس و روشن (به‌ترتیب گونه‌های *T. turgidum* و *T. aestivum*) تا سطح بالای نیتروژن و در سایر ژنوتیپ‌ها اغلب تا سطح پایین نیتروژن افزایش یافت. در مطالعه حاضر شاخص برداشت ارقام اصلاح شده گندم نظیر یاواروس و روشن (به‌ترتیب گونه‌های *T. turgidum* و *T. aestivum*) ۵۵ تا ۷۰ درصد و برای گندم‌های قدیمی ۴۵ تا ۵۵ درصد مشاهده شد (داده‌ها نشان داده نشدند). شاخص برداشت نیتروژن کمتر در گندم‌های قدیمی نشان می‌دهد که این گندم‌ها در جذب و انتقال نیتروژن به دانه کارا نیستند. شاخص برداشت نیتروژن در طی گذشت زمان و با اصلاح گندم افزایش یافته است. این بهبود مستقل از ایجاد ارقام پاکوتاه در گندم بوده و به کاهش محتوی نیتروژن اندام هوایی در مرحله رسیدگی مرتبط است که ممکن است در نتیجه انتقال مجدد بیشتر نیتروژن باشد (جدول ۴).

تنوع ژنتیکی زیادی در جذب و انتقال مجدد نیتروژن از

اندام‌های رویشی به دانه در مطالعات مختلف گزارش شده است (۵). مطالعات نشان می‌دهند که بخش عمده‌ای از نیتروژن ذخیره شده در بذر از تخریب پروتئین اندام‌های رویشی در حال پیر شدن مانند برگ‌ها به‌دست می‌آید (۷). انتقال مجدد نیتروژن به دانه در گونه‌های مختلف گیاهی بدین معنی است که برگ‌ها در طی رشد رویشی به‌عنوان مخزن برای نیتروژن عمل می‌کنند و در دوران پیری حدود ۸۰ درصد این نیتروژن ذخیره شده در برگ‌ها، به‌طور عمده به صورت اسیدهای آمینه به دانه‌های در حال نمو انتقال می‌یابد. گیاهان با افزایش فعالیت آنزیم پروتئاز نیتروژن را از طریق تخریب کلروپلاست که بیشتر در برگ‌های پیر رخ می‌دهد، آزاد می‌کنند و این نیتروژن در فرایند انتقال مجدد به دانه انتقال می‌یابد (۲۰). مطالعات نشان می‌دهد که مرحله پر شدن دانه در گندم یک مرحله مهم و حساس است، زیرا در این دوران جذب و تثبیت نیتروژن کاهش می‌یابد. جذب و آسیمیلاسیون نیتروژن در طی پر شدن دانه برای برطرف کردن نیاز بالای بذر برای نیتروژن کافی نیستند. انتقال مجدد نیتروژن مکانیسم پی در پی و پیچیده است که اندام‌های مختلف گیاه را برای تأمین نیتروژن مورد نیاز دانه درگیر می‌کند. انتقال مجدد نیتروژن بر عملکرد دانه و محتوی نیتروژن دانه تأثیر مهمی دارد. در غلات میزان زیادی از نیتروژن دانه از انتقال مجدد به‌دست می‌آید. انتقال مجدد نیتروژن فرایندی است که بسیار به ژنوتیپ و شرایط محیطی وابسته است. میزان انتقال مجدد نیتروژن در مرحله بعد از گلدهی به‌شدت به‌میزان نیتروژن موجود در دانه و میزان نیتروژن ذخیره شده در قسمت‌های رویشی در مرحله گلدهی وابسته است، که همه این عوامل تحت تأثیر میزان نیتروژن قابل دسترس در خاک و جذب نیتروژن توسط گیاه، به‌ویژه در مرحله قبل از گلدهی، قرار می‌گیرند (۲۳). مطالعات انجام شده توسط اسمیگل و همکاران (۳۰) نشان داد که کاربرد نیتروژن، محتوی نیتروژن دانه و اندام هوایی را در گیاه گندم افزایش می‌دهد. مطالعات نشان دادند که محتوی نیتروژن در مرحله گلدهی و تشکیل دانه تحت تأثیر ژنوتیپ و میزان کاربرد کود نیتروژن است (۳۱). در مطالعه کوئلهو و همکاران (۹) مشخص شد که با افزایش کاربرد کود نیتروژن، محتوی نیتروژن دانه و اندام هوایی در گیاه برنج افزایش و کارایی انتقال مجدد نیتروژن کاهش یافت. این پژوهشگران دریافتند که محتوی نیتروژن دانه در این گیاه بالاتر از محتوی نیتروژن اندام هوایی بود. بر اساس مطالعه گاجو و همکاران (۱۴) با کاربرد نیتروژن کمتر از حد مطلوب، کارایی انتقال مجدد نیتروژن پهنک برگ کاهش، کارایی انتقال مجدد نیتروژن غلاف برگ بدون تغییر و کارایی انتقال مجدد نیتروژن ساقه افزایش یافت. مطالعات نشان دادند که با کاربرد کود نیتروژن انتقال مجدد نیتروژن و جذب نیتروژن بعد از گلدهی در ارقام مختلف گندم افزایش یافت، اما این افزایش در ارقام مختلف گندم متفاوت بود (۲۱). از نتایج مطالعه وقار و احسان‌زاده (۳۲) چنین استنباط می‌شود که گندم‌های تتراپلوئید پوشینه‌دار (ایمر) پاسخ کمی به کاربرد کود نیتروژن نشان دادند و انتقال نیتروژن کمتری نسبت به گندم‌های اصلاح شده داشتند. اگرچه مطالعات چندان زیادی پیش از این روی مقایسه جذب و جابه‌جایی نیتروژن در انواع قدیمی و جدید گندم صورت نگرفته است ولی از نتایج مطالعه حاضر به‌نظر می‌رسد که به‌طور کلی ارقام قدیمی و پوشینه‌دار گندم، محتوی نیتروژن بیشتری را در اندام‌های رویشی ذخیره می‌کنند و نسبت به ارقام اصلاح شده گندم، نیتروژن کمتری را به دانه انتقال می‌دهند و به‌همین دلیل انتقال مجدد نیتروژن کمتری نسبت به ارقام اصلاح شده دارند.

کاربرد کود نیتروژن باعث افزایش غلظت فسفر اندام رویشی و دانه در تمام ژنوتیپ‌ها شد، ولی میزان این افزایش در ژنوتیپ‌های مختلف متفاوت بود. غلظت فسفر اندام رویشی در رقم یاواروس از گونه *T. turgidum*، رقم روشن از گونه *T. aestivum* و ژنوتیپ تی آر آی ۱۵۵۹۳ از گونه *T. aethiopicum* تا سطح بالای نیتروژن و در سایر ژنوتیپ‌ها اغلب تا سطح متوسط نیتروژن افزایش یافت (جدول ۵). بیشترین و کمترین میزان افزایش در سطح متوسط نیتروژن به‌ترتیب به ژنوتیپ‌های تی آر آی ۱۲۹۱۱ از گونه

جدول ۵. اثر متقابل نیتروژن و ژنوتیپ بر غلظت فسفر برگ و دانه و غلظت پتاسیم اندام رویشی دردوازده ژنوتیپ گندم تحت سطوح مختلف کود نیتروژن در شرایط گلدانی

ژنوتیپ / نیتروژن	غلظت فسفر اندام رویشی (میلی‌گرم بر گرم)				غلظت فسفر دانه (میلی‌گرم بر گرم)				غلظت پتاسیم اندام رویشی (میلی‌گرم بر گرم)			
	صفر	۴۰	۸۰	۱۲۰	صفر	۴۰	۸۰	۱۲۰	صفر	۴۰	۸۰	۱۲۰
T. monococcum: TRI 565	۰/۵۲^{stu}	۰/۸۰^{jklm}	۰/۹۲^{fghi}	۰/۶۴^{opqr}	۲/۰۶^{rs}	۲/۴۲$^{j-s}$	۲/۸۴$^{e-n}$	۳/۲۸$^{c-g}$	۱۱/۹^{xy}	۱۶/۷$^{m-q}$	۱۸/۸^{ij}	۱۷/۴^{klm}
T. turanicum: TRI 17606	۰/۶۴^{opqr}	۰/۹۷^{fg}	۱/۱۱^{cd}	۰/۷۹^{lmn}	۲/۱۲^{qrs}	۲/۹۴$^{d-k}$	۲/۵۲$^{h-r}$	۲/۳۶$^{k-s}$	۱۵/۳^{rst}	۱۶/۹^{mnop}	۲۰/۹^{h}	۱۸/۳^{jkl}
T. jakubzineriu: TRI 12911	۰/۴۴^{u}	۱/۰۹^{de}	۰/۹۱^{fghi}	۰/۶۶^{opqr}	۲/۳۱$^{m-s}$	۲/۴۹$^{h-r}$	۲/۷۴$^{g-p}$	۳/۰۰$^{d-j}$	۱۲/۵^{wx}	۱۶/۴$^{m-r}$	۱۵/۸^{qrst}	۱۴/۹^{tu}
T. aethiopicum: TRI 15593	۰/۵۱^{tu}	۰/۶۳^{qr}	۰/۷۵^{lmn}	۰/۸۴^{ijkl}	۲/۱۸^{pqrs}	۲/۴۰$^{j-s}$	۲/۵۹$^{h-r}$	۲/۷۹$^{e-p}$	۱۳/۰^{vw}	۱۵/۶^{rst}	۱۷/۲^{lmn}	۲۱/۸^{gh}
T. turgidum ssp. *dicoccum*: Joneghan	۰/۶۱^{qrs}	۰/۷۸^{klmn}	۰/۸۴^{ijkl}	۰/۶۸^{nopq}	۲/۰۰^{rs}	۲/۶۷$^{h-q}$	۲/۳۳$^{m-s}$	۲/۲۲$^{o-s}$	۱۲/۲^{wxy}	۱۵/۷^{qrst}	۱۶/۹^{mnop}	۱۵/۹$^{p-t}$
T. turgidum ssp. *dicoccum*: Singerd	۰/۵۶^{rst}	۰/۸۳^{ijkl}	۰/۹۵^{fgh}	۰/۶۶^{opqr}	۲/۴۴$^{i-s}$	۳/۳۸^{cde}	۲/۹۲$^{d-k}$	۲/۵۴$^{h-r}$	۱۰/۶^{z}	۱۱/۴^{yz}	۱۶/۴$^{m-r}$	۱۴/۰^{uv}
T. turgidum: TRI 9652	۰/۵۷^{rst}	۰/۹۹^{ef}	۰/۶۳^{pqr}	۰/۵۷^{rst}	۲/۳۹$^{k-s}$	۲/۹۰$^{d-m}$	۳/۴۹^{cd}	۳/۰۹$^{d-h}$	۱۶/۱۰$^{o-s}$	۲۱/۲^{h}	۱۸/۳^{jk}	۱۷/۰^{mno}
T. turgidum var. Yavaroos	۰/۶۹^{nopq}	۰/۸۷^{hijk}	۰/۹۱^{fghi}	۱/۲۷^{ab}	۲/۸۱$^{e-o}$	۳/۰۳$^{d-i}$	۴/۸۷^{a}	۴/۱۲^{b}	۱۷/۴^{klm}	۲۱/۴^{h}	۲۲/۷^{g}	۲۵/۳^{f}
T. spelta: TRI 3429	۰/۵۸^{rst}	۰/۷۷^{lmn}	۱/۱۹^{bc}	۰/۸۸^{ghij}	۲/۷۶$^{f-p}$	۳/۷۳^{bc}	۴/۲۹^{ab}	۳/۳۰^{cdef}	۱۵/۳st	۱۶/۳$^{n-s}$	۲۱/۲^{h}	۱۹/۷^{i}
T. macha: TRI 13595	۰/۵۷^{rst}	۱/۲۶^{ab}	۰/۸۳^{ijklm}	۰/۶۵^{opqr}	۲/۷۹$^{e-p}$	۲/۸۴$^{e-n}$	۳/۸۵^{bc}	۳/۰۹^{defg}	۲۱/۳^{h}	۲۴/۷^{f}	۲۷/۴^{e}	۲۸/۸^{d}
T. sphaeroccum: TRI 18664	۰/۵۷^{rst}	۱/۳۴^{a}	۱/۱۳^{cd}	۰/۷۳^{mnop}	۲/۵۶$^{h-r}$	۳/۳۷^{cdef}	۲/۴۸$^{h-s}$	۲/۲۹$^{n-s}$	۱۵/۹$^{p-t}$	۲۱/۶^{gh}	۳۱/۳^{c}	۲۷/۹^{de}
T. aestivum var. Roushan	۰/۶۱^{qrs}	۰/۷۴^{mno}	۰/۹۷^{fghi}	۱/۱۸^{bcd}	۱/۸۸^{s}	۲/۴۵$^{i-s}$	۲/۶۹$^{g-q}$	۳/۴۹^{cd}	۲۸/۹^{d}	۳۱/۴^{c}	۳۳/۳^{b}	۳۷/۲^{a}
LSD	۰/۰۹				۰/۶۰				۱/۰۷			

در هر صفت میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، بر اساس آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار در سطح پنج درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

گونه *T. jakubzineriu* (۵۹ درصد) و جونقان از گونه *T. turgidum* ssp. *dicoccum* (۲۹ درصد) تعلق داشت. گندم‌های اصلاح شده یاواروس و روشن در سطح بالای نیتروژن بیشترین غلظت فسفر اندام رویشی را دارا بودند. غلظت فسفر دانه در ژنوتیپ تی آر آی ۵۶۵ از گونه *T. monococcum*، ژنوتیپ تی آر آی ۱۲۹۱۱ از گونه *T. jakubzineriu*، ژنوتیپ تی آر آی ۱۵۵۹۳ از گونه *T. aethiopicum* و رقم روشن از گونه *T. aestivum* تا سطح بالای نیتروژن و در سایر ژنوتیپ‌ها تا سطح پایین و متوسط نیتروژن افزایش یافت (جدول ۵). بیشترین و کمترین میزان افزایش در سطح بالای نیتروژن به‌ترتیب به رقم روشن از گونه *T. aestivum* (۴۶ درصد) و ژنوتیپ تی آر آی ۱۵۵۹۳ از گونه *T. aethiopicum* (۲۱ درصد) تعلق داشت. رقم یاواروس متعلق به گونه *T. turgidum* در سطح متوسط و بالای نیتروژن و ژنوتیپ تی آر آی ۳۴۲۹ متعلق به گونه *T. spelta* و ژنوتیپ سینگرد متعلق به گونه *T. turgidum ssp. dicoccum* در سطح پایین نیتروژن بیشترین غلظت فسفر دانه را دارا بودند. در همه ژنوتیپ‌های مورد مطالعه و در تمام سطوح کود نیتروژن غلظت فسفر دانه حدود ۲ تا ۳ برابر غلظت فسفر اندام رویشی مشاهده شد.

غلظت پتاسیم اندام رویشی و دانه در تمام ژنوتیپ‌ها با افزایش کاربرد نیتروژن افزایش یافت، اما میزان این افزایش در ژنوتیپ‌های مختلف متفاوت بود. غلظت پتاسیم اندام رویشی در ژنوتیپ‌های تی آر آی ۱۳۵۹۵ از گونه *T. macha*، تی آر آی ۱۵۵۹۳ از گونه *T. aethiopicum* و ارقام یاواروس از گونه *T. turgidum* و روشن از گونه *T. aestivum* تا سطح بالای نیتروژن و در سایر ژنوتیپ‌ها اغلب در سطح متوسط نیتروژن افزایش یافت (جدول ۵). بیشترین و کمترین میزان افزایش غلظت پتاسیم اندام رویشی در سطح متوسط نیتروژن به‌ترتیب به ژنوتیپ‌های تی آر آی ۱۸۶۶۴ از گونه اسفائروکوکوم (۴۹ درصد) و تی آر آی ۹۶۵۲ از گونه *T. turgidum* (۱۲ درصد) تعلق داشت. رقم روشن در تمام سطوح کود نیتروژن بالاترین غلظت پتاسیم اندام رویشی را دارا بود. درحالی که گندم‌های تتراپلوئید پوشینه‌دار (ژنوتیپ‌های سینگرد و جونقان از گونه *T. turgidum ssp. dicoccum*) در تمام سطوح کود نیتروژن کمترین غلظت پتاسیم اندام رویشی را دارا بودند. غلظت پتاسیم دانه در ارقام اصلاح شده یاواروس و روشن (به‌ترتیب گونه‌های *T. turgidum* و *T. aestivum*) با افزایش استعمال کود نیتروژن تا سطح بالا افزایش یافت، ولی در ژنوتیپ‌های قدیمی و پوشینه‌دار افزایش غلظت پتاسیم دانه در سطح کم و متوسط استعمال کود نیتروژن مشاهده شد. چنین تفاوتی در پاسخ به کاربرد کود نیتروژن سبب شد تا با توجه به نبود تفاوت ملموس بین انواع گندم در شرایط عدم مصرف کود نیتروژن، شاهد بالاترین مقادیر این عنصر در دانه گندم‌های اصلاح شده در شرایط مصرف بالای کود نیتروژن باشیم (جدول ۶). بیشترین میزان افزایش غلظت پتاسیم دانه در سطح متوسط نیتروژن به ژنوتیپ سینگرد از گونه *T. turgidum* ssp. *dicoccum* (۳۷ درصد) و کمترین آن در سطح پایین نیتروژن به ژنوتیپ تی آر آی ۱۳۵۹۵ از گونه *T. macha* (۱۵ درصد) تعلق داشت.

کاربرد کود نیتروژن باعث افزایش غلظت نیتروژن اندام رویشی و دانه در تمام ژنوتیپ‌ها شد، اما ژنوتیپ‌های مختلف پاسخ متفاوتی به کاربرد کود نیتروژن نشان دادند. میزان افزایش غلظت نیتروژن اندام رویشی در ارقام اصلاح شده یاواروس و روشن (به‌ترتیب گونه‌های *T. turgidum* و *T. aestivum*) و ژنوتیپ تی آر آی ۱۵۵۹۳ از گونه *T. aethiopicum* تا سطح بالای نیتروژن و در سایر ژنوتیپ‌ها تا سطح متوسط نیتروژن مشاهده شد (جدول ۶). بیشترین و کمترین میزان افزایش در سطح متوسط نیتروژن به‌ترتیب در ژنوتیپ‌های تی آر آی ۱۳۵۹۵ از گونه *T. macha* (۵۱ درصد) و تی آر آی ۹۶۵۲ از گونه *T. turgidum* (۲۱ درصد) مشاهده شد. ژنوتیپ تی آر آی ۳۴۲۹ از گونه *T. spelta* با اختلاف زیاد نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها بیشترین غلظت نیتروژن اندام رویشی را دارا بود. ژنوتیپ‌های قدیمی و پوشینه‌دار در تمام سطوح کود نیتروژن بیشترین غلظت نیتروژن اندام رویشی را نسبت به ارقام اصلاح

جدول ۶. اثر متقابل نیتروژن و ژنوتیپ بر غلظت پتاسیم دانه و غلظت نیتروژن اندام رویشی و دانه دردوازده ژنوتیپ گندم تحت سطوح مختلف کود نیتروژن در شرایط گلدانی

ژنوتیپ / نیتروژن	غلظت پتاسیم دانه (میلی‌گرم بر گرم)				غلظت نیتروژن اندام رویشی (میلی‌گرم بر گرم)				غلظت نیتروژن دانه (میلی‌گرم بر گرم)			
	صفر	۴۰	۸۰	۱۲۰	صفر	۴۰	۸۰	۱۲۰	صفر	۴۰	۸۰	۱۲۰
T. monococcum: TRI 565	۷/۸۲^{stu}	۸/۶۲^{mn}	۱۱/۹۶^{b}	۹/۴۴^{ghij}	۷/۷۲^{s}	۹/۲۶^{n}	۱۳/۰۶^{d}	۱۰/۳۴^{hi}	۲۶/۲^{lmn}	۲۷/۶^{ijk}	۳۱/۰^{bc}	۳۰/۰^{cd}
T. turanicum: TRI 17606	۸/۰۹^{pqrst}	۱۰/۴۳^{cd}	۹/۶۷^{fgh}	۹/۰۲^{jklm}	۷/۵۲^{s}	۱۰/۲۱^{ij}	۱۰/۸۲^{g}	۹/۵۶^{lm}	۲۲/۵st	۲۸/۱^{ghi}	۳۰/۴^{bcd}	۲۲/۸st
T. jakubzineriu: TRI 12911	۷/۶۶^{uvw}	۹/۶۱^{fghi}	۸/۷۶^{lmn}	۸/۵۰^{nop}	۷/۲۱st	۸/۸۴^{qr}	۱۰/۱۲^{j}	۹/۵۱^{m}	۲۵/۰^{opq}	۲۷/۴^{ijk}	۲۹/۵^{def}	۲۹/۰^{efg}
T. aethiopicum: TRI 15593	۸/۰۴^{qrst}	۱۰/۲۵^{de}	۹/۲۲^{hijk}	۸/۶۱^{mno}	۴/۷۹^{z}	۵/۷۷^{v}	۵/۹۵^{v}	۷/۵۵^{s}	۲۶/۱^{lmn}	۲۶/۹^{jkl}	۲۸/۴^{ghi}	۲۹/۶^{de}
T. turgidum ssp. *dicoccum*: Joneghan	۷/۵۱^{uvw}	۹/۳۰^{ghij}	۸/۳۲^{nopqr}	۷/۹۰^{rstu}	۶/۹۲^{u}	۷/۸۱^{rs}	۹/۰۲^{op}	۸/۱۸^{qr}	۲۲/۷st	۲۴/۸^{pq}	۲۹/۸^{de}	۲۹/۰^{efg}
T. turgidum ssp. *dicoccum*: Singerd	۶/۴۷^{z}	۷/۴۸^{uvw}	۱۰/۲۵^{de}	۸/۵۱^{nop}	۶/۲۴^{uv}	۶/۷۷^{t}	۹/۷۰^{kl}	۸/۰۱^{qr}	۲۲/۸st	۲۶/۷^{klm}	۲۹/۷^{de}	۲۷/۹^{hij}
T. turgidum: TRI 9652	۷/۲۸^{wx}	۱۱/۷۴^{b}	۱۰/۷۵^{c}	۸/۴۱^{nopq}	۶/۸۱^{t}	۷/۳۲^{s}	۸/۷۸^{pq}	۷/۳۷^{s}	۲۴/۷^{pq}	۲۵/۹^{mno}	۲۸/۶^{fgh}	۲۵/۶^{nop}
T. turgidum var. Yavaroos	۹/۶۸^{fg}	۱۰/۳۱^{cde}	۱۱/۵۱^{b}	۱۲/۸۵^{a}	۶/۲۴^{uv}	۹/۰۲^{op}	۹/۵۹^{lm}	۷/۹۴^{rs}	۱۹/۷^{v}	۲۱/۴^{u}	۲۳/۲st	۲۲/۳^{tu}
T. spelta: TRI 3429	۹/۴۴^{ghij}	۱۲/۹۸^{a}	۱۱/۷۰^{b}	۹/۷۴^{fg}	۱۱/۸۷^{c}	۱۳/۴۸^{c}	۱۷/۷۷^{a}	۱۴/۷۹^{b}	۲۷/۰^{jkl}	۲۸/۹^{efg}	۳۳/۱^{a}	۳۰/۱^{cd}
T. macha: TRI 13595	۷/۷۶^{yuv}	۹/۱۷^{ijkl}	۸/۲۱^{pqrs}	۶/۶۵^{yz}	۶/۹۳st	۹/۷۶^{k}	۱۲/۰۰^{e}	۱۰/۳۹^{h}	۲۴/۴^{qr}	۳۰/۴^{bcd}	۳۱/۰^{bc}	۳۳/۵^{a}
T. sphaeroccum: TRI 18664	۶/۹۶^{xy}	۹/۰۱^{jklm}	۷/۸۰^{stuv}	۷/۵۸^{uvw}	۷/۴۷^{s}	۸/۳۶^{qr}	۸/۹۱^{pq}	۱۰/۴۷^{h}	۲۴/۷^{pq}	۲۶/۳^{mno}	۲۷/۸^{fgh}	۳۱/۳^{nop}
T. aestivum var. Roushan	۷/۳۶^{vwx}	۸/۷۸^{klmn}	۹/۹۴^{ef}	۱۰/۲۵^{de}	۵/۸۶^{xy}	۹/۱۰^{o}	۱۰/۹۸^{f}	۸/۷۱^{q}	۲۱/۵^{u}	۲۳/۴^{rs}	۲۵/۶^{nop}	۲۴/۹^{pq}
LSD	۰/۴۵				۰/۱۵				۰/۹۸			

در هر صفت میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، بر اساس آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار در سطح پنج درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

شده یاواروس و روشن داشتند. غلظت نیتروژن دانه در ژنوتیپ‌هایی همچون تی آر آی ۱۵۵۹۳ از گونه *T. aethiopicum* ، تی آر آی ۱۳۵۹۵ از گونه *T. macha* ، تی آر آی ۱۸۶۶۴ از گونه اسفائروکوکوم و رقم روشن از گونه *T. aestivum* تا سطح بالای نیتروژن و در سایر ژنوتیپ‌ها تا سطح متوسط نیتروژن افزایش یافت (جدول ۶). بیشترین میزان افزایش در سطح بالای نیتروژن به ژنوتیپ تی آر آی ۱۳۵۹۵ از گونه *T. macha* (۲۷ درصد) و کمترین آن در سطح متوسط نیتروژن به ژنوتیپ تی آر آی ۱۵۵۹۳ از گونه *T. aethiopicum* (۱۱ درصد) تعلق داشت. ژنوتیپ‌های قدیمی و پوشینه‌دار در تمام سطوح کود نیتروژن بالاترین غلظت نیتروژن دانه را نسبت به ارقام اصلاح شده یاواروس و روشن داشتند. همانند غلظت فسفر دانه، همه ژنوتیپ‌های به‌کار رفته در مطالعه حاضر تمایل دارند نیتروژن بیشتری را در دانه ذخیره کنند، به‌همین دلیل غلظت نیتروژن دانه در تمام سطوح کود نیتروژن حدود ۲ تا ۳ برابر غلظت نیتروژن اندام رویشی مشاهده شده است.

مطالعات گزارش کردند که کاربرد کود نیتروژن بر جذب و انتقال عناصر غذایی تأثیر مثبت زیادی دارد. نیتروژن نقش حیاتی در تنظیم نیاز و جذب عناصر غذایی دارد. کاربرد کود نیتروژن رشد و متابولیسم گیاه را تحریک می‌کند و منجر به افزایش نیاز به سایر عناصر غذایی در گیاه می‌شود (۱۶). مطالعه انجام شده توسط شاه و همکاران (۲۹) نشان دادند که کاربرد نیتروژن به‌طور معنی‌داری بر جذب و تجمع سایر عناصر معدنی هم در ریشه و هم در اندام هوایی تأثیر مثبت دارد. این پژوهشگران گزارش کردند که با کاهش سطح نیتروژن محتوی همه عناصر غذایی شامل فسفر، پتاسیم، منیزیم، کلسیم، مس و آهن کاهش یافت. گستردگی این کاهش با توجه به ژنوتیپ، نوع عنصر غذایی و بافت گیاه مورد آزمایش متفاوت بود. در میان عناصر غذایی پرمصرف، پتاسیم و فسفر بیشترین واکنش را به کاربرد کود نیتروژن نشان دادند. با توجه به مشاهدات فانا و همکاران (۱۳) کود نیتروژن باعث افزایش غلظت نیتروژن در آرد و اندام هوایی گندم دوروم شد، اما بر غلظت فسفر دانه تأثیر معنی‌داری نداشت. عملکرد دانه با غلظت عناصر در دانه رابطه عکس دارد و در بسیاری از مطالعات تأثیر معنی‌دار میزان کود نیتروژن بر محتوی عناصر مشاهده نشد و حتی گزارش شده که کاربرد کود نیتروژن باعث کاهش غلظت عناصر در دانه می‌شود که به‌دلیل اثر رقیق‌سازی ناشی از افزایش عملکرد دانه در اثر کاربرد کود نیتروژن است (۸). در مطالعه حاضر کاهش غلظت عناصر فسفر و نیتروژن دانه در ارقامی که عملکرد آنها با افزایش کاربرد نیتروژن افزایش یافته بود (مانند یاواروس و روشن) می‌تواند به‌علت همین اثر رقیق‌سازی عناصر ناشی از افزایش عملکرد باشد (جدول‌های ۵ و ۶). با توجه به مشاهدات باتن (۶) با افزایش سطح پلوئیدی در طی تکامل گندم از دیپلوئید تا هگزاپلوئید غلظت نیتروژن و فسفر دانه حدود ۲۵ تا ۵۰ درصد کاهش یافته است. مطالعات گزارش کردند که با افزایش سطح پلوئیدی غلظت عناصر پرمصرف در آرد کامل گندم کاهش یافته است (۳). پژوهشگران نشان دادند که غلظت فسفر دانه در گندم اینکورن و ایمر بالاتر از گندم اسپلت و در گندم اسپلت بالاتر از گندم نان بود. اما تفاوت زیادی بین غلظت پتاسیم این گندم‌ها مشاهده نشد (۳). در مطالعه حاضر غلظت فسفر و پتاسیم دانه گندم‌های قدیمی در سطح پایین و متوسط کاربرد کود نیتروژن نسبت به گندم نان (رقم روشن از گونه *T. aestivum*) بالاتر بود، اما با افزایش کاربرد کود نیتروژن نتیجه عکس (افزایش غلظت این عناصر در دانه گندم نان) مشاهده شد.

نتیجه‌گیری

نتایج تأثیر سطوح مختلف نیتروژن بر انتقال مجدد نیتروژن و غلظت عناصر فسفر، پتاسیم و نیتروژن اندام رویشی و دانه گندم‌های قدیم دی، تترا و هگزاپلوئید نشان داد که گندم‌های مختلف پاسخ متفاوتی به کاربرد کود نیتروژن نشان دادند. این نتایج وجود تنوع ژنتیکی زیاد بین این گندم‌ها را آشکار می‌سازد. گندم‌های قدیمی و پوشینه‌دار به‌دلیل ذخیره بیشتر نیتروژن در اندام‌های رویشی و عدم انتقال آن به دانه، انتقال مجدد نیتروژن

کمتر (به‌جز ژنوتیپ تی آر آی ۱۲۹۱۱ از گونه *T. jakubzineriu*) و تا حدی برابر نسبت به ارقام اصلاح شده گندم دارند. مهم‌ترین تفاوت گندم‌های اصلاح شده با گندم‌های قدیمی، غلظت عناصر غذایی در دانه این گندم‌ها است. برتری گندم‌های قدیمی به گندم‌های اصلاح شده را می‌توان به کیفیت بالای دانه این گندم‌ها نسبت داد. گندم‌های قدیمی و پوشینه‌دار نسبت به گندم‌های اصلاح شده عناصر غذایی پرمصرف نظیر فسفر، پتاسیم و نیتروژن بیشتری را هم در اندام‌های رویشی و هم در دانه در مرحله رسیدگی ذخیره کردند. نتایج مطالعه حاضر نشان داد که گندم‌های قدیمی به‌دلیل وجود مقادیر بالا از عناصر غذایی نظیر فسفر، پتاسیم و نیتروژن در اندام رویشی و دانه در شرایط کاربرد کم کود نیتروژن گزینه مناسبی برای کشت در سیستم‌های کشاورزی پایدار هستند. غلظت نیتروژن، پتاسیم و فسفر در اندام رویشی و دانه گندم پاسخ مثبتی به کاربرد کود نیتروژن نشان دادند. غلظت این عناصر در گندم‌های قدیمی و پوشینه‌دار در سطح کم کود نیتروژن برابر یا بیشتر از غلظت این عناصر در گندم‌های اصلاح شده بود. اما عکس این قضیه در سطوح متوسط و بالای نیتروژن صادق بود. از نتایج مطالعه حاضر چنین استنباط می‌شود که گندم‌های قدیمی مانند گندم‌های ایمر به نیتروژن کمتری وابسته هستند و به‌همین دلیل برای رشد در مناطق و شرایط نامطلوب (که سایر گیاهان رشد کمی دارند) و یا در سیستم کشاورزی ارگانیک کم نهاده مناسب هستند.

منابع مورد استفاده

1. Anwar, F., M. H. Siddiqui, S. S. Alghamdi, M. H. Al–Whaibi and A. Chandra. 2011. Nitrogen use- efficiency and crop production- A Mini Review. *Journal of Science and Technology* 6: 167-174.
2. Arduini, I., A. Masoni, L. Ercoli and M. Mariotti. 2006. Grain yield, and dry matter and nitrogen accumulation and remobilization in durum wheat as affected by variety and seeding rate. *European Journal of Agronomy* 25: 309-318.
3. Arzani, A. and M. Ashraf. 2017. Cultivated ancient wheats (*Triticum* spp.): A potential source of health-beneficial food products. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* 16: 477-488.
4. Bahrani, A. and M. Haghjoo. 2010. Flag leaf role in N accumulation and remobilization as affected by nitrogen in a bread and durum wheat cultivars. *American-Eurasian Journal of Agriculture and Environmental Sciences* 8: 728-735.
5. Barraclough, P. B., R. Lopez-Bellido and M. J. Hawkesford. 2014. Genotypic variation in the uptake, partitioning and remobilization of nitrogen during grain-filling in wheat. *Field Crop Research* 156: 242-248.
6. Batten, G. D. 1986. The uptake and utilization of phosphorus and nitrogen by diploid, tetraploid and hexaploid wheats (*Triticum* spp.). *Annals of Botany* 58: 49-59.
7. Bouchet, A., A. Laperche, C. Bissuel-Belaygue, R. Snowdon, N. Nesi and A. Stahl. 2016. Nitrogen use efficiency in rapeseed. A review. *Agronomy for Sustainable Development* 36: 1-20.
8. Carvalho, M. G. J., E. M. Bonfim-Silva and T. J. A. Silva. 2016. Nitrogen and potassium in production, nutrition and water use efficiency in wheat plants. *Cienc Investig Agrar* 43: 442-451.
9. Coelho, C. P., L. A. Santos, R. P. Rangel, M. V. L. Sperandio, C. A. Bucher, S. R. Souza and M. S. Fernandes. 2016. Rice varieties exhibit different mechanisms for nitrogen use efficiency (NUE). *Australian Journal of Agricultural Research* 10: 342-352.
10. Dawson, J. C., D. R. Huggins and S. S. Jones. 2008. Characterizing nitrogen use efficiency in natural and agricultural ecosystems to improve the performance of cereal crops in low-input and organic agricultural systems. *Field Crops Research* 107: 89-101.
11. Dou, Z., S. Tang, G. Li, Z. Liu, C. Ding, L. Chen, S. Wang and Y. Ding. 2017. Application of nitrogen fertilizer at heading stage improves rice quality under elevated temperature during grain-filling stage. *Crop Science* 57: 2183-2192.
12. Ercoli, L., L. Lulli, M. Mariotti, A. Masoni and I. Arduini. 2008. Post-anthesis dry matter and nitrogen dynamics in durum wheat as affected by nitrogen supply and soil water availability. *European Journal of Agronomy* 28: 138-147.
13. Fana, G., H. Deressa, R. Dargie, M. Bogale, S. Mehadi and F. Getachew. 2012. Grain hardness, hectolitre weight, nitrogen and phosphorus concentrations of durum wheat (*Triticum turgidum* L.var. *Durum*) as influenced by nitrogen and phosphorus fertilisation. *World Applied Sciences Journal* 20: 1322-1327.
14. Gaju, O., V. Allard, P. Martre, J. LeGouis, D. Moreau, M. Bogard, S. Hubbart and M. J. Foulkes. 2014. Nitrogen partitioning and remobilization in relation to leaf senescence, grain yield and grain nitrogen concentration in wheat cultivars. *Field Crops Research* 155: 213-223.

15. Gaju, O., J. DeSilva, P. Carvalho, M. J. Hawkesford, S. Griffiths, A. Greenland and M. J. Foulkes. 2016. Leaf photosynthesis and associations with grain yield, biomass and nitrogen-use efficiency in landraces, synthetic-derived lines and cultivars in wheat. *Field Crops Research* 193: 1-15.
16. Gregorio, G. B., D. Senadhira, H. Htut and R. D. Graham. 2000. Breeding for trace mineral density in rice. *Food and Nutrition Bulletin* 21: 382-386.
17. Guarda, G., S. Padovan and G. Delogu. 2004. Grain yield, nitrogen-use efficiency and baking quality of old and modern Italian bread-wheat cultivars grown at different nitrogen levels. *European Journal of Agronomy* 21: 181-192.
18. Hossain, A. B. S., R. G. Stars, T. S. Cox and G. M. Paulsen. 1990. Desiccation tolerance and its relationship to assimilate partitioning in winter wheat. *Crop Science* 30: 622-627.
19. Hu, W., T. Ren, F. Meng, R. Cong, X. Li, P. J. White and J. Lu. 2019. Leaf photosynthetic capacity is regulated by the interaction of nitrogen and potassium through coordination of CO_2 diffusion and carboxylation. *Physiologia Plantarum* 167: 418-432.
20. Kant, S., Y. M. Bi and S. J. Rothstein. 2011. Understanding plant response to nitrogen limitation for the improvement of crop nitrogen use efficiency. *Journal of Experimental Botany* 62: 1499-1509.
21. Kichey, T., B. Hirel, E. Heumez, F. Dubois and J. Le Gouis. 2007. In winter wheat (*Triticum aestivum* L.), post-anthesis nitrogen uptake and remobilisation to the grain correlates with agronomic traits and nitrogen physiological markers. *Field Crops Research* 102: 22-32.
22. Kizilgecil, F., M. Yildirim and C. Akinci. 2016. Nitrogen use efficiency (NUE) changes in durum wheat parents and their F2 progenies under different nitrogen conditions. *Journal of Agricultural Faculty of Gaziosmanpasa University* 33: 96-102.
23. Kong, L., Y. Xie, L. Hu, B. Feng and S. Li. 2016. Remobilization of vegetative nitrogen to developing grain in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Field Crops Research* 196: 134-144.
24. Makino, A. 2011. Photosynthesis, grain yield, and nitrogen utilization in rice and wheat. *Plant Physiology* 155: 125-129.
25. Masoni, A., L. Ercoli, M. Mariotti and I. Arduini. 2007. Post-anthesis accumulation and remobilization of dry matter, nitrogen and phosphorus in durum wheat as affected by soil type. *European Journal of Agronomy* 26: 179-186.
26. Motamedi, M., H. Karimmojeni and G. F. Sini. 2016. Evaluation of allelopathic potential of safflower genotypes (*Carthamus tinctorius* L.). *Journal of Plant Protection Research* 56: 364-371.
27. Perchlik, M. and M. Tegeder. 2017. Improving plant nitrogen use efficiency through alteration of amino acid transport processes. *Plant Physiology* 175: 235-247.
28. Pujol, B., F. Renoux, M. Elias, L. Rival and D. Mckey. 2007. The unappreciated ecology of landrace populations: Conservation consequences of soil seed banks in Cassava. *Biological Conservation* 136: 541-551.
29. Shah, J. M., S. A. H. Bukhari, J. Zeng, X. Quan, E. Ali, N. Muhamma and G. Zhang. 2017. Nitrogen (N) metabolism related enzyme activities, cell ultrastructure and nutrient contents as affected by N level and barley genotype. *Journal of Integrative Agriculture* 16: 190-198.
30. Szmigiel, A., M. Kołodziejczyk, A. Oleksy and B. Kulig. 2016. Efficiency of nitrogen fertilization in spring wheat. *International Journal of Plant Production* 10: 447-456.
31. Todeschini, M. H., A. S. Milioli, D. M. Trevizan, E. Bornhofen, T. Finatto, L. Storck and G. Benin. 2015. Nitrogen use efficiency in modern wheat cultivars. *Soil Science and Plant Nutrition* 75: 351-361.
32. Vaghar, M. and P. Ehsanzadeh. 2018. Comparative photosynthetic attributes of emmer and modern wheats in response to water and nitrogen supply. *Photosynthetica* 56: 1224-1234.
33. Xu, G., X. Fan, and A. J. Miller. 2012. Plant nitrogen assimilation and use efficiency. *Annual Review of Plant Biology* 63: 153-182.
34. Yu, Q. G., J. Ye, S. N. Yang, G. R. Fu, J. W. Ma, W. C. Sun, L. N. Jiang and Q. Wang. 2013. Effects of nitrogen application level on rice nutrient uptake and ammonia volatilization. *Rice Science* 20: 139-147.

Journal of Crop Production and Processing
Vol. 10, No. 4, Winter 2021, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran.

Nitrogen Remobilization and N-P-K Concentration of Wheats of Different Ploidy Levels Respond Differently to Nitrogen Supply

S. Fatholahi[1], P. Ehsanzadeh[2*] and H. Karimmojeni[3]

(Received: February 04-2020; Accepted: June 08-2020)

Abstract

Relationship of nitrogen (N) supply to nitrogen remobilization and leaf and grain P, K, and N status of wheat lacks clarity. The present pot experiment was conducted to evaluate nitrogen remobilization and leaf and grain P, K, and N status of ancient wheats of different ploidy levels in response to nitrogen. The experiment was carried out in Fall 2017-Spring 2018 at the Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran. The experiment was designed as a 3-replicate factorial completely random design with N fertilization treatment (at four levels of 0, 18.66, 37.33, and 56 mg N kg^{-1} soil) and genotype (consisting of 12 genotypes) as experimental factors. Nitrogen remobilization of the ancient and hulled wheats were increased when exposed to the low and medium N supplies. However, the Nitrogen remobilization of the standard durum and bread wheats were increased with increases in the N supply. Leaf and grain P, leaf N, and grain K concentrations responded positively to the N supply and ancient and hulled wheats equaled or exceeded those of the improved wheats particularly when grown in the absence of high N supplies. The presented data indicates that in conditions of nitrogen deficiency, the ancient wheats outperform improved wheats in terms of absorption and utilization of macronutrients.

Keywords: Remobilization, Einkorn, Emmer, Spelt

1, 2 and 3. PhD. Student, Professor, and Associate Professor, Respectively, Department of Agronomy and Plant Breeding, College of Agriculture, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran.
*: Corresponding Author, Email: ehsanzadehp@gmail.com