نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۱۱، شماره ۱، بهار ۱۳۹۸، ص. ۱۰۲-۸۷

Journal of Agroecology
Vol. 11, No.1, Spring 2019, p. 87-102

ارزیابی کارایی جذب و مصرف نیتروژن در ارقام گندم (*Triticum aestivum* L.) تحت شرایط آب و هوایی کرمانشاه

فرزاد مندنی[1*]، علی بزرگی حسین آباد[2]، محسن سعیدی[3]، علیرضا باقری[4] و حسن حیدری[5]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۳/۲۴
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۶/۰۷

مندنی، ف.، بزرگی حسین آباد، ع.، سعیدی، م.، باقری، ع.، و حیدری، ح. ۱۳۹۸. ارزیابی کارایی جذب و مصرف نیتروژن در ارقام گندم (*Triticum aestivum* L.) تحت شرایط آب و هوایی کرمانشاه. بوم‌شناسی کشاورزی، ۱۱(۱): ۱۰۲-۸۷.

چکیده

جبران عنصر نیتروژن از طریق مصرف کودهای شیمیای باعث به هم خوردن تعادل شیمیایی خاک، شستشوی سریع‌تر آن و آلودگی بیشتر منابع آبی می‌شود که در نهایت کاهش کارایی مصرف نیتروژن را در پی دارد. به منظور ارزیابی کارایی جذب و مصرف نیتروژن در ارقام گندم، آزمایشی به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار تحت شرایط آب و هوایی کرمانشاه در سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳ اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل چهار سطح کود نیتروژن (۹۰، ۱۸۰، ۳۰۰ و ۳۶۰ کیلوگرم اوره در هکتار) در قالب عامل اصلی و ارقام گندم پارسی، زارع، پیشگام و اروم در قالب عامل فرعی بود. صفات مورد ارزیابی شامل عملکرد ماده خشکل کل، عملکرد دانه، درصد نیتروژن زیست توده و کارایی جذب، تبدیل و مصرف نیتروژن بود. نتایج نشان داد که رقم پیشگام در مقایسه با سایر ارقام از ویژگی‌های اکوفیزیولوژیک بهتری در شرایط تیمارهای مصرف کود نیتروژن برخوردار بود. صرف‌نظر از ارقام گندم، با افزایش میزان کاربرد کود اوره از ۹۰ به ۳۶۰ کیلوگرم در هکتار، عملکرد ماده خشک کل (۶۵/۹۴ درصد) و عملکرد دانه (۷۳/۰۶ درصد) افزایش یافت. رقم پیشگام نسبت به سایر ارقام از عملکرد دانه بیشتری (۳۷/۳۷ درصد) برخوردار بود. بالاترین عملکرد دانه در رقم پیشگام (۸۹۵۰ کیلوگرم در هکتار) در تیمار ۳۶۰ کیلوگرم اوره در هکتار و پایین‌ترین آن در رقم اروم (۱۲۶۴ کیلو گرم در هکتار) و شرایط کودی ۹۰ کیلوگرم در هکتار مشاهده شد. نتایج نشان داد بیشترین کارایی جذب نیتروژن در پایین‌ترین سطح کودی برای رقم زارع (۰/۷۰ کیلوگرم نیتروژن بر کیلوگرم نیتروژن مصرف شده+ قابل جذب خاک) و کمترین آن در بالاترین سطح کودی برای رقم اروم (۰/۲۶ کیلوگرم نیتروژن بر کیلوگرم نیتروژن مصرف شده+ قابل جذب خاک) بدست آمد. بیشترین کارایی تبدیل نیتروژن در رقم پیشگام (۵۹ کیلوگرم دانه بر کیلوگرم نیتروژن) در شرایط ۹۰ کیلوگرم اوره در هکتار و کمترین آن در رقم اروم (۳۷ کیلوگرم دانه بر کیلوگرم نیتروژن) در شرایط ۳۶۰ کیلوگرم اوره در هکتار مشاهده شد. رقم پیشگام در شرایط ۹۰ کیلوگرم اوره در هکتار بیشترین (۳۶ کیلوگرم دانه بر کیلوگرم نیتروژن مصرف شده+ قابل جذب خاک) و رقم اروم در شرایط ۳۶۰ کیلوگرم اوره در هکتار کمترین (۱۰ کیلوگرم دانه بر کیلوگرم نیتروژن مصرف شده+ قابل جذب خاک) کارایی مصرف نیتروژن را داشت.

واژه‌های کلیدی: ارقام گندم، کارایی تبدیل نیتروژن، کارایی جذب نیتروژن، کارایی مصرف نیتروژن، نیتروژن زیست‌توده

مقدمه

در بین عناصر غذایی مورد نیاز گیاه، نیتروژن مهمترین نقش را در رشد و نمو گیاه و دستیابی به عملکرد کمی و کیفی مطلوب ایفاء می‌کند (Sardana & Sheoran, 2011). در عین‌حال، این عنصر به آسانی از محیط خاک شسته شده و باعث آلودگی آب‌های زیرزمینی می‌شود (Sheoran et al., 2016). بر طبق برآوردها حدود ۴۰ تا ۶۰ درصد نیتروژن اضافه شده به خاک در زمان برداشت محصول از مزرعه خارج شده که باید از طریق مصرف کود جبران شود (FAO, 2014). جبران نیتروژن از طریق مصرف کودهای شیمیایی باعث برهم خوردن تعادل شیمیایی خاک، شستشوی سریع‌تر و آلودگی بیشتر منابع آبی می‌شود که کاهش کارایی مصرف نیتروژن را در پی دارد (Ting et al., 2015). متأسفانه کودهای نیتروژنه به صورت مؤثری استفاده نمی‌شوند و علی‌رغم اینکه افزایش میزان نیتروژن، افزایش درصد پروتئین را به دنبال دارد، اما کارایی مصرف نیتروژن که

۱، ۲، ۴ و ۵- به‌ترتیب استادیار، دانشجویان کارشناسی ارشد و استادیار گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران.
۳- دانشیار، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران.
(*- نویسنده مسئول: Email: f.mondani@razi.ac.ir)
DOI:10.22067/jag.v11i1.65109

در اغلب پژوهش‌ها از همبستگی مثبت و معنی‌داری با عملکرد دانه برخوردار است، برای غلات حدود ۳۳ درصد گزارش شده است (Ehdaie & Waines, 2001). از طرفی، بالاترین کارایی مصرف نیتروژن به طور معمول با مصرف اولین واحد کودی حاصل می‌گردد و با افزایش کود نیتروژن، واحدهای بعدی افزایش کمتری را موجب می‌شوند (Ahmadi et al., 2017).

کشور ایران در منطقه خشک و نیمه‌خشک واقع شده و مقدار ماده آلی خاک‌های آن پایین است. بنابراین اغلب گیاهان زراعی به‌علت رهاسازی ناچیز عناصر غذایی به ویژه نیتروژن، به‌علت پائین بودن ماده آلی خاک، دچار کمبود هستند. از طرفی به علت هزینه‌های رو به افزایش کودهای شیمیایی، لازم است که جذب و مصرف نیتروژن از راندمان بالایی برخوردار باشد تا بدین وسیله از هزینه‌های تولید کاسته و سود بالاتری عاید کشاورز شود (Ahmadi, 2015). بنابراین لازم است راندمان جذب عناصر غذایی به ویژه نیتروژن و عوامل مؤثر بر آن شناخته و راه‌های افزایش آن در روش‌های نوین تولید گیاهان زراعی مشخص شود (Khademi et al., 1999).

کارایی نیتروژن شامل کارایی جذب (بازیافت)، کارایی تبدیل (کارایی فیزیولوژیکی) و مصرف نیتروژن (کارایی زراعی یا بهره‌وری) است (Moles et al., 1984). کارایی مصرف نیتروژن از حاصلضرب کارایی جذب و کارایی تبدیل نیتروژن بدست می‌آید. کارایی جذب نیتروژن نیز نسبت میان نیتروژن موجود در زیست‌توده به نیتروژن موجود در خاک است و نشان دهنده این است که از مجموع کود نیتروژن بکار رفته و نیتروژن قابل جذب خاک چه میزان از آن در بیوماس محصول تجمع یافته است و به صورت درصد یا واحد حجمی بیان می‌شود. کارایی تبدیل نیتروژن نیز میزان تولید ماده خشک در هر واحد نیتروژن جذب شده توسط گیاه است. در نهایت کارایی مصرف نیتروژن یا بهره‌وری نیتروژن معرف تولید ماده خشک به ازای نیتروژن موجود در خاک است. بهره‌وری نیتروژن همبستگی مثبتی با کارایی جذب و تبدیل نیتروژن دارد، اما کارایی جذب و تبدیل نیتروژن همبستگی منفی با یکدیگر دارند (Moles et al., 1984). از طرفی کارایی جذب نیتروژن نسبت به کارایی تبدیل آن تأثیر نسبتاً بیشتری بر کارایی مصرف نیتروژن و در نهایت، عملکرد گیاه دارد (Hosseini et al., 2013). در سایر پژوهش‌ها سهم نسبی هر کدام از دو جزء کارایی مصرف نیتروژن (کارایی جذب و کارایی تبدیل نیتروژن) بستگی به میزان استفاده از نیتروژن داشته است. با این‌وجود، اهمیت بیشتر کارایی مصرف نیتروژن در ایجاد عملکرد بالا در غلات بدون توجه به میزان کاربرد نیتروژن خاطر نشان شده است (Alfred et al., 2000).

نحوه جذب، کارایی مصرف و نحوه تخصیص نیتروژن در گیاهان می‌تواند تحت تأثیر عواملی همچون رطوبت، حاصلخیزی خاک و رقابت قرار گیرد. همچنین افزایش کارایی جذب و استفاده از نیتروژن در تولید دانه نیازمند انجام مؤثر فرایندهای مربوط به جذب، انتقال، آسیمیلاسیون و توزیع مجدد نیتروژن است. به نظر می‌رسد یکی از دلایل کاهش کارایی مصرف نیتروژن در مقادیر بالای کود نیتروزن فزونی سرعت از دست رفتن این عنصر از طریق آبشویی و تصعید یا به علت عدم استفاده مؤثر از آن توسط گیاه باشد. حداکثر کارایی نیتروژن در شرایط حداقل کاربرد ممکن، در مراحلی از نمو گیاه که جذب سریع‌تر انجام می‌شود، بدست می‌آید. در این صورت از رشد رویشی غیرضروری که ممکن است خوابیدگی گیاه و کاهش عملکرد را در پی داشته باشد جلوگیری می‌شود. از آنجایی که در این حالت یک سیستم ریشه‌ای فعال برای جذب نیتروژن مصرف شده وجود دارد، هدر روی نیتروژن از طریق آبشویی، دنیتریفیکاسیون، تبخیر و رواناب کاهش می‌یابد (Muurinen et al., 2007).

در مجموع بالغ بر شش میلیون هکتار از اراضی کل کشور به کشت گندم اختصاص دارد که در این بین استان کرمانشاه با ۶/۴ درصد سطح زیر کشت و ۶/۶ درصد تولید، رتبه پنجم در کشور را به خود اختصاص داده است (MJA, 2015). سالیانه مقادیر زیادی از منابع کود نیتروژن در این استان مصرف می‌شود و با توجه به این مطلب که این استان از نظر منابع طبیعی نظیر تشعشع خورشیدی و نزولات جوی در وضعیت جغرافیایی نسبتاً مطلوب قرار دارد، بنابراین با مشخص نمودن کارایی مصرف نیتروژن، علاوه بر منفعت اقتصادی حاصل از کاهش مصرف بی رویه، از لحاظ زیست محیطی نیز مفید می‌باشد. پایین بودن کارایی مصرف نیتروژن باعث آلودگی آب‌های زیرزمینی شده که این مسئله سلامت جامعه بشری را با خطر افزایش نیترات مواجه ساخته و رواج انواع سرطان، نمونه بارزی از بالا بودن نیترات در مواد غذایی است (Ahmadi, 2015). بنابراین ارائه راهکارهایی که افزایش کارایی مصرف نهاده‌های شیمیایی از ارکان اصلی تولیدات کشاورزی محسوب شود، کمک بسیار زیادی در رفع مشکلات زیست‌محیطی مصرف نادرست و بی‌رویه این نهاده‌ها کرده و میسر شدن اهداف کشاورزی پایدار را تسریع می‌کند. برای مثال، استفاده از ارقام گیاهان زراعی با کارایی جذب و تبدیل بالاتر نهاده‌ها و مدیریت صحیح مصرف نهاده‌ها از جمله راهکارهای کشاورزی پایدار است که از این طریق ضمن استفاده موثر گیاهان از نهاده‌های شیمیایی و طبیعی، مخاطرات زیست محیطی مصرف نادرست نهاده نیز به طور چشم‌گیری کاهش می‌یابد (Sepehr et al., 2009).

از این‌رو، پژوهش حاضر با هدف ارزیابی کارایی جذب و مصرف نیتروژن در ارقام مختلف گندم در راستای مدیریت صحیح مصرف کود نیتروژن و معرفی بهترین رقم گندم از نظر ویژگی‌های مورد بررسی در شرایط آب و هوایی شهرستان کرمانشاه اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این بررسی در مزرعه تحقیقاتی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه رازی (عرض جغرافیایی ۳۴ درجه و ۱۹/۵۲ دقیقه شمالی، طول جغرافیایی ۴۷ درجه و ۵/۹۴ دقیقه شرقی و ارتفاع از سطح دریا ۱۳۴۵ متر) با متوسط دمای ۱۳/۴ درجه سانتی‌گراد و میانگین بارندگی سالیانه ۴۵۵ میلی‌متر در سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳ اجرا شد. در این بررسی آنالیز خاک قبل از کاشت در عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متر صورت پذیرفت و تیمارهای کود نیتروژن بر اساس این آزمون لحاظ شد (جدول ۱).

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

Table 1- Soil physical and chemical properties of experimental field

عمق (سانتی‌متر) Depth (cm)	بافت Texture	رس Clay (%)	سیلت Silt (%)	شن Sand (%)	کربن آلی Organic carbon (%)	نیتروژن Nitrogen (%)	اسیدیته pH	پتاسیم Potassium (ppm)	فسفر Phosphorous (ppm)
0-30	سیلت- رسی Clay-silt	44.3	39.0	16.7	1.5	0.17	7.7	282.0	20.6

آزمایش به صورت کرت‌های خرد شده معمولی در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با ۱۶ تیمار در سه تکرار اجرا شد. تیمارها شامل مقادیر مصرف کود نیتروژن (۳۰، ۶۰، ۱۰۰ و ۱۲۰ درصد نیاز گندم به عنصر نیتروژن که مقدار توصیه شده بر اساس آزمون خاک معادل ۹۰، ۱۸۰، ۳۰۰ و ۳۶۰ کیلوگرم اوره ۴۶ درصد در هکتار در نظر گرفته شد)، به‌عنوان عامل اصلی و چهار رقم گندم پارسی، پیشگام، اروم و زارع به‌عنوان عامل فرعی در نظر گرفته شد. تیمارهای کود نیتروژن بر اساس آزمون خاک و توصیه آزمایشگاه خاکشناسی لحاظ شد، به این صورت که یک سوم کود اوره در مرحله ۴-۲ برگی، یک سوم دیگر در مرحله ابتدای ساقه رفتن و یک سوم باقی مانده در مرحله آغاز گلدهی به صوت سرک و به روش نواری به خاک اضافه شد.

عملیات آماده‌سازی بستر بذر در اوایل پاییز آغاز و کاشت در نیمه دوم آبان به صورت خشکه‌کاری انجام شد. بنابر نتیجه آزمایش خاک انجام شده مقدار ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار سوپر فسفات تریپل قبل از کاشت به صورت نواری به خاک اضافه گردید. ابعاد هر کرت اصلی ۳×۱۱/۲ متر بود که جهت جلوگیری از نشت نیتروژن با فاصله ۱/۵ متر از یکدیگر جدا شد. فاصله بین کرت‌های فرعی نیز حدود ۴۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. هر یک از کرت‌های فرعی دارای ۱۰ خط کاشت به طول سه متر و عرض ۲/۵ متر بود. بذر گندم پس از ضد عفونی با قارچ‌کش کاربوکسین تیرام به نسبت دو در هزار، بصورت دستی در ردیف‌هایی به فاصله ۲۵ سانتی‌متر از یکدیگر و در عمق ۳ تا ۵ سانتی‌متری کشت شد. آبیاری بلافاصله بعد از کاشت به منظور سبز شدن یکنواخت مزرعه بر اساس نیاز و به روش شیاری انجام گرفت. بعد از سبز شدن نیز آبیاری‌های بعدی مطابق نیاز گیاه انجام گرفت. همچنین در اوایل دوره رشد ساقه‌ها برای مبارزه با علف‌های هرز پهن برگ از علف‌کش 2-4-D به نسبت پنج در هزار استفاده شد. در تمام طول دوره آزمایش نیز به منظور جلوگیری از هجوم آفات، بیماری‌ها و سایر علف‌های هرز، مزرعه به طور کامل از این عوامل کاهنده تولید عاری نگاه داشته شد.

برای اندازه‌گیری میزان نیتروژن موجود در اندام‌های هوایی گیاه در دو مرحله نموی ابتدای گلدهی و انتهای دوره رشد از دستگاه کجلدال و از روش امامی (Emami, 1996) استفاده شد. برای محاسبه کارایی نیتروژن، علاوه بر کود مصرفی، میزان نیتروژن موجود در خاک نیز در نظر گرفته شد. برای این منظور، عمق خاک حاصلخیز برای گندم ۳۰ سانتی‌متر و همچنین وزن مخصوص ظاهری و نیتروژن قابل جذب به فرم یون نیترات با توجه به نتایج آزمایش خاک مزرعه به ترتیب، ۱/۳ گرم بر سانتی‌متر مکعب (۱۳۰۰ کیلوگرم بر متر مکعب) و ۳۰ میلی-گرم یون نیترات بر کیلوگرم خاک در نظر گرفته شد و سپس با توجه به اطلاعات مذکور میزان نیتروژن قابل جذب برای هر هکتار ۱۱۷ کیلوگرم محاسبه شد (جدول ۱). لازم به ذکر است که به علت مقدار بسیار ناچیز نیتروژن آمونیومی، در محاسبه میزان نیتروژن قابل جذب برای گیاه، از آن صرف‌نظر شد. سپس به منظور محاسبه کارایی جذب (NUpE)، کارایی تبدیل (NUtE) و کارایی مصرف نیتروژن (NUE) ارقام مختلف گندم از معادلات زیر استفاده شد (Timsina et al., 2001):

$$NUpE = \frac{AN\ (kg.ha^{-1})}{TN\ (kg.ha^{-1})}$$ معادله (۱)

$$NUtE = \frac{GY\ (kg.ha^{-1})}{AN\ (kg.ha^{-1})}$$ معادله (۲)

$$NUE = NUpE \times NUtE$$ معادله (۳)

در این معادلات، AN: نیتروژن جذب شده توسط گیاه، TN: کل نیتروژن فراهم خاک و مصرف شده و GY: عملکرد دانه گندم است. در زمان رسیدگی فیزیولوژیک، جهت برداشت نهایی یک متر مربع از قسمتی که طی فصل رشد به این منظور دست نخورده باقی گذاشته شده بود، با رعایت اصول حاشیه به صورت کف بر برداشت شد. پس

از خشک شدن نمونه‌ها در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد آون به مدت ۷۲ ساعت، دانه‌ها از سنبله جدا گردید و عملکرد دانه و عملکرد ماده خشک کل اندازه‌گیری شد.

تجزیه و تحلیل داده‌های مستخرج از آزمایش با استفاده از نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۴ انجام گرفت. همچنین جهت تجزیه تکمیلی و فهم دقیق‌تر پاسخ فاکتورهای فرعی در هر سطح از فاکتورهای اصلی و برهمکنش آنها از روش برش‌دهی اثرات متقابل[1] در محیط نرم‌افزار SAS استفاده گردید. مقایسه میانگین‌ها نیز توسط آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد صورت گرفت.

نتایج و بحث

درصد نیتروژن زیست توده

اثر مصرف نیتروژن و ارقام گندم بر درصد نیتروژن زیست‌توده در دو زمان گلدهی و رسیدگی در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). صرف‌نظر از نوع رقم، با افزایش کاربرد کود نیتروژن از ۹۰ به ۱۸۰، ۳۰۰ و ۳۶۰ کیلوگرم اوره در هکتار، درصد نیتروژن زیست‌توده در زمان گلدهی به‌ترتیب از ۲/۷۹ درصد به ۴/۸۵، ۶/۳۲ و ۷/۶۰ درصد بهبود یافت. این افزایش در زمان رسیدگی به ترتیب از ۹/۳۶ درصد به ۱۲/۵۰، ۱۴/۴۷ و ۱۵/۷۲ ثبت گردید (جدول ۳). افزایش مقدار نیتروژن در ساختار گیاه به طور مستقیم بر درصد پروتئین تاثیر دارد. درصد پروتئین در اثر افزایش مصرف نیتروژن هنگامی افزایش می‌یابد که نیتروژن پیش از نیاز گیاه برای تولید باشد و بعد از تأمین نیتروژن برای تولید، مقدار پروتئین افزایش می‌یابد. نتایج این تحقیق همچنین نشان داد که اثر برهمکنش کود نیتروژن و رقم بر درصد نیتروژن زیست‌توده در زمان رسیدگی در سطح پنج درصد معنی‌دار بود، ولی بر درصد نیتروژن زیست‌توده در زمان گلدهی معنی‌دار نبود (جدول ۲). نتایج برش‌دهی اثرات متقابل نیز نشان داد که واکنش درصد نیتروژن زیست‌توده ارقام گندم در زمان رسیدگی در هر یک از سطوح کود نیتروژن متفاوت بود، بطوری‌که بیشترین درصد نیتروژن در زمان رسیدگی به رقم پارسی و شرایط کاربرد ۳۶۰ کیلوگرم اوره در هکتار معادل ۱۷ درصد و کمترین آن به رقم اروم و شرایط کاربرد ۹۰ کیلوگرم اوره در هکتار معادل ۸ درصد مربوط بود (شکل ۱). با توجه به این نکته که نیتروژن از جمله مهمترین عناصر در افزایش درصد نیتروژن دانه است، به نظر می‌رسد که با افزایش کاربرد کود نیتروژن تجمع این عنصر در دانه و همچنین در اندام‌های هوایی ارقام گندم مورد مطالعه افزایش یافت که در نهایت منجر به بهبود درصد پروتئین آنها می‌شود. همچنین کلیه ارقام گندم در این مطالعه در بالاترین سطح کاربرد کود نیتروژن بیشترین درصد نیتروژن اندام‌ها را دارا بودند. این نتایج مشابه با نتایج سایر پژوهشگران است که گزارش کردند با افزایش کود نیتروژن غلظت نیتروژن اندام‌های گیاه نیز افزایش یافت (Guarda et al., 2004; Garrido et al., 2005).

عملکرد ماده خشک کل

نتایج این بررسی نشان داد که تأثیر کود نیتروژن بر عملکرد ماده خشک کل ارقام گندم در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). بیشترین عملکرد ماده خشک کل به رقم پیشگام (۱۵۵۸۱ کیلوگرم در هکتار) و کمترین (۱۰۷۷۶ کیلوگرم در هکتار) به رقم اروم مربوط بود (جدول ۳). با افزایش میزان کاربرد کود نیتروژن از ۹۰ به ۱۸۰، ۳۰۰ و ۳۶۰ کیلوگرم اوره در هکتاره عملکرد ماده خشک کل به ترتیب با ۳۷/۸۰، ۶۵/۵۹ و ۶۵/۹۴ درصد افزایش از ۶۲۶۴ به ۱۰۰۷۲، ۱۸۲۰۵ و ۱۸۳۹۵ کیلوگرم در هکتار بهبود یافت (جدول ۳). به نظر می‌رسد افزایش میزان مصرف نیتروژن از طریق افزایش شاخص سطح برگ و میزان جذب تشعشع منجر به بهبود سرعت رشد گردید و این موضوع در نهایت باعث بهبود عملکرد ماده خشک کل گندم شد. زیبار و همکاران (Zebarth et al., 1992) نشان دادند که مصرف نیتروژن از طریق افزایش و دوام شاخص سطح برگ منجر به افزایش فتوسنتز جاری شد که این موضوع سبب بهبود تولید ماده خشک گردید. نتایج این تحقیق همچنین نشان داد اثر بر همکنش کاربرد کود نیتروژن و ارقام زراعی گندم بر عملکرد ماده خشک کل در سطح پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). نتایج برش‌دهی اثرات متقابل نیز نشان داد که واکنش عملکرد ماده خشک کل در هر یک از سطوح کود نیتروژن متفاوت بود، بطوری‌که بیشترین عملکرد ماده خشک کل به رقم پیشگام و شرایط کاربرد ۳۶۰ کیلوگرم اوره در هکتار معادل ۲۱۸۷۵ کیلوگرم در هکتار و کمترین آن به رقم اروم و شرایط کاربرد ۹۰ کیلوگرم اوره در هکتار معادل ۴۹۱۷ کیلوگرم در هکتار مربوط بود (شکل ۲).

در شرایط ۹۰ کیلوگرم اوره در هکتار بین ارقام از نظر تولید ماده خشک اختلاف معنی‌داری وجود نداشت، ولی با افزایش میزان کود مصرفی رقم پیشگام نسبت به سایر ارقام ماده خشک بیشتری تولید کرد. به نظر می‌رسد یکی از دلایل آن شاخص سطح برگ بالای رقم پیشگام بود که باعث شد گیاه بتواند میزان تشعشع بیشتری جذب و ماده خشک بیشتری تولید کند.

1- Slicing interactions

جدول ۲- تجزیه واریانس و برش‌دهی برهمکنش ارقام در هر سطح کود نیتروژن برای ویژگی‌های بوم شناختی فیزیولوژیک مورد ارزیابی گندم

Table 2- Analysis of variance and interaction slicing of cultivars at every level of nitrogen fertilizer for studied eco-physiological characteristics of wheat

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean of squares						
		عملکرد ماده خشک کل Total Dry matter yield	عملکرد دانه Grain yield	نیتروژن زیست توده در گلدهی Nitrogen content of biomass at anthesis	نیتروژن زیست توده در رسیدگی فیزیولوژیک Nitrogen content of biomass at maturity	کارایی جذب نیتروژن Nitrogen uptake efficiency	کارایی تبدیل نیتروژن Nitrogen utilization efficiency	کارایی مصرف نیتروژن Nitrogen use efficiency
بلوک Block	2	3150362 ns	507496.9ns	11.29**	18.29**	0.0075*	3.8734ns	13.61ns
کود نیتروژن Nitrogen Fertilizer (A)	3	439699155**	68200053.2 **	51.31**	92.27**	0.2733**	231.49**	854.88**
خطای اصلی Main error (Ea)	6	4306680	602450.5	0/06	0.87	0.0003	34.87	4.18
رقم Variety (B)	3	54398874**	11275570.1**	2.02**	9.12**	0.0148*	224.49*	76.60**
A×B	9	7456351*	1994731.3**	0.44ns	1.46*	0.0034**	108.38**	20.12*
خطای فرعی Sub error (Eb)	24							
ضریب تغییرات CV (%)		12.95	15.49	9.76	5.53	8.82	13.41	13.92

برش‌دهی اثر متقابل: واکنش ارقام در هر سطح کود نیتروژن

Interaction slicing: varieties reaction in each nitrogen fertilizer level

کود اوره Urea fertilizer (kg ha^{-1})	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean of squares						
90	3	3007450ns	575967ns	0.71ns	2.81**	0.008**	235.82**	75.67**
180	3	13751853*	2018708*	0.87*	1.143ns	0.006*	97.47ns	27.47*
300	3	25981681**	7541694**	0.81ns	3.29**	0.005*	175.01*	21.61ns
360	3	34026943**	7123396**	0.95**	6.27**	0.004*	41.32ns	12.21ns

* و **: به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد و ns: غیر معنی‌دار

* and **: are significant at the 5 and 1% probability levels, respectively and ns is non-significant

جدول ۳- اثر کاربرد کود نیتروژن بر ویژگی‌های بوم شناختی فیزیولوژیک ارقام گندم

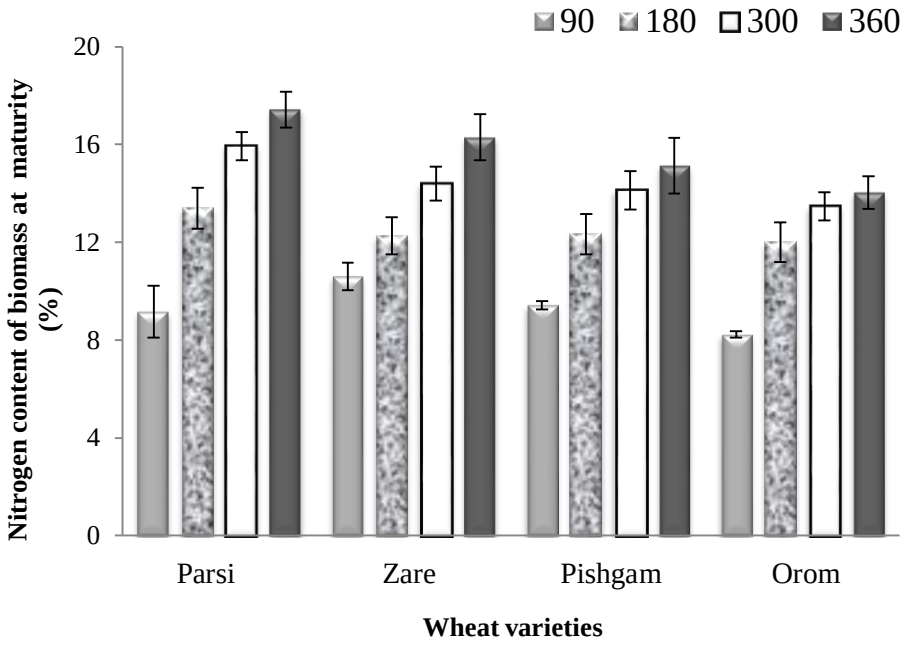
Table 3- Effect of nitrogen fertilizer application on eco-physiological characters of wheat varieties

تیمار Treatment	عملکرد ماده خشک کل Total dry matter yield (kg ha^{-1})	عملکرد دانه Grain yield (kg ha^{-1})	نیتروژن زیست توده در گلدهی Nitrogen content of biomass at anthesis (%)	نیتروژن زیست توده در رسیدگی فیزیولوژیک Nitrogen content of biomass at maturity (%)	کارایی جذب نیتروژن Nitrogen uptake efficiency (kg N_{uptake} /kg $N_{soil+applied}$)	کارایی تبدیل نیتروژن Nitrogen utilization efficiency (kg grain/kg N_{uptake})	کارایی مصرف نیتروژن Nitrogen Use Efficiency (kg grain/kg $N_{soil+applied}$)
نیتروژن Nitrogen							
90	6264^{c}	1859^{c}	2.79^{d}	9.36^{d}	0.63^{a}	49.17^{a}	30.95^{a}
180	10072^{b}	4527^{b}	4.85^{c}	12.50^{c}	0.47^{b}	50.43^{a}	24.02^{b}
300	18205^{a}	6827^{a}	6.32^{b}	14.47^{b}	0.34^{c}	46.30^{b}	15.89^{c}
360	18395^{a}	6903^{a}	7.60^{a}	15.72^{a}	0.29^{d}	40.55^{c}	12.06^{d}
LSD (0.05)	2073	775	0.26	0.93	0.01	5.89	2.04
ارقام Cultivars							
پارسی Parsi	14992^{a}	5384^{b}	5.92^{a}	13.98^{a}	0.47^{a}	44.20^{b}	21.58^{ab}
زارع Zare	12296^{b}	4771^{b}	5.40^{b}	13.73^{b}	0.44^{ab}	45.80^{b}	20.31^{b}
پیشگام Pishgam	15581^{a}	6125^{a}	5.31^{bc}	12.75^{c}	0.43^{b}	52.94^{a}	23.53^{a}
اوروم Orom	10776^{c}	3836^{c}	4.92^{c}	11.94^{d}	0.39^{c}	43.51^{b}	17.51^{c}
LSD (0.05)	1444	656	0.44	0.60	0.03	5.26	2.43

*: میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون و برای هر جزء در سطح احتمال ۵٪ بر اساس آزمون LSD دارای اختلاف معنی‌داری نمی‌باشند.

Statement means with same letters for each column and for each component are not significantly different at α=0.05 based on LSD.

* and **: are significant at the 5 and 1% probability levels, respectively and ns is non-significant

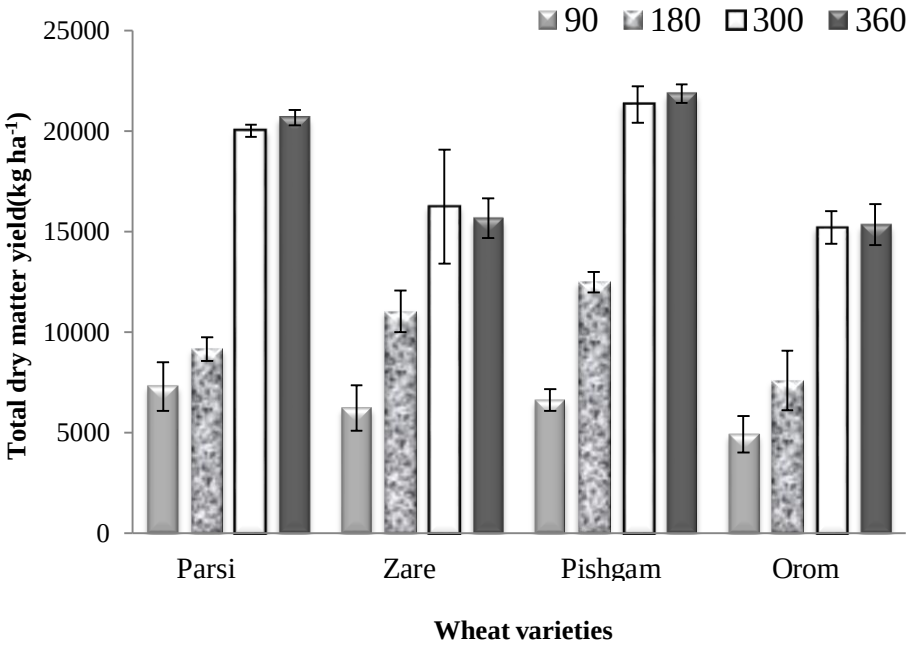


شکل ۱- مقایسه میانگین برهمکنش بین سطوح کود اوره (کیلوگرم در هکتار) و ارقام گندم بر درصد نیتروژن

خطوط بار نشان‌دهنده خطای استاندارد (SE) است.

Fig. 1- Mean of square of the interaction between urea fertilizer levels (kg ha^{-1}) and wheat varieties on nitrogen content of biomass

The error bar lines indicate standard error (SE).



شکل ۲- مقایسه میانگین برهمکنش سطوح اوره (کیلوگرم در هکتار) و ارقام گندم بر عملکرد ماده خشک کل

خطوط بار نشان‌دهنده خطای استاندارد (SE) است.

Fig. 2- Mean of square of the interaction between urea fertilizer levels (kg ha^{-1}) and wheat varieties on total dry mater yield

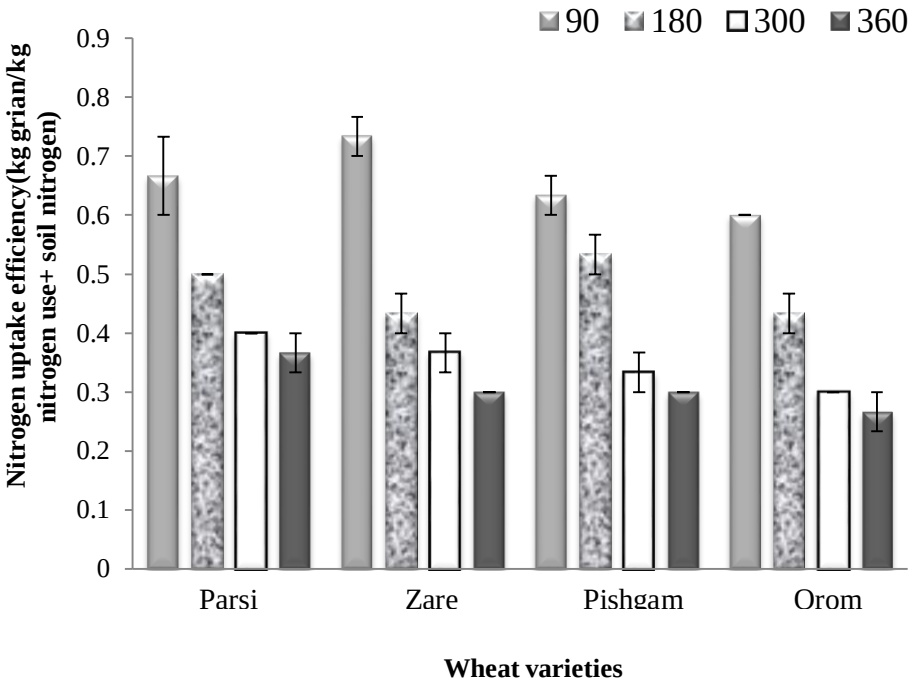
The error bar lines indicate the standard error (SE).

احمدی‌نژاد و همکاران (Ahmadinezhad et al., 2013) طی آزمایشی روی گندم نشان دادند که افزودن ۱۵۰ و ۳۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار عملکرد وزن خشک کل را نسبت به شاهد به طور معنی‌داری افزایش داد، ولی میان دو تیمار ۱۵۰ و ۳۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار از نظر این صفت تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. امام و همکاران (Emam et al., 2009) دریافتند که با افزایش میزان نیتروژن ماده خشک کل گندم افزایش یافت. نیتروژن به دلیل وظایفی که در فرآیندهای حیاتی گیاه ایفاء می‌کند، نقش اساسی در دستیابی به عملکرد مناسب دارد. با این وجود، مصرف کودهای نیتروژنه اثرات متفاوتی بر عملکرد ماده خشک کل دارد. به طور کلی، افزایش نیتروژن تا نقطه بهینه، عملکرد ماده خشک کل را افزایش می‌دهد و بعد از آن واکنش گیاه نسبت به کود کاهش می‌یابد.

کارایی جذب نیتروژن

اثر سطوح نیتروژن در سطح یک درصد بر کارایی جذب نیتروژن معنی‌داری بود (جدول ۲). صرف‌نظر از نوع رقم بیشترین کارایی جذب به میزان ۰/۶۳ کیلوگرم نیتروژن جذب شده بر کیلوگرم نیتروژن مصرف شده+ قابل جذب خاک به تیمار ۹۰ کیلوگرم اوره در هکتار و کمترین آن به میزان ۰/۲۹ کیلوگرم نیتروژن جذب شده بر کیلوگرم نیتروژن مصرف شده+ قابل جذب خاک مربوط به تیمار ۳۶۰ کیلوگرم اوره در هکتار مربوط بود (جدول ۳). به نظر می‌رسد در شرایط افزایش مصرف نیتروژن در خاک، تجمع بیش از حد نیتروژن در محیط ریزوسفر ریشه گیاه باعث بهم خوردن رابطه میان عرضه و تقاضای این عنصر شده و در نتیجه منجر به تشدید آبشویی و تصعید آن شد. احمدی (Ahmadi, 2015) نیز گزارش کرد با افزایش نیتروژن کارایی جذب نیتروژن ارقام ذرت (*Zea mays* L.) تحت شرایط اقلیمی کرمانشاه کاهش یافت. خان و همکاران (Khan et al., 2017) دریافتند افزایش کود نیتروژن منجر به کاهش کارایی جذب گندم شد.

تفاوت ارقام زراعی گندم از نظر کارایی جذب نیتروژن نیز در سطح پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۲)، بطوری‌که بیشترین کارایی جذب نیتروژن (۰/۴۷ کیلوگرم نیتروژن جذب شده بر کیلوگرم نیتروژن مصرف شده+ قابل جذب خاک) در رقم پارسی و کمترین آن (۰/۳۹ کیلوگرم نیتروژن جذب شده بر کیلوگرم نیتروژن مصرف شده+ قابل جذب خاک) در رقم اروم مشاهده شد (جدول ۳).



شکل ۳- مقایسه میانگین برهمکنش سطوح اوره (کیلوگرم در هکتار) و ارقام گندم بر کارایی جذب نیتروژن

خطوط بار نشان‌دهنده خطای معیار (SE) است.

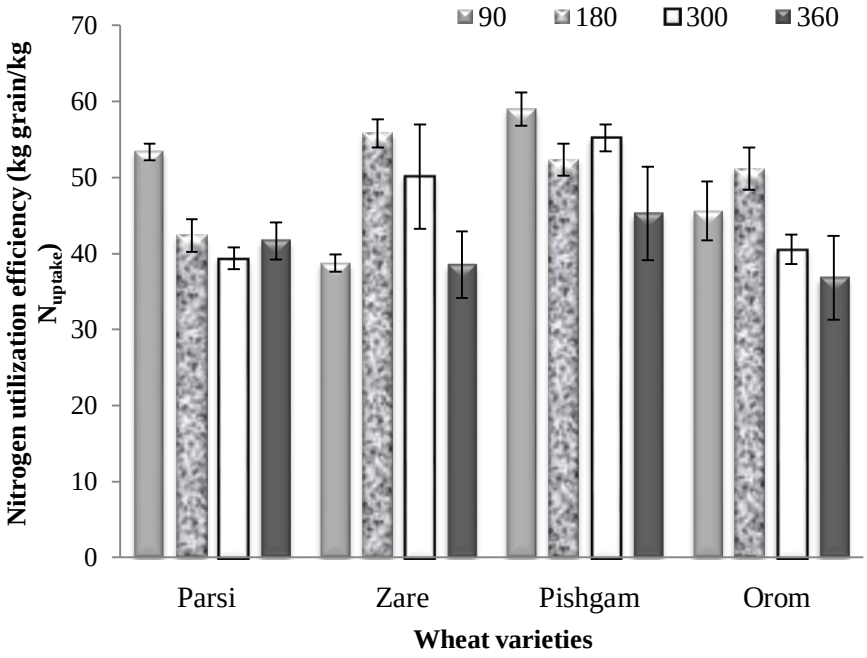
Fig. 3- Mean of square of the interaction between urea fertilizer levels (kg ha^{-1}) and wheat varieties on nitrogen uptake efficiency

The error bar lines indicate the standard error (SE).

به نظر می‌رسد علت پایین بودن کارآیی جذب نیتروژن در شرایط کاربرد مقدار زیاد کود نیتروژن تا حد زیادی ناشی از تفاوت در تولید ماده خشک گندم تحت تأثیر مقادیر مختلف کود نیتروژن مصرفی باشد که مستقیماً در جذب نیتروژن از خاک تأثیرگذار است. در نتیجه اگرچه با افزایش کاربرد کود نیتروژن عملکرد افزایش یافت، ولی توانایی گیاه در جذب نیتروژن با افزایش در میزان مصرف کود نبود، در حقیقت در سطوح بالای کاربرد کود، نیتروژن تجمع یافته در اندام‌ها هم راستا با مصرف آن نبود. در مقابل وجود برخی خصوصیات زراعی و ژنتیکی بین ارقام مورد مطالعه می‌تواند تفاوت موجود در کارآیی جذب نیتروژن را بین آنها توجیه کند، بطوری‌که رقم اروم از درصد نیتروژن دانه کمتری در مقایسه با سایر ارقام برخوردار بود که پایین‌تر بودن کارآیی جذب نیتروژن در این رقم را توجیه می‌کند. علاوه بر این، برهمکنش کاربرد کود نیتروژن و رقم بر کارایی جذب نیتروژن در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). نتایج برش‌دهی برهمکنش ارقام در هر سطح نیتروژن نشان داد که ارقام گندم در سطوح متفاوت کود واکنش متفاوتی از خود نشان دادند (جدول ۲)، به نحوی‌که در سطح کودی ۹۰ کیلوگرم اوره در هکتار، رقم زارع و در سطح کودی ۳۶۰ کیلوگرم در هکتار رقم اروم به ترتیب از بالاترین و پائین‌ترین کارایی جذب نیتروژن برخوردار بود (شکل ۳). هالوارسون و همکاران (Halvarson et al., 2005) نیز نشان دادند که با افزایش نیتروژن کارایی جذب نیتروژن کاهش یافت.

کارآیی تبدیل نیتروژن

اثر مصرف کود نیتروژن در سطح یک درصد بر کارایی تبدیل نیتروژن معنی‌دار بود (جدول ۲). با افزایش میزان مصرف کود نیتروژن از ۹۰ به ۳۶۰ کیلوگرم اوره در هکتار، کارایی تبدیل نیتروژن روند تغییرات متفاوتی نشان داد، بطوری‌که بیشترین میزان کارایی تبدیل نیتروژن در شرایط مصرف ۱۸۰ کیلوگرم اوره در هکتار به میزان ۵۰/۴۳ کیلوگرم دانه بر کیلوگرم نیتروژن جذب شده و کمترین آن در شرایط کاربرد ۳۶۰ کیلوگرم اوره در هکتار به میزان ۴۰/۵۵ کیلوگرم دانه بر کیلوگرم نیتروژن جذب شده مشاهده شد (جدول ۳).



شکل ٤- مقایسه میانگین برهمکنش سطوح اوره (کیلوگرم در هکتار) و ارقام گندم بر کارایی تبدیل نیتروژن

خطوط بار نشان‌دهنده خطای معیار (SE) است.

Fig. 4- Mean of square of the interaction between urea fertilizer levels (kg ha^{-1}) and wheat varieties on nitrogen utilization efficiency

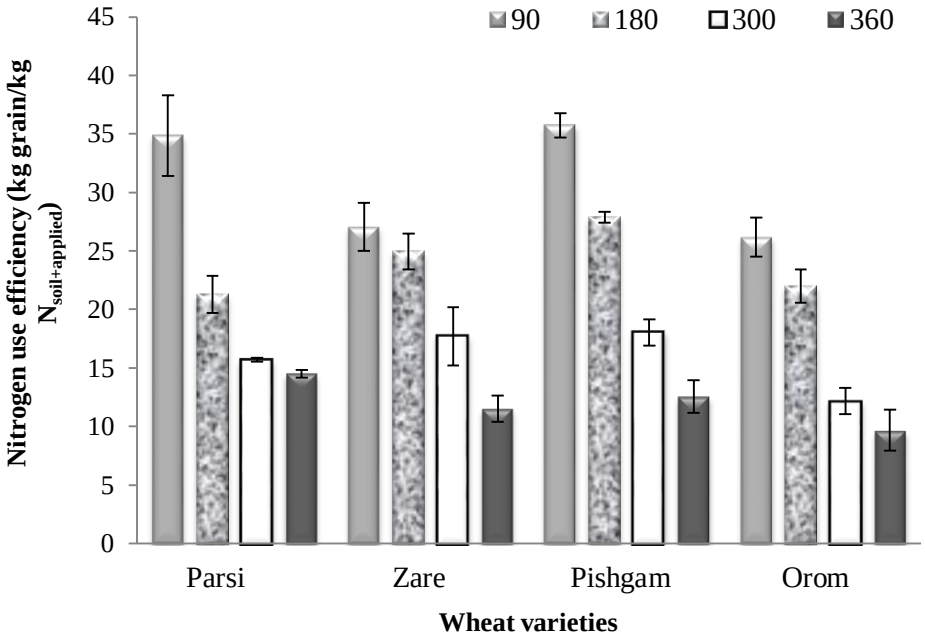
The error bar lines indicate the standard error (SE).

در واقع، صرف‌نظر از تیمار ۹۰ کیلوگرم اوره در هکتار افزایش میزان مصرف نیتروژن از تیمار ۱۸۰ کیلوگرم اوره در هکتار به بالاتر، منجر به کاهش کارایی تبدیل نیتروژن شد. معمولاً بالاترین کارایی با جذب اولین سطوح کودی بدست می‌آید و واحدهای بعدی مصرف عناصر غذایی، کارآیی کمتری دارند (Asadi at al., 2014). در این تحقیق بالاترین کارایی مربوط به سطح کودی ۱۸۰ کیلوگرم اوره در هکتار بود، به عبارتی دیگر، از سطح کودی ۹۰ تا ۱۸۰ کیلوگرم اوره در هکتار کارایی تبدیل نیتروژن کمی افزایش یافته و پس از آن دچار

کاهش شده است. صرف‌نظر از میزان کاربرد کود نیتروژن در بین ارقام گندم نیز از نظر کارایی تبدیل نیتروژن در سطح پنج درصد تفاوت وجود داشت (جدول ۲)، به طوری‌که بیشترین کارایی تبدیل (۵۲/۹۴ کیلوگرم دانه بر کیلوگرم نیتروژن جذب شده) در رقم پیشگام و کمترین آن (۴۳/۵۱ کیلوگرم دانه بر کیلوگرم نیتروژن جذب شده) در رقم زارع مشاهده شد (جدول ۳). علاوه بر این، برهمکنش کاربرد کود نیتروژن و رقم برکارایی تبدیل نیتروژن در سطح یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). برش‌دهی برهمکنش ارقام در هر سطح کود نیتروژن نشان داد که اثر رقم در سطوح کودی ۹۰، ۱۸۰ و ۳۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار معنی‌دار بود (جدول ۲). رقم پیشگام در شرایط کاربرد ۹۰ کیلوگرم اوره در هکتار دارای بیشترین کارایی تبدیل نیتروژن و رقم اروم در شرایط کاربرد ۳۶۰ کیلوگرم اوره در هکتار دارای کمترین کارایی تبدیل نیتروژن بودند (شکل ۴). با توجه به رابطه غیرمستقیم کارایی تبدیل نیتروژن با میزان مصرف این عنصر، مصرف بالای نیتروژن، کارایی تبدیل را کاهش داد. بالاترین کارایی معمولاً با جذب اولین عنصر غذایی (کودی) بدست می‌آید و واحدهای بعدی مصرف عنصر غذایی افزایش کمتری داشته و عاقبت به خط مجانب می‌رسد که به صورت قانون بازده نزولی میچرلیخ بیان گردید (Cerrato & Blackmer, 1990).

کارایی مصرف نیتروژن

تأثیر میزان مصرف نیتروژن و رقم بر کارایی مصرف نیتروژن در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). بیشترین کارایی مصرف نیتروژن به میزان ۳۰/۹۵ کیلوگرم دانه بر کیلوگرم نیتروژن مصرف شده+ قابل جذب خاک به تیمار ۹۰ کیلوگرم اوره در هکتار و کمترین آن به میزان ۱۲/۰۶ کیلوگرم دانه بر کیلوگرم نیتروژن مصرف شده+ قابل جذب خاک به تیمار ۳۶۰ کیلوگرم اوره در هکتار مربوط بود (جدول ۳). این بدین معنی است که در تیمار ۳۶۰ کیلوگرم اوره در هکتار، گیاه نتوانسته به تناسبی که کود نیتروژن افزایش یافته است، دانه تولید کند. به عبارت دیگر، میزان عملکرد دانه نسبت به نیتروژن مصرفی با یک شیب ثابت افزایش پیدا نکرده است. بالاترین کارایی مصرف نیتروژن به طور معمول با مصرف اولین واحد کودی حاصل می‌شود. خان و همکاران (Khan et al., 2017) طی بررسی روی گندم دریافتند که با افزایش کود نیتروژن، کارایی مصرف آن کاهش یافت.



شکل ۵- مقایسه میانگین برهمکنش سطوح اوره (کیلوگرم در هکتار) و ارقام گندم بر کارایی مصرف نیتروژن

خطوط بار نشان‌دهنده خطای معیار (SE) است.

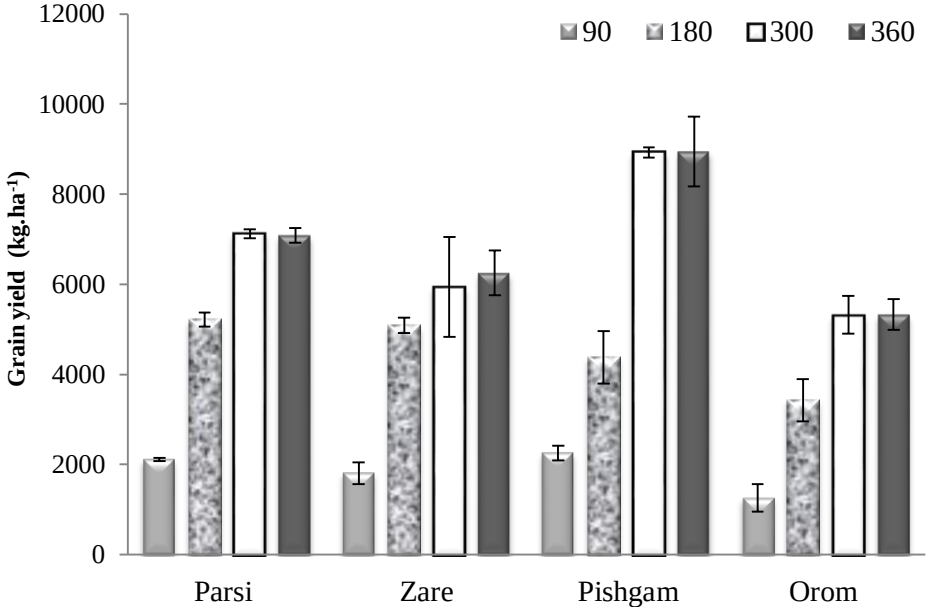
Fig. 5- Mean of square of the interaction between urea fertilizer levels (kg ha^{-1}) and wheat varieties on nitrogen use efficiency

The error bar lines indicate the standard error (SE).

مقایسه میانگین کارایی مصرف نیتروژن ارقام نیز نشان داد که رقم پیشگام از بیشترین (۲۳/۵۳ کیلوگرم دانه بر کیلوگرم نیتروژن مصرف شده+ قابل جذب خاک) و رقم اروم از کمترین (۱۰/۵۱ کیلوگرم دانه بر کیلوگرم نیتروژن مصرف شده+ قابل جذب خاک) کارایی مصرف نیتروژن برخوردار بود (جدول ۳). علاوه بر این، برهمکنش کاربرد کود نیتروژن و رقم بر کارایی مصرف نیتروژن در سطح پنج درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). نتایج برش‌دهی اثرات متقابل نیز نشان داد که واکنش کارایی مصرف نیترون در هر یک از سطوح کود نیتروژن متفاوت بود، بطوری‌که بیشترین کارایی مصرف به رقم پیشگام در شرایط مصرف ۹۰ کیلوگرم اوره در هکتار معادل ۳۵/۹۹ کیلوگرم دانه بر کیلوگرم نیتروژن مصرف شده+ قابل جذب خاک و کمترین آن به رقم اروم در شرایط مصرف ۳۶۰ کیلوگرم اوره در هکتار معادل ۹/۶۴ کیلوگرم دانه بر کیلوگرم نیتروژن مصرف شده+ قابل جذب خاک مربوط بود (شکل ۵). با توجه به اینکه رقم پیشگام عملکرد دانه بیشتری نسبت به سایر ارقام داشت، در نتیجه این رقم از کارایی مصرف نیتروژن بیشتری نیز برخوردار بود. از طرفی طبق قانون بازده نزولی با افزایش کود نیتروژن کارایی مصرف آن کاهش می‌یابد که در نهایت، باعث شده که رقم پیشگام در سطح کودی ۹۰ کیلوگرم اوره در هکتار دارای بیشترین کارایی مصرف نیتروژن یا بهره‌وری نیتروژن باشد. به نظر می‌رسد عملکرد دانه کم نسبت به نیتروژن مصرفی در رقم اروم، به ویژه در تیمار ۳۶۰ کیلوگرم اوره در هکتار باعث کاهش کارایی مصرف نیتروژن شد که با نتایج سایر محققین نیز مطابقت داشت (Guarda et al., 2004; Ahmadi, 2015).

عملکرد دانه

اثر نیتروژن و رقم در سطح یک درصد و برهمکنش آنها در سطح پنج درصد بر عملکرد دانه معنی‌دار بود (جدول ۲).



شکل ٦- مقایسه میانگین برهمکنش اثرات سطوح مختلف اوره (کیلوگرم در هکتار) و ارقام گندم بر عملکرد دانه

خطوط بار نشان‌دهنده خطای استاندارد (SE) است.

Fig. 6- Mean of square of the interaction between the effects of urea fertilizer levels (kg ha^{-1}) and varieties on grain yield of wheat

The lines error bar indicate the standard error (SE).

افزایش میزان کاربرد کود نیتروژن از ۹۰ به ۱۸۰، ۳۰۰ و ۳۶۰ کیلوگرم اوره در هکتاره عملکرد دانه را به ترتیب با ۵۸/۹۳، ۷۲/۷۶ و ۷۳/۰۶ درصد افزایش از ۱۸۵۹ به ۴۵۲۷، ۶۸۲۷ و ۶۹۰۳ کیلوگرم در هکتار بهبود داد (جدول ۳). همچنین بیشترین عملکرد دانه در تیمار کودی ۳۶۰ کیلوگرم اوره در هکتار بدست آمد که با تیمار ۱۰۰ درصد نیاز گیاهی (۳۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار) تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۳). به نظر می‌رسد مصرف مقادیر بیشتر نیتروژن از طریق بهبود ویژگی‌هایی نظیر شاخص سطح برگ، دوام سطح برگ، جذب تشعشع و سرعت رشد محصول باعث افزایش میزان تجمع ماده خشک کل و همچنین تخصیص مواد فتوسنتزی بیشتر به سمت اندام‌های ذخیره‌ایی گیاه شده که این موضوع سبب بهبود ویژگی‌هایی نظیر تعداد دانه در سنبله می‌گردد که در نهایت، باعث افزایش عملکرد

دانه گندم می‌شود. اهدایی و وینز (Ehdaie & Waines, 2001) نیز نتیجه گرفتند با کاهش مقدار کود نیتروژن از ۱۷۰ به ۱۰۵ کیلوگرم در هکتار میانگین عملکرد دانه ژنوتیپ‌های گندم نان، گندم دوروم و تریتیکاله حدود ۳۱ درصد کاهش یافت. همچنین صرف‌نظر از میزان مصرف کود نیتروژن رقم پیشگام با عملکرد ۶۱۲۵ کیلوگرم در هکتار نسبت به ارقام دیگر از عملکرد بالاتری برخوردار بود (جدول ۳). نتایج این تحقیق نشان داد که واکنش متفاوت ارقام نسبت به کود نیتروژن باعث معنی‌دار شدن برهمکنش شد (جدول ۲). مقایسه برهمکنش نیتروژن و رقم برای عملکرد دانه نشان داد که رقم پیشگام در شرایط مصرف ۳۰۰ و ۳۶۰ کیلوگرم اوره در هکتار دارای حداکثر عملکرد دانه بود و رقم اروم در شرایط کاربرد ۹۰ کیلوگرم اوره در هکتار دارای کمترین میزان عملکرد دانه بود (شکل ۶). در شرایط کاربرد ۹۰ کیلوگرم اوره در هکتار بین ارقام از نظر تولید دانه اختلاف معنی‌داری وجود نداشت، ولی در شرایط ۱۸۰ کیلوگرم اوره در هکتار ارقام در سطح پنج درصد با هم اختلاف داشتند که در این بین رقم پارسی از عملکرد دانه بیشتری برخوردار بود. همچنین ارقام در شرایط ۳۰۰ و ۳۶۰ کیلوگرم اوره در هکتار با یکدیگر در سطح یک درصد تفاوت معنی‌دار داشتند. رقم پیشگام با افزایش کود اوره از ۱۸۰ به ۳۰۰ و۳۶۰ کیلوگرم عملکرد بهتری نسبت به سایر ارقام داشت که یکی از دلایل آن شاید به خاطر تولید دانه در سنبله بیشتر نسبت به ارقام دیگر بود. وجود چنین اختلافی در عملکرد ارقام مختلف و اهمیت انتخاب ژنوتیپ مناسب برای هر منطقه مورد تأکید محققان دیگر نیز قرار گرفته است (Jafariani, 2010 Koocheki et al., 2015;).

همبستگی بین عملکرد دانه و شاخص‌های کارایی نیتروژن

نتایج همبستگی بین عملکرد دانه و صفات مربوط به کارایی جذب، تبدیل و مصرف نیتروژن نشان داد که عملکرد دانه همبستگی مثبت و معنی‌داری با درصد نیتروژن در زمان گلدهی و رسیدگی داشت (جدول ۴).

جدول ٤- ضرایب همبستگی بین عملکرد دانه و شاخص‌های کارایی نیتروژن ارقام مختلف گندم

Table 4- Correlation coefficients between grain yield and nitrogen efficiency indicators of different wheat varieties

صفات Traits	عملکرد دانه Grain yield (1)	درصد نیتروژن در زمان گلدهی Nitrogen content of biomass at anthesis (2)	درصد نیتروژن در زمان رسیدگی Nitrogen content of biomass at maturity (3)	کارایی جذب نیتروژن Nitrogen uptake efficiency (4)	کارایی تبدیل نیتروژن Nitrogen utilization efficiency (5)	کارایی مصرف نیتروژن Nitrogen use efficiency (6)
(1)	1					
(2)	0.76**	1				
(3)	0.79**	0.93**	1			
(4)	-0.76**	-0.71**	-0.65**	1		
(5)	0.02^{ns}	-0.34**	-0.37**	0.24^{ns}	1	
(6)	-0.64**	-0.70**	-0.60**	0.89**	0.63**	1

*و ** : به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد و ns: غیر معنی‌دار.

* and **: are significant at the 5 and 1% probability levels, respectively and ns is non significant.

عملکرد دانه با کارایی جذب و مصرف نیتروژن همبستگی منفی و معنی‌دار داشت اما ارتباط بین عملکرد دانه و کارایی تبدیل نیتروژن مثبت و غیرمعنی‌دار بود (جدول ۴). همانطور که نتایج نشان داد با افزایش مصرف کود بر خلاف افزایش در عملکرد دانه، کارایی جذب، تبدیل و مصرف نیتروژن کاهش یافت. این بدان معنی است که ارتباط بین افزایش عملکرد دانه با صفات مرتبط با کارایی نیتروژن عکس یکدیگر بود. به عبارتی دیگر، در شرایط فعلی جهت دستیابی به عملکرد بالاتر به ناچار کارایی مصرف نیتروژن پائین می‌آید. با این وجود به نظر می‌رسد علت اصلی رابطه عکس بین عملکرد دانه و کارایی مصرف نیتروژن، پائین بودن کارایی جذب نیتروژن به‌علت ناکارامدی روش‌های مدیریت فعلی مصرف نیتروژن باشد (Ahmadi, 2015). کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2015) گزارش کردند که با افزایش کود نیتروژن، کارایی جذب و مصرف نیتروژن کاهش یافت. برخی از محققان کاهش کارآیی مصرف نیتروژن در

چنین شرایطی را به علت تصعید، دنیتریفیکاسیون، عدم جذب نیتروژن در اثر کاهش قابلیت محلول شدن آن و یا عدم استفاده مؤثر از این عنصر در مقادیر بالای نیتروژن به وسیله گندم گزارش کردند (Ahmadi, 2015; Khan et al., 2017).

نتیجه‌گیری

بطور کلی ارقام مورد بررسی در شرایط کاربرد مقادیر مختلف کود نیتروژن از نظر ویژگی‌های مورد ارزیابی واکنش متفاوتی از خود نشان دادند. با افزایش کاربرد کود نیتروژن علی‌رغم افزایش عملکرد دانه و ماده خشک کل، کارایی نیتروژن کاهش یافت که نشان می‌دهد علی‌رغم بهبود عملکرد در شرایط مصرف بالای نیتروژن، جهت جلوگیری از آلودگی‌های زیست محیطی و همچنین آبشویی، تصعید و فشردگی خاک در سیستم‌های زراعی، بهتر است از مصرف بیش از اندازه آن خودداری شود. بیشترین و کمترین عملکرد ماده خشک به ترتیب در ارقام پیشگام (۱۵۵۸۱) و اروم (۱۰۷۷۶) مشاهده شد و رقم پیشگام با ۶۱۲۵ کیلوگرم در هکتار نسبت به ارقام دیگر از عملکرد دانه بیشتری برخوردار بود. در بین ارقام مورد بررسی، بالاترین کارایی جذب نیتروژن مربوط به رقم پارسی بود، اگرچه این اختلاف با کارایی جذب نیتروژن ارقام زراع و پیشگام معنی‌دار نبود. با افزایش مصرف نیتروژن از ۹۰ به ۳۶۰ کیلوگرم اوره در هکتار کارایی جذب، تبدیل و مصرف نیتروژن ارقام گندم کاهش یافت، با این وجود رقم پیشگام در مقایسه با سایر ارقام دارای بیشترین کارایی تبدیل و مصرف نیتروژن بود. کارایی جذب نیتروژن در مقایسه با کارایی تبدیل نیتروژن تأثیر بیشتری بر کارایی مصرف نیتروژن داشت. علاوه بر این، عملکرد دانه با کارایی جذب و مصرف نیتروژن همبستگی منفی ولی با کارایی تبدیل نیتروژن رابطه مثبت و غیرمعنی‌دار داشت. با توجه به برآیند نتایج این تحقیق، به نظر می‌رسد در صورت تائید این نتایج در تحقیقات آتی، رقم پیشگام در مقایسه با سایر ارقام از نظر عملکرد دانه و کارایی نیتروژن دارای شرایط بهتری بود. بنابراین، اگرچه به‌نژادی ارقامی با کارایی تبدیل نیتروژن بالاتر می‌تواند گام مؤثری در افزایش کارایی مصرف نیتروژن ایفاء کند، ولی به نظر می‌رسد تمرکز بیشتر بر روش‌های مدیریت مصرف نیتروژن به ویژه مصرف به اندازه و به موقع آن می‌تواند اثر بیشتری بر کارایی مصرف نیتروژن داشته باشد.

منابع

Ahmadi, M. 2015. Evaluation of resource absorption and use efficiency in corn cultivars (*Zea mays*) under Kermanshah weather conditions. M.Sc. Thesis, Razi University, Kermanshah, Iran. (In Persian with English Summary)

Ahmadi, M., Mondani, F., Khoramivafa, M., Mohammadi, G., and Shirkhani, A. 2017. Evaluation of nitrogen efficiency in maize cultivars (*Zea mays* L.) under Kermanshah climate condition. Journal of Agroecology 10: 234-247. (In Persian with English Summary)

Alfred, E.H., Johnston, M., Sullivanc, J.N.O., and Polomad, S. 2000. Nitrogen use efficiency of taro and sweet potato in the humid lowlands of Papua New Guinea. Agriculture, Ecosystems and Environment 79: 271-280.

Ahmadinezhad, R., Najafi, N., Aliasgharzad, N., and Oustan, S. 2013. Effects of Organic and Nitrogen Fertilizers on Water Use Efficiency, Yield and the Growth Characteristics of Wheat (*Triticum aestivum* cv. Alvand). Water and Soil Science 23: 177-194. (In Persian with English Summary)

Asadi, G.A., Momen, A., Nurzadeh Namaghi, M., and Khorramdel, S. 2014. Effects of organic and chemical fertilizer rates on nitrogen efficiency indices of isabgol (*Plantago ovata* Forsk.). Journal of Agroecology 5: 373-382. (In Persian with English Summary)

Cerrato, M.E., and Blackmer, A.M. 1990. Relationship between grain nitrogen concentration and the nitrogen status of corn. Agronomy Journal 82: 744-749.

Emam, Y., Salimi Koochi, S., and Shekoofa, A. 2009. Effect of nitrogen levels on grain yield and yield components of wheat (*Triticum aestivum* L.) under irrigation and rainfed conditions. Iranian Journal of Field Crops Research 7: 321-332. (In Persian with English Summary)

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: 47-61.

FAOSTAT (Food and Agriculture Organization of the United Nations Statistical Database). 2014. FAOSTAT Production Statistics of Crops. Available: http://faostat3.fao.org/download/Q/QC/E.

Garrido-Lestache, E., Lopez-Bellido, R.J., and Lopez-Bellido, L. 2005. Durum wheat quality under Mediterranean conditions as affected by N rate, timing and splitting, N form and S fertilization. European Journal of Agronomy 23: 265-278.

Guarda, G., Padovan, S., and Delogu, G. 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.

Halvarson, A.D., Schweissing, F.C., and Reule, M.E. 2005. Corn response to nitrogen fertilization in a soil with high residual nitrogen. Agronomy Journal 97: 1222-1229.

Hosseini, R., Galeshi, S., Soltani, A., Kalateh, M., and Zahed, M. 2013. The effect of nitrogen rate on nitrogen use efficiency index in wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars. Iranian Journal of Field Crops Research 11: 300-306. (In Persian with English Summary)

Khdemi, Z., Malakoti, M.G., and Lotfolahi, M.A. 1999. Optimal management of nitrogen in the wheat field to enhance performance and improve product quality. Journal of Soil and Water, especially a wheat, Institute of Soil and Water Research 12: 1-6.

Khan, A., Khan, A., Li, J., Ahmad, M.I., Sher, A., Rashid, A., and Ali, W. 2017. Evaluation of wheat varietal performance under different nitrogen sources. American Journal of Plant Sciences 8: 561-573.

Koocheki, A., Nasiri Mahallati, M., Moradi, R., and Alizadeh, Y. 2015. Evaluation of yield and nitrogen use efficiency of maize and cotton intercropping under different nitrogen levels. Iranian Journal of Field Crops Research 13: 1-13. (In Persian with English Summary)

MJA. 2014. Ministry of Jihad-e-Agriculture of Iran. Iran annual agricultural statistics; www.maj.ir. (In Persian)

Moles, D.J., Rangai, S.S., Bourkeard, R.M., and Kasamani, C.T. 1984. Fertilizer responses of taro in Papua New Guinea In: S. Chandra (Ed), Edible Aroids Clarendon Press, Oxford, pp. 64-71.

Muurinen, S., Kleemola, J., and Peltonen-Sainio, P. 2007. Accumulation and translocation of nitrogen in spring cereal cultivars differing in nitrogen use efficiency. Agronomy Journal 99: 441-447.

Jafariani, M., Beheshti, A.R., and Taheri, G. 2010. Evaluation of nitrogen efficiency on grain sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) genotypes. Journal of Agroecology 2: 502-511. (In Persian with English Summary)

Ting, L.Z., Yang, J.Y., Drury, C.F., and Hoogenboom, G. 2015. Evaluation of the DSSAT-CSM for simulating yield and soil organic C and N of a long-term maize and wheat rotation experiment in the Loess Plateau of Northwestern China. Agricultural Systems 135: 90-104.

Sepehr, E., Malakouti, M.J., Kholdebarin, A., and Karimian, N. 2009. Genotypic variation in P efficiency of selected Iranian cereals in greenhouse experiment. International Journal of Plant Production 3: 17-28.

Sardana, V., and Sheoran, P. 2011. Production potential of canola oilseed rape (*Brassica napus*) cultivars in response to nitrogen and Sulphur nutrition. Indian Journal of Agricultural Science 81: 280-282.

Sheoran, P., Sardana, V., Singh, Sh., Kumar, A., Mann, A., and Sharma, P. 2016. Agronomic and physiological assessment of nitrogen use, uptake and acquisition in sunflower. International Journal of Plant Production 10: 110-121.

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.

Zebarth, B.J., and Shcard, R.W. 1992. Influence of rate and timing of nitrogen fertilization application on yield and quality of hard red winter wheat. Canadian Journal of Plant Science 72: 13-19.

Journal of Agroecology
Vol. 11, No.1, Spring 2019, p. 87-102

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۱۱، شماره ۱، بهار ۱۳۹۸، ص. ۱۰۲-۸۷

Evaluation of Nitrogen Uptake and Use Efficiency in Wheat Cultivars *(Triticum aestivum* L.) under Kermanshah Weather Conditions

F. Mondani[1*], A. Bozorgi Hossein Abad[2], M. Saeedi[3], A. Bagheri[4] and H. Heidari[5]

Submitted: 15-06-2017
Accepted: 30-08-2017

Mondani, F., Bozorgi Hossein Abad, A., Saeedi, M., Bagheri, A., and Heidari, H. 2019. Evaluation of nitrogen uptake and use efficiency in wheat cultivars *(Triticum aestivum* L.) under Kermanshah weather conditions. Journal of Agroecology. 11(1):87-102.

Introduction

Nitrogen is the most important mineral nutrient for crop growth and development that improve quality and quantity of yield. It is used in modern agroecosystems to maximize yields. In harvest time, about 40 to 60% of applied nitrogen to the fields must be compensated by different fertilizers. Nevertheless, only 30 to 50% of consumed nitrogen is taken up by the crops and high amount of it is lost. Improved economic cost and environmental concerns augmented managing use of fertilizers. Improvement of nitrogen use efficiency has become an urgent target in crop production for efficient nitrogen utilization, maximum energy saving and productivity. In the sustainable agriculture approaches, there are several ways for increasing nitrogen use efficiency such as selection of suitable varieties. There is about six million hectare of wheat in Iran. Kermanshah Province with 6.4% of cultivation area and 6.6% of wheat production is the fifth place in Iran. In this province consumes large amounts of N fertilizers annually in the wheat agroecosystem. Therefore, the aims of this study were evaluating nitrogen uptake and utilization efficiency, and final nitrogen use efficiency in the wheat production system under Kermanshah weather condition.

Materials and methods

A split-plot experiment based on the randomized complete block design with three replications was conducted in the Campus of Agriculture and Natural Resources Field at Razi University under Kermanshah weather condition during 2015-2016. The experiment treatments were four levels of nitrogen fertilizer rate (90, 180, 300, 360 kg ha^{-1} of urea) as main-plot and four wheat varieties (Parsi, Zare, Pishgam and Orum) as sub-plot. The evaluated traits were included total dry weight yield, grain yield, biomass nitrogen content, nitrogen uptake efficiency (NU_pE), nitrogen utilization efficiency (NU_tE) and nitrogen use efficiency (NUE). Data analysis was done by SAS software (ver. 9.4) and means comparison by LSD tests were also carried out at the level of 5%.

Results and discussion

The results showed that under nitrogen fertilizer rate treatments, Pishgam variety in comparison with other varieties had the most satisfying ecophysiological characteristics. Regardless of studied varieties, by increasing the rate of urea fertilizer from 90 to 360 kg ha^{-1} total dry weight yield (65.9%) and grain yield (73.1%) were improved. In this situation, Pishgam variety had the highest grain yield (37.4%) compared to other varieties. The highest and the lowest grain yield were related to Pishgam variety (8950 kg ha^{-1}) in 360 kg_{urea} ha^{-1} treatment and Orum variety (1264 kg ha^{-1}) in 90 kg_{urea} ha^{-1} treatment, respectively. The results also showed that the highest NU_pE observed in the lowest level of fertilizer rate for Zare variety (0.7 kg N_{uptake}/kg $N_{soil+applied}$) and the lowest NU_pE observed in the highest level of fertilizer rate for Orum variety (0.26 kg N_{uptake}/kg $N_{soil+applied}$). The greatest and the lowest NU_tE were for Pishgam variety (59 kg grain/kg N_{uptake}) in 90 kg_{urea} ha^{-1} treatment and Orum variety (37 kg grain/kg N_{uptake}) in 360 kg_{urea} ha^{-1} treatment, respectively. In relation to NUE, Pishgam variety had the highest value (36 kg grain/kg $N_{soil+applied}$) under 90 kg_{urea} ha^{-1} treatment and Orum variety had the lowest value (10 kg grain/kg $N_{soil+applied}$) under 36090 kg_{urea} ha^{-1} treatment. Our results also indicated that grain yield had a significant positive correlation with

1, 2, 4 and 5- Assistant Professor, M.Sc. Student and Assistant Professor, Department of Plant Production and Genetics, Razi University, Kermanshah, Iran, respectively.
3- Associate Professor, Department of Plant Production and Genetics, Razi University, Kermanshah, Iran.
(*- Corresponding Author Email: f.mondani@razi.ac.ir)
DOI:10.22067/jag.v11i1.65109

nitrogen content at anthesis and maturity while there was a significant negative correlation with NU_pE and NUE. The relation of grain yield with NU_tE was positive and no significant.

Conclusion

The results showed that most of traits of wheat varieties such as grain yield and total dry weight yield were improved by increased nitrogen fertilizer rate. But, evaluation of traits related to nitrogen efficiency showed that NUE reduced by increasing of nitrogen fertilizer rate for all wheat varieties. The NU_pE compare to NU_tE had more effect on NUE. The grain yield had a significant negative correlation with NU_pE and NUE but it had a positive correlation with NU_tE. Although, breeding of varieties with higher NU_tE can be cooperate an effective role in improvement of NUE but it seems that emphasis on nitrogen management consumption methods can be more effective.

Keywords: Biomass nitrogen content, Nitrogen uptake efficiency, Nitrogen utilization efficiency, Nitrogen use efficiency, Wheat varieties