Journal of
Plant Environmental Physiology
Print ISSN: 2423-7671
Online ISSN: 2783-4689
Phycological Society of Iran

The study of nitrogen use efficiency and its related traits in winter cereals

Ali Rahemi Karizaki[1*], Abbas Biabani[2], Shahryar Kazemi[3], Hosein Sabouri[4], Maral Etesami[5]

[1]Department of plant production, Faculty of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gonbad Kavous University. Golestan, Iran, Email: rahemi@gonbad.ac.ir;
[2]Department of plant production, Faculty of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gonbad Kavous University. Golestan, Iran, Email: abbas.biabani@gonbad.ac.ir
[3]Crop and Horticultural Science Research Department, Mazandaran Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research , Education and Extension Organization , Sari, Iran
Email: Sh.kazemi@pnu.ac.ir
[4]Department of plant production, Faculty of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gonbad Kavous University. Golestan, Iran, Email: hossein.sabouri@gonbad.ac.ir
[5]Department of plant production, Faculty of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gonbad Kavous University. Golestan, Iran, Email: ml_etesami@gonbad. ac.ir

Article type:
Research article

Article history
Received: 03.04.2023
Revised: 16.07.2023
Accepted: 04.08.2023
Published:22.12.2023

Keywords
Nitrogen remobilization
Nitrogen utilization efficiency
Nitrogen uptake efficiency
Nitrogen harvest index
Grain protein percentage

Abstract

Nitrogen is the most important factor limiting the growth and performance of crops, especially cereals. Therefore, with the aim of investigating the nitrogen use efficiency and its components in different cereals under the conditions of control (no use nitrogen) and optimal conditions of nitrogen, a factorial field experiment was conducted based on randomized complete block design with three replications at Gonbad Kavus University in 2017-2018. The experimental treatments included cereals at 7 levels (including bread wheat Koohdasht cultivar, durum wheat Seimareh cultivar, two rowed barley Khoram cultivar, six rowed barley Sahra cultivar, hull less barley Line 17, triticale Javanilo cultivar, and oat Canadian cultivar) and the nitrogen factor was evaluated at two control (zero) and optimum levels. The result showed that cereal × nitrogen interaction was not significant on nitrogen utilization efficiency, nitrogen uptake efficiency and nitrogen use efficiency, nitrogen harvest index, nitrogen content and grain protein. however, the main effects of nitrogen and cereals on nitrogen uptake efficiency, nitrogen utilization efficiency and grain protein percentage were significant at 1% level. While the nitrogen harvest index was only affected by cereals, nitrogen remobilization was affected by cereals, nitrogen, and cereals × nitrogen interaction. Finally, the results of this experiment showed that nitrogen use efficiency increased in all studied cereals under optimal nitrogen conditions. Nitrogen use efficiency consists of two components, nitrogen uptake efficiency and nitrogen utilization efficiency; as a result, the increase in nitrogen use efficiency is mostly due to the improvement in nitrogen uptake efficiency. Also, in all cereals under optimal nitrogen conditions, protein percentage and grain yield increased asthe increase in protein percentage was due to increased nitrogen remobilization. However, hull less barley had a higher nitrogen use efficiency than other cereals.

Cite this article as: Rahemi Karizaki, A., Biabani, A., Kazemi, Sh., Sabouri, H., Etesami, M. (2023). The study of nitrogen use efficiency and its related traits in winter cereals. *Journal of Plant Environmental Physiology*, 18(4): 36-48.

©The author(s)
Publisher: Islamic Azad University, Gorgan branch

فیزیولوژی محیطی گیاهی
شاپا چاپی: ۲۴۲۳-۷۶۷۱
شاپا الکترونیکی: ۲۷۸۳-۴۶۸۹
PSI
انجمن جلبک شناسی ایران
Phycological Society of Iran
دانشگاه آزاد اسلامی
واحد گرگان

مطالعه کارایی مصرف نیتروژن و صفات مرتبط با آن در غلات سرمادوست

علی راحمی کاریزکی[1*]، عباس بیابانی[2]، شهریار کاظمی[3]، حسین صبوری[4]، مارال اعتصامی[5]

[1] گروه تولیدات گیاهی، دانشکده علوم کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبدکاووس. گلستان، ایران، رایانامه: rahemi@gonbad.ac.ir
[2] گروه تولیدات گیاهی، دانشکده علوم کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبدکاووس. گلستان، ایران، رایانامه: ایمیل: abbas.biabani@gonbad.ac.ir
[3] بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان مازندران، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ساری، ایران، رایانامه: Sh.kazemi@pnu.ac.ir
[4] گروه تولیدات گیاهی، دانشکده علوم کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبدکاووس. گلستان، ایران، رایانامه: hossein.sabouri@gonbad.ac.ir
[5] گروه تولیدات گیاهی، دانشکده علوم کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبدکاووس. گلستان، ایران. رایانامه: ml_etesami@gonbad. ac.ir

نوع مقاله:
مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۱/۱۴
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۰۴/۲۵
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۵/۱۳
تاریخ چاپ: ۱۴۰۲/۱۰/۰۱

چکیده

نیتروژن مهم‌ترین عامل محدودکننده رشد و عملکرد گیاهان زراعی، به خصوص غلات است. لذا با هدف بررسی کارایی مصرف نیتروژن و اجزای آن در غلات مختلف تحت شرایط عدم استفاده از نیتروژن و شرایط مطلوب نیتروژن، آزمایشی مزرعه‌ای به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در ۳ تکرار در دانشگاه گنبد کاووس در سال ۹۷-۱۳۹۶ اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل غلات در ۷ سطح شامل گندم نان رقم کوهدشت (*Triticum Aestivum* L.)، گندم دوروم رقم سیمره (*Triticum turgidum* L.)، جو شش ردیفه رقم صحرا، جو دو ردیفه رقم خرم، جو لخت لاین۱۷ (*Hordeum vulgare* L.)، یولاف زراعی رقم کانادایی (*Avena sativa* L.) و تریتیکاله رقم جوانیلو (*Triticosecale Wittmack* L.) و عامل نیتروژن در دو سطح شاهد (صفر) و مطلوب مورد ارزیابی قرار گرفتند. نتایج نشان داد که اثر متقابل غلات × نیتروژن بر کارایی بهره‌وری نیتروژن، کارایی جذب نیتروژن، کارایی مصرف نیتروژن، شاخص برداشت نیتروژن، درصد نیتروژن و پروتئین دانه اثر معنی‌داری نداشت. اما اثر اصلی نیتروژن و غلات بر کارایی جذب نیتروژن، کارایی مصرف نیتروژن و درصد پروتئین دانه در سطح یک درصد معنی‌دار بود. در حالی که شاخص برداشت تنها تحت تاثیر غلات قرار گرفت، همچنین انتقال مجدد نیتروژن تحت تاثیر غلات، نیتروژن و اثر متقابل این دو قرار گرفت. در نهایت نتایج این آزمایش نشان داد که در شرایط مطلوب نیتروژن در تمام غلات مورد مطالعه، کارایی مصرف نیتروژن افزایش یافت. کارآیی مصرف نیتروژن متشکل از دو جزء کارآیی جذب نیتروژن و کارآیی بهره‌وری نیتروژن است درنتیجه، افزایش در کارآیی مصرف نیتروژن بیش‌تر به‌دلیل بهبود در کارآیی جذب نیتروژن می‌باشد. همچنین در تمام غلات در شرایط مطلوب نیتروژن درصد پروتئین و عملکرد دانه افزایش یافت که افزایش درصد پروتئین ناشی افزایش انتقال مجدد نیتروژن بود. از طرفی جو لخت نسبت به سایر غلات از کارایی مصرف نیتروژن بالاتری برخوردار بود.

واژه‌های کلیدی:
انتقال مجدد نیتروژن
کارایی بهره‌وری نیتروژن
کارایی جذب نیتروژن
شاخص برداشت نیتروژن
درصد پروتئین دانه

استناد: راحمی کاریزکی، علی؛ بیابانی، عباس؛ کاظمی، شهریار؛ صبوری، حسین؛ اعتصامی، مارال. (۱۴۰۲). مطالعه کارایی مصرف نیتروژن و صفات مرتبط با آن در غلات سرمادوست. *فیزیولوژی محیطی گیاهی*، ۱۸ (۴)، ۴۸-۳۶.

ناشر: دانشگاه آزاد اسلامی، واحد گرگان
© نویسندگان.

مقدمه

نیتروژن مهم‌ترین عامل محدود کننده رشد و عملکرد گیاهان زراعی در بسیاری از نواحی دنیاست (Giller, 2004) که در تمام مراحل رشد گیاه از مرحله رویشی تا زمان برداشت گیاه مورد نیاز است (Ali, 2011; Rafiq et al., 2010). کود نیتروژن در ۳۰ سال اخیر نقش مهمی در افزایش عملکرد دانه داشته است. هزینه کود نیتروژن به عنوان یکی از مهم‌ترین هزینه‌های کشت و کار گندم محسوب می‌شود. Muurinen و همکاران (۲۰۰۶) و Rahimizadeh و همکاران (۲۰۱۰) کارآیی مصرف نیتروژن را به صورت عملکرد دانه خشک به ازای هر واحد نیتروژن قابل دسترس (از خاک یا کود) تعریف کردند که از دو جزء مهم تشکیل شده است: کارآیی جذب نیتروژن (میزان نیتروژن جذب شده توسط گیاه به ازای نیتروژن قابل دسترس) از خاک و کارآیی بهره‌وری نیتروژن (عملکرد دانه خشک به ازای هر واحد نیتروژن جذب شده گیاه). کارآیی بهره‌وری نیتروژن متشکل از دو جزء می‌باشد: شاخص برداشت و کارآیی تولید بیوماس. کارآیی جذب نیتروژن برای غلات حدود ۲۹ الی ٤۲ درصد به ترتیب در کشورهای در حال توسعه و کشورهای پیشرفته در نظر گرفته شده و ٦۷ درصد بقیه به صورت هدررفت نیتروژن، تصعید، آبشویی و فرسایش سطحی و غیره است.

آزمایشات Giambalow و همکاران (۲۰۱۰) در ایتالیا بر روی گندم دوروم نشان داد که در شرایط نیتروژن کم، ارقام از نظر کارآیی جذب نیتروژن تفاوتی نداشتند؛ اگرچه شواهد تجربی وجود دارد که کارایی جذب نیتروژن رابطه بین افزایش نیتروژن قابل دسترس گیاه و افزایش تجمع بیوماس را نشان می‌دهد ولی به دست آوردن رابطه کمی در این مورد بسیار مشکل می‌باشد. Maddah Yazdi (۲۰۰٦) مقدار کارآیی مصرف نیتروژن برای ارقام زاگرس و تجن که از ارقام متداول منطقه گلستان هستند، به ترتیب ٦۸/٥٤ و ٦۱/۹۱ گرم بر گرم نیتروژن جذب شده در متر مربع گزارش کرد. آزمایشی در سال‌های ۲۰۰٤ تا ۲۰۰۷ برای مقایسه گندم نان، گندم دوروم و جو انجام گرفت. نتایج نشان داد جذب نیتروژن با عملکرد دانه و بیوماس نهایی در مرحله رسیدگی در هر سه گونه همبستگی مثبتی نشان دادند (Cossani et al., 2012).

عملکرد و کیفیت دانه گندم به نیتروژن در دسترس و توانایی جذب آن توسط گیاه بستگی زیادی دارد (Barraclough et al., 2010). برخی پژوهش‌ها نشان داده‌اند که در شرایط تنش، وزن و عملکرد دانه کاهش می‌یابد؛ اما کاهش دوره پر شدن دانه از مواد کربوهیدراتی و افزایش نسبت پروتئین به کربوهیدرات دانه می‌شود (Subedi et al., 2006). Tahir و همکاران (۲۰۰۷) بیان نمودند که افزایش دما بعد از مرحله گرده افشانی در ٥۰ ژنوتیپ گندم باعث افزایش پروتئین دانه می‌گردد. تنش گرما باعث افزایش همزمان پروتئین‌های محلول و غیر محلول می‌شود. کاهش مصرف نیتروژن، کاهش درصد پروتئین را به دنبال دارد. Lemon (۲۰۰۷) نیز بیان نمود کاهش دوره پر شدن دانه در اثر برخورد این مرحله از رشد با شرایط گرم و خشک پایان فصل باعث کاهش رشد ریشه و کارآیی جذب نیتروژن (Carrtero et al., 2010)، محدودیت تجمع کربوهیدرات‌ها در دانه (Ehdaie and Waines, 2001)، افزایش درصد پروتئین و کاهش وزن دانه شد. همبستگی میان عملکرد دانه و درصد پروتئین دانه منفی و معنی‌دار می‌باشد (Lemon, 2007; Subedi et al., 2006). تحقیقات Brown (۲۰۱۰) در بررسی مصرف سطوح مختلف نیتروژن (صفر، ۳۰، ٦۰، ۹۰، ۱۲۰ و ۱٥۰ کیلوگرم در هکتار) بر درصد پروتئین تریتیکاله نشان داد که درصد پروتئین خام افزایش

معنی‌داری را در مقادیر بالای نیتروژن داشت؛ به طوری‌که متوسط پروتئین در مقادیر نیتروژن ذکر شده به ترتیب ۸/۸، ۱۰/٤، ۱۳/۷، ۱٦/٤ و ۱٦/۱ درصد به دست آمد. لذا این مطالعه با هدف بررسی کارایی مصرف نیتروژن و اجزای آن در غلات مختلف تحت شرایط عدم استفاده از نیتروژن و شرایط مطلوب نیتروژن انجام شد.

مواد و روش‌ها

آزمایش مزرعه‌ای در سال ۹۷-۱۳۹٦ به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در ۳ تکرار تحت شرایط عدم محدودیت آبی و عناصر غذایی، کنترل آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز به اجرا درآمد. برای انجام این آزمایش پس از تهیه زمین (شامل شخم و دیسک) آن را کرت‌بندی و کشت نمودیم. غلات در ۷ سطح شامل گندم نان رقم کوهدشت (*Triticum Aestivum* L.)، گندم دوروم رقم سیمره (*Triticum turgidum* L.)، جو شش ردیفه رقم صحرا، جو دو ردیفه رقم خرم، جو لخت لاین۱۷ (*Hordeum vulgare* L.)، یولاف زراعی رقم کانادایی (*Avena sativa* L.) و تریتیکاله رقم جوانیلو (*Triticosecale Wittmack* L.) و عامل نیتروژن در دو سطح عدم مصرف و مصرف در حد مطلوب با منشأ اوره مورد ارزیابی قرار گرفتند. ابعاد کرت‌ها ۱/۵ در ۵ متر در نظر گرفته شد. تراکم مطلوب برای جو و یولاف زراعی ۲۷۰ بوته در متر مربع و برای گندم و تریتیکاله ۳۵۰ بوته در متر مربع در نظر گرفته شد.

کشت در تاریخ ۱۹ آذر ماه براساس توصیه مرکز تحقیقات کشاورزی گنبد کاووس انجام شد. لازم به ذکر است که توصیه کودی برای غلات مورد آزمایش، متفاوت بوده و با توجه به متوسط آمار عملکرد ده ساله غلات و معرفی شده مرکز تحقیقات گنبد کاووس در نظر گرفته شد. کود مطلوب برای گندم نان و جو لخت ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار، گندم دوروم و جو دو ردیفه ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار، جو شش ردیفه ۲۱۰ کیلوگرم در هکتار، یولاف زراعی ۹۰ کیلوگرم در هکتار و ترتیکاله ۲٤۰ کیلوگرم در هکتار در نظر گرفته شد.

کنترل علف‌های هرز به صورت دستی در چندین مرحله در طول فصل رشد انجام گرفت. جهت کنترل بیماری‌های زنگ و سفیدک از سم تیلت به نسبت دو در هزار در دو مرتبه بعد از ساقه‌رفتن و سه هفته بعد از اولین سم‌پاشی استفاده شد. به‌منظور مطالعه کارآیی مصرف نیتروژن، ابتدا چند نمونه خاک از عمق۰ الی ۳۰ سانتی‌متری برداشت و وزن مخصوص ظاهری خاک مشخص خواهد شد.

قبل از انجام آزمایش در هر سال زراعی از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری خاک، نمونه‌برداری انجام و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک تعیین شد (جدول ۱) که بر اساس نتایج حاصله بافت خاک لوم سیلتی بود. ویژگی‌های خاک شامل بافت خاک به روش هیدرومتری (Huluka and Miller, 2014)، درصد کربن آلی و ماده‌ی آلی خاک به روش Walkley and Black (۱۹۳٤)، اسیدیته (pH)، هدایت الکتریکی در عصاره اشباع خاک به وسیله pH متر و هدایت سنج اندازه‌گیری شد. غلظت کاتیون‌های سدیم، پتاسیم، کلسیم و منیزیوم محلول و پتاسیم تبادلی به ترتیب با استفاده از عصاره‌گیر آب مقطر و استات آمونیوم عصاره‌گیری و در ادامه غلظت سدیم و پتاسیم با استفاده از دستگاه فلیم‌متر و کلسیم و منیزیوم با دستگاه جذب اتمی (AAS Vario 6) اندازه‌گیری شدند (Helmek and sparks, 1996). نیتروژن معدنی و ازت کل به روش Zebarth and Milburn (۲۰۰۳) اندازه‌گیری شد.

جدول ۱: نتایج تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

عمق(CM)	اسیدیته	هدایت‌الکتریکی (dsm^{-1})	کربن آلی (٪)	ازت کل (٪)	فسفر (ppm)	پتاسیم (ppm)	رس (٪)	لای (٪)	ماسه (٪)
۰-۳۰	۷/٤	۱/۸	۱/٥٦	۰/۱٦	۱۲/۰	۳٦۰	۲۸	٦۲	۱۰

جهت محاسبه روابط نیتروژن در گیاه، نمونه‌های گیاهی خشک و به‌طور جداگانه آسیاب خواهند شد. این عمل برای دانه و کاه و کلش به طور جداگانه انجام گرفت و میزان نیتروژن گیاه با استفاده از روش کجلدال اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری پروتئین دانه و کارآیی مصرف نیتروژن با استفاده از فرمول‌های زیر استفاده می‌شود (Muurinen et al., 2007):

$$TAN = (Nf + Ns + Nm)/2 \quad (۱)$$

$$Nm = OM \times 0.02 \quad (۲)$$

$$NUtE = Ygrain/TNH \quad (۳)$$

$$NUpE = TNH/TAN \quad (٤)$$

$$NUE = Ygrain/TAN \quad (٥)$$

$$GPC = GNC \times 5.75 \quad (٦)$$

$$NHI = GN/TNH \quad (۷)$$

در اینجا TAN[1] نیتروژن قابل دسترس (گرم بر متر مربع)؛ N_f: نیتروژن کودی (گرم بر مترمربع)؛ N_s: نیتروژن معدنی در ابتدای فصل (آمونیوم و نیترات)؛ N_m: نیتروژن ناشی از معدنی شدن؛ OM[2]: ماده آلی خاک (گرم در مترمربع)؛ NU_tE:کارآیی بهره‌وری نیتروژن (گرم بر مترمربع)؛ TNH: مجموع نیتروژن کل گیاه در برداشت (گرم بر متر مربع)؛ Y_{grain}: عملکرد دانه (گرم بر مترمربع)؛ NU_pE: کارآیی جذب نیتروژن (گرم بر مترمربع)؛ NUE: کارآیی مصرف نیتروژن (گرم بر مترمربع)؛ GPC[3]: غلظت پروتئین دانه بر حسب درصد؛ GNC: غلظت نیتروژن دانه بر حسب درصد؛ NHI[4]: شاخص برداشت نیتروژن (درصد) و GN[5]: نیتروژن دانه (گرم بر مترمربع) می‌باشند. همچنین انتقال مجدد نیتروژن از فرمول زیر محاسبه شد:

انتقال مجدد نیتروژن (گرم در بوته)= مجموع نیتروژن کل گیاه (به جزء دانه) در برداشت- مجموع نیتروژن کل گیاه در گرده‌افشانی

تجزیه آماری

اطلاعات به‌دست آمده با استفاده از نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۱، تجزیه وتحلیل شد. مقایسه میانگین‌ها با آزمون LSD در سطح ۵ درصد و رسم نمودارها با استفاده از نرم‌افزار اکسل انجام شد.

نتایج

کارآیی بهره‌وری، جذب و مصرف نیتروژن:

همان‌طور که در جدول ۲ قابل مشاهده است اثر متقابل غلات × نیتروژن و هم‌چنین اثر هر کدام از این دو عامل بر کارایی بهره‌وری نیتروژن معنی‌داری نبودند. متوسط کارایی بهره‌وری نیتروژن در غلات مورد مطالعه ۳۱/۰۳ کیلوگرم بر کیلوگرم می‌باشد. اثر متقابل غلات × نیتروژن بر کارایی جذب نیتروژن و کارایی مصرف نیتروژن معنی‌دار نبود؛ اما نتایج نشان داد غلات و نیتروژن در کارایی جذب نیتروژن و کارایی مصرف نیتروژن به ترتیب در سطح احتمال یک درصد و پنج درصد اختلاف معنی‌داری داشتند (جدول ۲). کمترین کارایی جذب نیتروژن در یولاف زراعی (۲۷ درصد) و بیشترین در جو لخت (۵۷

1. Total Available Nitrogen
2. Organic Matter
3. Grain Protien Concentration
4. Nitrogen Harvest Index
5. Grain Nitrogen

درصد) مشاهده شد. کارایی مصرف نیتروژن در غلات مورد مطالعه از ۹/۹۲ در یولاف زراعی تا ۲٤/۵۱ در جو لخت متغیر بود (جدول ۳). همان‌طور که در جدول همبستگی ملاحظه می‌شود (جدول ٤) بین کارایی جذب نیتروژن و کارایی مصرف نیتروژن همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود دارد (۰/۷۱). عملکرد دانه با کارایی جذب نیتروژن و کارایی مصرف نیتروژن همبستگی مثبت و معنی‌داری نشان می‌دهد (به ترتیب ۰/۷۲ و ۰/۹۸) اما ارتباط کارایی بهره‌وری نیتروژن با عملکرد دانه چندان قوی نمی‌باشد (۰/۲۱).

جدول ۲: کارایی مصرف نیتروژن و صفات مرتبط با آن در غلات مورد مطالعه در دو سطح صفر (عدم استفاده از کود نیتروژن) و مطلوب (اعمال کود مطلوب نیتروژن برای آن رقم)

منابع تغییر	درجه آزادی	کارایی بهره‌وری نیتروژن	کارایی جذب نیتروژن	کارایی مصرف نیتروژن	انتقال مجدد نیتروژن	شاخص برداشت نیتروژن	نیتروژن دانه	پروتئین دانه
بلوک	۲	۷۳/۲۳	۰/۰۱٤	٦/۰۵	۱۳۸/٤۱	۰/۰۳	۰/۱۹	٤/۹۵
غلات (C)	٦	۷۳/۸٦	۰/۰۹۹**	۱۲۹/۸۳**	۱۷٤۳/۱۵**	۰/۰۲۷*	۰/۱۳	۸/۵۰**
نیتروژن (N)	۱	۱٤/٦٦	۰/۰۸۲*	٤۵/۳۰**	۲٤۰۹/۲٦**	۰/۰۲	۰/۱٦	۱۰/۷۷**
N × C	٦	۲۲/۳۲	۰/۰۱۵	۳/۹۲	۳۲٦/۸۱**	۰/۰۱	۰/۰٦	۲/٦۹
خطا	۲٦	۵۵/۵٤	۰/۰۱۷	۳/۰۱	۵۸/۰۸	۰/۰۹	۰/۱۷	۱/۹۰
ضریب‌تغییرات	–	۱٤/۰۱	۱۸/۷۱	۹/۳۳	۱٤/۲۲	۱۷/٦۸	۱۷/۷	۱۱/۷۵

جدول ۳: مقایسه میانگین کارایی مصرف نیتروژن و صفات مرتبط با آن در غلات مورد مطالعه در دو سطح صفر (عدم استفاده از کود نیتروژن) و مطلوب (اعمال کود مطلوب نیتروژن برای آن رقم)

تیمارها	کارایی جذب نیتروژن (درصد)	کارایی مصرف نیتروژن (کیلوگرم بر کیلوگرم)	شاخص برداشت نیتروژن (درصد)	پروتئین (درصد)
تریتیکاله	۰/٦۵^{ab}	۱۷/۵۰^{c}	۰/۵۱^{bc}	۱۲/۷٦^{a}
گندم نان	۰/٦۸^{ab}	۱۹/٦۹^{b}	۰/۵٤^{bc}	۱۱/۸٤^{ab}
گندم دوروم	۰/۵۳^{b}	۱٦/٤۹^{c}	۰/۵٦^{ab}	۱۱/۰٦^{b}
جو دو	۰/٦۹^{a}	۲۰/۵۵^{b}	۰/۵۸^{ab}	۱۲/۳۷^{ab}
جو شش	۰/٦٤^{ab}	۲۱/۵۸^{b}	۰/۵۵^{abc}	۱۲/٦۵^{ab}
جو لخت	۰/۷٤^{a}	۲٤/۵۱^{a}	۰/٦٦^{a}	۱۲/۱۹^{ab}
یولاف	۰/۳٦^{c}	۹/۹۲^{d}	۰/٤٤^{c}	۹/۳۸^{c}
(۰/۰۵)	۰/۱۵	۲/۰٦	۰/۱۱	۱/٦۳
صفر	۰/٦٦^{a}	۱۷/۵۷^{b}	۰/۵٤^{a}	۱۱/۲٤^{b}
مطلوب	۰/۵۷^{b}	۱۹/٦٤^{a}	۰/۵٦^{a}	۱۲/۲٦^{a}
(۰/۰۵)	۰/۰۸	۱/۱۰	۰/۰٦	۰/۸۷

جدول ٤: همبستگی صفات وابسته به نیتروژن با عملکرد دانه در غلات مورد مطالعه در دو سطح صفر (عدم استفاده از کود نیتروژن) و مطلوب (اعمال کود مطلوب نیتروژن برای آن رقم)

صفات	کارایی بهره‌وری نیتروژن	کارایی جذب نیتروژن	کارایی مصرف نیتروژن	انتقال مجدد نیتروژن	شاخص برداشت نیتروژن	غلظت نیتروژن دانه	پروتئین دانه	عملکرد دانه
کارایی‌بهره‌وری نیتروژن	۱							
کارایی جذب نیتروژن	-۰/٤۳**	۱						
کارایی مصرف نیتروژن	۰/۲٦	۰/۷۱**	۱					
انتقال مجدد نیتروژن	۰/۰۱	۰/۱۸	۰/۲۱	۱				
شاخص برداشت نیتروژن	۰/۳۲*	۰/۱۵	۰/۵۲**	۰/۲۰	۱			
غلظت نیتروژن دانه	-۰/۱٤	۰/۷۹**	۰/۷۹**	۰/۲۲	۰/۷۲**	۱		
پروتئین دانه	-۰/۱٤	۰/٦٤**	۰/۵۱**	۰/۳۸**	۰/٤۷**	۰/۷۵**	۱	
عملکرد دانه	۰/۲٦	۰/۷۲**	۰/۹۸**	۰/۲۱	۰/۵۱**	۰/۷۹**	۰/۵۲**	۱

شاخص برداشت نیتروژن: نتایج نشان داد شاخص برداشت نیتروژن تحت تأثیر اثر متقابل غلات × نیتروژن قرار نگرفت. بررسی اثرات ساده نشان داد شاخص برداشت نیتروژن در غلات مورد مطالعه در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود، در حالی‌که کاربرد و عدم کاربرد نیتروژن بر شاخص برداشت نیتروژن بی‌تأثیر بوده است (جدول ۲). بیشترین شاخص برداشت نیتروژن ۰/٦٦ در جو لخت و کمترین ۰/٤٤ در یولاف زراعی مشاهده شد. (جدول ۳). شاخص برداشت نیتروژن با کارایی مصرف نیتروژن و کارایی بهره‌وری نیتروژن همبستگی مثبت و معنی‌دار به‌ترتیب ۰/۵۲ و ۰/۳٤ و با کارایی جذب نیتروژن همبستگی ضعیفی (۰/۱۵) نشان داد (جدول ٤).

انتقال مجدد نیتروژن: نتایج جدول ۲ نشان می‌دهد اثر متقابل غلات × نیتروژن بر انتقال مجدد نیتروژن در تیمارهای مورد مطالعه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. انتقال مجدد نیتروژن در تیمارهای مورد مطالعه با افزایش کود نیتروژن از صفر به مطلوب افزایش داشته است. میزان انتقال مجدد نیتروژن نیز در غلات مختلف متغیر بود. بیشترین انتقال مجدد نیتروژن در سطوح صفر و مطلوب کود نیتروژن در تریتیکاله به ترتیب ۸٤/٤۳ و ۸۵/٦٤ گرم در متر مربع و کمترین در جو دو ردیفه به ترتیب ۲۰/۵۲ و ٤۲/۷۳ گرم در متر مربع محاسبه شد (جدول ۵). جدول همبستگی ارتباط مثبت ضعیفی (۰/۲۱) را بین انتقال مجدد نیتروژن با عملکرد دانه نشان می‌دهد (جدول ٤).

درصد نیتروژن و پروتئین دانه: درصد نیتروژن دانه تحت تأثیر اثر متقابل غلات × نیتروژن قرار نگرفت. اثرات نیتروژن بر درصد نیتروژن دانه معنی‌داری نبود. هم‌چنین درصد نیتروژن دانه در غلات مورد مطالعه اختلاف معنی‌داری نداشت (جدول ۲). متوسط درصد نیتروژن دانه غلات مورد مطالعه ۱/۸۲ درصد می‌باشد (جدول ۳). نتایج جدول ۱ نشان داد اثر متقابل غلات × نیتروژن بر درصد پروتئین دانه معنی‌دار نبود. بررسی اثرات ساده نشان داد که پروتئین دانه در غلات مورد مطالعه با یکدیگر اختلاف معنی‌داری داشتند ($P > ۰/۰۱$)؛ هم‌چنین اثر نیتروژن نیز بر میزان پروتئین دانه در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود. جدول مقایسه میانگین نشان داد که درصد پروتئین دانه در غلات مورد مطالعه بین ۹/۳۸ تا ۱۲/۳۷ درصد متغیر بود(جدول ۳). کمترین میزان پروتئین دانه در یولاف زراعی و بیشترین در تریتیکاله محاسبه شد.

جدول ۵: مقایسه میانگین انتقال مجدد نیتروژن در غلات سرمادوست

گونه غلات	نیتروژن	انتقال مجدد نیتروژن (گرم در متر مربع)
یولاف زراعی	صفر	۳۵/٤۱^{d}
گندم دورم	صفر	٤٦/۳۸^{c}
گندم نان	صفر	۳۳/۸۰^{d}
جو دو ردیفه	صفر	۲۰/۵۲^{e}
جو لخت	صفر	٤٤/٤٦^{c}
جو شش ردیفه	صفر	۵۷/۰۲^{b}
تریتیکاله	صفر	۸٤/٤۳^{a}
یولاف زراعی	مطلوب	٤٦/۱۲^{c}
گندم دورم	مطلوب	۵٦/٤۱^{b}
گندم نان	مطلوب	٦۳/۸۰^{b}
جو دو ردیفه	مطلوب	٤۲/۷۳^{c}
جو لخت	مطلوب	۸۰/۳٤^{a}
جو شش ردیفه	مطلوب	۵۳^{c}
تریتیکاله	مطلوب	۸۵/٦٤^{a}

نتایج جدول ٤ نشان می‌دهد پروتئین دانه با غلظت نیتروژن دانه همبستگی مثبت و معنی‌داری داشت (۰/۷۵). همچنین کارایی جذب و کارایی مصرف نیتروژن نیز با میزان پروتئین دانه همبستگی مثبت و معنی‌داری نشان دادند (به ترتیب ۰/٦٤ و ۰/۵۱). همان‌طور که در جدول ۵ مشاهده می‌شود عملکرد دانه با پروتئین دانه همبستگی مثبت و معنی‌داری نشان داد (۰/۵۱). پروتئین دانه غلات مورد مطالعه با میزان انتقال مجدد نیتروژن و شاخص برداشت نیتروژن همبستگی مثبت و معنی‌داری نشان داد (به‌ترتیب ۰/۳۸ و ۰/٤۷).

بحث

از آن‌جایی که کارآیی مصرف نیتروژن متشکل از دو جزء کارآیی جذب نیتروژن و کارآیی بهره‌وری نیتروژن است درنتیجه، افزایش در کارآیی مصرف نیتروژن بیش‌تر به‌دلیل بهبود در کارآیی جذب نیتروژن می‌باشد. افزایش اندازه ریشه (وزن خشک ریشه، طول ریشه و تراکم ریشه)، کارآیی جذب نیتروژن و شکل‌گیری عملکرد را بهبود می‌بخشد. نتایج حاصل از این آزمایش با نتایج Montemuro و همکاران (۲۰۰٦)، Foulkes و همکاران (۲۰۰۹) و Li و همکاران (۲۰۱۵) مطابقت داشت؛ در حالی‌که Muurinen و همکاران (۲۰۰٦) گزارش دادند که افزایش کارآیی مصرف نیتروژن به سبب افزایش مساوی در هر دو جزء آن بود. در مطالعه‌ای که توسط Muurinen و همکاران (۲۰۰٦) روی ارقام گندم، جو و یولاف که در طی سال‌های ۱۹۰۱ تا ۲۰۰۲ معرفی شد، بیان نمودند یک رابطه خطی بین کارآیی مصرف نیتروژن و کارآیی جذب نیتروژن (نیتروژن ذخیره شده در کل گیاه به کل نیتروژن قابل دسترس (گرم بر متر مربع) برای گندم، جو و یولاف مشاهده کردند که این رابطه در یولاف قوی‌تر بود (R^2=۰/۷۹). اما بین کارآیی مصرف نیتروژن و کارآیی بهره‌وری نیتروژن رابطه‌ای در گندم و جو مشاهده نشد، در حالی که رابطه نه چندان قوی در یولاف مشاهده شد.

در تایید نتایج این مطالعه، Ahmad و همکاران (۲۰۱۲) نشان دادند که کاربرد کود نیتروژن باعث افزایش تعداد دانه و ماده خشک، کارآیی مصرف نیتروژن و عملکرد دانه در غلات زمستانه یعنی یولاف، گندم و جو شد. در نتایج مشابهی توسط Hokmalipour و Shiri-e-Janagard (۲۰۱۰) بر روی ذرت، دریافتند که بیشترین عملکرد دانه در سطح کود ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار و بیشترین کارآیی مصرف نیتروژن در سطح ٦٠ کیلوگرم در هکتار به دست آمد. همچنین نتایج نشان داد با افزایش مقدار کود، کارآیی مصرف نیتروژن به طور قابل ملاحظه‌ای، کاهش می‌یابد. افزایش سطح نیتروژن، به طور معنی‌داری باعث افزایش تعداد دانه در هر ردیف، تعداد دانه و وزن هزار دانه در ذرت می‌گردد.

همچنین در آزمایشات Arregui و Quemada (۲۰۰۸) کارآیی مصرف نیتروژن در گندم ۳۰ تا ۳۱ کیلوگرم دانه بر کیلوگرم نیتروژن و کارآیی جذب نیتروژن ۰/۵۱ در سال ۲۰۰۳- ۲۰۰٤ گزارش شد. احتمالاً دلیل مقدار کمتر کارایی مصرف نیتروژن در آزمایش ما آبشویی نیترات از زمان کاشت تا اولین مرحله کوددهی است. لذا انتخاب یک رقم با سنبله بزرگ‌تر با مدیریت بهینه نیتروژن می‌تواند یک استراتژی مفید برای رسیدن به عملکرد بالا و کارایی مصرف نیتروژن بالا جهت تولید گندم باشد (Lu et al., 2015). بر خلاف نتایج این آزمایش که کارایی بهره‌وری نیتروژن بین گونه‌های غلات تغییری نداشت، Chen و همکاران (۲۰۱۵) نشان دادند که مدیریت دقیق کود نیتروژن و انتخاب ارقام پر محصول ذرت با کارایی بهره‌وری نیتروژن بالا می‌تواند غلظت نیتروژن دانه را بدون تأثیر منفی بر عملکرد دانه افزایش دهد.

به نظر می‌رسد غلات مورد مطالعه توانایی متفاوتی جهت انتقال و هدایت نیتروژن به سمت دانه داشته و تحت تأثیر ژنتیک و محیط قرار گرفتند. شاخص برداشت نیتروژن با عملکرد دانه همبستگی مثبت و معنی‌داری نشان داد که با نتایج Montemuro و همکاران (۲۰۰٦) مطابقت دارد. شاخص برداشت نیتروژن با کارایی مصرف نیتروژن و کارایی بهره‌وری نیتروژن همبستگی مثبت و معنی‌دار و با کارایی جذب نیتروژن همبستگی ضعیفی نشان داد (جدول ۵)؛ زیرا که تقاضای نیتروژن توسط دانه‌ها بیشتر تحت تأثیر مقدار نیتروژن جذب شده توسط بوته است و اگر تقاضا بیشتر از میزان نیتروژن جذب شده در گیاه باشد، نیتروژن بیشتری به سمت دانه انتقال می‌یابد.

مقدار شاخص برداشت نیتروژن مقدار توزیع نیتروژن به سمت دانه را نشان می‌دهد که از مقدار نیتروژن دانه به کل نیتروژن تجمعی در مرحله رسیدگی محاسبه می‌شود (Kumudini et al., 2002). بر خلاف نتایج این آزمایش که بین سطوح مطلوب و عدم استفاده از نیتروژن تفاوت معنی‌داری در سطح ۵ درصد مشاهده نشد، Li و همکاران (۲۰۱۵) در مطالعات خود در رابطه با گندم و جو به طور مشابه دریافتند که افزایش مصرف نیتروژن منجر به کاهش معنی‌دار در شاخص برداشت نیتروژن شد. همچنین در آزمایشات آن‌ها نیز بین تمام سطوح کودی تفاوت معنی‌داری برای این شاخص وجود داشت. همچنین ایشان بیان نمودند که افزایش مصرف نیتروژن منجر به کاهش معنی‌دار در شاخص برداشت نیتروژن شد، همچنین بین تمام سطوح کودی تفاوت معنی‌داری برای این شاخص وجود داشت.

Mainard و Jeuffroy (۲۰۰۱) در تحقیقی روی نیتروژن و تشعشع روی تجمع ماده خشک و نیتروژن در خوشه گندم زمستانه بیان کردند، که هم‌زمان با رشد خوشه در گندم محتوای کل نیتروژن خوشه و ماده خشک در آن افزایش می‌یابد، ولی از غلظت نیتروژن در سنبله کاسته می‌شود. Montemuro و

همکاران (۲۰۰٦) با مطالعه بر گندم نشان دادند که تجمع و انتقال مجدد نیتروژن از اندام‌های رویشی به دانه، منبع مهمی در تعیین عملکرد و کیفیت دانه می‌باشد. در گیاهان به ترتیب برگ‌ها، پوشینه‌ها، ساقه و غلاف مهم‌ترین منابع برای انتقال مجدد نیتروژن به دانه بودند.

انتقال مجدد نیتروژن به سمت دانه در طول دوره پر شدن دانه تحت تأثیر رقم، محیط، تاریخ کاشت، تراکم، کود و تنش آب قرار دارد که عوامل اصلی برای تعیین عملکرد دانه محسوب می‌شود. در ضمن، دوره رشد طولانی انتقال مجدد نیتروژن را تحت تأثیر قرار می‌دهد. زمانی که انتقال نیتروژن از اندام‌های رویشی به سمت دانه ضعیف باشد، میزان انتقال مجدد نیتروژن کاهش می‌یابد. به نظر می‌رسد ترتیکاله با توجه به برتری در ویژگی‌های مورفوفیزیولوژیکی و سطح برگ بالاتر، تشعشع بیشتری جذب نموده و با تولید مواد فتوسنتزی بیشتر نسبت به سایر غلات ترکیبات نیتروژن‌دار بیشتری در اندام‌های رویشی ذخیره کرده و توانایی بیشتری جهت انتقال نیتروژن از ساقه به سمت دانه داشته است. Gaju (۲۰۱۱) همسو با نتایج این آزمایش بیان نمود مقدار نیتروژن جذب شده در اندام‌های رویشی به خصوص در برگ‌ها با عملکرد دانه و نیتروژن دانه همبستگی مثبت و معنی‌داری داشت. Ntanos و Koutroubas (۲۰۰۲) بیان نمودند که عملکرد دانه با انتقال مجدد مواد فتوسنتزی و نیتروژن همبستگی مثبت و معنی‌داری داشتند. مطالعات مختلف گویای آن است که وجود ماده خشک و نیتروژن بیشتر در گیاه تا مرحله گرده افشانی باعث افزایش انتقال مجدد مواد فتوسنتزی و نیتروژن به دانه می‌گردد (Kazemi et al., 2008).

Masoni و همکاران (۲۰۰۷) همسو با نتایج این آزمایش، حداکثر انتقال مجدد ماده مواد فتوسنتزی را در گندم دوروم ۳۰ درصد و محدوده انتقال مجدد نیتروژن را ۷۳ الی ۸۲ درصد گزارش کردند. همچنین Pampana و همکاران (۲۰۰۷) بیان کردند که شرایط محیطی انتقال مجدد نیتروژن در گندم دوروم را تحت تأثیر قرار می‌دهد. متوسط سهم انتقال مجدد نیتروژن در گونه‌های غلات در نیتروژن دانه بالای ۵۰ درصد بود که مقدار قابل توجهی بود (جدول ۵). تجمع نیتروژن قبل از گلدهی قسمت اعظم نیتروژن دانه را در گندم فراهم می‌کند. در حدود ۵۰ تا ۹۵ درصد نیتروژن دانه در زمان برداشت، از انتقال مجدد نیتروژن ذخیره شده در ریشه و ساقه حاصل می‌شود (Khichar et al., 2007). همسو با این نتایج، Bakhshandeh و همکاران (۲۰۱۳) بیان نمودند که ۵۷ درصد از مقدار نیتروژن مورد نیاز برای رشد دانه از طریق انتقال مجدد نیتروژن از اندام‌های رویشی قبل از مرحله گرده افشانی و ۱۱ درصد آن از طریق جذب مستقیم نیتروژن از خاک یا انتقال مجدد نیتروژن پس از مرحله گرده‌افشانی تأمین شد. متوسط انتقال مجدد نیتروژن در بین اندام‌های مختلف ۷۲/۲ درصد می‌باشد. غلظت نیتروژن برگ‌ها و ساقه از زمان گرده افشانی تا رسیدگی فیزیولوژیک به ترتیب ۵۷ و ٥٤ درصد کاهش یافت.

نتایج نشان داد که یولاف زراعی با تعداد دانه بیشتر غلظت نیتروژن کمتری را به دانه اختصاص داد در حالی که تریتیکاله با توجه به تعداد دانه، پروتئین بیشتری را در خود جای داد. دوره رشد طولانی در یولاف زراعی تجمع کربوهیدرات و تجمع نیتروژن را در دانه تحت تأثیر قرار داد و این شرایط باعث تشکیل تعداد دانه بیشتر اما دانه‌های کوچک و کشیده شد. با توجه به این نکته که نیتروژن از جمله مهم‌ترین عناصر موثر در افزایش درصد نیتروژن دانه می‌باشد، به نظر می‌رسد که افزایش کاربرد کود نیتروژن تجمع این عنصر در دانه و هم‌چنین در اندام‌های هوایی غلات مورد مطالعه را افزایش داد. این وضعیت در

نهایت منجر به بهبود درصد پروتئین دانه‌ها شده است. همچنین کلیه غلات در بالاترین سطح کاربرد کود نیتروژن بیشترین درصد پروتئین دانه را دارا بودند. این نتایج مشابه با نتایج Garrido-Lestache و همکاران (۲۰۰۵) و Guarda و همکاران (۲۰۰٤) که گزارش دادند با افزایش کود نیتروژن غلظت پروتئین دانه نیز افزایش یافت. همچنین بر اساس یافته‌های Ortiz و همکاران (۲۰۰۲) کاهش پروتئین دانه با کارآیی بهره‌وری نیتروژن بالا مرتبط است. پروتئین غلات در دانه غلات به جذب نیتروژن موجود در خاک قبل از گلدهی و ادامه آن در زمان پر شدن دانه بستگی دارد (Ehdaie et al., 2007). نتایج Karimi-pashaki و همکاران (۲۰۱۳) در بررسی کاربرد سطوح مختلف نیتروژن بر عملکرد کمی و کیفی تریتیکاله نشان داد بیشترین متوسط پروتئین خام در تریتیکاله در ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار و ۱۷/۳۹ درصد به دست آمد. این صفت علاوه بر اینکه تحت تأثیر ژنوتیپ است متأثر از محیط نیز می‌باشد.

نتیجه‌گیری نهایی

نتایج این آزمایش نشان داد که در شرایط مطلوب نیتروژن در تمام غلات مورد مطالعه، کارایی مصرف نیتروژن افزایش یافت. از آن‌جایی که کارآیی مصرف نیتروژن متشکل از دو جزء کارآیی جذب نیتروژن و کارآیی بهره‌وری نیتروژن است درنتیجه، افزایش در کارآیی مصرف نیتروژن بیش‌تر به‌دلیل بهبود در کارآیی جذب نیتروژن می‌باشد. همچنین در تمام غلات در شرایط مطلوب نیتروژن درصد پروتئین و عملکرد دانه افزایش یافت که افزایش درصد پروتئین ناشی افزایش انتقال مجدد نیتروژن بود. از طرفی جو لخت نسبت به سایر غلات از کارایی مصرف نیتروژن بالاتری برخوردار بود.

References

Ahmad, S., Ali, H., Ismail, M., Nadeem, M., Anjam, M. A., Zia-ul-haq, Firdous, N. M. and Khan, M.A. (2012). Radiation and nitrogen use efficiency of c3 winter cereals to nitrogen spilt application. Pakistan Journal of Botany. 44(1): 139-149.

Ali, E. A. (2011). Impact of nitrogen application time on grain and protein yields as well as nitrogen use efficiency of some two-row barley cultivars in sandy soil. American-Eurasian Journal Agriculture and Environment Science. 10: 425-433.

Arregui, L.M. and Quemada, M. (2008). Strategies to improve nitrogen use efficiency in winter cereal crops under Rainfed conditions. Agronomy Journal. 100: 277-284.

Barraclough, P.B., Howartha, J.R., Jonesa, J., Lopez-Bellidob, R., Parmara, S., Shepherda, C.E. and Hawkesforda, M.J. 2010. Nitrogen efficiency of wheat: Genotypic and environmental variation and prospects for improvement. European Journal of Agronomy. 33: 1-11.

Brown, B. 2010. Nitrogen timing for boot stage triticale forage yield and phosphorus uptake. Western nutrient management conference. 8: 62-67.

Carrtero, R., Serrago, R.A., Bancal, M.O., Perello, A.E. and Miralles, D.J. 2010. Absorbed radiation and radiation use efficiency as effected by foliar diseases in relation to their vertical position into the canopy in wheat. Field Crop Research. 116: 184-195.

Chen, X. C., Zhang, J., Chen, Y.L., Li, Q., Chen, F.J., Yuan, L.X. and Mi, G.H. (2015). Changes in root size and distribution in relation to nitrogenaccumulation during maize breeding in China. Plant and Soil. 374: 121-130.

Cossani, C., Mariano Slafer, G.A. and Savin, R. (2012). Nitrogen and water use efficiencies of wheat and barley under a Mediterranean environment in Catalonia. Field Crops Research. 128:14, 109–118.

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.

Ehdaie, B., Shakiba, M. and Waines, J. (2007). Sowing date and nitrogen input impudence nitrogen-use efficiency in spring bread and durum wheat genotypes. Journal of Plant Nutrition. 24: 899–919.

Foulkes, M.J., Reynolds, M.P. and Sylvester-Bradley, R. (2009). Genetic improvement of grain crops: yield potential. In: Sadras, V.O., Calderini, D.F. (Eds.), Crop Physiology Applications for Genetic Improvement and Agronomy. Academic Press, Amsterdam, pp. 355–386.

Gaju, O., llard, V., Martre, P., Snape, J., Heumez, E., Le Gouis, J., Moreau, D., Bog-ard, Griffiths, S., Orford, S., Hubbart, S. and Foulkes, J. (2011). Identification of traits to improve N-use efficiency of wheat genotypes. Field Crops Research. 123: 139–152.

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.

Giambalow, D., Ruisi, P.G. and Di-Miccli, A. (2010). Nitrogen use efficiency and nitrogen fertilizer recovery of durum wheat genotypes as affected by inter specific competition. Agronomy Journal. 102 (2): 707- 715.

Giller, K.E. (2004). Emerging technologies to increase the efficiency of use of fertilizer nitrogen. In: A. R. Mosier, J. K. Syers and J.R. Freney (eds), Agriculture and the nitrogen Cycle. Scope 65. Island Press Washington DC pp. 35-51.

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: 141-142.

Helmek, P. A. and sparks, D. L. (1996). Lithum, sodium, potassium, rubidium, and cesium. Pp. 551-574. In: D.L. Sparkes. et al (eds). Method of soil analysis. Part 3. Chemical methods. Am. Soc. Agron. Soil Sci. Soc. Am. Madison. WI. 1246 p.

Hokmalipour, S. and Shiri-e-Janagard, M. (2010). Comparison of Agronomical Nitrogen Use Efficiency in Three Cultivars of Corn as Affected by Nitrogen Fertilizer Levels. World Applied Science Journal. 8(10): 1168-1174.

Huluka, G. and Miller, R. (2014). Particle size determination by hydrometer method. Southern Cooperative Series Bulletin, 419: 180-184.

Ju, C., Buresh, R.J., Wang, Z., Zhang, H., Liu, L., Yang, J. and Zhang, J. (2015). Root and shoot traits for rice varieties with higher grain yield and higher nitrogen use efficiency at lower nitrogen rates application. Field Crops Research. 175: 47-55

Karimi Pashaki, Sh., Mirhadi, M.J. Shahdi Komleh, A. and Rabiei, M. (2013). Investigating the application of different levels of nitrogen and phosphorus on morphological characteristics and quantitative and qualitative yield of triticale in Rasht. Crop Production under Environmental stress conditions. 4 (3): 13-25. (In Persian)

Kazemi, H., Pirdashti, H., Bahmanyar, M.A. and Nasiri, M. (2017). Evaluation of nitrogen transfer in rice cultivars (*Oryza sativa* L.) in different amounts of nitrogen fertilizer and surface distribution. Electronic Journal of Plant Production. 1: 1-16. (In Persian)

Khichar, M.L. and Niwas, R. (2006). Microclimatic profiles under different sowing environments in wheat. Journal of Agro-meteorology. 8: 201-209.

Kumudini, S., Hume, D.J. and Ghu, G. (2002). Genetic improvement in short-season soybeans: II. Nitrogen Accumulation, Remobilization, and Partitioning. Crop Science. 42: 141-145.

Lemon, J. (2007). Nitrogen management for wheat protein and yield in the Sperance port zone. Department of Agriculture and Food Publisher. 25 pp.

Li, P., Chen, F., Cai1, H., Liu, J., Pan, Q., Liu, Z., Gu, R., Mi, G., Zhang, F. and Yuan, L. (2015). A genetic relationship between nitrogen use efficiency and seedling root traits in maize as revealed by QTL analysis. Journal of Experimental Botany. 66 (20): 1-14

Lu, D., Lu, F., Pan, J., Cui, Z., Zou, C., Chen, X., He, M. and Wang, Z. (2015). The effects of cultivar and nitrogen management on wheat yield and nitrogen use efficiency in the North China Plain. Field Crops Research. 171: 157-167.

Madah Yazdi, V. (2016). Comparative physiology of growth and development and yield formation between wheat and chickpea. Master's thesis, Faculty of Agricultural Sciences, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources. 114 p. (In Persian)

Mainard, S.D. and Jeuffroy, M.H. (2001). Partitioning of dry matter and N to the spike throughout the spike growth period in wheat crops subjected to N deficiency. Field Crops Research. 70: 153-162.

Masoni, A., Ercoli, L., Mariotti, M. and Arduini, I. (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.

Montemuro, F., Maiorana, M., Ferri, D. and Convertini, G. (2006). Nitrogen indicators, uptake and utilization efficiency in a maize and barley rotation cropped at different levels and source of N fertilization. Field Crop Research. 99: 114-124.

Muurinen, S. and Peltonen-Sainio, P. (2006). Radiation use efficiency of modern and old spring cereal cultivars and its response to nitrogen in northern growing condition. Field Crops Research. 96: 363–373.

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: 441-449.

Ntanos, D.A. and Koutroubas, S.D. (2002). Dry matter and N accumulation and translocation for Indica and Japonica rice under Mediterranean conditions. Field Crops Research. 74: 93-101.

Ortiz, R., Nurminen, M., Madsen, S., Rognil, O.A. and Bjornstad, A. (2002). Genetic gains in Nordic spring barley breeding over sixty years. Euphytica. 126: 283-289.

Pampana, S., Mariotti, M., Ercoli, L. and Masoni, A. (2007). Remobilization of dry matter, nitrogen and phosphorus in durum wheat as affected by genotype and environment. Italian Journal of Agronomy. 3: 303-314.

Rafiq, M.A., Ali, A., Malik, M.A. and Hussain, M. (2010). Effect of fertilizer levels and plant densities on yield and protein contents of autumn planted maize. Pakistan Journal of Agricultural Science. 47: 201-208.

Rahimizadeh, M., Kashani, A., Zare-Feizabadi, A., Koocheki, A.R. and Nassiri-Mahallati, M. (2010). Nitrogen use efficiency of wheat as affected by preceding crop, application rate of nitrogen and crop residues. Australian Journal of Crop Science. 4(5): 363-368.

Soltani, A., Robertson, M.J. and Manschadi, A.M. (2006). Modeling chickpea growth and development: nitrogen accumulation and use. Field Crops Research, 99: 24-34.

Spiertz, J.H.J., Hamer, R.J., Xu, H., Primo-Martin, C., Don C. and Van der Putten, P.E.L. (2006). Heat stress in wheat (*Triticum Aestivum* L.): Effects on grain growth and quality traits. European Journal of Agronomy. 25(2): 89-95.

Subedi, K.D., Ma, B.L. and Smith, D.L. (2006). Response of a leafy and non-leafy maize hybrid to population densities and fertilizer nitrogen levels. Crop Science. 46: 1860-1869.

Tahir, I.S.A., Nakata, N., Ali, A.M., Mustafa, H.M., Saad, A.S.I., Takata, K., Ishikawa, N. and Abdalla, O.S. (2006). Genotypic and temperature effects on wheat grain yield and quality in a hot irrigated environment. Plant Breeding. 125(4): 323–330.

Walkley, A. and Black, L. A. (1934). An examination of degtareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid in soil analysis. L. Experimental. Soil Science, 79: 459- 465.

Zebarth B.J., and Milburn, P.H. (2003). Spatial and temporal distribution of soil inorganic nitrogen concentration in potato hills. Canadian Journal of Soil Science, 83:183–195