دانشگاه گنبد کاووس
نشریه "تحقیقات کاربردی اکوفیزیولوژی گیاهی"
دوره پنجم، شماره دوم، پاییز و زمستان ۹۷
http://arpe.gonbad.ac.ir

# اثر کاربرد کود اوره به‌صورت مایع و دانه‌ای بر صفات زراعی، انتقال مجدد مواد و فتوسنتزی جاری در گندم (*Triticum aestivum* L.) دیم

**مهدی باقرزاده[۱]، سید بهمن موسوی[۲]، ولی فیضی اصل[۳*]**
[۱]دانشجو کارشناسی ارشد گروه مهندسی و علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه مراغه
[۲]دانشیار گروه مهندسی و علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه مراغه
[۳]استادیار سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، موسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور، مراغه
تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۵/۴ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۱۱/۱۷

**چکیده**

**مقدمه:** امروزه استفاده از کودهای شیمیای علاوه‌بر شکل رایج آن‌ها (دانه‌ای) به‌صورت مایع نیز به‌دلیل مزیت‌های فراوان آن مورد استفاده قرار می‌گیرد. مصرف خاکی این نوع کودها همراه با آب آبیاری برای محصولات مختلف کشاورزی در زمان کاشت و یا مراحل مختلف رشد گیاه انجام می‌گیرد. مصرف کودهای مایع نیتروژنی همزمان با کاشت گندم دیم به‌منظور نفوذ کود در خاک و توزیع یکنواخت آن در بخش سطحی پروفیل خاک، بلافاصله بعد از مصرف، نیاز به بارندگی موثر (۲۵ میلی‌متر) و یا معادل آن آبیاری دارد. به‌منظور ارزیابی پاسخ گندم دیم به مصرف مقادیر مختلفی از اوره به‌صورت دانه‌ای و اوره مایع همراه با آب آبیاری از لحاظ عملکرد و صفات موثر بر عملکرد دانه و همچنین وضعیت انتقال مجدد مواد و فتوسنتز جاری گیاه که تعادل بین این دو ویژگی اخیر از لحاظ تولید در شرایط دیم از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است، پژوهش حاضر انجام گرفت.

*نویسنده مسئول: vfeiziasl@yahoo.com



[ Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2025-12-14 ]

**مواد و روش‌ها:** این آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی به‌صورت فاکتوریل با دو فاکتور الف) روش مصرف کود اوره (در سه سطح ۱- مصرف اوره به‌صورت دانه‌ای (جایگذاری در عمق ۷ الی ۹ سانتی‌متر زیر بذر) ۲- مصرف اوره به‌صورت مایع همراه با ۲۵ میلی‌متر آب و ۳- مصرف اوره به‌صورت مایع همراه با ۵۰ میلی‌متر آب) و ب) مقدار مصرف نیتروژن (در ۵ سطح ۰، ۳۰، ۶۰، ۹۰ و ۱۲۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار از منبع اوره) در سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳ در شهرستان ملکان به اجرا درآمد. گندم دیم رقم هُما به‌صورت ردیفی با تراکم ۳۵۰ دانه در مترمربع در عمق ۵ الی ۷ سانتی‌متری در پاییز کشت شد. هر کرت شامل ۱۲ ردیف با فاصله ردیف‌های ۱۷ سانتی‌متر بود. پس از رسیدگی محصول، عملکرد بیولوژیک، دانه و کاه و اجزای عملکرد و سایر صفات زراعی موثر بر عملکرد دانه و کارایی زراعی استفاده از نیتروژن اندازه‌گیری شدند. علاوه بر آن، در مراحل گرده‌افشانی و رسیدگی فیزیولوژیک صفات مربوط به انتقال مجدد مواد و فتوسنتز جاری گیاه تعیین شدند.

**نتایج:** نتایج نشان داد که روش مصرف اوره بر روی عملکرد، اجزای عملکرد، شاخص برداشت، ارتفاع گیاه، طول پدانکل، کارایی استفاده از نیتروژن، صفات مرتبط با کارایی انتقال مجدد مواد و کارایی فتوسنتز جاری اثر معنی‌داری داشت. اثر مقدار مصرف نیتروژن بر روی عملکرد، تعداد سنبله در واحد سطح، ارتفاع گیاه، طول پدانکل و کارایی استفاده از نیتروژن، صفات مرتبط با کارایی انتقال مجدد (به استثنای میزان انتقال) و فتوسنتز جاری معنی‌دار بود. مصرف اوره به‌صورت مایع همراه با ۵۰ میلی‌متر آب توانست عملکرد دانه، بیولوژیک و اجزای عملکرد را در مقایسه با مصرف دانه‌ای (جایگذاری) افزایش دهد. عملکرد دانه با مصرف مقادیر مختلف نیتروژن به صورت مایع همراه با ۵۰ میلی‌متر آب، بیش از سایر تیمارها توانست عملکرد دانه را بهبود ببخشد و این بیش‌تر به دلیل افزایش تعداد سنبله در واحد سطح بود. با افزایش عملکرد دانه، کارایی زراعی استفاده از نیتروژن به‌طور معنی‌داری از ۱۷/۹ کیلوگرم بر کیلوگرم برای تیمار ۳۰ کیلوگرم اوره در هکتار به ۲/۲ کیلوگرم بر کیلوگرم برای ۱۲۰ کیلوگرم اوره در هکتار کاهش یافت. همچنین کاربرد روش‌های مختلف مصرف نیتروژن اثر معنی‌داری بر کارایی استفاده از نیتروژن داشت و حداکثر این کارایی در روش جایگذاری دانه‌ای اوره و مایع به همراه ۲۵ میلی‌متر آب، حدود ۱۰/۵ کیلوگرم بر کیلوگرم بود. رابطه بین میزان نیتروژن مصرفی با صفات میزان، سهم و کارایی فتوسنتز جاری گیاه از نوع درجه دوم بود که بیش‌ترین این صفات به‌طور متوسط با مصرف ۶۳/۴ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به‌دست آمد. این مقدار دقیقا منطبق بر میزان نیتروژن مورد نیاز (۶۴ کیلوگرم در هکتار نیتروژن) برای دستیابی به حداکثر عملکرد بود. نیاز نیتروژنی گندم دیم برای دستیابی به ۹۰ درصد حداکثر عملکرد دانه، ۳۰ کیلوگرم در هکتار تعیین شد.

**نتیجه‌گیری:** مصرف اوره توانست عملکرد، اجزای عملکرد و کارایی فتوسنتز جاری گندم را بهبود ببخشد. در بین روش‌های مصرف اوره، مصرف اوره به‌صورت مایع همراه با ۵۰ میلی‌متر آب، بیش‌ترین عملکرد دانه و صفات مرتبط با عملکرد و همچنین صفات انتقال مجدد مواد و میزان فتوسنتز جاری را به خود اختصاص داد. افزایش عملکرد دانه در تیمارهای موفق بیش‌تر ناشی از افزایش مستقیم جزء تعداد سنبله در واحد سطح و همچنین اندام‌های ذخیره‌ای گیاه



[ Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2025-12-14 ]

بود. در مجموع تفاوت معنی‌داری بین دو روش مصرف دانه‌ای و مایع همراه با ۲۵ میلی‌متر آب در تامین نیتروژن مورد نیاز گندم دیم مشاهده نشد. بنابراین در موارد نیاز می‌توان ۲۵ میلی‌متر آب همزمان با کاشت برای گندم دیم مصرف نمود.

***واژه‌های کلیدی:*** انتقال مجدد مواد، اجزای عملکرد، روش مصرف اوره، فتوسنتز جاری

**مقدمه**

منابع اصلی کربن در گیاهان شامل فتوسنتز جاری برگ‌ها و سایر اندام‌های سبز نظیر ساقه، سنبله و همچنین انتقال مجدد مواد ذخیره شده در اندام‌های رویشی در مراحل قبل از گرده‌افشانی می‌باشد. در شرایط دیم و عدم آبیاری، کاهش فتوسنتز از طریق انتقال مجدد مواد ذخیره‌ای به‌دلیل افزایش فعالیت آنزیم‌های هیدرولیز کننده، جبران می‌شود. محدودیت سهم مواد پرورده جاری باعث افزایش سهم ذخایر ساقه در عملکرد دانه می‌شود که در گندم از حدود ۶ تا ۷۳ درصد متغیر بوده است. نکته حائز اهمیت اینکه در شرایط تنش رطوبتی فصل رشد، ذخایر ساقه از اهمیت زیادی برخوردار است، زیرا در مناطق مدیترانه‌ای دوره پر شدن دانه‌ها با شرایط گرم و خشک مصادف شده و در فتوسنتز جاری گندم اختلال ایجاد می‌شود (Davidson and Chevalier, 1992; Ebadi *et al*., 2007). از سوی دیگر، تنش نیتروژن مهمترین عامل محدودکننده تولید گندم دیم پس از تنش رطوبتی در مناطق خشک و نیمه‌خشک می‌باشد (Feiziasl *et al*., 2017) که مصرف بهینه نیتروژن در تعادل با آب قابل استفاده در خاک، باعث ایجاد تعادل نسبی بین اندام‌های هوایی به عنوان منبع فتوسنتز گیاه و ریشه گندم دیم می‌شود. تولید زیست توده ناشی از مصرف نیتروژن باعث افزایش انتقال مجدد مواد فتوسنتزی و باروری تعداد بیش‌تری دانه در سنبله و پر شدن بهتر آن‌ها پس از مرحله گلدهی گیاه می‌شود که این امر افزایش عملکرد دانه گندم دیم را به دنبال دارد (Feiziasl *et al*., 2014b).

با مصرف بهینه نیتروژن، سرعت رشد برگ‌ها افزایش یافته و برگ‌ها در زمان نسبتا کوتاه‌تری در مقایسه با شرایط عدم مصرف نیتروژن، رشد خود را تکمیل می‌نمایند و مواد فتوسنتزی مازاد بر نیاز خود را ذخیره کرده و بعد از گرده افشانی به دانه انتقال می‌دهد. در سطوح پائین مصرف نیتروژن، مواد فتوسنتزی که قبل از مرحله گلدهی در اندام‌های رویشی گیاه ذخیره می‌شوند، ممکن است تا بیش از ۴۰ درصد مواد نشاسته‌ای دانه را پس از تشکیل اندام زایشی تشکیل دهند. در حالی که در سطوح بالای مصرف نیتروژن، انتقال مجدد به کم‌تر از ۱۰ درصد می‌رسد (Seyed sharifi *et al*., 2018). در عمل نیز بین نیتروژن

[ Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2025-12-14 ]

مصرفی و عملکرد گندم دیم همبستگی بالایی مشاهده می‌شود، چون این عنصر وظایف متعددی را در فرآیندهای حیاتی گیاه انجام می‌دهد. به‌طور کلی اجزای عملکرد گندم تحت تأثیر مستقیم نیتروژن به عنوان یکی از مهمترین عوامل محیطی قرار دارد (Feiziasl *et al*., 2014a; Hatfield and Prueger, 2015).

علاوه‌بر اهمیت میزان مصرف نیتروژن برای گندم دیم، زمان و روش مصرف نیتروژن در مناطق مختلف براساس شرایط اقلیمی، نوع رقم، بافت خاک و میزان آب قابل استفاده در خاک، یکی از مهم‌ترین مباحث در مدیریت این عنصر برای گندم دیم می‌باشد. به‌طوری که پژوهشگران عرصه دیم، مصرف پائیزی نیتروژن را در خاک‌های دارای بافت سنگین و نیمه سنگین در مناطق سرد و نیمه سرد شمال‌غرب ایران برای گندم دیم توصیه نموده‌اند (Abdollahi Gharakand *et al*., 2012; Feiziasl and Pourmohammad, 2014; Feiziasl *et al*., 2017). در حالی که برخی دیگر، مصرف تقسیطی این کودها را در شرایط اقلیمی معتدل و گرم به‌ویژه در مناطقی با بارندگی‌های بهاری فراوان برای غلات دیم مناسب تشخیص داده‌اند (Laegreid *et al*., 1999; Lopez-Bellido *et al*., 2006).

در خصوص روش مصرف کودهای نیتروژنی برای گندم دیم، اگرچه مصرف آن به‌صورت جایگذاری در عمق ۷ الی ۹ سانتی‌متری زیر بستر بذر، یکی از روش‌های کارآمد در مقایسه با پخش سطحی این کودها شناخته شده است (Sturm *et al*., 2010)؛ اما برخی معتقدند که کودهای نیتروژنی را می‌توان به‌صورت مایع نیز در مراحل مختلف کاشت و رشد گیاه در داخل ردیف‌های کاشت مصرف نمود (Arnall *et al*., 2012; Needham and Technologies, 2016). در بسیاری از مطالعات اختلاف معنی‌داری بین کودهای نیتروژنی مایع و جامد از لحاظ کارآیی استفاده از کود مشاهده نشده است (Johnson, 1999; Silva, 2016). برخی گزارش کرده‌اند که در کودهای نیتروژنی مایع به‌دلیل تلفات معنی‌دار نیتروژن به‌صورت آمونیاک، کاهش کارایی استفاده از نیتروژن نیز به‌عنوان حقیقتی غیرقابل انکار پذیرفته شده است (Mosaic Company, 2013). این در حالی است که نتایج برخی دیگر از پژوهش‌های انجام گرفته نشان می‌دهد، استفاده از کودهای مایع در تولید کمی و کیفی محصول و همچنین سازگاری بیش‌تر آن‌ها با محیط زیست به‌دلیل قابلیت دسترسی و جذب کارآمد این کودها توسط گیاه موثر واقع شده است. این گروه معتقدند در مطالعات استفاده از کودهای نیتروژنی به‌صورت مایع، کارآیی استفاده از کود افزایش یافته است (Gooding *et al*., 1992; Holloway *et al*., 2001; Lombi *et al*., 2004). در یک آزمایش بلند مدت که در ایالت اوکلاهمای آمریکا به‌مدت ۸ سال و در ۱۰ مکان انجام گرفت، مصرف کودهای نیتروژنی به‌صورت مایع در



[ Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2025-12-14 ]

۱۹ درصد موجب افزایش کارآیی استفاده از کود در مقایسه با کودهای جامد دانه‌ای در گندم زمستانه شد. همچنین این آزمایش، مصرف کودهای نیتروژنی به‌صورت مایع از لحاظ اقتصادی نیز در مقایسه با کودهای جامد مقرون به صرفه بود (McLaughlin *et al*., 2011). لیکام (Leikam, 2015) نیز گزارش نمود، کاربرد کودهای شیمیایی به‌صورت مایع برای ذرت و غلات دانه‌ریز موفقیت‌آمیز بود. بر این اساس، در ۴۰ سال منتهی به سال ۲۰۰۷، مقدار مصرف کودهای جامد در کشورهایی نظیر آمریکا، کانادا، مکزیک و استرالیا از ۸۲ درصد به ۶۲ درصد تقلیل و مصرف کودهای مایع از ۱۱ درصد به ۳۱ درصد افزایش یافته است.

از دلایل دیگر کارآمدی کودهای مایع در مقایسه با کودهای جامد دانه‌ای، علاوه‌بر امکان استفاده آن‌ها به‌صورت محلول‌پاشی بر روی اندام‌های هوایی گیاه، توزیع یکنواخت آن‌ها در بخش سطحی پروفیل خاک در مصرف خاکی می‌باشد (Edwards *et al*., 2004; Jones *et al*., 2007). به همین دلیل است که پژوهشگران، اغلب در آزمایش‌های مزرعه‌ای مربوط به کودهای نشاندار به‌دلیل مشکلات توزیع یکنواخت مقادیر اندک این کودها در سطح خاک و یا به‌صورت جایگذاری و همچنین کاهش میزان تلفات این کودهای گران‌قیمت، به‌ناچار آن‌ها را حتی در شرایط دیم همزمان با کاشت به‌صورت مایع در بین ردیف‌های کاشت مصرف می‌نمایند و جهت توزیع یکنواخت این کودها در عمق معینی از پروفیل خاک، اقدام به انجام حداکثر تا ۲۵ میلی‌متر آبیاری (معادل با بارندگی موثر برای گندم دیم) می‌نمایند (Talliee and Bahramy, 2003; Walsh and Christiaens, 2016; Feiziasl *et al*., 2017). اگرچه برخی معتقدند، بارندگی‌های کم‌تر از ۲۰ الی ۲۵ میلی‌متر برای گندم دیم، جزء بارندگی‌های موثر محسوب نمی‌شود و حتی انجام آبیاری برای اهداف ویژه تا مقادیر ۲۵ میلی‌متر در شرایط دیم موجب تغییر شرایط کشت از دیم به آبیاری تکمیلی (مناسب‌ترین میزان برای گندم دیم ۵۰ میلی‌متر همزمان با کاشت) نمی‌گردد (Evans *et al*., 1975; Austin, 1987; Tavakoli *et al*., 2010)؛ اما برخی اثرات این نوع روش مصرف کودهای نیتروژنی (به‌صورت مایع) به‌ویژه نیتروژن نشاندار را برای گندم دیم، بیش‌تر ناشی از اثرات ۲۰ الی ۲۵ میلی‌متر آب همراه با کود برای توزیع و همگن نمودن آن در بخش سطحی خاک می‌دانند، لذا به‌منظور ارزیابی پاسخ گندم دیم به مقادیر مختلف اوره به‌صورت دانه‌ای و مایع (همراه با مقادیر مختلف آب) از لحاظ عملکرد دانه و صفات گیاهی موثر بر عملکرد و همچنین وضعیت انتقال مجدد مواد و فتوسنتز جاری، این آزمایش به اجرا درآمد.

[ Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2025-12-14 ]

## مواد و روش‌ها

به منظور بررسی اثرات مصرف اوره به صورت مایع و دانه‌ای بر پاسخ گندم دیم، پژوهشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی (RCBD) به‌صورت فاکتوریل با دو فاکتور الف) روش مصرف کود اوره در سه سطح ۱) مصرف اوره به‌صورت دانه‌ای (جایگذاری) ۲) مصرف اوره به صورت مایع همراه با ۲۵ میلی‌متر آب و ۳) مصرف اوره به صورت مایع همراه با ۵۰ میلی‌متر آب، و ب) مقدار مصرف نیتروژن در ۵ سطح ۰، ۳۰، ۶۰، ۹۰ و ۱۲۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار از منبع اوره در سه تکرار (فاصله بین کرت‌ها ۲ متر و بین تکرارها ۳ متر)، در سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳ در مزرعه‌ای واقع در شهرستان ملکان استان آذربایجان‌شرقی به اجرا درآمد. لازم به‌ذکر است که میزان ۲۵ میلی‌متر آب مصرفی همراه با اوره مایع در سطح دوم فاکتور اول، میزان بارندگی موثر بر گندم دیم (Talliee and Bahramy, 2003) و میزان ۵۰ میلی‌متر آب در این فاکتور، اقتصادی‌ترین میزان آب مورد نیاز برای آبیاری تکمیلی همزمان با کاشت در مهرماه برای گندم دیم در منطقه مورد بررسی می‌باشد (Tavakoli *et al*., 2010).

خاک منطقه، جزء رده اینسپتی‌سول و دارای رژیم رطوبتی اریدیک و رژیم حرارتی مزیک می‌باشد (Banaei, 1998). به‌منظور ارزیابی وضعیت عمومی مزرعه و مصرف سایر عناصر کودی، نمونه خاکی به روش مرکب از دو عمق ۰-۲۰ و ۲۰-۴۰ سانتی‌متری تهیه و مقادیر آهن، منگنز، روی و مس در آن‌ها به روش DTPA، فسفر به روش اولسن، پتاسیم به روش استات آمونیوم، کربن آلی به روش واکلی-بلک، آهک به روش تیتراسیون با HCl، قابلیت هدایت الکتریکی با EC متر، pH با pH متر و بافت خاک به روش هیدرومتری اندازه‌گیری شد (Ali Ehyaei, 1999). خاک محل اجرای آزمایش (جدول ۱) دارای بافت لوم شنی، کربن آلی کم ( کم‌تر از ۰/۸ درصد) و بدون محدودیت شوری و قلیائیت است. میزان فسفر و پتاسیم قابل استفاده در خاک بیش از حد بحرانی گزارش شده برای این عناصر (فسفر ۱۰ و پتاسیم ۲۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم) برای گندم دیم در شمال‌غرب کشور در لایه سطحی بود ( Malakouti and Gheybi, 1997; Feiziasl *et al*., 2004). در حالی‌که میزان عناصر کم مصرف آهن، منگنز، روی و مس کم‌تر از حد بحرانی این عناصر (آهن ۵، منگنز ۱۱، روی ۰/۷ و مس ۱/۴ میلی‌گرم در کیلوگرم) بود (Feiziasl *et al*., 2009).

آمار ایستگاه هواشناسی ملکان نشان داد که در سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳، در مجموع ۳۲۸/۴ میلی‌متر بارندگی رخ داد که از این مقدار ۶۴، ۱۴، ۲۱ و ۱ درصد آن به‌ترتیب در فصول پائیز، زمستان، بهار و تابستان بود که نسبت به بلند مدت حدود ۴۴ میلی‌متر بیش‌تر بود (جدول ۲).



[ Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2025-12-14 ]

جدول ۱- ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی خاک قبل از کاشت در عمق‌های مختلف

Table 1- Soil physical and chemical characteristics before sowing in different soil depth

| عمق Depth (cm) | واکنش خاک pH | هدایت الکتریکی EC (dS/m) | کربنات کلسیم $CaCO_3$ (%) | کربن آلی OC (%) | بافت خاک Soil texture | فسفر P | پتاسیم K | آهن Fe | منگنز Mn | روی Zn | مس Cu |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | (mg/kg) | | | | | |
| 0-20 | 7.5 | 4.1 | 18.2 | 0.3 | Sandy loam | 15.3 | 300 | 1.6 | 5.3 | 0.6 | 0.7 |
| 20-40 | 7.0 | 3.9 | 17.9 | 0.4 | Sandy loam | 15.5 | 312 | 1.4 | 5.7 | 0.7 | 0.7 |

جدول ۲- آمار هواشناسی ایستگاه ملکان در سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳ و بلند مدت

Table 2- Malekan station climate data in cropping year 2014-2015 and long term

| سال Year | رطوبت نسبی هو Relative humidity (%) | میزان بارش Rainfall (mm) | متوسط دما Mean T. (°C) | متوسط حداقل دما Mean Min. T. (°C) | متوسط حداکثر دما Mean Max. T. (°C) | تبخیر Evaporation (mm) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 2014-2015 | 48.6 | 328.4 | 10 | 7.3 | 21 | 144.5 |
| Long term | 51.3 | 283.9 | 14 | 7 | 21.3 | 204.7 |

T: Temperature

[ Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2025-12-14 ]

گندم دیم رقم هُما به‌صورت ردیفی با تراکم ۳۵۰ دانه در مترمربع در عمق ۵ الی ۷ سانتی‌متری در پاییز کشت شد. هر کرت شامل ۱۲ ردیف با فاصله ردیف‌های ۱۷ سانتی‌متر بود. در تیمارهای روش مصرف نیتروژن، استفاده از کود اوره یا به‌صورت جایگذاری زیر بستر بذر (۷ الی ۹ سانتی‌متر) و یا به‌صورت مایع همراه با مقادیر مختلف آب بود که در روش مایع، اوره مایع مربوط به هر تیمار آزمایشی با دو عمق آب آبیاری به ترتیب ۲۵ و ۵۰ میلی‌متر (به ترتیب معادل با ۰/۳۰۶ و ۰/۶۱۲ مترمکعب در کرت) در زمان کاشت در پاییز با استفاده از آبپاش مصرف شد.

در این پژوهش علاوه‌بر صفات گیاهی شامل عملکرد بیولوژیک، دانه و کاه و اجزای عملکرد، ارتفاع گیاه، طول سنبله، طول پدانکل، طول پنالتی‌میت، طول سایر میان‌گره‌ها، کارایی زراعی استفاده از نیتروژن (Dobermann, 2007)، صفات مربوط به انتقال مجدد مواد و فتوسنتز جاری گیاه نیز اندازه‌گیری شد. برای این منظور، در مراحل گرده‌افشانی (ZGS64) و رسیدگی فیزیولوژیک (ZGS87) گندم مطابق کدبندی زادوکس و همکاران (Zadoks *et al*., 1974)، تعداد ۲۰ بوته از هر کرت آزمایشی به‌طور تصادفی انتخاب شد. نمونه‌های گیاهی به‌مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد در آون قرار داده شدند و سپس با ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۱ گرم توزین گردیدند. کارایی زراعی استفاده از نیتروژن و صفات مربوط به انتقال مجدد مواد و فتوسنتز جاری با استفاده از روابط زیر محاسبه شدند (Papakosta and Gayians, 1991; Majdam *et al*., 2010):

= کارایی زراعی استفاده از نیتروژن (کیلوگرم بر کیلوگرم)
نیتروژن مصرفی به‌صورت کود / (عملکرد در تیمار بدون مصرف نیتروژن – عملکرد در تیمار مصرف نیتروژن)

= میزان انتقال مجدد ماده خشک (گرم بر گرم)
میزان ماده خشک در مرحله رسیدگی (بدون دانه) – میزان ماده خشک گیاهی در مرحله گرده افشانی

۱۰۰× میزان ماده خشک گیاهی در مرحله گرده افشانی/ میزان انتقال مجدد ماده خشک = کارایی انتقال مجدد (درصد)

۱۰۰× عملکرد دانه/ میزان انتقال مجدد = سهم انتقال مجدد (درصد)

میزان انتقال مجدد – عملکرد دانه = میزان فتوسنتز جاری (گرم بر گرم)

۱۰۰× میزان ماده خشک گیاهی در مرحله گرده افشانی/ میزان فتوسنتز جاری = کارایی فتوسنتز جاری (درصد)

سهم انتقال مجدد - ۱۰۰ = سهم فتوسنتز جاری (درصد)



[ Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2025-12-14 ]

داده‌های به‌دست آمده از آزمایش با استفاده از نرم‌افزار GenStat12 تجزیه واریانس شد و میانگین‌های حاصل از طریق آزمون چند دامنه‌ای دانکن مورد مقایسه قرار گرفت. نمودارها با استفاده از نرم‌افزار Excel ترسیم شد.

## نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۳) نشان داد که، روش مصرف نیتروژن بر تعداد دانه در سنبله، شاخص برداشت در سطح احتمال پنج درصد و بر عملکرد بیولوژیک، دانه و کاه، وزن هزاردانه، تعداد سنبله در واحد سطح، ارتفاع گیاه، طول پدانکل، طول پنالتی‌میت، طول سایر میان‌گره‌ها و کارایی استفاده از نیتروژن در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد. اثر مقادیر مصرف نیتروژن بر ارتفاع گیاه در سطح احتمال پنج درصد و بر عملکرد بیولوژیک، دانه و کاه، طول پدانکل و کارایی مصرف نیتروژن در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. اثرات متقابل روش مصرف نیتروژن در میزان نیتروژن بر هیچکدام از صفات مورد بررسی معنی‌دار نشد. بیش‌ترین ضریب تغییرات با ۱۷/۹ درصد مربوط به عملکرد کاه و کم‌ترین آن با ۴/۹ درصد به عملکرد دانه اختصاص داشت که نشان از دقت برآورد بالا و اولویت تصمیم‌گیری بر اساس صفت اخیر دارد.

جدول ۳- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر تیمارها بر عملکرد، اجزای عملکرد و سایر صفات گیاهی

Table 3- Analysis of variance (MS) the effect of treatments on yield and yield components

| منبع تغییرات S.O.V. | درجه آزادی DF | عملکرد بیولوژیک Biological yield | عملکرد دانه Gain yield | عملکرد کاه Straw yield | وزن هزار دانه T.K.W |
|---|---|---|---|---|---|
| Replication | 1 | $394842^{ns}$ | $21961^{ns}$ | $603040^{ns}$ | $11.05^{ns}$ |
| AM[1] | 2 | $3412566^{**}$ | $67072^{**}$ | $2544660^{**}$ | $80.14^{**}$ |
| Nitrogen | 4 | $5015516^{**}$ | $477122^{**}$ | $2412280^{**}$ | $10.63^{ns}$ |
| AM × Nitrogen | 8 | $50741^{ns}$ | $6036^{ns}$ | $75325^{ns}$ | $3.31^{ns}$ |
| Error | 14 | 329921 | 5864 | 275078 | 6.78 |
| CV (%) | - | 12.7 | 4.9 | 17.9 | 8.5 |

ns، * و **: به‌ترتیب عدم وجود اختلاف معنی‌دار و اختلاف معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد.

ns, * and **: non-significant difference, significant difference at the level of five and one percent probability, respectively.

1) Application method = روش مصرف

[ Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2025-12-14 ]

ادامه جدول ۳- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر تیمارها بر عملکرد، اجزای عملکرد و سایر صفات گیاهی

Table 3- Analysis of variance (MS) the effect of treatments on yield and yield components

| منبع تغییرات S.O.V. | درجه آزادی DF | تعداد سنبله در واحد سطح No. spike/m$^2$ | تعداد دانه در سنبله No. seed/spike | شاخص برداشت Harvest index | کارایی مصرف نیتروژن N use efficiency |
|---|---|---|---|---|---|
| Replication | 1 | 45$^{ns}$ | 1.647$^{ns}$ | 0.005678$^{ns}$ | 13.4$^{ns}$ |
| AM[1] | 2 | 43700$^{**}$ | 14.421$^{*}$ | 0.006826* | 25.2$^{**}$ |
| Nitrogen | 4 | 8816$^{**}$ | 3.398$^{ns}$ | 0.000961$^{ns}$ | 291.7$^{**}$ |
| AM × Nitrogen | 8 | 2537$^{ns}$ | 3.276$^{ns}$ | 0.000627$^{ns}$ | 4.6$^{ns}$ |
| Error | 14 | 1142 | 2.423 | 0.001703 | 1.8 |
| CV (%) | - | 6.4 | 10.3 | 11.6 | 14.0 |

ns، * و **: به‌ترتیب عدم وجود اختلاف معنی‌دار و اختلاف معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد.

ns, * and **: non-significant difference, significant difference at the level of five and one percent probability, respectively.

ادامه جدول ۳- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر تیمارها بر عملکرد، اجزای عملکرد و سایر صفات گیاهی

Table 3- Analysis of variance (MS) the effect of treatments on yield and yield components

| منبع تغییرات S.O.V. | درجه آزادی DF | ارتفاع بوته Plant height | طول سنبله Spike length | طول پدانکل Peduncle length | طول پنالتی‌میت Penultimate length | طول سایر گره‌ها Length of other nodes |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Replication | 1 | 12.1$^{ns}$ | 1.07$^{ns}$ | 5.1$^{ns}$ | 0.9$^{ns}$ | 1.4$^{ns}$ |
| AM[1] | 2 | 417.8$^{**}$ | 1.03$^{ns}$ | 60.5$^{**}$ | 20.4$^{**}$ | 83.6$^{**}$ |
| Nitrogen | 4 | 38.1$^{*}$ | 0.66 $^{ns}$ | 21.7$^{**}$ | 2.5$^{ns}$ | 4.1$^{ns}$ |
| AM × Nitrogen | 8 | 15.5$^{ns}$ | 1.20$^{ns}$ | 3.9$^{ns}$ | 1.1$^{ns}$ | 3.8$^{ns}$ |
| Error | 14 | 11.0 | 0.84 | 2.8 | 1.0 | 1.5 |
| CV (%) | - | 5.2 | 13.0 | 8.5 | 7.3 | 5.2 |

ns، * و **: به‌ترتیب عدم وجود اختلاف معنی‌دار و اختلاف معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد.

ns, * and **: non-significant difference, significant difference at the level of five and one percent probability, respectively.



[ Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2025-12-14 ]

مصرف اوره مایع همراه با ۵۰ میلی‌متر آب، عملکرد بیولوژیک، دانه و کاه را در مقایسه با دو تیمار دیگر به‌ترتیب ۲۴ (۹۹۷ کیلوگرم در هکتار)، ۸/۵ (۱۳۲ کیلوگرم در هکتار) و ۳۳ (۸۶۶ کیلوگرم در هکتار) درصد افزایش داد. اوره مایع همراه با ۲۵ میلی‌متر آب و جایگذاری از لحاظ آماری مشترکاً در سطح بعدی (کلاس B) قرار گرفتند. این موضوع نشان می‌دهد، اگرچه مصرف اوره مایع با ۲۵ میلی‌متر آب، عملکرد دانه را در مقایسه با تیمار جایگذاری ۶۱ کیلوگرم در هکتار (۴ درصد) بهبود بخشید؛ اما این افزایش از لحاظ آماری معنی‌داری نبود. این در حالی است که مصرف ۵۰ میلی‌متر آب توانست عملکرد دانه را به میزان ۱۶۲ کیلوگرم در هکتار (۱۱ درصد) افزایش دهد و شرایط متفاوتی را نسبت به روش جایگذاری اوره (بدون مصرف آب) ایجاد نماید (جدول ۴).

لیکام (Leikam, 2015) نیز مطرح نمود، کاربرد کودهای نیتروژنی به صورت مایع عملکرد ذرت و غلات دانه‌ریز را بیش‌تر از سایر گیاهان بهبود بخشید که با نتایج به‌دست آمده از تیمار مصرف اوره مایع همراه با ۵۰ میلی‌متر آب همخوانی دارد. اگرچه وزن هزاردانه در تیمار اوره مایع همراه با ۵۰ میلی‌متر آب، ۱۷درصد در مقایسه با تیمار جایگذاری نیتروژن کاهش یافت؛ اما تعداد سنبله در واحد سطح و تعداد دانه در سنبله به‌عنوان دو جزء دیگر از اجزای عملکرد دانه به‌ترتیب ۲۸ و ۱۴درصد در این تیمار افزایش داشت. همچنین ارتفاع گیاه، طول پدانکل، طول پنالتی‌میت و طول سایر میان‌گره‌ها نیز در این تیمار به‌ترتیب ۲۲، ۲۸، ۲۴ و ۲۴/۲ درصد افزایش داشتند که این نشان می‌دهد، افزایش عملکرد دانه در تیمار اوره مایع با ۵۰ میلی‌متر آب، بیش‌تر ناشی از افزایش جزء تعداد سنبله در واحد سطح بوده است، چون در تیمار اوره مایع با ۲۵ میلی‌متر آب، جزء تعداد دانه در سنبله (همچنین طول سنبله) و وزن هزاردانه در مقایسه با روش جایگذاری نیتروژن افزایش نیافت؛ اما عملکرد این تیمار ۶۰ کیلوگرم در هکتار افزایش داشت که ناشی از افزایش جزء تعداد سنبله در واحد سطح بود (جدول ۴).

افزایش معنی‌دار طول پدانکل و طول پنالتی‌میت در این تیمار می‌تواند معیاری از افزایش مقاومت به تنش آبی از طریق اعمال نقش در سیستم انتقال مجدد (Rahman *et al*., 2016) و افزایش ارتفاع گیاه نیز معیار افزایش پوشش سبز گیاه و ظرفیت اندام‌های فتوسنتزکننده آن باشد (Parry *et al*., 2010). این ویژگی‌ها می‌تواند دلیل متفاوت بودن تیمار اوره مایع با ۵۰ میلی‌متر آب را با شرایط دیم و همچنین اوره مایع با ۲۵ میلی‌متر آب توجیه نماید. با این حال، مصرف اوره مایع با ۲۵ میلی‌متر آب نمی‌تواند شرایط دیم را برای گندم به آبی و یا آبیاری تکمیلی تبدیل نماید که این یکی از یافته‌های مهم و کاربردی پژوهش حاضر بوده و با نتایج ایوان و همکاران (Evans *et al*., 1975) و آستین (Austin, 1987) مطابقت دارد،

[ Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2025-12-14 ]

چون آن‌ها معتقدند در صورت نیاز و به‌منظور اجرایی نمودن اهدافی خاص، انجام عملیات آبیاری تا ۲۵ میلی‌متر، منجر به تبدیل شرایط دیم به آبی نخواهد شد.

مصرف نیتروژن عملکرد بیولوژیک، دانه و کاه را به‌صورت معنی‌داری افزایش داد. مصرف هر کیلوگرم نیتروژن در هکتار توانست عملکرد دانه را به‌طور متوسط ۷ کیلوگرم در هکتار افزایش دهد، مجموع متوسط این افزایش در تیمارهای نیتروژنی نسبت به تیمار شاهد ۵۱۲ کیلوگرم در هکتار بود (جدول ۴). رابطه بین مقادیر نیتروژن مصرفی با عملکرد دانه برای تیمار جایگذاری (شرایط دیم) نشان داد، بیش‌ترین این صفت از مصرف ۶۴ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به‌دست آمد. مطابق این رابطه، نیاز نیتروژنی گندم دیم برای دستیابی به ۹۰ درصد حداکثر عملکرد دانه، ۳۰ کیلوگرم در هکتار از منبع اوره تعیین گردید که با مصرف این مقدار نیتروژن، عملکرد ۱۶۱۳ کیلوگرم در هکتار برای گندم دیم قابل حصول است. برای تیمارهای اوره مایع با ۲۵ و ۵۰ میلی‌متر آب، حداکثر عملکرد دانه به‌ترتیب از مصرف ۶۵ و ۶۸ کیلوگرم نیتروژن در هکتار با عملکرد دانه به‌ترتیب ۱۶۹۰ و ۱۷۲۹ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد.

جدول ۴- مقایسه میانگین عملکرد، اجزای عملکرد و سایر صفات گیاهی در روش‌های مصرف نیتروژن

Table 4- Mean effect of nitrogen application methods on yield and yield components

| روش مصرف<br>Application method | عملکرد بیولوژیک<br>Biological yield | عملکرد دانه<br>Gain yield | عملکرد کاه<br>Straw yield | وزن هزار دانه<br>T.K.W. (g) |
|---|---|---|---|---|
| | (kg/ha) | | | |
| Placement | 4076.7 b | 1499.2 b | 2577.5 b | 33.3 a |
| Urea+25 mm $H_2O$ | 4270.7 b | 1560.1 b | 2710.6 b | 31.1 a |
| Urea+50 mm $H_2O$ | 5171.5 a | 1661.4 a | 3510.1 a | 27.7 b |
| LSD (5%) | 550.9 | 73.5 | 503.1 | 2.49 |

میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حرف مشترک می‌باشند، براساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

Means in each column fallowed by similar letters are not significantly different at the %5 probability level (LSD Test).



[ Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2025-12-14 ]

ادامه جدول ۴- مقایسه میانگین عملکرد، اجزای عملکرد و سایر صفات گیاهی در روش‌های مصرف نیتروژن

Table 4- Mean effect of nitrogen application methods on yield and yield components

| روش مصرف<br>Application method | تعداد سنبله در واحد سطح<br>No. spike/$m^2$ | تعداد دانه در سنبله<br>No. seed/spike | شاخص برداشت<br>Harvest index | کارایی مصرف نیتروژن<br>N use efficiency (kg/kg) |
|---|---|---|---|---|
| Placement | 464.1 c | 14.5 b | 0.37 a | 10.4 a |
| Urea+25 mm $H_2O$ | 522.2 b | 14.3 b | 0.37 a | 10.7 a |
| Urea+50 mm $H_2O$ | 594.8 a | 16.5 a | 0.33 b | 7.5 b |
| LSD (5%) | 15.11 | 1.49 | 0.03 | 1.46 |

میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حرف مشترک می‌باشند، براساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

Means in each column fallowed by similar letters are not significantly different at the %5 probability level (LSD Test).

ادامه جدول ۴- مقایسه میانگین عملکرد، اجزای عملکرد و سایر صفات گیاهی در روش‌های مصرف نیتروژن

Table 4- Mean effect of nitrogen application methods on yield and yield components

| روش مصرف<br>Application method | ارتفاع بوته<br>Plant height | طول سنبله<br>Spike length | طول پدانکل<br>Peduncle length | طول پنالتی‌میت<br>Penultimate length | طول سایر گره‌ها<br>Length of other nodes |
|---|---|---|---|---|---|
| | (cm) | | | | |
| Placement | 58.1 c | 6.7 a | 17.4 c | 12.1c | 21.5b |
| Urea+25 mm $H_2O$ | 62.6 b | 7.1 a | 20.0 b | 13.5b | 22.0b |
| Urea+50 mm $H_2O$ | 70.9 a | 7.3 a | 22.3 a | 15.0a | 26.7a |
| LSD (5%) | 3.17 | 0.87 | 1.61 | 0.94 | 1.17 |

میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حرف مشترک می‌باشند، براساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

Means in each column fallowed by similar letters are not significantly different at the %5 probability level (LSD Test).

[ Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2025-12-14 ]

نیاز نیتروژنی گندم برای دستیابی به ۹۰ درصد حداکثر عملکرد دانه، برای این دو تیمار (با متوسط توجیه ۹۷ درصد) به‌ترتیب ۳۱ و ۳۳ کیلوگرم در هکتار می‌باشد که نسبت به تیمار جایگذاری به‌ترتیب افزایش ۷۷ و ۱۱۶ کیلوگرم در هکتار عملکرد دانه را در پی داشت (شکل ۱الف). رایان و همکارن (Ryan *et al*., 1997) طی پژوهشی تاثیر سطوح مختلف نیتروژن بر عملکرد و اجزای عمکرد دانه را در گندم بررسی و گزارش کردند که رابطه بین مصرف نیتروژن با عملکرد دانه گندم از نوع درجه دوم است، به‌طوری که تا سطح ۹۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار عملکرد دانه افزایش یافت. این نتایج با نتایج پژوهش حاضر در خصوص تاثیر مثبت نیتروژن بر عملکرد دانه و درجه دوم بودن رابطه نیتروژن مصرفی با عملکرد دانه مطابقت دارد. ارکولی و همکاران (Ercoli *et al*., 2008) نیز افزایش عملکرد دانه را با مصرف نیتروژن در گندم گزارش کرده و بیان داشتند که احتمالاً تاثیر نیتروژن در افزایش شاخص سطح برگ، سایه‌انداز گیاهی و در نتیجه افزایش میزان دریافت تابش نور خورشید و افزایش فتوسنتز خالص گیاه بوده که این امر باعث فعال شدن مکانیسم انتقال مجدد مواد فتوسنتزی به دانه و باروری تعداد بیش‌تری دانه در سنبله و پر شدن آن‌ها می‌شود (Shanggan *et al*., 2000).

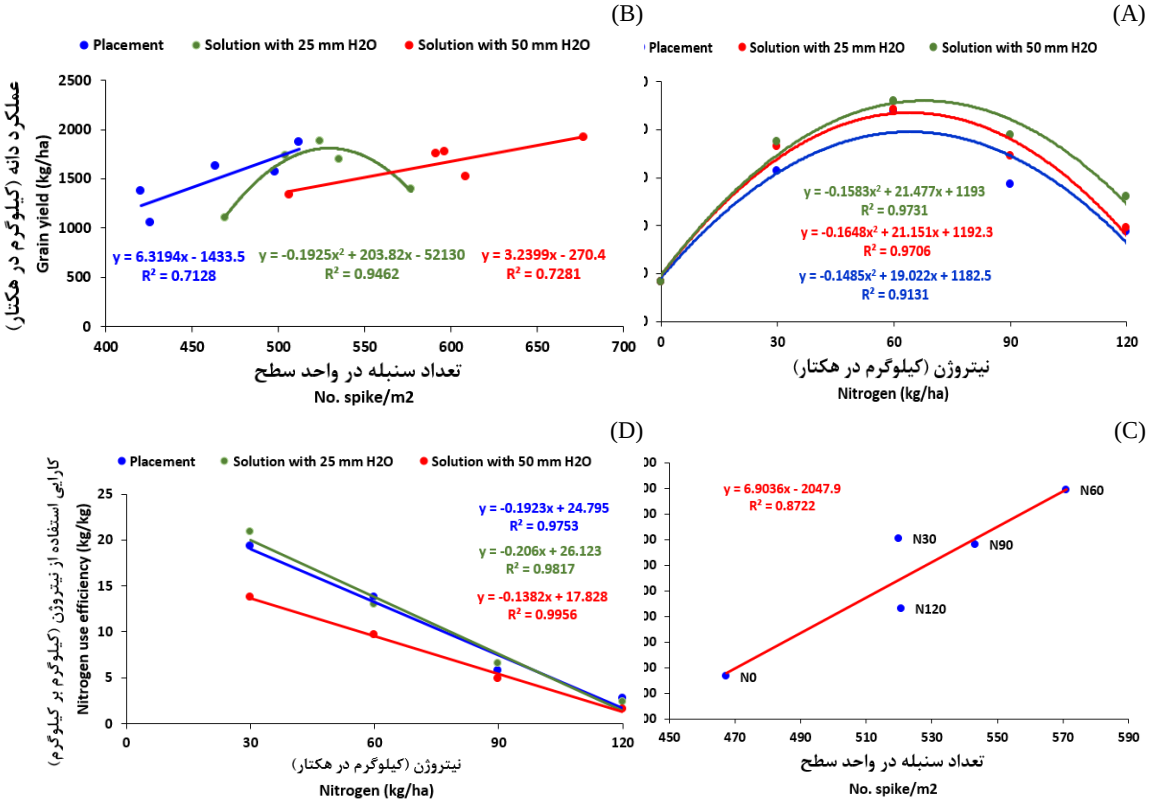
پژوهشگران دیگری نیز افزایش عملکرد دانه و بیولوژیک را در گندم دیم با مصرف نیتروژن گزارش کرده‌اند (Holvorson *et al*., 2004) که با نتایج به‌دست آمده از پژوهش حاضر از لحاظ افزایش معنی‌داری عملکرد دانه و بیولوژیک با مصرف نیتروژن و درجه دوم بودن رابطه بین نیتروژن مصرفی با عملکرد دانه و بیولوژیک کاملاً مطابقت دارد. از سوی دیگر، نتایج روابط بین میزان نیتروژن مصرفی با عملکرد دانه در روش‌های مصرف کود در پژوهش حاضر نشان می‌دهد (شکل ۱الف)، نیاز نیتروژنی گندم برای هر سه تیمار تقریبا مشابه (۳۰ تا ۳۳ کیلوگرم در هکتار) بوده و تفاوت عملکرد در تیمارهای مصرف اوره مایع، بیش‌تر مرهون آب همراه با این کودها بوده است. این نتایج با نتایج گزارش شده توسط فیضی اصل و همکاران (Feiziasl *et al*., 2016) مبنی بر اینکه سهم محتوی آب خاک در تولید گندم دیم بیش‌تر (۲/۳ برابر) از نیتروژن معدنی است، مطابقت دارد.

فیضی اصل و پورمحمد (Feiziasl and Pourmohammad, 2014) با استفاده از روش GGE بای پلات متوسط نیاز نیتروژنی ارقام مختلف گندم دیم را برای دستیابی به ۹۰ درصد حداکثر عملکرد دانه، ۵۰ کیلوگرم در هکتار تعیین کردند. فیضی اصل و همکاران (Feiziasl *et al*., 2014a) این نیاز را برای ژنوتیپ‌های مختلف گندم دیم ۵۰ الی ۶۰ کیلوگرم در هکتار تعیین کردند. شاید دلیل اصلی تفاوت در میزان نیاز نیتروژنی آن‌ها با نتایج به‌دست آمده از پژوهش حاضر، تفاوت در میزان بارندگی برای ایستگاه



[ Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2025-12-14 ]

تحقیقات کشاورزی دیم مراغه (۳۶۵ میلی‌متر) و ملکان (۳۲۸ میلی‌متر) و توزیع آن و نوع خاک (خاک‌های منطقه مراغه دارای بافت لوم رسی تا رسی با میزان عناصر قابل جذب بیش‌تر از خاک‌های ملکان) بوده است.




شکل ۱- رابطه بین میزان نیتروژن با عملکرد دانه در روش‌های مختلف مصرف نیتروژن (A)، تعداد سنبله در واحد سطح و عملکرد دانه در روش‌های مختلف مصرف نیتروژن (B)، متوسط تعداد سنبله در واحد سطح با عملکرد دانه (C) و نیتروژن مصرفی با کارایی استفاده از نیتروژن در روش‌های مختلف مصرف نیتروژن (D)

Figure 1- Relationship between nitrogen application and grain yield in different N application methods (A), number of spike per m2 and grain yield in different N application methods (B), mean of number of spike per m2 and grain yield (C) and nitrogen rates with agronomy nitrogen use efficiency in different N application methods (D)

[ Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2025-12-14 ]

مقایسه میانگین اجزای عملکرد دانه نشان داد، وزن هزاردانه در مصرف اوره مایع با ۵۰ میلی‌متر آب به طور معنی‌داری در مقایسه با دو تیمار جایگذاری و اوره مایع با ۲۵ میلی‌متر آب به‌ترتیب ۱۷ و ۷ درصد کاهش یافت؛ اما تعداد دانه در سنبله در تیمارهای ۲۵ و ۵۰ میلی‌متر آب به‌ترتیب ۲ و ۱۳۱ واحد و تعداد سنبله در واحد سطح به‌ترتیب ۲/۲ و ۷۲/۶ واحد نسبت به تیمار جایگذاری افزایش داشتند (جدول ۴). این نشان می‌دهد، اولا افزایش عملکرد دانه در تیمار اوره مایع با ۵۰ میلی‌متر آب نمی‌تواند ناشی از تغییرات جزء وزن هزاردانه باشد. ثانیا بررسی روابط بین تعداد دانه در سنبله و تعداد سنبله در واحد سطح با عملکرد دانه در تیمارهای روش مصرف نیتروژن نشان می‌دهد که با افزایش میزان مصرف آب از ۲۵ به ۵۰ میلی‌متر در تیمار اوره مایع، تعداد سنبله در واحد سطح به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. این در حالی است که تعداد دانه در سنبله در تیمار اوره مایع با ۲۵ میلی‌متر آب در مقایسه با روش جایگذاری کاهش داشت (جدول ۴).

بنابراین، تغییرات عملکرد دانه بیش‌تر مرهون بهبود تعداد سنبله در واحد سطح در تیمارهای مصرف آب و ارتباط آن با عملکرد دانه بوده است. این رابطه برای تیمار ۲۵ میلی‌متر آب از نوع درجه دوم؛ اما برای روش جایگذاری و ۵۰ میلی‌متر آب از نوع خطی است که شیب منحنی در روش جایگذاری (شرایط دیم) بیش از تیمار ۵۰ میلی‌متر آب است (شکل ۱ب) و این گویای تاثیر مثبت بیش‌تر جزء تعداد سنبله در واحد سطح در بهبود عملکرد دانه در شرایط دیم در مقایسه با شرایط آبیاری تکمیلی است. پژوهشگران زیادی گزارش کرده‌اند که عملکرد دانه گندم دیم بر خلاف ارقام گندم آبی بیش‌تر مرهون تغییرات تعداد سنبله در واحد سطح می‌باشد و عواملی مانند نیتروژن، آب و تاریخ کاشت از طریق افزایش تعداد سنبله در واحد سطح، منجر به افزایش عملکرد دانه در گندم دیم می‌شوند (Feiziasl *et al*., 2014a). البته وضعیت نسبتا مشابهی در سطوح نیتروژن نیز حاکم است (شکل ۱ج). به تعبیر دیگر، با افزایش مقدار نیتروژن مصرفی تا ۶۰ کیلوگرم در هکتار، تعداد سنبله در واحد سطح ۱۰۴ واحد و به‌دنبال آن عملکرد دانه ۷۲۸ کیلوگرم در هکتار افزایش یافت. در حالی که مصرف ۹۰ و ۱۲۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار باعث کاهش به‌ترتیب ۲۸ و ۵۰ واحد تعداد سنبله در واحد سطح و ۲۱۴ و ۴۶۴ کیلوگرم در هکتار عملکرد دانه در مقایسه با تیمار ۶۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار شد (جدول ۴).

کاهش تعداد سنبله در واحد سطح و به‌دنبال آن عملکرد دانه گندم دیم را بعد از ۶۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن می‌توان به رشد اندام‌های رویشی و افزایش ارتفاع گیاه و سایه‌اندازی آن بر روی پنجه‌های پائینی گیاه و عقیم ساختن آن‌ها مرتبط دانست (Armin and Asghripour, 2011). از سوی دیگر، اثر نیتروژن در رشد اندام‌های هوایی گیاه بیش از ریشه می‌باشد، در نتیجه در مقادیر مصرف بیش از حد بهینه این



[ Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2025-12-14 ]

عنصر، رشد اندام‌های هوایی به نسبت بیش‌تری در مقایسه با ریشه انجام می‌گیرد. بنابراین، حجم ریشه‌ها قادر به تامین آب مورد نیاز اندام‌های هوایی در حال تعرق نخواهد بود و گیاه با تنش رطوبتی مواجه شده و عملکرد آن کاهش می‌یابد (Feiziasl *et al*., 2014b). کاهش معنی‌دار شاخص برداشت در تیمار اوره مایع با ۵۰ میلی‌متر آب در مقایسه با دو تیمار پیشین گویای کاهش نسبت مواد فتوسنتزی انتقال یافته به بخش اقتصادی گیاه از کل مواد فتوسنتزی تولید شده (زیست توده) می‌باشد. به تعبیر دیگر، اگرچه مواد فتوسنتزی (زیست توده) بیش‌تری در این تیمار تولید شده است؛ اما نسبت کم‌تری از این مواد در مقایسه با دو تیمار پیشین به دانه انتقال یافته است (جدول ۴). این شرایط در مصرف نیترروژن نیز مشاهده می‌شود، با این تفاوت که در نیتروژن این کاهش از لحاظ آماری معنی‌دار نبود.

مصرف هر دوی ۲۵ و ۵۰ میلی‌متر آب و نیتروژن باعث افزایش معنی‌دار ارتفاع گیاه شد. در حالی که مصرف اوره مایع با ۵۰ میلی‌متر آب باعث افزایش معنی‌دار پدانکل و مصرف آخرین سطح نیتروژن باعث کاهش معنی‌دار این صفت گردید (جدول‌های ۴ و ۵). اصلاحگران نبات معتقدند، بین طول پدانکل گندم با حساسیت به تنش رطوبتی رابطه عکسی وجود دارد (Rochette *et al*., 2013) و افزایش این صفت در تیمار اوره مایع با ۵۰ میلی‌متر آب، باعث افزایش مقاومت به تنش رطوبتی و برعکس کاهش معنی‌دار آن در تیمار $N_{120}$ می‌تواند گویای افزایش حساسیت گیاه به تنش آبی در تیمار یادشده باشد که این امر نیز می‌تواند از دلایل دیگر توجیه افزایش عملکرد دانه در تیمار اوره مایع با ۵۰ میلی‌متر آب و کاهش آن در تیمار $N_{120}$ باشد.

مصرف نیتروژن تا آخرین سطح، باعث کاهش معنی‌دار کارایی زراعی استفاده از نیتروژن شد. بیش‌ترین و کم‌ترین این صفت به‌ترتیب به‌میزان ۱۷/۹ (کلاس A) و ۲/۲ (کلاس D) کیلوگرم بر کیلوگرم از مصرف به ترتیب ۳۰ و ۱۲۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به دست آمد. مطابق این نتایج، کارایی استفاده از نیتروژن برای تیمار نیتروژنی به‌طور متوسط ۴۹ درصد (۳۲ درصد بین $N_{30}$ و $N_{60}$ و ۶۱ درصد بین $N_{90}$ و $N_{120}$) نسبت به تیمار پیشین کاهش یافت (جدول ۵).

رابطه بین نیتروژن مصرفی با کارایی استفاده از نیتروژن در هر سه روش مصرف نیتروژن به‌صورت خطی کاهشی است که تغییرات نیتروژن توانست ۹۸ درصد از تغییرات کارایی استفاده از نیتروژن را توجیه نماید. بر این اساس، افزایش هر کیلوگرم نیتروژن در هکتار در روش‌های دانه‌ای (جایگذاری) و اوره مایع با ۲۵ و ۵۰ میلی‌متر آب، باعث کاهش به‌ترتیب حدود ۰/۱۹، ۰/۲۱ و ۰/۱۴ کیلوگرم در هکتار عملکرد دانه شد. در تمامی مقادیر مصرف نیتروژن، کارایی استفاده از نیتروژن در تیمار اوره مایع با ۵۰ میلی‌متر آب کم‌تر از دو

[ Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2025-12-14 ]

تیمار دیگر می‌باشد (شکل ۱د) که این کاهش در مقاسه با روش جایگذاری نیتروژن از لحاظ آماری معنی‌دار است (جدول ۴). این نشان می‌دهد که اولاً کارایی استفاده از نیتروژن در شرایط دیم با روش جایگذاری به‌ویژه در محدوده نیاز اقتصادی نیترروژنی گندم دیم که ۵۰ الی ۶۰ کیلوگرم در هکتار می‌باشد (Feiziasl *et al*., 2014a)، بیش‌تر از روش‌های مصرف اوره مایع است. ثانیاً به‌منظور استفاده کارآمدتر از کود نیتروژنی، باید علاوه بر عملکرد دانه به کارایی استفاده از این عنصر نیز توجه داشت تا با حداقل تلفات کود بتوان بیش‌ترین عملکرد اقتصادی را تولید نمود. پژوهشگران دیگری نیز وجود رابطه منفی بین میزان نیتروژن مصرفی و کارایی استفاده از نیتروژن را به‌ویژه در مناطق خشک برای گندم گزارش کرده‌اند (Faraj, 2011; Feiziasl and Pourmohammad, 2014).

سویرس و همکاران (Sowers *et al*., 1994) علت این کاهش را جذب پائین نیتروژن توسط گیاه و همچنین افزایش تلفات آن در مقادیر بالای مصرف نیتروژن مطرح نمودند. رحیم‌زاده و همکاران (Rahimizadeh *et al*., 2010) این کاهش را در مقایسه با تیمار شاهد ($N_0$)، ۱۷ درصد و برای سیستم تناوبی گندم - گندم ۳۰ درصد برای محصول گندم گزارش کردند که بسیار پائین‌تر از مقادیر به‌دست آمده از پژوهش حاضر می‌باشد که یکی از دلایل آن می‌تواند شرایط حاکم بر آزمایش (دیم) باشد (Sowers *et al*., 1994)، چون مقدار کارایی استفاده از نیتروژن را علاوه بر رقم، شرایط محیطی حاکم (آب و هوا و خاک) به‌ویژه میزان رطوبت موجود در خاک و زمان مصرف نیتروژن تعیین می‌کند (Ayadi *et al*., 2014).

جدول ۵ - مقایسه میانگین عملکرد، اجزای عملکرد و سایر صفات گیاهی در مقادیر مختلف مصرف نیتروژن

Table 5- Mean effect of nitrogen rates on yield and yield components

| نیتروژن Nitrogen (kg/ha) | عملکرد بیولوژیک Biological yield (kg/ha) | عملکرد دانه Gain yield (kg/ha) | عملکرد کاه Straw yield (kg/ha) | وزن هزار دانه T.K.W. (g) |
|---|---|---|---|---|
| 0 | 3173.6 c | 1164.4 d | 2009.3 c | 30.1 a |
| 30 | 4880.5 a | 1702.8 b | 3177.8 ab | 32.6 a |
| 60 | 5475.1 a | 1892.8 a | 3582.2 a | 31.3 a |
| 90 | 4995.6 a | 1678.9 b | 3316.7 a | 30.3 a |
| 120 | 4006.6 b | 1429.0 c | 2577.6 bc | 29.1 a |
| LSD (5%) | 711.3 | 94.8 | 649.5 | 3.22 |

میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حرف مشترک می‌باشند، براساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

Means in each column fallowed by similar letters are not significantly different at the %5 probability level (LSD Test).



[ Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2025-12-14 ]

ادامه جدول ۵ - مقایسه میانگین عملکرد، اجزای عملکرد و سایر صفات گیاهی در مقادیر مختلف مصرف نیتروژن

Table 5- Mean effect of nitrogen rates on yield and yield components

| نیتروژن<br>Nitrogen (kg/ha) | تعداد سنبله در واحد سطح<br>No. spike/$m^2$ | تعداد دانه در سنبله<br>No. seed/spike | شاخص برداشت<br>Harvest index | کارایی مصرف نیتروژن<br>N use efficiency (kg/kg) |
|---|---|---|---|---|
| 0 | 467.4 c | 14.3 a | 0.37 a | - |
| 30 | 520.1 b | 16.2 a | 0.35 a | 17.9 a |
| 60 | 571.1 a | 15.0 a | 0.35 a | 12.1 b |
| 90 | 543.4 ab | 15.3 a | 0.34 a | 5.7 c |
| 120 | 520.8 ab | 14.6 a | 0.36 a | 2.2 d |
| LSD (5%) | 19.51 | 1.92 | 0.05 | 1.68 |

میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حرف مشترک می‌باشند، براساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

Means in each column fallowed by similar letters are not significantly different at the %5 probability level (LSD Test).

ادامه جدول ۵- مقایسه میانگین عملکرد، اجزای عملکرد و سایر صفات گیاهی در مقادیر مختلف مصرف نیتروژن

Table 5- Mean effect of nitrogen rates on yield and yield components

| نیتروژن<br>Nitrogen (kg/ha) | ارتفاع بوته<br>Plant height | طول سنبله<br>Spike length | طول پدانکل<br>Peduncle length | طول پنالتی‌میت<br>Penultimate length | طول سایر گره‌ها<br>Length of other nodes |
|---|---|---|---|---|---|
| | (cm) | | | | |
| 0 | 64.5 a | 6.6 a | 20.7 a | 13.8a | 22.8a |
| 30 | 64.7 a | 7.2 a | 21.5 a | 14.2a | 22.7a |
| 60 | 63.3 ab | 7.4 a | 19.6 a | 13.0a | 23.5a |
| 90 | 66.8 a | 6.8 a | 21.0 a | 13.9a | 24.8a |
| 120 | 60.0 b | 7.2 a | 16.7 b | 12.6a | 23.4a |
| LSD (5%) | 4.09 | 1.13 | 2.08 | 1.2 | 1.5 |

میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حرف مشترک می‌باشند، براساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

Means in each column fallowed by similar letters are not significantly different at the %5 probability level (LSD Test).

[ Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2025-12-14 ]

کوین و همکاران (Qin *et al*., 2015) با حفظ رطوبت در خاک با استفاده از روش‌های مختلف مصرف مالچ توانستند کارایی استفاده از نیتروژن را برای گندم تا ۳۰ درصد و برای ذرت تا ۶۰ درصد افزایش دهند که در ظاهر با نتایج به‌دست آمده از پژوهش حاضر کاملا متفاوت است، چون مطابق نظر آن‌ها باید کارایی استفاده از نیتروژن در مصرف اوره مایع با ۵۰ میلی‌متر آب در پژوهش حاضر بیش‌تر از روش جایگذاری می‌بود. این در حالی است که تفاوت کارایی استفاده از نیتروژن در این دو تیمار به‌دلیل تفاوت در مقدار آب مصرفی و یا ذخیره شده نیست، بلکه این اختلاف به‌دلیل روش مصرف نیتروژن به‌صورت جایگذاری در زیر بستر بذر (به‌طور متوسط ۱۲ الی ۱۶ سانتی‌متر پائین‌تر از سطح خاک) می‌باشد که باعث کاهش چشمگیر تلفات نیتروژن و گسترش طول و حجم ریشه گندم دیم می‌شود که این امر در شرایط دیم در جذب آب و عناصر غذایی توسط ریشه بسیار موثر است (Rochette *et al*., 2013; Duana *et al*., 2015). با این وجود، پژوهشگران معتقدند، مصرف نیتروژن به‌صورت مایع، کارایی بیش‌تر و تلفات کم‌تری در مقایسه با مصرف سطحی کودهای دانه‌ای به صورت سرک دارد ( Holloway *et al*., 2001; Lombi *et al*., 2004; McLaughlin *et al*., 2011; Leikam, 2015).

نتایج تجزیه واریانس صفات انتقال مجدد و فتوسنتز جاری نشان داد (جدول ۶)، روش مصرف نیتروژن بر کارایی انتقال مجدد در سطح احتمال پنج درصد و بر میزان انتقال مجدد، سهم انتقال مجدد، میزان فتوسنتز جاری، سهم فتوسنتز جاری و کارایی فتوسنتز جاری در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد. اثر مقادیر مصرف نیتروژن بر سهم انتقال مجدد در سطح احتمال پنج درصد و بر کارایی انتقال مجدد، میزان فتوسنتز جاری، سهم فتوسنتز جاری و کارایی فتوسنتز جاری در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. اثر بلوک و همچنین اثرات متقابل روش مصرف نیتروژن در میزان نیتروژن همانند سایر صفات گیاهی بر هیچکدام از صفات انتقال مجدد و فتوسنتز جاری معنی‌دار نشد. بیش‌ترین ضریب تغییرات با ۱۲۲ درصد مربوط به سهم فتوسنتز جاری و کم‌ترین آن با ۴/۹ درصد به‌میزان فتوسنتز جاری گیاه اختصاص داشت (جدول ۶).

مصرف اوره به‌صورت مایع همراه با ۲۵ و ۵۰ میلی‌متر آب، میزان انتقال مجدد مواد را به‌ترتیب ۳۵/۵ (۴۶ درصد) و ۳۷/۴ (۴۸ درصد) گرم بر مترمربع در مقایسه با تیمار مصرف اوره (بدون آب) افزایش ($P\leq ۰/۰۱$) داد، به‌طوری که این افزایش با افزایش میزان آب ادامه داشت (جدول ۷).



[ Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2025-12-14 ]

جدول ۶- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر تیمارها بر تغییرات فتوسنتز جاری و انتقال مجدد گندم

Table 6- Analysis of variance (MS) the effect of treatments on current photosynthesis and remobilization in wheat

| منبع تغییرات S.O.V. | درجه آزادی DF | میزان انتقال مجدد Dry matter remobilization | سهم انتقال مجدد Remobilization contribution | کارایی انتقال مجدد Remobilization efficiency |
|---|---|---|---|---|
| Replication | 1 | 1817$^{ns}$ | 42$^{ns}$ | 1393$^{ns}$ |
| AM[1] | 2 | 15017$^{**}$ | 582$^{**}$ | 3781$^{*}$ |
| Nitrogen | 4 | 3123$^{ns}$ | 301$^{*}$ | 4251$^{**}$ |
| AM*Nitrogen | 8 | 719$^{ns}$ | 46$^{ns}$ | 361$^{ns}$ |
| Error | 14 | 1287 | 93 | 830 |
| CV (%) | - | 31.1 | 25.4 | 37.7 |

ns، * و **: به‌ترتیب عدم وجود اختلاف معنی‌دار و اختلاف معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد.

ns, * and **: non-significant difference, significant difference at the level of five and one percent probability, respectively.

1) Application method = روش مصرف

ادامه جدول ۶- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر تیمارها بر تغییرات فتوسنتز جاری و انتقال مجدد گندم

Table 6- Analysis of variance (MS) the effect of treatments on current photosynthesis and remobilization in wheat

| منبع تغییرات S.O.V. | درجه آزادی DF | میزان فتوسنتز جاری Current photosynthesis | سهم فتوسنتز جاری Contribution of current photosynthesis | کارایی فتوسنتز جاری Efficiency of current photosynthesis |
|---|---|---|---|---|
| Replication | 1 | 222$^{ns}$ | 1393$^{ns}$ | 380$^{ns}$ |
| AM[1] | 2 | 659$^{**}$ | 3781$^{**}$ | 301$^{**}$ |
| Nitrogen | 4 | 4783$^{**}$ | 4251$^{**}$ | 698$^{**}$ |
| AM*Nitrogen | 8 | 61$^{ns}$ | 361$^{ns}$ | 71$^{ns}$ |
| Error | 14 | 59 | 830 | 25 |
| CV (%) | - | 4.9 | 122.3 | 9.2 |

ns، * و **: به‌ترتیب عدم وجود اختلاف معنی‌دار و اختلاف معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد.

ns, * and **: non-significant difference, significant difference at the level of five and one percent probability, respectively.

[ Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2025-12-14 ]

همچنین، مصرف اوره مایع به‌همراه ۲۵ و ۵۰ میلی‌متر آب توانست سهم انتقال مجدد مواد را به‌ترتیب ۳۷/۴ و ۵۰/۰ درصد و کارایی انتقال مجدد را به‌ترتیب ۳۳/۵ و ۶۸/۱ درصد در مقایسه با تیمار مصرف اوره (بدون آب) افزایش دهد؛ اما بین دو مقدار ۲۵ و ۵۰ میلی‌متر آب در هر دو صفت یادشده تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. اگرچه کارایی انتقال مجدد در دو تیمار مصرف اوره مایع به‌همراه ۲۵ و ۵۰ میلی‌متر آب نسبت به تیمار مصرف اوره (بدون آب) افزایش معنی‌داری داشتند، اما هر دو تیمار یادشده از لحاظ آماری در یک کلاس قرار گرفتند (جدول ۷). این نتایج نشان می‌دهد، مصرف آب به‌همراه اوره باعث افزایش معنی‌دار انتقال مجدد مواد از اندام‌های رویشی به دانه شد و با افزایش میزان آب مصرفی از ۲۵ به ۵۰ میلی‌متر، این انتقال نیز افزایش یافت، چون با افزایش میزان آب مصرفی، اندام‌های رویشی و زایشی گیاه (عملکرد بیولوژیک و کاه) به‌عنوان ظرفیت مخزن افزایش یافت (جدول ۴).

ظرفیت مخزن نقش مهمی در انتقال مجدد مواد دارد و یکی از عوامل موثر بر انتقال مجدد نسبت منبع به مخزن می‌باشد که بالا و پایین بودن این نسبت به‌ترتیب باعث افزایش و کاهش انتقال مجدد می‌شود (Blum, 1998). از سوی دیگر، با توجه به اینکه کارایی انتقال مجدد مواد و مصرف قندهای ذخیره شده در ساقه، به‌شدت تحت تاثیر تنوع ژنتیکی ژنوتیپ‌های گندم (قدرت مخزن و تقاضا برای ذخایر ساقه) و میزان تنش خشکی قرار دارد (Blum, 1998; Farshadfar and Amiri, 2016)، بر این اساس، در شرایط مختلف رطوبتی، نتایج متفاوتی برای اثرات آب بر روی انتقال مجدد مواد در گندم گزارش شده است. برخی گزارش کرده‌اند که در شرایط تنش رطوبتی میزان انتقال مجدد به‌دلیل کاهش میزان فتوسنتز و ذخایر ساقه در گیاه کم‌تر از شرایط آبیاری می‌باشد (Blum, 1998; Ardalani *et al.*, 2015).

برخی دیگر نیز معتقدند، با افزایش شدت تنش رطوبتی، میزان انتقال مجدد مواد در گندم افزایش می‌یابد (Ehdaei *et al.*, 2006; Ma *et al.*, 2013). نتایج پژوهش حاضر با نتایج گروه اول مبنی بر اثر مثبت آبیاری در انتقال مجدد مواد در گندم کاملاً مطابقت دارد و این نیز می‌تواند به‌دلیل تشابه ژنتیکی ارقام و یا میزان تنش رطوبتی حاکم بر گیاه در آخر فصل باشد. متوسط سهم انتقال مجدد مواد در تیمار مصرف اوره (بدون آب) ۲۹/۴ درصد و در تیمارهای با مصرف ۲۵ و ۵۰ میلی‌متر آب به‌ترتیب ۴۰/۴ و ۴۴/۱ درصد بود (جدول ۷). این در حالی است که وان هرواردن و همکاران (Van Herwaarden *et al*, 1998) سهم انتقال مجدد مواد را برای ژنوتیپ‌های گندم در شرایط تنش آخر فصل ۱۰۰-۷۵ درصد و در شرایط بهینه از لحاظ آبیاری و دما ۳۹-۳۷ درصد گزارش کردند. عبادی و همکاران (Ebadi *et al.*, 2007) این ویژگی را در شرایط عدم آبیاری و آبیاری تکمیلی به‌ترتیب ۸۳ و ۳۷ درصد برای جوی بهاره بیان داشتند.



[ Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2025-12-14 ]

جدول ۷- مقایسه میانگین فتوسنتز جاری و انتقال مجدد مواد در روش‌های مصرف نیتروژن

Table 7- Mean effect of nitrogen application methods on current photosynthesis and remobilization in wheat

| روش مصرف Application method | میزان انتقال مجدد Dry matter remobilization ($g/m^2$) | سهم انتقال مجدد Remobilization contribution (%) | کارایی انتقال مجدد Remobilization efficiency (%) |
|---|---|---|---|
| Placement | 77.6 c | 29.4 b | 57.1 b |
| Urea+25 mm $H_2O$ | 113.1 b | 40.4 a | 76.2 ab |
| Urea+50 mm $H_2O$ | 155.0 a | 44.1 a | 96.0 a |
| LSD (5%) | 34.4 | 9.3 | 27.6 |

میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حرف مشترک می‌باشند، براساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

Means in each column fallowed by similar letters are not significantly different at the %5 probability level (LSD Test).

ادامه جدول ۷- مقایسه میانگین فتوسنتز جاری و انتقال مجدد مواد در روش‌های مصرف نیتروژن

Table 7- Mean effect of nitrogen application methods on current photosynthesis and remobilization in wheat

| روش مصرف Application method | میزان فتوسنتز جاری Current photosynthesis ($g/m^2$) | سهم فتوسنتز جاری Contribution of current photosynthesis (%) | کارایی فتوسنتز جاری Efficiency of current photosynthesis (%) |
|---|---|---|---|
| Placement | 149.6 b | 42.9 a | 58.6 a |
| Urea+25 mm $H_2O$ | 155.6 b | 23.8 ab | 56.3 a |
| Urea+50 mm $H_2O$ | 165.7 a | 4.0 b | 48.1 b |
| LSD (5%) | 7.4 | 27.6 | 4.8 |

میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حرف مشترک می‌باشند، براساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

Means in each column fallowed by similar letters are not significantly different at the %5 probability level (LSD Test).

[ Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2025-12-14 ]

همان‌طوری‌که مطرح شد، روند افزایشی سهم انتقال مجدد مواد با بهبود شرایط رطوبتی در پژوهش حاضر کاملاً متفاوت با نتایج سایرین می‌باشد. شاید بتوان گفت مهم‌ترین عاملی که منجر به این تفاوت (مقدار و روند تغییرات) گردیده است، تفاوت در نوع ارقام مورد بررسی است، چون رقم مورد آزمایش در پژوهش حاضر بر خلاف دو پژوهش دیگر، کاملاً سازگار با شرایط دیم (تنش رطوبتی و حرارتی آخر فصل) می‌باشد.

کاربرد مقادیر مختلف نیتروژن از منبع اوره به‌صورت معنی‌داری صفات میزان، سهم و کارایی فتوسنتز جاری گیاه را افزایش داد. رابطه بین میزان مصرف نیتروژن با صفات یادشده، از نوع درجه دوم بود که بیشترین این صفات به‌ترتیب با مصرف ۶۰/۶، ۶۳/۶ و ۶۶/۱ کیلوگرم در هکتار نیتروژن (به‌طور میانگین ۶۳/۴ کیلوگرم در هکتار) به‌دست آمد. به تعبیر دیگر، مصرف نیتروژن به‌طور میانگین تا ۶۳/۴ کیلوگرم در هکتار (معادل ۱۳۸ کیلوگرم در هکتار اوره) منجر به افزایش ویژگی‌های فتوسنتزی گیاه و بعد ار آن، باعث کاهش آن شد (جدول ۸).

بررسی صفات گیاهی نیز نشان داد که اولاً رابطه بین نیتروژن مصرفی با عملکرد دانه از نوع درجه دوم بود. ثانیا بیشترین میزان تولید عملکرد دانه از مصرف ۶۴ کیلوگرم در هکتار نیتروژن به‌دست آمد (شکل ۱ الف) که این مقدار دقیقا منطبق بر میانگین نیتروژن مورد نیاز برای ایجاد حداکثر صفات فتوسنتز جاری گیاه می‌باشد. علوی فاضل (Alavifazel, 2016) گزارش کردند، با افزایش مقادیر نیتروژن، سهم فتوسنتز جاری در عملکرد دانه افزایش و سهم انتقال مجدد کاهش یافت که با نتایج پژوهش حاضر کاملاً مطابقت دارد. مصرف نیتروژن به‌دلیل تضمین تولید بیوماس بیشتر در دوره عدم محدودیت رطوبت و افزایش منبع می‌تواند از افت شدید عملکرد دانه در شرایط تنش خشکی پایان دوره جلوگیری نماید (Faraji *et al*., 2006). لازم به‌ذکر است که در شرایط دیم، افزایش اندام‌های هوایی گندم با مصرف نیتروژن در مراحل رویشی سریع باید در تعادل با ریشه انجام بگیرد، در غیر این صورت، افزایش بیشتر بیوماس باعث تلفات رطوبتی و افت شدید عملکرد دانه می‌گردد (Feiziasl *et al*., 2014).



[ Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2025-12-14 ]

جدول ۸ - مقایسه میانگین فتوسنتز جاری و انتقال مجدد مواد در مقادیر مصرف نیتروژن

Table 8- Mean effect of nitrogen rates on current photosynthesis and remobilization in wheat

| نیتروژن Nitrogen (kg/ha) | میزان انتقال مجدد Dry matter remobilization ($g/m^2$) | سهم انتقال مجدد Remobilization contribution (%) | کارایی انتقال مجدد Remobilization efficiency (%) |
|---|---|---|---|
| 0 | 131.3 a | 44.1 a | 113.5 a |
| 30 | 126.1 a | 38.8 a | 74.2 bc |
| 60 | 112.0 a | 38.8 a | 59.0 bc |
| 90 | 76.8 a | 26.0 b | 45.4 c |
| 120 | 130.0 a | 42.3 a | 90.0 ab |
| LSD (5%) | 44.4 | 12.0 | 35.7 |

میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حرف مشترک می‌باشند، براساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

Means in each column fallowed by similar letters are not significantly different at the %5 probability level (LSD Test).

ادامه جدول ۸ - مقایسه میانگین فتوسنتز جاری و انتقال مجدد مواد در مقادیر مصرف نیتروژن

Table 8- Mean effect of nitrogen rates on current photosynthesis and remobilization in wheat

| نیتروژن Nitrogen (kg/ha) | میزان فتوسنتز جاری Current photosynthesis ($g/m^2$) | سهم فتوسنتز جاری Contribution of current photosynthesis (%) | کارایی فتوسنتز جاری Efficiency of current photosynthesis (%) |
|---|---|---|---|
| 0 | 116.0 d | 13.5 c | 40.0 d |
| 30 | 170.3 b | 25.8 ab | 54.2 bc |
| 60 | 189.3 a | 41.0 ab | 69.2 a |
| 90 | 167.9 b | 54.6 a | 58.6 b |
| 120 | 142.9 c | 10.0 bc | 49.8 c |
| LSD (5%) | 9.5 | 35.6 | 6.2 |

میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حرف مشترک می‌باشند، براساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

Means in each column fallowed by similar letters are not significantly different at the %5 probability level (LSD Test).

[ Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2025-12-14 ]

## نتیجه‌گیری

دو روش مصرف اوره به‌صورت جایگذاری و مایع همراه با ۲۵ میلی‌متر آب، شرایط تقریبا مشابهی را از لحاظ عملکرد، اجزای عملکرد، صفات گیاهی تأثیرگذار بر عملکرد دانه گندم دیم و همچنین ویژگی‌های مربوط به فتوسنتز جاری گیاه داشتند؛ اما مصرف اوره مایع همراه با ۵۰ میلی‌متر آب، چه از لحاظ عملکرد دانه و چه از لحاظ ویژگی‌های انتقال مجدد و فتوسنتز جاری، شرایط کاملا متفاوتی را با دو تیمار یادشده داشت، چون میزان ۵۰ میلی‌متر آب معادل با مناسب‌ترین میزان آب مورد نیاز برای آبیاری تکمیلی ارقام مختلف گندم دیم در منطقه مورد بررسی می‌باشد که تفاوت معنی‌داری با شرایط دیم ایجاد می‌کند (Tavakoli *et al*., 2010). نیتروژن مصرفی عملکرد دانه و صفات گیاهی موثر بر عملکرد دانه به‌ویژه تعداد سنبله در واحد سطح و فتوسنتز جاری گندم را بهبود بخشید؛ اما کارایی استفاده از مواد را به شدت کاهش داد. این نتایج نشان داد، اولا در مزراع و ایستگاه‌های تحقیقاتی و تکثیر بذور مادری و گواهی شده می‌توان اوره را به‌صورت مایع همراه با آب آبیاری استفاده نمود. ثانیا مصرف ۲۵ میلی‌متر آب در زمان کاشت از لحاظ عملکرد و صفات گیاهی موثر بر عملکرد تفاوت معنی‌داری با شرایط دیم ایجاد نمی‌کند.

## منابع


Abdollahi Gharakand J., Hashemi-Majd K., Mosavi S.B., Feiziasl V., Jafarzadeh J., Karimi E. 2012. Effects of nitrogen application on dry land wheat roots and shoot. Greener Journal of Agricultural Sciences, 2 (5): 188-194.

Alavifazel M. 2016. Assessment of remobilization rate to grain durum and bread wheat genotypes in response to nitrogen amounts, Crop Physiology Journal, 7 (28): 5-18. (In Persian).

Ali Ehyaei M. 1999. Description of soil method analysis. 1024. Department of Agriculture, Soil Water Research Institute, 2: 1-112. (In Persian).

Ardalani S., Saeidi M., Jalali-Honarmand S., Ghobadi M., Abdoli M. 2014. Evaluation of grain yield and its relationship with remobilization of dry matter in bread wheat cultivars under water deficit stress at the post anthesis. Iranian Dryland Agronomy Journal, 3 (2): 173-195.

Armin M., Asghripour M. 2011. Effect of plant density on wild oat competition with competitive and non-competitive wheat cultivars. Agricultural Sciences in China, 10: 1554-1561.

Arnall B.D., Mullock J., Seabourn B. 2012. Can protein levels be economically increased? Fluid Journal, 77 (20): 1-4.




[ Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2025-12-14 ]

Austin R.B. 1987. The climatic vulnerability of wheat. In Proceedings of International Symposium on Climatic Variability and Food Security in Developing Countries, New Delhi, India, Pp: 123-135.

Ayadi S., Karmous C., Hammami Z., Trifa Y., Rezgu S. 2014. Variation of durum wheat yield and nitrogen use efficiency under Mediterranean rainfed environment. International Journal of Agriculture and Crop Sciences, 7 (10): 693-699.

Banaei M.H. 1998. Soil Moisture and Temperature Regime Map of Iran. Soil and Water Research Institute, Ministry of Agriculture, Iran. (In Persian).

Blum A. 1998. Improving wheat grain filling under stress by stem reserves mobilization. Euphytica, 100: 77-83.

Davidson D.J., Chevalier P.M. 1992. Storage and remobilization of water-soluble carbohydrates in stems of spring wheat. Crop Science, 32: 186-190.

Dobermann A. 2007. Nutrient use efficiency–measurement and management. In "IFA International Workshop on Fertilizer Best Management Practices", Brussels Belgium, Pp: 1-28.

Duana W., Shia Y., Zhaoc J., Zhanga Y., Yua Zh. 2015. Depth of nitrogen fertilizer placement affects nitrogen accumulation, translocation and nitrate-nitrogen content in soil of rainfed wheat. International Journal of Plant Production, 9 (2): 237-256.

Ebadi A., Sajed K., Asgari R. 2007. Effects of water deficit on dry matter remobilization and grain filling trend in three spring barley genotypes. Journal of Food, Agriculture and Environment, 5: 359-362.

Edwards J., Arnall B., Zhang H. 2004. Methods for Applying Topdress Nitrogen to Wheat, Oklahoma Cooperative Extension Service, http://pods.dasnr.okstate.edu/docushare/dsweb/Get/Document-6506/PSS-2261web.pdf.

Ehdaie B., Alloush G.A., Madore M.A., Waines J.G. 2006. Genotypic variation for stem reserves and mobilization in wheat: I. Post-anthesis changes in internode dry matter. Crop Science, 46: 735-746.

Ercoli L., Lulli L., Mariotti M., Masoni A., Arduini, I. 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.

Evans L.T., Wardlaw F.I., Fisher R.A. 1975. Wheat. Pp: 101-149. In: T.L. Evans (ed.). Crop physiology. Cambridge University Press, Cambridge, UK.

Faraj B.A. 2011. Evaluation of nitrogen use efficiency (NUE) in wheat. A Thesis submitted for the degree of Masters in Agricultural Science. The University of Adelaide Faculty Science, 105 p.

[ Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2025-12-14 ]

Faraji H., Siadat S.A., Fathi Gh., Emam Y., Nadian H.E., Rasekh A. 2006. Effect of nitrogen on wheat grain yield under terminal drought stress. Iranian Journal of Agriculture Science, 29: 100-111. (In Persian).

Farshadfar E., Amiri R. 2016. Assessment of genetic diversity and estimation of genetic parameters for remobilization related traits of wheat under drought conditions. Genetika, 48: 139-149.

Feiziasl V., Fotovat A., Astarae A.R. Lakzian A. Mousavi S.B. 2014a. Effect of optimized nitrogen application in reducing drought stress effect on grain yield of some rainfed bread wheat genotypes. Iranian Seed and Plant Production, 30 (2): 169-198. (In Persian).

Feiziasl V., Fotovat A., Astaraei A., Lakizian A. Mosavi Shalmani M.A., Khorasani A. 2016. Calibration of soil available nitrogen and water content with grain yield of dry land wheat. Iranian Journal of Water and Soil, 30 (5): 1556-1573. (In Persian).

Feiziasl V., Fotovat A., Astaraei A., Lakizian A., Mosavi Shalmani M.A. 2017. Evaluation of nitrogen status in dryland wheat genotypes using 15N. Iranian Journal of Field Crops Research, 15 (3): 494-510. (In Persian).

Feiziasl V., Fotovat A., Astaraei A., Lakzian A.2014b. Effects of nitrogen fertilizer rates and application time on root characteristics of dryland wheat genotypes. Iranian Journal of Dryland Agriculture, 3 (1): 40-60. (In Persian).

Feiziasl V., Fotovat A., Astaraeiand A., Lakzyan A. 2014. Effects of nitrogen fertilizer rates and application time on root characteristics of dryland wheat genotypes. Iranian Dryland Agronomy Journal, 3 (1): 40-60.

Feiziasl V., Jafarzadeh J., Pala M., Mosavi S.B. 2009. Determination of micronutrient critical Levels by plant response column order procedure for dryland wheat (*T. aestivum*. L.) in Northwest of Iran. International Journal of Soil Science, 4 (1): 14-19.

Feiziasl V., Kasraei R., Moghaddam M., Valizadeh G.R. 2004. Investigation on uptake limitation and nutrient deficiency diagnosis at applied phosphorus and zinc fertilizers by different methods in Sardari wheat. Iranian Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources, 11: 23-33 (In Persian).

Feiziasl V., Pourmohammad A. 2014. Effects of nitrogen rates and application time on agronomic efficiency of nitrogen and seed yield of dryland's wheat genotypes. Iranian Water and Soil Science, 24 (3): 93-104. (In Persian).

Gooding M.J., Davies W.P. 1992. Foliar urea fertilization of cereals: a review. Fertilizer Research, 32: 209-222.

Hatfield J.L., Prueger J.H. 2015. Temperature extremes: Effect on plant growth and development. Weather and Climate Extremes, 10 (A): 4-10.



[ Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2025-12-14 ]

Holloway R.E., Bertrand I., Frischke A.J., Brace D.M., Mclaughlin M.J., Shepperd W. 2001. Improving fertiliser efficiency on calcareous and alkaline soils with fluid sources of P, N and Zn. Plant and Soil, 236 (2): 209-219.

Holvorson A.D., Nielsen D.C., Reule C.A. 2004. Nitrogen fertilization and rotation effects on no-till dryland wheat production. Agronmy Journal, 96: 1196-1201.

Johnson J.W. 1999. Most asked agronomic questions. The Ohio State University Extension Bulletin, 760 p.

Jones C.A., Koenig R.T., Ellsworth J.W., Brown B.D., Jackson G.D. 2007. Management of Urea Fertilizer to Minimize Volatilization, Montana State University Extension, Bozeman, Mont, USA.

Laegreid M., Bockman O.C., Kaarstad O. 1999. Agriculture and Fertilizers, CAB Int., New York, 294 p.

Leikam D.F. 2015. Fluid fertilizers: properties and characteristics. Fluid Fertilizer Foundation. www.FluidFertilizer.com.

Lombi E., McLaughlin M.J., Johnston C., Armstrong R.D., Holloway R.E. 2004. Mobility and liability of phosphorus from granular and fluid mono ammonium phosphate differs in a calcareous soil. Soil Science Society of America Journal, 68 (2): 682-689.

Lopez-Bellido L., Lopez-bellido R.L., Lopez-Bellido F.J. 2006. Fertilizer nitrogen efficiency in durum wheat under rainfed medeterranean conditions: effect of split application. Agronomy Journal, 98: 55-62.

Ma J., Huang G.B., Yang D.L., Chai Q. 2013. Dry matter remobilization and compensatory effects in various internodes of spring wheat under water stress. Crop Science, 54: 331-339.

Majdam M., Naderi A., NoorMohammadi Gh., Siadat S.A., Ayenehband A. 2009. Effect of water deficit stress and nitrogen management on grain yield, dry matter remobilization and transient photosynthesis of grain corn under Khoozestan climate conditions (Ramin). Crop Physiology, Islamic Azad University, Ahwaz Branch, 1: 137-144. (In Persian).

Malakouti M.J., Gheybi M.N. 1997. Determination of nutrient critical levels in strategic crops and correct fertilizer recommendation in Iran. Agricultural Education Publication, Tehran, 56 p. (In Persian).

McLaughlin M.J., McBeath T.M., Smernik R., Stacey S.P., Ajiboye B., Guppy C. 2011. The chemical nature of P accumulation in agricultural soils-implications for fertiliser management and design: an Australian perspective. Plant and Soil, 349 (1-2): 69-87.

[ Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2025-12-14 ]

Mosaic C. 2013. Fluid and dry fertilizers. Fluids and Solids are Equal Ergonomically. http://www.cropnutrition.com/efu-fluid-dry-fertilizers#overview.

Needham A.G., Technologies L.Lc. 2016. Stream Bars for Uniform Liquid Fertilizer Application. http://www.needhamag.com/innovative product sales/stream bars for uniform liquid fertilizer application.

Papakosta D.K., Gagianas A.A. 1991. Nitrogen and dry matter accumulation, remobilization, and losses for mediterranean wheat during grain filling. Crop Science Society of America, Agronomy Journal, 83: 864-870.

Parry M.A.J., Reynolds M., Salvucci M.E., Raines C., Andralojc P.J., Zhu X., Price G.D., Condon A. G., Furbank R.T. 2010. Raising yield potential of wheat. II. Increasing photosynthetic capacity and efficiency (Review paper). Journal of Experimental Botany, 1: 1-15.

Qin W., Hu C., Oenema O. 2015. Soil mulching significantly enhances yields and water and nitrogen use efficiencies of maize and wheat: a meta-analysis. Scientific Reports, Scientific Reports, 5 (16210): 1-13. http://www.nature.com/srep.

Rahimizadeh M., Kashani A., Zare-Feizabadi A., Koocheki A., 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.

Rahman M., Barma N.C.D., Biswas B.K., Khan A.A., Rahman J. 2016. Study on morpho-physiological traits in spring wheat (*Triticum aestivum* L.) under rainfed condition. Bangladesh Journal of Agricultural Research, 41 (2): 235-250.

Rochette P., Angers D.A., Chantigny M.H., Gasser M.O., MacDonald J.D., Pelster D.E., Bertrand N. 2013. Ammonia volatilization and nitrogen retention: how deep to incorporate urea? Journal of Environmental Quality, 2 (6): 1635-42.

Ryan J., Nsarellah N., Mergoum M. 1997. Nitrogen fertilization of durum wheat cultivars in the rainfed area of Moroco: biomass, yield, and quality consideration. Communication, 25: 85-90.

Seyed sharifi R., Afsari F., Aeyed sharifi R. 2018. Application of nitrogen rates at different growth stages effects on dry matter remobilization and effective traits at dry matter accumulation of grain barley (*Hordeum Vulgare* L.). Journal of Plant Process and Function Iranian Society of Plant Physiology, 6 (19): 337-350.

Shanggan Z.P., Shao A., Dychmans J. 2000. Nitrogen nutrition and water stress effects on leaf photosynthetic gas exchange and water use efficiency in winter wheat. Environmental and Experimental Botany, 44: 141-149.

Silva G. 2016. All fertilizers are not created equal, Michigan State University Extension, http://msue.anr.msu.edu/news.



[ Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2025-12-14 ]

Sowers K.E., Pan W.L., Miller B.C., Smith J.L. 1994. Nitrogen use efficiency of split nitrogen applications in soft white winter wheat. Agronomy Journal 86: 942-948.

Sturm M., Kacjan-Marsic N., Zupanc V., Bracic-Zeleznik B., Lojen S., Pintar M. 2010. Effect of different fertilization and irrigation practices on yield, nitrogen uptake and fertilizer use efficiency of white cabbage (*Brassica oleracea var. capitata* L.). Science Horticulre Journal, 125 (2): 103-109.

Talliee A.A., Bahramy N. 2003. The effects of rainfall and temperature on the yield of dryland wheat in Kermanshah province. Iranian Journal of Soil and Water Science, 17 (1): 106-113.

Tavakoli A., Oweis T., Farahani H., Ashrafi S., Hormoz A., Siadat H., Liaghat A. 2010. Improving rainwater productivity with supplemental irrigation in upper Karkheh River Basin of Iran. International Center for Agricultural Research in the Dry Areas (ICARDA), Aleppo, Syria.

Van Herwaarden A.F., Richards R.A., Farquhar G.D., Angus J.F. 1998. 'Haying-off', the negative grain yield response of dryland wheat to nitrogen fertilizer. III. The influence of water deficit and heat shock. Australian Journal of Agricultural Research, 49: 1095-1110.

Walsh O.S., Christiaens R.J. 2016. Relative efficacy of liquid nitrogen fertilizers in dryland spring wheat. International Journal of Agronomy (Open access article ID 6850672), 9 p.

Zadoks, J.C., Chang T.T., Konzak C.F. 1974. A decimal code for the growth stages of cereals. Weed Research, 14: 415-421.

[ Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2025-12-14 ]