



به‌زرعی کشاورزی

دوره ۲۴ ■ شماره ۳ ■ پاییز ۱۴۰۱

صفحه‌های ۸۴۰-۸۲۵

DOI: 10.22059/jci.2022.327287.2584

مقاله پژوهشی:

بررسی شاخص‌های انتقال مجدد در گندم تحت تأثیر تراکم کاشت و مقادیر کود نیتروژن

حمیدرضا سارلی^{۱*}، عباس بیابانی^۲، حسین صبوری^۳، رحمت‌اله محمدی گنبد^۳

۱. دانشجوی دکتری، گروه تولیدات گیاهی، دانشکده علوم کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبدکاووس، گنبدکاووس، ایران.

۲. دانشیار، گروه تولیدات گیاهی، دانشکده علوم کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبدکاووس، گنبدکاووس، ایران.

۳. محقق، بخش تحقیقات علوم زراعی-باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، گرگان، ایران.

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۰/۰۹/۲۸

تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۰/۰۶/۲۰

چکیده

این آزمایش به منظور مطالعه تأثیر تراکم بذر در زمان کاشت و مقادیر مختلف کاربرد کود نیتروژن بر شاخص‌های انتقال مجدد گندم (رقم قابوس) در مزرعه ایستگاه تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی گنبدکاووس به مدت دو سال (۱۳۹۷-۹۸ و ۱۳۹۹-۱۳۹۸) در سه تکرار و به صورت اسپلیت-پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی انجام شد. در کرت‌های اصلی، سطوح نیتروژن خالص شامل صفر (شاهد)، ۴۶، ۹۲ و ۱۳۸ کیلوگرم در هکتار از منبع آورده و در کرت‌های فرعی، تراکم کاشت در شش سطح (۱۵۰، ۲۲۵، ۳۰۰، ۳۷۵، ۴۵۰ و ۵۲۵ بذر در هر مترمربع) قرار گرفت. جهت مطالعه فرایند انتقال مجدد مواد فتوسنتزی به دانه، انتقال مواد فتوسنتزی به تفکیک از برگ‌ها، ساقه اصلی (بدون برگ) و اجزای سنبله بدون دانه بررسی شدند. نتایج نشان داد که از نظر درصد نیتروژن دانه و صفات انتقال مجدد گندم اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای تراکم کاشت، کود نیتروژن و اثر متقابل تراکم کاشت × کود وجود داشت. بالاترین درصد نیتروژن دانه (۱/۸۷ درصد) در تیمار ۱۳۸ کیلوگرم در هکتار نیتروژن و ۴۵۰ بذر در مترمربع حاصل شد. در سال اول، بالاترین انتقال مجدد از گیاه (۰/۵۲۸ گرم در گیاه) در تیمار ۹۲ کیلوگرم در هکتار نیتروژن و ۳۷۵ بذر در مترمربع و در سال دوم، در تیمار شاهد، بالاترین میزان انتقال مجدد (۰/۳۴۵ گرم در گیاه)، در تراکم کاشت ۳۰۰ بذر در مترمربع مشاهده شد و پس از آن با افزایش تراکم کاشت، از میزان انتقال مجدد کاسته شد.

کلیدواژه‌ها: درصد نیتروژن دانه، سهم انتقال مجدد، شاخص برداشت نیتروژن، کارایی انتقال مجدد، میزان انتقال مجدد.

Evaluation of Remobilization Indices in Wheat as Affected by Planting Density and Amounts of Nitrogen Fertilizer

Hamidreza Sarli^{1*}, Abbas Biabani², Hossein Sabouri², Rahmatollah Mohammadi Gonbad³

1. Ph.D. Student, Department of Plant Production, Faculty of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gonbad Kavous University, Gonbad Kavous, Iran.

2. Associate Professor, Department of Plant Production, Faculty of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gonbad Kavous University, Gonbad Kavous, Iran.

3. Researcher, Horticulture-Crops Research Department, Golestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Centre, AREEO, Gorgan, Iran.

Received: September 11, 2021

Accepted: December 19, 2021

Abstract

This experiment has been performed to study the effect of seed sowing density and different amounts of nitrogen fertilizer application on the remobilization indices in wheat (Qaboos cultivar) in the field of Gonbad Kavous Agricultural and Natural Resources Research Station in two years (2018-19 and 2019-20) in three replications and as a split-plot in a randomized complete block design. The main plots include pure nitrogen at four levels, i.e., 0 (control), 46, 92, and 138 kg/ha of nitrogen from urea fertilizer source, and the subplots are planting density at six levels (150, 225, 300, 375, 450, and 525 seed/m²). The remobilization photosynthetic assimilate separately from leaves, main stem (without leaves), and seedless spike components are examined to study the process of photosynthetic material transfer to seed. Results show that there has been significant differences among planting density, nitrogen fertilizer, and interaction of planting density × fertilizer treatments in terms of grain nitrogen percentage and remobilization traits of wheat. The highest percentage of grain nitrogen (1.87%) has been obtained in the treatment of 138 kg/ha nitrogen and 450 seed/m². In the first year, the highest remobilization from the plant is observed in the treatment of 92 kg/ha nitrogen and 375 seeds/m² (0.528 gr/plant), and in the second year, in the control, the highest remobilization is observed in the planting density of 300 seeds/m² (0.345 gr/plant), and then with increasing planting density, the remobilization from the plant is reduced.

Keywords: Contribution of remobilization, nitrogen harvest index, remobilization, seed nitrogen, the efficiency of remobilization.

۱. مقدمه

گندم معمولی (*Triticum aestivum* L.) از آنجایی که در محدوده وسیعی از شرایط آب و هوایی جهان رشد می‌کند، سازگارترین گونه غلات است. گندم، غذای اصلی انسان است که به‌طور مستقیم مورد استفاده و مصرف قرار می‌گیرد. از همین رو به‌عنوان یکی از اساسی‌ترین محصولات کشاورزی اهمیت ویژه‌ای داشته و تأمین آن برای جوامعی مانند ایران که جایگاه خاصی در الگوی تغذیه دارد به‌معنای ایجاد امنیت غذایی است (Khajehpour, 2013). براساس آخرین آمار، سطح زیر کشت گندم در ایران حدود ۵/۸۶ میلیون هکتار و میزان گندم تولیدی ۱۳/۷ میلیون تن برآورد شده است؛ هم‌چنین، استان گلستان از نظر تولید با حدود ۱/۲۶ میلیون تن رتبه سوم در کشور را دارد که گندم دیم با سطحی معادل ۱۸۶/۵ هزار هکتار (حدود ۶۲ درصد کشت گندم استان) جایگاه ویژه‌ای در زراعت گندم منطقه دارد (Ahmadi et al., 2020). براساس گزارش فائو، در سال ۲۰۲۰ حدود ۵۴۶ میلیون تن کود شیمیایی در جهان و در سطحی معادل ۱/۴ میلیارد هکتار استفاده شده است درحالی‌که این رقم در سال ۲۰۱۰ معادل ۱۰۰ میلیون تن بود که در ۵۰ سال اخیر رشد بی‌سابقه‌ای داشته است (FAO, 2020). هر ساله نیز انواع جدیدتر کودهای شیمیایی با فرمولاسیون‌ها و درصد متفاوت عناصر غذایی معرفی می‌شوند که این امر باعث ایجاد مشکلات جدیدتری مانند آلودگی محیط زیست در خاک‌های زراعی می‌شود (Ali & Akmal, 2020). یکی از راه‌کارهای کاهش این مشکلات زیست‌محیطی، استفاده بهینه از کودهای شیمیایی است.

نیترोजن ماده مغذی اصلی برای رشد محصولات کشاورزی است. در اکثر مناطق کشاورزی، تولید محصولات زراعی به تأمین کودهای نیترोजن برون‌زا متکی

است. بهینه‌سازی انتقال نیترोजن یک هدف مؤثر برای بهبود عملکرد غلات و کارایی استفاده از آن است. اگرچه رابطه بین تراکم، رقم و انتقال مجدد نیترोजن به‌طور عمده ناشناخته است، درک این رابطه می‌تواند انتخاب و تولید نژاد زراعی مناسب (که دارای عملکرد و بازده انتقال نیترोजن بالایی باشند) را تسهیل کند (Xing et al., 2019). نیترोजن عنصری تعیین‌کننده در تغذیه، رشد گیاه و عملکرد آن است، به‌طوری‌که میزان نیترोजن قابل دسترس برای گیاه می‌تواند میزان پروتئین دانه، محتوای کلروفیل برگ و اندازه و حجم پروتوپلاسم سلولی را افزایش دهد و هم‌چنین سطح برگ و فعالیت فتوسنتزی را تحت تأثیر قرار دهد (Zhang et al., 2020). مصرف کود نیترोजنه می‌تواند از طریق تأثیر بر خصوصیات روزنه‌ای و با افزایش دوام سطح سبز و به تعویق‌انداختن زمان رسیدگی گیاه، میزان مصرف و هدررفت آب از طریق روزنه‌ها را تحت‌الشعاع قرار دهد (Yan et al., 2021).

مواد فتوسنتزی پس از تولید به اندام‌های مختلف گیاه منتقل شده و سپس تبدیل به ترکیبات متعددی می‌شوند. بیش‌تر ترکیبات ذخیره‌ای را کربوهیدرات‌ها تشکیل می‌دهند. وقتی گیاه وارد مرحله پرشدن دانه می‌شود، گیاه مواد حاصل از فرایند فتوسنتزی را به دانه منتقل می‌کند و سپس در آنجا به‌صورت ترکیبات نشاسته‌ای ذخیره می‌شود. انتقال مواد از محلی که قبلاً ذخیره شده‌اند به محل دیگری که این مواد را دوباره استفاده می‌نمایند، انتقال مجدد مواد فتوسنتزی نامیده می‌شود (Aderi, 2016). فرایند انتقال مجدد، به‌ویژه هنگامی که فتوسنتز جاری تا حدی بر اثر تنش‌های زنده و غیرزنده محیطی مانند خشکی یا خسارت آفات و بیماری‌ها نتواند پاسخ‌گوی نیاز دانه‌های در حال رشد باشد، اهمیت فراوانی دارد (Zhou et al., 2018). در یک مطالعه،

است، زیرا اغلب با پیچیدگی صفاتی همراه است و این صفات تحت تأثیر فرایندهای مرتبط با جذب و انتقال نیتروژن، جابه‌جایی و انتقال مجدد هستند. بنابراین، آگاهی از تنظیمات ژنتیکی این فرایندها در افزایش کارایی مصرف نیتروژن بسیار مهم است (Islam et al., 2021). لذا براساس مطالب فوق و اندک‌بودن اطلاعات دقیق در زمینه تأثیر تیمارهای کود و تراکم کاشت بر انتقال مجدد، بسیار ضروری است که انتقال مجدد در گندم تحت تأثیر اثر متقابل سطوح مختلف کود نیتروژن (که پرکاربردترین کود شیمیایی است) و تراکم کاشت مورد بررسی دقیق قرار گیرد.

۲. مواد و روش‌ها

۲.۱. محل اجرا

این پژوهش، در ایستگاه تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی گنبدکاووس در شرق استان گلستان در طول جغرافیایی ۱۲ دقیقه و ۵۵ درجه شرقی و عرض جغرافیایی ۱۶ دقیقه و ۳۷ درجه شمالی و با ۴۵ متر ارتفاع از سطح دریای آزاد و متوسط بارش بلندمدت حدود ۴۵۰ میلی‌متر در دو سال زراعی ۱۳۹۷-۹۸ و ۱۳۹۸-۹۹ به‌صورت آزمایش اسپلیت‌پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. مشخصات آب و هوایی منطقه در جدول (۱) آورده شده است.

۲.۲. تیمارهای آزمایش

عامل اصلی مقادیر کود نیتروژن در چهار سطح شامل صفر (شاهد)، ۴۶، ۹۲ و ۱۳۸ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار از منبع اوره و عامل فرعی تراکم کاشت در شش سطح شامل ۱۵۰، ۲۲۵، ۳۰۰، ۳۷۵، ۴۵۰ و ۵۲۵ دانه در مترمربع با توجه به وزن هزاردانه و ارزش مصرف بذر از رقم جدید گندم دیم قابوس بود.

Qadeer et al. (2019) با بررسی تأثیر افزودن نیتروژن بر میزان نیتروژن دانه، کل نیتروژن محصول، عملکرد و سایر صفات زراعی محصول گندم در شرایط دیم نشان دادند که میزان بهینه کاربرد نیتروژن در زمان‌بندی مناسب می‌تواند باعث بهبود جذب نیتروژن توسط گیاه شود و لذا نتیجه گرفتند که کاربرد مقدار مناسب کود نیتروژن منجر به حداکثر عملکرد محصول شده و کاربرد این کود به‌عنوان یکی از پارامترهای فیزیولوژیک برای به‌زراعی محصول گندم قابل توصیه است.

طی یک پژوهش، Baral et al. (2020) با بررسی عملکرد غلات در شرایط دیم گزارش کردند که عملکرد بیش‌تر دانه می‌تواند از آسیمیلیسیون اضافی طی پرشدن دانه و انتقال مجدد از ساقه و برگ‌ها به دانه ناشی شود. آن‌ها هم‌چنین همبستگی معنی‌داری را بین انتقال مجدد از غلاف و ساقه با عملکرد دانه گزارش نمودند. در شرایط خشکی و عدم آبیاری، کاهش فتوسنتز از طریق انتقال مجدد مواد ذخیره‌ای به‌دلیل افزایش فعالیت آنزیم‌های هیدرولیزکننده، جبران می‌شود (Yang et al., 2019). در یک مطالعه، با افزایش فاصله ردیف، میزان انتقال مجدد مواد فتوسنتزی و عملکرد دانه کاهش یافت، اما کارایی و سهم انتقال مجدد مواد ذخیره‌ای افزایش یافته و افزایش تراکم بوته نیز منجر به افزایش میزان، کارایی و سهم انتقال مجدد در عملکرد دانه شد (Zhou et al., 2018).

افزایش کاربرد نیتروژن با هدف افزایش عملکرد محصول، با هزینه‌های بالاتر تولید و عواقب منفی زیست‌محیطی همراه است. در گندم، فقط یک سوم از کود نیتروژن مصرفی، در داخل گیاه استفاده می‌شود که نشان می‌دهد زمینه برای افزایش کارایی استفاده از نیتروژن وجود دارد. با این‌حال، دستیابی به کارایی مطلوب و بهینه مصرف نیتروژن دارای چالش‌هایی

جدول ۱. داده‌های آماری ایستگاه هواشناسی سینوپتیک گنبد کاووس به صورت میانگین ماهانه در دو سال اجرای آزمایش

ماه	متوسط دمای شب و روز (°C)		مجموع بارندگی (mm)		مجموع ساعات آفتابی (hrs)	
	سال اول	سال دوم	سال اول	سال دوم	سال اول	سال دوم
مهر	۲۱/۳	۲۲/۳	۳۲/۸	۲۲/۹	۱۶۱/۹	۱۶۲/۵
آبان	۱۶	۱۵/۱	۳۰/۶	۵۴/۶	۱۱۷/۳	۱۵۹/۸
آذر	۱۲/۳	۱۱/۸	۶۳/۷	۱۱/۹	۱۳۶/۴	۱۵۶/۱
دی	۱۰/۴	۱۰/۴	۸۱/۲	۱۶/۴	۱۴۷/۶	۱۹۶/۵
بهمن	۹/۲	۹/۹	۱۵۲/۳	۶۸/۴	۱۷۵/۹	۱۳۶
اسفند	۱۲/۳	۱۲/۴	۱۶۷/۱	۶۵/۹	۱۳۳/۴	۱۱۱/۳
فروردین	۱۵/۵	۱۳/۷	۵۱/۲	۹۳/۲	۲۳۹/۹	۱۹۰/۳
اردیبهشت	۲۰/۸	۱۹/۶	۴۱/۵	۴۰/۶	۲۹۶/۶	۳۰۸/۶
خرداد	۲۸/۸	۲۷/۶	۶/۳	۲/۴	۱۹۶/۵	۳۰۱/۲
میانگین	۱۶/۲۹	۱۵/۹	-	-	-	-
جمع	-	-	۶۲۶/۷	۳۷۶/۳	۱۶۵۶	۱۷۲۲/۳

۳.۲. عملیات زراعی

قبل از کشت نمونه خاک از عمق صفر تا ۳۰ سانتی متری خاک تهیه و به آزمایشگاه ارسال شد و خصوصیات آن تعیین شد که در هر دو سال آزمایش، بافت خاک سیلت‌کلی لوم بود (جدول ۲). قطعه زمین موردنظر برای انجام کاشت در سال قبل زیر کشت کلزا بوده که پس از برداشت محصول بقایای آن با یک شخم توسط گاوآهن به خاک برگردانده شده و قبل از کاشت، در رطوبت مناسب خاک، با دو دیسک عمود بر هم بستر بذر آماده شد. یک سوم کود نیتروژن موردنیاز قبل از دیسک آخر به خاک اضافه شده و مابقی کود نیتروژن طی دو مرحله (شروع پنجه‌زنی و شروع طویل شدن ساقه) به صورت سرک به خاک افزوده شد. در مجموع تعداد ۲۴ تیمار در هر تکرار اعمال شد. هر کرت شامل شش خط کاشت به طول چهار متر و فاصله خطوط کاشت ۲۰ سانتی متر بود. کاشت به صورت دستی انجام شد. فاصله بین تکرارها دو متر در نظر گرفته شد. در طول دوره رشد گیاه در هر دو سال آزمایش، انتقال مجدد مواد فتوسنتزی به دانه به تفکیک از برگ‌ها، ساقه اصلی (بدون برگ) اندازه‌گیری شد.

جدول ۲. پارامترهای فیزیکوشیمیایی خاک مزارع (عمق

۰-۳۰ سانتی متر) طی دو سال آزمایش

نوع ماده	کربن آلی (%)	pH	هدایت الکتریکی (dS.m ⁻¹)	نیتروژن کل (%)	فسفر (ppm)	پتاسیم (ppm)	سال
مواد خشتی شونده (%)							
اول	۱/۵۰	۸/۷	۱/۰۱	۰/۱۱	۱۰/۳	۸۵۳	۹/۸
دوم	۱/۲۹	۷/۵	۰/۹۴	۰/۱۳	۹/۲	۸۰۷	۹/۵

۴.۲. انتقال مجدد مواد فتوسنتزی

جهت مطالعه فرایند انتقال مجدد مواد فتوسنتزی به دانه، میزان انتقال مواد فتوسنتزی به تفکیک از برگ‌ها، ساقه اصلی (بدون برگ) و اجزای سنبله بدون دانه بررسی شدند و به‌طورکلی، نمونه‌برداری، به صورت تخریبی بود. به این صورت که قبل از مرحله ۱۳ Zadoks et al. (1974) تعداد حداقل ۳۰ بوته انتخاب شده و با روبان رنگی در هر کرت مشخص شدند و سپس دو مرحله (پنج و ده

شد. رسم نمودارها با استفاده از نرم‌افزار اکسل (نسخه ۲۰۱۳) صورت گرفت. براساس نتایج به‌دست‌آمده از سال اول آزمایش، آزمایش در سال دوم (عیناً و یا در صورت نیاز، با اعمال تغییرات) نیز اجرا شد. برای اطمینان از یکنواختی خطاهای آزمایشی، در ابتدا، آزمون بارتلت انجام و با توجه به عدم تجانس واریانس‌ها، داده‌های آزمایش مربوط به هر سال، به‌صورت جداگانه تجزیه واریانس شد.

۳. نتایج و بحث

۳.۱. درصد نیتروژن دانه

در این مطالعه مشاهده شد که اثر کود و اثر متقابل تراکم کاشت × کود بر درصد نیتروژن دانه معنی‌دار شد (جدول ۳). هم‌چنین کاربرد ۴۶ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن، پایین‌ترین مقدار نیتروژن دانه (۱/۴۵ درصد) را داشت و اختلاف معنی‌داری با سایر تیمارهای کودی داشت (شکل ۱). به‌طورکلی براساس مقایسات میانگین اثر متقابل کود نیتروژن و تراکم بذر گندم، بالاترین درصد نیتروژن دانه (۱/۸۷ درصد) در تیمار ۱۳۸ کیلوگرم در هکتار و ۴۵۰ بذر در مترمربع حاصل گردید که اختلاف معنی‌داری با سایر تیمارها نشان داد (شکل ۲). هنگامی‌که گیاه وارد مرحله پرشدن دانه می‌شود، گیاه مواد حاصل از فرایند فتوسنتزی را به دانه منتقل می‌کند و سپس در آنجا به‌صورت ترکیبات نشاسته‌ای ذخیره می‌شود؛ لذا افزایش کود نیتروژن با افزایش درصد نیتروژن دانه همراه نخواهد بود و به‌عبارت دیگر، در تیمار ۴۶ کیلوگرم در هکتار (که با کاهش معنی‌دار درصد نیتروژن دانه نسبت به شاهد همراه بود)، به‌نظر می‌رسد درصد نشاسته دانه افزایش یافته است که براساس مطالعه *Nehe et al.* (2020)، می‌تواند مربوط به فرایندهای دخیل در زمان پس از گرده‌افشانی باشد.

روز بعد از گرده‌افشانی جهت برآورد دقیق‌تر حداکثر وزن بوته‌ها) تعداد ۱۰ بوته کف‌بر شده و در آن در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد خشکانده و توزین شد و سپس در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک ۱۰ بوته دیگر بعد از جدانمودن دانه‌ها به‌همان صورت فوق‌الذکر اندازه‌گیری شده و با استفاده از روابط زیر محاسبات لازم برای برآورد این صفات صورت گرفت. روابط انتقال مجدد عبارتند از:

$$C = A - B \quad (۱)$$

$$D = (C/A) \times 100 \quad (۲)$$

$$E = (C/F) \times 100 \quad (۳)$$

$$G = F - C \quad (۴)$$

$$H = (G/A) \times 100 \quad (۵)$$

$$I = (G/F) \times 100 \quad (۶)$$

که در روابط فوق، A حداکثر وزن خشک گیاه پس از گرده‌افشانی (گرم در ۱۰ ساقه اصلی)، B حداکثر وزن خشک گیاه در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک (بدون دانه بر حسب گرم در ۱۰ ساقه اصلی)، C میزان انتقال مجدد مواد فتوسنتزی (گرم در ۱۰ ساقه اصلی)، D کارایی انتقال مجدد مواد فتوسنتزی (درصد)، E سهم انتقال مجدد (درصد)، F وزن دانه (گرم در ۱۰ ساقه اصلی)، G میزان فتوسنتز جاری (گرم در ۱۰ ساقه اصلی)، H کارایی فتوسنتز جاری (درصد)، I سهم فتوسنتز جاری (درصد) بودند (*Mi et al.*, 2003). هم‌چنین تعیین درصد نیتروژن دانه گندم براساس روش کج‌جدال (*Schuman et al.*, 1973) انجام شد.

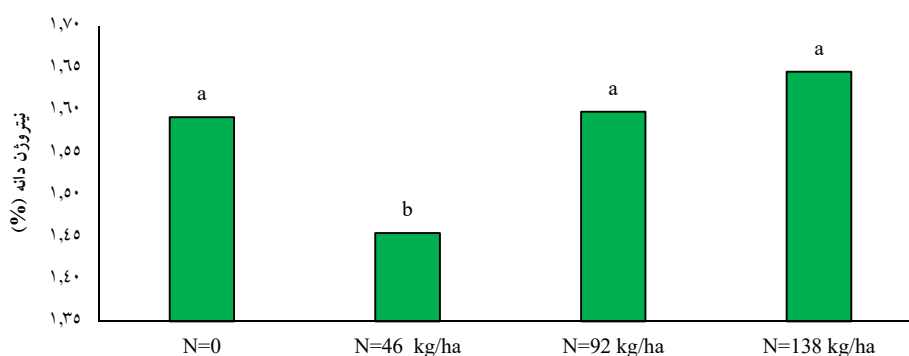
۳.۲. آنالیز داده‌ها

در پایان سال دوم داده‌های دوساله تجزیه واریانس مرکب شدند. در این پژوهش تجزیه و تحلیل صفات مورد ارزیابی و مقایسه میانگین‌ها به روش LSD در سطح ۵ درصد با استفاده از نرم‌افزار SAS (نسخه ۹/۳) و براساس دستورالعمل آزمایش‌های اسپلیت‌پلات انجام

جدول ۳. تجزیه واریانس مرکب درصد نیتروژن دانه و میزان انتقال مجدد از گیاه، سنبله، برگ‌ها و ساقه گندم

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		درصد نیتروژن دانه	انتقال مجدد از گیاه	انتقال مجدد از سنبله	انتقال مجدد از برگ‌ها
سال	۱	۰/۰۰۱ns	۷۵/۶۳**	۰/۵۷**	۰/۵۰۳**
خطای ۱	۴	۰/۰۹۰	۰/۰۱۹	۰/۰۲۳	۰/۰۵۶
کود نیتروژن	۳	۰/۲۴۳*	۷/۲۰**	۰/۵۴۰**	۰/۶۳۱**
سال × کود نیتروژن	۳	۰/۰۰۰ns	۳/۷۴**	۰/۲۷۹**	۰/۲۲۸**
خطای ۲	۱۲	۰/۰۴۷	۱/۸۶	۰/۰۸۸	۰/۰۲۹
تراکم کاشت	۵	۰/۱۴۹ns	۷/۲۶**	۰/۲۵۳**	۰/۲۵۹**
تراکم کاشت × کود	۱۵	۰/۱۶۹**	۰/۵۴*	۰/۰۴۱**	۰/۰۳۹**
سال × تراکم	۵	۰/۰۰۰ns	۰/۷۰*	۰/۰۴۸**	۰/۰۲۴**
سال × کود × تراکم	۱۵	۰/۰۰۰ns	۰/۹۹**	۰/۰۲۸**	۰/۰۷۹**
خطای ۳	۸۰	۰/۰۶۴	۰/۲۸	۰/۰۱۱	۰/۰۱۴
ضریب تغییرات (%)		۱۶/۱۶	۱۹/۶۰	۲۰/۸۶	۲۴/۲۴
			۲۶/۴۳		

ns، * و ** به ترتیب بیانگر تفاوت غیر معنی‌دار، تفاوت معنی‌دار در سطح ۵ و ۱ درصد.



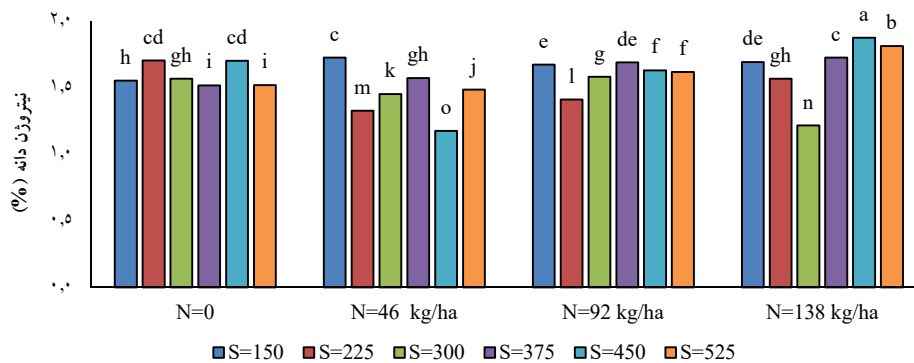
شکل ۱. مقایسه میانگین نیتروژن دانه گندم تحت تأثیر سطوح مختلف کود نیتروژن (میانگین دو سال آزمایش)

(میانگین‌های دارای حروف مشترک، در سطح پنج درصد آزمون LSD تفاوت معنی‌داری نشان نمی‌دهند.)

است که تحت شرایط بالابودن نیتروژن، با جذب نیتروژن در زمان پس از گرده‌افشانی، درصد نیتروژن دانه گندم افزایش یافت (Nehe et al., 2020) که با نتایج این مطالعه مطابقت دارد. همچنین، در این مطالعه، رشد ضعیف ریشه گندم تحت تراکم کاشت بالا، باعث ایجاد اختلال در جذب مواد مغذی از جمله نیتروژن شد که چنین روندی در تراکم کاشت ۳۰۰ بذر در مترمربع مشاهده شد (شکل ۲).

همان‌طور که در شکل (۲) قابل مشاهده است، در تیمارهای ۲۲۵، ۳۷۵، ۴۵۰ و ۵۲۵ بذر در مترمربع با افزایش کاربرد کود نیتروژن از ۴۶ به ۱۳۸ کیلوگرم در هکتار نیتروژن، درصد نیتروژن دانه گندم نیز افزایش معنی‌داری را نشان داد و به عبارت دیگر، بالاترین درصد نیتروژن دانه در این تراکم‌ها، در تیمار ۱۳۸ کیلوگرم در هکتار نیتروژن حاصل شد. در همین راستا گزارش شده

بررسی شاخص‌های انتقال مجدد در گندم تحت تأثیر تراکم کاشت و مقادیر کود نیتروژن



شکل ۲. اثر متقابل کود نیتروژن و تراکم بذر گندم (میانگین دو سال آزمایش)

(میانگین‌های دارای حروف مشترک، در سطح پنج درصد آزمون LSD تفاوت معنی‌داری نشان نمی‌دهند).

افزایش تراکم کاشت، از مقدار این صفت کاسته شد (جدول ۵). به نظر می‌رسد دلیل اصلی آن استفاده بهینه گندم از منابع محیطی در این تراکم باشد و به عبارت دیگر، افزایش تراکم کاشت گندم تا سطح مشخصی باعث افزایش میزان انتقال مجدد می‌شود. هم‌چنین، در سال اول، از نظر عددی، پایین‌ترین میزان انتقال مجدد از سنبله در تیمار عدم کاربرد کود نیتروژن و ۱۵۰ بذر در مترمربع و بالاترین آن در تیمار ۱۳۸ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن و ۳۰۰ بذر در مترمربع به دست آمد و در سال دوم، بالاترین مقدار آن در تیمار ۹۲ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن و ۳۰۰ بذر در مترمربع حاصل شد (جدول ۵). از نظر میزان انتقال مجدد از برگ، در شرایط عدم کاربرد کود نیتروژن (شاهد کودی) بالاترین مقدار آن در سال اول و دوم به ترتیب در تیمارهای ۵۲۵ و ۳۰۰ بذر در مترمربع و پایین‌ترین مقدار آن در هر دو سال آزمایش، در تیمار ۱۵۰ بذر در مترمربع به دست آمد (جدول ۵). علاوه بر این، مقایسه میانگین میزان انتقال مجدد از ساقه نشان داد که در تیمار عدم مصرف کود، در سال اول اختلاف معنی‌داری بین تراکم‌های مختلف کاشت مشاهده نشد اما در سال دوم، بالاترین و پایین‌ترین مقدار آن به ترتیب در تیمارهای ۳۰۰ و ۱۵۰ بذر در مترمربع حاصل شد (جدول ۵).

گزارش شده است که با افزایش انتقال مجدد مواد مغذی از اندام‌های رویشی به اندام‌های زایشی توسعه یافته، برخی ژنوتیپ‌ها نیتروژن دانه بیش‌تری را نشان می‌دهند و در مقابل، با توجه به حفظ بیش‌تر مواد مغذی در قسمت‌های رویشی به جای تأمین تشکیل دانه، کاهش عملکرد دانه بیش‌تر در سایر ژنوتیپ‌ها تحت تراکم کاشت بالا مشاهده شد (Ren *et al.*, 2020).

۲.۳. میزان انتقال مجدد

براساس نتایج تجزیه واریانس مرکب، از نظر میزان انتقال مجدد از گیاه، سنبله، برگ‌ها و ساقه گندم اختلاف معنی‌داری بین دو سال آزمایش وجود داشت (جدول ۳) و تجزیه واریانس میزان انتقال مجدد به تفکیک سال نیز نشان داد که تأثیر تیمارهای اصلی کود (به جز میزان انتقال مجدد از ساقه در سال دوم) و تراکم کاشت و اثرات متقابل تراکم کاشت × کود، نیز بر این صفات معنی‌دار بود (جدول ۴).

در سال اول مشاهده شد که از نظر عددی، بالاترین انتقال مجدد از گیاه در تیمار ۹۲ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن و ۳۷۵ بذر در مترمربع مشاهده شد و در سال دوم، در تیمار شاهد، بالاترین میزان انتقال مجدد، در تراکم کاشت ۳۰۰ بذر در مترمربع مشاهده شد و پس از آن با

جدول ۴. تجزیه واریانس میزان انتقال مجدد از گیاه، سنبله، برگ‌ها و ساقه گندم به تفکیک دو سال زراعی

میانگین مربعات								درجه آزادی	منابع تغییر
انتقال مجدد از ساقه		انتقال مجدد از برگ‌ها		انتقال مجدد از سنبله		انتقال مجدد از گیاه			
سال اول	سال دوم	سال اول	سال دوم	سال اول	سال دوم	سال اول	سال دوم		
۰/۰۳۵ ns	۰/۰۸ ns	۰/۰۱۲ ns	۰/۰۰۶ ns	۰/۰۰۳*	۰/۰۰۷ ns	۰/۰۰۶ ns	۰/۰۰۳ ns	۲	تکرار
۶/۳۵**	۰/۱۶ ns	۰/۷۷**	۰/۰۸۰*	۰/۶۶۷**	۰/۱۴*	۱۰/۳۸**	۰/۵۵**	۳	کود
۳/۶۸	۰/۰۵	۰/۰۴۹	۰/۰۰۸	۰/۱۵۸	۰/۰۱۸	۳/۶۸	۰/۰۴۵	۶	خطای ۱
۱/۵۹**	۱/۸۴**	۰/۱۴۷**	۰/۱۳۶**	۰/۱۱۴**	۰/۱۸۷**	۳/۳۲**	۴/۶۴**	۵	تراکم کاشت
۰/۶۵ ns	۰/۲۹**	۰/۰۵۵**	۰/۰۶۴**	۰/۰۳۱**	۰/۰۳۸**	۱/۱۴*	۰/۳۹**	۱۵	تراکم × کود
۰/۳۶	۰/۰۴	۰/۲۰	۰/۰۰۸	۰/۱۰۷	۰/۰۱۳	۰/۵۱	۰/۰۴۷	۴۰	خطای ۲
۲۶/۱۵	۱۸/۲۰	۲۶/۱۰	۲۰/۳۴	۱۷/۸۴	۱۴/۶۸	۲۰/۹۵	۱۰/۹۱		ضریب تغییرات (%)

ns * و ** به ترتیب بیانگر تفاوت غیر معنی‌دار، تفاوت معنی‌دار در سطح ۵ و ۱ درصد.

جدول ۵. مقایسه میانگین میزان انتقال مجدد

میزان انتقال مجدد (g/10 plants)								تیمارها	
از ساقه		از برگ‌ها		از سنبله		از گیاه		تراکم کاشت (Seed/m ²)	مقدار کود (kg/ha)
سال اول	سال دوم	سال اول	سال دوم	سال اول	سال دوم	سال اول	سال دوم		
۱/۳۲g	۰/۳۱m	۰/۱۱j	۰/۲۳k	۰/۱۶m	۰/۲۲kl	۱/۵۸i	۰/۷۶j	۱۵۰	
۱/۷۱fg	۱/۴۱b-e	۰/۱۹ij	۰/۲۹ijk	۰/۲۸klm	۰/۲۴kl	۲/۱۸hi	۱/۹۴ef	۲۲۵	
۱/۶۱fg	۲/۲۲a	۰/۲۴ij	۰/۶۹b	۰/۳۶i-l	۰/۵۴c-f	۲/۲۱hi	۳/۴۵a	۳۰۰	صفر
۱/۹۰efg	۱/۶۳bc	۰/۲۹hij	۰/۳۳g-k	۰/۴۱h-k	۰/۴۶d-j	۲/۶۰ghi	۲/۴۱bcd	۳۷۵	
۲/۰۵c-g	۰/۵۵klm	۰/۳۷ghi	۰/۲۶jk	۰/۴۵g-j	۰/۳۳g-l	۲/۸۷fgh	۱/۴۱i	۴۵۰	
۲/۰۰d-g	۰/۶۳klm	۰/۴۱f-i	۰/۲۳k	۰/۵۲f-i	۰/۲۸i-l	۲/۹۴e-h	۱/۱۵i	۵۲۵	
۲/۴۴b-f	۰/۴۰lm	۰/۵۶c-g	۰/۴۳e-h	۰/۲۳lm	۰/۴۰f-k	۲/۹۴e-h	۱/۲۳hi	۱۵۰	
۳/۲۸ab	۱/۵۷bcd	۰/۲۱ij	۰/۴۷d-g	۰/۳۱j-m	۰/۴۷c-i	۳/۸۱def	۲/۵۱bc	۲۲۵	
۳/۱۳ab	۱/۷۰b	۰/۵۸c-g	۰/۸۶a	۰/۵۱f-i	۰/۶۴a-d	۴/۲۱a-d	۳/۳۵a	۳۰۰	۴۶
۳/۷۶a	۱/۳۰c-f	۰/۶۷b-e	۰/۵۹bcd	۰/۵۷e-h	۰/۶۵abc	۵/۰۱abc	۲/۵۴bc	۳۷۵	
۲/۸۲a-e	۱/۱۷e-h	۰/۶۱c-f	۰/۲۹h-k	۰/۶۴c-f	۰/۵۱c-g	۴/۰۷b-e	۱/۹۶ef	۴۵۰	
۲/۴۵b-f	۱/۰۷f-i	۰/۵۱e-h	۰/۲۷jk	۰/۵۸e-h	۰/۴۵e-j	۳/۵۳d-g	۱/۷۸fg	۵۲۵	
۲/۹۴a-d	۰/۵۷klm	۰/۵۳efg	۰/۴۲e-i	۰/۶۰efg	۰/۳۳g-l	۴/۰۷b-e	۱/۳۱hi	۱۵۰	
۳/۰۰abc	۱/۱۶e-h	۰/۷۲a-e	۰/۴۸def	۰/۷۱b-e	۰/۴۸c-h	۴/۴۳a-d	۲/۱۲def	۲۲۵	
۳/۳۲ab	۱/۴۱b-e	۰/۹۴a	۰/۴۵d-g	۰/۸۰abc	۰/۸۰a	۵/۰۶ab	۲/۶۵b	۳۰۰	۹۲
۳/۵۰a	۱/۰۷f-i	۰/۹۴a	۰/۵۴cde	۰/۸۳ab	۰/۶۱b-e	۵/۲۸a	۲/۲۲cde	۳۷۵	
۱/۸۲efg	۰/۹۷g-j	۰/۷۱a-e	۰/۴۰e-j	۰/۸۱abc	۰/۵۵c-f	۳/۳۴-hi	۱/۹۱ef	۴۵۰	
۱/۳۱g	۰/۶۷jkl	۰/۴۰f-i	۰/۳۹f-j	۰/۵۴e-h	۰/۴۴e-j	۲/۲۵hi	۱/۵۲gh	۵۲۵	
۱/۵۱fg	۰/۸۲ijk	۰/۵۶d-g	۰/۲۹h-k	۰/۷۰b-e	۰/۱۶l	۲/۷۷f-i	۱/۲۷hi	۱۵۰	
۱/۸۳efg	۰/۸۴h-k	۰/۶۶cde	۰/۲۸ijk	۰/۷۸a-d	۰/۷۸ab	۳/۲۸d-h	۱/۹۱ef	۲۲۵	
۱/۹۰efg	۱/۲۸d-g	۰/۹۱ab	۰/۴۲e-i	۰/۹۱a	۰/۴۹c-h	۳/۸۳d-f	۲/۱۹cde	۳۰۰	۱۳۸
۲/۳۳b-f	۱/۲۴d-g	۰/۷۸a-d	۰/۶۵bc	۰/۸۳ab	۰/۵۰c-h	۳/۹۴b-f	۲/۳۹bcd	۳۷۵	
۱/۹۰efg	۱/۰۷efg	۰/۷۹abc	۰/۵۹bcd	۰/۷۸a-d	۰/۳۲h-l	۳/۴۷d-g	۱/۹۸ef	۴۵۰	
۱/۶۹fg	۰/۱۲۱efg	۰/۵۷c-g	۰/۵۸bcd	۰/۶۲d-g	۰/۲۸jkl	۲/۸۸e-h	۲/۰۷def	۵۲۵	
۰/۹۹	۰/۳۲	۰/۲۳	۰/۱۴	۰/۱۷	۰/۱۸	۱/۱۸	۰/۳۵		LSD _{0.05}

میانگین‌های دارای حروف مشترک، در سطح پنج درصد آزمون LSD تفاوت معنی‌داری نشان نمی‌دهند.

بررسی شاخص‌های انتقال مجدد در گندم تحت تأثیر تراکم کاشت و مقادیر کود نیتروژن

(2015) نیز زیست‌توده و نسبت توزیع نیتروژن در دانه با تراکم بیش‌تر و کاربرد بالای نیتروژن را ثبت کردند که با نتایج این مطالعه در سال دوم مطابقت دارد.

۳.۳. سهم انتقال مجدد

نتایج تجزیه واریانس مرکب حاکی از آن بود که به‌طور کلی سهم انتقال مجدد از گیاه، سنبله و برگ‌های گندم بین دو سال آزمایش اختلاف معنی‌داری را نشان داد (جدول ۶). هم‌چنین تجزیه واریانس سهم انتقال مجدد به تفکیک دو سال آزمایش نیز نشان داد که تأثیر تیمار اصلی تراکم کاشت و اثر متقابل تراکم کاشت × کود بر سهم انتقال مجدد از گیاه، سنبله، برگ‌ها و ساقه معنی‌دار بود (جدول ۷).

علاوه بر این، در سال اول، نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل تراکم کاشت × کود بر سهم انتقال مجدد از گیاه نشان داد که از نظر عددی، بالاترین مقدار آن در تیمار ۶ کیلوگرم در هکتار نیتروژن و ۳۷۵ بذر در مترمربع مشاهده شد و در سال دوم، در تیمار شاهد، بالاترین میزان انتقال مجدد، در تراکم کاشت ۳۰۰ بذر در مترمربع مشاهده شد و پس از آن با افزایش تراکم کاشت، از مقدار این صفت کاسته شد (جدول ۸).

هم‌چنین، در تیمار شاهد عدم کاربرد کود نیتروژن در سال اول مطالعه، افزایش تراکم بذر در زمان کاشت، با افزایش میزان انتقال مجدد از اندام‌های مورد مطالعه همراه بود در صورتی‌که در سال دوم، در این تیمار شاهد، با افزایش تراکم بذر تا تعداد بذر ۳۷۵ عدد در مترمربع، میزان انتقال مجدد از اندام‌ها افزایش یافت و بعد از افزایش تراکم بذر باعث کاهش میزان انتقال مجدد شد (جدول ۵).

شیوه‌ها و تراکم‌های مختلف کشت می‌تواند میزان جذب مواد مغذی در مراحل مختلف رشد گیاه زراعی را تغییر دهد. اثرات تراکم گیاه بر نیتروژن پس از کاشت می‌تواند سال به سال ناسازگار باشد (همانند آنچه در این مطالعه نیز مشاهده شد)، اما یکی از تأثیرات منفی تراکم بالاتر کاشت گیاه زراعی بر نیتروژن، ممکن است مربوط به محتوای بالاتر برگ نیتروژن باشد که تجمع زیست‌توده برگ، در تراکم بالا رخ می‌دهد (Ciampitti et al., 2013). گزارش شده است که بیش‌تر مواد مغذی هنگام ظهور ریشک خوشه و در ساقه و برگ وجود دارد و در مراحل بعدی، میزان انتقال مجدد مواد مغذی به دانه افزایش می‌یابد (Ren et al., 2020) و به‌نظر می‌رسد زمان کاربرد کود نیتروژن نیز بر میزان انتقال مجدد بدون تأثیر نخواهد بود. در یک مطالعه دیگر، Chen et al.

جدول ۶. تجزیه واریانس مرکب سهم انتقال مجدد گیاه، سنبله، برگ‌ها و ساقه گندم

میانگین مربعات				درجه آزادی	منابع تغییر
ساقه	برگ‌ها	سنبله	گیاه		
۱۷/۳۷ ns	۳۳۰/۲**	۳۳۱/۸**	۱۱۲۹/۸**	۱	سال
۳۰/۸۲	۰/۸۰	۲/۷۹	۳۲/۵	۴	خطای ۱
۱۹۶/۰۴**	۷۳/۵**	۷۶/۶۸**	۶۴۹/۰**	۳	کود
۱۶۴/۹۰**	۱۳/۹۷**	۲۵/۳۶**	۶۳/۴۴ ns	۳	سال × کود
۱۸/۹۰	۶/۲۱	۹/۶۷	۲۰۸/۸	۱۲	خطای ۲
۵۴۷/۳۸**	۶۲/۶**	۷۰/۵۴**	۱۵۷۵/۹**	۵	تراکم کاشت
۵۴/۲۴**	۱۷/۱**	۶/۸۲*	۷۵/۰ ns	۱۵	تراکم کاشت × کود
۲۲۵/۴**	۲۲/۹۵**	۲۳/۶**	۵۳۰/۳**	۵	سال × تراکم
۷۷/۴۴**	۲۲/۲۰**	۶/۱۵ ns	۱۴۰/۸**	۱۵	سال × کود × تراکم
۱۵/۶۰	۲/۵۹	۳/۵۵	۵۳/۸۱	۸۰	خطای ۳
۱۹/۳۹	۲۴/۳۷	۲۷/۸۳	۲۱/۸۱		ضریب تغییرات (%)

ns، * و ** به ترتیب بیانگر تفاوت غیر معنی‌دار، تفاوت معنی‌دار در سطح ۵ و ۱ درصد.

جدول ۷. تجزیه واریانس سهم انتقال مجدد از گیاه، سنبله، برگها و ساقه گندم به تفکیک دو سال زراعی

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات					
		انتقال مجدد از گیاه		انتقال مجدد از سنبله		انتقال مجدد از برگها	
		سال دوم	سال اول	سال دوم	سال اول	سال دوم	سال اول
تکرار	۲	۵۸/۷ ns	۶/۴ ns	۱/۴ ns	۴/۱۹ ns	۰/۲ ns	۱/۴ ns
کود	۳	۳۲۱/۱*	۳۹۱/۴ ns	۶۱/۶**	۴۰/۴۴ ns	۵۵/۱*	۳۲/۴**
خطای ۱	۶	۵۹/۶	۳۵۸	۳/۲	۱۶/۱۹	۱۰/۴	۲/۲
تراکم کاشت	۵	۱۸۳/۱**	۳۰۲/۵**	۷۶/۳**	۱۷/۹۸**	۷۴/۲**	۱۱/۴**
تراکم × کود	۱۵	۱۴۴/۱**	۳۷۲/۰**	۱۱/۳*	۱۹/۶۹**	۳۲/۲**	۷/۲**
خطای ۲	۴۰	۵۶/۳	۵۱/۴	۵/۸	۱/۳۱	۳/۷	۱/۴
ضریب تغییرات (%)		۲۰/۵۸	۱۹/۲۴	۱۹/۰۴	۲۱/۷۸	۲۰/۹۳	۱۹/۶۲

ns و ** به ترتیب بیانگر تفاوت غیر معنی دار، تفاوت معنی دار در سطح ۵ و ۱ درصد.

جدول ۸. مقایسه میانگین سهم انتقال مجدد از گیاه، سنبله، برگها و ساقه گندم به تفکیک دو سال زراعی

مقدار کود (kg/ha)	تراکم کاشت (Seed/m ²)	سهم انتقال مجدد (%)					
		از گیاه		از سنبله		از برگها	
		سال دوم	سال اول	سال دوم	سال اول	سال دوم	سال اول
۱۵۰	۱۰/۱۱i	۱۳/۶۲j	۲/۹۲ij	۱/۳۷l	۲/۹۳j	۶/۴۰a-e	۷/۷۸l
۲۲۵	۲۹/۴۸fgh	۱۹/۶۸ij	۳/۷۴hij	۲/۴۸jkl	۴/۳۶ij	۱/۷۶l	۱۸/۴۲f-i
۳۰۰	۵۶/۲۶ab	۲۱/۲۱hij	۸/۶۸c-g	۳/۴۹ijk	۱۱/۱۴bcd	۲/۴۰jkl	۲۵/۸۸abc
۳۷۵	۴۳/۴۲cde	۲۷/۵۸c-i	۸/۱۹c-g	۴/۳۴g-j	۵/۸۹f-j	۳/۰۲i-l	۲۴/۷۸a-d
۴۵۰	۲۱/۱۰ghi	۳۲/۱۷a-h	۶/۰۷f-j	۵/۱۰e-i	۴/۸۲hij	۴/۱۰f-j	۱۶/۵۶g-k
۵۲۵	۲۰/۹۷ghi	۳۳/۶۵a-g	۵/۱۳g-j	۶/۱۸a-g	۴/۲۲ij	۴/۹۱e-i	۱۷/۰۹g-j
۱۵۰	۱۶/۲۶i	۲۵/۱۸e-i	۵/۲۱g-j	۱/۹۳kl	۵/۸۰f-j	۲/۱۵kl	۱۳/۱۷jk
۲۲۵	۴۰/۳۳c-f	۳۱/۶۴b-h	۷/۵۳d-h	۲/۶۴jkl	۷/۵۸e-h	۱/۷۸l	۲۶/۲۲abc
۳۰۰	۶۲/۴۳a	۳۴/۰۱a-f	۱۱/۹۵abc	۳/۹۷hij	۱۸/۹۷a	۴/۵۱e-i	۲۸/۵۲a
۳۷۵	۴۳/۳۵cde	۴۳/۷۱a	۱۱/۲۰a-d	۵/۰۳e-i	۱۰/۰۷cde	۵/۹۸b-g	۲۷/۳۹ab
۴۵۰	۳۴/۲۹ef	۳۸/۱۱abc	۸/۹۳c-g	۵/۸۹b-g	۴/۸۷g-j	۵/۵۷d-h	۲۳/۵۷b-e
۵۲۵	۳۸/۸۲c-f	۳۲/۵۲a-h	۹/۸۸b-f	۵/۳۴e-i	۵/۷۸f-j	۴/۷۱e-i	۲۲/۸۲b-f
۱۵۰	۲۰/۹۷ghi	۳۱/۴۱c-i	۵/۲۳g-j	۴/۵۶f-i	۶/۶۴f-i	۴/۰۸g-k	۱۵/۹۳h-k
۲۲۵	۳۵/۵۵def	۳۷/۶۲a-d	۸/۰۸c-g	۶/۱۰b-g	۸/۰۲d-g	۶/۱۳b-f	۲۲/۴۳c-f
۳۰۰	۵۰/۵۳abc	۳۸/۶۲abc	۱۴/۰۷a	۶/۱۶a-g	۸/۷۹def	۷/۱۷a-d	۲۶/۴۸abc
۳۷۵	۴۳/۳۷cde	۴۳/۲۷ab	۱۱/۹۰abc	۶/۸۳a-e	۱۰/۷۷bcd	۷/۷۲abc	۲۴/۷۱a-d
۴۵۰	۴۰/۶۰c-f	۳۲/۹۱a-h	۱۱/۷۸abc	۸/۰۲a	۸/۵۳def	۷/۰۴a-d	۱۸/۹۷e-i
۵۲۵	۳۳/۰۵efg	۲۴/۱۹f-j	۹/۶۰c-f	۵/۸۸c-g	۸/۷۰def	۴/۰۰h-k	۱۴/۳۷ijk
۱۵۰	۱۷/۷۱hi	۲۱/۹۱g-j	۲/۱۹j	۵/۵۳d-h	۴/۰۵ij	۴/۳۹f-i	۱۱/۷۲kl
۲۲۵	۳۴/۰۶ef	۲۵/۹۴d-i	۱۳/۶۰ab	۶/۲۰a-g	۵/۱۵g-j	۵/۲۱d-h	۱۵/۲۵h-k
۳۰۰	۱۴/۸۷cde	۳۰/۶۲c-i	۹/۵۷c-f	۷/۳۷a-d	۸/۰۰d-h	۸/۱۵a	۱۹/۷۰e-h
۳۷۵	۴۹/۲۴bc	۳۶/۱۲a-e	۱۰/۲۳a-e	۷/۶۴abc	۱۳/۵۰b	۷/۰۷a-d	۲۳/۴۶b-e
۴۵۰	۴۳/۰۴cde	۳۴/۶۶a-f	۷/۰۷e-h	۷/۷۸ab	۱۲/۹۲bc	۷/۹۶ab	۲۰/۹۹d-g
۵۲۵	۴۷/۶۱bcd	۲۹/۶۵c-i	۶/۳۵e-i	۶/۳۹a-f	۱۳/۳۶b	۵/۹۰c-h	۲۲/۶۳b-f
LSD _{0.05}		۱۱/۸۲	۳/۹۷	۱/۸۹	۳/۱۹	۱/۹۸	۴/۸۳

میانگین‌های دارای حروف مشترک، در سطح پنج درصد آزمون LSD تفاوت معنی داری نشان نمی‌دهند.

بررسی شاخص‌های انتقال مجدد در گندم تحت تأثیر تراکم کاشت و مقادیر کود نیتروژن

کلی کارایی انتقال مجدد از گیاه، سنبله، برگ‌ها و ساقه گندم بین دو سال آزمایش اختلاف معنی‌داری را نشان داد و تأثیر تیمارهای اصلی کود و تراکم کاشت و اثر متقابل تراکم کاشت × کود بر چهار صفت فوق معنی‌دار بود (جدول ۹).

هم‌چنین، نتایج حاصل از تجزیه واریانس کارایی انتقال مجدد از گیاه، سنبله، برگ‌ها و ساقه گندم (به تفکیک دو سال زراعی) حاکی از آن بود که تأثیر تیمارهای اصلی کود (به‌جز کارایی انتقال مجدد از گیاه در سال اول) و تراکم کاشت و اثر متقابل تراکم کاشت × کود در هر دو سال بر چهار صفت فوق معنی‌دار بود (جدول ۱۰).

در این مطالعه، در بررسی روند کلی کارایی انتقال مجدد از گیاه در سال اول، مشاهده شد که بیش‌ترین تغییرات ناشی از افزایش تراکم کاشت بذر، در تیمار ۹۲ کیلوگرم در هکتار نیتروژن مشاهده شد و از سوی دیگر، این صفت در شرایط عدم کاربرد کود نیتروژن، کم‌ترین واکنش را نسبت به افزایش تراکم کاشت بذر گندم نشان داد (شکل ۳). در یک مطالعه دیگر، گزارش شده است که کاربرد کم نیتروژن باعث افزایش کارایی انتقال مجدد نیتروژن می‌شود (Chen et al., 2016). هم‌چنین، Ciampitti et al. (2013) گزارش کردند که تمام کارایی‌های داخل گیاه با افزایش میزان نیتروژن بهبود می‌یابد، اما با افزایش تراکم گیاه کاهش می‌یابد.

هم‌چنین، در سال اول، از نظر عددی، پایین‌ترین سهم انتقال مجدد از سنبله در تیمار عدم کاربرد کود نیتروژن و ۱۵۰ بذر در مترمربع و بالاترین آن در تیمار ۹۲ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن و ۴۵۰ بذر در مترمربع مشاهده شد و در سال دوم، بالاترین مقدار آن در تیمار ۹۲ کیلوگرم در هکتار نیتروژن و ۳۰۰ بذر در مترمربع مشاهده شد (جدول ۸). از نظر سهم انتقال مجدد از برگ، در شرایط عدم کاربرد کود نیتروژن (شاهد کودی) بالاترین مقدار آن در سال اول و دوم به‌ترتیب در تیمارهای ۱۵۰ و ۳۰۰ بذر در مترمربع و پایین‌ترین مقدار آن در سال اول و دوم به‌ترتیب در تیمارهای ۲۲۵ و ۱۵۰ بذر در مترمربع به‌دست آمد (جدول ۸). علاوه بر این، مقایسه میانگین سهم انتقال مجدد از ساقه نشان داد که در تیمار عدم مصرف کود، اختلاف معنی‌داری بین تراکم‌های مختلف کاشت مشاهده شد و بالاترین و پایین‌ترین مقدار آن به‌ترتیب در تیمارهای ۳۰۰ و ۱۵۰ بذر در مترمربع حاصل شد که البته تیمار ۳۰۰ بذر در مترمربع اختلاف معنی‌داری با تیمار ۳۷۵ بذر در مترمربع نداشت (جدول ۸).

۳.۴. کارایی انتقال مجدد

به‌طور کلی نتایج تجزیه واریانس مرکب نشان داد که به‌طور

جدول ۹. تجزیه واریانس مرکب کارایی انتقال مجدد گیاه، سنبله، برگ‌ها و ساقه گندم

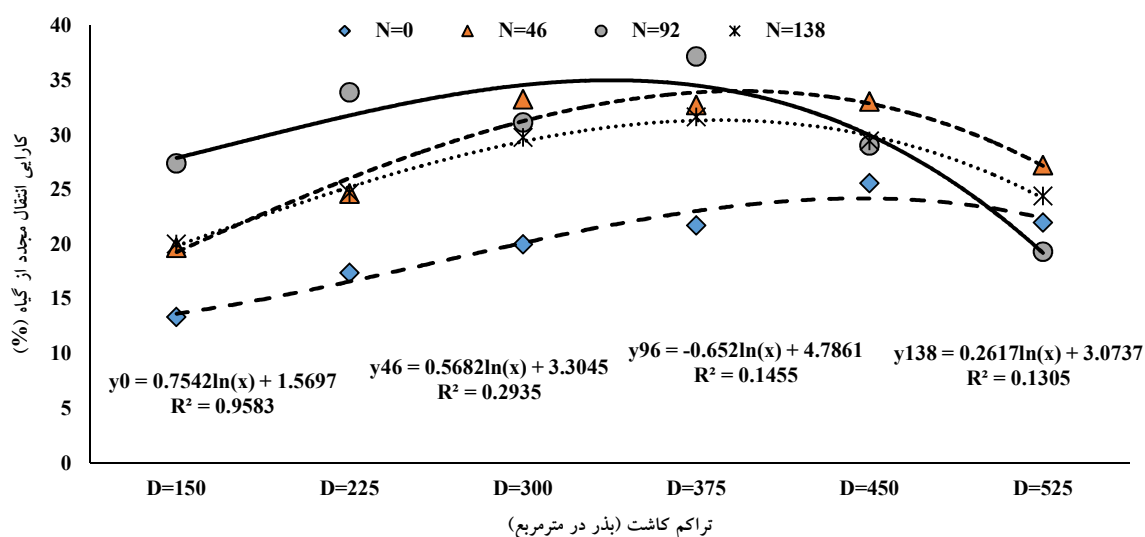
منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات		
		گیاه	سنبله	برگ‌ها
سال	۱	۲۵۲۲/۵**	۳۴۵۵/۲**	۷۵۸۹/۸**
خطای ۱	۴	۲۸/۷۰	۲/۲۰	۶/۵۳
کود	۳	۲۹۲/۳۳**	۱۱۲/۲۶**	۱۴۵/۴**
سال × کود	۳	۸۶/۱۳**	۶۸/۶۴**	۱۵/۳۴ ns
خطای ۲	۱۲	۸۴/۳۶	۸/۴۷	۸/۲۸
تراکم کاشت	۵	۴۶۰/۰۲**	۱۲۴/۳۴**	۱۸۶/۰۳**
تراکم کاشت × کود	۱۵	۳۳/۰۸**	۲۶/۳۷**	۴۸/۷۶**
سال × تراکم	۵	۶۰/۷۶**	۷۰/۳۹**	۹۵/۵۵**
سال × کود × تراکم	۱۵	۳۹/۳۹**	۲۲/۶۳**	۵۹/۸۸**
خطای ۳	۸۰	۱۵/۴۸	۷/۵۸	۱۰/۵۵
ضریب تغییرات (%)		۱۷/۸۸	۲۹/۱۶	۲۸/۳۱

ns، * و **: به‌ترتیب بیانگر تفاوت غیر معنی‌دار، تفاوت معنی‌دار در سطح ۵ و ۱ درصد.

جدول ۱۰. تجزیه واریانس کارایی انتقال مجدد از گیاه، سنبله، برگ‌ها و ساقه گندم به تفکیک دو سال زراعی

میانگین مربعات								درجه آزادی	منابع تغییر
انتقال مجدد از ساقه		انتقال مجدد از برگ‌ها		انتقال مجدد از سنبله		انتقال مجدد از گیاه			
سال اول	سال دوم	سال اول	سال دوم	سال اول	سال دوم	سال اول	سال دوم		
۱۵/۵۵ ns	۳/۷۵ ns	۰/۳۱ ns	۱۲/۷ ns	۰/۰۴ ns	۴/۴ ns	۵۵/۸ ns	۱/۷ ns	۲	تکرار
۲۰۴/۷۴ ns	۸۷/۹۴**	۴۸/۸۵**	۱۱۱/۹**	۳۷/۰۸*	۱۴۳/۸**	۳۳۲/۵**	۴۵/۹*	۳	کود
۱۶۴/۰۳	۳۴/۱۳	۱/۷۶	۱۴/۸۱	۳/۹۴	۱۳	۱۵۹/۸	۸/۹	۶	خطای ۱
۷۴/۶۰**	۵۱۲/۰۲**	۱۵/۱۴**	۲۶۶/۴**	۱۰/۵۹**	۱۸۴/۱**	۱۹۹/۶**	۳۲۱/۲**	۵	تراکم کاشت
۱۲۲/۵**	۱۰۲/۰۷**	۲/۲۹**	۱۰۶/۳**	۱/۴۶**	۴۷/۶**	۳۱۹/۲**	۳۳/۳**	۱۵	تراکم × کود
۱۴/۹۸	۳۲/۹۱	۰/۶۴	۲۰/۴۸	۰/۵۲	۱۴/۶	۲۳/۴	۷/۵	۴۰	خطای ۲
۱۹/۱۱	۱۸/۵۸	۱۸/۹۳	۲۰/۱۵	۱۵/۸۳	۱۶/۶۹	۱۸/۴۸	۱۵/۴۰		ضریب تغییرات (%)

ns و **: به ترتیب بیانگر تفاوت غیر معنی‌دار، تفاوت معنی‌دار در سطح ۵ و ۱ درصد.



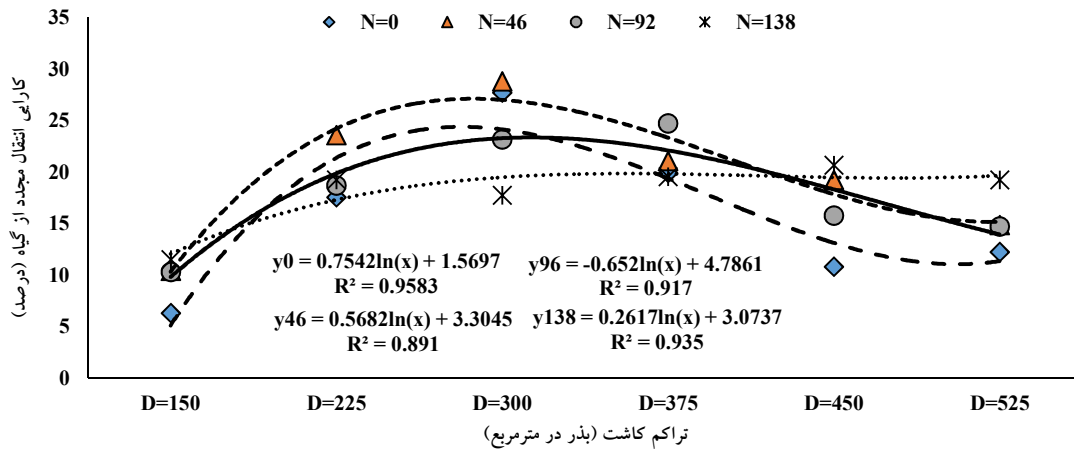
شکل ۳. کارایی انتقال مجدد از گیاه در سال اول

دانه را می‌توان از طریق ترکیبی از جذب نیتروژن پس از اعمال تراکم مناسب کاشت و جابه‌جایی مجدد از اندام‌های رویشی به‌دست آورد و کشاورزان می‌توانند این دو فرایند را با بهینه‌سازی روش‌های کشت خود تنظیم کنند (Chen *et al.*, 2016). در یک آزمایش، Mi *et al.* (2003) اظهار داشتند که واریته‌های مختلف می‌توانند به بازدهی بالاتری برسند، زیرا دوره فتوسنتز طولانی‌تری دارند.

علاوه بر این، در سال دوم، در بررسی روند کلی کارایی انتقال مجدد از گیاه، مشاهده شد که بیش‌ترین تغییرات ناشی از افزایش تراکم کاشت بذر، در تیمار شاهد مشاهده شد و از سوی دیگر، کم‌ترین واکنش در برابر افزایش تراکم کاشت بذر گندم تیمار ۱۳۸ کیلوگرم در هکتار نیتروژن مشاهده شد (شکل ۴).

پژوهش‌گران پیشنهاد کرده‌اند که کیفیت بالای غذایی

بررسی شاخص‌های انتقال مجدد در گندم تحت تأثیر تراکم کاشت و مقادیر کود نیتروژن



شکل ۴. کارایی انتقال مجدد از گیاه در سال دوم

هم‌چنین در سال اول، بالاترین کارایی انتقال مجدد از برگ‌ها (۷/۸۴ درصد) در تیمار ۱۳۸ کیلوگرم در هکتار نیتروژن و ۳۰۰ بذر در مترمربع حاصل شد و در سال دوم (۲۹/۷۲ درصد)، در تیمار ۴۶ کیلوگرم در هکتار نیتروژن و ۳۷۵ بذر در مترمربع مشاهده شد (جدول ۱۱). علاوه بر این، در سال اول بالاترین کارایی انتقال مجدد از ساقه (۲۴/۶۳ درصد) در تیمار ۴۶ کیلوگرم در هکتار نیتروژن و ۳۷۵ بذر در مترمربع حاصل شد و در سال دوم (۳۴/۳۴ درصد)، در تیمار شاهد عدم کاربرد کود نیتروژن و ۳۰۰ بذر در مترمربع مشاهده شد (جدول ۱۱). بالابودن کارایی انتقال مجدد در این تیمارها می‌تواند به دلیل بهبود شاخص برداشت نیتروژن ناشی از این مقدار کود نیتروژن و تراکم بذر باشد و به عبارت دیگر، کارایی انتقال مجدد نیتروژن از قسمت‌های رویشی گیاه به دانه با شاخص برداشت نیتروژن همبستگی مستقیم و معنی‌دار داشته (Xing *et al.*, 2019) و می‌توان عنوان نمود که در این تیمارها دلیل اصلی کارایی بالاتر در انتقال مجدد (به دلیل افزایش انتقال نیتروژن به دانه) احتمالاً بالابودن شاخص برداشت نیتروژن بوده است که لازم است تأثیر تراکم کاشت نیز در مطالعات آتی مورد بررسی دقیق‌تر قرار گیرد.

کارایی انتقال مجدد مواد مغذی بالاتر از بافت‌های رویشی منجر به پیری برگ می‌شود، به طوری که نشان داده شده است که تحریک جابه‌جایی بیش از حد فسفر از برگ در طول دوره رسیدگی فیزیولوژیک، مانع فسفوریلاسیون و متابولیسم کربوهیدرات شده و در نهایت منجر به کاهش عملکرد دانه می‌شود (Wei *et al.*, 2017). در برنج انتقال مواد مغذی از بافت‌های رویشی به ریشه نیز باعث کاهش عملکرد و کاهش کارایی استفاده از مواد مغذی می‌شود زیرا مواد مغذی بیش از حد در اندام‌های رویشی ذخیره می‌شوند (Chen *et al.*, 2014). مطالعات Ren *et al.* (2020) نشان داد که هماهنگی کارایی انتقال مجدد نیتروژن و جذب نیتروژن در مراحل پس از کاشت برای عملکرد دانه بالا و کارایی بالا استفاده از نیتروژن مهم است و به عبارت دیگر، با افزایش تراکم کاشت و افزایش نسبت جذب نیتروژن به دلیل افزایش میزان کاربرد نیتروژن، بازده انتقال مواد مغذی را افزایش داد. در این مطالعه، در سال اول، بالاترین کارایی انتقال مجدد از سنبله (۲۵/۸۵ درصد) در تیمار ۱۳۸ کیلوگرم در هکتار نیتروژن و ۲۲۵ بذر در مترمربع حاصل شد و در سال دوم (۷/۱۱ درصد)، در تیمار ۱۳۸ کیلوگرم در هکتار نیتروژن و ۳۰۰ بذر در مترمربع مشاهده شد (جدول ۱۱).

جدول ۱۱. مقایسه میانگین کارایی انتقال مجدد

کارایی انتقال مجدد (%)						تیمارها	
از ساقه		از برگ‌ها		از سنبه		تراکم کاشت (Seed/m ²)	مقدار کود (kg/ha)
سال اول	سال دوم	سال اول	سال دوم	سال اول	سال دوم		
۱۰/۸۶f	۴/۹۶k	۰/۸۹k	۹/۶۳k	۱/۴۶i	۶/۶۳i	۱۵۰	
۱۳/۵۱ef	۲۴/۴۹b-f	۱/۷۶ijk	۱۳/۷۹g-k	۲/۲۹hi	۷/۴۷hi	۲۲۵	
۱۴/۳۱def	۳۴/۳۴a	۲/۳۳hij	۳۱/۵۳ab	۳/۳۷gh	۱۴/۵۳c-g	۳۰۰	
۱۵/۸۸c-f	۲۴/۱۶c-f	۲/۴۱hij	۱۴/۷۴g-k	۳/۴۴gh	۱۵/۱۹b-f	۳۷۵	
۱۷/۹۷b-e	۱۱/۲۸h-k	۳/۴۱fgh	۱۱/۳۴jk	۴/۲۲d-g	۱۰/۴۶f-i	۴۵۰	
۱۴/۴۴def	۱۵/۴۴f-j	۲/۷۷ghi	۱۰/۱۱jk	۴/۱۵efg	۱۰/۹۶f-i	۵۲۵	
۱۵/۹۵c-f	۷/۱۳jk	۱/۴۲jk	۱۶/۴۵f-k	۱/۶۸i	۱۰/۹۵f-i	۱۵۰	
۲۱/۱۷abc	۳۳/۶۶ab	۱/۴۰jk	۱۹/۱۹d-i	۲/۰۳i	۱۳/۴۴d-h	۲۲۵	
۲۴/۵۹a	۳۲/۴۴abc	۴/۶۲def	۳۲/۵۸a	۴/۰۴fg	۱۹/۹۸abc	۳۰۰	۴۶
۲۴/۶۳a	۳۲/۰۸c-g	۴/۳۸ef	۲۰/۹۱d-g	۳/۶۹g	۱۹/۸۵abc	۳۷۵	
۲۲/۶۵ab	۲۴/۳۹b-f	۵/۰۶cde	۱۱/۸۹ijk	۵/۳۱cde	۱۸/۰۱bcd	۴۵۰	
۱۸/۸۵a-e	۱۶/۰۵e-j	۳/۹۴efg	۱۲/۹۲h-k	۴/۴۳d-g	۱۳/۹۱c-g	۵۲۵	
۱۹/۷۴a-e	۹/۰۰ijk	۳/۶۲fgh	۱۵/۱۹f-k	۴/۰۴fg	۹/۱۶f-i	۱۵۰	
۲۲/۸۶ab	۱۹/۳۳d-h	۵/۹۶bc	۲۲/۲۶c-f	۵/۴۰cd	۱۵/۳۸b-f	۲۲۵	
۲۰/۲۴a-d	۲۱/۸۷d-g	۵/۸۴bcd	۲۵/۸۶a-d	۵/۰۶c-f	۲۵/۲۳a	۳۰۰	۹۲
۲۴/۵۹a	۲۷/۵۵a-d	۶/۶۸ab	۲۵/۴۷a-d	۵/۸۹bc	۲۱/۴۰ab	۳۷۵	
۱۵/۶۸c-f	۱۴/۱۷g-k	۶/۲۶bc	۱۹/۶۹d-h	۷/۱۰a	۱۷/۴۹b-e	۴۵۰	
۱۱/۴۷f	۱۳/۹۲g-k	۳/۳۴fgh	۱۷/۱۵e-j	۴/۴۶d-g	۱۴/۳۷c-g	۵۲۵	
۱۰/۸۷f	۱۵/۳۸f-j	۴/۰۵efg	۱۲/۲۲h-k	۵/۱۳c-f	۵/۰۴i	۱۵۰	
۱۳/۵۵ef	۱۷/۸۵e-i	۵/۰۹cde	۱۴/۱۱g-k	۶/۰۷abc	۲۵/۸۵a	۲۲۵	
۱۴/۸۳c-f	۲۲/۶۱d-g	۷/۸۴a	۱۴/۳۳g-k	۷/۱۱a	۱۳/۹۶c-g	۳۰۰	۱۳۸
۱۸/۷۰a-e	۱۸/۸۲d-h	۶/۲۹bc	۲۹/۷۲abc	۶/۶۵ab	۱۴/۹۵c-g	۳۷۵	
۱۶/۰۲c-f	۲۴/۷۲b-f	۶/۷۱ab	۲۴/۲۲b-e	۶/۶۷ab	۱۱/۱۹e-i	۴۵۰	
۱۳/۹۵def	۲۵/۰۰a-e	۵/۰۴cde	۲۴/۲۸b-e	۵/۳۳cde	۸/۷۸ghi	۵۲۵	
۶/۳۸	۹/۴۶	۱/۳۱	۷/۴۶	۱/۱۸	۶/۳۱	LSD _{0.05}	

میانگین‌های دارای حروف مشترک، در سطح پنج درصد آزمون LSD تفاوت معنی‌داری نشان نمی‌دهند.

پیچیده است، زیرا هر مرحله- از جمله جذب نیتروژن، انتقال، جذب و انتقال دوباره- توسط چندین عامل تعامل ژنتیکی و محیطی مدیریت می‌شود. عوامل محدودکننده در متابولیسم گیاه برای به حداکثر رساندن کارایی انتقال مجدد در منابع کم و زیاد نیتروژن متفاوت است، که نشان‌دهنده پتانسیل زیادی برای بهبود کارایی انتقال مجدد ارقام فعلی

بهره‌وری محصول بسیار متکی به کود نیتروژن است. تولید و استفاده از کودهای نیتروژن مقدار زیادی انرژی مصرف می‌کند و مقدار اضافی آن برای محیط زیست مضر است. بنابراین، افزایش کارایی استفاده گیاه از مواد فتوسنتزی برای توسعه کشاورزی پایدار و کاهش استفاده از کودهای شیمیایی ضروری است. استفاده از نیتروژن در داخل گیاه ذاتاً

است که اصلاح شده‌اند. کاهش تلفات زیست‌محیطی و افزایش بهره‌وری از نیتروژن حاصل از محصول نیاز به هماهنگی متابولیسم کربوهیدرات و نیتروژن برای تولید بازده بالا و نیز کارایی مطلوب انتقال مجدد دارد. بهبود شاخص کارایی انتقال مجدد برای به‌دست‌آوردن جذب و استفاده از مواد مغذی، می‌تواند روش مهمی برای تولید ارقام با عملکرد بالا در آینده باشند. در یک مطالعه (Shao *et al.*, 2021) در راستای نتایج این آزمایش، مشاهده شد که افزایش تراکم گیاه باعث تشدید پیری برگ، کاهش غلظت نیتروژن، فسفر و پتاسیم در همه اندام‌ها، کاهش تجمع نیتروژن، فسفر، پتاسیم، افزایش کارایی انتقال مجدد مواد مغذی شد. لذا انتقال مجدد مواد مغذی کارآمد برای دستیابی به عملکرد بالاتر در تراکم کاشت بالا مهم است.

۴. نتیجه‌گیری

در این مطالعه، اثرات مدیریت مقدار کود نیتروژن بر میزان انتقال مواد مجدد فتوسنتزی به تفکیک از برگ‌ها، ساقه اصلی و اجزای سنبله بدون دانه در رقم قابوس گندم به شرح بالا موردبررسی قرار گرفت. اما با این وجود، پژوهش‌ها در مورد اقدامات جامع زراعی کشت (کاربرد کودهای مختلف در زمان‌های متفاوت، تراکم کاشت، تاریخ کاشت و سایر عوامل زراعی) اندک بوده و نیاز است پژوهش‌های بیشتری در این زمینه انجام گیرد. تحت تأثیر قرارگرفتن جنبه‌های مختلف انتقال مجدد در گیاه زراعی گندم در این آزمایش نشان می‌دهد عملیات زراعی نظیر کاربرد کود نیتروژن می‌تواند به‌صورت کامل کارایی انتقال مجدد مواد مغذی را به‌طور مؤثری تنظیم کند. برای بررسی دقیق‌تر این فرایند و تأثیر اقدامات زراعی نظیر کاشت بر روی خصوصیات انتقال مجدد گندم، لازم است تأثیر سایر پارامترها برای به‌دست‌آوردن کارایی بالاتر استفاده از مواد مغذی گندم ارزیابی شوند.

۵. تشکر و قدردانی

از تمامی دوستان و همکارانی که در انجام این طرح، یاری‌رسان بودند، تشکر و قدردانی می‌گردد.

۶. تعارض منافع

هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان وجود ندارد.

۷. منابع

- Aderi, O. S. (2016). Density and cultivar effects on the biomass and Crop Growth Rate of upland rice in Uyo southeastern Nigeria. *Journal of Experimental Agriculture International*, 10(3), 1-11. <https://doi.org/10.9734/AJEA/2016/20597>.
- Ahmadi, K., Ebadzadeh, H. R., Hatami, F., Abdshah, H., & Kazemian, A. (2020). *Agricultural Statistics*. Ministry of Jihad Agriculture, Deputy of Planning and Economy, Information and Communication Technology Center, Vol. 1, Crops, 2019-2020 cropping year. Tehran, Iran. 97 p. (in Persian)
- Ali, N., & Akmal, M. (2020). Morphophysiological Traits, Biochemical Characteristic and Productivity of Wheat under Water and Nitrogen-Colimitation: Pathways to Improve Water and N Uptake. In *Abiotic Stress in Plants*. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.94355>
- Baral, B. R., Pande, K. R., Gaihre, Y. K., Baral, K. R., Sah, S. K., Thapa, Y. B., & Singh, U. (2020). Increasing nitrogen use efficiency in rice through fertilizer application method under rainfed drought conditions in Nepal. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 118(1), 103-114. <https://doi.org/10.1007/s10705-020-10086-6>.
- Chen, Q., Mu, X., Chen, F., Yuan, L., & Mi, G. (2016). Dynamic change of mineral nutrient content in different plant organs during the grain filling stage in maize grown under contrasting nitrogen supply. *European Journal of Agronomy*, 80, 137-153. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2016.08.002>.
- Chen, Y., Xiao, C., Chen, X., Li, Q., Zhang, J., Chen, F., & Mi, G. (2014). Characterization of the plant traits contributed to high grain yield and high grain nitrogen concentration in maize. *Field Crops Research*, 159, 1-9. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2014.01.002>.
- Chen, Y., Xiao, C., Wu, D., Xia, T., Chen, Q., Chen, F., & Mi, G. (2015). Effects of nitrogen application rate on grain yield and grain nitrogen concentration in two maize hybrids with contrasting nitrogen remobilization efficiency. *European Journal of Agronomy*, 62, 79-89. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2014.09.008>.

- Ciampitti, I. A., Murrell, S. T., Camberato, J. J., Tuinstra, M., Xia, Y., Friedemann, P., & Vyn, T. J. (2013). Physiological dynamics of maize nitrogen uptake and partitioning in response to plant density and N stress factors: I. Vegetative phase. *Crop Science*, 53(5), 2105-2119. <https://doi.org/10.2135/cropsci2013.01.0040>.
- FAO Statistical Pocketbook. (2020). FAOSTAT database. <http://faostat.fao.org>.
- Islam, S., Zhang, J., Zhao, Y., She, M., & Ma, W. (2021). Genetic regulation of the traits contributing to wheat nitrogen use efficiency. *Plant Science*, e110759. <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2020.110759>
- Khajehpour, M. (2013). Principles and bases of agriculture. Isfahan University Jihad Publications. 386 p. (in Persian).
- Mi, G., Liu, J. A., Chen, F., Zhang, F., Cui, Z., & Liu, X. (2003). Nitrogen uptake and remobilization in maize hybrids differing in leaf senescence. *Journal of plant nutrition*, 26(1), 237-247. <https://doi.org/10.1081/PLN-120016507>.
- Qadeer, U., Ahmed, M., Hassan, F. U., & Akmal, M. (2019). Impact of nitrogen addition on physiological, crop total nitrogen, efficiencies and agronomic traits of the wheat crop under rainfed conditions. *Sustainability*, 11(22), 6486-6494. <https://doi.org/10.3390/su11226486>.
- Ren, H., Cheng, Y., Li, R., Yang, Q., Liu, P., Dong, S., & Zhao, B. (2020). Integrating density and fertilizer management to optimize the accumulation, remobilization, and distribution of biomass and nutrients in summer maize. *Scientific Reports*, 10(1), 1-12. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-68730-8>.
- Sotodeh, M., & AlaviFazel, M. (2020). Effects of plant density and different amounts of nitrogen on remobilization changes in yield of corn (*Zea mays* L.) S.C. 704. *Journal of Plant production Sciences*, 10(1), 117-130.
- Schuman, G. E., Stanley, A. M., & Kuundsen, D. (1973). Automated total nitrogen analysis of soil and plant samples. *Soil Science Society of America Journal*, 37, 480-481. <https://doi.org/10.2136/sssaj1973.03615995003700030045x>.
- Wei, H., Meng, T., Li, C., Xu, K., Huo, Z., Wei, H., & Dai, Q. (2017). Comparisons of grain yield and nutrient accumulation and translocation in high-yielding japonica/indica hybrids, indica hybrids, and japonica conventional varieties. *Field Crops Research*, 204, 101-109. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2017.01.001>.
- Xing, Y., Jiang, W., He, X., Fiaz, S., Ahmad, S., Lei, X., Wang, W., Wang, Y., & Wang, X. (2019). A review of nitrogen translocation and nitrogen-use efficiency. *Journal of Plant Nutrition*, 42(19), 2624-2641. <https://doi.org/10.1080/01904167.2019.1656247>
- Yan, F., Zhang, F., Fan, X., Fan, J., Wang, Y., Zou, H., Wang, H., & Li, G. (2021). Determining irrigation amount and fertilization rate to simultaneously optimize grain yield, grain nitrogen accumulation and economic benefit of drip-fertigated spring maize in northwest China. *Agricultural Water Management*, 243, e106440. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2020.106440>.
- Yang, D., Cai, T., Luo, Y., & Wang, Z. (2019). Optimizing plant density and nitrogen application to manipulate tiller growth and increase grain yield and nitrogen-use efficiency in winter wheat. *PeerJ*, 7, e6484. <https://doi.org/10.7717/peerj.6484>.
- Zadoks, J. C., Chang, T. T., & Konzak, C. F. (1974). A decimal code for the growth stages of cereals. *Weed Research*, 14(6), 415-421.
- Ren, H., Cheng, Y., Li, R., Yang, Q., Liu, P., Dong, S., Zhang, J., & Zhao, B. (2020). Integrating density and fertilizer management to optimize the accumulation, remobilization, and distribution of biomass and nutrients in summer maize. *Scientific Reports*, 10(1), 1-12. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-68730-8>.
- Nehe, A.S., Misra, S., Murchie, E.H., Chinnathambi, K., Tyagi, B.S., & Foulkes, M.J. (2020). Nitrogen partitioning and remobilization in relation to leaf senescence, grain yield and protein concentration in Indian wheat cultivars. *Field Crops Research*, 251, e107778. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2020.107778>.
- Zhang, X., Ward, B.B., & Sigman, D.M. (2020). Global nitrogen cycle: critical enzymes, organisms, and processes for nitrogen budgets and dynamics. *Chemical Reviews*, 120(12), 5308-5351. <https://doi.org/10.1021/acs.chemrev.9b00613>.
- Zhou, B., Serret, M. D., Pie, J. B., Shah, S. S., & Li, Z. (2018). Relative contribution of nitrogen absorption, remobilization, and partitioning to the ear during grain filling in Chinese winter wheat. *Frontiers in Plant Science*, 9, 1351-1365. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.01351>.