




Response of Winter Wheat Growth and Yield to Planting Date and Nitrogen Application Rate

Seyed Farhad Saberli 

Corresponding Author, Department of Horticulture Science and Engineering, High Educational Complex of Torbat e Jam, Khorasan Razavi, Iran. E-mail: sf.saberli@tjamcaas.ac.ir

Article Info

Article type:
Research Article

Article history:
Received: 18 May 2022
Received in revised form:
13 October 2022
Accepted: 19 October 2022
Published online: 24 June 2023

Keywords:
Economic income,
Leaf area index,
Pishtaz cultivar,
Regression analysis,
Yield components.

ABSTRACT

The aim of this study was to investigate the interaction between planting date and the nitrogen application rate on the growth and yield of winter wheat in Torbat-e-Jam, Khorasan Razavi province. The field experiment was conducted in a randomized block design with split plot arrangements and three replications in Torbat-e-Jam, in the 2019-2020. Experimental treatments included three planting dates: 1 October, 17 October and 2 November as the main plot, and nitrogen fertilizer at levels 0 (as a control), 100, 125, 150, 175 and 200 kg nitrogen ha⁻¹ as a subplot. Pishtaz cultivar was planted in experimental plots which included 7 planting lines with a row spacing of 15 cm and a length of 8 m. The results of the analysis of variance showed that planting date and nitrogen fertilizer application and their interaction had a significant effect on all measured traits. The results showed that the yield and yield components were the highest on 1 October, and the values of most of these traits showed a significant decrease in planting on 12 November compared to 10 October. The highest grain yield was obtained from a nitrogen application rate of 200 kg ha⁻¹ on 1 October and 16 October, while the maximum yield was obtained with an application rate of 175 kg ha⁻¹ on 2 November. The growth and yield response of wheat to the rate of nitrogen application decreased with a delay in planting date, and the option of planting date must be considered in order to recommend efficient fertilizer usage.

Cite this article: Saberli, S. F. (2023). Response of Winter Wheat Growth and Yield to Planting Date and Nitrogen Application Rate. *Journal of Crops Improvement*, 25 (2), 405-418. DOI: <https://doi.org/10.22059/jci.2022.343273.2712>



© The Authors.

DOI: <https://doi.org/10.22059/jci.2022.343273.2712>

Publisher: University of Tehran Press.



پاسخ رشد و عملکرد گندم زمستانه به تاریخ کاشت و میزان نیتروژن مصرفی

سید فرهاد صابری علی ✉

نویسنده مسئول، گروه علوم و مهندسی باغبانی، مجتمع آموزش عالی تربت جام، خراسان رضوی، ایران. رایانامه: sf.saberali@tamcaas.ac.ir

اطلاعات مقاله

چکیده

نوع مقاله: مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۲/۲۸

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۱/۰۷/۲۱

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۷/۲۷

تاریخ انتشار: ۱۴۰۲/۰۴/۰۳

کلیدواژه‌ها:

اجزای عملکرد،

تجزیه رگرسیون،

درآمد اقتصادی،

رقم پیشتاز،

شاخص سطح برگ.

این مطالعه با هدف بررسی برهم‌کنش تاریخ کاشت و میزان کود نیتروژن مصرفی بر رشد و عملکرد گندم زمستانه در شهرستان تربت جام استان خراسان رضوی انجام شد. آزمایش مزرعه‌ای به صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در شهرستان تربت جام در سال زراعی ۱۳۹۹-۱۴۰۰ اجرا شد. تیمارهای آزمایشی شامل سه تاریخ کاشت ۱۰ مهرماه، ۲۶ مهرماه و ۱۲ آبان‌ماه در کرت‌های اصلی و شش سطح کود نیتروژن شامل صفر (به‌عنوان شاهد)، ۱۰۰، ۱۲۵، ۱۵۰، ۱۷۵ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص در کرت‌های فرعی بود. در هر کرت، گندم رقم پیشتاز در هفت خط کشت با فاصله ردیف ۱۵ سانتی‌متر و به طول ۸ متر کشت شد. تجزیه واریانس نشان داد که اثر تاریخ کاشت، کود نیتروژن مصرفی و اثر متقابل آن‌ها بر همه صفات اندازه‌گیری معنی‌دار شد. مقایسه میانگین نشان داد که میزان عملکرد و اجزای عملکرد در تاریخ کاشت ۱۰ مهرماه بیش‌تر بود و مقادیر اغلب این صفات در تاریخ کاشت ۱۲ آبان‌ماه نسبت به تاریخ ۱۰ مهرماه کاهش معنی‌دار داشتند. مقدار عملکرد دانه در تاریخ کاشت ۱۰ و ۲۶ مهرماه با مصرف ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن به حداکثر خود رسید، در حالی که بیشینه عملکرد در تاریخ کاشت ۱۲ آبان با مقدار مصرف ۱۷۵ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد. به‌طور کلی با تأخیر در کاشت، پاسخ رشد و عملکرد گندم به میزان کود نیتروژن مصرفی کاهش می‌یابد و به‌منظور توصیه کودی کارآمد، زمان کاشت محصول نیز باید مدنظر قرار گیرد.

استناد: صابری علی، سید فرهاد (۱۴۰۲). پاسخ رشد و عملکرد گندم زمستانه به تاریخ کاشت و میزان نیتروژن مصرفی. *به‌زراعی کشاورزی*، ۲۵ (۲)، ۴۰۵-۴۱۸.

DOI: <https://doi.org/10.22059/jci.2022.343273.2712>

© نویسندگان.

ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران.

DOI: <https://doi.org/10.22059/jci.2022.343273.2712>

۱. مقدمه

گندم (*Triticum aestivum* L.) به‌عنوان مهم‌ترین غله جهان، در حدود ۱۵ درصد از کل سطح زیر کشت محصولات کشاورزی در جهان را به خود اختصاص داده است (FAO, 2020). در سال زراعی ۹۸-۱۳۹۷، سطح زیر کشت این محصول در ایران ۵۸۶۴۵۵۴ هکتار و میزان تولید آن ۱۳۷۱۵۲۵۸ تن دانه بود (وزارت جهاد کشاورزی، ۱۳۹۹). با توجه به اهمیت گندم در بحث امنیت غذایی کشور، طراحی مدیریت‌های زراعی متناسب با شرایط محیطی هر منطقه امکان تولید اقتصادی و پایدار در هر منطقه را فراهم می‌آورد. تأمین مقدار مناسب و متعادل از عناصر غذایی موردنیاز گیاه یکی از جنبه‌های مهم مدیریت زراعی جهت دستیابی به حداکثر عملکرد، محصول با کیفیت مطلوب و هم‌چنین به حداقل‌رساندن اثرات مضر مصرف کودها بر محیط زیست می‌باشد. در بین عنصر غذایی پر مصرف، نیتروژن پرمصرف‌ترین عنصر غذایی است، و مهم‌ترین نهاده تولید و محدودکننده‌ترین عنصر غذایی در تولید محصولات کشاورزی در گستره جهانی محسوب می‌شود (Brady & Weil, 2008).

۲. پیشینه پژوهش

عنصر نیتروژن در ساخت اسیدهای آمینه، پروتئین‌ها و اسیدهای نوکلئیک نقش اساسی دارد و از اجزای ساختمانی کلروفیل در گیاهان نیز محسوب می‌شود (Sun *et al.*, 2016). مصرف متعادل کود نیتروژن سبب بهبود فعالیت آنزیم روبیسکو و هم‌چنین افزایش سطح برگ، دوام سطح برگ و محتوای کلروفیل برگ شده و در نهایت می‌تواند میزان فتوسنتز و رشد گیاهان را بهبود دهد (Saberli *et al.*, 2015; Sun *et al.*, 2016). میزان نیاز کودی هر گیاه به دو عامل کلی یعنی میزان تقاضای گیاه برای یک عنصر و میزان عرضه آن عنصر غذایی توسط بستر کشت مربوط می‌باشد (Brady & Weil, 2008). از طرفی میزان تقاضای هر گیاه برای عناصر غذایی مختلف، به پتانسیل تولید آن گیاه وابسته است، که این پتانسیل تولید خود تابعی از توان ژنتیکی گیاه و عوامل محیطی در هر منطقه است. بنابراین مدیریت مصرف نیتروژن و تخمین مقدار بهینه مصرف، حاصل برهم‌کنش سیستم پیچیده گیاه، خاک و اتمسفر است که تغییرات سالیانه پارامترهای اقلیمی نیز بر این پیچیدگی افزوده است (Tremblay & Belec, 2006; Brady & Weil, 2008). عوامل اقلیمی هم‌چون میزان تشعشع، دمای هوا، میزان غلظت دی‌اکسیدکربن هوا و عوامل خاکی هم‌چون اسیدیته خاک و شوری آن که امکان اصلاح و مدیریت اقتصادی آن در سطح وسیع وجود ندارد نیز از جمله عوامل محیطی تعیین‌کننده پتانسیل تولید در هر منطقه هستند (Van Ittersum & Rabbinge, 1997). تاریخ کاشت از جمله مدیریت‌های زراعی است که تعیین‌کننده شرایط اقلیمی تجربه‌شده طی چرخه زندگی گیاهان است و بدین صورت تأثیر تأثیر قابل ملاحظه‌ای بر طول دوره رشد، میزان رشد و پتانسیل تولید گیاهان و در نهایت نیاز کودی آن‌ها دارد (Van Ittersum & Rabbinge, 1997). تأثیر تاریخ کاشت بر پتانسیل رشد و عملکرد گندم در مطالعات متعدد بررسی شده است (بایگی و همکاران، ۱۳۹۶؛ احمدی و همکاران، ۱۳۹۱)، با این وجود تأثیر برهم‌کنش تاریخ کاشت و مقدار کود نیتروژن بر رشد و عملکرد این گیاه کم‌تر موردتوجه قرار گرفته است. در مطالعاتی بر روی گیاه کلزا نشان داده شد که تاریخ‌های کشت دیر هنگام کلزا باعث کاهش عملکرد دانه و در نهایت مقدار کود نیتروژنی موردنیاز برای تولید دانه شد (Ozer, 2003). با این وجود پژوهشی که تأثیر برهم‌کنش تاریخ کاشت و نیاز نیتروژنی در گیاه گندم را بررسی کرده باشد، موجود نبود.

شهرستان تربت‌جام با ۵/۵ درصد از کل سطح زیر کشت گندم و رتبه نخست میزان تولید دانه گندم در واحد سطح، جایگاه مهمی در کشاورزی استان خراسان رضوی در اختیار دارد (وزارت جهاد کشاورزی، ۱۳۹۹). کشاورزان منطقه بسته به تناوب کاشت خود و زمان برداشت محصول قبل از گندم، در عمل، تاریخ‌های کشت متنوعی را برای کشت گندم خود

انتخاب می‌نماید. این در حالی است که توصیه‌های کودی توسط کارشناسان کشاورزی منطقه بدون در نظر گرفتن نقش تاریخ کاشت بر پتانسیل تولید و در نهایت نیاز کودی انجام می‌شود. لذا در سایه فقدان دانش کافی در مورد تأثیر تاریخ کاشت بر میزان نیاز کود نیتروژن، مصرف بیش از حد کود نیتروژنی باعث افزایش هزینه‌های تولید و کاهش درآمد اقتصادی کشاورزان شده و از طرفی خطر شوری خاک و آلودگی‌های زیست‌محیطی به‌ویژه آلودگی نیتراتی آب‌های زیرزمینی در منطقه را نیز افزایش داده است.

۳. روش‌شناسی پژوهش

این مطالعه در سال ۱۴۰۰-۱۳۹۹ در مزرعه یکی از کشاورزان پیشرو شهرستان تربت‌جام با مختصات جغرافیایی ۶۰ درجه و ۳۳ دقیقه طول جغرافیایی و ۳۵ درجه و ۱۸ دقیقه عرض جغرافیایی با ارتفاع ۹۰۰ متر اجرا شد. خاک مزرعه محل آزمایش از نوع سیلتی بود. مشخصات تکمیلی خاک مزرعه تا عمق ۳۰ سانتی‌متری در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه محل آزمایش در عمق ۰-۳۰ سانتی‌متری

بافت خاک	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر)	اسیدیته	کربن آلی (درصد)	نیتروژن (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	فسفر (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	پتاسیم (میلی‌گرم بر کیلوگرم)
سیلتی	۰/۵	۸/۰۱	۰/۹۳	۱۷	۶/۷	۱۲۳

این آزمایش به‌منظور بررسی پاسخ رشد و عملکرد گندم نان به برهم‌کنش تاریخ کاشت و میزان مصرف کود نیتروژن به‌صورت طرح کرت‌های خردشده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. تیمارهای آزمایشی شامل تاریخ کاشت در سه سطح ۱۰ و ۲۶ مهرماه و ۱۲ آبان‌ماه به‌عنوان کرت اصلی و کود نیتروژن در سطوح صفر (به‌عنوان شاهد)، ۱۰۰، ۱۲۵، ۱۵۰، ۱۷۵ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص به‌عنوان کرت فرعی بود. بدین ترتیب میزان صفر، ۲۱۷/۴، ۲۷۱/۷، ۳۲۶/۱، ۳۸۰/۴ و ۴۳۴/۸ کیلوگرم در هکتار کود اوره مصرف شد. بازه تاریخ کاشت غالب گندم در منطقه و دامنه‌ای از میزان نیتروژنی که کشاورزان در منطقه به‌طور تجربی در کشت گندم استفاده می‌کنند به‌عنوان معیاری برای تعیین سطوح تاریخ کاشت و تیمار کودی در این پژوهش مدنظر قرار گرفت. میزان مصرف کود نیتروژن در بین گندم‌کاران منطقه تربت‌جام بسته به میزان حاصلخیزی خاک، شوری خاک و روش آبیاری و همچنین میزان آب آبیاری قابل‌دسترس در حدود ۱۰۰ تا ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار است. لذا سطوح تیمار کود نیتروژن در دامنه مصرف متداول کود نیتروژن در منطقه در نظر گرفته شد، و تیمار عدم کودی نیز به‌عنوان شاهد به سطوح تیماری اضافه شد. به‌منظور تهیه بستر کاشت در شهریور ماه ۱۳۹۹ شخم عمیق انجام شد و پس از آن در مهرماه کلوخه‌های تشکیل شده به کمک دو دیسک عمود بر هم خرد شد. در نهایت با استفاده از ماله، نسبت به تسطیح خاک مزرعه اقدام شد. هر کرت آزمایشی شامل هفت خط کشت با فاصله ردیف ۱۵ سانتی‌متری و به طول حدود ۸ متر بود. فاصله بین تکرارها ۲ متر و فاصله بین کرت‌ها از یکدیگر نیز ۱ متر در نظر گرفته شد. رقم گندم پیش‌تاز با تراکم ۳۵۰ بوته در مترمربع در تاریخ‌های موردنظر در سال ۱۳۹۹ کشت و مزرعه بلافاصله آبیاری شد. براساس آزمون خاک، قبل از کشت میزان ۹۰ کیلوگرم فسفر خالص از نوع سوپر فسفات تریپل و ۱۵۰ کیلوگرم پتاسیم خالص از نوع سولفات پتاسیم مصرف شد. در هر تیمار کودی نیز مقدار نیمی از کود نیتروژنی با استفاده از کود تجاری اوره قبل از کشت به زمین اضافه شد و مابقی کود اوره نیز هم‌زمان با شروع ساقه‌روی بوته‌ها و مطابق عرف رایج منطقه مصرف شد. آبیاری به‌صورت جوی پشته و هم‌چون سایر عملیات داشت شامل کنترل آفات و بیماری‌ها و علف‌های هرز نیز براساس عملیات رایج در منطقه انجام شد.

به منظور اندازه گیری سطح برگ، بوته‌های قرار گرفته در یک نیم متر طولی از یک ردیف کشت (۵۰ سانتی‌متر × ۱۵ سانتی‌متر) در مرحله ابتدای پرشدن دانه‌ها برداشت شده و نمونه‌ها بلافاصله به آزمایشگاه منتقل شد و سپس برگ‌ها از ساقه جدا شده و سطح آن‌ها توسط دستگاه سطح برگ‌سنج (WinArea_UT, Iran) اندازه‌گیری شد. به منظور تعیین عملکرد دانه و اجزای عملکرد نیز، بوته‌های موجود از سه خط میانی هر کرت به طول ۶ متر (سطحی معادل ۲/۷ مترمربع) و پس از رهاسازی ۱ متر از ابتدا و انتهای هر خط به‌عنوان حاشیه در انتهای فصل رشد برداشت شد. از بین بوته‌های برداشت‌شده، هفت سنبله اصلی به‌صورت تصادفی از هر کرت انتخاب و اجزای عملکرد گندم شامل تعداد دانه در سنبله و وزن هزاردانه بر روی آن‌ها اندازه‌گیری شدند. عملکرد دانه نیز پس از کوبیدن و جداکردن کاه از دانه و توزین دانه‌ها تعیین شد. به منظور تجزیه آماری، پس از آزمون نرمال‌بودن خطای آزمایشی داده‌ها، تجزیه واریانس و تجزیه رگرسیون با استفاده از نرم‌افزار SAS (نسخه ۹/۳) انجام شد. میانگین داده‌ها با آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) و در سطح ۵ درصد مقایسه شدند. نمودارها نیز به‌وسیله نرم‌افزار Excel (نسخه ۲۰۱۳) رسم شدند.

۴. یافته‌های پژوهشی

۴.۱. شاخص سطح برگ

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تأثیر تاریخ کاشت و کود نیتروژن و اثرات متقابل آن‌ها بر میزان شاخص سطح برگ در مرحله ابتدای پرشدن دانه معنی‌دار بود (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین نیز نشان داد که میزان سطح برگ در تاریخ کشت ۱۰ مهرماه بیش‌ترین مقدار بود و در تاریخ‌های کشت ۲۶ مهرماه و ۱۲ آبان‌ماه نسبت به تاریخ ۱۰ مهرماه به‌ترتیب ۷ و ۱۴ درصد کاهش داشت (جدول ۳). میزان سطح برگ از ویژگی‌های مهم در جوامع گیاهی است که نشان‌دهنده سطح دریافت نور و سطح فتوسنتز در گیاهان می‌باشد. کاهش سطح برگ در گیاهان زراعی مختلف از جمله گندم با تأخیر در تاریخ کاشت پیش‌تر نیز گزارش شده بود (احمدی و همکاران، ۱۳۹۱؛ Ozer, 2003). کاهش طول دوره رشد و تسریع پیری به‌ترتیب در پاسخ به تجربه دماهای بالا در طول دوره رشد و تنش‌های حرارتی در طی رشد زایشی از جمله مهم‌ترین دلایل کاهش سطح برگ در تاریخ کاشت دیر هنگام عنوان شده است (Akter & Islam, 2017). دماهای حدود ۳۰ و ۲۵ درجه سانتی‌گراد به‌ترتیب در روز و شب، می‌تواند تأثیر منفی شدیدی بر رشد برگ و تشکیل پنجه‌ها در گندم داشته باشد (Akter & Islam, 2017).

جدول ۲. نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات اندازه‌گیری‌شده گندم در پاسخ به تاریخ کشت و سطوح کود نیتروژن مصرفی

منابع تغییرات	درجه آزادی	شاخص سطح برگ	عملکرد بیولوژیک	تعداد سنبله در مترمربع	وزن هزاردانه	عملکرد دانه
تکرار	۲	۰/۱۶۴ns	۴۴۹۵۵/۴۹ns	۱۱۷۸۱/۲۳ns	۸۵/۵۵ns	۶۰۷۹۱۸/۵۹ns
تاریخ کاشت	۲	۲/۳۳۳***	۷۰۰۷۰۶۳/۱۱***	۸۵۶۷۸/۷***	۱۹۶/۸۶*	۴۰۴۲۲۷۳/۱۲***
خطای الف	۶	۰/۰۴۶۰	۲۴۳۱۸۴/۰۹	۴۸۳۳/۶	۳۵/۶	۲۶۸۳۳۵/۷۴
مقدار مصرف کود نیتروژن	۵	۵/۵۱۳***	۳۸۸۳۲۹/۶۶***	۱۵۸۷۰۰/۳***	۱۰۶/۸۶***	۲۴۶۲۴۵۳/۳۰**
اثر متقابل تاریخ کاشت × کود نیتروژن	۱۰	۰/۴۸۵۴*	۱۸۸۳۲۹/۶۸***	۱۰۰۳۶/۹*	۶۷/۲۱	۱۰۳۶۲۱۹/۶۳***
خطای ب	۳۰	۰/۰۲۱۸	۲۵۱۸۱۱/۷۹	۳۷۸۳/۴	۲۷/۹	۲۰۶۲۴۲/۳۱
ضریب تغییرات (درصد)		۱۱/۵	۲۰/۸	۹/۱	۶/۷	۱۷/۶

***، **، * : معنی‌داری در سطح احتمال ۰/۰۰۱، ۰/۰۱ و ۰/۰۵ و عدم معنی‌داری.

نتایج هم‌چنین نشان داد که به‌طور کلی مصرف کود نیتروژن نسبت به عدم مصرف آن باعث افزایش ۹۱/۶ درصدی شاخص سطح برگ گندم شد. به‌علاوه در هر سه تاریخ کاشت با افزایش سطح مصرف کود نیتروژن مصرفی از ۱۰۰ به ۲۰۰ کیلوگرم شاخص سطح برگ روند افزایشی داشت، و با مصرف ۲۰۰ کیلوگرم کود نیتروژن در هکتار در تاریخ‌های کاشت ۱۰ و ۲۶ مه‌ماه و با مصرف ۱۷۵ کیلوگرم کود نیتروژن در هکتار در تاریخ ۱۲ آبان‌ماه به بیشینه خود رسید (جدول ۳). *Mirzakhani et al.* (2019) گزارش کردند که مقدار شاخص سطح برگ گندم با افزایش سطوح نیتروژن مصرفی افزایش می‌یابد. افزایش سرعت توسعه سطح برگ، کاهش سرعت پیری برگ و در نهایت افزایش مدت زمان دوام سطح برگ از جمله پاسخ‌های گیاهان به مصرف کود نیتروژنی هستند که می‌تواند بر عملکرد دانه تولیدی نیز مؤثر باشد (Qadeer et al., 2019).

جدول ۳. پاسخ صفات رشدی، اجزای عملکرد و عملکرد دانه گندم زمستانه به تاریخ کشت و میزان نیتروژن مصرفی

تاریخ کاشت	مقدار نیتروژن مصرفی (کیلوگرم در هکتار)	شاخص سطح برگ	ماده خشک کل (کیلوگرم در هکتار)	تعداد سنبله در مترمربع	تعداد دانه در سنبله	وزن هزاردانه (گرم)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)
۱۰ مه	صفر	۲/۹e	۶۷۸۹f	۳۶۱/۲f	۲۰/۲f	۳۸/۱a	۲۵۷۰f
	۱۰۰	۵/۲۵d	۱۳۶۸۲e	۵۳۳/۲e	۳۷/۵e	۳۷/۲b	۵۲۸۷e
	۱۲۵	۵/۵۲d	۱۴۵۶۲d	۵۵۹/۱d	۲۹/۱d	۳۶/۶c	۶۱۴۸d
	۱۵۰	۵/۸۶c	۱۵۲۹۱c	۵۷۷/۰c	۳۰/۹c	۳۶/۳c	۶۶۵۴c
	۱۷۵	۶/۲۱b	۱۵۸۹۷b	۵۸۹/۸b	۳۲/۴b	۳۶/۱cd	۶۹۶۳b
	۲۰۰	۶/۵۸a	۱۶۶۲۰a	۵۹۷/۷a	۳۳/۵a	۳۶/۱cd	۷۳۷۹a
میانگین	۵/۳۹a	۱۳۸۰۶/۸a	۵۳۴/۷a	۲۸/۹۳a	۳۶/۷۳a	۵۸۱۶/۸a	
۲۶ مه	صفر	۲/۷e	۶۶۳۹e	۳۵۴/۱f	۱۸/۳f	۲۸/۰a	۲۲۷۰e
	۱۰۰	۴/۶۸d	۱۳۵۱۶d	۵۰۵/۸e	۲۷/۱e	۳۷/۴b	۴۹۸۷d
	۱۲۵	۵/۰۱c	۱۴۳۹۴c	۵۳۹/۲d	۲۸/۶d	۳۶/۹c	۵۸۶۱c
	۱۵۰	۵/۴۸b	۱۵۰۴۶c	۵۵۷/۷c	۳۰/۱c	۳۶/۶cd	۶۲۶۹b
	۱۷۵	۵/۷۲b	۱۵۷۵۳b	۵۷۶/۶b	۳۱/۲b	۳۶/۴cd	۶۵۲۱ab
	۲۰۰	۶/۱۱a	۱۶۴۶۷a	۵۹۱/۰a	۳۲/۴a	۳۶/۲de	۶۷۵۹a
میانگین	۴/۹۵b	۱۳۶۳۵/۷a	۵۲۰/۷b	۲۷/۹۷a	۳۶/۹۳a	۵۴۴۴/۵a	
۱۲ آبان	صفر	۲/۲d	۵۷۹۵e	۳۳۰/۱f	۱۷/۳d	۳۷/۱a	۱۸۹۰e
	۱۰۰	۴/۲۸c	۱۳۴۶۱d	۴۹۲/۲e	۲۵/۷c	۳۶/۵b	۴۴۱۷d
	۱۲۵	۴/۵۷c	۱۳۹۷۸d	۵۲۵/۳d	۲۶/۴c	۳۵/۸c	۵۳۷۹c
	۱۵۰	۴/۹۸b	۱۴۶۰۳c	۵۵۱/۹c	۲۷/۶b	۳۵/۳cd	۵۶۷۴b
	۱۷۵	۵/۴۷a	۱۴۵۰۵b	۵۶۴/۶b	۲۸/۹a	۳۴/۹de	۵۸۹۸ab
	۲۰۰	۵/۶۵a	۱۵۱۱۰a	۵۷۶/۱a	۲۹/۶a	۳۴/۶e	۶۰۱۷a
میانگین	۴/۳۵c	۱۲۴۰۸/۷b	۵۰۶/۷c	۲۵/۹۲b	۳۵/۷۰b	۴۸۶۲/۵b	

در هر ستون میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد با هم ندارند.

۲.۴. ماده خشک تولیدی

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تأثیر تاریخ کاشت و کود نیتروژن و اثرات متقابل آن‌ها بر میزان ماده خشک کل معنی‌دار بود (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین نیز نشان داد که میزان کل ماده خشک تولیدی در ۱۰ مه‌ماه بیش‌ترین مقدار بود، و میزان ماده خشک تولیدی در تاریخ کشت ۲۶ مه‌ماه اختلاف معنی‌داری با تاریخ ۱۰ مه‌ماه نداشت و در تاریخ کاشت ۱۲ آبان‌ماه نسبت به تاریخ ۱۰ مه‌ماه نیز حدود ۱۰ درصد کاهش نشان داد (جدول ۳). تاریخ کاشت دیر هنگام باعث برخورد گیاهان با دماهای بالاتر و در نتیجه افزایش سرعت رشد و در نهایت کاهش طول چرخه زندگی گیاهان خواهد شد (Porter & Gawith, 1999; Akter & Islam, 2017). به‌علاوه دمای مطلوب برای فتوسنتز گندم در حدود ۲۵ درجه سانتی‌گراد (۲۰-۳۰ درجه سانتی‌گراد در اقام مختلف) گزارش شده است و سرعت

فتوستنتز در دمای کم‌تر از ۱۵ درجه سانتی‌گراد و بیش‌تر از ۳۰ درجه سانتی‌گراد به‌سرعت کاهش می‌یابد (Wardlaw & Moncur 1995). در نتیجه کاهش طول مدت فتوستنتز در نتیجه کاهش دوره رشد و از طرفی سرعت فتوستنتز کم‌تر در مواجهه با دماهای بالا از جمله دلایل کاهش میزان ماده خشک تولیدی در تاریخ کاشت دیر هنگام نسبت به تاریخ کاشت زودهنگام است. نتایج هم‌چنین نشان داد که به‌طور متوسط در هر سه تاریخ کاشت، مصرف کود نیتروژن نسبت به عدم مصرف آن باعث افزایش ۱۲۹ درصدی ماده خشک تولیدی در گندم شد. به‌علاوه این که در هر سه تاریخ کاشت با افزایش سطح مصرف کود نیتروژن مصرفی از ۱۰۰ به ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار ماده خشک تولیدی روند افزایشی داشت و تولید ماده خشک با مصرف ۲۰۰ کیلوگرم کود نیتروژن در هکتار در تاریخ‌های کاشت ۱۰ و ۲۶ مهرماه و با مصرف ۱۷۵ کیلوگرم کود نیتروژن در هکتار در تاریخ ۱۲ آبان‌ماه به بیشینه خود رسید (جدول ۳). Mirzakhani *et al.* (2019) نیز افزایش تولید ماده خشک گندم در اراک را با مصرف کود نیتروژن گزارش کردند به‌علاوه آن‌ها اختلاف معنی‌داری در تولید ماده خشک با مصرف بیش از ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار مشاهده نکردند. افزایش سطح برگ و بهبود غلظت کروئیل برگ در پاسخ به مصرف کود نیتروژن از جمله عوامل مؤثر بر افزایش سطح جذب نور در یافتی و بهبود راندمان فتوسنتزی برگ گیاهان است (Jafarikouhini *et al.*, 2020). با توجه به نقش ساختمانی نیتروژن در ساخت اسیدهای آمینه، فعالیت تمام آنزیم‌های دخیل در فرایندهای بیوشیمیایی فتوستنتز به‌ویژه آنزیم رابیسکو نیز تحت تأثیر مصرف نیتروژن است (Makino *et al.*, 1997). بنابراین، تولید بیش‌تر ماده خشک گندم، در پاسخ به مصرف کود نیتروژن را می‌توان به افزایش میزان فتوستنتز و راندمان فتوستنتزی بالاتر در شرایط کوددهی نسبت داد.

۳.۴. تعداد سنبله در واحد سطح

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تاریخ کاشت و کود نیتروژن و اثرات متقابل آن‌ها تأثیر معنی‌دار بر تعداد سنبله تشکیل شده در هر مترمربع (پنجه بارور) داشت (جدول ۲). نتایج نشان داد که تعداد سنبله تشکیل شده در مترمربع در تاریخ کاشت ۱۰ مهرماه بیش‌ترین مقدار (۵۳۷) بود، و در تاریخ کشت ۲۶ مهرماه و ۱۲ آبان‌ماه نسبت به تاریخ ۱۰ مهرماه به‌ترتیب حدود ۲/۶ و ۵/۳ درصد کاهش نشان دادند (جدول ۳). کاهش تعداد سنبله تشکیل شده در واحد سطح با تأخیر کشت در مطالعات گذشته نیز گزارش شده است (احمدی و همکاران، ۱۳۹۱). از نظر ژنتیکی، تعداد سنبله اولین جز عملکردی است که تشکیل می‌شود و دارای اهمیت ویژه‌ای در تعیین عملکرد دانه است (Ferrante *et al.*, 2020). تعداد سنبله تشکیل شده در بوته وابسته به پتانسیل ژنتیکی رقم برای تولید پنجه، حفظ و بقای پنجه‌های تولیدی و هم‌چنین سرعت تولید پنجه‌هاست. سرعت تولید پنجه‌ها در بوته تحت تأثیر شرایط محیطی و مدیریتی در طول دوره رشد پنجه‌ها یعنی از مرحله سه‌برگی تا ساقه‌روی قرار می‌گیرد و میزان مرگ‌ومیر پنجه نیز که از مرحله ساقه‌روی تا مرحله گرده‌افشانی روی می‌دهد، می‌تواند تحت تأثیر شرایط محیطی و مدیریتی قرار گیرد (Ferrante *et al.*, 2020; Xie *et al.*, 2016). در مرحله تولید پنجه‌ها، افزایش شدت نور، نسبت بالای نور قرمز به قرمز دور و افزایش دما در محدوده ۱۰ تا ۲۰ درجه سانتی‌گراد باعث افزایش سرعت تولید پنجه و در نهایت تعداد پنجه بیش‌تر در بوته خواهد شد (Xie *et al.*, 2016; Zhang *et al.*, 2022). لذا کاهش تعداد سنبله با توجه به کاهش سرعت تولید پنجه به‌دلیل کاهش شدت نور و کیفیت آن، و هم‌چنین افت دما در تاریخ‌های کشت دیر هنگام، توجیه‌پذیر است. به‌علاوه پنجه‌هایی که دیرتر تشکیل می‌شوند، به‌دلیل برخورد با دمای پایین سرعت ظهور برگ کم‌تری داشته و در نهایت سطح برگ کافی برای پشتیبانی از عملکرد تشکیل شده روی این پنجه‌ها ندارند (Tilley *et al.*, 2019).

نتایج هم‌چنین نشان داد که به‌طور متوسط در هر سه تاریخ کاشت، مصرف کود نیتروژن نسبت به عدم مصرف آن

باعث افزایش ۵۹ درصدی تشکیل سنبله در واحد سطح شد. به‌علاوه در هر سه تاریخ کاشت با افزایش سطح مصرف کود نیتروژن از ۱۰۰ به ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار تشکیل سنبله در واحد سطح زمین روند افزایشی داشت، و در همه تاریخ‌های کاشت بیشینه آن با مصرف ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار حاصل شد (جدول ۳). افزایش تعداد سنبله بارور در واحد سطح در پاسخ به افزایش مقدار نیتروژن در دامنه ۱۵۰ تا ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار در ارقام مختلف گندم و در مناطق مختلف گزارش شده است (شهراسبی و همکاران، ۱۳۹۴؛ Zhang *et al.*, 2020). نیتروژن با ایفای نقش ساختاری به‌ویژه در تشکیل پروتئین‌ها و رنگیزه‌های فتوسنتزی همچون کلروفیل و همچنین نقش کارکردی در فعالیت آنزیم‌های فتوسنتزی و زنجیره انتقال الکترون بر همه جنبه‌های حیات، از جمله فراهمی مواد فتوسنتزی برای تشکیل و توسعه پنجه‌های بارور مؤثر است (Tilley *et al.*, 2019; Brady & Weil, 2008).

۴.۴. تعداد دانه در سنبله

تاریخ کاشت و کود نیتروژن و اثرات متقابل آن‌ها تأثیر معنی‌دار بر تعداد دانه تشکیل‌شده در هر سنبله داشت (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که که تعداد سنبله تشکیل شده در مترمربع در تاریخ کاشت ۱۰ مهرماه بیش‌ترین مقدار (۲۸/۹۳) بود و در تاریخ کشت ۲۶ مهرماه باوجود کاهش ۳/۳ درصدی اختلاف معنی‌داری با تاریخ ۱۰ مهرماه نداشت و در تاریخ کاشت ۱۲ آبان نسبت به تاریخ ۱۰ مهرماه نیز حدود ۱۰/۴ درصد کاهش معنی‌دار نشان داد (جدول ۳). تأثیر تأخیر در تاریخ کاشت بر تعداد دانه تشکیل‌شده در سنبله ارقام مختلف نان پیش‌تر نیز گزارش شده است (احمدی و همکاران، ۱۳۹۱). تعداد بالقوه دانه در سنبله در یک محدوده نسبتاً وسیعی یعنی از زمان شروع آغاز سنبله‌انتهایی تا هنگام گرده‌افشانی تعیین می‌شود و در نهایت تعداد سنبله موجود در سنبله و تعداد گلچه بارور شده در هر سنبله، تعداد نهایی دانه تشکیل‌شده در سنبله را تعیین می‌کند (Gonzalez *et al.*, 2005). بنابراین شرایط محیطی و مدیریتی تجربه‌شده توسط گیاه گندم از مرحله ساقه‌روی که شروع آغاز بافت‌های زایشی بر روی مریستم انتهایی است تا زمان باروری گلچه‌ها، بر تشکیل دانه در سنبله اثرگذار هستند (Slafer *et al.*, 2001; Gonzalez *et al.*, 2005). ارقام مختلف گندم از نظر توان تولید تعداد سنبله در بوته متفاوت هستند و ارقام با نیاز سرمایی بیش‌تر پتانسیل تولید سنبله بیش‌تری در سنبله خود دارند (Slafer *et al.*, 2001). دمای بالاتر از ۲۰ درجه سانتی‌گراد بین آغاز سنبله (برجستگی دوگانه) و گرده‌افشانی باعث افزایش سرعت نمو سنبله و کاهش طول مدت آغاز سنبله‌ها شده و این درحالی است که تعداد سنبله‌ها و در نهایت دانه‌های تشکیل‌شده در سنبله کاهش می‌یابد (Slafer *et al.*, 2001; Kaur & Behl 2010). به‌علاوه تنش حرارتی باعث اختلال در آغاز گلچه‌ها و همچنین فرایند گرده‌افشانی به‌واسطه عقیمی دانه‌گرده و مادگی می‌شود (Villegas *et al.*, 2016; Kaur & Behl 2010). به‌طور مثال، گزارش شده است که دمای بالاتر از ۳۰ درجه در طول نمو گلچه‌ها باعث عقیمی کامل دانه‌های گرده در گندم خواهد شد (Kaur & Behl 2010). افزایش طول روز نیز به‌دلیل تأثیر بر سرعت نمو ارقام حساس به طول روز گندم می‌تواند باعث افزایش سرعت نمو و کاهش طول دوره تولید سنبله و همچنین گلچه‌ها و در نهایت تعداد دانه تشکیل‌شده در سنبله شود (Villegas *et al.*, 2016; Gonzalez *et al.*, 2005). بدین ترتیب، تجربه دمای بالاتر و طول روز بیش‌تر در طول مدت بین مرحله برجستگی دوگانه و گرده‌افشانی توسط گیاه گندم در تاریخ کشت‌های دیر هنگام باعث افزایش سرعت نمو گیاه و نهایتاً کاهش تعداد دانه تشکیل‌شده در بوته خواهد شد. به‌علاوه این‌که پتانسیل برخورد با تنش حرارتی در زمان گرده‌افشانی و عقیمی حاصل از آن در تاریخ‌های کشت دیرتر بیش‌تر می‌باشد.

نتایج همچنین نشان داد که به‌طور متوسط در هر سه تاریخ کاشت، مصرف کود نیتروژن نسبت به عدم مصرف آن باعث افزایش ۵۸ درصدی تشکیل دانه در سنبله شد. به‌علاوه این‌که در هر سه تاریخ کاشت با افزایش سطح مصرف کود نیتروژن از

۱۰۰ به ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار تعداد دانه تشکیل شده در سنبله روند افزایشی داشت، و تعداد دانه تشکیل شده با مصرف ۲۰۰ کیلوگرم کود نیتروژن در هکتار در تاریخ‌های کاشت ۱۰ و ۲۶ مهرماه و با مصرف ۱۷۵ کیلوگرم کود نیتروژن در هکتار در تاریخ ۱۲ آبان‌ماه به بیشینه خود رسید (جدول ۳). دسترس کافی به کربوهیدرات‌ها تولیدی در طول دوره برجستگی دوگانه تا گرده‌افشانی برای تشکیل و بقای سنبلچه‌ها و گلچه‌ها حیاتی بوده و یکی از عوامل تعیین‌کننده تعداد دانه است (Gonzalez et al., 2005; Kaur & Behl 2010). لذا همان‌طور که پیش‌تر نیز اشاره شد، کمبود نیتروژن بدلیل تأثیر بر میزان فتوسنتز و در نهایت کاهش میزان کربوهیدرات‌های قابل دسترس بر رشد و بقای سنبلچه‌ها و گلچه‌ها مؤثر است.

۵.۴. وزن هزاردانه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تأثیر تاریخ کاشت و کود نیتروژن بر وزن هزاردانه معنی‌دار بود، درحالی‌که اثر متقابل آن‌ها بر این صفت تأثیر معنی‌داری نداشت (جدول ۲). نتایج نشان داد که وزن هزاردانه در تاریخ کاشت ۱۰ و ۲۴ مهرماه به ترتیب ۳۶/۷۳ و ۳۶/۹۲ گرم بود و اختلاف بین وزن هزاردانه در این دو تاریخ کاشت معنی‌دار نبود. با این وجود، در تاریخ کشت ۱۲ آبان‌ماه نسبت به دو تاریخ کاشت قبل آن کاهش معنی‌دار ۳/۱ درصدی در وزن هزاردانه مشاهده شد (جدول ۳). پیش‌تر نیز کاهش وزن هزاردانه در گندم در واکنش به کشت دیر هنگام گزارش شده است (احمدی و همکاران، ۱۳۹۱). کاهش فعالیت دستگاه فتوسنتزی گیاه گندم به‌واسطه تخریب فتوسیستم‌دو و کاهش فعالیت آنزیم‌های دخیل در واکنش‌های بیوشیمیایی، افزایش تنفس نوری، پیری سریع‌تر برگ‌ها و کاهش طول دوره پرشدن دانه از جمله واکنش‌های گیاه گندم به تنش حرارتی است (Mathur et al., 2011; Akter & Islam, 2017). کاهش طول دوره پرشدن دانه مهم‌ترین عامل کاهش وزن دانه در برخورد با تنش‌های حرارتی گزارش شده است، به‌طوری‌که کاهش ۲/۴ روز به‌ازای هر درجه افزایش دما از دمای ۲۰ به ۲۵ درجه سانتی‌گراد در طول دوره پرشدن دانه گندم نیز گزارش شده است (Yin et al., 2009; Akter & Islam, 2017). تجربه دماهای بالا در طول دوره پرشدن در تاریخ کاشت ۱۲ آبان‌ماه، باعث کاهش میزان فتوسنتز و طول مدت فتوسنتز شده و بدین ترتیب کاهش معنی‌دار وزن دانه نسبت به دو تاریخ دیگر را فراهم آورده است.

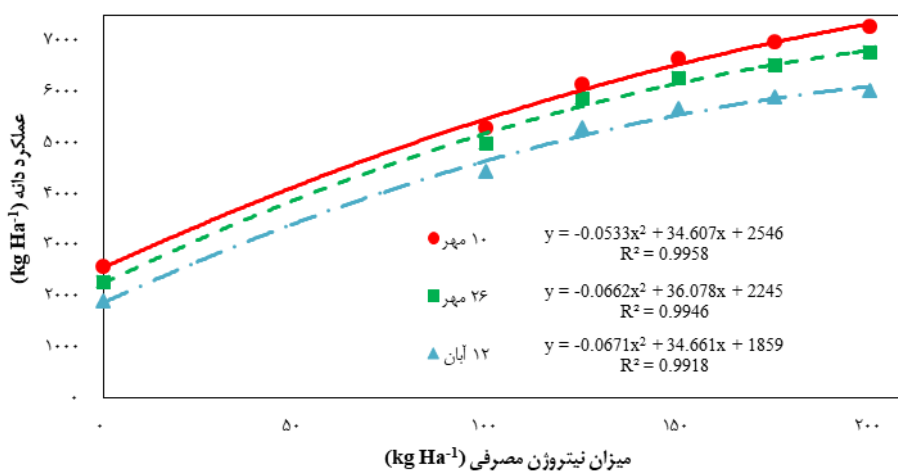
نتایج هم‌چنین نشان داد که به‌طور متوسط در هر سه تاریخ کاشت، وزن هزاردانه گندم در شرایط مصرف کود نیتروژن نسبت به عدم مصرف آن ۴/۱ درصد کاهش نشان داد. این کاهش وزن هزاردانه در تیمارهای کوددهی به‌دلیل تشکیل تعداد دانه بیش‌تر در سنبله و در نهایت کاهش ماده خشک اختصاص به دانه‌های می‌باشد که روند مشابهی نیز در مطالعات گذشته گزارش شده است (احمدی و همکاران، ۱۳۹۱؛ Gonzalez et al., 2005). به‌علاوه این که در هر سه تاریخ کاشت با افزایش سطح مصرف کود نیتروژن از ۱۰۰ به ۱۷۵ کیلوگرم در هکتار تقریباً روند کاهش معنی‌دار وزن هزاردانه ادامه داشت (جدول ۳). کاهش وزن هزاردانه در پاسخ به افزایش مقدار نیتروژن در ارقام مختلف گندم به‌واسطه افزایش تعداد دانه تشکیل شده در سنبله پیش‌تر نیز گزارش شده است (شهراسبی و همکاران، ۱۳۹۴؛ Zhang et al., 2019).

۶.۴. عملکرد دانه

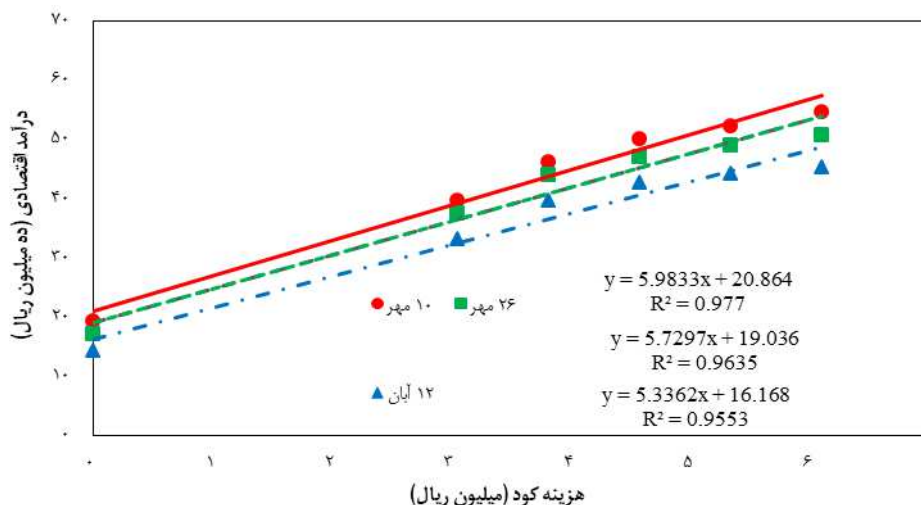
نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تأثیر تاریخ کاشت، کود نیتروژن و اثر متقابل آن‌ها بر عملکرد دانه معنی‌دار بود (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین نیز نشان داد که میزان عملکرد دانه تولیدی در ۱۰ مهر بیش‌ترین مقدار (۵۸۶۷ کیلوگرم در هکتار) بود. میزان عملکرد دانه در تاریخ کشت ۲۶ مهرماه و ۱۲ آبان‌ماه به ترتیب ۶/۳ و ۱۵/۷ درصد نسبت به تاریخ کاشت ۱۰ مهرماه کم‌تر بود، که این کاهش تنها در تاریخ ۱۲ آبان معنی‌دار بود (جدول ۳). کاهش عملکرد دانه در ارقام مختلف گندم و مناطق مختلف در پاسخ به کشت دیر هنگام پیش‌تر نیز گزارش شده است (احمدی و همکاران، ۱۳۹۱؛ Gonzalez et al., 2005).

کاهش تعداد سنبله در واحد سطح و تعداد دانه تشکیل شده در سنبله در تاریخ کاشت دیرتر (جدول ۳) می‌تواند کاهش عملکرد ناشی از تاریخ کاشت دیرتر را توجیه کند. به‌علاوه برخورد دوره پرشدن دانه با دماهای بالاتر و رخداد تنش حرارتی در کشت تأخیری، به‌علاوه کاهش کارایی سیستم فتوسنتزی و کاهش طول دوره پرشدن دانه در شرایط تنش حرارتی می‌تواند از جمله دلایل دیگر کاهش عملکرد دانه باشد (Yin *et al.*, 2009; Akter & Islam, 2017).

نتایج هم‌چنین نشان داد که به‌طور متوسط در هر سه تاریخ کاشت مصرف کود نیتروژن نسبت به عدم مصرف آن، افزایش متوسط ۱۶۹ درصدی در عملکرد دانه را باعث شد. بیشینه عملکرد دانه تولیدی در تاریخ کاشت ۱۰ مهرماه با مصرف ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار حاصل شد و در دو تاریخ کاشت بعدی مصرف بیش از ۱۷۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار باعث افزایش عملکرد معنی‌داری نشد (جدول ۳). افزایش عملکرد ارقام مختلف گندم در مناطق مختلف در پاسخ به مصرف ۱۲۰ تا ۲۲۰ کیلوگرم در هکتار گزارش شده است (شهراسبی و همکاران، ۱۳۹۴؛ Zhang *et al.*, 2019). افزایش شاخص سطح برگ در پاسخ به مصرف کود نیتروژنی می‌تواند با افزایش میزان تابش دریافتی و فتوسنتز عامل مؤثری بر افزایش عملکرد دانه تولیدی باشد (Jafarikouhini *et al.*, 2020). به‌علاوه نقش نیتروژن بر میزان کلروفیل، بهبود فعالیت آنزیم‌های دخیل در فتوسنتز و کاهش سرعت پیری برگ می‌تواند از طریق بهبود راندمان مصرف نور موجب افزایش عملکرد دانه شود (Qadeer *et al.*, 2019). نتایج آنالیز رگرسیون نیز نشان داد که در هر سه تاریخ کاشت پاسخ عملکرد گندم به میزان مصرف کود نیتروژن به‌صورت درجه دوم بود (شکل ۱). با این وجود پاسخ درآمد اقتصادی حاصل از فروش دانه گندم در پاسخ به هزینه پرداختی برای خرید کود اوره مصرفی در هر سه تاریخ کاشت از یک روند خطی پیروی می‌کرد (شکل ۲). نتایج نشان داد که سود خالص (درآمد حاصل از فروش گندم کسر شده از هزینه پرداختی برای خرید کود اوره) حاصل از افزایش مصرف کود اوره از ۱۷۵ کیلوگرم به ۲۰۰ کیلوگرم در تاریخ کاشت ۱۰ و ۲۶ مهرماه و ۱۲ آبان به‌ترتیب بیش از ۲/۲۰۰/۰۰۰، ۱/۷۰۰/۰۰۰ و ۸۰۰/۰۰۰ تومان در هکتار بوده است. با وجود کاهش قابل‌توجه سود اقتصادی حاصل از اضافه مصرف کود نیتروژن در تاریخ‌های کشت دیرهنگام، تولید مقرون‌به‌صرفه حاصل از اضافه مصرف کود نیتروژن با توجه به قیمت تعاونی این کود موجب ترغیب کشاورزان برای مصرف کود بیش‌تر خواهد شد. درحالی‌که خسارات زیست‌محیطی حاصل از مصرف بی‌رویه کود نیتروژنی از جمله شورشدن خاک و مشکلات سلامتی ناشی از تجمع نیترات در گندم تولیدی و ورود احتمالی آن به آب‌های زیرزمینی متأسفانه مورد توجه قرار نمی‌گیرد.



شکل ۱. پاسخ عملکرد دانه گندم به میزان نیتروژن مصرفی در هر تاریخ کاشت



شکل ۲. پاسخ درآمد اقتصادی حاصل از فروش دانه گندم به میزان هزینه پرداختی برای کود نیتروژن مصرفی در هر تاریخ کاشت

۵. نتیجه‌گیری و پیشنهادها

نتایج این پژوهش نشان داد که تأخیر در تاریخ کاشت باعث کاهش رشد و عملکرد گندم خواهد شد. از طرفی کاهش عملکرد گندم در تاریخ کاشت دیرهنگام باعث کاهش نیاز نیتروژنی گیاه گندم برای تولید حداکثری دانه در مقایسه با تاریخ کاشت زودهنگام شد. بیشینه عملکرد دانه نیز در تاریخ کاشت ۱۰ مهرماه با مصرف ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار حاصل شد و در دو تاریخ کاشت دیرهنگام مصرف بیش از ۱۷۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار باعث افزایش معنی‌دار عملکرد نشد. نتایج آنالیز رگرسیون نیز نشان داد که در هر سه تاریخ کاشت پاسخ عملکرد گندم به میزان مصرف کود نیتروژن به صورت درجه دوم بود، درحالی‌که پاسخ درآمد اقتصادی حاصل از فروش دانه گندم در پاسخ به هزینه پرداختی برای خرید کود اوره مصرفی در هر سه تاریخ کاشت از یک روند خطی پیروی می‌کرد. با وجود کاهش ۶۴ درصدی سود اقتصادی حاصل از مصرف ۲۵ کیلوگرم کود مازاد بر نیاز گندم در تاریخ کاشت دیرهنگام ۱۲ آبان‌ماه نسبت به تاریخ کاشت ۱۰ مهرماه، اصلاح الگوی مصرف کود و کاهش خسارت‌های زیست‌محیطی ناشی از مصرف کود بی‌رویه به دلیل توجیه اقتصادی مصرف کود بیش‌تر به دلیل قیمت پایین کود تعاونی قرار گرفته در اختیار کشاورزان در عمل قابل اجرا نیست. این در حالی است که سالانه مبالغ هنگفتی صرف سلامت مردم برای درمان بیماری‌های ناشی از مصرف مواد غذایی و یا آب آشامیدنی دارای آلودگی نیتراتی می‌شود.

۶. تشکر و قدردانی

این مقاله مستخرج از نتایج طرح تحقیقاتی اجراشده از محل اعتبارات معاونت پژوهشی مجتمع آموزش عالی تربت‌جام می‌باشد.

۷. تعارض منافع

هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان وجود ندارد.

۸. منابع

- احمدی، منصوره؛ کامکار، بهنام؛ سلطانی، افشین؛ زینلی، ابراهیم و عرب عامر، راحله (۱۳۹۱). تأثیر تاریخ کاشت بر طول دوره‌های فنولوژیک ارقام گندم و رابطه آن با تولید عملکرد. *مجله پژوهش‌های تولید گیاهی*، ۷ (۲)، ۱۰۹-۱۲۲.
- بایگی، زینب؛ سیف‌زاده، سعید؛ شیرانی‌راد، امیرحسین؛ ولدآبادی، سید علیرضا و جعفرنژاد، احمد (۱۳۹۶). بررسی اثرات تاریخ کاشت بر شاخص‌های رشد و عملکرد و اجزای عملکرد ارقام گندم بهاره در نیشابور. *پژوهش‌های کاربردی زراعی*، ۳۰ (۲)، ۱۸-۱. <https://doi.org/10.22092/aj.2018.109088.1113>
- شهراسبی صادق، امام یحیی، رونقی عبدالمجید، پیرسته انوشه هادی (۱۳۹۴). اثر تنش خشکی و کود نیتروژن بر عملکرد دانه و کارایی زراعی مصرف نیتروژن گندم (*Triticum aestivum* L.) رقم سیروان در شرایط استان فارس. *نشریه علوم زراعی ایران*، ۱۷ (۴)، ۳۴۹-۳۶۳.
- وزارت جهاد کشاورزی (۱۳۹۹). *آمارنامه کشاورزی*، تهران: معاونت آمار مرکز فناوری اطلاعات و ارتباطات.

References

- Ahmadi, M., Kamkar, B., Soltani, A., Zeynali, E., & Arabameri, R. (2010). The effect of planting date on duration of phenological phases in wheat cultivars and its relation with grain yield. *Journal of Plant Production*, 7(2), 109-122. (In Persian).
- Akter, N., & Rafiqul Islam, M. (2017). Heat stress effects and management in wheat. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 37(8), 9.1-17. <https://doi.org/10.1007/s13593-017-0443-9>.
- Baygi, Z., Saifzadeh, S., Shirani Rad, A. H., Valadabadi, S. A., & Jafarnejad, A. (2017). Investigating the effects of sowing date on growth indices and yield and yield components of spring wheat cultivars in Neyshabur. *Iranian Journal of Applied Research in Field Crops*, 30(2), 1-18. <https://doi.org/10.22092/AJ.2018.109088.111>. (In Persian).
- Brady, N. C., & Weil, R. R. (2008). *The nature and properties of soils*. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.
- FAO, (2020). World Food and agriculture data. Retrieved 15 August 2022, from <https://www.fao.org/faostat/en/>.
- Ferrante, A., Savin, R., & Slafer, G. A. (2020). Floret development and spike fertility in wheat: Differences between cultivars of contrasting yield potential and their sensitivity to photoperiod and soil. *Field Crops Research*, 256(10), 107908. <https://doi.org/10.1016/J.FCR.2020.107908>.
- Gonzalez, F. G., Slafer, G. A., & Miralles, D. J. (2005). Photoperiod during stem elongation in wheat: is its impact on fertile floret and grain number determination similar to that of radiation? *Functional Plant Biology*, 32(3), 181-188. <https://doi.org/10.1071/FP04103>.
- Jafarikouhini, N., Kazemini, S. A., & Sinclair, T. R. (2020). Sweet corn nitrogen accumulation, leaf photosynthesis rate, and radiation use efficiency under variable nitrogen fertility and irrigation. *Field Crops Research*, 257(10), 107913. <https://doi.org/10.1016/J.FCR.2020.107913>.
- Kaur, V., & Behl, R. K. (2010). Grain yield in wheat as affected by short periods of high temperature, drought and their interaction during pre- and post-anthesis stages. *Cereal Research Communications*, 38(12), 514-520. <https://doi.org/10.1556/CRC.38.2010.4.8>.
- Makino, A., Shimada, T., Takumi, S., Kaneko, K., Matsuoka, M., Shimamoto, K., Nakano, H., Miyao-Tokutomi, M., Mae, T., & Yamamoto, N. (1997). Does decrease in ribulose-1, 5 biphosphate carboxylase by antisense RbcS lead to a higher N-use efficiency of photosynthesis under conditions of saturating CO₂ and light in rice plants? *Plant Physiology*, 114(2), 483-491. <https://doi.org/10.1104/pp.114.2.483>.

- Mathur, S., Jajoo, A., Mehta, P., & Bharti, S. (2011). Analysis of elevated temperature-induced inhibition of photosystem II using chlorophyll a fluorescence induction kinetics in wheat leaves (*Triticum aestivum*). *Plant Biology*, 13(1), 1-6. <https://doi.org/10.1111/j.1438-8677.2009.00319.x>.
- Ministry of Agriculture Jihad. (2019). *Khorasan Razavi Agricultural Statistical Yearbook*. Tehran: Agriculture Jihad publication. (In Persian).
- Ozer, H. (2003). Sowing date and nitrogen rate effects on growth, yield and yield components of two summer rapeseed cultivars. *European Journal of Agronomy*, 19(3), 453-463. [https://doi.org/10.1016/S1161-0301\(02\)00136-3](https://doi.org/10.1016/S1161-0301(02)00136-3).
- Porter, J. R. & Gawith, M. (1999). Temperatures and the growth and development of wheat: a review. *European Journal of Agronomy*, 10(1), 23-36. [https://doi.org/10.1016/S1161-0301\(98\)00047-1](https://doi.org/10.1016/S1161-0301(98)00047-1).
- 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), 1-21. <https://doi.org/10.3390/su11226486>.
- Saberali, S.F., Modarres-Sanavy, S.A.M., Bannayan, M., Aghaalikhani, M., Haghayegh, G., & Hoogenboom, G. (2016). Common bean canopy characteristics and N assimilation as affected by weed pressure and nitrogen rate. *Journal of Agricultural Science*, 154(4), 598-611. <https://doi.org/10.1017/S0021859615000477>.
- Shahrashbi, S., Emam, Y., Ronaghi, A., & Pirasteh-Anosheh, H. (2016). Effect of drought stress and nitrogen fertilizer on grain yield and agronomic nitrogen use efficiency of wheat (*Triticum aestivum* L. cv. Sirvan) in Fars Province, Iran conditions. *Iranian Journal of Crop Science*, 17(4), 349-363. 20.1001.1.15625540.1394.17.4.7.5. (In Persian).
- Slafer, G.A., Abeledo, L.G., Miralles, D.J., Gonzalez, F.G. & Whitechurch, E.M. (2001). Photoperiod sensitivity during stem elongation as an avenue to raise potential yield in wheat. *Euphytica* 119(5), 191-197. <https://doi.org/10.1023/A:1017535632171>.
- Sun, J., Ye, M., Peng, S., & Li, Y. (2016). Nitrogen can improve the rapid response of photosynthesis to changing irradiance in rice (*Oryza sativa* L.) plants. *Scientific Reports*, 6(9), 1-10. <https://doi.org/10.1038/srep31305>.
- Tilley, M. S., Heiniger, R. W., & Crozier, C. R. (2019). Tiller initiation and its effects on yield and yield components in winter wheat. *Agronomy Journal*, 111(5), 1323-1332. <https://doi.org/10.2134/agronj2018.07.0469>.
- Tremblay, N. & Belec, C. (2006). Adapting nitrogen fertilization to unpredictable seasonal conditions with the least impact on-the environment. *Horttechnology*, 16(3), 408-412. <https://doi.org/10.21273/HORTTECH.16.3.0408>.
- Van Ittersum, M.K., & Rabbinge, R. (1997). Concepts in production ecology for analysis and quantification of agricultural input-output combinations. *Field Crops Research*, 52(3), 197-208. [https://doi.org/10.1016/S0378-4290\(97\)00037-3](https://doi.org/10.1016/S0378-4290(97)00037-3).
- Villegas, D., Alfaro, C., Ammar, K., Cátedra, M. M., Crossa, J., García del Moral, L. F., & Royo, C. (2016). Daylength, temperature and solar radiation effects on the phenology and yield formation of spring durum wheat. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 202(3), 203-216. <https://doi.org/10.1111/JAC.12146>.
- Wardlaw, I. F., & Moncur, L. (1995). The response of wheat to high temperature following anthesis. I. The rate and duration of kernel filling. *Australian Journal Plant Physiology*, 22(3), 391-397. <https://doi.org/10.1071/PP9950391>.
- Xie, Q., Mayes, S., & Sparkes, D. L. (2016). Optimizing tiller production and survival for grain yield improvement in a bread wheat × spelt mapping population. *Annals Botany*, 117(1), 51-66. <https://doi.org/10.1093/aob/mcv147>.

- Yin, X.Y., Guo, W., & Spiertz, J.H. (2009). A quantitative approach to characterize sink-source relationships during grain filling in contrasting wheat genotypes. *Field Crops Research*, 114(1), 119-126. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2009.07.013>.
- Zhang, L., He, X., Liang, Z., Zhang, W., Zou, C., & Chen, X. (2020). Tiller development affected by nitrogen fertilization in a high-yielding wheat production system. *Crop Science* 60(2), 1034-1047. <https://doi.org/10.1002/csc2.20140>.
- Zhang, Z., Zhou, N., Xing, Z., Liu, B., Tian, J., Wei, H., Gao, H., & Zhang, H. (2022). Effects of Temperature and Radiation on Yield of Spring Wheat at Different Latitudes. *Agriculture*, 12(5), 627-634. <https://doi.org/10.3390/agriculture12050627>.