



Evaluation of the effect of different integrated fertilizer systems on the growth and yield characteristics of wheat in Ahvaz weather conditions

Farkhondeh Rafiei¹ | Esfandiar Fateh² | Ali Monsefi³ | Amir Aynehband⁴

1. Department of Production Engineering and Plant Genetic, Agricultural Faculty, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran. E-mail: f-rafiei@stu.scu.ac.ir
2. Corresponding Author, Department of Production Engineering and Plant Genetic, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran. E-mail: e.fateh@scu.ac.ir
3. Department of Production Engineering and Plant Genetic, Agricultural Faculty, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran. E-mail: a.monsefi@scu.ac.ir
4. Department of Production Engineering and Plant Genetic, Agricultural Faculty, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran. E-mail: aynehband@scu.ac.ir

Article Info

Article type:
Research Article

Article history:

Received 10 February 2025
Received in revised form
25 March 2025
Accepted 16 August 2025
Published online 29 September 2025

Keywords:

Biofertilizers
Grain yield
Green manure
Stem internodes
Supernitroplus

ABSTRACT

Objective: This study evaluated the effects of integrated fertilizer systems on growth and yield characteristics of wheat under the climatic conditions of Ahvaz.

Materials and Methods: The experiment was conducted in the Shahid Chamran University Faculty of Agriculture research farm during the 2022–23 cropping year. A split-plot randomized complete block design with three replications was used. The main plots consisted of five organic matter levels: (1) no residues, (2) wheat residues, (3) a mixture of sesame and mung bean residues, (4) barley and clover green manure, and (5) Sesbania green manure. The subplots represented four fertilizer management strategies: (1) entirely chemical fertilizer based on the recommended N–P–K rates (50–75–90), (2) integrated chemical and biological fertilizers (75% chemical fertilizer + Supernitroplus biological fertilizer (3 mL) + Barvar-2 (100 g ha⁻¹) + mixed micronutrient fertilizer spray), (3) Organic 1: compost (20 t ha⁻¹) + Supernitroplus (3 mL) + biosulfur (5 kg ha⁻¹) + Barvar-2 (100 g ha⁻¹) + humic acid (300 mg L⁻¹) + jasmonic acid (0.1 mM) via spray, and (4) Organic 2: vermicompost (10 t ha⁻¹) + mycorrhizal fungi (100 g m⁻²) + Supernitroplus (3 mL) + salicylic acid (1 mM). Growth and yield-related traits measured included peduncle length, peduncle internode weight, spike length, thousand-grain weight, grain number per spike, biomass yield, and grain yield.

Results: Among organic matter levels, barley+clover green manure produced the highest values for peduncle length (34.3 cm), peduncle internode weight (357.2 mg), spike length (7.9 cm), 1000-grain weight (48.3 g), grains per spike (49.5), biomass yield (11,299 kg ha⁻¹), and grain yield (4,108.8 kg ha⁻¹). Among fertilizer management levels, the combined fertilizer treatment yielded the highest peduncle internode weight (357.2 mg), while internode length was lowest (28.3 cm); spike length was greatest (9.1 cm); biomass yield reached 10,646 kg ha⁻¹ and grain yield 3,864 kg ha⁻¹. The interaction between organic matter and fertilizer level indicated that the greatest penultimate internode length (21.3 cm) occurred under barley+clover green manure with combined fertilizer; penultimate internode weight (344 and 328 mg) occurred under barley+clover green manure with combined fertilizer and Organic 1, respectively; and lower internode weight (472 mg) was observed with barley+clover green manure under combined fertilizer.

Conclusion: Overall, plant residues, particularly barley+clover and Sesbania green manures, improved the tested growth and yield traits compared with no-residue controls. Among fertilizer strategies, integrated and Organic 1 fertilizer regimes significantly outperformed chemical-only and Organic 2 treatments. These findings suggest that integrating organic residues with mineral and biological inputs can enhance wheat performance under Ahvazian conditions.

Cite this article: Rafiei, F., Fateh, E., Monsefi, A., & Aynehband, A. (2025). Evaluation of the effect of different integrated fertilizer systems on the growth and yield characteristics of wheat in Ahvaz weather conditions. *Journal of Crops Improvement*, 27 (3), 449–466. DOI: <https://doi.org/10.22059/jci.2025.390266.2919>



© The Author(s).

DOI: <https://doi.org/10.22059/jci.2025.390266.2919>

Publisher: University of Tehran Press.



ارزیابی تأثیر نظام‌های مختلف تلفیقی کود بر خصوصیات رشدی و عملکردی گندم در شرایط آب‌وهوایی اهواز

فرخنده رفیعی^۱ | اسفندیار فاتح^۲ | علی منصفی^۳ | امیر آینه‌بند^۴

۱. گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران. رایانامه: f-rafiee@stu.scu.ac.ir

۲. نویسنده مسئول، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران. رایانامه: e.fateh@stu.scu.ac.ir

۳. گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران. رایانامه: a.monsefi@stu.scu.ac.ir

۴. گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران. رایانامه: ayneband@stu.scu.ac.ir

اطلاعات مقاله

چکیده

نوع مقاله: مقاله پژوهشی

هدف: پژوهش حاضر با هدف ارزیابی تأثیر نظام‌های مختلف تلفیقی کود بر خصوصیات رشدی و عملکردی گندم در شرایط آب‌وهوایی اهواز اجرا شد.

روش پژوهش: آزمایش به‌صورت کرت‌های یک‌بار خردشده بر پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز طی سال زراعی ۱۴۰۲-۱۴۰۱ اجرا شد. عامل اصلی نوع ماده آلی در پنج سطح شامل ۱- بدون بقایا، ۲- بقایای گندم، ۳- مخلوط بقایای کتجد و ماش، ۴- کود سبز جو و شبدر و ۵- کود سبز سببانی (و فاکتور فرعی روش‌های مدیریت کود در چهار سطح ۱- شیمیایی براساس میزان N-P-K توصیه شده (۵۰-۷۵-۹۰)، ۲- تلفیقی ۳- ارگانیک ۱ (کود کمپوست (۲۰ تن در هکتار)، سوپرنیتروپلاس (۳ میلی‌لیتر) + بیوسولفور (۵ کیلو گرم در هکتار) + بارور ۲ (۱۰۰ گرم در هر هکتار) + هیومیک اسید (۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر) و جاسمونیک اسید ۰/۱ میلی‌مولار به‌صورت محلول‌پاشی) و ۴- ارگانیک ۲ (کود ورمی کمپوست به مقدار ۱۰ تن در هکتار، قارچ میکوریزا به مقدار ۱۰۰ گرم در مترمربع، سوپرنیتروپلاس (۳ میلی‌لیتر) + سالیسیلیک اسید (۱ میلی‌مولار) بودند.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که در بین سطوح ماده آلی، بیش‌ترین میانگین طول پدانکل (۳۴/۳ سانتی‌متر)، وزن میانگرمه پدانکل (۳۸۵/۵ گرم)، طول سنبله (۹/۷ سانتی‌متر)، وزن هزاردانه (۴۸/۳ گرم)، تعداد دانه در سنبله (۴۹/۵)، عملکرد زیست‌توده (۱۱۲۹۹ کیلوگرم در هکتار) و عملکرد دانه (۴۱۰۸/۸ کیلوگرم در هکتار) مربوط به تیمار کاربرد کود سبز جو+ شبدر بود. در بین سطوح کودی نیز مشاهده شد که بیش‌ترین میانگین وزن میانگرمه پدانکل (۳۵۷/۲ میلی‌گرم)، طول میانگرمه‌های زیرین (۲۸/۳ سانتی‌متر)، طول سنبله (۹/۱ سانتی‌متر)، عملکرد زیست‌توده (۱۰۶۴۶ کیلوگرم در هکتار) و عملکرد دانه (۳۸۶۴ کیلوگرم در هکتار) مربوط به تیمار کود تلفیقی بود. هم‌چنین بیش‌ترین میانگین صفات طول میانگرمه پنانتی‌میت مربوط به تیمار کاربرد کود سبز جو و شبدر در شرایط کاربرد کود تلفیقی (۲۱/۳ سانتی‌متر)، وزن میانگرمه پنانتی‌میت مربوط به تیمارهای کاربرد کود تلفیقی و ارگانیک ۱ در شرایط کاربرد کود سبز جو و شبدر (به‌ترتیب ۳۴۴ و ۳۲۸ میلی‌گرم) و وزن میانگرمه‌های زیرین مربوط به تیمار کاربرد کود سبز جو و شبدر در شرایط کاربرد کود تلفیقی (۴۷۲ میلی‌گرم) بود.

نتیجه‌گیری: نتایج کلی نشان داد که در بین سطوح ماده آلی، کاربرد بقایای گیاهی به‌ویژه کود سبز جو+ شبدر و کود سبز سببانی سبب بهبود صفات موردبررسی نسبت به تیمار بدون کاربرد بقایای گیاهی شدند. هم‌چنین در بین سطوح کودی نیز کاربرد کود تلفیقی و ارگانیک ۱ را به‌طور معنی‌داری نسبت به تیمارهای کاربرد تنهایی کود شیمیایی و ارگانیک ۲ افزایش دهند.

کلیدواژه‌ها:

سوپرنیتروپلاس

عملکرد دانه

کود سبز

کودهای زیستی

میانگرمه ساقه

استناد: رفیعی، فرخنده؛ فاتح، اسفندیار؛ منصفی، علی و آینه‌بند علی (۱۴۰۴). ارزیابی تأثیر نظام‌های مختلف تلفیقی کود بر خصوصیات رشدی و عملکردی گندم در شرایط آب‌وهوایی اهواز. *به‌زراعی کشاورزی*، ۲۷ (۳)، ۴۴۹-۴۶۶. DOI: <https://doi.org/10.22059/jci.2025.390266.2919>



۱. مقدمه

گندم یکی از مهم‌ترین محصولات زراعی در سراسر جهان به‌شمار می‌رود که به‌دلیل ارزش غذایی بالا و دامنه سازگاری بالای آن، نقش مهمی در امنیت غذایی و کشاورزی جهان ایفا می‌کند و یک جزء اساسی در رژیم غذایی انسان و کالای کلیدی در تجارت بین‌المللی است (ربوح^۱ و همکاران، ۲۰۲۳). سیستم کشت گندم با محدودیت‌ها و مشکلات مختلفی مواجه است که بسته به موقعیت جغرافیایی و روش‌های خاص کشاورزی هر منطقه می‌تواند متفاوت باشد.

یکی از مهم‌ترین چالش‌های امروز در زراعت گیاهان زراعی از جمله گندم، نگرانی‌های مربوط به سلامت و حاصلخیزی خاک است (زرگر^۲ و همکاران، ۲۰۱۷؛ تمیربکوا^۳ و همکاران، ۲۰۲۲). طی دهه‌های اخیر کاربرد طولانی‌مدت کودهای شیمیایی سبب کاهش کیفیت خاک و آب‌های زیرزمینی، اختلال‌های شدید تغذیه‌ای در زمین‌های زراعی و آسیب‌های زیست‌محیطی شده است (وی^۴ و همکاران، ۲۰۱۵). از رویکردهای نوین جهت تولید پایدار محصولات زراعی، تغییر شیوه‌های زراعی برای افزایش بهره‌وری و کارایی تولید گندم به‌منظور به حداکثر رساندن عملکرد و بهینه‌سازی استفاده از منابع و در نظر گرفتن محدودیت‌ها و چالش‌های مرتبط با تولید محصول است (ابراهام^۵ و همکاران، ۲۰۱۴). از آنجایی که بیش از نیمی از اراضی تحت کشت سالانه گندم در کشور با معضل سنگینی بافت، کمبود مواد آلی و عملکرد پایین مواجه هستند، بنابراین استفاده از بقایای گیاهی در بهبود وضعیت حاصلخیزی خاک، راه‌کار مناسبی می‌باشد. استفاده از کودهای آلی و زیستی به‌دلیل آزادسازی تدریجی عناصر غذایی و تسهیل در فراهم‌کردن عناصر غذایی مورد نیاز گیاه، می‌تواند به عنوان راه‌کاری عملی جهت کاهش مصرف کودهای شیمیایی و بهبود کارایی آن‌ها مدنظر قرار گیرد (جوادی و همکاران، ۱۴۰۰). هم‌چنین از جمله مواد آلی که می‌تواند باعث بهبود ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک شود، کود سبز می‌باشد. کود سبز باعث افزایش مواد آلی خاک شده که این پدیده در نتیجه فرایندهای میکروبیولوژیکی اتفاق افتاده و باعث آزادسازی عناصر غذایی برای گیاهان می‌شود (کیخا و همکاران، ۱۴۰۰). لذا، هدف از پژوهش حاضر بررسی تأثیر انواع مختلف مواد آلی و ترکیب کود بر خصوصیات رشدی و عملکرد گندم در شرایط آب‌وهوایی اهواز می‌باشد.

۲. پیشینه پژوهش

حاصلخیزی خاک و سلامت محیط زیست در سیستم‌های کشاورزی رایج همواره مورد توجه پژوهش‌گران بوده و مهم‌ترین روش برای برطرف کردن این مشکل در راستای کشاورزی پایدار، استفاده از روش‌های مختلف مانند حفظ بقایای گیاهی (سارکار^۶ و همکاران، ۲۰۲۰)، استفاده از کود سبز (مینا^۷ و همکاران، ۲۰۱۸) و مصرف تلفیقی کودها می‌باشد (صالحی و همکاران، ۱۳۹۳). در این راستا، حمید^۸ و همکاران (۲۰۲۱) در بررسی و مقایسه اثرات کودهای آلی و شیمیایی بر بهره‌وری کربن آلی و گندم در خاک گزارش دادند که بیش‌ترین محتوای پروتئین دانه‌های گندم (۱۳/۲ و ۱۳/۳ درصد به‌ترتیب طی سال‌های ۲۰۰۵-۶ و ۲۰۰۶-۷) در شرایط کاربرد کودهای آلی به‌دست آمد. در مقابل، بیش‌ترین عملکرد دانه (۴/۰۵ و ۴/۴۶ تن در هکتار به‌ترتیب طی سال‌های ۲۰۰۵-۶ و ۲۰۰۶-۷) مربوط به

1. Rebouh
2. Zargar
3. Temirbekova
4. Wei
5. Abraham
6. Sarkar
7. Meena
8. Hammad

تیمار کاربرد کودهای شیمیایی (N، P_2O_5 و K_2O) به‌ترتیب با مقادیر ۱۵۰، ۱۰۰ و ۶۰ کیلوگرم در هکتار) بود. زاهدی و شرقی (۱۳۹۸) در بررسی اثر برخی حاصلخیزکننده‌های آلی خاک بر عملکرد و اجزای عملکرد جو گزارش دادند که به‌طور کلی کاربرد کودهای آلی توانست ارتفاع گیاه جو رقم ریحان را افزایش دهد، اگرچه افزایش ارتفاع گیاه در بعضی از رژیم‌های کودی به حدی نبود که متمایز از شاهد باشد. عبدی و همکاران (۱۴۰۳) نیز در بررسی اثر کودهای زیستی بر رشد و عملکرد سه رقم جو دیم بیان کردند که رقم ماهور در شرایط کاربرد ازتوباکتر+ مایکوریزی بیش‌ترین تأثیر را بر عملکرد دانه (۴۹۳۱ کیلوگرم در هکتار)، عملکرد کاه (۸۷۹۷ کیلوگرم در هکتار)، تعداد دانه در سنبله (۱۶)، تعداد سنبله در مترمربع (۵۴۶) و وزن ۱۰۰۰ دانه (۱۷/۸ گرم) داشت. پتریچنکو^۱ و همکاران (۲۰۲۱) نیز طی مطالعه‌ای گزارش دادند که بیش‌ترین عملکرد گندم پاییزه (۶/۶۴ تن در هکتار) پس از کود سبز شبدر (*Trifolium pratense*) به‌دست آمد. یوسفی بجوانی (۱۴۰۴) در بررسی تأثیر گیاهان پوششی کود سبز تابستانه بر عملکرد گندم و برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در توالی زراعی گندم، بیان کردند که میزان کربن آلی خاک در دو سال ۰/۳۵ درصد افزایش یافت. بیش‌ترین افزایش میزان ماده آلی خاک متعلق به ماش و بیش‌ترین میزان تأثیر بر نسبت کربن به نیتروژن به لوبیا چشم بلبلی تعلق داشت. شهبازی و همکاران (۱۳۹۴) در آزمایشی نشان دادند کاربرد خاکی ورمی‌کمپوست بین ۵ تا ۱۵ درصد و افشانه برگی هیومیک‌اسید بر روی سه رقم گندم، بین ۶ تا ۱۱ درصد صفات اندازه‌گیری شده را بهبود داد. هم‌چنین کاربرد توأم کودهای آلی منجر به افزایش اثرات این کودها شد. به‌طوری که بیش‌ترین وزن هزاردانه (۵۱/۷ گرم)، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک به‌ترتیب (۸۸۱۷ و ۱۹۴۸۷ گرم در مترمربع) از تیمار محلول‌پاشی گندم چمران با هیومیک‌اسید و کاربرد ورمی کمپوست به‌دست آمد. مهتدی و همکاران (۱۳۹۴) در بررسی اثرات کودهای زیستی حاوی باکتری‌های تثبیت‌کننده غیرهمزیست نیتروژن و حل‌کننده فسفات بر روی صفات کمی و کیفی گندم بیان کردند که بیش‌ترین میانگین عملکرد دانه تحت تیمار ترکیبی (۱۰۰ درصد کود شیمیایی + کودهای بیولوژیک) با میزان عملکرد ۵۵۰۶ کیلوگرم در هکتار حاصل شد که این افزایش عملکرد حاصل افزایش اجزای عملکرد نظیر تعداد سنبله در هر بوته، تعداد دانه در هر سنبله و وزن هزاردانه بود. قلمباز و همکاران (۱۳۹۳) نیز طی مطالعه‌ای گزارش دادند که روش‌های مختلف مدیریت کود اثر معنی‌داری بر صفت طول و وزن مخصوص میانگرمه‌های گندم داشت، به‌طوری که بیش‌ترین طول میانگرمه (۳۴/۱ سانتی‌متر) در شرایط مدیریت تلفیقی + ۷۵ درصد کود شیمیایی و بیش‌ترین وزن ساقه (۲۸۱/۹ میلی گرم) از کاربرد کامل مجموع کودهای بیولوژیک به‌دست آمد. امیدواری و همکاران (۱۳۹۹) نیز گزارش دادند که به واسطه کاربرد کودهای زیستی، طول سنبله ۲۸/۶ درصد، وزن سنبله ۴۸/۳ درصد، تعداد دانه در سنبله ۵۶/۹ درصد، وزن هزاردانه ۳۹/۸ درصد، عملکرد دانه ۵۴/۴ درصد و عملکرد بیولوژیک ۵۱/۳ درصد افزایش یافت.

۳. روش‌شناسی پژوهش

پژوهش حاضر با هدف ارزیابی تأثیر نظام‌های مختلف تلفیقی کود بر خصوصیات رشدی و عملکردی گندم در شرایط آب‌وهوایی اهواز طی سال زراعی در سال زراعی ۱۴۰۳-۱۴۰۲ در مزرعه آموزشی پژوهشی دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید چمران اجرا شد. آمار هواشناسی در محدوده زمانی انجام آزمایش در جدول (۱) و نتایج تجزیه آزمون خاک مزرعه آزمایشی در جدول (۲) ارائه شده است.

جدول ۱. میانگین ماهانه شرایط آب‌وهوایی در طول فصل رشد در سال زراعی ۱۴۰۲-۰۳

ماه	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت
دمای حداکثر (سانتی‌گراد)	۱۸	۱۱	۱۰	۱۰	۱۲	۱۷	۲۳
دمای حداقل (سانتی‌گراد)	۳۱	۲۳	۲۳	۲۳	۲۵	۳۱	۳۶
بارندگی (میلی‌متر)	۷۰	۷	۹	۳۷	۸۱	۱	۱

آزمایش به صورت کرت‌های یک‌بار خردشده بر پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. فاکتور اصلی نوع ماده آلی در پنج سطح شامل ۱- بدون بقایا، ۲- بقایای گندم، ۳- مخلوط بقایای کنجد و ماش، ۴- کود سبز جو و شبدر و ۵- کود سبز سسبانی بود. فاکتور فرعی روش‌های مدیریت کود در چهار سطح تیماری عبارت بودند از ۱- شیمیایی براساس میزان N-P-K توصیه شده (۵۰-۷۵-۹۰)، ۲- تلفیقی: ۷۵ درصد کود شیمیایی + کود زیستی سوپرنیتروپلاس (۳ میلی‌لیتر) و کود بارور ۲ (۱۰۰ گرم در هر هکتار) + کود مخلوط عناصر ریزمغذی (محلول پاشی)، ۳- ارگانیک: کود کمپوست (۲۰ تن در هکتار)، سوپرنیتروپلاس (۳ میلی‌لیتر) + بیوسولفور (۵ کیلو گرم در هکتار) + بارور ۲ (۱۰۰ گرم در هر هکتار) + هیومیک‌اسید (۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر) و جاسمونیک‌اسید ۰/۱ میلی‌مولار (محلول پاشی) و ۴- ارگانیک ۲ (کود ورمی کمپوست به مقدار ۱۰ تن در هکتار، قارچ میکوریزا به مقدار ۱۰۰ گرم در مترمربع، سوپرنیتروپلاس (۳ میلی‌لیتر) + سالیسیلیک‌اسید (۱ میلی‌مولار).

از آنجایی که هدف از کاربرد ترکیبات محرک رشد بهبود شرایط رشد رویشی گیاه است، لذا اسیدهای محرک رشد همگی در سه مرحله در طول دوره رشد رویشی گندم (در سه مرحله شروع ساقه‌رفتن اواسط ساقه‌دهی و مرحله ظهور برگ پرچم) به کار برده شد. در این پژوهش کشت گیاهان کود سبز در تاریخ ۱۵ شهریورماه و بازگرداندن آن‌ها به خاک در ۱۵ مهرماه انجام شد و همزمان بقایای گیاهی به خاک اضافه شد. مواد گیاهی در این آزمایش شامل جو (رقم کارون)، شبدر برسیم، بقایای کنجد از رقم مهاجر از شهرستان شوشتر بقایا ماش از بقایای رقم عمرانی از شهرستان شوشتر و سسبانی از گونه *Sesbania cannabina* بود. مخلوط جو و شبدر به صورت کود سبز استفاده شد که تراکم هر کدام در مخلوط نصف تک‌کشتی آن‌ها بود. با احتساب کاربرد ۳۰ درصد بقایا، مخلوط بقایای کنجد و ماش به ترتیب به میزان ۱۲۹ و ۲۸۸ گرم بر مترمربع، هم‌چنین مقدار بقایای گندم به میزان ۹۰ گرم در مترمربع همزمان با بازگرداندن کود سبز به کرت‌ها اضافه شد. مقدار بذر برای کود سبز سسبانی (*Sesbania sp.*) برابر با ۲۰ کیلوگرم در هکتار بود که در تاریخ ۱۵ شهریورماه کشت شد.

هر کرت آزمایشی شامل شش خط به طول سه متر و عرض ۱/۵ متر بود. مقادیر کود شیمیایی مورد استفاده در تیمارهای آزمایشی بر مبنای نتایج آزمون خاک برآورد و در زمان تهیه بستر کاشت (فسفر و پتاسیم به صورت پایه) و یا سرک (نیتروژن) به کار برده شد. برای نیتروژن از کود اوره، برای فسفر از سوپر فسفات تریپل و برای پتاسیم از کود سولفات پتاسیم استفاده شد. سپس کشت گیاه گندم در ۱۵ آبان‌ماه و برداشت آن در اردیبهشت‌ماه انجام شد. بذر مصرفی گندم، رقم مهرگان بود که بر مبنای ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار استفاده شد.

۳.۱. صفات مورد اندازه‌گیری

به منظور اندازه‌گیری صفات رشدی و مورفولوژی، پس از رسیدگی فیزیولوژیک از هر واحد آزمایشی ۱۰ بوته انتخاب و کاملاً کفبر شد و به آزمایشگاه منتقل شد. سپس صفات ارتفاع بوته، طول و وزن میانگره پدانکل، میانگره پنالتی‌میت (میانگره ماقبل آخر) و میانگره‌های زیرین ساقه به تفکیک اندازه‌گیری شد. وزن مخصوص هر میانگره نیز از تقسیم وزن

میانگه بر طول میانگه به‌دست آمد.

به‌منظور برآورد اجزای عملکرد دانه گندم، در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک از هر واحد آزمایشی ۱۰ بوته به‌صورت تصادفی برداشت و به‌صورت جداگانه در پلاستیک قرار داده شدند و به آزمایشگاه منتقل گردیدند. سپس صفات تعداد دانه در سنبله، طول سنبله و وزن هزاردانه اندازه‌گیری شد. همچنین جهت اندازه‌گیری عملکرد زیست‌توده و دانه گندم نیز پس از رسیدگی فیزیولوژیک دانه‌ها در پایان فصل رشد، با حذف اثر حاشیه، از هر کرت آزمایشی یک مترمربع کاملاً کفبر و به آزمایشگاه منتقل و توزین و وزن ماده‌خشک (عملکرد زیست‌توده) نمونه‌های آزمایشی محاسبه گردید. پس از جدانمودن بذرهای و توزین دانه‌های هر کرت، عملکرد دانه در واحد مترمربع محاسبه شد. شاخص برداشت نیز از تقسیم عملکرد دانه بر عملکرد زیست‌توده محاسبه شد. در نهایت تجزیه آماری با استفاده از نرم‌افزار SAS (نسخه ۹/۴) و ترسیم نمودارها با استفاده برنامه‌های Word و Excel انجام شد. مقایسه میانگین صفات با استفاده از آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) در سطح ۵ درصد انجام شد.

۴. یافته‌های پژوهشی

۴.۱. ارتفاع بوته

نتایج تجزیه واریانس صفات آزمایشی نشان داد که ارتفاع بوته تحت تأثیر اثرات اصلی ماده آلی و سطوح کودی در سطح یک درصد قرار گرفت (جدول ۳). در بررسی اثر اصلی نوع ماده آلی مشخص شد که میانگین ارتفاع بوته در شرایط بدون کاربرد بقایای گیاهی برابر با ۷۴/۳ سانتی‌متر بود که تحت سطوح تیماری بقایای گندم، مخلوط بقایای کنجد و ماش، کود سبز جو و شبدر و کود سبز سببانی به‌ترتیب با چهار، هفت، ۱۵ و ۱۴ درصد افزایش و به مقادیر ۷۷/۳، ۷۷/۵، ۸۵/۶ و ۸۴/۳ سانتی‌متر رسید. بر این اساس مشاهده شد که بیش‌ترین میانگین ارتفاع بوته در شرایط کاربرد کود سبز جو+ شبدر و کود سبز سببانی (به‌ترتیب ۸۵/۶ و ۸۴/۳ سانتی‌متر) به‌دست آمد که البته این مقدار افزایش با سایر تیمارهای کاربرد بقایای گیاهی اختلاف آماری معنی‌داری نداشتند (جدول ۴).

در بررسی سطوح کودی نیز مشخص شد که در شرایط کاربرد کود شیمیایی، میانگین ارتفاع بوته برابر با ۷۷/۴ سانتی‌متر بود که در شرایط کاربرد کود تلفیقی و ارگانیک ۱ به‌ترتیب با ۱۱ و ۸ درصد افزایش به میانگین ۸۶/۲ و ۸۳/۵ سانتی‌متر رسید درحالی‌که در شرایط کاربرد ارگانیک ۲، میانگین ارتفاع بوته با ۵ درصد کاهش به میانگین ۷۳/۸ درصد رسید (جدول ۴).

جدول ۳. تجزیه واریانس برخی از صفات گندم تحت سطوح مختلف ماده آلی و سطوح کودی

منابع تغییرات	درجه آزادی	ارتفاع بوته	میانگه پدانکل						میانگه پناالتی‌میت			میانگه‌های زیرین	
			طول	وزن	وزن مخصوص	طول	وزن	وزن مخصوص	طول	وزن	وزن مخصوص	وزن	طول
بلوک	۲	۲۴۲	۱۲/۹	۸۲۶	۲/۵۱	۶/۸۱	۱۶۵	۳/۵۱	۱۰/۳۱	۵۷۸	۰/۶۵		
ماده آلی	۴	۲۶۷ ^{**}	۱۰۸ ^{**}	۳۷۱۵۴ ^{**}	۱۳/۵ ^{**}	۲۳/۱ ^{**}	۴۱۹۳۱ ^{**}	۱۰۲/۴ ^{**}	۴۳/۶ ^{**}	۵۱۵۶۸ ^{**}	۴۷/۸ ^{**}		
خطا	۸	۱۸۸	۱۵/۴	۱۵۹۲	۴/۵	۳/۴	۴۳۳	۳/۵	۱/۹۲	۱۴۷۰	۲/۲۵		
سطوح کودی	۳	۴۷۹ ^{**}	۱۰۵ ^{**}	۷۰۴۱۳ ^{**}	۳۱/۲ ^{**}	۳۳/۴ ^{**}	۳۸۹۱۰ ^{**}	۶۲ ^{**}	۲۲۰ ^{**}	۹۹۲۸۷ ^{**}	۳۴/۸ ^{**}		
ماده آلی × سطوح کودی	۱۲	۱۰/۷	۲۲/۵۹ ^{**}	۳۴۲۴ ^{**}	۳۴/۱ ^{**}	۲/۵۴ ^{**}	۱۳۱۴ ^{**}	۳۳/۱۴ ^{**}	۳۵/۴ ^{**}	۲۷۶۱ ^{**}	۶/۹ ^{**}		
خطا	۵۷	۵۷	۸/۳	۱۲۹۳	۱/۹۷	۰/۵۰	۴۵۲	۱/۸۳	۲/۷۸	۳۴۲	۰/۹۳		
ضریب تغییرات (درصد)	۹/۴۴	۹/۲۳	۱۲/۳	۱۵/۰۹	۴/۱۶	۹/۶۶	۱۰/۵۴	۷/۰۴	۶/۴۴	۸/۰۶			

ns و **: به‌ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

جدول ۴. مقایسه میانگین برخی از صفات گندم تحت سطوح مختلف ماده آلی و سطوح کودی

نوع ماده آلی	ارتفاع بوته	میانگرم پدانکل		میانگرم پنانتی میت		میانگرم زیرین	
		طول (سانتی متر)	وزن (میلی گرم)	طول (سانتی متر)	وزن (میلی گرم)	طول (سانتی متر)	وزن (میلی گرم)
بدون بقایا	۷۴/۳ b	۲۶/۷ c	۲۴۶/۵ c	۹/۱ ab	۱۵/۹ b	۲۲ c	۱۸۹/۵ c
بقایای گندم	۷۷/۳ab	۳۰ bc	۲۵۲/۵ bc	۸/۶ b	۱۶ b	۲۱/۶ c	۲۵۳ b
مخلوط بقایای کنجد و ماش	۷۹/۶ ab	۳۱/۸ ab	۲۸۸/۵ b	۹/۱ ab	۱۶/۴ b	۲۴/۱ b	۳۱۵/۸a
کود سبز جو و شبدر	۸۵/۶ a	۳۴/۳ a	۳۸۵/۵ a	۱۱/۲a	۱۹/۳a	۲۶/۳a	۳۵۲a
کود سبز سسبانی	۸۴/۳ a	۳۳/۳ ab	۲۹۰/۵ b	۸/۷ b	۱۷/۳ b	۲۴/۴ b	۳۲۵/۴a
سطوح کودی							
شیمیایی	۷۷/۴ b	۳۰/۱ b	۲۵۶ c	۸/۶ bc	۱۶/۵ c	۲۲/۷ c	۲۵۴/۴ c
تلفیقی	۸۶/۲ a	۳۳/۸ a	۳۷۵/۲ a	۱۱/۲ a	۱۸/۵ a	۲۸/۳ a	۳۸۳/۵ a
ارگانیک ۱	۸۳/۵ a	۳۲/۹ a	۳۱۹/۲ b	۹/۶ b	۱۷/۴ b	۲۴/۵ b	۳۱۶/۴ b
ارگانیک ۲	۷۳/۸ b	۲۸ b	۲۲۰/۴ d	۷/۹ c	۱۵/۵ d	۱۶۰ d	۱۹۴/۲ d

ستون‌های دارای حروف مشترک از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند (LSD در سطح ۵ درصد).

۲.۴. طول، وزن و وزن مخصوص میانگرم‌های ساقه

۲.۴.۱. میانگرم پدانکل

طول و وزن مخصوص میانگرم پدانکل تنها تحت تأثیر اثرات اصلی عامل‌های آزمایشی در سطح یک درصد قرار گرفتند. در مقابل وزن میانگرم پدانکل تحت تأثیر اثرات اصلی و برهم‌کنش عامل‌های آزمایشی در سطح یک درصد قرار گرفت. بررسی صفت طول میانگرم پدانکل تحت اثر اصلی نوع ماده آلی نشان داد که میانگین این صفت در شرایط عدم کاربرد بقایای گیاهی برابر با ۲۶/۷ سانتی‌متر بود که تحت سطوح تیماری بقایای گندم، مخلوط بقایای کنجد و ماش، کود سبز جو و شبدر و کود سبز سسبانی به ترتیب ۱۳، ۲۰، ۲۹ و ۲۵ درصد افزایش یافت. بر این اساس مشاهده شد که بین سطوح تیماری مخلوط بقایای کنجد و ماش (۳۱/۸ سانتی‌متر)، کود سبز جو و شبدر (۳۴/۲ سانتی‌متر) و کود سبز سسبانی (۳۳/۳ سانتی‌متر) اختلاف آماری معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۴). تحت اثر اصلی سطوح کودی نیز مشخص شد که تیمارهای کودهای شیمیایی (۳۰/۱ سانتی‌متر) و ارگانیک ۲ (۲۸ سانتی‌متر) اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نداشته و میانگین پایین‌تری نسبت به سطوح تیماری کود تلفیقی (۳۳/۸ سانتی‌متر) و ارگانیک ۱ (۳۲/۹ سانتی‌متر) داشتند (جدول ۴).

بررسی صفت وزن مخصوص میانگرم پدانکل تحت اثر اصلی نوع ماده آلی نیز نشان داد که بیش‌ترین میانگین این صفت مربوط به تیمار کاربرد کود سبز جو و شبدر (۱۱/۲ گرم بر سانتی‌متر) بود. در بین سطوح اثر اصلی کود نیز مشخص شد که تیمار کود تلفیقی با میانگین ۱۱/۲ گرم بر سانتی‌متر بیش‌ترین میانگین وزن مخصوص را داشت (جدول ۴). بررسی برهم‌کنش عوامل آزمایشی نشان داد بیش‌ترین وزن میانگرم پدانکل (۴۶۴ گرم) مربوط به تیمار کاربرد کود سبز جو و شبدر در شرایط کاربرد کود تلفیقی بود. در مقابل کم‌ترین میانگین این صفت مربوط به تیمار بدون کاربرد بقایای گیاهی و کاربرد کود ارگانیک ۲ (۱۴۸ گرم) بود (جدول ۵).

جدول ۵. مقایسه میانگین برهم‌کنش برخی از صفات گندم تحت سطوح مختلف ماده آلی و سطوح کودی

سطوح تیماری	وزن میانگرمه پدانکل (میلی گرم)	طول میانگرمه پنالتی میت (سانتی متر)	وزن میانگرمه پنالتی میت (میلی گرم)	وزن میانگرمه پایینی (میلی گرم)	وزن مخصوص میانگرمه پایین (میلی گرم بر سانتی متر)
بدون بقایا	شیمیایی	۲۵۶jghi	۱۶fgh	۱۲۸i	۱۵۸kl
	تلفیقی	۲۹۸fge	۱۶/۶۷fg	۱۸۶hfg	۲۶۸g
	ارگانیک ۱	۲۸۴fgh	۱۶fgh	۱۷۲hg	۲۰۰ij
	ارگانیک ۲	۱۴۸k	۱۵ih	۱۰۴i	۱۳۲l
بقایای گندم	شیمیایی	۲۲۶jhi	۱۶fgh	۱۶۴h	۲۴۰gh
	تلفیقی	۳۴۴cde	۱۶fgh	۲۰۳efg	۳۳۰fe
	ارگانیک ۱	۲۳۶jhi	۱۶fgh	۱۸۸hfg	۲۶۲g
	ارگانیک ۲	۲۰۴jk	۱۶fgh	۱۰۴i	۱۸۰kj
مخلوط بقایای کنجد و ماش	شیمیایی	۲۵۶jghi	۱۶fgh	۲۴۴d	۲۶۰g
	تلفیقی	۳۹۸cb	۱۸/۶۷dc	۳۱۰ab	۴۳۰b
	ارگانیک ۱	۳۷۴fghi	۱۷fe	۲۵۶cd	۳۹۸c
	ارگانیک ۲	۲۲۶jhi	۱۴i	۲۰۴efg	۱۷۵kj
کود سبز جو و شبدر	شیمیایی	۳۲۴fde	۱۸/۶۷dc	۲۳۲ed	۳۰۴f
	تلفیقی	۴۶۴a	۲۱/۳۳a	۳۴۴a	۴۷۲a
	ارگانیک ۱	۴۵۰ab	۲۰b	۳۲۸a	۳۶۶d
	ارگانیک ۲	۳۰۴fge	۱۷fe	۱۸۰hfg	۲۶۶g
کود سبز سببانی	شیمیایی	۲۱۸ji	۱۶fgh	۲۳۰ed	۳۱۰f
	تلفیقی	۳۷۲cd	۱۹/۶۷bc	۳۲۸a	۴۱۸bc
	ارگانیک ۱	۳۵۲cde	۱۸de	۲۸۰cb	۳۵۶de
	ارگانیک ۲	۲۲۰ji	۱۵/۶۷gh	۲۰۸ef	۲۱۸ih

ستون‌های دارای حروف مشترک از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند (LSD در سطح ۵ درصد).

۴.۲.۲. میانگرمه پنالتی میت

براساس نتایج تجزیه واریانس صفات آزمایشی، طول و وزن میانگرمه پنالتی میت تحت تأثیر اثرات اصلی و برهم‌کنش نوع ماده آلی و سطوح کودی در سطح یک درصد قرار گرفتند (جدول ۳). در مقابل وزن مخصوص این میانگرمه تنها تحت تأثیر اثرات اصلی عامل‌های آزمایشی قرار گرفت (جدول ۳).

بررسی برهم‌کنش نوع ماده آلی و سطوح کودی نشان داد که بیش‌ترین میانگرمه طول میانگرمه پنالتی میت مربوط به تیمار کاربرد کود سبز جو و شبدر در شرایط کاربرد کود تلفیقی (۲۱/۳ سانتی متر) بود. هم‌چنین بیش‌ترین میانگرمه وزن میانگرمه پنالتی میت نیز مربوط به تیمارهای کاربرد کود تلفیقی و ارگانیک ۱ در شرایط کاربرد کود سبز جو و شبدر (به ترتیب ۳۴۴ و ۳۲۸ گرم) بود (جدول ۵).

بررسی صفت وزن مخصوص این میانگرمه نیز نشان داد که تحت اثر اصلی نوع ماده آلی، بین تیمارهای مخلوط بقایای کنجد و ماش، کود سبز جو و شبدر و کود سبز سببانی اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد و میانگرمه بالاتری نسبت به تیمار بدون بقایای گیاهی و کاربرد بقایای گندم داشتند (جدول ۴).

در بین سطوح کودی نیز مشاهده شد که تیمارهای تلفیقی و ارگانیک ۱ به ترتیب با میانگرمه ۱۴/۹ و ۱۴/۱ گرم بر سانتی متر اختلاف آماری معنی‌داری با یکدیگر نداشته اما نسبت به سایر سطوح تیماری میانگرمه بالاتری داشتند. کم‌ترین میانگرمه وزن مخصوص میانگرمه پنالتی میت نیز مربوط به تیمار ارگانیک ۲ (۱۰/۱ گرم بر سانتی متر) بود (جدول ۴).

۳.۲.۴. میانگره‌های زیرین ساقه

نتایج نشان داد که طول میانگره‌های زیرین ساقه تنها تحت تأثیر اثرات اصلی عوامل آزمایشی در سطح یک درصد قرار گرفت. در مقابل وزن و وزن مخصوص میانگره‌های زیرین تحت تأثیر اثرات اصلی و برهم‌کنش عوامل آزمایشی در سطح یک درصد قرار گرفتند (جدول ۳). بررسی مقایسه میانگین طول میانگره‌های زیرین ساقه تحت اثر نوع ماده آلی نشان داد که بیش‌ترین طول میانگره‌های زیرین ساقه مربوط به تیمار کود سبز جو و شبدر (۱۶/۳ سانتی‌متر) بود که برتری معنی‌داری نسبت به سایر سطوح تیماری داشت (جدول ۴).

اثر اصلی سطوح کودی نیز نشان داد که بیش‌ترین میانگین طول میانگره‌های زیرین ساقه مربوط به تیمار کاربرد کود تلفیقی (۲۸/۳ سانتی‌متر) بود که نسبت به سایر سطوح تیماری اختلاف آماری معنی‌داری داشت (جدول ۴). مقایسه میانگین برهم‌کنش فاکتورهای آزمایشی از نظر صفت وزن میانگره‌های زیرین ساقه نشان داد که بیش‌ترین میانگین این صفت مربوط به تیمار کاربرد کود سبز جو و شبدر در شرایط کاربرد کود تلفیقی (۴۷۲ گرم) بود که نسبت به سایر سطوح تیماری برتری آماری معنی‌داری داشت. بیش‌ترین میانگین وزن مخصوص نیز مربوط به تیمارهای کاربرد کودهای تلفیقی و ارگانیک ۱ در شرایط کاربرد کود سبز جو و شبدر (به‌ترتیب ۱۵/۷ و ۱۶/۳ گرم بر سانتی‌متر) و تیمار کاربرد کود تلفیقی در شرایط کاربرد کود سبز سسبانی (۱۵ گرم بر سانتی‌متر) بود که با یکدیگر اختلاف آماری معنی‌داری نداشته ولی نسبت به سایر سطوح تیماری برتری معنی‌داری داشتند (جدول ۵).

۳.۴. طول سنبله

میانگین طول سنبله تنها تحت تأثیر اثرات اصلی عوامل آزمایشی در سطح یک درصد قرار گرفت (جدول ۶). مقایسه میانگین اثر اصلی نوع ماده آلی نشان داد که کم‌ترین میانگین طول سنبله مربوط به تیمار بدون کاربرد بقایای گیاهی (۶/۳ سانتی‌متر) بود که تحت شرایط کاربرد تیمارهای کاربرد بقایای گندم، مخلوط بقایای کنجد و ماش، کود سبز جو + شبدر و کود سبز سسبانی به‌ترتیب با ۱۹، ۲۲، ۵۳ و ۲۸ درصد افزایش به مقادیر ۷/۵، ۷/۷، ۹/۷ و ۸/۱ سانتی‌متر رسید. مقایسه میانگین اثر اصلی سطوح کودی نیز نشان داد که میانگین طول سنبله در شرایط کاربرد کود شیمیایی برابر با ۷/۷ سانتی‌متر بود که در شرایط کاربرد کود تلفیقی و ارگانیک ۱ به‌ترتیب با ۱۹ و ۵ درصد افزایش به مقادیر ۹/۱ و ۸ سانتی‌متر رسید. در مقابل در شرایط کاربرد تیمار کود ارگانیک ۲ میانگین طول سنبله با ۱۲ درصد کاهش به میانگین ۶/۷ سانتی‌متر رسید (جدول ۷).

جدول ۶. تجزیه واریانس صفات عملکرد و اجزای عملکرد گندم تحت سطوح مختلف ماده آلی و سطوح کودی

منابع تغییرات	درجه آزادی	طول سنبله	وزن هزاردانه	میانگین مربعات			شاخص برداشت
				تعداد دانه در سنبله	عملکرد زیست‌توده	عملکرد دانه	
بلوک	۲	۳/۶۵	۷/۴۶	۳۱/۲	۳۹۹۸۸	۱۱۵۴۹۵	۱۳/۷
ماده آلی	۴	۱۷/۴ ^{**}	۱۴۹ ^{**}	۷۳ ^{**}	۲۹۴۶۲۲۴۹ ^{**}	۳۳۲۲۵۰۴ ^{**}	۱۰۰ ^{ns}
خطا	۸	۱/۶	۶۳	۲۴/۷	۸۸۵۳۹۸۸	۵۷۷۹۴۸	۱۳۲
سطوح کودی	۳	۱۴/۷ ^{**}	۱۰۴ [*]	۸۵ ^{**}	۲۴۰۶۶۶۵۷ ^{**}	۱۳۳۸۹۰۰ ^{**}	۹۴ ^{ns}
ماده آلی × سطوح کودی	۱۲	۰/۴۹ ^{ns}	۱/۳۰ ^{ns}	۲/۵۵ ^{ns}	۳۴۱۹۹۵ ^{ns}	۹۵۴۲۷ ^{ns}	۳۲ ^{ns}
خطا	۵۷	۱/۷۹	۲۵/۵	۹/۷۶	۱۳۷۰۸۷۵	۲۲۰۲۵۲	۷۴
ضریب تغییرات (درصد)		۱۷/۰۶	۱۱/۶۷	۶/۷۵	۱۲/۸۳	۱۳/۳	۲۱/۵۶

ns و **: به‌ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

جدول ۷. مقایسه میانگین صفات عملکرد و اجزای عملکرد گندم تحت سطوح مختلف ماده آلی و سطوح کودی

ماده آلی	طول سنبله (سانتی‌متر)	وزن هزاردانه (گرم)	تعداد دانه در سنبله	عملکرد زیست‌توده (کیلوگرم در هکتار)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	شاخص برداشت (درصد)
بدون بقایا	۶/۳c	۳۹/۵b	۴۳/۲b	۷۹۰۵b	۲۸۸۳/۹b	۳۷/۲a
بقایای گندم	۷/۵bc	۴۰/۳b	۴۴/۸ab	۸۰۵۳b	۳۱۹۶/۵b	۴۱/۸a
مخلوط بقایای کنجد و ماش	۷/۷b	۴۴/۳ab	۴۶ab	۸۰۷۱b	۳۴۲۴/۵ab	۴۳/۹a
کود سبز جو و شبدر	۹/۷a	۴۸/۳a	۴۹/۵a	۱۱۲۹۹a	۴۱۰۸/۸a	۳۷/۴a
کود سبز سببانی	۸/۱b	۴۴/۲ab	۴۷/۸ab	۱۰۲۸۵ab	۴۰۱۲/۶a	۳۹/۶a
سطوح کودی						
شیمیایی	۷/۷b	۴۱/۷cb	۴۴/۶b	۸۶۴۴/۱c	۳۳۸۱/۷cb	۴۰/۳a
تلفیقی	۹/۱a	۴۶a	۴۸/۷a	۱۰۶۴۶a	۳۸۶۴/۲a	۳۷a
ارگانیک ۱	۸b	۴۵ab	۴۷/۸a	۹۵۲۶/۶b	۳۶۶۵/۵ab	۳۹/۴a
ارگانیک ۲	۶/۷c	۴۰/۵c	۴۳/۹b	۷۶۷۳/۳d	۳۱۸۹/۷c	۴۳/۱a

ستون‌های دارای حروف مشترک از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند (LSD در سطح ۵ درصد).

۴.۴. وزن هزاردانه

میانگین وزن هزاردانه گندم تحت تأثیر نوع ماده آلی و سطوح کودی به‌ترتیب در سطح یک و پنج درصد قرار گرفت (جدول ۶). مقایسه میانگین اثر اصلی نوع ماده آلی نشان داد که کم‌ترین میانگین وزن هزاردانه مربوط به تیمار بدون بقایا (۳۹/۵ گرم) و بقایای گندم (۴۰/۳ گرم) بود. بیش‌ترین میانگین وزن هزاردانه مربوط به تیمار کود سبز جو و شبدر (۴۸/۳ گرم) بود که البته با سطوح تیماری مخلوط بقایای کنجد و ماش (۴۴/۳ گرم) و کود سبز سببانی (۴۴/۲ گرم) اختلاف آماری معنی‌داری نداشت (جدول ۷).

بررسی مقایسه میانگین اثر اصلی سطوح کودی نشان داد که کم‌ترین میانگین وزن هزاردانه مربوط به تیمار ارگانیک ۲ (۴۰/۵ گرم) و بیش‌ترین میانگین این صفت مربوط به تیمار تلفیقی (۴۶ گرم) بود که با یکدیگر اختلاف آماری معنی‌داری داشتند (جدول ۷).

۴.۵. تعداد دانه در سنبله

بررسی نتایج تجزیه واریانس نشان داد که صفت تعداد دانه در سنبله تحت تأثیر اثرات اصلی عوامل آزمایشی در سطح یک درصد قرار گرفت (جدول ۶). تحت سطوح نوع ماده آلی مشخص شد که به‌طور کلی کاربرد بقایای گیاهی سبب افزایش تعداد دانه در سنبله شد و از این نظر بین سطوح تیماری بقایای گندم، مخلوط بقایای کنجد و ماش، کود سبز جو+ شبدر و کود سبز سببانی اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۴)، هرچند که بیش‌ترین میانگین تعداد دانه در سنبله مربوط به تیمار کود سبز جو+ شبدر (۴۹/۵ دانه) بود.

بررسی مقایسه میانگین اثر اصلی سطوح کودی نیز نشان داد که کم‌ترین میانگین تعداد دانه در سنبله مربوط به تیمارهای کوددهی شیمیایی (۴۴/۶ دانه در سنبله) و ارگانیک ۲ (۴۳/۹ دانه در سنبله) بود که با سایر سطوح تیماری اختلاف معنی‌داری داشتند. در مقابل تیمارهای کودی تلفیقی و ارگانیک ۱ به‌ترتیب با میانگین ۴۸/۷ و ۴۷/۸ دانه در سنبله بیش‌تری داشتند (جدول ۷).

۴.۶. عملکرد زیست‌توده

بررسی نتایج صفت عملکرد زیست‌توده نشان داد که این صفت تحت تأثیر اثرات اصلی نوع ماده آلی و سطوح کودی در سطح یک درصد قرار گرفت (جدول ۶). نتایج مقایسه میانگین عملکرد زیست‌توده نشان داد که کم‌ترین میانگین عملکرد زیست‌توده مربوط به تیمار بدون بقایای گیاهی (۷۹۰۵ کیلوگرم در هکتار) بود که تحت شرایط کاربرد تیمارهای بقایای گندم، مخلوط بقایای کنجد و ماش، کود سبز جو+شیدر و کود سبز سسبانی به‌ترتیب با دو، دو، ۴۳ و ۳۰ درصد افزایش به مقادیر ۸۰۵۳، ۸۰۷۱، ۱۱۲۹۹ و ۱۰۲۸۵ کیلوگرم در هکتار رسید (جدول ۷). بر این اساس مشاهده شد که تیمارهای کاربرد کود سبز جو+شیدر و کود سبز سسبانی با یکدیگر اختلاف آماری معنی‌داری نداشته اما نسبت به سایر سطوح تیماری برتری معنی‌داری داشتند (جدول ۷).

بررسی مقایسه میانگین عملکرد زیست‌توده تحت تأثیر اثر اصلی سطوح کودی نیز نشان داد که بیش‌ترین میانگین عملکرد زیست‌توده مربوط به تیمار کود تلفیقی (۱۰۶۴۶ کیلوگرم در هکتار) و کم‌ترین عملکرد زیست‌توده مربوط به تیمار ارگانیک ۲ (۷۶۷۳ کیلوگرم در هکتار) بود.

۴.۷. عملکرد دانه

براساس نتایج تجزیه واریانس صفات آزمایشی، عملکرد دانه به‌طور معنی‌داری در سطح یک درصد تحت تأثیر اثرات اصلی عوامل آزمایشی قرار گرفت (جدول ۶). نتایج مقایسه میانگین صفت عملکرد دانه تحت تأثیر سطوح نوع ماده آلی نشان داد که میانگین عملکرد دانه در شرایط بدون بقایای گیاهی برابر با ۲۸۸۴ کیلوگرم در هکتار بود که تحت شرایط کاربرد تیمارهای بقایای گندم، مخلوط بقایای کنجد و ماش، کود سبز جو و شیدر و کود سبز سسبانی به‌ترتیب ۱۱، ۱۹، ۴۳ و ۳۹ درصد افزایش یافت (جدول ۴). بر این اساس مشاهده شد که بیش‌ترین میانگین عملکرد دانه مربوط به تیمار کاربرد کود سبز جو و شیدر (۴۱۰۹ کیلوگرم در هکتار) بود که البته از نظر آماری با سطوح تیماری مخلوط کود سبز سسبانی (۴۰۱۳ کیلوگرم در هکتار) و بقایای کنجد و ماش (۳۴۲۵ کیلوگرم در هکتار) اختلاف آماری معنی‌داری نداشت (جدول ۷).

تحت سطوح مختلف کودی نیز مشخص شد که میانگین عملکرد دانه در شرایط کاربرد ترکیب کودی شیمیایی برابر با ۳۳۸۲ کیلوگرم در هکتار بود که تحت تیمارهای کود تلفیقی و ارگانیک ۱ به‌ترتیب ۱۴ و ۸ درصد افزایش یافت (به‌ترتیب ۳۸۶۴ و ۳۶۶۵ کیلوگرم در هکتار). در مقابل میانگین عملکرد دانه در شرایط کاربرد کود ارگانیک ۲ (۳۱۸۹ کیلوگرم در هکتار) نسبت به تیمار کودی شیمیایی ۶ درصد کاهش یافت.

۴.۸. شاخص برداشت

بررسی صفت شاخص برداشت نشان داد که این صفت تحت تأثیر هیچ‌یک از سطوح تیماری قرار نگرفت (جدول ۶).

۵. بحث

نتایج بررسی صفت ارتفاع بوته تحت تأثیر نوع ماده آلی نشان داد که کاربرد بقایای گیاهی به‌ویژه تیمارهای کاربرد کود سبز جو و شیدر و کود سبز سسبانی سبب افزایش ارتفاع بوته شد. علت این موضوع را می‌توان این دانست که شیدر و سسبانی از خانواده لگوم‌ها بوده و به سبب تثبیت نیتروژن هوا به‌وسیله باکتری‌های همزیست با ریشه، سبب فراهمی و دسترسی بهتر گیاه گندم به نیتروژن شده و در نهایت سبب تحریک رشد رویشی می‌شوند. در این راستا، کیخا و همکاران (۱۴۰۰) گزارش دادند که کاربرد کود سبز از طریق بهبود حاصلخیزی خاک منجر به افزایش ارتفاع بوته و عملکرد ذرت

شد. همچنین در بین سطوح کودی نیز مشخص شد که کاربرد مدیریت تلفیقی کود و تیمار ارگانیک^۱ تأثیر بیش‌تری بر افزایش ارتفاع ساقه نسبت به تیمار کاربرد کودهای شیمیایی داشت. با توجه به نقش نیتروژن در تحریک و افزایش رشد رویشی، افزایش رشد ساقه در بوته که نشان‌دهنده تحریک رشد رویشی می‌باشد را می‌توان به افزایش میزان جذب نیتروژن و سایر عناصر غذایی در مدیریت کود تلفیقی و ارگانیک^۱ نسبت داد. طبق بررسی‌های انجام‌شده کودهای زیستی و شیمیایی نیتروژن می‌توانند نقش زیادی در افزایش دسترسی به نیتروژن و بنابراین افزایش ارتفاع گیاه داشته باشند (اولاه^۱ و همکاران، ۲۰۱۸). همچنین با توجه به این‌که هورمون‌هایی نظیر جیبرلین و اکسین در رشد طولی سلول‌ها به‌ویژه میانگره‌های ساقه و اکسین و سایتوکینین‌ها در تقسیم سلولی نقش دارند (جهانتیغ و همکاران، ۱۴۰۳) ممکن است کودهای زیستی مصرفی مانند سوپرنیتروپلاس، بیوسولفور، بارور^۲ با تولید بیش‌تر هورمون‌های مؤثر در رشد طولی سبب افزایش بیش‌تر ارتفاع بوته گندم شده باشد.

در بررسی میانگره‌های ساقه نیز مشاهده شد که در بین سطوح کودی، تیمارهای کاربرد کودهای تلفیقی و ارگانیک^۱ بیش‌ترین میانگین طول و وزن میانگره‌های پدانکل، پنالتی‌میت و زیرین ساقه را داشت (جدول ۴). در واقع ویژگی‌های رویشی گیاه مانند ارتفاع بوته به‌شدت تحت تأثیر آب و عناصر غذایی قرار می‌گیرد. دسترسی گیاه به آب و عناصر غذایی کافی (به‌ویژه نیتروژن)، بر افزایش ارتفاع بوته مؤثر است (حسینی و همکاران، ۱۴۰۰). از طرفی باکتری‌های موجود در کودهای بیولوژیک باعث تحریک و تولید هورمون‌های محرک رشد همانند اکسین در گیاه می‌شوند و از این طریق نیز رشد گیاه را بهبود می‌بخشند و باعث افزایش طول میانگره‌ها و در نهایت ارتفاع گیاه می‌شوند (ماتور و روی^۳، ۲۰۲۱؛ آروند و سهرابی، ۱۴۰۱). همچنین استفاده از کودهای شیمیایی به‌صورت تلفیقی با کودهای زیستی، سبب ایجاد شرایط تغذیه‌ای مناسب برای تکثیر و فعالیت باکتری‌های تثبیت‌کننده عناصر می‌گردد، زیرا این باکتری‌ها جهت رشد و تثبیت نیتروژن و فسفر نیازمند وجود این عناصر در محیط غذایی هستند (عبدالعزیز و همکاران، ۲۰۱۴؛ اولاه و همکاران، ۲۰۱۸). نتایج مطالعات سایر پژوهش‌گران نیز افزایش طول ساقه را در تیمار تلفیقی کود شیمیایی + کود زیستی در مقایسه با تیمار شاهد بدون کود و تیمار کود شیمیایی به‌تنهایی را نشان داد (عبدالعزیز^۳ و همکاران، ۲۰۱۴؛ مراد زاده^۴ و همکاران، ۲۰۲۱؛ آروند و سهرابی، ۱۴۰۱). پژوهش‌گران ذکر کردند فراهم بودن عناصر غذایی و بهبود خواص بیولوژیکی، فیزیکی و شیمیایی خاک به‌دلیل استفاده از کودهای آلی و زیستی باعث می‌شود که در زمان پرشدن دانه‌ها شرایط بهینه‌ای برای گیاه فراهم شود و با تولید ماده خشک بیش‌تر باعث سنگینی دانه‌ها و افزایش وزن هزاردانه شود. همچنین بهبود وزن دانه می‌تواند به افزایش کارایی فتوسنتزی گیاه و در نهایت بهبود رشد گیاه با اضافه‌کردن نیتروژن به خاک نسبت داده شود (حسینی و همکاران، ۱۴۰۰).

علت افزایش تعداد دانه در این پژوهش، احتمالاً به‌دلیل فراهم‌شدن تولید مواد پرورده برای فتوسنتز و ماده‌سازی بیش‌تر از طریق کاربرد کودهای شیمیایی و زیستی می‌باشد. کاربرد نیتروژن باعث افزایش تعداد دانه در بوته و در نهایت افزایش عملکرد دانه می‌شود. بالا بودن عملکرد زیست‌توده گندم به‌ویژه در تیمارهای کود سبز جو + شبدر و کود سبز سسبانی را می‌توان به‌دلیل استفاده از گیاهان لگوم دانست که با توجه به توانایی لگوم‌ها در تثبیت بیولوژیکی نیتروژن، سبب افزایش حاصلخیزی خاک شده است. در این راستا، دبیقی و همکاران (۱۳۹۵) بیان کردند که برگشت گیاهان کود سبز در خاک سبب افزایش کربن، مواد آلی، نیتروژن کل و حاصلخیزی خاک شده که این پدیده در نتیجه فرایندهای

1. Ullah
2. Mathur and Roy
3. Abdel-Aziez
4. Moradzadeh

میکروبیولوژیکی اتفاق افتاده و باعث آزادسازی عناصر غذایی برای گیاهان می‌شود. همچنین این پژوهش‌گران افزودند که با استفاده از کودهای سبز لگوم، میزان عناصر غذایی خاک و نیتروژن معدنی به‌طور معنی‌داری افزایش یافته است. بررسی مقایسه میانگین عملکرد زیست‌توده تحت تأثیر اثر اصلی سطوح کودی نیز نشان داد که بیش‌ترین میانگین عملکرد زیست‌توده مربوط به تیمار کود تلفیقی و کم‌ترین عملکرد زیست‌توده مربوط به تیمار ارگانیک^۲ بود. به‌طور کلی، تیمارهای کودی تلفیقی میزان عملکرد زیست‌توده بیش‌تری را داشتند. در این راستا، پژوهش‌گران بیان کردند که کاربرد کودهای زیستی به‌واسطه باکتری‌ها از طریق تولید متابولیت‌های محرک رشد مانند اکسین، سیتوکینین، جبرلین می‌توانند بر رشد رویشی گیاه تأثیر گذاشته و وزن اندام‌های هوایی و عملکرد تر را افزایش دهند (کرمی و همکاران، ۱۳۹۹). اثر مثبت کود سبز بر ساختمان خاک و افزایش محتوای مواد آلی خاک و همچنین افزایش قابلیت دسترسی عناصر غذایی برای گیاه از مهم‌ترین دلایل بهبود عملکرد دانه گیاه در شرایط مصرف کود سبز می‌باشد (کیخا و همکاران، ۱۴۰۰). در واقع نتایج این پژوهش نشان داد که کاربرد کودهای شیمیایی در تلفیق با کودهای زیستی نسبت به تیمار کود شیمیایی به‌تنهایی، توانسته است عملکرد دانه را به مقدار بیش‌تری افزایش دهد. در این راستا باید بیان کرد که کودهای زیستی، علاوه بر افزایش فراهمی عناصر غذایی، از طریق تثبیت بیولوژیکی نیتروژن، محلول کردن فسفر، پتاسیم و گوگرد، کنترل عوامل بیماری‌زا و تولید هورمون‌های تنظیم‌کننده و محرک رشد گیاه، عملکرد گیاهان را تحت تأثیر قرار می‌دهند (استورز و کریستی^۱، ۲۰۰۳). پژوهش‌گران بیان داشتند که افزودن کودهای آلی و زیستی به‌صورت تلفیقی با کودهای شیمیایی به خاک، از طریق بهبود شرایط فیزیکی-شیمیایی خاک تعداد دانه در سنبله و عملکرد دانه را در مقایسه با استفاده صرف از منابع کودهای شیمیایی افزایش داد (مالتاز^۲ و همکاران، ۲۰۱۸). در مقابل پژوهش‌گران دیگر نشان دادند که بالاترین میزان عملکرد دانه در تیمار ۱۰۰ درصد استفاده از کود شیمیایی حاصل شد و تیمار تلفیقی ۵۰ درصد کود شیمیایی توصیه‌شده با مواد آلی (کود دامی و بقایای گیاهی) در مرتبه دوم قرار گرفت (سارکار^۳ و همکاران، ۲۰۰۳).

۶. نتیجه‌گیری کلی

به‌طور کلی نتایج این پژوهش نشان داد که کاربرد بقایای گیاهی به‌ویژه تیمارهای کود سبز جو+شیدر و کود سبز سسبانا سبب بهبود خصوصیات رشدی و عملکرد گندم شد. همچنین در بین سطوح کودی نیز مشاهده شد که کاربرد تیمارهای کودی تلفیقی و ارگانیک^۱ به‌طور معنی‌داری عملکرد و اجزای عملکرد گندم را نسبت به سایر سطوح تیماری بهبود بخشیدند.

۷. تعارض منافع

هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان وجود ندارد.

۸. منابع

- آروند، مونا و سهرابی، یوسف (۱۴۰۱). تأثیر کودهای زیستی و شیمیایی بر برخی پاسخ‌های فیزیولوژیک و عملکرد سیاهدانه تحت سطوح مختلف آبیاری. *به‌زراعی کشاورزی*، ۲۴(۴)، ۱۳۷۳-۱۳۹۰.
- امیدواری، شهرام؛ سلامتی، نادر و عبدی، صمد (۱۳۹۹). بررسی اثرات رژیم آبیاری و کود زیستی بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم. *به‌زراعی کشاورزی*، ۲۲(۲)، ۱۹۳-۲۰۴.

جهانتیغ، طاهره؛ رئیس، عبدالشکور و پیری، حسین. (۱۴۰۳). بررسی تأثیر کودهای زیستی بر برخی ویژگی‌های کمی و کیفی گیاه گوار (*Cyamopsis tetragonoloba* L.) در شهرستان ایرانشهر. به‌زراعی کشاورزی، ۲۶(۲)، ۴۷۱-۴۸۵.

جوادی، حامد؛ رضوانی مقدم، پرویز؛ راشدمحصل، محمدحسن و ثقه الاسلامی، محمدجواد. (۱۴۰۰). تأثیر کودهای آلی، شیمیایی و زیستی بر عملکرد و کارایی مصرف نیتروژن و فسفر در خرفه. دانش کشاورزی و تولید پایدار (دانش کشاورزی)، ۳۱(۳)، ۲۷۱-۲۹۳.

حسینی، سیده سمیه؛ مجیدیان، مجید و اصفهانی، مسعود. (۱۴۰۰). اثر مصرف کود نیتروژن و ورمی کمپوست بر خصوصیات زراعی، عملکرد و کیفیت دانه کنجد. پژوهش‌های کاربردی زراعی، ۳۴(۴)، ۷۴-۹۷.

دبیقی، خاتون؛ فاتح، اسفندیار و آینه‌بند، امیر (۱۳۹۵). تأثیر گیاهان کود سبز بر حاصلخیزی خاک و کاهش تراکم علف‌های هرز. تولیدات گیاهی، ۳۹(۲)، ۱-۱۰.

رضائی چپانه، اسماعیل؛ تاجبخش، مهدی؛ قیاسی، مهدی و امیرنیا، رضا (۱۳۹۴). بررسی اثر تلفیقی کودهای آلی و شیمیایی بر عملکرد کمی و کیفی گیاه نخود (*Cicer arietinum* L.) تحت شرایط دیم. پژوهش در گیاهان زراعی، ۳(۱)، ۵۵-۶۹.

زاهدی، حسین و شرقی، یونس (۱۳۹۸). اثر برخی حاصلخیزکننده‌های آلی خاک بر عملکرد و اجزای عملکرد جو. نشریه بوم شناسی گیاهان زراعی، ۱۵(۳)، ۲۳-۳۴.

شهبازی، شهرزاد؛ فاتح، اسفندیار و آینه‌بند، امیر (۱۳۹۴). مطالعه اثر کاربرد هیومیک اسید و ورمی کمپوست بر عملکرد و اجزای عملکرد سه رقم گندم نواحی گرمسیری. تولیدات گیاهی، ۳۸(۲)، ۹۹-۱۱۰.

صالحی، عالیه؛ فلاح، سیف اله؛ ایرانی‌پور، رامین و عباسی سورکی، علی (۱۳۹۳). اثر زمان مصرف کود شیمیایی در تلفیق با کود گاوی بر رشد، عملکرد و اجزای عملکرد سیاهدانه (*Nigella sativa* L.). بوم‌شناسی کشاورزی، ۶(۳)، ۴۹۵-۵۰۷.

عبدی، صمد؛ امیدواری، شهرام و احمدی، محسن (۱۴۰۳). اثر کودهای زیستی بر رشد و عملکرد سه رقم جو دیم. مجله مدیریت خاک و تولید پایدار، ۱۴(۱)، ۱۳۱-۱۴۵.

قلمباز، سیما؛ آینه‌بند، امیر و معزی، عبدالامیر (۱۳۹۳). اثر مدیریت تلفیقی کود و رقابت علف‌های هرز بر کارایی، توان ذخیره‌سازی و انتقال مواد فتوسنتزی میانگره‌های ساقه‌ی اصلی گندم. تولیدات گیاهی، ۳۷(۴)، ۱۳۱-۱۴۴.

کرمی، ریحانه؛ محسن آبادی، غلامرضا؛ مجیدیان، مجید و مشتاقی، مهیار (۱۳۹۹). کاربرد تلفیقی کودهای زیستی و شیمیایی پتاسیم و نیتروژن بر خصوصیات کمی و کیفی توتون نر عقیم. دانش کشاورزی و تولید پایدار، ۳۰(۳)، ۱۱۳-۱۳۱.

کیخا، زهرا؛ توسلی، ابوالفضل و پیری، عیسی (۱۴۰۰). اثر کاربرد کود سبز لگوم و سیستم‌های مختلف خاک‌ورزی بر جنبه‌های زراعی، اکولوژیکی و فیزیولوژیکی خاک در کشت ذرت. مجله مدیریت خاک و تولید پایدار، ۱۱(۳)، ۱۱۹-۱۳۷.

مهدتی، محمود؛ میر هادی، محمد جواد؛ چراتی، علی و بهادری، مجید (۱۳۹۴). بررسی اثرات کودهای زیستی حاوی باکتری‌های تثبیت کننده غیرهمزیست نیتروژن و حل کننده فسفات بر روی صفات کمی و کیفی گندم. مجله مدیریت خاک و تولید پایدار، ۱۵(۱)، ۲۲۹-۲۴۲.

یوسفی بجوانی، یوسف؛ امیرنیا، رضا؛ مهرور، رضا و فلاح، علیرضا (۱۴۰۴). بررسی تأثیر گیاهان پوششی کود سبز تابستانه بر عملکرد گندم و برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در توالی زراعی گندم. دانش کشاورزی و تولید پایدار، ۱۰(۱)، ۳۱۶۴-۳۰۴۴.

References

- Abdel-Aziez, S.M., Eweda, W. E., Girgis, M. G. Z., & Abdel Ghany, B. F. (2014). Improving the productivity and quality of black cumin (*Nigella sativa* L.) by using Azotobacter as N2 bio fertilizer. *Annals of Agricultural Sciences*, 59(1), 95-108.
- Abdi, S. , Omidvari, S. and Ahmadee, M. (2024). The effect of biofertilizers on the growth and yield of three rainfed barley (*Hordeum vulgare* L.) cultivars. *Journal of Soil Management and Sustainable Production*, 14(1), 131-145. doi: 10.22069/ejsms.2024.21217.2094. (in Persian)
- Abraham, B., Araya, H., Berhe, T., Edwards, S., Gujja, B., Khadka, R. B., ... & Verma, A. (2014). The system of crop intensification: reports from the field on improving agricultural production, food security, and resilience to climate change for multiple crops. *Agriculture & Food Security*, 3, 1-12.

- Arvand, M., & Sohrabi, Y. (2022). Effect of Bio and Chemical Fertilizers on Some Physiological Responses and Yield of Black Cumin under Different Irrigation Levels. *Journal of Crops Improvement*, 24(4), 1373-1390. doi: 10.22059/jci.2022.332375.2629. (in Persian)
- Dabighi, K., Fateh, E., & Ayeneband, A. (2016). Comparison of different green manure biomass The effects of different green manure on soil fertilization and weed density reduction. *Plant Productions*, 39(2), 1-10. doi: 10.22055/ppd.2016.12069. (in Persian)
- Ghalambaz, S., Ayneband, A., & Moezzi, A. (2015). Effect of integrated nutrient management and weed competition on efficiency and potential of accumulation and remobilization of dry matter in wheat main stem internodes. *Plant Productions*, 37(4), 131-144. (in Persian)
- Hammad, H. M., Khaliq, A., Abbas, F., Farhad, W., Fahad, S., Aslam, M., ... & Bakhat, H. F. (2020). Comparative effects of organic and inorganic fertilizers on soil organic carbon and wheat productivity under arid region. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 51(10), 1406-1422.
- Hoseini, S. S., Majidian, M., & Esfahani, M. (2022). Effect of nitrogen fertilizer and vermicompost application on agronomic characteristics, seed yield and quality of sesame (*Sesamum indicum* L.). *Applied Field Crops Research*, 34(4), 97-74. doi: 10.22092/aj.2022.351393.1494. (in Persian)
- Hossein Zahedi , Younes Sharghi, (2019). Effect of some organic fertilizers on yield and yield components of barley, *Agroecology Journal*, 15(3), 23-34. (in Persian)
- Jahantigh, T., Raissi, A., & Piri, H. (2024). Investigating the Effect of Biological Fertilizers on Some Quantitative and Qualitative Characteristics of Guar Plant (*Cyamopsis tetragonoloba* L.) in Iranshahr City. *Journal of Crops Improvement*, 26(2), 471-485. doi: 10.22059/jci.2024.353499.2787. (in Persian)
- Javadi, H., Rezvani Moghaddam, P., Rashed Mohasel, M. H., & Seghatoleslami, M. J. (2021). Effect of Organic, Chemical and Biological Fertilizers on Yield and Efficiency of Nitrogen and Phosphorus in Porslane (*Portulaca oleracea* L.). *JOURNAL OF AGRICULTURAL SCIENCE AND SUSTAINABLE PRODUCTION*, 31(3), 271-293. doi: 10.22034/saps.2021.40293.2504. (in Persian)
- Karami, R., Majidian, M., & Moshtaghi, M. (2020). Integrated Application of Biofertilizers and Chemical N and P on Quantitative and Qualitative Characteristics of Male-Streile Tobacco (*Nicotiana tabacum* L. cv. PVH19). *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, 30(3), 113-131. (in Persian)
- Keykha, Z., Tavassoli, A., & Piri, I. (2021). Effect of application of Legume green manure and different tillage systems on agronomic, ecological and soil physicochemical aspects in corn cultivation. *Journal of Soil Management and Sustainable Production*, 11(3), 119-137. doi: 10.22069/ejsms.2021.18697.2001. (in Persian)
- Maltas, A., Kebli, H., Oberholzer, H. R., Weisskopf, P., & Sinaj, S. (2018). The effects of organic and mineral fertilizers on carbon sequestration, soil properties, and crop yields from a long-term field experiment under a Swiss conventional farming system. *Land degradation & development*, 29(4), 926-938.
- Mathur, P., & Roy, S. (2021). Insights into the plant responses to drought and decoding the potential of root associated microbiome for inducing drought tolerance. *Physiologia Plantarum*, 172(2), 1016-1029.
- Meena, B. L., Fagodiya, R. K., Prajapat, K., Dotaniya, M. L., Kaledhonkar, M. J., Sharma, P. C., ... & Kumar, S. (2018). Legume green manuring: an option for soil sustainability. *Legumes for soil health and sustainable management*, 387-408.
- Mohtadi, M. , mirhadi, M. J. , Chraty, A., & Bahadori, M. (2015). Effects of biofertilizer containing of free living nitrogen fixing bacteria and phosphate solubilizing bacteria (PSB) on quantitative and qualitative traits of wheat. *Journal of Soil Management and Sustainable Production*, 5(1), 229-242. (in Persian)
- Moradzadeh, S., Moghaddam, S.S., Rahimi, A., Pourakbar, L., & Sayyed, R.Z. (2021). Combined biochemical fertilizers ameliorate agro-biochemical attributes of black cumin (*Nigella sativa* L.). *Scientific Reports*, 11(1), 1-16.
- Omidvari, S., Salamati, N., & Abdi, S. (2020). Study the effects of irrigation regime and biofertilizers on yield and yield component of wheat *Journal of Crops Improvement*, 22(2), 193-204. doi: 10.22059/jci.2019.281664.2219. (in Persian)
- Petrychenko, V. F., Lykhochvor, V. V., & Olifir, Y. M. (2021). Application of green clover manure in winter wheat growing. *Ukrainian Journal of Ecology*, 11(2), 91-93.
- Rebough, N. Y., Khugaev, C. V., Utkina, A. O., Isaev, K. V., Mohamed, E. S., & Kucher, D. E. (2023). Contribution of eco-friendly agricultural practices in improving and stabilizing wheat crop yield: A review. *Agronomy*, 13(9), 2400.

- Rezaei-chiyaneh, E., Tajbakhsh, M., Ghiyasi, M., & Amirnia, R. (2015). Effect of integrated organic and chemical fertilizers on quantitative and qualitative yield of chickpea (*Cicer arietinum* L.) under dry farming conditions. *Research in Field Crop Journal*, 3(1), 55-69. (in Persian)
- Salehi, A., Fallah, S., Iranipour, R., & Abasi Surki, A. (2014). Effect of application time of integrated chemical fertilizer with cattle manure on the growth, yield and yield components of black cumin (*Nigella sativa* L.). *Journal of Agroecology*, 6(3), 495-507. doi: 10.22067/jag.v6i3.21290. (in Persian)
- Sarkar, S., Skalicky, M., Hossain, A., Brestic, M., Saha, S., Garai, S., ... & Brahmachari, K. (2020). Management of crop residues for improving input use efficiency and agricultural sustainability. *Sustainability*, 12(23), 9808.
- Shahbazi, S., Fateh, E., & Aynehband, A. (2015). Evaluation of the effect of humic acid and vermicompost on yield and yield components of three wheat cultivars in tropical regions. *Plant Productions*, 38(2), 99-110. doi: 10.22055/ppd.2015.11323. (in Persian)
- Sturz, A. V., & Christie, B. R. (2003). Beneficial microbial allelopathies in the root zone: the management of soil quality and plant disease with rhizobacteria. *Soil and Tillage Research*, 72(2), 107-123.
- Temirbekova, S. K., Kulikov, I. M., Afanasyeva, Y. V., Ashirbekov, M. Z., Beloshapkina, O. O., Kalashnikova, E. A., ... & Rebouh, N. Y. (2022). The Biological traumatization of crops due to the enzyme stage of enzyme-mycotic seed depletion. *Pathogens*, 11(3), 376.
- Ullah, I., Ali, N., Durrani, S., Shabaz, M. A., Hafeez, A., Ameer, H., ... & Waheed, A. (2018). Effect of different nitrogen levels on growth, yield and yield contributing attributes of wheat. *Int J Sci Eng Res*, 9(9), 595-602.
- Wei, T., Zhang, P., Wang, K., Ding, R., Yang, B., Nie, J., ... & Han, Q. (2015). Effects of wheat straw incorporation on the availability of soil nutrients and enzyme activities in semiarid areas. *PloS one*, 10(4), 1211-1224.
- Yousefi, Y., Amirnia, R., Mehrvar, M. R., & Falah Nosrat Abad, A. (2025). The investigation of the effect of summer green manure cover crops on wheat yield and some soil physical and chemical characteristics in wheat crop sequence. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, 10(1). doi: 10.22034/saps.2024.60044.3164. (in Persian)
- Zargar, M., Rebouh, N., Pakina, E., Gadzhikurbanov, A., Lyashko, M., & Orskhanov, B. (2017). Impact of climate change on cereal production in the highlands of eastern Algeria. *Research on Crops*, 18(4), 575-582.