



Evaluation of grain quality of *Zea mays*, *Sorghum bicolor* and *Pennisetum glaucum* under the influence of different levels of chicken manure and chemical fertilizers in Dehgolan Plain

Sara Darabi¹ , Gholamreza Heidari¹ & Payman Salami²

¹ Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, University of Kurdistan, Sanandaj, Iran.

² Department of Biosystem Engineering, Faculty of Agriculture, University of Kurdistan, Sanandaj, Iran.

Corresponding author. E-mail: g.heidari@uok.ac.ir

ABSTRACT

Introduction: In recent years, the high cost of chemical fertilizers in recommended amounts and environmental pollution resulting from the use of synthetic chemicals have limited the use of these fertilizers and have led to an increase in the demand for organic fertilizers. The use of organic fertilizers, in addition to providing plants with sufficient amounts of nitrogen and other required nutrients, also helps to reduce environmental pollution. Also, the release of elements in these fertilizers is gradual, and the plant has access to nutrients throughout the growth period. The purpose of this experiment was to evaluate the nutrient content of the grains of three plants: *Pennisetum glaucum* (Nutrified variety), *Zea mays* (Single Cross 260), and *Sorghum bicolor* (Speedfeed variety) under the influence of combined levels of chicken manure and chemical fertilizers, with the aim of reducing the use of chemical fertilizers and improving the quality of the grains.

Materials and methods: This study was conducted in the 2023 crop year in a split plot based on a randomized complete block design with three replications at the University of Kurdistan Research Farm located in the Dehgolan plain. The main factor of the experiment included three species of pearl millet (Nutrified variety), sorghum (Speedfeed variety), and maize (Single Cross 260), and the fertilization systems as sub-factor including control, four tons per hectare of chicken manure, 3 tons per hectare of chicken manure + 50 kg per hectare of nitrogen fertilizer from the urea source + 25 kg of phosphate from the triple superphosphate source, 2 tons per hectare of chicken manure + 100 kg per hectare of nitrogen fertilizer from the urea source + 50 kg of phosphate from the triple superphosphate source, and complete chemical fertilizer (200 kg per hectare of nitrogen fertilizer from the urea source + 100 kg of phosphate from the triple superphosphate source).

Results: The results of the study indicated that the highest amount of grain nitrogen (2.64%) was observed in the treatment of three tons of chicken manure per hectare + 25% chemical fertilizer in maize grains. Also, the highest amount of phosphorus (0.54%) and iron (335.89 mg/kg) was observed in millet grains and the treatment of 3 tons of chicken manure per hectare + 25% chemical fertilizer. The highest amounts of copper and manganese in the grain were observed in millet grains. Applying chemical fertilizer to millet plants caused a 20% increase in grain calcium compared to millet plants in the same treatment. The highest concentration of grain sodium was in the treatment of single application of chemical fertilizer (1.32%). Combined fertilizer treatments (3 tons per hectare of chicken manure + 100 kg per hectare of nitrogen fertilizer from urea source + 25 kg of phosphate from triple superphosphate source) resulted in a significant increase in most of the nutrients in the studied plants.

Conclusion: The results of this study indicated that the integrated application of organic and chemical fertilizers had the most significant positive effect on the grain quality of maize, sorghum, and millet. For most traits, these treatments showed a statistically significant difference compared to the sole application of chemical or organic fertilizers. Beyond significantly a reduction in the application of chemical fertilizer consumption and consequently mitigating their adverse environmental impacts, this integrated approach aligns with the goals of sustainable agriculture and achieving acceptable grain quality.

Keywords: *Pennisetum glaucum*, Organic manure, Compound fertilizer, Nitrogen.

Article Type: Research Article

Article history: Received: 24 Sep 2025, Revised: 15 Oct 2025, Accepted: 07 Dec 2025, Published online: 26 Dec 2025

Cite this article: Darabi, S., Heidari, G. & Salami, P. (2025). Evaluation of grain quality of *Zea mays*, *Sorghum bicolor* and *Pennisetum glaucum* under the influence of different levels of chicken manure and chemical fertilizers in Dehgolan Plain. *Cereal Biotechnology and Biochemistry*, 4(4), 502-519. DOI: [10.22126/cbb.2026.13919.1146](https://doi.org/10.22126/cbb.2026.13919.1146)





ارزیابی کیفیت دانه ذرت، سوگوم و ارزن تحت تأثیر سطوح مختلف کود مرغی و شیمیایی در دشت دهگلان

سارا دارابی^۱، غلامرضا حیدری^۱✉ و پیمان سلامی^۲

^۱ گروه ژنتیک و تولید گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران.

^۲ گروه مهندسی بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران.

✉ نویسنده مسئول. رایانامه: g.heidari@uok.ac.ir

چکیده

مقدمه: در سال‌های اخیر هزینه بالای کودهای شیمیایی در مقادیر توصیه شده و آلودگی‌های زیست محیطی ناشی از کاربرد مواد شیمیایی سنتزی، کاربرد این کودها را با محدودیت مواجه کرده است و موجب افزایش تقاضا برای مصرف کودهای آلی شده است. استفاده از کودهای آلی علاوه بر اینکه مقدار کافی نیتروژن و سایر عناصر غذایی مورد نیاز را در اختیار گیاه قرار می‌دهد، به کاهش آلودگی محیط نیز کمک می‌کند. همچنین آزادسازی عناصر در این کودها به صورت تدریجی انجام می‌شود و گیاه در تمام طول دوره رشد به عناصر غذایی دسترسی دارد. هدف از اجرای این آزمایش، ارزیابی محتوای عناصر غذایی دانه سه گیاه ارزن مرواریدی رقم نوتریفید، ذرت سینگل کراس ۲۶۰ و سورگوم رقم اسپیدفید تحت تأثیر سطوح تلفیقی کود مرغی و کود شیمیایی با هدف کاهش مصرف کودهای شیمیایی و بهبود کیفی دانه بود.

مواد و روش‌ها: این پژوهش در سال زراعی ۱۴۰۳ به صورت کرت‌های خرد شده بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه کردستان واقع در دشت دهگلان انجام شد. فاکتور اصلی آزمایش شامل ارزن مرواریدی رقم نوتریفید، سورگوم رقم اسپیدفید و ذرت سینگل کراس ۲۶۰ و فاکتور فرعی شامل سیستم‌های کوددهی شامل شاهد، ۴ تن در هکتار کود مرغی، ۳ تن در هکتار کود مرغی + ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن از منبع اوره + ۲۵ کیلوگرم فسفات از منبع سوپرفسفات تریپل، ۲ تن در هکتار کود مرغی + ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن از منبع اوره + ۵۰ کیلوگرم فسفات از منبع سوپرفسفات تریپل و کود شیمیایی (۲۰۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن از منبع اوره + ۱۰۰ کیلوگرم فسفات از منبع سوپرفسفات تریپل) بود.

یافته‌ها: نتایج پژوهش حاکی از این بود که بیشترین مقدار نیتروژن دانه (۲/۶۴ درصد) در تیمار ۳ تن کود مرغی در هکتار + ۲۵ درصد کود شیمیایی در دانه ذرت مشاهده شد. همچنین بیشترین مقدار فسفر (۰/۵۴ درصد) و آهن (۳۳۵/۸۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم) نیز در دانه ارزن و تیمار ۳ تن در هکتار کود مرغی + ۲۵ درصد کود شیمیایی مشاهده شد. بیشترین مقادیر مس و منگنز دانه در ارزن مشاهده گردید. اعمال کود شیمیایی در گیاه ارزن موجب افزایش ۲۰ درصدی کلسیم دانه در مقایسه با دانه ارزن در همین تیمار گردید. بیشترین غلظت سدیم دانه در تیمار کاربرد منفرد کود شیمیایی (۱/۳۲ درصد) بود. تیمارهای کود تلفیقی (۳ تن در هکتار کود مرغی + ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن از منبع اوره + ۲۵ کیلوگرم فسفات از منبع سوپر فسفات تریپل) منجر به افزایش معنی‌دار بیشتر عناصر غذایی در گیاهان مورد مطالعه گردید.

نتیجه‌گیری: نتایج این مطالعه نشان داد که کاربرد تلفیقی کودهای آلی و شیمیایی بیشترین اثر مثبت را بر کیفیت دانه گیاهان ذرت، سورگوم و ارزن داشتند و در بیشتر صفات تفاوت معنی‌داری با مصرف جداگانه کودهای شیمیایی و آلی داشت. کاربرد تلفیقی کودها و استفاده از کودهای آلی علاوه بر کاهش قابل توجه مصرف کودهای شیمیایی و به تبع آن اثرات سوء زیست محیطی آن‌ها در راستای تحقق اهداف کشاورزی پایدار، می‌تواند به کیفیت دانه قابل قبولی منجر شود.

واژه‌های کلیدی: ارزن، کود آلی، کود تلفیقی، نیتروژن.

نوع مقاله: مقاله پژوهشی

نوع مقاله در یافت: ۱۴۰۴/۰۷/۲۳ اصلاح: ۱۴۰۴/۰۷/۲۳ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۹/۱۶، انتشار آنلاین: ۱۴۰۴/۱۰/۰۵

استناد: دارابی، س.، حیدری، غ. و سلامی، پ. (۱۴۰۵). ارزیابی کیفیت دانه ذرت، سوگوم و ارزن تحت تأثیر سطوح مختلف کود مرغی و شیمیایی در دشت دهگلان.

DOI: [10.22126/cbb.2026.13919.1146](https://doi.org/10.22126/cbb.2026.13919.1146) ۵۱۹-۵۰۱، (۴)، ۴.



© نویسندگان.

ناشر: دانشگاه رازی

مقدمه

کودهای شیمیایی رایج‌ترین نوع کودهای مورد مصرف در زمین‌های کشاورزی هستند. استفاده طولانی مدت از این کودها باعث ایجاد مخاطرات زیست محیطی، آلودگی آب‌های زیرزمینی و کاهش مقدار ماده آلی خاک خواهد شد. به‌خاطر همین مشکلات، توصیه شده است که کودهای آلی جایگزین کودهای شیمیایی شوند، یا به‌صورتی تلفیقی در کنار کودهای شیمیایی مورد استفاده قرار گیرند (Adekiya & Agbede, 2017). استفاده از کودهای آلی به‌دلیل عدم اختلال در رشد گیاه، به تولید بیشتر محصول منجر خواهد شد. علاوه بر این، کاربرد کودهای آلی برخلاف کودهای شیمیایی، مقدار هوموس موجود در خاک را افزایش می‌دهند. این کودها همچنین جمعیت میکروبی خاک را افزایش داده و بنابراین باعث افزایش جذب عناصر غذایی موجود در خاک (نیتروژن، فسفر و پتاسیم) می‌شوند (Waniyo et al., 2013). در سال‌های اخیر به دلایلی نظیر هزینه‌های بالای کودهای غیر آلی، عدم توانایی آن‌ها در ایجاد وضعیت مطلوب در خاک، افت کیفیت محصول گیاهان زراعی و مشکلات زیست‌محیطی، کاربرد کودهای آلی بیشتر از قبل مورد توجه قرار گرفته است (Kumar et al., 2024).

ذرت با نام علمی *Zea mays* L. از لحاظ میانگین تولید جهانی مقام اول را بین گیاهان زراعی به خود اختصاص داده است. سطح زیر کشت ذرت در جهان در سال ۲۰۲۵، حدود ۲۵۵/۷ میلیون هکتار گزارش شده و میزان تولید آن، ۱۲۴۵/۳ میلیون تن بوده است (FAO, 2025). ذرت

یکی از سه محصول اصلی غله در جهان است که در آمریکای شمالی با نام Corn شناخته می‌شود (FAO, 2025). در سال زراعی ۱۴۰۲-۱۴۰۳، سطح زیر کشت ذرت دانه‌ای در ایران حدود ۱۴۳/۰۸ هزار هکتار برآورد شده است. همچنین میزان ذرت دانه‌ای تولیدی کشور در این سال ۱/۰۲۷ میلیون تن و متوسط عملکرد کل کشور ۷۱۸۱ کیلوگرم در هکتار برآورد شده است. در استان کردستان سطح زیر کشت این محصول، ۴۴۰ هکتار و میزان تولید ۳۲۷۸ تن و نیز عملکرد آن ۷۴۵۸ کیلوگرم در هکتار بوده است (Agricultural Statistics, 2024). سورگوم با نام علمی *Sorghum bicolor* گیاهی یک‌ساله از خانواده غلات است. سورگوم با وجود این‌که گیاهی C4 است و منشأ گرمسیری دارد، به دلیل عملیات به‌نژادی، قابلیت کشت و کار آن در نواحی معتدل، در فصل تابستان فراهم شده است (Kaplan et al., 2019). سطح زیر کشت این گیاه زراعی در جهان ۵۰/۳۵ میلیون هکتار است که بخش عمده آن به سورگوم دانه‌ای اختصاص دارد (FAO, 2024). از لحاظ ارزش غذایی، سورگوم شبیه به ذرت، اما با درصد پروتئین بالاتر است. نیاز آبی سورگوم کم و عملکرد بالایی دارد (Machicek et al., 2019).

ارزن مرواریدی با نام علمی *Pennisetum glaucum* گیاهی از غلات سنتی در نواحی خشک و نیمه‌خشک مناطق گرمسیری است. این گیاه به دلیل رشد سریع، تحمل نسبی بالا نسبت به خشکی، چهار کربنه بودن و کارایی مصرف آب بالاتر نسبت به گونه‌های سه کربنه، گیاهی است که مناسب کاشت در مناطق با محدودیت آب

می‌باشد (Kumar et al., 2021). ارزن پس از گندم، برنج، ذرت، جو و سورگوم در رتبه ششم غلات به لحاظ اهمیت قرار دارد. بر اساس آمار موجود، سطح زیر کشت ارزن در جهان حدود ۳۲ میلیون هکتار، با تولید حدود ۳۰ میلیون تن می‌باشد (FAO, 2024).

نتایج پژوهشی که با هدف بررسی اثر کاربرد کود مرغی و کود شیمیایی بر غلظت عناصر دانه باقلا (*Vicia faba* L.) انجام شد، نشان داد که بیشترین تعداد غلاف، شاخص کلروفیل برگ، فسفر دانه، نیتروژن دانه و عملکرد تر دانه به تیمار کاربرد توأم شش تن در هکتار کود مرغی + کود شیمیایی مربوط بود (Alinejadian Bidabadi et al., 2022). نتایج پژوهش دیگری نشان داد استفاده از کود مرغی سبب بهبود غلظت عناصر کم‌مصرف و پرمصرف در دانه و ساقه برنج شد (Salehifar et al., 2018). نتایج این پژوهش نشان دادند که اگرچه کاربرد کود شیمیایی سبب بهبود شرایط رشد گیاه شده و در نتیجه سبب بهبود تجمع عناصر پرمصرف و کم مصرف در دانه و ساقه شد، اما اختلاف معنی‌داری با تیمار کود مرغی نداشت. همچنین بررسی کیفیت دانه برنج نیز نشان داد که کود مرغی سبب بهبود کیفیت دانه شد و از این لحاظ اختلاف معنی‌داری با کود شیمیایی نداشت و بنابراین، کود مرغی می‌تواند جایگزین و یا مکمل مناسبی برای کودهای شیمیایی باشد (Salehifar et al., 2018).

بررسی منابع و مقالات موجود و در دسترس نشان داد که کشت گیاهان ارزن مرواریدی و سورگوم در استان کردستان رایج نیست. از سوی دیگر، به تولید و مدیریت

گیاهان علوفه‌ای، در مقایسه با سایر گیاهان زراعی کمتر توجه شده است. بنابراین هدف از اجرای این آزمایش، بررسی اثر مصرف تلفیقی کود مرغی و کود شیمیایی بر کیفیت دانه سه گیاه ارزن مرواریدی، ذرت و سورگوم به‌منظور مدیریت صحیح تغذیه‌ای گیاه، کاهش مصرف کودهای شیمیایی در شهرستان دهگلان استان کردستان است.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال زراعی ۱۴۰۳ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه کردستان واقع در دشت دهگلان انجام شد. این مزرعه در مختصات جغرافیایی ۳۵ درجه و ۱۸ دقیقه شمالی و ۴۷ درجه و ۱۸ دقیقه شرقی و ارتفاع ۱۸۶۶ متر از سطح دریا و در ۴۵ کیلومتری شرق سنندج قرار دارد. میانگین بارندگی سالیانه این منطقه برابر ۳۵۰ میلی‌متر بوده و اقلیم منطقه بر اساس روش آمبرژه، مدیترانه‌ای و از نوع نیمه‌خشک است. میانگین سالانه دمای حداکثر و حداقل به ترتیب ۲۳ و ۶/۶ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. این آزمایش به‌صورت کرت‌های خرد شده بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. فاکتور اصلی آزمایش شامل ۳ گونه علوفه‌ای ارزن مرواریدی رقم نوتریفید، سورگوم رقم اسپیدفید و ذرت سینگل کراس ۲۶۰ و فاکتور فرعی شامل سیستم‌های کوددهی (بر اساس نتایج آزمون خاک و تجزیه کودی) شامل شاهد (F1)، ۴ تن در هکتار کود مرغی (F2)، ۳ تن در هکتار کود مرغی + ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن از منبع اوره + ۲۵ کیلوگرم فسفات از منبع سوپر فسفات تریپل

(F3)، ۲ تن در هکتار کود مرغی + ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن از منبع اوره + ۵۰ کیلوگرم فسفات از منبع سوپر فسفات تریپل (F4) و کود شیمیایی (F5) (۲۰۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن از منبع اوره + ۱۰۰ کیلوگرم فسفات از منبع سوپر فسفات تریپل) بود. قبل از کاشت و تهیه بستر از شش نقطه محل آزمایش از عمق ۳۰-۰ سانتی متری نمونه برداری و ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک تعیین گردید، همچنین کود مرغی مورد استفاده در این آزمایش مورد تجزیه قرار گرفت (جدول ۱). بعد از اتمام شخم و جداسازی کرت‌های آزمایشی، مقدار کود شیمیایی و کود مرغی مورد استفاده در هر کرت توزین و توسط تیلر دستی در عمق ۲۰

سانتی متری از سطح خاک قرار گرفت. کود مرغی قبل از کاشت به مزرعه اضافه شد. در این پژوهش دور آبیاری به صورت ثابت و برابر هفت روز در نظر گرفته شد. میزان آب آبیاری بر پایه درصد رطوبت خاک و رساندن آن به گنجایش زراعی در هر کرت تعیین شد (رابطه ۱). فاصله نوارهای آبیاری برابر ۶۰ سانتی متر بود. مقدار آب آبیاری توسط یک کنتور حجمی تعبیه شده روی لوله اصلی اندازه گیری شد. سایر عملیات زراعی مرحله داشت شامل کنترل آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز به صورت هفتگی انجام شد. علف‌های هرز رایج در محل اجرای آزمایش تاج‌خروس، پیچک و سلمه تره بود.

$$VN = [(FC - WP) \times BD \times D \times (1 - ASM) \times A] / 100 \quad (1)$$

که در این رابطه، FC درصد وزنی رطوبت در حد گنجایش مزرعه، WP درصد وزنی رطوبت در نقطه پژمردگی، BD جرم مخصوص ظاهری خاک (کیلوگرم بر متر مکعب)، D عمق توسعه ریشه (متر)، ASM رطوبت خاک مزرعه قبل از آبیاری، A مساحت هر کرت (متر مربع) بود.

در پایان دوره رشد در تاریخ ۲۰ مهر ماه، با حذف اثر حاشیه دو متر مربع از هر کرت، اندام هوایی به منظور به دست آوردن کیفیت دانه برداشت شد. صفات مربوط به کیفیت دانه شامل نیتروژن به روش تیتراسیون با کج‌لدال (Nelson & Sommers, 1973)، فسفر با استفاده از

روش رنگ‌سنجی (رنگ زرد مولیبدات وانادات) با اسپکتروفوتومتر در طول موج ۴۷۰ نانومتر (Tenninghoff & Houba, 2004)، پتاسیم به روش نشر شعله‌ای و با کمک دستگاه فیلم‌فوتومتر، سدیم و کلسیم (Tenninghoff & Houba, 2004) و عناصر ریز مغذی از جمله روی، آهن و منگنز توسط دستگاه جذب اتمیک (Karla, 1998) اندازه‌گیری شدند. قبل از تجزیه داده‌ها، آزمون نرمال بودن آن‌ها به وسیله نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۴ انجام شد. پس از اطمینان از نرمال بودن داده‌ها، تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS نسخه ۹/۴ انجام شد. برای مقایسه میانگین تیمارها،

از آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD 5%) استفاده ۲۰۲۰ استفاده گردید.
 شد. همچنین برای رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel نسخه

جدول ۱. ویژگی‌های خاک مزرعه و کود مرغی مورد استفاده در آزمایش

Table 1. Characteristics of farm soil and chicken manure used in the experiment

ویژگی	واحد	کود مرغی	عمق خاک (۰-۳۰ سانتی‌متر)
characteristics	Unit	chicken manure	Soil depth (0-30 cm)
بافت	-	-	لومی رسی
Texture			Clay loam
ظرفیت زراعی	%	-	35
FC			
هدایت الکتریکی	dS.m ⁻¹	4.87	0.49
EC			
اسیدیته	-	6.89	7.62
pH			
نیترژن	%	2.94	0.08
N			
پتاسیم قابل دسترس	mg.kg ⁻¹	2.91	320
Available K			
آهن قابل دسترس	%	-	2.20
Available Fe			
فسفر قابل دسترس	%	4.42	12.4
Available P			
روی قابل دسترس	%	0.8	2.1
Available Zn			
مس قابل دسترس	%	0.85	-
Available Cu			
کربن آلی	%	38	0.76
Organic Carbon			

نتایج و بحث

منگنز دانه تحت تأثیر برهمکنش کود و گیاه معنی‌دار

شدند اما سدیم دانه تحت تأثیر اثر متقابل گیاه و کود قرار نگرفت (جدول ۲).

باتوجه به نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها، محتوای عناصر نیتروژن، فسفر، پتاسیم، روی، آهن، کلسیم و

جدول ۲- تجزیه واریانس عناصر دانه ذرت، سورگوم و ارزن تحت تأثیر سطوح مختلف کود مرغی و شیمیایی
Table 3. Analysis of variance of *Zea mays*, *Sorghum bicolor* and *Pennisetum glaucum* grain elements affected by different levels of chicken manure and chemical fertilizers

SoV	درجه آزادی df	نیتروژن N	فسفر P	پتاسیم K	روی Zn	آهن Fe	کلسیم Ca	منگنز Mn	سدیم Na
بلوک Block	2	0.008 ^{ns}	0.00 ^{ns}	0.01 ^{ns}	0.75 ^{ns}	139.97 ^{ns}	0.03 ^{ns}	1.72 ^{ns}	0.08*
گیاه Plant (P)	2	0.42**	0.06**	2.12**	2.48**	1926.15**	0.11**	50.95**	0.06*
خطا ۱ Error 1	4	0.01	0.0004	0.02	0.10	180.46	0.007	2.60	0.006
کود Fertilizer (F)	4	4.77**	0.12**	11.39**	13.41**	16849.94**	6.19**	316.01**	0.39**
گیاه × کود P×F	8	0.06**	0.004**	0.37**	1.21**	519.24*	0.12**	10.09**	0.01 ^{ns}
خطا ۲ Error 2	24	0.01	0.001	0.02	0.34	212.25	0.01	1.70	0.02
ضریب تغییرات (%) CV		6.19	11.39	5.10	3.88	5.16	5.80	3.10	14.10

^{ns}، * و **: به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد.

نیتروژن دانه

هر سه گیاه در تیمارهای کودی تلفیقی بیشتر از کاربرد مستقل آن‌ها بود. بیشترین (۲/۹۲ درصد) در دانه سورگوم و تیمار ۳ تن در هکتار کود مرغی + ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن از منبع اوره + ۲۵ کیلوگرم فسفات از منبع سوپر فسفات تریپل و کمترین (۰/۶۴ درصد) نیتروژن دانه در گیاه ذرت و تیمار شاهد مشاهده شد که فاقد اختلاف معنی‌دار با درصد نیتروژن دانه در گیاهان سورگوم (۰/۷۵ درصد) و ارزن (۰/۷۲ درصد) در تیمار شاهد بودند (جدول ۳). کودهای آلی در مقایسه با کودهای شیمیایی دارای مقادیر زیادی ترکیبات آلی

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌های پژوهش حاضر نشان داد که غلظت نیتروژن دانه تحت تأثیر اثر گیاه و کود در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد. همچنین مقادیر این صفت تحت تأثیر اثر متقابل تیمارهای آزمایش معنی‌دار شد (جدول ۲). بررسی نتایج مقایسه میانگین داده‌های آزمایش حاکی از این بود که کاربرد کود در همه سطوح موجب افزایش درصد نیتروژن در گیاهان مورد آزمایش شد (جدول ۳). همچنین، درصد نیتروژن دانه در

هستند و به‌عنوان منابع غنی از عناصر غذایی به‌ویژه نیتروژن شناخته می‌شوند. افزودن کود مرغی به خاک نه تنها فراهمی عناصر غذایی مورد نیاز گیاه را افزایش داده است، بلکه با بهبود شرایط فیزیکی و فرآیندهای حیاتی خاک، ضمن ایجاد یک بستر مناسب برای رشد ریشه، موجبات افزایش رشد اندام هوایی و جذب بیشتر نیتروژن را فراهم آورده است (Arancon et al., 2022). طی پژوهشی مشاهده شد که کاربرد سطوح تلفیقی کود مرغی و کود شیمیایی موجب افزایش معنی‌دار غلظت نیتروژن دانه ذرت گردید (Darabi et al., 2024). همچنین گزارش شده است که درصد نیتروژن دانه گیاه ذرت در تیمار استفاده از کود اوره در مقایسه با تیمار شاهد ۹۷/۵ درصد افزایش داشت و کاربرد تلفیقی کود آلی و کود شیمیایی منجر به افزایش ۱۱۰ درصدی نیتروژن دانه در مقایسه با تیمار شاهد گردید (Judith et al., 2009). نتایج مطالعه دیگری حاکی از آن بود که بالاترین میزان عنصر نیتروژن در گیاه سورگوم به تیمار تلفیقی کود آلی + ۷۵ درصد کود شیمیایی تعلق داشت (Abbasi et al., 2019) که نتیجه پژوهش حاضر همسو با آن است.

فسفر دانه

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که مقادیر فسفر دانه در آزمایش حاضر تحت تأثیر اثر ساده گیاه، کود و اثر متقابل آن‌ها در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که با کاربرد کود غلظت فسفر دانه در مقایسه با تیمار شاهد افزایش داشت. غلظت فسفر دانه در گیاهان ذرت، سورگوم و ارزن

در تیمارهای تلفیقی (۳ تن در هکتار کود مرغی + ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن از منبع اوره + ۲۵ کیلوگرم فسفات از منبع سوپر فسفات تریپل، ۲ تن در هکتار کود مرغی + ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن از منبع اوره + ۵۰ کیلوگرم فسفات از منبع سوپر فسفات تریپل) بیشتر از کاربرد جداگانه کود شیمیایی و مرغی بود. کمترین فسفر دانه در گیاه سورگوم و تیمار شاهد معادل ۰/۱۲ درصد مشاهده شده که با درصد فسفر ذرت در تیمار شاهد (۰/۱۴ درصد) در سطح آماری مشابه قرار داشتند. بیشترین (۰/۵۴) غلظت فسفر دانه در تیمار ۲ تن در هکتار کود مرغی + ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن از منبع اوره + ۵۰ کیلوگرم فسفات از منبع سوپر فسفات تریپل در گیاه ارزن بود (جدول ۳). مشخص شده است که با تجزیه شدن مواد آلی موجود در کودهای آلی مانند کود مرغی، دی‌اکسید کربن تولید می‌گردد. در نتیجه ترکیب شدن دی‌اکسید کربن با آب، اسیدکربنیک تولید می‌شود. وجود اسید کربنیک در خاک، حلالیت ترکیبات فسفره را افزایش می‌دهد و در نهایت جذب این ترکیبات بهبود می‌یابد. علاوه بر موارد مذکور مصرف کود آلی از طریق بهبود فراهم کردن جذب عناصر غذایی و فعالیت میکروبی خاک، باعث افزایش بیوماس گیاه و در نتیجه افزایش غلظت فسفر جذب شده توسط گیاه می‌گردد (Bardel et al., 2014). در همین ارتباط نتایج آزمایشی نشان داد فسفر دانه آفتابگردان تحت تأثیر تیمارهای کودی قرار گرفت، به‌نحوی که بیشترین فسفر دانه در تیمار کاربرد ۲۰۰۰ کیلوگرم کود مرغی + ۲۵

درصد کود شیمیایی مشاهده شد (Naseri & Heidari,) به بهبود شرایط فتوسنتزی نسبت داده شد (Abbasi et al., 2024). در پژوهش دیگری بیشترین جذب فسفر در گیاه سورگوم به تیمارهای کود تلفیقی مربوط بود و این افزایش پژوهش‌های فوق‌الذکر همسو می‌باشد.

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر متقابل گیاه × کود بر غلظت عناصر غذایی دانه ذرت، سورگوم و ارزن

Table 4- Mean comparison for the plant × fertilizer interaction effect on grain nutrient concentrations in *Zea mays*, *Sorghum bicolor* and *Pennisetum glaucum*

گیاه	کود	نیتروژن	فسفر	پتاسیم	روی	آهن	کلسیم	منگنز
Plant	Fertilizer	N (%)	P (%)	K (%)	Zn (mg kg ⁻¹)	Fe (mg kg ⁻¹)	Ca (%)	Mn (mg kg ⁻¹)
ذرت <i>Zea mays</i>	F1	0.64	0.14	1.98	13.86	199.98	1.12	36.56
	F2	1.26	0.23	2.01	15.15	264.52	1.46	39.93
	F3	2.64	0.41	3.21	16.05	300.07	2.23	44.05
	F4	2.16	0.39	5.14	16.18	308.07	2.36	46.94
	F5	1.84	0.30	3.84	14.93	274.39	3.13	53.51
سورگوم <i>Sorghum bicolor</i>	F1	0.75	0.12	1.17	13.26	226.71	1.28	32.11
	F2	1.55	0.19	2.18	15.06	284.72	1.44	36.49
	F3	2.92	0.31	3.02	16.47	315.63	2.24	41.35
	F4	2.23	0.35	3.23	16.55	308.81	2.35	42.46
	F5	2.02	0.21	4.21	15.05	286.75	3.15	50.81
ارزن <i>Pennisetum glaucum</i>	F1	0.72	0.19	1.28	11.76	210.81	1.08	35.79
	F2	1.15	0.26	1.97	14.79	262.02	1.42	40.16
	F3	2.16	0.51	2.86	15.10	335.89	2.27	43.45
	F4	2.06	0.54	2.25	15.21	331.20	3.11	40.56
	F5	1.70	0.32	4.11	15.89	317.75	3.24	47.92
LSD 5%		0.17	0.05	0.24	0.98	24.56	0.18	2.24

F1: شاهد، F2: ۴ تن در هکتار کود مرغی، F3: ۳ تن در هکتار کود مرغی + ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن از منبع اوره + ۲۵ کیلوگرم فسفات از منبع سوپر فسفات تریپل، F4: ۲ تن در هکتار کود مرغی + ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن از منبع اوره + ۵۰ کیلوگرم فسفات از منبع سوپر فسفات تریپل و F5: کود شیمیایی (۲۰۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن از منبع اوره + ۱۰۰ کیلوگرم فسفات از منبع سوپر فسفات تریپل). در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

Control (F1), 4 tons per hectare of chicken manure (F2), 3 tons per hectare of chicken manure plus 50 kg of nitrogen fertilizer from urea + 25 kg of phosphate from triple superphosphate (F3), 2 tons per hectare of chicken manure + 100 kg of nitrogen fertilizer from urea plus 50 kg of phosphate from triple superphosphate (F4) and Complete chemical fertilizer: 200 kg of nitrogen fertilizer from urea + 100 kg of phosphate from triple superphosphate (F5). In each column, treatments that have common letters are not significantly different from each other based on the LSD test at the 5% probability level.

پتاسیم دانه

باتوجه به نتایج جدول مقایسه میانگین (جدول ۳)، میزان پتاسیم دانه در تمامی سطوح کودی مورد آزمایش در گیاهان ذرت، سوگوم و ارزن بیشتر از تیمار شاهد بود. بیشترین (۵/۱۴ درصد) و کمترین (۱/۲۸ درصد) پتاسیم دانه به ترتیب در تیمارهای ۲ تن در هکتار کود مرغی + ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن از منبع اوره + ۵۰ کیلوگرم فسفات از منبع سوپر فسفات تریپل گیاه ذرت و تیمار شاهد گیاه ارزن مشاهده شد. غلظت پتاسیم دانه در تیمارهای ۴ تن در هکتار کود مرغی و ۳ تن در هکتار کود مرغی + ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن از منبع اوره + ۲۵ کیلوگرم فسفات از منبع سوپر فسفات تریپل در گیاه ذرت به ترتیب معادل ۲/۰۱ و ۳/۲۱ درصد و فاقد اختلاف آماری معنی دار بودند (جدول ۳). افزایش غلظت پتاسیم در تیمار کاربرد کود آلی را می توان به بهبود هدایت الکتریکی خاک ناشی از کاربرد کود آلی نسبت داد. علاوه بر این کودهای آلی موجب افزایش جمعیت میکروارگانیسم های مفید خاک شده و فعالیت این موجودات موجب ترشح اسیدهای آلی و ایجاد محیط اسیدی در اطراف ریشه شده و این امر افزایش دسترسی گیاه به پتاسیم را به دنبال دارد (Agegnehu et al., 2016). یکی دیگر از دلایل افزایش میزان پتاسیم دانه در اثر مصرف کود آلی را می توان به همبستگی مثبتی که بین جذب عناصر مغذی وجود دارد، نسبت داد. به نظر می رسد در شرایط فراهمی مطلوب عنصر نیتروژن، رشد ریشه افزایش یافته است که این امر در نهایت موجب

افزایش جذب سایر عناصر غذایی مانند پتاسیم می گردد. بنابراین در تیمارهای تلفیقی کود آلی و شیمیایی، در دسترس بودن و جذب بیشتر پتاسیم از خاک سبب افزایش پتاسیم دانه گردیده است. علاوه بر این، در طی فرآیند تجزیه کودهای آلی اسیدهایی که حلالیت فسفر و ظرفیت نگهداری پتاسیم را در خاک افزایش می دهند، تولید می شوند و به تبع آن جذب این عناصر توسط گیاه زراعی و غلظت آن در دانه ها افزایش پیدا می کند (Shao et al., 2024). افزایش غلظت پتاسیم دانه در تیمارهای کودی تلفیقی در گیاه گندم (Jafarnejadi et al., 2025)، آفتابگردان (Naseri & Heidari, 2024)، کلزا (Adim et al., 2022) و سورگوم (Abbasi et al., 2019) نیز گزارش شده است که همسو با نتیجه حاصل از این پژوهش می باشد.

روی دانه

مقادیر این صفت تحت تأثیر اثرات گیاه، کود و گیاه × کود در سطح احتمال یک درصد معنی دار بود (جدول ۲). بیشترین غلظت روی دانه (۱۶/۵۵ میلی گرم بر کیلوگرم) مربوط به تیمار ۲ تن در هکتار کود مرغی + ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن از منبع اوره + ۵۰ کیلوگرم فسفات از منبع سوپر فسفات تریپل در گیاه سوگوم بود که در سطح آماری مشابه تیمار ۳ تن در هکتار کود مرغی + ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن از منبع اوره + ۲۵ کیلوگرم فسفات از منبع سوپر فسفات تریپل در گیاه سوگوم (۱۶/۴۷ میلی گرم بر کیلوگرم) و ۲ تن در هکتار کود مرغی + ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود

شیمیایی و آلی انجام شد، نشان داد که کاربرد منفرد کودهای شیمیایی و کاربرد تلفیقی کودهای آلی و شیمیایی موجب افزایش معنی‌دار جذب عنصر روی توسط دانه گندم در مقایسه با تیمار شاهد شد، اما این افزایش در تیمارهای تلفیقی بیشتر بود (Jafarnejadi et al., 2025).

آهن دانه

مقادیر این صفت تحت تأثیر اثر ساده گیاه و کود در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. همچنین مقادیر این صفت تحت تأثیر اثر متقابل گیاه و کود نیز در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین حاکی از این بود که کاربرد سطوح مختلف کودی موجب افزایش معنی‌دار غلظت آهن دانه در گیاهان مورد آزمایش در مقایسه با تیمار شاهد گردید. همچنین غلظت آهن دانه در تیمارهای تلفیقی (۳ تن در هکتار کود مرغی + ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن از منبع اوره + ۲۵ کیلوگرم فسفات از منبع سوپر فسفات تریپل و ۲ تن در هکتار کود مرغی + ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن از منبع اوره + ۵۰ کیلوگرم فسفات از منبع سوپر فسفات تریپل) در گیاهان ذرت، سورگوم و ارزن بیشتر از کاربرد منفرد کود مرغی و شیمیایی بود. بیشترین (۳۳۵/۸۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم) و کمترین (۱۹۹/۹۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم) غلظت آهن دانه به‌ترتیب در تیمارهای F3 گیاه ارزن و تیمار شاهد گیاه ذرت بود. کاربرد کود شیمیایی باعث افزایش ۲۶ درصدی آهن دانه در مقایسه با تیمار شاهد گردید (جدول ۳). جذب عناصر غذایی توسط گیاه

نیتروژن از منبع اوره + ۵۰ کیلوگرم فسفات از منبع سوپر فسفات تریپل در گیاه ذرت (۱۶/۱۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم) قرار داشتند. کمترین غلظت روی دانه در تیمار شاهد گیاه ارزن (۱۱/۷۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم) بود (جدول ۳). با اصلاح‌کننده‌های آلی نظیر کودهای مرغی سبب افزایش مقدار روی قابل استفاده در خاک می‌شوند؛ زیرا مقدار عنصر روی در این اصلاح‌کننده‌ها بالا بوده و همچنین از طریق تشکیل اسیدهای آلی و افزایش اسید کربنیک و نهایتاً کاهش اسیدیته خاک قابلیت جذب عناصر کم‌مصرف مانند روی را در خاک افزایش می‌دهند، در نتیجه غلظت این عناصر در دانه افزایش می‌یابد (Shao et al., 2024). در پژوهشی که با هدف بررسی تأثیر سیستم‌های کودی آلی و شیمیایی بر وضعیت تغذیه‌ای کلزا انجام شد، بیشترین غلظت روی دانه به تیمار کود تلفیقی تعلق داشت. این برتری به افزایش ذخیره عناصر غذایی خاک و تنوع عملکردی جمعیت میکروبی نسبت داده شد؛ زیرا کودهای آلی به عنوان بستری برای استقرار و تکثیر ریزجانداران مفید عمل کرده و موجب تقویت کلونیزاسیون میکروبی ریشه و ریزوسفر می‌شوند (Adim et al., 2022). در پژوهشی دیگر گزارش شد که کاربرد کودهای آلی سبب افزایش غلظت روی دانه می‌شوند که دلیل آن تجمع زیاد عنصر روی در حضور کودهای آلی در اشکال محلول (یونی و کمپلکس‌های آلی محلول) و در نتیجه افزایش جذب توسط گیاه می‌باشد (Li et al., 2014). نتایج پژوهش دیگری که در راستای بررسی محتوی عناصر دانه گندم در اثر کاربرد تلفیقی کودهای

نه تنها به فراهمی عناصر محلول در خاک بلکه به کارایی ریشه برای جذب این عناصر بستگی دارد. از سوی دیگر، تغییر در قابلیت استفاده عناصر غذایی کم مصرف در خاک تحت تأثیر ویژگی های مواد آلی خاک می باشد. با تجزیه مواد آلی، عناصر غذایی موجود در آن آزاد می شود. در اثر تجزیه مواد آلی موجود در آن، pH خاک کم شده و در نتیجه آن غلظت عناصر غذایی به ویژه عناصر کم مصرف نظیر آهن را در خاک افزایش می دهد. مطالعات نشان داد که کودهای آلی اضافه شده به خاک با تشکیل کمپلکس با آهن باعث افزایش حلالیت آهن شده و از رسوب آن جلوگیری می نماید (Wang et al., 2025). همسو با نتایج حاصل از پژوهش حاضر، محققان اظهار داشتند که بیشترین غلظت آهن در گیاه سورگوم در تیمار تلفیقی کود آلی + ۵۰ درصد کود شیمیایی به دست می آید (Abbasi et al., 2019). علاوه بر این، افزایش غلظت آهن دانه کینوا در تیمار تلفیقی ۱۰ تن در هکتار کود آلی + ۱۰۰ کود شیمیایی گزارش شده است (SoltanZadeh et al., 2022).

کلسیم دانه

جدول شماره ۲ حاکی از تأثیر بسیار معنی دار نوع گیاه، کود و اثر متقابل آنها بر محتوای کلسیم دانه می باشد. بیشترین غلظت کلسیم دانه در ذرت (۳/۱۳ درصد)، سورگوم (۳/۱۵ درصد) بود. درصد کلسیم دانه در گیاه ارزن در تیمارهای F5 (۳/۲۴ درصد) و F4 (۳/۱۱ درصد) در سطح آماری مشابه قرار داشتند. در هیچ یک از گیاهان مورد آزمایش کاربرد ۴ تن در هکتار کود مرغی

موجب افزایش معنی دار درصد کلسیم دانه در مقایسه با تیمار شاهد نگردید. کمترین غلظت کلسیم دانه در تیمار شاهد گیاه ارزن (۱/۰۸ درصد) مشاهده شد (جدول ۳). با توجه به اینکه کودهای آلی به ویژه کود مرغی منبعی غنی از عناصر پرمصرف و کم مصرف، ویتامین ها، آنزیم ها و هورمون های محرک رشد گیاه است، می تواند سبب افزایش غلظت عناصر غذایی نظیر کلسیم شود. علاوه بر این ماندگاری و اثرات کودهای آلی در خاک بالا است. از آنجایی که کود مرغی دارای تخلخل زیاد است و از سوی دیگر، بر ساختمان خاک اثر می گذارد، توانایی جذب و نگهداری عناصر غذایی خصوصاً کلسیم را افزایش خواهد داد (Jabeen & Ahmad, 2019). بنابراین افزایش محتوای کلسیم دانه در تیمارهای کاربرد کود آلی در آزمایش حاضر قابل توجه است. از سوی دیگر با کاربرد کودهای آلی نظیر کود مرغی به همراه کود شیمیایی بین عناصر کم مصرف و پر مصرف تعادل برقرار می شود که این امر منجر به جذب بیشتر کلسیم در گیاه می گردد (Amjadian et al., 2018). نتایج پژوهش دیگری تأثیر تیمارهای کودی بر غلظت روی دانه را نشان داد؛ طوری که بیشترین غلظت کلسیم دانه کتان در تیمار کود شیمیایی خالص بود که تفاوت معنی دار با تیمار تلفیقی کود شیمیایی و آلی نداشت (Shokri et al., 2025). نتایج به دست آمده از پژوهش حاضر با نتایج پژوهش های فوق الذکر همسو می باشد.

مנגنز دانه

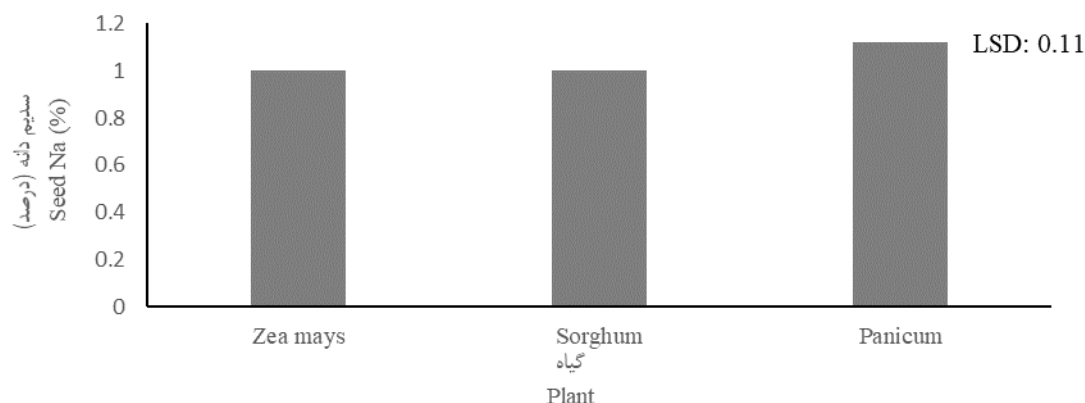
کاربرد سطوح منفرد و تلفیقی کودی موجب افزایش غلظت منگنز دانه در تمام گیاهان مورد آزمایش گردید. کمترین مقادیر منگنز دانه در گیاه ذرت (۳۶/۵۶ میلی گرم بر کیلوگرم)، سورگوم (۳۲/۱۱ میلی گرم بر کیلوگرم) و ارزن (۳۵/۷۹ میلی گرم بر کیلوگرم) در تیمار شاهد مشاهده شد. بیشترین غلظت منگنز دانه در تیمار کاربرد منفرد کود شیمیایی در گیاه ذرت (۵۳/۵۱ میلی گرم بر کیلوگرم) بود. در گیاه ارزن کاربرد سطوح تلفیقی کود آلی و شیمیایی (F4) موجب افزایش منگنز دانه در مقایسه با تیمار کاربرد منفرد کود مرغی (F2) نگردید و مقادیر این صفت در تیمارهای مذکور به ترتیب ۴۰/۱۶ و ۴۰/۵۶ میلی گرم در کیلوگرم بود (جدول ۳). با مصرف کودهای آلی در خاک و افزایش سطح مصرف آن‌ها، از یک طرف pH خاک کاهش یافته و از سوی دیگر مقدار ترکیب‌های کلات کننده منگنز و دیگر عناصر غذایی کم مصرف افزایش یافته و موجب افزایش زیست فراهمی این عناصر و جذب آن‌ها به وسیله گیاه شده و در نتیجه رشد گیاه افزایش می‌یابد. در واقع افزودن مواد آلی به خاک می‌تواند به بهبود قابلیت جذب عناصر کم مصرف در خاک منجر شود که دلیل این امر را می‌توان افزایش کربن آلی خاک به دنبال کاربرد مواد آلی دانست که سبب جذب بیشتر عناصر کم مصرف نظیر منگنز در گیاهان می‌شود (Arndt et al., 2021). سایر محققین با بررسی برخی اصلاح کننده‌های آلی بر غلظت عناصر دانه گزارش کردند که با افزایش استفاده از کودهای آلی و شیمیایی غلظت عناصر فسفر، پتاسیم، مس، آهن و منگنز در دانه گیاه کینوا

افزایش یافت (Rahimi Alashti, 2021). همسو با نتیجه حاضر، گزارش شد که غلظت منگنز موجود در دانه کینوا در تیمار ۱۰۰ درصد کود شیمیایی توصیه شده بیشتر از سطوح تلفیقی با کود آلی بود (SoltanZadeh et al., 2022). در پژوهش دیگری که تأثیر منابع مختلف کودهای آلی و شیمیایی بر محتوی عناصر دانه کتان مورد بررسی قرار گرفت، نتایج نشان داد که کاربرد تلفیقی و منفرد کود موجب افزایش معنی‌دار غلظت منگنز دانه در مقایسه با تیمار شاهد شد (Shokri et al., 2025).

سدیم دانه

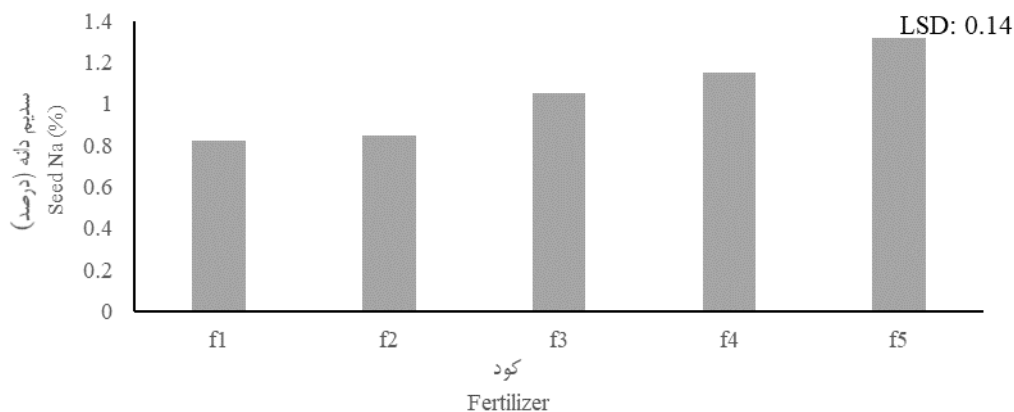
نتایج تجزیه واریانس نشان داد که سدیم دانه تحت تأثیر نوع گیاه در سطح احتمال پنج درصد و کود در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. مقادیر این صفت تحت تأثیر برهمکنش گیاه × کود قرار نگرفت (جدول ۲). مقادیر سدیم دانه در گیاهان ذرت (۱ درصد) و سورگوم (۱ درصد) فاقد اختلاف آماری معنی‌دار بودند. بیشترین سدیم دانه در گیاه ارزن (۱/۱۲ درصد) مشاهده شد (شکل ۱). مقایسه میانگین اثر کود بر سدیم دانه نشان داد که کاربرد ۴ تن در هکتار کود مرغی (۰/۸۵ درصد) موجب افزایش معنی‌دار سدیم دانه در مقایسه با تیمار شاهد (۰/۸۲ درصد) نگردید. همچنین درصد سدیم دانه در تیمارهای تلفیقی F3 (۱/۰۵ درصد) و F4 (۱/۱۵ درصد) نیز فاقد اختلاف آماری بودند. بیشترین غلظت سدیم دانه در تیمار کاربرد منفرد کود شیمیایی معادل ۱/۳۲ درصد بود (شکل ۲). افزایش مقدار سدیم دانه در نتیجه افزودن کودهای شیمیایی، آلی و تلفیقی گزارش شده است

نتایج این پژوهش منطبق بر آن‌ها است. (Yang *et al.*, 2020؛ Mahmood *et al.*, 2020) که



شکل ۱. مقایسه میانگین اثر گیاه بر غلظت سدیم دانه. در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

Figure 1. Comparison of the average effect of the plant on the sodium concentration of the grain. In each column, treatments that have common letters are not significantly different from each other based on the LSD test at the 5% probability level.



شکل ۲: مقایسه میانگین اثر سطوح مختلف کود بر غلظت سدیم دانه. شاهد، F2: ۴ تن در هکتار کود مرغی، F3: ۳ تن در هکتار کود مرغی + ۲۵ کیلوگرم فسفات، F4: ۲ تن در هکتار کود مرغی + ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن + ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن و فسفات و F5: کود شیمیایی. در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

Figure 2. Comparison of the average effect of different fertilizer levels on grain sodium concentration. Control (F1), 4 tons per hectare of chicken manure (F2), 3 tons per hectare of chicken manure plus 50 kg of nitrogen fertilizer + 25 kg of phosphate (F3), 2 tons per hectare of chicken manure plus 100 kg of nitrogen + 50 kg of phosphate (F4) and Complete chemical fertilizer (F5). In each column, treatments that have common letters are not significantly different from each other based on the LSD test at the 5% probability level.

نتیجه‌گیری

شیمیایی در راستای کاهش ورود آلاینده‌های معدنی به

زنجیره غذایی و نیز افزایش بهره‌وری مصرف کودهای

شیمیایی و افزایش کیفیت محصولات تولیدی، توصیه

می‌شود از مصرف تلفیقی کودهای آلی و شیمیایی

به‌عنوان رهیافتی مهم، جهت دستیابی به اهداف کشاورزی

پایدار استفاده شود. از آنجایی که برای کاربرد گسترده

مدیریت تلفیقی تغذیه در زمینه انواع مواد آلی، مقدار

مناسب جایگزین برای کودهای شیمیایی، شرایط متفاوت

خاک و اقلیم هر منطقه، پیشنهاد می‌شود مطالعات

بیشتری در این زمینه صورت گیرد.

نتایج این مطالعه نشان داد که کاربرد تلفیقی کودهای آلی

و شیمیایی (تیمارهای F3 و F4) بیشترین اثر مثبت را بر

کیفیت دانه گیاهان ذرت، سورگوم و ارزن داشت و در

بیشتر صفات اندازه‌گیری شده تفاوت معنی‌داری با مصرف

جداگانه کودهای شیمیایی و آلی (تیمارهای F1 و F2)

مشاهده شد. بنابر نتایج حاصل از پژوهش حاضر می‌توان

استنباط کرد که کاربرد تلفیقی کودهای آلی و شیمیایی

رویکردی مؤثر جهت بهبود کیفیت دانه گیاه می‌باشد. با

توجه به شرایط فعلی به‌منظور کاهش مصرف کودهای

References

- Abbasi, A., Saiadi Azar, Z., & Shekari, F. 2019. Effect of chemical and biological fertilizers on phytohormone changes and absorption of nutrients in different irrigation periods in sorghum. *Journal of Plant Production Research*, 25(4), 85-99. <https://doi.org/10.22069/jopp.2018.14189.2272>
- Adekiya, A. O., & Agbede, T. M. 2017. Effect of methods and time of poultry manure application on soil and leaf nutrient concentrations, growth and fruit yield of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill). *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 16, 383-388. <https://doi.org/10.1016/j.jssas.2016.01.006>
- Adim, G. R., Malekzadeh, E., Dordipour, E., Kiani, F., Mokhtarpour, H., & Moazzemi, S. 2022. The effect of chemical, organic, biological and integrated fertilizer systems on soil fertility and nutritional status of rapeseed (*Brassica napus* L.). *Journal of Soil Management and Sustainable*, 11(4), 99-119. <https://doi.org/10.22069/ejsms.2022.19588.2042>
- Agegnehu, G., Bass, A. M., Nelson, P. N., & Bird, M. I. 2016. Benefits of biochar, compost and biochar-compost for soil quality: maize yield and greenhouse gas emissions in a tropical agricultural soil. *Science of the Total Environment*, 543, 295-306. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.11.054>
- Agricultural Statistics. 2024. Volume 3. Agricultural Products. Ministry of Agricultural Jihad, Deputy for Planning and Economics, Information and Communication Technology Center.
- Amjadian, E., Ghanbari, A., & Khamari, I. 2018. Investigating management plant nutrition (organic and inorganic and blended fertilizers): on the accumulation and balance elements macro and micro in wheat seed (*Triticum aestivum* L.). *Agroecology*, 10(1), 186-202. <https://doi.org/10.22067/jag.v10i1.56118> [In Persian]

- Alinejadian Bidabadi, A., Zeinvand, M., Sohrabi, A., Feizian, M. & akbarpour, O. 2022. 'The effect of amendment materials on morphophysiological properties, yield and element in grain of bean (*Vicia faba* L.). Journal of Agricultural Science and Sustainable Production, 32(2), 129-143. <https://doi.org/10.22034/saps.2021.45936.2679> [In Persian]
- Arancon, N. Q., Edwards, C. A., Bierman, P., Metzger, J. D., & Lucht, C. 2022. Effects of vermicomposts produced from cattle manure, food waste and paper waste on the growth and yield of peppers in the field. *Pedobiologia*, 49(4), 297-306. <https://doi.org/10.1016/j.pedobi.2005.02.001>
- Arndt, S. K. K., Clifford, S. C., Wanek, W., Jones, H. G., & Popp, M. 2021. Physiological and morphological adaptations of the fruit tree *Ziziphus rotundifolia* in response to progressive drought stress. *Tree Physiology*, 21, 705-715. <https://doi.org/10.1093/treephys/21.11.705>
- Bardel, J., Ghanbari, A., & Khajeh, M. 2014. The effects of salinity stress and type of applied fertilizer on some agronomic and quality characteristics of *Cuminum cyminum* L. in Sistan condition. *Electronic Journal of Crop Production*, 7(3), 183-201. [In Persian]
- Darabi, S., Heidari, G., Khalesro, S., & Jahani-Azizabadi, H. 2024. Effect of different levels of pelleted poultry manure and chemical fertilizer on fodder quality and maize (*Zea mays* L.) grain yield. *Journal of Agroecology*, 16(1), 129-146. <https://doi.org/10.22067/agry.2023.78185.1122> [In Persian]
- FAO stat. Statistical of crop production. Available at: <http://www.fao.org/faostat/en/#data> (accessed jun 17, 2024).
- FAO stat. Statistical of crop production. Available at: <https://www.fao.org/faostat/en/#data> (accessed April 13, 2025).
- Jabeen, N., & Ahmad, R. 2019. Growth response and nitrogen metabolism of sunflower (*Helianthus annuus* L.) to vermicompost and biogas slurry under salinity stress. *Journal of Plant Nutrition*, 40(1), 104-114.
- Jafarnejadi, A. R., Moshiri, F., & Meskini-Vishkaee, F. 2025. Nutrient content of soil and wheat grain due to the integrated application of chemical and organic fertilizers. *Agricultural Engineering*, 48(1), 1-15. <https://doi.org/10.22055/agen.2024.48100.1746>
- Judith, N., Chantigny, M., Dayegamiye, A., & Laverdiere, M. 2009. Dairy cattle manure improves soil productivity in low residue rotation systems. *Agronomy Journal*, 101(1), 207-214 <https://doi.org/10.2134/agronj2008.0142>
- Kaplan, M., Kara, K., Unlukara, A., Kale, H., Buyukkilic Beyzi, S., Varol, I. S., Kizilsimsek, M., & Kamalak, A. 2019. Water deficit and nitrogen affects yield and feed value of sorghum sudangrass silage. *Agricultural Water Management*, 218, 30-36. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2019.03.021>
- Karla, Y. P. 1998. Handbook of reference methods for plant analysis. CRC Press is an Imprint of Taylor and Francis Group, New York, 291p. <https://doi.org/10.1201/9780367802233>
- Kumar, A., Tripathi, M. K., Joshi, D., & Kumar, V. 2021. Millets and Millet Technology, p, 438. Singapore: Springer.
- Kumar, N., Nath, C.P., Das, K., Hazra, K.K., Venkatesh, M.S., Singh, M.K., Singh, S.S., Praharaj, C.S., Sen, S., & Singh, N.P. 2024. Combining soil carbon storage and crop productivity in partial conservation agriculture of rice-based cropping systems in the Indo-Gangetic Plains. *Soil and Tillage Research*, 239, 106029. <https://doi.org/10.1016/j.still.2024.106029>

- Li, B. Y., Zhou, D. M., Cang, L., Zhang, H. L., Fan, X. H., & Qin, S. W. 2014. Soil micronutrient availability to crops as affected by long-term inorganic and organic fertilizer applications. *Journal of Soil and Tillage Research*, 96, 166-173. <https://doi.org/10.17221/914/2013-PSE>
- Machicek, J. A., Blaser, B. C., Darapuneni, M., & Rhoades, M. B. 2019. Harvesting regimes affect brown midrib sorghum-sudangrass and brown midrib pearl millet forage production and quality. *Agronomy*, 9, 1-13. <https://doi.org/10.3390/agronomy9080416>
- Mahmood, Y.A., Mohammed, I.Q., & Ahmed, F.W. 2020. Effect of organic fertilizer and foliar application with garlic extract, whey and bio fertilizer of bread yeast in availability of NPK in soil and plant, growth and yield of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill). *Plant Archives*, 20(1), 151-158.
- Naseri, A., & Heidari, G. H. 2024. Effect of application of different levels of chemical fertilizers and pelleted poultry manure on yield and quality of sunflower (*Helianthus annuus* L.) nuts under Sanandaj conditions. *Journal of Agroecology*, 15(4), 789-808. <https://doi.org/10.22067/agry.2022.76016.1105> [In Persian]
- Nelson, D. W., & Sommers, L. E. 1973. Determination of total nitrogen in plant material. *Agronomy Journal*, 65(1), 109-112.
- Rahimi Alashti, S., Bahmanyar, M., Ghajarsepanlu, M., Sadegh Zade, F., & Mokhtassi, A. 2021. The effect of some organic and mineral amendments on soil macronutrient and micronutrient under quinoa cultivation in stress status (water). *Journal of Soil Management and Sustainable Production*, 11(2), 25-48.
- Shao, Z., Zhang, X., Nasar, J. & Gitari, H. 2024. Synergetic effect of potassium, biochar and cattle manure on the growth and yield of maize, and soil physio-chemical characteristics. *Plants (Basel)*, 13(23), 3345. <https://doi.org/10.3390/plants13233345>
- Salehifar, M., Afshar, M., & Kavousi, M. 2018. Comparative evaluation of the effect of organic and mineral fertilizers on yield, yield components and growth indices of rice (*Oryza sativa* L.). *Cereal Research*, 8(3), 291-305. <https://doi.org/10.22124/c.2018.9724.1387>
- Shokri, M., Yadavi, A., Movahedi Dehnavi, M., Salehi, A., & Karami, R. 2025. The Effect of different sources of chemical, organic, biological and integrated fertilizers on chlorophyll, nutrient content and grain yield of linseed (*Linum usitatissimum* L.). *Journal of Crop Production and Processing*, 15(2), 61-74. <https://doi.org/10.47176/jcpp.15.2.20336> [In Persian]
- SoltanZadeh, A., Ghanbari, A., & Seyedabadi, E. 2022. Effect of chemical fertilizers and vermicompost on the field soil properties and nutrient concentrations of quinoa seed (Red cultivar) in Sistan region. *Journal of Crop Science Research in Arid Regions*, 4(1), 77-86. <https://doi.org/10.22034/CSRAR.2022.320562.1170> [In Persian]
- Tenninghoff, E., & Houba, V. 2004. *Plant Analysis Procedures* (second edition). Kalwer Academic Publisher. 179P.
- Wang, J., Yang, X., Huang, S., Wu, L. Cai, Z., & Xu, M. 2025. Long-term combined application of organic and inorganic fertilizers increases crop yield sustainability by improving soil fertility in maize-wheat cropping systems. *Journal of Integrative Agriculture*, 24(1), 290-305. <https://doi.org/10.1016/j.jia.2024.07.003>
- Waniyo, U. U., Sauwa, M. M., Ngala, A. L., Abubakr, G. A., & Anelo, E. C. 2013. Influence of sources and rates of manure on yield and nutrient uptake of maize (*Zea mays* L.) in Maiduguri, Nigeria. *Nigerian Journal of Basic and Applied Science*, 21(4), 259-265.

- Yang, Q., Zheng, F., Jia, X., Liu, P., Dong, S., Zhang, J., & Zhao, B. 2020. The combined application of organic and inorganic fertilizers increases soil organic matter and improves soil microenvironment in wheat-maize field. *Journal of Soils and Sediments*, 20(5), 2395-2404. <https://doi.org/10.1007/s11368-020-02606-2>