



Evaluating the Effect of Three Types of Organic Fertilizers on Some Soil Elements, Yield, Yield Components and Seed Oil Percentage of Black Cumin (*Nigella sativa* L.)

Tahereh Mirzavand¹ | Iraj Alahdadi² | Elias Soltani³ | Fatemeh Benakashani⁴ | Shiva Akbari⁵

1. Department of Agronomy and Plant Breeding Sciences, College of Aburaihan, University of Tehran, Pakdasht, Tehran, Iran. E-mail: Tahereh.mirzavand@ut.ac.ir
2. Corresponding Author, Department of Agronomy and Plant Breeding Sciences, College of Aburaihan, University of Tehran, Pakdasht, Tehran, Iran. E-mail: alahdadi@ut.ac.ir
3. Department of Agronomy and Plant Breeding Sciences, College of Aburaihan, University of Tehran, Pakdasht, Tehran, Iran. E-mail: elias.soltani@ut.ac.ir
4. Department of Agronomy and Plant Breeding Sciences, College of Aburaihan, University of Tehran, Pakdasht, Tehran, Iran. E-mail: benakashani@ut.ac.ir
5. Department of Agronomy and Plant Breeding Sciences, College of Aburaihan, University of Tehran, Pakdasht, Tehran, Iran. E-mail: shivaa.akbari@ut.ac.ir

Article Info

Article type:
Research Article

Article history:
Received 17 September 2023
Received in revised form
1 November 2024
Accepted 4 November 2024
Published online 30 December 2024

Keywords:
Capsule weight
Foliar application
Harvest index
Organic fertilizer
Soil nitrogen

ABSTRACT

Objective: Using practical, safe and cheap methods to produce healthy food and protect the environment is a necessity, and one of these solutions to solve the problem of chemical fertilizers consumption is to use the principles of sustainable agriculture. Biological and organic fertilizers play an effective role in increasing the yield of agricultural products by increasing the water holding capacity and also improving the biological properties of the soil and having essential nutrients. Biological and organic fertilizers are used as growth promoters with more efficiency than chemical fertilizers. Foliar spraying of nutrients can help in compensating the lack of nutrients absorbed through the roots or supplying the plant's need for these elements in the leaves. Also, by feeding through the leaves and foliar spraying, it can provide food to the plant in the shortest possible time, and this method is a suitable way to reduce the use of chemical fertilizers and reduce their environmental risks. In order to evaluate the effect of three types of organic fertilizers on the yield, yield components and seed oil percentage of Black Cumin (*Nigella sativa* L.) and the amount of some elements in soil, an experiment has been carried out at the research farm of the College of Aburaihan, University of Tehran, in the agricultural year 2019-2020.

Methods: This experiment has been conducted as a factorial based on a randomized complete block design in three replications. The combination of factorial levels were in the form of nutrient fertilizer 1 factor in two levels of 300 kg.ha⁻¹ and no application of nutrient fertilizer 1, nutrient fertilizer 2 factor in 2 levels of 2 lit.ha⁻¹ and no application (spraying with distilled water) and nutrient fertilizer 3 factor in three levels of foliar application at the rate of one and two liters per hectare and no application.

Results: The results showed that the use of nutrient fertilizer 1 alone resulted in higher plant dry weight. The use of organic fertilizers compared to the control treatment increased the capsule weight, seed yield, harvest index and seed oil percentage, and the lowest values of these traits belonged to the control treatment. The simultaneous application of nutrient fertilizer 1 and nutrient fertilizer 3 was effective in stimulating nitrogen absorption by the plant, and as a result, reduced the amount of soil nitrogen.

Conclusion: In general, it can be concluded that the application of organic fertilizers, especially the nutrient fertilizer 1, has had a favorable effect on the yield and growth characteristics of the plant.

Cite this article: Mirzavand, T., Alahdadi, I., Soltani, E., Benakashani, F., & Akbari, Sh. (2025). Evaluating the Effect of Three Types of Organic Fertilizers on Some Soil Elements, Yield, Yield Components and Seed Oil Percentage of Black Cumin (*Nigella sativa* L.). *Journal of Crops Improvement*, 26 (4), 883-903.

DOI: <https://doi.org/10.22059/jci.2024.365432.2852>





بررسی تأثیر سه نوع کود آلی بر برخی عناصر موجود در خاک، عملکرد، اجزای عملکرد و درصد روغن دانه گیاه سیاه‌دانه (*Nigella sativa* L.)

طاهره میرزاوند^۱ | ایرج اله‌دادی^۲ | الیاس سلطانی^۳ | فاطمه بناکاشانی^۴ | شیوا اکبری^۵

۱. گروه علوم زراعی و اصلاح نباتات، دانشکده فناوری کشاورزی (ابوریحان)، دانشگاه تهران، پاکدشت، تهران، ایران. رایانامه: Tahereh.mirzavand@ut.ac.ir
۲. نویسنده مسئول، گروه علوم زراعی و اصلاح نباتات، دانشکده فناوری کشاورزی (ابوریحان)، دانشگاه تهران، پاکدشت، تهران، ایران. رایانامه: alahdadi@ut.ac.ir
۳. گروه علوم زراعی و اصلاح نباتات، دانشکده فناوری کشاورزی (ابوریحان)، دانشگاه تهران، پاکدشت، تهران، ایران. رایانامه: elias.soltani@ut.ac.ir
۴. گروه علوم زراعی و اصلاح نباتات، دانشکده فناوری کشاورزی (ابوریحان)، دانشگاه تهران، پاکدشت، تهران، ایران. رایانامه: benakashani@ut.ac.ir
۵. گروه علوم زراعی و اصلاح نباتات، دانشکده فناوری کشاورزی (ابوریحان)، دانشگاه تهران، پاکدشت، تهران، ایران. رایانامه: shivaa.akbari@ut.ac.ir

اطلاعات مقاله

نوع مقاله: مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۶/۲۶
 تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۰۸/۱۱
 تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۸/۱۴
 تاریخ انتشار: ۱۴۰۳/۱۰/۱۰

چکیده

هدف: استفاده از روش‌های کاربردی، ایمن و ارزان برای تولید غذای سالم و حفاظت از محیط زیست یک ضرورت است و یکی از این راه‌کارهای رفع مشکل مصرف کودهای شیمیایی، استفاده از اصول کشاورزی پایدار می‌باشد. کودهای زیستی و آلی به واسطه افزایش ظرفیت نگهداری آب و همچنین بهبود خصوصیات بیولوژیکی خاک و دارابودن عناصر غذایی ضروری، نقش مؤثری در افزایش عملکرد محصولات کشاورزی ایفا می‌کنند. محلول‌پاشی عناصر غذایی می‌تواند در جبران کمبود مواد غذایی جذب‌شده از طریق ریشه‌ها و یا تأمین نیاز گیاه به این عناصر در برگ‌ها کمک نماید. همچنین با تغذیه از طریق برگ و محلول‌پاشی، می‌تواند مواد غذایی را در کوتاه‌ترین زمان ممکن در اختیار گیاه قرار داد و این روشی مناسب برای کاهش مصرف کودهای شیمیایی و کاهش خطرات زیست‌محیطی آن‌هاست. جهت بررسی اثر سه نوع کود آلی بر عملکرد، اجزای عملکرد و درصد روغن دانه گیاه سیاه‌دانه و برخی عناصر موجود در خاک، آزمایشی در مزرعه تحقیقاتی دانشکده فناوری کشاورزی (ابوریحان) دانشگاه تهران در سال زراعی ۹۸-۱۳۹۷ به اجرا درآمد.

روش پژوهش: این آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد. ترکیب سطوح فاکتوریل به صورت عامل کود مغذی خاک مصرف ۱ در دو سطح کاربرد و عدم کاربرد، عامل محلول‌پاشی کود مغذی ۲ در دو سطح کاربرد و عدم کاربرد (محلول‌پاشی با آب مقطر) و عامل محلول‌پاشی کود مغذی ۳ در سه سطح محلول‌پاشی به میزان یک و دو لیتر در هکتار و عدم کاربرد (محلول‌پاشی با آب مقطر) بود.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که کاربرد کود مغذی خاک مصرف ۱ به‌تنهایی سبب حصول مقادیر بالاتر وزن خشک بوته و تعداد شاخه جانبی شد. کاربرد کودهای آلی با یکدیگر و یا به‌تنهایی نسبت به تیمار شاهد (عدم کاربرد هر سه کود) باعث افزایش وزن کپسول، عملکرد دانه، شاخص برداشت و درصد روغن دانه شد و کم‌ترین مقادیر این صفات مربوط به تیمار شاهد و برابر با ۰/۰۶۱ گرم، ۵۹۳/۴ کیلوگرم در هکتار، ۱۲/۹۸ درصد و ۳۲/۸۵ درصد بود. کاربرد همزمان کود مغذی خاک مصرف ۱ و محلول‌پاشی کود مغذی ۳ در تحریک جذب نیتروژن توسط گیاه مؤثر بود و در نتیجه مقدار نیتروژن خاک را کاهش داد. **نتیجه‌گیری:** در مجموع می‌توان چنین نتیجه گرفت که کاربرد کود آلی و به‌ویژه کود مغذی خاک مصرف ۱، در حصول عملکرد و صفات رشدی گیاه اثر مطلوبی داشته است.

کلیدواژه‌ها:

شاخص برداشت
 کود آلی
 محلول‌پاشی
 نیتروژن خاک
 وزن کپسول

استناد: میرزاوند، طاهره؛ اله‌دادی، ایرج؛ سلطانی، الیاس؛ بناکاشانی، فاطمه و اکبری، شیوا (۱۴۰۳). بررسی تأثیر سه نوع کود آلی بر برخی عناصر موجود در خاک، عملکرد، اجزای عملکرد و درصد روغن دانه گیاه سیاه‌دانه (*Nigella sativa* L.). *به‌زراعی کشاورزی*، ۲۶ (۴)، ۸۸۳-۹۰۳.

DOI: <https://doi.org/10.22059/jci.2024.365432.2852>



۱. مقدمه

سیاه‌دانه^۱ گیاهی دیپلوئید است و به خانوادهٔ آلاله^۲ تعلق دارد. این گیاه به‌صورت گسترده در قسمت‌های مختلف جهان به‌ویژه در مدیترانه، اروپای شمالی، اروپای جنوبی، سوریه، مصر، عربستان سعودی، ترکیه، ایران، پاکستان و هند کشت می‌شود. در ایران، این گیاه در بسیاری از نواحی به‌صورت گیاهی وحشی رشد می‌کند و در برخی نواحی نیز کشت می‌شود (معراجی‌پور^۳ و همکاران، ۲۰۲۰). سیاه‌دانه گیاهی یک‌ساله و دارویی است و بذور آن دارای مقادیر قابل‌توجهی روغن هستند و از روغن آن در مصارف دارویی و صنایع غذایی استفاده می‌شود (مظاهری^۴ و همکاران، ۲۰۱۹). با توجه به اهمیت کیفیت و سلامت ترکیبات مؤثره گیاهان دارویی، بهره‌گیری از اصول بوم‌شناختی در تولید پایدار این گیاهان موضوعی ضروری است (آروند و سهرابی، ۱۴۰۱).

استفاده از روش‌های کاربردی، ایمن و ارزان برای تولید غذای سالم و حفاظت از محیط زیست یک ضرورت است و یکی از این راه‌کارهای رفع مشکل مصرف کودها شیمیایی، استفاده از اصول کشاورزی پایدار می‌باشد. کودهای زیستی و آلی به‌واسطهٔ افزایش ظرفیت نگهداری آب و همچنین بهبود خصوصیات بیولوژیکی خاک و دارابودن عناصر غذایی ضروری، نقش مؤثری در افزایش عملکرد محصولات کشاورزی ایفا می‌کنند. کودهای زیستی و آلی بیش‌تر از کودهای شیمیایی به‌عنوان محرک‌های رشد زود بازده مورد استفاده قرار می‌گیرند و از طرفی مخاطرات کودهای شیمیایی از جمله رسوب فلزات سنگین در خاک و افزایش میزان علف‌های هرز در مزرعه را ندارند (قلی‌زاده و همکاران، ۱۴۰۱؛ لیو^۵ و همکاران، ۲۰۱۵).

محلول‌پاشی عناصر غذایی می‌تواند در جبران کمبود مواد غذایی جذب‌شده از طریق ریشه‌ها و یا تأمین نیاز گیاه به این عناصر در برگ‌ها کمک نماید. همچنین با تغذیه از طریق برگ و محلول‌پاشی، می‌تواند مواد غذایی را در کوتاه‌ترین زمان ممکن در اختیار گیاه قرار داد و این روشی مناسب برای کاهش مصرف کودهای شیمیایی و کاهش خطرات زیست‌محیطی آنهاست (طوسی‌کهل و همکاران، ۱۳۹۰).

با توجه به مصرف بی‌رویهٔ کودهای شیمیایی و اهمیت مدیریت مصرف کود از طریق کاربرد کودهایی با منشأ طبیعی مانند انواع کودهای آلی و همچنین نظر به اهمیت سیاه‌دانه به‌عنوان گیاه دارویی و نیز عدم وجود اطلاعاتی مکفی و جامع در خصوص واکنش‌های رشدی و عملکردی این گیاه به انواعی از کودهای آلی، این مطالعه با هدف ارزیابی اثر کودهای آلی بر عملکرد، اجزای عملکرد، درصد روغن دانهٔ سیاه‌دانه و میزان برخی عناصر موجود در خاک انجام پذیرفت.

۲. پیشینه پژوهش

مدیریت تغذیه‌ای و ارزیابی میزان کودپذیری، یکی از مباحث مهم زراعی در زمینهٔ تولید گیاهان دارویی است. در زراعت گیاهان دارویی، تولید بر پایهٔ اصول کشاورزی پایدار به‌ویژه کاهش استفاده از نهاده‌های شیمیایی اهمیت زیادی دارد. زراعت گیاهان دارویی با کودهای آلی، تأثیر منفی بر کیفیت دارویی و عملکرد آن‌ها را کاهش می‌دهد (فلاحی و همکاران، ۱۳۹۷). کمبود مواد آلی خاک یکی از مشکلات اساسی خاک، به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک است. مواد آلی می‌توانند از طریق فراهم‌نمودن مواد غذایی از طریق معدنی‌سازی، حفظ مواد مغذی خاک در منطقهٔ ریشه، بهبود ظرفیت نگهداری آب در خاک و تقویت شرایط فعالیت میکروارگانیسم‌های خاک بر حاصلخیزی خاک اثر گذارند (گوبلی^۶ و همکاران، ۲۰۱۹). بنابراین، بهبود و تقویت مواد آلی

1. *Nigella sativa* L.
2. Ranunculaceae
3. Merajipoor
4. Mazaheri
5. Liu
6. Gavili

خاک می‌تواند باعث بهبود شرایط فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک شود، درحالی‌که ترکیبات غیرآلی غالباً بر خصوصیات شیمیایی خاک در جهت تأمین عناصر غذایی خاک مؤثرند (زاهدی‌فر و همکاران، ۱۴۰۲).

مواد آلی در تغذیه عناصر ریزمغذی توسط گیاهان اهمیت زیادی دارند. برخی از این ترکیبات شامل مواد بیوشیمیایی موجود در بدن موجودات زنده و هم‌چنین مواد قهوه‌ای و سیاه‌رنگی هستند که هیومیک‌اسید و فولویک‌اسید نامیده می‌شوند. این اسیدها ترکیبات پیچیده‌ای را با اغلب کاتیون‌های خاک و هم‌چنین برخی از آنیون‌ها تشکیل می‌دهند (سرگزی و همکاران، ۱۴۰۲). فولویک‌اسید با کلات‌کردن عناصر ضروری، سبب افزایش جذب عناصر شده و باروری خاک و تولید در گیاهان را افزایش می‌دهد (امینی‌فرد و همکاران، ۱۳۹۷). گزارش شده است که کاربرد هیومیک‌اسید سبب افزایش تعداد شاخه‌های جانبی، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در بوته و عملکرد بیولوژیک گیاه نخود شد (آرمین و مصلحی، ۱۳۹۱). کاربرد ترکیبی کود هیومیک‌اسید و اسیدهای آمینه سبب بهبود صفات عملکردی و رشدی در گندم گردید (کنديل^۱ و همکاران، ۲۰۱۶). کاربرد کود فولویک‌اسید سبب افزایش وزن تر و خشک بوته، قطر ساقه، تعداد شاخه‌های فرعی و تعداد چترک در گیاه شوید شد (امینی‌فرد و همکاران، ۱۳۹۷). گزارش شده است که استفاده از کودهای آلی کمپوست و ورمی‌کمپوست در مقایسه با شاهد، سبب افزایش معنی‌دار عملکرد دانه گیاه سیاه‌دانه شد که این امر می‌تواند به سبب تأمین بهتر عناصر کم‌مصرف و پرمصرف موردنیاز گیاه باشد (رضوانی‌مقدم و همکاران، ۱۳۹۳).

استفاده از کودها و تقویت عناصر غذایی خاک می‌تواند به اشکال مختلفی نظیر کاربرد خاک مصرف و محلول‌پاشی صورت پذیرد. گزارش شده است که کاربرد خاکی یا محلول‌پاشی کود آلی که محتوی اسیدهای آمینه است، به‌علت تقویت شرایط فیزیکی و شیمیایی خاک و تأمین عناصر غذایی موردنیاز گیاه، سبب افزایش اجزای عملکرد گندم شد (زاهدی‌فر و همکاران، ۱۴۰۲). هم‌چنین محلول‌پاشی عصاره کودهای آلی سبب افزایش وزن خشک، درصد و عملکرد اسانس گیاه بادرشبویه شد (آقایی اوخچلار و همکاران، ۱۳۹۹).

گزارش شده است که کاربرد کود دامی سبب افزایش عملکرد دانه و میزان و عملکرد روغن دانه در آفتابگردان شد (جامی و همکاران، ۱۳۹۸). کود آلی و ترکیبات هیومیکی موجود در فولویک‌اسید باعث افزایش درصد روغن دانه کدو تخم‌کاغذی شد و ترکیبات هیومیکی به‌دلیل خصوصیات مطلوبی که دارند باعث افزایش این صفت شدند و تیمارهای کود آلی که عملکرد دانه بیش‌تری را حاصل نمودند دارای درصد روغن دانه بیش‌تری نیز بودند که این امر نشان‌دهنده آن است که با بهبود شرایط رشد، درصد روغن نیز افزایش یافت (محمدی و همکاران، ۱۳۹۹).

استفاده از کود آلی و محلول‌پاشی اسیدهای آمینه سبب افزایش جذب نیتروژن از خاک توسط ریشه‌های گیاه جو شد (حسینی و امیری، ۱۳۹۵). ترکیبات آلی ممکن است یک منبع کربنی داشته باشند که در صورت قرارگیری در خاک، سبب تحریک و افزایش فعالیت میکروبی شده و تا حدودی معدنی‌شدن کربن و نیتروژن را افزایش دهند (مرادی و همکاران، ۱۳۹۸). درحالی‌که مقدار مطلوب کربن آلی خاک‌ها برای دستیابی به تولید پایدار باید بین ۳-۲ درصد باشد. با این‌حال، در بیش از ۶۲ درصد از اراضی کشاورزی ایران میزان کربن آلی کم‌تر از یک درصد است. با افزایش هر یک درصد کربن آلی خاک، میزان افزایش تولید در کشورهای در حال توسعه می‌تواند ۵۰-۳۰ میلیون تن در سال افزایش یابد (سرلکی و همکاران، ۱۴۰۱).

۳. روش‌شناسی پژوهش

این پژوهش در سال زراعی ۹۸-۱۳۹۷ در مزرعه تحقیقاتی پردیس ابوریحان دانشگاه تهران با عرض جغرافیایی ۳۳/۲۸ درجه شمالی و طول جغرافیایی ۵۱/۴۴ درجه شرقی واقع در ۲۵ کیلومتری جنوب‌شرق تهران به اجرا درآمد. ارتفاع محل

انجام آزمایش از سطح دریا ۱۱۸۰ متر و میانگین بارندگی سالیانه در این منطقه حدوداً ۱۷۰ میلی‌متر است. حداکثر و حداقل دمای مطلق منطقه مورد آزمایش طبق آمار ۲۵ ساله سازمان هواشناسی به ترتیب ۴۴ و ۱۴- درجه سانتی‌گراد است. براساس تقسیم‌بندی دومارتن اقلیم آن از نوع خشک می‌باشد. پیش از کاشت به منظور تعیین ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه، از نقاط مختلف زمین (پنج نقطه) و از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری خاک به طور تصادفی نمونه‌برداری انجام شد. نتایج تجزیه خاک در جدول (۱) درج شده است.

جدول ۱. برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل انجام آزمایش (عمق ۰-۳۰ سانتی‌متری)

بافت خاک	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر)	اسیدیتنه	وزن مخصوص حقیقی (گرم بر سانتی‌مترمربع)	شن (درصد)	سیلت (درصد)	ریس (درصد)	کربن آلی (درصد)	پتاسیم (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	فسفر (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	نیترژن کل (درصد)
سیلت لومی	۲/۷۱	۷/۷	۲/۶۵	۳۱/۹	۴۳/۷	۲۴/۳	۴/۲	۲۹۷	۱۱/۲	۰/۰۹

این آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح آزمایشی بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد. ترکیب سطوح فاکتوریل به صورت عامل کود گرانول خاک‌مصرف نوآ جی آر (شرکت Biolchim) (کود مغذی ۱) در دو سطح کاربرد و عدم کاربرد، عامل محلول‌پاشی کود لاکر (شرکت Biolchim) (کود مغذی ۲) در دو سطح کاربرد و عدم کاربرد (محلول‌پاشی با آب مقطر) و عامل محلول‌پاشی کود شیفت (شرکت Biolchim) (کود مغذی ۳) در سه سطح محلول‌پاشی به میزان ۱ و ۲ لیتر در هکتار و عدم کاربرد (محلول‌پاشی با آب مقطر) بود. مشخصات کودهای مصرفی به تفکیک در جدول‌های (۲)، (۳) و (۴) درج شده است.

جدول ۲. ترکیبات شیمیایی کود گرانول خاک مصرف نوآ جی آر (کود مغذی ۱)

کربن آلی با منشأ زیستی (درصد)	هیومیک‌اسید (درصد)	فولویک‌اسید (درصد)	اکسید پتاسیم (درصد)	گلاسیسین بتائین (درصد)
۲۱	۲۰	۳۱	۵	۰/۶

جدول ۳. ترکیبات شیمیایی کود مایع لاکر (کود مغذی ۲)

نیترژن کل (درصد)	نیترژن آلی (درصد)	نیترژن اورهای (درصد)	اکسید فسفر (درصد)	اکسید پتاسیم (درصد)	اکسید منیزیم (درصد)	کربن آلی با منشأ زیستی (درصد)	چگالی (کیلوگرم بر لیتر)
۲	۰/۳	۱/۷	۱۰	۶	۵	۳	۱/۴۵

جدول ۴. ترکیبات شیمیایی کود مایع شیفت (کود مغذی ۳)

نیترژن کل (درصد)	نیترژن آلی (درصد)	نیترژن آمونیاکی (درصد)	نیترژن اورهای (درصد)	پنتا اکسید فسفر (درصد)	بور (درصد)	کلات منگنز (درصد)	کلات روی (درصد)	کلات مس (درصد)	کربن آلی با منشأ زیستی (درصد)	چگالی (کیلوگرم بر لیتر)	اسیدیتنه
۶/۵	۱	۵	۱	۱۲	۱	۱	۱/۵	۰/۵	۳	۱/۳	۷/۱

پس از انجام عملیات آماده‌سازی زمین، کشت به‌صورت جوی و پشته در کرت‌هایی به ابعاد $2 \times 1/5$ متر که هر کرت دارای دو پشته و روی هر پشته چهار ردیف کشت وجود داشت، انجام گردید. فاصله هر ردیف کشت روی پشته ۱۹ سانتی‌متر، فاصله هر بوته روی ردیف کشت یک سانتی‌متر، فاصله هر پشته ۵۰ سانتی‌متر و بین هر تکرار ۸۰ سانتی‌متر فاصله منظور گردید. بذور از مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج، تهیه شدند و رقم مورد استفاده، رقم سمیرم بود. کشت بذر به‌صورت دستی در اواسط اسفندماه ۱۳۹۷ انجام شد. همزمان با کاشت کود خاک‌مصرف نیز در شیاری به عمق ۴ الی ۵ سانتی‌متر که روی پشته بین دو ردیف کشت باز شده بود ریخته و روی آن با خاک پوشانده شد. سپس اولین آبیاری پس از کشت و آبیاری‌های بعدی به فاصله پنج الی هفت روز یک‌بار براساس شرایط جوی تا دو هفته قبل از برداشت انجام شد. پس از سبزشدن (۴۶ روز پس از کاشت) با در نظر گرفتن فاصله دو سانتی‌متر روی ردیف اقدام به تنک کردن شد. هم‌چنین عملیات وجین علف‌های هرز نیز با توجه به نیاز مزرعه انجام شد. همزمان با شروع گلدهی، اعمال کودهای آلی مایع به‌صورت محلول‌پاشی برگ‌ی آغاز شد. مقادیر مصرفی برای کود مغذی خاک‌مصرف ۱، به میزان ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار، برای محلول‌پاشی کود مغذی ۲ به میزان ۲ لیتر در هکتار و برای محلول‌پاشی کود مغذی ۳ برابر با مقادیر ۱ و ۲ لیتر در هکتار بود. برداشت در تاریخ ۲۰ تیرماه ۱۳۹۸ انجام گردید.

در پایان فصل رشد و پس از رسیدگی کامل گیاه، تعداد سه بوته از هر کرت انتخاب و اجزای عملکرد شامل وزن بوته، تعداد شاخه‌های فرعی، تعداد کپسول، تعداد دانه در کپسول، وزن کپسول و وزن هزاردانه اندازه‌گیری شد. برای تعیین عملکرد سیاهدانه، از هر کرت آزمایشی به مساحت یک مترمربع برداشت شد. عملکرد بیولوژیک از طریق وزن خشک کل اندام هوایی که به‌منظور تعیین عملکرد نهایی برداشت شده بود، مشخص گردید. پس از جدا کردن دانه‌های سیاهدانه از داخل کپسول و الک کردن، عملکرد دانه اندازه‌گیری شد. پس از برداشت، وزن بوته‌ها اندازه‌گیری شد و نمونه‌هایی از آن‌ها انتخاب و به‌مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد خشک گردید. وزن خشک به‌دست‌آمده به‌عنوان عملکرد بیولوژیک در نظر گرفته شد. درصد شاخص برداشت نیز از تقسیم عملکرد دانه بر عملکرد بیولوژیک و ضرب در ۱۰۰، محاسبه گردید.

جهت اندازه‌گیری درصد روغن دانه ابتدا ۱۰ گرم از بذره‌های هر پلات آزمایشی آسیاب شده و به‌همراه ماده شیمیایی آن‌هگزان با استفاده از دستگاه سوکسله، روغن دانه‌های هر پلات آزمایشی به‌صورت جداگانه استخراج شد (ودائی و اعرابی، ۱۴۰۰).

پس از عملیات برداشت، از خاک مربوط به هر کرت متعلق به هر تیمار آزمایشی نمونه‌برداری شد و سپس از الک ۱ میلی‌متری عبور داده شد و مقدار موردنیاز از آن جداسازی و در آون ۷۰ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۴۸ ساعت قرار داده شد. پس از آن از هر نمونه ۰/۵ گرم وزن کرده و با روش آنالیز عنصری، مقادیر عناصر کربن، هیدروژن و نیتروژن موجود در نمونه خاک اندازه‌گیری گردید. مقادیر عناصر با دستگاه آنالیز عنصری CHNSO (مدل EA1112، کشور ایتالیا) اندازه‌گیری شد.

داده‌ها توسط نرم‌افزار SAS (نسخه ۹/۱) مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. جهت مقایسه میانگین، از آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال ۵ درصد استفاده شد و در صورت معنی‌دار بودن اثر متقابل، برش‌دهی انجام شد و مقایسه میانگین‌ها توسط دستور Ismeans صورت پذیرفت. نمودارها با استفاده از نرم‌افزار اکسل^۲ رسم شدند.

1. Least Significant Difference
2. Excel

۴. یافته‌های پژوهش

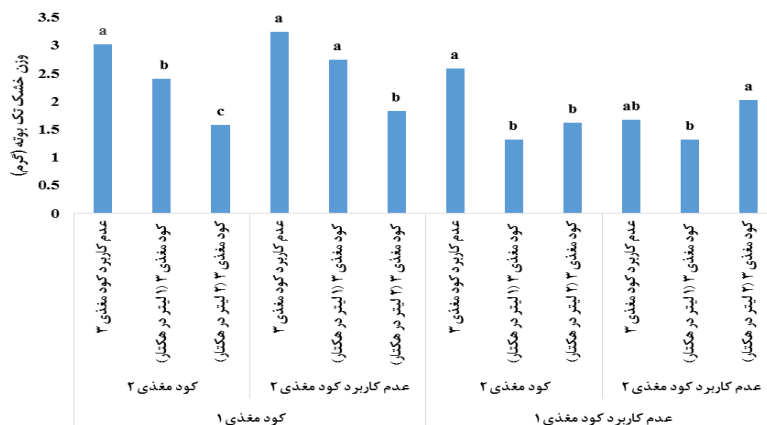
۴.۱. وزن خشک تک بوته

نتایج نشان داد که اثر کاربرد کود مغذی خاک مصرف ۱ و اثر کاربرد کود مغذی ۳ بر وزن خشک تک بوته در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بودند. اثر متقابل دوگانه کود مغذی خاک مصرف ۱ و کود مغذی ۳ در سطح احتمال یک درصد اختلاف معنی‌داری ایجاد نمود و اثر متقابل سه گانه نیز در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۵). مقایسه میانگین نشان داد که در هر سطح کاربرد و یا عدم کاربرد کود مغذی ۱ و کود مغذی ۲، عدم استفاده از کود مغذی ۳ سبب حصول بیش‌ترین وزن خشک بوته شد. تنها در صورت عدم کاربرد همزمان کود مغذی خاک مصرف ۱ و کود مغذی ۲، تیمار کاربرد کود مغذی ۳ در سطح دو لیتر در هکتار نیز مانند تیمار عدم کاربرد کود مغذی ۳، در مقایسه با تیمار کاربرد کود مغذی ۳ در مقدار یک لیتر در هکتار، سبب حصول بیش‌ترین وزن خشک بوته شد (شکل ۱).

جدول ۵. تجزیه واریانس عملکرد و اجزای عملکرد گیاه سیاهدانه تحت تأثیر سطوح مختلف کودهای آلی

منابع تغییرات	درجه آزادی	وزن خشک تک بوته	شاخه جانبی	تعداد کپسول	تعداد دانه در کپسول	وزن کپسول	وزن دانه در بوته	وزن هزار دانه	عملکرد دانه	شاخص برداشت
بلوک	۲	۰/۰۸۱۱	۶/۳۹۲	۸/۱۶۸	۷۸/۱۸۰	۰/۰۰۰۴	۰/۰۰۱۵	۰/۰۵۹	۲۴۷۷۵/۰	۴/۴
کود مغذی ۱ (a)	۱	۳/۳۱۳**	۲۴۸/۰۶۳**	۵/۹۷۸ns	۹۱/۸۴*	۰/۰۰۰۱ns	۰/۰۰۷۳**	۰/۲۰۴ns	۱۵۶۲۵/۰ns	۳۱۳/۲**
کود مغذی ۲ (b)	۱	۰/۰۲۹ns	۱۱/۲۸۹ns	۱۳/۰۹۸۸**	۰/۰۴۶ns	۰/۰۰۰۳ns	۰/۰۱۱ns	۰/۲۴۵ns	۱۰۳۴۶۹/۴**	۲۳/۱*
کود مغذی ۳ (c)	۲	۳/۲۶۴**	۳۶۷/۵۷۰**	۲۷۱/۳۳۳**	۳۹۷/۳۳۸**	۰/۰۰۱۹**	۰/۰۰۷**	۰/۰۹۲ns	۱۷۷۵۸/۳ns	۱۷۱/۰**
a×b	۱	۰/۱۱۷ns	۵/۰۶۲ns	۲۰/۷۴۸ns	۵۴/۰۲۲ns	۰/۰۰۰۷ns	۰/۰۰۲۷ns	۰/۰۱۶ns	۳۱۷۰۲/۷ns	۱۱/۳ns
a×c	۲	۲/۵۱۶**	۶۸/۶۸۷**	۹۴/۸۴۳**	۹۰/۱۲۶*	۰/۰۰۰۶ns	۰/۰۱۲۸**	۰/۳۱۰*	۱۸۷۷۵/۰ns	۷/۲ns
b×c	۲	۰/۲۰۸ns	۱۲/۷۲۵ns	۱۰۷/۴۵۸**	۹/۹۸۰ns	۰/۰۰۰۰۶ns	۰/۰۰۵۳**	۰/۱۴۰ns	۳۰۰۵۲/۸*	۳۳۱/۷**
a×b×c	۲	۰/۷۰۰*	۷۹/۷۷۰**	۱۶۲/۰۴۵**	۱۴۶/۸۰۷**	۰/۰۰۰۲۸**	۰/۰۲۲۶**	۰/۰۸۹ns	۲۹۴۶۹/۴*	۱۲/۱ns
خطا	۲۲	۰/۱۲۷	۶/۷۷۲	۵/۳۸۲	۲۰/۹۰۳	۰/۰۰۰۲	۰/۰۰۰۶	۰/۰۸۰	۷۴۴۱/۶	۵/۱
ضریب تغییرات (درصد)		۱۷/۴	۱۶/۱	۱۵/۹	۱۲/۱	۱۸/۳	۲۰/۱	۱۹/۴	۱۲/۱	۱۰/۰

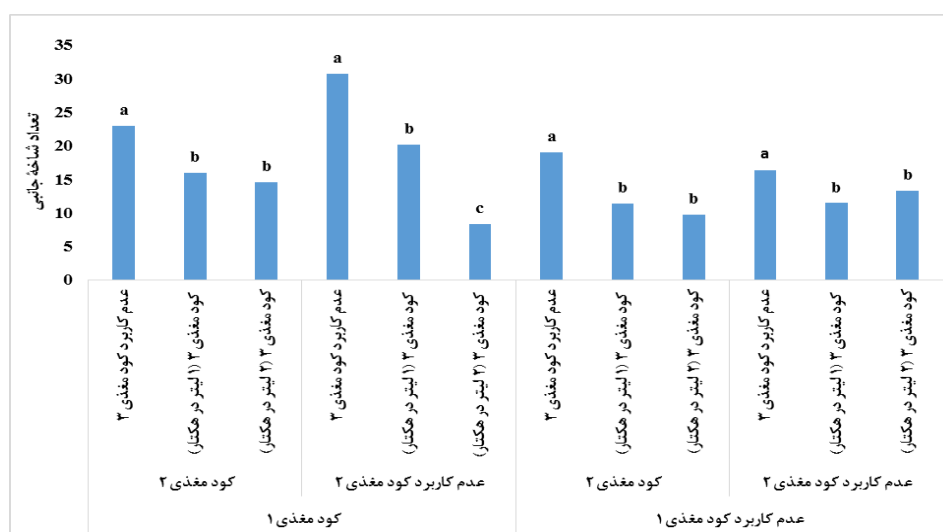
**، * و ns معنی‌دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد و بدون اختلاف معنی‌دار.



شکل ۱. مقایسه میانگین اثر متقابل کود مغذی خاک مصرف ۱، کود مغذی ۲ و کود مغذی ۳ بر وزن خشک تک بوته گیاه سیاهدانه. در هر سطح کود مغذی ۱ و کود مغذی ۲، میانگین‌هایی با حداقل یک حرف مشترک در هر ستون، براساس برش‌دهی از دستور LSMEANS در سطح احتمال پنج درصد فاقد اختلاف معنی‌دار می‌باشند.

۲.۴. تعداد شاخه‌های جانبی

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تعداد شاخه‌های جانبی گیاه سیاه‌دانه در سطح احتمال یک درصد تحت تأثیر تیمار کود مغذی خاک مصرف ۱ و تیمار کود مغذی ۳ قرار گرفت و همچنین اثر متقابل دوگانه تیمار کود مغذی ۱ و کود مغذی ۳ و اثر متقابل سه‌گانه نیز بر این صفت در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۵). مقایسه میانگین نشان داد که در هر سطح کاربرد و یا عدم کاربرد کودهای مغذی ۱ و کود مغذی ۲، تیمار عدم استفاده از کود مغذی ۳ در مقایسه با تیمارهای محلول‌پاشی کود مغذی ۳، به‌طور معنی‌داری دارای تعداد شاخه‌های جانبی بیش‌تری بود (شکل ۲).



شکل ۲. مقایسه میانگین اثر متقابل کود مغذی خاک مصرف ۱، کود مغذی ۲ و کود مغذی ۳ بر تعداد شاخه‌های جانبی گیاه سیاه‌دانه.

در هر سطح کود مغذی ۱ و کود مغذی ۲، میانگین‌هایی با حداقل یک حرف مشترک در هر ستون، براساس برش‌دهی از دستور LSMEANS در سطح احتمال پنج درصد فاقد اختلاف معنی‌دار می‌باشند.

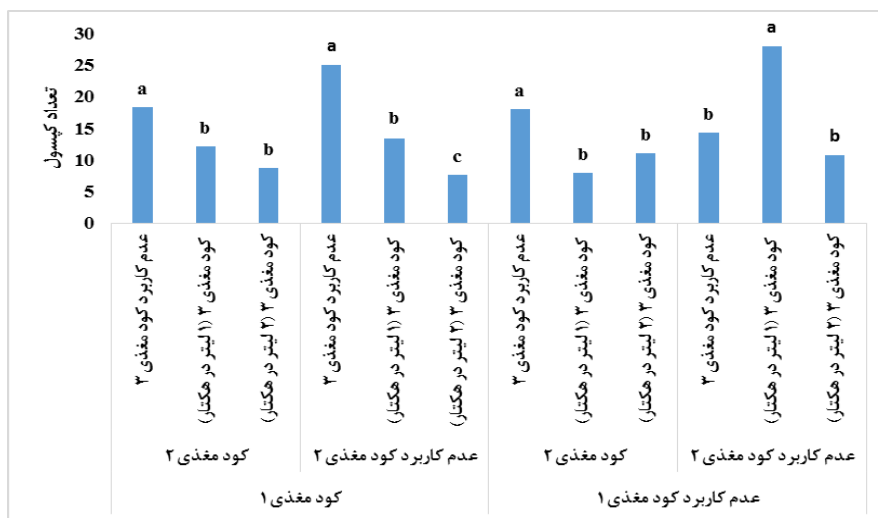
۳.۴. تعداد کپسول

اثر کود مغذی ۲، اثر کود مغذی ۳، اثر متقابل دوگانه کود مغذی خاک مصرف ۱ و کود مغذی ۳، اثر متقابل دوگانه کود مغذی ۲ و کود مغذی ۳ و اثر متقابل سه‌گانه بر تعداد کپسول در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۵). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که در هر سطح کاربرد و یا عدم کاربرد کودهای مغذی ۱ و کود مغذی ۲، عدم استفاده از کود مغذی ۳ سبب حصول بیش‌ترین تعداد کپسول شد. تنها در صورت عدم کاربرد همزمان کود مغذی خاک مصرف ۱ و کود مغذی ۲، تیمار کاربرد کود مغذی ۳ در سطح یک لیتر در هکتار در مقایسه با دو تیمار دیگر عدم کاربرد و کاربرد کود مغذی ۳ به مقدار دو لیتر در هکتار، سبب حصول تعداد کپسول بیش‌تری شد که برابر با ۲۸ کپسول در بوته بود (شکل ۳).

۴.۴. تعداد دانه در کپسول

اثر کود مغذی خاک مصرف ۱ در سطح پنج درصد، اثر کود مغذی ۳ در سطح یک درصد، اثر متقابل دوگانه کود مغذی ۱ و کود مغذی ۳ در سطح ۵ درصد و اثر متقابل سه‌گانه کودها در سطح یک درصد بر تعداد دانه در کپسول سیاه‌دانه معنی‌دار شد (جدول ۵). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که در هر سطح کاربرد و یا عدم کاربرد کودهای مغذی خاک مصرف ۱ و کود مغذی ۲، کاربرد کود مغذی ۳ به مقدار یک لیتر در هکتار نسبت به دو تیمار دیگر کود مغذی ۳ سبب حصول

تعداد دانه در کپسول بیش‌تری شد. تنها در صورت عدم کاربرد کود مغذی خاک مصرف ۱ و عدم محلول‌پاشی کود مغذی ۲، تفاوتی بین مقادیر این صفت در سه تیمار مربوط به کود مغذی ۳ وجود نداشت (شکل ۴).



شکل ۴. مقایسه میانگین اثر متقابل کود مغذی خاک مصرف ۱، کود مغذی ۲ و کود مغذی ۳ بر تعداد کپسول گیاه سیاه‌دانه. در هر سطح کود مغذی ۱ و کود مغذی ۲، میانگین‌هایی با حداقل یک حرف مشترک در هر ستون، براساس برش‌دهی از دستور LSMEANS در سطح احتمال پنج درصد فاقد اختلاف معنی‌دار می‌باشند.

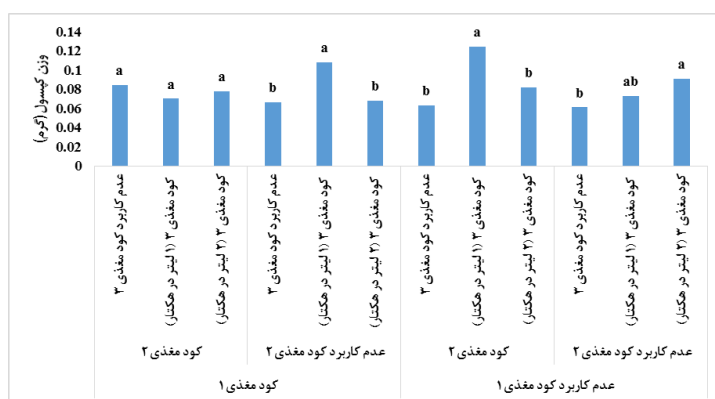


شکل ۵. مقایسه میانگین اثر متقابل کود مغذی خاک مصرف ۱، کود مغذی ۲ و کود مغذی ۳ بر تعداد دانه در کپسول گیاه سیاه‌دانه. در هر سطح کود مغذی ۱ و کود مغذی ۲، میانگین‌هایی با حداقل یک حرف مشترک در هر ستون، براساس برش‌دهی از دستور LSMEANS در سطح احتمال پنج درصد فاقد اختلاف معنی‌دار می‌باشند.

۵.۴. وزن کپسول

اثر کود مغذی ۳ و اثر متقابل سه‌گانه کودها بر وزن کپسول در سطح یک درصد معنی‌دار بودند (جدول ۵). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد در شرایط مصرف کود مغذی خاک مصرف ۱ و محلول‌پاشی کود مغذی ۲، تفاوتی در سطوح مربوط به کود مغذی ۳ در رابطه با این صفت مشاهده نشد. اما در سطح کاربرد کود مغذی خاک مصرف ۱ و عدم

محلول پاشی کود مغذی ۲ و در سطح عدم کاربرد کود مغذی خاک مصرف ۱ و محلول پاشی کود مغذی ۲، بیشترین مقدار این صفت مربوط به کاربرد کود مغذی ۳ به مقدار یک لیتر در هکتار بود و به ترتیب با ۰/۱۰ و ۰/۱۲ گرم برابر بودند. در سطح عدم کاربرد کود مغذی خاک مصرف ۱ و عدم محلول پاشی کود مغذی ۲ نیز، وزن کپسول در تیمار عدم کاربرد کود مغذی ۳ کمترین مقدار (۰/۶ گرم) بود (شکل ۵).

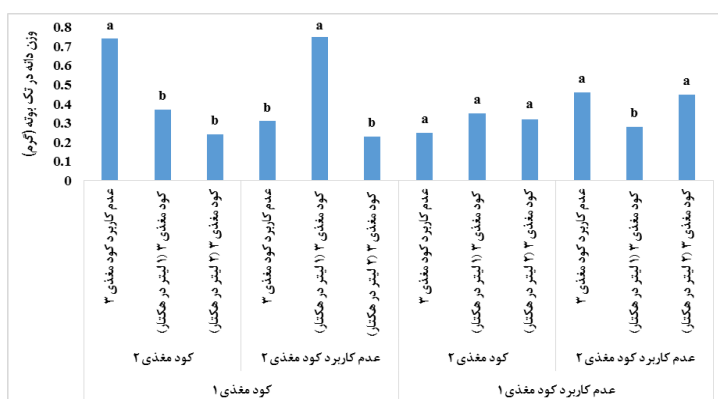


شکل ۵. مقایسه میانگین اثر متقابل کود مغذی خاک مصرف ۱، کود مغذی ۲ و کود مغذی ۳ بر وزن کپسول گیاه سیاه دانه.

در هر سطح کود مغذی ۱ و کود مغذی ۲، میانگین‌هایی با حداقل یک حرف مشترک در هر ستون، براساس برش‌دهی از دستور LSMEANS در سطح احتمال پنج درصد فاقد اختلاف معنی‌دار می‌باشند.

۴.۶. وزن دانه در بوته

نتایج نشان داد اثر کود مغذی خاک مصرف ۱، اثر کود مغذی ۳، اثر متقابل دوگانه کود مغذی خاک مصرف ۱ و کود مغذی ۳، اثر متقابل دوگانه کود مغذی ۳ و کود مغذی ۲ و هم‌چنین اثر متقابل سه‌گانه، همگی در سطح یک درصد بر وزن دانه در بوته معنی‌دار بودند (جدول ۵). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بیشترین مقادیر این صفت مربوط به تیمار محلول پاشی کود مغذی ۲ و عدم کاربرد کود مغذی ۳ و تیمار عدم محلول پاشی کود مغذی ۲ و کاربرد کود مغذی ۳ به مقدار یک لیتر در هکتار در شرایط استفاده از کود مغذی ۱ بود که به ترتیب با ۰/۷۴ و ۰/۷۵ گرم برابر بودند (شکل ۶).

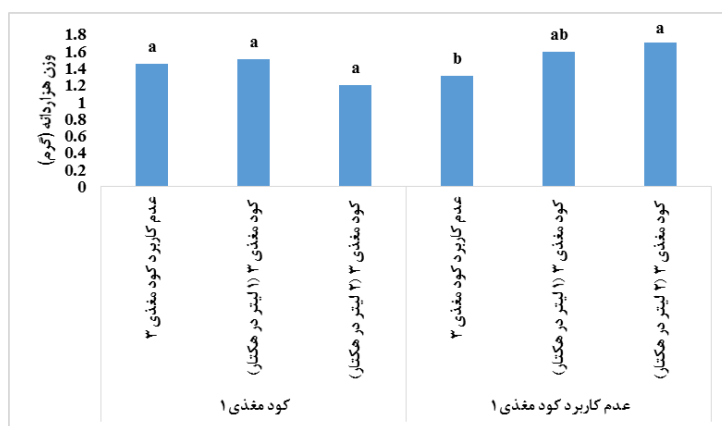


شکل ۶. مقایسه میانگین اثر متقابل کود مغذی خاک مصرف ۱، کود مغذی ۲ و کود مغذی ۳ بر وزن دانه در بوته گیاه سیاه دانه.

در هر سطح کود مغذی ۱ و کود مغذی ۲، میانگین‌هایی با حداقل یک حرف مشترک در هر ستون، براساس برش‌دهی از دستور LSMEANS در سطح احتمال پنج درصد فاقد اختلاف معنی‌دار می‌باشند.

۷.۴. وزن هزاردانه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر متقابل کود مغذی خاک مصرف ۱ و کود مغذی ۳ در سطح پنج درصد بر وزن هزاردانه معنی دار بود (جدول ۵). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که در صورت کاربرد کود مغذی خاک مصرف ۱، تفاوتی بین سطوح مختلف کود مغذی ۳ در رابطه با وزن هزاردانه وجود نداشت. اما در صورت عدم کاربرد کود مغذی خاک مصرف ۱، عدم استفاده از کود مغذی ۳ نسبت به دو سطح دیگر کاربرد کود مغذی ۳، سبب کاهش معنی داری در وزن هزاردانه شد و مقدار آن برابر با ۱/۳۱ گرم بود (شکل ۷).



شکل ۷. مقایسه میانگین اثر متقابل کود مغذی خاک مصرف ۱ و کود مغذی ۳ بر وزن هزار دانه گیاه سیاه دانه.

در هر سطح کود مغذی ۱، میانگین‌هایی با حداقل یک حرف مشترک در هر ستون، براساس برش‌دهی از دستور LSMEANS در سطح احتمال پنج درصد فاقد اختلاف معنی دار می‌باشند.

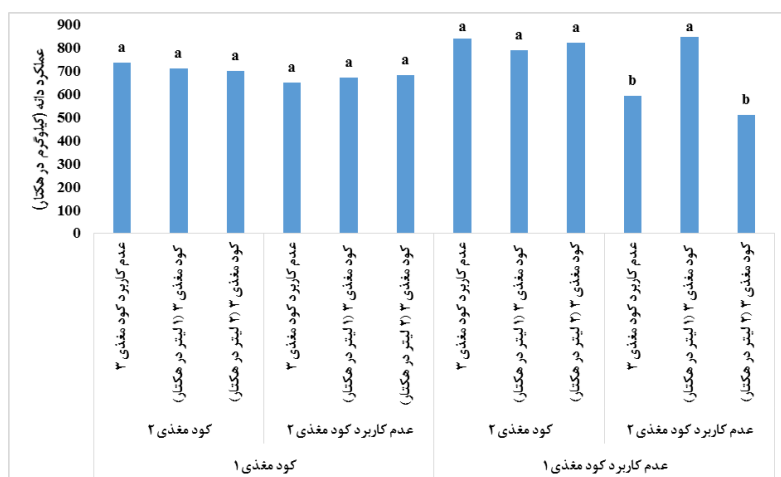
۸.۴. عملکرد دانه

اثر کود مغذی ۲ بر عملکرد دانه در سطح احتمال یک درصد معنی دار شد و اثر متقابل دوگانه کود مغذی ۲ و کود مغذی ۳ و اثر متقابل سه‌گانه در سطح ۵ درصد بر عملکرد دانه معنی دار شدند (جدول ۵). نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که در شرایط کاربرد کود مغذی خاک مصرف ۱ در هر دو حالت کاربرد و عدم کاربرد کود مغذی ۲، تفاوت معنی داری بین سطوح کود مغذی ۳ در رابطه با این صفت وجود نداشت. همچنین تفاوت معنی داری بین سطوح کود مغذی ۳ در صورت کاربرد کود مغذی ۲ و عدم استفاده از کود مغذی خاک مصرف ۱ مشاهده نشد. اما در شرایط عدم کاربرد کود مغذی خاک مصرف ۱ و عدم محلول‌پاشی کود مغذی ۲، بیش‌ترین مقدار این صفت با کاربرد کود مغذی ۳ با مقدار یک لیتر در هکتار حاصل شد و برابر با ۸۴۶/۶۶ کیلوگرم در هکتار بود (شکل ۸).

۹.۴. شاخص برداشت

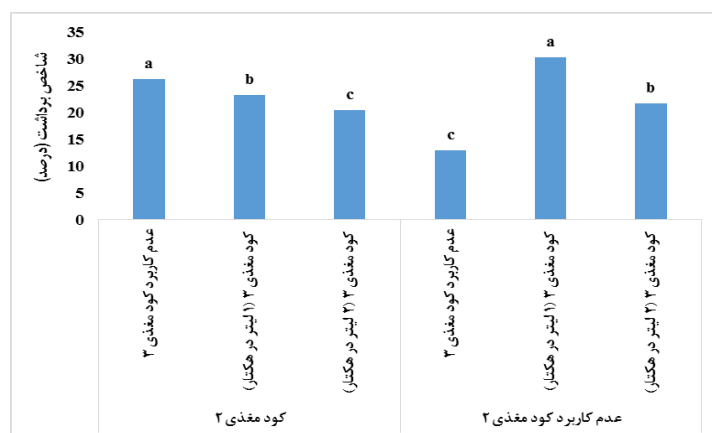
نتایج نشان داد که اثر کود مغذی خاک مصرف ۱ و اثر کود مغذی ۳ در سطح احتمال یک درصد بر شاخص برداشت معنی دار بودند و کود مغذی ۲ در سطح احتمال ۵ درصد بر شاخص برداشت اثر معنی داری داشت. همچنین اثر متقابل دوگانه کود مغذی ۲ و کود مغذی ۳ در سطح احتمال یک درصد بر این صفت معنی دار بود (جدول ۵). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که در صورت محلول‌پاشی کود مغذی ۲، عدم کاربرد کود مغذی ۳ سبب حصول بیش‌ترین مقدار شاخص برداشت (۲۶/۲۶ درصد) نسبت به دو تیمار دیگر کاربرد کود مغذی ۳ شد. اما در شرایط عدم محلول‌پاشی کود

مغذی ۲، کاربرد کود مغذی ۳ به مقدار یک لیتر در هکتار سبب حصول بیشترین مقدار شاخص برداشت (۳۰/۳۳ درصد) نسبت به دو تیمار دیگر کود مغذی ۳ شد (شکل ۹).



شکل ۸. مقایسه میانگین اثر متقابل کود مغذی خاک‌مصرف ۱، کود مغذی ۲ و کود مغذی ۳ بر عملکرد دانه گیاه سیاه‌دانه.

در هر سطح کود مغذی ۱ و کود مغذی ۲، میانگین‌هایی با حداقل یک حرف مشترک در هر ستون، براساس برش‌دهی از دستور LSMEANS در سطح احتمال پنج درصد فاقد اختلاف معنی‌دار می‌باشند.



شکل ۹. مقایسه میانگین اثر متقابل کود مغذی ۲ و کود مغذی ۳ بر شاخص برداشت گیاه سیاه‌دانه.

در هر سطح کود مغذی ۲، میانگین‌هایی با حداقل یک حرف مشترک در هر ستون، براساس برش‌دهی از دستور LSMEANS در سطح احتمال پنج درصد فاقد اختلاف معنی‌دار می‌باشند.

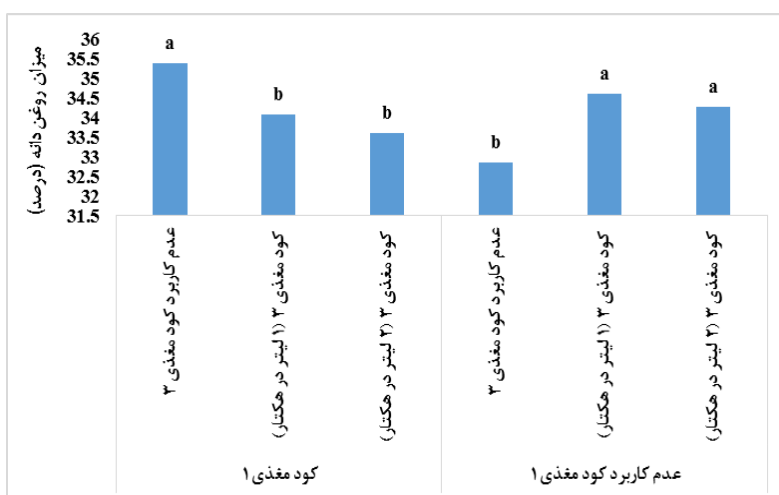
۱۰.۴ درصد روغن دانه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که فقط اثر متقابل دوگانه کود مغذی خاک‌مصرف ۱ و کود مغذی ۳ بر درصد روغن دانه در سطح پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۶). مقایسه میانگین‌ها داده‌ها نشان داد که در صورت کاربرد کود مغذی ۱، عدم کاربرد کود مغذی ۳ سبب حصول بیشترین درصد روغن دانه (۳۵/۳۹ درصد) شد. اما عدم کاربرد کود مغذی ۳ در مقایسه با دو تیمار دیگر کاربرد کود مغذی ۳ در شرایط عدم کاربرد کود مغذی خاک‌مصرف ۱ سبب کاهش معنی‌داری در درصد روغن دانه شد که برابر با ۳۲/۸۵ درصد بود (شکل ۱۰).

جدول ۶. تجزیه واریانس درصد روغن دانه گیاه سیاه‌دانه و میزان برخی از عناصر خاک تحت تأثیر سطوح مختلف کودهای آلی

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات		
		درصد روغن دانه	نیترژن خاک	کربن خاک
بلوک	۲	۲/۳۶۸	۰/۰۰۰۸	۰/۸۳۳۳
کود مغذی ۱ (a)	۱	۱/۸۷۶ns	۰/۰۰۵۱**	۰/۵۵۲۵ns
کود مغذی ۲ (b)	۱	۲/۴۴۷ns	۰/۰۰۳۴**	۰/۱۰۶۷ns
کود مغذی ۳ (c)	۲	۰/۵۱۱ns	۰/۰۰۳۶**	۳/۱۷۵**
axb	۱	۹/۳۴۰ns	۰/۰۰۱۴*	۰/۴۴۴۴ns
axc	۲	۹/۷۵۰*	۰/۰۰۴۷**	۳/۱۰۵**
bxc	۲	۰/۷۷۵ns	۰/۰۰۴۸**	۲/۲۳۳*
axbxc	۲	۳/۸۹۱ns	۰/۰۰۰۲ns	۰/۳۰۸۴ns
خطا	۲۲	۲/۱۸۱	۰/۰۰۰۲	۰/۴۲۳۱
ضریب تغییرات (درصد)		۴/۳۲۶	۹/۷۲۲	۲۰/۷۸۶

***، ** و ns: معنی‌دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد و بدون اختلاف معنی‌دار.

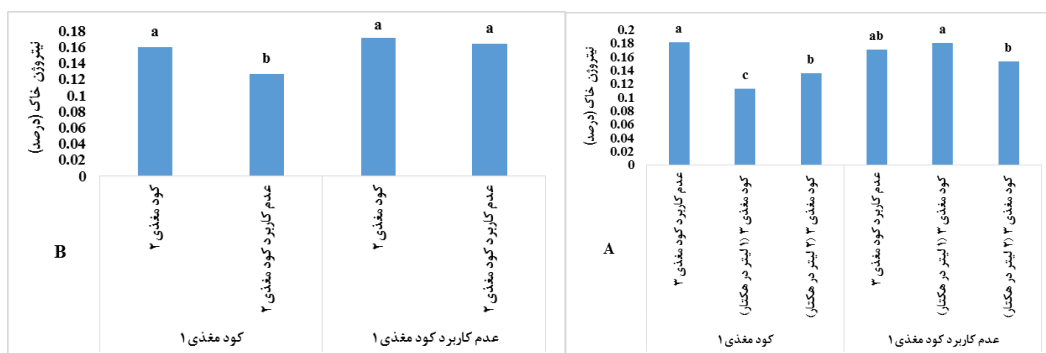


شکل ۱۰. مقایسه میانگین اثر متقابل کود مغذی خاک‌مصرف ۱ و کود مغذی ۳ بر درصد روغن دانه گیاه سیاه‌دانه.

در هر سطح کود مغذی ۱، میانگین‌هایی با حداقل یک حرف مشترک در هر ستون، براساس برش‌دهی از دستور LSMEANS در سطح احتمال پنج درصد فاقد اختلاف معنی‌دار می‌باشند.

۱۱.۴. میزان نیترژن خاک

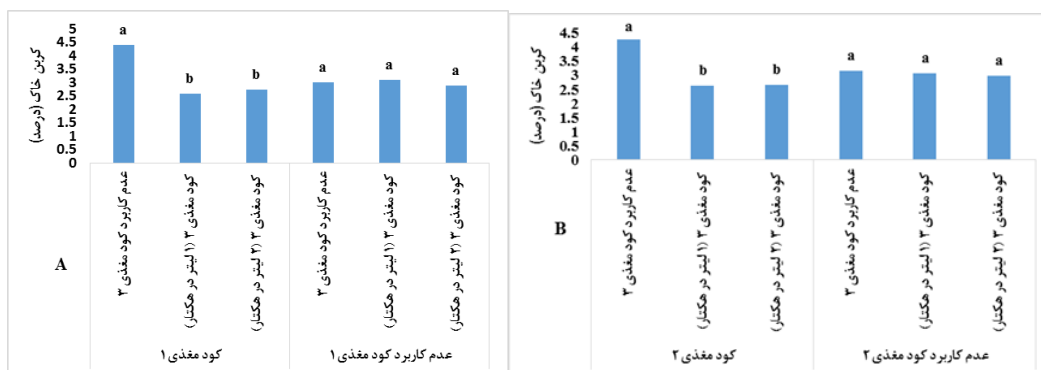
نتایج تجزیه واریانس حاکی از آن بود که اثر کود مغذی خاک‌مصرف ۱، اثر کود مغذی ۲ و اثر کود مغذی ۳ در سطح احتمال یک درصد و اثر متقابل دوگانه کود مغذی خاک‌مصرف ۱ و کود مغذی ۲ در سطح پنج درصد بر میزان نیترژن خاک معنی‌دار بودند. اثر متقابل دوگانه کود مغذی ۱ و کود مغذی ۳ و اثر متقابل دوگانه کود مغذی ۲ و کود مغذی ۳ نیز در سطح احتمال یک درصد بر درصد نیترژن موجود در خاک اثر معنی‌دار داشتند (جدول ۶). نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که در شرایط کاربرد کود مغذی ۱، عدم کاربرد کود مغذی ۳، نسبت به تیمارهای محلول‌پاشی با کود مغذی ۳ منجر به حصول مقدار بیش‌تری نیترژن خاک شد که برابر یا $0/18$ درصد بود (شکل A-۱۱). همچنین در شرایط استفاده از کود مغذی ۱ و عدم محلول‌پاشی کود مغذی ۲، کم‌ترین مقدار درصد نیترژن خاک ($0/13$ درصد) حاصل شد (شکل B-۱۱).



شکل ۱۱. مقایسه میانگین اثر متقابل کود مغذی خاک مصرف ۱ و کود مغذی ۳ (A) و اثر متقابل کود مغذی خاک مصرف ۱ و کود مغذی ۲ (B) بر درصد نیتروژن خاک. در هر سطح کود مغذی ۱، میانگین‌هایی با حداقل یک حرف مشترک در هر ستون، براساس برش‌دهی از دستور LSMEANS در سطح احتمال پنج درصد فاقد اختلاف معنی‌دار می‌باشند.

۱۲.۴. میزان کربن خاک

اثر کود مغذی ۳ در سطح یک درصد، اثر متقابل دوگانه کود مغذی خاک مصرف ۱ و کود مغذی ۳ در سطح یک درصد و اثر متقابل دوگانه کود مغذی ۲ و کود مغذی ۳ در سطح پنج درصد بر درصد کربن خاک معنی‌دار شدند (جدول ۶). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که در صورت کاربرد کود مغذی ۱، بیش‌ترین مقدار درصد کربن خاک از تیمار عدم مصرف کود مغذی ۳ حاصل شد که از سطوح مربوط به کود مغذی ۳ در شرایط عدم کاربرد کود مغذی خاک مصرف ۱ نیز بیش‌تر بود و برابر با ۴/۴۲ درصد بود (شکل A-۱۲). هم‌چنین در صورت محلول‌پاشی کود مغذی ۲، بیش‌ترین مقدار درصد کربن خاک (۴/۲۷ درصد) از تیمار عدم مصرف کود مغذی ۳ حاصل شد که از سطوح مربوط به کود مغذی ۳ در شرایط عدم محلول‌پاشی کود مغذی ۲ نیز بیش‌تر بود (شکل B-۱۲).

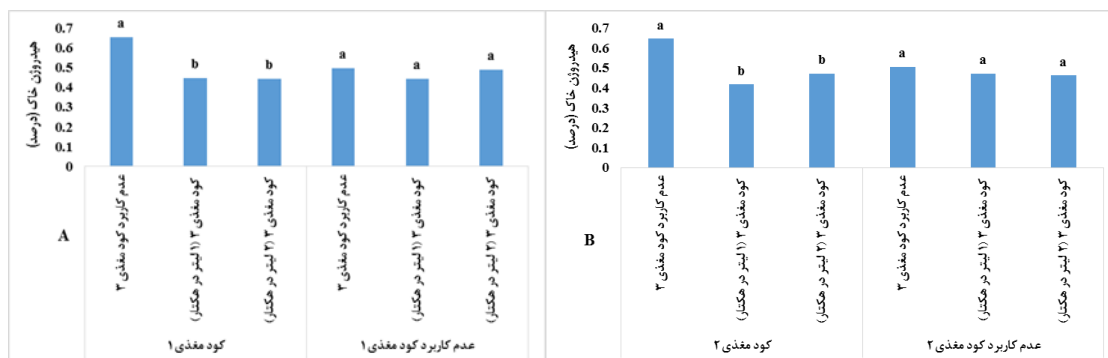


شکل ۱۲. مقایسه میانگین اثر متقابل کود مغذی خاک مصرف ۱ و کود مغذی ۳ (A) و اثر متقابل کود مغذی ۲ و کود مغذی ۳ (B) بر درصد کربن خاک. در هر سطح کود مغذی ۱ (A) و در هر سطح کود مغذی ۲ (B)، میانگین‌هایی با حداقل یک حرف مشترک در هر ستون، براساس برش‌دهی از دستور LSMEANS در سطح احتمال پنج درصد فاقد اختلاف معنی‌دار می‌باشند.

۱۳.۴. میزان هیدروژن خاک

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر کود مغذی ۳ و اثر متقابل دوگانه کود مغذی ۱ و کود مغذی ۳ در سطح یک درصد و اثر متقابل دوگانه کود مغذی ۲ و کود مغذی ۳ در سطح پنج درصد بر درصد هیدروژن خاک معنی‌دار شد (جدول ۶).

مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که در صورت کاربرد کود مغذی ۱، بیش‌ترین مقدار درصد هیدروژن خاک از تیمار عدم مصرف کود مغذی ۳ حاصل شد که از سطوح مربوط به کود مغذی ۳ در شرایط عدم کاربرد کود مغذی ۱ نیز بیش‌تر بود و برابر با ۰/۶۵ درصد بود (شکل A-۱۳). هم‌چنین با محلول‌پاشی کود مغذی ۲، بیش‌ترین مقدار درصد هیدروژن خاک (۰/۶۵ درصد) از تیمار عدم مصرف کود مغذی ۳ حاصل شد که از سطوح مربوط به کود مغذی ۳ در شرایط عدم محلول‌پاشی کود مغذی ۲ نیز بیش‌تر بود (شکل B-۱۳).



شکل ۱۳. مقایسه میانگین اثر متقابل کود مغذی خاک‌مصرف ۱ و کود مغذی ۳ (A) و اثر متقابل کود مغذی ۲ و کود مغذی ۳ (B) بر درصد هیدروژن خاک. در هر سطح کود مغذی ۱ (A) و در هر سطح کود مغذی ۲ (B)، میانگین‌هایی با حداقل یک حرف مشترک در هر ستون، براساس برش‌دهی از دستور LSMEANS در سطح احتمال پنج درصد فاقد اختلاف معنی‌دار می‌باشند.

۵. بحث

هر سطح کود مغذی ۲ و کود مغذی ۳، در شرایط استفاده از کود مغذی خاک‌مصرف ۱، نسبت به عدم کاربرد کود مغذی ۱، اغلب دارای مقادیر بیش‌تری از صفات وزن خشک بوته، تعداد شاخه‌های جانبی و تعداد دانه در کپسول در گیاه سیاهدانه بودند (شکل‌های ۱، ۲ و ۴). در ترکیبات کود مغذی خاک‌مصرف ۱، هیومیک‌اسید، فولویک‌اسید و گلايسين بتائين حضور دارند. گزارش شده است که افزایش جذب عناصر کم‌مصرف از خاک و انتقال آنها در گیاه، پس از افزودن ماده آلی به خاک، سبب رشد بهتر گیاه شد (زاهدی‌فر و همکاران، ۱۴۰۲). هیومیک‌اسید با تأثیر بر غشای سلول و رشد آن، بر افزایش ویژگی‌های رشدی گیاه تأثیر می‌گذارد (سرگزی و همکاران، ۱۴۰۲). تأثیر مثبت هیومیک‌اسید بر تعداد شاخه‌های فرعی را می‌توان به تحریک جوانه‌های جانبی و رشد شاخه‌های فرعی نسبت داد (آرمین و مصلحی، ۱۳۹۱). از مزایای مهم هیومیک‌اسید می‌توان به کلات‌کنندگی عناصر غذایی مختلف مانند سدیم، پتاسیم، منیزیم، روی، کلسیم، آهن، مس و سایر عناصر در جهت غلبه بر کمبود عناصر غذایی اشاره کرد. هم‌چنین به افزایش تبدیل عناصر به فرم‌های قابل دسترس برای گیاه و افزایش درصد نیتروژن خاک کمک می‌کند و گزارش شده است که کاربرد هیومیک‌اسید سبب افزایش عملکرد و اجزای عملکرد گیاه سیاهدانه شد (عزیزی و صفایی، ۱۳۹۵). کاربرد فولویک‌اسید و هیومیک‌اسید سبب افزایش صفات رشدی، عملکرد و اجزای عملکرد گیاه سیاهدانه شد (سهرابی و همکاران، ۱۴۰۰). گزارش شده است که کاربرد ترکیبی هیومیک‌اسید و اسیدهای آمینه سبب افزایش تعداد سنبله در واحد سطح، طول سنبله، تعداد سنبلچه در سنبله، تعداد دانه در سنبله، وزن دانه‌ها در سنبله و وزن هزاردانه در گندم شد. اسیدهای آمینه قابلیت تحرک مطلوبی در گیاه دارند و سبب تحریک بسیاری از مکانیسم‌های حیاتی گیاه می‌شوند و به‌عنوان یک محرک زیستی قادر به متعادل کردن عملکردهای تغذیه‌ای هستند (کندیل^۱ و همکاران، ۲۰۱۶).

در هر سطح از ترکیب کود مغذی ۱ و کود مغذی ۲، تیمار عدم کاربرد کود مغذی ۳ نسبت به تیمارهای استفاده از آن، اغلب مقدار وزن خشک بوته، تعداد شاخه‌های جانبی، تعداد کپسول بیش‌تری را حاصل نمود. تنها در صورتی که هیچ‌یک از دو کود آلی دیگر استفاده نشود، کاربرد کود مغذی ۳ سبب افزایش این صفات نسبت به عدم کاربرد کود مغذی ۳ شد (شکل‌های ۱، ۲ و ۳). این امر می‌تواند به سبب تداخلی منفی باشد که بین حضور دو کود آلی دیگر با کود مغذی ۳ در رابطه با این صفات ایجاد می‌شود. کاربرد کود مغذی خاک‌مصرف ۱ به‌تنهایی نتیجه‌بهتری را در رابطه با این صفات حاصل نمود. هم‌چنین شاخص برداشت در صورت محلول‌پاشی کود مغذی ۲ در تیمار عدم استفاده از کود مغذی ۳ و در صورت عدم محلول‌پاشی کود مغذی ۲ در تیمارهای کاربرد کود مغذی ۳ مقادیر بیش‌تری داشت (شکل ۹). این امر نیز می‌تواند نشان‌دهنده تداخل منفی بین این دو کود در رابطه با این صفت باشد و کاربرد هر یک به‌تنهایی، به‌ویژه کاربرد کود مغذی ۳ به مقدار ۱ لیتر در هکتار اثر بهتری بر این صفت داشت.

در شرایط کاربرد کود مغذی ۱، تفاوت معنی‌داری بین سطوح کود مغذی ۳ در رابطه با مقدار وزن هزاردانه وجود نداشت. اما در صورت عدم استفاده از کود مغذی ۱، کاربرد کود مغذی ۳ خصوصاً به مقدار دو لیتر در هکتار مقدار بیش‌تری از این صفت را ایجاد نمود (شکل ۷). این امر نشان می‌دهد که در صورت عدم کاربرد کود مغذی ۱، محلول‌پاشی کود مغذی ۳ به‌تنهایی توانست مقدار این صفت را نسبت به سایر تیمارها افزایش دهد. از آنجایی که کود مغذی ۳ دارای درصد قابل‌توجهی از عنصر نیتروژن می‌باشد، محلول‌پاشی آن می‌تواند در جهت تأمین نیتروژن موردنیاز گیاه مؤثر باشد. از آنجایی که نیتروژن خاک مصرف می‌تواند از طریق آبشویی یا تصعید اتلاف شود یا به‌علت شرایط خاص خاک، جذب آن توسط گیاه محدود شود، محلول‌پاشی نیتروژن بر شاخساره می‌تواند در افزایش کیفیت و کمیت محصول مؤثر باشد و محلول‌پاشی کود آلی به‌دلیل داشتن مواد غذایی کافی سبب افزایش فتوسنتز، ماده خشک می‌شود (آقایی اوخچالار و همکاران، ۱۳۹۹).

عملکرد دانه گیاه سیاه‌دانه در تیمار شاهد و عدم کاربرد هر سه کود کاهش نشان داد و در صورت عدم کاربرد کود مغذی خاک‌مصرف ۱ و عدم محلول‌پاشی کود مغذی ۲، استفاده از کود مغذی ۳ در مقدار یک لیتر در هکتار و هم‌چنین در صورت عدم کاربرد کود مغذی ۱ و عدم استفاده از کود مغذی ۳، تیمار محلول‌پاشی کود مغذی ۲ سبب حصول بیش‌ترین عملکرد شد (شکل ۸). معنی‌دار نبودن اثر کود هیومیک‌اسید، فولویک‌اسید و کود اسید آمینه بر عملکرد دانه گیاه اسفرزه، شاخص برداشت گشنیز و عملکرد بوته گشنیز نیز گزارش شده است (امینی‌فرد و همکاران، ۱۳۹۷؛ فلاحی و همکاران، ۱۳۹۷). آثار مثبت کودهای آلی بر عملکرد دانه گیاه سیاه‌دانه و بر عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و عملکرد کاه گندم گزارش شده است (رضوانی‌مقدم و همکاران، ۱۳۹۳؛ عثمانی^۱، ۲۰۲۱). گزارش شده است که محلول‌پاشی عصاره کودهای آلی سبب افزایش عملکرد بذر، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت در گیاه بادرشبو شد. در ایران به‌سبب آهکی‌بودن و pH بالای خاک‌ها، کاربرد خاکی عناصر ریزمغذی و یا همراه آبیاری ممکن است چندان موفقیت‌آمیز نباشد و مطلوب‌تر است که کودها به‌صورت محلول‌پاشی استفاده شوند تا موجب افزایش جذب این عناصر شوند. با محلول‌پاشی کودهای آلی و فراهمی بهتر مواد غذایی برای گیاه و افزایش فتوسنتز، عملکرد و اجزای عملکرد گیاه افزایش می‌یابد (آقایی اوخچالار و همکاران، ۱۳۹۹).

درصد روغن دانه در تیمارهای کاربرد کود مغذی خاک‌مصرف ۱ و محلول‌پاشی کود مغذی ۳، با یکدیگر و یا به‌تنهایی، نسبت به تیمار شاهد بیش‌تر بود (شکل ۱۰). سیستم تغذیه‌ای آلی به‌صورت کامل تمام عناصر ضروری گیاه در طول دوره رشد را تأمین می‌کند، به‌طوری‌که در ابتدای فصل رشد نیتروژن موجود در کود آلی آزاد شده و سبب رشد گیاه و تولید سطح سبز بیش‌تر می‌شود و در ادامه آزادسازی نیتروژن از کود آلی می‌تواند سبب تداوم فتوسنتز و رشد زایشی شود؛ در نتیجه هم میزان

عملکرد دانه و هم مقدار روغن دانه افزایش می‌یابد (جامی و همکاران، ۱۳۹۸). گزارش شده است که کاربرد کود آلی با هیومیک‌اسید سبب حصول بیش‌ترین مقدار درصد روغن دانه در گیاه سیاه‌دانه شد (سهرابی و همکاران، ۱۴۰۰). در صورت کاربرد کود خاک مصرف، عدم محلول‌پاشی کود مغذی ۳ به‌طور معنی‌داری درصد روغن دانه بیش‌تری را نسبت به تیمارهای محلول‌پاشی کود مغذی ۳ حاصل نمود که برابر با ۳۵/۳۹ درصد بود. اما در صورت عدم استفاده از کود مغذی خاک مصرف ۱، مقدار این صفت با محلول‌پاشی کود مغذی ۳ نسبت به عدم محلول‌پاشی به‌طور معنی‌داری بیش‌تر بود (شکل ۱۰). می‌توان چنین نتیجه گرفت که کاربرد کود مغذی ۱ به‌تنهایی، درصد روغن دانه بیش‌تری (۳۵/۳۹ درصد) را سبب شد و در غیاب آن، محلول‌پاشی کود مغذی ۳ نتیجه بهتری را نسبت به عدم کاربرد کود مغذی ۳ ایجاد نمود.

نتایج نشان داد که در شرایط کاربرد کود مغذی خاک مصرف ۱، محلول‌پاشی مقادیر مختلف کود مغذی ۳ سبب کاهش مقدار نیتروژن خاک شد و در تیمارهای عدم کاربرد کود مغذی خاک مصرف ۱ نیز مقدار این عنصر در خاک از دو تیمار پیشین بیش‌تر بود (شکل A-۱۱). این امر می‌تواند بدین سبب باشد که کاربرد توأم کود مغذی خاک مصرف ۱ و محلول‌پاشی کود مغذی ۳ در تحریک جذب نیتروژن توسط گیاه مؤثر بوده است و در نتیجه مقدار نیتروژن خاک را کاهش داده است. کاربرد کودهای آلی به‌صورت محلول‌پاشی و یا خاک مصرف موجب افزایش جذب عناصر غذایی از جمله عنصر نیتروژن از خاک توسط گیاه می‌شود (صیدی و همکاران، ۱۳۹۵). هم‌چنین کاربرد کود مغذی خاک مصرف ۱ در شرایط عدم محلول‌پاشی کود مغذی ۲ کم‌ترین درصد نیتروژن خاک (۰/۱۳ درصد) را در پی داشت (شکل B-۱۱). این نتیجه نشان می‌دهد که کاربرد کود مغذی خاک مصرف ۱ ممکن است توأم با محلول‌پاشی کود مغذی ۲ در فرایند جذب نیتروژن از خاک تداخل ایجاد نموده باشد. اما کاربرد کود خاک مصرف به‌تنهایی در تحریک جذب نیتروژن توسط گیاه مؤثر بوده و نیتروژن باقیمانده در خاک کم‌تری را در پی داشته است. اسیدهای آمینه و هیومیک‌اسید بر جذب نیتروژن از خاک و بر فعالیت آنزیم‌های مؤثر در جذب و به کارگیری نیتروژن در گیاه تأثیر می‌گذارند و موجب افزایش نیتروژن گیاه می‌شوند (حسینی و امیری، ۱۳۹۵). تیمار استفاده از کود مغذی خاک مصرف ۱ در حالت عدم محلول‌پاشی کود مغذی ۳ و هم‌چنین محلول‌پاشی کود مغذی ۲ در شرایط عدم کاربرد کود مغذی ۳ بیش‌ترین مقادیر کربن و هیدروژن خاک را حاصل نمودند که به‌ترتیب برابر با ۴/۴، ۴/۳ درصد کربن و ۰/۶۵ و ۰/۶۵ درصد هیدروژن بودند (شکل A-۱۳، B، A-۱۲، B). کاربرد ترکیبات آلی می‌تواند سبب افزایش کربن آلی خاک و افزایش غلظت عناصر غذایی و بهبود حاصلخیزی خاک شود (مرادی و همکاران، ۱۳۹۸). استفاده از ترکیبات حاوی مواد هیومیکی سبب افزایش کربن آلی خاک می‌شود (سرلکی و همکاران، ۱۴۰۱). اکسیدشدن مواد آلی به‌وسیله ریزجانداران خاک و معدنی‌شدن آن‌ها موجب تشکیل اسیدهای آلی و نیمه‌آلی می‌شود که یون هیدروژن را وارد خاک می‌کند (میرسیدحسینی و همکاران، ۱۳۹۴). بنابراین بیش‌تر بودن مواد آلی موجود در خاک می‌تواند سبب افزایش هیدروژن خاک شود.

۶. نتیجه‌گیری و پیشنهادها

کاربرد کود مغذی خاک مصرف ۱ به‌تنهایی سبب حصول مقادیر بالاتر وزن خشک بوته و تعداد شاخه‌های جانبی شد که این امر را می‌توان به اثرات مثبت حضور هیومیک‌اسید، فولویک‌اسید و اسید آمینه در ترکیب این کود و تأثیر در افزایش جذب عناصر لازم از خاک توسط گیاه مرتبط دانست. در صورت عدم کاربرد کود مغذی خاک مصرف ۱، محلول‌پاشی کود مغذی ۳ به‌تنهایی توانست مقدار وزن هزاردانه را نسبت به سایر تیمارها افزایش دهد که می‌توان این برتری به دارای بودن درصد قابل‌توجهی از نیتروژن کود مغذی ۳ مرتبط دانست. تیمار شاهد و عدم کاربرد هر سه کود آلی سبب کاهش معنی‌داری در عملکرد دانه گیاه سیاه‌دانه شد و کاربرد حتی یکی از کودهای آلی مورد بررسی سبب افزایش این صفت گردید. درصد روغن دانه در تیمارهای

کاربرد کود مغذی خاک مصرف ۱ و محلول‌پاشی کود مغذی ۳، با یکدیگر و یا به‌تنهایی، نسبت به تیمار شاهد بیش‌تر بود که نشان‌دهنده تأثیر مثبت کودهای آلی بر این صفت است. کاربرد هم‌زمان کود مغذی خاک مصرف ۱ و محلول‌پاشی کود مغذی ۳ در تحریک جذب نیتروژن توسط گیاه مؤثر بود و در نتیجه مقدار نیتروژن خاک را کاهش داده است. تیمار استفاده از کود مغذی خاک مصرف ۱ در حالت عدم محلول‌پاشی کود مغذی ۳ و هم‌چنین محلول‌پاشی کود مغذی ۲ در شرایط عدم کاربرد کود مغذی ۳ بیش‌ترین مقادیر کربن و هیدروژن خاک را حاصل نمودند که نشان می‌دهد تأثیر کاربرد کود مغذی خاک مصرف ۱ و یا کاربرد کود مغذی ۲ به‌تنهایی در مقایسه با کاربرد هم‌زمان هر یک از این کودها با کود مغذی ۳ بر مقدار کربن و هیدروژن خاک بیش‌تر است. در مجموع می‌توان چنین نتیجه گرفت که کاربرد کود آلی و به‌ویژه کود مغذی خاک مصرف ۱، در حصول عملکرد و صفات رشدی گیاه اثر مطلوبی داشته است.

۷. تشکر و قدردانی

از تمامی عزیزانی که در انجام این طرح ما را یاری نمودند، تشکر و قدردانی می‌گردد.

۸. تعارض منافع

هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان وجود ندارد.

۹. منابع

- آرمین، محمد و مصلحی، جواد (۱۳۹۱). واکنش عملکرد و اجزای عملکرد نخود به زمان و مقدار مصرف هیومیک‌اسید. *بوم‌شناسی گیاهان زراعی*، ۸ (۴)، ۹-۱.
- آروند، مونا و سهرابی، یوسف (۱۴۰۱). تأثیر تلفیق کودهای زیستی و شیمیایی بر عملکرد و کیفیت دانه سیاه‌دانه تحت سطوح مختلف آبیاری. *فرایند و کارکرد گیاهی*، ۱۱ (۵۰)، ۱۲۳-۱۴۳.
- آقایی اوخچالار، رقیه؛ امیرنیا، رضا؛ تاجبخش شیشوان، مهدی و قیاسی، مهدی (۱۳۹۹). اثر محلول‌پاشی عصاره کودهای آلی بر خصوصیات زراعی و عملکرد کمی و کیفی شش اکوتیپ بادرشبو (*Dracocephalum moldavica* L.). *نشریه پژوهش‌های زراعی ایران*، ۱۸ (۲)، ۱۵۳-۱۶۵.
- امینی‌فرد، محمدحسین؛ غلامی، مؤگان؛ بیات، حسن و مرادی‌نژاد، فرید (۱۳۹۷). تأثیر کاربرد کودهای فولویک‌اسید و اسید آمینه بر ویژگی‌های فیزیولوژیکی، رشدی و عملکرد گشنیز (*Coriandrum sativum* L.). *نشریه بوم‌شناسی کشاورزی*، ۱۲ (۳)، ۳۷۳-۳۸۸.
- جامی، محمدقاسم؛ قلاوند، امیر؛ مدرس‌ثانوی، سیدعلی‌محمد؛ مختصی‌بیدگلی، علی؛ باغبانی‌آرائی، ابوالفضل و نامداری، امین (۱۳۹۸). واکنش صفات رویشی و کیفی دانه آفتابگردان به منابع مختلف نیتروژن (کود آلی و شیمیایی) و ژئولیت تحت رژیم‌های مختلف آبیاری. *تنش‌های محیطی در علوم زراعی*، ۱۲ (۱)، ۱۴۱-۱۵۲.
- حسینی، اکبر و امیری، محمدرضا (۱۳۹۵). تأثیر محلول‌پاشی اسیدهای آمینه بر کارایی زراعی نیتروژن، عملکرد و کیفیت دانه جو. *نشریه زراعت*، ۲۹ (۳)، ۷۶-۸۶.
- رضوانی‌مقدم، پرویز؛ سیدی، سیدمحمد و آزاد، مسعود (۱۳۹۳). اثرات کودهای آلی و بیولوژیک بر عملکرد و اجزای عملکرد سیاه‌دانه (*Nigella sativa* L.). *نشریه پژوهش‌های زراعی ایران*، ۱۲ (۴)، ۵۶۷-۵۷۳.
- زاهدی‌فر، مریم؛ موسوی، سیدعلی‌اکبر؛ ارشادی، آرش و جعفری‌اصل، مهدی (۱۴۰۲). بررسی کارایی مصرف آب و ویژگی‌های رشد گندم تحت تأثیر کاربرد خاکی و محلول‌پاشی کود آلی زر گرین در شرایط خشکی. *مجله تحقیقات آب و خاک ایران*، ۵۴ (۱)، ۱۳۶-۱۵۳.

سرگزی، سمانه؛ سیروس مهر، علیرضا؛ قنبری، احمد و موسوی نیک، محسن (۱۴۰۲). ارزیابی برخی صفات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی گیاه گلرنگ تحت شرایط خشکی و محلول پاشی کودهای آلی. *فرایند و کارکرد گیاهی*، ۱۲ (۵۴)، ۱۰۵-۱۲۲.

سرلکی، احسان؛ کیانمهر، محمدحسین و کرمانی، علی ماشاءالله (۱۴۰۱). هیومیفیکاسیون لیگنایت در فاز جامد جهت فعال سازی ترکیبات نیترو-هیومیکی از طریق اکسیداسیون ازن: ارزیابی عملکرد هیومیفیکاسیون و تبدیل نیتروژن در فراند. *تحقیقات آب و خاک ایران*، ۵۳ (۵)، ۹۱۷-۹۳۶.

سهرابی، رضوان؛ رضوانی مقدم، پرویز؛ قربانی، رضا؛ و آستارایی، علیرضا (۱۴۰۰). بررسی اثر کودهای آلی، بیولوژیکی و شیمیایی بر اجزای عملکرد، عملکرد و عملکرد روغن دانه سیاه دانه (*Nigella sativa* L.). *نشریه بوم‌شناسی کشاورزی*، ۱۳ (۱)، ۲۳-۳۸.

صیدی، زهرا؛ فاتح، اسفندیار و آینه‌بند، امیر (۱۳۹۵). اثر منابع مختلف نیتروژن و کودهای آلی بر ویژگی‌های خاک و خصوصیات اسانس گیاه زنیان. *تولید گیاهان زراعی*، ۹ (۲)، ۱۷۵-۱۹۲.

طوسی کهل، پری؛ اصفهانی، مسعود؛ ربیعی، محمد و ربیعی، بابک (۱۳۹۰). اثر غلظت و زمان محلول پاشی کود نیتروژن مکمل بر انتقال مجدد ماده خشک، عملکرد دانه و اجزای عملکرد کلزا (*Brassica napus* L.) رقم هایولا ۴۰۱. *مجله علوم زراعی ایران*، ۱۳ (۲)، ۳۵۲-۳۶۷.

عزیزی، مجید و صفایی، زینب (۱۳۹۵). محلول پاشی هیومیک اسید و نانو کودفارمکس بر صفات مورفولوژیکی، عملکرد و میزان اسانس گیاه دارویی سیاه دانه (*Nigella sativa* L.). *نشریه علوم باغبانی*، ۳۰ (۴)، ۶۷۱-۶۸۰.

فلاحی، حمیدرضا؛ طاهرپور کالنتری، رضا؛ اسعدیان، امیرحسین؛ اقحوانی شجری، مهسا و رضانی، سیدحمیدرضا (۱۳۹۷). تأثیر کاربرد انواع حاصلخیزکننده‌های خاک بر رشد و عملکرد دو گونه دارویی اسفرزه و سیاه دانه. *علوم گیاهان زراعی ایران*، ۴۹ (۳)، ۱-۱۱.

قلی زاده، رضا؛ ابراهیم زاده، اصغر؛ زاهدی، سیدمرتضی؛ کریمی، اسماعیل و حسنیپور اقدم، محمدباقر (۱۴۰۱). بررسی محلول پاشی سه نوع کود (زیستی، آلی و کود کامل معدنی) و نانو کلات پتاسیم بر برخی ویژگی‌های کیفی و عملکردی دو رقم تجاری توت‌فرنگی در شرایط گلخانه. *فرایند و کارکرد گیاهی*، ۱۱ (۴۷)، ۵۵-۶۷.

محمدی، سیدمحمدعلی؛ همتی، خدایار و حسینی، سیدحمزه (۱۳۹۹). تأثیر کاربرد کودهای آلی بر عملکرد کمی و کیفی کدو تخم کاغذی (*Cucurbita pepo* Var. *Styriaca*). *پژوهش‌های تولید گیاهی*، ۲۷ (۳)، ۳۷-۵۳.

مرادی، صلاح‌الدین؛ رسولی صدقیانی، میرحسین؛ سپهر، ابراهیم؛ خداوردی‌لو، حبیب و برین، محسن (۱۳۹۸). نقش کربن آلی در معدنی شدن نیتروژن، کربن و غلظت برخی عناصر غذایی در یک خاک شور. *مدیریت خاک و تولید پایدار*، ۹ (۳)، ۱۵۳-۱۶۹.

میرسیدحسینی، حسین؛ ایوانی، ریحانه و ثواقبی، غلامرضا (۱۳۹۴). بررسی آزمایشگاهی و گلخانه‌ای تأثیر منابع و مقادیر کودهای آلی بر زیست‌فراهمی مس و روی در خاک. *نشریه زراعت*، ۱۰۸، ۸-۱۶.

ودائی، شیوا و اعرابی، اعظم (۱۴۰۰). بررسی ویژگی‌های فیزیکی-شیمیایی و آنتی اکسیدانی روغن سیاه‌دانه ایرانی استخراجی با پرس سرد و سوکسله. *فرآوری و نگهداری مواد غذایی*، ۱۳ (۱)، ۸۹-۱۰۱.

References

- Aghaee Okhchelar, R., Amirnia, R., Tajbakhsh shishvan, M., & Ghiyasi, M. (2020). Effect of foliar application of organic fertilizers extracts on agronomic traits and yield quality and quantity of six moldavian balm ecotypes. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 18(2), 153-165. (In Persian).
- Aminifard, M. H., Gholami, M., Bayat, H., & Moradi Nezhad, F. (2020). Effect of fulvic acid and amino acid application on physiological characteristics, growth and yeild of coriander (*Coriandrum sativum* L.) as a medicinal plant. *Journal of Agroecology*, 12(3), 373-388. (In Persian).
- Armin, M., & Moslehi, J. (2012). Yield and yield components response of chickpea to time and different levels of humic acid foliar application. *Agroecology Journal*, 8(4), 1-9. (In Persian).
- Arvand, M., & Sohrabi, Y. (2022). Effect of combining biological and chemical fertilizers on yield and quality of Black Cumin grain under different irrigation levels. *Plant Process and Function*, 11(50), 123-143. (In Persian).

- Azizi, M., & Safaei, Z. (2016). The Effect of Foliar Application of Humic Acid and Nano Fertilizer (Pharmks®) on Morphological Traits, Yield, Essential Oil Content and Yield of Black Cumin (*Nigella sativa* L.). *Journal of Horticultural Science*, 30(4), 671-680. (In Persian).
- Fallahi, H., Taherpour Kalantari, R., Asadian, A., Aghhavani-shajari, M., & Ramazani, S. H. (2018). Effect of different soil fertilizing agents on growth and yield of isabgol and black seed as two medicinal plants. *Iranian Journal of Field Crop Science*, 49(3), 1-11. (In Persian).
- Gavili, E., Moosavi, A. A., & Kamgar Haghighi, A. A. (2019). Does biochar mitigate the adverse effects of drought on the agronomic traits and yield components of soybean? *Industrial Crops & Products*, 128, 445-454.
- Gholizadeh, R., Ebrahimzadeh, A., Zahedi, S. M., Karimi, E., & Hassanpouraghdam, M. B. (2023). Study of foliar application of three bio & organic fertilizers and Nano chelated potassium on the yield and some quality attributes of two strawberry cultivars under greenhouse conditions. *Journal of Plant Process and Function*, 11(47), 55-68. (In Persian).
- Hasani, A., & Amiri, M. R. (2017). Effect of foliar application of amino acids on nitrogen use efficiency, grain yield and quality of barley. *Applied Field Crops Research*, 29(3), 76-86. (In Persian).
- Jami, M. G., Ghalavand, A., Modarres-Sanavy, S. A. M., Makhtassi-Bidgoli, A., Baghbani-Arani, A., & Namdari, A. (2019). The response of quantitative and qualitative traits of sunflower seed to various nitrogen sources (organic and chemical fertilizers) and zeolite under different regimes of irrigation. *Environmental Stresses in Crop Sciences*, 12(1), 141-152. (In Persian).
- Kandil, A. A., Sharief, A. E. M., Seadh, S. E., & Altai, D. S. K. (2016). Role of humic acid and amino acids in limiting loss of nitrogen fertilizer and increasing productivity of some wheat cultivars grown under newly reclaimed sandy soil. *International Journal of Advanced Research in Biological Sciences*, 3(4), 123-136.
- Liu, D. H., Zhu, D. W., Guo, L. P., Liu, W., Zuo, Z. T., Jin, H., & Yang, Y. (2015). Effects of nitrogen fertilization on growth, yield and quality of *Chrysanthemum morifolium*. *Plant Nutrition and Fertilizer Science*, 18, 188-195.
- Mazaheri, Y., Torabi, M., Azadmard-Damirchi, S., & Savage, G.P. (2019). A comprehensive review of the physicochemical, quality and nutritional properties of *Nigella Sativa* oil. *Food Reviews International*, 35(4), 342-362.
- Merajipoor, M., Movahedi Dehnavi, M., Salehi, A., & Yavari. (2020). Improving grain yield, water and nitrogen use efficiency of *Nigella sativa* with biological and chemical nitrogen under different irrigation regimes. *Scientia Horticulturae*, 260, 1-8.
- Mir Seied Hoseini, H., Ivani, R., & Savabeghi, Gh. (2015). The effect of sources and various amounts of organic fertilizer on bioavailability of Cu and Zn in soil. *Agronomy Journal*, 108, 8-16. (In Persian).
- Mohammadi, S. M. A., Hemmati, K., & Hoseini, S. H. (2020). Evaluation of quantitative and qualitative performance and phytochemical traits of *Cucurbita Pepo* Var. *Striaca* under organic fertilizer treatments. *Journal of Plant Production*, 27(3), 37-53. (In Persian).
- Moradi, S., Rasouli-Sadaghiani, M. H., Sepehr, E., Khodaverdiloo, H., & Barin, M. (2019). The Role of organic carbon in the mineralization of nitrogen, carbon and some of nutrient concentrations in soil salinity conditions. *Journal of Soil Management and sustainable Production*, 9(3), 153-169. (In Persian).
- Othman, M. M. (2021). Effect of organic fertilizers and foliar application of some stimulants on Barley plants under saline condition. *Journal of Soil Sciences and Agricultural Engineering*, 12(4), 279-287.
- Rezvani Moghaddam, P., Seyedi, S. M., & Azad, M. (2015). The Effects of Organic and Biological Fertilizers on Yield and Yield Components of Black Seed (*Nigella sativa* L.). *Iranian Journal of Field Crops Research*, 12(4), 567-573. (In Persian).
- Sargazi, S., Sirousmehr, A. R., Ghanbari, A., & Mousavi Nik, M. (2023). Evaluation of morphological and biochemical traits of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) under drought stress conditions and Foliar application of organic fertilizer. *Journal of Plant Process and Function*, 12(54), 105-122. (In Persian).
- Sarlaki, E., Kianmehr, M. H., & Kermani, A. M. (2022). Solid-phase humification of Lignite for activation of nitrohumified substances via ozone oxidation: humification efficiency and nitrogen transformation. *Iranian Journal of Soil and Water Research*, 53(5), 917-936. (In Persian).
- Saydi, Z., Fateh, S., & Ayenehband, A. (2016). The effect of different sources of nitrogen and organic fertilizers on soil properties and essential oil properties of ajowan. *Crop Production*, 9(2), 175-192. (In Persian).

- Sohrabi Renani, R., Rezvani Moghaddam, P., Ghorbani, R., & Astarai, A. R. (2021). Effect of organic, biological and chemical fertilizers on yield, yield components and oil yield of black seed (*Nigella sativa* L.). *Journal of Agroecology*, 13(1), 23-38. (In Persian).
- Tousikehal, P., Esfahani, M., Rabiei, M., & Rabiei, B. (2011). Effect of concentration and timing of application of supplementary nitrogen fertilizer on dry matter remobilization, grain yield and yield components of rapeseed (*Brassica napus* L.) cv. Hayola401. *Iranian Journal of Crop Sciences*, 13(2), 352-367. (In Persian).
- Vedaie, Sh., & Aarabi, A. (2021). Effect of cold press and soxhlet methods on physicochemical and antioxidant properties of Iranian black seed oil. *Food Processing and Preservation Journal*, 13(1), 89-101. (In Persian).
- Zahedifar, M., Moosavi, S. A. A., Ershadi, A., & Jafari-Asl, M. (2023). Investigating water use efficiency and wheat growth characteristics as influenced by soil and foliar application of Zargreen organic fertilizer under drought conditions. *Iranian Journal of Soil and Water Research*, 54(1), 136-153. (In Persian).