



Research Article

Vol. 24, No. 3, Fall 2026, p. 299-314

Comparison of the Effect of Single and Combined Application of Organic, Chemical fertilizers and Slurry on Yield, Yield Components, and Essential Oil of the Coriander (*Coriandrum sativum* L.) as a Medicinal Plant under Mashhad Conditions

Z. Farimaneh¹, P. Rezvani Moghaddam^{1*}, S. Khorramdel¹

1- Department of Agrotechnology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

(*- Corresponding author's Email: rezvani@um.ac.ir)

Received: 25 July 2025
Revised: 29 September 2025
Accepted: 06 October 2025
Available Online: 22 October 2025

How to cite this article:

Farimaneh, Z., Rezvani Moghaddam, P., & Khorramdel, S. (2026). Comparison of the effect of single and combined application of organic, chemical fertilizers and slurry on yield, yield components, and essential oil of the coriander (*Coriandrum sativum* L.) as a Medicinal plant under Mashhad conditions. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 24(3), 299-314. (In Persian)
<https://doi.org/10.22067/jcsc.2025.94622.1419>

Introduction

Coriander (*Coriandrum sativum* L.) is a widely cultivated herb of economic and medicinal importance, commonly used in culinary applications as a spice and flavouring agent. In Iran, coriander cultivation plays a significant role in the country's agricultural economy, particularly in semi-arid regions such as Mashhad. The productivity of coriander is heavily influenced by soil fertility and nutrient management practices. Chemical fertilizers, although effective in providing essential nutrients, have been linked to environmental degradation, soil acidification, and long-term decline in soil fertility. On the other hand, organic fertilizers, such as animal manure and slurry, offer a sustainable alternative by improving soil physical structure, enhancing microbial activity, and gradually releasing nutrients. However, the efficacy of organic fertilizers alone or in combination with chemical fertilizers on coriander growth and yield remains under-explored in Mashhad's climatic conditions. This study aims to fill this gap by systematically evaluating the effects of different fertilizer treatments on seed yield, yield components, and essential oil content of coriander.

Materials and Methods

The field experiment was conducted during the 2023 growing season at Ferdowsi University of Mashhad research farm, located in a semi-arid climatic zone characterized by hot summers and cold winters. The experimental design was a randomized complete block design (RCBD) with seven treatments and three replications. The treatments included: 1) control (no fertilizer), 2) animal manure (composted cow manure at 5 ton ha⁻¹), 3) slurry (obtained through water extraction from manure), 4) chemical fertilizer (NPK at recommended rates), 5) a combination of 50% animal manure + 50% chemical fertilizer, 6) a combination of 50% animal manure + 50% slurry, and 7) a combination of 50% slurry+ 50% chemical fertilizer. Standard agronomic practices, including soil preparation, irrigation, and pest control, were applied uniformly across all treatments. Key growth parameters, including plant height, number of primary and secondary branches, number of umbels and umbellets per plant, seed number per plant, seed weight, fresh and dry biomass yield, and harvest index, were recorded at the flowering and seed maturity stages.

Results and Discussion

Analysis of variance revealed significant differences among treatments for most measured traits, indicating



Authors retain the copyright. This is an open access article distributed under [Creative Commons Attribution 4.0 International License \(CC BY 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

<https://doi.org/10.22067/jcsc.2025.94622.1419>

that nutrient source and application rate substantially influenced coriander growth and yield. The highest fresh and dry biomass production was observed in the treatment combining 50% animal manure and 50% chemical fertilizer (7130 and 1490 g.m⁻², respectively), highlighting a synergistic interaction between organic and inorganic nutrient sources. This combination likely enhanced nutrient availability while improving soil physical and biological conditions, leading to superior vegetative growth and reproductive development. Slurry treatment significantly increased seed number (88%), and the number of umbels (84%) compared to the control, suggesting improved nutrient solubility and uptake efficiency. Chemical fertilizer alone yielded the highest number of umbellets (306 per plant), branches (13.67 per plant), and seed weight per plant (12.48 g per plant), highlighting the rapid nutrient release and availability provided by inorganic fertilizers. However, the tallest plants were recorded in the sole animal manure treatment (66.67 cm), which also showed the highest harvest index (47.78%) after the control (49.75%), indicating that organic fertilizers can promote balanced vegetative growth and partitioning of assimilates to reproductive organs. These findings align with previous research emphasizing the benefits of integrated nutrient management for sustainable crop production. Additionally, the use of animal manure and its derivatives contributes to enhanced soil microbial activity, improved water retention, and long-term soil fertility. The study demonstrates that while chemical fertilizers can quickly boost yield components, organic fertilizers are essential for maintaining soil health and ensuring sustainable productivity in the long run.

Conclusion

The results of this study indicate that integrating animal manure with chemical fertilizers can significantly enhance the growth, yield components, and biomass production of coriander under Mashhad's semi-arid climatic conditions. The combined application strategy not only improved seed yield and vegetative growth but also contributed to better soil health compared to the use of sole chemical fertilizers. Slurry emerged as a promising alternative nutrient source with notable effects on yield parameters. Sustainable fertilization strategies involving both organic and inorganic sources are recommended for coriander cultivation in similar agro-ecological zones to achieve higher productivity and environmental sustainability. Further long-term research is warranted to evaluate the dynamics of soil health, economic viability, and potential ecological impacts of these fertilization practices.

Keywords: Essential oil percentage, Harvest index, Organic fertilizer, 1000-seed weight

مقاله پژوهشی

جلد ۲۴، شماره ۳، پاییز ۱۴۰۵، ص ۲۹۹-۳۱۴

مقایسه اثر کاربرد منفرد و ترکیبی کودهای آلی، شیمیایی و شیرابه کود دامی بر عملکرد، اجزای عملکرد و اسانس گیاه دارویی گشنیز (*Coriandrum sativum* L.) در شرایط مشهد

زهرا فریمانه^۱، پرویز رضوانی مقدم^{۱*}، سرور خرم دل^۱

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۵/۰۳

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۷/۱۴

چکیده

مدیریت صحیح خاک از ارکان اصلی دستیابی به کشاورزی پایدار محسوب می‌شود. در این راستا، آزمایشی به منظور بررسی تأثیر انواع کودهای آلی، شیمیایی و ترکیب آن‌ها بر عملکرد، اجزای عملکرد دانه و اسانس گیاه دارویی گشنیز با نام علمی *Coriandrum sativum* L. در سال زراعی ۱۴۰۳-۱۴۰۲ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه فردوسی مشهد انجام شد. این آزمایش در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با هفت تیمار (کود گاوی، شیرابه کود دامی، کود شیمیایی، سه تیمار دوگانه هر یک از منابع کودی و شاهد) و سه تکرار اجرا گردید. نتایج نشان دادند که بیشترین عملکرد تر و خشک (به ترتیب ۷۱۳۰۰ و ۱۴۹۰۰ کیلوگرم در هکتار) مربوط به تیمار ترکیبی کود گاوی + کود شیمیایی بود. شیرابه کود دامی باعث افزایش تعداد دانه در بوته، تعداد چتر در بوته، عملکرد تر و خشک (به ترتیب ۱۲۰۶، ۵۸/۳۳، ۴۸۵۰۰ و ۱۳۲۰۰ کیلوگرم بر مترمربع) در مقایسه با تیمار کود شیمیایی شد. بیشترین ارتفاع بوته در تیمار کود گاوی به دست آمد. بیشترین مقدار شاخص برداشت پس از شاهد (۴۹/۷۵ درصد)، در تیمار کود گاوی (۴۷/۷۸ درصد) مشاهده شد. نتایج نشان داد که تیمار شیرابه کود دامی، بیشترین درصد اسانس و عملکرد اسانس را به خود اختصاص داد. به طور کلی، استفاده از شیرابه کود دامی در بیشتر صفات دارای برتری بود و ترکیب کود گاوی و کود شیمیایی نیز رشد و عملکرد گیاه را نسبت به شاهد بهبود دادند. این نتایج تأکید می‌کند که جایگزینی کودهای شیمیایی با کودهای آلی به خصوص شیرابه کود دامی، می‌تواند در بهبود رشد و عملکرد گیاهان دارویی مؤثر باشد.

واژه‌های کلیدی: درصد اسانس، شاخص برداشت، کودهای آلی، وزن هزار دانه

مقدمه

گشنیز (*Coriandrum sativum* L.) با نام انگلیسی Coriander جزء گیاهان یک‌ساله و علفی است که از خانواده چتریان می‌باشد. این گیاه دارای ساقه‌های راست، افراشته، توخالی، شیاردار و منشعب با ارتفاع بوته ۲۰ تا ۱۴۰ سانتی‌متر می‌باشد. برگ‌های گشنیز دارای دم‌برگ بلند، شانه‌ای یا کامل، برگ‌های فوقانی دارای بریدگی‌های خطی و به شکل دو تا سه بار شانه‌ای و برگ‌های میانی با دم‌برگ‌های کوتاه و متناوب می‌باشد. رنگ گلبرگ‌های گشنیز سفید یا صورتی و به شکل چترهای مرکب در قسمت انتهایی شاخه می‌باشند. گشنیز ریشه‌ای به طول ۲۰ تا ۴۰ سانتی‌متر و دوکی شکل دارد که

رنگ آن سفید و دارای انشعابات فراوانی می‌باشد (Pande et al., 2018). از این گیاه به عنوان اشتهاآور، بادشکن، هضم‌کننده و تسکین‌دهنده دردهای عصبی و یا مفصلی و سیستم عصبی به صورت مخلوط یا خالص استفاده می‌شود. همچنین می‌توان در درمان دیابت، رفع اختلالات پروستات، معده درد و نیز به عنوان تقویت‌کننده قلب، اشتهاآور، هضم‌کننده، مدر، درمان اسهال، خلط‌آور، استفراغ، سرفه و کرم روده از گشنیز استفاده نمود علاوه بر این، گشنیز دارای خواص ضدقارچی، ضدباکتریایی و ضدانگلی می‌باشد (Ahvazi et al., 2010). ظهور گل‌ها در گشنیز در اواسط اردیبهشت تا اواسط تیر ماه می‌باشد و برداشت بذرها آن از اوایل تیر ماه آغاز و تا اواخر مرداد ماه به طول می‌انجامد (Hasheminejad & Bahadori, 2008). در دهه‌های گذشته، استفاده از کودهای شیمیایی برای افزایش عملکرد محصولات زراعی باعث آلودگی‌های زیست‌محیطی و به خصوص آلوده شدن خاک و آب گردید که همین آلودگی‌ها با قرار گرفتن در

۱- گروه اگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران
(Email: rezvani@um.ac.ir)

(*) نویسنده مسئول:

زنجیره غذایی انسان‌ها باعث به خطر افتادن سلامت بشر شده است (Farrokhi et al., 2021). امروزه به دلیل مشکلات استفاده بیش از حد کودهای شیمیایی، محققان استفاده از کودهای آلی را به جای کودهای شیمیایی در کشاورزی توصیه می‌کنند (Mirjalili et al., 2021). استفاده از روش‌های تغذیه‌ای پایدار مانند کاربرد کودهای بیولوژیک و آلی برای تأمین قسمتی از نیازهای گیاه به کود و کاهش مصرف کودهای شیمیایی، کمک بزرگی به این موضوع می‌کند (Bender et al., 2016). کودهای حیوانی دارای مقادیر فراوانی از عناصر غذایی می‌باشند که حفظ این عناصر غذایی از زمان تولید تا استفاده و دفن آن‌ها از نظر زیست‌محیطی و اقتصادی بسیار مفید است (Ahmed Mohamed et al., 2020). کود دامی و شیرابه کود دامی، شکل رایج کودهای گاوی می‌باشد (Assefa & Tadesse, 2019). طبق نتایج مورالس و همکاران (Morales et al., 1998)، تیمارهای آلی غنی‌سازی شده نظیر شیرابه کود دامی به علت ایجاد کمپلکس‌های ماده آلی سبب افزایش قابلیت استفاده عناصر میکرو از جمله آهن در خاک شد. کودهای شیمیایی برای رشد گیاه تنها یک یا چند عنصر ضروری را فراهم می‌کنند، اما کودهای آلی تعداد زیادی از عناصر کم‌مصرف و پرمصرف را در دسترس گیاه قرار می‌دهند و همچنین باعث بهبود خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک می‌شوند و علاوه بر این باعث ایجاد محیط مناسب برای رشد بهتر گیاهان می‌شوند (Almasi, 2021). اقحوانی شجری و همکاران (Aghhavani Shajari et al., 2016) گزارش کردند که تلفیق کود آلی با کود شیمیایی باعث بهبود خصوصیات ریخت‌شناختی گشنیز از جمله ارتفاع بوته، تعداد ساقه جانبی، تعداد چتر، تعداد چترک و تعداد دانه در چتر گردید و کاربرد کود شیمیایی به‌تنهایی نیز کمترین تأثیر را بر صفات مذکور بر جا گذاشت. نتایج مطالعات بیگناه و همکاران (Bigonah et al., 2015) روی گیاه دارویی گشنیز نشان داد که شاهد بیشترین و تیمار ورمی‌کمپوست کمترین درصد اسانس دانه را دارا بود. درحالی‌که عملکرد اسانس در تیمار ورمی‌کمپوست بیشتر از تیمار شاهد بود. آن‌ها نتیجه‌گیری کردند که وقتی گیاه گشنیز در شرایط تنش مواد غذایی قرار می‌گیرد برای بقای خود، میزان اسانس بیشتری سنتز می‌کند و در عوض، عملکرد بیولوژیک کمتری را دارا می‌باشد. اقحوانی شجری و همکاران (Aghhavani Shajari et al., 2014) گزارش کردند که بیشترین مقدار درصد و عملکرد اسانس گشنیز در تیمارهای مصرف کود گاوی به‌تنهایی و کاربرد تلفیقی کود زیستی میکوریزا با کود گاوی به دست آمد و کمترین مقدار آن در تیمار کاربرد کود شیمیایی به‌تنهایی مشاهده شد. کاربرد کود شیمیایی باعث کاهش درصد اسانس پیکر رویشی گیاه به میزان ۲۵ درصد نسبت به شاهد شد.

بررسی مقایسه اثر کودهای آلی، بیولوژیک و شیمیایی روی گیاه دارویی مرزه (*Satureja hortensis*) نشان داد که کاربرد کودهای

آلی و زیستی در بهبود صفات کمی و کیفی مرزه مؤثر بودند (Gholami Sharafkhaneh et al., 2015). با توجه به مقادیر فراوان مواد آلی و عناصر غذایی موجود در کود دامی و شیرابه کود دامی، این مواد اثرات مثبت زیادی از جمله بهبود خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک و همچنین افزایش عملکرد و کیفیت محصول را به همراه دارند. شیرابه کود دامی دارای آب بیشتری نسبت به کود دامی است که می‌توانند مدت زمان طولانی‌تری تقریباً تا ۱۱۹ روز در خاک زنده بمانند و علاوه بر آن منجر به انتشار سریع‌تر ریزجانداران به عمق خاک می‌شوند. (Frick et al., 2022). نتایج مطالعه بیگناه و همکاران (Bigonah et al., 2015) در مدیریت‌های مختلف کودی روی برخی خصوصیات کمی و کیفی گیاه دارویی گشنیز حاکی از آن است که کودهای آلی و بیولوژیک تأثیر مثبتی بر صفات کمی و کیفی گشنیز از جمله عملکرد دانه، عملکرد اسانس، عملکرد بیولوژیک و اجزای عملکرد گیاه داشتند. آن‌ها اضافه کردند این اثر مثبت را می‌توان به تأثیر بهبودپذیری وضعیت فیزیکی و شیمیایی خاک توسط این کودها و فراهمی بهتر عناصر غذایی برای گیاه نسبت داد. این آزمایش با هدف بررسی تأثیر استفاده منابع مختلف کودی (کود دامی، شیرابه کود دامی و شیمیایی) بر ویژگی‌های کیفی و کمی گیاه دارویی گشنیز تحت شرایط آب‌وهوایی مشهد انجام شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به منظور بررسی اثرات کاربرد جداگانه و ترکیبی کودهای مختلف آلی و شیمیایی بر خصوصیات کمی و کیفی گیاه گشنیز در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه فردوسی مشهد، واقع در ۱۰ کیلومتری شرق مشهد با طول جغرافیایی ۵۹ درجه و ۳۶ دقیقه شرقی، عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۱۶ دقیقه شمالی، ارتفاع ۹۸۵ متر از سطح دریا طی سال زراعی ۱۴۰۲-۱۴۰۱ اجرا شد. این منطقه براساس روش آمبرژه، دارای آب‌وهوای سرد و خشک می‌باشد (Razavi Khorasan Meteorological and Climate Center, 2021).

قبل از شروع آزمایش، جهت نمونه‌گیری خاک، در هشت نقطه گودالی حفر و از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری نمونه‌برداری انجام شد. سپس خاک‌های نمونه‌برداری شده به صورت کامل مخلوط و دو کیلوگرم از مخلوط چند نقطه به آزمایشگاه ارسال گردید که نتایج آن در جدول ۱ آراسته شده است.

قبل از شروع آزمایش، نمونه‌برداری و تعیین خصوصیات شیمیایی کود دامی گاوی کاملاً پوسیده انجام شد که نتایج آن در جدول ۲ نشان داده شده است.

همچنین جهت تعیین خصوصیات شیمیایی و میزان عناصر غذایی شیرابه کود دامی، نمونه‌گیری انجام شد که نتایج آن در جدول ۳ نشان داده شده است.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی - شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش (عمق ۳۰-۰ سانتی متر)

Table 1- Physicochemical properties of the soil at the experimental site (0-30 cm depth)

کربن آلی	هدایت الکتریکی	اسیدیته	پتاسیم	فسفر	نیتروژن قابل دسترس	بافت
Organic C (%)	EC(dS m ⁻¹)	pH	K (mg kg ⁻¹)	P (mg kg ⁻¹)	Available N (%)	Texture
0.917	2.66	7.88	400	25	0.091	لومی (متوسط) Loam (medium)

جدول ۲- خصوصیات شیمیایی کود دامی قبل از مصرف

Table 2- Chemical characteristics of cow manure prior to application

رطوبت	نسبت کربن به نیتروژن	کربن آلی	هدایت الکتریکی	اسیدیته	پتاسیم	فسفر	نیتروژن قابل دسترس
Moisture (%)	C/N (%)	Organic C (%)	EC (dS m ⁻¹)	pH	K (%)	P (%)	Available N (%)
10	10.60	20.14	12.75	8.00	1.13	0.78	1.90

جدول ۳- خصوصیات شیمیایی شیرابه کود دامی

Table 3- Chemical properties of slurry

نسبت کربن به نیتروژن	ماده آلی	کربن آلی	هدایت الکتریکی	اسیدیته	پتاسیم	فسفر	نیتروژن قابل دسترس
C/N (%)	Organic matter (%)	Organic C (%)	EC (dS m ⁻¹)	pH	K (%)	P (%)	Available N (%)
5.42	1.216	0.715	14.09	7.66	0.178	0.075	0.132

انتهای کلیه کرت‌ها با بالا آوردن پشته‌ها بسته شدند تا از تأثیر تیمارها روی یکدیگر جلوگیری شود. همچنین قبل از کاشت، مقدار ۵۰ کیلوگرم کود سوپرفسفات تربیل در هکتار و ۵۰ کیلوگرم سولفات پتاسیم در هکتار به صورت یکسان در تمامی کرت‌ها اعمال و با خاک مخلوط شد.

عملیات آماده‌سازی بستر کاشت شامل شخم، دیسک و ایجاد فارو در هشتم اسفند ماه سال ۱۴۰۱ انجام شد. مساحت کرت‌های آزمایشی ۳ × ۳ متر (نه مترمربع) بود. جهت جلوگیری از اختلاط اثر تیمارها، فاصله کرت‌ها از یکدیگر یک متر و فاصله بین تکرارها ۱/۵ متر در نظر گرفته شد. بذر مورد استفاده، از توده محلی همدان تهیه شد.

کاشت بذر صورت دستی و با رعایت فواصل ردیف و بوته در عمق ۳-۲ سانتی‌متر در تاریخ ۲۰ فروردین سال ۱۴۰۲ انجام گردید. در هر کرت، شش ردیف به فاصله ۵۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شدند. لازم به ذکر است که ابتدا بذرها به صورت پُر تراکم کاشته شدند و در مرحله دو تا چهار برگی، براساس تراکم ۴۰ بوته در مترمربع و با فاصله روی ردیف پنج سانتی‌متر، عملیات تنک انجام گرفت. بعد از کاشت، بلافاصله آبیاری به شیوه نشتی و یکسان در تمام تیمارها صورت گرفت. تا زمان استقرار کامل بوته‌ها (یک ماه اول)، فاصله آبیاری به صورت هر سه روز یک بار و بعد از آن، به صورت هر هفت روز یک بار انجام شد. پس از سبز شدن بوته‌ها، مهار علف‌های هرز به صورت دستی در سه نوبت در تاریخ‌های ۳۰ اردیبهشت، ۱۵ خرداد و ۲۷ خرداد انجام شد. عملیات تنک کردن طی دو مرحله در تاریخ ۲۰ اردیبهشت و ۲ خرداد انجام شد.

این آزمایش در قالب طرح پایه بلوک کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. میزان مصرف کود شیمیایی، کود دامی و شیرابه کود دامی براساس مقدار نیتروژن توصیه شده ملکوتی (Malakouti, 2014) و خصوصیات خاک تعیین شد. بر این اساس، تیمارهای کودی شامل کود دامی (گاوی) (C)، کود شیمیایی (F)، شیرابه کود دامی (S)، ۵۰ درصد کود دامی + ۵۰ درصد کود شیمیایی (F 50% C + 50%)، ۵۰ درصد کود دامی + ۵۰ درصد شیرابه کود دامی (C 50% + S 50%)، ۵۰ درصد کود شیمیایی + ۵۰ درصد شیرابه کود دامی (F 50% S + 50%) و شاهد (بدون کود) بودند. طبق نتایج جدول ۴، مقدار نیتروژن مصرفی براساس محتوای ماده آلی خاک و مقدار فسفر و پتاسیم مصرفی براساس مقدار فسفر و پتاسیم موجود در خاک و کودهای آلی تعیین شد. بر این اساس، مقدار مصرف کود دامی، کود سوپرفسفات تربیل و کود سوپرفسفات پتاسیم براساس نتایج آزمایش خاک (جدول ۱) و توصیه ارائه شده در جدول ۴ و آنالیز آزمایش کودهای آلی، برای کاربرد منفرد هر یک از این تیمارها کود دامی (گاوی) ۱۹ تن در هکتار، شیرابه کود دامی ۲۱/۸۴ مترمکعب در هکتار، کود شیمیایی (اوره) ۱۶۱ کیلوگرم در هکتار محاسبه گردید. لازم به ذکر است که در محاسبه کود دامی مورد نیاز، براساس فراهمی عناصر غذایی براساس ۴۰ درصد در سال اول در نظر گرفته شد که در ابتدای فصل رشد به صورت دستی در کرت‌ها پاشیده و با خاک مخلوط شد. مقادیر کود شیمیایی و شیرابه کود دامی در سه مرحله در تاریخ (۱۵ اردیبهشت، ۵ خرداد و ۲۵ خرداد) در طول فصل رشد مورد استفاده قرار گرفت. با توجه به اینکه تیمارهای آزمایشی مقادیر کودهای مختلف می‌باشد، لذا

جدول ۴- توصیه کودی برای کشت سبزی‌ها براساس آزمون خاک (Malakouti, 2014)

Table 4- Fertilizer recommendations for vegetable cultivation based on soil testing

پتاسیم K		فسفر P		نیتروژن N	
سوپر فسفات پتاسیم Potassium superphosphate (kg ha ⁻¹)	پتاسیم K (mg kg ⁻¹)	سوپر فسفات تریپل Triple superphosphate (kg ha ⁻¹)	فسفر P (mg kg ⁻¹)	اوره Urea (kg ha ⁻¹)	کربن آلی Organic C (%)
200	150<	150	5<	500	0.5<
150	150-200	100	5-10	450	0.5 - 1
100	201-250	50	15- 10	350	1 - 1.5
0	300>	0	15>	250	1.5>

بین کیسه‌ها دستگاه حباب‌ساز قرار داده شد و بعد از آن داخل مخزن را با پساب فاضلاب کود گاوی پر کرده، سپس به مدت زمان یک ماه اجازه داده شد تا عصاره خارج گردد. بعد از گذشت یک ماه عصاره به گالن‌های ۱۰۰۰ لیتری انتقال داده و به دلیل ضدعفونی شیرابه کود دامی داخل هر گالن دستگاه ازون ژنراتور به مدت سه تا چهار ساعت قرار داده شد. در انتها، نمونه‌ای از شیرابه به آزمایشگاه ارسال شد و مطابق نتیجه آزمون، میزان مصرف تعیین گردید.

عملیات اسانس‌گیری

در تاریخ ۱۰ تیر ماه، به‌منظور تعیین محتوای اسانس اندام‌های هوایی، از ابتدای هر کرت با در نظر گرفتن اثرات حاشیه‌ای از یک سطح یک مترمربع، نمونه‌برداری انجام شد. سپس در هر یک از نمونه‌ها، برگ، گل و ساقه تفکیک گردید. برگ‌ها و گل‌ها در نمونه-های برداشت‌شده در سایه خشک شد. سپس اسانس‌گیری از یک نمونه ۵۰ گرمی از برگ‌ها و گل‌های خشک‌شده در هر کرت، توسط دستگاه کلونجر انجام گردید. بدین صورت که هر نمونه ابتدا آسیاب شده، سپس درون بالن ریخته و ۶۰۰ میلی‌لیتر آب به آن اضافه شد. سپس به مدت چهار ساعت در دستگاه کلونجر قرار داده شد و پس از آب‌زدایی (با استفاده از پتاسیم سولفات)، درصد اسانس تعیین گردید. با توجه به اینکه نمونه اسانس‌گیری‌شده، هواخشک (در روش هواخشک اسانس موجود در گیاه از دست نخواهد رفت) بوده است، لذا برای تصحیح اختلاف به‌دست‌آمده، هم‌زمان با برداشتن ۵۰ گرم برای اسانس‌گیری، ۵۰ گرم دیگر در داخل آون ۷۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت قرار داده و وزن خشک تعیین شد. سپس از اختلاف به‌دست‌آمده، درصد اسانس محاسبه و ثبت گردید. عملکرد اسانس از حاصل ضرب درصد اسانس به عملکرد برگ و گل‌ها محاسبه گردید. پس از اندازه‌گیری شاخص‌های مورد نظر، تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده نرم‌افزارهای Minitab و MS-Excel انجام گرفت. مقایسه میانگین تیمارها با استفاده از آزمون توکی در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

یادداشت‌برداری در تمام طول فصل رشد براساس بازدیدهای مکرر انجام شد. جهت نمونه‌برداری، هر کرت در طول به دو قسمت مساوی تقسیم شد، به‌طوری که ۱/۵ متر اول برای تعیین عملکرد اندام‌های رویشی و درصد اسانس در مرحله ۵۰ درصد گل‌دهی و ۱/۵ متر دوم جهت تعیین عملکرد و اجزای عملکرد دانه اختصاص داده شد.

گیاهان در بخش زایشی کرت‌ها تا گل‌دهی کامل در آخر فصل به رشد خود ادامه داده و به مرحله رسیدگی فیزیولوژیک (رسیدگی دانه) رسیدند. در این مرحله در تاریخ ۱۴ مرداد قبل از برداشت گیاهان با در نظر گرفتن اثر حاشیه‌ای (دو ردیف کناری و ۳۰ سانتی‌متر از ابتدا و انتهای کرت)، تعداد پنج بوته در کرت به‌طور تصادفی انتخاب و صفاتی از جمله ارتفاع بوته (قبل از برداشت گیاه از سطح خاک تا بلندترین نقطه گیاه اندازه‌گیری شد)، وزن دانه در بوته (تمامی دانه-های بوته جداسازی و توزین شد)، وزن هزار دانه، وزن تر و خشک بوته (بلافاصله بعد از برداشت، نمونه‌ها توزین شدند)، تعداد چتر (شمارش تعداد چترهای کل بوته)، تعداد چترک در بوته (با شمارش تعداد چترک‌های موجود در هر چتر در کل بوته)، شاخه فرعی درجه یک (با شمارش تعداد شاخه‌های متصل به شاخه اصلی)، شاخه فرعی درجه دو (شاخه‌های انشعاب‌گرفته از شاخه‌های فرعی درجه یک) شمارش و اندازه‌گیری شدند. سایر بوته‌های کرت برای تعیین عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه مورد استفاده قرار گرفتند. بدین منظور، بوته‌ها از سطح مورد نظر با در نظر گرفتن اثر حاشیه از سطح خاک برداشت شدند و پس از خشک شدن بوته‌ها، دانه‌ها جدا شدند و عملکرد دانه اندازه‌گیری و تعیین گردید. شاخص برداشت دانه از نسبت عملکرد دانه به وزن خشک بوته‌ها (عملکرد بیولوژیک شامل عملکرد دانه و کاه‌وکش) ضربدر ۱۰۰ محاسبه گردید. برای تهیه شیرابه کود دامی، ابتدا کود گاوی را الک کرده و بعد از آن داخل کیسه‌هایی از جنس کف و تا نیمه پر کرده و درب کیسه‌ها را با طناب بسته و داخل کف مخزنی که برای تهیه شیرابه در نظر گرفته شده، قرار داده شد. جهت استخراج عصاره و وارد شدن اکسیژن به مخزن،

نتایج و بحث

وزن تر و وزن خشک اندام رویشی

با توجه به نتایج تجزیه واریانس، اثر تیمارهای کودی بر صفات وزن تر و وزن خشک اندام رویشی گشنیز در سطح احتمال یک درصد معنی دار بود (جدول ۵). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که کاربرد تیمار ترکیبی کود دامی + کود شیمیایی بیشترین تأثیر را بر وزن تر اندام رویشی (۷/۱۳ کیلوگرم در مترمربع) با ۶۲ درصد اختلاف با شاهد و بعد از آن تیمار شیرابه کود دامی + کود شیمیایی (۵/۴۰ کیلوگرم در مترمربع) بود که نسبت به شاهد ۲۲ درصد اختلاف داشت (جدول ۶).

مقایسه میانگین وزن خشک نشان داد که کاربرد تیمار کود دامی + کود شیمیایی (۱/۶۲ کیلوگرم بر مترمربع) بیشترین تأثیر را بر وزن خشک اندام رویشی با اختلاف ۷۴ درصد با شاهد داشت (جدول ۶).

اقتصادی شجری و همکاران (Aghhavan Shajari et al., 2016) در بررسی خود روی کاربرد کودهای آلی و شیمیایی بر عملکرد کمی و کیفی گیاه دارویی گشنیز گزارش کردند که تمامی منابع کودی به جز مصرف منفرد کود شیمیایی، مقدار عملکرد بیولوژیک گیاه گشنیز را افزایش دادند. نتایج آن‌ها نشان داد که مصرف تلفیقی کودهای شیمیایی و آلی در مقایسه با مصرف منفرد آن‌ها اثرات به مراتب چشمگیری بر افزایش زیست‌توده تولیدی گیاه داشتند. بیگناه و همکاران (Bigonah et al., 2015) گزارش کردند که تیمار تلفیقی کود آلی با کود شیمیایی به طور معنی داری عملکرد بیولوژیک و صفات زایشی را در گیاه دارویی گشنیز افزایش دادند. نتایج مطالعه رضوانی مقدم و همکاران (Rezvani Moghaddam et al., 2012) در مدیریت‌های مختلف کودی روی گیاه مرزه (*Satureja hortensis* L.) نشان داد که کودهای آلی و زیستی تأثیر مثبتی بر بهبود صفات کمی و کیفی گیاه دارویی مرزه داشتند و نتایج نشان داد که در گیاه مرزه، کودهای زیستی و آلی را می‌توان با توجه به شرایط محیطی و پتانسیل گیاه، در نظام‌های تغذیه اکولوژیک به عنوان جایگزینی برای کودهای شیمیایی مورد استفاده قرار داد. مدیریت حاصلخیزی خاک بر مبنای مصرف کودهای آلی مانند کود دامی سبب بهبود خصوصیات خاک و افزایش رشد و عملکرد محصول می‌گردد، همچنین پایداری بوم‌نظام‌ها را تحت تأثیر قرار داده و در بلندمدت تضمین می‌کند (Leithy et al., 2006). کودهای آلی سبب افزایش در دسترس بودن عناصر غذایی می‌شود و کیفیت و کمیت عناصر غذایی خاک را حفظ کرده و باعث بهبود ساختمان خاک می‌شود و در نتیجه منجر به افزایش عملکرد محصول می‌شود (Melero et al., 2008).

نتایج پژوهش رسولی و همکاران (Rasouli et al., 2022) حاکی از آن است که کودهای شیمیایی را می‌توان با ورمی کمپوست و اسید هیومیک جایگزین کرد و کاربرد مشترک آن‌ها نیز تأثیر مثبتی بر

پاسخ رشدی و ترکیب اسانس گشنیز دارد. نتایج تحقیقی نشان داد که وزن تر و وزن خشک گیاه ژوت (*Corchorus olitorius*) با کاربرد کود دامی در مقایسه با شاهد اثر معنی‌داری داشت، به طوری که تیمار کود دامی، وزن تر و وزن خشک بالایی در مقایسه با شاهد داشت. این موضوع می‌تواند به دلیل مواد معدنی خاصی که توسط کود دامی تجزیه و آزاد می‌شود، باشد. این مواد معدنی سبب تولید تعداد برگ‌های بیشتری می‌شود و با افزایش سرعت فتوسنتز توسط برگ‌ها، زیست‌توده بیشتری تولید می‌گردد (Naim et al., 2015).

طی تحقیقی گزارش شد که افزایش عرضه عناصر غذایی، حجم بیشتر ریشه، عملکرد وزن تر و عملکرد وزن خشک به دست آمده در گیاه هویج (*Daucus carota*) در تیمار شیرابه کود دامی را می‌توان به اثر مؤثر کودهای آلی به شرایط خاک نسبت داد (Jeptoo et al., 2013). نتایج تحقیقی که طی دو سال متوالی روی گیاه شاهی (*Lepidium sativum*) انجام گرفت، نشان داد که تیمار کود دامی سبب افزایش تعداد برگ، تعداد شاخه، وزن تر و وزن خشک در مقایسه با کاربرد تیمار کود شیمیایی شد (Ahmed Mohamed et al., 2020). افزودن ماده آلی به خاک باعث بهبود خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک از قبیل وزن مخصوص ظاهری، ظرفیت نگهداری آب، قابلیت نفوذ، ظرفیت تبادل کاتیونی، غلظت نیتروژن کل، مقدار فسفر قابل جذب، غلظت عناصر کم‌مصرف و پرمصرف، pH و همچنین مقدار مواد آلی خاک می‌گردد (Turan et al., 2009). و از این طریق می‌توان عملکرد گیاه را بهبود بخشید.

اقتصادی شجری و همکاران (Aghhavan Shajari et al., 2016; 2014) گزارش کردند که استفاده تلفیقی از کودهای آلی و شیمیایی در فراهمی عناصر غذایی در خاک از طریق بهبود واکنش‌های درونی گیاه باعث افزایش جذب عناصر مغذی خاک و در نتیجه افزایش عملکرد گیاه گشنیز می‌شوند. چیتو و همکاران (Jeptoo et al., 2013) گزارش دادند که در پایان هر فصل محتوای نیتروژن، فسفر، پتاسیم خاک در تیمار شیرابه کود دامی و کود دامی نسبت به کرت‌های شاهد در گیاه هویج بیشتر بود. نتایج دو پژوهش جداگانه که در آن‌ها، گیاه زردچوبه (*Curcuma longa*) تحت تأثیر کاربرد کودهای گاوی، بزی و مرغی (Hossain & Ishimine, 2007) قرار گرفت، و نیز تاج‌خروس (*Amaranthus retroflexus*) که با کود مرغی تیمار شد (Maerere et al., 2001) نشان داد که زیست‌توده اندام هوایی و ریشه در کرت‌های تیمار شده با شیرابه کود دامی در مقایسه با شاهد بالاتر بود، که علت را می‌توان در نتیجه بهبود در دسترس بودن عناصر غذایی و ساختار خاک نسبت داد که به رشد شاخساره و رشد ریشه کمک می‌کند. افزودن کود دامی به خاک باعث بهبود شرایط فیزیکی و فرایندهای حیاتی در خاک می‌شود که خود باعث ایجاد بستر مناسب برای رشد ریشه و فراهمی عناصر غذایی برای گیاه و افزایش ماده خشک می‌شوند. در همین مورد،

غذایی حیاتی گیاهان، از طریق افزایش فعالیت ریزجانداران خاک، فرآیند تجزیه مواد آلی را تسریع می‌کند که ضمن آزادسازی عناصر غذایی از مواد آلی، بالانس عناصر غذایی، خصوصیات شیمیایی و فیزیکی خاک بهبود پیدا کرده و در نتیجه بر فرآیند رشد گیاهان تأثیر مثبتی دارند (Bigonah et al., 2015).

یافته‌های گزارش شده از تحقیقی-روی گیاه دارویی مریم گلی یونانی (*Salvia fruticosa* Mill.) و ریحان (*Ocimum basilicum*) نشان داد که با کاربرد مقادیر مناسبی از کود دامی، زیست‌توده گیاهی افزایش می‌یابد (Kaplan et al., 2009). به نظر می‌رسد که استفاده توأم کودهای شیمیایی با کودهای آلی ضمن تأمین نیازهای عناصر

جدول ۵- آنالیز واریانس (میانگین مربعات) اثر تیمارهای کود آلی و شیمیایی بر وزن تر و وزن خشک گیاه گشنیز در مرحله زایشی

Table 5- Analysis of variance (mean of squares) of the effect of organic and chemical fertilizer treatments on fresh and dry yield of coriander at the reproductive stage

وزن خشک	وزن تر	درجه آزادی منابع تغییر	
Dry weight	Fresh weight	df	S.O.V
0.0070 ^{ns}	0.0027 ^{ns}	2	بلوک Block
0.2014 ^{**}	2.1707 ^{**}	6	تیمار Treatment
0.0047	0.0626	12	خطا Error
21.2	15.4	-	ضریب تغییرات C.V. (%)

ns و **: به ترتیب نشان دهنده غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد

ns and **: indicate non-significant and significant at the 1% probability level, respectively

جدول ۶- مقایسه میانگین اثر تیمارهای کود آلی و شیمیایی بر عملکرد وزن تر و وزن خشک گشنیز در مرحله زایشی

Table 6- Mean comparison of the effects of organic and chemical fertilizer treatments on fresh and dry yield of coriander at reproductive stage

عملکرد وزن خشک	عملکرد وزن تر	تیمار
Dry weight yield (g m ⁻²)	Fresh weight yield (g m ⁻²)	Treatment
1450 ^b	5230 ^{b*}	۱۰۰٪ کود شیمیایی 100% chemical fertilizer
1320 ^b	4580 ^{bc}	۱۰۰٪ شیرابه کود دامی 100% slurry
1190 ^c	5160 ^b	۱۰۰٪ کود دامی 100% animal manure
1270 ^b	5390 ^b	۵۰٪ کود دامی + ۵۰٪ شیرابه کود دامی 50% Animal manure + 50% slurry
990 ^c	5400 ^b	۵۰٪ کود شیمیایی + ۵۰٪ شیرابه کود دامی 50% chemical fertilizer + 50% slurry
1490 ^a	7130 ^a	۵۰٪ کود دامی + ۵۰٪ کود شیمیایی 50% animal manure + 50% chemical fertilizer
930 ^c	4410 ^c	شاهد Control

* میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون تفاوت معنی‌داری براساس آزمون توکی در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

* Means sharing the same letter in each column are not significantly different according to Tukey's test at 5% probability level.

تعداد دانه در بوته

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثرات تیمارهای کودی بر تعداد دانه در بوته ($p \leq 0.01$) معنی‌دار بود (جدول ۷). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین تعداد دانه در بوته به‌ترتیب در نتیجه تیمار شیرابه کود دامی (۱۲۰۶ عدد) با اختلاف ۸۸ درصد با شاهد و تیمار کود شیمیایی با اختلاف ۴۹ درصد با شاهد حاصل شد. در مورد مقایسه اثر کودهای ترکیبی، بیشترین تعداد دانه در بوته به‌ترتیب مربوط به تیمار کود شیمیایی + شیرابه کود دامی با اختلاف ۲۵ درصد با شاهد، تیمار کود دامی + کود شیمیایی با اختلاف ۱۲ درصد با شاهد و در آخر تیمار کود دامی + شیرابه کود دامی با اختلاف ۸ درصد با شاهد به دست آمد (جدول ۸). کودهای آلی به‌عنوان جایگزینی بوم‌سازگار، برای کودهای شیمیایی مطرح می‌شوند، استفاده از این منابع، پایداری منابع خاک و عدم آلودگی محیط زیست را در پی دارد. علاوه بر این دانه‌هایی که از این روش تولید می‌شوند، علاوه بر کیفیت بالاتر، مقاومت بیشتر به بیماری‌ها، نیاز کودی کمتر و ماندگاری بالاتری نسبت به دانه‌های حاصل از کشاورزی رایج خواهد داشت (Amiri et al., 2013).

عملکرد دانه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثرات تیمارهای کودی بر عملکرد دانه ($p \leq 0.01$) معنی‌دار بود (جدول ۷). نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که به‌ترتیب تیمار کود دامی + کود شیمیایی (۶۴۱/۰ کیلو گرم بر مترمربع) ۳۸ درصد نسبت به شاهد و تیمار کود شیمیایی با ۱۷ درصد اختلاف با شاهد دارای برتری بودند (جدول ۸). در بین تیمارهای ترکیبی، بیشترین عملکرد دانه به‌ترتیب در تیمار کود دامی + کود شیمیایی (۶۴۱/۰ کیلوگرم بر مترمربع) با ۳۸ درصد اختلاف با شاهد و تیمار ترکیبی کود دامی + شیرابه کود دامی (۵۰۳/۰ کیلوگرم بر مترمربع) با هشت درصد اختلاف با شاهد مشاهده شد (جدول ۸).

تعداد شاخه‌های فرعی

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثرات تیمارهای کودی بر تعداد شاخه‌های فرعی درجه یک و دو ($p \leq 0.01$) معنی‌دار بود (جدول ۷). مقایسه میانگین‌ها (جدول ۸) نشان داد که به‌ترتیب مصرف کودهای شیمیایی با ۲۸ درصد و شیرابه کود دامی با ۱۹ درصد برتری نسبت به شاهد، بالاترین تعداد شاخه‌های فرعی درجه یک را داشته‌اند (Saydi et al., 2016).

مقایسه میانگین‌ها (جدول ۸) نشان داد که به‌ترتیب تیمارهای مصرف کودهای شیمیایی با ۵۶ عدد و شیرابه کود دامی با ۴۹ عدد شاخه فرعی درجه دو، بالاترین مقدار این صفت را داشتند.

در مقایسه اثر تیمارهای ترکیبی، بالاترین تعداد شاخه‌های فرعی درجه دو به‌ترتیب مربوط به تیمار ترکیبی کود دامی + شیرابه کود دامی با ۵۶ درصد برتری نسبت به شاهد و تیمار ترکیبی کود دامی + کود شیمیایی با ۳۶ درصد برتری در مقایسه با شاهد و در نهایت تیمار ترکیبی شیرابه کود دامی + کود شیمیایی با اختلاف ۱۹ درصد با شاهد بود (جدول ۸).

تعداد چتر و چترک در هر بوته

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثرات تیمارهای کودی بر تعداد چتر و چترک در هر بوته ($p \leq 0.01$) معنی‌دار بود (جدول ۷). مقایسه میانگین‌ها (جدول ۸) نشان داد که به‌ترتیب مصرف کودهای شیرابه کود دامی با ۸۴ درصد و کود شیمیایی با ۸۰ درصد برتری نسبت به شاهد، بالاترین تعداد چتر در هر بوته را داشتند.

در مقایسه اثر تیمارهای ترکیبی، بالاترین تعداد چتر در هر بوته به‌ترتیب در تیمار ترکیبی کود شیمیایی + شیرابه کود دامی با ۴۰ درصد اختلاف با شاهد و تیمار ترکیبی کود دامی + شیرابه کود دامی با ۲۶ درصد اختلاف نسبت به شاهد و در نهایت تیمار ترکیبی شیرابه کود دامی + کود دامی با اختلاف ۱۹ درصد با شاهد مشاهده شد (جدول ۸).

مقایسه میانگین‌ها (جدول ۸) نشان داد که به‌ترتیب مصرف کودهای شیمیایی و شیرابه کود دامی، بالاترین تعداد چترک در هر بوته را داشتند که به‌ترتیب ۱۹۷ و ۱۴۳ درصد در مقایسه با شاهد، برتری داشت. در مقایسه اثر تیمارهای ترکیبی، بالاترین تعداد چترک در هر بوته به‌ترتیب مربوط به تیمار ترکیبی کود دامی + شیرابه کود دامی با ۹۷ درصد اختلاف با شاهد و تیمار ترکیبی کود شیمیایی + شیرابه کود دامی با ۵۵ درصد اختلاف با شاهد و در نهایت تیمار ترکیبی کود دامی + کود شیمیایی با اختلاف ۴۶ درصد با شاهد بود (جدول ۸). کودهای آلی همراه با کودهای شیمیایی از طریق بهبود فعالیت تنظیم‌کننده‌های رشد گیاه و کاهش آب‌شویی عناصر موجود در خاک باعث فراهمی بیشتر جذب عناصر غذایی توسط گیاه و افزایش فتوسنتز و ماده خشک گیاهی گردیده که این امر در نهایت سبب افزایش گل‌دهی و تعداد چتر در بوته می‌شود (Bigonah et al., 2015).

وزن هزار دانه و دانه در هر بوته

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثرات تیمارهای کودی بر وزن هزار دانه و دانه در هر بوته ($p \leq 0.01$) معنی‌دار بود (جدول ۷). مقایسه میانگین‌های حاصل از این پژوهش (جدول ۸) نشان داد که کود شیمیایی با دو درصد اختلاف با شاهد، بالاترین وزن هزار دانه را نسبت به شاهد داشتند. مقایسه میانگین‌ها همچنین نشان داد که تیمار

شاهد به دست آمد. بعد از آن، تیمار کود شیمیایی (۶۶ سانتی متر) برتری-۱۴ درصدی نسبت به شاهد را دارا بود. در مقایسه اثر تیمارهای ترکیبی، بالاترین ارتفاع بوته به ترتیب مربوط به تیمار ترکیبی کود دامی + شیرابه کود دامی با ۱۱ درصد اختلاف با شاهد، و تیمار ترکیبی کود شیمیایی + شیرابه کود دامی با هفت درصد اختلاف با شاهد و در نهایت تیمار ترکیبی کود دامی + کود شیمیایی با اختلاف دو درصد اختلاف با شاهد بود (جدول ۸). در مجموع، می توان گفت که کودهای آلی تأثیر مفیدی بر ویژگی های زیست-فیزیکی شیمیایی خاک دارند، و دسترس پذیری عناصر غذایی را افزایش می دهند (Melero et al., 2008).

شاخص برداشت

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۷) نشان داد که اثر تیمارهای کودی بر شاخص برداشت معنی دار بود ($p \leq 0.05$). بیشترین میزان شاخص برداشت مربوط به شاهد و بعد از آن تیمار کود دامی مشاهده شد (جدول ۸).

در مجموع، شاخص برداشت، چگونگی توزیع مواد پرورده بین اندام های رویشی و دانه گیاهان را نشان می دهد، بنابراین هر عاملی که مقادیر این عوامل را تغییر می دهد باعث تغییر در مقدار شاخص برداشت می شود (Moradi et al., 2009). در تحقیقی گزارش شد که بیشترین شاخص برداشت گشنیز مربوط به تیمار تلقیح با میکوریزا و مصرف ۷۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفات زیستی و ۲۰ تن در هکتار کود دامی گاوی بود (Bastami & Majidian, 2015).

تبادل در عناصر غذایی باعث افزایش رشد رویشی و زایشی می شود. با ایجاد فرآورده های فتوسنتزی حاصل از رشد رویشی و انتقال به موقع این فرآورده ها به دانه ها سبب تولید دانه بیشتر و افزایش شاخص برداشت می شود (Bastami & Majidian, 2015). با توجه به مقادیر فراوان مواد آلی و عناصر غذایی موجود در کود دامی و شیرابه کود دامی، این مواد اثرات مثبت زیادی از جمله بهبود خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک و همچنین افزایش عملکرد و کیفیت محصول را به همراه دارند. شیرابه کود دامی دارای آب بیشتری نسبت به کود دامی است که می تواند شرایط را برای فعالیت ریزجانداران خاک برای مدت زمان طولانی تری تقریباً تا ۱۱۹ روز فراهم سازد و علاوه بر آن منجر به انتشار سریع تر ریزجانداران به عمق خاک می شوند (Farrokhi et al., 2021).

کود شیمیایی (۱۲/۴۸ گرم) با ۷۳ درصد اختلاف با شاهد و بعد از آن تیمار شیرابه کود دامی (۱۱/۸۵ گرم) با اختلاف ۶۴ درصد اختلاف با شاهد، بیشترین وزن دانه در هر بوته را نسبت به شاهد دارا بودند (جدول ۸). در بررسی اثر تیمارهای ترکیبی، تیمار کود شیمیایی + شیرابه کود دامی با اختلاف ۴۱ درصد، بیشتری وزن دانه در هر بوته را نسبت به شاهد داشت (جدول ۸).

کود شیمیایی باعث فراهم سازی و بهبود جذب عناصر غذایی، کاهش رقابت بین بوته ها، افزایش رشد رویشی و در نهایت افزایش عملکرد محصول می شود (Tavasoli et al., 2010). اما اخیراً به کارگیری روش های مدیریت پایدار کشاورزی برپایه مصرف کودهای آلی و بیولوژیک که با هدف حذف یا کم کردن مصرف نهاده های شیمیایی می باشد، مهم ترین راهکار برای جلوگیری از مشکلات زیست محیطی و بالا بردن سلامت محصولات کشاورزی عنوان شده است (Sharma et al., 2003).

مصرف کودهای آلی در مقایسه با کودهای شیمیایی به تنهایی، دارای مقدار زیادی از عناصر غذایی به خصوص نیتروژن، فسفر و پتاسیم می باشند که این عناصر را به تدریج در اختیار گیاه قرار می دهند (Zare Feizabadi et al., 2012). در مطالعه ای گزارش شده است که کاربرد ۱۵ تن کود دامی گاوی در هکتار سبب تولید بیشترین وزن هزار دانه در گندم (*Triticum aestivum* L.) شد و دلیل آن، اثرات مفید کود دامی بر میزان افزایش رشد ریشه، فراهم سازی مناسب عناصر غذایی و افزایش سطح برگ و بهبود فتوسنتز و در نهایت توزین بهتر مواد در مخازن زایشی بیان شد. در پژوهش یاد شده همچنین عنوان شد که از آنجایی که وزن هزار دانه گیاه به عواملی مثل شرایط پر شدن دانه تا مرحله رسیدگی فیزیولوژیک و همچنین تأمین مواد غذایی تا اواخر فصل رشد بستگی دارد، لذا در دسترس بودن عناصر غذایی برای گیاه ضروری می باشد و به نظر می رسد که افزایش عرضه عناصر غذایی مناسب و مواد فتوسنتزی به خصوص در مرحله پر شدن دانه باعث بهبود میزان مواد ذخیره ای در دانه و در نتیجه افزایش وزن هزار دانه شده است (Zare Feizabadi et al., 2012).

ارتفاع بوته

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثرات تیمارهای کودی بر ارتفاع بوته ($p \leq 0.01$) معنی دار بود (جدول ۷). مقایسه میانگین ها (جدول ۸) نشان داد که در تیمار مصرف کود دامی (۶۶/۶۷ سانتی متر) با اختلاف ۱۵ درصد با شاهد، بالاترین میزان ارتفاع بوته نسبت به

جدول ۷- آنالیز واریانس (میانگین مربعات) صفات زایشی گشنیز تحت تأثیر تیمارهای کود آلی و شیمیایی

Table 7- Analysis of variance (mean of squares) of reproductive traits of coriander under organic and chemical fertilizer treatments

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی d.f	تعداد دانه در هر بوته Number of seeds per plant	عملکرد دانه Seed yield,	شاخه‌های فرعی درجه ۱ Primary branches	شاخه‌های فرعی درجه ۲ Secondary branches	تعداد چتر در بوته No. of umbels per plant	تعداد چترک در بوته No. of umbellets per plant	وزن هزار دانه 1000- seed weight	وزن دانه در بوته Seed weight per plant	ارتفاع بوته Plant height, (cm)	شاخص برداشت Harvest index, (%)
بلوک Block	2	2715 ^{ns}	0.0006 ^{ns}	0.19	286.5 ^{ns}	76.11 ^{ns}	61.9 ^{ns}	0.123 ^{ns}	0.2264 ^{ns}	9 ^{ns}	0.00038 ^{ns}
تیمار Treatment	6	117163 ^{**}	0.0156 ^{**}	4.26 ^{ns}	232.504 ^{**}	358.54 ^{**}	13615.9 ^{**}	1.045 ^{**}	16.51 ^{**}	32.44 [*]	0.0065 ^{**}
خطا Error	12	2059	0.00017	0.746	6.397	8.706	156.3	0.056	0.2125	7.27	0.0007
ضریب تغییرات C.V (%)	—	23.3%	13.9%	11.3%	19.9%	23.1%	32.9%	5.6%	24.7%	6.1%	11.58%

ns و **: به ترتیب نشان‌دهنده غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد
ns and **: respectively indicate non-significant and significant at the 1% probability level

درصد اسانس و عملکرد اسانس

طبق نتایج به‌دست‌آمده براساس آنالیز واریانس، تیمارهای کودی اثر معنی‌داری بر درصد اسانس ($p \leq 0.05$) داشتند (جدول ۹). بیشترین درصد اسانس مربوط به تیمار شیرابه کود دامی (۲۱۷/۰ درصد) با اختلاف ۳۹ درصدی بیشتر از شاهد به دست آمد (جدول ۱۰). در مورد مقایسه کودهای ترکیبی، بیشترین مقدار درصد اسانس به‌ترتیب مربوط به تیمار کود دامی + کود شیمیایی و بعد از آن کود شیمیایی + شیرابه کود دامی بود (جدول ۱۰). طبق تحقیقی که روی گیاه دارویی گشنیز مشاهده شد، با مصرف کود دامی مقدار درصد اسانس افزایش یافت (Aghhavan-Shajari, 2012). متابولیت‌های ثانویه در گیاهان تحت تنش‌های محیطی افزایش می‌یابد، بنابراین به نظر می‌رسد که گیاهان در تیمار شاهد به‌علت کمبود عناصر غذایی با تنش مواجه شده و درصد اسانس را در خود افزایش داده‌اند. اما کودهای آلی و بیولوژیک با قابلیت نگهداری بیشتر آب در خاک و فراهم نمودن عناصر غذایی، از مواجهه گیاه با تنش جلوگیری کرده، لذا درصد اسانس در این تیمارها در مقایسه با شاهد کمتر بود. از آنجاکه عملکرد اسانس تابع درصد اسانس و عملکرد دانه می‌باشد، لذا افزایش در هر کدام از این شاخص‌ها سبب افزایش عملکرد اسانس خواهد شد (Bigonah et al., 2015).

با توجه به نتایج تجزیه واریانس، اثر تیمارهای کودی در مرحله رویشی بر عملکرد اسانس گشنیز در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود ($p \leq 0.01$) (جدول ۹). مقایسه میانگین عملکرد اسانس مورد بررسی نشان داد که تیمار شیرابه کود دامی (۰/۰۳۳ کیلوگرم در

مترمربع) بیشترین تأثیر را بر عملکرد اسانس و بیشترین اختلاف را با شاهد (۶۳ درصد) داشت (جدول ۱۰). نتایج مطالعات اقحوانی شجری و همکاران (Aghhavan-Shajari et al., 2014) روی اثر کودهای آلی، شیمیایی و زیستی بر گیاه دارویی گشنیز نشان داد که بیشترین مقادیر درصد و عملکرد اسانس با مصرف منفرد کود گاوی حاصل شد و بیشترین عملکرد برگ در تیمار کود شیمیایی مشاهده گردید.

در مقایسه اثر کودهای ترکیبی، بیشترین میزان عملکرد اسانس به‌ترتیب مربوط به تیمار ترکیبی کود دامی + کود شیمیایی (۰/۰۱۹ کیلوگرم بر مترمربع)، تیمار ترکیبی کود شیمیایی + شیرابه کود دامی (۰/۰۱۶۹ کیلوگرم بر مترمربع) و در آخر تیمار ترکیبی کود دامی + شیرابه کود دامی (۰/۰۱۳۷ کیلوگرم بر مترمربع) بود (جدول ۱۰). مرادی و همکاران (Moradi et al., 2009) گزارش کردند که استفاده از کودهای آلی و بیولوژیکی مختلف موجب بهبود اسانس و شاخص‌های رشدی و عملکرد دانه گیاه رازیانه (*Foeniculum vulgare* Mill) شد. درزی و همکاران (Darzi et al., 2013) گزارش کردند که کودهای دامی باعث افزایش معنی‌دار عملکرد ماده خشک گیاه گشنیز و افزایش درصد اسانس، عملکرد اسانس و در نهایت عملکرد دانه این گیاه گردید. در مطالعه گیاه دارویی زوفا (*Hyssopus officinalis* L.) تحت عنوان اثر کودهای آلی و زیستی بر رشد، عملکرد و خصوصیات کیفی، کاربرد کودهای آلی و زیستی سبب افزایش عملکرد اسانس نسبت به شاهد گردید (Koocheki et al., 2008).

جدول ۸- مقایسه میانگین صفات زایشی زائینر تحت تأثیر تیمارهای کود آلی و شیمیایی

Table 8- Mean comparison of reproductive traits of coriander under organic and chemical fertilizer treatments

تیمار Treatment	تعداد دانه در هر بوته Number of seeds per plant	عملکرد دانه Seed yield (g m ⁻²)	تعداد شاخه‌های فرعی درجه ۱ Number of primary branches	تعداد شاخه‌های فرعی درجه ۲ Number of secondary branches	تعداد چتر در هر بوته Number of umbels per plant	تعداد چترک در هر بوته Number of umbellets per plant	وزن هزار دانه Thousand seed weight (g)	وزن دانه در هر بوته Seed weight per plant (g)	ارتفاع بوته Plant height (cm)	شاخص برداشت دانه Seed harvest index (%)
۱۰۰٪ کود شیمیایی 100% chemical fertilizer	952 b*	541 ^b	13.67 ^a	56 ^a	57 ^a	306 ^a	11.35 ^a	12.48 ^a	22.66 ^a	40.22 ^{bc}
۱۰۰٪ شیرابه کود دامی 100% slurry	1206 ^a	466 ^{cd}	12.67 ^{ab}	49 ^b	58.33 ^a	250 ^b	10.49 ^{bc}	11.85 ^a	64.33 ^{ab}	37.93 ^c
۱۰۰٪ کود دامی 100% animal manure	717 ^{cd}	431 ^d	10.67 ^b	45.33 ^{bc}	56 ^a	200 ^c	11.09 ^{ab}	7.58 ^c	66.67 ^a	47.78 ^{ab}
۵۰٪ کود دامی + ۵۰٪ شیرابه 50% animal manure + 50% slurry	700 ^{cd}	503 ^c	11 ^b	46.33 ^{bc}	36 ^{bc}	203 ^c	9.79 ^d	7.22 ^c	64.33 ^{ab}	39.59 ^c
۵۰٪ کود شیمیایی + ۵۰٪ شیرابه 50% chemical fertilizer + 50% slurry	800 ^c	451 ^d	10.67 ^b	35.33 ^{de}	33.44 ^b	160 ^d	10 ^{cd}	10.22 ^b	62.33 ^{ab}	45.28 ^{abc}
شیمیایی 50% animal manure + 50% chemical fertilizer	719 ^{cd}	641 ^a	12 ^{ab}	40.33 ^{cd}	40 ^{bc}	150 ^d	10.63 ^{bc}	7.24 ^c	59.33 ^{ab}	39.50 ^c
شاهد Control	641 ^d	464 ^d	10.67 ^b	29.67 ^e	31.67 ^c	103 ^e	11.12 ^{ab}	7.23 ^c	58 ^b	49.75 ^a

* Means sharing at least one common letter within each column are not significantly different at the 5% probability level according to Tukey's test.

جدول ۹- آنالیز واریانس (میانگین مربعات) درصد و عملکرد اسانس بخش رویشی گشنیز تحت تأثیر تیمارهای کود آلی و شیمیایی
Table 9- Analysis of variance (mean of squares) of essential oil content and yield of coriander vegetative parts as affected by organic and chemical fertilizer treatments

منابع متغیر S.O.V	درجه آزادی df	عملکرد اسانس Essential oil yield	درصد اسانس Essential oil content
بلوک Block	2	0.573 ^{ns}	0.0020 ^{ns}
تیمار Treatment	6	145.83 ^{**}	0.0039 ^{**}
خطا Error	12	3.044	0.00016
ضریب تغییرات C.V (%)	-	34.1	24.4

ns و **: به ترتیب نشان دهنده غیرمعنی دار و معنی دار در سطح احتمال یک درصد.

ns and **: indicate non-significant and significant at 1% probability level, respectively.

جدول ۱۰- مقایسه میانگین درصد و عملکرد اسانس بخش رویشی گشنیز تحت تأثیر تیمارهای کود آلی و شیمیایی
Table 10- Mean comparison of essential oil content and yield of coriander vegetative parts as affected by organic and chemical fertilizer treatments

تیمار Treatment	عملکرد اسانس Essential oil yield (g m ⁻²)	درصد اسانس Essential oil content (%)
۱۰۰٪ کود شیمیایی 100% chemical fertilizer	20 ^{b*}	0.141 ^{bc}
۱۰۰٪ شیرابه کود دامی 100% slurry	33 ^a	0.217 ^a
۱۰۰٪ کود دامی 100% manure	130 ^c	0.114 ^c
۵۰٪ کود دامی + ۵۰٪ شیرابه کود دامی 50% manure + 50% slurry	137 ^c	0.113 ^c
۵۰٪ کود شیمیایی + ۵۰٪ شیرابه کود دامی 50% chemical fertilizer + 50% slurry	169 ^{bc}	0.128 ^{bc}
۵۰٪ کود دامی + ۵۰٪ کود شیمیایی 50% manure + 50% chemical fertilizer	194 ^b	0.163 ^b
شاهد Control	207 ^b	0.156 ^b

* میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون تفاوت معنی‌داری براساس آزمون توکی در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

* Means with the same letters in each column are not significantly different based on Tukey's test at 5% probability level.

نتیجه‌گیری

به‌طور کلی، نتایج حاصل از این آزمایش نشان داد که تیمارهای کودی به‌طور معنی‌داری بر تمامی خصوصیات ریخت‌شناختی و اجزای عملکرد و عملکرد گیاه دارویی گشنیز مؤثر بود. نتایج نشان داد که بیشترین مقدار وزن تر و وزن خشک بوته مربوط به تیمار ترکیبی کود دامی + کود شیمیایی بود. همچنین بیشترین تعداد دانه در هر بوته و تعداد چتر در هر بوته در تیمار شیرابه کود دامی مشاهده شد. بیشترین تعداد چترک در هر بوته، تعداد شاخه‌های فرعی درجه ۱ و درجه ۲ و

یکی از تأثیرات مثبت کودهای آلی را شاید بتوان به بالا بردن عملکرد اسانس در گیاهان و تأثیر این کودها بر ویژگی‌های رشدی گیاه نسبت داد، به عبارتی، میزان نسبتاً بالای عملکرد در گیاهان تحت تأثیر تیمارهای آلی را می‌توان به دلیل تولید سطح برگ و ماده خشک بیشتر در اثر مصرف کودهای آلی نسبت داد (Tahami, 2010). به کارگیری کود آلی در گیاه رازیانه باعث افزایش عملکرد اسانس و درصد اسانس شد (Nada et al., 2022). در آزمایشی، کاربرد کود آلی و زیستی به جای کود شیمیایی در گیاه رازیانه باعث افزایش اسانس گیاه رازیانه در تیمارهای کود آلی و زیستی گردید (Azzaz et al., 2009).

ترکیبی کود دامی + کود شیمیایی، بیشترین میزان صفات کمی و کیفی گیاه گشنیز به دست آمد. استفاده از شیرابه کود دامی به عنوان جایگزین کود شیمیایی علاوه بر بهبود اغلب خصوصیات ریخت‌شناختی و عملکردی گشنیز، موجب کاهش مصرف کود شیمیایی به عنوان یکی از نهاده‌های پرهزینه می‌گردد. همچنین کاربرد این کود، رسیدن به اهداف کشاورزی پایدار را تسهیل می‌کند.

وزن دانه در هر بوته نیز در تیمار کود شیمیایی به دست آمد. همچنین بالاترین ارتفاع بوته مربوط به تیمار کود دامی بود. در مورد شاخص برداشت، بعد از شاهد بالاترین مقدار مربوط به تیمار کود دامی بود. نتایج همچنین نشان داد که تیمار شیرابه کود دامی بیشترین درصد اسانس و عملکرد اسانس را به خود اختصاص داد. به‌طور کلی نتایج نشان داد که با استفاده از شیرابه کود دامی و کود

References

- Ahmed Mohamed, E. A., Muddathir, A. M., & Hassan Abdalla, A. (2020). Effects of organic and inorganic fertilization on growth, yield, seed fixed oil content, and fatty acids profile of garden cress (*Lepidium sativum* L.). *Applied Sciences*, 10(2), 2–9. <https://doi.org/10.1007/s42452-020-03562-9>
- Ahvazi, M., Rezvani Aghdam, A., & Habibi Khaniyani, B. (2010). Herbal Seeds: Morphology, Physiology, and Medicinal Properties (Vol. 1). Jihad Daneshgahi Publications, Tehran, Iran. (Original work published 1389), 236 p.
- Aghhavani-Shajari, M. (2012). Evaluation of quantitative and qualitative changes in coriander (*Coriandrum sativum* L.) in response to single and combined applications of fertilizer sources. (MSc. Thesis, Department of Agroecology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran. (In Persian).
- Aghhavani Shajari, Rezvani Moghaddam, P., Ghorbani, R., & Nassiri Mahallati, M. (2014). Effects of organic, biological and chemical fertilizers on vegetative indices and essential oil content of coriander (*Coriandrum sativum* L.). *Journal of Agroecology*, 6(3), 425–443. (In Persian). <https://doi.org/10.22067/jag.v6i3.43405>
- Aghhavani Shajari, M., Rezvani Moghaddam, P., Ghorbani, R., & Nassiri Mahallati, M. (2016). Effects of single and combined application of organic, biological and chemical l fertilizers on quantitative and qualitative yield of coriander (*Coriandrum sativum*). *Journal of Horticultural Science*, 29(4), 486–500. (In Persian). <https://doi.org/10.22067/jhorts4.v29i4.51510>
- Almasi, F. (2021). Organic fertilizer effects on morphological and biochemical traits and yield in coriander (*Coriandrum sativum* L.) as an industrial and medicinal plant. *Agrotechniques in Industrial Crops*, 1(1), 19–23. <https://doi.org/10.22126/etic.2021.6476.1011>
- Amiri, M. B., Ghorbani, R., Jahan, M., & Ahyaee, H. R. (2013). Evaluation of some germination and seedling traits of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) seeds produced under biological and organic fertilizer applications in the field. *Iranian Journal of Crop Research*, 10(4), 649–658. (In Persian). <https://doi.org/10.22067/gsc.v10i4.20341>
- Assefa, S., & Tadesse, S. (2019). The principal role of organic fertilizer on soil properties and agricultural productivity: A review. *Agricultural Research and Technology*, 22(2), 46–50. <https://doi.org/10.19080/ARTOAJ.2019.22.556192>
- Azzaz, N. A., Hassan, E. A., & Hamad, E. H. (2009). The chemical constituent and vegetative and yielding characteristics of fennel plants treated with organic and bio-fertilizer instead of mineral fertilizer. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 3(2), 579–587.
- Bastami, A., & Majidian, M. (2015). Effect of mycorrhiza, bio-phosphate fertilizer, and vermicompost on photosynthetic pigments and coriander yield. *Tolidat Giyahi (Scientific Journal of Agriculture)*, 38(4), 49–60. (In Persian). <https://doi.org/10.22055/ppd.2016.11841>
- Bender, S. F., Wagg, C., & van der Heijden, M. G. (2016). Biodiversity and soil ecological engineering for agricultural sustainability. *Trends in Ecology & Evolution*, 31(6), 440–452. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2016.02.016>
- Bigonah, R., Rezvani Moghaddam, P., & Jahan, M. (2015). Effects of different fertilizer managements on quantitative and qualitative characteristics of coriander (*Coriandrum sativum* L.) as a medicinal plant. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 12(4), 574–581. (In Persian). <https://doi.org/10.22067/gsc.v12i4.45140>
- Darzi, M., Haj Seyed Hadi, M., & Rajali, F. (2013). Effect of cattle manure and growth-promoting bacteria on some morphologic traits and yield of coriander medicinal plant. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 28(3), 434–446. (In Persian). <https://doi.org/10.22092/ijmapr.2012.2945>
- Farrokhi, E., Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., & Khademi, R. (2021). The effects of manure and biological and chemical fertilizers on yield and some morphological characteristics of *Aloe vera* (*Aloe burbadensis* Miller.) in Bushehr province. *Journal of Agroecology*, 13(3), 391–407. (In Persian). <https://doi.org/10.22067/jag.v1i1.35204>
- Frick, H., Oberson, A., Cormann, M., Wettstein, H. R., Frossard, E., & Bunemann, K. (2022). Leached nitrate under fertilised loamy soil originates mainly from mineralisation of soil organic N. *Agriculture, Ecosystems &*

- Environment. 338, 0167-8809. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2022.108093>
16. Gholami Sharafkhane, E., Jahan, M., Bannayan Aval, M., Koocheki, A., & Rezvani Moghaddam, P. (2015). The effect of organic, biological and chemical fertilizers on yield, essential oil percentage and some agroecological characteristics of summer savoury (*Satureja hortensis* L.) under Mashhad conditions. *Journal of Agroecology*, 7(2), 179-189. (In Persian). <https://doi.org/10.22067/jag.v7i2.50231>
17. Hasheminejad, A., & Bahadori, A. (2008). Identification of Medicinal and Aromatic Plants (1st Ed.). Farhikhtegan Daneshgah Publications. Tehran, Iran. 279 p. (Original work published 1387).
18. Hossain, A., & Ishimine, Y. (2007). Effects of farmyard manure on growth and yield of turmeric (*Curcuma longa* L.) cultivated in dark-red soil, red soil, and gray soil in Okinawa, Japan. *Plant Production Science*, 10(1), 146–150. <https://doi.org/10.1626/pps.10.146>.
19. Jeptoo, A., Aguyoh, J. N., & Saidi, M. (2013). Improving carrot yield and quality through the use of bio-slurry manure. *Sustainable Agriculture Research*, 2(1), 164–172. <https://doi.org/10.5539/sar.v2n1p164>.
20. Kaplan, M., Kocabas, I., Sonmez, I., & Kalkan, H. (2009). The effects of different organic manure applications on the dry weight and the essential oil quantity of sage (*Salvia fruticosa* Mill.). *Acta Horticulturae*, 826, 147–152.
21. Koocheki, A., Tabrizi, L., & Ghorbani, R. (2008). Effect of biofertilizers on agronomic and quality criteria of hyssop (*Hyssopus officinalis*). *Iranian Journal of Field Crops Research*, 6(1), 127-137. (In Persian). <https://doi.org/10.22067/gsc.v6i1.1184>
22. Leithy, S., El-Meseiry, T. A., & Abdallah, E. F. (2006). Effect of biofertilizer, cell stabilizer, and irrigation regime on rosemary herbage oil quality. *Journal of Applied Sciences Research*, 2, 773–779.
23. Maerere, A. P., Kimbi, G. G., & Nonga, D. L. M. (2001). Comparative effectiveness of animal manures on soil chemical properties, yield, and root growth of *Amaranthus*. *African Journal of Science and Technology*, 1(4), 14–21. <https://doi.org/10.4314/ajst.v1i4.44623>
24. Malakouti, M. J. (2014). Optimal Fertilizer use Recommendations for Agricultural Products in Iran: Determining the amount, type, and timing of fertilizer use with the aim of relative self-sufficiency, ensuring community food security, and increasing farmers' income. Molabgan Publications. Tehran, Iran. 348 p.
25. Melero, S., Vanderlinden, K., Ruiz, J. C., & Madejón, E. (2008). Long-term effect on soil biochemical status of a vertisol under conservation tillage system in semi-arid Mediterranean conditions. *European Journal of Soil Biology*, 44(4), 437–442. <https://doi.org/10.1016/j.ejsobi.2008.06.003>
26. Mirjalili, A., Lebaschi, M. H., Ardakani, M. R., Heidari Sharifabad, H., & Mirza, M. (2021). Biochemical changes of Bakhtiari savory affected by organic fertilizer and plant density under dryland farming conditions. *Journal of Ethno-Pharmaceutical Products*, 2(2), 70–77. https://js.kgut.ac.ir/article_249132_8273e42bb4de11d39f37ab81f96f93ec.pdf
27. Moradi, R. A., Rezvani Moghaddam, P., & Nassiri Mahallati, M. (2009). Effects of biological and organic fertilizers on yield and yield components and quantity and quality of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) essential oil. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 7(2), 625–635. (In Persian).
28. Morales, F., Grasa, R., & Abadía, J. (1998). Iron chlorosis paradox in fruit tree. *Plant Nutrition*, 21, 815–825. <https://doi.org/10.1080/01904169809365444>
29. Nada, R. S., Ashmawi, A. E., Mady, E., Randhir, T. O., & Elateeq, A. A. (2022). Effect of organic manure and plant growth promoting microbes on yield, quality, and essential oil constituents of fennel bulb (*Foeniculum vulgare* Mill.). *Journal of Ecological Engineering*, 23(5), 149–164. <https://doi.org/10.12911/22998993/147252>
30. Naim, A. H., Ahmed, K. M., & Ahmed, F. E. (2015). Effects of chicken manure on growth and yield of jute mallow (*Corchorus olitorius* L.) under rain-fed conditions of Sudan. *Open Access Library Journal*, 2, e2042. <https://doi.org/10.4236/oalib.1102042>.
31. Pande, V. V., Shastri, K. V., Khadse, C. D., Tekade, A. R., Tankar, A. N., & Jain, B. B. (2018). Assessment of indigenous knowledge of medicinal plants from Vidarbha region of Maharashtra. *International Journal of Green Pharmacy*, 2(2), Article 30.
32. Rasouli, F., Nasiri, Y., Asadi, M., Hassanpour Aghdam, M. B., Golestaneh, S., & Pirsarandib, Y. (2022). Fertilizer type and humic acid improve the growth responses, nutrient uptake, and essential oil content on *Coriandrum sativum* L. *Scientific Reports*, 12, 7437. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-11555-4>
33. Razavi Khorasan Meteorological and Climate Center. (2021). Meteorological Data. Iranian Meteorological Organization, Mashhad, Iran. (In Persian)
34. Rezvani Moghaddam, P., Bakhshaei, S., Amin Ghafouri, A., & Jafari, R. (2012). Effects of different fertilizer managements on production of savory medicinal plant under Mashhad conditions. *Iranian Journal of Crop Research*, 12(1), 27–33. (In Persian).
35. Saydi, Z., Fateh, A., & Ayneband, A. (2016). Effect of nitrogen and organic fertilizers on soil properties and essential oil characteristics of ajowan (*Carum capticum*). *Journal of Crop Production*, 9(2), 175–192. (In Persian). <https://doi.org/10.22069/ejcp.2016.3122>
36. Sharma, D. P., Sharma, T. R., Agrawal, S. B., & Rawat, A. (2003). Differential response of turmeric to organic and inorganic fertilizers. *JNKVV Research Journal*, 37(2), 17–19.

37. Tavasoli, A., Ghanbari, A., Ahmadi, M. M., & Heydari, M. (2010). The effect of fertilizer and manure on forage and grain yield of millet (*Panicum miliaceum*) and bean (*Phaseolus vulgaris*) in intercropping. *Iranian Journal of Crop Research*, 8(2), 203–212. (In Persian). <https://doi.org/10.22067/gsc.v8i2.7518>
38. Tahami, M. K. (2010). Evaluation of the effects of organic, biological, and chemical fertilizers on yield, yield components, and essential oil of basil (*Ocimum basilicum* L.). MSc. Thesis, Department of Agrotechnology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran. (In Persian).
39. Turan, M. A., Elkarim, A. H. A., Taban, N., & Taban, S. (2009). Effect of salt stress on growth, stomatal resistance, proline and chlorophyll concentrations on maize plant. *African Journal of Agricultural Research*, 4, 893–897.
40. Zare Feizabadi, A., Jamali, S. M., Taheri, G., & Khazaei, H. (2012). Combined effect of vermicompost and biological materials on quantitative traits of bread wheat. *Journal of Ecological Agriculture*, 1(2), 65–76. (In Persian).