

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, Iran

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 tons.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 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, 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 and the number of umbels compared to the control, suggesting improved nutrient solubility and uptake efficiency. Chemical fertilizer alone yielded the highest number of umbellets, branches, and seed weight 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, which also showed the highest harvest index after the control, 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: Essence percentage, Harvest index, Organic fertilizer, 1000 seed weight

مقایسه اثر کاربرد منفرد و ترکیبی کودهای آلی، شیمیایی و شیرابه کوددامی 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

۱- گروه اگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، ایران

(Email: rezvani@um.ac.ir)

(*) نویسنده مسئول:

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 (کودگاوی، شیرابه کوددامی، کودشیمیایی، سه تیمار دوگانه هر یک از منابع کودی و شاهد) و سه تکرار اجرا گردید. نتایج نشان دادند بیشترین عملکرد تر و خشک (به ترتیب ۷۱۳۰۰ و ۱۴۹۰۰ کیلوگرم در هکتار) مربوط به تیمار ترکیبی کودگاوی + کودشیمیایی بود. شیرابه کوددامی باعث افزایش تعداد دانه در بوته، تعداد چتر در بوته، عملکرد تر و خشک (به ترتیب ۱۲۰۶، ۵۸/۳۳، ۴۸۵۰۰، ۱۳۲۰۰ کیلوگرم بر متر مربع) در مقایسه با تیمار کود شیمیایی شد. بیشترین ارتفاع بوته در تیمار کودگاوی مشاهده شد. شاخص برداشت پس از شاهد (۴۹/۷۵ درصد)، در تیمار کودگاوی (۴۷/۷۸ درصد) بالاترین مقدار را داشت. نتایج نشان داد که تیمار شیرابه کوددامی بیشترین درصد اسانس و عملکرد اسانس را به خود اختصاص داد. به طور کلی، استفاده از شیرابه کوددامی در بیشتر صفات دارای برتری بود و ترکیب کودگاوی و کودشیمیایی 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 کوددامی، می‌تواند در بهبود رشد و عملکرد گیاهان دارویی موثر باشد.

کلیدواژه‌ها: درصد اسانس، شاخص برداشت، کودهای آلی، وزن هزار دانه

مقدمه

گشنیز با نام انگلیسی Coriander جزء گیاهان یکساله و علفی است که از خانوادهٔ چتریان می‌باشد. این گیاه دارای ساقه‌های راست، افراشته، توخالی، شیاردار و منشعب با ارتفاع بوته ۲۰ تا ۱۴۰ سانتی متر 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, Rezvani Aghdam, & Habibi Khaniyani, 2010). ظهور گل‌ها در گشنیز در اواسط اردیبهشت تا اواسط تیر ماه می‌باشد و برداشت بذرها از اوایل تیر ماه آغاز و تا اواخر مرداد ماه به طول می‌انجامد (Hasheminejad & Bahadori, 2008). در دهه‌های گذشته با استفاده از کودهای شیمیایی برای افزایش عملکرد محصولات زراعی، باعث آلودگی‌های زیست‌محیطی و مخصوصاً آلوده شدن خاک و آب گردید، که همین آلودگی‌ها با قرار گرفتن در زنجیرهٔ غذایی انسان‌ها باعث به خطر افتادن سلامت بشر شده‌است (Farkhi, Koocheki, Nasiri Mahallati, & Khademi, 2021). امروزه به دلیل مشکلات استفاده بیش از حد از کودهای شیمیایی، محققان استفاده از کودهای آلی را به جای کودهای شیمیایی در کشاورزی توصیه می‌کنند (Mirjalili, Lebaschi, Ardakani, Heidari Sharifabad, & Mirza, 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, Wagg, & Heijden, 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, Muddathir, & Hassan Abdalla, 2020). کوددामी و شیرابه کوددामी 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 کم مصرف و پرمصرف را در دسترس گیاه قرار می‌دهند و همچنین باعث بهبود خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک می‌شوند و همچنین باعث ایجاد محیط مناسب برای رشد بهتر گیاهان می‌شوند (Almasi, 2021). اقحوانی شجری و همکاران (Aghhavani Shajari, Rezvani Moghaddam, Ghorbani, & Nasiri Mahallati, 2016) گزارش کردند تلفیق کود آلی با کود شیمیایی باعث بهبود خصوصیات مرفولوژیکی گشنیز از جمله ارتفاع بوته، تعداد ساقه جانبی، تعداد چتر، تعداد چترک و تعداد دانه در چتر گردید و کاربرد منفرد کود شیمیایی نیز کمترین تاثیر را بر صفات مذکور بر جا گذاشت. نتایج مطالعات بیگناه و همکاران (Bigonah, Rezvani

(Moghaddam, & Jahan, 2015) بر روی گیاه دارویی گشنیز نشان داد تیمار شاهد بیشترین و تیمار ورمی کمپوست کمترین در صد اسانس دانه را دارا بود. در حالیکه عملکرد اسانس در تیمار ورمی کمپوست بیشتر از تیمار شاهد بود. آنها نتیجه گیری کردند وقتی گیاه گشنیز در شرایط تنش مواد غذایی قرار میگیرد برای بقاء خود میزان اسانس بیشتری سنتز می کند و در عوض عملکرد بیولوژیک کمتری را دارا می باشد. اقحوانی شجری و همکاران (Aghhavan Shajari, Rezvani Moghaddam, Ghorbani, & Nasiri Mahallati, 2014) گزارش کردند بیشترین مقدار درصد و عملکرد اسانس گشنیز در تیمارهای مصرف منفرد کود گاوی و کاربرد تلفیقی کود زیستی میکوریزا با کود گاوی بدست آمد و کمترین مقدار آن در تیمار کاربرد منفرد کود شیمیایی مشاهده شد. کاربرد کود شیمیایی باعث کاهش درصد اسانس پیکرورویشی گیاه به میزان ۲۵ درصد نسبت به تیمار شاهد شد.

بررسی مقایسه اثر کودهای آلی، بیولوژیک و شیمیایی بر 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, Jahan, Bannayan Aval, Koochehi, & Rezvani, 2015). با توجه به مقادیر فراوان مواد آلی و عناصر غذایی موجود در کوددامی و شیرابه کوددامی، 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 کوددامی دارای آب بیشتری نسبت به کوددامی است که می توانند مدت زمان طولانی تری تقریباً تا ۱۱۹ روز در خاک زنده بمانند و علاوه بر آن منجر به انتشار سریعتر میکروارگانیسمها به عمق خاک می شوند. (Frick et al., 2022). نتایج مطالعه بیگناه و همکاران (Bigonah, Rezvani, 2015) (Moghaddam, & Jahan, 2015) درمیدیریت های مختلف کودی بر برخی خصوصیات کمی و کیفی گیاه دارویی گشنیز حاکی از آن است که کودهای آلی و بیولوژیک تاثیر 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 تاثیر بهبود پذیری وضعیت فیزیکی و شیمیایی خاک توسط این کودها و فراهمی بهتر عناصر غذایی برای گیاه نسبت داد.

این آزمایش با هدف بررسی تاثیر استفاده منابع مختلف کودی (کوددامی، شیرابه کوددامی، شیمیایی) بر ویژگی های کیفی و کمی گیاه دارویی گشنیز تحت شرایط آب و هوایی مشهد انجام شد.

مواد و روش ها

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 در سال زراعی ۱۴۰۲-۱۴۰۱ اجرا شد. این منطقه بر اساس روش آمبرژه، دارای آب و هوای سرد و خشک می باشد (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 آورده شده است.

جدول ۱. خصوصیات فیزیکی - شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش (عمق ۰-۳۰ سانتی‌متر)
Table 1. Physicochemical properties of the soil at the experimental site (0-30 cm depth)

بافت Texture	نیتروژن قابل دسترس Available N (%)	فسفر P (mg kg ⁻¹)	پتاسیم K (mg kg ⁻¹)	pH	EC (dS m ⁻¹)	O.C (%)
Loam (medium)	0.091	25	400	7.88	2.66	0.917

قبل از شروع آزمایش، از طریق نمونه‌برداری خصوصیات شیمیایی کوددای گاوی کاملاً پوسیده تعیین شد که نتایج در جدول ۲ نشان داده شده است.

جدول ۲. خصوصیات شیمیایی کوددای قبل از مصرف
Table 2. Chemical characteristics of cow manure prior to application

نیتروژن قابل دسترس (%) N	فسفر P (%)	پتاسیم K (%)	pH	EC (dS/m)	O.C (%)	C/N (%)	Moisture (%)
1.90	0.78	1.13	8.00	12.75	20.14	10.60	10

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

جدول ۳. خصوصیات شیمیایی شیرابه کوددای
Table 3. Chemical properties of slurry

نیتروژن قابل دسترس (%)N	فسفر P (%)	پتاسیم K (%)	pH	EC (dS/m)	O.C (%)	O.M (%)	C/N (%)
0.132	0.075	0.178	7.66	14.09	0.715	1.216	5.42

○ آزمایش در قالب طرح پایه بلوک کامل تصادفی در ۳ تکرار اجرا شد. میزان مصرف کودشیمیایی، کوددای و شیرابه کوددای بر اساس مقدار نیتروژن توصیه شده ملکوتی (Malakouti, 1991) و خصوصیات خاک تعیین شد. بر این اساس، تیمارهای کودی شامل کوددای (گاوی) (C)، کودشیمیایی (F)، شیرابه کوددای (S)، ۵۰٪ کوددای + ۵۰٪ کودشیمیایی (50% C+50%F)، ۵۰٪ کوددای + ۵۰٪ شیرابه کوددای (C 50%+S 50%)، ۵۰٪ کودشیمیایی + ۵۰٪ شیرابه کوددای (F 50%+S 50%) و شاهد (بدون کود) بودند. طبق جدول ۴ مقدار نیتروژن مصرفی بر اساس محتوای ماده آلی خاک و مقدار فسفر و پتاسیم مصرفی بر اساس مقدار فسفر و پتاسیم موجود در

خاک و کودهای آلی تعیین شد. بر این اساس، مقدار مصرف کوددامی، کود سوپر فسفات تریپل و کود سوپر فسفات پتاسیم بر اساس نتایج آزمایش خاک (جدول ۱) و توصیه ارایه شده در جدول ۴ و آنالیز آزمایش کودهای آلی، برای کاربرد منفرد هریک از این تیمارها کوددامی (گاوی) ۱۹ تن در هکتار، شیرابه کوددامی ۲۱/۸۴ مترمکعب در هکتار، کودشیمیایی (اوره) ۱۶۱ کیلوگرم در هکتار محاسبه گردید. لازم به ذکر است در محاسبه کوددامی مورد نیاز، بر اساس فراهمی عناصر غذایی بر اساس 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 کودشیمیایی و شیرابه کوددامی در سه مرحله در تاریخ (۱۵ اردیبهشت، ۵ خرداد، ۲۵ خرداد) در طول فصل رشد مورد استفاده قرار گرفت. با توجه به اینکه تیمارهای آزمایشی مقادیر کودهای مختلف می باشد، لذا انتهای کلیه کرتها با بالا آوردن پشته ها بسته شدند تا از تأثیر تیمارها روی یکدیگر جلوگیری شود. همچنین قبل از کاشت، مقدار ۵۰ کیلوگرم کود سوپر فسفات تریپل در هکتار و ۵۰ کیلوگرم سولفات پتاسیم در هکتار به صورت یکسان در تمامی کرتها اعمال و با خاک مخلوط شد.

جدول ۴. توصیه کودی برای کشت سبزی ها بر اساس آزمون خاک (Malakouti, 1991)

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

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

عملیات آماده سازی بستر کاشت شامل شخم، دیسک و ایجاد فارو در هشتم اسفند ماه سال ۱۴۰۱ انجام شد. مساحت کرت های آزمایشی ۳ × ۳ متر (۹ مترمربع) بود. به 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 ۲-۳ سانتی متر در تاریخ ۲۰ فروردین سال ۱۴۰۲ انجام گردید. در هر کرت شش ردیف به فاصله ۵۰ سانتی متر در نظر گرفته شدند. لازم به ذکر است در ابتدا بذر ها به صورت پرتراکم کاشته شدند و در مرحله ۲ تا ۴ برگی بر اساس تراکم ۴۰ بوته در متر مربع و با فاصله روی ردیف ۵ سانتی متر عملیات تنک انجام گرفت. بعد از کاشت بلافاصله آبیاری به شیوه نشتی و یکسان در تمام تیمارها صورت گرفت. تا زمان استقرار کامل بوته ها (یک ماه اول)، فاصله آبیاری به صورت هر سه روز یکبار و بعد از آن، به صورت هر هفت روز یک بار انجام شد. پس از سبز شدن بوته ها، کنترل علف های هرز بصورت دستی در سه نوبت در تاریخ های ۳۰ اردیبهشت، ۱۵ خرداد و ۲۷ خرداد انجام شد. عملیات تنک کردن طی ۲ مرحله در تاریخ ۲۰ اردیبهشت و ۲ خرداد انجام شد.

یادداشت برداری در تمام طول فصل رشد بر اساس بازدیدهای مکرر انجام شد. جهت نمونه برداری، هر کرت در طول به دو قسمت مساوی تقسیم شد، به طوری 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 سانتی متر از ابتدا و انتهای کرت)، تعداد (پنج بوته در کرت) بطور 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 دانه‌های 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 انشعاب گرفته 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 نظرگیری 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 کاه و کلش) ضربدر ۱۰۰، محاسبه گردید. برای تهیه شیرابه کوددای 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 می‌شوند. جهت استخراج عصاره و وارد شدن اکسیژن به مخزن، بین کیسه‌ها دستگاه حباب‌ساز، قرار داده می‌شود و بعد از آن داخل مخزن را با پساب فاضلاب کود گاوی پر کرده، سپس به مدت زمان یک ماه اجازه داده می‌شود تا عصاره خارج گردد. بعد از گذشت یک ماه عصاره به گالن‌های ۱۰۰۰ لیتری انتقال داده و به دلیل ضد عفونی شیرابه کوددای داخل هر گالن دستگاه ازون ژنراتور به مدت ۳ تا ۴ ساعت قرار داده می‌شود. در آخر نمونه‌ای از شیرابه به آزمایشگاه ارسال شده و مطابق نتیجه آزمون، میزان مصرف تعیین می‌شود.

عملیات اسانس‌گیری

در تاریخ ۱۰ تیر ماه، به منظور تعیین محتوای اسانس اندام‌های هوایی، از ابتدای هر کرت با در نظرگیری اثرات حاشیه‌ای از یک سطح یک متر مربع، نمونه برداری انجام شد سپس در هر یک از نمونه‌ها، برگ، گل و ساقه تفکیک شد. برگ‌ها و گلها در نمونه‌های برداشت شده در سایه خشک شد. سپس اسانس‌گیری از یک نمونه ۵۰ گرمی از برگ‌ها، گل‌های خشک شده در هر کرت، توسط دستگاه کلونجر اسانس‌گیری 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 ۴ ساعت در دستگاه کلونجر قرار داده شد و پس از آب‌زدایی (با استفاده از سولفات پتاسیم)، درصد اسانس تعیین گردید. با توجه به اینکه نمونه اسانس‌گیری شده، هوا خشک (در روش هوا خشک اسانس موجود در گیاه از دست نخواهد رفت) بوده است، لذا برای تصحیح اختلاف به دست آمده، 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 به دست آمده 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 ۵ درصد انجام شد.

نتایج و بحث

وزن تر و وزن خشک اندام رویشی

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

مقایسه میانگین وزن خشک نشان داد که کاربرد تیمار کوددامی + کودشیمیایی (۱/۶۲ کیلوگرم بر متر مربع) بیشترین تأثیر را بر روی وزن خشک اندام رویشی با اختلاف ۷۴ درصد با شاهد داشت (جدول ۶).

اقاحوانی شجری و همکاران (Aghhavan Shajari, Rezvani Moghaddam, Ghorbani, & Nasiri Mahallati, 2016) در بررسی خود در کاربرد کودهای آلی و شیمیایی بر عملکرد کمی و کیفی گیاه دارویی گشنیز گزارش کردند تمامی منابع کودی به جز مصرف منفرد کود شیمیایی، مقدار عملکرد بیولوژیک گیاه گشنیز را افزایش دادند. نتایج آنها نشان داد مصرف تلفیقی کودهای شیمیایی و آلی در مقایسه با مصرف منفرد آنها اثرات به مراتب چشمگیرتری در افزایش زیست توده تولیدی گیاه داشتند. بیگناه و همکاران (Bigonah, Rezvani Moghaddam, & Jahan, 2015) گزارش کردند تیمار تلفیقی کود آلی با کود شیمیایی بطور معنی داری عملکرد بیولوژیک و صفات زایشی را در گیاه دارویی گشنیز افزایش دادند. نتایج مطالعه رضوانی مقدم و همکاران (Rezvani Moghaddam, Bakhshaei, Amin, Ghafouri, & Jafari, 2012) در مدیریت‌های مختلف کودی بر روی گیاه مرزه (*Satureja hortensis*) 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 کوددامی سبب بهبود خصوصیات خاک و افزایش رشد و عملکرد محصول می‌گردد، همچنین پایداری بوم نظام‌ها را تحت تأثیر قرارداده و در دراز مدت تضمین می‌کند (Leithy, El-Meseiry, & Abdallah, 2006). کودهای

آلی سبب افزایش در دسترس بودن عناصر غذایی می‌شود و کیفیت و کمیت عناصر غذایی خاک را حفظ می‌کنند و باعث بهبود ساختمان خاک می‌شود و در نتیجه سبب افزایش عملکرد محصول می‌شود ([Melero, Vanderlinden, & Madejón, 2008](#)).

نتایج پژوهش [رسولی و همکاران \(Rasouli et al., 2022\)](#) حاکی از آن است که کودهای شیمیایی را می‌توان با ورمی‌کمپوست و اسیدهیومیک 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 کوددامی در مقایسه با شاهد اثر معنی‌داری داشت به طوری که تیمار کوددامی وزن تر و وزن خشک بالایی در مقایسه با شاهد داشت. این موضوع می‌تواند به دلیل مواد معدنی خاصی که توسط کوددامی تجزیه و آزاد می‌شود، باشد. این مواد معدنی سبب تولید تعداد برگ‌های بیشتری می‌شود و با افزایش سرعت فتوسنتز توسط برگ‌ها، زیست توده بیشتری تولید می‌شود ([Naim, Ahmed, & Ahmed, 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 کوددامی را می‌توان به اثر مؤثر کودهای آلی به شرایط خاک نسبت داد ([Jeptoo, Aguyoh, & Saidi, et al., 2013](#)). نتایج تحقیقی که طی دوسال متوالی روی گیاه شاهی (*Lepidium sativum*) انجام گرفت، نشان داد که تیمار کوددامی سبب افزایش تعداد برگ، تعداد شاخه، وزن تر و وزن خشک در مقایسه با کاربرد تیمار کودشیمیایی 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 کم مصرف و پر مصرف، pH و همچنین مقدار مواد آلی خاک می‌گردد ([Turan, Elkarim, Taban, & Taban, 2009](#)). واز این طریق می‌توان عملکرد گیاه را بهبود بخشید.

اقتصادی شجری و همکاران ([Aghhavan Shajari, Rezvani Moghaddam, Ghorbani, & Nasiri Mahallati, 2014, 2016](#)) گزارش کردند 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 کوددامی و کوددامی نسبت به کرت‌های شاهد در گیاه هویج (*Daucus carota*) بیشتر بوده است. نتایج دو پژوهش جداگانه که در آنها گیاه زردچوبه (*Curcuma longa*) تحت تأثیر کاربرد کودهای گاوی و بزی و مرغی ([Hossain & Ishimine, 2007](#)) قرار گرفت، و نیز تاج خروس (*Amaranthus retroflexus*) که با کود مرغی تیمار شد ([Maerere, Kimbi, & Nonga, 2001](#)) نشان داد که زیست توده اندام هوایی و ریشه در کرت‌های تیمار شده با شیرابه کوددامی 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 کوددامی به خاک باعث بهبود شرایط فیزیکی و فرآیندهای حیاتی در خاک و ایجاد بستر مناسب به جهت رشد ریشه و فراهم کردن عناصر غذایی گیاه، سبب افزایش رشد و ماده خشک می‌شوند. در همین مورد 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 کوددامی، زیست توده گیاهی افزایش می‌یابد (Kaplan, Kocabas, Sonmez, & Kalkan, 2009). به نظر می‌رسد، استفاده توأم کود های شیمیایی با کود های آلی ضمن تامین نیاز های عناصر غذایی حیاتی گیاهان، از طریق افزایش فعالیتهای میکرو ارگانیزم های خاک، فرآیند تجزیه مواد آلی را تسریع می کند که خود ضمن آزاد سازی عناصر غذایی از مواد آلی، بالانس عناصر غذایی، خصوصیات شیمیایی و فیزیکی خاک بهبود پیدا کرده که خود بر فرآیند رشد گیاهان تاثیر مثبتی دارند (Bigonah, Rezvani Moghaddam, & Jahan, 2015).

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 squares) of the effect of organic and chemical fertilizer treatments on fresh and dry yield of coriander at the reproductive stage

منابع تغییر Source of Variation	درجه آزادی Degrees of Freedom	وزن تر Fresh yield	وزن خشک Dry yield
Block (بلوک)	2	0.0027 ^{ns}	0.0070 ^{ns}
Treatment (تیمار)	6	2.1707 ^{**}	0.2014 ^{**}
Error (خطا)	12	0.0626	0.0047
Coefficient of Variation (ضریب تغییرات)	-	0.154	0.212

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

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

تیمار (Treatment)	وزن تر Fresh Weight Yield (g.m ⁻²)	وزن خشک Dry Weight Yield (g.m ⁻²)
کود شیمیایی ۱۰۰٪ 100% Chemical fertilizer	5230 ^b	1450 ^b
شیرابه کوددامی ۱۰۰٪ 100% Slurry	4580 ^{bc}	1320 ^b
کوددامی ۱۰۰٪ 100% Animal Manure	5160 ^b	1190 ^c
کوددامی ۵۰٪ + شیرابه کوددامی ۵۰٪ 50% Animal Manure + 50% Slurry	5390 ^b	1270 ^b
کود شیمیایی ۵۰٪ + شیرابه کوددامی ۵۰٪ 50% Chemical fertilizer + 50% Slurry	5400 ^b	990 ^c
کوددامی ۵۰٪ + کود شیمیایی ۵۰٪ 50% Animal Manure + 50% Chemical fertilizer	7130 ^a	1490 ^a
شاهد Control	4410 ^c	930 ^c

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون تفاوت معنی‌داری بر اساس 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 ($p \leq 0.01$) معنی دار بود (جدول ۷). مقایسه میانگین‌ها نشان داد، بیشترین تعداد دانه در بوته به ترتیب در نتیجه تیمار شیرابه کوددامی (۱۲۰۶ عدد) با اختلاف ۸۸ درصد با شاهد و تیمار کودشیمیایی با اختلاف ۴۹ درصد با شاهد حاصل شد. در مورد مقایسه اثر کودهای ترکیبی بیشترین تعداد دانه در بوته به ترتیب مربوط به تیمار کودشیمیایی + شیرابه کوددامی با اختلاف ۲۵ درصد با شاهد، تیمار کوددامی + کود شیمیایی با اختلاف ۱۲ درصد با شاهد و در آخر تیمار کوددامی + شیرابه کوددامی با اختلاف ۹ درصد با شاهد به دست آمد (جدول ۸). کودهای آلی به عنوان جایگزینی بوم سازگار، 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، دارای مقاومت بیشتر به بیماری‌ها، نیاز کودی کمتر و ماندگاری بالاتر نسبت به دانه‌های حاصل از کشاورزی رایج خواهدداشت (Amiri, Ghorbani, Jahan, & Ahyaee, 2013).

عملکرد دانه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثرات تیمارهای کودی بر عملکرد دانه ($p \leq 0.01$) معنی دار بود (جدول ۷). نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد به ترتیب تیمار کوددامی + کودشیمیایی (0.641 کیلو گرم بر متر مربع) ۳۸ درصد شاهد و تیمار کودشیمیایی با ۱۷ درصد اختلاف با تیمار شاهد دارای برتری بودند (جدول ۸).

در بین تیمارهای ترکیبی، بیشترین عملکرد دانه به ترتیب در تیمار کوددامی + کودشیمیایی (0.641 کیلوگرم بر متر مربع) با ۳۸ درصد اختلاف با شاهد و تیمار ترکیبی کوددامی + شیرابه کوددامی (0.503 کیلوگرم بر متر مربع) با ۸ درصد اختلاف با شاهد مشاهده شد (جدول ۸).

تعداد شاخه‌های فرعی

نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثرات تیمارهای کودی بر تعداد شاخه‌های فرعی درجه یک و دو ($p \leq 0.01$) معنی دار بود (جدول ۷). مقایسه میانگین‌ها (جدول ۸) نشان داد که به ترتیب مصرف کودهای شیمیایی با ۲۸ درصد و شیرابه کوددامی با ۱۹ درصد برتری نسبت به شاهد، بالاترین تعداد شاخه‌های فرعی درجه یک را داشته‌اند (Seyedi, Fateh, & Ayneband, 2016).

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

در مقایسه اثر تیمارهای ترکیبی بالاترین تعداد شاخه‌های فرعی درجه دو به ترتیب مربوط به تیمار ترکیبی کوددامی + شیرابه کوددامی با ۵۶ درصد برتری نسبت به شاهد و تیمار ترکیبی کوددامی + کودشیمیایی با ۳۶ درصد برتری در مقایسه با شاهد و در نهایت تیمار ترکیبی شیرابه کوددامی + کودشیمیایی با اختلاف ۱۹ درصد با شاهد مشاهده شد (جدول ۸).

تعداد چتر و چترک در هر بوته

نتایج تجزیه واریانس نشان داد 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 به ترتیب مصرف کودهای شیرابه کوددامی با ۸۴ درصد و کود شیمیایی با ۸۰ درصد برتری نسبت به تیمار شاهد بالاترین تعداد چتر در هر بوته را داشتند.

در مقایسه اثر تیمارهای ترکیبی بالاترین تعداد چتر در هر بوته به ترتیب مربوط به تیمار ترکیبی کودشیمیایی + شیرابه کوددامی با ۴۰ درصد اختلاف با شاهد و تیمار ترکیبی کوددامی + شیرابه کوددامی با ۲۶ درصد اختلاف نسبت به شاهد و در نهایت تیمار ترکیبی شیرابه کوددامی + کوددامی با اختلاف ۱۹ درصد با شاهد مشاهده شد (جدول ۸).

مقایسه میانگین‌ها (جدول ۸) نشان داد که به ترتیب مصرف کودهای شیمیایی و شیرابه کوددامی بالاترین تعداد چترک در هر بوته را داشتند که به ترتیب ۱۹۷ و ۱۴۳ درصد در مقایسه با تیمار شاهد، دارای برتری بود. در مقایسه اثر تیمارهای ترکیبی بالاترین تعداد چترک در هر بوته به ترتیب مربوط به تیمار ترکیبی کوددامی + شیرابه کوددامی با ۹۷ درصد اختلاف با شاهد و تیمار ترکیبی کودشیمیایی + شیرابه کوددامی با ۵۵ درصد اختلاف با شاهد و در نهایت تیمار ترکیبی کوددامی + کودشیمیایی با اختلاف ۴۶ درصد با شاهد مشاهده شد (جدول ۸). کودهای آلی همراه با کودهای شیمیایی از طریق بهبود فعالیت تنظیم کننده های 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, Rezvani Moghaddam, & Jahan, 2015).

وزن هزار دانه و دانه در هر بوته

نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثرات تیمارهای کودی بر روی وزن هزار دانه و دانه در هر بوته ($p \leq 0.01$) معنی‌دار بود (جدول ۷). مقایسه میانگین‌ها (جدول ۸) نشان داد که کود شیمیایی با دو درصد اختلاف با شاهد بالاترین وزن هزار دانه را نسبت به شاهد، داشتند. مقایسه میانگین‌ها نشان داد تیمار کودشیمیایی (۱۲/۴۸ گرم) با ۷۳ درصد اختلاف با شاهد و بعد از آن تیمار شیرابه کوددامی (۱۱/۸۵ گرم) با اختلاف ۶۴ درصد اختلاف با شاهد، بیشترین وزن دانه در هر بوته نسبت به شاهد را دارا بودند (جدول ۸). در بررسی اثر تیمارهای ترکیبی، تیمار کودشیمیایی + شیرابه کوددامی با اختلاف ۴۱ درصد بیشتری وزن دانه در هر بوته را نسبت به شاهد داشت (جدول ۸).

کودشیمیایی باعث فراهم سازی و بهبود جذب عناصر غذایی، کاهش رقابت بین بوته‌ها، افزایش رشد رویشی و در نهایت افزایش عملکرد محصول می‌شود (Tavasoli, Ghanbari, Ahmadi, & Heydari, 2010). اما اخیراً به کارگیری روش‌های مدیریت پایدار کشاورزی بر پایه مصرف کودهای آلی و بیولوژیک که با هدف حذف یا کم کردن مصرف نهاده‌های شیمیایی می‌باشد، مهمترین راهکار برای جلوگیری از مشکلات زیست محیطی و بالا بردن سلامت محصولات کشاورزی عنوان شده است (Sharma, Sharma, Agrawal, & Rawat, 2003).

مصرف کودهای آلی در مقایسه با کودهای شیمیایی به تنهایی، دارای مقدار زیادی از عناصر غذایی مخصوصاً نیتروژن، فسفر و پتاسیم می‌باشند که این عناصر را به تدریج در اختیار گیاه قرار می‌دهند (Zare Feizabadi, Jamali, Taheri, & Khazaei, 2012). در مطالعه‌ای گزارش شده است که کاربرد ۱۵ تن کوددامی گاوی در هکتار سبب تولید بیشترین وزن هزار دانه در گندم شد و دلیل آن اثرات مفید کوددامی در میزان افزایش رشد ریشه، فراهم‌سازی 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 از آنجایی که وزن هزار دانه گیاه به عواملی مثل شرایط پرشدن 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 می‌باشد و به نظر می‌رسد که افزایش عرضه عناصر غذایی مناسب و مواد فتوسنتزی مخصوصاً در مرحله پر شدن دانه باعث بهبود میزان مواد ذخیره‌ای 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 روی ارتفاع بوته ($p \leq 0.01$) معنی‌دار بود (جدول ۷). مقایسه میانگین‌ها (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 شاهد، به دست آمد. بعد از آن تیمار کودشیمیایی (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 کوددامی + شیرابه کوددامی با ۱۱ درصد اختلاف با شاهد، و تیمار ترکیبی کودشیمیایی + شیرابه کوددامی با ۷ درصد اختلاف با شاهد و در نهایت تیمار ترکیبی کوددامی + کودشیمیایی با اختلاف ۲ درصد اختلاف با شاهد مشاهده شد (جدول ۸). در مجموع می‌توان گفت کودهای آلی تأثیر مفیدی بر ویژگی‌های زیست-فیزیولوژیکی خاک دارند، و دسترس پذیری عناصر غذایی را افزایش می‌دهند (Melero, Vanderlinden, Ruiz, & Madejón, 2008).

شاخص برداشت

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۷) نشان داد که اثر تیمارهای کودی بر روی شاخص برداشت معنی‌دار بود ($p \leq 0.05$). بیشترین میزان شاخص برداشت مربوط به شاهد و بعد از آن تیمار کوددامی مشاهده شد (جدول ۸). در مجموع شاخص برداشت چگونگی توزیع مواد پرورده بین اندامهای رویشی و دانه گیاهان را نشان می‌دهد، بنابراین هر عاملی که مقادیر این عوامل را تغییر می‌دهد، باعث تغییر در مقدار شاخص برداشت می‌شود (Moradi et al., 2009). در تحقیقی گزارش شد که بیشترین شاخص برداشت گشنیز (*Coriandrum sativum*) مربوط به تیمار تلقیح با میکوریزا و مصرف ۷۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفات زیستی و ۲۰ تن در هکتار کوددامی گاوی بود (Bastami & Majidian, 2015).

تعادل در عناصر غذایی باعث افزایش رشد رویشی و زایشی می‌شود. با ایجاد فرآورده‌های فتوسنتزی حاصل از رشد رویشی و انتقال به موقع این فرآورده‌ها به دانه‌ها سبب تولید دانه بیشتر و افزایش شاخص برداشت می‌شود (Bastami & Majidian, 2015). با توجه به مقادیر

فراوان مواد آلی و عناصر غذایی موجود در کوددامی و شیرابه کوددامی، 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 کوددامی دارای آب بیشتری نسبت به کوددامی است که می‌توانند شرایط را برای فعالیت میکروارگانیسم های خاک برای مدت زمان طولانی‌تری تقریباً تا ۱۱۹ روز فراهم سازد و علاوه بر آن منجر به انتشار سریعتر میکروارگانیسم‌ها به عمق خاک می‌شوند (Farkhi et al., 2021).

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

Table 7. Analysis of Variance (Mean Squares) of reproductive traits of coriander under organic and chemical fertilizer treatments

منابع تغییر (Source of variation)	درجه آزادی (df)	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 (CV%)	—	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

جدول ۸. مقایسه میانگین صفات زایشی گشنیز 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 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 (%)
کود شیمیایی ۱۰۰٪ 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
شیرابه کوددانی ۱۰۰٪ 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
کوددانی ۱۰۰٪ 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٪ کوددانی + ۵۰٪ شیرابه کوددانی 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 کوددانی 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
۵۰٪ کوددانی + ۵۰٪ 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

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

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

درصد اسانس و عملکرد اسانس

طبق نتایج به دست آمده بر اساس آنالیز واریانس، تیمارهای کودی اثر معنی داری بر درصد اسانس ($p \leq 0/05$) داشتند (جدول ۹). بیشترین درصد اسانس مربوط به تیمار شیرابه کوددامی (۲۱۷/۰ درصد) با اختلاف ۳۹ درصدی بیشتر از شاهد به دست آمد (جدول ۱۰). در مورد مقایسه کودهای ترکیبی بیشترین مقدار درصد اسانس به ترتیب مربوط به تیمار کوددامی + کودشیمیایی و بعد از آن کودشیمیایی + شیرابه کوددامی می باشد (جدول ۱۰). طبق تحقیقی که بر روی گیاه دارویی گشنیز مشاهده شد، با مصرف کوددامی مقدار درصد اسانس افزایش یافت (Aghhavan, 2012). متابولیت‌های ثانویه در گیاهان تحت تنش‌های محیطی افزایش مییابد، بنابراین به نظر میرسد گیاهان در تیمار شاهد به علت کمبود عناصر غذایی با تنش مواجه شده و درصد اسانس را در خود افزایش داده اند. 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 آنجا که عملکرد اسانس تابع درصد اسانس و عملکرد دانه می باشد، لذا افزایش در هر کدام از این پارامترها سبب افزایش عملکرد اسانس خواهد شد (Bigonah, Rezvani Moghaddam, & Jahan, 2015).

با توجه به نتایج تجزیه واریانس، اثر تیمارهای کودی در مرحله رویشی بر عملکرد اسانس گشنیز در سطح احتمال یک درصد معنی دار بود ($p \leq 0/01$) (جدول ۹). مقایسه میانگین عملکرد اسانس مورد بررسی نشان داد که تیمار شیرابه کوددامی (۰/۰۳۳ کیلوگرم در متر مربع) بیشترین تأثیر را بر روی عملکرد اسانس و بیشترین اختلاف را با شاهد (۶۳ درصد) داشت (جدول ۱۰). نتایج مطالعات اقحوانی شجری و همکاران (Aghhavan, Shajari, 2014) Rezvani Moghaddam, Ghorbani, & Nasiri Mahallati, 2014 بر روی اثر کودهای آلی، شیمیایی و زیستی بر گیاه دارویی گشنیز نشان داد بیشترین مقادیر درصد و عملکرد اسانس با مصرف منفرد کود گاوی حاصل شد و بیشترین عملکرد برگ در تیمار کود شیمیایی مشاهده شد.

در مقایسه اثر کودهای ترکیبی، بیشترین میزان عملکرد اسانس به ترتیب مربوط به تیمار ترکیبی کوددامی + کودشیمیایی (۰/۰۱۹ کیلوگرم بر متر مربع)، تیمار ترکیبی کودشیمیایی + شیرابه کوددامی (۰/۰۱۶۹ کیلوگرم بر متر مربع) و در آخر تیمار ترکیبی کوددامی + شیرابه کوددامی (۰/۰۱۳۷ کیلوگرم بر متر مربع) مشاهده شد (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 در گیاه رازیانه (*Foeniculum vulgare* Mill) شد. درزی و همکاران (Darzi et al., 2013) گزارش کردند که کودهای دامی باعث افزایش معنی داری در عملکرد ماده خشک گیاه گشنیز و افزایش درصد اسانس، عملکرد اسانس و در نهایت عملکرد دانه این گیاه شد. در مطالعه گیاه دارویی زوفا 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, Tabrizi, & Ghorbani, 2008).

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 می تواند به دلیل تولید سطح برگ و ماده خشک بیشتر در اثر مصرف کودهای آلی نسبت داد (Tahami, 2010). به کارگیری کودآلی در گیاه رازیانه باعث افزایش عملکرد اسانس و درصد اسانس شد (Nada, Ashmawi, Mady, 2010).

[\(Randhir, & Elateeq, 2022\)](#). در آزمایشی کاربرد کود آلی و زیستی به جای کودشیمیایی در گیاه رازیانه باعث افزایش اسانس گیاه رازیانه در

تیمارهای کود آلی و زیستی مشاهده شد ([Azzaz, Hassan, & Hamad, 2009](#)).

نسخه پیش انتشار

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 squares) of essential oil content and yield of coriander vegetative parts as affected by organic and chemical fertilizer treatments

منابع متغیر (Source of variation)	درجه آزادی (Degrees of freedom)	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 (Coefficient of variation)	-	0.341	0.244

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 کوددامی (100% Slurry)	33 ^a	0.217 ^a
۱۰۰٪ کوددامی (100% Manure)	130 ^c	0.114 ^c
۵۰٪ کوددامی + ۵۰٪ شیرابه کوددامی (50% Manure + 50% Slurry)	137 ^c	0.113 ^c
۵۰٪ کود شیمیایی + ۵۰٪ شیرابه کوددامی (50% Chemical fertilizer+ 50% Slurry)	169 ^{bc}	0.128 ^{bc}
۵۰٪ کوددامی + 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 بر اساس 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.

نتیجه گیری

به طور کلی، نتایج حاصل از این آزمایش نشان داد که تیمارهای کودی به طور معنی داری بر کلیه خصوصیات مورفولوژیک و اجزای عملکرد و عملکرد گیاه دارویی گشنیز مؤثر بود. نتایج نشان داد بیشترین مقدار وزن تر و وزن خشک بوته مربوط به تیمار ترکیبی کوددامی + کودشیمیایی بود همچنین بیشترین تعداد دانه در هر بوته و تعداد چتر در هر بوته مربوط به تیمار شیرابه کوددامی بود. بیشترین تعداد چترک در هر بوته، تعداد شاخه های فرعی درجه ۱ و درجه ۲ و وزن دانه در هر بوته مربوط به تیمار کودشیمیایی بود. همچنین بالاترین ارتفاع بوته مربوط به تیمار کوددامی بود. در مورد شاخص برداشت بعد از شاهد بالاترین مقدار مربوط به تیمار کوددامی بود. نتایج نشان داد که تیمار شیرابه کوددامی بیشترین درصد اسانس و عملکرد اسانس را به خود اختصاص داد.

به طور کلی نتایج نشان داد، با استفاده از شیرابه کوددامی و کود ترکیبی کوددامی + کودشیمیایی بیشترین میزان صفات کمی و کیفی گیاه گشنیز به دست آمد. استفاده از شیرابه کوددامی به عنوان جایگزین کودشیمیایی علاوه بر بهبود اغلب خصوصیات مورفولوژیک و عملکردی گشنیز، موجب کاهش مصرف کودشیمیایی به عنوان یکی از نهاده های پرهزینه می گردد. همچنین کاربرد این کود رسیدن به اهداف کشاورزی پایدار را تسهیل می کند.

- 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/10.3390/app10020175>.
- Ahvazi, M., Rezvani Aghdam, A., & Habibi Khaniyani, B. (2010). *Herbal seeds: Morphology, physiology, and medicinal properties* (Vol. 1). Tehran: Jihad Daneshgahi Publications. (Original work published 1389).
- 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 (Master's thesis, Department of Agroecology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad). (In Persian with English abstract).
- Aghhavani Shajari, Rezvani Moghaddam, P., Ghorbani, R., & Nasiri Mahallati, M. (2014). Effects of Different Fertilizer Managements on Quantitative and Qualitative Characteristics of Coriander (*Coriandrum sativum* L.) as a Medicinal Plant. *Journal of Agroecology*, 6 (3), 425-443. <https://doi.org/10.22067/jag.v6i3.43405> (In Persian with English abstract).
- Aghhavani Shajari, Rezvani Moghaddam, P., Ghorbani, R., & Nasiri 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. <https://doi.org/10.22067/jhorts4.v29i4.51510> (In Persian with English abstract).
- 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.
- Amiri, M. B., Ghorbani, R., Jahan, M., & Ahvaei, 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. <https://doi.org/10.22099/ijcr.2013.12345>.
- 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.2019.22.556184>.
- Ayyobi, H., Hassanpour, E., Alaqemand, S., Fathi, S., Olfati, J. A., & Peyvast, G. (2014). The effects of cow manure vermicompost and municipal solid waste compost on peppermint (*Mentha piperita* L.) in Torbat-e-Jam and Rasht regions of Iran. *The International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture*, 3, 147–153. <https://doi.org/10.1007/s40093-014-0060-7>.
- 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.
- 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.2016.01.014>.
- 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. <https://doi.org/10.22067/gsc.v12i4.45140> (In Persian with English abstract).
- 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.
- Farkhi, E., Koocheki, A., Nasiri Mahallati, M., & Khademi, R. (2021). Effect of animal manure, biological, and chemical fertilizers on yield and some morphological characteristics of Aloe vera (*Aloe barbadensis* Miller) in Bushehr province. *Agricultural Ecology*, 13(3), 391–407. <https://doi.org/10.22067/jag.v1i1.35204>.
- Frick, H., Oberson, A., Cormann, M., Wettstein, H.R., Frossard, E., and Bunemann, K. (2022). Leached nitrate under fertilised loamy soil originates mainly from mineralisation of soil organic N. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 338, 0167-8809.
- 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. <https://doi.org/10.22067/jag.v7i2.50231> (In Persian with English abstract).

- Hasheminejad, A., & Bahadori, A. (2008). *Identification of medicinal and aromatic plants* (1st ed.). Farhikhtegan Daneshgah Publications. (279 pages). (Original work published 1387).
- 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>.
- 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>.
- 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. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2009.826.19>.
- 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 with English abstract).
- 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. <https://doi.org/10.3923/jasr.2006.773.779>.
- 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.v1i4.30254>.
- Malakouti, M. J. (1991). Fertilizer recommendations for field and vegetable crops based on soil testing (Table 4). Tehran, Iran: Soil and Water Research Institute, Ministry of Agriculture Jihad.
- 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.2008.01.002>.
- 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://doi.org/xxxxxxx>.
- Moradi, R. A., Rezvani Moghaddam, P., & Nasiri 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. <https://doi.org/10.22067/jhorts4.v1390i1.9735>.
- Morales, F., Grasa, R., & Abadía, J. (1998). Iron chlorosis paradox in fruit tree. *Plant Nutrition*, 21, 815–825. <https://doi.org/10.1080/01904169809365492>.
- 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.
- 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>.
- 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. <https://doi.org/10.22377/ijgp.v2i2.30>.
- 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/s41598-022-11892-5>.
- Razavi Khorasan Meteorological and Climate Center. (2021). *Meteorological data*. Mashhad, Iran: Iranian Meteorological Organization. (in Persian)
- 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. <https://doi.org/10.22099/ijcr.2012.1234>.
- Seyedi, Z., Fateh, A., & Ayneband, A. (2016). Effect of different nitrogen sources and organic fertilizers on soil properties and essential oil characteristics of *Zataria multiflora*. *Journal of Crop Production*, 99(2), 175–192.
- 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.
- Tavasoli, A., Ghanbari, A., Ahmadi, M. M., & Heydari, M. (2010). Effects of animal and chemical fertilizers on forage and grain yield of millet and bean in intercropping system. *Iranian Journal of Crop Research*, 8(2), 203–212. <https://doi.org/10.22099/ijcr.2010.1234>.

- 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.)* (Master's thesis, Department of Agroecology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad). (In Persian)
- 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. <https://doi.org/10.5897/AJAR2009.052>.
- 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.