



Investigating the combined effect of nitrogen chemical fertilizer, organic fertilizer, sugarcane residue compost and biofarm biological fertilizer on the growth, yield and essential oil of fennel seed (*Foeniculum vulgare* L.)

Maedeh Ataieinejad¹, MohammadReza Moradi-Telavat^{2*}, Seyed Ataollah Siadat³, Ali Moshtatti³ and Ali Ghatei³

1- M.Sc. graduate in Crop Physiology, Department of Production Engineering and Plant Genetics, Khuzestan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Iran

2*- Corresponding author, Department of Production Engineering and Plant Genetics, Khuzestan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Iran, E-mail: moraditelavat@yahoo.com; moraditelavat@asnrukh.ac.ir

3- Department of Production Engineering and Plant Genetics, Khuzestan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Iran

Received: 17/11/2024

Revised: 17/10/2025

Accepted: 17/10/2025

Abstract

Background and objectives: Fennel is an herbaceous, aromatic, and perennial plant from the Umbelliferae family with the scientific name *Foeniculum vulgare* L. The height of the plant is about one to two meters. Its stems are erect, cylindrical, branched, and green. This plant is one of the world's most well-known medicinal plants and is considered an important agricultural export product of Iran. The medicinal properties of fennel include improving the digestive system, eliminating hormonal disorders, especially in women, and increasing breastfeeding in mothers. Given the increasing demand for this medicinal plant, improving the quantity and quality of its yield through optimizing agricultural methods, including proper nutrition, is of particular importance. The use of nitrogen fertilizer in combination with organic and biological fertilizers, such as sugarcane compost and biofarm, can improve the growth and yield of fennel. Therefore, the present study was designed and implemented to determine the best type of fertilization and, in fact, the appropriate nutrition for fennel plants in the climate conditions of Khuzestan, in the city of Molasani, 36 km north of Ahvaz, between the Karun River and the Ahvaz-Shushtar road.

Methodology: This research was conducted in autumn, winter, and spring of 2023-2024 at a farm of Khuzestan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, in the form of split plots in randomized complete blocks with three replications. In the main plots, levels of combining nitrogen fertilizer and sugarcane residue compost include A1: control (no use of nitrogen fertilizer and no use of sugarcane compost), A2: 150 kg/ha pure nitrogen, A3: 112.5 kg/ha pure nitrogen + 8 tons/ha of sugarcane compost A4: 75 kg/ha pure nitrogen + 16 tons/ha of sugarcane compost, A5: 37.5 kg/ha pure nitrogen + 24 tons per hectare of sugarcane compost and A6: 32 tons per hectare of pure sugarcane compost were investigated. In the subplots, the seed inoculation treatment with Biofarm biofertilizer, including B0: control (no seed inoculation with Biofarm) and B1: treatment (seed inoculation with Biofarm), was investigated. The measured plant traits included seed yield per field unit, seed yield components, morphological traits, and essential oil percentage and yield per field unit.

Results: The results of the statistical analysis of the data showed that the highest height of



the plant in treatment A3 (119.8 cm) and treatment B1 (108.3 cm), the highest number of branches in the plant at the level of treatment A2 by (38.85) numbers, the most The number of umbels per plant at the level of treatment A2 (17/7) and in treatment B1 at the rate of (15/5), the highest number of seeds per umbel corresponding to treatment A3B0 (166/80) of seeds per umbel and without the use of biofertilizer was obtained. On the other hand, the maximum weight of 1,000 seeds in A5B0, A2B1, and A3B0 treatment levels were 3.5, 3.4, and 3.4 grams, respectively, which were not statistically significantly different from each other. In general, the highest seed yield in A4B0 treatment is (998) kg per hectare, the highest percentage of essential oil in A2 treatment is (2.26) percent, and the highest fennel essential oil yield is related to A2B1 treatment level, (22.1) kg. It was per hectare.

Conclusion: According to the results of this research, the application of 75 kg/ha of pure nitrogen and 16 tons/ha of sugarcane compost to increase the yield of fennel seeds and the use of biological fertilizers along with chemical fertilizers (150 kg/ha) increased the yield of fennel seed essential oil. As a result, if the results are repeated and confirmed in subsequent studies, it can be recommended to the manufacturers of this product.

Keywords: Essential oil, organic fertilizer, chemical fertilizer, biological fertilizer, seed yield, thousand-grain weight.

بررسی تأثیر تلفیقی کود شیمیایی نیتروژن، کود آلی کمپوست بقایای نیشکر و کود زیستی بیوفارم بر رشد، عملکرد و اسانس دانه رازیانه (*Foeniculum vulgare* L.)

ماینده عطایی نژاد^۱، محمدرضا مرادی تلاوت^{۲*}، سید عطاءالله سیادت^۳، علی مشتقی^۴ و علی قاطعی^۵

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد فیزیولوژی گیاهان زراعی، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ایران

۲- نویسنده مسئول، دانشیار، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ایران

پست الکترونیک: moraditelavat@yahoo.com; moraditelavat@asnrukh.ac.ir

۳- استاد، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ایران

۴- دانشیار، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ایران

۵- استادیار، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۷/۲۵

تاریخ اصلاح نهایی: ۱۴۰۴/۰۷/۲۵

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۸/۲۷

چکیده

سابقه و هدف: رازیانه گیاهی علفی و معطر از تیره چتریان با نام علمی *Foeniculum vulgare* است. ارتفاع بوته این گیاه حدود یک تا دو متر است. ساقه‌های آن قائم، استوانه‌ای، منشعب و سبزرنگ است. این گیاه ازجمله گیاهان دارویی شناخته شده در جهان و جزو کالای مهم صادراتی کشاورزی ایران محسوب می‌شود. خواص دارویی رازیانه شامل بهبود سیستم گوارشی، رفع اختلالات هورمونی به‌ویژه در زنان و افزایش شیردهی مادران است. با توجه به افزایش تقاضا برای این گیاه دارویی، بهبود کمیت و کیفیت عملکرد آن از طریق بهینه‌سازی روش‌های زراعی، ازجمله تغذیه مناسب، اهمیت ویژه‌ای دارد. کاربرد کود شیمیایی نیتروژن در تلفیق با کودهای آلی و زیستی کمپوست نیشکر و بیوفارم می‌تواند سبب بهبود رشد و عملکرد رازیانه شود. از این رو، این پژوهش با هدف تعیین بهترین نوع کوددهی گیاه رازیانه در شرایط آب و هوایی خوزستان، در شهر ملاثانی در ۳۶ کیلومتری شمال اهواز و در حد فاصل رود کارون تا جاده اهواز-شوشتر طراحی و اجرا گردید.

مواد و روش‌ها: این پژوهش در سال زراعی ۱۴۰۳-۱۴۰۲ در مزرعه دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، به‌صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. در کرت‌های اصلی، سطوح تلفیق کود نیتروژن و کمپوست بقایای نیشکر شامل A1: شاهد (عدم کاربرد کود نیتروژن و عدم کاربرد کمپوست نیشکر)، A2: ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص، A3: ۱۱۲۵/۵ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص + ۸ تن در هکتار کمپوست نیشکر، A4: ۷۵ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص + ۱۶ تن در هکتار کمپوست نیشکر، A5: ۳۷/۵ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص + ۲۴ تن در هکتار کمپوست نیشکر و A6: ۳۲ تن در هکتار کمپوست نیشکر خالص بررسی شد. در کرت‌های فرعی نیز تیمار تلقیح بذر با کود زیستی بیوفارم شامل B0: شاهد (عدم تلقیح بذر با بیوفارم) و B1: تیمار (تلقیح بذر با بیوفارم) بررسی گردید.

نتایج: نتایج نشان داد که بیشترین ارتفاع بوته در تیمار A3 (۱۱۹/۸ سانتی‌متر) و تیمار B1 (۱۰۸/۴ سانتی‌متر)، بیشترین تعداد شاخه در بوته در سطح تیمار A2 به میزان (۳۸/۸) عدد، بیشترین تعداد چتر در بوته در سطح تیمار A2 (۱۷/۷) و در تیمار B1 به میزان (۱۵/۵) عدد، بالاترین تعداد دانه در چتر مربوط به تیمار A3B0 (۱۶۶/۸) دانه در چتر و بدون کاربرد کود زیستی حاصل شد. از سویی، بیشترین وزن هزاردانه در سطوح تیمارهای A5B0، A2B1 و A3B0 به ترتیب به میزان (۳/۵ و ۳/۴ و ۳/۴) گرم بود که با همدیگر از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری نداشتند. به‌طورکلی، بیشترین عملکرد دانه در تیمار A4B0 (۹۹۸) کیلوگرم در هکتار، بالاترین درصد اسانس در تیمار A2 به میزان (۲/۲) درصد و بالاترین عملکرد اسانس رازیانه نیز مربوط به سطح تیمار A2B1، (۲۲/۱) کیلوگرم در هکتار بود.

نتیجه‌گیری: باتوجه به نتایج این پژوهش، کاربرد تیمار ۷۵ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص و ۱۶ تن در هکتار کمپوست نیشکر برای افزایش عملکرد دانه رازیانه و نیز کاربرد کودهای زیستی به‌همراه کودهای شیمیایی (۱۵۰ کیلوگرم در هکتار) سبب افزایش عملکرد اسانس دانه رازیانه گردید. در نتیجه، در صورت تأیید نتایج در مطالعات بعدی می‌تواند به تولیدکنندگان این محصول توصیه شود.

واژه‌های کلیدی: اسانس، کود آلی، کود شیمیایی، کود زیستی، وزن هزاردانه، عملکرد دانه.

مقدمه

امروزه استفاده از گیاهان دارویی به‌دلیل پیشرفتی که در صنایع داروسازی و آرایشی و بهداشتی ایجاد شده، مهم است. ایران به‌دلیل داشتن موقعیت جغرافیایی و آب و هوایی مناسب، ازجمله کشورهایی است که می‌تواند در عرصه تولید گیاهان دارویی پیشرفت بسیاری داشته باشد و علاوه بر آن به صادرات محصولات دارویی پردازد و پیشرفت زیادی از نظر اقتصادی نیز داشته باشد. عوامل محیطی اثر به‌سزایی بر رشد و نمو، عملکرد و کیفیت مواد مؤثره گیاهان دارویی دارند، بنابراین مطالعه اثر این عوامل بر گیاهان دارویی ضروری است و در این بین عامل تغذیه و توصیه کودی اهمیت بسیاری دارد.

رازیانه از مهمترین گیاهان دارویی ایران است که در صنایع گوناگون کاربرد فراوان دارد (Ehsanipour et al., 2012a). رازیانه گیاهی علفی، معطر و چندساله از تیره چتریان (Apiaceae) با نام علمی *Foeniculum vulgare* L است که ارتفاع بوته آن حدود یک تا دو متر، ساقه‌های آن قائم، استوانه‌ای، منشعب و سبز رنگ است (Kiani et al., 2018). رازیانه دوره رشد طولانی دارد، به‌طوری‌که بذرهاي آن دو تا سه سال قوه نامیه خود را حفظ کرده و در شرایط مناسب ۱۴ تا ۲۰ روز بعد از کاشت، جوانه می‌زنند. رشد اولیه بسیار کند است، به‌طوری‌که از رویش دانه تا تشکیل ساقه ۶۰ تا ۷۵ روز طول می‌کشد (Madah, 2000). نتایج برخی بررسی‌ها (Chatterjee, 2002) نشان داد که حاصلخیزی خاک یکی از مهمترین عوامل تعیین‌کننده رشد و عملکرد گیاهان دارویی به حساب می‌آید. توصیه کودی برای گیاهان دارویی باید به دقت انجام شود، زیرا در حالی

که می‌تواند سبب افزایش محصول شود ممکن است محتوای اسانس گیاهان دارویی را کاهش دهد و یا تغییراتی در اجزای ترکیبی آنها ایجاد کند که در نهایت، اثر نامطلوبی بر کیفیت آنها داشته باشد (Omid Beigi, 1996). بنابراین مدیریت مصرف کودها ازجمله کودهای شیمیایی بر عملکرد گیاهان دارویی اثر دارد. تغذیه و جذب مناسب عناصر پرمصرف و بهبود غلظت آنها در دانه، نقش به‌سزایی در افزایش عملکرد کمی و کیفی گیاه رازیانه دارد (Kapoor et al., 2004).

نیتروژن ازجمله پرمصرف‌ترین عناصر مورد نیاز گیاه است که در سطح جهانی محدودکننده‌ترین عنصر غذایی در تولید محصولات کشاورزی است و استفاده کارآمد از نیتروژن در کشاورزی باعث افزایش عملکرد و کاهش هزینه تولید می‌شود (Karami et al., 2019). براساس گزارش Ehsanipour و همکاران (۲۰۱۲b) سطوح مختلف کود نیتروژنه بر درصد اسانس دانه و اسانس اندام هوایی، درصد پروتئین دانه، درصد فیبر دانه و عملکرد دانه رازیانه مؤثر بود، به‌طوری‌که بیشترین عملکرد دانه در جمعیت‌های اصفهان و تهران در سطح ۱۶۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژنه و بیشترین درصد اسانس دانه در سطح ۴۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص در جمعیت اروپایی ۱۱۴۸۶ حاصل شد. مصرف زیاد کودهای شیمیایی باعث ایجاد مشکلات زیست محیطی می‌شود، در نتیجه به‌کارگیری کودهای زیستی و آلی با حفظ پایداری محیط و فراهم‌نمودن عناصر غذایی مورد نیاز گیاه، سبب افزایش عملکرد گیاه رازیانه می‌گردد (Gholami et al., 2015). کودهای آلی به‌علت آثار مثبت بیولوژیک و اصلاح

می‌شود. Valibeigi و Adavi (۲۰۱۸) نیز بیان کردند که کودهای زیستی نقش زیادی در افزایش دسترسی به عناصر غذایی و افزایش ارتفاع گیاه رازیانه دارند. Bahari Meymandi و همکاران (۲۰۲۲) گزارش کردند که کاربرد کود زیستی مایکروریزا سبب بهبود شاخص‌های رشدی، عملکرد بذر و اسانس گیاه رازیانه شد. با توجه به اینکه رازیانه گیاهی دارویی با خواص درمانی و صنعتی متعدد است، کشت آن در خوزستان نیازمند بهبود خاک و استفاده از کودهای مناسب می‌باشد، بنابراین این پژوهش با هدف تعیین بهترین نوع کوددهی و در واقع تغذیه مناسب در شرایط آب و هوایی اهواز طراحی و اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال زراعی ۱۴۰۳-۱۴۰۲ در مزرعه دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، به صورت کرت‌های خرد شده در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. در کرت‌های اصلی سطوح تلفیق کود نیتروژن و کمپوست بقایای نیشکر شامل A1: شاهد (عدم کاربرد کود نیتروژن و عدم کاربرد کمپوست نیشکر)، A2: ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص، A3: ۱۱۲/۵ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص + ۸ تن در هکتار کمپوست نیشکر، A4: ۷۵ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص + ۱۶ تن در هکتار کمپوست نیشکر، A5: ۳۷/۵ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص + ۲۴ تن در هکتار کمپوست نیشکر و A6: ۳۲ تن در هکتار کمپوست نیشکر (به تنهایی) خالص بررسی شد. در کرت‌های فرعی نیز تیمار تلقیح بذر با کود زیستی بیوفارم شامل B0: شاهد (عدم تلقیح بذر با بیوفارم) و B1: تیمار (تلقیح بذر با بیوفارم) بررسی گردید. خصوصیات خاک مورد آزمایش در جدول ۱ و خصوصیات کود کمپوست بقایای نیشکر در جدول ۲ آورده شده است. کود زیستی مورد استفاده در این پژوهش، با نام تجاری بیوفارم از شرکت فناوری زیستی مهرآسیا تهیه شد که شامل باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن (ازتوباکتر و آزوسپیرلیوم

خصوصیات شیمیایی و فیزیکی خاک، آلودگی کمتری را در محیط زیست موجب می‌شوند (Kheiry et al., 2016). کمپوست نیشکر یک ماده آلی پیت‌مانند است که سبب نرمی بافت خاک و افزایش تهویه، جذب رطوبت و ظرفیت نگهداری آب می‌شود. کربن آلی موجود در کمپوست، عناصر غذایی را به آرامی و به طور یکنواخت در خاک آزاد می‌کند و گیاه را قادر به جذب عناصر غذایی می‌نماید (Alikhani & Savaghebi, 2013). استفاده از کود شیمیایی در تلفیق با کمپوست ضایعات نیشکر سبب افزایش مقدار نیتروژن و فسفر موجود در کمپوست شده و سبب افزایش رشد گیاه رازیانه می‌شود (Movaghatian et al., 2014a). استفاده تلفیقی از کود شیمیایی و کود آلی کمپوست ضایعات نیشکر نه تنها منجر به حفظ حاصلخیزی خاک و فعالیت زیستی می‌شود، بلکه منجر به بهبود خواص فیزیکی خاک می‌گردد، در نتیجه سبب بهبود عملکرد دانه رازیانه می‌شود؛ از سویی کمپوست نیشکر باعث افزایش اسانس گیاه رازیانه می‌شود (Movaghatian et al., 2014b). Kapoor و همکاران (۲۰۰۴) و Mona و همکاران (۲۰۰۸) نیز گزارش کردند که کودهای آلی کمپوست سبب افزایش عملکرد اسانس رازیانه می‌شود. از ارکان اصلی در کشاورزی پایدار، استفاده از کودهای زیستی به جای کودهای شیمیایی است (Sharma, 2002).

استفاده از کودهای زیستی به عنوان راه حل مناسب می‌تواند در کاهش مصرف کودهای نیتروژنه مؤثر باشد (Valibeigi & Adavi, 2018). Sharaf- Mahfouz و Eldin (۲۰۰۷) با بررسی تأثیر کودهای بیولوژیک ازتوباکتر، سودوموناس و آزوسپیرلیوم روی گیاه رازیانه بیان کردند که اعمال این تیمارهای کودی باعث افزایش عملکرد گیاه رازیانه شد. به طور کلی کشت گیاهان دارویی با سطوح کمتر نهاده‌های شیمیایی و متکی بر نهاده‌های آلی و زیستی می‌تواند علاوه بر عملکرد مطلوب، کیفیت طبیعی آنها را همراه با خواص دارویی مدنظر مصرف‌کنندگان فراهم نماید. Chen و همکاران (۲۰۲۰) معتقدند استفاده از کودهای زیستی سرعت رشد گیاهان را افزایش داده و موجب افزایش وزن خشک اندام هوایی

و سودوموناس) بود. تعداد سلول زنده در هر گرم مایه تلقیح ترکیب بیوفارم، 10^8 عدد باکتری زنده بود.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه آزمایشی

Table 1. Physicochemical properties of experimental fiegd soil

Soil texture (%) (Silty Loam)			K (mg.kg ⁻¹)	P (mg.kg ⁻¹)	N (%)	O.C. (%)	pH	EC (dS.m ⁻¹)	Sample specifications
Clay	Silt	Sand							
23	50	27	119	7.2	0.0217	0.51	7.9	5.08	Depth 0-30 cm

جدول ۲- مشخصات فیزیکی و شیمیایی کمپوست بقایای نیشکر

Table 2. Physicochemical characteristics of sugarcane residue compost

K (mg.kg ⁻¹)	P (mg.kg ⁻¹)	N (%)	Organic matter (%)	pH	EC (dS.m ⁻¹)
2000	72	1	35.80	7.5	3.5

برداشت نمونه‌ها از خطوط مربوط به عملکرد نهایی، وزن تر آنها به دست آمد. وزن تر دو بوته (از هر کرت به صورت جداگانه) برای تعیین رطوبت و تخمین رطوبت در زمان برداشت مدنظر قرار گرفت، بدین صورت که این دو بوته به مدت ۴۸ ساعت در آون ۷۲ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد و بعد وزن خشک آنها برای تعیین عملکرد بیولوژیک (زیست‌توده در واحد سطح برحسب کیلوگرم در هکتار) محاسبه شد. پس از جدا کردن دانه‌های موجود در هر چتر و خشک شدن آنها در هوای آزاد، وزن آنها برای تعیین عملکرد اقتصادی (عملکرد دانه برحسب کیلوگرم در هکتار) با محاسبه رطوبت ۱۰ درصد اندازه‌گیری شد.

برای تعیین شاخص برداشت، پس از اندازه‌گیری میزان عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک از رابطه ۱ استفاده شد (Norouzi Shahri et al., 2015).

(۱)

= شاخص برداشت (درصد)

$100 \times (\text{وزن خشک کل} / \text{وزن خشک دانه})$

اسانس‌گیری با استفاده از روش تقطیر با آب (طرح دستگاه کلونجر) با ۵۰ گرم ماده خشک و یک لیتر آب مقطر به مدت چهار ساعت انجام شد (Sefidkon, 2001). عملکرد اسانس نیز از حاصل ضرب مقدار اسانس در عملکرد دانه به دست آمد.

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها شامل تجزیه واریانس و مقایسه میانگین داده‌ها، با استفاده از نرم‌افزار SAS نسخه

طول و عرض هر کرت فرعی حدود دو و نیم متر و شامل شش خط کشت با فاصله ۴۰ سانتی‌متری از یکدیگر بود و فاصله دو بوته روی ردیف نیز ۲۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. بین هر واحد آزمایشی یک فاصله ۱ متری و بین هر بلوک یک فاصله ۱/۵ متری بود. تراکم گیاهی اعمال شده برای رازیانه ۱۳ بوته در مترمربع بود. کشت به صورت دستی به عمق یک سانتی‌متری خاک در تاریخ ۲۳ آبان سال ۱۴۰۲ انجام شد. آبیاری مزرعه با توجه به بارندگی‌ها در فصل رشد و نیاز آبی گیاهان در مراحل حساس به کم آبی انجام شد (Kiani et al., 2018). وجین علف‌های هرز در چندین مرحله به صورت دستی در فاصله بین ردیف‌ها انجام گردید و در نهادهای آبیاری سم‌پاشی با علف‌کش پاراکوات برای از بین بردن علف‌های هرز انجام شد. پس از پایان گلدهی و رسیدگی فیزیولوژیک دانه رازیانه در مرحله رسیدگی شیری-خمیری، برداشت به صورت دستی و کف‌بر با داس، از فاصله سه تا چهار سانتی‌متری سطح زمین انجام شد. برداشت از خطوط سه و چهار، و هر خط در حدود یک متر بود که برای تعیین عملکرد مدنظر قرار داده شد و نمونه‌برداری برای ارزیابی صفاتی مانند ارتفاع بوته، تعداد شاخه، تعداد چتر در بوته، تعداد دانه در چتر، وزن هزاردانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت، درصد و عملکرد اسانس دانه انجام شد. برای اندازه‌گیری صفات مورفولوژیک، پنج بوته به صورت تصادفی انتخاب و اندازه‌گیری‌های مذکور انجام گردید. بلافاصله پس از

۹/۴ انجام شد. مقایسه میانگین داده‌ها نیز با آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد انجام گردید.

نتایج

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که بین تیمارهای مختلف کودی از لحاظ صفات عملکرد اختلاف معنی‌دار وجود دارد. اثر سطوح کود تلفیقی (کود شیمیایی و کود آلی کمپوست بقایای نیشکر) و نیز اثر سطوح کود زیستی در سطح احتمال یک درصد بر ارتفاع بوته معنی‌دار بود، اما برهم‌کنش آنها در این رابطه معنی‌دار نبود (جدول ۳). براساس نتایج حاصل از مقایسه میانگین تیمارهای آزمایش، سطوح A1، A5 و A6 باهم اختلاف معنی‌داری نداشتند، درواقع کاربرد کود کمپوست نیشکر به‌تنهایی سبب افزایش ارتفاع رازیانه نشد و تفاوت معنی‌داری با عدم کاربرد کود نداشت. در سطوح A2، A3 و A4 نیز اختلاف معنی‌دار مشاهده نشد. بیشترین ارتفاع

در سطح A3 ۱۱۹/۸ سانتی‌متر و در سطح شاهد کمترین ارتفاع ۸۷/۷ سانتی‌متر حاصل شد (جدول ۴). در مورد اثر تیمار کود زیستی، بیشترین ارتفاع بوته مربوط به تیمار B1 با ارتفاع ۱۰۸/۴ سانتی‌متر و کمترین ارتفاع مربوط به تیمار شاهد ۹۸/۵ سانتی‌متر به‌دست آمد (جدول ۵).

باتوجه به نتایج تجزیه واریانس داده‌ها، سطوح تیمار کود تلفیقی (کود شیمیایی و کود آلی کمپوست نیشکر) در سطح احتمال یک درصد برای صفت تعداد شاخه در چتر معنی‌دار شد (جدول ۳). بیشترین تعداد شاخه در بوته در سطح تیمار A2 به میزان ۳۸/۸ و کمترین تعداد شاخه در بوته نیز در تیمار شاهد به میزان ۲۲/۴ مشاهده شد (جدول ۴). بین سطوح تیمار کود زیستی اختلاف معنی‌داری وجود نداشت اما با وجود این نسبت به تیمار شاهد سبب افزایش تعداد شاخه در بوته شد (جدول ۵).

جدول ۳- تجزیه واریانس تأثیر کود بر برخی صفات رازیانه

Table 3. ANOVA of fertilizer effects on some *Foeniculum vulgare* traits

S.O.V.	d.f.	Plant height	Number of branches per plant
Block	2	164.57*	4.02 ^{ns}
Combined fertilizer (A)	5	1265.27**	197.35**
Main plot error	10	146.66*	23.94 ^{ns}
Biofertilizer (B)	1	716.9**	84.47 ^{ns}
A*B	5	126.72 ^{ns}	42.85 ^{ns}
Sub-plot error	12	42.40	57.65
C.V. (%)		26.76	6.32

n.s., *, and **: non-significant, significant at 5, and 1% probability levels, respectively.

جدول ۴- مقایسه میانگین برخی صفات رازیانه تحت تأثیر کود نیتروژن و کمپوست نیشکر

Table 4. Means comparison of some *Foeniculum vulgare* traits affected by nitrogen and sugarcane compost fertilizers

Treatment	Plant height (cm)	Number of branches per plant
A1	87.76 ^b	22.45 ^c
A2	116.02 ^a	38.85 ^a
A3	119.80 ^a	29.15 ^b
A4	114.40 ^a	29.00 ^b
A5	94.70 ^b	26.00 ^{bc}
A6	87.80 ^b	24.76 ^{bc}

In each column, means with common letters are in the same statistical group at 1% probability level (LSD test). A1: control, A2: 150 kg.ha⁻¹ of pure nitrogen, A3: 112.5 kg.ha⁻¹ of pure nitrogen + 8 t.ha⁻¹ of sugarcane compost, A4: 75 kg.ha⁻¹ of pure nitrogen + 16 t.ha⁻¹ of sugarcane compost, A5: 37.5 kg.ha⁻¹ of pure nitrogen + 24 t.ha⁻¹ of sugarcane compost, and A6: 32 t.ha⁻¹ of pure sugarcane compost.

جدول ۵- مقایسه میانگین برخی صفات رازیانه تحت تأثیر کود زیستی بیوفارم

Table 5. Means comparison of some *Foeniculum vulgare* traits affected by biofarm biofertilizer

Treatment	Plant height (cm)	Number of branches per plant
B1	107.37 ^a	29.90 ^a
B0	98.54 ^b	26.83 ^a

In each column, means with common letters are in the same statistical group at 1% probability level (LSD test). B1: inoculation with biofertilizer and B0: no biofertilizer.

براساس نتایج تجزیه واریانس، کاربرد تلفیقی کود شیمیایی و کود آلی کمپوست بقایای نیشکر بر تعداد چتر در بوته در سطح اطمینان آماری ۹۹ درصد معنی دار شد (جدول ۶). کاربرد سطوح تیمارهای A2 و A3 به ترتیب سبب افزایش تعداد چتر در بوته به میزان ۱۷/۷ و ۱۶/۴ عدد شد و نیز کمترین تعداد چتر در بوته مربوط به سطح تیمار شاهد ۱۲/۹ عدد بود، درواقع کاربرد مقادیر بالای کود نیتروژن

سبب افزایش ۳۷/۲ درصدی تعداد چتر در بوته نسبت به تیمار شاهد شد (جدول ۷). در مورد تیمار کود زیستی نیز بیشترین تعداد چتر در بوته در سطح تیمار B1 به میزان ۱۵/۴۹ عدد چتر در بوته بود، با وجود اینکه اختلاف معنی داری با تیمار شاهد نداشت اما نسبت به تیمار شاهد سبب افزایش تعداد چتر در بوته گردید (جدول ۸).

جدول ۶- تجزیه واریانس تأثیر کود بر صفات اجزای عملکرد رازیانه

Table 6. ANOVA of fertilizer effects on *Foeniculum vulgare* yield components traits

S.O.V.	d.f.	1000-seed weight	Grain per Umbrella	Umbellet per Umbrella	Umbrella	Seed yield	Biological yield	Harvest index
Block	2	0.07 ^{ns}	445.05 ^{ns}	0.23 ^{ns}	4.75 [*]	32604.2 ^{ns}	191110.00 ^{ns}	26.41 ^{ns}
Combined fertilizer (A)	5	0.11 ^{ns}	4756.32 ^{**}	39.06 ^{**}	20.37 ^{**}	34451.93 ^{**}	2478252.1 ^{**}	37.31 ^{ns}
Main plot error	10	1.10 [*]	161.25 ^{ns}	1.38 ^{ns}	3.03 ^{ns}	29475.60 ^{ns}	134118.28 ^{ns}	72.86 ^{ns}
Biofertilizer (B)	1	1.56 ^{**}	88.67 ^{ns}	2.68 ^{ns}	9.21 ^{ns}	77951.46 ^{ns}	557637.33 ^{ns}	415.62 [*]
A*B	5	0.51 ^{**}	2288.78 ^{**}	3.96 ^{ns}	4.62 ^{ns}	167295.6 [*]	360091.57 ^{ns}	104.82 ^{ns}
Sub-plot error	12	0.033	354.114	1.829	4.217	354.114	202546.19	65.099
C.V. (%)		6.18	15.51	9.18	13.74	28.85	25.28	21.89

n.s., *, and **: non-significant, significant at 5, and 1% probability levels, respectively.

جدول ۷- مقایسه میانگین تأثیر چتر در بوته، چترک در چتر، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت تحت سطوح تیمارهای تلفیقی کود شیمیایی و کمپوست بقایای نیشکر

Table 7. Comparison of the average effect of umbrella in the plant, umbrella in the umbrella, biological performance and harvest index under the combined treatment levels of chemical fertilizer and sugarcane

Treatment	Umbrella	Umbellet	Biological yield (kg.ha ⁻¹)	Harvest index (%)
A1	12.98 ^c	11.15 ^c	1351 ^d	31.60 ^a
A2	17.75 ^a	17.35 ^a	3021 ^a	30.48 ^a
A3	16.43 ^{ab}	17.36 ^a	2373 ^b	33.71 ^a
A4	14.96 ^{bc}	15.90 ^a	2316 ^{bc}	34.03 ^a
A5	13.92 ^c	13.83 ^b	1873 ^c	27.74 ^a
A6	13.60 ^c	12.73 ^b	1397 ^d	33.87 ^a

In each column, means with common letters are in the same statistical group at 1% probability level (LSD test). A1: control, A2: 150 kg.ha⁻¹ of pure nitrogen, A3: 112.5 kg.ha⁻¹ of pure nitrogen + 8 t.ha⁻¹ of sugarcane compost, A4: 75 kg.ha⁻¹ of pure nitrogen + 16 t.ha⁻¹ of sugarcane compost, A5: 37.5 kg.ha⁻¹ of pure nitrogen + 24 t.ha⁻¹ of sugarcane compost, and A6: 32 t.ha⁻¹ of pure sugarcane compost.

جدول ۸- مقایسه میانگین تأثیر چتر در بوته، چترک در چتر، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت تحت سطوح تیمار کود زیستی بیوفارم

Table 8. Comparison of the average effect of umbrella in the plant, umbrella in the umbrella, biological yield and harvest index under Biofarm biological fertilizer treatment levels

Treatment	Umbrella	Umbellet	Biological yield (kg.ha ⁻¹)	Harvest index (%)
B1	15.44 ^a	14.99 ^a	2180 ^a	35.30 ^a
B0	14.43 ^a	13.44 ^a	1931 ^a	28.51 ^b

In each column, means with common letters are in the same statistical group at 1% probability level (LSD test). B1: inoculation with biofertilizer and B0: no biofertilizer.

A1B0 نداشت. با وجود معنی دار نبودن اختلاف با تیمار شاهد، کاربرد ۳۲ تن در هکتار کود کمپوست نیشکر به تنهایی، سبب کاهش ۹/۲ درصدی تعداد دانه در چتر رازیانه نسبت به تیمار شاهد شد. این موضوع می تواند ناشی از سازوکار جبران اجزای عملکرد باشد، به نحوی که با مصرف ۳۲ تن کمپوست بقایای نیشکر، به طور معنی داری تعداد چتر در بوته و تعداد چترک بیشتری نسبت به تیمار شاهد تولید شد. در نتیجه، در اثر رقابت بین چترها و چترکها، هریک از چترها تعداد دانه کمتری نسبت به تیمار شاهد تولید نمودند (جدول ۹).

باتوجه به نتایج تجزیه واریانس، اثر متقابل کود تلفیقی و کود زیستی نیز در سطح احتمال یک درصد برای صفت تعداد دانه در چتر معنی دار شد (جدول ۶). نتایج مقایسه میانگین تعداد دانه در چتر براساس برش دهی فیزیکی آثار متقابل داده ها نشان داد که بیشترین تعداد دانه در چتر مربوط به سطوح تیمارهای A2B0، A3B0 و A4B0 به ترتیب به میزان ۱۶۶/۸ و ۱۶۳/۵ و ۱۵۸/۷ دانه در چتر و بدون کاربرد کود زیستی حاصل شد. زیرا کاربرد کود شیمیایی سبب کاهش کارایی کود زیستی می شود. کمترین تعداد دانه در چتر نیز مربوط به تیمار شاهد و تیمار A6B0 به میزان ۷۶ دانه در چتر بود که تفاوت معنی داری با تیمار شاهد

جدول ۹- مقایسه میانگین تأثیر سطوح کود تلفیقی و کود زیستی بر صفات دانه در چتر، وزن هزاردانه و عملکرد دانه (برش دهی فیزیکی)

Table 9. Comparison of the average effect of combined fertilizer and biofertilizer levels on seed traits in umbrella, thousand seed weight and seed yield (physical cutting)

Combined fertilizer (A)	Biofertilizer (B)	Grain per Umbrella	1000-seed weight (grams)	Seed yield (kg.ha ⁻¹)
A1	B0	83.75 ^a	2.94 ^a	403 ^b
	B1	111.50 ^a	2.57 ^a	496 ^a
A2	B0	163.50 ^a	2.78 ^b	863 ^a
	B1	122.90 ^a	3.43 ^a	938 ^a
A3	B0	166.80 ^a	3.42 ^a	879 ^a
	B1	106.00 ^b	2.47 ^b	911 ^a
A4	B0	158.75 ^a	3.27 ^a	998 ^a
	B1	157.50 ^a	2.61 ^a	820 ^a
A5	B0	88.33 ^b	3.55 ^a	643 ^b
	B1	116.50 ^a	2.68 ^b	705 ^a
A6	B0	76.00 ^a	2.99 ^a	483 ^b
	B1	103.90 ^a	2.78 ^a	621 ^a

In each column, means with common letters are in the same statistical group at 1% probability level (LSD test). A1: control, A2: 150 kg.ha⁻¹ of pure nitrogen, A3: 112.5 kg.ha⁻¹ of pure nitrogen + 8 t.ha⁻¹ of sugarcane compost, A4: 75 kg.ha⁻¹ of pure nitrogen + 16 t.ha⁻¹ of sugarcane compost, A5: 37.5 kg.ha⁻¹ of pure nitrogen + 24 t.ha⁻¹ of sugarcane compost, and A6: 32 t.ha⁻¹ of pure sugarcane compost. B1: inoculation with biofertilizer, B0: no inoculation with biofertilizer

احتمال یک درصد معنی دار شد (جدول ۶). بیشترین وزن هزاردانه در سطوح تیمارهای A2B1، A5B0 و A3B0 به

نتایج تجزیه واریانس داده ها نشان داد که اثر کود زیستی و اثر متقابل آن با کود تلفیقی بر وزن هزاردانه در سطح

ترتیب به میزان ۳/۵۵، ۳/۴۳ و ۳/۴۲ گرم حاصل شد که با هم از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری نداشتند (جدول ۹).

با توجه به نتایج تجزیه واریانس، اثر کود تلفیقی بر عملکرد دانه در سطح احتمال یک درصد و اثر متقابل آن با کود زیستی در سطح احتمال خطای پنج درصد معنی‌دار شد (جدول ۶). عملکرد دانه در سطوح تیمارهای A2B1، A4B0 و A3B1 به‌ترتیب به میزان ۹۹۸، ۹۳۸ و ۹۱۱ کیلوگرم در هکتار بیشترین مقادیر را دارا بود که با هم از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری نداشتند. کمترین عملکرد دانه نیز در سطح تیمار شاهد A1B0 به میزان ۴۰۳ کیلوگرم در هکتار بود (جدول ۹). اثر کود تلفیقی کود شیمیایی و کود آلی کمپوست بقایای نیشکر بر عملکرد بیولوژیک در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۶). بیشترین عملکرد بیولوژیک در سطح تیمار A2 به میزان ۳۰۲۱ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد. در سطوح تیمارهای A3 و A4 نیز عملکرد بیولوژیک به‌ترتیب به میزان ۲۳۷۳ و ۲۳۱۶ کیلوگرم در هکتار رسید اما تأثیر این سطوح به اندازه تأثیر تیمار کود شیمیایی بر عملکرد بیولوژیک نبود. کمترین میزان عملکرد نیز در تیمار شاهد به میزان ۱۳۵۱ کیلوگرم در هکتار مشاهده گردید (جدول ۷). نتایج مقایسه میانگین برای کاربرد سطوح کود زیستی اختلاف معنی‌داری نشان نداد اما با وجود این بیشترین عملکرد بیولوژیک در سطح تیمار B1 به میزان ۲۱۸۰ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد (جدول ۸).

طبق نتایج تجزیه واریانس، اثر تیمار کود زیستی بر شاخص برداشت در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد

(جدول ۶). براساس نتایج مقایسه میانگین داده‌ها، بیشترین میزان شاخص برداشت متعلق به سطح تیمار A4 به میزان ۳۴/۰۳ درصد شد و کمترین میزان در سطح تیمار A5 به میزان ۲۷/۷ درصد شد اما بین همه سطوح تیمارهای تلفیقی اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۷). در مورد اثر تیمار کود زیستی، نتایج مقایسه میانگین نشان داد که بیشترین شاخص برداشت مربوط به سطح تیمار B1 به میزان ۳۵/۳ درصد و کمترین شاخص برداشت در تیمار شاهد به میزان ۲۸/۵۱ درصد بود که با تیمار شاهد اختلاف معنی‌داری داشت، یعنی کاربرد کود زیستی سبب افزایش ۲۳/۸ درصدی شاخص برداشت نسبت به عدم کاربرد آن شد (جدول ۸).

باتوجه به نتایج تجزیه اسانس رازیانه، اثر تیمار کود تلفیقی (کود شیمیایی و کمپوست بقایای نیشکر) و اثر تیمار کود زیستی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۱۰). طبق جدول مقایسه میانگین داده‌ها، بیشترین میزان درصد اسانس در سطوح تیمارهای A2 به میزان ۲/۲ درصد به‌دست آمد که اختلاف معنی‌داری با سطوح A3، A4 و A5 داشت. کمترین میزان درصد اسانس مربوط به تیمار شاهد به میزان ۱/۵ درصد بود. کاربرد ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود شیمیایی نیتروژن سبب افزایش درصد اسانس رازیانه شد و میزان این افزایش نسبت به تیمار حائز کمترین عملکرد اسانس ۴۶/۶ درصد بود. در مورد تیمار کود زیستی بیشترین درصد اسانس در تیمار B1 به میزان ۲/۱ درصد بود که نسبت به تیمار شاهد اثر معنی‌داری داشت (جدول ۱۱).

جدول ۱۰- تجزیه واریانس تأثیر سطوح کود تلفیقی و کود زیستی بر درصد اسانس و عملکرد اسانس رازیانه (میانگین مربعات)

Table 10. Variance analysis of the effect levels of combined fertilizer and biological fertilizer on the

S.O.V.	d.f.	Essential oil %	Essential oil yield
Block	2	0.132 ^{ns}	0.547 ^{ns}
Combined fertilizer (A)	5	0.371 ^{**}	17.942 ^{**}
Main plot error	10	0.038 ^{ns}	2.390 ^{ns}
Biofertilizer (B)	1	0.538 ^{**}	25.406 ^{ns}
A*B	5	0.065 ^{ns}	48.440 ^{**}
Sub-plot error	12	0.0353	9.106
C.V. (%)		26.76	6.32

n.s., *, and **: non-significant, significant at 5, and 1% probability levels, respectively.

جدول ۱۱- مقایسه میانگین درصد اسانس تحت تأثیر سطوح سیستم تلفیقی کود شیمیایی و کمپوست بقایای نیشکر و کود زیستی بیوفارم

Table 11. Comparison of the average percentage of essential oil under the influence of the combined system levels of chemical fertilizer and sugarcane residue compost and biofarm biofertilizer

Treatment	Essential oil %
A1	1.55 ^d
A2	2.26 ^a
A3	1.87 ^c
A4	1.94 ^{bc}
A5	2.14 ^{ab}
A6	1.83 ^c
B1	2.1 ^a
B0	1.81 ^b

In each column, means with common letters are in the same statistical group at 1% probability level (LSD test). A1: control, A2: 150 kg.ha⁻¹ of pure nitrogen, A3: 112.5 kg.ha⁻¹ of pure nitrogen + 8 t.ha⁻¹ of sugarcane compost, A4: 75 kg.ha⁻¹ of pure nitrogen + 16 t.ha⁻¹ of sugarcane compost, A5: 37.5 kg.ha⁻¹ of pure nitrogen + 24 t.ha⁻¹ of sugarcane compost, and A6: 32 t.ha⁻¹ of pure sugarcane compost.

۱۹/۲ کیلوگرم در هکتار نیز سبب افزایش عملکرد اسانس نسبت به تیمار شاهد شد. کمترین میزان عملکرد اسانس در تیمار A6B0 به میزان ۶/۵ کیلوگرم در هکتار مشاهده شد (جدول ۱۲).

اثر تیمار کود تلفیقی و نیز اثر متقابل کود تلفیقی و کود زیستی در سطح احتمال یک درصد معنی دار شد (جدول ۱۰). بیشترین عملکرد اسانس رازیانه مربوط به سطح تیمار A2B1 به میزان ۲۲/۱ کیلوگرم در هکتار بود، اما در سطوح تیمارهای A3B1 و A4B0 به ترتیب به میزان ۱۹/۴ و

جدول ۱۲- مقایسه میانگین تأثیر سطوح کود تلفیقی و کود زیستی بر عملکرد اسانس رازیانه (برشدهی فیزیکی)

Table 12. Comparison of the average effect of combined fertilizer and biofertilizer levels on the yield of fennel essential oil (physical cutting)

Combined fertilizer (A)	Biofertilizer (B)	Essential oil yield(kg.ha ⁻¹)
A1	B0	7.51 ^b
	B1	9.71 ^a
A2	B0	18.72 ^b
	B1	22.13 ^a
A3	B0	14.25 ^a
	B1	19.47 ^a
A4	B0	19.29 ^a
	B1	16.04 ^a
A5	B0	12.77 ^b
	B1	16.26 ^a
A6	B0	6.57 ^a
	B1	10.11 ^a

In each column, means with common letters are in the same statistical group at 1% probability level (LSD test). A1: control, A2: 150 kg.ha⁻¹ of pure nitrogen, A3: 112.5 kg.ha⁻¹ of pure nitrogen + 8 t.ha⁻¹ of sugarcane compost, A4: 75 kg.ha⁻¹ of pure nitrogen + 16 t.ha⁻¹ of sugarcane compost, A5: 37.5 kg.ha⁻¹ of pure nitrogen + 24 t.ha⁻¹ of sugarcane compost, and A6: 32 t.ha⁻¹ of pure sugarcane compost. B1: inoculation with biofertilizer, B0: no inoculation with biofertilizer.

که عملکرد دانه بیشترین همبستگی را با عملکرد اسانس (۰/۹۱**) و بعد با عملکرد بیولوژیک (۰/۷۳**) و با

روابط میان عملکرد، اجزای عملکرد و صفات مورفولوژیک و فیزیولوژیک: نتایج (جدول ۱۳) نشان داد

همبستگی را با عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک به ترتیب $(0/71^{**})$ و $(0/65^{**})$ داشت. درصد اسانس نیز بیشترین همبستگی را با عملکرد اسانس $(0/74^{**})$ داشت.

درصد اسانس $(0/48^{**})$ داشت. تعداد چتر در بوته بیشترین همبستگی را با عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه به ترتیب $(0/61^{**})$ و $(0/60^{**})$ داشت. تعداد دانه در چتر بیشترین

جدول ۱۳- ضرایب همبستگی ساده بین عملکرد، اجزای عملکرد و صفات مورفولوژیک و فیزیولوژیک

Table 13. Simple correlation coefficients between performance, performance components and morphological and physiological traits

Traits	1	2	3	4	5	6	7	8
Umbrella (1)	1	0.504*	-0.037	0.606**	0.616**	0.099 ^{ns}	0.25 ^{ns}	0.558**
Grain per Umbrella (2)		1	0.032 ^{ns}	0.713**	0.651**	0.315 ^{ns}	0.164 ^{ns}	0.565**
1000-seed weight (3)			1	0.168 ^{ns}	0.172 ^{ns}	0.425*	-0.018 ^{ns}	0.097 ^{ns}
Seed yield (4)				1	0.734**	0.137 ^{ns}	0.422**	0.739**
Biological yield (5)					1	-0.194 ^{ns}	0.483*	0.739**
Harvest index (6)						1	-0.291 ^{ns}	-0.058 ^{ns}
Essential oil % (7)							1	0.747**
Essential oil yield (8)								1

*and ** are significant at 5% and 1% level, respectively, and ns are not significant

بحث

نتایج تجزیه واریانس نشان‌دهنده مؤثر بودن تیمارهای مختلف کودی در عملکرد و سایر صفات رازیانه است. استفاده از کود تلفیقی و کود زیستی سبب افزایش ارتفاع گیاه رازیانه نسبت به عدم مصرف کود شد، در نتیجه با تلفیق کود شیمیایی نیتروژنی و کود آلی کمپوست نیشکر و نیز کاربرد کود زیستی بیوفارم می‌توان ضمن کاهش آسیب‌های کود شیمیایی و نیز تأمین عناصر مورد نیاز خاک، سبب افزایش ارتفاع گیاه رازیانه شد. در آزمایش Hussien و Abou Magd (۲۰۰۳)، استفاده از کودهای نیتروژنی موجب افزایش عملکرد پیکر رویشی گیاه رازیانه شد. Adavi و Arani (۲۰۲۱) گزارش کردند که کاربرد کود شیمیایی و کود آلی سبب افزایش ارتفاع گیاه شوید شد، همچنین اظهار داشتند که کود نیتروژن با تکثیر و افزایش طول سلول گیاه و تأمین نیتروژن کافی سبب افزایش ارتفاع گیاه شد. گزارش شده است که باکتری‌های محرک رشد گیاه موجب بهبود و تسریع در مراحل مختلف رشدی گیاهان می‌شوند (Nagananda et al., 2010). محققان افزایش ارتفاع گیاه در نتیجه کاربرد کودهای زیستی را نیز ناشی از

افزایش توسعه ریشه و جذب بهتر آب و مواد غذایی و تولید هورمون‌های رشد از جمله جیبرلین و اکسین‌ها می‌دانند (Nazeri et al., 2010). نتایج آزمایشی نشان داد که ارتفاع بوته ریحان تحت تأثیر تیمارهای مختلف کودی قرار گرفت و استفاده از کودهای آلی و زیستی نسبت به تیمار شاهد ارتفاع ریحان را افزایش داد (Makkizadeh et al., 2011). باتوجه به نتایج به‌دست آمده، کاربرد مقادیر بالای کود شیمیایی نیتروژن نسبت به کودهای آلی کمپوست نیشکر و زیستی بیوفارم تأثیر بیشتری در افزایش تعداد شاخه در بوته داشت اما کاربرد کودهای آلی و زیستی نیز سبب افزایش تعداد شاخه در بوته شد. براساس نتایج Vlibeigi و Adavi (۲۰۱۸) بیشترین تعداد شاخه فرعی رازیانه با کاربرد ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن و نیز تلقیح باکتریایی حاصل شد. Moradi و همکاران (۲۰۰۹) بیان کردند که کاربرد کودهای زیستی باعث افزایش معنی‌دار تعداد شاخه فرعی در رازیانه شد. همچنین Atiyeh و همکاران (۲۰۰۰) گزارش کردند که استفاده از کمپوست و ورمی‌کمپوست منجر به افزایش معنی‌دار تعداد شاخه فرعی در سیب زمینی شد. اما بعکس در گزارش Movaghatian و همکاران (۲۰۱۴a) تعداد

شاخه فرعی هیچ‌گونه تغییر معنی‌داری را تحت تأثیر تیمارهای کود شیمیایی، زیستی-آلی و برهم‌کنش آنها نشان ندادند. آنان بیان کردند که صفت تعداد شاخه فرعی در گیاه رازیانه تحت تأثیر ژنتیک و شرایط محیط می‌باشد و احتمالاً شرایط آب و هوایی گرم مانع از رشد و توسعه شاخه‌های فرعی شد.

براساس نتایج به‌دست آمده کاربرد تلفیقی کود شیمیایی نیتروژن و کود آلی کمپوست نیشکر سبب افزایش تعداد چتر در بوته شد اما کود شیمیایی نیتروژن اثر بیشتری را بر افزایش تعداد چتر در بوته داشت، همچنین کاربرد کود آلی به تنهایی یا به‌همراه کاربرد کود شیمیایی کم، سبب افزایش تعداد چتر در بوته می‌شود اما نسبت به کاربرد کود شیمیایی اثر کمتری دارد. Salarazai و همکاران (۲۰۰۵) نشان دادند که تعداد چتر در بوته رازیانه به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر سطوح مختلف نیتروژن قرار گرفت و بیشترین و کمترین تعداد چتر در بوته به ترتیب در کاربرد ۸۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن و تیمار شاهد بود. Jamshidi و همکاران (۲۰۱۴) در آزمایشی که در آن کودهای آلی و شیمیایی با یکدیگر مقایسه شده بودند، بیشترین تعداد چتر را در تیمار کود شیمیایی بدست آوردند. این محققان دلیل این موضوع را به سرعت بیشتر گیاه در جذب نیتروژن از منابع شیمیایی نسبت به منابع آلی نسبت دادند. نتایج تحقیقات Delfieh و همکاران (۲۰۱۷) نشان داد که بیشترین تعداد چتر در بوته در تیمار سیستم تغذیه نیتروژن شاهد با تراکم ۶۰ بوته در مترمربع با میانگین ۱۴/۲ عدد بود، همچنین کمترین مقدار آن در تیمار تلقیح بذر رازیانه با ترکیب باکتری‌های ازتوباکتر و آزوسپریلیوم با تراکم ۱۰۰ بوته در مترمربع با میانگین ۵/۰۲ عدد به‌دست آمد. نتایج Vlibeigi و Adavi (۲۰۱۸) نیز نشان داد بیشترین تعداد چتر در بوته رازیانه با کاربرد ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن و نیز تلقیح باکتری‌های محرک رشد به‌دست آمد.

تعداد دانه در چتر از جمله خصوصیات مهم گیاه است که به‌طور مستقیم با ظرفیت عملکرد آن ارتباط دارد (Ahmadian, 2005). به‌کارگیری انواع کودهای آلی و

شیمیایی برای تولید عملکرد بالا در محصولات زراعی لازم است (Baghbani Arani et al., 2017). براساس نتایج به‌دست آمده، کاربرد تلفیق کود شیمیایی نیتروژن و کود آلی کمپوست نیشکر سبب افزایش تعداد دانه در چتر رازیانه شد و آثار مخرب کود شیمیایی را کاهش داد، همچنین کاربرد توأم کود تلفیقی با کود زیستی نیز سبب افزایش تعداد دانه در چتر و در واقع افزایش عملکرد رازیانه شد. براساس نتایج، کاربرد مقادیر بالای کود کمپوست نیشکر سبب کاهش تعداد دانه در چتر رازیانه شد اما کاربرد آن با کود زیستی نسبت به تیمار شاهد سبب افزایش تعداد دانه در چتر شد. براساس نتایج Movaghatian و همکاران (۲۰۱۴b) مصرف کود زیستی به‌همراه کود کمپوست نیشکر سبب افزایش تعداد دانه در چتر رازیانه شد که با این آزمایش مطابقت داشت. از نتایج حاصل می‌توان این‌گونه استنباط کرد که تأثیر کودهای شیمیایی و آلی و زیستی بر افزایش وزن هزاردانه یکسان بوده است. Jamshidi و همکاران (۲۰۱۱) مشاهده کردند که بین تیمار تغذیه با کود شیمیایی و کود آلی از نظر وزن هزار دانه اختلاف آماری معنی‌داری مشاهده نشد که با نتایج این آزمایش مطابقت دارد. کمترین وزن هزار دانه نیز در سطوح تیمارهای A3B1، A1B1 و A4B1 به‌ترتیب به میزان ۲/۴۷، ۲/۵۷ و ۲/۶۱ مشاهده شد (جدول ۴-۸). با توجه به نتایج بدست آمده مصرف کود زیستی سبب افزایش وزن هزار دانه نشد. وزن هزار دانه نشان‌دهنده وضعیت و طول دوره زایشی گیاه است. به‌نحوی که از بین اجزای عملکرد، وزن هزار دانه خصوصیتی ژنتیکی بوده و کمتر تحت تأثیر عوامل زراعی و شرایط محیطی قرار می‌گیرد (Sarmadanya & Kochaki, 1998). Moradi و همکاران (۲۰۰۹) بیان کردند که احتمالاً به‌دلیل کوچک بودن بذر رازیانه افزایش جزئی در وزن هزاردانه چندان محسوس نیست.

کاربرد کودهای شیمیایی در تلفیق با کودهای آلی و زیستی سبب افزایش عملکرد دانه شد. کاربرد کودهای آلی و زیستی نیز نسبت به تیمار شاهد سبب افزایش عملکرد دانه شدند اما نسبت به تیمارهای مقادیر بالای کود شیمیایی،

بررسی‌ها نیز بهبود عملکرد برخی گیاهان دارویی مانند سیاهدانه را در شرایط تلقیح با کودهای زیستی تأیید کرده است (Khorramdel et al., 2010). Mahshawari و همکاران (۲۰۰۰) گزارش کردند که کود شیمیایی و کودهای زیستی به‌طور معنی‌داری عملکرد اسفرزه را تحت تأثیر قرار دادند. Sokhangoy همکاران (۲۰۱۲) براساس پژوهش‌های انجام شده اظهار داشتند که مصرف کودهای زیستی ازتوباکتر و آزوسپریلوم عملکرد بیولوژیک گیاه شوید را افزایش داده و نیز مصرف کودهای شیمیایی را کاهش دادند. سیستم‌های تغذیه‌ای تلفیقی کود شیمیایی و کود آلی باعث افزایش معنی‌دار شاخص برداشت نسبت به تیمار شاهد نشدند. به نظر می‌رسد که کود زیستی سبب افزایش عملکرد دانه و سبب افزایش صفت شاخص برداشت شد که این عکس نتایج سایر محققان بود. در طی گزارشی مصرف کود کمپوست نیشکر با حفظ و ذخیره رطوبت خاک و تأمین عناصر غذایی مورد نیاز رشد و نمو ذرت به‌ویژه نیتروژن باعث افزایش عملکرد دانه و شاخص برداشت شد (Tahmasebi et al., 2023). Moradi و همکاران (۲۰۰۹) گزارش کردند که اعمال تیمارهای مربوط به کودهای آلی و بیولوژیک منجر به کاهش معنی‌دار شاخص برداشت رازیانه در مقایسه با تیمار شاهد شد. Khoshpeyk و همکاران (۲۰۱۷) گزارش کردند که عدم معنی‌دار شدن شاخص برداشت تحت تأثیر تیمارها و سیستم تغذیه‌ای، نشان می‌دهد که گیاه رازیانه در شرایط متفاوت تغذیه‌ای سهم تقریباً ثابتی از مواد فتوسنتزی خود را به عملکرد دانه و بیولوژیک اختصاص داده و تناسب دانه به سایر اندام‌های گیاهی تغییر چندانی نمی‌کند. آزمایش دیگری نیز نشان داد که شاخص سطح برداشت در پاسخ به کودهای مختلف تغییر نمی‌کند (Shoghi Kalkhoran et al., 2012). برخی محققان گزارش کرده‌اند که شاخص برداشت گیاهان تحت تأثیر ژنتیک بوده و کمتر تحت تأثیر عوامل محیطی قرار می‌گیرد (Ahmadian, 2005).

نتایج به‌دست آمده حکایت از آن بود که هم کود شیمیایی به تنهایی و هم به‌همراه کود آلی سبب افزایش

تأثیر کمتری در افزایش عملکرد دانه داشتند. Ehsanipour و همکاران (۲۰۱۲a) بیان کردند با کاربرد ۱۶۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن عملکرد دانه رازیانه نسبت به کاربرد سطوح ۸۰ و ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار افزایش معنی‌داری داشت که این موضوع به علت افزایش تعداد چتر در گیاه و طول بذر می‌باشد. نتایج یک پژوهش نشان داد که کاربرد همزمان کمپوست ضایعات نیشکر و کود شیمیایی NPK به نسبت ۹۶-۱۲۰-۱۲۰ منجر به تولید بالاترین عملکرد دانه رازیانه گردیده است (Movaghathian et al., 2014b). نتایج بعضی آزمایش‌های انجام شده حکایت از این دارد که باکتری‌های ازتوباکتر و آزوسپریلوم از طریق افزایش نیتروژن قابل دسترس، فتوسنتز گیاه را افزایش داده و نیز موجب افزایش عملکرد دانه شدند. اما در پژوهش Delfieh و همکاران (۲۰۱۷) کمترین عملکرد دانه در تیمار تلقیح بذر رازیانه با مخلوط باکتری‌های ازتوباکتر و آزوسپریلوم و در تراکم ۸۰ بوته در مترمربع به‌دست آمد. تولید عملکرد دانه این تیمار تنها حدود ۳۳ درصد بهترین تیمار این آزمایش بود. Delfieh و همکاران (۲۰۱۷) نتایج مشابهی در مورد تأثیر عملکرد کود زیستی در شرایط آب و هوای گرم و خشک به‌دست آوردند. با توجه به اینکه عوامل زیستی برای تأثیرگذاری مناسب و کمک به تأمین نیازهای غذایی گیاه، لازم است در میکروکلیمای مناسبی تکثیر شده و به فعالیت بپردازند، گزارش کردند که شرایط اقلیمی بسیار گرم و خشک در کاهش عملکرد کود زیستی مؤثر است.

کود شیمیایی اثر به‌سزایی در افزایش عملکرد بیولوژیک نسبت به کود آلی داشت. مصرف کودهای شیمیایی به‌دلیل تأثیر بر تحریک رشد رویشی و به‌ویژه تولید سطح برگ، میزان تولید مواد فتوسنتزی را بهبود داده که افزایش عملکرد گیاه دارویی رازیانه را به‌دنبال داشته است. البته برخی تحقیقات نیز بهبود رشد و عملکرد زنیان را در پاسخ به مصرف کودهای شیمیایی تأیید کرده است (Abd El- Wahab, 2007; Clark & Menary, 1980). نتایج بررسی Kapoor و همکاران (۲۰۰۴) مؤید افزایش اجزای عملکرد رازیانه تحت تلقیح با کودهای زیستی بود. نتایج دیگر

روی گیاه رازیانه، بیان کردند که اعمال این تیمارهای کودی باعث افزایش عملکرد اسانس گیاه رازیانه شد.

بنابراین می‌توان گفت، با وجود اینکه کود شیمیایی تأثیر به‌سزایی بر عملکرد رازیانه داشت، اما برای کاهش آسیب‌های زیست محیطی ناشی از آن به‌صورت تلفیق با کود کمپوست بقایای نیشکر استفاده شد که خود نیز بر بهبود عملکرد مؤثر بود. کود آلی کمپوست نیشکر حاوی بسیاری از مواد مغذی و عناصر مورد نیاز خاک است که به بهبود خصوصیات خاک و رشد بهتر رازیانه منجر شد. کاربرد کود تلفیقی بر بسیاری از صفات مورفولوژیک، صفات عملکرد و اجزای عملکرد و نیز صفات فیزیولوژیک معنی‌دار شد. با کاربرد کودهای زیستی صفاتی مانند ارتفاع بوته، وزن هزار دانه، شاخص برداشت و درصد اسانس معنی‌دار شد و کاربرد کودهای زیستی نیز در افزایش رشد و عملکرد گیاه مؤثر بود. باتوجه به نتایج حاصل از این پژوهش، کاربرد تیمار ۷۵ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص و ۱۶ تن در هکتار کمپوست نیشکر برای افزایش عملکرد دانه رازیانه و نیز کاربرد کودهای زیستی به‌همراه کودهای شیمیایی (۱۵۰ کیلوگرم در هکتار) سبب افزایش عملکرد اسانس دانه رازیانه شد. البته با توجه به عدم اختلاف معنی‌دار، می‌توان گفت که در این آزمایش، برای دستیابی به بالاترین عملکرد دانه و اسانس رازیانه، کاربرد ۷۵ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص و ۱۶ تن در هکتار کمپوست بقایای نیشکر مناسب بوده است که نشان‌دهنده تأثیر کودهای آلی در کاهش مصرف کودهای شیمیایی در مزارع به‌ویژه در کشت گیاهان با هدف تهیه ترکیبات دارویی خواهد بود. به‌طورکلی، اعمال کودهای آلی کمپوست بقایای نیشکر در تلفیق با کود شیمیایی نیتروژن و نیز کاربرد کود زیستی، سبب افزایش رشد و عملکرد گیاه رازیانه شد. همچنین آثار مشابهی در افزایش عملکرد نسبت به کاربرد کودهای شیمیایی به‌تنهایی داشت که از این طریق می‌توان کودهای تلفیقی را با کودهای شیمیایی جایگزین کرد.

درصد اسانس رازیانه شد. کودهای آلی و بیولوژیک تأثیر معنی‌داری بر درصد اسانس رازیانه داشتند و جایگزین مناسبی برای کودهای شیمیایی هستند. در رابطه با کاربرد سیستم‌های مختلف تغذیه نیتروژن، Sharifi-Ashorabadi و همکاران (۲۰۰۳) در تحقیقی روی رازیانه اعلام کردند که کاربرد ۲ درصد نیتروژن بر اندام هوایی گیاه باعث افزایش بازده اسانس نسبت به شاهد گردید. در تحقیق دیگری بیان شده که میزان اسانس در گیاه رازیانه تحت تأثیر کودهای شیمیایی افزایش می‌یابد (Khan & Azam, 1999). Abdallah و همکاران (۱۹۷۸) کود نیتروژن را عاملی برای افزایش تعداد چتر مرکب و درصد اسانس در رازیانه گزارش نمودند. Ghilavizadeh و همکاران (۲۰۱۳) در تحقیق خود دریافتند که درصد اسانس زنیان در اثر تلقیح بذر با ازتوباکتر و آزوسپریلیوم و محلول‌پاشی با باکتری‌های مذکور افزایش یافت.

کود شیمیایی نیتروژن تأثیر زیادی بر افزایش عملکرد اسانس رازیانه داشت اما کاربرد کودهای آلی و زیستی ازجمله کمپوست نیشکر و بیوفارم نیز بر افزایش عملکرد اسانس رازیانه مؤثر بودند. افزایش مصرف کود اوره در زراعت گیاه دارویی بابونه منجر به افزایش درصد اسانس، عملکرد رویشی و عملکرد اسانس گیاه دارویی بابونه شد (Omid Beigi & Hasani malayeri, 2007). Movaghatian و همکاران (۲۰۱۴b) گزارش کردند که کاربرد کود کمپوست نیشکر سبب افزایش عملکرد دانه و اسانس گیاه رازیانه شد. در پژوهشی دیگر که به منظور مقایسه اثر کودهای آلی، زیستی و ترکیب‌های مختلف آنها انجام شد، استفاده از کود آلی مخلوط کمپوست و ورمی کمپوست توانست عملکرد اسانس رازیانه را به میزان ۴۹ درصد نسبت به شرایط بدون کوددهی افزایش دهد و دلیل آن بالاتر بودن عملکرد دانه و درصد اسانس این تیمار نسبت به بقیه تیمارها بود (Moradi et al., 2009). Mahfouz و Sharaf-Eldin (۲۰۰۷) با بررسی تأثیر کودهای بیولوژیک ازتوباکتر، سودوموناس و آزوسپریلیوم

References

- Abd El-Wahab, A.M., 2007. Effect of nitrogen and magnesium fertilization on the production of *Trachyspermum ammi* L. (Ajowan) plants under Sinai conditions. Journal of Applied Sciences Research, 3(8): 781-786. <http://www.aensiweb.com/old/jasr/jasr/2007/781-786.pdf>
- Abdallah, N., El-Gengaihi, S. and Sedrak, E., 1978. The effect of fertilize treatment on yield of seed and volatile of fennel (*Foeniculum vulgare*). Journal of Medicinal and Aromatic Plants, 33(9): 607-608. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/733880/>
- Ahmadian, A., 2005. The effect of irrigation frequency and animal manure on the quality and quantity of cumin. M.sc thesis, Zabol University, Zabol. <https://ganj.irandoc.ac.ir/>
- Alikhani, H.A. and Savaghebi Firouzabadi, Gh.R., 2013. Vermicomposting for Sustainable Agriculture. University Jihad Organization, Tehran, 268p. (In Persian) <https://www.gisoom.com/book/11005006>
- Atiyeh, R.M., Subler, S., Edwards, C.A., Bachman, G., Metzger, J.D. and Shuster, W., 2000. Effects of vermicomposts and compost on plant growth in horticultural container media and soil. Pedobiologia, 44: 579-590. [https://doi.org/10.1078/S0031-4056\(04\)70073-6](https://doi.org/10.1078/S0031-4056(04)70073-6)
- Baghbani Arani, A. and Adavi, Z., 2021. Effect of levels and different types of nitrogen fertilizer on growth, biological and essential oil yields and its components in two populations of dill. Iranian Journal of Field Crop Science, 2: 83-95. [10.22059/ijfcs.2020.291335.654651](https://doi.org/10.22059/ijfcs.2020.291335.654651)
- Baghbani Arani, A., Modarres-Sanavy, S.A.M., Mashhadi Akbar Boojar, M. and Mokhtassi Bidgoli, A., 2017. Towards improving the agronomic performance, chlorophyll fluorescence parameters and pigments in fenugreek using zeolite and vermicompost under deficit water stress. Journal of Industrial Crops and Products, 109: 346-357. [10.1016/j.indcrop.2017.08.049](https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2017.08.049)
- Bahari Meymandi, S.A.H., Sharafzadeh, Sh., Alizadeh, O., Bazrafshan, F. and Amiri, B., 2022. Effect of application of organic and biological fertilizers on growth and biochemical characteristics of fennel (*Foeniculum vulgar* Miller) under greenhouse conditions. Journal of Horticultural Science, 1: 285-306. <https://doi.org/10.22067/jhs.2021.70948.1063>
- Chatterjee, S.K., 2002. Cultivation of medicinal and aromatic plants in India a commercial approach. Acta Horticulture, 576: 191-202. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2002.576.28>
- Chen, W., Meng, P., Feng, H. and Wang, C., 2020. Effects of arbuscular mycorrhizal fungi on growth and physiological performance of *Catalpa bungei* C.A.Mey. under drought stress. Forests, 11(10): 1117. <https://doi.org/10.3390/f11101117>
- Clark, R.J. and Menary, R.C., 1980. The effect irrigation and nitrogen on the yield and composition of peppermint oil (*Mentha piperita* L.). Australian Journal of Agricultural Research, 31(3): 489-498. <https://doi.org/10.1071/AR9800489>
- Delfieh, M., Modarres-Sanavy, S.A.M. and Farhoudi, R., 2017. Investigating the effects of plant density, seed inoculation with bacteria and different nitrogen fertilizing methods on yield, yield components and essential oil of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.). The Plant Production (Scientific Journal of Agriculture), 40(1): 111-121. <https://doi.org/10.22055/ppd.2016.12436>
- Ehsanipour, A., Zeinali, H. and Razmjoo, K., 2012a. Effect of Nitrogen levels on qualitative traits and seed yield of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) populations. Journal of Medcial Plants, 11(42): 37-47. https://jmp.ir/browse.php?a_id=430&sid=1&slc_lang=en
- Ehsanipour, A., Zeinali, H. and Razmjoo, K., 2012b. Effect of nitrogen rates on yield, yield components and essential oil content of several fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) populatios. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants, 28(4): 579-593. [10.1016/j.indcrop.2011.06.018](https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2011.06.018)
- Ghilavizadeh, A., Taghi Darzi, M. and Haj Seyed Hadi M., 2013. Effects of biofertilizer and plant density on essntial oil content and yield traits of ajowan (*Carum copticum*). Middle-East Journal of Scientific Research, 14(11): 1508-1512. [10.5829/idosi.mejsr.2013.14.11.2364](https://doi.org/10.5829/idosi.mejsr.2013.14.11.2364)
- Gholami, A., Akbari, I. and Abbas Dokht, H., 2015. Study the effects of bio and organic fertilizers on growth characteristics and yield of fennel (*Foeniculum vulgar* Mill.). Journal of Agroecology, 7(2): 215-224. [10.22067/jag.v7i2.35273](https://doi.org/10.22067/jag.v7i2.35273)
- Hussien, M.S. and Abou Magd, M.M., 2003. Effect of nitrogenous fertilization on the growth, vegetative yield, seed yield and oil content of sweet fennel. African Journal of Agricultural Science and Food Research, 18: 5-133. <https://afropolitanjournals.com/index.php/ajasfr/issue/view/53#:~:text=DOI-10.62154/ajasfr,-Access>
- Jamshidi, E., Ghalavand, A., Sefidkon, F. and Mohammadi Goltaph, E., 2014. Posetive effect of fungi *Piriformospora indica* on fennel yield, yield components under effectorganic organic matter.

- Journal of Agriculture and Sustainable Production Knowledge, 23(1): 143-156. https://sustainagriculture.tabrizu.ac.ir/article_1072.html?lang=en
- Jamshidi, E., Ghalavand, A., Sephidkon, F. and Mohamadi Goltaph. E., 2011. Effects of different nutrition systems (organic, chemical, biological and integrated) and fungi *Piriformospora indica* on yield and concentration of elements in shoot and grain of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.). Environmental Sciences, 8(4): 59-72. https://envs.sbu.ac.ir/article_96518.html?lang=en
 - Kapoor, R., Giri, B. and Mukerji, K.G., 2004. Improved growth and essential oil yield and quality in *foeniculum vulgare* Mill. on mycorrhizal inoculation supplemented with P-fertilizer. Journal of Bioresource Technology, 93: 307-311. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2003.10.028>
 - Karami, R., Faraji, H., Movahedi Dehnavi, M. and Khoshro, A., 2019. Interaction of nitrogen and plant density on the growth and yield of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). Journal of Crop Production, 13(1): 111-124. <https://doi.org/10.22069/ejcp.2020.17603.2296>
 - Khan, M.M. and Azam, Z.M., 1999. Change in the essential oil constituents of *Foeniculum vulgare* in relation of basal and foliar application of nitrogen and phosphorus. Journal Plant Nutrition, 11: 2205-2515. <https://doi.org/10.4141/P98-090>
 - Kheiry, A., Arghavani, M. and Khastoo, M., 2016. Effects of organic fertilizers application on morphophysiological characteristics of calendula (*Calendula officinalis* L.). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants, 31(6): 1047-1057. <https://doi.org/10.22092/ijmapr.2016.105893>
 - Khorramdel, S., Kochaki, A., Nasiri-Mahalati, M. and Ghorbani, R., 2010. Effect of biofertilizers on the yield and yield components of black cumin (*Nigella sativa* L.). Iranian Journal of Field Crops Research, 8(5): 758-766. <https://doi.org/10.22067/gsc.v8i5.8017>
 - Khoshpeyk, S., Sadrabadi Haghighi, R. and Ahmadian, A., 2017. The effect of application of nitrogen fertilizer and nano-organic manure on yield, yield components and essential oil of fennel (*Foeniculum vulgar* Mill.). Iranian Journal of Field Crops Research, 14(4): 775-787. <https://www.magiran.com/p1665745>
 - Kiani, S., Siyadat, S.A. and Moradi Telavat, M.R., 2018. The effect of moisture stress at the end of the season and humic acid foliar application on the morphological characteristics, production and essential oil of three local species of fennel (*Foeniculum vulgare* L.). Environmental Stresses in Crop Sciences, 11(4): 931-942. <https://doi.org/10.22077/escs.2018.1042.1205>
 - Madah, M., 2000. Investigating the effect of ultraviolet rays on the secretory and developmental characteristics of vegetative and reproductive organs and the amount of essential oil of fennel plant (*Funiculum vulgare* Mill.). M.sc thesis, Biology, Plant Sciences, Azad University, North Tehran, <https://ganj.irandoc.ac.ir/>
 - Mahfouz, S.A. and Sharaf-Eldin, M.A., 2007. Effect of mineral vs. biofertilizer on growth, yield, and essential oil content of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.). International Agrophysics, 21: 361-366. <https://dx.doi.org/10.1055/s-2007-987419>
 - Mahshawari, S.K., Sharmi, R.K. and Gangrade, S.K., 2000. Performance of isabgol or blond psyllium (*Plantago ovata*) under different levels of nitrogen, phosphorus and biofertilizer in shallow black oil. Indiana Journal of Agronomy, 45: 443-446. <https://pub.isa-india.in/index.php/ija/article/view/3399>
 - Makkizadeh, M., Chaichi, M., Nasrollahzadeh, S. and Khavazi, K., 2011. The effect of biologic and chemical nitrogen fertilizers on growth, yield and essential oil constituents of dill (*Anethum graveolens* L.). Journal of Agricultural Knowledge and Sustainable Production, 2(4): 51-62. https://sustainagriculture.tabrizu.ac.ir/article_1086.html?lang=en
 - Mona, Y., Kandil, A.M. and Swaefy Hend, M.F., 2008. Effect of three different compost levels on fennel and salvia growth character and their essential oils. Journal of Biological Sciences, 4: 34-39. https://www.researchgate.net/publication/309077587_Effect_of_three_different_compost_levels_on_fennel_and_salvia_growth_character_and_their_essential_oils
 - Moradi, R., Rezvani-Moghaddam, P., Nasiri-Mahallati, M. and Lakzian, A., 2009. The effect of application of organic and biological fertilizers on yield, yield components and essential oil of *Foeniculum vulgare* (Fennel). Iranian Journal of Field Crops Research, 7(2): 625-635. <https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.20081472.1388.7.2.2.9.9>
 - Movaghathian, A., Fateh, E., Ayneband, A. and Siahpoosh, A., 2014a. Effect of different soil fertilizing methods on soil properties, nutrient uptake and quantitative and qualitative yield of fennel (*Foeniculum vulgare* Miller.). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research, 31(3): 512-526. <https://doi.org/10.22092/ijmapr.2015.101922>

- Movaghatian, A., Fateh, E., Ayneband, A. and Siahpoosh, A., 2014b. Investigation of integrated mineral nutrient management on yield and yield components of fennel (*Foeniculum vulgare*). Plant Productions, 37(2): 113-126. https://plantproduction.scu.ac.ir/article_10614.html?lang=en
- Nagananda, G.S., Das, A., Bhattacharya, S. and Kalpana, T., 2010. In vitro studies on the effects of biofertilizers (*Azotobacter* and *Rhizobium*) on seed germination and development of *Trigonella foenum-graecum* L. using a novel glass marble containing liquid medium. International Journal of Botany, 6: 394-403. [10.3923/ijb.2010.394.403](https://doi.org/10.3923/ijb.2010.394.403)
- Nazeri, P., Kashani, A., Khavazi, K., Ardakani, M.R., Mirakhor, M. and Pour SiahBidi, M.M., 2010. The effect of biofertilizer and phosphorus fertilizer banding with Zinc on white bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Journal of Agroecology, 2(1): 175-185. [10.22067/jag.v2i1.7617](https://doi.org/10.22067/jag.v2i1.7617)
- Norouzi Shahri, F., Pouryousef, M., Tavakoli, A., Jalal, S. and Yazdinejad, A.R., 2015. Evaluation of the performance of some native Iranian fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) populations under drought stress conditions. Iranian Journal of Crop Science, 46(1): 49-56. https://ijfcs.ut.ac.ir/article_54045_ee3a8a72b67faa0bd79964aa3c41545b.pdf
- Omid Beigi, R. and Hasani Malayeri, S., 2007. Investigating the effect of nitrogen and planting density on the fertility of the medicinal plant of Zardband variety of cow chamomile. Iranian Journal of Agricultural Sciences, 1-38(2): 303-309. (In Persian) <https://www.sid.ir/paper/8462/fa>
- Omid Beigi, R., 1996. Production and Processing Approaches in Medicinal Plants. Feker Rooz Publications, Tehran, 424p. (In Persian) <https://www.gisoom.com/book/1183191/1>
- Salarazai, A.U., Bajoi, A.H., Shahwani, N., Kakar, K.M. and Kakar, R.M., 2005. Impact of varying nitrogen levels on growth and yield of fennel (*Foeniculum vulgare*). Journal Applied Em. S, 1(2): 36-38.
- Sarmadanya, Gh.H. and Kochaki, A., 1998. Physiology of Crop Plants. Academic Jihad Publications, Mashhad, 400p. (In Persian) <https://www.gisoom.com/book/1889326/>
- Sefidkon, F., 2001. Essential oil content and chemical composition of *Foeniculum vulgare* Mill. at different stage of plant growth. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research, 10(1): 85-104. https://ijmapr.areeo.ac.ir/article_118383.html?lang=en
- Sharifi-Ashorabadi, E., Matin, A. and Abbaszadeh, B., 2003. Effects of manure and fertilizers efficiency in fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research, 19(3): 313-329. https://ijmapr.areeo.ac.ir/article_115405.html?lang=en
- Sharma, A.K., 2002. Genomic, proteomics, and biotechnology: 331-356. In: Soni, S., Manhas, R., Jakhar, Y., Sharma, A. and Soni, R., (Eds.). Biofertilizers for Sustainable Agriculture. Agrobios, India, 407p. [doi:10.1201/9781003220831-19](https://doi.org/10.1201/9781003220831-19)
- Shoghi Kalkhoran, S., Ghalavand, A. and Modares Sanavi, S.A.M., 2012. Effect of bio fertilizer and green manure (winter wheat) in combination with the integrated nitrogen sources (chemical-farmyard manure) on quantitative and qualitative characteristics of sunflower (*Helianthus annuus* L.). Journal of Environmental Science, 9(2): 35-52. https://envs.sbu.ac.ir/article_95251.html
- Sokhangoy, S.H., Ansari, K.H. and Eradatmand Asli, D., 2012. Effect of bio-fertilizers on performance of dill (*Anethum graveolens* L.). Journal of Plant Physiology, 4: 547-552. <https://www.sid.ir/FileServer/JE/1036720120407.pdf>
- Tahmasebi, M., Gharineh, M.H., Moshatati, A. and Khodaei-Joghan, A., 2023. The effect of planting method and sugarcane (*Saccharum officinarum* L.) residue compost on yield and yield components of corn (*Zea mays* L.) and some properties of soil. Journal of Agroecology, 15(2): 263-276. [10.22067/agry.2021.72138.1064](https://doi.org/10.22067/agry.2021.72138.1064)
- Valibeigi, A. and Adavi, Z., 2018. Effects of of nitrogen fertilizer and growth promoting rhizobacteria on yield and yield component of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.). Journal of Plant Ecophysiology, 11(37): 153-162. https://journals.iau.ir/article_665526.html