

The effect of Different Levels of Organic and Chemical Fertilizers on Yield and Different Nitrogen Efficiency Indices of Rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.)

Bohloul Abbaszadeh^{1*} , Masoumeh Layeghhaghi², Negar Valizadeh³, Fatemeh Zakerian⁴

Received: January 30, 2024

Accepted: October 10, 2024

1- Assoc. Prof., Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research Education and extension Organization (AREEO), Tehran, Iran,
2. Expert., Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research Education and extension Organization (AREEO), Tehran, Iran
3. Assist. Prof., Research Division of Natural Resources, East Azerbaijan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and extension Organization (AREEO), Tabriz, Iran.
4. Expert, Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research Education and extension Organization (AREEO), Tehran, Iran
Corresponding Author: Bohloul Abbaszadeh E-mail: babaszadeh@rifr-ac.ir

Abstract

Background and objectives: Optimizing nitrogen management is one of the major challenges in the sustainable production of medicinal plants, as it not only enhances yield but also plays a crucial role in reducing the use of chemical inputs and mitigating environmental pollution. This study was conducted to evaluate the effects of different levels of organic and chemical fertilizers, applied individually and in combination, on yield and various nitrogen use efficiency indices, including nitrogen uptake, physiological nitrogen use efficiency, and nitrogen productivity, in the medicinal plant rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.).

Materials and Methods: The experiment was conducted as a randomized complete block design (RCBD) with 16 treatments and three replications. The treatments included V (vermicompost at two levels of 5 and 15 t ha⁻¹), M (cow manure at two levels of 10 and 20 t ha⁻¹), and NPK fertilizers derived from urea, triple superphosphate, and potassium oxide (containing 83% K), applied at two rates of 25:25:50 and 50:50:100 kg ha⁻¹, respectively.

Results: The highest plant height, leaf yield, biological yield, nitrogen uptake, and nitrogen uptake efficiency were obtained from the combined application of 10 t ha⁻¹ cow manure + N₅₀P₂₅K₂₅ + 5 t ha⁻¹ vermicompost. The greatest nitrogen productivity based on essential oil yield and leaf yield, with mean values of 0.001 and 0.14 g yield per g absorbed nitrogen, respectively, was recorded in the integrated treatment of 10 t ha⁻¹ cow manure + 5 t ha⁻¹ vermicompost + NPK (50:25:25) (T15). In contrast, the lowest nitrogen productivity values, averaging 0.00043 and 0.06 g yield per g absorbed nitrogen, respectively, were observed in the control treatment (T0).

Conclusion: The findings of this study demonstrate that integrated nutrient management based on the combined use of organic and chemical fertilizers not only enhances yield and growth indices of rosemary but also significantly improves nitrogen uptake efficiency, physiological nitrogen use efficiency, and nitrogen productivity. The superiority of the integrated treatment consisting of 10 t ha⁻¹ cow manure, 5 t ha⁻¹ vermicompost, and NPK at a rate of 50:25:25 indicates that the gradual release of nutrients from organic sources, combined with balanced chemical fertilization, plays a key role in increasing nitrogen use efficiency and reducing nitrogen losses. This approach reduces dependence on chemical fertilizers and limits negative environmental impacts such as nutrient leaching and soil pollution, thereby facilitating sustainable and economically viable production of medicinal plants. Accordingly, integrated nutrient management can be recommended as an effective strategy for medicinal plant production systems, particularly under agro-climatic conditions similar to those of the Karaj region. The results further emphasize the need to revise conventional nitrogen application practices and move toward sustainable fertilization systems focused on improving input use efficiency.

Keywords: Medicinal Plants, Nutrition, Nitrogen Use Efficiency, Rosemary.

اثر سطوح مختلف کودهای آلی و شیمیایی بر عملکرد و شاخص‌های مختلف کارایی نیتروژن رزماری (*Rosmarinus officinalis* L.)

*بهلول عباس‌زاده^۱، معصومه لایق حقیقی^۲، نگار ولیزاده^۳، فاطمه ذاکریان^۴

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۱/۱۰	تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۷/۱۹
--------------------------	-------------------------

- ۱- دانشیار، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران
- ۲- کارشناس، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران
- ۳- استادیار پژوهشی، بخش تحقیقات منابع طبیعی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان شرقی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تبریز، ایران
- ۴- کارشناس، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

چکیده

مقدمه و اهداف: مدیریت بهینه نیتروژن از چالش‌های اساسی در تولید پایدار گیاهان دارویی است، زیرا علاوه بر افزایش عملکرد، نقش مهمی در کاهش مصرف نهاده‌های شیمیایی و آلودگی‌های زیست‌محیطی دارد. این پژوهش با هدف بررسی اثر سطوح مختلف کودهای آلی و شیمیایی و کاربرد تلفیقی آن‌ها بر عملکرد و شاخص‌های مختلف کارایی نیتروژن شامل جذب، مصرف فیزیولوژیک و بهره‌وری نیتروژن در گیاه دارویی رزماری (*Rosmarinus officinalis* L.) انجام شد.

مواد و روش‌ها: آزمایش به صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۱۶ تیمار و سه تکرار اجرا شد. تیمارها شامل V (ورمی کمپوست در دو سطح ۵ و ۱۵ تن در هکتار)، M (کود دامی در دو سطح ۱۰ و ۲۰ تن در هکتار) و NPK (به ترتیب از منابع کودی اوره، سوپرفسفات تریپل و اکسید پتاسیم حاوی ۸۳٪ پتاسیم در دو سطح ۲۵، ۵۰ و ۵۰، ۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) بودند.

یافته‌ها: بیشترین ارتفاع بوته، عملکرد برگ و بیولوژیک، میزان جذب نیتروژن، کارایی جذب نیتروژن از تیمار ترکیبی کود دامی به میزان ۱۰ تن در هکتار + N50P25K25 و ورمی‌کمپوست به میزان ۵ تن در هکتار، به‌دست آمد. بیشترین کارایی بهره‌وری نیتروژن بر حسب عملکرد اسانس و عملکرد برگ به ترتیب با میانگین ۰/۰۰۱ و ۰/۱۴ گرم عملکرد به ازای گرم نیتروژن جذب شده از تیمار تلفیقی ۱۰ تن کود دامی + ۵ تن ورمی‌کمپوست + NPK با نسبت‌های ۵۰:۲۵:۲۵ (T15) و کمترین آن به ترتیب با میانگین ۰/۰۰۴۳ و ۰/۰۶ گرم عملکرد به ازای گرم نیتروژن جذب شده از تیمار شاهد (T0) حاصل شد.

نتیجه‌گیری: یافته‌های این پژوهش نشان داد که راهبرد تغذیه تلفیقی مبتنی بر ترکیب کودهای آلی و شیمیایی، نه تنها موجب افزایش عملکرد و شاخص‌های رشدی گیاه دارویی رزماری می‌شود، بلکه به‌طور معنی‌داری کارایی جذب، مصرف و بهره‌وری نیتروژن را نیز بهبود می‌بخشد. برتری تیمار تلفیقی شامل ۱۰ تن در هکتار کود دامی، ۵ تن در هکتار ورمی‌کمپوست و کود شیمیایی NPK با نسبت ۵۰:۲۵:۲۵ بیانگر آن است که تأمین تدریجی عناصر غذایی از منابع آلی در کنار مصرف متعادل کودهای شیمیایی، نقش کلیدی در افزایش بازده مصرف نیتروژن و کاهش تلفات آن دارد. این رویکرد ضمن کاهش وابستگی به کودهای شیمیایی و محدود کردن پیامدهای منفی زیست‌محیطی نظیر آلودگی خاک، امکان دستیابی به تولید پایدار و اقتصادی گیاهان دارویی را فراهم می‌سازد. از این‌رو، مدیریت تلفیقی تغذیه می‌تواند به‌عنوان یک راهبرد مؤثر و قابل توصیه در سیستم‌های زراعی گیاهان دارویی، به‌ویژه در شرایط اقلیمی مشابه منطقه کرج، مورد توجه قرار گیرد. نتایج این مطالعه همچنین بر ضرورت بازنگری در الگوهای مصرف نیتروژن و حرکت به سمت سیستم‌های تغذیه‌ای پایدار با محوریت افزایش کارایی نهاده‌ها تأکید دارد.

واژه‌های کلیدی: گیاه دارویی، تغذیه، کارایی جذب نیتروژن، رزماری

مقدمه

استفاده از گیاهان دارویی و فراآورده‌های آنها در کشورهای مختلف توسعه فراوانی یافته‌اند (عزیزی ۲۰۱۷). رزماری (*Rosmarinus officinalis* L.) گیاهی چندساله، از خانواده نعنائیان (Lamiaceae)، به علت دارا بودن برگ‌های سبز دایمی و به صورت زینتی و استفاده داروئی کشت می‌شود (آروالو و همکاران ۲۰۱۳؛ بانو و همکاران ۲۰۰۳؛ بنجاو و همکاران ۲۰۱۶). در طب سنتی برای رزماری اثرات ضد آسم و ضد دیابت (حسن و همکاران ۲۰۱۵)، آرام بخش و رفع سردرد (فو و همکاران ۲۰۰۷)، افزایش‌دهنده گردش خون، و ضد رماتیسم (تویشی و همکاران ۲۰۰۶) و محرک حافظه (دارشان ۲۰۰۴) قائل هستند. اثر آنتی‌اکسیدانی (ماتوکوسی ۲۰۰۸)، محرک رشد عصبی (مارتینز-لیرولا و همکاران ۱۹۹۶)، ضد میکروبی و ضد ویروسی (کساکا و یوکی ۲۰۰۳) و مهار سمیت کبدی (لاروندو و همکاران ۱۹۹۵) دارد.

از عوامل ضروری موفقیت در کشت، مدیریت کود می‌باشد (چاترجی ۲۰۰۲). راندمان جذب عناصر غذایی به ویژه نیتروژن و عوامل موثر بر آن، بایستی در روش‌های نوین تولید گیاهان مشخص شود (پان و همکاران ۲۰۰۹). در گذشته یکی از دلایل افزایش تولید محصولات کشاورزی، مصرف انواع کودهای نیتروژنی بوده است (لی و همکاران ۲۰۰۱). کشاورزی اکولوژیک به دنبال جایگزین مناسبی برای کودهای شیمیایی است (گاستال و لماری ۲۰۰۲). بنابراین بهبود کارایی مصرف نیتروژن در سیستم‌های کشاورزی حائز اهمیت است (فاگرا و همکاران ۲۰۰۸). بالا بردن کارایی نیتروژن از مزیت‌های استفاده از نهاده‌های آلی است (ماحموتی و همکاران ۲۰۰۹). کودهای آلی موجب حفظ و تقویت باروری خاک و بهبود تولید می‌شوند (درویش و همکاران ۱۹۹۵). در اسفرزه، عملکرد دانه تحت تاثیر مصرف تلفیقی کودهای آلی و شیمیایی افزایش یافت (پوریوسف و همکاران ۲۰۰۷). در رزماری، بالاترین وزن تر و خشک بوته، درصد اسانس از تیمار ۸ تن کمپوست، در ترکیب با *Bacillus megaterium*، *Azotobacter chroococcum* و *Bacillus circulanse*، به دست آمد (عبدالله و همکاران

۲۰۱۲). بیشترین ارتفاع بوته، عملکرد تر و خشک برگ، و اسانس در در رزماری با تیمار کود دامی و نیز مصرف توام نیتروژن و فسفر، هر دو به میزان ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار بود (حسینی ولیکی و همکاران ۲۰۱۵). مصرف ۲۰ تن ورمی‌کمپوست موجب بهبود قابل ملاحظه صفات کمی و کیفی رزماری گردید (حسن و همکاران ۲۰۱۵). کاربرد کودهای زیستی و اسید سالیسیلیک موجب افزایش رشد رویشی، عملکرد و اسانس رزماری شد (گرگینی شبانکاره و خراسانی نژاد ۲۰۱۶). عنصر نیتروژن در بسیاری از فرآورده‌های متابولیکی گیاه نقش اساسی دارد (ساکسنا ۲۰۰۴). اولویت‌های نظام‌های زراعی، افزایش جذب نیتروژن از خاک و کاهش میزان تلفات آن بوده و کارایی زراعی یا بهره‌وری نیتروژن به عنوان عملکرد اندام هدف، به ازای واحد نیتروژن قابل دسترس تعریف می‌شود، کارایی زراعی حاصل‌ضرب دو فاکتور فیزیولوژیکی شامل کارایی جذب یا بازیافت نیتروژن و کارایی مصرف یا کارایی فیزیولوژیک نیتروژن می‌باشد. کارایی جذب، میزان نیتروژن جذب شده توسط گیاه به ازای واحد نیتروژن قابل دسترس و کارایی مصرف میزان عملکرد اندام هدف به ازای واحد نیتروژن جذب شده توسط گیاه تعریف می‌شود (اسدی و همکاران ۲۰۱۴).

در گیاه دارویی اسفرزه بیشترین عملکرد دانه و زیست توده اسفرزه در تیمار شش تن در هکتار ورمی‌کمپوست مشاهده و بالاترین کارایی مصرف و بهره‌وری نیتروژن بر اساس عملکرد دانه و عملکرد زیست توده برای شاهد بدست آمد. بیشترین و کمترین کارایی جذب نیتروژن اسفرزه به ترتیب با ۸/۹ و ۷/۰ گرم نیتروژن جذب شده به ازای گرم نیتروژن موجود در خاک برای تیمار پنج تن در هکتار کود دامی و ۷۵ کیلوگرم نیتروژن حاصل گردید (اسدی و همکاران ۲۰۱۴). در گیاه پنبه (*Gossypium hirsutum* L.) افزایش کود نیتروژن مصرفی از صفر تا ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار کارایی جذب نیتروژن را به طور معنی داری کاهش داد (ژانگ و همکاران ۲۰۱۲). در همیشه بهار، کارایی جذب نیتروژن با میزان مصرف کود نیتروژن رابطه عکس دارد (عامری

و همکاران ۲۰۰۷). پایین بودن کارایی مصرف نیتروژن برنج در مقایسه با گندم را به دنتریفیکاسیون و آبشویی بیشتر نیتروژن در مزارع برنج نسبت دادند (تیمسینا و همکاران ۲۰۰۱). با توجه به کاربرد وسیع نهاده‌های دخیل در امر تولید برای دستیابی به عملکرد بالا از یک طرف و لزوم عاری بودن گیاهان دارویی از بقایای شیمیایی در راستای تولید محصول سالم این پژوهش با هدف بررسی تغییرات شاخص‌های کارایی نیتروژن شامل جذب، مصرف و بهره‌وری در سطوح مختلف کودهای آلی و شیمیایی و همچنین مقایسه کارایی

مصرف نیتروژن برای تعیین بهترین سطح کودی برای منطقه کرج در گیاه دارویی رزماری اجرا شد.

مواد و روش‌ها

آزمایش در ایستگاه تحقیقات البرز کرج، در سال زراعی ۹۹-۱۳۹۸ اجرا شد. قبل از اجرای آزمایش از خاک مزرعه چند نمونه تصادفی از عمق صفر تا ۴۰ سانتی‌متری تهیه و در آزمایشگاه خاک‌شناسی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج تجزیه فیزیکوشیمیایی خاک، کود دامی (گاوی) و ورمی‌کمپوست (از منشاء بقایای ذرت) مورد استفاده در آزمایش در جدول‌های ۱، ۲ و ۳ ارائه شده است.

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش (عمق ۰-۴۰ سانتی‌متری)

بافت	pH	EC (dS.m ⁻¹)	Clay (%)	Sand (%)	Silt (%)	SP (%)	N (%)
لومی	۷/۳۶	۱/۳۳	۱۶	۴۴	۴۰	۲۴/۶۳	۰/۰۸
P (mg/Kg)	K (Ppm)	Fe (Ppm)	Zn (Ppm)	Cu (Ppm)	Mn (Ppm)	کربن آلی (%)	مواد آلی (%)
۸	۳۷۸/۴	۷/۷۲	۰/۵	۱/۳۴	۱۷/۷۲	۰/۸	۱۰/۱

جدول ۲- برخی ویژگی‌های شیمیایی کود دامی مورد استفاده در آزمایش

pH	EC (dS.m ⁻¹)	OC (%)	N (%)	P (%)	K (%)
۷/۸	۵/۱	۲۶/۳	۲/۸	۰/۹۹	۱/۷

جدول ۳- برخی ویژگی‌های شیمیایی ورمی‌کمپوست مورد استفاده در آزمایش

کربن آلی	مواد آلی	N	K	P	Ca	Mg	C/N	Fe	Zn	Mn	Cu
(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
۱۰	۲۵	۲/۳۱	۱/۲۶	۰/۴	۱/۲۲	۰/۲۵	۱۵	۱۰۱۲	۱۴۸	۴۹۷	۲۳

آزمایش بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۱۶ تیمار و سه تکرار اجرا گردید. تیمارها شامل V (ورمی‌کمپوست در دو سطح ۵۰ و ۱۵ تن در هکتار)، M (کود دامی در دو سطح ۱۰ و ۲۰ تن در هکتار) و NPK (به ترتیب از منابع کودی اوره، سوپرفسفات تریپل و اکسید پتاسیم حاوی ۸۳٪ پتاسیم در دو سطح ۲۵، ۲۵، ۵۰ و ۵۰، ۵۰، ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) بودند. در جدول ۴

شرح تیمارهای آزمایشی ارائه شده است. فاصله پشته‌ها از یکدیگر ۴۵ سانتی‌متر و فاصله بوته‌ها بر روی ردیف‌ها ۴۰ سانتی‌متر بود. ابعاد کرت‌ها ۳ در ۲ متر بود. اواسط آبان ماه قلمه‌هایی به طول ۱۲ سانتی‌متر و قطر حدود یک میلی‌متر از ساقه رزماری موجود در نهالستان ایستگاه تهیه و در بستر ماسه بادی در شاسی کشت شد.

جدول ۴-عناوین و کدبندی تیمارهای استفاده شده در آزمایش

نوع تیمار	کد تیمار	نوع تیمار	کد تیمار	نوع تیمار	کد تیمار	نوع تیمار	کد تیمار
T0	N ₀ . P ₀ . K ₀ . M ₀	T4	N ₁₀₀ .P ₅₀ K ₅₀ .M ₀	T8	N ₁₀₀ .P ₅₀ K ₅₀ .M ₁₀	T12	N ₀ .P ₀ .K ₀ .M ₂₀ +V5
T1	N ₀ .P ₀ . K ₀ .M ₁₀	T5	V ₅	T9	N ₅₀ .P ₂₅ . k ₂₅ .M ₂₀	T13	N ₀ .P ₀ . K ₀ .M ₁₀ +V15
T2	N ₀ .P ₀ .K ₀ .M ₂₀	T6	V ₁₅	T10	N ₁₀₀ .P ₅₀ K ₅₀ .M ₂₀	T14	N ₀ .P ₀ .K ₀ .M ₂₀ +V15
T3	N ₅₀ .p ₂₅ .k ₂₅ .M ₀	T7	N ₅₀ .p ₂₅ . k ₂₅ .M ₁₀	T11	N ₀ . P ₀ . K ₀ .M ₁₀ +V5	T15	N ₅₀ .p ₂₅ .k ₂₅ .M ₁₀ +V5

* V (ورمی‌کمپوست بر حسب تن در هکتار در دو سطح ۵ و ۱۵ تن در هکتار)، M (کود دامی در دو سطح ۱۰ و ۲۰ تن در هکتار) و NPK (به

ترتیب از منابع کودی اوره، سوپرفسفات تریپل و اکسید پتاسیم)

بر حسب عملکرد اسانس و کارایی استفاده (بهره‌وری) نیتروژن بر حسب عملکرد برگ روی ۱۲ بوته که به طور تصادفی از هر کرت، پس از حذف اثرات حاشیه‌ای انتخاب شده بود، انجام گرفت. برای ارزیابی نیتروژن، ابتدا عصاره نمونه‌ها به روش هضم توسط اسید سولفوریک، اسید سالیسیلیک، آب اکسیژنه و سلنیم تهیه و با استفاده از دستگاه کج‌دال تک اتوآنالیزر درصد نیتروژن تعیین گردید (چاپمن و پرات ۱۹۶۱). از برگ‌های خشک شده در سایه به روش تقطیر با آب و با استفاده از دستگاه کلونجر اسانس‌گیری در مدت ۲ ساعت انجام شد (خراسانی نژاد و همکاران ۲۰۱۱). همزمان با اسانس‌گیری با گذاشتن نمونه در آون و دمای ۶۵ درجه سانتی‌گراد، درصد رطوبت نمونه تعیین و در محاسبات درصد اسانس لحاظ شد. عملکرد اسانس نیز از حاصل ضرب عملکرد برگ خشک گیاه با درصد اسانس به دست آمد.

محاسبه شاخص‌های مختلف کارایی نیتروژن بر اساس مطالعه بینگام و همکاران (۲۰۱۲) طبق معادلات شماره (۱) تا (۵) به صورت زیر انجام گرفت:

زمین محل آزمایش در اواخر زمستان قبل از انتقال نشاها شخم زده شد. قبل از کاشت، زمین دیسک‌زده، تسطیح و جوی و پشته‌ها ایجاد شدند. حدود یک ماه قبل از کاشت، کود دامی و نیز ورمی‌کمپوست به میزان مقادیر در نظر گرفته شده به کرت‌های مربوطه اضافه و توسط بیل دستی تا عمق ۲۵ سانتی‌متری با خاک مخلوط شد. کود شیمیایی (NPK)، یک روز قبل از کاشت در کرت‌های مورد نظر پخش گردید. اوایل اردیبهشت ماه، قلمه‌های ریشه‌دار، در هر کرت روی پشته‌ها کشت شدند. در طول دوره رشد، آبیاری هر هفته یک نوبت و وجین علف‌های هرز ۴ نوبت انجام شد. در مرحله گلدهی (اواخر آبان)، ارزیابی صفات ارتفاع بوته، تعداد ساقه فرعی، طول و عرض برگ، عملکرد برگ و بیولوژیک، عملکرد اسانس، درصد اسانس، میزان جذب نیتروژن در هکتار توسط گیاه، کارایی جذب (بازیافت) نیتروژن، کارایی مصرف (فیزیولوژیک) نیتروژن بر حسب عملکرد بیولوژیک، کارایی مصرف (فیزیولوژیک) نیتروژن بر حسب اسانس، کارایی استفاده (بهره‌وری) نیتروژن بر حسب عملکرد بیولوژیک، کارایی استفاده (بهره‌وری) نیتروژن

$$NupE = (Noff/Ns) \times 100$$

معادله (۱)

$$NutEb = B/Noff$$

معادله (۲)

$$NutEg = Gw/Noff$$

معادله (۳)

$$NUEb = B/Ns$$

معادله (۴)

$$NUEg = Gw/Ns$$

معادله (۵)

Ns: نیتروژن موجود در خاک که شامل نیتروژن اولیه خاک و نیتروژن مصرفی (گرم در متر مربع) می‌باشد،

در این مطالعه، NupE: کارایی جذب (بازیافت) نیتروژن، Noff: نیتروژن موجود در زیست توده (گرم در متر مربع)

NutEb: کارایی مصرف (فیزیولوژیک) نیتروژن بر حسب عملکرد بیوماس،
B: عملکرد بیوماس (گرم بر متر مربع) NutEg: کارایی مصرف (فیزیولوژیک) نیتروژن بر حسب عملکرد اسانس،
Gw: عملکرد برگ و اسانس (گرم بر متر مربع)
NUEb: کارایی استفاده (بهره‌وری) نیتروژن بر حسب عملکرد بیولوژیک
NUEg: کارایی استفاده (بهره‌وری) نیتروژن بر حسب عملکرد برگ و اسانس می‌باشد.
تجزیه آماری داده‌های آزمایش توسط نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۲ و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام گرفت.

نتایج و بحث

بر اساس نتایج این آزمایش تمامی صفات به جزء صفات تعداد ساقه فرعی، طول و عرض برگ، عملکرد و درصد اسانس و کارایی استفاده (بهره‌وری) نیتروژن بر حسب عملکرد بیولوژیک در تیمارهای مختلف نسبت به شاهد تفاوت معنی‌دار داشتند (جدول ۵). تیمار کودی تاثیر معنی‌دار ($p \leq 0.01$) بر ارتفاع بوته رزماری داشت (جدول ۵). مقایسه میانگین داده‌ها (جدول ۶) نشان داد که در بین تیمارهای مختلف کودهای آلی و شیمیایی تفاوت معنی‌دار وجود داشته و تیمار تلفیقی کود دامی به میزان ۱۰ تن در هکتار + NPK با نسبت‌های ۵۰:۲۵:۲۵ کیلوگرم در هکتار + ورمی کمپوست به میزان ۵ تن در هکتار (T15) از بالاترین ارتفاع بوته برخوردار بود که تفاوت معنی‌دار با تیمارهای NPK با نسبت‌های ۱۰۰:۵۰:۵۰ (T4) و تیمار تلفیقی کودی ورمی کمپوست به میزان ۱۵ تن در هکتار + کود دامی به میزان ۲۰ تن در هکتار (T14) نداشت. به نظر می‌رسد که مصرف هم‌زمان ۱۰ تن کود دامی + ۵ تن ورمی کمپوست + NPK با نسبت‌های ۵۰:۲۵:۲۵ (T15)، ضمن تامین NPK مورد نیاز گیاه رزماری، از طریق عرضه به موقع و بهبود جذب آب و عناصر غذایی به ویژه نیتروژن، نقش موثری در افزایش مناسب ارتفاع بوته در شرایط آزمایش حاضر ایفا کرده باشد. زمانی که گیاه، NPK کافی در اختیار دارد سرعت

فتوسنتز افزایش یافته و گیاه را قادر می‌سازد که رشد سریع و زیست توده بیشتری را تولید کند (اشرف و همکاران ۲۰۰۶). کودهای آلی با تامین عناصر پرمصرف و کم‌مصرف، ویتامین‌ها، آنزیم‌ها، بهبود ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک، افزایش ظرفیت نگهداری آب در خاک، گسترش مناسب سیستم ریشه‌ای گیاه، تولید تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی به وسیله باکتری‌ها و تقویت جذب و انتقال مواد معدنی، موجب رشد و نمو بیشتر گیاه در نهایت عملکرد بیشتر می‌شوند (آرانکون و همکاران ۲۰۰۴). بررسی کودهای آلی و شیمیایی بر روی گیاه دارویی ریحان (*Ocimum basilicum* L. (تهامی زرنندی و همکاران ۲۰۱۰) و گیاه بابونه آلمانی (*Matricaria recutita*) (عزیزی و همکاران ۲۰۰۸) نشان داد که کود ورمی کمپوست باعث افزایش ارتفاع بوته گیاه می‌شود. افزایش ارتفاع بوته با اعمال ورمی کمپوست می‌تواند به علت تحریک تولید مواد تنظیم‌کننده رشد تولید شده از قبیل اکسین‌ها، جبریلین‌ها و سیتوکینین‌ها باشد (وارمن و آنگلوپز ۲۰۱۰؛ نجار و خان ۲۰۱۳). مصرف توام ۴۰ تن در هکتار کود دامی و NPK با نسبت‌های ۵۰:۱۰۰:۱۵۰ کیلوگرم در هکتار منجر به افزایش ارتفاع رزماری شد (مصطفی ۲۰۱۹).

عملکرد برگ

بین تیمارهای کودی از نظر عملکرد برگ در سطح احتمال یک درصد اختلاف معنی‌دار بود (جدول ۵). مقایسه میانگین‌ها (جدول ۶) نشان داد که کاربرد هم‌زمان کود دامی به میزان ۱۰ تن در هکتار + NPK با نسبت‌های ۵۰:۲۵:۲۵ + ورمی کمپوست به میزان ۵ تن در هکتار (T15) بیش‌ترین عملکرد برگ را داشت. عدم تاثیر قابل ملاحظه کود شیمیایی بر عملکرد برگ را می‌توان به این موضوع نسبت داد که، نیتروژن موجود در کودهای شیمیایی بیشتر در معرض تصعید و آبشویی قرار داشته و نیتروژن موجود در کودهای شیمیایی طی فرایند نیترات سازی نسبت به کود دامی سریعتر از دسترس گیاه خارج می‌شوند (کولاتا و همکاران ۱۹۹۲). کاربرد کودهای آلی فعالیت میکروارگانیسم‌ها را در خاک بهبود بخشیده و با فراهمی کافی مواد مغذی، می‌تواند باعث

افزایش باروری خاک و در نهایت عملکرد بالا شود (سینگ و رامش ۲۰۰۲). استفاده تلفیقی از کودهای آلی و معدنی، موجب افزایش طول ریشه‌های فرعی و تارهای کشنده شده و سطوح جذب افزایش می‌یابد و با بهبود تغذیه گیاه افزایش عملکرد اتفاق می‌افتد (آمارا و مراد ۲۰۱۳).

جدول ۵- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات اندازه‌گیری شده رزماری تحت تیمارهای مختلف کودی

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		ارتفاع گیاه	تعداد ساقه فرعی	طول برگ	عرض برگ
بلوک	۲	۴/۳۳ ^{ns}	۶۹۵/۱۵ ^{**}	۰/۰۱ ^{ns}	۰/۰۰۳ ^{ns}
تیمار کودی	۱۵	۵۹/۱۱ ^{**}	۸۸/۸۹ ^{ns}	۰/۰۳ ^{ns}	۰/۰۱ ^{ns}
خطا	۳۰	۱۷/۲۹	۵۸/۴۸	۰/۰۲	۰/۰۲
ضریب تغییرات (%)		۹/۱۳	۱۹/۸۵	۶/۴۴	۱۰/۱۵

^{ns} عدم تفاوت معنی دار می باشد. ^{**} تفاوت معنی دار در سطح ۱ درصد و ^{ns} عدم تفاوت معنی دار می باشد.

ادامه جدول ۵

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		عملکرد	عملکرد اسانس	درصد اسانس	میزان جذب نیتروژن
بلوک	۲	۲۴۲/۴۱ ^{ns}	۰/۰۰۰۰۸ ^{ns}	۰/۰۲ ^{ns}	۰/۱۲ ^{ns}
تیمار کودی	۱۵	۸۷۵/۷۲ ^{**}	۰/۰۱۳ ^{ns}	۰/۰۱ ^{ns}	۰/۰۹۸ ^{**}
خطا	۳۰	۹۲/۷۱	۰/۰۰۲	۰/۰۱	۰/۰۸
ضریب تغییرات (%)		۱۰/۲۴	۱۶/۸۲	۱۶/۴۹	۲۱/۶۹

^{ns} عدم تفاوت معنی دار می باشد. ^{**} تفاوت معنی دار در سطح ۱ درصد و ^{ns} عدم تفاوت معنی دار می باشد.

ادامه جدول ۵

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		عملکرد بیولوژیک	عملکرد اسانس	عملکرد بیولوژیک	کارایی مصرف (فیزیولوژیک) نیتروژن
بلوک	۲	۶۹۳/۶۲ ^{ns}	۰/۰۱ ^{ns}	۰/۰۰۱ ^{ns}	۶/۲۵E-10 ^{ns}
تیمار کودی	۱۵	۳۷۴۹۶۵/۵۳ ^{**}	۱/۷۷ ^{**}	۰/۰۰۳ ^{ns}	۶/۱۳E-8 ^{**}
خطا	۳۰	۹۳۸/۵۵	۰/۰۱	۰/۰۰۰۴	۱/۰۴E-8
ضریب تغییرات (%)		۱۸/۸۷	۲۷/۶۶	۱۰/۰۳	۱۵/۹۹

^{ns} عدم تفاوت معنی دار می باشد. ^{**} تفاوت معنی دار در سطح ۱ درصد و ^{ns} عدم تفاوت معنی دار می باشد.

عملکرد بیولوژیک

از نظر عملکرد بیولوژیک بین تیمارهای مختلف کودی در سطح احتمال یک درصد اختلاف معنی‌دار وجود داشت. تیمار تلفیقی کود دامی به میزان ۱۰ تن در هکتار + NPK با نسبت‌های ۲۵:۲۵:۵۰ و رمی کمپوست ۵ تن در هکتار (T15) با میانگین ۱۳۳/۷ گرم در متر مربع از بالاترین عملکرد بیولوژیک برخوردار بود (جدول ۶). به دلیل فراهم بودن عناصر غذایی در تیمارهای ا با سطوح

کودی مناسب گیاهان مورد آزمایش عناصر غذایی بیشتری را جذب و انرژی خود را صرف تولید عملکرد اقتصادی نمودند. به نظر می‌رسد که کودهای آلی با کاهش pH خاک در بهینه‌سازی تغذیه گیاه رزماری و در نتیجه افزایش رشد ریشه نقش مثبت و موثری داشته است کودهای آلی محیط مناسبی را برای تکثیر باکتری‌ها فراهم کرده که در نتیجه این اثرات تشدیدکننده و مثبت در نهایت باعث افزایش رشد و عملکرد گیاه می‌گردد

(کومار و سینگ ۲۰۰۱). رشد بهتر و عملکرد بالاتر گیاهان در اثر کاربرد کمپوست و ورمی کمپوست چای، را ناشی از آزادسازی آهسته عناصر غذایی به همراه اکسین و جیبرلین نشأت یافته از این کودها گزارش کردند (انصاری ۲۰۰۸). یافته‌های محققین نشان داد که کاربرد کمپوست دامی به همراه کودهای شیمیایی به دلیل مصادف شدن نیاز گیاه با تامین عناصر غذایی مورد نظر آن، منجر به افزایش عملکرد بیولوژیک گیاهان می‌شود (واتس و همکاران ۲۰۰۱). تیمارهای مختلف کودی تاثیر معنی‌دار ($p \leq 0.01$) بر میزان جذب نیتروژن داشت (جدول ۵). بیشترین و کمترین میزان جذب نیتروژن رزماری به ترتیب برای تیمار ۲۰ تن در هکتار کود دامی + NPK با نسبت‌های ۵۰:۲۵:۲۵ (T9) و ۱۰ تن در هکتار کود دامی (T1) (به ترتیب ۲/۳۹ و ۰/۰۶ گرم در متر مربع نیتروژن جذب شده) بدست آمد. با افزایش مصرف NPK از نسبت ۵۰:۲۵:۲۵ به نسبت ۱۰۰:۵۰:۵۰ میزان جذب کاهش یافت ولی در دو سطح کودی NPK اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد، در واقع با افزایش مصرف بیشتر نیتروژن میزان جذب کاهش یافت (جدول ۶). از آنجایی که کودهای آلی از کودهای بیوارگانیک به شمار می‌روند و شامل مخلوط بیولوژیکی بسیار فعال از باکتری‌ها، آنزیم‌ها، بقایای گیاهی و کرم خاکی هستند که موجب تجزیه مواد مغذی خاک و پیشرفت فعالیت‌های میکروبی در بستر کشت گیاه می‌گردند (هیل و همکاران ۲۰۱۲). بنابراین این شرایط باعث افزایش فعالیت متابولیکی و رشد و سرعت توسعه ریشه می‌گردد و با رشد ریشه، جذب یون‌های غذایی بیشتر و با تولید اندام‌های هوایی زیادتر (افزایش سطح فتوسنتز و تولید بیشتر قند)، انرژی نور موجود از طریق فتوسنتز نیز افزایش می‌یابد.

کارایی جذب نیتروژن

کارایی جذب نیتروژن، مقدار نیتروژن جذب شده به ازای ذخیره اولیه این عنصر در خاک است و بهره وری، میزان تولید دانه به ازای نیتروژن اندام‌های گیاه در مرحله برداشت است (مولس و همکاران ۱۹۸۴). تاثیر

تیمارهای مختلف کودی بر کارایی جذب (بازیافت) نیتروژن رزماری معنی‌دار ($p \leq 0.01$) بود (جدول ۵). همان‌طوری که در جدول ۶ مشاهده می‌شود، بیشترین کارایی جذب نیتروژن مربوط به تیمارهای تلفیقی کود دامی به میزان ۱۰ تن در هکتار + NPK با نسبت‌های ۲۵:۲۵:۵۰ ورمی کمپوست ۵ تن در هکتار (T15) و ۲۰ تن در هکتار کود دامی + NPK با نسبت‌های ۲۵:۲۵:۵۰ (T9) بود. علت این امر را می‌توان به بهبود ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و حاصلخیزی خاک و قابل دسترس شدن سریع‌تر عناصر در کاربرد توام کودهای شیمیایی همراه با کودهای آلی (دامی و ورمی کمپوست) نسبت داد. شاخص کارایی جذب نیتروژن همانند شاخص میزان جذب نیتروژن در تیمار کود دامی به میزان ۱۰ تن (T1) در هکتار تفاوت معنی‌داری با تیمار شاهد بدون کود نداشت. مقایسه تیمارهای منبع کود شیمیایی از نظر کارایی جذب نیتروژن ضمن مشابهت با نتایج میزان جذب نیتروژن، نشان داد که با افزایش مصرف NPK به دو برابر کارایی جذب کاهش یافت اما مابین این دو سطح کودی اختلاف معنی‌دار مشاهده نشد. از طرف دیگر با افزایش مصرف توام کود شیمیایی و کود آلی نه تنها کارایی جذب کاهش یافته بلکه اختلاف معنی‌دار نیز مشاهده گردید (جدول ۶). کاهش در میزان کارایی جذب نیتروژن با افزایش کود مصرفی در برخی مطالعات گزارش شده است (واتس و همکاران ۲۰۰۱؛ ژاو ۲۰۰۶). در رزماری کارایی جذب نیتروژن با افزایش سطح کودی کاهش پیدا کرد (سینگ ۲۰۱۲). در اسفرزه (*Plantago ovate* Frosk.) بیشترین و کمترین کارایی جذب نیتروژن به ترتیب برای تیمار ۵ تن در هکتار کود دامی و ۷۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار بدست آمد، همچنین با افزایش مصرف کود به صورت آلی یا به صورت شیمیایی، از میزان کارایی جذب نیتروژن کاسته شد، دلیل این امر به افزایش تلفات نیتروژن و از دسترس خارج شدن این عنصر تحت تاثیر آبشویی نسبت داده شد (اسدی و همکاران ۲۰۱۴). با افزایش مصرف نیتروژن، کارایی بازیافت نیتروژن در گل همیشه بهار (*Calendula officinalis* L.) کاهش و از ۷۷ درصد در

اساس عملکرد بیولوژیک و عملکرد اسانس به ترتیب برابر با ۱۴۸۵/۹۴ و ۳/۲۸ گرم به ازای گرم نیتروژن جذب شده در مصرف ۱۰ تن کود دامی (T1) به دست آمد. تیمارهای تلفیقی ۲۰ تن در هکتار کود دامی+NPK با نسبت‌های ۵۰:۲۵:۲۵ (T9) و ۱۰ تن در هکتار کود دامی+NPK با نسبت‌های ۵۰:۲۵:۲۵ (T7) به ترتیب دارای کمترین کارایی مصرف نیتروژن بر اساس عملکرد بیولوژیک و عملکرد اسانس بود که تیمارهای اشاره شده به غیر از شاهد (T0)، ۱۰ تن در هکتار کود دامی (T1) و تیمار تلفیقی ۱۰ تن در هکتار کود دامی+NPK با نسبت‌های ۱۰۰:۵۰:۵۰ (T8) با بقیه تیمارها تفاوت معنی‌دار نداشت (جدول ۶). به نظر می‌رسد که نیتروژن شیمیایی به طور کامل توسط رزماری مصرف نمی‌شود و بخشی از آن از دسترس گیاه خارج می‌گردد. افزایش مصرف نیتروژن ناشی از کاربرد کود دامی احتمالاً مربوط به کاهش هدرروی نیتروژن، استفاده گیاه و در نهایت افزایش عملکرد برگ و بیولوژیک بالاتر باشد (بنجاو و همکاران ۲۰۱۶).

سطح ۵۰ کیلوگرم نیتروژن به ۵۵ درصد در سطح ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن رسید (عامری و همکاران ۲۰۰۷). بر اساس نتایج به دست آمده، چنین به نظر می‌رسد که برای دستیابی به کارایی بهتر در جذب نیتروژن، صرف نظر از نوع کود آلی مورد استفاده، کاهش مصرف نیتروژن اقتصادی‌تر خواهد بود.

کارایی مصرف نیتروژن

کارایی مصرف نیتروژن نشان دهنده میزان قابل مصرف نیتروژن از کل میزان نیتروژن موجود در خاک است. به عبارت دیگر، گیاه از میزان نیتروژن قابل دسترس در خاک، چه میزانی از آن را جذب می‌کند و این میزان را با چه راندمانی برای تولید محصول اقتصادی (نظیر دانه) مصرف می‌کند (لیانگ و همکاران ۲۰۱۱). نتایج (جدول ۵) نشان داد شاخص کارایی مصرف نیتروژن بر اساس عملکرد بیولوژیک و عملکرد اسانس بین تیمارهای مختلف کودی در سطح احتمال یک درصد ($p \leq 0.01$) اختلاف معنی‌دار داشت. مقایسه میانگین‌ها (جدول ۶) نشان داد که بیشترین مقدار این شاخص بر

جدول ۶- مقایسه میانگین اثر منابع کودی مختلف بر صفات مختلف رزماری

تیمار کودی	ارتفاع بوته (cm)	عملکرد برگ (g/m ²)	عملکرد بیوماس (g/m ²)	میزان جذب نیتروژن توسط گیاه (g/m ²)	کارایی جذب نیتروژن (بازیافت)
T0	۳۶/۰۰ ^d	۲۳/۸۳ ^f	۵۵/۰۸ ^e	۰/۴۷ ^{ef}	۰/۱۱ ^{de}
T1	۴۲/۳۳ ^{cd}	۲۹/۸۳ ^{ef}	۸۷/۹۴ ^{cd}	۰/۰۶ ^f	۰/۰۱ ^e
T2	۴۴/۶۷ ^{cb}	۳۷/۵۰ ^{bcde}	۸۶/۴۷ ^{cd}	۱/۲۹ ^{cd}	۰/۲۸ ^c
T3	۴۵/۰۰ ^{cb}	۳۴/۳۳ ^{def}	۸۴/۲۹ ^{cd}	۱/۲۸ ^{cd}	۰/۳۱ ^{bc}
T4	۵۱/۰۰ ^{ab}	۳۹/۵۰ ^{bcde}	۷۸/۵۴ ^d	۱/۱۴ ^d	۰/۲۸ ^c
T5	۴۲/۳۳ ^{cd}	۳۷/۰۰ ^{cde}	۷۸/۵۱ ^d	۱/۳۲ ^{cd}	۰/۳۲ ^{bc}
T6	۴۲/۳۳ ^{cd}	۴۹/۳۳ ^b	۱۰۲/۸۷ ^{bc}	۱/۳۶ ^{cd}	۰/۳۲ ^{bc}
T7	۴۶/۶۷ ^{cb}	۴۱/۵۰ ^{bcd}	۹۱/۲۱ ^{cd}	۱/۸۱ ^{bc}	۰/۴۱ ^{ab}
T8	۴۷/۰۰ ^{cb}	۴۸/۰۰ ^{bc}	۱۰۰/۵۲ ^{bc}	۰/۹۲ ^d	۰/۲۱ ^{cd}
T9	۴۷/۶۷ ^{cb}	۴۶/۶۷ ^{bc}	۱۱۳/۴۳ ^b	۲/۳۹ ^a	۰/۵۱ ^a
T10	۴۲/۳۳ ^{cd}	۴۲/۳۳ ^{bcd}	۹۹/۷۰ ^{bc}	۱/۳۹ ^{cd}	۰/۲۹ ^{bc}
T11	۴۵/۶۷ ^{cb}	۴۴/۳۳ ^{bcd}	۹۷/۶۷ ^{bc}	۱/۱۱ ^d	۰/۲۵ ^c
T12	۴۵/۶۷ ^{cb}	۴۸/۶۷ ^{bc}	۹۸/۷۷ ^{bc}	۱/۴۴ ^{cd}	۰/۳۱ ^{bc}
T13	۴۴/۰۰ ^{cb}	۴۳/۳۳ ^{bcd}	۹۴/۱۷ ^{cd}	۱/۴۶ ^{cd}	۰/۳۲ ^{bc}
T14	۵۰/۶۷ ^{ab}	۴۷/۳۳ ^{bc}	۱۰۰/۸۵ ^{bc}	۱/۳۹ ^{cd}	۰/۲۸ ^c
T15	۵۵/۳۳ ^a	۶۲/۱۷ ^a	۱۳۳/۷۰ ^a	۲/۲۸ ^{ab}	۰/۵۱ ^a

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در هر ستون فاقد تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد هستند.

ادامه جدول ۶

تیمار کودی	کارایی مصرف (فیزیولوژیک) نیتروژن		کارایی استفاده (بهره‌وری) نیتروژن	
	عملکرد بیولوژیک (g/m^2)	عملکرد اسانس (g/m^2)	عملکرد اسانس	عملکرد برگ
T0	۱۲۶/۳۱ ^b	۰/۴۰ ^b	۰/۰۰۰۴۳ ^g	۰/۰۶۰ ^f
T1	۱۴۸۵/۹۴ ^a	۳/۲۸ ^a	۰/۰۰۰۴۷ ^{fg}	۰/۰۶۷ ^{ef}
T2	۶۸/۱۲ ^{bcd}	۰/۲۰ ^{bcd}	۰/۰۰۰۵۷ ^{defg}	۰/۰۸۰ ^{def}
T3	۷۰/۶۶ ^{bcd}	۰/۱۷ ^{cd}	۰/۰۰۰۵۰ ^{cfg}	۰/۰۸۳ ^{cdef}
T4	۶۹/۲۸ ^{bcd}	۰/۲۲ ^{bcd}	۰/۰۰۰۵۷ ^{defg}	۰/۰۹۷ ^{bcd}
T5	۵۹/۳۱ ^{cd}	۰/۲۰ ^{bcd}	۰/۰۰۰۶۳ ^{cdef}	۰/۰۹۰ ^{bcd}
T6	۷۶/۱۰ ^{bcd}	۰/۲۱ ^{bcd}	۰/۰۰۰۶۷ ^{bcd}	۰/۱۱۷ ^{ab}
T7	۵۱/۸۸ ^{cd}	۰/۱۴ ^d	۰/۰۰۰۶۰ ^{defg}	۰/۰۹۷ ^{bcd}
T8	۱۱۱/۶۲ ^{bc}	۰/۳۹ ^{bc}	۰/۰۰۰۸۰ ^{bc}	۰/۱۱۰ ^{bc}
T9	۴۸/۶۶ ^d	۰/۱۶ ^{cd}	۰/۰۰۰۸۳ ^{ab}	۰/۱۰۰ ^{bcd}
T10	۷۱/۸۹ ^{bcd}	۰/۲۰ ^{bcd}	۰/۰۰۰۶۰ ^{defg}	۰/۰۹۰ ^{bcd}
T11	۸۷/۹۲ ^{bcd}	۰/۲۵ ^{bcd}	۰/۰۰۰۶۰ ^{defg}	۰/۱۰۰ ^{bcd}
T12	۶۸/۹۴ ^{bcd}	۰/۱۹ ^{bcd}	۰/۰۰۰۶۰ ^{defg}	۰/۱۰۰ ^{bcd}
T13	۶۴/۶۰ ^{cd}	۰/۲۰ ^{bcd}	۰/۰۰۰۷۰ ^{bcd}	۰/۰۹۷ ^{bcd}
T14	۷۷/۶۷ ^{bcd}	۰/۲۳ ^{bcd}	۰/۰۰۰۶۳ ^{cdef}	۰/۰۹۷ ^{bcd}
T15	۵۸/۶۸ ^{cd}	۰/۱۹ ^{bcd}	۰/۰۰۱۰ ^a	۰/۱۴ ^a

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در هر ستون فاقد تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد هستند.

بین تیمارهای مختلف کودی برای شاخص کارایی بهره‌وری نیتروژن بر حسب عملکرد اسانس و برگ در سطح احتمال یک درصد اختلاف معنی‌دار وجود داشت. بیشترین کارایی بهره‌وری نیتروژن بر حسب عملکرد اسانس و عملکرد برگ به ترتیب با میانگین ۰/۰۰۱ و ۰/۱۴ گرم عملکرد به ازای گرم نیتروژن جذب شده از تیمار تلفیقی ۱۰ تن کود دامی + ۵ تن ورمی‌کمپوست + NPK با نسبت‌های ۵۰:۲۵:۲۵ (T15) و کمترین آن به ترتیب با میانگین ۰/۰۰۰۴۳ و ۰/۰۶ گرم عملکرد به ازای گرم نیتروژن جذب شده از تیمار شاهد (T0) حاصل شد (جدول ۶). با توجه به فرمول بهره‌وری نیتروژن، در تیمار تلفیقی، نیتروژن به صورت بسیار کارآمدی توسط رزماری جذب می‌شود. افزایش بهره‌وری نیتروژن توسط تیمارهای تلفیقی نشان‌دهنده این موضوع می‌باشد که کودهای معدنی اثرات منفی ناشی از کاربرد کودهای دامی و ورمی‌کمپوست با مقدار نیتروژن پایین را کاهش می‌دهد (بنجاو و همکاران ۲۰۱۶). قابلیت دسترسی به نیتروژن با کاربرد تلفیقی کودهای شیمیایی و آلی در

خاک افزایش و منجر به بالا رفتن غلظت نیتروژن در توده گیاهی می‌گردد (لیانگ و همکاران ۲۰۱۶).

نتیجه‌گیری کلی

هرچند استفاده از کودهای شیمیایی سریع‌ترین راه برای تامین نیازهای گیاهی به شمار می‌رود، اما هزینه‌های اقتصادی مرتبط بر مصرف و نیز آلودگی‌های زیست محیطی ناشی از مصرف کودهای نیتروژنی نگرانی‌هایی را ایجاد کرده است. به طور کلی نتایج این پژوهش حاکی از آن بود که کاربرد کود آلی به صورت جداگانه و نیز همراه با کود شیمیایی NPK، عمده صفات مورد مطالعه گیاه دارویی رزماری را تحت تاثیر قرار داد. بیشترین ارتفاع بوته، عملکرد برگ و بیولوژیک، میزان جذب نیتروژن، کارایی جذب نیتروژن و کارایی بهره‌وری نیتروژن از تیمار تلفیقی ۱۰ تن کود دامی + ۵ تن ورمی‌کمپوست + NPK با نسبت‌های ۵۰:۲۵:۲۵ کیلوگرم در هکتار (T15) حاصل شد. بنابراین بنظر می‌رسد، این تیمارها با حفظ پایداری و سلامت سیستم کشاورزی

سیاسگزاری

بدینوسیله نویسندگان، از مسئولین محترم مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، بخاطر تأمین امکانات اجرای پروژه تقدیر و تشکر می نمایند.

ضمن حفظ و ارتقاء کیفیت رزماری، می‌توانند نیازهای غذایی گیاه را تا حدود زیادی برطرف کنند و باعث استقرار بهتر میکروارگانیسم‌های خاک‌زی برای تناوب بعدی شوند. در صورت انجام آزمایشات تکمیلی می‌توان کودهای ورمی‌کمپوست و دامی را در ترکیب مواد آلی دیگر از جمله کودهای بیولوژیک به کار برد.

منابع مورد استفاده

- Abdullah AT, Hanafy MS, EL-Ghawwas EO and Ali ZH. 2012. Effect of compost and some bio fertilizers on growth, yield, essential oil productivity and chemical composition of *Rosmarinus officinalis*, L. plants. Journal of Horticultural Science & Ornamental Plants, 4 (2): 201-214. DOI: 10.5829/idosi.jhsop.2012.4.2.248
- Ansari AA. 2008. Effect of vermicompost and vermiwash on the productivity of spinach (*Spinacia oleracea*), onion (*Allium cepa*) and potato (*Solanum tuberosum*). World Journal of Agricultural Sciences, 4(5), 554-557.
- Amara DG and Mourad S. 2013. Influence of organic manure on the vegetative growth and tuber production of potato (*Solanum tuberosum* L. varsputna) in a Sahara desert region. International Journal of Agriculture and Crop Sciences, 5 (22): 2724-2731.
- Ameri A, Nassiri M and Rezvani Moghadam P. 2007. Effects of different nitrogen levels and plant density on flower, essential oils and extract production and nitrogen use efficiency of marigold (*Calendula officinalis* L.). Iranian Journal of Field Crops Research, 5(2): 315-325. (In Persian). DOI: 10.22067/gsc.v5i2.1153
- Arancon NQ, Edwards CA, Bierman P, Welch C and Metzger JD. 2004. Influences of vermicomposts on field strawberries: 1. Effects on growth and yields. Bioresource Technology, 93(2): 145-153. DOI: 10.1016/j.biortech.2003.10.014
- Arévalo CA, Castillo B and Londoño MT. 2013. Mechanical properties of rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) stalks. Postharvest Physiology and Technology, 31 (2): 201-207.
- Asadi GA, Momen A, Nurzadeh Namaghi N and Khorramdel S. 2014. Effects of Different Fertilizer Treatments on Quantitative and Qualitative Characteristics of Isabgol (*Plantago ovata*). Journal of Horticultural Science, 29(1): 47-54. (In Persian). <https://doi.org/10.22067/jhorts4.v0i0.48440>
- Ashraf M, Ali Q and ES Rha. 2006. Effect of varying nitrogen regimes on growth, seed yield, and nutrient accumulation in Isabgol. Journal of Plant Nutrition, 29: 535-542. <https://doi.org/10.1080/01904160500526600>
- Azizi Kh. 2017. Biofertilizers and drought stress effects on yield and yield components of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill). Journal of Medicinal Plants and By-products, 1: 17-25. 10.22092/jmpb.2017.113146
- Azizi M, Rezwanee F, Khayyat MH, Lackzian A, Neamati H. 2008. The effect of different levels of vermicompost and irrigation on morphological properties and essential oil content of German chamomile (*Matricaria recutita*) CV Goral. Planta Medica, 74(1): 82-93 (In Persian)
- Banjaw DTB, Wolde TG, Gebre A and Mengesha B. 2016. Rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) variety verification trial at wondogenet, south ethiopia. Medicinal and Aromatic Plants, 5 (5): 267. doi: 10.4172/2167-0412.1000267. DOI: 10.4172/2167-0412.1000267
- Bano MJ, Lorente J, Castillo J, Benavente O, Rio JA, Ortuno A, Quirin KW and Gerard D. 2003. Phenolic diterpenes, flavons and rosmarinic acid distribution during the development of leaves, flowers and Roots of *Rosmarinus officinalis* antioxidant activity. Journal Agriculture and Food Chemistry, 51, 47-53. DOI: 10.4172/2167-0412.1000267

- Bingham IJ, Karley AJ, White PJ, Thomas WTB and Russell JR. 2012. Analysis of improvements in nitrogen use efficiency associated with 75 years of spring barley breeding. *European Journal of Agronomy*, 42: 49-58. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2011.10.003>
- Chapman HD and Pratt PF. 1961. *Methods of analysis for soils, plants and waters*, University of California, Division of Agricultural Science.
- Chatterjee SK. 2002. Cultivation of medicinal and aromatic plants in India a commercial approach. *Proceedings of an International Conference on MAP. Acta Horticulture (ISHS)*, 576: 191-202. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2002.576.28>
- Darshan S. 2004. Patented anti-inflammatory plant drug development from traditional medicine. *Phytotherapy Research*, 18: 343-357. <https://doi.org/10.1002/ptr.1475>
- Darwish OH, Persaud N and Martens DC. 1995. Effect of long-term application of animal manure on physical properties of three soils. *Plant and Soil*, 176: 289-295. <https://doi.org/10.1007/BF00011793>
- Fageria C, Li YC and Baligar V. 2008. The role of nutrient efficient plants in improving crop yields in the twenty first century. *Journal of Plant Nutrition*, 31, 1121-1157. <https://doi.org/10.1080/01904160802116068>
- Fu Y, Zu Y, Chen LY, Shi XG, Wang Z, Sun S and Efferth T. 2007. Antimicrobial activity of clove and rosemary essential oils alone and in combination. *Phytotherapy Research*, 21: 989-994. DOI: [10.1002/ptr.2179](https://doi.org/10.1002/ptr.2179)
- Gargini Shabankareh H and Khorasani Nejad S. 2016. The effect of biological fertilizer and salicylic acid on yield and quality of rosemary in drought stress. *Journal of Crop Improvement*, 19(2): 475-491. (In Persian). <https://doi.org/10.22059/jci.2017.60421>
- Gastal F and Lemaire G. 2002. N uptake and distribution in crops: An agronomical and cophysiological perspective. *Journal of Experimental Botany*, 53: 789-799. <http://dx.doi.org/10.1093/jexbot/53.370.789>
- Hassan EA, Ali AF and El Gohary AE. 2015. Enhancement of growth, yield and chemical constituents of Rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) plants by application of compost and biofertilization treatments. *Middle East Journal of Agriculture Research*, 4(1): 99-111.
- Haile D, Nigussie D and Ayana A. 2012. Nitrogen use efficiency of bread wheat: Effects of nitrogen rate and time of application. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 12 (3): 389-409. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-95162012005000002>
- Hosseini Valiki SR and Ghanbari S. 2015. Comparative examination of the effect of manure and chemical fertilizers on yield and yield components of rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.). *International Journal of Agronomy and Agricultural Research*, 6(2): 29-37.
- Khorasaninejad S, Mousavi A, Soltanloo H, Hemmati Kh and Khalighi A. 2011. The effect of drought stress on growth parameters, essential oil yield and constituent of Peppermint (*Mentha piperita* L.). *Journal of Medicinal Plants Research*, 5(22): 5360-5365. <https://doi.org/10.5897/JMPR.9001196>
- Kolata E, Beresniiewicz A, Krezel J, Nowosielski L and Slow O. 1992. Slow release fertilizers on organic carriers as the source of N for vegetable crops production in the open field. *Acta Horticulture*, 339: 241-249.
- Kosaka K and Yokoi T. 2003. Carnosic acid, a component of rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.), promotes synthesis of nerve growth factor in T98G human glioblastoma cells. *Biological and Pharmaceutical Bulletin*, 26: 1620-1622. DOI: [10.1248/bpb.26.1620](https://doi.org/10.1248/bpb.26.1620)
- Kumar V and Singh KP. 2001. Enriching vermicompost by nitrogen fixing and phosphate solubilizing bacteria. *Bioresource Technology*, 76(2): 173-175. [https://doi.org/10.1016/S0960-8524\(00\)00061-4](https://doi.org/10.1016/S0960-8524(00)00061-4)
- Larrondo JV, Agut M and Calvo TM. 1995. Antimicrobial activity of essence from labiates. *Microbios*, 82:171-172.

- Li L, Sun J, Zhang F, Li X, Yang S and Rengel Z. 2001. Wheat/maize or wheat/soybean strip intercropping: 1. yield advantage and interspecific interactions on nutrient. *Field Crops Research*, 71(2): 123-137. [https://doi.org/10.1016/S0378-4290\(01\)00156-3](https://doi.org/10.1016/S0378-4290(01)00156-3)
- Liang B, Yang XY, He XH and Zhou JB. 2011. Effects of 17 years fertilization on soil microbial biomass C and N and soluble organic C and N in loessial soil during maize growth. *Biology and Fertility of Soils*, 47(2): 121-128. [10.1007/s00374-010-0511-7](https://doi.org/10.1007/s00374-010-0511-7)
- Mahmuti M, West JS, Watts J, Gladders P and Fitt BDL. 2009. Controlling crop disease contributes to both food security and climate change mitigation. *International Journal Agricultural sustainability*, 7:189-202. <https://doi.org/10.3763/ijas.2009.0476>
- Martinez-Lirola MJ, Gonzalez-Tejero MR and Molero-Mesa J. 1996. Ethanobotanical resources in the province of Almeria, Spain: Campos de Nijar. *Economic Botany*, 50:40-56.
- Matkowski A. 2008. Plant in vitro culture for the production of antioxidants-A review. *Biotechnology Advances*, 26: 548-560. DOI: [10.1016/j.biotechadv.2008.07.001](https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2008.07.001)
- Moles DJ, Rangai SS, Bourke RM and Kasamani CT. 1984. Fertilizer Responses of Taro in Papua New Guinea. In: *Edible Aroids*. Chandra, S. (Ed.). Clarendon Press, Oxford, pP. 64-71.
- Mostafa HSh. 2019. Effect of organic and inorganic fertilizers on growth, herbs product and chemical composition of rosemary plants (*Rosmarinus officinalis* L.). *International Journal of Farming and Allied Sciences*, 8 (1): 5-13.
- Najar IA and Khan AB. 2013. Effect of vermicompost on growth and productivity of tomato (*Lycopersicon esculentum*) under field conditions. *Acta Biologica Malaysiana*, 2(1): 12-21. DOI: [10.7593/abm/2.1.12](https://doi.org/10.7593/abm/2.1.12)
- Pan G, Zhou P, Li Zh, Smith P, Li L, Qiu D, Zhang X, Xu X, Shen Sh and Chen X. 2009. Combined inorganic/organic fertilization enhances N efficiency and increases rice productivity through organic carbon accumulation in a rice paddy from the Tai Lake region, China. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 131: 274-280. doi:[10.1016/j.agee.2009.01.020](https://doi.org/10.1016/j.agee.2009.01.020).
- Pouryousef M, Chaichi MR and Mazaheri D. 2007. Effect of different soil fertilizing systems on seed and mucilage yield and seed P content of isabgol (*Plantago ovata* Forsk.). *Plant Sciences*, 6: 1088-1092. DOI: [10.3923/ajps.2007.1088.1092](https://doi.org/10.3923/ajps.2007.1088.1092)
- Saxena A. 2004. Effect of nitrogen levels and harvesting management on quality of essential oil in peppermint cultivars. *Indian. Perf.* 33(3), 182-185.
- Singh M and Ramesh S. 2002. Response of sweet basil (*Ocimum basilicum*) to organic and inorganic fertilizer in semi-arid tropical conditions. *Journal of Medicinal and Aromatic Plant Sciences*, 24(4): 947-950.
- Singh M. 2012. Influence of organic mulching and nitrogen application on essential oil yield and nitrogen use efficiency of rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.). *Archives of Agronomy and Soil Science*, 59: 273-279. DOI:[10.1080/03650340.2011.608157](https://doi.org/10.1080/03650340.2011.608157)
- Tahami Zarandi MK, Rezvani-Moghadam P and Jahani M. 2010. Comparison of organic and chemical yield and herbal essential oils of basil (*Ocimum basilicum* L.). *Agroecology*, 2(1): 70-82. (In Persian).
- Timsina J, Singh U, Badaruddin M, Meisner C and Amin MR. 2001. Cultivar, nitrogen, and water effects on productivity, and nitrogen-use efficiency and balance for rice-wheat sequences of Bangladesh. *Field Crops Research*. 72:143-161. [https://doi.org/10.1016/S0378-4290\(01\)00171-X](https://doi.org/10.1016/S0378-4290(01)00171-X)
- Toyoshi U, Kimiyo N, Hiroyasu I, Kiyomi K, Misao S and Masatoshi M. 2006. Anticonflict effects of lavender oil and identification of its active constituents. *Pharmacology Biochemistry and Behavior*, 85:713-721. DOI: [10.1016/j.pbb.2006.10.026](https://doi.org/10.1016/j.pbb.2006.10.026)
- Vats M, Sehgal D and Mehta D. 2001. Integrated effect of organic and inorganic manuring on yield sustainability in long-term fertilizer experiments. *Indian Journal of Agriculture Research*, 35: 19-24.
- Warman PR and AngLopez MJ. 2010. Vermicompost derived from different feedstocks as a plant growth medium. *Bioresource Technology*, 101(12): 4479-4483. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2010.01.098>

- Zhang D, Li W, Xin C, Tang W, Eneji AE and Dong H. 2012. Lint yield and nitrogen use efficiency of field-grown cotton vary with soil salinity and nitrogen application rate. *Field Crops Research*, 138: 63-70. [10.1016/j.fcr.2012.09.013](https://doi.org/10.1016/j.fcr.2012.09.013)
- Zhao J. 2006. The effect of nitrogen fertilization on spearmint. *Journal of Essential Oil Research*, 18: 452-455.