تأثیر تغذیه با کود زیستی و شیمیایی بر خصوصیات کمی و کیفی گیاه دارویی بادرنجبویه (*Melissa officinalis*)

Effect of Organic and Chemical Fertilization on Qualitative and Quantitative Characteristics of *Melissa officinalis* (Lemon Balm)

محمد مهدی ضرابی[۱]، سودابه مفاخری[۲*]، شکراله حاجی‌وند[۳] و آمنه اراونه[۴]

تاریخ دریافت: ۹۴/۰۷/۱۵ تاریخ پذیرش: ۹۵/۰۱/۱۴

چکیده

بادرنجبویه با نام علمی *Melissa officinalis* یکی از گیاهان دارویی باارزش متعلق به خانواده نعنائیان است. به‌منظور بررسی تأثیر کودهای ورمی‌کمپوست، بیوفسفات و کود شیمایی ماکرو، بر خصوصیات مورفولوژیکی و عملکرد کمی و کیفی این گیاه دارویی و امکان‌سنجی جایگزینی کودهای شیمیایی با کودهای زیستی، آزمایشی با ۱۸ تیمار شامل فاکتورهای کود شیمیایی در سه سطح (صفر، ۵۰ و ۱۰۰ درصد مقدار مصرف رایج)؛ ورمی‌کمپوست در سه سطح (صفر، ۱۵، ۳۰ درصد حجم گلدان) و بیوفسفات در دو سطح (کاربرد و عدم کاربرد) به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کاملاً تصادفی با ۳ تکرار در گلخانه مرکز تحقیقات کشاورزی قزوین انجام شد. نتایج نشان داد که ورمی‌کمپوست تأثیر معنی‌داری بر فاکتورهای مورفولوژیکی و درصد اسانس بادرنجبویه داشت، به‌طوری‌که بیش‌ترین ارتفاع بوته، بالاترین تعداد شاخه فرعی، بالاترین وزن هزاردانه، و بیش‌ترین درصد اسانس، در حالت کاربرد ۳۰ درصد حجم گلدان ورمی‌کمپوست حاصل گردید. هم‌چنین بیش‌ترین وزن تر بوته با کاربرد هم‌زمان بیوفسفات و ۳۰ درصد حجم گلدان ورمی‌کمپوست تولید شد، با این وجود بالاترین وزن خشک بوته با کاربرد هم‌زمان سطح بالای کودشیمیایی و ورمی‌کمپوست به‌دست آمد. بیش‌ترین مقدار سیترونلال در تیمار ۳۰ درصد حجم گلدان ورمی‌کمپوست و بالاترین مقدار ژرانیال در حضور کود شیمیایی حاصل گردید، به‌طوری‌که در حالت استفاده از سطح بالای کود شیمیایی مقدار ژرانیال موجود در اسانس در مقایسه با عدم کاربرد این کود، حدود ۲۳ درصد بیشتر بود.

واژه‌های کلیدی: خصوصیات مرفولوژیکی، اسانس، بیوفسفات، ورمی‌کمپوست

۱ و ۲. استادیاران، گروه مهندسی علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی(ره)، قزوین

۳. استادیار، گروه باغبانی، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی، قزوین، ایران

۴. کارشناس ارشد، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد ساوه، ایران

*: نویسنده مسئول Email: smafakheri@gmail.com

مقدمه

بادرنجبویه با نام علمی *Melissa officinalis*، نام انگلیسی Lemon balm و نام‌های رایج وارنگ بو، ترنجان، بلسان، گل‌حنا و ملیس؛ گیاهی علفی و چندساله، متعلق به خانواده نعناییان است (طهوری، ۱۳۸۹). در این خانواده حدود ۱۶۰ جنس و بیش از ۳۰۰۰ گونه وجود دارد که تقریباً در تمام نقاط جهان، به‌خصوص در نواحی مدیترانه، می‌رویند و اغلب آن‌ها جزء گیاهان دارویی باارزش هستند. این گیاه دارای طبیعت گرم، نیرودهنده و ضدتشنج است. به‌علاوه به‌عنوان مقوی معده، بادشکن، تسهیل‌کننده عمل هضم و معرق، مورد استفاده قرار می‌گیرد. اسانس و عصاره آن دارای خاصیت ضدتشنج و آرام‌کننده اعصاب، با اثر قاطع است مشروط بر آن‌که به مقادیر کم و درمانی مصرف شود (امیدبیگی، ۱۳۸۸؛ طهوری، ۱۳۸۹). یکی از مهم‌ترین اشکال دارویی این گیاه اسانس آن است. اسانس ملیس مایعی بی‌رنگ یا به رنگ زرد روشن و گاهی زرد مایل به خاکستری و دارای بوی بسیار مطبوع شبیه بوی لیمو می‌باشد. این بو مخصوصاً اگر اسانس از برگ گیاه، قبل از گل دادن به‌دست آمده باشد محسوس‌تر است. بیش از ۷۰ درصد اسانس برگ‌های بادرنجبویه را سیترونلال، سیترال، ژرانیول، لینالول، لیمونن و استات اوژنول تشکیل می‌دهد (میرزا و همکاران، ۱۳۷۵). میزان اسانس پیکر رویشی بادرنجبویه بین ۰/۰۲ تا ۰/۴ درصد متغیر است، این رنج درصد اسانس، نسبت به سایر اعضای خانواده نعناع بسیار پایین است و به همین دلیل اسانس خالص بادرنجبویه، در بازارهای جهانی از قیمت بسیار بالایی برخوردار است. از آنجاکه محصول یک گیاه دارویی زمانی مقرون به‌صرفه است که مقدار عملکرد و مواد مؤثره آن، به حد مطلوب رسیده باشد و از آنجایی‌که اکوسیستم‌های زراعی نقش تعیین‌کننده‌ای در بیوسنتز متابولیت‌های ثانویه دارند، همواره مطالعه تأثیر شرایط یک اکوسیستم بر تولید متابولیتی گیاهان، اهمیت فراوانی دارد. ازجمله مهم‌ترین عوامل مورد بررسی در این زمینه، کاربرد کودهای ارگانیک در جهت رسیدن به اهداف کشاورزی پایدار و ارائه الگوهای مناسب تغذیه‌ای می‌باشد. کودهای زیستی حاوی مواد نگهدارنده‌ای با جمعیت متراکم یک یا چند نوع ارگانیسم مفید خاکزی و یا به‌صورت فرآورده متابولیک این موجودات می‌باشند که به‌منظور بهبود حاصلخیزی خاک و عرضه مناسب عناصر غذایی مورد نیاز گیاه در یک سیستم کشاورزی پایدار به‌کار میروند (صالح راستین، ۱۳۸۰). در این بین می‌توان به ورمی‌کمپوست و بیوفسفات اشاره کرد. ورمی‌کمپوست نوعی کمپوست تولید شده به کمک کرم‌های خاکی است که در نتیجه تغییر و تبدیل و هضم نسبی ضایعات آلی (کود دامی، بقایای گیاهی و غیره) در ضمن عبور از دستگاه گوارش این جانوران به‌وجود می‌آید. به‌علت داشتن خصوصیاتی مانند تخلخل زیاد، قدرت جذب و نگهداری بالای عناصر معدنی و آزادسازی تدریجی آن‌ها و نیز ظرفیت بالای نگهداری آب، در کشاورزی پایدار از ورمی‌کمپوست برای بهبود رشد و کیفیت محصولات زراعی و باغی استفاده می‌شود (*آرانکون*[1] و همکاران، 2004). کودهای زیستی فسفاته عمدتاً شامل یک‌سری از باکتری‌ها و قارچ‌ها می‌باشند که با تولید یون هیدروژن و طیف وسیعی از انواع اسیدهای آلی به‌خصوص اسیدهای کتوگلوکونیک، سیتریک، اگزالیک و مالیک می‌توانند در آزادسازی فسفر از ترکیب‌های معدنی نامحلول، مؤثر باشند. هم‌چنین بسیاری از این میکروارگانیسم‌ها قادر به ترشح آنزیم‌های فسفاتاز هستند که با معدنی کردن ترکیب‌های آلی فسفردار، یون‌های فسفات قابل جذب برای گیاه را فراهم می‌سازند (مفاخری و همکاران، ۱۳۹۰). استفاده از کود فسفات زیستی، از طریق تأثیر مثبتی که بر فعالیت میکروارگانیسم‌های مفید در خاک می‌گذارد، امکان دسترسی مطلوب به عناصر غذایی پرمصرف و کم‌مصرف را توسط گیاه فراهم آورده و متعاقب آن می‌تواند در بهبود کیفیت گیاه مؤثر باشد (نقدی‌بادی، ۱۳۸۹). کود فسفات زیستی موجب تولید هورمون‌های رشد گیاهی در محیط ریشه می‌شود که پاسخ‌های رشدی گیاه را موجب می‌گردد (*ریدوان*[2]، 2008).

سعیدنژاد و رضوانی‌مقدم (۱۳۸۸) در ارزیابی اثر مصرف ورمی‌کمپوست، روی عملکرد و اجزای عملکرد و درصد اسانس زیره سبز بیان داشتند که در اکثر صفات اندازه‌گیری شده، تیمار ورمی‌کمپوست بیش‌ترین تأثیر مثبت را نشان داد. تهامی‌زرندی و همکاران (۱۳۸۹) در پژوهشی با مقایسه تأثیر کودهای آلی و شیمیایی بر عملکرد و درصد اسانس گیاه دارویی ریحان، برتری معنی‌دار کود آلی ورمی‌کمپوست نسبت به شاهد (عدم کوددهی) و کود شیمیایی در بسیاری از صفات اندازه‌گیری شده را گزارش نمودند. به‌طوری‌که گیاهان تحت تیمار ورمی‌کمپوست؛ از ارتفاع بوته، عملکرد برگ، عملکرد تر و خشک اندام هوایی بیشتری در مقایسه با سایر تیمارها برخوردار بودند. با این وجود از لحاظ درصد اسانس برگ، تفاوت معنی‌داری بین تیمارها ملاحظه نشد. در بررسی سطوح مختلف کمپوست و ورمی‌کمپوست و تأثیر آن بر روی گیاه دارویی نعناع فلفلی مشخص شد که مصرف ورمی‌کمپوست تأثیر معنی‌داری بر خصوصیات رشدی مانند ارتفاع بوته، طول شاخه

1. Arancon
2. Ridvan

فرعی، تعداد برگ در بوته، وزن تر و خشک بوته و نسبت وزن خشک برگ به وزن خشک بوته داشت. هم‌چنین عملکرد اسانس و درصد اجزای تشکیل‌دهنده آن ازجمله منتون، سابینن و لیمونن نیز تحت تأثیر ورمی‌کمپوست قرار گرفت (نامداری، ۱۳۹۱).

مامتا[1] و همکاران (2010) تأثیر باکتری‌های حل‌کننده فسفات را روی رشد و میزان ترکیبات موجود در گیاه استویا بررسی کردند و نشان دادند که این باکتری‌ها تأثیر معنی‌داری بر رشد رویشی، ارتفاع بوته، پراکنش ریشه، وزن خشک پیکر رویشی و میزان گلیکوزید موجود در گیاه دارد. *فاتما*[2] و همکاران (2006) در آزمایشی گلخانه‌ای روی گیاه مرزنجوش نشان دادند که کودهای زیستی شامل ازتوباکتر، آزوسپیریلوم و باکتری‌های حل‌کننده فسفات بر شاخص‌های رشد، میزان اسانس و اثرات ضدباکتری اسانس بر باکتری‌های گرم مثبت، گرم منفی، قارچ‌ها و مخمرها، اثر قابل توجهی دارند. ویسانی و همکاران (۱۳۹۱) پس از بررسی تأثیر کودهای بیولوژیک بر صفات مورفولوژیک، فیزیولوژیک و میزان اسانس گیاه دارویی ریحان بیان کردند که مخلوط کودهای بیولوژیک نیتروکسین و بیو فسفات بیش‌ترین تأثیر را در افزایش صفات وزن خشک کل اندام هوایی، ارتفاع بوته، تعداد برگ، وزن خشک برگ، وزن خشک ریشه، تعداد سرشاخه گلدار، فتوسنتز و میزان اسانس این گیاه داشته است.

هدف از اجرای این تحقیق، بررسی تأثیر کاربرد ورمی‌کمپوست، بیوفسفات و کود شیمیایی ماکرو بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه دارویی بادرنجبویه در راستای کاهش یا حذف استفاده از کودهای شیمیایی در تولید این محصول، می‌باشد.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی تأثیر کاربرد کودهای زیستی و شیمیایی بر خصوصیات مورفولوژیکی و عملکرد کمی و کیفی گیاه دارویی بادرنجبویه، این آزمایش به‌صورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار، در سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲ در گلخانه مرکز تحقیقات کشاورزی قزوین به اجرا در آمد. در طول مدت آزمایش دمای حداقل و حداکثر گلخانه به‌طور متوسط ۱۷/۵ و ۳۲ درجه سانتی‌گراد بود و روشنایی مورد نیاز گیاه با تابش طبیعی نور آفتاب تأمین گردید. فاکتورهای آزمایشی شامل، کود شیمیایی ماکرو در سه سطح (N0، N1 و N2 به‌ترتیب صفر، ۵۰ و ۱۰۰ درصد مقدار توصیه شده)؛ ورمی‌کمپوست در سه سطح (V0، V1 و V2 به‌ترتیب صفر، ۱۵، ۳۰ درصد حجم گلدان) و بیوفسفات در دو سطح (B0 و B1 به‌ترتیب کاربرد و عدم‌کاربرد) بودند که در مجموع ۱۸ تیمار آزمایشی را ایجاد نمودند. به‌منظور بررسی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی ورمی‌کمپوست، بیوفسفات و خاک مورد استفاده در این آزمایش، نمونه‌هایی از آن‌ها تهیه و تجزیه گردید. نتایج حاصل از آنالیز ورمی‌کمپوست، بیوفسفات و خاک در جداول ۱، ۲ و ۳ آمده است.

بذرهای مورد نیاز برای کشت، از شرکت پاکان بذر تهیه گردید، گلدان‌ها پس از نام‌گذاری به‌صورت تصادفی قرار گرفتند و در اردیبهشت ماه ۱۳۹۲ بذرها در سطح گدان کشت شدند. تیمارهای کود شیمیایی و ورمی‌کمپوست قبل از کشت بذر و به‌صورت مخلوط نمودن با خاک گلدان‌ها اجرا گردید. بیوفسفات نیز در مرحله کشت، و به‌صورت تیمار بذری اعمال شد. پس از کشت، آبیاری و سایر مراقبت‌های زراعی، به صورت روزانه صورت گرفت. بعد از سبز شدن بذرها و در مرحله دو برگی، تنک کردن انجام گرفت و در هر گلدان دو بوته نگهداری شد. در مرحله شروع گل‌دهی، ارتفاع بوته اندازه‌گیری شد و سپس پیکر رویشی بادرنجبویه، از پنج سانتی‌متری سطح خاک برداشت گردید و بلافاصله وزن تر تک بوته اندازه‌گیری شد. در همین مرحله فاکتورهایی مانند ارتفاع بوته و تعداد شاخه فرعی نیز تعیین گردید. سپس فرایند خشک کردن به‌صورت طبیعی و در سایه، انجام شد. پس از خشک شدن کامل گیاهان، وزن خشک نیز اندازه‌گیری و ثبت گردید. پیکر رویشی خشک شده بادرنجبویه، جهت استخراج اسانس به آزمایشگاه منتقل گردید. اسانس‌گیری به روش تقطیر با آب و توسط دستگاه کلونجر انجام شد. به‌منظور تجزیه نمونه‌های اسانس و اندازه‌گیری دقیق ترکیبات موجود در آن از دستگاه کروماتوگرافی گازی (GC) و کروماتوگرافی متصل به طیف‌سنج جرمی (GC/MS) استفاده شد.

برای کروماتوگرافی گازی از دستگاه GC مدل ۶۹۸۰، ساخت آمریکا و مجهز به آشکارساز FID با ستون از نوع DB-5 به طول ۳۰ متر و قطر داخلی ۰/۲۵ میلی‌متر و ضخامت لایه فاز ساکن ۰/۲۵ میکرومتر با گاز حامل نیتروژن استفاده شد. سرعت گاز حامل برابر با ۱/۱ میلی‌متر بر دقیقه و برنامه دمایی دستگاه به‌صورت زیر تنظیم شد: ابتدا دما از ۶۰ درجه سانتی گراد آغاز و در هر دقیقه چهار درجه سانتی‌گراد به آن افزوده شد تا به دمای ۲۵۰ درجه سانتی‌گراد رسید و به‌مدت ۱۰ دقیقه در این دما باقی ماند. دمای محفظه تزریق ۲۵۰ درجه سانتی‌گراد و دمای آشکارساز ۳۰۰ درجه سانتی‌گراد تنظیم شد. برای طیف GC/MS از دستگاه گاز کروماتوگراف متصل به

1. Mamta
2. Fatma

طیف‌سنج جرمی مدل ۵۹۷۰، ساخت آمریکا و مجهز به آشکارساز FID و ستون مویی DB-5 به طول ستون ۶۰ متر، قطر داخلی ۰/۲۵ میلی‌متر و ضخامت لایه فاز ساکن برابر با ۰/۲۵ میکرومتر با گاز حامل هلیم و ولتاژ یونیزاسیون ۷۰ الکترون ولت استفاده شد. هم‌چنین، دمای خط انتقال ۲۵۰ درجه سانتی‌گراد تنظیم شد.

جدول ۱: خصوصیات فیزیکی و شیمیایی ورمی‌کمپوست

Table 1: Physical and chemical properties of vermicompost

چگالی (کیلوگرم در مترمربع) Density (kg/m^2)	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) EC (ds/m)	اسیدیته PH	نسبت کربن به نیتروژن (درصد) C/N (%)	نیتروژن کل (درصد) Total N (%)	ماده آلی کل (درصد) Total OM (%)	کربن آلی کل (درصد) Total OC (%)
550	2.19	6.5	12	1.2	48.5	20

جدول ۲: خصوصیات فیزیکی و شیمیایی بیوفسفات

Table 2: Physical and chemical properties of biophosphate

اندازه ذرات (میلی‌متر) Granules size (mm)	تعداد باکتری‌های حل‌کننده فسفات (در هر گرم کود) Number of PSB per grams	رنگ Color	رطوبت (درصد) Humidity (%)	کادمیوم (میلی‌گرم در کیلوگرم) Cadmium (mg/kg)	فسفر قابل استفاده (درصد) Available phosphorus (%)
2-4	100000	خاکستری تیره Dark grey	Maximum 5	Less than 25	23

جدول ۳: خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک آزمایشی

Table 3: Physical and chemical properties of experimental soil

هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) EC (ds/m)	اسیدیته PH	درصد ماده آلی OM (%)	نیتروژن (درصد) N (%)	پتاسیم قابل جذب (پی‌پی‌ام) Available potassium (ppm)	فسفر قابل جذب (پی‌پی‌ام) Available phosphorus (ppm)	شن (درصد) Sand (%)	لوم (درصد) Silt (%)	رس (درصد) Clay (%)	بافت خاک Texture
2.23	7.3	0.61	0.07	125	11.9	32	32	36	لوم Loam

جهت تجزیه و تحلیل داده‌ها، از نرم‌افزار آماری SPSS نسخه ۱۶ استفاده شد. مقایسه میانگین‌های به‌دست آمده توسط روش آزمون چنددامنه‌ای دانکن و در سطح ۵ درصد انجام گردید.

نتایج

ارتفاع بوته

نتایج حاصل از آنالیز واریانس داده‌های آزمایش (جدول ۴) نشان داد که فاکتورهای ورمی‌کمپوست، بیوفسفات و اثر متقابل این دو کود، در سطح احتمال ۱ درصد و فاکتور کود شیمیایی در سطح احتمال ۵ درصد، تأثیر معنی‌داری بر ارتفاع بوته بادرنجبویه داشتند. مقایسه میانگین تیمارها نشان داد که بین کاربرد (۵۱/۵۲ سانتی‌متر) و عدم‌کاربرد بیوفسفات (۳۶/۸۱ سانتی‌متر) تفاوت معنی‌دار بود به‌طوری‌که ارتفاع بوته در صورت کاربرد بیوفسفات نزدیک به ۴۰ درصد افزایش یافت (جدول ۵). مقایسه میانگین‌ها نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار بین سطوح مختلف ورمی‌کمپوست بود، به‌طوری‌که ارتفاع بوته در تیمار کاربرد ۳۰ درصد حجم گلدان ورمی‌کمپوست (۵۵/۷۷ سانتی‌متر)، در مقایسه با عدم کاربرد آن (۳۲/۸۳ سانتی‌متر)، حدود ۷۰ درصد بیشتر بود (جدول ۵). کاربرد هم‌زمان ۳۰ درصد حجم گلدان ورمی‌کمپوست و بیوفسفات نیز سبب افزایش ارتفاع بوته گردید که در مقایسه با تیمار عدم‌کاربرد این دو کود، بیش از ۷۰ درصد افزایش نشان داد هم‌چنین ارتفاع بوته در حالت استفاده از مقدار کم کود شیمیایی (C1)، نسبت به تیمار عدم‌کاربرد این کود، ۱۰ درصد افزایش داشت (جدول ۵).

جدول۴: تجزیه واریانس تأثیر کوددهی بر صفات مورفولوژیکی و درصد اسانس بادرنجبویه

Table 4: Analysis of variance of the effect of fertilization on morphological traits and essential oil content in lemon balm

منبع تغییرات Sources of variation	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean squares					
		ارتفاع بوته Plant height	تعداد شاخه فرعی Number of branches	وزن تر Fresh weight	وزن خشک Dry weight	وزن هزار دانه 1000 seed weight	درصد اسانس Essence (%)
ورمی‌کمپوست (V)	2	2370.056**	61.407**	6529.056**	762.741**	0.027**	0.016**
بیوفسفات (B)	1	2918.685**	4.741^{ns}	7561.500**	755.630**	0.034**	0.003^{ns}
شیمیایی (N)	2	101.722*	32.019**	1840.889*	359.185**	0.007*	0.015**
ورمی‌کمپوست × شیمیایی V×N	4	36.861^{ns}	1.769^{ns}	4983.944**	761.852**	0.004^{ns}	0.006*
ورمی‌کمپوست × بیوفسفات V×B	2	826.796**	2.741^{ns}	1587.722^{ns}	27.630^{ns}	0.004^{ns}	0.003^{ns}
شیمیایی × بیوفسفات N×B	2	38.685^{ns}	0.796^{ns}	2646.889*	945.407**	0.005^{ns}	0.001^{ns}
ورمی‌کمپوست×شیمیایی×بیوفسفات V×N×B	4	4.213^{ns}	0.880^{ns}	930.611^{ns}	124.741^{ns}	0.002^{ns}	0.006^{ns}
خطا Error	36	21.722	1.926	518.907	55.951	0.002	0.002
کل Total	53						

ns، *، **: به‌ترتیب غیرمعنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪

ns, *, **: Non significant, significant at p = 0.05 and p = 0.01, respectively. V: Vermicompost; B: Biophosphate; N: NPK (chemical fertilizer)

جدول ۵: مقایسه میانگین تأثیر کوددهی با سطوح مختلف کودهای زیستی و شیمیایی بر صفات مورفولوژیکی و درصد اسانس بادرنجبویه

Table 5: Means comparison of morphological traits and essential oil content in lemon balm under different levels of bio and chemical fertilizers

تیمار Treatment		صفات Traits					
		ارتفاع بوته (سانتی‌متر) Plant height (cm)	تعداد شاخه فرعی Number of branches	وزن تر (گرم) Fresh weight (gr)	وزن خشک (گرم) Dry weight (gr)	وزن هزار دانه (گرم) 1000 seed weight (gr)	درصد اسانس Essence (%)
بیوفسفات Biophosphate	B0	36.815b		143.000b	48.889b	0.540b	
	B1	51.519a		166.667a	56.370a	0.590a	
ورمی‌کمپوست Vermicompost	V0	32.833c	14.666c	136.277c	46.333c	0.521b	0.190b
	V1	43.889b	16.889b	153.888b	52.222b	0.578a	0.227a
	V2	55.777a	18.333a	174.333a	59.333a	0.596a	0.263a
کود شیمیایی Chemical fertilizer	N0	41.444b	15.277c	143.722b	49.777b	0.549b	0.267a
	N1	45.833a	16.666b	157.277ab	50.333b	0.560ab	0.207b
	N2	45.222a	17.944a	163.500a	57.777a	0.586a	0.205b

میانگین‌هایی که در هر ستون با حروف مشابه مشخص شده‌اند در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌دار ندارند

Means in each column followed by similar letter(s), are not significantly different at 5% probability level

تعداد شاخه فرعی در بوته

همان‌گونه که در جدول شماره ۴ آمده است، فاکتورهای ورمی‌کمپوست و کود شیمیایی تأثیر معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد، بر تعداد شاخه فرعی داشتند. بررسی مقایسه میانگین‌ها نیز نشان داد که استفاده از ورمی‌کمپوست به میزان ۳۰ درصد حجم گلدان (۱۸/۳۳ عدد)، در مقایسه با عدم‌کاربرد این کود (۱۴/۶۶ عدد)، سبب افزایش ۲۵ درصدی تعداد شاخه فرعی در بوته گردید. در مقایسه میانگین اثر کود شیمیایی، بیش‌ترین تعداد شاخه فرعی (۱۷/۹۴ عدد) در تیمار N2 به‌دست آمد که در مقایسه با کنترل (۱۵/۲۷ عدد)، بیش از ۱۷ درصد افزایش یافت (جدول ۵).

وزن تر

نتایج حاصل از آنالیز واریانس داده‌ها نشان‌دهنده تأثیر معنی‌دار تیمارهای ورمی‌کمپوست، بیوفسفات و اثر متقابل ورمی‌کمپوست و کود شیمیایی در سطح احتمال یک درصد و هم‌چنین کودشیمیایی و اثر متقابل کودشیمیایی و بیوفسفات در سطح احتمال پنج درصد، بر وزن تر بوته بادرنجبویه بود

(جدول ۴). مقایسه میانگین تیمارها نشان داد که وزن تر بوته در حالت کاربرد بیوفسفات (۱۶۶/۶۶ گرم) در مقایسه با عدم کاربرد بیوفسفات (۱۴۳ گرم)، حدود ۱۶ درصد بیشتر بود. با افزایش مقدار ورمی‌کمپوست، وزن تر بوته به‌طور معنی‌داری افزایش یافت به‌طوری‌که بیش‌ترین وزن تر پیکر رویشی در تیمار کاربرد V2، به میزان ۱۷۴/۳۳ حاصل شد که در مقایسه با V0 (۱۳۶/۲۷)، نزدیک به ۲۸ درصد بیشتر بود. در مقایسه میانگین تأثیر کودشیمیایی نیز مشخص گردید که با افزایش مقدار مصرف کود شیمیایی، وزن تر بوته به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. با استفاده از سطح بالای کود شیمیایی (N2) میزان تولید وزن تر (۱۶۳/۵ گرم)، حدود ۱۵ درصد بیشتر از شرایط عدم استفاده از کود شیمیایی (۱۴۳/۷۲ گرم) بود (جدول ۵). اثر متقابل فاکتورهای آزمایشی نیز بر وزن تر بوته معنی‌دار گردید. بیش‌ترین مقدار وزن تر بوته (۱۸۳/۳۳ گرم) در تیمار کاربرد هم‌زمان بیوفسفات و ۳۰ درصد حجم گلدان ورمی‌کمپوست حاصل گردید که در مقایسه با تیمار عدم کاربرد این دو کود (۱۳۸/۶۶۶ گرم) حدود ۳۶ درصد بیشتر بود. در اثر متقابل ورمی‌کمپوست و کود شیمیایی، بالاترین وزن تر بوته در تیمار V2N2 به مقدار ۲۰۶/۸۳۳ گرم، به‌دست آمد که در مقایسه با حالت عدم‌استفاده از این دو کود (۱۳۱ گرم)، ۵۸ درصد بیشتر بود (جدول ۶).

وزن خشک بوته

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که فاکتورهای ورمی‌کمپوست، بیوفسفات، کود شیمیایی و هم‌چنین اثر متقابل ورمی‌کمپوست و کود شیمیایی و اثر متقابل کود شیمیایی و بیوفسفات در سطح احتمال یک درصد، تأثیر معنی‌داری بر وزن خشک بوته داشتند (جدول ۴). در بررسی مقایسه میانگین‌ها نیز مشاهده شد که وزن خشک بوته در حالت استفاده از بیوفسفات (۵۶/۳۷ گرم)، در مقایسه با عدم‌استفاده از این کود (۴۸/۸۹ گرم)، بیش از ۱۵ درصد افزایش داشت. بین تیمارهای کاربرد ورمی‌کمپوست، بیش‌ترین وزن خشک بوته در تیمار V2 به میزان ۵۹/۳۳ گرم به‌دست آمد که نسبت به تیمار کنترل (۴۶/۳۳ گرم)، ۲۸ درصد بیشتر بود. در رابطه با کود شیمیایی نیز، مقایسه میانگین‌ها حاکی از تأثیر معنی‌دار N2 در افزایش وزن خشک بوته بود. به‌طوری‌که با کاربرد سطح بالای کود شیمیایی (۷۷/ ۵۷ گرم) در مقایسه با عدم‌استفاده از این کود (۴۹/۷۷ گرم)، وزن خشک بوته ۱۶درصد افزایش یافت. مقایسه میانگین اثر متقابل کود شیمیایی و بیوفسفات هم تأثیر معنی‌دار کاربرد هم‌زمان بیوفسفات و سطح بالای کود شیمیایی را نشان داد به‌طوری‌که در تیمار N2B1 (۶۹/۷۷ گرم) در مقایسه با تیمار N0B0 (۵۱/۳۳ گرم)، شاهد افزایش ۳۶ درصدی وزن خشک بوته بودیم. در مقایسه میانگین اثر متقابل ورمی‌کمپوست و کود شیمیایی نیز شاهد وجود تفاوت معنی‌دار بین تیمارهای آزمایشی بودیم. بالاترین مقدار وزن خشک بوته در تیمار V2N2 (۷۵ گرم) حاصل شد که در مقایسه با تیمار شاهد (۴۵ گرم) بیش از ۶۶ درصد افزایش نشان داد (جدول ۶).

وزن هزاردانه

نتایج به‌دست آمده از تجزیه واریانس داده‌ها، بیانگر وجود تأثیر معنی‌دار بیوفسفات و ورمی‌کمپوست در سطح احتمال یک درصد و کود شیمیایی در سطح احتمال ۵ درصد، بر وزن هزار دانه بود (جدول ۴). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بین کاربرد (۰/۵۹ گرم) و عدم‌کاربرد بیوفسفات (۰/۵۴ گرم) تفاوت معنی‌دار وجود دارد به‌طوری‌که وزن هزاردانه در صورت کاربرد بیوفسفات ۹ درصد بیشتر بود (جدول ۵). هم‌چنین مقایسه میانگین‌ها نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار بین سطوح مختلف ورمی‌کمپوست بود، به‌طوری‌که وزن هزاردانه در V2 (۰/۵۹ گرم) در مقایسه با V0 (۰/۱ گرم)، ۱۴ درصد بیشتر بود (جدول ۵). بین سطوح مختلف کود شیمیایی نیز تفاوت معنی‌دار گردید، بیش‌ترین مقدار وزن هزاردانه در تیمار کاربرد سطح دو کود شیمیایی و به میزان ۰/۵۸۶ گرم، حاصل شد که در مقایسه با تیمار عدم‌کاربرد این کود (۰/۵۴۹ گرم)، حدود ۷ درصد افزایش نشان داد (جدول ۵).

درصد اسانس

همان‌گونه که در جدول تجزیه واریانس (جدول ۴) مشاهده می‌شود، تأثیر فاکتورهای ورمی‌کمپوست و کود شیمیایی (در سطح احتمال یک درصد) و اثر متقابل بین ورمی‌کمپوست و کود شیمیایی (در سطح احتمال پنج درصد)، بر درصد اسانس بادرنجبویه معنی‌دار گردید (جدول ۴). مقایسه میانگین‌ها نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار بین سطوح مختلف ورمی‌کمپوست بود، به‌طوری‌که میزان اسانس در V2 (۰/۲۶ درصد) در مقایسه با V0 (۰/۱۹ درصد) حدود ۳۸ درصد بیشتر بود (جدول ۵). تفاوت معنی‌داری بین سطوح مختلف کود شیمیایی مشاهده شد به‌نحوی‌که در هنگام استفاده از کود شیمیایی درصد اسانس نسبت به حالت عدم‌کاربرد این کود، به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. بیش‌ترین مقدار اسانس در تیمار عدم کاربرد کود شیمیایی (۰/۲۶۷ درصد) حاصل شد که در مقایسه با تیمارهای N1 (۰/۲۰۷ درصد) و N2 (۰/۲۰۵ درصد) حدود ۳۰ درصد بیشتر بود. در رابطه با اثر متقابل بین

ورمی‌کمپوست و کود شیمیایی با وجود تفاوت معنی‌دار بین سطوح مختلف این کود تلفیقی، بالاترین مقدار اسانس از تیمار V2N0 به میزان ۰/۳ درصد حاصل گردید که در مقایسه با تیمار V0N0 (۰/۱۹ درصد) حدود ۵۸ درصد بیشتر بود (جدول ۶).

جدول ۶: مقایسه میانگین اثرات متقابل تأثیر کوددهی با سطوح مختلف کودهای زیستی و شیمیایی بر صفات مورفولوژیکی و درصد اسانس بادرنجبویه

Table 6: Means comparison of morphological traits and essential oil content in lemon balm under different levels of bio and chemical fertilizers

تیمار Treatment		صفات Traits: ارتفاع بوته (سانتی‌متر) Plant height (cm)	تعداد شاخه فرعی Number of branches	وزن تر (گرم) Fresh weight (gr)	وزن خشک (گرم) Dry weight (gr)	وزن هزار دانه (گرم) 1000 seed weight (gr)	درصد اسانس Essence (%)
ورمی‌کمپوست × بیوفسفات Vermicompost × Biophosphate	V0B0	31.333e					
	V0B1	34.333de					
	V1B0	38.111cd					
	V1B1	49.666b					
	V2B0	41.000c					
	V2B1	55.700a					
شیمیایی × بیوفسفات Chemical fertilizer × Biophosphate	N0B0			138.666b	51.333b		
	N0B1			148.777b	48.222b		
	N1B0			152.666b	49.555b		
	N1B1			161.888ab	51.111b		
	N2B0			137.666b	45.777b		
	N2B1			189.333a	69.777a		
ورمی‌کمپوست × شیمیایی Vermicompost × Chemical fertilizer	V0N0			131.000c	45.000cd		0.190b
	V0N1			124.833c	41.333d		0.180b
	V0N2			153.000bc	52.666bcd		0.200b
	V1N0			142.000c	48.666cd		0.258ab
	V1N1			189.000ab	62.333b		0.200b
	V1N2			130.667c	45.666cd		0.190b
	V2N0			158.166bc	55.666bc		0.300a
	V2N1			158.000bc	47.333cd		0.242ab
	V2N2			206.833a	75.000a		0.247ab

میانگین‌هایی که در هر ستون با حروف مشابه مشخص شده‌اند در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌دار ندارند

Means in each column followed by similar letter(s), are not significantly different at 5% probability level

جدول ۷: تجزیه واریانس تأثیر کوددهی بر اجزای تشکیل‌دهنده اسانس بادرنجبویه

Table 7: Analysis of variance of the effect of fertilization on essential oil composition in lemon balm

منبع تغییرات Sources of variation	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean squares: سیترونلال Citronellal	بتا کاریوفیلن β-Caryophyllene	نرال Neral	ژرانیال Geranial
ورمی‌کمپوست (V)	2	31.637^{*}	3.548^{ns}	3.098^{ns}	21.641^{*}
بیوفسفات (B)	1	0.799^{ns}	1.555^{ns}	1.253^{ns}	11.681^{ns}
شیمیایی (N)	2	94.246^{**}	0.600^{ns}	0.1075^{ns}	21.416^{*}
ورمی‌کمپوست × شیمیایی V × N	4	2.356^{ns}	0.476^{ns}	0.675^{ns}	7.314^{ns}
ورمی‌کمپوست × بیوفسفات V × B	2	0.156^{ns}	0.645^{ns}	0.607^{ns}	7.620^{ns}
شیمیایی × بیوفسفات N × B	2	12.899^{ns}	0.412^{ns}	1.206^{ns}	0.897^{ns}
خطا Error	4	4.127	0.554	0.749	2.319
کل Total	17				

ns، *، **: به‌ترتیب غیرمعنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪

ns, *, **: Non significant, significant at $p = 0.05$ and $p = 0.01$, respectively. V: Vermicompost; B: Biophosphate; N: NPK (chemical fertilizer)

جدول ۸: مقایسه میانگین اثرات ساده تأثیر کوددهی بر ترکیبات اسانس بادرنجبویه

Table 8: Means comparison of essential oil composition in lemon balm under different levels of bio and chemical fertilizers

ترکیبات اسانس Essential oil composition					تیمار Treatment
ژرانیال (درصد) Geranial (%)	نرال (درصد) Neral (%)	بتا کاریوفیلن (درصد) β-Caryophyllene (%)	سیترونلال (درصد) Citronellal (%)		
18.546a	5.438a	7.712a	45.782a	B0	بیوفسفات Biophosphate
16.934a	5.966a	8.300a	45.366a	B1	
15.548b	5.120a	7.157a	43.202b	V0	ورمی‌کمپوست Vermicompost
18.770a	5.480a	8.207a	45.733ab	V1	
18.902a	6.505a	8.655a	47.786a	V2	
16.127b	5.665a	7.662a	49.434a	N0	کود شیمیایی Chemical fertilizer
17.275b	5.590a	8.073a	45.772b	N1	
19.818a	5.850a	8.283a	45.222c	N2	

میانگین‌هایی که در هر ستون با حروف مشابه مشخص شده‌اند در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌دار ندارند

Means in each column followed by similar letter(s), are not significantly different at 5% probability level

ترکیبات تشکیل‌دهنده اسانس

بیش‌ترین درصد اجزای تشکیل‌دهنده اسانس بادرنجبویه را چهار ترکیب سیترونلال، بتا-کاریوفیلن، نرال و ژرانیال تشکیل دادند. نتایج به‌دست آمده از تجزیه واریانس داده‌ها، بیانگر آن بود که ورمی‌کمپوست در سطح احتمال ۵ درصد، تأثیر معنی‌داری بر مقدار سیترونلال و ژرانیال داشت. اثر بیوفسفات فقط بر مقدار ژرانیال معنی‌دار گردید (در سطح احتمال ۵ درصد) و کود شیمیایی نیز در سطح احتمال ۱ درصد بر مقدار سیترونلال و در سطح احتمال ۵ درصد بر مقدار ژرانیال تأثیر معنی‌دار داشت (جدول ۷). بررسی مقایسه میانگین داده‌ها نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار بین کاربرد و عدم‌کاربرد ورمی‌کمپوست بر مقدار سیترونلال بود، به‌طوری‌که بیش‌ترین مقدار سیترونلال (۴۷/۷۸ درصد) در تیمار کاربرد ۳۰ درصد حجم گلدان ورمی‌کمپوست حاصل گردید که در مقایسه با تیمار عدم کاربرد ورمی‌کمپوست (۴۳/۲۰ درصد) بیش از ۱۰ درصد افزایش نشان داد. کود شیمیایی نیز تأثیر معنی‌داری بر مقدار سیترونلال داشت به‌طوری‌که با کاربرد این کود میزان سیترونلال به شکل معنی‌داری کاهش یافت به‌نحوی که بیش‌ترین مقدار سیترونلال از تیمار عدم کاربرد کود شیمیایی (۴۹/۴۳ درصد) حاصل شد که در مقایسه با کاربرد سطح یک (۴۵/۷۲۲ درصد) و دو (۴۵/۲۲۲ درصد) کود شیمیایی بیش از ۸ درصد بیشتر بود. مقایسه میانگین‌های تأثیر کوددهی بر مقدار ژرانیال نیز بیانگر وجود تفاوت معنی‌دار بین کاربرد و عدم کاربرد ورمی‌کمپوست بود. بالاترین مقدار این ترکیب در حضور V2 (۱۸/۹۰۲ درصد) به‌دست آمد که در مقایسه با V0 (۱۵/۵۴۸ درصد) افزایش ۲۱ درصدی نشان داد. کود شیمیایی نیز تأثیر معنی‌دار بر افزایش ژرانیال داشت به‌طوری‌که در حالت استفاده از سطح بالای کود شیمیایی مقدار ژرانیال موجود در اسانس ۱۹/۸۱۸ درصد بود که در مقایسه با عدم کاربرد این کود (۱۶/۱۲ درصد)، حدود ۲۳ درصد بیشتر بود (جدول ۸).

بحث

همان‌گونه که در بخش نتایج نشان داده شد، استفاده از ورمی‌کمپوست بر همه فاکتورهای کمی و کیفی اندازه‌گیری شده، تأثیر معنی‌داری داشت به‌طوری‌که بالاترین ارتفاع بوته، بیش‌ترین تعداد شاخه فرعی، بیش‌ترین وزن تر و خشک بوته و بالاترین وزن هزاردانه در حالت استفاده از ۳۰ درصد حجم گلدان ورمی‌کمپوست حاصل گردید. علت این افزایش را می‌توان این‌چنین توجیه کرد که اضافه کردن ورمی‌کمپوست به خاک باعث جذب نیتروژن توسط ریشه‌ها، افزایش رشد رویشی و تولید بیشتر برگ‌ها می‌شود که این امر به نوبه خود سبب افزایش سطح جذب نوری، سطح فتوسنتزی، ساخته شدن مواد هیدروکربنی در برگ‌ها و افزایش کلروفیل برگ خواهد شد (صدقی‌مقدم و میرزایی، ۱۳۸۷). به نظر می‌رسد وجود هورمون‌های تنظیم‌کننده رشد در بستر ورمی‌کمپوست باعث افزایش تقسیمات سلولی و بزرگ شدن گیاه گردد (ده‌دشتی‌زاده و همکاران، ۱۳۸۸). شفیعی ادیب و همکاران (۱۳۹۴)، در تحقیقی که روی گیاه دارویی گل راعی انجام دادند، به این نتیجه رسیدند که بیش‌ترین عملکرد بیولوژیک، بالاترین میزان تولید سرشاخه گلدار و بیش‌ترین عملکرد هیپریسین در تیمار کاربرد مقدار متوسط (۵ تن در هکتار)، ورمی‌کمپوست حاصل گردید. در پژوهشی که توسط آستارایی در سال ۱۳۸۵ صورت گرفت، تأثیر تیمارهای ورمی‌کمپوست و کمپوست زباله شهری بر فاکتورهای کمی و کیفی اسفرزه

بررسی شد، آن‌ها گزارش کردند که بیش‌ترین ارتفاع بوته و بالاترین وزن هزار دانه در تیمار کاربرد ورمی‌کمپوست به نسبت ۲۰ به ۸۰ ورمی‌کمپوست به خاک، حاصل شد. در تحقیقی گلخانه‌ای روی گیاه استویا، سطوح مختلف ورمی‌کمپوست (صفر، ۱۰ و ۲۰ درصد حجمی)، مورد بررسی قرار گرفت، بیش‌ترین مقدار عملکرد برگ، کلروفیل کل و کارتنوئید، در تیمار ورمی‌کمپوست ۲۰ درصد حجمی، حاصل شد (*مامتا* و همکاران، 2010). در پژوهشی دیگر نیز مشاهده شد که کاربرد ورمی‌کمپوست موجب افزایش عملکرد کمی و کیفی دو گونه گیاه دارویی بارهنگ گردید (*سانچز*[1] و همکاران، 2008). نتایج حاصل از تحقیقات عزیزی و همکاران روی گیاه ریحان (۱۳۸۵)، سعیدنژاد و رضوانی‌مقدم در گیاه زیره سبز (۱۳۸۸)، تهامی زرندی و همکاران روی گیاه ریحان (۱۳۸۹)، نامداری در گیاه دارویی نعناع فلفلی (۱۳۹۱) و مفاخری و همکاران روی گیاه دارویی بادرشبی (۱۳۹۰)، نیز تأثیر مثبت ورمی‌کمپوست بر کمیت و کیفیت تولید گیاهان دارویی را تأیید می‌کنند.

بیوفسفات نیز بر بسیاری از فاکتورهای اندازه‌گیری شده تأثیر مثبت و معنی‌دار داشت. در واقع استفاده از این کود زیستی در کنار ورمی‌کمپوست می‌تواند تأثیر معنی‌داری بر کمیت و کیفیت محصول تولیدی داشته باشد. استفاده هم‌زمان از بیوفسفات و کود شیمیایی، لزوم مصرف کود شیمیایی را کاهش می‌دهد. در دهه‌های اخیر تحقیقات زیادی در زمینه استفاده از باکتری‌های حل‌کننده فسفات موجود در کودهای فسفات زیستی، متمرکز بوده است. نتایج این تحقیقات نشان داده است که سازوکارهای زیادی مسؤول افزایش رشد و عملکرد در گیاهان می‌باشند. علاوه‌بر افزایش جذب عناصر غذایی، تولید پیش‌ماده هورمون‌های گیاهی به‌وسیله ریزجانداران در ریزوسفر گیاه، کنترل پاتوژن‌های گیاهی، قدرت حل‌کنندگی فسفات و تولید سیدروفور ازجمله مکانیسم‌های افزایش رشد و عملکرد در گیاهان می‌باشد (*بنرجی*[2] و همکاران 2006). فسفر به‌عنوان یکی از عناصر پرمصرف مورد نیاز گیاه، در بسیاری از فرایندهای متابولیکی ازجمله انتقال انرژی، فتوسنتز و تنفس نقش اساسی دارد. با این وجود این عنصر خیلی زود در خاک تثبیت شده و از دسترس گیاه خارج می‌شود (*زایدی*[3] و همکاران، 2009). مصرف بیش از حد کودهای شیمیایی یکی از چالش‌های مهم کشاورزی است. از پیامدهای مصرف بیش از حد کودهای شیمیایی فسفاته علاوه بر تجمع بیش از نیاز فسفر، می‌توان به ایجاد رقابت در جذب عناصر ریزمغذی به‌ویژه روی، اتلاف سرمایه، کاهش جمعیت قارچ میکوریزا و از همه مهم‌تر تجمع بیش از حد کادمیم در محصولات کشاورزی اشاره کرد. بنابراین با مصرف بیش از حد کودهای فسفاته عناصر سمی، مانند کادمیم توسط گیاهان جذب و وارد زنجیره غذایی انسان و حیوان می‌گردد (بایبوردی و ملکوتی، ۱۳۸۰). در این زمینه بسیاری از محققان نشان دادند که استفاده از باکتری‌های حل‌کننده فسفات، فسفر تثبیت شده درون خاک را حل نموده و استفاده گیاه از آن موجب عملکرد بالاتر محصولات زراعی شده است (*گول*[4] و همکاران، 2004). در همین رابطه *شالان*[5] (2005)، در مطالعات خود نشان داد که مصرف باکتری‌های حل‌کننده فسفات موجب بهبود بارز ویژگی‌هایی مانند ارتفاع بوته، تعداد گل و عملکرد دانه در گیاه دارویی گل گاوزبان (*Borago officinalis*) و نیز افزایش چشمگیر صفاتی مانند ارتفاع بوته و عملکرد دانه در گیاه دارویی سیاهدانه گردید. در تحقیق دیگری که *علیجانی*[6] و همکاران (2010) روی گیاه دارویی بابونه انجام دادند، به این نتیجه رسیدند که بیش‌ترین تعداد گل، عملکرد گل خشک و عملکرد اسانس و درصد اسانس در تیمار تلفیق کود زیستی بارور- ۲ و کود شیمیایی فسفر حاصل گردید. این موضوع با پژوهش‌های *فلاحی*[7] و همکاران (2009) بر گیاه دارویی بابونه آلمانی و *آنامالی*[8] و همکاران (2004) روی فرفیون مطابقت دارد.

مصرف کودهای زیستی با کاهش مصرف کودهای شیمیایی و در پی آن کاهش هزینه‌های تولید و آلودگی‌های زیست‌محیطی ناشی از مصرف کودهای شیمیایی، یکی از راهبردهای مهم برای نیل به کشاورزی پایدار است. نتایج حاصل از مطالعه‌های *مامتا* و همکاران (2010) در گیاه استویا، *فاتما* و همکاران (2006) در گیاه مرزنجوش، ویسانی و همکاران (۱۳۹۱) در گیاه ریحان و مفاخری و همکاران (۱۳۹۰) در گیاه بادرشبی، نتایج به‌دست آمده در این پژوهش را تأیید می‌کنند.

نتیجه‌گیری کلی

نتایج این بررسی نشان می‌دهد که نوع کود بر عملکرد کمی و کیفی گیاه دارویی بادرنجبویه تأثیر معنی‌داری داشت به‌نحوی‌که بیش‌ترین ارتفاع بوته، بالاترین تعداد شاخه فرعی، بالاترین وزن هزاردانه، و بیش‌ترین درصد اسانس، در حالت کاربرد ۳۰ درصد حجم گلدان ورمی‌کمپوست حاصل شد. هم‌چنین بیش‌ترین وزن تر بوته در حضور کاربرد هم‌زمان بیوفسفات و ۳۰ درصد حجم گلدان ورمی‌کمپوست تولید

1. Sanchez
2. Banerjee
3. Zaidi
4. Gull
5. Shaalan
6. Alijani
7. Falahi
8. Annamali

گردید. بنابراین با توجه به هزینه‌های تأمین کود شیمیایی و آلودگی‌های زیست‌محیطی ناشی از کاربرد این دسته از کودها؛ جایگزینی آن‌ها با کودهای زیستی توصیه می‌گردد، چرا که علاوه‌بر تأمین عناصر موردنیاز بادرنجبویه، سبب کاهش هزینه‌های تولید شده و افزایش کمی و کیفی محصول را نیز در پی خواهند داشت.

منابع

آستارایی، ع. و کوچکی، ع. ۱۳۷۵. کاربرد کودهای بیولوژیک در کشاورزی پایدار. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۱۶۸ صفحه.

آستارایی، ع. ۱۳۸۵. تأثیر کمپوست زباله شهری و ورمی‌کمپوست بر اجزای عملکرد و عملکرد اسفرزه (*Plantago ovata*). فصلنامه تحقیقات گیاهان داروئی و معطر ایران، ۲۲ (۳): ۱۸۰-۱۸۷.

امیدبیگی، ر. ۱۳۸۸. تولید و فرآوری گیاهان دارویی. جلد دوم، انتشارات آستان قدس رضوی(به نشر). ۳۵۴ صفحه.

بایبوردی، ا. و ملکوتی، م. ج. ۱۳۸۰. تأثیر کاربرد سطوح مختلف عناصر فسفر و روی بر غلظت کادمیم در دو رقم سیب‌زمینی در سراب آذربایجان شرقی. مجله علوم آب و خاک، ۱۵ (۱): ۲۵-۳۸.

تهامی‌زرندی، م. ک.، رضوانی‌مقدم، پ. و جهان، ح. ۱۳۸۹. مقایسه تأثیر کودهای آلی و شیمیایی بر عملکرد و درصد اسانس گیاه دارویی ریحان. نشریه پژوهش‌های زراعی ایران، ۸ (۵): ۷۰-۸۲.

ده‌دشتی‌زاده، ب.، آرویی، ح.، عزیزی، م. و داوری‌نژاد، غ. ۱۳۸۸. بررسی اثر سطوح مختلف ورمی‌کمپوست و عنصر معدنی فسفر بر رشد، نمو و جذب برخی از عناصر غذایی در نشای گوجه‌فرنگی. مجله علوم باغبانی ایران، ۴۰ (۳): ۴۹-۵۸.

سعیدنژاد، ا. م. و رضوانی‌مقدم، پ. ۱۳۸۸. ارزیابی اثر مصرف کمپوست، ورمی‌کمپوست و کودهای دامی روی عملکرد، اجزای عملکرد و درصد اسانس زیره سبز. نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)، ۲۴ (۲): ۱۴۲-۱۵۲.

شفیعی ادیب، ش.، امینی‌دهقی، م. و مدرس ثانوی، س. ع. م. ۱۳۹۴. بررسی کاربرد کودهای زیستی و شیمیایی فسفر بر عملکرد کمی و کیفی گیاه دارویی گل راعی. فصلنامهٔ علمی پژوهشی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران، ۳۱ (۱): ۱-۱۵.

صدقی مقدم، م. و میرزایی، م. ۱۳۸۷. بررسی اثر کمپوست زباله شهری بر روی خصوصیات کمی و کیفی کدو حلوایی. سومین کنگره ملی بازیافت و استفاده از منابع آلی تجدید شونده در کشاورزی. دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوراسگان. اصفهان.

صالح‌راستین، ن.۱۳۸۰. کودهای بیولوژیک و نقش آن‌ها در راستای نیل به کشاورزی پایدار. مجموعه مقالات ضرورت تولید صنعتی کودهای بیولوژیک در کشور، مؤسسه تحقیقات خاک و آب. تهران.

طهوری، س. ه. ۱۳۸۹. گیاهان دارویی. انتشارات پدیده دانش. ۲۴۶ صفحه.

عزیزی، م.، بابغنی، م.، لکزیان، ا. و آرویی، ح. ۱۳۸۵. بررسی تأثیر مقادیر مختلف ورمی‌کمپوست و محلول‌پاشی ورمی‌واش بر صفات مورفولوژیک و میزان مواد موثره ریحان. مجله علوم و صنایع کشاورزی، ۲۱ (۲): ۱-۱۲.

مفاخری، س.، امیدبیگی، ر.، سفیدکن، ف. و رجالی، ف. ۱۳۹۰. تأثیر کاربرد ورمی‌کمپوست، بیوفسفات و ازتوباکتر بر کمیت و کیفیت اسانس گیاه دارویی بادرشبی. فصلنامهٔ علمی پژوهشی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران، ۲۷ (۴): ۵۹۶-۶۰۵.

میرزا، م. و سفیدکن، ف. ۱۳۷۵. اسانس‌های طبیعی، استخراج، شناسایی کمی و کیفی. انتشارات مؤسسات تحقیقات جنگل‌ها و مراتع. ۲۰۸ صفحه.

نامداری، ا. ۱۳۹۱. تأثیر سطوح مختلف کمپوست و ورمی‌کمپوست و عملکرد آن بر گیاه دارویی نعناع فلفلی. پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی ساوه. ۱۱۰ صفحه.

نقدی‌بادی، ح. ۱۳۸۹. تغییرات مورفولوژیک، زراعی و فیتوشیمیایی گاوزبان تحت تأثیر کودهای زیستی و شیمیایی. فصلنامه گیاهان دارویی، ۲ (۹): ۱۴۶-۱۴۸.

ویسانی، و.، رحیم‌زاده، س. و سهرابی، ی. ۱۳۹۱. تأثیر کودهای بیولوژیک بر صفات مورفولوژیک، فیزیولوژیک و میزان اسانس گیاه دارویی ریحان. فصلنامه علمی پژوهشی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران، ۲۸ (۱): ۷۷-۸۵.

یوسفی شیاده، س. م.، چالوی، و. و زنگی، س. ۱۳۹۴. اثر سطوح مختلف ورمی‌کمپوست و طول مدت روشنایی در تولید گلخانه‌ای گیاه دارویی استویا. مجله علوم و فنون کشت‌های گلخانه‌ای، ۲۱: ۳۸-۳۱.

Alijani, M., Amini Dehaghi, M., Modares Sanavi, S. A. M. and Mohammad Rezaye, S. 2010. The effects of phosphorous and nitrogen rates on yield, yield components and essential oil percentage of *Matricaria recutita* L. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants, 26 (1): 110-113.

Annamali, A., Lakshmi, P. T. V., Lalithakumari, D. and Murugesan, K. 2004. Optimization of biofertilizers on growth, biomass and seed yield of *Phyllanthus amarus* (Bhumyamalaki) in sandy loam soil. Journal of Medicinal and Aromatic Plants Sciences, 26 (4): 717-720.

Arancon, N., Edwards, C. A., Bierman, P., Welch, C. and Mezger, J. D. 2004. Influences of vermicompost on field strawberries: 1. Effects on growth and yields. Bioresource Technology, 93: 53-145.

Banerjee, M., Yesmin, R. L. and Vessey, J. K. 2006. Plant-growth promoting rhizobactteria as biofertilizer and biopesticides. Pp. 137-181. In: Rai, M. K. (ed). Handbook of Microbial Biofertilizers. Food Production Press, USA.

Falahi, J., Kouchaki, A. R. and Rezvani Moghadam, P. 2009. Effects of biofertilizers on quantitative and qualitative yield of chamomile (*Matricaria recutita*) as a medicinal plant. Journal of Iranian Field Crop Research, 7 (1): 127-135.

Fatma, E. M., EL- Zamik, I., Tomader, T., EL- Hadidy, A., EL- Fattah, L. and Seham Salem, H. 2006. Efficiency of biofertilizers, organic and in organic amendments application on growth and essential oil pf marjoram (*Majorana hortensis* L.) plants grown in sandy and calcareous. Agric. Microbiology Dept Faculty of Agriculture. Zagazig University and Soil Fertility and Microbiology Dept Desert Research Center Cairo Egypt.

Gull, M., Hafeez, F. Y., Saleem, M. and Malik, K. A. 2004. Phosphorus uptake and growth promotion of chickpea by co-inoculation of mineral phosphate solubilizing bacteria and a mixed rhizobial culture Australian Journal of Experimental Agriculture, 44 (6): 623-628.

Mamta, B., Rahic, R., Pathaniad, V., Gulatic, B. and Tewaria, R. 2010. Stimulatory effect of phosphate-solubilizing bacteria on plant growth, stevioside and rebaudioside-A contents of *Stevia rebaudiana* Bertoni. Applied Soil Ecology, 46: 222-229.

Ridvan, K. 2008. Yield response and nitrogen concentration of spring wheat (*Triticum aestivum*) inoculated with *Azotobacter chroococum* strains. Ecological Engineering, 33: 6-150.

Sanchez, G. E., Carballo, G. C. and Ramos, G. S. R. 2008. Influence of organic manures and biofertilizers on the quality of two Plantaginaceae: *Plantago major* L. and *Plantago lanceolata* L. Revista Cubana de Plantas Medicinales, 13 (1): 12-15.

Shafiee Adib, Sh., Amini Hehaghi, M. and Modares Sanavi, S. A. M. 2015. Evaluation the effect of phosphorus biological and chemical fertilizers on yield and quality of *Hypericum perforatum*. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research, 31 (1): 1-15.

Shaalan, M. N. 2005. Influence of biofertilizers and chicken manure on growth, yield and seeds quality of *Nigella sativa* L. plants. Egyptian Journal of Agricultural Research, 83 (2): 811-828.

Vessy, J. K. 2003. Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers. Plant and Soil, 225: 571-586.

Zaidi, A., Khan, M. S., Ahemad, M. and Oves, M. 2009. Plant growth promotion by phosphate solubilizing bacteria. Acta Microbiologica et Immunologica Hungarica, 56 (3): 263-284.

Effect of Organic and Chemical Fertilization on Qualitative and Quantitative Characteristics of *Melissa officinalis* (Lemon Balm)

Zarrabi[1], M. M., Mafakheri[2*], S., Hajivand[3], Sh. and Arvane[4], A.

Abstract

To study the effect of bio and chemical fertilizers on quantitative and qualitative characteristics of *Melissa officinalis*, a greenhouse experiment was conducted during 2013 growing season at research greenhouse of Agricultural Research Organization of Qazvin, Iran. A Factorial experiment was conducted based on randomized complete block design with 18 treatments and 3 replications. Factors included: chemical fertilizer at three levels (0, 50 and 100% of current consumption); vermicompost at three levels (0, 15, 30 percent of the pot) and Biophosphate at two levels (with and without application). The results showed that vermicompost had a significant effect on morphological characteristic and essential oil content in lemon balm, so that the maximum plant height, number of branches per plant, seed weight and percentage of essential oil, were obtained by 30 % pot volume vermicompost. The maximum fresh weight (183.33 gr) was obtained by applying 30% vermicompost per pot plus biophosphate. However, the highest plant dry weight (75 gr) was occurred with the vermicompost plus chemical fertilizer. The highest amount of citronellal (47.78%) in the plant essential oil was observed in applying 30% vermicompost per pot. Chemical fertilizers also had a significant effect on the citronellal percentage, so that the use of chemical fertilizer significantly reduced the amount of citronellal. The highest percentage of geranial (19.818%) was obtained by applying 100% of current consumption of NPK. In addition, our results indicated that the combination of vermicompost and biophosphate fertilizers, improved the growth and quality of lemon balm plants.

Keywords: Morphological characterictics, Biophosphate, Essential oil, Vermicompost

1 and 2. Assistant Professors, Department of Horticultural Sciences Engineering, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Imam Khomeini International University, Qazvin

3. Assistant Professor, Department of Horticulture, Agricultural Research Organization, Qazvin, Iran

4. MSc, Department of Agronomy, Faculty of Agricultural Sciences, Islamic Azad University of Saveh, Iran

*: Corresponding author Email: smafakheri@gmail.com