

اثر کاربرد عصاره کمپوست و کودهای بیولوژیک بر عملکرد کمی و کیفی چین‌های مختلف مرزنجوش (*Origanum hortensis* L.)

سرور خرم‌دل^{۱*} و سید محمد سیدی^۱

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۹/۱ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۴/۱۴)

چکیده

مرزنجوش یکی از گیاهان دارویی بومی ایران می‌باشد که به دلیل داشتن متابولیت‌های ثانویه معطر، در طب سنتی کاربرد دارد. در راستای تولید گیاهان دارویی، استفاده از نهاده‌های آلی جایگاه ویژه‌ای در کشاورزی پایدار دارد. نهاده‌های آلی مانند کودهای دامی و کمپوست، ضمن فراهمی متعادل عناصر مورد نیاز برای رشد گیاه، می‌توانند در بهبود ساختار فیزیکی و شیمیایی خاک نیز مؤثر باشند. این مطالعه با هدف ارزیابی خصوصیات رشد، عملکرد کمی و کیفی و اجزای تشکیل‌دهنده اسانس مرزنجوش تحت تأثیر کاربرد عصاره کمپوست و تلقیح با کودهای بیولوژیک انجام شد. آزمایش به صورت کرت‌های خرد شده در زمان در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در گلخانه تحقیقاتی دانشگاه فردوسی مشهد در سال ۱۳۹۱ اجرا گردید. کرت‌های اصلی، ۱۶ ترکیب کودی (ازتوباکتر (B_1), آزوسپیریوم (B_2), میکوریزا (B_3), ۱۰٪ عصاره کمپوست (C_1), ۲۰٪ عصاره کمپوست (C_2), ۳۰٪ عصاره کمپوست (C_3), C_1B_1 , C_2B_1 , C_3B_1 , C_1B_2 , C_2B_2 , C_3B_2 , C_1B_3 , C_2B_3 , C_3B_3 و شاهد) و کرت‌های فرعی، سه چین طی فصل رشد بودند. نتایج نشان داد که ارتفاع ساقه اصلی، وزن تر و خشک مرزنجوش تحت تأثیر کاربرد جداگانه و تلفیقی کودهای بیولوژیک و عصاره کمپوست در چین اول به طور معنی‌داری بیشتر از چین‌های دوم و سوم بود. همچنین، بیشترین افزایش معنی‌دار در ارتفاع ساقه اصلی، وزن تر و خشک و محتوای اسانس مرزنجوش به ترتیب برابر با ۴۳/۳ سانتی‌متر، ۴۶/۰۷ گرم بر متر مربع، ۲۷/۱۱ گرم بر متر مربع و ۸۹/۰ درصد در نتیجه کاربرد تیمار C_1B_3 مشاهده شد. اجزای تشکیل‌دهنده اسانس تحت تأثیر کاربرد جداگانه و تلفیقی کودهای بیولوژیک و عصاره کمپوست قرار گرفتند. در بین اجزای تشکیل‌دهنده اسانس، $Terpinen-4-ol$ (۱۸/۰۱ درصد) و $Cis-sabinene hydrate$ (۱۵/۴ درصد) به ترتیب بیشترین و $Ledene$ (۰/۰۰۵ درصد) و $Camphene$ (۰/۰۱ درصد) کمترین مقدار را به خود اختصاص دادند.

واژه‌های کلیدی: گیاه دارویی، محتوای اسانس، نهاده‌های آلی

مقدمه

معطر، به میزان زیادی در رایحه‌درمانی مورد توجه می‌باشد. برخی محققین (۱۸ و ۱۹) اظهار داشته‌اند که اجزای اسانس مرزنجوش شامل $Terpinen-4-ol$, γ -terpinene, $Thujanol$, $Linalool$, $Trans-sabinene-hydrate$ و $Thymol$ می‌باشد.

امروزه، عملکرد مطلوب محصولات عمدتاً وابسته به کاربرد انواع نهاده‌های آلی و یا شیمیایی می‌باشد (۲۳). از طرف

مرزنجوش (*Origanum hortensis* L.) یکی از گیاهان دارویی خانواده نعنائیان، با پراکنش وسیع در نواحی مدیترانه و بومی ایران، می‌باشد. این گیاه علاوه بر کاربرد در طب سنتی، به عنوان مسکن، ضد عفونی کننده، در درمان بیماری‌های معده و روده نیز مورد استفاده قرار می‌گیرد (۲ و ۸). قریب و همکاران (۲۰) اظهار داشتند که این گیاه به دلیل دارا بودن متابولیت‌های ثانویه

۱. گروه زراعت، دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد

*: مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: khorrarnadel@um.ac.ir

رشد، افزایش مقاومت نسبت به عوامل بیماری‌زای خاک‌زی را به همراه داشته باشد (۲۱). ژانگ و همکاران (۳۹) نیز اظهار داشتند که عصاره آبی کمپوست دارای خاصیت قارچ‌کشی می‌باشد. افزایش جذب عناصر غذایی، تعدیل دما، بهبود ذخیره رطوبت و قابلیت نفوذپذیری از سایر فواید کاربرد کمپوست می‌باشد (۳).

علاوه بر کودهای آلی، تلقیح با باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن نظیر ازتوباکتر و آزوسپیریلوم و نیز همزیستی میکوریزایی می‌تواند با افزایش فراهمی و جذب عناصر غذایی، نقش مؤثری در بهبود رشد و عملکرد گیاهان دارویی به همراه داشته باشد (۲۲ و ۳۲). گونه‌های آزوسپیریلوم تثبیت‌کننده نیتروژن هستند و قادرند به صورت آزادی با ریشه گیاهان همراه شوند (۳۶). کوهن و همکاران (۱۵) نیز دریافتند که رشد گیاهان در شرایط تلقیح با آزوسپیریلوم بهبود می‌یابد. دوملن و همکاران (۱۷) گزارش نمودند که حضور آزوسپیریلوم در شرایط کمبود نیتروژن و وجود شرایط هوازی از طریق تولید آنزیم نیتروژناز، موجب تبدیل N_2 اتمسفری به آمونیوم می‌گردد. کوچکی و همکاران (۷) نیز تلقیح با کودهای بیولوژیک مانند نیتروکسین و میکوریزا را در افزایش ارتفاع ساقه اصلی، قطر و نیز وزن خشک بوته گیاه چندساله زوفا (*Hyssopus officinalis* L.) مؤثر دانستند. درزی و همکاران (۴) و (۵) با انجام تحقیقات مختلف نیز بر نقش مثبت تلقیح میکوریزایی در افزایش عملکرد دانه و نیز اسانس رازیانه (*Foeniculum vulgare* Mill.) تأکید نمودند.

بنابراین، این مطالعه با هدف ارزیابی خصوصیات رشد، عملکرد کمی و کیفی و اجزای تشکیل‌دهنده اسانس گیاه دارویی مرزنجوش تحت تأثیر کاربرد جداگانه و ترکیبی عصاره آبی کمپوست و تلقیح با کودهای بیولوژیک نیتروژن و فسفر انجام شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در سال ۱۳۹۱ به صورت کرت‌های خرد شده در زمان در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. کرت‌های اصلی با اعمال ۱۶ تیمار کودی شامل /ازتوباکتر (*Azotobacter paspali*) (B_1)، آزوسپیریلوم

دیگر، با در نظر گرفتن اثرهای زیست‌محیطی و نیز آلودگی‌های زیست‌محیطی ناشی از کاربرد نهاده‌های شیمیایی، نظیر آلودگی نیترات در آب‌های زیرزمینی و سطحی، اسیدی شدن خاک و تولید گازهای گلخانه‌ای از طریق دنیتریفیکاسیون (۱۳)، تأمین عناصر غذایی مورد نیاز رشد گیاهان از منابع قابل جایگزین مانند انواع کودهای آلی و زیستی می‌تواند ضمن افزایش عملکرد، نقش مؤثری در کاهش مشکلات ذکر شده داشته باشد (۲۶). اثرهای منفی کاربرد کودهای شیمیایی در درازمدت بر بیولوژی و حاصلخیزی خاک نیز می‌تواند تأکیدی بر استفاده بیشتر از نهاده‌های آلی در راستای دستیابی به ثبات در بوم‌نظام‌های زراعی تولید با تأکید بر مدیریت اکولوژیک گیاهان دارویی باشد (۲۸ و ۴۱).

در راستای تولید گیاهان دارویی، استفاده از نهاده‌های آلی از جایگاه ویژه‌ای در نظام‌های کشاورزی پایدار برخوردار می‌باشد (۳۱). نهاده‌های آلی مانند کودهای دامی و یا کمپوست حاصل از آنها، ضمن فراهمی متعادل عناصر مورد نیاز برای رشد گیاه می‌توانند در بهبود ساختار فیزیکی و شیمیایی خاک نیز مؤثر باشند (۳ و ۲۷).

کمپوست شدن فرایندی بیولوژیک است که ضایعات زیستی را به مواد آلی، نظیر هوموس، تبدیل می‌کند (۳۳). ژلیازکوف و وارمن (۴۰) دریافتند که افزودن این نهاده آلی به خاک از طریق بهبود خصوصیات فیزیکی و بیولوژیک خاک، اثرهای مثبتی بر رشد و عملکرد گیاهان به همراه دارد. در همین راستا، ادهولیا و پراکاش (۱۱) گزارش نمودند که کاربرد کود دامی موجب بهبود زیست‌توده، محتوای اسانس و عملکرد ماده خشک گیاه دارویی *Java citronella* شد. تیلاک و ردی (۳۵) بر این باورند که مصرف این نهاده آلی از طریق افزایش فعالیت‌های بیولوژیک میکروارگانیسم‌های خاک‌زی بهبود اثر متقابل میکروبی ریزوسفر را به دنبال داشت. علاوه بر این، مصرف عصاره آبی کمپوست می‌تواند به عنوان ماده تحریک‌کننده رشد از طریق تولید هورمون‌های گیاهی باعث بهبود مستقیم رشد شود و از طریق غیرمستقیم نیز با فراهمی عناصر غذایی پرمصرف، نظیر نیتروژن، و تولید عوامل کنترل بیولوژیک علاوه بر افزایش خصوصیات

جدول ۱. خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک

بافت خاک	میزان عناصر غذایی (mg/kg)			هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر)	PH
	پتاسیم قابل دسترس	فسفر قابل دسترس	نیتروژن کل		
لوم سیلتی	۱۰۴	۸/۵	۳۱۲	۱/۱۹	۷/۸۱

جدول ۲. خصوصیات شیمیایی و بیولوژیک عصاره آبی کمپوست

PH	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر)	کربن آلی (%)	نیتروژن کل (%)	فسفر کل (%)
۷/۱۲	۴/۴۵	۰/۴۵	۰/۰۲	۰/۰۲۵

زیست‌توده گیاهی در مرحله گل‌دهی کامل طی سه مرحله ۱۰ تیر، ۲۷ مرداد و ۵ مهرماه، از ارتفاع پنج سانتی‌متری ساقه اصلی از سطح خاک برداشت و صفات ارتفاع ساقه اصلی، قطر کنوبی (سایه‌انداز) و وزن تر زیست‌توده اندازه‌گیری و ثبت شد. سپس نمونه‌های گیاهی به مدت ۷۲ ساعت در آون با دمای ۷۰ درجه سلسیوس قرار داده شدند و وزن خشک آنها اندازه‌گیری گردید. بلافاصله پس از برداشت، بوته‌ها آبیاری شدند.

استخراج اسانس به روش تقطیر با آب و با استفاده از دستگاه کلونجر (Clevenger) بر مبنای ۱۰۰ گرم سرشاخه گل‌دار به مدت سه ساعت انجام شد. درصد و عملکرد اسانس به ترتیب با استفاده از معادلات ۱ و ۲ محاسبه شد:

$$[۱] \quad ۱۰۰ \times (\text{وزن نمونه (g)} / \text{حجم اسانس (mL)}) = \text{درصد اسانس}$$

$$[۲] \quad \text{محتوای اسانس (\%)} \times \text{وزن تازه گیاه (g)} = \text{عملکرد اسانس (g/plant)}$$

جهت تعیین میزان مهمترین جزء اسانس، از دستگاه گاز کروماتوگراف متصل به طیف‌سنج جرمی (GC/MS) (مدل 3400cx, Varian Star و ستون DB-5 ساخت کمپانی J & W Scientific Inc. و شناساگر اسپکترومتر جرمی مدل Varian Saturn 3) استفاده شد. شناسایی طیف به کمک

میکروبیوم (*Azospirillum brasilense*) (B₂)، کاربرد ۱۰٪ عصاره آبی کمپوست (C₁)، کاربرد ۲۰٪ عصاره آبی کمپوست (C₂)، کاربرد ۳۰٪ عصاره کمپوست (C₃)، C₁B₁، C₂B₁، C₃B₁، C₃B₂، C₂B₂، C₁B₂، C₂B₃، C₃B₃ و ششاهد) و کرت‌های فرعی بر اساس سه نوبت چین به ترتیب در ۱۰ تیر، ۲۷ مرداد و ۵ مهرماه طی فصل رشد تعیین شدند. خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک و ترکیب شیمیایی و بیولوژیک عصاره آبی کمپوست قبل از شروع آزمایش به ترتیب در جداول ۱ و ۲ نشان داده شده است.

بذرهای مرزنجوش از باغ گیاهان دارویی مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، در زمان قبل از شروع آزمایش تهیه شدند. عملیات کاشت دستی ۱۰ بذر در گلدان (با قطر ۴۰ سانتی‌متر و حاوی ۱۵ کیلوگرم خاک لوم شنی) در ۱۰ فروردین ماه انجام شد. پس از اطمینان از سبز شدن کامل، گیاهچه‌ها در مرحله ۴-۶ برگی به ۳ بوته در هر گلدان کاهش یافتند. تلقیح با کودهای بیولوژیک و کاربرد عصاره آبی همراه با آب آبیاری (با استفاده از آب مقطر) طی دو مرحله ۴۵ و ۶۰ روز پس از کاشت و همچنین بعد از چین‌های اول و دوم انجام شد. قابل ذکر است که برای تیمار شاهد از آب مقطر استفاده گردید.

جدول ۳. تجزیه واریانس اثر مدیریت تلفیقی عصاره آبی کمپوست و تلقیح با کودهای بیولوژیک و نوبت چین بر خصوصیات رشد و عملکرد کمی و کیفی گیاه دارویی مرزنجوش

منابع تغییرات	درجه آزادی	ارتفاع ساقه اصلی	قطر کنوبی	وزن تر	وزن خشک	درصد اسانس
بلوک	۲	ns	ns	**	ns	ns
کود	۱۵	**	**	**	**	**
خطای اصلی	۳۰	-	-	-	-	-
چین (زمان)	۲	**	**	**	**	**
کود × چین	۳۰	**	**	**	**	**
خطای فرعی	۶۴	-	-	-	-	-

** و ns به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪ و عدم اختلاف معنی‌دار

سانتی‌متر، ۴۱/۸ گرم در بوته و ۲۲/۱ گرم در بوته مشاهده گردید. از سوی دیگر، کمترین مقادیر در شاخص‌های ذکر شده در چین سوم (۵ مهر ماه) به ترتیب برابر با ۲۳/۲ سانتی‌متر، ۱۷/۹ سانتی‌متر، ۲۴/۳ گرم در بوته و ۱۱/۴ گرم در بوته به‌دست آمد (جدول ۴).

به نظر می‌رسد که تلقیح با باکتری‌های تحریک کننده رشد و کاربرد عصاره کمپوست در مراحل اولیه رشد از طریق بهبود خصوصیات فیزیکی و بیولوژیک خاک باعث بروز اثرهای مثبت بر رشد بوته‌ها شده و به طور مستقیم با افزایش رشد ریشه و تولید فیتوهورمون‌ها موجب افزایش جذب و انتقال نیتروژن به گیاه شده است (۲۰). بومیستر و همکاران (۱۴) نیز افزایش رشد مرزنجوش در شرایط حضور میکوریزا به گسترش سیستم ریشه‌ای و افزایش جذب فسفات‌های آلی به وسیله اسید فسفاتاز نسبت دادند. از طرف دیگر، هامیدا و همکاران (۲۴) دریافتند که تلقیح میکروبی در غلظت‌های زیاد کمپوست به دلیل بروز اثرهای آنتاگونیستی موجب کاهش رشد گردید. بانچیو و همکاران (۱۲) گزارش نمودند که تلقیح با باکتری‌های تحریک کننده رشد، از طریق افزایش تعداد گره و طول میانگره، موجب افزایش ارتفاع ساقه مرزنجوش گردید.

با وجود برتری وزن خشک بوته در چین اول برابر با ۴۴ و ۹۴ درصد به ترتیب در مقایسه با چین‌های دوم و سوم،

بانک اطلاعات جرمی، زمان بازداری، محاسبه اندیس کواتس، مطالعه طیف جرمی مهمترین جزء و بررسی الگوهای شکست آن و مقایسه آن با طیف‌های استاندارد انجام شد (۱۰). در نهایت، درصد کمی بر اساس سطح زیر منحنی و توسط برنامه‌ریزی مشخص گردید. قابل ذکر است که برای شناسایی درصد اسانس اجزای تشکیل دهنده از سرشاخه‌های گل‌دار یک تکرار در چین اول استفاده شد.

تجزیه و تحلیل داده‌های آزمایش با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.1 و MSTAT-C انجام گرفت. میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن ($p \leq 0.05$) مورد مقایسه آماری قرار گرفتند.

نتایج و بحث

بر اساس نتایج حاصل از تجزیه واریانس، ارتفاع ساقه اصلی بوته، قطر کنوبی، وزن تر و خشک بوته و نیز درصد اسانس بوته گیاه دارویی مرزنجوش به طور معنی‌داری تحت تأثیر متقابل مدیریت تلفیقی عصاره آبی کمپوست و تلقیح با کودهای بیولوژیک و نوبت چین قرار گرفت ($p \leq 0.01$) (جدول ۳).

بر طبق نتایج جدول ۴، بیشترین ارتفاع ساقه اصلی بوته، قطر کنوبی و وزن تر و خشک بوته مرزنجوش برای چین اول (۱۰ تیر ماه) به ترتیب برابر با ۳۹/۱ سانتی‌متر، ۳۲/۸

جدول ۴. مقایسه میانگین اثر ساده چین و مدیریت تلفیقی عصاره آبی کمپوست و تلقیح با کودهای بیولوژیک بر خصوصیات رشد و عملکرد کمی و کیفی گیاه دارویی مرزنجوش

تعداد چین	تیمارهای کودی	ارتفاع ساقه اصلی (cm)	قطر کنوبی (cm)	وزن تر بوته (g/plant)	وزن خشک بوته (g/plant)	محتوی اسانس (%)
چین اول (۱۰ تیر)	-	۳۹/۱۴	۳۲/۸۳	۴۱/۷۷	۲۲/۰۷	۰/۴۷
چین دوم (۲۷ مرداد)	-	۳۳/۸۷	۲۸/۳۲	۳۴/۳۶	۱۵/۲۸	۰/۶۸
چین سوم (۵ مهر)	-	۲۳/۲۳	۱۷/۹۳	۲۴/۲۶	۱۱/۳۶	۰/۷۶
LSD (0.05)		۰/۶۳	۰/۴۰	۰/۵۳	۱/۳۸	۰/۰۰۴
-	B ₁	۲۶/۰۹	۱۹/۴۴	۲۵/۶۰	۱۲/۰۹	۰/۴۹
-	B ₂	۲۴/۶۳	۱۸/۳۹	۲۴/۶۷	۷/۹۹	۰/۴۴
-	B ₃	۲۲/۹۱	۱۶/۶۶	۲۲/۸۵	۶/۴۸	۰/۴۰
-	C ₁	۲۶/۲۸	۱۸/۷۷	۲۵/۵۲	۹/۶۰	۰/۵۴
-	C ₂	۳۰/۲۳	۲۳/۰۰	۲۹/۴۴	۱۳/۳۷	۰/۵۷
-	C ₃	۳۳/۶۴	۲۷/۱۳	۳۴/۵۸	۱۸/۱۰	۰/۶۱
-	C ₁ B ₁	۳۵/۹۴	۲۸/۹۷	۳۹/۰۴	۲۰/۵۹	۰/۶۵
-	C ₂ B ₁	۳۵/۲۱	۳۰/۰۳	۳۶/۹۸	۲۰/۲۸	۰/۷۰
-	C ₃ B ₁	۳۲/۰۲	۲۴/۹۱	۳۳/۶۲	۱۷/۴۱	۰/۷۳
-	C ₁ B ₂	۳۴/۳۸	۲۸/۴۵	۳۵/۴۰	۱۸/۱۳	۰/۷۷
-	C ₂ B ₂	۳۹/۳۹	۳۳/۳۸	۳۹/۵۶	۲۱/۹۰	۰/۸۰
-	C ₃ B ₂	۳۶/۹۴	۳۳/۶۱	۳۹/۳۵	۲۱/۶۶	۰/۸۲
-	C ₁ B ₃	۴۳/۳۴	۴۰/۵۰	۴۶/۰۷	۲۷/۱۱	۰/۸۹
-	C ₂ B ₃	۳۹/۶۶	۳۴/۷۸	۴۲/۶۴	۲۳/۸۵	۰/۸۶
-	C ₃ B ₃	۳۶/۹۹	۳۱/۰۳	۴۱/۸۲	۱۶/۷۴	۰/۸۴
-	شاهد	۱۵/۶۱	۱۲/۶۷	۱۸/۲۶	۴/۴۷	۰/۰۴
LSD (0.05)		۱/۴۵	۰/۹۲	۱/۲۳	۳/۱۸	۰/۰۰۹

B₁, B₂ و B₃: به ترتیب تلقیح با *ازتوباکتر*، *آزوسپیریلوم* و *میکوریزا* و C₁, C₂ و C₃: به ترتیب نشاندننده مصرف ۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصد عصاره کمپوست. میانگین‌های دارای تفاوت کمتر از LSD در هر ستون و برای هر جزء، بر اساس آزمون LSD اختلاف معنی‌داری ندارند (p ≤ ۰/۰۵).

واحدهای سازنده آنها (ایزونوئیدها) مانند ایزوپنتیل پیروفسفات و دی متیل آلیل پیروفسفات نیاز به ATP و NADPH دارند و با در نظر گرفتن این مطلب که حضور عناصری نظیر نیتروژن و فسفر برای تشکیل ترکیب‌های اخیر ضروری می‌باشد، به نظر می‌رسد که کاربرد کمپوست و تلقیح با کودهای بیولوژیک از طریق فراهمی عناصر سازنده اسانس برای بوته‌ها موجب افزایش درصد اسانس شده است. محفوظ و شرف‌الدین (۳۰) بیان کردند که تلقیح با کودهای

بیشترین محتوای اسانس برابر با ۰/۷۶ درصد برای چین سوم حاصل شد، به‌طوری که درصد اسانس در چین سوم تا ۱۲ و ۶۲ درصد به ترتیب بیشتر از چین‌های دوم و اول بود (جدول ۴). بر این اساس، به نظر می‌رسد که نقش عملیات زراعی مانند کوددهی با استفاده از منابع آلی یا بیولوژیک در بهبود عملکرد گیاه دارویی مرزنجوش به طور مستقیم متأثر از زمان برداشت این گیاه دارویی می‌باشد. از آنجا که اسانس‌ها ترکیب‌هایی ترپنوئیدی بوده که

بیولوژیک/زئوباکتر، سودوموناس و آزوسپیریلوم موجب افزایش محتوای اسانس گیاه دارویی رازیانه گردید. نتایج مطالعه راتسی و همکاران (۳۴) نیز مؤید افزایش درصد ژورافیول اسانس گیاه دارویی علف لیمو (*Cymbopogon martini* L.) نسبت به شاهد می‌باشد. کوپتا و همکاران (۱۶) گزارش نمودند که افزایش فراوانی کرک‌های ترشحی در ریحان تحت شرایط تلقیح با گونه‌های میکوریزا موجب افزایش درصد اسانس شد.

در هر سه مرحله چین، کمترین ارتفاع ساقه اصلی بوته و قطر کنوپی مرزنجوش برای شاهد به ترتیب برابر با ۱۵/۶ و ۱۲/۷ سانتی‌متر مشاهده گردید (جدول ۵). همچنین، تمامی کودهای مورد بررسی در آزمایش در مقایسه شاهد، تأثیر معنی‌داری در افزایش ارتفاع ساقه اصلی و قطر کنوپی داشتند ($p \leq 0/01$) (جدول ۴). از سوی دیگر، نتایج نشان داد که در هر سه نوبت چین، کاربرد تلفیقی عصاره آبی کمپوست همراه با تلقیح میکوریزایی می‌تواند نقش مؤثرتری بر بهبود ارتفاع ساقه اصلی و قطر کنوپی در مقایسه با کاربرد جداگانه این منابع کودی و سایر تیمارهای تلفیقی به همراه داشته باشد (جدول ۵). به عنوان مثال، در چین اول، ارتفاع ساقه اصلی در شرایط کاربرد تیمار آزوسپیریلوم + ۲۰٪ عصاره کمپوست (۴۳/۹۷ سانتی‌متر) به طور معنی‌داری بیشتر از تیمار آزوسپیریلوم (۳۰/۳۳ سانتی‌متر) و ۲۰٪ عصاره کمپوست (۳۶/۱۷ سانتی‌متر) بود (جدول ۵). در کنار بهبود فیزیکی ساختار خاک مانند تخلخل، نفوذپذیری و فراهمی مواد آلی (۳)، نقش مؤثر کاربرد این کود به تنهایی و یا همراه کودهای بیولوژیک باکتریایی می‌تواند مربوط به افزایش قابلیت جذب عناصر غذایی باشد که در نهایت منجر به بهبود خصوصیات رشد و عملکرد مرزنجوش شده است (۴) و (۶). ژانگ و همکاران (۳۸) دلیل افزایش رشد گیاه را در شرایط تلقیح با کودهای بیولوژیک به افزایش توسعه سیستم ریشه‌ای از طریق افزایش تشکیل ریشه‌های جانبی و سطح جانبی و سطح ریشه نسبت دادند که در نتیجه با افزایش

جذب آب و مواد غذایی، بهبود رشد را به دنبال داشته است. همچنین، نقش مؤثر کاربرد کمپوست بر وزن خشک سیاهدانه (*Nigella sativa* L.) نیز توسط اکبرنژاد و همکاران (۱) گزارش شده است.

مشابه ارتفاع ساقه اصلی و قطر کنوپی، در هر سه نوبت چین، کاربرد نهاده‌های آلی و بیولوژیک (به ویژه مصرف تلفیقی آنها) تأثیر معنی‌داری بر بهبود افزایش وزن تر و خشک بوته و نیز محتوای اسانس گیاه دارویی مرزنجوش داشت (جدول ۵).

بر اساس نتایج به دست آمده، در هر سه مرحله چین، بیشترین ارتفاع ساقه اصلی، قطر کنوپی، وزن تر و خشک و محتوای اسانس در تیمار میکوریزا + ۱۰٪ عصاره کمپوست (C_1B_3) مشاهده گردید، به طوری که میزان این صفات در چین اول به ترتیب برابر با ۵۲/۵ سانتی‌متر، ۴۹/۰ سانتی‌متر، ۵۵/۴۱ گرم در متر مربع، ۳۵/۵۴ گرم در متر مربع و ۰/۷۵ درصد، در چین دوم به ترتیب برابر با ۴۶/۳ سانتی‌متر، ۴۱/۹ سانتی‌متر، ۴۶/۵۹ گرم در متر مربع، ۲۴/۳۴ گرم در متر مربع و ۰/۹۱ درصد و در چین سوم به ترتیب برابر با ۳۱/۲ سانتی‌متر، ۳۰/۶ سانتی‌متر، ۳۶/۲۰ گرم در متر مربع، ۲۱/۵۰ گرم در متر مربع و ۰/۹۹ درصد بود (جدول ۵). افزایش خصوصیات رشد و وزن خشک بوته مرزنجوش می‌تواند در ارتباط مستقیم با افزایش ارتفاع ساقه اصلی و قطر کنوپی حاصل از کاربرد تلفیقی و جداگانه عصاره آبی کمپوست و کودهای بیولوژیک باشد. برخی محققین (۲۲ و ۲۹) در این رابطه اظهار داشتند که تلقیح با کودهای بیولوژیک از طریق سنتز ترکیبات تحریک کننده رشد، تسهیل در جذب عناصر غذایی، تثبیت نیتروژن اتمسفری، محلول کردن عناصر معدنی نظیر فسفر، تولید سیدروفورها، سنتز فیتوهورمون‌ها شامل اکسین‌ها، سیتوکینین‌ها و جبرلیک اسیدها موجب افزایش خصوصیات رشد مرزنجوش شده است.

اجزای تشکیل دهنده اسانس

بر اساس نتایج حاصل از تجزیه کیفی، در مجموع ۲۹ ترکیب

جدول ۵. مقایسه میانگین اثر متقابل مدیریت تلفیقی عصاره آبی کمپوست و تلقیح با کودهای بیولوژیک و

تعداد چین بر خصوصیات رشد و عملکرد کمی و کیفی گیاه دارویی مرزنجوش

نوبت چین	تیمارهای کودی	ارتفاع ساقه اصلی (cm)	قطر کنوبی (cm)	وزن تر بوته (g/plant)	وزن خشک بوته (g/plant)	محتوای اسانس (%)
چین اول (۱۰ تیر)	B ₁	۳۰/۳۳	۲۳/۵۷	۳۱/۴۵	۱۱/۹۰	۰/۳۱۴
	B ₂	۲۸/۸۳	۲۲/۰۳	۳۱/۳۰	۱۱/۰۹	۰/۲۸۸
	B ₃	۲۷/۱۷	۲۰/۰۳	۲۹/۴۴	۱۰/۰۷	۰/۲۱۴
	C ₁	۳۲/۳۳	۲۱/۵۳	۳۳/۷۶	۱۵/۶۵	۰/۳۶۷
	C ₂	۳۶/۱۷	۲۹/۱۷	۳۸/۲۴	۲۰/۴۷	۰/۳۹۹
	C ₃	۴۰/۰۷	۳۴/۲۴	۴۱/۴۸	۲۱/۳۵	۰/۴۱۴
	C ₁ B ₁	۴۱/۳۳	۳۵/۶۳	۴۶/۲۶	۲۵/۷۹	۰/۴۸۷
	C ₂ B ₁	۴۳/۹۷	۳۷/۳۷	۴۷/۲۵	۲۶/۵۳	۰/۴۹۵
	C ₃ B ₁	۳۹/۴۰	۳۱/۳۳	۴۳/۲۷	۲۴/۰۸	۰/۵۱۵
	C ₁ B ₂	۴۳/۴۷	۳۶/۳۳	۴۵/۴۶	۲۶/۰۸	۰/۵۶۵
	C ₂ B ₂	۴۷/۱۷	۴۳/۷۰	۴۸/۲۶	۲۷/۷۳	۰/۵۹۵
	C ₃ B ₂	۴۵/۰۰	۴۰/۹۰	۴۷/۹۵	۲۸/۵۹	۰/۶۲۵
	C ₁ B ₃	۵۲/۵۰	۴۸/۹۷	۵۵/۴۱	۳۵/۵۴	۰/۷۵۳
	C ₂ B ₃	۴۸/۳۳	۴۱/۵۳	۵۲/۵۵	۳۱/۸۷	۰/۷۲۱
	C ₃ B ₃	۴۶/۹۶	۳۹/۴۰	۵۱/۱۳	۲۹/۸۴	۰/۷۰۲
چین دوم (۲۷ مرداد)	شاهد	۲۳/۲۰	۱۹/۵۳	۲۵/۰۹	۶/۵۷	۰/۰۲۱
	B ₁	۲۷/۳۳	۲۰/۰۷	۲۷/۷۰	۸/۰۵	۰/۵۳۹
	B ₂	۲۵/۸۳	۱۹/۷۷	۲۶/۵۴	۹/۰۷	۰/۴۷۹
	B ₃	۲۴/۰۰	۱۸/۴۰	۲۴/۳۴	۶/۶۴	۰/۴۴۹
	C ₁	۲۷/۳۰	۲۱/۳۰	۲۶/۵۸	۸/۰۵	۰/۵۸۵
	C ₂	۳۱/۲۰	۲۲/۸۳	۳۰/۴۳	۱۲/۱۲	۰/۶۲۵
	C ₃	۳۵/۵۳	۲۸/۱۰	۳۶/۴۸	۱۸/۰۰	۰/۶۷۳
	C ₁ B ₁	۳۸/۳۳	۲۷/۱۷	۴۰/۱۹	۲۰/۷۸	۰/۷۴۱
	C ₂ B ₁	۳۵/۵۰	۳۲/۶۳	۳۶/۳۳	۲۱/۳۲	۰/۷۶۵
	C ₃ B ₁	۳۴/۵۰	۲۷/۰۰	۳۳/۵۸	۱۶/۲۰	۰/۷۹۵
	C ₁ B ₂	۳۶/۱۷	۳۱/۸۷	۳۵/۴۳	۱۵/۹۸	۰/۸۴۵
	C ₂ B ₂	۴۱/۶۷	۳۸/۰۰	۴۰/۴۳	۲۱/۳۳	۰/۸۶۲
	C ₃ B ₂	۴۰/۰۰	۳۴/۸۳	۳۹/۱۹	۲۰/۶۶	۰/۸۷۹
	C ₁ B ₃	۴۶/۳۳	۴۱/۹۰	۴۶/۵۹	۲۴/۳۴	۰/۹۱۰
	C ₂ B ₃	۴۲/۵۰	۳۹/۲۷	۴۲/۹۰	۲۱/۲۰	۰/۸۹۶
چین سوم (۵ مهر)	C ₃ B ₃	۳۹/۸۷	۳۵/۳۳	۴۲/۶۷	۱۵/۵۱	۰/۸۵۹
	شاهد	۱۵/۸۰	۱۴/۶۰	۲۰/۳۳	۵/۲۴	۰/۰۴۳
	B ₁	۲۰/۶۰	۱۴/۷۰	۱۷/۶۳	۱۶/۳۳	۰/۶۴۱
	B ₂	۱۹/۲۳	۱۳/۳۷	۱۶/۱۸	۳/۸۱	۰/۵۶۵

۰/۵۴۴	۲/۷۲	۱۴/۷۷	۱۱/۵۳	۱۷/۵۷	B ₃
۰/۶۶۵	۵/۱۱	۱۶/۲۱	۱۳/۴۷	۱۹/۲۰	C ₁
۰/۶۹۹	۷/۵۴	۱۹/۶۶	۱۷/۰۰	۲۳/۳۳	C ₂
۰/۷۵۱	۱۴/۹۴	۲۵/۷۷	۱۹/۰۷	۲۵/۳۳	C ₃
۰/۷۲۲	۱۵/۲۰	۳۰/۶۷	۲۴/۱۰	۲۸/۱۷	C ₁ B ₁
۰/۸۴۱	۱۲/۹۷	۲۷/۳۸	۲۰/۱۰	۲۶/۱۷	C ₂ B ₁
۰/۸۷۲	۱۱/۹۴	۲۳/۹۹	۱۶/۴۰	۲۲/۱۷	C ₃ B ₁
۰/۹۱۰	۱۲/۳۵	۲۵/۳۲	۱۷/۱۷	۲۳/۵۰	C ₁ B ₂
۰/۹۴۱	۱۶/۶۴	۲۹/۹۸	۱۸/۴۳	۲۹/۳۳	C ₂ B ₂
۰/۹۶۲	۱۵/۷۳	۳۰/۹۰	۲۵/۱۰	۲۵/۸۳	C ₃ B ₂
۰/۹۹۲	۲۱/۴۶	۳۶/۲۰	۳۰/۶۳	۳۱/۲۰	C ₁ B ₃
۰/۹۷۱	۱۸/۴۸	۳۲/۴۸	۲۳/۵۳	۲۸/۱۳	C ₂ B ₃
۰/۹۶۵	۴/۸۸	۳۱/۶۶	۱۸/۳۷	۲۴/۱۳	C ₃ B ₃
۰/۰۴۹	۱/۵۹	۹/۳۶	۳/۸۷	۷/۸۳	شاهد
۰/۰۱۷	۵/۴۴	۲/۳۸	۱/۶۰	۲/۵۲	LSD (0.05)

B₁, B₂ و B₃: به ترتیب تلقیح با ازتوباکتر، آزوسپیریلوم و میکوریزا و C₁, C₂ و C₃: به ترتیب نشاندهنده مصرف ۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصد عصاره کمپوست. میانگین‌های دارای تفاوت کمتر از LSD در هر ستون بر اساس آزمون LSD اختلاف معنی‌داری ندارند ($p \leq 0.05$).

جدول ۶. درصد و اجزای تشکیل دهنده اسانس گیاه دارویی مرزنجوش

نام ترکیب	درصد از کل	نام ترکیب	درصد از کل	نام ترکیب	درصد از کل
α -cadinene	۰/۵۱	γ -terpinene	۱۰/۴۲	lynalyl acetate	۴/۳۸
α -myrcene	۱/۵۵	aromadendrene	۰/۶۴	nerol	۰/۳۴
α -pinene	۳/۱۵	bicyclogermacrene	۱/۱۷	neryl acetate	۰/۶۷
α -terpinene	۰/۷۵	bicycloelemene	۰/۲۲	phellandrene	۰/۱۹
α -terpineolene	۴/۷۹	camphene	۰/۰۱	p-menth-1-en-8-ol	۳/۴۷
α -terpineol	۰/۵۲	caryophyllene oxide	۰/۸۳	sabinene	۷/۴۵
α -terpinyl propionate	۰/۶۷	cis-sabinene hydrate	۱۵/۴۰	spathulenol	۱/۷۶
α -humulene	۰/۶۲	endobornyl actate	۱/۲۷	trans-sabinen hydrate	۱/۸۳
β -caryophyllene	۳/۹۷	geranyl acetate	۰/۸۴	terpinen-4-ol	۱۸/۰۱
p-cymene	۱۱/۶۴	ledene	۰/۰۰۵	شناخته نشده	۲/۹۳

کمترین مقدار از کل اجزای تشکیل دهنده اسانس مرزنجوش را به خود اختصاص دادند (جدول ۶).

در این ارتباط، ورا و چانگ مینگ (۳۷) نیز با شناسایی ۴۹ ترکیب در اسانس مرزنجوش، به ترتیب بیشترین درصد اجزای تشکیل دهنده اسانس را به Terpinen-4-ol (۳۸/۴۰ درصد) و Cis-sabinene hydrate (۱۴/۹۵ درصد) نسبت دادند.

(بیش از ۹۷٪ اجزای کیفی تشکیل دهنده) در اسانس گیاه دارویی مرزنجوش شناسایی شدند (جدول ۶). در بین اجزای تشکیل دهنده اسانس Terpinen-4-ol، Cis-sabinene hydrate، P-cymene و γ -terpinene به ترتیب با ۱۸/۰۱، ۱۵/۴۰، ۱۵/۶۴ و ۱۰/۴۲ بیشترین درصد و Camphene، Ledene و Phellandrene به ترتیب با ۰/۰۰۵، ۰/۰۱ و ۰/۱۹ درصد

اسانس ماریتیغال (*Silybum marianum* L.) تحت تأثیر فراهمی عناصر غذایی از منابعی مانند ازتوباکتر و کمپوست قرار می‌گیرد. بدین ترتیب، مشخص است که کاربرد جداگانه و ترکیبی تیمارهای کودی روی اجزای اسانس تأثیر گذاشته است. به طور کلی، با توجه به اینکه تحقیقات چندانی در ارتباط با اثر منابع کودی بر کیفیت اجزای تشکیل دهنده اسانس گیاهان دارویی، به ویژه گونه ارزشمند مرزنجوش صورت نگرفته است، وجود این تفاوت‌ها از نظر کیفیت اجزا می‌تواند نشان دهنده اهمیت مطالعه بیشتر در ارتباط با اثر این نوع منابع کودی باشد.

نتیجه‌گیری

نتایج این مطالعه نشان داد که خصوصیات رشد، عملکرد کمی و کیفی و اجزای تشکیل دهنده اسانس گیاه دارویی مرزنجوش در چین‌های مختلف به طور معنی‌داری تحت تأثیر مصرف جداگانه و تلفیقی عصاره کمپوست و کودهای بیولوژیک قرار گرفت، به‌طوری که مطلوب‌ترین خصوصیات رشدی برای تیمار تلفیقی تلقیح با میکوریزا+ کاربرد ۱۰٪ عصاره کمپوست مشاهده گردید. بدین ترتیب، فراهمی متعادل عناصر غذایی به صورت عصاره کمپوست، به ویژه همراه با تلقیح با کودهای بیولوژیک، نظیر تلقیح میکوریزایی، می‌تواند از مهمترین عوامل در بهبود خصوصیات رشد و عملکرد ماده خشک گیاه دارویی مرزنجوش باشد. از سوی دیگر، به دلیل کاهش عملکرد ماده خشک با افزایش تعداد چین و نیز با توجه به معنی‌دار بودن اثر متقابل کاربرد نهاده‌های کودی و تعداد چین در آزمایش، مصرف نهاده‌های کودی می‌بایست بر اساس زمان برداشت این گیاه انجام گیرد.

جلالی و همکاران (۲۵) نیز Terpinene-4-ol، γ -terpinene و *Cis-sabinene-hydrate* را به عنوان اجزای اصلی تشکیل دهنده اسانس مرزنجوش شناسایی و معرفی نمودند. قریب و همکاران (۲۰) نیز ۳۰ ترکیب را که بیش از ۹۸٪ کل اسانس مرزنجوش را تشکیل می‌دادند در این گونه دارویی شناسایی نمودند. این محققین، ترکیبات غالب موجود در اسانس مرزنجوش را *Monoterpenes cis-sabinene hydrate* (۱۷/۸۲-۲۴/۲۴) Terpinene-4-ol، (۶/۷۴-۱۸/۴۷) درصد، α -terpinene (۹/۰۶-۱۶/۸۳) P-cymene، (۹/۰۶-۱۶/۸۳) *Trans-sabinen hydrate*، (۰/۲۴-۱۳/۱۱) درصد و α -terpineolene (۲/۰۵-۵/۲۵) درصد معرفی کردند. این محققین همچنین دریافتند که کاربرد عصاره کمپوست و تلقیح با کودهای بیولوژیک موجب افزایش سطح Terpinene-4-ol (ترکیب اصلی اسانس)، α -terpinene و P-menth-l-en-8-ol، Phellandrene، *Trans-sabinen hydrate* و کاهش محتوای *Cis-sabinen hydrate*، P-cymene، α -terpineolene، Linalyl acetate، β -caryophyllene و Spathulene نسبت به شاهد گردید. ادريس و همکاران (۱۸) بیان داشتند که درصد اجزای اسانس گیاه دارویی مرزنجوش تحت تأثیر تیمارهای کودی و سطح آنها قرار گرفت، به‌طوری که بیشترین مقدار برای *Cis-sabinen hydrate* در شرایط کاربرد کمپوست حاصل گردید.

همانطور که در جدول ۷ نشان داده شده است، اجزای تشکیل دهنده اسانس مرزنجوش نیز تحت تأثیر کاربرد جداگانه و تلفیقی تیمارهای کودی قرار گرفتند. در مقایسه تیمارهای مربوط به منابع آلی و بیولوژیک، مشخص گردید که درصد اجزایی مانند α -cadinene، α -terpinene و α -humulene تحت تأثیر تیمار شاهد کمتر از تیمارهای کودی و درصد اجزایی مانند Bicycloelemene، Caryophyllene oxide و Terpinen-4-ol در تیمار شاهد بیش از سایر تیمارهای کودی بود (جدول ۷). یزدانی بیوکی و همکاران (۹) اظهار داشتند که ترکیبات تشکیل دهنده

جدول ۷. درصد اجزای تشکیل‌دهنده اسانس مرزنجوش تحت تأثیر مدیریت تلفیقی عصاره آبی کمپوست و تلقیح با کودهای بیولوژیک

شاهد	C ₃ B ₃	C ₂ B ₃	C ₁ B ₃	C ₃ B ₂	C ₂ B ₂	C ₁ B ₂	C ₃ B ₁	C ₂ B ₁	C ₁ B ₁	C ₃	C ₂	C ₁	B ₃	B ₂	B ₁	تیمارهای کودی
۰/۴۷	۰/۶۶	۰/۶۵	۰/۶۹	۰/۷۰	۰/۶۸	۰/۷۳	۰/۵۷	۰/۵۹	۰/۶۲	۰/۸۳	۰/۸۱	۰/۸۹	۰/۴۹	۰/۵۶	۰/۳۱	Aromadendrene
۰/۴۱	۰/۲۲	۰/۲۳	۰/۲۰	۰/۱۹	۰/۲۰	۰/۱۷	۰/۲۳	۰/۲۶	۰/۲۱	۰/۱۵	۰/۱۸	۰/۱۲	۰/۲۸	۰/۲۲	۰/۳۱	Bicycloelemene
۱/۳۸	۱/۱۷	۱/۱۸	۱/۱۶	۱/۱۵	۱/۱۸	۱/۱۶	۱/۱۵	۱/۱۳	۱/۱۲	۱/۰۵	۱/۰۷	۱/۰۲	۱/۲۹	۱/۳۰	۱/۲۴	Bicyclogermacrene
۰/۰۰	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۲	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۲	۰/۰۱	۰/۰۰	Camphene
۱/۲۰	۰/۷۸	۰/۷۷	۰/۸۱	۰/۷۹	۰/۷۷	۰/۸۰	۰/۸۴	۰/۸۱	۰/۸۳	۰/۶۶	۰/۶۲	۰/۶۹	۰/۹۲	۰/۹۱	۱/۰۲	Caryophyllene oxide
۱/۷۸	۱/۴	۱/۵	۱/۲۰	۱/۱۱	۱/۱۳	۱/۱۸	۱/۳۹	۱/۴۲	۱/۴۳	۱/۳۲	۱/۳۷	۱/۴۶	۱/۹۳	۱/۸۹	۱/۴۵	Cis-sabinene hydrate
۱۷	۱۵	۱۵	۱۵	۱۵	۱۵	۱۵	۱۵	۱۵	۱۵	۱۴	۱۴	۱۴	۱۵	۱۵	۱۶	Endobornyl acetate
۰/۶۱	۱/۲۸	۱/۳۵	۱/۳۰	۱/۲۹	۱/۳۱	۱/۲۸	۱/۳۵	۱/۳۴	۱/۳۸	۲/۲۴	۲/۲۸	۲/۲۱	۰/۳۸	۰/۳۴	۰/۴۵	Geranyl acetate
۰/۵۰	۰/۸۳	۰/۸۷	۰/۸۷	۰/۸۷	۰/۹۱	۰/۸۹	۰/۸۲	۰/۸۵	۰/۸۶	۱/۳۱	۱/۳۹	۱/۳۵	۰/۳۹	۰/۴۲	۰/۳۲	Geranyl acetate
	۱/۱	۱/۴	۱/۳	۱/۶	۱/۳	۱/۱	۱/۰۶	۱/۰۹	۱/۰۷	۱/۲۵	۱/۳۱	۱/۲۹	۱/۱۷	۱/۱۲		
۹/۱۹	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۱	۱۱	۱۱	۱۰	۱۰	۸/۸۷	γ-terpinene
۰/۰۰	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	Ledene
۵/۱۱	۴/۳۹	۴/۴۱	۴/۳۷	۴/۴۲	۴/۴۴	۴/۴۱	۴/۱۸	۴/۱۵	۴/۱۶	۳/۵۱	۳/۵۵	۳/۴۹	۵/۲۹	۵/۳۳	۴/۸۴	Linalyl acetate
۰/۲۸	۰/۳۷	۰/۳۸	۰/۳۵	۰/۳۶	۰/۳۷	۰/۳۵	۰/۳۱	۰/۳۲	۰/۳۱	۰/۴۵	۰/۴۹	۰/۴۳	۰/۲۸	۰/۲۶	۰/۱۷	Nerol
۰/۶۲	۰/۶۸	۰/۶۸	۰/۶۶	۰/۶۹	۰/۷۰	۰/۶۸	۰/۶۸	۰/۶۵	۰/۶۸	۰/۷۶	۰/۷۸	۰/۷۴	۰/۵۸	۰/۶۱	۰/۵۹	Neryl acetate
۱/۸۹	۱/۴۹	۱/۵۱	۱/۴۶	۱/۵۵	۱/۵۵	۱/۵۱	۱/۶۵	۱/۶۶	۱/۶۲	۱/۲۹	۱/۳۳	۱/۲۳	۱/۶۹	۱/۷۸	۱/۰۱	
۱۲	۱۱	۱۱	۱۱	۱۱	۱۱	۱۱	۱۱	۱۱	۱۱	۱۰	۱۰	۱۰	۱۲	۱۲	۱۳	P-cymene
۰/۱۲	۰/۲۲	۰/۲۳	۰/۲۰	۰/۲۰	۰/۲۲	۰/۱۹	۰/۱۸	۰/۱۷	۰/۱۹	۰/۲۶	۰/۲۹	۰/۲۳	۰/۱۷	۰/۱۴	۰/۰۹	Phellandrene
۲/۸۲	۳/۶۳	۳/۵۹	۳/۵۸	۳/۵۷	۳/۵۴	۳/۵۲	۳/۴۵	۳/۳۸	۳/۳۴	۴/۱۸	۴/۱۱	۴/۰۸	۳/۰۷	۲/۹۶	۲/۷۱	P-menth-1-en-8-ol
۷/۲۹	۷/۴۶	۷/۴۲	۷/۵۰	۷/۳۹	۷/۳۶	۷/۴۴	۷/۵۴	۷/۵۲	۷/۵۷	۶/۸۹	۶/۸۲	۶/۹۸	۸/۰۲	۷/۸۹	۸/۱۹	Sabinene
۱/۱۱	۱/۶۳	۱/۵۸	۱/۶۰	۱/۶۰	۱/۵۵	۱/۵۶	۲/۲۹	۲/۲۳	۲/۲۴	۲/۲۸	۲/۱۹	۲/۲۱	۰/۹۸	۰/۹۱	۲/۲۹	Spathulenol
۱/۸۲	۱/۰۸	۱/۰۵	۱/۰۲	۱/۰۸	۱/۰۸	۱/۰۵	۱/۵۷	۱/۵۸	۱/۵۳	۱/۲۴	۱/۲۳	۱/۱۸	۱/۸۵	۱/۹۲	۱/۸۹	
۱۹	۱۸	۱۸	۱۸	۱۸	۱۸	۱۸	۱۷	۱۷	۱۷	۱۷	۱۷	۱۷	۱۸	۱۸	۱۷	Terpinen-4-ol
۱/۸۲	۱/۶۹	۱/۷۲	۱/۷۱	۱/۷۱	۱/۷۵	۱/۷۳	۲/۰۳	۲/۰۶	۲/۰۶	۱/۴۹	۱/۵۷	۱/۵۴	۱/۸۷	۱/۹۲	۲/۵۶	Trans-sabinenhydrate
۰/۱۶	۰/۵۲	۰/۵۰	۰/۵۴	۰/۵۷	۰/۵۲	۰/۵۶	۰/۵۳	۰/۵۸	۰/۵۱	۰/۷۱	۰/۶۲	۰/۶۹	۰/۳۸	۰/۴۲	۰/۳۵	α-cadinene
۰/۳۸	۰/۶۷	۰/۶۵	۰/۶۸	۰/۶۶	۰/۶۴	۰/۶۷	۰/۵۹	۰/۵۵	۰/۶۰	۰/۷۵	۰/۷۱	۰/۷۸	۰/۵۸	۰/۵۶	۰/۴۳	α-humulene
۱/۶۲	۱/۵۴	۱/۵۴	۱/۵۹	۱/۵۶	۱/۵۶	۱/۶۱	۱/۴۵	۱/۵۲	۱/۵۳	۱/۳۹	۱/۴۲	۱/۴۹	۱/۶۹	۱/۷۲	۱/۵۱	α-myrcene
۳/۴۳	۳/۱۳	۳/۰۹	۳/۱۳	۳/۱۶	۳/۱۴	۳/۱۴	۳/۱۵	۳/۱۷	۳/۱۱	۳/۱۷	۳/۱۱	۳/۱۳	۳/۰۸	۳/۱۴	۳/۱۲	α-pinene
۰/۲۲	۰/۷۵	۰/۷۴	۰/۷۶	۰/۷۸	۰/۷۴	۰/۷۸	۰/۸۵	۰/۸۳	۰/۸۶	۰/۹۳	۰/۸۹	۰/۹۴	۰/۵۸	۰/۶۱	۰/۷۶	α-terpinene
۰/۴۹	۰/۵۰	۰/۵۱	۰/۵۰	۰/۵۲	۰/۵۳	۰/۵۲	۰/۵۴	۰/۵۳	۰/۵۳	۰/۴۵	۰/۴۸	۰/۴۵	۰/۵۵	۰/۵۹	۰/۶۲	α-terpineol
۵/۲۷	۴/۷۲	۴/۷۰	۴/۷۱	۴/۶۶	۴/۶۵	۴/۶۶	۴/۹۳	۴/۹۱	۴/۹۲	۵/۱۰	۵/۰۸	۵/۰۸	۴/۳۴	۴/۲۳	۴/۷۵	α-terpineolene
۰/۵۵	۰/۶۸	۰/۶۴	۰/۶۶	۰/۷۰	۰/۶۸	۰/۷۰	۰/۶۹	۰/۶۴	۰/۶۷	۰/۵۹	۰/۵۳	۰/۵۷	۰/۷۶	۰/۸۲	۰/۷۹	α-terpinyl propionate
۳/۳۹	۴/۰۲	۴/۰۸	۳/۹۹	۴/۰۳	۴/۱۰	۴/۰۱	۳/۹۳	۳/۹۶	۳/۹۳	۳/۲۸	۳/۳۹	۳/۲۳	۴/۷۶	۴/۷۸	۴/۵۸	β-caryophyllene
۱/۰۷	۳/۰۴	۳/۰۲	۳/۰۵	۳/۰۴	۳/۰۰	۳/۰۶	۳/۱۱	۳/۰۹	۳/۱۱	۴/۴۴	۴/۳۶	۴/۴۸	۱/۶۱	۱/۶۴	۱/۷۸	شناخته نشده

B₁, B₂ و B₃: به ترتیب تلقیح با ازتوباکتر، آزوسپیریلوم و میکوریزا و C₁, C₂ و C₃: به ترتیب مصرف ۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصد عصاره کمپوست

منابع مورد استفاده

۱. اکبرنژاد، ف.، ع. آستارایی، ا. فتوت و م. نصیری محلاتی. ۱۳۸۹. تأثیر کمپوست پسماند شهری و لجن فاضلاب بر عملکرد و غلظت سرب، نیکل و کادمیم در خاک و گیاه دارویی سیاهدانه (*Nigella sativa* L.). مجله بوم‌شناسی کشاورزی ۲: ۶۰۰-۶۰۸.
۲. اندی، س.ع.، و. ناظری، ج. هادیان و ج. زمانی. ۱۳۹۱. مقایسه ترکیبات شیمیایی اسانس مرزنجوش (*Origanum hortensis* L.) جمع‌آوری شده از جنوب چالوس در مراحل گل‌دهی و بذردهی. مجله علوم باغبانی ایران ۴۳: ۱۵۳-۱۵۹.

۳. خندان، ا. و ع. آستارایی. ۱۳۸۴. تأثیر کودهای آلی (کمپوست زباله شهری، کود گاوی) و شیمیایی بر برخی خصوصیات فیزیکی خاک. مجله بیابان ۱۰: ۳۶۱-۳۶۸.
۴. درزی، م. ت.، ا. قلاوند و ف. رجالی. ۱۳۸۸. تأثیر مصرف کود های بیولوژیک بر روی جذب عناصر N, P, K و عملکرد دانه در گیاه دارویی رازیانه (*Foeniculum vulgare* Mill.). فصلنامه تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران ۲۵: ۱-۱۹.
۵. درزی، م. ت.، ا. قلاوند، ف. سفیدکن و ف. رجالی. ۱۳۸۷. تأثیر کاربرد میکوریزا، ورمی کمپوست و کود فسفات زیستی بر کمیت و کیفیت اسانس گیاه دارویی رازیانه (*Foeniculum vulgare* Mill.). فصلنامه تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران ۲۴: ۳۹۶-۴۱۳.
۶. عزیزی، م.، ف. رضوانی، م. حسن زاده خیاط، ا. لکزیان و ح. نعمتی. ۱۳۸۷. تأثیر سطوح مختلف ورمی کمپوست و آبیاری بر خصوصیات مورفولوژیک و میزان اسانس بابونه آلمانی (*Matricaria recutita*) رقم Goral. فصلنامه تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران ۲۴: ۸۲-۹۳.
۷. کوچکی، ع.، ل. تبریزی و ر. قربانی. ۱۳۸۷. ارزیابی اثر کودهای بیولوژیک بر ویژگی های رشد، عملکرد و خصوصیات کیفی گیاه دارویی زوفا (*Hyssopus officinalis*). مجله پژوهش های زراعی ایران ۶: ۱۲۷-۱۳۷.
۸. ممبینی، ت.، م. ممبینی و م. آقایی. ۱۳۸۷. بررسی آثار فارماکولوژیک جنس مرزنجوش (*Origanum* spp.). فصلنامه گیاهان دارویی ۱۸-۳۵.
۹. یزدانی بیوکی، ر.، پ. رضوانی مقدم، ح. ر. خزاعی و ع. آستارایی. ۱۳۸۹. بررسی برخی صفات کمی و کیفی گیاه دارویی ماریتیغال (*Silybum marianum* L.) در پاسخ به کودهای آلی، بیولوژیک و شیمیایی. مجله بوم‌شناسی کشاورزی ۲: ۵۴۸-۵۵۵.
10. Adams, R.P. 2001. Identification of essential oil components by gas chromatography/quadruple mass spectroscopy. Allured Publ. Co., 456 p.
11. Adholeya, A. and A. Prakash. 2004. Effect of different organic manures/composts on the herbage and essential oil yield of *Cymbopogon winterianus* and their influence on the native AM population in a marginal Alfisol. Bioresour. Technol. 92: 311-319.
12. Banchio, E., P.C. Bogino, J. Zygodlo and W. Giordano. 2008. Plant growth promoting rhizobacteria improve growth and essential oil yield in *Origanum majorana* L. Biochem. Syst. Ecol. 36: 766-771.
13. Biswas, J.C., L.J.K. Adha, F.B. Dazzo, Y.G. Yanni and B.G. Rolfe. 2000. Rhizobial inoculation influences seedling vigour and yield of rice. Agron. J. 92: 880-886.
14. Bouwmeester, H.J., C. Roux, J.A. Lopez-Raez and G. Becard. 2007. Rhizosphere communication of plants, parasitic plants and AM fungi. Trends Plant Sci. 12: 224-230.
15. Cohen, A.T., P. Mariela, B. Rubén and P. Patricia. 2007. *Azospirillum brasilense* and ABA improve growth in *Arabidopsis*. International Plant Growth Substances Association, 19th Annual Meeting, Puerto Vallarta, Mexico, July 21-25.
16. Copetta, A., G. Lingua and G. Berta. 2006. Effects of three AM fungi on growth, distribution of glandular hairs and essential oil production in *Ocimum basilicum* L. var. Genovese. Mycorrhiza 16: 485-494.
17. Dommelen, A.V., V. Keijers, J. Vanderleyden and M. De-Zamaroczy. 1998. (Methyl) ammonium transport in the nitrogen-fixing bacterium *Azospirillum brasilense*. J. Bacteriol. 10: 2652-2659.
18. Edris, A.E., S. Ahmad and H.M. Fadel. 2003. Effect of organic agriculture practices on the volatile aroma components of some essential oil plants growing in Egypt. II: Sweet marjoram (*Origanum majorana* L.) essential oil. Flavour Frag. J. 4: 345-351.
19. El-Ghorab, A.H., A.F. Mansour and K.F. El-Massry. 2004. Effect of extraction methods on the chemical composition and antioxidant activity of Egyptian marjoram (*Majorana hortensis* Moench). Flavour Frag. J. 19: 54-61.
20. Gharib, F.A., L.A. Moussa and O.N. Massoud. 2008. Effect of compost and bio-fertilizers on growth, yield and essential oil of sweet marjoram (*Majorana hortensis*) plant. Inter. J. Agric. Biol. 10: 381-387.
21. Glick, B.R. 2003. Plant growth promoting bacteria. PP. 436-454. In: Glick, B.R. and J.J. Pasternak (Eds.), Molecular Biology- Principles and Applications of Recombinant DNA, ASM Press, Washington, DC.
22. Gray, E.J. and D.L. Smith. 2005. Intracellular and extracellular PGPR: Commonalities and distinctions in the plant-

- bacterium signalling processes. *Soil Biol. Biochem.* 37: 395-412.
23. Guarda, G., S. Padovan and G. Delogu. 2004. Grain yield, nitrogen-use efficiency and baking quality of old and modern Italian bread-wheat cultivars grown at different nitrogen levels. *Eur. J. Agron.* 21: 181-192.
 24. Hameeda, B., G. Harini, O.P. Rupela and G. Reddy. 2007. Effect of composts or vermicomposts on sorghum growth and mycorrhizal colonization. *Afr. J. Biotechnol.* 6: 9-12.
 25. Jelali, N., W. Dhifi, T. Chaahed and B. Marzouk. 2011. Salinity effects on growth, essential oil yield and composition and phenolic compounds content of marjoram (*Origanum majorana* L.) leaves. *J. Food Biochem.* 35: 1443-1450.
 26. Kizilkaya, R. 2008. Yield response and nitrogen concentrations of spring wheat (*Triticum aestivum*) inoculated with *Azotobacter chroococcum* strains. *Ecol. Eng.* 33: 150-156.
 27. Limon-Ortega, A., B. Govaerts and K.D. Sayre. 2008. Straw management, crop rotation, and nitrogen source effect on wheat grain yield and nitrogen use efficiency. *Eur. J. Agron.* 29: 21-28.
 28. Liu, E., C. Yan, X. Mei, W. He, S.H. Bing, L. Ding, Q. Liu, S. Liu and T. Fan. 2010. Long-term effect of chemical fertilizer, straw, and manure on soil chemical and biological properties in northwest China. *Geoderma* 158: 173-180.
 29. Lucy, M., E. Reed and B.R. Glick. 2004. Applications of free living plant growth-promoting rhizobacteria. *Antonie Leeuwenhoek* 86: 1-25.
 30. Mahfouz, S.A. and A. Sharaf-Eldin. 2007. Effect of mineral vs. biofertilizer on growth, yield, and essential oil content of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.). *Int. Agrophys.* 21: 361-366.
 31. Mando, A., B. Ouattara, M. Sédogo, L. Stroosnijder, K. Ouattara, L. Brussaard and B. Vanlauwe. 2005. Long-term effect of tillage and manure application on soil organic fractions and crop performance under Sudano-Sahelian conditions. *Soil Till. Res.* 80: 95-101.
 32. Ozturk, A., O. Caglar and F. Sahin. 2003. Yield response of wheat and barley to inoculation of plant growth promoting rhizobacteria at various levels of nitrogen fertilization. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 166: 262-266.
 33. Popkin, R. 1995. Good news for waste watchers: Recycling, composting show results for the future. *Environ. Prot. Agen. J.* 21: 188-190.
 34. Ratti, N., S. Kumar, H.N. Verma and S.P. Gautams. 2001. Improvement in bioavailability of tricalcium phosphate to *Cymbopogon martini* var. motia by Rhizobacteria, AMF and *Azospirillum* inoculation. *Microbiol. Res.* 156: 145-149.
 35. Tilak, K.V.B.R. and B.S. Reddy. 2006. *Bacillus cereus* and *B. circulans* novel inoculants for crops. *Curr. Sci.* 5: 642-644.
 36. Vande Broek, A. and J. Vanderleyden. 1995. Review: Genetics of the *Azospirillum*-plant root association. *Crit. Rev. Plant Sci.* 14: 445-466.
 37. Vera, R.R. and J. Chang-Ming. 1999. Chemical composition of the essential oil of marjoram (*Origanum majorana* L.) from Reunion Island. *Food Chem.* 66: 143-145.
 38. Zhang, H., M.S. Kim, V. Krishnamachari, P. Payton, Y. Sun, M. Grimson, M.A. Farag, C.M. Ryu, R. Allen, I.S. Melo and P.W. Paré. 2007. Rhizobacterial volatile emissions regulate auxin homeostasis and cell expansion in *Arabidopsis*. *Plant* 226: 839-851.
 39. Zhang, W., D.Y. Han, W.A. Dick, K.R. Davis and H.A.J. Hoitink. 1998. Compost and compost water extract-induced systemic acquired resistance in cucumber and *Arabidopsis*. *Phytopathol.* 88: 450-454.
 40. Zheljaskov, V.D. and P.R. Warman. 2004. Source-separated municipal solid waste compost application to Swiss chard and basil. *J. Environ. Qual.* 33: 542-552.
 41. Zhengchao, Z., G. Zhuoting, S. Zhouping and Z. Fuping. 2013. Effects of long-term repeated mineral and organic fertilizer applications on soil organic carbon and total nitrogen in a semi-arid cropland. *Eur. J. Agron.* 45: 20-26.