نشریه پژوهش‌های تولید گیاهی
جلد بیست و چهارم، شماره دوم، ۱۳۹۶
http://jopp.gau.ac.ir

مطالعه تأثیر کودهای زیستی، شیمیایی و اسید هیومیک بر شاخص‌های رویشی، فیزیولوژیکی و میزان اسانس گیاه نعناع گربه‌ای (*Nepeta cataria* L.)

پریا بویری ده‌شیخ[۱]، *محمد محمودی سورستانی[۲]، مریم ذوالفقاری[۲] و نعیمه عنایتی‌ضمیر[۳]

[۱]دانشجوی کارشناسی‌ارشد گیاهان دارویی، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز،
[۲]استادیار گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز،
[۳]دانشیار گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱/۲۳ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۷/۱٤

چکیده

سابقه و هدف: در کشاورزی پایدار، کودهای زیستی به‌عنوان یک جایگزین مناسب برای کودهای شیمیایی به‌شمار می‌آیند و می‌توانند باعث بهبود عملکرد کمی و کیفی گیاهان دارویی شوند. کودهای زیستی شامل باکتری‌ها و قارچ‌های مفیدی هستند که هر یک از آن‌ها برای اهداف خاصی مانند تثبیت نیتروژن، آزادسازی یون‌های فسفر و پتاسیم از ترکیبات نامحلول تولید می‌شوند. این باکتری‌ها معمولاً در اطراف ریشه وجود دارند و به گیاه در جذب عناصر غذایی کمک می‌کنند. علاوه بر آن، می‌توانند به گیاه در جذب سایر مواد مغذی، کاهش بیماری‌ها، بهبود ساختمان خاک و در نهایت تحریک بیش‌تر رشد گیاه و افزایش کمیت و کیفیت عملکرد مؤثر باشند. گیاه دارویی نعناع گربه‌ای (*Nepeta cataria* L.) متعلق به خانواده نعناعیان می‌باشد که اسانس آن در صنایع داروسازی و ساخت آفت‌کش‌های زیستی کاربرد فراوان دارد. این پژوهش با هدف بررسی اثر کودهای زیستی، شیمیایی و اسیدهیومیک روی صفات رویشی و فیزیولوژیکی گیاه نعناع گربه‌ای انجام گردید.

مواد و روش‌ها: این آزمایش در سال زراعی ۹٤-۱۳۹۳ به‌صورت فاکتوریل و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۱۰ تیمار و ۳ تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه شهید چمران اهواز انجام شد. عامل اول تیمارهای کودی در ۵ سطح (کود زیستی تثبیت‌کننده نیتروژن، کود زیستی حل‌کننده فسفات، تلفیق دو کود زیستی، کود شیمیایی و شاهد) و عامل دوم اسید هیومیک در ۲ سطح (۰ و ۲۰ کیلوگرم در هکتار) بود. در ابتدای مرحله گلدهی، صفات رویشی (ارتفاع بوته، تعداد و شاخص سطح برگ، وزن تر و خشک اندام هوایی)، رنگیزه‌های فتوسنتزی (کلروفیل a، b، کل و کاروتنوئید) و تبادلات گازی (سرعت فتوسنتز خالص، کارایی مصرف نور، نرخ تعرق و کارایی مصرف آب) اندازه‌گیری گردیدند. گیاهان در مرحله گلدهی کامل برداشت و استخراج اسانس به روش تقطیر با آب با کلونجر انجام شد.

یافته‌ها: با توجه به نتایج حاصل، اعمال کودهای زیستی و شیمیایی اثر معنی‌داری بر صفات اندازه‌گیری شده داشت. بالاترین میزان وزن تر و خشک اندام هوایی (به‌ترتیب ۲۰۳/۳۳ و ٤٤/۳۷ گرم در بوته) و ارتفاع بوته (٤٤/۰۸ سانتی‌متر) مربوط به تیمار تلفیق کودهای زیستی بود و کم‌ترین مقادیر صفات فوق در شاهد مشاهده شد. اسید هیومیک بر اکثر صفات اندازه‌گیری شده به‌جز شاخص سطح برگ و وزن تر اندام هوایی اثر معنی‌داری نداشت. تیمارهای کود به‌کار رفته بر میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی و

* مسئول مکاتبه: f_mahmoodi2000@yahoo.com

تبادلات گازی گیاه نیز اثر معنی‌داری داشتند. کاربرد تلفیق کودهای زیستی باعث افزایش معنی‌دار کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل، کاروتنوئید، سرعت فتوسنتز خالص و کارایی مصرف آب و کارایی مصرف نور گردید ولی با تیمار کود شیمیایی تفاوت معنی‌داری نداشت. بیش‌ترین میزان اسانس نیز در تیمار کود زیستی حل‌کننده فسفات (۱/۳۰ درصد) مشاهده شد که با تیمار کود شیمیایی (۱/۲۲ درصد) و تلفیق کودهای زیستی (۱/۱۸ درصد) تفاوت معنی‌داری نداشت.

نتیجه‌گیری: با توجه به عدم وجود تفاوت معنی‌دار بین تیمارهای کود شیمیایی و تلفیق کودهای زیستی در صفات وزن خشک اندام هوایی و میزان اسانس، جایگزین کردن تلفیق کودهای زیستی نیتروژن و فسفر به جای کودهای شیمیایی توصیه می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: اسانس، شاخص سطح برگ، فتوسنتز، کلروفیل، نعناع گربه‌ای

مقدمه

گیاه دارویی نعناع گربه‌ای معطر (*Nepeta cataria* L.)، گیاهی علفی، چندساله و متعلق به تیره نعناعیان می‌باشد. ساقه این گیاه مستقیم، چهارگوش و منشعب است و ارتفاع آن به ٦٠ تا ١٢٠ سانتی‌متر می‌رسد. برگ‌ها سبز رنگ، بیضی شکل، نوک‌تیز و دندانه‌دار است که با کرک‌های کوتاه و ظریفی پوشیده شده است. پیکره رویشی این گیاه معطر بوده و عطری شبیه به لیمو دارد. گل‌های آن سفید یا مایل به زرد است که به‌صورت مجتمع و در قسمت انتهایی ساقه ظاهر می‌شوند (۲۰). نعناع گربه‌ای دارای خواص مسکن، ضدنفخ، رفع گرفتگی عضلات و ضدتشنج می‌باشد و اسانس آن در صنایع داروسازی و همچنین ساخت آفت‌کش‌های زیستی کاربرد فراوان دارد (۳۰). یکی از مؤلفه‌های اساسی افزایش عملکرد محصولات کشاورزی، مصرف بیش‌تر نهاده‌ها به‌ویژه کودهای شیمیایی است اما افزایش مصرف کودهای شیمیایی در دهه‌های اخیر، مشکلات جدی زیست‌محیطی داشته است. از جمله راهکارهای اساسی فائق آمدن بر این مشکلات، استفاده از کودهای زیستی و آلی است، به‌طوری‌که امروزه استفاده از انواع کودهای زیستی و آلی برای حفظ توازن حاصلخیزی خاک از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (۲۷). کودهای زیستی متشکل از باکتری‌های مفیدی هستند که هر یک به‌منظور خاصی، مانند تثبیت نیتروژن و رهاسازی یون‌های فسفات، پتاسیم و آهن از ترکیبات نامحلول آن‌ها، تولید می‌شوند. باکتری‌ها علاوه بر کمک به جذب عنصری خاص، باعث جذب سایر عناصر، کاهش بیماری‌های گیاه و بهبود ساختمان خاک و در نتیجه تحریک بیش‌تر رشد گیاه و افزایش کمی و کیفی محصول می‌شوند. کود زیستی تثبیت‌کننده نیتروژن یکی از کودهای زیستی می‌باشد که حاوی باکتری تثبیت‌کننده نیتروژن *ازتوباکتر وینلندی* (*Azotobacter vinlandii*) است. این باکتری جزو ریزجانداران همیار با ریشه بدون تشکیل اندام همزیستی خاص است و نیتروژن موجود در جوّ را که به‌طور مستقیم برای گیاهان قابل استفاده نمی‌باشد، احیا کرده و به‌صورت آمونیوم در اختیار گیاه قرار می‌دهد، همچنین با ترشح مواد محرک رشد باعث افزایش رشد گیاه گردیده و انرژی مورد نیاز برای این فرآیند را از ترشحات ریشه گیاه دریافت می‌کند. کود زیستی حل‌کننده فسفات نیز حاوی باکتری‌های حل‌کننده فسفات *سودوموناس پوتیدا* (*Pseudomonas putida*) و *پانتوآ آگلومرانس* (*Pantoea agglomerans*) می‌باشد. این باکتری‌ها

با مکانیسم‌هایی مانند تولید و ترشح اسیدهای آلی به‌ویژه اسیداگزالیک و اسید سیتریک، در حلالیت فسفات‌های معدنی کم محلول و با تولید آنزیم‌های فسفاتاز در آزاد شدن فسفر از ترکیبات آلی فسفره نقش مهمی دارند (۲).

مواد هیومیکی شامل مخلوطی از ترکیبات آلی مختلف هستند که از باقی‌مانده گیاهان و حیوانات حاصل می‌شوند. اسید هیومیک با وزن مولکولی ۳۰۰۰۰۰–۳۰۰۰۰ دالتون و اسید فولویک هم با وزن مولکولی کم‌تر از ۳۰۰۰۰ دالتون به‌ترتیب سبب تشکیل ترکیبات پایدار و نامحلول و ترکیبات محلول با عناصر می‌گردند (۱۶). از جمله ویژگی‌های بارز اسید هیومیک می‌توان به کلات‌کنندگی عناصر غذایی مختلف مانند نیتروژن، فسفر، پتاسیم، سدیم، منیزیم، روی، کلسیم، آهن، مس و سایر عناصر در جهت غلبه بر کمبود عناصر غذایی اشاره کرد (۱).

به‌دلیل مشخص شدن عوارض جانبی داروهای شیمیایی، توجه محافل پزشکی به داروهای گیاهی بیش‌تر شده است. از طرفی با توجه به احتمال بروز اثرات منفی ناشی از مصرف بی‌رویه سموم و کودهای شیمیایی روی کمیت و کیفیت ترکیبات مؤثره گیاهان دارویی، بسیاری از شرکت‌های دارویی، مواد خام حاصل از نظام‌های پایدار و ارگانیک را ترجیح می‌دهند (۶ و ۹). در ارتباط با تأثیر مفید این دسته از کودها بر رشد و عملکرد گیاهان دارویی گزارش‌های متعددی ذکر شده است. در پژوهشی روی گیاه دارویی زوفا (*Hyssopus officinalis* L.)، استفاده از کودهای زیستی محتوی باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن و حل‌کننده فسفات نقش مفید و مؤثری در بهبود ویژگی‌های رشد، عملکرد اندام هوایی و خصوصیات کیفی این گیاه داشت (۱۵). گویلی و همکاران (۲۰۰۶) نیز در پژوهشی دیگر گزارش نمودند کاربرد باکتری‌های ثبیت‌کننده نیتروژن و حل‌کننده فسفات در گیاه مرزنجوش (*Majorana hortensis* L.)، افزایش در شاخص‌های رشدی را در این گیاه به دنبال داشت (۹). در گیاهان مریم‌گلی (*Salvia officinalis* L.) و آویشن (*Thymus vulgaris* L.) تامین نیتروژن و فسفر از طریق کودهای زیستی توانست صفات رویشی مانند ارتفاع بوته و وزن تر و خشک گیاه را بهبود بخشد (۱۹). در گیاه دارویی زیره سبز (*Cuminum cyminum* L.) با اعمال تلفیق کودهای زیستی محتوی باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن و حل‌کننده فسفات اثر بارزی بر صفات رویشی، عملکرد دانه و عملکرد زیستی داشت (۲۸). در گیاه دارویی بابونه (*Matricaria chamomilla* L.) نتیجه اعمال تلفیقی کودهای تثبیت‌کننده نیتروژن و حل‌کننده فسفات، افزایش معنی‌دار در صفات کمی و کیفی گیاه بود (۸). در خصوص کاربرد خاک مصرف اسید هیومیک در گیاهان پژوهش‌های بسیار اندکی صورت گرفته است. در پژوهشی که روی گیاهان گل گاوزبان (*Borago officinalis* L.) و چای ترش (*Hibiscus sabdariffa* L.) صورت گرفت چنین گزارش شده است که اعمال اسید هیومیک در گل گاوزبان منجر به افزایش عملکرد گل، زیست‌توده و تعداد شاخه جانبی گردید و در گیاه چای ترش، بهبود عملکرد دانه و گل را در پی داشت (۱۳ و ۱۴). در ارتباط با تأثیر کودهای زیستی بر میزان اسانس پژوهش‌های مختلفی صورت گرفته است. در گیاه نعناع فلفلی (*Mentha piperita* L.)، کاربرد کودهای زیستی نیتروکسین و سوپر نیتروپلاس منجر به افزایش

معنی‌دار میزان اسانس در این گیاه گردید (۲۲). همچنین میزان اسانس گیاه زیره سبز با کاربرد کودهای زیستی نثبیت‌کننده نیتروژن و فسفر به‌طور معنی‌داری بهبود یافت (۲٤). در پژوهش دیگری روی گیاه ریحان (*Ocimum basilicum* L.)، اعمال تلفیقی کودهای زیستی نیتروکسین و حل‌کننده فسفات منجر به افزایش میزان اسانس در قیاس با کاربرد جداگانه آن‌ها گردید (۳۱).

با توجه به کاربرد فراوان گیاه نعناع گربه‌ای معطر در صنایع دارویی و ضرورت تولید ارگانیک گیاهان دارویی، این پژوهش با هدف بررسی اثر کودهای زیستی و اسید هیومیک بر صفات رویشی و فیزیولوژیکی این گیاه ارزشمند دارویی انجام شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش به‌صورت فاکتوریل و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۱۰ تیمار و ۳ تکرار در مزرعه تحقیقاتی گروه علوم باغبانی دانشگاه شهید چمران اهواز با محدوده جغرافیایی ۳۱ درجه و ۲۰ دقیقه عرض شمالی از خط استوا و ٤۸ درجه طول شرقی و با ۲۲/۵ متر ارتفاع از سطح دریا در سال زراعی ۱۳۹٤-۱۳۹۳ انجام شد. عامل اول تیمارهای کودی در ۵ سطح (کود زیستی تثبیت‌کننده نیتروژن، کود زیستی حل‌کننده فسفات، تلفیق دو کود زیستی مذکور، کود شیمیایی و شاهد) و عامل دوم اسید هیومیک در ۲ سطح (۰ و ۲۰ کیلوگرم در هکتار) بود. قبل از کاشت گیاه، به‌منظور اندازه‌گیری برخی از صفات فیزیکی و شیمیایی خاک به‌طور تصادفی نمونه خاک مرکب از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری خاک تهیه و نتایج تجزیه خاک در جدول ۱ نشان داده شده است. بذور گیاه از مجموعه نگهداری بذر گیاهان دارویی دانشگاه شهید بهشتی تهران تهیه و در آبان‌ماه ۱۳۹۳ در خزانه کشت شدند و نشاءها در مرحله ٦ تا ۸ برگی در اسفندماه به زمین اصلی انتقال داده شدند. به‌منظور آماده‌سازی و تهیه زمین، پس از انجام شخم عمیق، دیسک‌زنی و تسطیح کامل صورت گرفت. کود شیمیایی اوره به‌میزان ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار در دو مرحله (۵۰ درصد در زمان آماده‌سازی زمین و کشت نشاء و ۵۰ درصد بعد از استقرار نشاء) و کود سوپر فسفات تریپل به مقدار ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار در مرحله آماده‌سازی زمین به‌صورت نواری با فاصله ۵ سانتی‌متر از بوته به کرت‌های مربوط به تیمار کود شیمیایی اضافه گردید. کودهای زیستی تثبیت‌کننده نیتروژن و حل‌کننده فسفات از شرکت زیست فناور سبز تهیه شد و در دو مرحله (در زمان انتقال نشاءها به زمین اصلی و دو هفته پس از آن) اعمال گردید. در زمان کاشت در زمین اصلی ریشه‌های نشاء با کودهای زیستی تثبیت‌کننده نیتروژن و حل‌کننده فسفات با نسبت‌های مشخص (۱۰۰ گرم در هکتار) و بر اساس دستورالعمل توصیه شده تلقیح شد. به این صورت که محتوی بسته را با آب، مخلوط کرده و سپس ریشه‌های نشاء در محلول حاصل فرو برده شد و بلافاصله در زمین اصلی کشت گردید. هر بسته کودی شامل 10^8 CFU/g باکتری زنده و فعال در هر گرم کود زیستی بود. اسید هیومیک نیز به‌میزان ۲۰ کیلوگرم در هکتار و در دو مرحله (در زمان انتقال نشاءها به زمین اصلی و دو هفته بعد ازآن) اعمال شد. در مرحله اول به‌صورت پودر با فاصله ۵ سانتی‌متر از بوته و مرحله دوم آن همراه با آب آبیاری داده شد. آبیاری با روش سیفونی انجام گردید و وجین علف‌های هرز در طی دوره رشد صورت گرفت. در ابتدای رشد زایشی گیاه، از وسط هر واحد آزمایشی با

در نظر گرفتن اثر حاشیه و به‌صورت تصادفی ۵ گیاه انتخاب شد و صفات رویشی (شامل ارتفاع بوته، تعداد و شاخص سطح برگ، وزن تر و خشک اندام هوایی) اندازه‌گیری گردید. جهت اندازه‌گیری مقدار رنگیزه‌های فتوسنتزی، از برگ‌ها بالغ و سالم گیاه نمونه‌گیری صورت گرفت و پس از عصاره‌گیری، میزان جذب نور نمونه‌ها در طول موج‌های ٤٧٠، ٦٤٥ و ٦٦٣ نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر مدل Shimadzu-UV1201 قرائت و میزان کلروفیل a، b، کل و کاروتنوئید محاسبه شد (۳). تبادلات گازی (سرعت فتوسنتز خالص، سرعت تعرق، کارایی مصرف آب و کارآیی مصرف نور) نیز با استفاده از دستگاه LCA4 (ADC Co. Ltd., Hoddesdon, UK) ساخت کشور انگلستان و در برگ‌های بالغ و سالم اندازه‌گیری شد (۱۷). به‌منظور اندازه‌گیری میزان اسانس، گیاهان در مرحله گلدهی کامل برداشت و در سایه و دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد خشک گردیدند. استخراج اسانس با استفاده از روش تقطیر با آب صورت گرفت. بدین‌منظور میزان ۵۰ گرم از برگ‌ها، گل‌ها و سرشاخه‌های خشک شده توزین و استخراج اسانس با استفاده از دستگاه کلونجر به‌مدت ۳ ساعت انجام گردید. تجزیه و تحلیل داده‌ها با نرم‌افزار SAS 9.1 و مقایسه میانگین با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد صورت گرفت.

نتایج و بحث

صفات فیزیولوژیکی

رنگیزه‌های فتوسنتزی: نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۲) نشان داد اثر تیمارهای کودی سبب تفاوت معنی‌دار میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی در سطح احتمال ۵ درصد گردید ولی کاربرد اسید هیومیک اثر معنی‌داری بر میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی نداشت. بالاترین مقادیر کلروفیل a (۱/٤٨ میلی‌گرم در گرم وزن تر)، کلروفیل b (۰/٦٧ میلی‌گرم در گرم وزن تر) و کلروفیل کل (۱/۹۲ میلی‌گرم در گرم وزن تر) در تیمار کود شیمیایی به‌دست آمد که نسبت به شاهد (۰/۳۵ میلی‌گرم در گرم وزن تر) تفاوت معنی‌داری داشت اما با تیمار کاربرد تلفیق کودهای زیستی تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ٤). همچنین تیمار کود شیمیایی (۰/۳۵ میلی‌گرم در گرم وزن تر) و تلفیق کودهای زیستی (۰/۳۱ میلی‌گرم در گرم وزن تر) بیش‌ترین مقادیر کاروتنوئید برگ را به خود اختصاص دادند و با هم تفاوت معنی‌داری نداشتند. افزایش میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی در گیاهان تلقیح شده با تلفیق کودهای زیستی می‌تواند ناشی از افزایش جذب نیتروژن و فسفر باشد، زیرا نیتروژن در ساختمان کلروفیل و اسیدهای آمینه نقش فعالی دارد. از سوی دیگر تبدیل آمونیاک در چرخه فعالیت گلوتامین سنتاز و گلوتامات سنتاز نیز می‌تواند میزان کلروفیل را به سرعت افزایش دهد (۱۱). فسفر نیز در ساختار آنزیم‌های دخیل در فتوسنتز شرکت دارد و افزایش جذب آن به بالا رفتن میزان فتوسنتز در گیاه کمک می‌کند. نتایج حاصل با یافته‌های ویسانی و همکاران (۱۳۹۱) در بررسی تأثیر کودهای محتوی باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن و حل‌کننده فسفات در گیاه ریحان در تطابق می‌باشد (۳۱). در گیاه علف لیمو (*Cymbopogon martini* var. motia) نیز افزایش میزان کلروفیل در پاسخ به افزایش جذب فسفر مشاهده گردیده است (۲۳).

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی نمونه خاک مزرعه تحقیقاتی (عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری).

Table 1. Physical and chemical characteristics of soil sample of research farm (0-30 cm).

بافت خاک Soil texture	pH	EC ($dS.m^{-1}$)	کربن آلی (٪) Organic carbon (%)	نیتروژن کل (درصد) Total N (%)	فسفر قابل‌جذب (میلی‌گرم در کیلوگرم) Absorbable P ($mg.kg^{-1}$)	پتاسیم قابل‌جذب (میلی‌گرم در کیلوگرم) Absorbable K ($mg.kg^{-1}$)	آهن (میلی‌گرم در کیلوگرم) Fe ($mg.kg^{-1}$)	مس (میلی‌گرم در کیلوگرم) Cu ($mg.kg^{-1}$)	روی (میلی‌گرم در کیلوگرم) Zn ($mg.kg^{-1}$)
شنی- لومی Sandy - Loamy	7.2	1.26	0.48	0.03	16.1	216	20.66	3.70	13.06

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس اثر تیمارهای کودی و اسید هیومیک بر صفات فیزیولوژیک گیاه دارویی نعناع گربه‌ای (*Nepeta cataria* L.).

Table 2. The results of variance analysis of the effect of fertilizer treatments and humic acid on physiological traits of Catnip (*Nepeta cataria* L.).

		میانگین مربعات Mean of square							
منابع تغییرات Source of variation	درجه آزادی Degree of freedom	کلروفیل a Chlorophyll a	کلروفیل b Chlorophyll b	کلروفیل کل Total Chlorophyll	کاروتنوئید Carotenoid	سرعت فتوسنتز خالص Net photosynthesis rate	کارایی مصرف نور Radiation use efficiency	سرعت تعرق Transpiration rate	کارایی مصرف آب Water use efficiency
بلوک Block	2	0.01 ^{ns}	0.01 ^{ns}	0.01 ^{ns}	0.003 ^{ns}	0.51 ^{ns}	0.18 ^{ns}	0.55 ^{ns}	0.48 ^{ns}
تیمارهای کودی Fertilizer treatments	4	0.09 **	0.08 **	0.33 **	0.01 **	12.17 **	3.33 **	0.42 ns	2.74 **
اسید هیومیک Humic acid	1	0.01 ^{ns}	0.00008 ^{ns}	0.06 ^{ns}	0.006 ^{ns}	2.47 ^{ns}	1.19 ^{ns}	0.07 ^{ns}	1.06 ^{ns}
تیمار کودی × اسید هیومیک Fertilizer treatment × Humic acid	4	0.01 ^{ns}	0.01 ^{ns}	0.01 ^{ns}	0.0004 ^{ns}	1.12 ^{ns}	0.17 ^{ns}	0.29 ^{ns}	0.03 ^{ns}
خطای آزمایشی Experimental error	18	0.007	0.007	0.03	0.002	0.94	0.35	0.29	0.25
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)		6.27	16.63	11.39	15.67	8.04	8.70	14.82	15.60

۱- ^{ns}، * و ** به‌ترتیب نشان‌دهنده عدم معنی‌داری و معنی‌داری در سطح احتمال ۵ و ۱ می‌باشد.

1- ^{ns},* and ** are not significant, significant at 5% and 1% level of probability, respectively.

تبادلات گازی: اثر تیمارهای کودی روی صفات سرعت فتوسنتز خالص، کارایی مصرف آب و کارایی مصرف نور در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود ولی اعمال اسید هیومیک تأثیر معنی‌داری بر صفات مذکور نداشت. تیمار کود شیمیایی بالاترین سرعت فتوسنتز خالص (۱۳/۳۹ میکرومول دی‌اکسیدکربن بر مترمربع در ثانیه)، کارایی مصرف آب (٤/۱۰ میکرومول دی‌اکسیدکربن بر میلی‌مول آب) و کارایی مصرف نور (۷/۷۵ میکرومول دی‌اکسیدکربن بر میکرومول فوتون) را به خود اختصاص داد اما نسبت به تیمار تلفیق کودهای زیستی برتری معنی‌داری نداشت. کم‌ترین مقادیر صفات فوق مربوط به شاهد بود (جدول ٤). چنین به‌نظر می‌رسد که بالا رفتن سرعت فتوسنتز خالص، کارایی مصرف آب و کارایی مصرف نور با کاربرد کودهای زیستی، در نتیجه افزایش جذب نیتروژن و فسفر باشد. برگ به‌عنوان اصلی‌ترین اندام گیاهی جهت انجام عمل فتوسنتز و تولید شیره پرورده در گیاه، از نقش مهمی برخوردار است. افزایش جذب نیتروژن و فسفر به دنبال اعمال تلفیقی کودهای تثبیت‌کننده نیتروژن و حل‌کننده فسفات و اهمیت این عناصر غذایی در ساخت رنگیزه‌ها و آنزیم‌های دخیل در فتوسنتز، سرعت فتوسنتز خالص افزایش یافته و با توجه به عدم تغییر میزان تعرق، گیاه از آب موجود استفاده بهینه کرده و کارایی مصرف آب نیز افزایش پیدا کرده است. در ارتباط با کارایی مصرف نور نیز به احتمال زیاد با افزایش یافتن شاخص سطح برگ در پاسخ به جذب بیش‌تر نیتروژن، زمینه مناسب برای جذب بیش‌تر نور خورشید فراهم گردیده است و با بالا رفتن سرعت فتوسنتز خالص، کارایی مصرف نور هم بهبود یافته است. وجود همبستگی مثبت و معنی‌دار میان سرعت فتوسنتز خالص و کارایی مصرف آب و نور با میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی مطالب ذکر شده را تأیید می‌کند (جدول ٦). در گیاه ریحان نیز پاسخ گیاه به اعمال کودهای زیستی تثبیت‌کننده نیتروژن و حل‌کننده فسفات، افزایش در تعداد برگ و میزان فتوسنتز بود (۳۱).

صفات رویشی: نتایج جدول تجزیه واریانس بیانگر اثر معنی‌دار تیمارهای کودی بر اغلب صفات اندازه‌گیری‌شده در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشد. اثر ساده اسید هیومیک در صفت وزن تر اندام هوایی و اثر متقابل آن در شاخص سطح برگ در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار شد (جدول ۳).

ارتفاع بوته: تیمار تلفیق کودهای زیستی بالاترین میزان ارتفاع بوته (٤٤/۰۸ سانتی‌متر) را به خود اختصاص داد که نسبت به شاهد (۳۲/۰۷ سانتی‌متر) برتری داشت ولی با تیمار کود شیمیایی (٤۳/۸۵ سانتی‌متر) اختلاف معنی‌داری نداشت (جدول ۵). در خصوص افزایش ارتفاع بوته در پاسخ به اعمال کودهای زیستی می‌توان چنین استنباط کرد که این امر می‌تواند ناشی از افزایش جذب نیتروژن و فسفر و به دنبال آن افزایش فرآیندهای تقسیم سلولی، افزایش ساخت کلروفیل و بالا رفتن فتوسنتز گیاه باشد که نتیجه آن افزایش رشد رویشی و ارتفاع بوته است (۲٦). نتایج به‌دست آمده با نتایج پژوهش‌های هازاریکا و همکاران (۲۰۰۲) در گیاه رازیانه (*Foeniculum vulgare*. Mill) و آزاز و همکاران (۲۰۰۹) در گیاه نعناع فلفلی مطابقت دارد (٤ و ۱۲).

جدول ۳- تجزیه واریانس اثر تیمارهای کودی و اسید هیومیک بر صفات رویشی و میزان اسانس گیاه دارویی نعناع گربه‌ای.

Table 3. The results of variance analysis of the effect of fertilizer treatments and humic acid on morphological traits and essential oil content of Catnip (*Nepetacataria*).

منابع تغییرات Source of variation	درجه آزادی Degree of freedom	ارتفاع بوته Plant height	تعداد برگ Leaf number	شاخص سطح برگ Leaf area	وزن تر اندام هوایی Fresh weight of aerial parts	وزن خشک اندام هوایی Dry weight of aerial parts	میزان اسانس Essential oil content
بلوک Block	2	0.01 ns	205.68 ns	0.043 ns	1142.5 **	6.93 ns	0.02 ns
تیمارهای کودی Fertilizer treatments	4	150.48 **	19254.80 **	3.94 **	8659.58 **	462.26 **	0.17 **
اسید هیومیک Humic acid	1	17.25 ns	408.11 ns	0.64 **	4083.33 **	99.19 ns	0.0009 ns
تیمار کودی × اسید هیومیک Fertilizer treatment × Humic acid	4	0.61 ns	2137.85 ns	0.23 **	435.42 ns	27.31 ns	0.01 ns
خطای آزمایشی Experimental error	18	5.25	829.38	0.04	837.87	22.67	0.01
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)		5.86	5.6	9.23	17.86	13.75	10.33

۱- ns، * و ** به‌ترتیب نشان‌دهنده عدم معنی‌داری و معنی‌داری در سطح احتمال ۵ و ۱ می‌باشد.

1- ns,* and ** are not significant, significant at 5% and 1% level of probability, respectively.

جدول ٤- مقایسه میانگین اثر ساده تیمارهای کودی بر صفات فیزیولوژیک گیاه دارویی نعناع گربه‌ای (*Nepeta cataria* L.).

Table 4. Means comparison of the simple effect of fertilizer treatments on physiological traits of catnip (*Nepeta cataria* L.).

تیمار (Treatment)	کلروفیل a (میلی‌گرم بر گرم وزن تر) Chlorophyll a (mg.g^{-1} FW)	کلروفیل b (میلی‌گرم بر گرم وزن تر) Chlorophyll b (mg.g^{-1} FW)	کلروفیل کل (میلی‌گرم بر گرم وزن تر) Total Chlorophyll (mg.g^{-1} FW)	کاروتنوئید (میلی‌گرم بر گرم وزن تر) Cartenoid (mg.g^{-1} FW)	سرعت فتوسنتز خالص (میکرومول دی‌اکسیدکربن بر مترمربع در ثانیه) Net photosynthesis rate (µmol CO_2.m^{-2}.s^{-1})	کارایی مصرف نور(میکرومول‌دی اکسید کربن‌برمیکرومول فوتون) Radiation use efficiency (µmol CO_2.µmol photon^{-1})	سرعت تعرق (میلی‌مول‌آب بر مترمربع در ثانیه) Transpiration rate (mmol H_2O.m^{-2}.s^{-1})	کارایی مصرف آب (میلی‌مول آب بر مترمربع در ثانیه) Water use efficiency (µmol CO_2.mmol H_2O^{-1})
شاهد Control	1.15 ^{c}	0.30 ^{c}	1.32 ^{c}	0.22 ^{c}	9.88 ^{c}	5.82 ^{c}	3.41 ^{a}	2.35 ^{c}
کود زیستی تثبیت‌کننده نیتروژن Nitrogen fixing biological fertilizer	1.33 ^{b}	0.50 ^{b}	1.56 ^{b}	0.30 ^{ab}	12.06 ^{b}	6.58 ^{b}	3.54 ^{a}	3.08 ^{b}
کود زیستی حل‌کننده فسفات Phosphate solubilizing biological fertilizer	1.30 ^{b}	0.49 ^{b}	1.55 ^{b}	0.28 ^{b}	11.89 ^{b}	6.54 ^{b}	3.45 ^{a}	2.99 ^{b}
تلفیق دو نوع کود زیستی Combination of two types of biological fertilizer	1.44 ^{a}	0.56 ^{a}	1.80 ^{a}	0.31 ^{ab}	13.32 ^{a}	7.31 ^{a}	3.84 ^{a}	3.70 ^{a}
کود شیمیایی Chemical fertilizer	1.48 ^{a}	0.67 ^{a}	1.92 ^{a}	0.35 ^{a}	13.39 ^{a}	7.75 ^{a}	4.03 ^{a}	4.10 ^{a}
LSD	0.10	0.10	0.22	0.05	1.18	0.71	0.65	0.61

۱- اعداد دارای حروف مشترک در هر ستون دارای اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد نمی‌باشند.

1- Numbers with same letters in each column have not significant difference at the 5% level of probability.

جدول ۵- مقایسه میانگین اثر ساده تیمارهای کودی بر صفات رویشی و میزان اسانس گیاه دارویی نعناع گربه‌ای (*Nepeta cataria* L.).

Table 5. Means comparison of the simple effect of fertilizer treatments on growth traits and essential oil content of Catnip (*Nepeta cataria* L.).

تیمار (Treatment)	ارتفاع بوته (سانتی‌متر) Plant height (cm)	تعداد برگ Leaf number	وزن تر اندام هوایی (گرم در هر بوته) Fresh weight of aerial parts (g)	وزن خشک اندام هوایی (گرم در هر بوته) Dry weight of aerial parts (g)	میزان اسانس (درصد) Essential oil content (%)
شاهد Control	32.07 ^{c}	452.80 ^{c}	123.33 ^{c}	25.43 ^{c}	0.86 ^{c}
کود زیستی تثبیت‌کننده نیتروژن Nitrogen fixing biological fertilizer	37.79 ^{b}	511.71 ^{b}	126.67 ^{bc}	27.08 ^{c}	1.15 ^{b}
کود زیستی حل‌کننده فسفات Phosphate solubilizing biological fertilizer	37.73 ^{b}	460.19 ^{c}	160 ^{b}	33.25 ^{b}	1.30 ^{a}
تلفیق دو نوع کود زیستی Combination of two types of biological fertilizer	44.08 ^{a}	561.37 ^{a}	203.33 ^{a}	44.37 ^{a}	1.18 ^{ab}
کود شیمیایی Chemical fertilizer	43.85 ^{a}	576.93 ^{a}	198.33 ^{a}	42.99 ^{a}	1.22 ^{ab}
LSD	2.78	34.93	35.11	5.77	0.14

۱- اعداد دارای حروف مشترک در هر ستون دارای اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد نمی‌باشند.

1- Numbers with same letters in each column have not significant difference at the 5% level of probability.

جدول ٦- همبستگی میان صفات فیزیولوژیکی، رویشی و میزان اسانس گیاه نعناع گربه‌ای (*Nepeta cataria* L.).

Table 6. The correlation between physiological and growth traits and essential oil content of Catnip (*Nepeta cataria* L.).

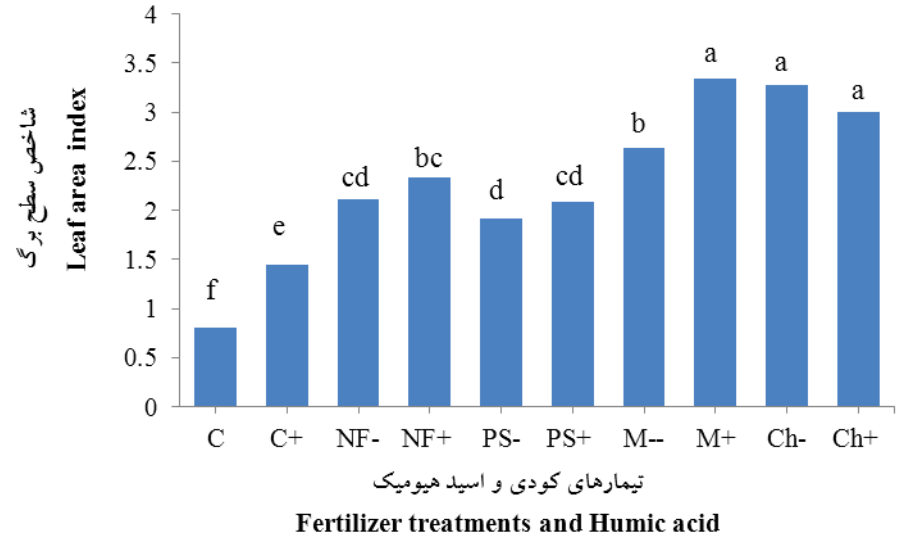
ردیف Row	صفات Traits	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	کلروفیل a Chlorophyll a	1													
2	کلروفیل b Chlorophyll b	0.66**	1												
3	کلروفیل کل Total chlorophyll	0.62**	0.69**	1											
4	کاروتنوئید Carotenoid	0.73**	0.70**	0.68**	1										
5	سرعت فتوسنتز خالص Net photosynthesis rate	0.76**	0.66**	0.56**	0.73**	1									
6	کارایی مصرف نور Light use efficiency	0.62**	0.64**	0.74**	0.69**	0.72**	1								
7	سرعت تعرق Transpiration rate	0.33^{ns}	0.13^{ns}	0.42*	0.28^{ns}	0.22^{ns}	0.24^{ns}	1							
8	کارایی مصرف آب Water use efficiency	0.63**	0.72**	0.70**	0.72**	0.76**	0.83**	0.34^{ns}	1						
9	ارتفاع بوته Plant height	0.75**	0.61**	0.64**	0.53**	0.84**	0.70**	0.34^{ns}	0.67**	1					
10	تعداد برگ Leaf number	0.75**	0.61**	0.66**	0.63**	0.70**	0.62**	0.33^{ns}	0.66**	0.77**	1				
11	شاخص سطح برگ Leaf area index	0.79**	0.76**	0.74**	0.72**	0.83**	0.80**	0.29^{ns}	0.77**	0.88**	0.76**	1			
12	وزن تر اندام هوایی Fresh weight of aerial parts	0.51**	0.46**	0.61**	0.33^{ns}	0.62**	0.62**	0.29^{ns}	0.64**	0.75**	0.59**	0.63**	1		
13	وزن خشک اندام هوایی Dry weight of aerial parts	0.64**	0.52**	0.62**	0.55**	0.64**	0.69**	0.33^{ns}	0.66**	0.77**	0.63**	0.76**	0.78**	1	
14	میزان اسانس Essential oil content	0.47**	0.38*	0.43*	0.32*	0.50**	0.34^{ns}	0.32^{ns}	0.33^{ns}	0.57**	0.28^{ns}	0.50**	0.44*	0.40*	1

۱- ^{ns}، * و ** به‌ترتیب نشان‌دهنده عدم معنی‌داری و معنی‌داری در سطح احتمال ۵ و ۱ می‌باشد.

1- ^{ns},* and ** are not-significant, significant at 5% and 1% level of probability, respectively.

تعداد و شاخص سطح برگ: مقایسه میانگین این صفات بیانگر این است که بیش‌ترین تعداد برگ مربوط به تیمار کود شیمیایی (۵۷٦/۹۳ عدد) بود که از نظر آماری با تیمار تلفیق کودهای زیستی (۵٦۱/۳۷ عدد) تفاوت معنی‌داری نداشت و کم‌ترین تعداد برگ نیز مربوط به شاهد (٤۵۲/۸۰ عدد) بود (جدول ۵). اثر متقابل تیمارهای کودی و اسید هیومیک بر شاخص سطح برگ (شکل ۱) نشان داد بیش‌ترین مقدار این صفت در تیمارهای کاربرد توأم تلفیق کود دو نوع زیستی و اسید هیومیک (۳/۳٤) و کود شیمیایی (۳/۲۸) مشاهده شد که با هم تفاوت معنی‌داری نداشتند. کم‌ترین میزان شاخص سطح برگ مربوط به شاهد بود. کاربرد جداگانه اسید هیومیک نسبت به شاهد افزایش معنی‌داری نشان داد و تیمار کاربرد توأم تلفیق کودهای زیستی و اسید هیومیک نیز نسبت به تیمار تلفیق کودهای زیستی، افزایش معنی‌داری در صفت شاخص سطح برگ داشت. در سایر تیمارهای کودی کاربرد هم‌زمان اسید هیومیک و کود زیستی، مفید بوده اما تفاوت معنی‌داری با کاربرد کودهای زیستی به تنهایی نداشت. تأثیر نیتروژن و فسفر به‌عنوان محرک رشد رویشی در افزایش تعداد و شاخص سطح برگ توسط بخشنده لاریمی و همکاران (۲۰۱٤) و ویسانی و همکاران (۱۳۹۱) در گیاه نعناع فلفلی گزارش شده است (۵ و ۳۱). علت افزایش تعداد و شاخص سطح برگ این گیاه در پاسخ به اعمال تلفیق کودهای زیستی و کود شیمیایی مذکور می‌تواند افزایش جذب نیتروژن به دنبال افزایش تثبیت نیتروژن جوّی به فرم آمونیوم باشد. زیرا این عنصر با اثرگذاری بر فرآیندهای تقسیم سلولی و ساخت کلروفیل باعث افزایش رشد رویشی، ارتفاع و تعداد شاخه‌های جانبی و در نهایت منجر به افزایش تعداد برگ و شاخص سطح برگ در گیاه می گردد. جذب بیش‌تر فسفر نیز میزان فتوسنتز را افزایش داده است که نتیجه آن افزایش تعداد و شاخص سطح برگ است (۲٦). از آن‌جا که اسید هیومیک یک ترکیب آلی می‌باشد و باکتری‌های خاکزی از آن به‌عنوان منبعی جهت تامین انرژی مورد نیاز خود جهت فعالیت و تولیدمثل استفاده می‌کنند می‌توان چنین استنباط کرد که به احتمال زیاد بخشی از اسید هیومیک توسط باکتری‌ها مصرف و تجزیه شده است و همین امر منجر به عدم معنی‌دار شدن اثر این ترکیب در اغلب تیمارها گردیده است (۲۹).

وزن تر و خشک اندام هوایی: بیش‌ترین وزن تر اندام هوایی با کاربرد تلفیقی کودهای زیستی (۲۰۳/۳۳ گرم در بوته) حاصل شد که نسبت به شاهد (۱۲۳/۳۳ گرم در بوته) برتری داشت اما با کاربرد کود شیمیایی (۱۹۸/۳۳ گرم در بوته) تفاوت معنی‌داری نداشت. کاربرد اسید هیومیک نیز به تنهایی توانست بر وزن تر اندام هوایی اثر معنی‌داری داشته باشد. در ارتباط با وزن خشک اندام هوایی نیز نتایج جدول مقایسه میانگین نشان داد بیش‌ترین وزن خشک اندام هوایی در تیمار تلفیق کودهای زیستی (٤٤/۳۷ گرم در بوته) مشاهده گردید که با تیمار کود شیمیایی (٤۲/۹۹ گرم در بوته) تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۵). این نتایج با یافته‌های اردوخانی و همکاران (۲۰۱۱) و ویسانی و همکاران (۱۳۸۹) در گیاه ریحان و پورهادی (۱۳۹۰) در گیاه نعناع فلفلی مطابقت دارد (۲۱، ۲۲ و ۳۱). با توجه به نتایج به‌دست آمده به احتمال زیاد باکتری‌های موجود در کودهای زیستی از طریق تولید هورمون‌های رشد مانند اکسین، جیبرلین و سیتوکینین و همچنین کمک به فرآیند ریشه‌زایی در گیاه باعث افزایش جذب عناصری مانند نیتروژن و فسفر گردیده که با توجه به نقش مهم این دو عنصر در ساخت کلروفیل و پروتئین‌های دخیل در فتوسنتز، افزایش جذب آن‌ها منجر به افزایش فتوسنتز و به دنبال آن افزایش تولید ماده خشک و وزن خشک اندام هوایی شده است. جذب نیتروژن بیش‌تر در گیاه نیز منجر تقسیم سلولی بیش‌تر، بالا رفتن میزان آب بافت‌های گیاه و افزایش وزن تر اندام هوایی گردیده است (۱۸). وجود همبستگی مثبت و معنی‌دار میان صفات رویشی و با میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی و نرخ فتوسنتز خالص مطالب ذکرشده را تأیید می‌کند (جدول ٦).



شکل ۱- اثر متقابل تیمارهای کودی و اسید هیومیک بر شاخص سطح برگ گیاه نعناع گربه‌ای (*Nepeta cataria* L.).

ستون‌های دارای حروف مشابه، نشان‌دهنده عدم وجود تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون LSD می‌باشد.

C: شاهد، NF: کود زیستی تثبیت‌کننده نیتروژن، PS: کود زیستی حل‌کننده فسفات، M: تلفیق دو نوع کود زیستی، Ch: کود شیمیایی، - : عدم کاربرد اسید هیومیک، + : کاربرد اسید هیومیک

Figure 1. The interaction effect of fertilizer treatment and humic acid on leaf area index of catnip (*Nepeta cataria* L.)
The similar letters on columns are not-significant at 5% level of probability in LSD test. LSD value: 0.36.

C: Control, NF: Nitrogen fixing biological fertilizer, PS: Phosphate solubilizing biological fertilizer, M: Combination of two types of biological fertilizer, Ch: Chemical fertilizer, - : Non application of humic acid, + : Application of humic acid.

میزان اسانس: با توجه به نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۳) اثر تیمارهای کودی بر میزان اسانس در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار گردید. اثر ساده اسید هیومیک و همچنین اثر متقابل اسید هیومیک با تیمارهای کودی بر این صفت از نظر آماری معنی‌دار نبود. بیش‌ترین میزان اسانس (۱/۳۰ درصد) در تیمار کود زیستی حل‌کننده فسفات حاصل شد که نسبت به تیمارهای کود شیمیایی (۱/۲۲ درصد)، تلفیق دو کود زیستی (۱/۱۸ درصد) و کود زیستی تثبیت‌کننده نیتروژن (۱/۱۵ درصد) تفاوت معنی‌داری وجود نداشت ولی نسبت به شاهد (۰/۸۶ درصد) برتری معنی‌داری داشت (جدول ۵). با توجه به این نکته که در مسیر ساخت اجزای اسانس، پیش‌ماده‌هایی مانند ایزوپنتنیل پیروفسفات، دی متیل آلیل پیروفسفات و ژرانیل پیروفسفات، عنصر فسفر نقشی ساختاری و حیاتی دارد، به‌نظر می‌رسد که تیمار گیاهان با کود زیستی حل‌کننده فسفات منجر به افزایش جذب فسفر توسط گیاه گردیده و مقدار ترکیبات پیش‌ماده مذکور افزایش یافته است. از سوی دیگر با توجه به نقش این عنصر در مولکول‌های حامل انرژی (ATP و NADPH) می‌توان چنین استدلال کرد که افزایش میزان اسانس در پاسخ به افزایش میزان ترکیبات پیش‌ماده و مولکول‌های حامل انرژی بوده است (۷). ویسانی و همکاران (۱۳۹۱) نیز گزارش نمودند که بیش‌ترین میزان اسانس با کاربرد کود شیمیایی حاصل شد اما با تیمار کود زیستی حل‌کننده فسفات تفاوت

معنی‌داری نداشت (۳۱). نتایج مشابهی در گیاه زیره سبز گزارش شد (۲۸).

نتیجه‌گیری کلی

با توجه به نتایج به‌دست آمده در این پژوهش به‌نظر می‌رسد کاربرد کودهای زیستی دارای تأثیر مثبت بر شاخص‌های رویشی، فیزیولوژیک و میزان اسانس گیاه نعناع گربه‌ای بود و این امر در مطالعات انجام شده توسط سایر پژوهش‌گران در گیاهان دارویی مورد تأیید قرار گرفته است. با توجه به تأثیر مفید ولی عدم معنی‌دار اسید هیومیک به‌نظر می‌رسد این مکمل گیاهی در دراز مدت می‌تواند بر رشد و فیزیولوژی این گیاه دارویی تأثیر مثبتی به همراه داشته باشد. بسیاری از پژوهش‌های صورت گرفته در ارتباط با اسید هیومیک عموماً بر محلول پاشی آن متمرکز بوده است، بنابراین انجام پژوهش‌های بیش‌تر بر مصرف خاکی این مکمل ضروری به‌نظر می‌رسد. در پژوهش حاضر، کاربرد تلفیق کودهای زیستی دارای عملکردی مشابه با تیمار کود شیمیایی در اغلب صفات بود و این مطلب نویدبخش آن است که در آینده‌ای نزدیک می‌توان کودهای زیستی را جایگزین حداقل بخشی از کودهای شیمیایی مورد مصرف نمود.

سپاسگزاری

نویسندگان مقاله از دانشگاه شهید چمران اهواز و شرکت زیست فناور سبز به جهت حمایت‌های مالی از طرح، سپاسگزاری می‌نمایند.

منابع

1.Aiken, G.R., McKnight, D.M., Wershaw, R.L. and MacCarthy, P. 1985. Humic substances in soil, sediment, and water: geochemistry, isolation and characterization. Wiley Pub. New Jersey, United States, 692p.

2.Amoaghaei, R. and Mostageran, A. 2008. Plant-bacteria symbiosis assistance systems. Isfahan Univ. Pub. 3: 23. (In Persian)

3.Arnon, D.I. 1949. Copper enzymes in isolated chloroplasts, polyphenol oxidase in *Beta vulgaris*. Plant Physiol. 24: 1. 1-15.

4.Azzaz, N.A., Hassan, E.A. and Hamad, E.H. 2009. The chemical constituent and vegetative and yielding characteristics of Fennel plants treated with organic and biofertilizer instead of mineral fertilizer. Aust. J. Basic Appl. Sci. 3: 2. 579-587.

5.Bakhshandeh Larimi, S., Shakiba, M.R., Dabbagh Mohammadinasab, A. and Moghaddam Vahed, M. 2014. Changes in nitrogen and chlorophyll density and leaf area of sweet basil (*Ocimum basilicum* L.) affected by biofertilizer and nitrogen application. Int. J. Biosci. 9: 5. 256-265.

6.Carrubba, A.R., Torre, L. and Matranga, A. 2002. Cultivation trials of some aromatic and medicinal plants in a semi-arid Mediterranean environment. Acta Hort. 576: 207-213.

7.Degenhardt, J., Kollner, T.G. and Gershenzon, J. 2009. Monoterpene and sesquiterpene syntheses and the origin of terpene skeletal diversity in plants. Phytochem. 70: 15. 1621-1637.

8.Fallahi, J., Koochaki, A. and Rezvanimoghadam, P. 2010. Evaluation of biological fertilizers on qualitative and quantitative yields of German chamomile (*Matricaria chamomilla*). Iran. J. Field Crop Res. 7: 1. 127-135. (In Persian)

9.Gewaily, E.M., Fatma, I., El-Zamik, T., El-Hadidy, T., Abd El-Fattah, H.I. and Salem, S.H. 2006. Efficiency of bio-fertilizers, organic and inorganic amendments application on growth and essential oil of marjoram (*Majorana hortensis* L.) plants grown in sandy and calcareous soils. Zagazig J. Agric. Res. 33: 205-230.

10.Han, H., Supanjani, K. and Lee, D. 2006. Effect of co-inoculation with phosphate and potassium solubilizing bacteria on mineral uptake and growth of pepper and cucumber. Plant Soil Environ. 52: 3. 130-136.
11.Harbone, J.B. and Dey, P.M. 1997. Plant biochemistry. Academic Press, New York, United States, 554p.
12.Hazarika, D.K., Talukdar, N.C., Phookan, A.K., Saikia, U.N., Das, B.C. and Deka, P.C. 2002. Influence of vesicular arbascular mycorrhizal fungi and phosphate solubilizing bacteria on nursery establishment and growth of tea seeding in Assam. Symp. (12). Assam Agric. Uni. Bangkok (Thailand).
13.Heidari, M. and Khalili, S. 2014. The effect of humic and phosphorus fertilizer on yield of seed and Flower, photosynthetic pigments and amounts of mineral elements in hibiscus (*Hisbiscus sabdariffa*). Iran. J. Field Crop Sci. 45: 2. 191-199. (In Persian)
14.Heidari, M. and Minaei, A. 2014. The effect of drought and humic acid on yield of flower and mineral nutrient concentration in borage (*Borago officinalis*). J. Plant Prod. Res. 21: 1. 167-182. (In Persian)
15.Koochaki, A., Tabrizi, L. and Ghorbani, R. 2008. Effect of biofertilizers on agronomic and quality criteria of hyssop (*Hyssopus officinalis* L.). Iran. J. Field Crop Res. 1: 6. 588-91. (In Persian)
16.Maccarthy, P. 2001. The principles of humic substances. Soil Sci. 166: 11. 738-751.
17.Mahmoodi Surestani, M. 2013. Diurnal variations of gas exchange characteristics in leaves of anisehyssop (*Agastache foeniculum*) under normal, drought stress and recovery conditions. J. Med. Plants By-Prod. 1: 91-101.
18.Mehrafarin, A., Naghdiabadi, H.A., Purhadi, M., Ghavami, N. and Kadkhoda, Z. 2012. Phytochemical and crop response of peppermint (*Mentha piperita* L.) to application of biological and urea fertilizers. J. Med. Plant. 10: 4. 107-118. (In Persian)
19.Nadjafi, F., Mahdavi Damghani, M., Tabrizi, L. and Nejad Ebrahimi, S. 2014. Effect of biofertilizers on growth, yield and essential oil content of thyme (*Thymus vulgaris* L.) and sage (*Salvia officinalis* L.). J. Essent. Oil Bear. Plant. 17: 2. 237-250.
20.Omidbaigi, R. 2014. Production and processing of medicinal plants. Astan Ghuds Razavi Pub. 4: 423. (In Persian)
21.Ordookhani, K., Sharafzadeh, Sh. and Zare, M. 2011. Influence of PGPR on growth, essential oil and nutrients uptake of sweet basil. Adv. Environ. Biol. 5: 4. 672-7.
22.Pourhadi, M. 2011. Effect of biofertilizers on yield and essential oil of peppermint (*Mentha piperita* L.). J. Herb Drug. 2: 2. 137-148. (In Persian)
23.Ratti, N., Kumar, S., Verma, H.N. and Gautam, S.P. 2001. Improvement in bioavailability of tricalcium phosphate to *Cymbopogon martinii* var. motia by rhizobacteria, AMF and *Azospirillum* inoculation. Microbiol. Res. 156: 2. 145-149.
24.Rezaee Chianeh, I., Pirzad, A. and Fargami, A. 2015. The effect of bacteria suppliers nitrogen, phosphorus and sulfur on seed yield and essential oil of cumin (*Cuminum cyminum* L.). J. Sust. Agri. Prod. Sci. 24: 4. 71-83. (In Persian)
25.Saeidnejad, A.M. and Rezvanimoghadam, P. 2010. Evaluation of biological and chemical fertilizers on morphological characteristics, yield, yield components and essential oil content of Cumin (*Cuminum cyminum*). J. Hort. Sci. 24: 1. 38-44. (In Persian)
26.Saikia, S.P., Dutta, S.P., Goswami, A., Bhau, B.S. and Kanjilal, P.B. 2010. Role of *Azospirillum* in the improvement legumes. P 389-408, In: Khan, M.S., Zaidi, A. and Musarrat, Javed. Microbes for Legume Improvment. Springer, London.
27.Sturz, A.V. and Christie, B.R. 2003. Beneficial microbial Allelopathies in the root zone: The management of soil quality and plant disease with rhizobactria. Soil Till. Res. 72: 2. 107-123.
28.Talaei, G.H., Amini Dehaghi, M. and shakati, B. 2014. Effects of biological fertilizers on quantitative and qualitative yield of cumin medicinal plant (*Cuminum cyminum* L.). Inter. J. Biosci. 4: 11. 257-264.

29.Tikhonov, V.V., Yakushev, A.V., Zavgorodnyaya, Y.A., Byzov, B.A. and Demin, V.V. 2010. Effects of humic acids on the growth of bacteria. Eurasia Soil Sci. 43: 3. 305-313.
30.Tucker, A.O. and Tucker, S.S. 1988. Catnip and the catnip response. Econ. Bot. 42: 2. 214-231.
31.Veisani, V., Rahimzadeh, S. and Sohrabi, Y. 2012. Effect of biological fertilizer on morphological and physiological parameters and essential oil content of *Ocimum basilicum* L. Iran. J. Med. Arom. Plant. 28: 1. 73-87. (In Persian)