پاسخ خصوصیات زراعی و کیفیت اسانس بابونه آلمانی (*Matricaria chamomilla* L.) به سطوح مختلف بیوچار و کودهای زیستی

کاظم طالشی*[۱]، نوشین اصولی[۱]، هادی خاوری[۲]

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۰/۱۴ تاریخ پذیرش:۱۴۰۲/۰۴/۲۴)

چکیده

به‌منظور بررسی تأثیر سطوح مختلف بیوچار و کودهای زیستی میکوریزا آربسکولار و *آزوسپیریلوم لیپوفروم* بر خصوصیات زراعی و کیفیت اسانس بابونه آلمانی، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۱۲ تیمار و سه تکرار در منطقه بیرانشهر از توابع شهرستان خرم آباد در سال زراعی ۹۹ -۱۳۹۸ اجرا شد. فاکتورها شامل کاربرد بیوچار (تهیه شده از چوب درخت انار) در سه سطح (صفر، ۱۰ و ۲۰ تن در هکتار) و تلقیح کودهای زیستی شامل (بدون تلقیح (شاهد)، تلقیح با میکوریزا آربسکولار، تلقیح با *آزوسپیریلوم لیپوفروم* و تلقیح دوگانه میکوریزا آربسکولار و *آزوسپیریلوم لیپوفروم*) بودند. نتایج نشان داد که اثر متقابل بیوچار و کودهای زیستی بر تعداد شاخه در بوته، قطر طبق گل، تعداد گل در بوته، عملکرد زیست‌توده، عملکرد اقتصادی (گل تازه)، میزان کارتنوئید و عملکرد اسانس در سطح احتمال یک درصد و بر ارتفاع بوته و درصد اسانس در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد. استفاده تلفیقی از بیوچار و کودهای زیستی در تیمار کاربرد ۲۰ تن در هکتار بیوچار و تلقیح دوگانه میکوریزا و *آزوسپیریلوم لیپوفروم* در مقایسه با سایر تیمارهای کودی، دارای بالاترین مقادیر عملکرد زیست‌توده (۱۷۴/۳ گرم در تک بوته)، عملکرد اقتصادی (۵۶/۳ گرم در بوته)، درصد اسانس (۰/۴۴۰ درصد) و عملکرد اسانس (۲۴/۶ گرم در بوته) بودند. همچنین کاربرد ۲۰ تن در هکتار بیوچار نسبت به سایر تیمارها، میزان فلاونوئید کل (۰/۴۳ درصد) و کارتنوئید (۱/۵۶ میلی‌گرم بر گرم) بیشتری را نشان داد؛ و بیشترین درصد کامازولن (۰/۰۹ درصد) در تیمار تلقیح دوگانه میکوریزا و *آزوسپیریلوم لیپوفروم مشاهده گردید*. یافته‌ها نشان داد که کاربرد بیوچار به‌عنوان یک کود آلی با منشأ طبیعی همراه با تلقیح کودهای زیستی موجب افزایش کیفیت و کمیت فرآورده‌های تولید شده گیاه دارویی بابونه در مزرعه و همچنین حفظ تعادل محیط زیست می‌شود.

واژه‌های کلیدی: *آزوسپیریلوم لیپوفروم*، درصد کامازولن، عملکرد اسانس، کارتنوئید، میکوریزا

طالشی ک.، اصولی ن.، خاوری ه. ۱۴۰۳. پاسخ خصوصیات زراعی و کیفیت اسانس بابونه آلمانی (*Matricaria chamomilla* L.) به سطوح مختلف بیوچار و کودهای زیستی. تحقیقات کاربردی خاک. جلد ۱۲، شماره ۱. صفحه: ۵۶-۶۷.

۱- گروه زراعت، واحد خرم آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، خرم آباد، ایران

۲- باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، واحد خرم آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، خرم آباد، ایران

* پست الکترونیک: kazem_taleshi@yahoo.com

مقدمه

استفاده بی‌رویه از کودها و سموم شیمیایی در کشاورزی باعث مشکلات زیست محیطی شده است. از طرفی استفاده از کودهای آلی و زیستی در برنامه‌های مدیریتی می‌توانند موجب کاهش مصرف نهاده‌های شیمیایی شوند (کمالی علی‌آباد و همکاران، ۱۴۰۱). هدف اصلی کشاورزی پایدار، استفاده از کودهای آلی و زیستی در نظام‌های زراعی، با هدف حذف یا کاهش قابل ملاحظه نهاده‌های شیمیایی است (Patel *et al*. 2010). کودهای زیستی، متشکل از ریزجانداران مفیدی هستند که هر یک به‌منظور خاص، از جمله تثبیت زیستی نیتروژن، رهاسازی یون‌های فسفات، پتاسیم، آهن، جذب عناصر پرنیاز و کم‌نیاز و غیره تولید می‌شوند. این ریزجانداران، در اطراف ریشه مستقر می‌شوند و با افزایش حاصلخیزی خاک، افزایش جذب عناصر توسط گیاه را بهبود می‌بخشند (Singh *et al*. 2011).

گیاه دارویی بابونه (*Matricaria chamomilla* L.)، یکی از گیاهان دارویی متعلق به تیره کاسنی (Asteraceae) است. کاپیتول‌های (مرکز گل گیاه) این گیاه، دارای اسانسی است که در طب سنتی، در تولید داروهای گیاهی تقویت کننده سیستم گوارشی، رفع زخم معده، اشتها آور، هضم کننده غذا، ضد تشنج و ضد اسهال، رفع کم خوابی و التیام دهنده زخم، مورد استفاده قرار می‌گیرد. ماده مؤثره اصلی اسانس، کامازولن نام دارد که دارای اثرات ضد باکتریایی و ضد قارچی است (خاتمی و همکاران، ۱۳۹۷). در کشاورزی، بهبود و حفظ باروری خاک دارای اهمیت ویژه‌ای برای تامین نیاز مواد غذایی جمعیت رو به رشد دارد. مدیریت صحیح حاصلخیزی خاک سبب تامین مواد غذایی مورد نیاز گیاه و در نتیجه افزایش عملکرد می‌شود. دستیابی به عملکرد زیست‌توده بالای گیاه می‌تواند با ایجاد یک سیستم ریشه فعال میسر گردد که با وجود ترکیبات آلی ریزوسفر تسهیل می‌شود (Mandel *et al*. 2007).

مواد آلی از مهم‌ترین نهاده‌ها در خاک هستند که امکان رشد ریشه گیاه را فراهم می‌کند و نیز بر بهبود جذب آب و مواد آلی توسط گیاه تأثیر گذار است. از طرفی، کود آلی می‌تواند موجب افزایش مواد آلی خاک و کاهش وزن مخصوص ظاهری خاک (داوری نژاد و همکاران، ۱۳۸۳)، افزایش تخلخل و ظرفیت نگهداری آب خاک شود و از تغییر اسیدیته خاک جلوگیری کرده و موجب رهاسازی عناصر غذایی موردنیاز گیاه شود. یکی از کودهای آلی، بیوچار است که طی سال‌های اخیر استفاده از آن در کشاورزی رواج پیدا کرده است (گویلی و همکاران، ۱۳۹۵). بیوچار، یک ماده متخلخل و غنی از کربن است که در واقع ساختار آروماتیک چند حلقه‌ای آن سبب پایداری در محیط و ذخیره و ترسیب کربن در خاک می‌شود (خان محمدی و همکاران، ۱۳۹۴). براساس نوع زیست توده‌ای که بیوچار از آن تولید می‌شود، بیوچارها حاوی مقادیر زیادی عناصر غذایی هستند که می‌تواند جوانه‌زنی بذر را تحت تأثیر قرار دهد (Gaskin *et al*. 2008) و باعث احیای علفزار در چندین زیستگاه تخریب شده گردد (Ohsowski *et al*. 2017). همچنین بیوچار به عنوان اصلاح کننده ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک شناخته شده است (بهزادی و همکاران، ۱۳۹۵). افزودن بیوچار به خاک باعث تغییر در برخی ویژگی‌های خاک مانند pH، مقدار کربن آلی و همچنین قابلیت استفاده برخی عناصر پرنیاز و کم نیاز به خصوص پتاسیم و افزایش ظرفیت زراعی و کاهش تخلخل خاک می‌گردد (نجفی قیری، ۱۳۹۴). عباس پور و همکاران (۱۳۹۶) در تحقیق تأثیر کاربرد بیوچار بر عملکرد و اجزای عملکرد سیاه دانه (*Nigella sativa* L.) در شرایط کم آبیاری نشان داد که تیمار بیوچار تأثیر معنی‌داری بر ارتفاع بوته، تعداد شاخه‌های فرعی و تعداد فولیکول در بوته نداشت اما بر روی وزن هزار دانه و عملکرد دانه تاثیر معنی‌داری داشته است.

امروزه، استفاده از کودهای زیستی یکی از مؤثرترین شیوه‌های مدیریتی برای حفظ کیفیت خاک در سطح مطلوب محسوب می‌گردد، و تلقیح گیاهان با میکروارگانیسم‌های مفید خاکزی، یکی از روش‌های افزایش رشد و عملکرد گیاهان می‌باشد (دست‌برهان و همکاران، ۱۳۸۹). کودهای زیستی به عنوان یک مکمل و یا در برخی شرایط جایگزین مناسبی برای کودهای شیمیایی با هدف افزایش باروری خاک و تولید محصولات در کشاورزی پایدار محسوب می‌شوند (Kizilkaya, 2008). کودهای زیستی در مقایسه با کودهای شیمیایی مزیت‌های قابل توجهی دارند از جمله این که موجب محلول‌سازی عناصر غذایی مهم از جمله فسفر در خاک می‌شوند، به توسعه و رشد بیشتر ریشه کمک می‌کنند، موجب اصلاح خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک شده و حاصلخیزی خاک را افزایش می‌دهند و همچنین از نظر اقتصادی مقرون به صرفه و از دیدگاه زیست محیطی قابل پذیرش هستند (Kizilkaya, 2008; Kucuk, 2011).

کودهای زیستی تولیدی شامل انواع گوناگون از باکتری‌ها یا قارچ‌های زنده‌ای هستند که توانایی تثبیت زیستی نیتروژن یا حل کردن و افزایش جذب فسفات موجود در خاک را دارند (Amirabadi *et al*., 2009; Khavari & shakarami, 2019). این میکروارگانیسم‌ها با تولید مقادیر قابل ملاحظه‌ای از هورمون‌های تحریک‌کننده رشد به‌ویژه انواع اکسین، جیبرلین و سیتوکنین، رشد و نمو و عملکرد گیاهان را تحت تأثیر قرار می‌دهند (Kizilkaya, 2008). محققان گزارش کردند که اثر کودهای زیستی حاوی باکتری‌های ازتوباکتر، سودوموناس و قارچ میکوریزا بر تعداد شاخه اصلی، گل آذین در بوته، قطر گل، عملکرد گل خشک و عملکرد اسانس گیاه دارویی بابونه آلمانی، مثبت و معنی‌دار بوده است (زند و همکاران، ۱۳۹۶).

دست‌برهان و همکاران (۱۳۸۹) در بررسی پاسخ صفات مورفولوژیک بابونه آلمانی تحت تأثیر باکتری‌های محرک رشد گزارش کردند که تلقیح با باکتری محرک رشد به ویژه باکتری *آزوسپیریلوم لیپوفروم* به‌طور معنی‌داری سبب بهبود ارتفاع بوته، قطر ساقه اصلی، تعداد شاخه فرعی، تعداد گل در بوته، وزن خشک گل، برگ، ساقه و وزن خشک کل تک بوته گردید. کهن‌مو و همکاران (۱۳۹۴) در بررسی پاسخ عملکرد کمی و کیفی سه اکوتیپ بابونه به کاربرد کودهای زیستی میکوریزا و فسفات زیستی گزارش نمودند که عملکرد گل، بازده اسانس و مقدار کامازولن تحت تأثیر کاربرد کودهای زیستی قرار گرفت. همچنین نتایج این بررسی نشان‌دهنده توانایی تولید مطلوب گیاه بابونه تحت تأثیر کودهای زیستی در شرایط مزرعه بود.

کمالی علی‌آباد و همکاران (۱۴۰۱) در بررسی اثر کاربرد بیوچار و کودهای زیستی بر صفات مورفولوژیک و ترکیبات عصاره گیاه دارویی سرخارگل (*Echinacea purpurea* L.) گزارش کردند که گیاهان کشت شده تحت تیمار ترکیبی بیوچار و کودهای زیستی در مقایسه با سایر تیمارهای کودی، دارای بالاترین مقادیر طول ریشه، وزن خشک شاخساره، سطح برگ و ترکیبات فنلی بودند. واحدی و رسولی صدقیانی (۱۳۹۷) در بررسی تأثیر کاربرد بیوچار و کودهای زیستی بر فراهمی عناصر پرنیاز و عملکرد گندم گزارش کردند که استفاده از باکتری‌های محرک رشد (PGPR) و مقادیر مناسب بیوچار ضمن افزایش فراهمی عناصر پرنیاز در خاک جذب این عناصر برای گیاهان را بهبود بخشید.

با توجه به اهمیت نهاده‌های کشاورزی در توسعه پایدار و لزوم ورود به عرصه‌های جدید تولید، شناخت و کاربرد کودهای آلی و زیستی و تأثیر آنها بر گیاهان دارویی ضروری به نظر می‌رسد. در این راستا در این تحقیق، تأثیر بیوچار و کودهای زیستی میکوریزا آربسکولار و *آزوسپیریلوم لیپوفروم* بر عملکرد کمی و کیفی گیاه دارویی بابونه مورد ارزیابی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

این آزمایش طی سال زراعی ۹۹ -۱۳۹۸ در مزرعه‌ای واقع در منطقه بیرانشهر از توابع شهرستان خرم آباد استان لرستان با طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۳۲ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۳ درجه و ۳۹ دقیقه شمالی و ارتفاع ۱۶۶۲ متر از سطح دریا اجرا شد. قبل از انجام آزمایش از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری خاک از چندین نقطه زمین جهت تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه نمونه برداری شد (جدول ۱)

جدول ۱- ویژگی‌های اولیه خاک مورد مطالعه

Table 1. General properties of the studied soil

parameters	Value
Soil texture	Loamy Clay
pH	7.41
EC (dS m^{-1})	1.19
OC (%)	0.96
Total Nitrogen (%)	0.084
P (mg kg^{-1})	8.14
K (mg kg^{-1})	274
Zn (mg kg^{-1})	0.49
Mn (mg kg^{-1})	4.53
Cu (mg kg^{-1})	0.98
Fe (mg kg^{-1})	7.41

این آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. تیمارهای مورد بررسی شامل کاربرد بیوچار در سه سطح (صفر=a_1، ۱۰=a_2 و ۲۰ =a_3تن در هکتار) و تلقیح با کودهای زیستی شامل (شاهد=b_1، تلقیح با میکوریزا=b_2، تلقیح با *آزوسپیریلوم لیپوفروم* =b_3 و تلقیح با میکوریزا+ *آزوسپیریلوم لیپوفروم* =b_4) بودند. محل اجرای آزمایش در سال زراعی قبل به کشت جو دیم (*Hordeum vulgare* L.) اختصاص داشت. عملیات آماده سازی زمین در اواخر شهریورماه،

شامل شخم، یک نوبت دیسک و دو بار لولر عمود بر هم بود. هر کرت آزمایشی شامل ۶ خط کاشت به طول ۵ متر، با فاصله ۴۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. فاصله بین کرت‌ها ۱ متر و فاصله بین تکرارها ۲ متر در نظر گرفته شد. بذر مورد استفاده بابونه آلمانی رقم پرسو (Presov) بود. بیوچار تهیه شده از چوب درخت انار (*Punica granatum* L.) از شرکت تعاونی تولیدی فصل پنجم (فرحبخش) تهیه شد و بر اساس هر یک از تیمارها قبل از کاشت بذور در عمق ۱۰ تا ۱۵ سانتی‌متری خاک مخلوط شد. کود زیستی میکوریزا آربسکولار با پتانسیل ۱۰۰ قطعه تکثیر (پروپاگول) از گونه‌های مختلف (*Glumus etunicatum*, *G. interadices*, *G. mossea*) با نام تجاری مایکوروت از شرکت زیست‌فناور پیشتاز واریان (دانش‌بنیان)، باکتری *آزوسپیریلوم لیپوفروم* با تراکم جمعیت (۵×۱۰^{۸} سلول به ازای هر میلی‌لیتر مایه تلقیح) از مؤسسه تحقیقات خاک و آب کشور (بخش تحقیقات بیولوژی خاک) تهیه شد. ماده تلقیح پودری مایکوروت (حاوی گونه‌های مختلف قارچ میکوریزا آربسکولار) به میزان ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار به صورت کوددهی نواری و طبق دستورالعمل شرکت سازنده استفاده شد؛ به این صورت که پس از ایجاد شیار مقدار مشخص شده از ماده تلقیح پودری در طول خط کاشت و با عمق دو سانتی‌متری زیر بذور ریخته شد و سپس روی آن با خاک پوشانده شد (خاوری و شاکرمی، ۱۳۹۷). تلقیح با *آزوسپیریلوم لیپوفروم* در سایه انجام شد، به منظور تلقیح بذرها قبل از کاشت میزان بذر مورد نیاز محاسبه و در داخل ظروف پلاستیکی ریخته شد، سپس برای چسبندگی بیشتر با سلول‌های باکتری، با مایع صمغ عربی به نسبت ۲۰ میلی‌متر به ازای هر کیلوگرم بذر آغشته شدند. مایه‌تلقیح مایع به نسبت ۵۰ میلی‌لیتر برای هر کیلوگرم بذر اضافه شد و برای تکمیل تلقیح بذور به‌طور کامل مخلوط شد و در نهایت بذرها پس از گذشت مدت ۳۰ دقیقه با خشک شدن نسبی کشت شدند. بذور در ۲۰ آبان ماه ۱۳۹۸ با فاصله ۲۰ سانتی‌متری روی ردیف برای رسیدن به تراکم ۱۲ بوته در متر مربع در عمق ۲ تا ۴ سانتی‌متری خاک به روش دستی و به صورت کشت خفته (انتظاری) کشت شدند. اولین آبیاری پس از پایان بارندگی مؤثر در دهه دوم اردیبهشت ماه ۱۳۹۹ به صورت قطره‌ای با تانکر انجام شد. مراحل بعدی آبیاری در طول مراحل رشد و بر اساس شرایط اقلیمی منطقه و نیاز زراعی به صورت ۷ روز یک‌بار انجام شد. مبارزه با علف‌های هرز در طی مراحل مختلف رشد بوته‌ها به صورت مستمر و به‌صورت وجین دستی انجام شد و در طی مراحل رشد از هیچ‌گونه نهاده شیمیایی شامل آفت‌کش و قارچ‌کش استفاده نشد. برداشت گل‌ها در سه چین با فاصله زمانی هر ۱۵ روز یک‌بار انجام شد و برداشت نهایی پس از پایان گلدهی بوته‌ها در تاریخ ۱۶ خرداد ماه ۱۳۹۹ انجام شد. جهت محاسبه عملکرد گل با در نظر گرفتن اثر حاشیه، در مرحله شروع گلدهی از چهار متر مربع از هر کرت از بوته‌های علامت‌گذاری شده، گل‌های تازه به فاصله هر ۱۵ روز یک‌بار برداشت و توزین گردید، در نهایت پس از پایان گلدهی برای محاسبه عملکرد زیست توده، بوته‌ها به صورت کف‌بُر برداشت و توزین شدند (Kohanmoo *et al*. 2015). برای تعیین صفات اجزا عملکرد (ارتفاع بوته، تعداد شاخه در بوته، قطر طبق و تعداد گل در بوته) در زمان برداشت نهایی بوته‌ها و با در نظر گرفتن اثر حاشیه، از تعداد ۱۰ بوته از هر کرت اندازه گیری و شمارش انجام شد و سپس میانگین این اعداد برای هر تیمار ثبت شد. همچنین برای محاسبه شاخص برداشت از نسبت عملکرد اقتصادی (گل) به عملکرد زیست‌توده ضرب‌در عدد ۱۰۰ استفاده شد. برای محاسبه درصد اسانس، اسانس‌گیری با استفاده از روش تقطیر با آب و با دستگاه کلونجر به مدت دو ساعت انجام شد (Kohanmoo *et al*. 2015). اسانس پس از آبگیری با سولفات سدیم با ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۱ گرم توزین و درصد اسانس محاسبه شد. عملکرد اسانس نیز بر پایه حاصلضرب عملکرد پیکرهٔ رویشی و درصد اسانس به دست آمد. برای تعیین درصد کامازولن در نمونه‌ها، ۰/۰۲۵ لیتر گزیلول (زایلن) به اسانس استخراج شده از هر نمونه اضافه شد و سپس جذب این محلول با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۶۱۰ نانومتر اندازه‌گیری و به کمک رابطه زیر درصد کامازولن تعیین گردید:

$$A= \frac{E*D*5.81}{G*100}$$

که در این رابطه، A: درصد کامازولن، E: جذب در طول موج ۶۱۰ نانومتر، D: مقدار گزیلول و G: وزن اسانس است (مصلح و همکاران، ۱۳۹۳). در نهایت تجزیه و تحلیل داده‌ها و روش محاسبه نتایج با استفاده از نرم افزار آماری SAS 9. 1. 3 انجام شد. برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال پنج درصد استفاده شد. برای رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel استفاده گردید.

نتایج و بحث

ارتفاع گیاه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد بیوچار در سطح احتمال یک درصد و اثر متقابل بیوچار و کود زیستی در سطح احتمال پنج درصد تأثیر معنی‌داری بر ارتفاع گیاه داشته است (جدول ۲). مقایسه میانگین داده ها نشان داد که کاربرد بیوچار در مقایسه با تیمار شاهد ۱۶/۱ درصد ارتفاع گیاه را افزایش داده است (جدول ۳) .مقایسه میانگین‌های برهمکنش بیوچار و کود زیستی نشان داد که بیشترین ارتفاع گیاه (۴۰/۶ سانتی‌متر) از تیمار کاربرد ۱۰ تن در هکتار بیوچار + تلقیح *آزوسپیریلوم لیپوفروم* بدست آمد (جدول ۳). ارتفاع بوته تحت تأثیر کاربرد بیوچار و کودهای زیستی در این آزمایش به طور معنی‌داری افزایش نشان داد، به نظر می‌رسد که ترکیب کودهای آلی و زیستی در زراعت این گیاه دارای اثر مثبت و هم‌افزایی مطلوب در بهبود ویژگی‌های زراعی به ویژه ارتفاع بوته می‌باشد. کاربرد کودهای آلی و زیستی از طریق تأمین عناصر پرنیاز و کم‌نیاز گیاه در طی مراحل رشد، بهبود ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک، گسترش مناسب سیستم ریشه‌ای گیاه با بهبود ساختار خاک و افزایش خلل و فرج خاک، تقویت جذب و انتقال مواد معدنی، موجب رشد و نمو بیشتر گیاه و در نتیجه افزایش ارتفاع بوته می‌شود (کمالی‌علی‌آباد و همکاران، ۱۴۰۱). افزایش سطح برگ و ارتفاع بوته گیاه دارویی سرخارگل (*Echinacea purpurea* L.) تحت تأثیر بیوچار و کودهای زیستی توسط سایر محققان (کمالی‌علی-آباد و همکاران، ۱۴۰۱) نیز گزارش شده است، که با نتایج این آزمایش مطابقت دارد.

تعداد شاخه در بوته

تعداد شاخه در بوته، تحت تأثیر برهمکنش بیوچار و کود زیستی، در سطح احتمال یک درصد معنی دار شد (جدول ۲). به‌طوری که با افزایش سطح بیوچار و کود زیستی تعداد شاخه در بوته نیز افزایش یافته است. مقایسه میانگین‌های برهمکنش بیوچار و کود زیستی نشان داد که بیشترین تعداد شاخه در بوته، در تیمار کاربرد ۱۰ تن در هکتار بیوچار + تلقیح دوگانه میکوریزا و *آزوسپیریلوم لیپوفروم*، به تعداد ۸/۳۱ بدست آمد (جدول ۳). مرادی و همکاران (۲۰۰۸) با بررسی تأثیر کودهای زیستی بر روی گیاه دارویی رازیانه (*Funiculium vulgar* L.) دریافتند که تعداد شاخه اصلی در بوته، تحت تأثیر کودهای زیستی معنی‌دار شد. نتایج Agha baba Dastjerdi و همکاران (2015) بر روی گیاه دارویی رازیانه نشان داد که تلفیق کودهای زیستی و شیمیایی، بیشترین، تأثیر را بر تعداد شاخه در بوته داشته است، که با نتایج این بررسی مطابقت دارد.

قطر طبق گل

جدول تجزیه واریانش نشان داد که اثر ساده کود زیستی، بیوچار و برهمکنش آنها در سطح احتمال یک درصد بر قطر طبق گل معنی‌داری شد (جدول ۲). بیشترین قطر طبق گل در تیمار کاربرد ۲۰ تن در هکتار بیوچار و تلقیح *آزوسپیریلوم لیپوفروم* (۲/۵۳ سانتی‌متر) و کمترین آن به ترتیب در تیمار عدم کاربرد بیوچار و تلقیح دوگانه میکوریزا و *آزوسپیریلوم لیپوفروم* (۱/۶۸ سانتی‌متر) و تیمار شاهد (۱/۷۱ سانتی‌متر) هر دو در یک گروه آماری، مشاهده شد (جدول ۳). نتایج تحقیقی با استفاده از کودهای زیستی و شیمیایی بر عملکرد و اسانس گیاه دارویی بابونه (*Matricaria chamomilla* L.) حاکی از آن بود که بیشترین قطر طبق گل بابونه، از کاربرد تلفیقی کودها و کمترین آن، از عدم مصرف کود بدست آمده است . به‌طوری که کاربرد تلفیقی کودها نسبت به عدم مصرف کود، قطر طبق گل را به میزان ۲۲/۳ درصد افزایش داده است (خاتمی و همکاران، ۱۳۹۷). همچنین نتایج بررسی تأثیر کودهای زیستی و آلی در کشت ارگانیک گیاه دارویی بابونه آلمانی نشان داد که قطر طبق گل، تحت تأثیر کودها افزایش یافت (Salehi *et al*. 2016).

عملکرد زیست‌توده (وزن خشک اندام‌های هوایی)

نتایج نشان داد که کود زیستی، بیوچار و برهمکنش آنها بر عملکرد زیست‌توده در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). با کاربرد کود زیستی و بیوچار میزان عملکرد زیست‌توده نیز افزایش یافت. مقایسه میانگین‌های برهمکنش کود زیستی و بیوچار نشان داد که بیشترین عملکرد زیست‌توده (۱۷۴/۳ گرم در تک بوته) مربوط به تیمار کاربرد ۲۰ تن در هکتار بیوچار و تلقیح دوگانه میکوریزا و *آزوسپیریلوم لیپوفروم* بوده است (جدول ۳).
بیوچار با افزایش میزان کلروفیل، موجب بهبود فتوسنتز مواد هیدروکربنی و تولید زیست‌توده بیشتر می‌شود که از جمله نتایج آن، افزایش سطح برگ و تعداد برگ و به دنبال آن افزایش وزن و طول ریشه و شاخساره گیاه می‌شود

(Song & Guo, 2012). بیوچار به عنوان ماده‌ای برای افزایش حاصلخیزی خاک (Sohi *et al*. 2010)، افزایش pH خاک در خاک‌های اسیدی (Van Zwieten *et al*. 2010) و افزایش فراوانی جمعیت ریزجانداران خاک (عظیم زاده و نجفی، ۱۳۹۵) و افزایش نگه داشت آب به نحو موثری توانایی خاک در نگهداری عناصر و آب را بهبود می‌بخشد که به‌طور مستقیم رشد گیاه را تحت تأثیر قرار می‌دهد. عباسی نسب و همکاران (۱۴۰۰) در تحقیق اثر بیوچار بر صفات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی دو گونه علف پشمکی (*Bromus tectorum* L.) و یونجه (*Medicago sativa* L.) گزارش نمودند که بیوچار بر روی زیست‌توده هوایی و زمینی دو گونه علف پشمکی و زیست‌توده هوایی یونجه تأثیر معنی‌داری نداشت ولی موجب افزایش معنی‌دار زیست‌توده زمینی یونجه شده است.

عملکرد اقتصادی (گل تازه)

جدول تجزیه واریانس داده‌ها تأثیر معنی‌دار کود زیستی، بیوچار و برهمکنش آنها بر عملکرد اقتصادی در سطح احتمال یک درصد را نشان داد (جدول ۲). استفاده تلفیقی از بیوچار و کود زیستی در تیمار کاربرد ۲۰ تن در هکتار بیوچار و تلقیح دوگانه میکوریزا و *آزوسپیریلوم لیپوفروم* با عملکرد اقتصادی (۵۶/۳ گرم در تک بوته) بیشترین، و تیمار شاهد (عدم کاربرد بیوچار و کودهای زیستی) با عملکرد ۱۳/۶ گرم در تک بوته کمترین عملکرد اقتصادی را داشته است، که تیمار کاربرد ۲۰ تن در هکتار بیوچار و تلقیح دوگانه میکوریزا و *آزوسپیریلوم لیپوفروم* نسبت به تیمار شاهد به میزان ۴۱/۳ درصد افزایش تولید اقتصادی را نشان داد (جدول ۳). در مطالعه Sun و همکاران (۲۰۱۷) پیرامون رشد و پاسخ‌های متابولیکی ریشه ذرت (*Zea mays* L.) به کاربرد بیوچار نی (*Phrangmits australis*) در مقدارهای مختلف، کاربرد بیوچار در میزان ۱ تا ۵ درصد، موجب تغییرات فیزیولوژیکی گیاهان ذرت از جمله افزایش ارتفاع بوته و قطر ساقه، و بهبود محتوای کلروفیل و فتوسنتز شد که منجر به افزایش محصول و عملکرد گیاه ذرت گردید. پژوهشگران بر تأثیر معنی‌دار بیوچار بر عملکرد دانه لوبیای بالدار (*Vigna radiate* L.) اشاره کردند و بیشترین عملکرد را در تیمارهای با مصرف ۲۵ تن در هکتار بیوچار گزارش نمودند در حالی که با افزایش بیوچار به مقدار ۵۰ و ۷۵ تن در هکتار میزان عملکرد دانه کاهش یافت. آنان دلیل این امر را افزایش بیشتر نسبت در تیمارهایی با میزان مصرف سطوح بالاتر بیوچار و غیرمتحرک شدن نیتروژن و آمونیوم عنوان کردند (Rab *et al*., 2016). دیگر پژوهشگران نیز به افزایش عملکرد گندم در تیمارهای حاوی بیوچار اشاره کرده و دلیل این امر را نگهداری بیشتر و بهتر آب و عناصر غذایی توسط بیوچار و تغذیه بهتر گیاه عنوان کردند (Gebremedhin *et al*., 2015). استفاده همزمان کود شیمیایی و بیوچار (۲ تن در هکتار) در کشت سیاهدانه (*Nigella sativa* L.) در شرایط کم آبی سبب افزایش عملکرد دانه به میزان ۱۲۲۷ کیلوگرم در هکتار نسبت به مصرف ۱۰ تن در هکتار بیوچار به همراه کود شیمیایی (۱۱۸۴ کیلوگرم در هکتار) شده است (عباس پور و همکاران، ۱۳۹۶). همچنین در مطالعه دیگری مشخص شده است که این باکتری‌های ریزوسفری از طریق تثبیت نیتروژن اتمسفر، افزایش قابلیت دسترسی عناصر غذایی در ناحیه ریزوسفر، افزایش سطح تماس ریشه، تولید تنظیم کننده‌های رشد و بهبود همزیستی مفید با گیاه میزبان در مراحل مختلف رشد سبب افزایش رشد و عملکرد گیاه می‌شوند (Kalra, 2003).

درصد اسانس

جدول تجزیه واریانس داده‌ها اثر معنی‌دار کود زیستی و بیوچار را بر درصد اسانس در سطح احتمال یک درصد و برهمکنش آنها را در سطح احتمال پنج درصد را نشان می‌دهد (جدول ۲). بیشترین عملکرد اسانس (۰/۴۴ درصد)، با کاربرد تلفیقی کودهای زیستی و بیوچار در تیمار کاربرد ۲۰ تن در هکتار بیوچار و تلقیح دوگانه میکوریزا و *آزوسپیریلوم لیپوفروم* و کمترین آن (۰/۱۹ درصد)، در تیمار شاهد (عدم کاربرد بیوچار و کودهای زیستی) به‌دست آمد، به‌طوری که با عدم کاربرد کود زیستی و بیوچار درصد اسانس با بونه نیز کاهش یافته است (جدول ۳). کاربرد کود زیستی به همراه بیوچار می‌تواند به‌دلیل نگهداری رطوبت مناسب برای گیاه و فراهمی عناصر مورد نیاز گیاه، شرایط مناسبی را برای فعالیت‌های میکروبی مفید موجود در خاک فراهم نموده که این عوامل موجب ایجاد اثرات هم‌افزایی و تشدیدکننده بین باکتری‌ها و عناصر خاک شده و در نتیجه سبب افزایش میزان اسانس گیاه شده است. تحقیق خاتمی و همکاران (۱۳۹۷) روی گیاه دارویی بابونه نشان داد که کاربرد تلفیقی کود زیستی و کود شیمیایی سبب افزایش عملکرد اسانس بابونه شد. در تحقیق دیگری مشخص شد که بیشترین تولید اسانس گیاه دارویی بابونه، از کاربرد کود شیمیایی فسفر و فسفات بارور دو حاصل شده است (Alijani *et al*. 2011)، که با نتایج این بررسی مطابقت دارد.

جدول۲- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر بیوچار (A) و کودهای زیستی (B) بر صفات مورد مطالعه بابونه

Table 2. Analysis of variance (mean square) the effect of (A) Biochar and (B) Biological fertilizer on studied traits of Chamomile

S.O.V	df	Plant height	No. branch	Anthodia diameter	No. flower per plant	Biological yield	Economic yield (fresh flower)	Essential oil percentage
Block	2	13.36 ^{ns}	0.372 ^{ns}	0.046 ^{ns}	27.11 ^{ns}	2.11 ^{ns}	25.11 ^{ns}	0.0008 ^{ns}
Biochar (A)	2	109.02 **	21.81 **	0.829 **	19414 **	15325 **	1441 **	0.047 **
Biological fertilizer (B)	3	26.44 ^{ns}	14.11 **	0.127 *	14136 **	4272 **	481 **	0.031 **
A*B	6	38.25 *	7.62 **	0.119 **	3728 **	1747 **	90.98 **	0.003 *
Error	22	16.54	0.545	0.029	68.77	28.26	9.82	0.0005
C.V (%)	-	11.65	15.63	8.02	16.36	6.79	10.77	6.65

***، معنی دار در سطح احتمال (۰/۰۰۱ ≥p)؛ **، معنی‌دار در سطح احتمال (۰/۰۱ ≥p)؛ *، معنی‌دار در سطح احتمال (۰/۰۵ ≥p) و ns، معنی‌دار نبودن.

ns, nonsignificant; *, significant at P≤0.05; **, significant at P≤0.01 and ***, significant at P≤0.001.

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر متقابل بیوچار (A) و کودهای زیستی (B) بر صفات مورد مطالعه بابونه

Table 3. Mean comparisons of main effects of (A) Biochar and (B) Biological fertilizer on studied traits of Chamomile

Treatment	Plant height (cm)	No. branch	Anthodia diameter (cm)	No. flower per plant	Biological yield (g plant^{-1})	Economic yield (fresh flower) (g plant^{-1})	Essential oil percentage (%)
A_1B_1	0.193 ^{f}	13.66 ^{f}	39.33 ^{h}	67.33 ^{i}	1.71 ^{f}	2.33 ^{f}	34.00 $^{a-d}$
A_1B_2	0.267 ^{e}	20.66 ^{e}	45.66 ^{gh}	103.66 ^{h}	2.13 $^{c-e}$	4.40 ^{de}	33.33 $^{a-d}$
A_1B_3	0.238 ^{e}	18.00 ^{ef}	43.66 ^{gh}	57.66 ^{i}	2.31 $^{a-d}$	4.16 ^{de}	29.66 ^{cd}
A_1B_4	0.390 ^{bc}	20.66 ^{e}	52.66 ^{g}	107.00 ^{gh}	1.68 ^{f}	3.20 ^{ef}	28.66 ^{d}
A_2B_1	0.253 ^{e}	16.30 ^{ef}	48.66 ^{g}	66.00 ^{i}	2.16 $^{b-e}$	2.20 ^{f}	33.33 $^{a-d}$
A_2B_2	0.380 ^{cd}	35.66 ^{bc}	89.66 ^{d}	188.00 ^{c}	1.86 ^{ef}	3.20 ^{ef}	37.66 ^{ab}
A_2B_3	0.338 ^{d}	28.66 ^{d}	71.33 ^{e}	157.33 ^{d}	2.09 $^{c-e}$	4.13 ^{de}	40.66 ^{a}
A_2B_4	0.393 ^{bc}	35.00 ^{bc}	82.66 ^{d}	203.66 ^{b}	1.99 $^{d-f}$	8.31 ^{a}	35.66 $^{a-d}$
A_3B_1	0.369 ^{cd}	30.33 ^{cd}	62.33 ^{f}	135.00 ^{ef}	2.34 $^{a-c}$	6.20 ^{b}	30.33 $^{a-d}$
A_3B_2	0.426 ^{ab}	39.33 ^{b}	99.66 ^{c}	119.66 ^{fg}	2.42 $^{a-c}$	4.73 ^{cd}	37.00 $^{a-c}$
A_3B_3	0.356 ^{cd}	34.66 ^{bc}	128.66 ^{b}	137.33 ^{e}	2.53 ^{a}	5.93 ^{bc}	38.66 ^{a}
A_3B_4	0.440 ^{a}	56.33 ^{a}	174.33 ^{a}	231.66 ^{a}	2.48 ^{ab}	7.86 ^{a}	39.66 ^{a}

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون، مطابق آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD)، فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد می‌باشند.

Means in a column followed by the same letter are not significantly in Least Significant Difference (LSD) test at P≤0.05.

خصوصیات کیفی بابونه

نتایج نشان داد که تیمار بیوچار بر درصد اسانس در سطح آماری یک درصد و بر فلاونوئید کل و کارتنویید در سطح آماری پنج درصد معنی‌دار شد. اما بر درصد کامازولن از نظر آماری اثر معنی‌داری نداشت. تیمار کود زیستی بر صفات کیفی اندازه‌گیری شده اثر معنی‌داری نشان داد. همچنین اثر متقابل بیوچار و کود زیستی بر عملکرد اسانس از لحاظ آماری به ترتیب در سطح یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۴).

جدول۴- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر بیوچار (A) و کودهای زیستی (B) بر صفات مورد مطالعه بابونه

Table 4. Analysis of variance (mean square) the effect of (A) Biochar and (B) Biological fertilizer on studied traits of Chamomile

S.O.V	df	Camazolin	Total flavonoids	Carotenoid	Essential oil yield
Block	2	0.35 ^{ns}	0.032 ^{ns}	0.326 ^{ns}	12.324 ^{ns}
Biochar (A)	2	0.354 ^{ns}	0.362 *	0.085 *	25.324 **
Biological fertilizer (B)	3	0.204 **	0.965 **	0.053 *	21.362 **
A*B	6	0.024 ^{ns}	0.085 ^{ns}	0.058 **	32.356 **
Error	22	0.059	0.051	0.032	18.325
C.V (%)	-	2.354	3.325	3.12	9.32 5

***، معنی دار در سطح احتمال (p≤ ۰/۰۰۱)؛ **، معنی‌دار در سطح احتمال (p≤ ۰/۰۱)؛ *، معنی‌دار در سطح احتمال (p≤ ۰/۰۵) و ns، معنی‌دار نبودن.

ns, nonsignificant; *, significant at P≤0.05; **, significant at P≤0.01 and ***, significant at P≤0.001.

کمترین میزان برای کلیه صفات کیفی مورد مطالعه در تیمار شاهد (عدم کاربرد بیوچار و کود زیستی) مشاهده شد. در تیمار بیوچار بیشترین فلاونوئید کل (۰/۴۳ درصد) و کارتنوئید (۱/۵۶ میلی‌گرم بر گرم) در سطح مصرف ۱۶ تن در هکتار بیوچار مشاهده شد (جدول ۵). همچنین اثر ساده تیمار کود زیستی بیشترین کامازولن (۰/۰۹ درصد)، فلاونوئید کل (۰/۴۶ درصد) و کارتنوئید (۱/۴۱ میلی‌گرم بر گرم) در تیمار تلقیح دوگانه کودهای زیستی مشاهده شد (جدول ۶). با افزایش سطوح بیوچار و تلقیح کودهای زیستی نیز میزان عملکرد اسانس نیز روند افزایشی را نشان داد. به‌طوری که بیشترین عملکرد اسانس (۲۴/۶۴ گرم در بوته) در تیمار اثر متقابل کاربرد ۱۶ تن در هکتار بیوچار و تلقیح دوگانه کودهای زیستی مشاهده شد (جدول ۷). کاربرد کود زیستی به همراه بیوچار شاید به علت نگه داری رطوبت مناسب برای گیاه و فراهمی عناصر مورد نیاز گیاه، شرایط مناسبتی را برای فعالیت‌های میکروبی مفید موجود در خاک فراهم نموده که این عوامل باعث ایجاد اثرات هم افزایی و تشدیدکننده بین باکتری‌ها و عناصر خاک شده و در نتیجه سبب افزایش میزان اسانس گیاه شده است. در تحقیقی خاتمی و همکاران (۱۳۹۷) بر گیاه دارویی بابونه اظهار داشتند که کاربرد تلفیقی کود زیستی و کود شیمیایی سبب افزایش عملکرد اسانس بابونه گردیده است. در تحقیق دیگر مشخص شد که بیشترین تولید اسانس گیاه دارویی بابونه، از کاربرد کود شیمیایی فسفر و فسفات بارور دو حاصل شده است (Alijani *et al*. 2011). تلقیح کودهای زیستی در مقایسه عدم تلقیح آن‌ها، شرایط مناسبتری را جهت بهبود فعالیت‌های میکروبی مفید در خاک مهیا کرده است و ضمن فراهمی بهینه عناصر معدنی پرمصرف و کم مصرف برای گیاه، از طریق ایجاد اثرات هم افزایی و تشدیدکننده بین خود قادرند میزان اسانس را افزایش دهند (امان‌زاده و همکاران، ۲۰۱۱). همچنین، محققان به این نتیجه رسیدند که به‌دلیل اینکه متابولیت‌های ثانویه، از تولیدات جانبی فتوسنتز می‌باشند و با توجه به اینکه حجم اندام‌های رویشی در اثر کاربرد کود فسفره، همراه با تلقیح کودهای زیستی، دارای بالاترین مقدار اسانس بود، بنابراین مقدار تولید متابولیت‌های ثانویه در این گیاهان بالا رفته است و بالاترین حجم تولیدی اسانس را به خود اختصاص داده‌اند. عاشقی و همکاران (۱۳۹۷) در تحقیق ارزیابی کود آلی و زیستی بر روی عملکرد خشک و کمیت و کیفیت اسانس ریحان سبز (*Ocimum basilicum* L.) دلیل افزایش درصد اسانس در ریحان سبز در تحقیق خود با کاربرد ورمی‌کمپوست و کود زیستی، اظهار داشتند، تلقیح کود زیستی می‌تواند با فراهمی جذب مطلوب فسفر و نیتروژن (Arancon *et al*., 2007)، موجب افزایش تولید زیست‌تودهٔ (بیوماس) و در نهایت افزایش میزان اسانس گردد. نتایج مشابهی بر گیاه دارویی بابونه و انیسون (Salehi *et al*., 2016; Behzadi *et al*., 2016) گزارش شده است، که با نتایج این آزمایش مطابقت دارد.

جدول ۵- مقایسه میانگین اثر اصلی بیوچار (A) بر فلاونوئید کل و کارتنوئید بابونه

Table 5. Mean comparisons of main effects of Biochar (A) on flavonoids and Carotenoid of Chamomile

Treatment	Total flavonoids (%)	Carotenoid (mg g^{-1})
A_1	0.33 [c]	1.33 [b]
A_2	0.37 [b]	1.32 [b]
A_3	0.43 [a]	1.56 [a]

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون، مطابق آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD)، فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد می‌باشند.

Means in a column followed by the same letter are not significantly in Least Significant Difference (LSD) test at P≤0.05.

جدول ۶- مقایسه میانگین اثر اصلی کود زیستی (B) بر کامازولن، فلاونوئید کل و کارتنوئید بابونه

Table 6. Mean comparisons of main effects of biological fertilizer (B) on Camazolin, flavonoids and Carotenoid of Chamomile

Treatment	Camazolin (%)	Total flavonoids (%)	Carotenoid (mg g^{-1})
B1	0.02 [c]	0.28 [c]	1.27 [d]
B2	0.04 [b]	0.35 [b]	1.33 [c]
B3	0.05 [b]	0.44 [a]	1.51 [a]
B4	0.09 [a]	0.46 [a]	1.41[b]

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون، مطابق آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD)، فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد می‌باشند.

Means in a column followed by the same letter are not significantly in Least Significant Difference (LSD) test at P≤0.05.

جدول ۷-مقایسه میانگین اثر متقابل بیوچار (A) و کودهای زیستی (B) بر درصد اسانس و عملکرد اسانس بابونه

Table 7. Mean comparisons of main effects of Biochar (A) and biological fertilizer (B) on Essential oil percentage and Essential oil yield of Chamomile

Treatment	Essential oil yield (g $plant^{-1}$)
A_1B_1	2.47
A_1B_2	5.20
A_1B_3	4.14
A_1B_4	7.80
A_2B_1	4.00
A_2B_2	13.03
A_2B_3	9.24
A_2B_4	13.65
A_3B_1	10.80
A_3B_2	16.38
A_3B_3	11.90
A_3B_4	24.64

نتیجه‌گیری کلی

با توجه به نتایج به‌دست آمده از این آزمایش می‌توان بیان داشت که کاربرد بیوچار و تلقیح کودهای زیستی میکوریزا آربسکولار و *آزوسپیریلیوم لیپوفروم* اثر معنی‌داری بر ویژگی‌های مورفولوژیکی و کیفیت اسانس گیاه دارویی بابونه آلمانی دارد به طوری‌که اثر متقابل بیوچار و کودهای زیستی بر تعداد شاخه در بوته، قطر طبق گل، تعداد گل در بوته، عملکرد زیست‌توده، عملکرد اقتصادی (گل تازه)، میزان کارتنوئید و عملکرد اسانس در سطح احتمال یک درصد و بر ارتفاع بوته در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد. استفاده تلفیقی از بیوچار و کودهای زیستی در تیمار کاربرد ۲۰ تن در هکتار بیوچار و تلقیح دوگانه میکوریزا و *آزوسپیریلوم لیپوفروم* با عملکرد اقتصادی (۵۶/۳ گرم در بوته) بیشترین و تیمار شاهد (عدم کاربرد بیوچار و کودهای زیستی) با عملکرد (۱۳/۶ گرم در بوته) کمترین عملکرد اقتصادی را تولید کرد، تیمار کاربرد ۲۰ تن در هکتار بیوچار و تلقیح دوگانه میکوریزا و *آزوسپیریلوم لیپوفروم* نسبت به تیمار شاهد به میزان ۴۱/۳ درصد افزایش تولید اقتصادی را نشان داد. یافته‌ها نشان داد که کاربرد بیوچار به‌عنوان یک کود آلی با منشأ طبیعی همراه با تلقیح کودهای زیستی باعث افزایش کیفیت و کمیت فرآورده‌های تولید شده گیاه دارویی بابونه در مزرعه و همچنین حفظ تعادل محیط زیست می‌شود.

"هیچگونه تعارض‌منافع بین نویسندگان وجود ندارد"

References

Abbas- por F., Asghri H. R., Rezvani- Moghadam P., Abbas-dokht H., Shabahang J., and Beykbabaei A. 2017. The effect of biochar application on yield and yield components of black seed (*Nigella sativa* L.) under low irrigation conditions. *Scientific-research journal of medicinal and aromatic plants of Iran*, 33(5): 285-237. (In Persian)

Abbasi- Nasab Z., Abedi M., and Sadati A. 2021. The effect of biochar on some morphological and physiological traits of two species (woolly grass) *Bromus tomentellus* and (alfalfa) *Medicago sativa*. *Plant process and function*, 10(41): 155-145. (In Persian)

Agha Baba Dastjerdi M., Amini Dehaghi M., Chaichi M. R. & Bosaghzadeh Z. 2015. Evaluation of biomass production and some quality characteristics of fennel in different fertilizing systems. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 13(2): 369-377. (In Persian)

Alijani M., Amini Dehaghi M., Malboobi M. A., Zahedi M. & Modares Sanav S. A. M. 2011. The effect of different levels of phosphorus fertilizer together with phosphate bio-fertilizer (Barvar 2) on yield, essential oil amount and chamazulene percentage of *Matricaria recutita* L. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 27(3): 450-459. (In Persian)

Amanzadeh Y., Khosravi dehaghi N., Ghorbani A. R., Monsef-Esfahani H. R. & Sadat-Ebrahimi S. E. 2011. Antioxidant activity of Essential oil of Lallemantia iberica in Flowering stage and PostFlowering stage. *Biological Sciences*, 6(3): 114-117. (In Persian)

Amirabadi M., Rejali F., Ardakani M., and Borji M. 2009. Effect of Azotobacter and Mycorrhizal fungi inoculants on the uptake of some nutrients in corn (SC 704 cultivar) at different levels of phosphorus. *Iranian Journal of Soil Research (Soil & Water Science)*, 23(1): 107-115. (In Persian)

Arancon N. Q., Edwards C. A., Bierman P., Metzger J. D. & Lucht C. 2007. Effects of vermicomposts produced from cattle manure, food waste and paper waste on the growth and yield of peppers in the field. *Pedobiologia*, 49(4): 297-306.

Asheghi P., Taghi Darzi M., and Haj Seyed Hadi M. 2018. Effects of organic and bio-fertilizers on biomass yield and quantity and quality of essential oil of green basil (*Ocimum basilicum* L.) in Firouzkuh region. *Iranian Journal of Horticulture Science*, 49(1): 197-209. (In Persian)

Azim- Zadeh Y., and Najafi N. 2016. The effect of biochar on the physical, chemical and biological properties of soil. *Journal of land management*, 2(4): 173-161. (In Persian)

Behzadi Y., Salehi A., Balouchi H. R. & Yadavi, A. R. 2016. Effect of Biological, Organic and Chemical Fertilizers on Yield and Yield Components of Anise (*Pimpinella anisum* L.). *Journal of Agriculture Science and Sustainable Production*, 25(4): 161-175.

Dastborhan S., Zehtab-Salmasi S., Nasrollahzadeh S., & Tavassoli A.R. 2010. Effect of some plant growth promoting rhizobacteria and nitrogen fertilizer on morphological characteristics of german chamomile (*Matricaria chamomilla* L.). *Jornal of Agroecology (Quarterly)*, 2(4): 565-573. (In Persian)

Davarinejhad G. H., Halgh- Nia Gh., and Lakzialen A. 2004. The effect of enriched manure and compost on wheat yield. *Journal of Agricultural Sciences and Industries*, 1(18): 108-101. (In Persian)

Gaskin J. W., Steiner C., Harris K., Das K. C. and Bibens, B. 2008. Effect of low-temperature pyrolysis conditions on biochar for agricultural use. *Journal of Transactions of the ASABE*, 51: 2061-2069.

Gebremedhin G.H., Haileselassie B., Berhe D. and Belay T. 2015. Effect of biochar on yield and yield Components of wheat and post-harvest soil properties in *Tigray, Ethiopia*. *Journal of Fertilizers and Pesticides*, 6:158-162.

Goyli A., Mosavi A.A. and Kamkar Haghighi, A.A. 2016. The effects of cow manure biochar and moisture stress on the growth characteristics and efficiency of spinach in greenhouse conditions. *Water research in agriculture*, 30(2): 259-243. (In Persian)

Kalra A. 2003. Organic cultivation of Medicinal and aromatic plants. A hope for sustainability and qualility enhancement. *Journal of Organic Production of Medicinal, Aromatic and Dye Yielding Plants* (MADPs), FAO. 2003: 198 p.

Kamali Ailabad K., Mirzabadi M., & Zamani E. 2022. Comparison of Some Organic and Nano Bio Fertilizers Effect on Morphologic Traits and Extraction Components of Echinacea purpurea as a Medicinal Plant. *Applied Soil Research*, 10(4): 1-10. (In Persian)

Kanmohamadi Z., Afyoni M., and Mosadeghi M.R. 2015. The effect of pyrolysis temperature on the chemical properties of biochar obtained from sugarcane bagasse and pistachio residues. *Applied soil research. Scientific-research journal of applied soil research*, 3(1): 13-1. (In Persian)

Khatami M., Ramrodi M., and Gloy M. 2018. Effect of drought stress and biological and chemical

phosphorus fertilizers on morphological characteristics, flower yield and essential oil of chamomile medicinal (*Matricaria chamomilla* L). *Iranian Journal of Field Crop Science*, 49(4): 184-175. (In Persian)

Khavari H., and Shakarami Gh. 2018. Interaction between fungi and plant growth-promoting Rhizobacteria and their role on red bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars. *Iranian Journal of Pulses Research*, 9(2): 178-190. (In Persian)

Khavari H., and Shakarami Gh. 2019. Response of yield and yield components of six genotypes of Pinto beans (*Phaseolus vulgaris* L.) inoculation with Rhizobium phaseoli. *Iranian Journal of Pulses Research*, 10(2): 132-148. (In Persian)

Kizilkaya R. 2008. Yield response and nitrogen concentrations of spring wheat (*Triticum aestivum*) inoculated with *Azotobacter chroococcum* strains. *Ecological Engineering*, 33(2): 150-156.

Kohanmoo M.A., Aghaalikhani M., and Rejali F. 2015. Yield and quality response of three chamomile (*Matricaria chamomilla* L.) ecotypes to biofertilizers application in Bushehr region. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 31(3): 460-478. (In Persian)

Kucuk C. 2011. Inoculation with Rhizobium spp. in kidney bean (*Phaseolus vulgaris* L.) varieties. *Zemdirbyste Agriculture*, 98(1): 49-56.

Mandal A, Patra AK, Singh D, Swarup A, Ebhin Masto R. 2007. Effect of long-term application of manure and fertilizer on biological and biochemical activities in soil during crop development stages. *Bioresource Technol*, 98: 3585 – 92.

Moradi R., Rezvani Moghaddam P., Nasiri Mahallati M. & Lakzian A. 2008. The effect of application of organic and biological fertilizers on yield, yield components and essential oil of *Foeniculum vulgare* (Fennel). *Iranian Journal of Field Crops Research*, 7(2): 625-635. (In Persian).

Najafi- Ghiri M. 2015. The effect of the use of different biochars on some soil characteristics and the ability to absorb some nutrients in a calcareous soil. *Journal of Soil Research (Soil and Water Sciences)*, 29: 358-351. (In Persian)

Ohsowski B. M., Dunfield K., Klironomos J. N. and Hart M. M. 2017. Plant response to biochar, compost, and mycorrhizal fungal amendments in post-mine sandpits, *Journal of Society for Ecological Restoration*, 26: 63-72.

Patel V. I., Saravaita S. N., Arvadia M. K., Chaudhari J. H., Ahir M. P. & Bhalerao R. E. 2010. Effects of conjuctive use of bio-organic and inorganic fertilizers on growth, yield and economics of Rabi Fennel (*Foeniculum vulgar* Mill.) under south Gujarat conditions. *International Journal of Agricultural Sciences*, 1: 178-181.

Rab A., Rabnawaz Khan M., Ul Haq S., Zahid S., Asim M., Afridi M.Z., Arif M. and Munsif F. 2016. Impact of biochar on mungbean yield and yield components. *Pure and Applied Biology*, 5(3): 632-640

Salehi A., Ghalavand A., Sefidkon F., Asgharzade A. & Saeedi, K. 2016. Effects of zeolite, bio and organic fertilizers application on the growth, yield and yield components of German chamomile (*Matricaria chamomilla* L.) in organic cultivation. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 32(2): 203-215. (In Persian)

Singh J. S., Pandey V. C. & Singh, D. P. 2011. Efficient soil microorganisms: A new dimension for sustainable agriculture and environmental development. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 140: 339–353.

Sohi S., Krull E., Lopez-Capel E and Bol R. 2010. A review of biochar and its use and function in soil. *Advance agronomy*, 105: 47-82.

Song W. and Guo M. 2012. Quality variations of poultry litter biochar generated at different pyrolysis temperatures. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 94: 138-145.

Sun C. X., Chen X., Cao M. M., Li M. Q. and Zhang, Y. L. 2017. Growth and metabolic responses of maize roots to straw biochar application at different rates. *Journal of Plant and Soil*, 4(16): 487-502.

Vahedi R. and Rasouli-Sadaghiani M.H. 2019. The effect of application of biochar and pruning waste compost with plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on availability of macronutrient in wheat rhizosphere. *Applied Soil Research*, 6(4): 16-30. (In Persian)

Van Zwieten L., Kimber S., Morris S., Downie A., Berger E., Rust J and Scheer C. 2010. Influence of biochars on flux of N_2O and CO_2 from ferrosol. *Australian Journal of Soil Research*, 48: 555–568.

Zand A., Aroiee H., Chaichi M. R. & Nemati S. H. 2017. Effects of bio-fertilizers on some physiological characteristics, essential oil percentage and yield of spearmint (*Mentha spicata* L.) under deficit irrigation. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 32(1): 112-125. (In Persian)

Response of Agronomic Characteristics and Essential Oil Quality of Chamomile (*Matricaria chamomilla* L.) to Different Levels of Biochar and Biological Fertilizers

Kazem Taleshi[1,*], Noshin Osoli[1] , Hadi Khavari[2]

(Received: January, 2023 Accepted: July, 2023)

Abstract

In order to investigate the effect of different levels of biochar and biological fertilizer (Arbuscular mycorrhizal and *Azospirillum lipoferum*) on agricultural properties and quality of chamomile essential oil, a factorial experiment based on randomized complete block design with 12 treatments and three repetitions was conducted in Beiranshahr region of Khorramabad city in 2019-2020 cropping year. The factors included: application of biochar at three levels (0, 10 and 20 tons per hectare) and inoculation of biological fertilizers at four levels (without inoculation (control), inoculation with arbuscular mycorrhiza, inoculation with *Azospirillum lipoferum* and double inoculation of arbuscular mycorrhiza and *Azospirillum lipoferum*). The results showed that the interaction effect of biochar and biological fertilizers on the number of branches per plant, flower diameter, number of flowers per plant, biomass yield, economic yield (fresh flower), carotenoid content and essential oil yield at the probability level of one percent and on plant height and essential oil percent it was significant at the five percent probability level. Combined use of biochar and biofertilizers in the treatment of using 20 ton.ha^{-1} of biochar and double inoculation of mycorrhizae and *Azospirillum lipoferum* compared to other fertilizer treatments, has the highest values of biological yield (174.3 g plant^{-1}), economic yield (3 56.5 g plant^{-1}), essential oil percentage (0.440 %), and essential oil yield (24.6 g plant^{-1}). Also, the use of 20 ton ha^{-1} of biochar showed more total flavonoids (0.43%), and carotenoids (1.56 mg/g) than other treatments. The highest percentage of camazolin (0.09%) was observed in the double inoculation treatment of mycorrhiza and *Azospirillum lipoferum*. The results showed that the use of biochar as an organic fertilizer of natural origin along with the inoculation of biological fertilizers increases the quality and quantity of chamomile medicinal plant products in the field and also maintains the balance of the environment.

Keywords: Arbuscular mycorrhiza, *Azospirillum lipoferum*, Camazolin percent, Carotenoid, Essential oil yield.

Taleshi K., Osoli N., and Khavari H. 2024. Response of agronomic characteristics and essential oil quality of chamomile (*Matricaria chamomilla* L.) to different levels of biochar and biological fertilizers. *Applied Soil Research*, 12(1): 56-67.

1- Department of Agronomy, Khorramabad Branch, Islamic Azad University, Khorramabad, Iran.
2- Young Researchers and Elite Club, Khorramabad Branch, Islamic Azad University, Khorramabad, Iran.
* Corresponding Author Email: kazem_taleshi@yahoo.com