

تأثیر کودهای زیستی، شیمیایی و نانو، بر خصوصیات کمی و کیفی گیاه دارویی بالنگو شهری (*Lallemantia iberica* (M.B.) Fischer & Meyer)

سودابه مفاخری^{۱*}، بهور اصغری^۲ و ملیحه شلتوکی^۳

۱- نویسنده مسئول، استادیار، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره)، قزوین، ایران

پست الکترونیک: smafakheri@gmail.com

۲- استادیار، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره)، قزوین، ایران

۳- دانش‌آموخته مهندسی تولیدات گیاهی، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره)، قزوین، ایران

تاریخ پذیرش: شهریور ۱۳۹۴

تاریخ اصلاح نهایی: شهریور ۱۳۹۴

تاریخ دریافت: مرداد ۱۳۹۴

چکیده

به منظور بررسی تأثیر کودهای زیستی، شیمیایی و نانو کود، بر عملکرد کمی و کیفی گیاه دارویی بالنگو شهری (*Lallemantia iberica* (M.B.) Fischer & Meyer)، این تحقیق بر پایه طرح کامل تصادفی با ۹ تیمار و ۵ تکرار در سال زراعی ۹۴-۹۳ در گلخانه تحقیقاتی دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره) اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل شاهد (بدون استفاده از کود)، بیوفسفات، نیتروکسین، نانو کود کامل، کود شیمیایی ماکرو، بیوفسفات × نیتروکسین، نیتروکسین × نانو کود، بیوفسفات × نانو کود و بیوفسفات × نیتروکسین × نانو کود بود. نتایج نشان داد که صفت‌های ارتفاع گیاه، وزن تر و خشک پیکر رویشی، درصد اسانس و ترکیب‌های تشکیل‌دهنده اسانس بالنگو، به طور معنی‌داری تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار گرفتند. به طوری که بالاترین ارتفاع گیاه در تیمار کاربرد کود شیمیایی (۳۵ سانتی‌متر)، بیشترین وزن تر و خشک پیکر رویشی در تیمار کاربرد همزمان نانو کود و نیتروکسین (به ترتیب ۳۶/۰۵ و ۵/۰۹ گرم) و بالاترین درصد اسانس در تیمار کاربرد همزمان نانو کود و بیوفسفات به میزان ۰/۵۷٪ حاصل شد. ۲۴ ترکیب در اسانس این گیاه شناسایی شد که مهمترین آنها، لیمونن، لینالول، وربنون، بتا-کاریوفیلن، جرماکرن D و بتا-کوبین بود. بیشترین مقدار لیمونن (۷٪)، در تیمار کاربرد همزمان بیوفسفات و نیتروکسین؛ بالاترین مقدار لینالول (۱۷/۹٪) در حضور تیمار نیتروکسین × نانو کود؛ بیشترین مقدار وربنون (۸/۸٪) در تیمار کاربرد همزمان بیوفسفات، نیتروکسین و نانو کود؛ بالاترین درصد بتا-کاریوفیلن (۱۲٪) در تیمار کاربرد بیوفسفات × نانو کود و بیشترین درصد جرماکرن D و بتا-کوبین (به ترتیب ۱۵٪ و ۱۱/۵٪) نیز تحت تأثیر تیمار نانو کود حاصل شدند. نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد که کاربرد همزمان نانو کود و کودهای زیستی تأثیر هم‌افزایی بر کمیت و کیفیت محصول و بازده اسانس بالنگو دارند.

واژه‌های کلیدی: بیوفسفات، اسانس، نیتروکسین، ارگانیک.

مقدمه

مصرف کودهای ارگانیک از جمله بیوفسفات، نیتروکسین و نانو کود کامل، در یک سیستم مبتنی بر کشت ارگانیک، ضمن حفظ سلامت محیط زیست، موجب افزایش کیفیت و پایداری عملکرد به‌ویژه در تولید گیاهان دارویی می‌شود (Mishra et al., 2013). بالنگو شهری با اسم علمی *Lallemantia iberica*، یکی از گیاهان دارویی خانواده نعناع می‌باشد که از اهمیت زیادی در ایران و جهان برخوردار بوده و در بیشتر فرماکوپه‌های معتبر از آن به‌عنوان یک گیاه دارویی نام برده شده و خواص درمانی آن مورد تأکید قرار گرفته است. بالنگو در منطقه وسیعی از آسیای صغیر و ایران پراکندگی دارد. پراکندگی جهانی آن به شرق نواحی مدیترانه‌ای، آناتولی، عراق، تالش، ترکمنستان و ماورای قفقاز می‌رسد. این گیاه به حالت وحشی در نواحی مختلف استان البرز، گیلان، قزوین، آذربایجان، کردستان، کرمانشاه، همدان، لرستان، اصفهان، چهارمحال و بختیاری، فارس، سمنان و تهران می‌روید (Mozzafarian, 2011). ترکیب‌های اصلی اسانس بالنگو شامل لینالول، ساینین، لیمونن، کاربوفیلین و بتا-کوبین است، اسانس این گیاه، نه تنها به‌عنوان یک چاشنی مطلوب و معطر برای خوش طعم کردن انواع نوشابه‌ها، بلکه به‌منظور بهره‌گیری از خواص اشتهاآوری و ضدنفخی این محصول باارزش، مورد استفاده قرار می‌گیرد (Nori-Shargh et al., 2009). با وجود انجام مطالعات فراوان در مورد آثار مثبت کاربرد کودهای زیستی و در بعضی موارد نانو کودها بر رشد گیاهان دارویی مختلف، تاکنون مطالعه‌ای در مورد تأثیر این دسته از کودها در گیاه بالنگو شهری، انجام نشده است. در پژوهشی که با استفاده از یک گونه باکتری حل‌کننده فسفات بر روی کیفیت اسانس گیاه دارویی علف لیمو انجام گردید، ملاحظه شد که درصد ژرانیول در اسانس به‌طور چشمگیری نسبت به شاهد افزایش یافت (Ratti et al., 2001). در تحقیقی دیگر مشاهده شد که کاربرد کودهای زیستی حاوی ازتوباکتر و آزوسپریلیوم به همراه نصف مقدار استاندارد از کود شیمیایی ماکرو، مقدار اسانس رازیانه را در مقایسه با تیمار شاهد

به‌طور معنی‌داری افزایش داده است (Mahfouz & Sharaf-eldin, 2007). به‌منظور بررسی تأثیر کاربرد کودهای بیولوژیک بر میزان محصول و اجزای عملکرد گیاه گلرنگ در شرایط کشت دیم آزمایشی با استفاده از دو باکتری ازتوباکتر و آزوسپریلیوم انجام شد. نتایج حاصل نشان داد که استفاده از ازتوباکتر به میزان ۳۵٪ و کاربرد آزوسپریلیوم به میزان ۲۱٪، عملکرد و اجزای عملکرد این گیاه را افزایش داد (Naseri et al., 2010). Govin و همکاران (۲۰۰۵) در آزمایشی در کشور کوبا اثر کودهای بیولوژیک را روی دو گیاه دارویی بابونه و همیشه‌بهار مورد بررسی قرار دادند، نتایج آنان حکایت از آن داشت که کاربرد این کودها در همیشه‌بهار باعث افزایش عملکرد اسانس و بهبود کیفیت دارویی آن شد، در حالی‌که در بابونه، افزایش عملکرد گل را سبب گردید اما بر کیفیت اسانس اثری نداشت. Mamta و همکاران (۲۰۱۰)، تأثیر باکتری‌های حل‌کننده فسفات را بر رشد و میزان ترکیب‌های موجود در گیاه استویا بررسی کردند و نشان دادند که این باکتری تأثیر معنی‌داری بر رشد رویشی، ارتفاع بوته، پراکنش ریشه، وزن خشک پیکر رویشی و میزان گلیکوزید موجود در گیاه داشت. Peyvandi و همکاران (۲۰۱۱) به مقایسه تأثیر نانو کلات آهن با کلات آهن بر پارامترهای رشد و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان ریحان پرداختند. بررسی آنان نشان داد که پارامترهای رشد در گیاهانی که در معرض تیمار کود آهن با غلظت ۷/۵ کیلوگرم در هکتار و نانو کود آهن با غلظت ۱ کیلوگرم در هکتار بودند، نسبت به شاهد افزایش یافته است. به‌طور کلی نتایج آنان نشان می‌دهد که جایگزینی کود آهن تهیه شده با فناوری نانو در مقایسه با کودهای آهن رایج در غلظت مناسب یا کمتر نسبت به کود آهن می‌تواند سبب افزایش رشد کمی و کیفی ریحان شود. Shah و Blozerova (۲۰۰۹) نشان دادند که نانو ذرات فلزی باعث افزایش نسبت اندام هوایی به ریشه در کاهو شدند.

از مشکلات تولید گیاهان دارویی در ایران، بازده کم محصول و آلوده بودن آنها به باقی‌مانده‌های کودها و سموم شیمیایی است. همین امر میزان صادرات این گروه از

نیتروکسین مورد استفاده در این آزمایش، حاوی باکتری‌های تثبیت‌کننده ازت شامل *Azotobacter* و *Azospirillum* با جمعیت باکتری‌های زنده 10^7 سلول در میلی‌لیتر و بیوفسفات استفاده شده حاوی باکتری‌های حل‌کننده فسفات خاک از جنس‌های مختلف *Bacillus* و *Pseudomonas* با جمعیت باکتری‌های زنده 10^4 سلول در گرم کود، بودند. بذر بالنگو شهری مورد استفاده نیز از شرکت پاکان بذر اصفهان تهیه شد.

گلدان‌هایی پلاستیکی به ارتفاع ۳۰ سانتی‌متر و قطر دهانه ۲۹ سانتی‌متر تهیه و پس از نامگذاری (جدول ۳)، به‌صورت تصادفی قرار گرفتند. بذرها در اسفند ماه ۱۳۹۳ کشت شدند. پس از سبز شدن بذرها، در مرحله دو برگی تنک کردن انجام گردید و در هر گلدان ۱۰ گیاه نگهداری شد. طی دوره رشد مراقبت‌های زراعی لازم انجام شد.

به‌منظور اندازه‌گیری ارتفاع بوته، از هر گلدان ۵ بوته در مرحله گلدهی کامل، انتخاب و ارتفاع آنها اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری طول برگ از هر بوته به‌صورت تصادفی ۵ برگ انتخاب شد و طول آنها ثبت گردید. در مرحله گلدهی کامل پیکر رویشی گیاه از سه سانتی‌متری سطح خاک برداشت شد. تعداد شاخه‌های فرعی هر بوته در آزمایشگاه شمارش شد. وزن تر هر تک بوته با ترازوی دقیق تعیین گردید و بعد فرایند خشک کردن در دمای اتاق و در شرایط سایه کامل، انجام شد. پیکر رویشی بالنگو شهری برای استخراج اسانس به آزمایشگاه منتقل گردید. اسانس‌گیری به روش تقطیر با آب و توسط دستگاه کلونجر انجام شد. برای تجزیه نمونه‌های اسانس و اندازه‌گیری دقیق ترکیب‌های موجود در آن از دستگاه کروماتوگرافی گازی (GC) و کروماتوگرافی متصل به طیف‌سنج جرمی (GC/MS) استفاده شد. طیف‌های بدست‌آمده با مقایسه طیف‌های جرمی ترکیب‌های استاندارد، شناسایی شدند. درصد نسبی هر یک از ترکیب‌ها هم با توجه به سطح زیر منحنی آن در طیف کروماتوگرام حاصل، بدست آمد.

برای تجزیه و تحلیل داده‌های بدست آمده از نرم‌افزار آماری SPSS استفاده شد. قبل از تجزیه و تحلیل داده‌ها،

محصولات کشاورزی را به‌شدت کاهش داده است. معرفی کودهای زیستی، آلی و نانوکودها به تولیدکنندگان و ارائه روش جایگزینی کود شیمیایی با این دسته از منابع تغذیه‌ای سالم، می‌تواند نقش مهمی در تولید محصولات ارگانیک و در نتیجه افزایش سلامت جامعه داشته باشد. از این‌رو هدف از انجام این تحقیق، بررسی و مقایسه تأثیر کودهای زیستی (نیتروکسین، بیوفسفات)، نانو کود کامل و کود شیمیایی بر خصوصیات کمی و کیفی محصول گیاه دارویی بالنگو شهری بود.

مواد و روش‌ها

به‌منظور مقایسه تأثیر کاربرد کودهای نیتروکسین، بیوفسفات، نانو کود کامل و کود شیمیایی ماکرو (NPK)، بر مقدار و ترکیب‌های اسانس گیاه دارویی بالنگو شهری، این آزمایش در طی سال‌های ۹۴-۱۳۹۳ در گلخانه تحقیقاتی دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره)، در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۹ تیمار و ۵ تکرار اجرا شد. قبل از کشت، برای تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده در آزمایش، یک نمونه از آن به آزمایشگاه منتقل گردید (جدول ۱). بیوفسفات استفاده شده در این پژوهش، کود زیستی فسفات بارور ۲ بود که از شرکت زیست فناوری سبز تهیه شد. طبق دستورالعمل شرکت یک گرم از کود زیستی با ۵۰ گرم بذر بالنگو به خوبی مخلوط شد و بعد از آن بلافاصله اقدام به کشت شد. کود زیستی نیتروکسین، به‌صورت مایع بوده و از شرکت فناوری زیستی مهرآسیا تهیه شد، این کود با غلظت دو در هزار رقیق گردید و در مرحله چهار برگی به میزان ۱۰۰CC در هر گلدان استفاده شد. نانو کود و کود NPK مورد استفاده در این آزمایش از شرکت زیست پارتاک آيسان، تهیه شد. هر دو کود به‌صورت محلول با غلظت یک در هزار آماده و در دو مرحله چهاربرگی و ساقه‌دهی به میزان ۱۰۰CC در گلدان استفاده شدند. اجزای تشکیل‌دهنده نانو کود استفاده شده در این تحقیق در جدول ۲ آمده است.

آزمون نرمال بودن آنها انجام شد و پس از اطمینان از حالت توزیع نرمال، نسبت به تجزیه و تحلیل آنها اقدام گردید. مقایسه میانگین‌های بدست آمده توسط روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵٪ انجام شد.

جدول ۱- تجزیه شیمیایی خاک

اسیدیته (pH)	هدایت الکتریکی (EC)	مواد خنثی شونده (%)	ماده آلی (%)	رس (%)	لای (%)	ماسه (%)	نیترژن کل (%)	فسفر قابل جذب (ppm)	پتاسیم قابل جذب (ppm)	بافت خاک
۷/۶	۱/۹۷	۹/۳۷	۰/۱۶	۱۱	۲۰	۶۹	۰/۰۳	۸/۴	۲۷۴	لومی شنی

جدول ۲- ترکیب‌های تشکیل‌دهنده نانو کود کامل

نیترژن (%)	کلسیم (%)	منیزیم (%)	فسفر (%)	پتاسیم (%)	مس (%)	آهن (%)	منگنز (%)	روی (%)	نسبت کربن به نیترژن
۴/۸	۲/۴	۲	۳	۱۳	۰/۵	۹	۲	۳/۵	۱۵

جدول ۳- نحوه نامگذاری تیمارهای آزمایشی

ردیف	نام تیمار	شرح
۱	C	شاهد
۲	N	نیتروکسین
۳	B	بیوفسفات
۴	NC	نانو کود کامل
۵	NPK	کود شیمیایی ماکرو
۶	B.N	بیوفسفات × نیتروکسین
۷	N.NC	نیتروکسین × نانو کود
۸	B.NC	بیوفسفات × نانو کود
۹	B.N.NC	بیوفسفات × نیتروکسین × نانو کود

نتایج

ارتفاع بوته

با توجه به نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۴)، تیمارهای کودی در سطح ۱٪، تأثیر معنی‌داری بر ارتفاع بوته بالنگو داشتند. مقایسه میانگین‌ها نشان دهنده آن بود که بین تیمارهای آزمایشی تفاوت قابل ملاحظه‌ای

برای تعیین تأثیر تیمارهای اجرا شده، فاکتورهای مانند ارتفاع بوته، طول برگ، تعداد شاخه فرعی، وزن تر و خشک بیکر رویشی، درصد اسانس و اجزای تشکیل‌دهنده اسانس مورد بررسی قرار گرفتند.

طول برگ

تیمارهای آزمایشی تأثیر معنی‌داری بر طول برگ گیاه دارویی بالنگو نداشتند (جدول ۴). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که همه تیمارهای کودی از لحاظ آماری در یک سطح قرار داشتند و هیچ‌کدام تأثیر معنی‌داری بر افزایش یا کاهش طول برگ نشان ندادند (جدول ۶).

تعداد شاخه فرعی در بوته

بررسی جدول تجزیه واریانس نشان داد که تیمارهای کودی تأثیر معنی‌داری بر صفت تعداد شاخه فرعی نداشتند (جدول ۴). با توجه به مقایسه میانگین داده‌ها، همه تیمارها از لحاظ آماری در یک سطح قرار گرفتند (جدول ۶).

درصد اسانس

تأثیر تیمارهای کودی بر درصد اسانس بالنگو در سطح ۱٪ معنی‌دار شد (جدول ۵). بیشترین مقدار اسانس پیکر رویشی در تیمار کاربرد همزمان نانو کود و بیوفسفات به میزان ۰/۵۷٪ حاصل شد که در مقایسه با تیمار شاهد که کمترین درصد اسانس را تولید کرد، بیش از ۲۰۰٪ افزایش داشت (جدول ۶).

ترکیب‌های تشکیل‌دهنده اسانس

۲۳ ترکیب در اسانس بالنگو شناسایی شد (جدول ۸)، مهمترین آنها عبارتند از: لیمون، لینالول، وربنون، بتا-کاریوفیلین، جرماکرن D و بتا-کوبین، که آنالیز واریانس برای این شش ترکیب انجام شد. همان‌گونه که در جدول ۵ مشاهده می‌شود، تیمارهای آزمایشی به‌طور معنی‌داری بر درصد ترکیب‌های مورد بررسی تأثیر داشتند. بیشترین مقدار لیمون (۷٪)، مربوط به تیمار کاربرد همزمان بیوفسفات و نیتروکسین بود که باعث افزایش ۶۳ درصدی این ترکیب، نسبت به گیاهان شاهد شد (جدول ۷). بالاترین مقدار لینالول در حضور تیمار نیتروکسین × نانو کود به میزان ۱۷/۹٪ بدست آمد که در مقایسه با تیمار شاهد بیش از ۱۷٪ افزایش داشت (جدول ۷). تیمار کاربرد همزمان بیوفسفات، نیتروکسین و نانو

وجود دارد، به‌طوری که بیشترین تأثیر بر ارتفاع بوته در تیمارهای کود شیمیایی، نانو کود، بیوفسفات × نانو کود × نیتروکسین، نانو کود × نیتروکسین و بیوفسفات × نیتروکسین مشاهده شد. باوجوداین بیشترین ارتفاع بوته، در تیمارهای کاربرد کود شیمیایی (۳۵ سانتی‌متر) و نانو کود (۳۴ سانتی‌متر) حاصل گردید که در مقایسه با تیمار شاهد (۲۳ سانتی‌متر)، به ترتیب ۵۲٪ و ۴۸٪ افزایش داشت (جدول ۶).

وزن تر پیکر رویشی

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تیمارهای آزمایشی تأثیر معنی‌داری بر وزن تر بوته نداشتند (جدول ۴). بررسی مقایسه میانگین داده‌ها هم حکایت از وجود اختلاف معنی‌دار بین تیمارهای کودی مختلف داشت. همان‌گونه که در جدول ۶ آمده‌است، بیشترین وزن تر بوته در تیمارهای حاوی نانو کود (B.N.NC, B.NC, N.NC, NC) مشاهده شد. باوجوداین بالاترین وزن تر پیکر رویشی در تیمار کاربرد همزمان نانو کود و نیتروکسین، به میزان ۳۶/۰۵ گرم حاصل شد که در مقایسه با تیمار شاهد (۲۴/۰۷ گرم)، حدود ۵۰٪ افزایش نشان داد (جدول ۵).

وزن خشک پیکر رویشی

همان‌گونه که در جدول شماره ۴ مشخص است، تأثیر تیمارهای آزمایشی بر وزن خشک پیکر رویشی در سطح ۱٪ معنی‌دار بود. بیشترین وزن خشک پیکر رویشی از تیمار کاربرد همزمان نیتروکسین و نانو کود، و به میزان ۵/۰۹ گرم حاصل شد. باوجوداین سایر تیمارهای حاوی نانو کود نیز به لحاظ آماری در سطح a قرار گرفتند. همچنین کمترین وزن خشک پیکر رویشی مربوط به تیمارهای بیوفسفات (۳/۴۳ گرم) و شاهد (۳/۵۳ گرم) بود. کاربرد همزمان نانو کود و نیتروکسین سبب افزایش ۴۴ درصدی وزن خشک در مقایسه با تیمار شاهد شد (جدول ۶).

شد (۱۲٪) که در مقایسه با تیمار شاهد (۸/۹٪)، حدود ۳۵٪ بیشتر بود. دو ترکیب جرماکرن D و بتا-کوبین نیز تحت تأثیر تیمار نانو کود بالاترین مقدار تولید را داشتند (به ترتیب ۱۵٪ و ۱۱/۵٪) که در مقایسه با تیمار شاهد به ترتیب ۱۰٪ و ۸۳٪ بیشتر بود (جدول ۷).

کود (B.N.NC)، تولید بیشترین مقدار ورنون در اسانس بالنگو را سبب گردید (۸/۸٪) که در مقایسه با تیمار شاهد (۸٪)، حدود ۱۰٪ افزایش نشان داد. بتا-کاروفیلین نیز در سطح ۱٪ تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار گرفت، بالاترین میزان تولید این ترکیب در تیمار کاربرد بیوفسفات × نانو کود مشاهده

جدول ۴- تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه در بالنگو

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		ارتفاع	وزن تر	وزن خشک	طول برگ
تیمار	۸	۱۲۶/۰۰۶ **	۱۱۴/۶۸۹ **	۱/۷۳۹ **	۲۲/۱۷۱ ns
خطای آزمایش	۳۶	۲۰/۳۲۲	۱۷/۱۲۶	۰/۲۳۵	۱۹۸/۲۰۲
کل	۴۴				۱۴/۳۰۶ ns

ns و **: به ترتیب بی معنی و معنی دار در سطح احتمال ۱٪

جدول ۵- تجزیه واریانس درصد و ترکیب‌های اسانس بالنگو

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات				
		درصد اسانس	Limonene	linalool	verbenone	caryophyllene
تیمار	۸	۰/۰۴۴ **	۲/۴۴۳ **	۸/۴۷۶ **	۳/۹۲۴ **	۴/۰۸۵ **
خطای آزمایش	۹	۰/۰۰۲	۰/۳۲۰	۰/۷۲۰	۰/۱۸۰	۰/۷۲۰
کل	۱۷					

* و **: به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪

جدول ۶- مقایسه میانگین صفات مورد مطالعه بالنگو

تیمار	ارتفاع (سانتی متر)	وزن تر (گرم)	وزن خشک (گرم)	تعداد شاخه فرعی (عدد)	طول برگ (میلی متر)	درصد اسانس (%)
C	۲۳ c	۲۴/۰۷ c	۳/۵۳ d	۴/۰۰ a	۳۷/۰۹ a	۰/۱۵ d
N	۲۴/۶۰ bc	۳۰/۹۵ ab	۴/۲۸ bc	۴/۳۳ a	۴۰/۱۲ a	۰/۱۷ cd
B	۲۳/۴۰ c	۲۴/۰۱ c	۳/۴۳ d	۳/۶۶ a	۳۶/۴۰ a	۰/۲۷ c
NC	۳۴ a	۳۵/۸۲ a	۴/۳۶ bc	۳/۶۶ a	۳۸/۰۱ a	۰/۴۲ b
NPK	۳۵ a	۳۱/۱۱ ab	۴/۰۶ cd	۴/۶۶ a	۴۲/۱۳ a	۰/۲۵ cd
B.N	۲۶/۲۰ bc	۲۸/۹۸ bc	۳/۹۲ cd	۳/۳۳ a	۳۹/۳۱ a	۰/۲۵ cd
N.NC	۳۳/۴۰ a	۳۶/۰۵ a	۵/۰۹ a	۴/۳۳ a	۳۶/۷۱ a	۰/۴۵ b
B.NC	۳۰/۲۰ ab	۳۴/۷۵ a	۴/۸۹ ab	۴/۰۰ a	۳۶/۳۲ a	۰/۵۷ a
B.N.NC	۳۳/۶۰ a	۳۵/۵۰ a	۴/۸۱ ab	۳/۶۶ a	۴۱/۱۶ a	۰/۴۵ b

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشترک در سطح ۵٪ تفاوت معنی دار ندارند.

جدول ۷- مقایسه میانگین درصد ترکیب‌های اسانس بالنگو

تیما	limonene	linalool	verbenone	-caryophyllene	germacrene-D	-cubeben
C	۴/۳ c	۱۵/۲ b	۸/۰ ab	۸/۹ bc	۱۳/۶ abc	۶/۳ de
N	۵/۷ ab	۱۴/۶ b	۷/۱ b	۹/۰ bc	۱۲/۲ c	۸/۱ cd
B	۴/۰ c	۱۰/۱ c	۵/۲ c	۸/۶ bc	۱۳/۹ ab	۷/۱ cde
NC	۳/۹ c	۱۵/۴ b	۷/۹ ab	۶/۹ c	۱۵/۰ a	۱۱/۵ a
NPK	۴/۱ c	۱۴/۰ b	۸/۴ a	۹/۰ bc	۱۲/۰ c	۶/۰ e
B.N	۷/۰ a	۱۵/۵ b	۸/۱ ab	۸/۳ c	۱۲/۰ c	۸/۸ bc
N.NC	۵/۱ bc	۱۷/۹ a	۴/۸ c	۱۰/۴ ab	۱۲/۶ bc	۷/۰ cde
B.NC	۶/۲ ab	۱۵/۶ b	۷/۲ b	۱۲/۰ a	۱۳/۶ abc	۱۰/۱ ab
B.N.NC	۵/۸ ab	۱۴/۵ b	۸/۸ a	۸/۵ bc	۱۴/۷ a	۶/۰ e

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشترک در سطح ۵٪ تفاوت معنی‌دار ندارند.

جدول ۸- درصد ترکیب‌های تشکیل‌دهنده اسانس بالنگو در تیمارهای مختلف کودی

B.N.NC	تیما								RI	ترکیب‌ها
	B.NC	N.NC	B.N	NPK	NC	B	N	C		
۰/۳	۰/۴	۰/۵	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۳	۰/۲	۰/۲	۸۵۱	-pinene
۰/۸	۲/۰	۱/۱	۰/۶	۱/۵	۲/۱	۱/۱	۱/۱	۱/۶	۸۸۷	-pinene
۰/۴	۰/۴	۰/۴	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰	۰/۱	۹۱۱	-myrcene
۵/۸	۶/۲	۵/۱	۷/۰	۴/۱	۳/۹	۴/۰	۵/۷	۴/۳	۹۴۷	limonene
۰	۰/۱	۰/۴	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۹۹۲	-terpinolene
۱۴/۵	۱۵/۶	۱۷/۹	۱۵/۵	۱۴/۰	۱۵/۴	۱۰/۱	۱۴/۶	۱۵/۲	۱۰۱۵	linalool
۰/۳	۰	۰/۲	۰/۵	۰/۶	۰/۶	۱/۳	۱/۶	۰/۶	۱۰۷۸	myrtenal
۳/۰	۱/۱	۱/۱	۲/۱	۲/۸	۲/۱	۲/۰	۱/۰	۲/۰	۱۱۲۱	geranyl alcohol
۰/۳	۰/۵	۰/۴	۰	۰/۵	۰/۳	۰/۱	۰/۲	۰/۳	۱۱۴۷	geraniol
۸/۸	۷/۲	۴/۸	۸/۱	۸/۴	۷/۹	۵/۲	۷/۱	۸/۰	۱۲۱۰	verbenone
۰	۰	۰/۱	۰/۶	۰/۱	۰/۱	۱/۱	۰/۱	۰/۱	۱۲۳۲	eugenol
۲/۱	۲/۰	۰	۲/۱	۲/۰	۱/۱	۳/۶۲	۱/۴۲	۱/۲	۱۲۹۸	-bourbonene
۸/۵	۱۲/۰	۱۰/۴	۸/۳	۹/۰	۶/۹	۸/۶	۹/۰	۸/۹	۱۳۲۴	-caryophyllene
۱۴/۷	۱۳/۶	۱۲/۶	۱۲/۰	۱۲/۰	۱۵/۰	۱۳/۹	۱۲/۲	۱۳/۶	۱۳۲۷	germacrene-D
۰/۱	۰/۲	۰/۲	۰/۰۹	۰/۲	۰/۳	۰/۱	۰/۲	۰/۳	۱۳۴۲	-caryophyllene
۱/۶	۴/۰	۱/۹	۲/۶	۲/۱	۱/۶	۳/۵	۱/۸	۱/۱	۱۳۴۹	-farnesene
۶/۰	۱۰/۱	۷/۰	۸/۸	۶/۰	۱۱/۵	۷/۱	۸/۱	۶/۳	۱۳۶۵	-cubeben
۱/۱	۱/۷	۲/۱	۲/۳	۴/۹	۱/۹	۲/۰	۱/۳	۳/۰	۱۳۷۰	eremophilene
۲/۶	۱/۴	۴/۹	۳/۳	۴/۴	۲/۱	۶/۲	۴/۱	۳/۷	۱۳۷۶	bicyclgermacrene
۰	۰	۰	۰/۱	۰	۰	۰	۰	۰	۱۳۸۱	-cadinene
۰/۲	۰	۰/۹	۰/۶	۰/۵	۰/۸	۰/۶	۰/۷	۰/۴	۱۳۸۵	-cadinene
۱/۷	۳/۰	۰	۲/۴	۳/۸	۲/۰	۲/۰	۴/۹	۲/۵	۱۴۴۰	spathulenol
۰/۴	۰/۲	۰/۲	۰/۴	۰/۳	۰/۹	۰/۲	۰/۳	۰/۳	۱۴۹۲	isopathunelol
۱/۰	۰/۵	۰/۴	۰/۶	۰/۱	۰/۴	۱/۹	۰/۴	۰/۵	۱۵۱۱	-cadinol

بحث

افزایش قابلیت دسترسی گیاه به عناصر غذایی، با کاربرد توأم کودهای زیستی و نانو کود، احتمالاً دلیل عمده افزایش وزن تر و خشک، در تیمارهای تلفیقی می‌باشد. پژوهشگران دلیل این افزایش عملکرد در سیستم‌های تلفیقی را ناشی از مطابقت بیشتر بین نیتروژن قابل دسترس خاک با نیازهای گیاه در سیستم‌های تلفیقی می‌دانند (Mooleki et al., 2004)، به این معنی که در اوایل رشد که نیاز غذایی کم است میزان عناصر معدنی آنها کمتر از کود شیمیایی است، ولی در مراحل رشد زایشی به علت تداوم فرایند معدنی شدن، جذب تا مدت زمان طولانی‌تری ادامه پیدا می‌کند. با وجود این از آنجا که عناصر غذایی موجود در نانو کود، برخلاف NPK، به آهستگی آزاد شده و در طی فصل رشد به تدریج در اختیار گیاه قرار می‌گیرد، فرسایش و شستشوی بسیار کمی در آنها رخ می‌دهد و تا انتهای فصل رشد می‌تواند عناصر غذایی مورد نیاز گیاه را تأمین کند، به نظر می‌رسد کاربرد مقدار مناسب نانو کود به همراه نیتروکسین می‌تواند تولید حداکثری محصول بالنگو را به همراه داشته باشد.

نانوکودها به دلیل آزدسازی آرام و کنترل شده مواد غذایی، افزایش میزان فراهمی مواد غذایی مورد نیاز گیاهان و قابلیت در رهاسازی عناصر غذایی مطابق با نیاز گیاه، منجر به جذب حداکثری عناصر توسط گیاه و افزایش رشد می‌شوند (DeRosa et al., 2010). در رابطه با تأثیر نانو کود بر درصد و ترکیب‌های تشکیل‌دهنده اسانس گیاهان اطلاعات قابل دسترسی وجود ندارد. بنابراین به نظر می‌رسد نانو ذرات عناصر غذایی موجود در این کود موجب افزایش مواد فتوسنتزی گیاه شده است و این مواد شرایط را برای بهبود رشد رویشی و در نتیجه افزایش اسانس گیاه فراهم کرده است. همانطور که در گیاه بالنگو باعث افزایش ارتفاع، افزایش وزن تر و خشک و درصد اسانس شده است، فراهم بودن بیشتر عناصر غذایی برای گیاه در تیمارهای کودی باعث افزایش تولید مواد فتوسنتزی شده است، که به نوبه خود بر افزایش میزان تولید متابولیت‌های ثانویه نیز تأثیرگذار است. تغذیه مناسب گیاهان در بیشتر کودهای

از آنجایی که کمبود عناصر غذایی یکی از عوامل اصلی در تعیین ارتفاع گیاه است، به نظر می‌رسد که تیمار شاهد به علت کمبود مواد غذایی از رشد کمتری برخوردار می‌باشد، در حالی که کلیه تیمارهای کودی تأثیر مثبت بر رشد رویشی گیاه داشتند. نتایج حاصل با تحقیقات Dehghani Meshkani و همکاران (۲۰۱۰)، Arazmjy و همکاران (۲۰۱۰) و Ahmadian و همکاران (۲۰۰۹) مطابقت دارد، به طوری که آنها نیز تأثیر مثبت کود را بر ارتفاع گیاهان آزمایشی گزارش کردند. Zhang و همکاران (۲۰۰۵) اعلام کردند که استفاده از کودهای حاوی ذرات نانو در مقایسه با NPK باعث افزایش ارتفاع گیاه گندم به مقدار مساوی کود شیمیایی شده است. آنان بعد از تجزیه گیاه بیان کردند که گیاهان تیمار شده با این کود دارای غلظت بیشتری از عناصر به ویژه نیتروژن بوده است. Salehi و Tamaskani (۲۰۰۸)، نشان دادند که تیمار نانو نقره باعث افزایش طول ساقه چه گندم شد. نانو کود دارای طیف وسیعی از عناصر غذایی پرمصرف (کلسیم، منیزیم، پتاسیم، فسفر، نیتروژن)، کم مصرف (آهن، روی، مس، منگنز) و عناصر مفید (نیکل، سدیم و فلور) می‌باشد، از این رو علت افزایش رشد رویشی گیاه در اثر کاربرد این کود را می‌توان به افزایش فراهمی عناصر غذایی، بهبود دسترسی و جذب بیشتر توسط گیاه نسبت داد. البته بالا بودن کارایی جذب و سطح مخصوص نانو ذرات در مقایسه با ذرات معمول، اثرگذاری بیشتر این ذرات را توجیه می‌کند (Mohammadi & Azizi, 2014).

نتایج حاصل از این تحقیق در زمینه تأثیر کوددهی بر تعداد شاخه‌های فرعی بالنگو با نتایج حاصل از مطالعات انجام شده توسط Fatma و همکاران (۲۰۰۶) که تأثیر باکتری‌های حل‌کننده فسفات را روی شاخص‌های رشدی گیاه مثبت گزارش کردند؛ نتایج حاصل از تحقیق Falahi و همکاران (۲۰۰۹) در گیاه بابونه آلمانی، Kumari و همکاران (۲۰۰۹) در عدس و Fatma و همکاران (۲۰۰۶) روی مرزنجوش که همگی مبین تأثیر معنی‌داری کودهای زیستی بر تعداد شاخه‌های اصلی و فرعی گیاهان آزمایشی بود، مغایرت داشت.

شوری بیش از حد خاک جلوگیری کرد (Ranjbar & Shams, 2008). بعضی از کودها فقط محتوای میکروالمانها و یا تنها ماکروالمانها می‌باشند، بعضی دیگر هر دو دسته را شامل می‌شوند. نانو کود کامل حاوی عناصر ماکرو و میکرو است، استفاده از این کود نه تنها موجب افزایش وزن تر و خشک محصول شد، بلکه میزان تولید اسانس را افزایش داد. بنابراین با توجه به نتایج بدست آمده، استفاده همزمان از نانو کود و کودهای زیستی بیوفسفات و نیتروکسین، برای افزایش کیفیت و کمیت محصول بالنگو شهری، توصیه می‌شود.

سپاسگزاری

این مقاله از طرح پژوهشی به شماره ۱۱۵۹۸ مصوب دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره) می‌باشد؛ بدین وسیله مراتب تشکر و قدردانی خود را از معاونت پژوهشی دانشگاه به دلیل مساعدت در تأمین هزینه‌های آن اعلام می‌داریم.

منابع مورد استفاده

- Ahmadian, A., Ghanbari, B., Siahsar, M., Heidari, M., Ramroodi, V. and Moosavi, M., 2009. Effect of chemical and bio fertilizers remain, on yield, some physiological factors and essential oil content of *Matricaria* under drought stress. Iranian Journal of Field Crops Research, 8(4): 668-676.
- Amuamuha, L., Pirzad, A. and Hadi, H., 2012. Effect of varying concentrations and time of nanoiron foliar application on the yield and essential oil of pot Marigold. Journal of Applied and Basic Sciences, 3(10): 2085-2090.
- Arazmju, A., Heidari, V. and Ghanbari, A., 2010. Effect of drought stress and type of fertilizer on yield and quality of *Matricaria cammomila*. Iranian Journal of Crop Sciences, 12(2): 100-111.
- Dehghani Meshkani, M., Naghdi Badi, H., Darzi, M., Mehrafarin, A., Rezazadeh, Sh. and Kadkhoda, Z., 2010. The effects of biological and chemical fertilizers on yield and quality of *Matricaria recutita* L. Journal of Medicinal Plants, 38(2): 35-48.
- DeRosa, M.C., Monreal, C., Schnitzer, M. Walsh, R. and Sultan, Y., 2010. Nanotechnology in fertilizers. Nature Nanotechnology, 5: 91.
- Falahi, J., Koochaki, A. and Rezvani Moghadam, P., 2009. The effect of biological fertilizers on yield and

مختلف، سبب تقویت مسیرهای درگیر در تولید متابولیت‌های ثانویه می‌شود. تیمارهای کودی در ساختمان آنزیم‌هایی که در مسیرهای بیوشیمیایی درگیر در سنتز مواد مؤثره گیاهی مؤثر هستند، دخیل می‌باشند. همانطور که کمبود مواد غذایی سبب کاهش عملکرد و به دنبال آن کاهش میزان مواد مؤثره شده است، عدم توازن در کاربرد کودها نیز اثری مشابه داشته و سبب کاهش میزان اسانس تولیدی خواهد شد (Rahmati et al., 2009). استفاده از کودهای نانو و بیوفسفات به‌طور همزمان، باعث افزایش درصد اسانس بالنگو شهری، نسبت به تیمار شاهد و همچنین تیمار کاربرد کود شیمیایی شد. Ahmadian و همکاران (۲۰۰۹) و Dehghani Meshkani و همکاران (۲۰۱۰) در نتایج خود نشان دادند که مصرف کود، به‌ویژه زیستی و نانو کود، باعث افزایش درصد اسانس شد. Amuamuha و همکاران (۲۰۱۲) بیان کردند که میزان مواد مؤثره گیاه همیشه‌بهار تحت تأثیر نانو کود کلات آهن افزایش پیدا کرد.

به‌عنوان نتیجه‌گیری کلی باید گفت که علم و فناوری نانو ساختارها، یکی از زمینه‌های مهم تحقیقاتی و کاربردی است که در سال‌های اخیر اهمیت ویژه‌ای یافته است. مواد نانو ساختار، به هر ماده‌ای که حداقل یکی از ابعاد آن در مقیاس نانومتری (زیر ۱۰۰ نانومتر) باشد اطلاق می‌شود. در این مقیاس کوچک و اتمی، خصوصیات و رفتارهای جالب و قابل توجه مواد از جمله واکنش‌پذیری و تحرک بالا، خصوصیات خود کنترلی و هوشمندی مشاهده می‌شود که دلیل اصلی آن سطح ویژه بالای مواد در این مقیاس می‌باشد. از جمله ویژگی‌های جالب توجه دیگر نانو مواد، سبک و کوچک بودن، استفاده در مقادیر کم، چند کاربردی بودن و صرفه در مواد مصرفی است (Zhang et al., 2006). البته با استفاده از نانوذرات و نانوکپسوها می‌توان کودهایی با رهایش کنترل شده یا تأخیری تولید کرد. جذب کودهایی که با این ابعاد تولید می‌شوند، راحت‌تر شده و نسبت به کودهای رایج تأثیر بیشتری دارند. علاوه بر آن می‌توان کودهای شیمیایی زیست سازگار ایجاد کرد و از آلودگی محیط‌زیست و

- Naseri, R., Mirzaei, A. and Vazan, S., 2010. Response of yield and yield components of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) to seed inoculation with azotobacter and azospirillum and different nitrogen levels under dry land condition. *World Applied Sciences Journal*, 11(10): 1287-1291.
- Nori-Shargh, D., Kiaei, S.M., Deyhimi, F., Mozaffarian, V. and Yahyaei, H., 2009. The volatile constituents analysis of *Lallemantia iberica* (M.B.) Fischer & Meyer from Iran. *Natural Product Research: Formerly Natural Product Letters*, 23(6): 546-548.
- Peyvandi, M., Parande, H. and Mirza, M., 2011. Comparison of nano Fe chelate with Fe chelate effect on growth parameters and antioxidant enzymes activity of *Ocimum Basilicum*. *New Cellular and Molecular Biotechnology Journal*, 1(4): 89-98.
- Rahmati, M., Azizi, M., Hasanzade Khayat, M. and Nemati, H., 2009. The effects of different level of nitrogen and plant density on the agro morphological characters, yield and essential oils content of improved chamomile (*Matricaria chamomilla*) cultivar "Bodegold". *Journal of Horticultural Sciences*, 23(1): 27-35.
- Ranjbar, M. and Shams, G., 2008. Examines the implications of nanotechnology. *Green Biology Journal*, 29: 3.
- 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. *Microbiological Research*, 156: 145-149.
- Salehi, M. and Tamaskani, F., 2008. Pretreatment effect of nanosilver on germination and seedling growth of wheat under salt stress. *Proceeding of 1th Iranian Congress in Seed Sciences and Technology*, Gorgan, Iran, 12 December: 358.
- Shah, V. and Blozerova, I., 2009. Influence of metal nanoparticles on the soil microbial community and germination of lettuce seeds. *Water Air and Soil Pollution*, 97: 143-148.
- Zhang, L., Hong, F., Lu, S. and Liu, C., 2005. Effects of nano-TiO₂ on strength of naturally aged seeds and growth of spinach. *Biological Trace Element Research*, 105: 83-91.
- Zhang, F., Wang, R., Xiao, Q., Wang, Y. and Zhang, J., 2006. Effects of solw/controlled release fertilizer cemented and coated by nano-materials on biology. *Nanoscience*, 11(1): 18-26.
- quality of German chamomile (*Matricaria chamomilla*). *Iranian Journal of Field Crops Research*, 7(1): 127-135.
- Fatma, E.M., El-Zamik, I., Tomader, T., El-Hadidy, H.I., Abd El-Fattah, L. and Seham Salem, H., 2006. Efficiency of biofertilizers, organic and inorganic amendments application on growth and essential oil of marjoram (*Majorana hortensis* L.) plants grown in sandy and calcareous. Department of Agricultural Microbiology, aculty of Agriculture, Zagazig University, Desert Research Center, Cairo, Egypt.
- Govin, S., Rodrigues Gonzales, E.H. and Carballo Guerra, C., 2005. Influencia de Los abonos organicosy biofertilizantes enla calidad delas especies medicinales *Calendula officinallis* L. y *Matricaria recutita* L. *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, 10(1): 1.
- Kumari, M., Vasu, D., Ul-Hasan, Z. and Dhurwe, U.K., 2009. Effects of PSB (Phosphate Solubilizing Bacteria) morphological on characters of *Lens culinaris* Medic. *Biological Forum-An International Journal*, 1(2): 5-7.
- Mahfouz, S.A. and Sharaf-Eldin, M.A., 2007. Effect of mineral vs. biofertilizer on growth, yield, and essential oil content of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.). *International Agrophysics*, 21(4): 361-366.
- Mamta, G., Rahi, P., V. Pathania, V., Gulati, A., Singh, B., Bhanwra, R.K. and Tewaria, R., 2010. Stimulatory effect of phosphate-solubilizing bacteria on plant growth, stevioside and rebaudioside-A contents of *Stevia rebaudiana* Bertoni. *Applied Soil Ecology*, 46(2): 222-229.
- Mishra, D.J., Singh, R., Mishra, U.K. and Kumar, S.S., 2013. Role of bio-fertilizer in organic agriculture: a review. *Research Journal of Recent Sciences*, 2: 39-41.
- Mohammadi, S. and Azizi, M., 2014. The effect of different levels and frequency of spraying nano Farmks on the growth and the active ingredients of chamomile. *Journal of Horticultural Science*, 28(4): 435-445.
- Mooleki, S.P., Schoenau, J.J., Chales, J.L., and Wen, G., 2004. Effect of rat, frequency and incorporation of freedlot cattle manure on soil nitrogen availability, crop performance and nitrogen use efficiencyn in east-central Saskachwan. *Canadian Journal of Soil Science*, 84: 199-210.
- Mozaffarian, V., 2011. Identification of Medicinal and Aromatic Plants of Iran. *Farhang-e-Moaser*, 1350p.

Effects of biological, chemical and nano-fertilizers on quantitative and qualitative characteristics of *Lallemantia iberica* (M.B.) Fischer & Meyer

S. Mafakheri^{1*}, B. Asghari² and M. Shaltooki³

1*- Corresponding Author, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Imam Khomeini International University, Qazvin, Iran
E-mail: smafakheri@gmail.com

2- Faculty of Agriculture and Natural Resources, Imam Khomeini International University, Qazvin, Iran

3- B.Sc. of Medicinal Plants Production, Imam Khomeini International University, Qazvin, Iran

April: August 2015

Revised: September 2015

Accepted: September 2015

Abstract

In order to investigate the effects of biological, chemical and nano-fertilizers on qualitative and quantitative factors of *Lallemantia iberica* (M.B.) Fischer & Meyer, an experiment was conducted under greenhouse conditions in 2016, at the research greenhouse of Imam Khomeini International University, Qazvin, Iran. The experiment was conducted in a randomized complete block design with 9 treatments and 5 replications. Treatments included control (no fertilizer), biophosphat, nitroxin, nano fertilizer, chemical fertilizer, biophosphat×nitroxin, nitroxin×nano fertilizer, biophosphate×nano fertilizer, and biophosphat×nitroxin×nano fertilizer. Analysis of variance revealed that treatments significantly affected the plant height, fresh and dry weight, essential oil content, and essential oil constituents of dragon's head. The maximum plant height (35gr) was obtained by applying chemical fertilizer, the highest fresh and dry weight (36.05 gr and 5.09 gr respectively) were found in the treatment with nitroxin×nano fertilizer, and the highest essential oil percentage with an average of 0.57% belonged to the biophosphate×nano fertilizer treatment. Twenty-four compounds were identified in the essential oils of *L. iberica*, of which the main constituents were limonene, linalool, verbenone, β-caryophyllene, germacrene-D and -cubeben. The highest limonene (7%) occurred with the nitroxin×biophosphate; the maximum amount of linalool (17.9%) was obtained by nitroxin×nano fertilizer; maximum percentage of verbenone (8.8%) was found in the treatment with biophosphate×nitroxin×nano fertilizer; the highest percentage of -caryophyllene (12%) was observed with biophosphate×nano fertilizer; the highest amount of germacrene-D and -cubeben (15% and 11.5%, respectively) in the essential oil were obtained by application of nano fertilizer. In addition, our results indicated that the combination of nano, nitroxin and biophosphate fertilizers could improve the growth and quality of dragon's head plants.

Keywords: Biophosphate, essential oil, nitroxin, organic.