Archive of SID

نشریه علمی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران
جلد ۳۶، شماره ۲، صفحه ۲۹۰-۲۷۴ (۱۳۹۹)

شناسه دیجیتال (DOI): 10.22092/ijmapr.2020.126520.2574
شناسه دیجیتال (DOR): 98.1000/1735-0905.1399.36.274.100.2.1576.1608

بررسی کمّیت و کیفیت اسانس *Lallemantia iberica* (MB) Fischer & Meyer با کاربرد کودهای شیمیایی مرسوم و نانو

عبدالله جوانمرد[۱*]، پریسا کریمی کرمجوان[۲]، مصطفی امانی ماچیانی[۳]، علی استادی[۳] و صادق شهبازی دورباش[۴]

۱*- نویسنده مسئول، دانشیار، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه مراغه، مراغه، ایران

پست الکترونیک: a.javanmard@maragheh.ac.ir

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد اگرواکولوژی، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه مراغه، مراغه، ایران

۳- دانشجوی دکترای اگروتکنولوژی- اکولوژی گیاهان زراعی، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه مراغه، مراغه، ایران

۴- دانشجوی دکترا، مؤسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مراغه، ایران

تاریخ دریافت: تیر ۱۳۹۸ تاریخ اصلاح نهایی: اسفند ۱۳۹۸ تاریخ پذیرش: اسفند ۱۳۹۸

چکیده

به‌منظور بررسی اثرهای کاربرد تلفیقی و جداگانه نانو کودهای ماکرو و میکرو به‌همراه کودهای شیمیایی بر صفات کمّی و کیفی گیاه دارویی *Lallemantia iberica* (MB) Fischer & Meyer، آزمایشی به‌صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی با هفت تیمار و سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه مراغه در سال ۱۳۹۶ اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل کاربرد ۱۰۰٪ کود شیمیایی مرسوم (اوره و سوپرفسفات تریپل به‌ترتیب با مقادیر ۱۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار)، ۱۰۰٪ نانو کود ماکرو، ۱۰۰٪ نانو کود میکرو، ۵۰٪ نانو کود ماکرو+ ۵۰٪ نانو کود میکرو، ۵۰٪ کود شیمیایی+ ۵۰٪ نانو کود ماکرو، ۵۰٪ کود شیمیایی+ ۵۰٪ نانو کود میکرو و ۵۰٪ کود شیمیایی+ ۲۵٪ نانو کود ماکرو+ ۲۵٪ نانو کود میکرو بودند. نتایج نشان داد که بیشترین (۷۳/۳) و کمترین (۵۹/۱) شاخص کلروفیل به‌ترتیب با کاربرد ۵۰٪ کود شیمیایی+ ۲۵٪ نانو کود ماکرو+ ۲۵٪ نانو کود میکرو و کاربرد جداگانه ۱۰۰٪ نانو کود میکرو حاصل شد. همچنین بیشترین میزان تعداد شاخه جانبی، طول گل‌آذین ساقه، تعداد دانه در بوته و ساقه اصلی، عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه و وزن هزاردانه با کاربرد تلفیقی ۵۰٪ کود شیمیایی+ ۲۵٪ نانو کود ماکرو و ۲۵٪ نانو کود میکرو بدست آمد. آنالیز شیمیایی اسانس نشان داد که ترکیبات لینالول، منتول، ژرانیول، ژرانیال، منتیل استات، بتابوربونن، ژرانیل استات، کاریوفیلن، جرماکرن D، اسپاچولنول و کاریوفیلن اکسید جزء ترکیب‌های غالب اسانس بودند. بیشترین میزان بتا-بوربونن، کاریوفیلین اکسید، کاریوفیلین، منتول و ژرانیول با کاربرد تلفیقی ۵۰٪ کود شیمیایی+ ۲۵٪ نانو کود ماکرو+ ۲۵٪ نانو کود میکرو بدست آمد. به‌طور کلی، می‌توان کاربرد تلفیقی کودهای شیمیایی و نانو کودهای ماکرو و میکرو را در شرایط دیم به دلیل افزایش عملکرد دانه و صفات کیفی بالنگو توصیه کرد.

واژه‌های کلیدی: بالنگو (*Lallemantia iberica* (MB) Fischer & Meyer)، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، موسیلاژ، اسانس.

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

گیاهان دارویی از نظر جنبه‌های اقتصادی، اجتماعی، فرهنگی و زیست محیطی نقش مهم و ارزشمندی را در جوامع محلی سراسر جهان ایفا می‌کنند. گیاهان دارویی تقریباً در تمامی اکوسیستم‌های خاکی و در تعدادی از اکوسیستم‌های آبی رشد می‌کنند، با این حال افزایش تقاضا برای گیاهان دارویی باعث آسیب به زیستگاه‌های گیاهان دارویی وحشی شده و آنها را در معرض خطر انقراض قرار داده است (Marshall, 2011). امروزه برای محافظت از تنوع زیستی به‌ویژه تنوع گیاهان دارویی و برآورده کردن تقاضای جهانی داروهای گیاهی با منشأ طبیعی از کودهای شیمیایی به‌صورت فشرده استفاده می‌کنند (Tarraf *et al.*, 2017). کاربرد کودهای شیمیایی برای دستیابی به حداکثر عملکرد باعث بروز مشکلاتی از قبیل آلودگی‌های زیست محیطی، کاهش کیفیت محصولات، هجوم علف‌های هرز رقابت‌کننده با گیاهان زراعی و شیوع آفات و بیماری‌ها می‌شود (Subramanian *et al.*, 2015). امروزه در کشاورزی پایدار استفاده از تکنولوژی جدید نانو برای ساخت کودها به‌عنوان یک روش امیدبخش در افزایش تولید و تأمین نیاز غذایی جمعیت رو به رشد جهان در نظر گرفته می‌شود. با توجه به کارآیی پایین کودهای مرسوم (۵۰٪-۳۰٪) و مشکلات زیست محیطی ناشی از مصرف بالای کودهای شیمیایی، کاربرد کودهای نانو در کشاورزی ضروریست (DeRosa *et al.*, 2010). نانو مواد به‌عنوان موادی با اندازه ۱۰۰-۱ نانومتر تعریف می‌شوند که به‌راحتی وارد گیاه و جذب آن می‌گردند. بر همین اساس، نانو کودها نانو موادی هستند که می‌توانند یک یا چند عنصر غذایی را در اختیار گیاه قرار دهند و کارایی بیشتری نسبت به کودهای شیمیایی دارند. استفاده از نانو کودها که همه خصوصیات لازم مانند غلظت مؤثر، قابلیت حل‌پذیری مناسب، ثبات و تأثیرگذاری بالا و رهایش کنترل شده را دارند، سبب افزایش کارایی عناصر غذایی می‌شوند (Subramanian *et al.*, 2015)، به‌طوری که علاوه‌بر رهاسازی تدریجی عناصر غذایی، جذب و انتقال آنها از طریق برگ نیز به سهولت انجام می‌شود (Liu *et al.*, 2006). این کودها از طریق بیشینه کردن تعادل میان میزان انتشار عناصر غذایی از منبع کودی و جذب توسط گیاه باعث بهبود رشد و در نهایت عملکرد گیاه شده و به‌دلیل کاهش تعداد دفعات کاربرد کود، از آلودگی منابع خاکی و آبی ممانعت می‌کنند، همچنین برهم‌کنش‌های نامطلوب کود با میکروارگانیسم‌های خاکی را به حداقل می‌رسانند (DeRosa *et al.*, 2010). Fallahi و همکاران (۲۰۱۶) با بررسی اثر منابع مختلف روی بر عملکرد و ویژگی‌های فیتوشیمیایی گیاه ریحان (*Ocimum basilicum* L.) گزارش کردند که کاربرد نانو کلات روی تأثیر بیشتری بر افزایش عملکرد و مواد مؤثره گیاه ریحان نسبت به کلات روی و سولفات روی داشت. همچنین Mahmoodi و همکاران (۲۰۱۷) با کاربرد نانو کودهای آهن و اوره روی گل گاوزبان (*Borago officinalis* L.) گزارش کردند که نانو کود اوره عملکرد اسانس و نانو کود آهن ارتفاع، وزن تر و خشک و تعداد دانه را در هر گیاه افزایش داد. Khater (۲۰۱۵) اثر محلول‌پاشی نانو ذرات مگنتیت بر رشد و ترکیب اسانس نعناع فلفلی را مطالعه کرد. نتایج این مطالعه نشان داد که کاربرد نانو ذرات مگنتیت رشد و اسانس گیاه نعناع‌فلفلی (*Mentha piperita* L.) را به‌طور قابل توجهی افزایش داد. به‌طوری که در غلظت ۱۵ میلی‌گرم در لیتر بیشترین درصد اسانس و عملکرد گیاه بدست آمد. علاوه‌براین بیشترین میزان منتون و منتول نیز با محلول‌پاشی ۱۵ میلی‌لیتر نانو ذرات مگنتیت حاصل شد. Aghazadeh Khalkhali و همکاران (۲۰۱۵) نیز با بررسی اثر محلول‌پاشی نانو کود کلات آهن و پتاسیم بر رشد و عملکرد گیاه اسفرزه (*Plantago psyllium*) گزارش کردند که فراهم کردن این دو کود سبب افزایش رشد ریشه و در نهایت عملکرد دانه این گیاه دارویی گردید. در پژوهشی اثر محلول‌پاشی نانو کود آهن در ریحان مقدس (*Ocimum sanctum*) بر صفات مورفولوژیکی شامل ارتفاع گیاه، تعداد شاخه‌های جانبی، تعداد برگ، سطح برگ و وزن تر و خشک (برگ، ساقه و

www.SID.ir

Archive of SID

اندام‌هوایی) و همچنین بر میزان اسانس معنی‌دار شد. به‌طوری که بیشترین و کمترین مقدار صفات مذکور به‌ترتیب در تیمارهای محلول‌پاشی ۱ گرم در لیتر نانوکلات آهن و شاهد مشاهده شد (Moghadam *et al*., 2015).

بالنگوی شهری (*Lallemantia iberica*)، یکی از گیاهان دارویی خانواده نعناعیان (Labiatae) است که به‌دلیل خواص درمانی آن از اهمیت زیادی در ایران و جهان برخوردار است. در منطقه آذربایجان و اغلب مناطق ایران در بین کشاورزان بیشتر با نام قره‌زرک یا بذرک سیاه شناخته می‌شود. بالنگو به‌دلیل تحمل به خشکی از گیاهان مهم تناوبی در مناطق کشت دیم و آبی برخی مناطق آذربایجان می‌باشد. ترکیب‌های اصلی اسانس بالنگو شامل لینانول، سابینن، لیمونن، کاریوفیلن و بتا–کوبین است. در حال حاضر این گیاه برای تولید دانه و استخراج روغن و موسیلاژ کشت می‌شود. 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 محصولات کشاورزی را به شدت کاهش داده است. از آنجایی که رویکرد جهانی در تولید گیاهان دارویی به سمت بهبود کمّیت و کیفیت ماده مؤثره می‌باشد، بنابراین به‌نظر می‌رسد که تغذیه این گیاهان از طریق کاربرد کودهایی از قبیل نانوکودها دارای بیشترین تطابق با اهداف تولید گیاهان دارویی باشد و منجر به بهبود عملکرد کمّی و کیفی آنها شود. در همین راستا پژوهشی با هدف بررسی کمّیت و کیفیت اسانس بالنگو شهری با کاربرد کودهای شیمیایی مرسوم و نانو در شرایط دیم اجرا شد.

مواد و روش‌ها

مشخصات محل اجرای آزمایش

این پژوهش در سال زراعی ۱۳۹۶ به‌صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی با هفت تیمار و سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه مراغه با ارتفاع از سطح دریا ۱۴۷۷ متر، طول جغرافیایی ۴۶ درجه و ۱۶ دقیقه شرقی و عرض ۳۷ درجه و ۲۴ دقیقه شمالی اجرا شد. بیشینه دمای این شهرستان در تابستان‌ها حدود ۳۵ درجه سلسیوس بالای صفر و کمینه آن در زمستان حدود ۲۰ درجه سلسیوس زیر صفر می‌باشد. همچنین دارای میانگین بارندگی سالیانه ۳۳۰ میلی‌متر است. قبل از اجرای آزمایش یک نمونه خاک از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری برای تعیین ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آن انتخاب و مورد تجزیه قرار گرفت (جدول ۱). همچنین مجموع بارش و میانگین دمای ماهیانه در جدول ۲ ارائه شده است.

طرح آزمایشی و تیمارهای مورد آزمایش

تیمارهای آزمایش شامل ۱۰۰٪ کود شیمیایی مرسوم (اوره و سوپرفسفات تریپل به‌ترتیب با مقادیر ۱۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) (T1)، ۱۰۰٪ نانو کود ماکرو (T2)، ۱۰۰٪ نانو کود میکرو (T3)، ۵۰٪ نانو کود ماکرو+ ۵۰٪ نانو کود میکرو (T4)، ۵۰٪ کود شیمیایی+ ۵۰٪ نانو کود ماکرو (T5)، ۵۰٪ کود شیمیایی+ ۵۰٪ نانو کود میکرو (T6) و ۵۰٪ کود شیمیایی+ ۲۵٪ نانوکود ماکرو+ ۲۵٪ نانو کود میکرو (T7) بودند.

نحوه اجرای آزمایش

برای کاشت، در اوایل شهریور ۱۳۹۵ شخم نیمه‌عمیق توسط گاوآهن برگردان‌دار اجرا و بعد برای نرم کردن خاک از دو نوبت دیسک عمود بر هم استفاده شد. کاشت در آبان‌ماه ۱۳۹۵ به‌صورت دستی انجام گردید. تعداد کل کرت‌ها ۲۱ عدد و هر کرت شامل ۸ خط کشت به طول ۳ متر و فاصله بین خطوط ۲۰ سانتی‌متر بود. کود سوپرفسفات تریپل قبل از کاشت و کود اوره در دو نوبت (همزمان با کاشت، قبل از مرحله گلدهی) استفاده شدند. نانو کودهای نیتروژن (Chelate N 25%) و روی (Chelate Zn 20%) با غلظت ۲ در ۱۰۰۰ مصرف شدند. همچنین نانو کودهای فسفر (Chelate P 18%)، پتاسیم (Chelate K 23%) و آهن (Chelate Fe 13%) با غلظت یک کیلوگرم در ۱۰۰۰ لیتر آب و نانو کود منگنز (Chelate Mn 18%) با غلظت ۵۰۰ گرم در ۱۰۰۰ لیتر مورد استفاده قرار گرفتند. لازم به ذکر است که نانوکودها قبل از گلدهی محلول‌پاشی شدند.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱- برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش (عمق ۳۰-۰ سانتی‌متر)

نیتروژن کل (٪)	فسفر قابل جذب ($mg.kg^{-1}$)	ظرفیت تبادل کاتیونی ($Cmolc.kg^{-1}$)	میزان پتاسیم قابل تبادل ($mg.kg^{-1}$)	اسیدیته (pH)	شوری ($dS.m^{-1}$)	ماده آلی (٪)	رس (٪)	سیلت (٪)	شن (٪)	بافت خاک
۰/۰۸۹	۹/۴۲	۲۷	۵۷۰/۸۵	۸/۱۶	۱/۱۸	۰/۹۳	۲۷/۵	۱۶/۵	۵۶	لومی رسی شنی

جدول ۲- مشخصات اقلیمی محل اجرای آزمایش در طول دوره رشد گیاه

پارامتر	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد
میانگین دما (درجه سلسیوس)	۱۷/۴	۱۱	۱/۶	-۳/۳	-۲/۰۵	۶/۹	۱۲/۹	۱۹/۴	۲۴/۶	۲۹/۲	۲۸/۹
مجموع بارندگی (میلی‌متر)	۹/۴	۴/۰۱	۳۶/۳	۳/۸	۲۰/۴	۱۶/۰۳	۳۳/۶	۴/۴	۱/۲	۰/۵۱	۰/۰۱

www.SID.ir

Archive of SID

صفات مورد بررسی

شاخص کلروفیل (SPAD) در آغاز گلدهی توسط دستگاه کلروفیل‌متر مدل Spad 502 Plus ساخت کشور ژاپن، از آخرین برگ کاملاً توسعه یافته در ۵ بوته اندازه‌گیری شد. همچنین در مرحله رسیدگی کامل ۵ بوته به‌صورت تصادفی از هر کرت انتخاب و صفات تعداد شاخه‌های جانبی، طول گل‌آذین، تعداد چرخه گل در بوته، تعداد چرخه گل در ساقه اصلی، تعداد دانه در بوته، تعداد دانه در ساقه اصلی و وزن دانه در بوته اندازه‌گیری گردید. برای تعیین عملکرد دانه در واحد سطح، بعد از حذف اثرهای حاشیه، برداشت از خطوط وسط و در مساحتی برابر ۲ مترمربع انجام شد.

استخراج اسانس

برای استخراج اسانس از دستگاه کلونجر (مدل فارماکوپه بریتانیا) استفاده شد. اسانس‌گیری به‌مدت سه ساعت از سرشاخه‌های گلدار بالنگو انجام شد. سپس اسانس‌های استخراج شده با سولفات سدیم خشک آبگیری و داخل ویال شیشه‌ای در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد تا زمان آنالیز نگهداری گردید (Morshedloo *et al*., 2018)، بعد از اسانس‌گیری، درصد و عملکرد اسانس طبق روابط زیر محاسبه گردید.

رابطه ۱ درصد اسانس = (وزن اسانس/ وزن خشک نمونه (۴۰ گرم)) × ۱۰۰

رابطه ۲ عملکرد اسانس (گرم در مترمربع) = درصد اسانس × ماده خشک کل

شناسایی ترکیب‌های اسانس

برای شناسایی ترکیب‌های اسانس از دستگاه کروماتوگرافی گازی متصل شده به طیف‌سنجی جرمی (GC-MS) مدل Agilent 5977A ساخت کشور آمریکا، با ستون HP-5 MS (۵٪ فنیل متیل پلی‌سیلوکسان، به طول ۳۰ متر، قطر داخلی ۰/۲۵ میلی‌متر و ضخامت ماده جاذب ۰/۲۵ میکرومتر) استفاده شد. در برنامه‌ریزی دمایی آون، ابتدا دما در عرض ۵ دقیقه به ۶۰ درجه سلسیوس رسیده، سپس به‌تدریج دما با سرعت ۳ درجه سلسیوس بر دقیقه افزایش یافت تا به دمای ۲۴۰ درجه سلسیوس رسید. بعد از آن به مدت ۲۰ دقیقه در این دما نگهداری شد. هلیوم به‌عنوان گاز حامل با سرعت جریان یک میلی‌لیتر بر دقیقه استفاده شد. ولتاژ یونیزاسیون ۷۰ الکترون ولت، روش یونیزاسیون EI و دمای یونیزاسیون ۲۲۰ درجه سلسیوس بود. محفظه تزریق در حالت تقسیم (نسبت تقسیم ۱:۳۰) تنظیم شده بود و محدوده جذب جرمی از ۴۰ تا m/z ۴۰۰ بود. به‌منظور محاسبه شاخص بازداری پیک‌ها، مخلوطی از نرمال آلکان‌ها (C8-C40) در شرایط تحلیلی بالا به داخل سیستم GC تزریق شد. نرم‌افزار مورد استفاده Chemstation بود. شناسایی ترکیب‌های اسانس به کمک شاخص‌های بازداری خطی آنها و مقایسه آن با شاخص‌های موجود در کتاب مرجع (Adams, 2007) و با استفاده از طیف‌های جرمی ترکیب‌های استاندارد و استفاده از اطلاعات موجود در کتابخانه رایانه‌ای انجام شد. برای جداسازی ترکیب‌ها از دستگاه کروماتوگرافی گازی مدل Agilent 7990B ساخت کشور آمریکا با آشکارساز یونیزاسیون شعله‌ای (FID) و ستون VF-5MS استفاده شد. دمای تزریق و آشکارساز به‌ترتیب روی ۲۳۰ و ۲۴۰ سلسیوس تنظیم شده بود. گاز هلیوم با سرعت جریان یک میلی‌لیتر بر دقیقه و نسبت تقسیم ۱:۲۴ استفاده شده بود. نمونه‌های اسانس به نسبت ۱:۱۰۰ در هگزان رقیق‌سازی و به میزان ۱ میکرولیتر تزریق شدند. کمّی‌سازی ترکیب‌های اسانس با استفاده از نرمال‌سازی سطح پیک و بدون استفاده از ضرایب اصلاح انجام شد (Morshedloo *et al*., 2018).

www.SID.ir

Archive of SID

ارزیابی موسیلاژ دانه

علاوه‌براین، ارزیابی موسیلاژ دانه بالنگوی شهری براساس انحلال اولیه در آب گرم انجام شد. بدین منظور بذرها به نسبت ۴۰:۱ در آب گرم ۱۰۰ درجه سلسیوس وارد شده و با یک همزن به‌مدت ۳۰ دقیقه هم زده شد. سپس نمونه‌ها در دمای اتاق سرد گردیدند و پس از آن به‌مدت ۳۰ دقیقه در ۵ درجه سلسیوس با سرعت ۴۵۰۰ دور در ثانیه سانتریفیوژ شد. محلول جدا شده را از صافی الیاف پشم شیشه عبور داده و با اضافه نمودن اتانول ۹۶٪ رسوب داده شد. رسوب با سانتریفیوژ به‌مدت ۳۰ دقیقه با سرعت ۴۵۰۰ دور در ثانیه جدا شد (Kalnyasundram *et al.*, 1982). پس از تعیین عملکرد و درصد موسیلاژ دانه، عملکرد موسیلاژ از حاصل‌ضرب عملکرد در درصد موسیلاژ دانه محاسبه گردید.

محاسبات آماری

در نهایت بعد از اطمینان از نرمال بودن داده‌ها، اطلاعات بدست‌آمده با استفاده از نرم‌افزار MSTAT-C تجزیه‌وتحلیل شده و رسم نمودارها با نرم‌افزار EXCEL انجام شد. تجزیه‌وتحلیل آماری داده‌ها با استفاده از جدول تجزیه واریانس و مقایسه میانگین‌ها با آزمون دانکن در سطح احتمال ۵٪ انجام گردید.

نتایج

شاخص کلروفیل

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۳) بیانگر تفاوت معنی‌دار بین تیمارهای مختلف از لحاظ شاخص کلروفیل است. بیشترین شاخص کلروفیل (۷۳/۳) با کاربرد ۵۰٪ کود شیمیایی+ ۲۵٪ نانو کود ماکرو+ ۲۵٪ نانو کود میکرو حاصل شد که تفاوت معنی‌داری را با تیمار ۱۰۰٪ کود شیمیایی نداشت. همچنین کمترین میزان شاخص کلروفیل (۵۹/۱) نیز با کاربرد ۱۰۰٪ نانوکود میکرو بدست آمد که اختلاف معنی‌داری را با تیمارهای ۱۰۰٪ نانو کود ماکرو، ۵۰٪ نانو کود ماکرو+ ۵۰٪ نانو کود میکرو، ۵۰٪ کود شیمیایی+ ۵۰٪ نانو کود ماکرو+ ۵۰٪ نانو کود میکرو، ۵۰٪ کود شیمیایی+ ۵۰٪ نانو کود ماکرو نداشت (جدول ۴).

تعداد شاخه جانبی

جدول تجزیه واریانس نشان داد که بین تیمارهای مختلف از لحاظ تعداد شاخه جانبی تفاوت معنی‌داری وجود داشت (جدول ۳). به‌طوری که بیشترین تعداد شاخه جانبی (۷/۶) با کاربرد ۵۰٪ کود شیمیایی+ ۲۵٪ نانو کود ماکرو + ۲۵٪ نانو کود میکرو حاصل شد که با تیمار ۵۰٪ کود شیمیایی+ ۵۰٪ نانوکود ماکرو تفاوت معنی‌داری نداشت. همچنین کمترین میزان تعداد شاخه جانبی (۵/۱) با کاربرد جداگانه ۱۰۰٪ نانوکود میکرو حاصل شد که تفاوت معنی‌داری را با کاربرد جداگانه ۱۰۰٪ نانو کود ماکرو نداشت (جدول ۴).

طول گل‌آذین ساقه اصلی

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که طول گل‌آذین ساقه اصلی به‌صورت معنی‌داری تحت تأثیر الگوهای مختلف کودی قرار گرفت (جدول ۳). به‌طوری که بیشترین طول گل‌آذین ساقه اصلی (۱۶/۹ سانتی‌متر) با کاربرد ۵۰٪ کود شیمیایی+ ۲۵٪ نانو کود ماکرو+ ۲۵٪ نانو کود میکرو حاصل شد (جدول ۴). همچنین کمترین میزان طول گل‌آذین ساقه اصلی (۱۰/۵ سانتی‌متر) با کاربرد جداگانه ۱۰۰٪ نانو کود میکرو حاصل شد که تفاوت معنی‌داری با ۵۰٪ کود شیمیایی+ ۵۰٪ نانو کود ماکرو نداشت.

تعداد چرخه گل در بوته

بین تیمارهای مختلف از لحاظ تعداد چرخه گل در بوته تفاوت معنی‌داری وجود داشت (جدول ۳). بیشترین تعداد چرخه گل در بوته (۵۷/۳) با کاربرد ۵۰٪ کود شیمیایی+ ۲۵٪ نانو کود ماکرو+ ۲۵٪ نانو کود میکرو حاصل شد و تیمارهای ۱۰۰٪ کود شیمیایی، ۱۰۰٪

www.SID.ir

Archive of SID

نانوکود ماکرو، ۵۰٪ نانوکود ماکرو+۵۰٪ نانوکود میکرو، ۵۰٪ کود شیمیایی+۵۰٪ نانوکود ماکرو، ۵۰٪ کود شیمیایی+۵۰٪ نانوکود میکرو در یک سطح و در رتبه دوم قرار داشتند و تیمار ۱۰۰٪ نانوکود میکرو نیز کمترین میزان تعداد چرخه گل در بوته را به خود اختصاص داد (جدول ۴).

تعداد دانه در چرخه گل، ساقه اصلی و بوته

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که بین تیمارهای مختلف کودی از لحاظ تعداد دانه در چرخه گل، ساقه اصلی و بوته تفاوت معنی‌داری وجود داشت (جدول ۳). به‌طوری که بیشترین تعداد دانه در چرخه گل (۱۳/۱)، ساقه اصلی (۱۵۵/۷) و بوته (۶۳۹/۲) با کاربرد ۵۰٪ کود شیمیایی+ ۲۵٪ نانو کود ماکرو+ ۲۵٪ نانو کود میکرو حاصل شد. کمترین میزان تعداد دانه در چرخه گل و ساقه اصلی با کاربرد جداگانه ۱۰۰٪ نانو کود میکرو و کاربرد ۵۰٪ کود شیمیایی+ ۵۰٪ نانو کود میکرو بدست آمد. همچنین کمترین میزان تعداد دانه در بوته به کاربرد جداگانه ۱۰۰٪ نانو کود میکرو تعلق داشت که تفاوت معنی‌داری با کاربرد جداگانه نانو کود ماکرو نداشت (جدول ۴).

عملکرد دانه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که بین تیمارهای مختلف کودی از لحاظ عملکرد دانه تفاوت معنی‌داری در سطح ۱٪ وجود داشت (جدول ۳). بیشترین (۵۸۱/۳ کیلوگرم در هکتار) و کمترین (۳۲۱/۳ کیلوگرم در هکتار) میزان عملکرد دانه به‌ترتیب با کاربرد تلفیقی ۵۰٪ کود شیمیایی+ ۲۵٪ نانو کود ماکرو+ ۲۵٪ نانو کود میکرو و کاربرد جداگانه ۱۰۰٪ نانو کود میکرو حاصل شد (جدول ۴).

وزن هزاردانه

وزن هزاردانه نشان‌دهنده وضعیت و طول دوره زایشی گیاه است. فاکتوری از اجزاء عملکرد که بیشترین تأثیر را بر روی عملکرد دانه دارد، وزن هزاردانه می‌باشد. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که بین تیمارهای مختلف کودی از لحاظ وزن هزاردانه تفاوت معنی‌داری در سطح ۱٪ وجود داشت (جدول ۳). به‌نحوی که بیشترین (۴/۴ گرم) و کمترین (۳/۲ گرم) میزان وزن هزاردانه به‌ترتیب با کاربرد تلفیقی ۵۰٪ کود شیمیایی+ ۲۵٪ نانو کود ماکرو+ ۲۵٪ نانو کود میکرو و کاربرد جداگانه ۱۰۰٪ نانو کود میکرو بدست آمد (جدول ۴).

عملکرد بیولوژیک

با توجه به جدول تجزیه واریانس بین تیمارهای مختلف از لحاظ عملکرد بیولوژیک تفاوت معنی‌داری در سطح ۱٪ وجود داشت (جدول ۳). بیشترین عملکرد بیولوژیک (۲۰۹۰ کیلوگرم در هکتار) با کاربرد تلفیقی ۵۰٪ کود شیمیایی+ ۲۵٪ نانو کود ماکرو+ ۲۵٪ نانو کود میکرو حاصل شد که با تیمارهای ۵۰٪ کود شیمیایی+ ۵۰٪ نانوکود ماکرو، ۵۰٪ نانوکود ماکرو+ ۵۰٪ نانوکود میکرو، ۵۰٪ کود شیمیایی+ ۵۰٪ نانوکود میکرو تفاوت معنی‌داری نداشت. همچنین کمترین میزان عملکرد بیولوژیک (۱۵۸۰ کیلوگرم در همکتار) به کاربرد جداگانه نانو کود ماکرو تعلق داشت (جدول ۴).

شاخص برداشت

با توجه به جدول تجزیه واریانس بین تیمارهای مختلف از لحاظ شاخص برداشت تفاوت معنی‌داری در سطح ۱٪ وجود داشت (جدول ۳). به‌طوری که بیشترین میزان شاخص برداشت (۲۹/۷) با کاربرد ۱۰۰٪ کود شیمیایی بدست آمد که تفاوت معنی‌داری با کاربرد تلفیقی ۵۰٪ کود شیمیایی+ ۲۵٪ نانو کود ماکرو+ ۲۵٪ نانو کود میکرو نداشت (جدول ۴).

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس داده‌های مربوط به صفات مورفولوژیک بالنگوی شهری

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات									
		شاخص کلروفیل	تعداد شاخه جانبی	طول گل‌آذین ساقه اصلی	تعداد چرخه گل در بوته	تعداد چرخه گل در ساقه اصلی	تعداد دانه در بوته	تعداد دانه در ساقه اصلی	عملکرد دانه	تعداد دانه در چرخه گل	وزن هزاردانه	عملکرد بیولوژیک	شاخص برداشت
بلوک	۲	۳۵/۸۹۵^{ns}	۰/۰۹۲^{ns}	۱/۰۲۹^{ns}	۱۸/۸۹۵^{ns}	۳/۶۷۹^{ns}	/۸۶۰^{ns} ۱۴۳۴	۱۸۴/۷۸۵^{ns}	۸۴۷/۴۷۶^{ns}	۱/۲۷۵^{ns}	/۰۶۶^{ns} ۰	۱۹۹۰۰^{ns}	۴/۹۷۳^{ns}
تیمار	۶	۹۰/۳**	۲/۴**	۱۳/۶**	۱۹۰/۴**	۵/۸**	/۰۶** ۳۱۲۸۸	۸۶۳/۲**	۲۴۰۲۰/۰۴**	۲/۳۲*	۰/۳۹**	۱۳۱۹۶۳/۴**	۴۹/۲**
خطای آزمایشی	۱۲	۱۷/۰۸	۰/۰۹	۰/۴۹۱	۱۳/۲	۰/۷۸۹	۱۱۸۳/۴	۱۰۹/۲	۸۴۴/۱	۰/۶۵	۰/۰۲۸	۳۴۸۲۷/۷	۷/۵۵۲
ضریب تغییرات (٪)		۶/۴۲	۴/۸۱	۵/۴۵	۸/۵۵	۸/۴۳	۷/۹۵	۸/۱۸	۶/۶۳	۶/۸۴	۴/۳۳	۱۰	۱۱/۶۳

**، * و ns: به‌ترتیب معنی‌دار در سطح ۱٪ و ۵٪ و عدم تفاوت معنی‌دار

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۴- نتایج مقایسه میانگین مربوط به صفات مورفولوژیک گیاه دارویی بالنگوی شهری

تیمارها	شاخص کلروفیل	تعداد شاخه جانبی	طول گل‌آذین ساقه اصلی	تعداد چرخه گل در بوته	تعداد چرخه گل در ساقه اصلی	تعداد دانه در بوته	تعداد دانه در ساقه اصلی	عملکرد دانه ($kg.ha^{-1}$)	تعداد دانه در چرخه گل	وزن هزاردانه	عملکرد بیولوِیک ($kg.ha^{-1}$)	شاخص برداشت (٪)
۱۰۰٪ کود شیمیایی مرسوم	۷۰/۳ ab	۶/۷۶۷ b	۱۳/۸۳ b	۴۵/۳۳ b	۱۰/۹۷ ab	۴۵۰/۸ b	۱۳۹/۵ ab	۴۸۶/۷ b	۱۲/۴ a	۴ b	۱۶۸۰ bc	۲۹/۷ a
۱۰۰٪ نانو کود ماکرو	۵۹/۴۷ c	۵/۴۶۷ d	۱۲/۵۳ bc	۳۹/۱۷ b	۹/۲۳۳ cd	۳۵۶/۷ cd	۱۱۶/۸ cd	۳۶۹/۳ c	۱۱/۷۳ ab	۳/۷۶۷ b	۱۵۸۰ c	۲۳/۳ bc
۱۰۰٪ نانو کود میکرو	۵۹/۰۷ c	۵/۱ d	۱۰/۵۳ d	۳۱/۷ c	۸/۳ d	۳۲۲/۵ d	۱۰۹/۷ d	۳۲۱/۳ c	۱۰/۷۳ b	۳/۲۳۳ c	۱۶۹۰ bc	۱۹/۱ c
۵۰٪ نانوکود میکرو +۵۰٪ نانوکود ماکرو	۶۱/۴۳ c	۶/۲ c	۱۳/۲ b	۴۱/۵۷ b	۱۱/۱ ab	۴۱۰/۴ bc	۱۳۰/۱ bc	۴۵۲ b	۱۲/۳۷ a	۳/۸ b	۱۹۶۰ ab	۲۳/۱ bc
۵۰٪ کود شیمیایی + ۵۰٪ نانو کود ماکرو	۶۲/۲۷ c	۷/۲ ab	۱۱/۸ cd	۴۵/۲۳ b	۱۰/۷۳ bc	۴۴۶/۸ b	۱۳۳/۳ bc	۴۸۴ b	۱۱/۷ ab	۴/۰۶۷ b	۲۰۷۳ a	۲۳/۴ bc
۵۰٪ کود شیمیایی + ۵۰٪ نانوکود میکرو	۶۴/۵ bc	۶/۰۳۳ c	۱۱/۱۳ d	۳۸/۲۷ b	۱۰/۸۷ bc	۴۰۱/۳ bc	۱۰۹/۷ d	۳۷۱ c	۱۰/۷۳ b	۳/۹۶۷ b	۱۹۸۷ ab	۱۸/۷ c
۵۰٪ کود شیمیایی + ۲۵درصد نانو میکرو + ۲۵٪ نانوماکرو	۷۳/۳۳ a	۷/۶ a	۱۶/۹۳ a	۵۷/۳ a	۱۲/۶ a	۶۳۹/۲ a	۱۵۵/۷ a	۵۸۱/۳ a	۱۳/۱ a	۴/۴۳۳ a	۲۰۹۰ a	۲۷/۸ ab

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، براساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵٪ تفاوت معنی‌داری با هم ندارند.

www.SID.ir

Archive of SID

درصد و عملکرد اسانس

نتایج تجزیه واریانس نشان داد درصد و عملکرد اسانس بالنگو تحت تأثیر معنی‌دار کاربرد الگوهای مختلف کودی در سطح احتمال ۱٪ قرار گرفت (جدول ۵). به‌طوری که بیشترین و کمترین میزان درصد و عملکرد اسانس به‌ترتیب با کاربرد تلفیقی ۵۰٪ کود شیمیایی+ ۲۵٪ نانو کود ماکرو+ ۲۵٪ نانو کود میکرو و کاربرد جداگانه ۱۰۰٪ نانو کود میکرو حاصل شد (جدول ۶).

درصد و عملکرد موسیلاژ

نتایج تجزیه واریانس نشان داد درصد و عملکرد موسیلاژ بالنگو تحت تأثیر معنی‌دار کاربرد الگوهای مختلف کودی در سطح احتمال ۱٪ قرار گرفت (جدول ۵). به‌طوری که بیشترین و کمترین میزان درصد و عملکرد موسیلاژ به‌ترتیب با کاربرد تلفیقی ۵۰٪ کود شیمیایی+ ۲۵٪ نانو کود ماکرو+ ۲۵٪ نانو کود میکرو و کاربرد جداگانه ۱۰۰٪ نانو کود میکرو حاصل شد (جدول ۶).

جدول ۵- تجزیه واریانس درصد، عملکرد اسانس و درصد و عملکرد موسیلاژ دانه بالنگوی شهری

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		درصد اسانس	عملکرد اسانس	درصد موسیلاژ	عملکرد موسیلاژ
بلوک	۲	۰/۰۰۱ns	۰/۰۳۴ns	۰/۷۱۷ns	۱/۱۸۳ns
تیمار	۶	۰/۰۳۴**	۱/۵۶۶**	۱۰/۳۷۰**	۷۵۵/۳۵۸**
خطای آزمایشی	۱۲	۰/۰۰۱	۰/۰۱۶	۰/۲۱۰	۶/۶۴۳
ضریب تغییرات (٪)		۱۲/۱۵	۱۰/۹۴	۵/۳۰	۶/۵۸

**، * و ns: به‌ترتیب معنی‌دار در سطح ۱٪ و ۵٪ و عدم تفاوت معنی‌دار

جدول ۶- مقایسه میانگین درصد و عملکرد اسانس و موسیلاژ دانه بالنگوی شهری

تیمارها	عملکرد اسانس (گرم در مترمربع)	درصد اسانس (وزنی/حجمی)	موسیلاژ (٪)	عملکرد موسیلاژ (گرم در مترمربع)
۱۰۰٪ کود شیمیایی	۰/۹۰ d	۰/۱۸ de	۸/۸۹ b	۴۳/۲۷ b
۱۰۰٪ نانو کود ماکرو	۰/۵۹ ef	۰/۱۶ de	۶/۵۰ c	۲۴/۰۴ d
۱۰۰٪ نانو کود میکرو	۰/۴۹ f	۰/۱۵ e	۶/۳۵ c	۲۰/۴۰ d
۵۰٪ نانو کود میکرو + ۵۰٪ نانو کود ماکرو	۱/۵۳ b	۰/۳۴ b	۹/۴۳ b	۴۲/۳۸ b
۵۰٪ کود شیمیایی + ۵۰٪ نانو کود ماکرو	۱/۲۲ c	۰/۲۵ c	۸/۹۹ b	۴۳/۴۸ b
۵۰٪ شیمیایی + ۵۰٪ نانو کود میکرو	۰/۷۹ de	۰/۲۱ cd	۸/۶۹ b	۳۱/۹۶ c
۵۰٪ شیمیایی + ۲۵٪ نانو کود میکرو + ۲۵٪ نانو ماکرو	۲/۵۸ a	۰/۴۴ a	۱۱/۸۲ a	۶۸/۶۹ a

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، براساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵٪ تفاوت معنی‌داری با هم ندارند.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۷- ترکیب‌های شناسایی شده اسانس سرشاخه‌های گلدار بالنگوی شهری تحت تأثیر تیمارهای مختلف کودی

ردیف	ترکیب‌های شناسایی شده	شاخص بازداری	درصد					
			T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
۱	β-ocimene	۱۰۴۵	۲/۴	۳/۱	۱/۴	۰/۵	۳/۷	۲/۳	۲/۳
۲	linalool	۱۰۹۷	۲/۷	۱/۹	۳/۶	۲/۵	۲/۶	۲/۴	۱/۳
۳	menthone	۱۱۴۹	۲/۵	۲/۵	۲/۷	۲/۲	۲/۱	۱/۴	۲/۰
۴	neo-menthol	۱۱۶۰	–	–	۰/۶	۰/۲	۰/۲	۰/۱	۰/۳
۵	menthol	۱۱۶۹	۳/۵	۲/۳	۴/۰	۱/۲	۳/۳	۲/۹	۴/۹
۶	n-dodecane	۱۱۹۸	۲/۵	۲/۶	۲/۳	۰/۷	۰/۴	۱/۲	۰/۸
۷	pulegone	۱۲۳۴	۰/۵	۰/۴	۰/۸	–	۰/۳	۰/۶	۰/۶
۸	neral	۱۲۳۸	۲/۵	۲/۳	۱/۹	۲/۰	۰/۸	۱/۷	۱/۱
۹	geraniol	۱۲۵۲	۲/۸	۳/۱	۳/۷	۳/۵	۲/۵	۱/۷	۳/۸
۱۰	geranial	۱۲۶۸	۳/۰	۶/۱	۱/۵	۳/۴	۲/۷	۳/۲	۲/۲
۱۱	menthyl acetate	۱۲۹۱	۱/۴	۱/۴	۰/۷	۱/۷	۰/۵	۰/۹	۱/۵
۱۲	neryl acetate	۱۳۶۳	۰/۴	۱/۳	۱/۲	۰/۴	۰/۳	۰/۷	۰/۳
۱۳	β-bourbonene	۱۳۸۰	۱۴/۶	۱۶/۰	۱۵/۶	۱۷/۶	۱۳/۱	۱۳/۳	۱۸/۱
۱۴	geranyl acetate	۱۳۸۳	۲/۸	۳/۰	۲/۵	۳/۰	۴/۰	۲/۲	۳/۰
۱۵	β-elemene	۱۳۸۸	–	۰/۱	–	۰/۵	۰/۴	۰/۲	۰/۳
۱۶	n-tetradecane	۱۳۹۷	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۵	۰/۱	۰/۴	۰/۳
۱۷	(E)-caryophyllene	۱۴۱۴	۳/۰	۲/۷	۲/۲	۳/۷	۳/۳	۶/۴	۷/۱
۱۸	α-humulene	۱۴۴۸	–	جزئی	–	۰/۳	۰/۱	۰/۶	۰/۴
۱۹	(E)-β-farnesene	۱۴۵۵	۰/۵	۰/۱	۰/۶	۰/۷	۰/۶	۱/۳	۱/۱
۲۰	germacrene D	۱۴۸۱	۳/۱	۲/۸	۴/۱	۵/۲	۴/۳	۴/۶	۳/۵
۲۱	valencene	۱۴۹۴	۱/۱	۱/۵	۱/۷	۱/۱	۰/۶	۱/۶	۰/۸
۲۲	bicyclogermacrene	۱۴۹۶	۵/۴	۳/۵	۳/۰	۶/۱	۵/۵	۳/۱	۳/۶
۲۳	δ-cadinene	۱۵۱۹	–	۰/۵	۰/۴	۱/۲	۰/۴	۰/۳	۰/۷
۲۴	spathulenol	۱۵۷۳	۶/۷	۸/۵	۶/۴	۷/۱	۱۰/۹	۱۰/۰	۶/۱
۲۵	caryophyllene oxide	۱۵۷۵	۱۳/۵	۱۵/۳	۱۴/۱	۱۶/۸	۱۴/۴	۱۴/۰	۱۷/۰
۲۶	viridiflorol	۱۵۸۶	–	–	۰/۵	–	۰/۷	۰/۹	۰/۵
۲۷	octadecane	۱۷۹۶	۰/۷	۰/۴	۰/۸	۰/۴	۰/۶	۰/۵	–
۲۸	nonadecane	۱۸۹۶	۴/۳	۳/۰	۴/۹	۳/۶	۲/۲	۳/۳	۲/۴
	total indentified (%)		۸۰/۱	۸۴/۳	۸۱/۲	۸۵/۹	۸۰/۶	۸۱/۹	۸۶/۱

T1= ۱۰۰٪ کود شیمیایی، T2= ۱۰۰٪ نانوکود ماکرو، T3= ۱۰۰٪ نانو کود میکرو، T4= ۵۰٪ نانو کود ماکرو+ ۵۰٪ نانو کود میکرو، T5= ۵۰٪ کود شیمیایی+ ۵۰٪ نانو کود ماکرو، T6= ۵۰٪ کود شیمیایی+ ۵۰٪ نانو کود میکرو، T_7= ۵۰٪ کود شیمیایی+ ۲۵٪ نانو کود ماکرو+ ۲۵٪ نانو کود میکرو

جزئی= کمتر از ۰/۰۵

www.SID.ir

Archive of SID

ترکیب‌های تشکیل‌دهنده اسانس

در آنالیز اسانس بالنگو ۲۱ ترکیب شناسایی شد (جدول ۷) که در این بین لینالول، منتول، ژرانیول، ژرانیال، بتا-بوربونن، ژرانیل استات، کاریوفیلن، جرماکرن D، اسپاتولنول و کاریوفیلن اکسید ترکیب‌های غالب اسانس بودند.

شاخص بازداری خطی در ستون HP-5 MS با استفاده از نرمال آلکان‌های C8-C40 محاسبه شد.

بحث

بالنگوی شهری یک گیاه دارویی مهم می‌باشد که تقاضا برای آن در صنعت رو به افزایش است، بنابراین باید به‌طور تجاری کشت شود. در این تحقیق بیشترین شاخص کلروفیل با کاربرد تلفیقی کودها حاصل شد. از آن جایی که هر مولکول کلروفیل دارای ۴ اتم نیتروژن می‌باشد و با توجه به همبستگی مثبت کلروفیل با میزان نیتروژن در دسترس گیاه، می‌توان بیان کرد که کاربرد تلفیقی کود شیمیایی و نانو کودهای ماکرو و میکرو به علت آزادسازی تدریجی عناصرغذایی در طول دوره رشدی گیاه منجر به افزایش میزان کلروفیل گیاه می‌شود (Liu & Lal, 2015). در پژوهشی کاربرد نانو کلات آهن سبب افزایش کلروفیل و رنگدانه‌های فتوسنتزی گیاه ریحان مقدس (*Ocimum sanctum*) گردید (Mahmoodi Sourestani *et al*., 2016). البته افزایش کلروفیل تحت تأثیر نانوکلات آهن در گیاه بادرشبو (Yusefzadeh *et al*., 2016) و جو (*Hordeum vulgare* L.) (Monica & Cremonini, 2009) نیز گزارش شده است.

نتایج این پژوهش بیانگر افزایش معنی‌دار تعداد شاخه جانبی و طول گل‌آذین ساقه اصلی با کاربرد تلفیقی کودهای مورد استفاده بود. کاربرد تلفیقی کودها با آزادسازی تدریجی عناصرغذایی در طی مراحل مختلف رشدی باعث افزایش صفات رویشی از قبیل تعداد شاخه جانبی، دوام سطح برگ، بهبود سیستم فتوسنتزی و به‌تبع آن افزایش عملکرد خواهد شد (Monica & Cremonini, 2009). با توجه به اینکه نیتروژن در ساختمان کلروفیل و در سنتز پروتئین‌ها نقش اساسی ایفا می‌کند. بنابراین افزایش جذب آن به دلیل استفاده از نانو کودها موجب افزایش میزان پروتئین می‌گردد و افزایش میزان پروتئین منجر به بهبود صفات رشدی و اجزای عملکرد می‌شود (Rahmani *et al*., 2008). در پژوهشی با بررسی اثر نانو کود آهن در ریحان (*Ocimum basilicum*)، بیشترین میزان پارامترهای رشدی این گیاه با کاربرد این کود حاصل شد (Parande & Mirza, 2011). همچنین Azizi و Safaee (۲۰۱۷) گزارش کردند که کاربرد تلفیقی اسید هیومیک+ نانو کود منجر به افزایش معنی‌دار صفات مورفولوژیک از قبیل ارتفاع گیاه، تعداد شاخه فرعی و شاخص سطح برگ گیاه سیاهدانه (*Nigella sativa* L.) گردید.

افزایش معنی‌دار طول گل‌آذین ساقه اصلی با کاربرد تلفیقی کودها به نقش عناصر غذایی در متابولیسم گیاه مربوط می‌شود، زیرا نیاز گیاه از لحاظ عناصر تأمین شده و موجب افزایش فرآورده‌های فتوسنتزی و در نتیجه افزایش رشد صفات رویشی از قبیل طول گل‌آذین ساقه اصلی و تعداد شاخه جانبی می‌شود (Emami & Farajzadeh Memari Tabrizi, 2015). افزایش رشد رویشی با کاربرد تلفیقی کودها 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 می‌تواند توجیه کند (Azizi & Safaee, 2017).

چرخه‌ها از یک‌سو دربرگیرنده تعداد دانه‌ها بوده و از سوی دیگر تأمین کننده مواد فتوسنتزی مورد نیاز دانه‌ها و تعیین کننده وزن آنها هستند. ازاین‌رو افزایش تعداد چرخه گل در بوته نقش بسزایی در افزایش عملکرد گیاه خواهد داشت. بنابراین به‌نظر می‌رسد کاربرد تلفیقی کودها با تأمین عناصر غذایی مورد نیاز گیاه به‌ویژه نیتروژن منجر به افزایش سرعت فتوسنتز و به‌تبع آن بهبود صفات رشدی از قبیل تعداد چرخه گل در بوته شده است. در تطابق با نتایج این پژوهش Monica و Cremonini (۲۰۰۹) گزارش کردند که

www.SID.ir

Archive of SID

محلول‌پاشی نانوکودها با در دسترس قرار دادن سریع مواد غذایی در طی مراحل رشد گیاه و به‌علت کمک به افزایش رشد رویشی، ظرفیت فتوسنتزی، توسعه پوشش گیاهی و افزایش فرایند جذب، موجب افزایش تعداد چرخه در بوته، تعداد دانه و وزن دانه شد.

کاربرد تلفیقی کودها بدلیل جذب مؤثرتر عناصری از قبیل نیتروژن، فسفر، پتاسیم و آهن توسط گیاه منجر به افزایش تعداد دانه در چرخه گل، ساقه اصلی و بوته شده است. آهن یکی از عناصر مهم و ضروری در واکنش‌های اکسیداسیون و احیاء در گیاهان می‌باشد. پتاسیم هم در غلظت‌های مورد نیاز به دلیل نقش حیاتی این عنصر در فتوسنتز منجر به افزایش مستقیم رشد و عملکرد و اجزای عملکرد می‌شود (Mengel & Kirkby, 1987). بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که کاربرد تلفیقی کودهای شیمیایی و نانو کودهای ماکرو و میکرو بدلیل جذب مؤثرتر عناصر غذایی و آزادسازی تدریجی عناصر کم‌مصرف از قبیل آهن، روی و منگنز به‌ویژه در شرایط دیم که جذب عناصر غذایی توسط گیاه به سختی انجام می‌شود، منجر به افزایش میزان تعداد دانه در چرخه گل، ساقه اصلی و بوته شده است (Aghazadeh Khalkhali *et al*., 2015). در تطابق با نتایج این پژوهش، Sepehri و Vaziriamjad (۲۰۱۵) گزارش کردند که بیشترین میزان تعداد دانه در آکن گیاه کاسنی (*Cichorium intybus* L.) با مصرف نانوکودهای آهن و روی بدست آمد.

عملکرد دانه تابع اجزاء عملکرد گیاه (شامل تعداد دانه در چرخه گل، ساقه اصلی و بوته، تعداد چرخه گل در بوته و تعداد شاخه جانبی) می‌باشد، ازاین‌رو افزایش صفات ذکر شده نقش بسزایی در افزایش عملکرد گیاه خواهد داشت. از آنجایی که بیشترین میزان تعداد دانه در چرخه گل، ساقه اصلی و بوته، تعداد چرخه گل در بوته و تعداد شاخه جانبی با کاربرد تلفیقی کودهای شیمیایی به همراه نانو کودها حاصل شد، ازاین‌رو دلیل افزایش عملکرد دانه در تیمار تلفیقی قابل توجیه است. علاوه‌براین، افزایش عملکرد دانه در تیمار تلفیقی کودها به جذب مؤثرتر عناصر غذایی و انتقال به بخش‌های زایشی گیاه در مرحله پر شدن دانه نسبت داده می‌شود که در نهایت با افزایش میزان انتقال دوباره عناصر غذایی، وزن دانه در بوته و به‌تبع آن عملکرد دانه نیز افزایش می‌یابد (Rahbar Kiykha *et al*., 2017). Khoshpeyk و همکاران (۲۰۱۷) گزارش کردند که مصرف نیتروژن و نانو کود دامی در گیاه رازیانه (*Foeniculum vulgare* Mill.) با در دسترس قرار دادن بسیاری از عناصر ضروری و غیرضروری برای گیاه با بهبود شرایط رشد ریشه و در نتیجه افزایش رشد، تعداد چتر بیشتر را در پی خواهد داشت. در تطابق با نتایج این پژوهش، Rahbar Kiykha و همکاران (۲۰۱۷) گزارش کردند که بیشترین میزان وزن و عملکرد دانه کنجد (*Sesamum indicum* L.) با کاربرد تلفیقی ۷۵٪ کود شیمیایی مرسوم+ نانو کود حاصل شد.

عملکرد بیولوژیک شامل کل وزن خشک اندام هوایی گیاه است. افزایش عملکرد بیولوژیک با کاربرد تلفیقی کودهای شیمیایی مرسوم و نانوکودهای ماکرو و میکرو را می‌توان به افزایش فعالیت فتوسنتزی در نتیجه در دسترس قرار گرفتن عناصر غذایی گیاه نسبت داد که در نهایت منجر به افزایش تعداد شاخه جانبی، طول گل‌آذین ساقه اصلی، تعداد چرخه گل در بوته و عملکرد بیولوژیک می‌شود (Khoshpeyk *et al*., 2017). در تطابق با نتایج این پژوهش، Khoshpeyk و همکاران (۲۰۱۷) گزارش کردند که تعداد چتر و عملکرد بیولوژیک رازیانه با کاربرد نانو کود دامی افزایش یافت.

شاخص برداشت بیانگر چگونگی تخصیص مواد فتوسنتزی به اندام اقتصادی گیاه (دانه) نسبت به کل مواد تولیدی ذخیره شده در گیاه است. این ویژگی نشان می‌دهد که گیاهان با توانایی تولید عملکرد بیولوژیک بالا چه میزان از این عملکرد را به دانه‌ها اختصاص می‌دهند. از آنجایی که یکی از اجزای محاسبه شاخص برداشت عملکرد دانه است، تغییرات آن به تغییرات عملکرد دانه بستگی دارد. بهبود تسهیم ماده خشک، به ساختارهای زایشی و دانه، ازجمله صفاتی است که می‌تواند باعث بهبود عملکرد دانه شود (Alizadeh *et al*., 2007). افزایش شاخص برداشت تحت

www.SID.ir

Archive of SID

تأثیر کاربرد تلفیقی کودهای شیمیایی و نانو کودهای ماکرو و میکرو با توجه به اثر افزایشی آنها بر رشد رویشی و زایشی در نتیجه در دسترس بودن عناصر غذایی و جذب بیشتر این عناصر در طول دوره رشدی گیاه توجیه‌پذیر است.

طبق نتایج حاصل از این پژوهش، اجزای تشکیل‌دهنده اسانس بالنگو تحت تأثیر تیمارهای مختلف تغذیه‌ای نتایج متفاوتی را نشان داد. بیشترین میزان بتا-بوربونن، کاریوفیلین اکسید، کاریوفیلین، منتول و ژرانیول با کاربرد تلفیقی ۵۰٪ کود شیمیایی+ ۲۵٪ نانو کود ماکرو+ ۲۵٪ نانو کود میکرو بدست آمد که نسبت به تیمار ۱۰۰٪ کود شیمیایی به‌ترتیب ۲۳/۹، ۲۵/۹، ۱۳۴/۱، ۴۱/۴ و ۳۶/۹٪ افزایش یافت. همچنین بیشترین میزان اسپاچولنول و ژرانیال به‌ترتیب در تیمارهای ۵۰٪ کود شیمیایی + ۵۰٪ نانو کود ماکرو و ۱۰۰٪ نانو کود ماکرو بدست آمد که نسبت به تیمار ۱۰۰٪ کود شیمیایی به‌ترتیب ۶۱/۹٪ و ۱۰۴٪ افزایش یافت. از آنجایی که ترپینوئیدها اجزاء اصلی اسانس را تشکیل می‌دهند بیوسنتز واحدهای سازنده آنها (ایزوپرونوئیدها) به استیل کوآنزیم آ، ATP، NADPH و غلظت فسفر معدنی در گیاه بستگی دارد (Kapoor *et al.*, 2017). نیتروژن هم به‌طور غیرمستقیم از طریق افزایش سرعت انتقال الکترون و فتوسنتز برگ، ATP و سوبسترای مورد نیاز را برای سنتز ایزوپرنوئیدها تأمین می‌کند (Ormeño & Fernandez, 2012). با توجه به اینکه عملکرد اسانس گیاه نتیجه حاصلضرب میزان ماده خشک و درصد اسانس می‌باشد، ازاین‌رو می‌توان بیان کرد که علت بالا بودن عملکرد اسانس با کاربرد تلفیقی کودهای شیمیایی و نانو کودها، افزایش ماده خشک و درصد اسانس در این تیمار می‌باشد. Amuamuha و همکاران (۲۰۱۲) گزارش کردند که درصد اسانس گل همیشه‌بهار (*Calendula officinalis*) با کاربرد نانو کود کلات آهن افزایش یافت. Mafakheri و همکاران (۲۰۱۶) نیز نتیجه گرفتند که عناصر غذایی موجود در نانو کودها موجب افزایش مواد فتوسنتزی گیاه شده است و این مواد شرایط را برای بهبود رشد رویشی و در نتیجه افزایش درصد اسانس گیاه بالنگوی شهری فراهم کرده است. Azizi و Safaee (۲۰۱۷) گزارش کردند که کاربرد تلفیقی نانو کود فارمکس و اسید هیومیک منجر به افزایش معنی‌دار درصد و عملکرد اسانس گیاه سیاهدانه (*Nigella sativa* L.) گردید.

نتایج این تحقیق نشان داد، در صورتی که نانو کودهای میکرو و ماکرو با کودهای شیمیایی به‌صورت تلفیقی مورد استفاده قرار گیرند، باعث بهبود درصد و عملکرد موسیلاژ بالنگو می‌شوند. افزایش تولید موسیلاژ با کاربرد تلفیقی کودهای شیمیایی مرسوم و نانو کودهای ماکرو و میکرو در شرایط دیم از طریق افزایش قابلیت دسترسی عناصر غذایی برای گیاه احتمالاً نقش کم‌آبی در کاهش فتوسنتز گیاه را تعدیل و موجب برتری معنی‌دار در تولید موسیلاژ می‌شود، بنابراین قابلیت بالای نگهداری آب توسط موسیلاژ نقش عمده‌ای در سازگاری گیاه با شرایط دیم دارد (Habibzadeh *et al.*, 2013). افزایش موسیلاژ در پوسته بذر در شرایط دیم، ناشی از سازگاری اکولوژیکی برای حفظ جنین بذر در برابر خشکی می‌باشد. از آنجایی که یک شکل ویژه از ذخیره آب پیوند یافتن با کربوهیدرات‌های آب‌دوست مانند موسیلاژهای سطح بذر می‌باشد، این سازگاری موجب توانایی در حفظ قابلیت آب درون سلولی می‌شود (Fekri *et al.*, 2008). عملکرد موسیلاژ حاصل‌ضرب عملکرد دانه و میزان موسیلاژ می‌باشد، ازاین‌رو می‌توان بیان کرد که علت بالا بودن عملکرد موسیلاژ با کاربرد تلفیقی کودهای شیمیایی و نانوکودهای ماکرو و میکرو، بالا بودن عملکرد دانه و درصد موسیلاژ است. در تطابق با نتایج این پژوهش، Aghazadeh Kalkhali و همکاران (۲۰۱۵) گزارش کردند که کاربرد نانو کلات آهن منجر به افزایش موسیلاژ گیاه اسفرزه (*Plantago psyllium* L.) گردید.

فراهم بودن بیشتر عناصر غذایی برای گیاه با کاربرد تلفیقی کودهای شیمیایی و نانوکودهای ماکرو و میکرو باعث افزایش تولید مواد فتوسنتزی شده است، به‌نحوی که به نوبه

www.SID.ir

Archive of SID

خود بر افزایش میزان تولید متابولیت‌های ثانویه نیز تأثیرگذار بوده است. تغذیه مناسب گیاهان با کاربرد تلفیقی کودها و در دسترس قرار گرفتن عناصر غذایی در طول دوره رشدی گیاه سبب تقویت مسیرهای درگیر در تولید متابولیت‌های ثانویه می‌شود. زیرا 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 به‌دنبال 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). Yusefzadeh و همکاران (۲۰۱۶) گزارش کردند که افزایش مصرف کودهای شیمیایی باعث کاهش میزان اسانس تولید و ترکیب‌های تشکیل‌دهنده اسانس بادرنجبویه (*Dracocephalum moldavica* L.) گردید. علاوه‌براین، Maffei و Mucciarelli (۲۰۰۳) نتیجه گرفتند که در دسترس قرار گرفتن عناصر غذایی در طول دوره رشدی گیاه منجر به افزایش غدد ترشح کننده اسانس نعناع فلفلی می‌شود که در نهایت منجر به افزایش ترکیب‌های تشکیل‌دهنده اسانس خواهد شد.

به‌عنوان نتیجه‌گیری کلی باید گفت که این پژوهش نشان داد کاربرد نانو کودها اثرهای قابل ملاحظه‌ای بر صفات کمّی و کیفی بالنگو شهری داشتند. در رابطه با صفات مورفولوژیکی کاربرد تلفیقی ۵۰٪ کود شیمیایی+ ۲۵٪ نانو کود ماکرو + ۲۵٪ نانو کود میکرو نسبت به سایر تیمارها برتری قابل ملاحظه‌ای داشت. همچنین آنالیز اسانس نشان داد که لینالول، منتول، ژرانیول، ژرانیال، باربورن، ژرانیل استات، کاریوفیلن، جرماکرن D، اسپاچولنول و کاریوفیلن اکسید ترکیب‌های غالب اسانس بودند. بنابراین می‌توان بیان کرد که جایگزین نمودن بخشی از کودهای شیمیایی با نانو کودها، ضمن کاهش مصرف کودهای شیمیایی و حفظ سلامت محیط‌زیست می‌تواند منجر به بهبود کیفیت و کمّیت اسانس بالنگوی شهری شود.

منابع مورد استفاده

- Adams, R.P., 2007. Identification of Essential Oil Components by Gas Chromatography/Mass Spectrometry. Allured, 804p.
- Aghazadeh Khalkhali, D., Mehrafarin, A., Abdossi, V. and Naghdi Badi, H., 2015. Mucilage and seed yield of psyllium (*Plantago psyllium* L.) in response to foliar application of nano-iron and potassium chelate fertilizer. Journal of Medicinal Plants, 4(56): 23-34.
- Alizadeh, O., Majidi, I., Nadian, H., Nour-Mohammadi, G. and Amerian, M., 2007. Effect of water stress and nitrogen rates on yield and components of Maize (*Zea mays* L.). Journal of Agricultural Science, Islamic Azad University, 13(2): 427-434.
- 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. International Research Journal of Applied and Basic Sciences, 3(10): 2085-2090.
- Azizi, M. and Safaee, Z., 2017. The effect of humic acid and Pharmax fertilizer on morphological traits, yield and essential oil content of *Nigella Sativa* L. Journal of Horticultural Science, 4: 671-680.
- DeRosa, M.C., Monreal, C., Schnitzer, M., Walsh, R. and Sultan, Y., 2010. Nanotechnology in fertilizers. Nature Nanotechnology, 5(2): 91.
- Emami, R. and Farajzadeh Memari Tabrizi, E., 2015. Effect of nitrogen and phosphorus fertilizers consumption on growth characteristics of wild rye (*Secale montanum*). Journal of Plant Physiology, 7(23): 131-143.
- Fallahi, A., Hassani, A. and Sefidkon, F., 2016. Effect of foliar application of different zinc sources on yield and phytochemical characteristics of basil (*Ocimum basilicum* L.). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research, 32(5): 743-757.
- Fekri, N., Khayami, M., Heidari, R. and Jamee, R., 2008. Chemical analysis of flaxseed, sweet basil, dragon head and quince seed mucilages. Research Journal of Biological Sciences, 3(2): 166-170.
- Habibzadeh, A., Rashidi, M. and Galanis, N., 2013. Analysis of a combined power and ejector-refrigeration cycle using low temperature heat. Energy Conversion and Management, 65: 381-391.
- Kalnyasundram, N.K., Pateb, P.B. and Dalat, K.C., 1982. Nitrogen need of *Plantago ovata* Forsk. in relacion to the available nitrogen in soil. Indian Journal of Agricultural Science, 52: 240-242.
- Kapoor, R., Anand, G., Gupta, P. and Mandal, S., 2017. Insight into the mechanisms of enhanced production of valuable terpenoids by arbuscular mycorrhiza. Phytochemistry Reviews, 16(4): 677-692.

www.SID.ir

Archive of SID

fruit: essential oil variability in Iranian populations. Industrial Crops and Products, 111: 1-7.
- Ormeño, E. and Fernandez, C., 2012. Effect of soil nutrient on production and diversity of volatile terpenoids from plants. Current Bioactive Compounds, 8(1): 71-79.
- 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.
- Rahbar Kiykha, F., khammari, E., Dahmardeh, M. and Forouzandeh, M., 2017. Effect of nano bio-fertilizer and chemical fertilizer application on quantitative and qualitative yield of sesame (*Sesamum indicum* L.) cultivars. Journal of Crop Science Research in Arid Regions, 1(2): 177-190.
- Rahmani, N., Valadabadi, S.A., Daneshian, J. and Bigdeli, M., 2008. The effects of water deficit stress and nitrogen on oil yield of (*Calendula officinalis* L.). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research, 24(1): 101-108.
- 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 Science, 23(1): 27-35.
- Sepehri, A. and Vaziriamjad, Z., 2015. The effect of iron and zinc nano fertilizers on quantitative yield of chicory (*Cichorium inyubus* L.) in different crop densities. Journal of Agricultural Science and Sustainable Production, 25(1-2): 61-74.
- Subramanian, K.S., Manikandan, A., Thirunavukkarasu, M. and Rahale, C.S., 2015. Nano-fertilizers for balanced crop nutrition: 69-80. In: Rai, M., Ribeiro, C., Mattoso, L. and Duran, N., (Eds.). Nanotechnologies in food and agriculture. London, Springer, 376p.
- Tarraf, W., Ruta, C., Tagarelli, A., De Cillis, F. and De Mastro, G., 2017. Influence of arbuscular mycorrhizae on plant growth, essential oil production and phosphorus uptake of *Salvia officinalis* L. Industrial Crops and Products, 102: 144-153.
- Yusefzadeh, S., Naghdibadi, H., Sabaghnia, N. and Janmohammadi, M., 2016. The effect of foliar of nano-iron chelate on the physiological and chemical properties of (*Dracocephalum moldavica* L.). Journal of Medicinal Plants, 7(60): 152-160.
- Khater, M.S., 2015. Magnetite-nanoparticles effects on growth and essential oil of peppermint. Current Science International, 4(2): 140-144.
- Khoshpeyk, S., Sadrabadi Haghighi, R. and Ahmadian, A., 2017. The effect of application of nitrogen fertilizer and nano-organic manure on yield, yield components and essential oil of fennel (*Foeniculum vulgar* Mill.). Iranian Journal of Field Crops Research, 14(4): 775-787.
- Liu, R. and Lal, R., 2015. Potentials of engineered nanoparticles as fertilizers for increasing agronomic productions. Science of the Total Environment, 514: 131-139.
- Liu, X., Feng, Z., Zhang, S., Zhang, F., Zhang, J., Xiao, Q. and Wang, Y., 2006. Preparation and testing of cementing and coating nano-subnanocomposites of slow-or controlled-release fertilizer. Scientia Agricultura Sinica, 39(8): 1598-1604.
- Mafakheri, S., Asghari, B. and Shaltooki, M., 2016. Effects of biological, chemical and nano-fertilizers on quantitative and qualitative characteristics of *Lallemantia iberica* (MB) Fischer & Meyer. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research, 32(4): 676-677.
- Maffei, M. and Mucciarelli, M., 2003. Essential oil yield in peppermint/soybean strip intercropping. Field Crops Research, 84(3): 229-240.
- Mahmoodi, P., Yarnia, M., Amirnia, R., Tarinejad, A. and Mahmoodi, H., 2017. Comparison of the effect of nano urea and nano iron fertilizers with common chemical fertilizers on some growth traits and essential oil production of *Borago officinalis* L. Journal of Dairy & VeterinaryScience, 2(2): 1-4.
- Mahmoodi Sourestani, M., Moghadam, E. and Farrokhian Firoozi, A., 2016. The effect of foliar application of iron on some biochemical and photosynthetic characteristics of Holy basil (*Ocimum sanctum*). Iranian Journal of Horticultural Science, 17(3): 595-606.
- Marshall, E, 2011. Health and Wealth From Medicinal Aromatic Plants. FAO, 68p.
- Mengel, K. and Kirkby, E., 1987. Principles of plant nutrition. Springer Netherlands, 849p.
- Moghadam, E., Mahmoodi, S.M., Farrokhian, F.A., Ramazani, Z. and Eskandari, F., 2015. The effect of foliar application of iron chelate type on morphological traits and essential oil content of holy basil (*Ocimum sanctum*). Journal of Crops Improvement, 17(3): 595-606.
- Monica, R.C. and Cremonini, R., 2009. Nanoparticles and higher plants. Caryologia, 62(2): 161-165.
- Morshedloo, M.R., Maggi, F., Neko, H.T. and Aghdam, M.S., 2018. Sumac (*Rhus coriaria* L.)

www.SID.ir

Archive of SID

Evaluation of *Lallemantia iberica* (MB) Fischer & Meyer essential oil quantity and quality by application of conventional chemical and nano fertilizers

A. Javanmard[1*], P. Karimi Karamjavan[2], M. Amani Machiani[3], A. Ostadi[3] and S. Shahbazi Doorbash[4]

1*- Corresponding author, Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, University of Maragheh, Maragheh, Iran, E-mail: a.javanmard@maragheh.ac.ir
2- M.Sc. student of Agroecology, Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, University of Maragheh, Maragheh, Iran
3- Ph.D student of Agrotechnology-Crop Ecology, Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, University of Maragheh, Maragheh, Iran
4- Dryland Agricultural Research Institute, Agricultural Research Education and Extension (AREEO), Maragheh, Iran

Received: July 2019 Revised: March 2020 Accepted: March 2020

Abstract

In order to investigate the effects of combined and separate application of macro and micro nano fertilizers with chemical fertilizers on quantitative and qualitative traits of medicinal plant dragon's head (*Lallemantia iberica* (MB) Fischer & Meyer), a field experiment was performed based on the randomized complete block design (RCBD) with seven treatments and three replications on the research farm of Maragheh University in 2017. Experimental treatments included the use of 100% conventional chemical fertilizer (urea and triple superphosphate with values of 150 and 100 kg ha^{-1}, respectively), 100% macro nano fertilizer, 100% micro nano fertilizer, 50% macro nanofertilizer+50% micro nano fertilizer, 50% chemical fertilizer+50% macro nano fertilizer, 50% chemical fertilizer+50% micro nano fertilizer, and 50% chemical fertilizer+25% macro nanofertilizer+25% micro nano fertilizer. The results showed that the highest (73.3) and lowest (59.1) chlorophyll indices were obtained by applying 50% chemical fertilizer+25% macro nano fertilizer+25% micro nano fertilizer, and separate application of 100% micro nano fertilizer, respectively. Also, the highest values of number of lateral branches, main stem length, number of flower cycles per plant, number of seeds per plant, biological yield, seed yield, 1000-seed weight and seed mucilage content were obtained in 50% chemical fertilizer+25% macro nanofertilizer+25% micro nanofertilizer treatment. Chemical analysis of the essential oils demonstrated that linalool, menthol, geraniol, geranial, menthyl acetate, *β*-bourbonene, geranyl acetate, (*E*)-caryophyllene, germacrene D, spathulenol and caryophyllene oxide were the main constituents of essential oils. The highest content of β-bourbonene, caryophyllene oxide, (*E*)-caryophyllene, menthol, and geraniol was obtained with the combined use of 50% chemical fertilizer+25% macro nanofertilizer+25% micro nano fertilizer. In general, based on the results of the present research, the combined use of chemical fertilizers and macro and micro nano fertilizers can be recommended due to the increased seed yield and dragon's head qualitative traits under rainfed conditions.

Keywords: *Lallemantia iberica* (MB) Fischer & Meyer, grain yield, biological yield, mucilage, essential oil.

www.SID.ir