

تأثیر محلول پاشی نانو کود آلی و هیومیک اسید بر ویژگی‌های بیوشیمیایی و برخی ترکیب‌های تشکیل دهنده اسانس گل محمدی (*Rosa damascena* Mill.)

مرضیه شهسواری^۱، داود نادری^{۲*} و محمد مهدی قیصری^۳

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، گروه علوم باغبانی، واحد اصفهان (خوراسگان)، دانشگاه آزاد اسلامی، اصفهان، ایران

۲- نویسنده مسئول، استادیار، گروه علوم باغبانی، واحد اصفهان (خوراسگان)، دانشگاه آزاد اسلامی، اصفهان، ایران و عضو باشگاه پژوهشگران جوان

پست الکترونیک: d.naderi@khuisf.ac.ir

۳- استادیار، دانشکده علوم پایه، واحد اصفهان (خوراسگان)، دانشگاه آزاد اسلامی، اصفهان، ایران

تاریخ دریافت: فروردین ۱۳۹۷

تاریخ اصلاح نهایی: آبان ۱۳۹۷

تاریخ پذیرش: آذر ۱۳۹۷

چکیده

تغذیه متعادل یکی از مهمترین فاکتورهای تأثیرگذار در بهبود عملکرد و کیفیت گل محمدی (*Rosa damascena* Mill.) می‌باشد. در سال‌های اخیر رویکرد حذف یا کاهش مصرف کودهای شیمیایی با هدف جایگزین نمودن کودهای آلی و فرآورده‌های جدید بسیار مورد توجه قرار گرفته است. بدین منظور پژوهشی در سال‌های ۱۳۹۶-۱۳۹۵ به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با دو عامل کود آلی نانو (سطوح صفر، ۲، ۳ و ۴CC در یک لیتر آب) و هیومیک اسید (سطوح صفر، ۱، ۲ و ۳ میلی‌لیتر در یک لیتر آب) در سه تکرار در شهرستان علویجه استان اصفهان اجرا گردید. نتایج نشان داد بیشترین میزان نیتروژن (۳/۹۲٪ و ۳/۷۹٪) به ترتیب در تیمارهای نانو کود آلی ۴ و ۳ در هزار و بیشترین میزان فسفر و پتاسیم (به ترتیب ۲/۶۸ و ۱۰/۴۵ گرم بر کیلوگرم) در تیمار نانو کود آلی ۴ در هزار حاصل شد. بیشترین میزان آنتوسیانین (۶۲/۶۳ میکرومول در گرم) در تیمار نانو کود آلی ۳ در هزار و بیشترین میزان کاروتنوئید (رنج بین ۰/۴۴ تا ۰/۳۵ میلی‌گرم در گرم) در تیمارهای هیومیک اسید بدون نانو کود و به همراه نانو کود ۲، ۴ و ۳ در هزار بدست آمد. ترکیب‌های ۲- فنیل اتانول، سیترونال، ژرانیول و آلفا-پینن بیشترین میزان ترکیب‌های تشکیل دهنده اسانس را به خود اختصاص دادند. بیشترین میزان ترکیب ۲- فنیل اتانول در تیمار نانو کود آلی و هیومیک اسید با غلظت‌های ۳ در هزار و بیشترین میزان سیترونال، آلفا-پینن و کمترین میزان ۲- فنیل اتانول در تیمار نانو کود آلی ۴ در هزار به همراه هیومیک اسید ۳ در هزار مشاهده شد. کمترین میزان سیترونال و آلفا-پینن و بیشترین میزان ژرانیول نیز در تیمار نانو کود ۲ در هزار به همراه هیومیک اسید ۲ و ۱ در هزار حاصل شد. طبق یافته‌های این پژوهش، تیمارهای نانو کود آلی و هیومیک اسید بر غلظت عناصر معدنی و ترکیب‌های تشکیل دهنده اسانس تأثیر مثبت نشان داد.

واژه‌های کلیدی: پتاسیم، ژرانیول، سیترونال، گل محمدی (*Rosa damascena* Mill.)، نانو کود آلی، آنتوسیانین.

مقدمه

و فرآورده‌هایی با ارزش اقتصادی بالاست که در صنایع مختلف دارویی، غذایی، عطرسازی و آرایشی کاربرد فراوان دارد (Kadayifci et al., 2015). بیشترین ترکیب‌های

گل محمدی با نام علمی *Rosa damascena* Mill. از مهمترین گونه‌های معطر خانواده Rosaceae و دارای اسانس

تشکیل دهنده اسانس گل محمدی شامل سیترونال، نونادکان، هنیکوزان، بتا-کاروفیلین، نرول، تریکوزان، ژرانیول، فنیل اتیل استات، لینالول، سیترال، اوژنول، ۲- فنیل اتانول و پنتاکوزان می‌باشند (Akhavan & Zarezadeh Mehrizi, 2016). طبق برخی از پژوهش‌ها، میزان عناصر معدنی در کاسبرگ گل محمدی بیشتر از گلبرگ و در ژنوتیپ‌های مختلف متفاوت است (Rahmani et al., 2013). کاربرد روزافزون کودهای شیمیایی باعث بروز خسارتهای جبران‌ناپذیر زیست‌محیطی، بهداشتی و اقتصادی شده که استفاده از این کودها را از مدت‌ها قبل مورد نکوهش قرار داده است. کودهای شیمیایی به دلیل بر جا ماندن آنها در طبیعت باعث آلودگی آب و خاک می‌شود (Radwan et al., 2015). از سویی، حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه با توجه به اصول کشاورزی اکولوژیک نقش مهمی در بهبود عملکرد کمی و کیفی گیاهان دارویی دارد (Khoram Del et al., 2007). یکی از ارکان اصلی کشاورزی پایدار استفاده از کودهای زیستی و آلی از جمله کودهای آلی نانو در اکوسیستم‌های زراعی با هدف حذف کاربرد کودهای شیمیایی است که از جمله راهبردهای تغذیه گیاه برای نیل به اهداف کشاورزی اکولوژیک محسوب می‌گردد (Benzon et al., 2015).

در سال‌های اخیر تأثیر تغذیه عناصر مورد نیاز به شکل نانو ذرات بر رشد و نمو گیاهان مورد توجه قرار گرفته است. پوشاندن ذرات کودی با ذرات نانو و کوچکتر از نانو، باعث ایجاد قابلیت تنظیم رهاسازی عناصر غذایی از کپسول کودی، افزایش کارایی مصرف عناصر غذایی، کاهش سمیت خاک، به حداقل رساندن اثرهای منفی ناشی از مصرف بیش از حد کود و کاهش تعداد دفعات کاربرد کود می‌شود (Janmohammadi et al., Jyothi & Hebsur, 2017). با بکارگیری نانو کودها، زمان و سرعت رهاسازی عناصر با نیاز غذایی گیاه منطبق و هماهنگ می‌شود، از این رو گیاه قادر به جذب بیشترین میزان عناصر غذایی بوده، در نتیجه ضمن کاهش آبتجویی عناصر، عملکرد محصول نیز افزایش می‌یابد (Naderi & Danesh-).
 هیومیک اسید یکی دیگر از کودهای مناسب مورد استفاده در نظام کشاورزی ارگانیک می‌باشد. با توجه به نظریه‌های جدید، مواد هیومیکی مجموعه‌ای متنوع از مولکول‌هایی با جرم مولکولی نسبتاً کم هستند که متشکل از ترکیب‌های پویای تثبیت شده توسط فعل و انفعالات هیدروفوبیک و پیوندهای هیدروژنی می‌باشند. مهمترین آثار بیولوژیک هیومیک اسید شامل تحریک تجمع بیوماس در گیاهان (Zachariakis et al., 2001)، تحریک جذب و تجمع عناصر غذایی معدنی (ازت، کلسیم، فسفر، پتاسیم، منگنز، آهن، روی و مس) (Azarpour et al., 2011) و بهبود خصوصیات فیزیکی، شیمیایی، بیولوژیکی و حاصلخیزی خاک می‌باشد (Daur, 2013). همچنین مواد هیومیکی بر جذب اکسیژن، فرایند تنفس و فتوسنتز، میزان قند، اسیدهای آمینه، افزایش تراوایی غشای سلول و طول شدن سلول ریشه تأثیرگذار است (Abdel Razzak & El-Sharkawy, 2013). از آنجا که در گیاهان دارویی، مهمترین مسئله طبیعی بودن مواد استحصال شده است، باید در بکارگیری کودهای مورد نیاز برای تغذیه گیاه دقت بیشتری لحاظ کرد. با توجه به اهمیت گل محمدی به‌عنوان گیاه دارویی با ارزش اقتصادی قابل توجه، این پژوهش به‌منظور بررسی تأثیر نانو کود آلی و هیومیک اسید بر خصوصیات کیفی و میزان ترکیب‌های تشکیل‌دهنده اسانس گل محمدی انجام شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال‌های ۱۳۹۵-۱۳۹۶ در باغی واقع در شهرستان علویجه با آب و هوای گرم و خشک و ارتفاع

پاییتال نانو پارت) و هیومیک اسید (با نام تجاری Humisuper)، به صورت مایع روی اندام‌های گیاه گل‌محمدی محلول پاشی شدند. محلول پاشی نانو کود آلی و هیومیک اسید به صورت جداگانه در پنج مرحله در ماه‌های اسفند و فروردین با فواصل زمانی ۱۰ روز توسط سم‌پاش‌های دستی در یک نوبت صبح روی بوته‌ها اعمال گردید. pH نمونه‌های خاک توسط pH متر (مدل ۲۶۲) و هدایت الکتریکی عصاره توسط هدایت‌سنج (مدل ۶۶۴) ارزیابی شد. ارزیابی بافت نمونه‌های خاک طبق روش هیدرومتری و میزان ماده آلی با استفاده از روش اکسیداسیون تر انجام گردید. غلظت نیتروژن طبق روش کجلدال، غلظت فسفر توسط اسپکتروفومتر و غلظت پتاسیم با استفاده از دستگاه فلیم‌فوتومتر اندازه‌گیری شد (Kudsen & Peterson, 1982; Olsen & Sommers, 1982).

از سطح دریا ۱۷۸۰ متر اجرا شد. بدین منظور آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با دو عامل کود آلی نانو (سطوح صفر، ۲، ۳ و ۴ میلی‌لیتر در یک لیتر آب) و هیومیک اسید (سطوح صفر، ۱، ۲ و ۳ میلی‌لیتر در یک لیتر آب) در سه تکرار انجام شد. پیش از شروع آزمایش نمونه خاک محل اجرای طرح با نمونه‌برداری از دو عمق ۳۰-۶۰ و ۳۰-۶۰ سانتی‌متری مورد تجزیه قرار گرفت (جدول ۱). کرت آزمایشی به مساحت ۲۵۰ مترمربع با طول کرت ۲۵ متر و عرض کرت ۳ متر در ۳ ردیف با فاصله بین ردیف‌ها ۱ متر در نظر گرفته شد و ۱۶ بوته گل‌محمدی در هر ردیف کشت شد. برداشت گیاهان در اردیبهشت و خرداد سال ۹۶ انجام گردید. به دلیل کمبود آب در منطقه و استفاده از آب چاه، آبیاری به صورت غرقابی و به فاصله هر ۳۰ روز یک‌بار با حجم مشخصی تا پایان فصل رشد انجام شد. نانو کود آلی (با نام تجاری

جدول ۱- نتایج ارزیابی آزمایش خاک

پارامترهای مورد بررسی								
عمق	بافت	نوع خاک	هدایت الکتریکی (dS/m)	pH	ماده آلی	پتاسیم (mg/kg)	فسفر (mg/kg)	نیتروژن (%)
عمق ۳۰	۱	Clay	۰/۷۳	۸/۰۶	۱/۸۹	۳۱۲	۱۰۸	۰/۱۵
	۲	Loam	۰/۷۶	۸/۰۷	۲/۰۳	۳۱۲	۱۰۸/۵۶	۰/۱۲
عمق ۶۰	۱	Clay	۰/۷۸	۸/۱۴	۱/۷۴	۲۸۶	۱۰۶/۵۸	۰/۱
	۲		۰/۸۲	۸/۱۶	۱/۷	۲۹۱	۱۰۶/۵۸	۰/۱

صفات مورد ارزیابی

میزان کاروتنوئید و آنتوسیانین توسط اسپکتروفومتر UV به ترتیب در طول موج‌های ۶۷۰ و ۵۵۰ نانومتر اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری ترکیب‌های گل، از هر بوته موجود در هر یک از پلات‌های آزمایشی ۷ تا ۱۰ گل به صورت تصادفی به عنوان نمونه برداشت شد و در آزمایشگاه معتمد معیار دانش واقع در پژوهشگاه مرکزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد اصفهان (خوراسگان) با استفاده از روش Head space دستگاه GC-MS ترکیب‌های آن اندازه‌گیری شد. دستگاه

برای اندازه‌گیری غلظت عناصر غذایی با نمونه‌برداری تصادفی برگ از سطح بوته‌ها، درصد نیتروژن توسط کجلدال اتوماتیک مدل ۳۲۰۰ (Singh et al., 2013)، میزان فسفر توسط دستگاه طیف‌سنج در طول موج ۸۶۰ نانومتر و قرائت توسط اسپکتروفومتر مدل فارمسیا (Olsen & Sommers, 1982) و غلظت پتاسیم توسط دستگاه فلیم‌فوتومتر اندازه‌گیری شد (Kudsen & Peterson, 1982). همچنین

۳/۳۴٪، ۲/۰۳ و ۶/۷۷ گرم بر کیلوگرم نشان داده شد (جدول ۳). همچنین بیشترین میزان پتاسیم در تیمارهای هیومیک اسید ۳، ۲ و ۱ در هزار به ترتیب با میزان ۹/۰۹، ۸/۸۳ و ۸/۶۵ گرم بر کیلوگرم مشاهده شد (جدول ۴).

رنگدانه‌های گیاهی

همچنین، اثر متقابل نانو کود آلی و هیومیک اسید بر میزان کاروتنوئید و آنتوسیانین گیاه در سطح ۵٪ معنی‌دار شد. بیشترین میزان کاروتنوئید در تیمارهای مختلف هیومیک اسید بدون نانو کود و به همراه نانو کود ۲، ۳ و ۴ در هزار در رنج بین ۰/۴۴ تا ۰/۳۵ میلی‌گرم در گرم حاصل گردید. کمترین میزان نیز در تیمارهای هیومیک اسید ۲ در هزار به همراه نانو کود ۴ در هزار و هیومیک اسید و نانو کود ۳ در هزار به ترتیب با میزان ۰/۲۳ و ۰/۲۸ میلی‌گرم در گرم مشاهده شد (شکل ۱). بیشترین میزان آنتوسیانین در تیمار نانو کود ۳ در هزار بدون هیومیک اسید با میزان ۶۲/۶۳ میکرومول در گرم و کمترین میزان در تیمارهای هیومیک اسید ۲، ۱ و ۳ در هزار به ترتیب به همراه نانو کود ۲، ۳ و ۴ در هزار با میزان ۳۴/۴۴، ۳۴/۵۶ و ۳۶/۲۶ میکرومول در گرم حاصل شد (شکل ۲).

GC/MS از ردیاب جرمی Aglient 5975 C با منبع یونیزاسیون الکترونی کوپل شده با دستگاه کروماتوگرافی گازی با ستون HP-5MS (طول ۳۰ متر، قطر داخلی ۰/۲۵ میلی‌متر و ضخامت فیلم ۰/۲۵ میکرومتر) تشکیل شده بود. دماهای محل تزریق دستگاه، منبع یونیزاسیون ردیاب جرمی و آنالایزر به ترتیب روی ۲۸۰، ۱۵۰ و ۲۳۰ درجه سانتی‌گراد تنظیم شد. در نهایت داده‌ها توسط نرم‌افزار SAS و آزمون LSD در سطح احتمال ۵٪ مورد تجزیه و تحلیل آماری و مقایسه میانگین قرار گرفتند.

نتایج

عناصر غذایی

طبق نتایج حاصل از این پژوهش، تیمار نانو کود آلی بر میزان نیتروژن، فسفر و پتاسیم گل محمدی و تیمار هیومیک اسید بر میزان پتاسیم گیاه در سطح ۱٪ اثر معنی‌داری را نشان داد (جدول ۲). به طوری که بیشترین میزان نیتروژن در تیمارهای ۴ و ۳ در هزار نانو کود آلی به ترتیب با میزان ۳/۹۲٪ و ۳/۷۹٪ و بیشترین میزان فسفر و پتاسیم در تیمار نانو کود آلی ۴ در هزار به ترتیب با میزان ۲/۶۸ و ۱۰/۴۵ گرم بر کیلوگرم حاصل گردید (جدول ۳). کمترین میزان نیتروژن، فسفر و پتاسیم در تیمار شاهد به ترتیب با میزان

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس اثر نانو کود آلی، هیومیک اسید و اثر متقابل آنها بر میزان عناصر معدنی گل محمدی

منابع تغییرات	درجه آزادی	نیتروژن	فسفر	پتاسیم	کاروتنوئید	آنتوسیانین
بلوک	۲	۰/۰۳ns	۰/۰۶ns	۰/۱۷ns	۰/۰۱۱ns	۴۸/۸۲ns
نانو کود آلی	۳	۰/۸۱***	۱/۰۲***	۳۲/۰۲***	۰/۰۰۶ns	۲۴/۱۱ns
هیومیک اسید	۳	۰/۰۴ns	۰/۰۶ns	۳/۱۷***	۰/۰۰۳ns	۱۴۴/۷۵ns
نانو آلی × هیومیک اسید	۹	۰/۰۲ ns	۰/۰۵ ns	۰/۹۴ ns	۰/۰۱۰*	۱۶۹/۲۰*
خطا	۳۰	۰/۱۰	۰/۰۷	۰/۶۵	۰/۰۰۴	۶۱/۷۳
ضریب تغییرات (%)		۸/۷۶	۱۱/۱۱	۹/۳۶	۱۷/۳۵	۱۷/۷۷

ns: عدم معنی‌دار شدن، * و ***: به ترتیب معنی‌دار شدن در سطوح آماری ۵٪ و ۱٪

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر نانو کود آلی بر میزان نیتروژن، فسفر و پتاسیم گل محمدی

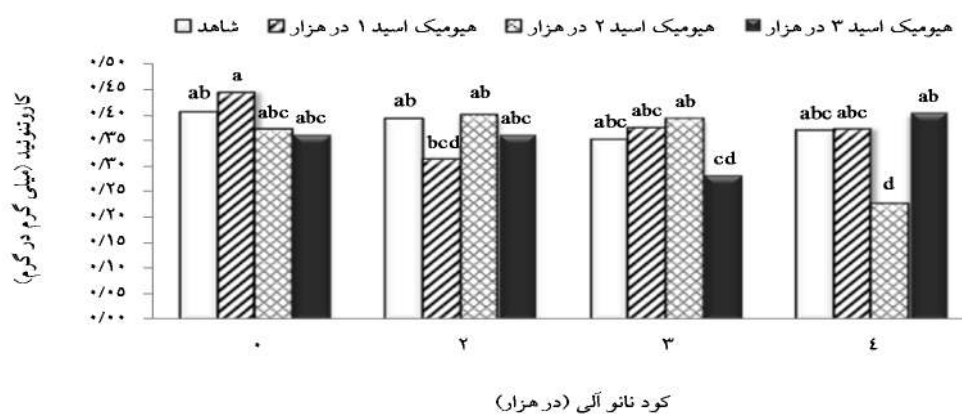
پتاسیم (g/kg)	فسفر (g/kg)	نیتروژن (%)	نانو کود آلی (در هزار)
۶/۷۷ d	۲/۰۳ c	۳/۳۴ b	شاهد (پاشش آب)
۷/۸۴ c	۲/۱۶ c	۳/۵۳ b	۲
۹/۴۰ b	۲/۴۴ b	۳/۷۹ a	۳
۱۰/۴۵ a	۲/۶۸ a	۳/۹۲ a	۴
۰/۶۷	۰/۲۲	۰/۲۷	LSD

در هر ستون، میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، در سطح ۵٪ آزمون LSD اختلاف معنی‌داری با هم ندارند.

جدول ۴- مقایسه میانگین اثر هیومیک اسید بر میزان پتاسیم گل محمدی

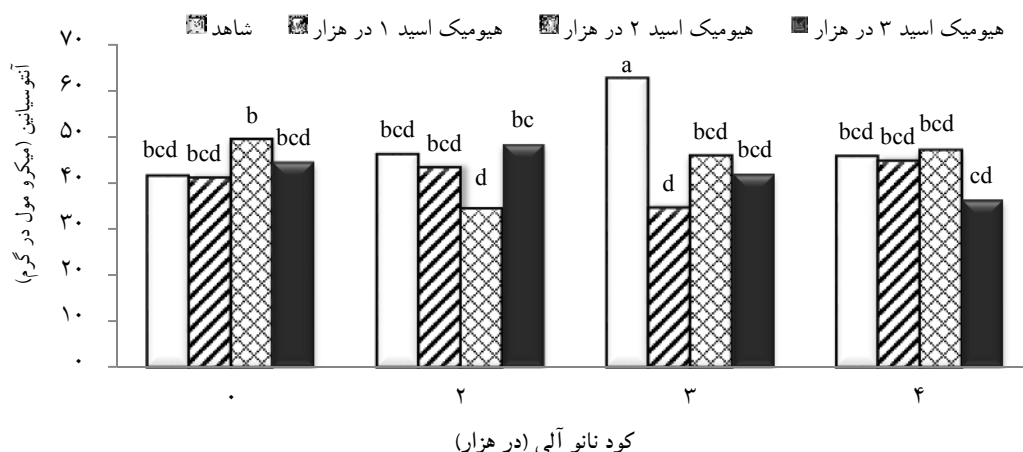
پتاسیم (g/kg)	هیومیک اسید (در هزار)
۷/۹۰ b	شاهد (پاشش آب)
۸/۶۵ a	۱
۸/۸۳ a	۲
۹/۰۹ a	۳
۰/۶۷	LSD

در هر ستون، میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، در سطح ۵٪ آزمون LSD اختلاف معنی‌داری با هم ندارند.



شکل ۱- اثر متقابل هیومیک اسید و نانو کود آلی بر میزان کاروتنوئید

ستون‌ها با حروف مشترک یکسان در سطح ۵٪ آزمون LSD تفاوت معنی‌داری با هم ندارند (LSD=0.11).



شکل ۲- اثر متقابل هیومیک اسید و نانو کود آلی بر میزان آنتوسیانین

ستون‌ها با حروف مشترک یکسان در سطح ۵٪ آزمون LSD تفاوت معنی‌داری با هم ندارند (LSD=12.98).

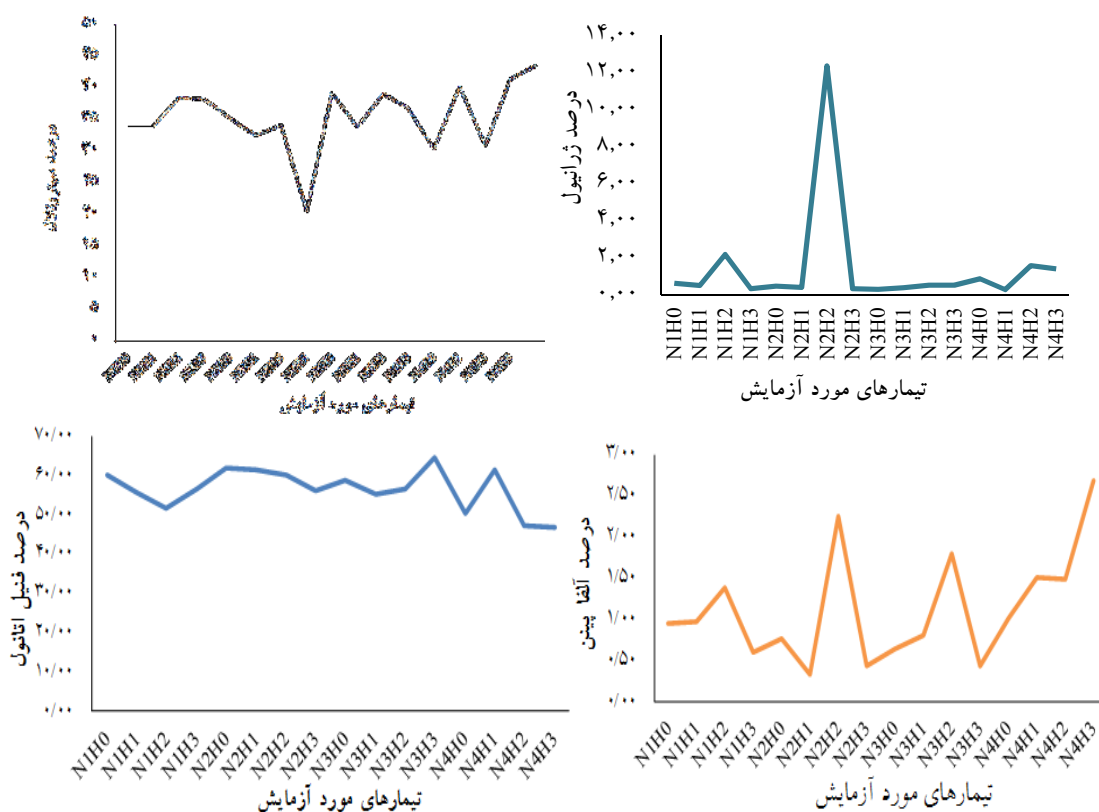
جدول ۵- مهمترین ترکیب‌های شناسایی شده در گل محمدی در تیمارهای مورد بررسی (برحسب درصد)

سایر ترکیب‌ها	تیمارهای مورد بررسی				
	α -pinene RI=939	geraniol RI=1257	citronellol RI=1231	2-phenyl-ethanol RI=1114	
۴/۴۷	۰/۹۵	۰/۶۴	۳۳/۹۲	۶۰/۰۲	شاهد (بدون کاربرد کود آلی) N1H0
۲/۲	۱/۰۱	-	۳۹/۵۲	۵۷/۲۷	هیومیک اسید ۱ در هزار N1H1
۶/۲۹	-	۲/۲۲	۳۸/۸۱	۵۲/۶۸	هیومیک اسید ۲ در هزار N1H2
۷/۰۲	۰/۶۰	-	۳۵/۴۶	۵۶/۹۲	هیومیک اسید ۳ در هزار N1H3
۴/۰۶	۰/۷۵	۰/۴۸	۳۲/۶۳	۶۲/۰۸	نانو کود ۲ در هزار N2H0
۳/۹۹	۰/۳۴	-	۳۴/۱۷	۶۱/۵۰	نانو ۲ + هیومیک اسید ۱ در هزار N2H1
۴/۳۹	۲/۲۵	۱۲/۳۹	۲۰/۶۲	۶۰/۳۵	نانو ۲ + هیومیک اسید ۲ در هزار N2H2
۳/۲۸	-	-	۳۹/۷۲	۵۷/۰۰	نانو ۲ + هیومیک اسید ۳ در هزار N2H3
۶/۳۰	۰/۶۳	-	۳۳/۹۰	۵۹/۱۷	نانو کود ۳ در هزار N3H0
۳/۸۳	۰/۸۱	-	۳۹/۵۱	۵۵/۸۵	نانو ۳ + هیومیک اسید ۱ در هزار N3H1
۳/۴۵	۱/۸۳	-	۳۷/۲۴	۵۷/۴۸	نانو ۳ + هیومیک اسید ۲ در هزار N3H2
۳/۹۸	-	-	۳۰/۶۵	۶۵/۳۷	نانو ۳ + هیومیک اسید ۳ در هزار N3H3
۶/۴۳	۱/۰۲	۰/۸۸	۴۰/۶۴	۵۱/۰۳	نانو ۴ در هزار N4H0
۵/۶۵	۱/۵۱	-	۳۱/۰۹	۶۱/۷۵	نانو ۴ + هیومیک اسید ۱ در هزار N4H1
۷/۹۱	-	۱/۶۱	۴۲/۲۰	۴۸/۲۸	نانو ۴ + هیومیک اسید ۲ در هزار N4H2
۳/۳۲	۲/۷۴	۱/۴۳	۴۴/۵۸	۴۷/۹۳	نانو ۴ + هیومیک اسید ۳ در هزار N4H3

نشان داده شد که بیشترین میزان در تیمار نانو کود آلی ۴ در هزار به همراه هیومیک اسید ۳ در هزار و کمترین میزان در تیمار نانو کود آلی و هیومیک اسید با غلظت‌های ۲ در هزار حاصل شد. ترکیب ژرانیول در تیمار نانو کود آلی ۲ در هزار به همراه هیومیک اسید ۲ در هزار با میزان $12/39\%$ بیشترین میزان را در مقایسه با گروه شاهد با میزان $0/64\%$ نشان داد. همچنین تیمار نانو کود ۲ در هزار با میزان $0/48\%$ کمترین میزان ژرانیول را نشان داد. بیشترین میزان آلفا-پینن نیز در تیمارهای نانو کود آلی ۴ در هزار به همراه هیومیک اسید ۳ در هزار و نانو کود آلی و هیومیک اسید با غلظت‌های ۲ در هزار به ترتیب با میزان $2/74\%$ و $2/25\%$ مشاهده گردید. تیمار نانو کود آلی ۲ در هزار به همراه هیومیک اسید ۱ در هزار با میزان $0/34\%$ نیز کمترین میزان آلفا-پینن را نشان داد (جدول ۵).

ترکیب‌های تشکیل‌دهنده اسانس گل محمدی

با توجه به نتایج حاصل از تجزیه ترکیب‌های اسانس گل محمدی مشاهده گردید که تیمارهای نانو کود آلی و هیومیک اسید با غلظت‌های مختلف، تأثیرات متفاوتی را بر میزان ترکیب‌های تشکیل‌دهنده اسانس نشان دادند. به طوری که ترکیب‌های ۲- فنیل اتانول، سیترونال، ژرانیول و آلفا-پینن بیشترین میزان ترکیب‌های تشکیل‌دهنده اسانس را در بین تیمارهای مختلف به خود اختصاص دادند. ۲- فنیل اتانول در بین تیمارهای مورد بررسی در محدوده بین $47/93\%$ تا $65/37\%$ مشاهده گردید که بیشترین میزان مربوط به تیمار نانو کود آلی ۳ در هزار به همراه هیومیک اسید ۳ در هزار و کمترین میزان مربوط به تیمار نانو کود آلی ۴ در هزار به همراه هیومیک اسید ۳ در هزار بود. میزان ترکیب سیترونال در محدوده بین $20/62\%$ تا $44/58\%$



شکل ۳- تأثیر تیمارهای مختلف بر درصد ترکیب‌های تشکیل‌دهنده اسانس گل محمدی

بحث

با توجه به نتایج، غلظت‌های مختلف نانو کود آلی و هیومیک اسید بر میزان عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم گل محمدی تأثیر معنی‌داری را نشان دادند. هیومیک اسید از طریق اثرهای هورمونی با تأثیر بر متابولیسم سلول‌های گیاهی و افزایش سرعت فتوسنتز در برگ‌ها باعث افزایش جذب عناصر معدنی از خاک و افزایش نقل و انتقال عناصر ماکرو و میکرو در گیاه می‌شود (Khaled & Fawy, 2011). این ترکیب با تأثیر بر فعالیت آنزیم فسفاتاز ریشه، به‌عنوان یک بازدارنده فعالیت آنزیم فسفاتاز از طریق ترکیب و ایجاد کمپلکس با آنزیم و یا به‌طور غیرمستقیم از طریق تشکیل ترکیب‌های پیچیده با آهن سبب افزایش معنی‌دار جذب فسفر می‌شود (Nazari *et al.*, 2012). سازوکاری که مواد هیومیکی منجر به افزایش سنتز حامل‌های پروتئینی یونی و در نتیجه افزایش جذب یون می‌شوند در بررسی mRNA حامل‌های یونی پس از تیمار هیومیک اسید مورد تأیید قرار گرفته است (Khaled & Fawy, 2011). بنابراین در کاربرد خاکی، با توجه به نقش هیومیک اسید در کلات‌کنندگی عناصر غذایی از جمله سدیم، پتاسیم، منیزیم، روی، کلسیم، آهن، مس و... می‌تواند برای غلبه بر کمبود این عناصر در گیاه مورد استفاده قرار گیرد (Ghorbani *et al.*, 2014). بررسی اثر کلسیم و تیمار هیومیک اسید بر رشد و جذب عناصر غذایی گیاه سوسن شرقی نشان داد که هیومیک اسید رشد گیاه را از طریق بهبود جذب عناصر غذایی و همچنین از طریق اثرهای هورمونی خود تسهیل می‌کند (Cangi *et al.*, 2006).

نانو کودهای حاوی عناصر ریزمغذی نیز به علت دسترسی سریع به سطوح گیاهی، توانایی حمل عناصر غذایی و رساندن هدفمند میکروالمنت‌ها به بافت‌های مشخص از گیاه، سبب افزایش جذب عناصر غذایی توسط گیاه و در نتیجه افزایش عملکرد اندام‌های گیاه می‌شوند (Mastronardi *et al.*, 2015). از سویی، نانو کودها در مقایسه با کودهای دیگر، توان حلالیت بیشتری داشته، در نتیجه زیست‌توده را بر اثر افزایش نقطه اشباع افزایش می‌دهند (Selva Preetha *et al.*, 2014). بنابراین به نظر می‌رسد در گیاهان تیمار شده با نانو کود آلی به دلیل وضعیت تغذیه‌ای متعادل و بهبود فرایند فتوسنتزی گیاه،

تولید انرژی بیشتر می‌باشد و از این طریق غلظت عناصری مانند پتاسیم که به‌صورت فعال و با صرف انرژی جذب گیاه می‌شوند، افزایش می‌یابد (Maghsoudi & Najafi, 2016). همچنین نانو کود آلی با تحریک جذب NO_3^- توسط افزایش بیان پروتئین حامل نیتروژن در سطح غشایی سلولی و تغییر در میزان کاتیون‌ها جذب نیتروژن را افزایش می‌دهد (Khaled & Fawy, 2011).

طبق نتایج حاصل از این پژوهش، میزان و اجزای تشکیل‌دهنده اسانس گل محمدی تحت تأثیر تیمارهای مختلف تغذیه‌ای نتایج متفاوتی را نشان داد. در بین تیمارهای مورد بررسی تیمار نانو کود آلی با غلظت‌های ۴، ۳ و ۲ در هزار به همراه هیومیک اسید با غلظت‌های ۳ و ۲ در هزار بیشترین تأثیر را بر میزان ترکیب‌های تشکیل‌دهنده اسانس گل محمدی نشان دادند. نانو کودها با عبور آسان از دیواره سلول‌های گیاهی به‌صورت مطلوب در نقطه مناسبی از ناحیه رشد، عناصر غذایی خود را آزاد می‌کنند، در نتیجه خصوصیات بیوشیمیایی گیاه را تحت تأثیر قرار می‌دهند (Kizhaeral *et al.*, 2015). اسانس‌ها ترکیب‌های ترپنوئیدی بوده و بیوسنتز واحدهای سازنده آنها (ایزوپرنوئیدها) مانند ایزوپنتیل پیروفسفات و دی‌متیل آلیل پیروفسفات نیازمند ATP و NADPH هستند و با توجه به این موضوع که حضور عناصری مانند نیتروژن و فسفر در کودهای آلی برای تشکیل ترکیب‌های ذکر شده ضروری می‌باشد، از این رو کاربرد نانو کود آلی و هیومیک اسید از طریق جذب کارآمد فسفر و تا حدودی نیتروژن توسط ریشه گل محمدی، باعث افزایش برخی ترکیب‌های تشکیل‌دهنده اسانس این گیاه شده است (Makkizadeh *et al.*, 2011؛ Akbari & Gholami, 2016). از سویی تغذیه مناسب گیاهان در بیشتر کودهای آلی در ساختمان آنزیم‌های فعال در مسیرهای بیوشیمیایی تولید مواد مؤثره گیاهی شرکت داشته و سبب تقویت مسیرهای درگیر در تولید متابولیت‌های ثانویه می‌شوند (Bortolin *et al.*, 2013). علاوه بر آن، افزایش میزان کربوهیدرات‌های گیاه موجب افزایش زیست‌ساخت ترکیب اسانس می‌شود، بنابراین به نظر می‌رسد تحت تأثیر کاربرد نانو کودهای آلی و هیومیک اسید میزان کربوهیدرات‌های گل محمدی افزایش یافته، در نتیجه بر افزایش

- Akbari, I. and Gholami, A., 2016. Evaluation of mycorrhizal fungi, vermicompost and humic acid on essence yield and root colonization of fennel. Iranian Journal of Field Crops Research, 4: 840-853.
- Akhavan, H.R. and Zarezadeh Mehrizi, R., 2016. Effects of damask rose (*Rosa damascena* Mill.) extract on chemical, microbial, and sensory properties of sohan (an Iranian confection) during storage. Journal of Food Quality and Hazards Control, 3: 97-106.
- Asadzade, N., Moosavi, S.G. and Seghatoleslam, M.J., 2015. Effect of low irrigation and Zn and SiO₂ nano-fertilizers and conventional fertilizers on morphophysiological traits and seed yield of sunflower. Biological Forum - an International Journal, 7: 357-364.
- Azarpour, E., Danesh, R.K., Mohammadi, S., Bozorgi, H.R. and Moraditochae, M., 2011. Effects of nitrogen fertilizer under foliar spraying of humic acid on yield and yield components of cowpea (*Vigna unguiculata*). World Applied Sciences Journal, 13: 1445-1449.
- Benzon, H.R.L., Rosnah, U.R., Venecio, U.U. and Chul Lee, S., 2015. Nano-fertilizer affects the growth, development and chemical properties of rice. International Journal of Agronomy and Agricultural Research, 7: 105-117.
- Bortolin, A., Aouada, F.A., Mattoso, L.H.C. and Ribeiro, C., 2013. Nanocomposite PAAm/methyl cellulose/montmorillonite hydrogel: evidence of synergistic effects for the slow release of fertilizers. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 6: 7431-7439.
- Cangi, R., Tarakcioglu, C. and Yasar, H., 2006. Effect of humic acid applications on yield, fruit characteristics and nutrient uptake in Ercis grape (*V. vinifera* L.) cultivar. Asian Journal of Chemistry, 18: 1493-1499.
- Celik, H., Katkat, A.V., Asik, B.B. and Turan, M.A., 2010. Effect of foliar-applied humic acid to dry weight and mineral nutrient uptake of maize under calcareous soil conditions. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 42: 29-38.
- Daur, I., 2013. Comparative study of farm yard manure and humic acid in integration with inorganic-N on wheat (*Triticum aestivum* L.) growth and yield. Tarim Bilimleri Dergisi, Journal of Agricultural Sciences, 19: 170-177.
- Dubey, V.S., Bhalla, R. and Luthra, R., 2003. Sucrose mobilization in relation to essential oil biogenesis during palmarosa (*Cymbopogon martinii* Roxb. Wats. var. *motia*) inflorescence development. Journal of Biosciences, 28: 479-487.
- ترکیب‌های تشکیل‌دهنده اسانس نیز تأثیرگذار بوده است (Dubey *et al.*, 2003).
- همچنین تأثیر هیومیک اسید بر میزان و اجزای اسانس گل محمدی را می‌توان در نتیجه تأثیر افزایش جذب عناصر غذایی از طریق خاصیت کلات‌کنندگی، احیاء‌کنندگی و حفظ نفوذپذیری غشاء دانست (Celik *et al.*, 2010). اسید هیومیک به‌عنوان اسید آلی حاصل از هوموس و سایر منابع طبیعی می‌تواند از طریق اثرهای هورمونی، بهبود جذب و کلات‌کنندگی عناصر غذایی، جلوگیری از آبخسویی عناصر و در اختیار گذاشتن این عناصر برای گیاه سبب افزایش میزان اسانس و ترکیب‌های آن شود (Samavat & Malakooti, 2006). علاوه بر آن در توجیه نتایج بدست‌آمده می‌توان بیان نمود که هیومیک اسید با افزایش فعالیت آنزیم رایبیسکو سبب افزایش فعالیت فتوسنتزی گیاه و در نتیجه تولید فرآورده‌های فتوسنتزی می‌شود؛ چون اسانس‌ها از گروه شیمیایی ترین‌ها بوده و به این دلیل که گلوکز به‌عنوان پیش‌ماده مناسب در سنتز اسانس و به‌ویژه منوترین‌ها هستند، فتوسنتز و تولید فرآورده‌های فتوسنتزی ارتباط مستقیمی با تولید اسانس دارد (Niakan *et al.*, 2005).
- به‌طور کلی، جایگزین نمودن کودهای آلی می‌تواند آثار سوء کودهای شیمیایی را کاهش داده و بر کیفیت گیاهان دارویی تأثیرگذار باشد. در میان غلظت‌های مورد بررسی، غلظت‌های ۴ و ۳ در هزار نانو کود آلی و غلظت‌های ۳ و ۲ در هزار هیومیک اسید بیشترین تأثیر را در افزایش خصوصیات بیوشیمیایی گیاه نشان دادند. بنابراین با در نظر گرفتن توجیه اقتصادی و هدف از استحصال ماده مؤثره گل محمدی می‌توان این تیمارهای تغذیه‌ای را در برنامه تولید این گیاه دارویی با ارزش مورد توجه قرار داد.

منابع مورد استفاده

- Abdel Razzak, H.S. and El-Sharkawy, G.A., 2013. Effect of biofertilizer and humic acid application on growth, yield, quality and storability of two garlic (*Allium sativum* L.) cultivars. Asian Journal of Crop Science, 5: 48-64.

- quality and some characteristics of gerbera cut flower. *Journal of Ornamental Plants*, 3: 205-212.
- Naderi, M.R. and Danesh-Shahraki, A., 2013. Nanofertilizers and their roles in sustainable agriculture. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*, 5: 2229-2235.
 - Nazari, M., Mehrafarin, A., Naghdibadi, H. and Khalighi-sigaroodi, F., 2012. Morphological traits of sweet basil (*Ocimum basilum* L.) as influenced by foliar application of methanol nano-iron chelate fertilizers. *Annals of Biological Research*, 3: 5511-5514.
 - Niakan, M., Khavarinejad, R. and Rezaei, M.B., 2005. Effect of three ratios of fertilizer N, P, K on fresh weight, dry weight, leaf area and the essential oil of peppermint (*Mentha piperita* L.). *Medicinal and Aromatic Plants Research*, 21: 148-131.
 - Olsen, S.R. and Sommers, L.E., 1982. Phosphorus: 403-430. In: Page, A.L., Miller, R.H. and Kenny, R., (Eds.). *Methods of Soil Analysis. Part 2: Chemical and Microbiological Properties*. Madison, Wisconsin USA, 1152p.
 - Radwan, F.I., Gomaa, M.A., Rehab, I.F. and Samera, I.A., 2015. Impact of humic acid application, foliar micronutrients and biofertilization on growth, productivity and quality of wheat (*Triticum aestivum* L.). *Middle East Journal of Agriculture Research*, 4: 130-140.
 - Rahmani, A., Mirza, M. and Tabaei-Aghdai, S.R., 2013. Effects of different fertilizers (macro and micro elements) on quantity and quality of essential oil and other byproducts of *Rosa damascena* Mill. in Iran. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 4: 747-759.
 - Samavat, S. and Malakooti, M., 2006. Important use of organic acid (humic and fulvic) for increase quantity and quality agriculture productions. *Water and Soil Researchers Technical*, 463: 1-13.
 - Selva Preetha, P., Subramanian, K.S. and Sharmila Rahale, C., 2014. Sorption characteristics of nano-zeolite based slow release sulphur fertilizer. *International Journal of Development Research*, 4: 225-228.
 - Singh, N.B., Amist, N., Yadav, K., Singh, D., Pandey, J.K. and Singh, S.C., 2013. Zinc oxide nanoparticles as fertilizer for the germination, growth and metabolism of vegetable crops. *Journal of Nanoengineering and Nanomanufacturing*, 3: 353-364.
 - Zachariakis, M., Tzorakakis, E., Kritsotakis, I., Siminis, C.I. and Manios, V., 2001. Humic substances stimulate plant growth and nutrient accumulation in grapevine rootstocks. *Acta Horticulturae*, 549: 131-136.
 - Ghorbani, S., Khazaei, H.R., Kafi, M., Banayan Aval, M. and Sadeghi Shoaee, M., 2014. Effect of foliar application of humic acid on yield, yield components and growth indices of maize. *Journal of Crop Production Research*, 4: 326-337.
 - Janmohammadi, M., Seifi, A., Pasandi, M. and Sabaghnia, N., 2016. The impact of organic manure and nanoinorganic fertilizers on the growth, yield and oil content of sunflowers under well-watered conditions. *Biologija*, 62: 227-241.
 - Jyothi, T.V. and Hebsur, N.S., 2017. Effect of nanofertilizers on growth and yield of selected cereals: a review. *Agricultural Reviews*, 38: 112-120.
 - Kadayifci, A., Senyigit, U. and Kepenek, K., 2015. Water consumption of oil rose (*Rosa damascena* Mill.) in isparta conditions. *Infrastructure and Ecology of Rural Areas*: 745-757.
 - Khaled, H. and Fawy, H., 2011. Effect of different levels of humic acids on the nutrient content, plant growth, and soil properties under conditions of salinity. *Soil and Water Research*, 6: 21-29.
 - Khoram Del, S., Koochaki, A., Nassiri Mahalati, M. and Ghorbani, R., 2007. Application effects of biofertilizers on the growth indices of black cumin (*Nigella sativa* L.). *Journal of Iranian Field Crop Research*, 2: 285-294.
 - Kizhaeral, S.S., Manikandan, A., Thirunavukkarasu, M. and Rahale, C.S., 2015. Nano-fertilizers for balanced crop nutrition. *Nanotechnologies in Food and Agriculture*, 3: 69-80.
 - Kudsens, D. and Peterson, G.A., 1982. Lithium sodium and potassium: 225-245. In: Page, A.L., Miller, R.H. and Kenny, R., (Eds.). *Methods of Soil Analysis. Part 2: Chemical and Microbiological Properties*. Madison, Wisconsin USA, 1152p.
 - Maghsoudi, M.R. and Najafi, N., 2016. Effects of nano-micronutrient fertilizers on plant nutrition. *Journal of Land Management*, 2: 115-132.
 - Makkizadeh, M., Nasrollahzadeh, S., Zehtab Salmasi, S., Chaichi, M.R. and Khavazi, K., 2011. The effect of organic, biologic and chemical fertilizers on quantitative and qualitative characteristics of sweet basil (*Ocimum basilicum* L.). *Agricultural Science and Sustainable Production*, 1: 1-12.
 - Mastronardi, E., Tsae, P., Zhang, X., Monreal, C. and DeRosa, M.C., 2015. Strategic role of nanotechnology in fertilizers: potential and limitations: 25-67. In: Rai, M., Duran, N., Ribeiro, C. and Mattoso, L., (Eds.). *Nanotechnologies in Food and Agriculture*. Springer International Publishing Switzerland, 347p.
 - Mohammadbagheri, L. and Naderi, D., 2017. Effect of growth medium and calcium nano-fertilizer on

Effects of organic nano-fertilizer and humic acid on biochemical characteristics and some essential oil of domask-rose (*Rosa damascena* Mill.)

M. Shahsavari¹, D. Naderi^{2*} and M.M. Gheisari³

1- M.Sc. graduated, Department of Horticulture, Isfahan (Khorasgan) Branch, Islamic Azad University, Isfahan, Iran

2*- Corresponding author, Faculty of Agriculture, Isfahan (Khorasgan) Branch, Islamic Azad University, Isfahan, Iran

E-mail: d.naderi@khuisf.ac.ir

3- Faculty of Basic Sciences, Isfahan (Khorasgan) Branch, Islamic Azad University, Isfahan, Iran

Received: March 2018

Revised: November 2018

Accepted: December 2018

Abstract

Balanced nutrition is one of the most important factors in improving the quality and performance of medicinal plants such as Domask-Rose (*Rosa damascena* Mill.). In recent years, the approach to removing or reducing the use of chemical fertilizers with the aim of replacing organic fertilizers and the application of new products has been widely considered. For this purpose, a factorial experiment was conducted in a randomized complete block design with two factors of organic nano-fertilizer (levels of zero, 2, 3 and 4 cc in one liter of water) and humic acid (levels of zero, 1, 2 and 3 cc in one liter of water) in three replications. The results showed that the highest amount of nitrogen was obtained in organic nano-fertilizer treatments of 4 and 3 per thousand, and the highest amount of phosphorus and potassium was obtained in organic nano-fertilizer of 4 per thousand. The highest amount of anthocyanin (62.63 $\mu\text{g} / \text{g}$) was obtained in organic nano-fertilizer of 3 per 1000, and the highest amount of carotenoids (range from 0.44 to 0.35 mg / g) was obtained in humic acid treatments without nano-fertilizer and with nano-fertilizer of 2, 4 and 3 per thousand. The 2-phenyl ethanol, citronellol, geraniol and alpha-pinene compounds were the highest essential oil components. The highest amount of 2-phenyl ethanol was obtained in the treatment of organic nano-fertilizer and humic acid at concentrations of 3 per thousand. The highest amount of citronellol, alpha-pinene and the least amount of 2-phenyl ethanol were observed in the treatment of organic nano-fertilizer with 4 per thousand and humic acid 3 per thousand. The lowest amount of citronellol and alpha-pinene, and the highest amount of geraniol were obtained in organic nano-fertilizer 2 per thousand with humic acid 2 and 1 per thousand. According to the findings of this research, organic nano-fertilizer and humic acid treatments showed a positive effect on the concentration of mineral elements and essential oil components.

Keywords: Potassium, geraniol, citronellol, domask-rose (*Rosa damascena* Mill.), organic nano-fertilizer, anthocyanin.