

ارزیابی عملکرد، کمیت و کیفیت اسانس گیاه دارویی به لیمو (*Lippia citriodora* H. B. et K.) تحت استفاده مصرف متعادل کود و پلیمر سوپر جاذب

علی اکبر زارع^۱، محمدجعفر ملکوتی^{۲*}، حسین علی بهرامی^۳، فاطمه سفیدکن^۴، رضا شاه حسینی^۵

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد، گروه خاکشناسی، دانشگاه تربیت مدرس

۲- نویسنده مسئول، استاد، گروه خاکشناسی، دانشگاه تربیت مدرس، پست الکترونیک: mjmalakouti@modares.ac.ir

۳- دانشیار، گروه خاکشناسی، دانشگاه تربیت مدرس

۴- استاد، بخش تحقیقات گیاهان دارویی، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور

۵- دانش آموخته کارشناسی ارشد، گروه علوم باغبانی، دانشگاه تربیت مدرس

تاریخ پذیرش: اردیبهشت ۱۳۹۲

تاریخ اصلاح نهایی: اردیبهشت ۱۳۹۲

تاریخ دریافت: بهمن ۱۳۹۱

چکیده

به لیمو (*Lippia citriodora* H. B. et K.) از گیاهان دارویی ارزشمندی است که اسانس به عنوان عمده ترین ترکیب شیمیایی آن دارای ترکیب های مؤثره ای نظیر نرال و ژرانیال بوده و به صورت خام و فرآوری شده کاربرد وسیعی در صنایع دارویی، غذایی، آرایشی و بهداشتی دارد. در گیاهان دارویی تغذیه متناسب و بهینه با استفاده از نهاده های شیمیایی و زیستی تأثیر چشمگیری بر عملکرد و شاخص های فیتوشیمیایی مرتبط با عملکرد دارد. این پژوهش با هدف بررسی اثر مصرف متعادل کود (کوددهی براساس نتایج آزمون خاک) و پلیمر سوپر جاذب بر عملکرد و ترکیب های شیمیایی گیاه به لیمو در قالب بلوک های کامل تصادفی با هفت تیمار و سه تکرار بشرح: T₁: بدون کوددهی (شاهد)، T₂: کوددهی براساس عرف زارع، T₃: کوددهی براساس مصرف متعادل کود یا همان تجزیه خاک، T₄: کود زیستی، T₅: تیمار دوم + کود زیستی، T₆: تیمار سوم + کود زیستی و T₇: تیمار سوم + کود زیستی + پلیمر سوپر جاذب در دانشگاه تربیت مدرس در شرایط گلخانه انجام شد. نتایج این پژوهش نشان داد که بین تیمارها از لحاظ کلیه پارامترها در سطح ۱٪ اختلاف معنی دار وجود داشت. کمترین و بیشترین عملکرد تر گیاه به ترتیب مربوط به تیمارهای شاهد (۶۴۱۰ کیلوگرم در هکتار) و تیمار مصرف متعادل کود + کود زیستی + پلیمر سوپر جاذب (۱۵۴۳۵ کیلوگرم در هکتار) بود. به همین روال حداقل و حداکثر عملکرد برگ خشک در تیمارهای شاهد (۷۰۲ کیلوگرم در هکتار) و تیمار مصرف متعادل کود + کود زیستی + پلیمر سوپر جاذب (۱۵۰۳ کیلوگرم در هکتار) بدست آمد. البته کمترین و بیشترین میزان اسانس در تیمارهای شاهد (۷/۴ کیلوگرم در هکتار) و تیمار مصرف متعادل کود + کود زیستی (۲۰/۵ کیلوگرم در هکتار) حاصل شد. از نظر مجموع ترکیب های اصلی ژرانیال و نرال تیمارهای شاهد و مصرف متعادل کود + کود زیستی به ترتیب با کسب مقادیر ۴۱/۲٪ و ۵۲/۲۷٪، کمترین و بیشترین میزان را به خود اختصاص دادند.

واژه های کلیدی: به لیمو (*Lippia citriodora* H. B. et K.)، مصرف متعادل کود، سوپر جاذب، عملکرد، اسانس، ترکیب ها.

مقدمه

دارویی معطوف داشته و هرساله هزاران هکتار از زمین های زراعی خود را به کشت و پرورش گیاهان دارویی اختصاص می دهند (Haq, 2004). گیاه دارویی به لیمو با نام علمی (*Lippia citriodora*) از خانواده شاه پسند (Verbenaceae) (مظفریان، ۱۳۸۸؛

در حال حاضر حدود یک سوم داروهای مورد استفاده در جوامع انسانی دارای منشأ گیاهی هستند، از این رو صنایع داروسازی و گروه های تحقیقاتی وابسته در بسیاری از کشورها توجه خود را به کشت و تولید گیاهان

در صورتی که غلظت هر عنصر غذایی در گیاه پایین تر از حد بهینه آن برای متابولیسم سلولی باشد، کمبود اولیه این عنصر غذایی معمولاً در گیاه به صورت پنهان بوده و نشانه های ظاهری آن با چشم قابل تشخیص نمی باشد، اما در نهایت آثار آن در کاهش عملکرد نمایان می شود. عملکرد گیاه تابع عاملی است که در حداقل است. اگر کلیه عوامل به زراعی و محیطی (آب، خاک، نور و غیره) به سطوح بهینه برسند ولی یکی از عوامل بیش از حد افزایش یابد (مثل نیتروژن)، نه تنها باعث افزایش عملکرد نمی گردد بلکه ممکن است علاوه بر کاهش تولید، سبب افت کیفیت محصول نیز گردد. بر همین اساس مصرف کود در گیاهان دارویی باید براساس آزمون خاک صورت گیرد. در بسیاری از طرح های تحقیقاتی داخل کشور این امر مهم نادیده گرفته شده، بنابراین نتایج حاصل از طرح های پژوهشی را غیرواقعی می نماید (ملکوتی و همکاران، ۱۳۸۷).

یکی از عملیاتی که امروزه مطابق با اصول کشاورزی پایدار در راستای حاصلخیزی خاک رایج شده است، استفاده از کودهای زیستی است؛ کودهای زیستی شامل مواد متراکم یک یا چند نوع ارگانسم مفید خاکزی و یا به صورت فرآورده متابولیکی این موجودات می باشد که به منظور تأمین عناصر غذایی مورد نیاز گیاه (Sharma, 2002; Mena-Violent & Olalde-Portugal, 2007)، افزایش کارایی کودهای نیتروژن و فسفر (Mena-Violent & Olalde-Portugal, 2007)، تولید و ترشح سیتوکینین، اکسین ها، جبریلین ها، سیدروفورها، افزایش تحرک عناصر غذایی و قابلیت جذب آنها (Zaied et al., 2003) در یک اکوسیستم زراعی بکار می روند.

قسمت بیشتری از کشور ما در اقلیم خشک و نیمه خشک واقع شده است (اله دادی، ۱۳۸۱). در بیشتر نقاط کشور ما نزولات جوی بسیار کم و اندک است. به طور کلی میانگین بارش های سالیانه در این مناطق ۲۰۰ تا ۲۵۰ میلی متر می باشد و بیشتر آنها در فصول غیرزراعی اتفاق می افتد (عابدی کویایی و سهراب، ۱۳۸۳). در این شرایط استفاده از موادی مانند سوپرچادها که توانایی کاهش اثرات منفی ناشی از تنش خشکی را داشته و سبب افزایش تأثیر کودها و آفت کش ها باشند، دارای اهمیت است. سوپرچاد

(Meshkatsalsadat et al., 2010)، درختچه ای است به ارتفاع ۱/۵ تا ۲ متر (Tutin, 1981)، در ایران مانند سایر کشورها این گیاه به دلیل خواص دارویی وارد شده و کشت می شود (امین، ۱۳۸۷). برگ به عنوان اندام مورد استفاده دارای خواص ضد تشنج، ضد انقباض، تب بر و آرام بخش بوده و دارای سابقه ای طولانی در درمان آسم، اسپاسم، سرماخوردگی، سردرد، تب، نفخ، اسهال، سوء هاضمه، بی خوابی و اضطراب می باشد (Meshkatsalsadat et al., 2010). اسانس این گیاه دارای اثرات ضد اسهالی، مدری (Abed & Benmerabet, 1981)، ضد میکروبی علیه میکروفلور دندان (Torrent Martia, 1976)، آرام بخشی، ضد تب و مهار اثر تحریک کنندگی هیستامین می باشد (Nakamura et al., 1997). برگ به لیمو علاوه بر اسانس حاوی آلکالوئید، فلاونوئید، موسیلاژ، تانن و فنل های اسیدی می باشد (Torrent Martia, 1976); (Skaltsa & Shammas, 1988). با وجود دارا بودن کلیه این ترکیب ها، مهمترین ماده مؤثره موجود در این گیاه اسانس می باشد. البته کاربرد اسانس در صنایع مختلف به ترکیب های شیمیایی موجود در آن بستگی دارد که خود تحت تأثیر عوامل محیطی، زمان برداشت، شرایط کشت، روش های زراعت و اندام مورد اسانس گیری می باشد (سلطانی پور و همکاران، ۱۳۸۲).

اسانس به لیمو دارای ترکیب های مختلفی می باشد که عمده ترین آنها ژرانیال، میرسنون، لیمونن، ژرانیول و سیترونلول می باشد (Montes et al., 1973). ترکیب های عمده اسانس گیاه به لیمو در سایر مطالعات ۸،۱-سینئول، ژرانیال و نرال (Bellakhdar et al., 1993)، ژرانیال، نرال و لیمونن (Gomes et al., 2006)، بتا-کاروفیلن، ۸،۱-سینئول، سیترونلول، ایزومننون، آلفا-برگاموتن و پارا-سیمن (Ali et al., 2008)، نرال، ژرانیال، ژرانیول، لیمونن، سیترونلول، نرول و ۸،۱-سینئول (Tutin, 1981)، میرسنون، آلفا-توجون و لیمونن (Zygodlo et al., 1994)، ژرانیول، نرول، نرال، ژرانیال، لیمونن و ۸،۱-سینئول (Mojab et al., 2002)، لیمونن، ۸،۱-سینئول، ژرانیال، نرال، بتاگوانین، اسپاتولنول و کاریوفیلن اکسید (رضایی و جایمند، ۱۳۸۰)، اسپاتولنول، کاریوفیلن اکسید، سیترال، بتا-کاریوفیلن و لیمونن (علوی و همکاران، ۱۳۸۷) گزارش شده است.

نحوه تغذیه این گیاه نشده است و از آنجا که یکی از مهمترین عوامل تأثیرگذار در افزایش کمی و کیفی عملکرد، توجیه اقتصادی و استانداردهای گیاهان دارویی، و آگاهی از وضعیت تغذیه‌ای آن می‌باشد؛ این پژوهش به منظور بررسی اثر مصرف متعادل کود و پلیمر سوپرجاذب بر عملکرد و ترکیب‌های شیمیایی گیاه دارویی به‌لیمو در شرایط کشت گلخانه انجام شده است.

مواد و روشها

این پژوهش در سال‌های ۱۳۹۰ و ۱۳۹۱ در گلخانه‌های تحقیقاتی دانشگاه تربیت مدرس با میانگین دمایی ۲۵ درجه سانتی‌گراد و به ابعاد ۴۰۰ مترمربع و مجهز به سیستم خنک‌کننده و گرم‌کننده انجام شد. ابتدا قلمه‌های نیمه‌خشبی این گیاه در بستر ماسه‌بادی در شرایط گلخانه پس از گذشت حدود ۲ ماه ریشه‌دار شدند. سپس در مرحله بعد قلمه‌های ریشه‌دار شده به‌منظور استقرار دائمی و کشت (با فواصل ۶۰ در ۵۰ سانتی‌متر) به کرت‌هایی با ابعاد ۱/۲۰ در ۳ متر به گلخانه مورد نظر منتقل شدند. قبل از کشت و به‌منظور تعیین ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک، خاک محل اجرای طرح آنالیز گردید (جدول ۱). توصیه‌های کودی در این آزمایش با توجه به حدود بحرانی عناصر در خاک انجام شد. این آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با هفت تیمار در سه تکرار بشرح T₁: بدون کوددهی (شاهد)، T₂: کوددهی براساس عرف زارع، T₃: کوددهی براساس نتایج تجزیه خاک (کوددهی متعادل)، T₄: کود زیستی، T₅: کوددهی براساس عرف زارع + کود زیستی، T₆: کوددهی براساس نتایج تجزیه خاک + کود زیستی و T₇: کوددهی براساس نتایج تجزیه خاک + کود زیستی + پلیمر سوپرجاذب انجام شد. نوع و مقادیر کودهای مورد استفاده در تیمار عرف زارع، ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار سوپرفسفات تریپل و ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار اوره بود که سوپرفسفات در یک نوبت و به صورت اصلی و قبل از کشت و اوره در دو نوبت (نیمی همزمان با کشت به صورت اصلی و نیمی دیگر به صورت سرک دو ماه پس از کشت) به خاک اضافه شد. در تیمار مصرف متعادل کود، ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار کلریدپتاسیم (نیمی به صورت اصلی در زمان کشت و نیمی دیگر به صورت سرک سه ماه

به صورت ماده خشکی توصیف می‌شود که چند صد برابر وزن خود آب و محلول آبی جذب کند. این پلیمرها کاربرد متنوعی دارند و مهمترین موارد مصرف آنها در صنایع کشاورزی است (کبیری، ۱۳۸۴).

تاکنون در مورد اثر کودهای شیمیایی، زیستی و ماده سوپرجاذب به صورت همزمان بر عملکرد و خصوصیات کمی و کیفی گیاهان دارویی تحقیقات چندانی در داخل کشور انجام نشده، باوجوداین تحقیقات انجام شده بر روی سایر گیاهان دارویی، به‌ویژه در مورد کودهای زیستی و نتایج حاصل از آنها، نشان‌دهنده اثرات مفید این مواد بر گیاهان دارویی می‌باشد. طی یک آزمایش که به‌منظور تأثیر انواع مختلف کود بر درصد اسانس گیاه دارویی نعناع فلفلی (*Mentha piperita* L.) انجام شد، نتایج نشان داد که عملکرد اسانس در حالت‌های استفاده از کودهای شیمیایی و کود زیستی ازتوباکتر یکسان می‌باشد (Kalra, 2003). در یک پژوهش اثر کودهای زیستی روی دو گیاه دارویی بابونه (*Matricaria chamomilla* L.) و همیشه‌بهار (*Calendula officinalis* L.) مورد بررسی قرار گرفت و نتایج نشان داد که کاربرد این مواد در همیشه‌بهار سبب افزایش عملکرد گل و بهبود کیفیت اسانس گردید، اما در بابونه تنها باعث افزایش عملکرد گل شد و بر کیفیت اسانس مؤثر نبود (Sanchez Govin et al., 2005). در آزمایشی بر روی گیاه *Majorana hortensis* نتایج نشان داد که تأثیرات کودهای زیستی شامل ازتوباکتر، آزوسپریلیوم و باکتری‌های حل‌کننده فسفات روی شاخص‌های رشدی، میزان اسانس و همچنین اثرات آن بر باکتری‌های گرم مثبت، گرم منفی، قارچ‌ها و مخمرها قابل توجه بوده است (Fatma et al., 2006). Darzi و همکاران (۲۰۰۶) گزارش کردند که استفاده از کود زیستی بیوفسفات روی ارتفاع و عملکرد بیولوژیکی رازیانه (*Foeniculum vulgare* Mill.) اثر معنی‌داری دارد. نتایج کار آنان نشان داد که اثرات متقابل بین میکوریزا و بیوفسفات روی وزن هزاردانه معنی‌دار بود. محققان در آزمایشی با کاربرد ۰/۳٪ وزنی پلیمر PR۳۰۰۵A، موفق شدند میزان درصد رطوبت وزنی خاک‌های لومی و لومی‌شنی را به ترتیب ۴/۶٪ و ۷/۲۴٪ افزایش دهند (عابدی کویایی و سهراب، ۱۳۸۳).

البته در کلیه گزارش‌هایی که در داخل و حتی خارج از کشور روی این گیاه وجود دارد، هیچ‌گونه اشاره‌ای به

۲۸۰ درجه سانتی‌گراد تنظیم شد. دتکتور از نوع FID بوده و از گاز هلیوم به عنوان گاز حامل استفاده شد که با سرعت ۰/۵ میلی‌لیتر در دقیقه در طول ستون عبور می‌کرد. از گاز کروماتوگراف متصل شده با طیف‌سنج جرمی مدل Varian-3400 از نوع تله یونی مجهز به ستون DB-5 به طول ۳۰ متر و قطر ۰/۲۵ میلی‌متر و ضخامت لایه فاز ساکن ۰/۲۵ میکرومتر استفاده شد. برنامه‌ریزی حرارتی ستون مشابه با برنامه‌ریزی ستون در دستگاه GC بود. گاز حامل هلیوم بوده که با سرعت ۳۲ سانتی‌متر بر ثانیه در طول ستون حرکت می‌کرد. زمان اسکن برابر یک ثانیه، انرژی یونیزاسیون ۷۰ الکترون ولت و ناحیه جرمی از ۴۰ تا ۳۴۰ بود. شناسایی ترکیب‌های موجود در اسانس با استفاده از اندیس‌های بازداری و پیشنهادی کتابخانه‌ای رایانه دستگاه کروماتوگراف گازی متصل به طیف‌سنج جرمی و قیاس آنها با ترکیب‌های استاندارد انجام شد (Shibamoto, 1987; Davies, 1990).

نتایج

نتایج تجزیه واریانس صفات مختلف گیاه دارویی به‌لیمو در جدول ۳ ذکر شده است. همان‌طور که مشاهده می‌گردد نتایج تجزیه واریانس، برای کلیه صفات مورد مطالعه در سطح آماری ۱٪ معنادار شد. براساس مقایسه میانگین صفات، تیمار مصرف متعادل کود (کوددهی براساس نتایج تجزیه خاک) دارای بیشترین ارتفاع و تیمار شاهد (بدون کوددهی) دارای کمترین ارتفاع می‌باشد (شکل ۱).

نتایج این پژوهش نشان داد که از نظر عملکرد پیکره رویشی تر و برگ خشک تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۱٪ بین تیمارهای مختلف وجود دارد (شکل ۲ و ۳). بر این اساس عملکرد پیکره رویشی تازه در تیمار شاهد (بدون کوددهی) به مقدار ۶۴۱۰ کیلوگرم در هکتار حاصل شد. به‌طور کلی ترکیب پلیمرهای سوپرجاذب و مصرف متعادل کود (کوددهی براساس نتایج تجزیه خاک) و کود زیستی نسبت به سایر تیمارها دارای بیشترین عملکرد تر بودند. پلیمرهای سوپرجاذب می‌توانند آب حاصل از آبیاری را جذب کرده، از فرونشست عمقی آن جلوگیری کنند و کارایی مصرف آب را افزایش دهند.

پس از کشت) و ۶۰ کیلوگرم در هکتار کلات آهن از منبع سکوسترین ۱۳۸ در زمان کشت به صورت خاکی به خاک اضافه شد. همچنین در این تیمار ۳۵۰ کیلوگرم در هکتار اوره که در سه نوبت (۱۰۰ کیلوگرم در هکتار به صورت اصلی در زمان کشت و دو نوبت دیگر به صورت سرک دو و سه ماه پس از کشت) و ۲۰ کیلوگرم سولفات منگنز در هکتار و به صورت خاکی قبل از کشت به خاک اضافه شد. کود زیستی شامل نیتروکسین و فسفاتین (تهیه شده از شرکت شیمی کود زنجان) (با توجه به توصیه شرکت سازنده) بود که به نسبت ۱ به ۵ با آب آبیاری مخلوط و با ریشه تلقیح شد. همچنین در طول دوره رشد (۴۰ روز پس از رشد) به همراه آب آبیاری نیز مصرف شدند. سوپرجاذب مصرفی از نوع A-200 (جدول ۲) بود که قبل از کشت با خاک منطقه ریشه مخلوط گردید. میزان مصرفی سوپرجاذب ۳ گرم به ازای هر بوته بود.

در طول فصل رشد مبارزه با علف هرز که عمدتاً شامل پیچک (*Convolvulus spp.*) بود، به صورت دستی انجام شد و از مصرف هر گونه سموم و علف‌کش خودداری گردید. برداشت گیاهان در مرحله تمام گل انجام شد و پس از ارزیابی پیکره رویشی تر، گیاهان برداشت شده برای خشک شدن به سایه و دمای معمولی منتقل شدند. خشک کردن به دور از هر گونه نور مستقیم انجام گردید. پس از گذشت ۲ هفته برگ‌ها با حداکثر دقت از ساقه جدا شده و پس از ارزیابی وزن خشک، برای استخراج و آنالیز اسانس به آزمایشگاه استخراج مواد مؤثره و آنالیز دستگاهی مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور انتقال داده شدند. کلیه نمونه‌ها به روش تقطیر با آب و توسط دستگاه کلونجر اسانس‌گیری شد و با استفاده از سولفات سدیم خشک آب‌گیری گردید. اسانس حاصل با روش تجزیه دستگاهی توسط دستگاه کروماتوگراف گازی و کروماتوگراف گازی متصل به طیف‌نگار جرمی در این مؤسسه آنالیز گردید.

گاز کروماتوگراف (Thermo-UFM) مجهز به ستون DB-5 به طول ۱۰ متر و قطر ۰/۱ میلی‌متر که ضخامت لایه فاز ساکن در آن ۰/۴ میکرومتر بود، مورد استفاده قرار گرفت. برنامه‌ریزی حرارتی ستون از ۶۰ درجه سانتی‌گراد شروع شده و بتدریج به ۲۸۵ درجه سانتی‌گراد رسید. دمای محفظه تزریق و دتکتور در دمای

جدول ۱- ویژگی‌های خاک محل اجرای آزمایش

Mn (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Fe (mg/kg)	B (mg/kg)	Zn (mg/kg)	Mg (mg/kg)	K (mg/kg)	P (mg/kg)	N (%)	EC (dS/m)	pH	بافت
۲/۱۶۲	۰/۷۵۸	۰/۹۵۴	۲/۱۲	۲/۰۸۲	۷۲۰	۱۳۴/۸	۲۳/۱۶	۰/۰۶	۱/۷	۷/۴	لومی-شنی

جدول ۲- مشخصات پلیمر سوپرچادب مورد استفاده

ویژگی	میزان یا کیفیت ویژگی
ظاهر	دانه درشت و سفید
مقدار رطوبت (%)	۵-۳
بو و سمیت	ندارد
دانسیته (g/cm ³)	۱/۵-۱/۴
pH محلول آبی	۷-۶
حلالیت در آب	نامحلول
اندازه ذرات (μm)	۱۵۰-۵۰
حداکثر پایداری (سال)	۷
حداکثر جزء قابل حل (درصد وزنی)	۲-۱
ظرفیت عملی جذب آب شهر (g/g)	۱۹۰
ظرفیت عملی جذب آب مقطر (g/g)	۲۲۰
ظرفیت عملی جذب محلول ۰/۹٪ (۰/۱۵ مولار) نمک سدیم کلرید (g/g)	۴۵
ظرفیت عملی جذب محلول ۰/۱۵ مولار کلسیم کلرید (g/g)	۱۷
ظرفیت عملی جذب محلول ۰/۱۵ مولار منیزیم کلرید (g/g)	۱۶

شناسایی شدند که در مجموع بیش از ۹۰٪ از کل اجزا را به خود اختصاص دادند (جدول ۴). ترکیب‌ها با میزان حداکثر در تمام تیمارها شامل ژرانیال، نرال، لیمونن و ۸،۱-سینتول بودند. هرچند این چهار ترکیب دارای ارزش دارویی و صنعتی هستند، اما نرال و ژانیال به عنوان ترکیب‌های اصلی دارای کاربرد گسترده‌ای در صنایع مختلف هستند و شاخص و ارزش دارویی و صنعتی این گیاه وابسته به این دو ترکیب است. به‌طور کلی، آنچه در رابطه با اجزای تشکیل‌دهنده یک اسانس دارای اهمیت بوده و در واقع ارزش کیفی اسانس را تبیین می‌سازند، ترکیب‌های اصلی (main compounds) می‌باشند. ترکیب‌های اصلی در واقع بیشترین درصد اسانس را شامل می‌شوند.

براساس نتایج تجزیه واریانس و مقایسه میانگین بین تیمارهای مختلف، بالاترین میزان اسانس در تیمار مصرف متعادل کود (کوددهی براساس نتایج تجزیه خاک) + کود زیستی (۲۰/۵ کیلوگرم در هکتار) و کمترین مقدار آن در تیمار شاهد (۷/۴ کیلوگرم در هکتار) بدست آمد. میزان اسانس در تیمارهای دوم ۱۰/۶، سوم ۱۹/۲، چهارم ۱۳/۸، پنجم ۱۰/۲، ششم ۲۰/۵ و هفتم ۱۵/۱ کیلوگرم در هکتار حاصل شد. همان‌گونه که ملاحظه می‌گردد، در ارزیابی عملکرد اسانس کلیه تیمارهای حاوی مصرف متعادل کود (T₇ و T₆، T₃) دارای میزان حداکثری عملکرد اسانس بودند (شکل ۴).

در ارزیابی کیفیت اسانس پس از آنالیز دستگامی و تفسیر نتایج آن، تعداد ۱۵ ترکیب در اسانس به‌لیمو

جدول ۳- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) پارامترهای مختلف گیاه دارویی به لیمو تیمارشده با کودهای زیستی و شیمیایی

MS				درجه آزادی	منبع تغییرات
عملکرد اسانس	عملکرد برگ خشک	عملکرد شاخساره تر	ارتفاع		
۱۶/۶۸ ns	۳۲۶۴۴ ns	۱۳۷۳۲۲۷۹۶ ns	۰/۰۰۶۱۰۰ ns	۲	تکرار
۶۹/۵۸ ***	۲۷۵۵۲۵ ***	۵۰۹۳۹۵۹۲۸ ***	۰/۰۴۵۰۳۲ ***	۶	تیمار
۱۰/۸۷	۴۳۰۳۱	۵۹۰۸۴۳۸۸	۰/۰۰۵۳۲۲	۱۲	خطای آزمایشی

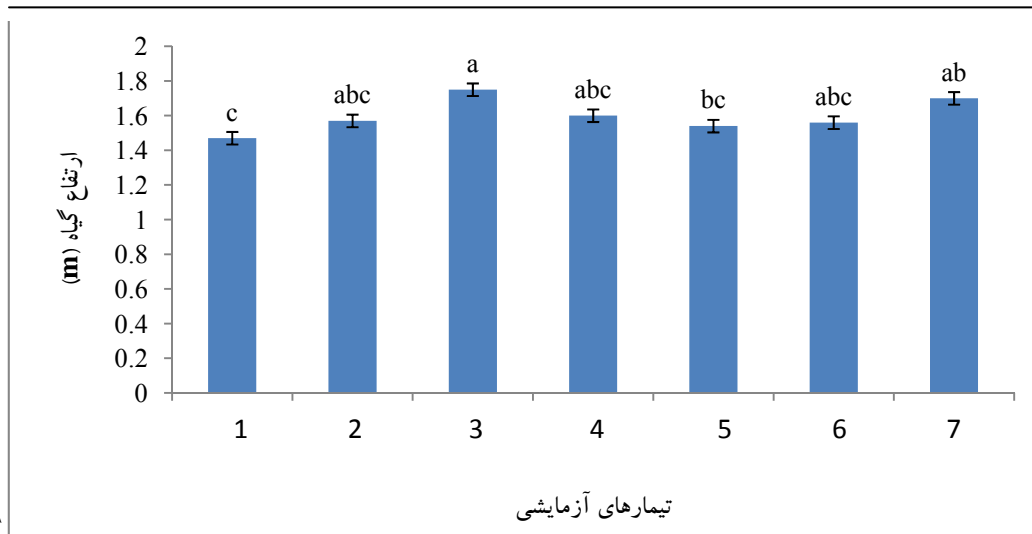
***: معنی داری در سطح ۱٪

ns: عدم معنی داری

جدول ۴- ترکیب‌های تشکیل‌دهنده اسانس گیاه دارویی به لیمو (*Lippia citriodora*).

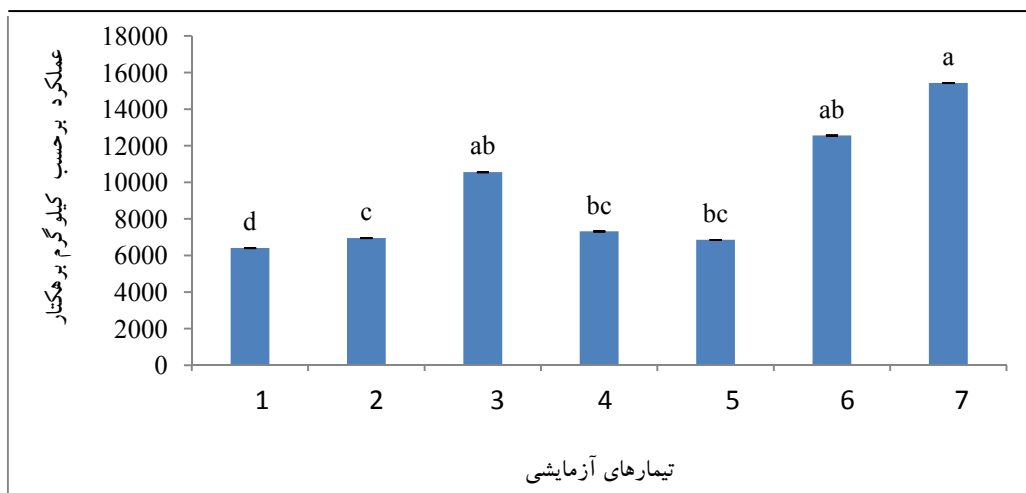
تیمارشده با کودهای زیستی و شیمیایی

T ₇	T ₆	T ₅	T ₄	T ₃	T ₂	T ₁	شاخص بازداری	نام ترکیب	ردیف
۰/۸	۰/۶	۰/۶	۰/۷	۰/۴	۰/۹	۰/۸	۹۵۹	α -pinene	۱
۰/۳	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۵	۰/۴	۹۸۷	sabinen	۲
۵/۴	۳/۶	۴/۴	۴/۶	۳	۵/۹	۵/۸	۹۹۶	β -pinene	۳
۱۴/۷	۱۳/۶	۱۳/۴	۱۵/۷	۱۲/۲	۱۷/۲	۱۷	۱۰۴۷	limonene	۴
۹/۷	۶/۹	۷/۱	۹/۵	۶/۶	۱۰/۶	۱۱/۶	۱۰۵۵	1,8-cineol	۵
۰/۸	۰/۴	۰/۸	۰/۴	۰/۴	۰/۵	۰/۷	۱۱۱۱	Linalool	۶
۱/۹	۱/۶	۱/۳	۱/۸	۱/۸	۲/۲	۲/۲	۱۱۹۰	terpin-4-ol	۷
۲۰/۴	۲۲/۹	۱۹	۲۰	۲۲/۱	۱۸/۹	۱۷/۶	۱۲۵۵	neral	۸
۲۳/۱	۲۹/۴	۲۳/۱	۲۵	۲۷/۸	۲۲/۳	۲۳	۱۲۷۷	geranial	۹
-	۰/۲	۰/۳	۰/۲	۰/۲	-	۰/۱	۱۴۷۱	Z- β -caryophyllene	۱۰
۳/۲	۳/۸	۵/۷	۳/۹	۴/۸	۳/۶	۲/۲	۱۲۸۲	E- β -caryophyllene	۱۱
۴/۲	۴/۱	۵/۷	۴/۳	۵/۱	۴/۴	۴	۱۵۱۹	allo-aromadendrene	۱۲
-	۰/۷	۱/۲	۰/۲	۱/۱	۰/۳	۰/۶	۱۵۳۸	β -Guaiene	۱۳
۳	۲	۲/۸	۲/۶	۲/۶	۲/۶	۲/۴	۱۶۴۸	spathulenol	۱۴
۵/۴	۲/۹	۴/۲	۴/۳	۳	۲/۷	۳/۱	۱۶۵۹	caryophyllene oxide	۱۵
۹۲/۹	۹۲/۹	۸۹/۸	۹۳/۴	۹۱/۳	۹۲/۶	۹۱/۵	-	مجموع	



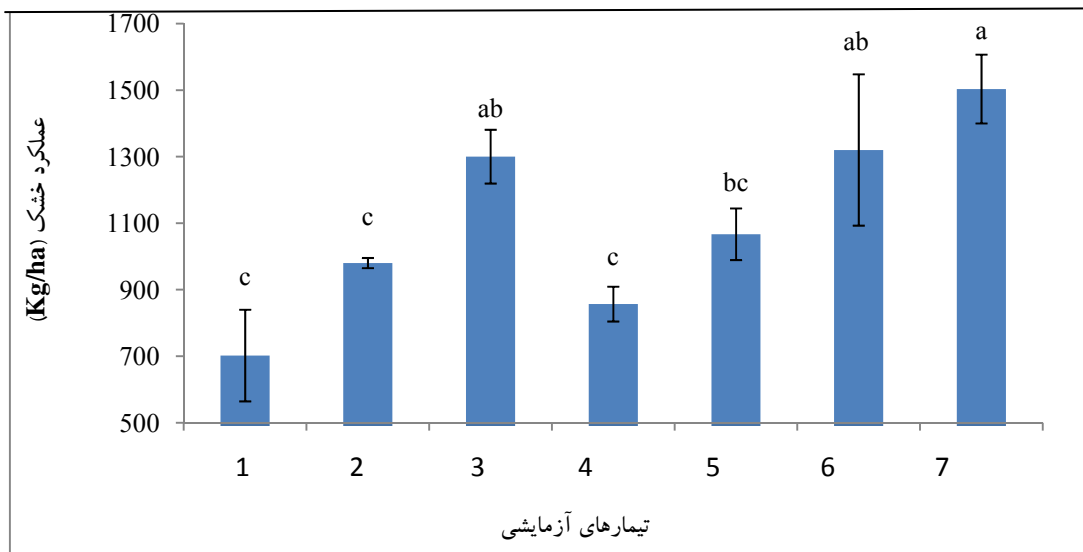
شکل ۱- اثر تیمارهای مختلف کودی بر ارتفاع گیاه دارویی به لیمو

۱: شاهد (بدون کوددهی)؛ ۲: کوددهی سنتی (براساس عرف زارع)؛ ۳: مصرف متعادل کود (کوددهی براساس نتایج تجزیه خاک)؛
 ۴: کود زیستی؛ ۵: کوددهی سنتی (براساس عرف زارع) همراه با کود زیستی؛ ۶: مصرف متعادل کود همراه با کود زیستی؛
 ۷: مصرف متعادل کود همراه با کود زیستی و پلیمر سوپرجاذب



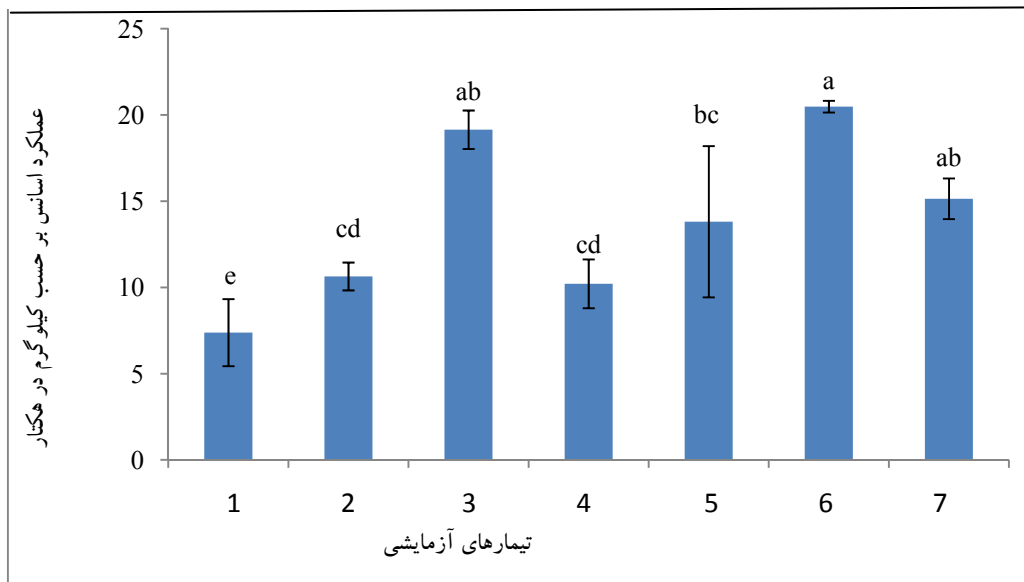
شکل ۲- اثر تیمارهای مختلف کودی بر عملکرد پیکره رویشی تر گیاه دارویی به لیمو

۱: شاهد (بدون کوددهی)؛ ۲: کوددهی سنتی (براساس عرف زارع)؛ ۳: مصرف متعادل کود (کوددهی براساس نتایج تجزیه خاک)؛
 ۴: کود زیستی؛ ۵: کوددهی سنتی (براساس عرف زارع) همراه با کود زیستی؛ ۶: مصرف متعادل کود همراه با کود زیستی؛
 ۷: مصرف متعادل کود همراه با کود زیستی و پلیمر سوپرجاذب



شکل ۳- اثر تیمارهای مختلف کودی بر عملکرد برگ خشک گیاه دارویی به لیمو

۱: شاهد (بدون کوددهی)؛ ۲: کوددهی سنتی (براساس عرف زارع)؛ ۳: مصرف متعادل کود (کوددهی براساس نتایج تجزیه خاک)؛
 ۴: کود زیستی؛ ۵: کوددهی سنتی (براساس عرف زارع) همراه با کود زیستی؛ ۶: مصرف متعادل کود همراه با کود زیستی؛
 ۷: مصرف متعادل کود همراه با کود زیستی و پلیمر سویرجاذب



شکل ۴- اثر تیمارهای مختلف کودی بر عملکرد اسانس در گیاه دارویی به لیمو

۱: شاهد (بدون کوددهی)؛ ۲: کوددهی سنتی (براساس عرف زارع)؛ ۳: مصرف متعادل کود (کوددهی براساس نتایج تجزیه خاک)؛
 ۴: کود زیستی؛ ۵: کوددهی سنتی (براساس عرف زارع) همراه با کود زیستی؛ ۶: مصرف متعادل کود همراه با کود زیستی؛
 ۷: مصرف متعادل کود همراه با کود زیستی و پلیمر سویرجاذب

بحث

همچنین نوع و ترکیب کود استفاده شده می‌تواند از جمله عوامل مؤثر در این زمینه باشد.

در ارزیابی وزن تر هر چند با اضافه کردن کود زیستی اختلاف نسبت به تیمار مصرف متعادل کود (کوددهی براساس نتایج تجزیه خاک) معنی‌دار نشد، اما شواهد در سایر مطالعات حکایت از آن داشت که کودهای زیستی با اعمال تغییرات و مکانیسم‌هایی نظیر تثبیت بیولوژیکی نیتروژن و رهاسازی مواد ارتقاءدهنده رشد مانند ایندولاستیک‌اسید و جیبرلین (Fayaz et al., 1985)، همچنین با افزایش حلالیت فسفر توسط باکتری‌های حل‌کننده فسفات؛ علاوه بر آن که سبب حلالیت بیشتر فسفر شده، بلکه باعث افزایش جذب عناصر کم‌مصرف نیز می‌گردند (Mahfouz & Sharaf-Eldin, 2007).

در یک آزمایش که به منظور مقایسه اثر کودهای شیمیایی (NPK) و زیستی بر روی گیاه دارویی بادرشی (*Dracocephalum moldavica* L.) انجام شد، بیشترین عملکرد ماده خشک برگ، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک، به تیمار کود شیمیایی (NPK) تعلق داشت (Rahimzadeh et al., 2011). طی پژوهشی توسط شاه‌حسینی و همکاران (۱۳۹۱) مشخص گردید که کاربرد سوپرچادب به همراه کودهای زیستی نیتروکسین و بیوسولفور سبب افزایش عملکرد وزن خشک در گیاه دارویی ریحان گردید. همچنین مشخص شد که تیمار حاوی نیتروکسین و بیوسولفور که فاقد پلیمر سوپرچادب بود از عملکرد کمتری نسبت به تیمار حاوی سوپرچادب به همراه نیتروکسین و بیوسولفور برخوردار بود.

ترکیب پلیمرهای سوپرچادب و مصرف متعادل کود (کوددهی براساس نتایج تجزیه خاک) و کود زیستی نسبت به سایر تیمارها دارای بیشترین عملکرد تر را تولید نمودند. پلیمرهای سوپرچادب می‌توانند آب حاصل از آبیاری را جذب کرده، از فرونشست عمقی آن جلوگیری کنند و کارایی مصرف آب را افزایش دهند. تحقیقات نشان داده این مواد با نگهداری آب در شرایط تنش خشکی باعث بهبود عملکرد و اجرای عملکرد در ذرت (فاضلی و همکاران، ۱۳۸۹) و افزایش شاخص‌های کیفی و رشدی در گل داوودی (*Chrysanthemum morifolium*) شدند (قاسمی و خوشخوی، ۱۳۸۶).

یک گیاه سه‌کربنه نظیر به‌لیمو، در فرایند فتوسنتز به ازای

گزارش‌های متفاوتی درباره تأثیر کاربرد کودهای شیمیایی و زیستی بر ارتفاع گیاهان وجود دارد. سعیدنژاد و رضوانی‌مقدم (۱۳۸۸) طی پژوهشی که به ارزیابی اثر کودهای شیمیایی بر خصوصیات مورفولوژیکی، عملکرد، اجزای عملکرد و درصد اسانس گیاه دارویی زیره سبز (*Cuminum cyminum*) پرداختند؛ چنین گزارش کردند که بین تمامی تیمارهای مورد مطالعه و تیمار شاهد (بدون کوددهی) از نظر ارتفاع بوته اختلاف معناداری وجود داشت. در حالی که بین تیمارهای ازتوباکتر، ازتوباکتر و کود شیمیایی اختلاف معناداری وجود نداشت. بیشترین ارتفاع بوته در تیمار تلقیح با ازتوباکتر و سودوموناس حاصل شد و پس از آن تیمارهای ازتوباکتر، کود شیمیایی و سودوموناس بیشترین ارتفاع را نسبت به تیمار شاهد داشتند. در بررسی اثر همزیستی قارچ اندومیکوریزایی *Glomus etunicatum* بر شاخص‌های مورفولوژیک گیاه ریحان (*Ocimum basilicum* L.) مشخص گردید که این قارچ تأثیر معناداری بر روی ارتفاع گیاه نداشت (Sharifi et al., 2011). کاربرد کودهای زیستی (ازتوباکتر، آزسپیریلوم و میکوریزا) باعث افزایش ارتفاع گیاه، شاخص سطح برگ، تجمع ماده خشک و سرعت رشد محصول در مقایسه با گیاهان شاهد در سیاهدانه (*Majorana hortensis* L.) گردید (Fatma et al., 2006). استفاده از کود زیستی بیوسفات بر ارتفاع و عملکرد بیولوژیکی رازیانه اثر معناداری داشته است (Darzi et al., 2006). به طوری که بهبود شاخص‌های رشدی و عملکردی رازیانه از جمله ارتفاع، تعداد شاخه اصلی و فرعی، تعداد چترک در چتر، وزن دانه در چترک و عملکرد دانه در اثر استفاده از کودهای زیستی و آلی گزارش شده است (Darzi et al., 2006). همچنین کاربرد کودهای بیولوژیک منجر به افزایش ارتفاع و قطر بوته، وزن تر و خشک بوته و عملکرد اسانس گیاه دارویی زوفا (*Hyssopus officinalis*) گردیده است (Koocheki et al., 2008). آنچه مسلم بوده این است که ارتفاع گیاه بیشتر تحت تأثیر شرایط محیطی و اقلیم محل رویش قرار می‌گیرد. البته در دسترس بودن آب و عناصر غذایی ضروری گیاه از طریق افزایش تعداد گره‌ها و طول میان‌گره‌ها، ارتفاع گیاه را تا حدی تحت تأثیر قرار می‌دهد. واکنش‌پذیری متفاوت گیاهان نسبت به این نهاده‌ها و

ندارد. در آزمایش مذکور نوع کود شیمیایی بدون در نظر گرفتن تجزیه خاک انتخاب گردیده که یکی از دلایل تفاوت میان نتایج حاصل از این تحقیق با نتیجه پژوهش حاضر، می تواند این موضوع باشد.

ترکیب های اصلی اسانس یعنی نرال و ژرانیال به عنوان طعم دهنده داروها و همچنین در صنایع عطر و ادکلن سازی کاربرد فراوانی دارند (Abbaszadeh et al., 2006; Ghannadnia et al., 2011; Habashi et al., 2009). از نظر مجموع این دو ترکیب به عنوان ترکیب های اصلی، تیمارهای شاهد (بدون کوددهی) و مصرف متعادل کود (کوددهی براساس نتایج تجزیه خاک) + کود زیستی به ترتیب با کسب مقادیر ۴۱/۲٪ و ۵۲/۲۷٪، کمترین و بیشترین میزان را به خود اختصاص دادند. البته در قیاس با شاهد (بدون کوددهی) تأثیر نهاده های زیستی و شیمیایی مورد استفاده در این پژوهش بر افزایش این ترکیب ها مشهود است.

با وجود آن که در این مطالعات به وضعیت تغذیه ای گیاه اشاره نشده است، اما از نظر وجود ترکیب های اصلی با پژوهش حاضر تا حد زیادی دارای تطابق هستند. اختلافات در اجزای اسانس بین مطالعات مختلف را می توان به شرایط حاکم بر پرورش گیاه از جمله تغذیه آن نسبت داد. هرچند عملکرد، اجزای عملکرد، میزان و کیفیت ترکیب های مواد مؤثره گیاه دارویی تحت تأثیر ژنتیک و شرایط اقلیمی، تغذیه ای و ادافیکی آن می باشد (امیدبیگی، ۱۳۸۸)، اما نتایج این پژوهش به خوبی نشان داد که استفاده صحیح و اصولی از کودهای شیمیایی و زیستی متناسب با کمبود خاک و براساس آزمون خاک، سبب افزایش عملکرد رویشی و اعتلای کمی و کیفی متابولیت های ثانویه در گیاه دارویی به لیمو می گردد. در تبیین تیمارهای برتر کودی در یک گیاه دارویی باید به برهم کنش کلیه پارامترهای مورد ارزیابی توجه گردد؛ بر این اساس در این پژوهش تیمارهای حاوی مصرف متعادل کود (T₃، T₆ و T₇) به عنوان تیمارهای برتر معرفی می شوند. در رابطه با استفاده همزمان کودهای زیستی و مصرف متعادل کودهای شیمیایی (کوددهی براساس نتایج تجزیه خاک) گذشته از افزایش عملکرد، به علت پویا شدن جمعیت میکروبی خاک و افزایش حاصلخیزی و باروری خاک تیمار مربوطه (T₆) قویاً توصیه می گردد. در تیمار حاوی سوپرجاذب (T₇) توصیه می گردد تحقیقاتی

هر مولکول CO₂، به طور متوسط ۵۰۰ مولکول آب از دست می دهد. بر اثر تنش آبی و بسته شدن روزنه ها میزان فتوسنتز در برگ ها کاهش می یابد (Bunce, 1991) که متعاقباً با کاهش میزان فتوسنتز، تولید ترکیب های هیدروکربن در گیاه کاهش یافته و با رقابت بین ریشه و سایر اندام های گیاهی سبب کاهش تولید در عملکرد اندام هوایی گیاه می گردد. بر این اساس می توان اظهار داشت که پلیمر سوپرجاذب با حفظ آب و جلوگیری از تنش، سبب افزایش عملکرد پیکره رویشی در گیاه به لیمو شده است. در عملکرد برگ خشک این گیاه تیمارهای مصرف متعادل کود (کوددهی براساس نتایج تجزیه خاک) + کود زیستی + پلیمر سوپرجاذب، مصرف متعادل کود (کوددهی براساس نتایج تجزیه خاک) + کود زیستی و مصرف متعادل کود (کوددهی براساس نتایج تجزیه خاک) بیشترین مقادیر را به خود اختصاص دادند. البته در این تیمارها اثرات کود زیستی در رابطه با در دسترس قرار دادن سایر عناصر و افزایش عملکرد مشهود است (Marschner, 1995).

در مورد نتایج حاصل از این تحقیق در مورد بازده اسانس می توان گفت به طور کلی سنتز متابولیت های ثانویه در گیاه متأثر از متابولیت های اولیه می باشد و هر عاملی که سبب تقویت فتوسنتز و متابولیت های اولیه در گیاه گردد، افزایش مقادیر متابولیت های ثانویه را نیز در پی دارد. بیوسنتز اسانس ها وابسته به ترکیب هایی مانند ATP و NADPH (فرآورده های فتوسنتز) می باشد و از آنجا که حضور فسفر و سایر عناصر غذایی و در دسترس قرار گرفتن آنها برای تشکیل ترکیب های اخیر ضروری می باشد، بنابراین می توان اظهار داشت که مصرف کودهای شیمیایی و زیستی با فراهم نمودن بستر فتوسنتز و تولید این ترکیب ها، موجب افزایش اسانس در گیاه نسبت به تیمار شاهد شده است.

شاه حسینی و همکاران (۱۳۹۱) در پژوهش خود روی گیاه دارویی ریحان گزارش کردند که استفاده از پلیمر سوپرجاذب به همراه کود زیستی بیوسولفور و نیتروکسین باعث افزایش میزان اسانس تولیدی گردید که با نتایج پژوهش حاضر مطابقت دارد. Rahimzadeh و همکاران (۲۰۱۱)، در آزمایشی که به بررسی تأثیر کاربرد کودهای شیمیایی و زیستی بر عملکرد و درصد اسانس گیاه دارویی بادرسبی پرداختند؛ نشان دادند که بین تیمار کود زیستی و کود شیمیایی از نظر عملکرد اسانس تفاوت معنی داری وجود

- عابدی کویابی، ج. و سهراب، ف.، ۱۳۸۳. ارزیابی اثر کاربرد پلیمرهای ابرجاذب بر ظرفیت نگهداشت و پتانسیل آب بر سه نوع خاک. علوم و تکنولوژی پلیمر، ۱۷۳(۳): ۱۶۳-۱۷۳.
- علوی، ل.، جباری، ا.، برزگر، م. و نقدی بادی، ح.، ۱۳۸۷. ترکیبات شیمیایی و اثرات آنتی‌اکسیدانی اسانس به‌لیمو و آویشن. هجدهمین کنگره ملی علوم و صنایع غذایی، مشهد، ۲۶-۲۴ مهر: ۱-۶.
- فاضلی رستم‌پور، م.، ثقه‌الاسلامی، م.ج. و موسوی، غ.، ۱۳۸۹. بررسی تأثیر تنش خشکی و سوپر جاذب بر محتوی نسبی آب و شاخص کلروفیل برگ و رابطه آنها با عملکرد دانه در ذرت. فیزیولوژی گیاهان زراعی، ۱۶(۱): ۳۱-۱۹.
- قاسمی، م. و خوشخوی، م.، ۱۳۸۶. اثر پلیمر ابرجاذب بر دور آبیاری و رشد و نمو گیاه داودی. علوم و فنون باغبانی ایران، ۲۸(۲): ۸۲-۶۵.
- کبیری، ک.، ۱۳۸۴. هیدروژل‌های سوپر جاذب، معرفی و کاربردها. سومین دوره آموزشی و سمینار کاربرد کشاورزی هیدروژل‌های سوپر جاذب، پژوهشگاه پلیمر و پتروشیمی ایران، ۱۶ آبان.
- مظفریان، و.، ۱۳۸۸. فرهنگ نام‌های گیاهان ایران. انتشارات فرهنگ معاصر، ۷۴۰ صفحه.
- ملکوتی، م.ج.، کشاورز، پ. و کریمیان، ن.، ۱۳۸۷. روش جامع تشخیص و توصیه بهینه کود برای کشاورزی پایدار. انتشارات دانشگاه تربیت مدرس تهران. ۷۵۷ صفحه.
- Abbaszadeh, B., Sharifi Ashourabadi, A., Ardakani, M.R., Lebaschi, M.H., Safikhani, F. and Naderi Hajibagher Kandi, M., 2006. Effect of application methods of nitrogen fertilizer on essential oil content and composition of balm (*Melissa officinalis* L.) under field condition. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants, 22(3): 220-223.
- Abed, L. and Benmerabet, K., 1981. Interred de l'apport en potassium et sodium des infusions de plantes medicinales. Plantes Medicinales, Phytotherapie, 15(2): 92-98.
- Ali, H.F.M., El-Beltag, H.S. and Nasr, N.F., 2008. Assessment of volatile components, free radical-scavenging capacity and anti-microbial activity of Lemon Verbena leaves. Research Journal of Phytochemistry, 2(2): 84-92.
- Bellakhdar, J., Idrisi, A., Caniguel, S., Iglesias, J. and Vila, R., 1993. Analysis of the essential oil of the Odorant Vervain (*Lippia citriodora* H. B. K.). Plantes Medicinales, Phytotherapie, 26: 269-273.
- Bunce, J.A., 1991. Comparative response of leaf conductance to humidity in single attached leaves. Journal of Experimental Botany, 32(128): 629-634.
- Darzi, M.T., Ghalavand, A., Rejali, F. and Sefidkon, F., 2006. Effects of biofertilizers application on yield and yield components in fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants, 22(4): 276-292.

تکمیلی پیرامون مقادیر متفاوت استفاده این ماده و مقادیر متفاوت آب آبیاری، دور آبیاری هم با توجه به ظرفیت زراعی خاک و آستانه‌های تنش خشکی انجام شود تا با توجه تعادلی کاهش مصرف آب توسط سوپر جاذب و افزایش عملکرد و از سویی هزینه این ماده، با اطمینان کامل بتوان اعمال آن را توصیه نمود.

سیاسگزاری

از مسئولان محترم شرکت شیمی کود زنجان به دلیل در اختیار قرار دادن کودهای شیمیایی و زیستی به صورت رایگان برای انجام این پژوهش تشکر و قدردانی می‌گردد.

منابع مورد استفاده

- امین، غ.، ۱۳۸۷. گیاهان دارویی سنتی ایران (جلد اول). انتشارات معاونت پژوهشی وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی، ۳۰۰ صفحه.
- الهدادی، ا.، ۱۳۸۱. مطالعه اثر پلیمرهای سوپر جاذب بر کاهش تنش خشکی گیاهان. دومین کارگاه آموزشی کاربرد کشاورزی و صنعتی هیدروژل‌های سوپر جاذب. پژوهشگاه پلیمر و پتروشیمی ایران، ۱۶ آبان.
- امیدبگی، ر.، ۱۳۸۸. تولید و فرآوری گیاهان دارویی (جلد ۱). انتشارات آستان قدس رضوی، ۳۴۸ صفحه.
- رضایی، م.ب. و جابمندی، ک.، ۱۳۸۰. بررسی ترکیب‌های شیمیایی اسانس به‌لیمو (*Lippia citrodora*). پژوهش و سازندگی، ۵۳(۳): ۱۳-۱۵.
- سعیدنژاد، ا.م. و رضوانی مقدم، پ.، ۱۳۸۸. ارزیابی اثر کودهای بیولوژیک و شیمیایی بر خصوصیات مورفولوژیکی، عملکرد، اجزای عملکرد و درصد اسانس گیاه دارویی زیره سبز (*Cuminum cyminum*). علوم باغبانی، ۲۴(۱): ۳۸-۴۴.
- سلطانی پور، م.، مرادشاهی، ع.، رضایی، م.ب. و برازنده، م.م.، ۱۳۸۲. بررسی کمی و کیفی اسانس گیاه مورخوش (*Zhumeria majdae*) در مراحل مختلف رشد رویشی. پژوهش و سازندگی، ۶۰: ۸۰-۹۲.
- شاه‌حسینی، ر.، امیدبگی، ر. و کیانی، د.، ۱۳۹۱. بررسی اثر کودهای زیستی بیوسولفور و نیتروکسین و پلیمر سوپر جاذب بر رشد، عملکرد و کمی اسانس گیاه دارویی ریحان. علوم باغبانی، ۲۶(۴): ۲۴۶-۲۵۴.

- assisted with headspace solid phase microextraction coupled with GC-MS. Journal of Nanomaterials and Biostructures, 6: 319-323.
- Mojab, F., Zarghi, A., Yamohammadi, M. and Javidnia, K., 2002. Essential oil of *Lippia citriodora* H. B. K. (Verbenaceae). Journal of Medicinal Plants, 1(4): 41-45.
 - Montes, M., Valenzuela, L., Wilkomirsky, T. and Arrive, M., 1973. Composition of the essential oil from *Aloysia triphylla* (Cedron). Planta Medica, 23(2): 119-124.
 - Nakamura, T., Okuyama, E., Tsukada, A., Yamazaki, M., Satake, M., Nishibe, S., Deyama, T., Moriya, A., Maruno, M. and Nishimura, H., 1997. Acteside as the analgesic principle of cedron (*Lippia triphylla*), a Peruvian medicinal plant. Chemical and Pharmaceutical Bulletin, 45(3): 499-504.
 - Rahimzadeh, S., Sohrabi, Y., Heidari, Gh., Eivazi, A.R. and Hoseini, T., 2011. Effect of bio and chemical fertilizers on yield and quality of dragonhead (*Dracocephalum moldavica* L.). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants, 27(1): 81-96.
 - Sanches Govin, E., Rodrigues Gonzales, H., Carballo Guerra, C. and Milanés Figueredo, M., 2005. Influencia de los abonos organicos y biofertilizantes en la calidad de las especies medicinales *Calendula officinalis* L. y *Matricaria recutita* L. Revista Cubana de Plantas Medicinales, 10(1): 1-4.
 - Sharifi, M., Mohtashamian, M., Riyahi, H. and Alavi, S.M., 2011. The effects of vesicular-arbuscular mycorrhizal (VAM) *Fungus glomus* etunicatum on growth and some physiological parameters of basil. Journal of Medicinal Plants, 10(38): 85-94.
 - Sharma, A.K., 2002. Biofertilizers for Sustainable Agriculture. Agrobios, India, 300p.
 - Shibamoto, T., 1987. Retention indices in essential oil analysis: 259-275. In: Sandra, P. and Bicchi, C., (Eds.). Capillary Gas Chromatography in Essential Oil Analysis. Heuthig Verlag, New York, 435p.
 - Skaltsa, H. and Shamma, G., 1988. Flavonoids from *Lippia citriodora*. Planta Medica, 54(5): 465-467.
 - Torrent Martia, M.T., 1976. Some pharmacognostic and pharmacodynamic aspects of *Lippia citriodora*. Revista Brasileira de Farmacognosia, 14: 39-55.
 - Zaied, K.A., Abd-El-Hady, A.H., Afify, A.H. and Nassef, M.A., 2003. Yield and nitrogen assimilation of winter wheat inoculated with new recombinant inoculants of rhizobacteria. Pakistan Journal of Biological Sciences, 6(4): 344-358.
 - Zygadlo, J.A., Lanarque, A.L., Maserti, D.M., Guzman, C.A., Lucini, E.I., Grosso, N.R. and Ariza-Espinar, L., 1994. Volatile constituents of *Aloysia triphylla* (L'Herit) Britton. Journal of Essential Oil Research, 6(4): 407-409.
 - Davies, N.W., 1990. Gas chromatographic retention indices of monoterpenes of methyl silicons and carbowax 20m phases. Journal of Chromatography A, 503: 1-24.
 - Fayaz, M., Emam N.F. and Makboul H.E., 1985. The possible use of nitrogen fixing Azospirillum as biofertilizer for wheat plants. Egyptian Journal of Microbiology, 20(2): 199-206.
 - Fatma, E.M., El-Zamik, I., Tomader, T., Hadidy, H.I. and Seham, H., 2006. Efficiency of biofertilizers, organic and inorganic amendments application on growth and essential oil of marjoram (*Majorana hortensis* L.) plants growth in sandy and calcareous soils. Zagazig Journal of Agriculture, 33: 205-230.
 - Ghannadnia, M., Haddad, R., Zarinkamar, F. and Sharifi, F., 2011. Different expression of limonene synthase gene in organs and developmental stages of cumin (*Cuminum cyminum* L.). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants, 27(3): 495-508.
 - Gomes, P.C.S., Oliveira, H.R.C., Vicente, A.M.S. and Ferreira, M.F., 2006. Production, transformation and essential oils composition of leaves and stems of Lemon Verbena [*Aloysia triphylla* (L'Herit.) Britton] grown in Portugal. Revista Brasileira de Plantas Mediciniais, 8: 130-135.
 - Habashi, M., Mirza, M., Mostofi, Y. and Jaimand, K., 2009. Identification and comparison of the essential oil components from the peel of citron (*Citrus medica* L.) by using two extraction methods (hydrodistillation and cold press). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants, 24(4): 428-436.
 - Haq, I., 2004. Safety of medicinal plants. Pakistan Journal of Medical Research, 43(4): 41-49.
 - Kalra, A., 2003. Organic cultivation of medicinal and aromatic plant. A hope for sustainability and quality enhancement. Journal of Organic Production of Medicinal, Aromatic and Dye-Yielding Plants (MADPs). FAO, 198p.
 - Koocheki, A., Tabrizi, L. and Ghorbani, R., 2008. Effect of biofertilizers on agronomic and quality criteria of Hyssop (*Hyssopus officinalis*). Journal of Iranian Field Crop Research, 6(1): 127-137.
 - Mahfouz, S.A. and Sharaf-Eldin, M.A., 2007. Effect of mineral, biofertilizer on growth, yield and essential oil content of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.). Egypt. International Agrophysics, 21: 361-366.
 - Marschner, H., 1995. Mineral Nutrition of Higher Plant. Academic Press, New York, 890p.
 - Mena-Violent, H.G. and Olalde-Portugal, V., 2007. Alternation of tomato fruit quality by root inoculation with plant promoting rhizobacteria (PGPR): *Bacillus subtilis* BEB-13bs. Scientia Horticulture, 113: 103-106.
 - Meshkatsadat, M.H., Papzan, A.H. and Abdolhadi, A., 2010. Determination of bioactive volatile organic components of *Lippia citriodora* using ultrasonic

Effect of balanced fertilization, biofertilizers and superabsorbent polymer on the yield and chemical compound characteristics of lemon verbena (*Lippia citriodora* H. B. et K.)

A.A. Zarea¹, M.J. Malakouti^{2*}, H.A. Bahrani³, F. Sefidkon⁴ and R. Shahhosseini⁵

1- MSc. Graduate, Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran.

2*- Coresponding author, Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran.

E-mail: mjmalakouti@modares.ac.ir

3- Research Division of Medicinal Plants, Research Institute of Forests and Rangelands, Tehran, Iran

4- MSc. Graduate, Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran

5- Department of Horticultural Sciences, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran

Received: February 2013

Revised: May 2013

Accepted: May 2013

Abstract

Lippia citriodora H. B. et K. is a valuable medicinal plant whose extract, as its main chemical composition, has active components such as Geranial and Limonene widely used in pharmaceutical, food, cosmetic and health industries. In medicinal plants, balanced fertilization using chemical and biological inputs has great effect on yield and phytochemicals related to yield production. This study was conducted in the greenhouse of Tarbiat Modares University. In this experiment, seven treatments were performed in a completely randomized block design with three replications. The aim of this study was to investigate the effects of balanced fertilization and super-absorbent polymer on the chemical components and yield of *Lippia citriodora*. After planting and harvesting operations and growth performance measurements, essential oil was dehydrated by distilled water method using Clevenger and Sodium sulfate. Using gas chromatography and gas chromatography connected to spectrum, 15 compounds were determined in essential oil, consisting more than 90% of essential oil components. Results showed that there was a significant difference among treatments ($p < 0.01$). The lowest and highest fresh yield were related to control (6410 kg. ha^{-1}) and balanced fertilization + bio-fertilizer + super-absorbent polymer ($15435 \text{ kg. ha}^{-1}$) treatments, respectively. The lowest and highest dry leaf yield were obtained in control (702 kg. ha^{-1}) and balanced fertilization + bio-fertilizer + super-absorbent polymer (1503 kg. ha^{-1}) treatments, respectively. The lowest and highest essential oil content was achieved in control (7.4 kg. ha^{-1}) and balanced fertilization + bio-fertilizer + super-absorbent polymer (20.5 kg. ha^{-1}) treatments, respectively. In terms of overall essential oil components, the minimum and maximum contents of Neral and Geranial were obtained in control and balanced fertilization treatments with 41.2% and 52.27%, respectively.

Keywords: *Lippia citriodora* H. B. et K., balanced fertilization, super-absorbent polymer, yield, essential oil, components.