**محور مقاله: بیولوژی خاک و کودهای زیستی**

# تاثیر باکتریهای ریزوسفری محرک رشد گیاه بر کمیت و کیفیت اسانس گیاه دارویی به لیمو (Lippia citriodora L.)

محبوبه جلالی[1*]، علی‌اکبر زارع[2]

[1] استادیار گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان، لرستان، ایران

[2] دانش‌آموخته دکتری دانشگاه صنعتی اصفهان، گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی

## چکیده

به منظور بررسی اثر باکتری‌های ریزوسفری محرک رشد گیاه بر میزان کلروفیل و کمیت و کیفیت اسانس گیاه دارویی به‌لیمو (*Lippia citriodora* L.)، در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار طراحی و اجرا شد. تیمارهای مورد بررسی شامل پنج گروه از باکتری‌های محرک رشد گیاه شامل *Pseudomonas putida*، *Azospirillum spp.*، *Azotobacter* sp.، *Mycobacterium* sp. و *Bacillus sp.* و تیمار بدون تلقیح باکتریایی بود. نتایج نشان داد که کاربرد تیمار باکتریایی باعث افزایش میزان کلروفیل، عملکرد اسانس و کیفیت ترکیبات اسانس نسبت به شاهد شد. افزایش معنی‌داری در میزان کلروفیل (۱/۲ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) در تیمار *Azospirillum spp.* نسبت به سایر تیمارها مشاهده شد. همچنین بیشترین عملکرد اسانس متعلق به دو تیمار *Mycobacterium* sp. و *Bacillus* sp. به میزان ۰/۴ و ۰/۲ گرم بر کیلوگرم ود. نتایج نشان داد که ژرانیال، نرال و سیترال ترکیبات غالب اسانس در تمام تیمارها بود که بیشترین و کمترین مجموع این سه ترکیب به ترتیب در تیمار *Bacillus* sp. (۷۲/۷ درصد ) و تیمار شاهد (۵۱/۱ درصد) وجود داشت. با توجه به نتایج این پژوهش، در مجموع استفاده از تیمارهای باکتریایی *Azospirillum* spp.، *Bacillus* sp. و *Mycobacterium* sp. جهت افزایش عملکرد کمی و کیفی گیاه دارویی به لیمو توصیه می‌گردد.

**کلمات کلیدی**: ترکیبات اسانس، عملکرد اسانس، کود زیستی، کلروفیل

## مقدمه

گیاه دارویی به لیمو با نام علمی Lippia citriodora و از خانواده شاه پسند (Verbenaceae)، یکی از مهم ترین گیاهان دارویی و صنعتی است که به صورت خام و فرآوری شده در صنایع غذایی، دارویی و بهداشتی کاربرد فراوان دارد. اسانس به عنوان عمده ترین ترکیب شیمیایی آن دارای ترکیب‌های مؤثره ای نظیرسیترال ( نرال ، ژرانیال)، ژرانیول، لیمونن و سینئول است (Chavallier, 1996). در گیاهان دارویی تغذیه متناسب و بهینه با استفاده از نهاده‌های شیمیایی و زیستی تأثیر چشمگیری بر عملکرد و شاخص‌های فیتوشیمیایی مرتبط با عملکرد دارد.

امروزه علی رغم پیشرفت و توسعه چشمگیر کاربرد داروهای شیمیایی، هم چنان گیاهان دارویی و شکل‌های مختلف دارویی حاصل از آن ها به طور گسترده‌ای مورد استفاده و استقبال قرار می‌گیرند. با توجه به اهمیت و نقش گیاهان دارویی در صنایع مختلف، نکته قابل توجه در تولید این گیاهان، افزایش تولید زیست توده آن‌ها بدون کاربرد نهاده های شیمیایی است. در همین راستا، استفاده از گونه‌های میکروبی همیار با گیاهان دارویی در بهبود عملکرد و کیفیت آن‌ها مؤثر خواهد بود. در این رابطه مشخص شده است که باکتری‌های ریزوسفری محرک رشد گیاه (PGPR[1])، می توانند رشد گیاه را با ساز و کارهای مختلفی افزایش دهند (Abbas-zadeh et al., 2012).

امروزه مکانیسم‌های مستقیم اثر بخشی انواع باکتری‌هایی مانند تولید فیتوهورمون ها، یونوفورها، افزایش دسترسی گیاه از طریق آنزیمی و غیرآنزیمی فسفات‌های نامحلول آلی و معدنی، توسعه سیستم ریشه‌ای، فعالیت‌های آنزیمی مانند ACC -د آمیناز و تولید ریزوبیتوکسین به منظور کاهش اثرات سوء اتیلن استرسی و افزایش گره زایی و نهایتاً تثبیت بیولوژیک ازت مولکولی به اثبات رسیده است.

باکتری‌های ریزوسفری محرک رشد گیاه با تولید هورمون های گیاهی مانند اکسین و تولید ACC-د آمیناز، باعث افزایش وزن ریشه، افزایش رشد طولی و انشعابات فرعی، تولید ریشه های نازک تر و افزایش تولید تارهای کشنده و در نتیجه افزایش سطح ریشه و جذب آب و عناصر غذایی می شوند (Sarcheshmeh poor et al., 2014). علاوه بر این، باکتری‌های حل کننده فسفات هم که در ریزوسفر به وفور یافت می‌شوند، با ترشح اسیدهای

* ایمیل نویسنده مسئول: jalali.mah@lu.ac.ir

[1]. Plant growth promoting rhizobacteria

آلی و فسفاتازها قادرند ترکیبات فسفاتی غیر محلول را به شکل قابل استفاده برای گیاهان در آورند. بنابراین تلقیح گیاهان با این میکروارگانیسم‌ها باعث افزایش جذب فسفر شده و به تبع آن رشد گیاهان افزایش می یابد (Abbas-zadeh et al., 2012).

مطالعات نشان داده است که کاربرد باکتری هایی مثل ازتوباکتر، آزوسپیریلیوم و جایگزینی آن ها با تنظیم کننده‌های رشد شیمیایی، در بهبود رشد و ترکیب اسانس گیاه مریم گلی (Salvia officinalis) کارایی بالایی داشت (Youssef et al., 2004). Leithy و همکاران (۲۰۰۶) نیز اثر ازتوباکتر در افزایش میزان اسانس و برخی ترکیبات عمده آن را در گیاه رزماری مثبت گزارش کردند. El-Ghadbane و همکاران (۲۰۰۶) دریافتند که در نتیجه مصرف کودهای زیستی، رشد گیاه و عملکرد روغن رازیانه افزایش یافت. علاوه براین کیفیت ترکیبات شیمیایی آن نیز تغییر کرد.

تأثیر کودهای زیستی بر رشد گیاه دارویی آویشن باغی (Thymus vulgaris L.) و نعناع (Mentha piperita L.) نیز مثبت ارزیابی شده است (Vital et al., 2002; Kaymak et al., 2008). در آزمایشی بر روی گیاه (Majorana hortensis) نتایج نشان داد که تأثیرات کودهای زیستی شامل ازتوباکتر، آزوسپریلیوم و باکتری های حل کننده فسفات روی شاخص های رشدی، میزان اسانس و همچنین اثرات آن بر باکتری های گرم مثبت، گرم منفی، قارچ ها و مخمرها قابل توجه بوده است (Fatma et al., 2006). بنابراین با توجه به اهمیت گیاه دارویی به‌لیمو و همچنین در نظر گرفتن اهمیت مدیریت اکولوژیک این گونه‌های گیاهی، این آزمایش به منظور بررسی تأثیر تلقیح با باکتریهای محرک رشد بر خصوصیات رشد، عملکرد و کیفیت اسانس به لیمو انجام گرفت.

## مواد و روش‌ها

این تحقیق در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه لرستان در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. قبل از انجام آزمایش، ویژگی-های فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش به روش اسپارک (۱۹۹۶) مورد ارزیابی قرار گرفت ( Spark, 1996). هر پلات با طول ۳ متر و عرض یک متر بود. نشاهای به‌لیمو (*Lippia citriodora* L.)، به فاصله ۵۰ سانتیمتر در ۶۰ سانتیمتر از یکدیگر به طوری که تعداد ۱۲ نشاء در هر پلات وجود داشته باشد؛ کشت شد. قبل از کشت بر اساس نیاز گیاه مقدار ۲۵۰ کیلوگرم بر هکتار سوپرفسفات تریپل و ۲۰۰ کیلوگرم سولفات پتاسیم با خاک به‌خوبی مخلوط شدند. کود نیتروژنه نیز از منبع اوره و به مقدار ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار در ۳ نوبت مورد استفاده قرار گرفت.

در این آزمایش از باکتری های جنس *Pseudomonas putida*، *Azospirillum* spp.، *Azotobacter* sp. و *Mycobacterium* sp. *Bacillus* sp. استفاده شد. باکتری‌ها از موسسه انسیتو پاستور ایران تهیه شد. سویه‌ها به مدت ۴۸ ساعت درون محیط کشت مایع TSB ( Tryptic Soybean Broth)کشت و به عنوان مایه تلقیح مورد استفاده قرار گرفتند. نشاها (در مرحله سه برگی) به داخل ظرف‌های حاوی تیمارهای مختلف باکتری منتقل شده و پس از ۲۴ ساعت و در ساعات اولیه روز به زمین اصلی منتقل شدند. تراکم مایه تلقیح ۵×۱۰۸ CFU بر میلی‌لیتر بود. آبیاری در اوایل کشت و با توجه به موقعیت آب و هوایی، دو نوبت در هفته و در اواسط تابستان و اواخر دوره کشت تا برداشت نمونه گیاه (سه ماه) سه نوبت در هفته آبیاری انجام شد. وجین کرتها در کل دوره رشدی گیاه شش مرتبه صورت گرفت.

میزان کلروفیل به روش آرنون (۱۹۴۹) و در مرحله قبل از گلدهی انجام گرفت (Arnon, 1949). برای سنجش غلظت کلروفیل، مقدار ۰/۵ گرم نمونه برگی در استون ۸۰٪ عصاره‌گیری شد (LFe-Chtenthaler and Wellburn, 1985). سپس عصاره حاصل از کاغذ صافی عبور داده شد و تا رسیدن به حجم ۲۵ میلی‌لیتر و استخراج کامل کلروفیل به آن استون اضافه شد. جذب نوری کلروفیل a و b به ترتیب در طول موج‌های ۶۴۷ و ۶۶۳ نانومتر خوانده شد و با استفاده از فرمول مربوطه، غلظت کلروفیل‌های a و b و کلروفیل کل بر حسب میلی‌گرم بر گرم وزن تازه برگ بدست آمد. غلظت کلروفیل‌های a و b از فرمول‌های زیر بدست آمد.

در هر گرم وزن تر a میلی‌گرم کلروفیل ] =(جذب در ۶۴۷ نانومتر) ۲/۷۹۲- (جذب در ۶۶۳ نانومتر) ۱۲/۲۵[

در هر گرم وزن تر b میلی‌گرم کلروفیل ] =(جذب در ۶۶۳ نانومتر) ۵/۱- (جذب در ۶۴۷ نانومتر) ۱۲/۲۱[

در مرحله گلدهی کامل گیاهان برداشت شده و در محیط آزمایشگاه و در مدت ۱۰ روز خشک و به آزمایشگاه مرکزی دانشگاه لرستان انتقال داده شدند. پس از آسیاب کردن نمونه‌های گیاهی، عمل اسانس‌گیری با دستگاه کلونجر و به روش تقطیر با بخار انجام شد. شناسایی و اندازه‌گیری ترکیبات اسانس توسط دستگاه های GC وGC/MS انجام شد. شناسایی طیف‌ها به کمک محاسبه شاخص بازداری کواتس (RI) که با تزریق هیدروکربن‌های نرمال در شرایط یکسان با تزریق اسانس‌ها انجام شد و با مقادیری که در منابع مختلف منتشر گردیده بود، مقایسه شد. بررسی طیف‌های جرمی نیز برای شناسایی

ترکیب‌ها انجام گردید و شناسایی‌های انجام شده، با استفاده از طیف‌های جرمی ترکیب‌های استاندارد و استفاده از اطلاعات موجود در کتابخانه‌های مختلف تایید گردید. درصد نسبی هر کدام از ترکیب‌های تشکیل دهنده اسانس‌ها با توجه سطح زیر منحنی آن در طیف کروماتوگرام به دست آمد (Adams, 2001). اطلاعات به دست آمده با استفاده از برنامه آماری SAS 9.1 مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته و میانگین‌ها از طریق آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد مورد مقایسه قرار گرفت.

## نتایج و بحث

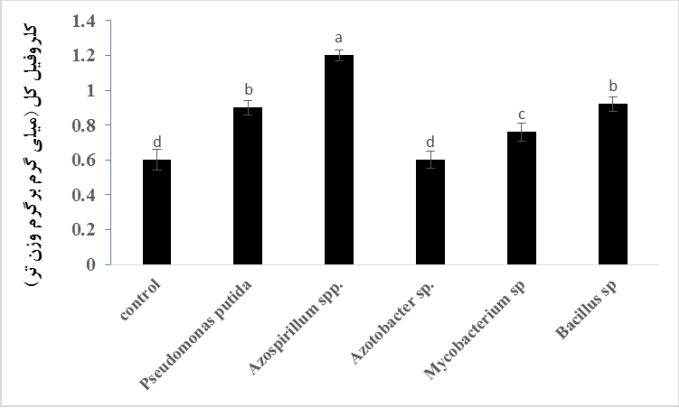
خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش در جدول یک نشان داده شده است.

جدول ۱. برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد مطالعه

| بافت خاک | نیتروژن (٪) | فسفر (mg/kg) | پتاسیم (mg/kg) | EC (ds/m) | پ.هاش | کربنات کلسیم معادل (٪) | کربن آلی (٪) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| لوم | ۰/۱ | ۷ | ۲۱۰ | ۲/۱ | ۷/۲ | ۲۳/۲ | ۰/۵ |

مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که به غیر از تیمار ازتوباکتر، همه تیمارها نسبت به شاهد میزان کلروفیل را افزایش دادند. بیشترین میزان کلروفیل (۱/۲ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) مربوط به تیمار Azospirillum spp. بود (شکل ۱). قابل ذکر است که تاثیر تیمارها بر روی تمام پارامترها معنی‌دار بوده است (نتایج نشان داده نشده است).

Jahanshahi و همکاران (۲۰۱۳) نشان دادند که غلظت کلروفیل گیاه دارویی گشنیز در اثر کاربرد ورمی کمپوست و باکتری های ازتوباکتر و آزوسپیریلیوم به طور معنی داری افزایش یافت. نتایج مطالعه Sheikhi-Ghahfarokhi و همکاران (۲۰۱۴) نیز حاکی از آن است که تیمارهای باسیلوس[2]، سودوموناس پوتیدا[3]، سودوموناس فلورسنس[4] و ازتوباکتر و کورینه باکتریوم[5] قادر بودند به طور معنی داری میزان کلروفیل را در گیاه همیشه بهار نسبت به شاهد افزایش دهند.

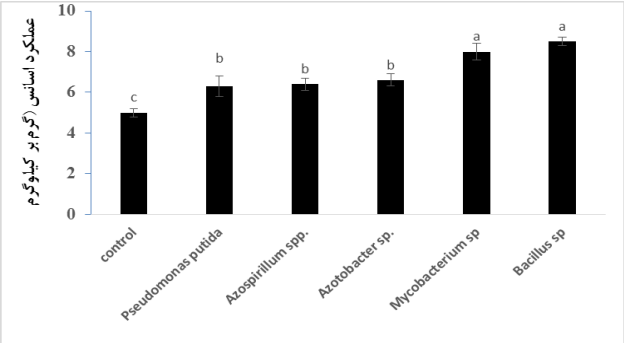



شکل ۱- اثر باکتری‌های محرک رشد گیاه بر میزان کلروفیل کل

نتایج آزمایش Kazemalilou and Rasouli-Sedghiani (۲۰۱۲) نیز نشان داد که تلقیح بذور گیاه بنگدانه (Hyoscyamus niger) با باکتری های سودوموناس فلورسنت سبب افزایش میزان کلروفیل گردید. دلیل کاهش معنی دار میزان کلروفیل در تیمار ازوتوباکتر نسبت به سایر باکتریها را

[2] Bacillus
[3] Pseudomonas putida
[4] Pseudomonas fluorescens
[5] Corynebacterium

می‌توان به کافی بودن میزان نیتروژن خاک طی آزمایش و در نتیجه ممانعت از فعالیت تثبیت نیتروژن در این تیمار نسبت داد. در این رابطه Mafakheriو همکاران (۲۰۱۲) نیز گزارش کردند که تلقیح بادرشبو با ازتوباکتر در هیچ یک از صفات مورد بررسی از جمله میزان کلروفیل اختلاف معنی داری با شاهد نشان نداد. مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که همه تیمارها نسبت به شاهد عملکرد اسانس را افزایش دادند (شکل ۲). تیمارهای Bacillus sp و Mycobacterium sp بیشترین عملکرد اسانس را نسبت به شاهد و دیگر تیمارهای تلقیح باکتریایی داشتند.




شکل ۲- اثر باکتری‌های محرک رشد گیاه بر عملکرد اسانس گیاه بهلیمو

نتایج بررسی اثر تلقیح با تثبیت کننده های نیتروژن، درگیاه مرزنجوش (El-Gahadban et al., 2002) و در گیاه دارویی رزماری ( Abdelaziz et al., 2007)، افزایش غلظت برخی از عناصر پرمصرف در گیاه را ناشی از افزایش سطح جذبی ریشه به ازای هر واحد از حجم خاک، افزایش جذب آب، فعالیت فتوسنتزی و تعرق بیان کردند که تلقیح با این کودها به طور مستقیم بر فرآیندهای فیزیولوژیکی و مصرف کربوهیدراتها در گیاهان مؤثر است. همچنین Dastborhan و همکاران (۲۰۱۱) نیز در بررسی‌های خود بر روی گیاه بابونه آلمانی (Matricaria chamomilla L.) به این نتیجه رسیدند که باکتری آزوسپریلیوم در مقایسه با باکتری ازتوباکتر، تأثیر بیشتری بر افزایش میزان عملکرد اسانس و عملکرد کاپیتول گیاه داشت. در این رابطه Banchio و همکاران (۲۰۰۸) نیز گزارش کردند که باسیلوس سابتیلیس به طور معنی داری باعث افزایش زیست توده و درصد اسانس در مرزنگوش (Origanum majorana) شد.

Jamshidi و همکاران (۲۰۱۲) در تفسیر نتیجه حاصل از بهبود میزان اسانس در اثر مصرف مواد آلی بیان داشتند از آنجایی که اسانس ها ترکیب هایی ترپنوئیدی بوده که واحدهای سازنده آن ها ( ایزوپرنوئیدها) مانند ایزوپنتنیل پیروفسفات (IPP) و دی متیل آلیل پیروفسفات (DMAPP)، نیاز مبرم به NADPH دارند و با توجه به این موضوع که حضور عناصری نظیر نیتروژن و فسفر برای تشکیل ترکیب های اخیر ضروری می باشد، از این رو استفاده از مواد آلی می تواند از طریق بهبود فسفر و تا حدودی دیگر عناصر غذایی مانند نیتروژن توسط ریشه رازیانه، موجب افزایش اسانس این گیاه دارویی شده باشد و با توجه به این که مهم ترین باکتری های حل کننده فسفات از جنس سودوموناس و باسیلوس (Han et al., 2006) می باشند می توان احتمال داد که دلیل افزایش اسانس در تیمارهای تلقیح باکتریایی Bacillus sp. وPseudomonas putida افزایش جذب فسفر در این تیمارها می باشد.

در بررسی ترکیبات اسانس برگ به لیمو چندین ترکیب که دارای بیشترین فراوانی بودند در جدول ۲ نشان داده شده‌اند. ترکیبات با بیشترین فراوانی شامل سیترال، ژرانیال و نرال بود. نتایج نشان داد تیمارهای مختلف سبب تغییر در مقدار این ترکیبات و پروفیل شیمیایی مواد موثره شد. بیشترین میزان سیترال، ژرانیال و نرال مربوط به اثر Bacillus sp و کمترین آن مربوط به تیمار شاهد بود.

## نتیجه‌گیری

نتایج حاکی از آن است که تیمارهای مختلف باکتریایی اثر یکسانی بر میزان کلروفیل و کمیت و کیفیت اسانس برگ بهلیمو نشان ندادند با این حال تقریباً تمام تیمارهای باکتریایی رشد، عملکرد و شاخص کیفی را نسبت به شاهد بهبود بخشیدند. به طور کلی، تیمار Bacillus sp و Mycobacterium sp بیشترین تاثیر مثبت را بر عملکرد و کیفیت گیاه به لیمو نسبت به سایر تیمارها نشان دادند. اسانس بهلیمو دارای ترکیبات

مختلفی است که مهمترین آن‌ها ژرانیال، نرال، لیمونن، ۱،۸- سینئول است (Ebadi et al., 2015). در این تحقیق، استفاده از باکتری‌های Bacillus sp و Mycobacterium sp باعث افزایش غلظت ژرانیال و نرال در ترکیب اسانس گیاه بهلیمو شد.

جدول ۲. اثر باکتری‌های محرک رشد گیاه بر درصد اجزای اسانس برگ بهلیمو

| ترکیب | RI (شاخص بازداری) | *Pseudomonas putida* | *Azospirillum* spp. | *Azotobacter* sp. | *Mycobacterium* sp | *Bacillus* sp | شاهد |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | (درصد) | (درصد) | (درصد) | (درصد) | (درصد) | (درصد) |
| Citral | ۱۲٤۰ | ۱۵/۹ | ۱٦/۷ | ۱٦/۵ | ۱۵/٦ | ۱۷/۳ | ۱۲/٤ |
| Geranial | ۱۲۷۰ | ۲۷/۵ | ۲۸/۹ | ۲۵/٤ | ۳۳/٤ | ۳۵/۸ | ۲۲/۳ |
| Neral | ۱۲٤۰ | ۱۵/۵ | ۱۸/۲ | ۱۷/۳ | ۱۸/۷ | ۱۹/٦ | ۱٦/٤ |
| 1,8-cineol | ۱۰۳۳ | ۵/۷ | ٤/٦ | ۳/٦ | ٤/۵ | ۳/۲ | ٦/٦ |
| trans-Caryophyllene | ۱٤٤٤ | ۳/٤ | ۳/۲ | ۳/۵ | ۲/۲ | ۱/۵ | ۵/۳ |
| spathulenol | ۱٦۰٦ | ۳/۸ | ۳/۵ | ٤/۷ | ۳/۳ | ۲/۹ | ٤/۲ |
| tau.-Cadinol | ۱٦۲۰ | ۲/٤ | ۲/۵ | ۲/۱ | ۱/۹ | ۱/٤ | ۳/۲ |
| limonene | ۱۰۳۱ | ۷/۲ | ٤/۵ | ۷/٦ | ٤/۹ | ۲/۸ | ۵/۸ |
| γ-elemene | ۱٤۳۹ | ۳/۲ | ۲/٤ | ۲/٦ | ۲/۸ | ۱/٦ | ۵/۳ |
| Caryophyllene oxide | ۱۵۸۱ | ۳/٦ | ۲/۵ | ۲/۵ | ۲/۳ | ۲/۷ | ۵/۳ |
| globulol | ۱۵۸۷ | ۱/۲ | ۱/۸ | ۱/٤ | ۱/۱ | ۰/۹ | ۲/۸ |
| alpha.-Curcumene | ۱۵۰۰ | ۲/٦ | ۳/۷ | ٤/٤ | ۲/۷ | ۱/۹ | ۲/٤ |
| citronellal | ۱۱۵۲ | ۱/۱ | ۰/۹ | ۱/۰ | ۰/۸ | ۰/۸ | ۲/۵ |
| Other compound | | ۳/۵ | ۲/۷ | ۲/۷ | ۱/٤ | ۳/۳ | ٤/۱ |
| جمع کل | | ۹٦/٦ | ۹٦/۱ | ۹۵/۳ | ۹۵/٦ | ۹۵/۷ | ۹۳/۳ |

## منابع

Abbas-zadeh, P., Savaghebi, G.R., Asadi-Rahmani, H., Rejali, F., Farahbakhsh, M. Motesharezadeh, B. and Omidvari, M. 2012. The effect of fluorescent pseudomonas on increasing the solubility of zinc compounds and improve its absorption by bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Iranian Journal of Soil Research, 26(2): 197-206. [In Farsi]

Abdelaziz, M.E., Pokluda, R. and Abdelwahab, M.M. 2007. Influence of compost, microorganisms and NPK fertilizer upon growth, chemical composition and essential oil production of *Rosmarinus officinalis* L. Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluy 35: 86-90.

Adams, R. 2001. Identification of essential oil components by gas chromatography/ quadrupole mass spectroscopy. 4 th edition, Allured Publishing Corporation, Carol Stream, USA.

Arnon DI (1949) Copper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphenoloxidase in Beta vulgaris. Plant Physiology 24, 1-15.

Banchio, E., Bojino, P., Zygadlo, J. and Giordano, W. 2008. Plant growth promoting rhizobacteria improve growth and essential oil yield in *Origanum majorana* L. Biochemical Systematics and Ecology, 36:766-771.

Chavallier A. The Encyclopedia of Medicinal Plants, Dorling Kindersley. London. 1996: p. 227.

Dastborhan, S., Zehtab-Salmasi, S., Nasrollahzadeh, S. and Tavassoli, A.R. 2011. Effect of biofertilizers and different amounts of nitrogen on yield of flower and essential oil and nitrogen use efficiency of German chamomile (*Matricaria chamomilla* L.). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 27(2): 290-305. (In Persian with English Summary).

El-Ghadbane, E.A.E., Shalan, M.N. and Abdel-Latife, T.A.T. 2006. Influence of biofertilizers on growth, volatile oil yield and constituents of fennel (*Foeniculum vulgar* Mill.). Egyptian Journal of Agricultural Research, 84(3): 977-992.

Han, H., Supanjan, S. and Lee, K.D. 2006. Effect of co-inoculation with phosphate and potassium solubilizing bacteria on mineral uptake and growth of pepper and cucumber. Plant Soil Environ, 52(3): 130-136.

Jamshidi, A., Gholavand, A., Sefidkon, F. and Mohamadi Gholtape, A. 2012. The effect of nutrition systems on quantitative and qualitative characteristics of Fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) under water deficit stress. Iranian Journal of Medical and Aromatic Plants, 28(2): 309-323. [In Farsi]

Jahanshahi, Sh., Baghreizadeh, M. and Abotalebi, A. 2013. Effect of vermi compost, azotobacter and barvar II on some quantitative and qualitative traits of coriander (*Coriandrum sativum* L.) medicinal plant. Journal of Crop Production Research, 4(4): 391-400. [In Farsi]

Kazemalilou, S. and Rasouli-Sedghiani, M.H. 2012. Effect of soil cadmium pollution on some physiological parameters of Hyoscyamus plant (Hyoscyamusniger) in presence/absence of growth-promoting microorganisms. Journal of Water and Soil Science, 22(4): 17-30.

Kaymak, H.C., Yarali, F., Guvence, I. and Donmeze, M.F. 2008. The effect of inoculation with plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on root formation of mint (*Mentha piperita* L.) cuttings. African Journal of Biotchnology, 7: 4479-4483.

Leithy, S., El-Meseiry, T.A. and Abdallah, E.F. 2006. Effect of biofertilizers, cell stabilizer and irrigation regime on rosemary oil yield and quality. Journal of Applied Sciences Research, 2: 773-779.

Mafakheri, S., Omidbaigi, R., Sefidkon, F. and Rejali, F. 2012. Effect of vermicompost, biophosphate and azotobacter on quantity and quality of essential oil of Dracocephalum moldavica L. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants, 27(4): 245-254. [In Farsi]

Sarcheshmeh poor, M., savaghebi, G.R., Siadat, H. and Alikhani, H. A. 2014. The effect of plant growth rhizobacteria on improvement of growth and nutrition of pistachio seedlings under drought stress. Iranian Journal of Soil Research, 27(1): 107-119. [In Farsi]

Sheikhi-Ghahfarokhi, F. 2014. Effect of seed biopriming by PGPR bacteria on germination indices, growth and yield of Calendula of ficinalis L. M.Sc. Thesis in Seed Science and Technology, Shahrekord University, 93 pp. [In Farsi]

Sparks, D.L. (1996). Methods of soil analysis (SSSA, ASA Publishing: Madison).

Vital, W.M., Teixeira, N.T., Shigihara, R. and Dias, A.F.M. 2002. Organic manuring with pig biosolids with application of foliar biofertilizers in the cultivation of thyme (*Thymus vulgaris* L.). Ecossistema, 27: 69-70.

Youssef, A.A., Edris, A.E. and Gomaa, A.M. 2004. A comparative Study between some plant growth regulators and certain growth hormones producing microorganisms on growth and essential oil composition of Salvia of *ficinalis* L. Plant Annals of Agricultural Science, 49: 299-311.

16th Iranian Soil Science Congress

University of Zanjan, Iran, August 27-29, 2019

**Topic for submission: Soil Biology and Biofertilizers**

# Effect of plant growth promoting rhizobacteria on quantitative and qualitative yield of Lemon verbena (*Lippia citriodora* L.)

Jalali[*1], M., Zare[2], A.A

[1] Assistant Prof., Soil Science Department, Faculty of Agriculture, Lorestan University, Lorestan, Iran
[2] Phd graduated in Department of Soil Sciences, College of Agriculture, Isfahan University of Technology

## Abstract

The present study was conducted to investigate the effect of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on chlorophyll content and quantitative and qualitative characteristics of Lemon verbena (*Lippia citriodora* L.) The field experiment was conducted in a complete randomized block design with three replications Treatments consisted of five type of bacteria, consist of inoculation with *Pseudomonas putida* ،*Azospirillum* spp. ،*Azotobacter* sp. ،*Mycobacterium* sp., *Bacillus* sp. and without inoculation (control). The results showed that the application of bacterial treatments increased the chlorophyll content (1.2 mg $gFW^{-1}$), essential oil yield and essential oil composition compared to the control. Significant increase was observed in chlorophyll content in *Azospirillum* spp. treatments compared to other treatments. Also, the most essential oil was belonged to *Bacillus* sp. (0.2 g $kg^{-1}$) and *Mycobacterium* sp. (0.4 g $kg^{-1}$) Treatments. The analysis revealed that citral, geranial and neral were the predominant compounds in the essential oil in all treatments. The highest and lowest total of these three compounds were in *Bacillus* sp (72.7%) and control treatment (51.1%) respectively. According to the results of this study, the use of bacterial treatments *Azospirillum* spp, *Bacillus* sp. and *Mycobacterium* sp. can increase the quantitative and qualitative yield of the plant, so, they are recommended for Lemon verbena plants.

**Keywords:** Bio-fertilizer, chlorophyll, Essential oil compounds, Essential oil yields

[*] Corresponding author, Email: jalali.mah@lu.ac.ir