**علوم باغبانی ایران**
دورهٔ ۴۶، شمارهٔ ۴، زمستان ۱۳۹۴ (ص ۶۱۱-۶۰۱)

# تأثیر کاربرد کود زیستی، نیتروژن و آزوکمپوست بر عملکرد اسانس و اجزای اسانس بادرشبی (*Dracocephalum moldavica* L.)

**سعید یوسف‌زاده[۱]، سید علی‌محمد مدرس ثانوی[۲*]، فاطمه سفیدکن[۳] و مهدی غیاثی اسکویی[۴]**
۱، ۲ و ۴. دانشجوی سابق دکتری، استاد و دانشجوی دکتری، گروه زراعت، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران
۳. استاد، بخش تحقیقات گیاهان دارویی و محصولات فرعی، مؤسسهٔ تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور
(تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۲/۱۷ – تاریخ تصویب: ۱۳۹۳/۶/۱۵)

## چکیده

**به‌منظور ارزیابی تأثیر کودهای بیولوژیک، آزوکمپوست و نیتروژن بر عملکرد اسانس و اجزای اسانس بادرشبی (*Dracocephalum moldavica* L.) آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در سال زراعی ۱۳۸۸ـ۱۳۸۹ در دانشکدهٔ کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس (منطقهٔ ۱) و در مزرعهٔ تحقیقاتی مرکز تحقیقات کشاورزی استان آذربایجان غربی (منطقهٔ ۲) اجرا شد. تیمارهای آزمایشی شامل دو ژنوتیپ ($G_1$: جمعیت بومی و $G_2$: رقم SZK-1)، دو سطح باکتری ($B_1$: تلقیح بذر با باکتری‌های ازتوباکتر + آزوسپیریلوم + سودوموناس و $B_2$: عدم تلقیح) و پنج رژیم کودی ($F_1$: ۱۵۲ کیلوگرم اوره در هکتار، $F_2$: ۱۱۴ کیلوگرم اوره در هکتار + ۳/۸۵ تن در هکتار آزوکمپوست، $F_3$: ۷۶ کیلوگرم اوره در هکتار + ۷/۷۷ تن در هکتار آزوکمپوست، $F_4$: ۳۸ کیلوگرم اوره در هکتار + ۱۱/۵۵ تن در هکتار آزوکمپوست و $F_5$: ۱۵/۵۵ تن در هکتار) بودند. تیمار $F_3$ در هر دو منطقه و در هر دو ژنوتیپ بیشترین مقدار و درصد ژرانیول و ژرانیال را تولید کردند. کاربرد تیمار تلفیقی ۵۰ درصد کود اوره + ۵۰ درصد آزوکمپوست در حالت تلقیح و عدم تلقیح با باکتری با کاهش مصرف نیتروژن، افزایش عملکرد و اجزای اسانس در جمعیت بومی بادرشبی می‌تواند جایگزینی مناسب برای کودهای شیمیایی باشد.**

**واژه‌های کلیدی:** تلقیح با باکتری، رقم، ژرانیول و ژرانیال.

## مقدمه

تولید و مصرف بی‌رویهٔ نهاده‌های شیمیایی در کشاورزی متداول طی چند دههٔ اخیر مشکلات زیست‌محیطی بسیاری را به همراه داشته است. در این بین می‌توان به آلودگی منابع آب و خاک، کاهش کیفیت محصولات غذایی و بر هم خوردن تعادل زیستی در خاک که صدمات جبران‌ناپذیری به اکوسیستم وارد می‌سازد، اشاره کرد (Melero *et al.*, 2008). راه‌حل اساسی این مشکل حرکت به‌سوی کشاورزی پایدار براساس استفادهٔ هرچه بیشتر از نهاده‌های درونی مزرعه از جمله جانداران مفید خاک‌زی با عنوان کودهای زیستی و همچنین به‌کارگیری تلفیقی کودهای آلی و شیمیایی است (Hamidi, 2006).

در کشور ما استفاده از گیاهان دارویی با توجه به ظرفیت‌های اقلیمی خاص ایران، یکی از راه‌های دستیابی به توسعهٔ پایدار خواهد بود (Zarfeshan, 2008). تمایل به تولید گیاهان دارویی معطر و تقاضا

* تلفن: ۰۹۱۲۱۴۸۱۶۳۷
E-mail: modaresa@modares.ac.ir

برای محصولات طبیعی به‌خصوص در شرایط اکولوژیک، در جهان رو به افزایش است (Carruba *et al*., 2002). بررسی‌های انجام‌شده بیانگر آن است که ساخت مواد مؤثر در گیاهان دارویی تحت تأثیر ژنوتیپ و عوامل محیطی است (D'Antuono *et al*., 2002).

نیتروژن یکی از عناصر غذایی بسیار مهم برای رشد گیاهان است. کاربرد کود نیتروژن در گیاهان خانوادهٔ نعناع اثر افزایشی روی عملکرد پیکر رویشی دارد. کودهای نیتروژن‌دار برحسب گونهٔ گیاه، جنس خاک و شرایط آب و هوایی تأثیرات متفاوتی بر رشد و نمو گیاهان دارد. کود نیتروژن‌دار سبب افزایش مسیرهای بیوشیمایی ترکیب‌های اجزا و ترکیب‌های سازندهٔ اسانس در سوخت‌وساز ثانویهٔ گیاه می‌شود.

Gharib *et al.* (2008)، در آزمایشی مشاهده کردند که کاربرد مخلوط باکتری‌های محرک رشد گیاه (ازتوباکتر، آزوسپیریلوم و باسیلیوس) و کمپوست ارتفاع گیاه، قطر ساقه، تعداد شاخه‌های جانبی، وزن تر و خشک پیکر رویشی گیاه و درنهایت درصد اسانس گیاه مرزنگوش *Majorana hortensis* را افزایش داد. در پژوهشی دیگر کاربرد توأم کمپوست با باکتری‌های محرک رشد گیاه میزان اسانس و عملکرد پیکر رویشی را در گیاه دارویی *Cymbopogon witerianus* افزایش داد (Tanu *et al*., 2004). Harridy *et al.* (2001)، گزارش کردند کاربرد توأم کمپوست و کودهای زیستی سبب افزایش درصد اسانس در گیاه دارویی علف لیمو شد. همچنین در بررسی دیگری که در رابطه با تأثیر کودهای زیستی و شیمیایی روی گیاه استویا (*Stevia crenata*) در شرایط گلخانه‌ای در هند انجام شد، نتایج نشان داد که مصرف کودهای زیستی سبب افزایش عملکرد، اجزای عملکرد و میزان مادهٔ مؤثر استویوساید (Stevioside) در گیاه دارویی استویا شد (Das *et al*., 2007).

Idris (2003)، گزارش کرد که ترکیب مناسبی از کود دامی (۶۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک)، ازتوباکتر و نیتروژن معدنی (۳۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک) سبب افزایش عملکرد گیاهان و ۵۰ درصد صرفه‌جویی در مصرف نیتروژن معدنی شد. در آزمایشی در گیاه نعناع (*Menta arvensis*) با کاربرد مخلوط ازتوباکتر و آزوسپیریلوم عملکرد اسانس حدود ۱۲۵ کیلوگرم در هکتار، به دست آمد که معادل ۸۵ درصد عملکرد حاصل از کرت‌هایی بود که در آنها از کود شیمیایی استفاده شده بود (Kalra, 2003).

بادرشبی به‌دلیل داشتن اثر آرام‌بخش، به‌صورت چای مصرف می‌شود، اثر شفابخشی این گیاه مربوط به ترکیبات موجود در اسانس آن است (Domokos *et al*., 1994). ترکیب‌های اصلی اسانس آن شامل ژرانیال، نرال، ژرانیل استات و ژرانیول است که از مونوترپن‌های حلقوی اکسیژن‌دار هستند و ۹۰ درصد اسانس را تشکیل می‌دهند (Domokos *et al*., 1994; Galambosi *et al*., 2002; Kakasy *et al*., 2006; Sonboli *et al*., 2008).

Sonboli *et al.* (2008)، گزارش کردند ترکیب‌های نرال، ژرانیال، ژرانیل استات و ژرانیول به‌ترتیب با ۳۲/۱، ۲۱/۶، ۱۹/۹ و ۱۷/۶ درصد اجزای اصلی اسانس را تشکیل می‌دادند. ژرانیول یکی از ترپن‌الکل‌های تجاری و بااهمیت است، که در اسانس تعدادی از گیاهان دارویی مشاهده می‌شود. همچنین ژرانیول یکی از مولکول‌های مهمی است که در صنایع آرایشی و بهداشتی و غذایی کاربردهای بسیاری دارد (Chen & Viljoen, 2010).

هدف از این پژوهش تأثیر کاربرد کود زیستی، نیتروژن و آزوکمپوست بر عملکرد اسانس و اجزای اسانس بادرشبی و تعیین مناسب‌ترین تیمار کودی برای افزایش عملکرد کمّی و کیفی اسانس در گیاه دارویی بادرشبی در دو منطقهٔ ایران بود.

## مواد و روش‌ها

این آزمایش به‌صورت مزرعه‌ای در سال زراعی ۱۳۸۸ـ ۱۳۸۹ در دو منطقه در دانشکدهٔ کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس (منطقهٔ ۱) با عرض جغرافیایی ۳۵ درجه،۷۰ دقیقه و طول جغرافیایی ۵۱ درجه، ۴۰ دقیقه و ارتفاع ۱۲۰۰ متر از سطح دریا و در مزرعهٔ تحقیقاتی مرکز تحقیقات کشاورزی استان آذربایجان غربی (منطقهٔ ۲) با عرض جغرافیایی ۳۸ درجه، ۳۵ دقیقه و طول جغرافیایی ۴۴ درجه،۵۲ دقیقه و ارتفاع ۱۰۴۰ متر از سطح دریا واقع در شهرستان خوی انجام شد. براساس آمار هواشناسی، منطقهٔ ۱ با ۲۴۶

میلی‌متر بارندگی سالانه رژیم آب و هوایی نیمه‌خشک دارد و متوسط دمای سالیانهٔ آن ۱۷/۶۹ درجهٔ سانتی‌گراد است. براساس نتایج تجزیهٔ خاک، بافت خاک مزرعه در دانشکدهٔ کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس (منطقهٔ ۱) لوم شنی (Sandy loam) و در مزرعهٔ تحقیقاتی مرکز تحقیقات کشاورزی استان آذربایجان غربی واقع در شهرستان خوی (منطقهٔ ۲) لومی رسی (Clay loam) تشخیص داده شدند. نتایج تجزیهٔ فیزیکی و شیمیایی خاک در مناطق ۱ و ۲ در جدول ۱ نشان داده شده است. آزمایش به‌صورت فاکتوریل سه‌عاملی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی و در سه تکرار اجرا شد. عامل ژنوتیپ (G) شامل $G_1$ (جمعیت بومی که از مرکز تحقیقات جهاد کشاورزی) و $G_2$ (رقم اصلاح‌شدهٔ SZK-1 از شرکت زردبند)، عامل تلقیح با باکتری (B) شامل $B_1$ (تلقیح بذر با باکتری‌های ازتوباکتر+ آزوسپیریلوم+ سودوموناس) و B2 (عدم تلقیح بذر با باکتری) و عامل کود (F) شامل ($F_1$: ۱۵۲ کیلوگرم اوره در هکتار، $F_2$: ۱۱۴ کیلوگرم اوره در هکتار + ۳/۸۵ تن در هکتار آزوکمپوست، $F_3$: ۷۶ کیلوگرم اوره در هکتار + ۷/۷۷ تن در هکتار آزوکمپوست، $F_4$: ۳۸ کیلوگرم اوره در هکتار + ۱۱/۵۵ تن در هکتار آزوکمپوست و $F_5$: ۱۵/۵۵ تن در هکتار آزوکمپوست) بود. به‌دلیل تغییرات زیاد در مقدار فسفر و پتاسیم دو منطقه، از این دو کود استفاده نشد که این امر به‌علت بررسی تأثیرات باکتری‌های محرک رشد و آزوکمپوست بر میزان فسفر و پتاسیم در اندام‌های هوایی و خاک در دو شرایط متفاوت خاکی در دو منطقه بود. آزوکمپوست استفاده‌شده نیز قبل از مصرف تجزیه و آنالیز شد تا میزان عناصر موجود در آن مشخص شود (جدول ۲).

جدول ۱. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک در دو منطقهٔ اجرای آزمایش

| | بافت خاک | هدایت الکتریکی ($ds\ m^{-1}$) | اسیدیته | کربن آلی (٪) | نیتروژن کل (٪) | نسبت کربن به نیتروژن | فسفر قابل دسترس (mg kg-1) | پتاسیم قابل دسترس (mg kg-1) | آهن کل (mg kg-1) | روی کل (mg kg-1) | منیزیم کل (mg kg-1) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| منطقهٔ ۱ (تهران) | لوم شنی | ۱/۵۸ | ۷/۴ | ۱/۲۵ | ۱/۵۱ | ۰/۹۹ | ۴۱ | ۴۶۰ | ۶ | ۲/۶ | ۷ |
| منطقهٔ ۲ (خوی) | لومی رسی | ۱/۲۴ | ۷ | ۰/۸۱ | ۰/۰۷۵ | ۴ | ۴ | ۱۵۰ | ۱/۱۴ | ۱/۴ | ۷/۴ |

جدول ۲. ویژگی‌های شیمیایی آزوکمپوست استفاده‌شده

| منیزیم ($mg\ kg^{-1}$) | روی ($mg\ kg^{-1}$) | آهن (%) | پتاسیم (%) | فسفر (%) | نسبت کربن به نیتروژن | نیتروژن کل (%) | کربن آلی (%) | هدایت الکتریکی ($ds\ m^{-1}$) | اسیدیته |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ۹۹۲ | ۱۱۲ | ۰/۵ | ۱/۳ | ۱/۵۱ | ۱۰/۴۶ | ۳ | ۳۱/۴ | ۳/۱ | ۵/۷ |

بذر اصلاح‌شدهٔ گیاه بادرشبی رقم SZK-1 از شرکت دارویی زربند و جمعیت بومی آن از شهرستان ارومیه تهیه شد. قبل از کاشت بذوری که باید با باکتری‌ها تیمار شوند، با مخلوط باکتری‌های ازتوباکتر کروئوکوکوم، آزوسپیریلوم لیپوفروم و سودوموناس فلورسنس تلقیح شدند. بذرهای گیاه با تراکم بالاتر از مطلوب در تاریخ ۲۰ فروردین در منطقهٔ ۱ و در تاریخ ۲۰ اردیبهشت در منطقهٔ ۲ به‌صورت جوی و پشته و به عمق ۱ تا ۲ سانتی‌متر کشت شد. با توجه به رشد کند گیاه بادرشبی در اوایل دورهٔ رشد مبارزه با علف‌های هرز در سه نوبت به‌صورت وجین انجام شد. برای تعیین زمان آبیاری از روش ارائه‌شده توسط (Behera & Panda, 2009) استفاده شد. در این روش، برنامهٔ زمان‌بندی آبیاری براساس درصد تخلیهٔ آب قابل‌دسترس خاک در منطقهٔ ریشه است. در مرحلهٔ ۴ـ ۶ برگی تیمارهای نیتروژن با مقادیر یادشده به خاک اضافه و بلافاصله آبیاری انجام شد. زمانی که ۸۰ درصد گیاهان در تاریخ ۲۰ تیر در منطقهٔ ۱ و در تاریخ ۱۸ مرداد در منطقهٔ ۲ به مرحلهٔ گلدهی کامل رسیدند، برداشت از مزرعه انجام شد. در این پژوهش ویژگی‌هایی مانند عملکرد اسانس، نوع و درصد ترکیب‌های تشکیل‌دهندهٔ اسانس بذر، بررسی شدند.

برای استخراج اسانس از روش تقطیر با آب و دستگاه کلونجر استفاده شد. در پایان بعد از ۱۰ تا ۱۵ دقیقه عمل استخراج و اندازه‌گیری درصد اسانس انجام شد. شناسایی اسانس در بخش تحقیقات گیاهان دارویی مؤسسهٔ تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور با استفاده از دستگاه کروماتوگرافی گازی فوق سریع ( Ultra-Fast GC) و کروماتوگرافی گازی متصل به طیف‌سنج جرمی (GC-MS) انجام شد. برای تجزیه‌وتحلیل داده‌ها از برنامهٔ آماری SAS (SAS Institute Inc., 2002) استفاده شد. برای مقایسهٔ میانگین تیمارها از آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد، استفاده شد. اختلاف واریانس خطا بین منطقه‌های آزمایشی از طریق آزمون بارتلت تعیین و بعد صفاتی که اختلاف واریانس آنها معنادار بود، برای هر منطقه به‌طور جداگانه آنالیز شدند.

## نتایج و بحث

### عملکرد مادهٔ خشک

براساس نتایج تجزیهٔ مرکب در دو منطقهٔ آزمایشی، اثر اصلی ژنوتیپ و رژیم کودی به‌ترتیب در سطح ۵ و ۱ درصد، همچنین اثر متقابل کود × منطقه و ژنوتیپ × منطقه در سطح ۱ درصد بر عملکرد مادهٔ خشک معنادار شد (جدول ۳). مقایسهٔ میانگین اثر اصلی ژنوتیپ نشان داد جمعیت بومی (۴۲۱۴/۶۰ kg ha$^{-1}$) نسبت به رقم اصلاح‌شده SZK-1 (۳۹۳۱/۸۰ kg ha$^{-1}$) عملکرد مادهٔ خشک بیشتری داشت. براساس نتایج مقایسهٔ میانگین، تیمار ۱۰۰ درصد نیتروژن (۱۵۲ کیلوگرم اوره در هکتار) در مقایسه با دیگر تیمارهای کودی بیشترین عملکرد مادهٔ خشک (۴۶۹۴/۴ kg ha$^{-1}$) را به خود اختصاص داد و تیمار ۱۰۰ درصد آزوکمپوست (۱۵/۷۲تن در هکتار) کمترین مقدار مادهٔ خشک (۳۳۴۴/۸ kg ha$^{-1}$) را تولید کرد. هرچند با تیمار ۲۵ درصد اوره + ۷۵ درصد آزوکمپوست در یک گروه آماری قرار گرفت (جدول ۴). تیمار ۱۵۲ کیلوگرم اوره در هکتار در مقایسه با سایر تیمارهای کودی عملکرد مادهٔ خشک بیشتری تولید کرد. نیتروژن یکی از عناصر غذایی مهم در افزایش تولید گیاهان، به‌واسطهٔ افزایش عملکرد مادهٔ خشک، توسعهٔ سطح برگ و بهبود فتوسنتز است (Dordas & Sioulas, 2008).

### عملکرد اسانس

براساس نتایج تجزیهٔ مرکب در دو منطقهٔ آزمایشی، اثر اصلی ژنوتیپ و رژیم کودی در سطح ۱ درصد، همچنین اثر متقابل دوجانبه (باکتری × کود) در سطح ۵ درصد بر عملکرد اسانس معنادار شد (جدول ۳). مقایسهٔ میانگین اثر اصلی ژنوتیپ نشان داد، عملکرد اسانس جمعیت بومی (۲۱/۸۸ kg ha$^{-1}$) نسبت به رقم اصلاح‌شده SZK-1 (۱۹/۳۷ kg ha$^{-1}$) بیشتر شد (جدول ۴). بیشترین و کمترین عملکرد اسانس به‌ترتیب بر اثر کاربرد تیمار کود شیمیایی اوره به‌تنهایی و تیمار ۱۰۰ درصد آزوکمپوست (۱۵/۷۲تن در هکتار) به دست آمد (جدول ۴). نتایج مقایسهٔ میانگین اثر متقابل (باکتری × کود) نشان داد، در حالت تلقیح با باکتری تیمار کودی $F_1$ و پس‌ازآن تیمار تلفیقی $F_3$ بالاترین عملکرد اسانس را تولید کردند. این در حالی بود که کمترین عملکرد اسانس بر اثر کاربرد تیمار کودی $F_5$ به دست آمد. در حالت عدم تلقیح بیشترین عملکرد اسانس در تیمار $F_3$ حاصل شد. همچنین با روند مشابهی کمترین عملکرد اسانس در حالت تلقیح و عدم تلقیح با باکتری در تیمار کودی $F_5$ حاصل شد (شکل ۱).

کاربرد نیتروژن در گیاهان دارویی و معطر با افزایش فتوسنتز، میزان کلروفیل، فعالیت آنزیم رابیسکو، مادهٔ خشک و رشد و توسعهٔ برگ عملکرد اسانس را افزایش می‌دهد ( Ram & Kumar,1997; Ozguven *et al*., 2002; Ashraf *et al*., 2006; Ozguven *et al*, 2006; Sifola & Barbieri, 2006).

به نظر می‌رسد تیمار تلفیقی $F_3$ به‌دلیل تأمین عناصر غذایی میکرو و ماکرو در خاک، افزایش کربن آلی، افزایش پویایی در ریزوسفر، تسریع فعالیت‌های آنزیمی در گیاه و دسترسی مطلوب به رطوبت درنهایت سبب افزایش عملکرد شده است. این یافته با گزارش‌های سایر پژوهشگران مبنی بر اثر مثبت کاربرد کودهای آلی و تلفیق کودهای شیمیایی با آلی بر عملکرد اسانس توسط Ram *et al.* (2003) در گیاه *geranium*؛ Rao (2001)، در گیاه *palmaroza*؛ Hendawy (2008)، در گیاه *Plantago arenaria*؛ Kandeel *et al.* (2002)، در گیاه *basil*؛ Hussein *et*

*al.* (2006)، در گیاه *Dracocephalum moldavica* L. و Naguib (2003)، در گیاه *chamomile* همخوانی دارد.

با توجه به اینکه از نظر اقتصادی عملکرد اسانس در گیاه دارویی یکی از فاکتورهای کلیدی و مهم است، با افزایش جذب نیتروژن در برگ‌ها میزان کلروفیل و کارتنوئید افزایش می‌یابد و به‌دلیل افزایش فتوسنتز، رشدونمو گیاه بیشتر می‌شود و عملکرد مادهٔ خشک افزایش می‌یابد. در این راستا افزایش عملکرد مادهٔ خشک اثر مستقیم افزاینده بر عملکرد اسانس خواهد داشت.

**درصد اسانس**

براساس نتایج تجزیهٔ مرکب در دو منطقهٔ آزمایشی، اثر اصلی ژنوتیپ و رژیم کودی در سطح ۱ درصد، همچنین اثر متقابل دوجانبهٔ (باکتری × کود) در سطح ۵ درصد بر عملکرد اسانس معنادار شد (جدول ۳). مقایسهٔ میانگین تأثیرات اصلی مبین آن است که جمعیت بومی (۰/۵۵درصد) در مقایسه با رقم اصلاح‌شده SZK-1 (۰/۴۶درصد) مقدار اسانس بیشتری تولید کرد. بیشترین درصد اسانس از ترکیب کودی $F_3$ (۰/۶۰درصد) حاصل شد. کمترین درصد اسانس در ترکیب کودی $F_5$ به دست آمد (جدول ۴). شکل ۲ نشان داد که بیشترین درصد اسانس در حالت تلقیح با باکتری از ترکیب کودی $F_4$ به دست آمد. این ترکیب تیماری با تیمارهای کودی $F_1$، $F_3$ و $F_5$ در یک گروه آماری قرار گرفت. کمترین درصد اسانس در تیمار کودی $F_2$ مشاهده شد. این در حالی بود که در حالت عدم تلقیح با باکتری ترکیب تیماری $F_3$ بیشترین درصد اسانس را به خود اختصاص داد. در حالت تلقیح نسبت به حالت عدم تلقیح با باکتری درصد اسانس در کلیهٔ تیمارهای کودی (به‌جز $F_2$ و $F_3$) بیشتر شده است. همچنین درمجموع دو حالت (تلقیح و عدم تلقیح) در مقایسه با سایر ترکیبات کودی، تیمار $F_3$ بالاترین درصد اسانس را به خود اختصاص داد. کود آزوکمپوست توانست اثر مطلوبی در افزایش اسانس به‌ویژه در ترکیب کودی $F_3$ داشته باشد. تیمار $F_3$ علاوه بر کاهش ۵۰ درصدی نیتروژن شیمیایی توانسته است درصد اسانس قابل‌ملاحظه‌ای را در هر دو ژنوتیپ تولید کند. پژوهشگران دریافته‌اند که استفاده از باکتری‌ها (ازتوباکتر، آزوسپیریلوم و سودوموناس) به‌منزلهٔ کود زیستی سبب افزایش کارایی جذب کودهای نیتروژن و فسفر، و درنتیجه بهبود رشد گیاهان مختلف می‌شود (Violent *et al.*, 2007).

**اجزای اسانس**

با توجه به نتایج به‌دست‌آمده در هر دو منطقه و هر دو ژنوتیپ تعداد ۱۶ ترکیب توسط دستگاه GC/MS شناسایی شد که سه ترکیب اصلی دارای بیشترین مقدار در اسانس ارزیابی شد (جدول‌های ۶ و ۵). نتایج نشان داد در جمعیت بومی و رقم اصلاح‌شدهٔ SZK-1 بیش از ۹۰ درصد اجزای اسانس را سه ترکیب ژرانیول، ژرانیال و ژرانیل استات، تشکیل می‌دهند. نتایج مشابهی توسط سایر پژوهشگران گزارش شده است که با یافته‌های این پژوهش مطابقت دارد (Holm & Hilton, 1988; Galambosi *et al.*, 2002; Aziz & El-Sharbeny, 2003; Kakasy *et al.*,2006; Sonboli *et al.*, 2008; Omid baigi *et al.*, 2009;Sangwan *et al.*, 2001).

بررسی منابع نشان داد تفاوت در خاستگاه ژنتیکی، فاکتورهای اکولوژیک، تفاوت‌های ژنتیکی، فن‌ها و روش‌های استفاده‌شده در کشت و کار سبب ایجاد تفاوت‌های کمّی و کیفی در ترکیبات اسانس در گیاهان دارویی و معطر می‌شوند (Santos-Gomes *et al.*, 2005; Argyropoulou *et al.*, 2007).

با دقت در نتایج می‌توان دریافت که کاربرد کود و باکتری توانسته است ترکیبات اسانس را متأثر سازد. با عنایت به نتایج حاصل‌شده می‌توان دریافت که تیمارهای تلفیقی $F_3$ و $F_4$ در هر دو منطقه و در هر دو ژنوتیپ آزمایشی (به‌جز جمعیت بومی در منطقهٔ ۲ در حالت تلقیح با باکتری) بیشترین درصد ترکیب‌های اصلی (ژرانیول، ژرانیال و مجموع ژرانیول و ژرانیال) را در گیاه بادرشبی تولید کردند. این یافته نشان می‌دهد تلفیق آزوکمپوست با کود اوره توانسته است نسبت به کاربرد کود شیمیایی (۱۰۰ درصد کود اوره) ترکیب‌های مؤثر در اسانس را افزایش دهد. همچنین تیمارهای کودی $F_5$، $F_3$ و $F_4$ توانستند بیشترین میزان ترکیب ژرانیل استات را تولید کنند (جدول‌های ۶ و ۵).

به نظر می‌رسد کاربرد سطوح مختلف کودی، شرایط مختلف آب و هوایی و خاک در دو منطقه و تفاوت‌های ژنتیکی ارقام استفاده‌شده در تغییر اجزای اسانس مؤثر بودند. Ozguven *et al.* (2008)، گزارش کردند کاربرد کود نیتروژن (۱۲۰ kg ha$^{-1}$) بیشترین مقدار آرتسیمین (Artemisinin) را در گیاه دارویی *Artemisia annua* L. تولید کرد. در آزمایشی کاربرد کودهای آلی به همراه نیتروژن شیمیایی توانست به ترتیب درصد linanol را کاهش و درصد Dmethyl chavicol را افزایش دهد (Kandeel *et al*., 2002) این نتایج با یافته‌های سایر پژوهشگران مبنی بر تأثیر کود نیتروژن بر مقدار و ترکیبات متابولیت‌های ثانویه در گیاهان دارویی و معطر مطابقت دارد (Ozguven *et al*., 2002; Ashraf *et al*., 2006; Sekeroglu & Ozguven, 2006).

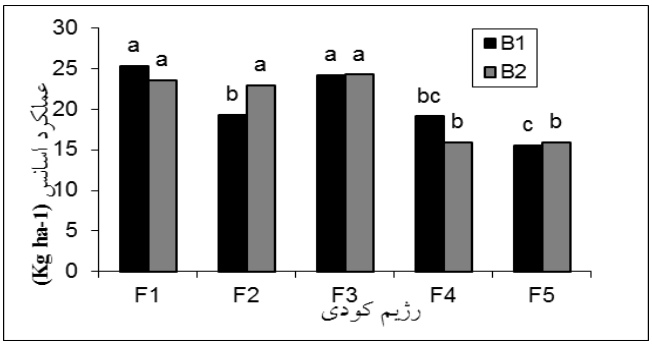
به نظر می‌رسد این تیمارهای تلفیقی به‌علت تأمین نسبت مناسبی از عناصر ماکرو و میکرو در خاک، نگهداری آب و بیوسنتز آنزیم‌ها اجزای اسانس را تحت‌تأثیر قرار داده‌اند. این نتایج مبین آن است که کاربرد ۱۰۰ درصد نیتروژن در سطوح بالا مجموع دو ترکیب ژرانیول و ژرانیال را کاهش داد. در این راستا Ozguven *et al.* (2008)، گزارش کردند نیتروژن در مقادیر بالا می‌تواند بر عملکرد و متابولیت‌های ثانویه در گیاهان دارویی تأثیر منفی داشته باشد.

با توجه به نتایج گرفته‌شده از این پژوهش به نظر می‌رسد تیمارهای تلفیقی $F_3$ و $F_4$ به‌دلیل تولید درصد بالایی از ژرانیول، ژرانیل و مجموع این دو ترکیب مهم و کاربردی از نظر کیفی می‌توانند به‌منزلهٔ تیمارهای برتر معرفی شوند.

جدول ۳. مقایسهٔ میانگین مربعات عملکرد مادهٔ خشک، عملکرد اسانس و درصد اسانس بادرشبی تحت‌تأثیر ژنوتیپ، باکتری و کود در تجزیهٔ مرکب دو منطقهٔ آزمایش

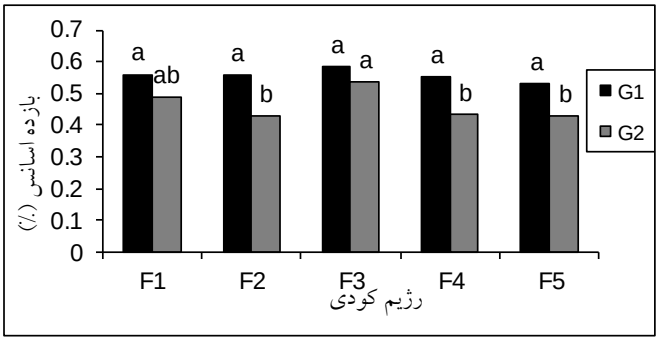
| منابع تغییر | درجهٔ آزادی | میانگین مربعات | | |
|---|---|---|---|---|
| | | عملکرد مادهٔ خشک | عملکرد اسانس | درصد اسانس |
| منطقه | ۱ | ۳۴۳۷۹/۵۲ | ۲۵۹/۶۹ | ۰/۰۹۵ |
| تکرار در منطقه (خطای a) | ۲ | ۲۸۵۸۹۱/۴۶ | ۲۷/۱۰۳ | ۰/۰۱۴ |
| ژنوتیپ | ۱ | ۲۳۹۹۲۱۲/۹۸* | ۱۸۹/۲۲۸** | ۰/۲۶** |
| ژنوتیپ × منطقه | ۱ | ۲۵۶۶/۹۶** | ۲/۲۴۹ | ۰/۰۰۸ |
| باکتری | ۱ | ۳۴۲۸۵/۳۳ | ۱/۱۹۴ | ۰/۰۰۸ |
| باکتری × منطقه | ۱ | ۲۹۷۲۸/۱۹ | ۱/۳۲۵ | ۰/۰۰۱ |
| کود | ۴ | ۷۸۲۸۳۵/۷۳** | ۳۷۲/۰۹** | ۰/۰۲۴** |
| کود × منطقه | ۴ | ۱۸۸۲۶۶۷/۹۴** | ۵۶/۷۱۵** | ۰/۰۰۶ |
| ژنوتیپ × باکتری | ۱ | ۵۶۴۰۵۹/۵۷ | ۱۴/۹۰۳ | ۰/۰۳۱** |
| ژنوتیپ × باکتری × منطقه | ۱ | ۴۲۱۳۷۰۰ | ۱۲۸/۶۵** | ۰/۰۴۸** |
| ژنوتیپ × کود | ۴ | ۵۷۴۳۴۰/۳۹ | ۲۶/۵۷۴ | ۰/۰۰۶* |
| ژنوتیپ × کود × منطقه | ۴ | ۶۲۱۶۱/۱۷ | ۲۵/۸۰۸ | ۰/۰۱۵** |
| باکتری × کود | ۴ | ۲۹۷۲۸۲/۱۸ | ۴۰/۴۳* | ۰/۰۳۲** |
| باکتری × کود × منطقه | ۴ | ۵۰۲۹۴۶/۶۰ | ۲۱/۶۴ | ۰/۰۱۹** |
| ژنوتیپ × باکتری × کود | ۴ | ۸۳۰۴۸/۰۴ | ۲/۵۴۶ | ۰/۰۰۰۶ |
| ژنوتیپ × باکتری × کود × منطقه | ۴ | ۵۴۳۴۳۷/۳۸ | ۳۲/۹۱۳* | ۰/۰۱۲** |
| خطایb | ۷۶ | ۵۰۷۷۴۸۶ | ۱۲/۲۸ | ۰/۰۰۲ |
| ضریب تغییرات (cv) | | ۴۹۶۲۱۰۱/۱ | ۱۶/۹۸ | ۱۰/۴۲ |

** و * به‌ترتیب نشانگر معناداربودن در سطح آماری ۱ و ۵ درصد و بدون علامت نشانگر عدم معنادار بودن.




شکل ۱. مقایسهٔ میانگین اثر متقابل رژیم کودی و باکتری در عملکرد اسانس در تجزیهٔ مرکب دو منطقهٔ آزمایش

$F_1$: ۱۵۲ کیلوگرم اوره در هکتار؛ $F_2$: ۱۱۴ کیلوگرم اوره در هکتار + ۳/۸۵ تن در هکتار آزوکمپوست؛ $F_3$: ۷۶ کیلوگرم اوره در هکتار + ۷/۷۷ تن در هکتار آزوکمپوست؛ $F_4$: ۳۸ کیلوگرم اوره در هکتار + ۱۱/۵۵ تن در هکتار آزوکمپوست و $F_5$: ۱۵/۵۵ تن در هکتار ( $B_1$ :تلقیح، $B_2$ : عدم تلقیح). برای هر سطح باکتری میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک فاقد اختلاف معنادار در سطح احتمال ۵ درصد هستند.




شکل ۲. مقایسهٔ میانگین اثر متقابل رژیم کودی و باکتری در بازده اسانس در تجزیهٔ مرکب دو منطقهٔ آزمایش

$F_1$: ۱۵۲ کیلوگرم اوره در هکتار؛ $F_2$: ۱۱۴ کیلوگرم اوره در هکتار + ۳/۸۵ تن در هکتار آزوکمپوست؛ $F_3$: ۷۶ کیلوگرم اوره در هکتار + ۷/۷۷ تن در هکتار آزوکمپوست؛ $F_4$: ۳۸ کیلوگرم اوره در هکتار + ۱۱/۵۵ تن در هکتار آزوکمپوست و $F_5$: ۱۵/۵۵ تن در هکتار ($B_1$: تلقیح، $B_2$: عدم تلقیح). برای هر سطح باکتری میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک فاقد اختلاف معنادار در سطح احتمال ۵ درصد هستند.

جدول ۴. مقایسهٔ میانگین‌های عملکرد مادهٔ خشک، درصد اسانس و عملکرد اسانس بادرشبی تحت‌تأثیر ژنوتیپ، باکتری و کود در تجزیهٔ مرکب دو منطقهٔ آزمایش

| تیمار | عملکرد مادهٔ خشک ($Kg\ ha^{-1}$) | درصد اسانس | عملکرد اسانس ($Kg\ ha^{-1}$) |
|---|---|---|---|
| ژنوتیپ | | | |
| جمعیت بومی ($G_1$) | ۴۲۱۴/۶۰a | ۰/۵۵a | ۲۱/۸۸ a |
| رقم SZK-1 ($G_2$) | ۳۹۳۱/۸۰b | ۰/۴۶b | ۱۹/۳۷b |
| باکتری | | | |
| تلقیح ($B_1$) | ۴۰۹۰/۱۰a | ۰/۵۱a | ۲۰/۷۳ a |
| عدم تلقیح ($B_2$) | ۴۰۵۶/۳۱a | ۰/۵۰a | ۲۰/۵۳a |
| رژیم کودی | | | |
| ۱۰۰ ٪ اوره ($F_1$) | ۴۶۹۴/۴a | ۰/۵۲۴b | ۲۴/۴۷ a |
| ۷۵٪ اوره + ۲۵٪ آزوکمپوست ($F_2$) | ۴۴۱۲/۱b | ۰/۴۹۴bc | ۳۴۶۲/۱ab |
| ۵۰٪ اوره + ۵۰٪ آزوکمپوست ($F_3$) | ۴۳۰۸/۵b | ۰/۵۵۹a | ۳۳۴۷/۴b |
| ۲۵٪ اوره + ۷۵٪ آزوکمپوست ($F_4$) | ۳۶۰۶/۳c | ۰/۴۹۱c | ۳۰۸۳/۶b |
| ۱۰۰ ٪ آزوکمپوست ($F_5$) | ۳۳۴۴/۸c | ۰/۴۷۹c | ۱۵/۷۲c |

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در هر ستون فاقد اختلاف معنادار در سطح احتمال ۵ درصد هستند.

جدول ۵. ترکیب‌های شناسایی‌شده در اسانس بادرشبی تحت‌تأثیر ژنوتیپ، باکتری و رژیم کودی در منطقهٔ ۱ تهران

| رژیم کودی | F1 | | | | F2 | | | | F3 | | | | F4 | | | | F5 | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ژنوتیپ | G1 | | G2 | | G1 | | G2 | | G1 | | G2 | | G1 | | G2 | | G1 | | G2 | |
| باکتری | B1 | B2 | B1 | B2 | B1 | B2 | B1 | B2 | B1 | B2 | B1 | B2 | B1 | B2 | B1 | B2 | B1 | B2 | B1 | B2 |
| نام ترکیب | IR | (٪) | (٪) | (٪) | (٪) | (٪) | (٪) | (٪) | (٪) | (٪) | (٪) | (٪) | (٪) | (٪) | (٪) | (٪) | (٪) | (٪) | (٪) | (٪) |
| sabinene | ۹۷۳ | ۰/۲ | ۰/۲ | ۰/۲ | ۰/۱ | ۰/۲ | ۰/۲ | ۰/۲ | ۰/۲ | ۰/۱ | ۰/۲ | ۰/۲ | ۰/۲ | ۰/۱ | ۰/۲ | ۰/۲ | ۰/۱ | ۰/۲ | ۰/۲ | ۰/۱ |
| β–pinene | ۹۸۱ | ۰/۱ | ۰/۱ | – | ۰/۳ | – | ۰/۱ | ۰/۱ | ۰/۲ | ۰/۱ | ۰/۰۷ | ۰/۰۷ | ۰/۰۸ | – | ۰/۰۷ | ۰/۰۹ | ۰/۰۹ | – | ۰/۱ | ۰/۵ |
| myrceme | ۹۸۸ | ۰/۰۶ | – | ۰/۳ | ۰/۶ | ۱/۲ | ۰/۲ | ۰/۷ | – | ۰/۲ | ۰/۳ | ۰/۴ | ۱/۵ | ۰/۱ | ۰/۲ | – | ۰/۳ | ۰/۱ | – | ۰/۶ |
| Z- β –ocimene | ۱۰۴۶ | ۰/۰۷ | ۰/۰۷ | ۰/۱ | ۰/۰۷ | ۰/۳ | ۰/۰۸ | ۰/۲ | – | ۰/۰۷ | ۰/۱ | ۰/۱ | ۰/۲ | ۰/۰۷ | ۰/۱۳ | ۰/۰۵ | – | ۰/۱ | ۰/۰۹ | ۰/۱ |
| E-β-ocimene | ۱۰۵۶ | ۰/۲ | ۰/۲ | ۰/۴ | ۰/۳ | ۰/۸ | ۰/۲ | ۰/۶ | ۰/۱ | ۰/۲ | ۰/۳ | ۰/۴ | ۰/۶ | ۰/۱ | ۰/۴ | ۰/۱ | ۰/۲ | ۰/۳ | ۰/۱ | ۰/۵ |
| Linalool | ۱۱۰۹ | ۰/۸ | ۰/۹ | ۰/۶ | ۱/۴ | ۱/۰۸ | ۰/۸ | ۱/۰۸ | ۰/۱ | ۰/۹ | – | ۰/۶ | ۰/۹ | ۰/۸ | ۰/۹ | ۱/۲ | ۰/۷ | ۱ | ۰/۸ | ۰/۹ |
| cis limonene oxide | ۱۱۵۴ | ۰/۲ | ۰/۲ | – | ۰/۱ | ۰/۷ | ۰/۳ | ۰/۳ | ۰/۱ | ۰/۳ | ۰/۵ | – | ۰/۳ | ۰/۲ | ۰/۴ | ۰/۱ | – | ۰/۴ | ۰/۲ | – |
| trans- limonene oxide | ۱۱۶۷ | ۰/۷ | ۰/۷ | ۰/۵ | ۰/۵ | ۱/۳ | ۰/۷ | ۰/۷ | ۰/۴ | ۰/۸ | ۱/۰۸ | ۰/۳ | ۰/۷ | ۰–/۷ | ۰/۹ | ۰/۵ | ۰/۴ | ۰/۸ | ۰/۶ | – |
| citronellal | ۱۱۷۶ | – | – | – | ۰/۰۷ | – | – | – | ۰/۱ | – | – | – | – | – | – | ۰/۰۸ | – | – | ۰/۱ | – |
| cis chrysanthenol | ۱۱۸۰ | ۱/۳ | ۱/۲ | ۰/۸ | ۰/۸ | ۲/۳ | ۱/۳ | ۱/۲ | ۰/۷ | ۱/۳ | ۱/۹ | ۰/۶ | ۱/۲ | ۱/۳ | ۱/۶ | ۰/۹ | ۰/۷ | ۱/۵ | ۱/۲ | ۰/۹ |
| neral | ۱۲۴۸ | ۰/۴ | ۰/۲ | ۰/۳ | ۰/۸ | ۰/۴ | ۰/۲ | ۰/۵ | ۰/۵ | ۰/۵ | ۰/۳ | – | ۰/۶ | ۰/۳۵ | ۰/۶ | ۰/۸ | ۰/۴ | ۰/۳ | ۰/۲ | ۰/۴ |
| geraniol | ۱۲۶۹ | ۳۸/۴ | ۳۶/۴ | ۳۱/۷ | ۴۰/۸ | ۳۸/۲ | ۳۳/۹ | ۴۱/۱ | ۳۱/۴ | ۴۵/۳ | ۳۵/۳ | ۲۸/۲ | ۴۳/۳ | ۳۳/۳ | ۴۲ | ۴۴/۶ | ۳۵/۴ | ۳۵/۷ | ۳۴/۵ | ۳۵/۱ |
| geranial | ۱۲۹۴ | ۲۴/۷ | ۲۴/۹ | ۱۳/۷ | ۱۵/۱ | ۲۴/۵ | ۲۶/۱ | ۱۶/۷ | ۱۶/۱ | ۲۵/۱ | ۲۴/۷ | ۱۶/۴ | ۱۸ | ۲۲/۶ | ۲۴/۳ | ۱۷/۱ | ۱۶/۷ | ۲۳/۵ | ۲۴/۳ | ۱۶/۸ |
| carvacol | ۱۳۱۹ | – | – | ۰/۴ | ۰/۰۵ | – | – | – | – | – | – | ۱/۱ | ۳/۲ | – | – | – | ۱/۳ | – | – | ۰/۴ |
| neryl acetate | ۱۳۵۸ | ۱/۲ | ۱/۵ | ۱/۹ | ۱/۸ | ۱/۴ | ۱/۷ | ۱/۷ | ۲/۵ | ۱/۶ | ۱/۴ | ۱/۸ | ۱/۶ | ۱/۷ | ۱/۴ | ۱/۷ | ۱/۷ | ۱/۵ | ۱/۶ | ۲/۱ |
| geranyl acetate | ۱۳۷۷ | ۲۳/۹ | ۳۳/۱ | ۴۴/۷ | ۳۴/۱ | ۲۶/۹ | ۳۳/۹ | ۳۴/۵ | ۴۶/۸ | ۳۰/۱ | ۳۲/۶ | ۴۹/۴ | ۲۷/۶ | ۳۸ | ۲۶/۴ | ۳۲/۱ | ۴۱/۸ | ۳۳/۸ | ۳۵ | ۴۰/۸ |

F، B، G

$G_1$: جمعیت بومی؛ $G_2$: رقم SZK-1؛ $B_1$: تلقیح بذر با باکتری‌های ازتوباکتر + آزوسپیریلوم + سودوموناس؛ $B_2$: عدم تلقیح؛ $F_1$: ۱۵۲ کیلوگرم اوره در هکتار؛ $F_2$: ۱۱۴ کیلوگرم اوره در هکتار + ۳/۸۵ تن در هکتار آزوکمپوست؛ $F_3$: ۷۶ کیلوگرم اوره در هکتار + ۷/۷۷ تن در هکتار آزوکمپوست؛ $F_4$: ۳۸ کیلوگرم اوره در هکتار + ۱۱/۵۵ تن در هکتار آزوکمپوست و $F_5$: ۱۵/۵۵ تن در هکتار.

جدول ۶. ترکیب‌های شناسایی‌شده در اسانس بادرشبی تحت‌تأثیر ژنوتیپ، باکتری و رژیم کودی در منطقهٔ ۲ (خوی)

| رژیم کودی | F1 | | | | F2 | | | | F3 | | | | F4 | | | | F5 | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ژنوتیپ | G1 | | G2 | | G1 | | G2 | | G1 | | G2 | | G1 | | G2 | | G1 | | G2 | |
| باکتری | B1 | B2 | B1 | B2 | B1 | B2 | B1 | B2 | B1 | B2 | B1 | B2 | B1 | B2 | B1 | B2 | B1 | B2 | B1 | B2 |
| نام ترکیب | IR | (٪) | (٪) | (٪) | (٪) | (٪) | (٪) | (٪) | (٪) | (٪) | (٪) | (٪) | (٪) | (٪) | (٪) | (٪) | (٪) | (٪) | (٪) | (٪) |
| sabinene | ۹۷۳ | ۰/۰۹ | ۰/۱ | ۰/۱ | ۰/۱ | ۰/۱ | ۰/۰۹ | ۰/۱ | ۰/۰۹ | ۰/۱ | ۰/۱ | ۰/۱ | ۰/۱ | ۰/۱ | ۰/۱ | ۰/۱ | ۰/۱ | ۰/۱ | ۰/۱ | ۰/۱ |
| β-pinene | ۹۸۱ | ۰/۲ | ۰/۱ | ۰/۱ | – | ۰/۱ | ۰/۱ | ۰/۰۸ | ۰/۰۸ | ۰/۰۸ | ۰/۰۹ | ۰/۱ | ۰/۱ | ۰/۱ | ۰/۰۷ | ۰/۰۷ | ۰/۱ | ۰/۱ | – | ۰/۱ |
| myrceme | ۹۸۸ | – | – | ۰/۱ | ۲/۸ | ۰/۱ | ۰/۱ | ۰/۱ | ۰/۱ | – | ۰/۰۸ | ۰/۱ | ۰/۰۹ | ۰/۲ | – | ۰/۱ | ۰/۰۶ | ۰/۰۸ | ۰/۵ | ۰/۱ |
| Z- β-ocimene | ۱۰۴۶ | ۰/۰۴ | ۰/۰۶ | ۰/۰۸ | ۰/۶ | ۰/۰۵ | ۰/۰۶ | ۰/۰۹ | ۰/۱ | – | ۰/۰۴ | ۰/۸ | ۰/۱ | ۰/۱ | ۰/۰۴ | ۰/۱ | ۰/۰۷ | ۰/۰۵ | ۰/۲ | ۰/۰۶ |
| E-β-ocimene | ۱۰۵۶ | ۰/۰۸ | ۰/۱ | ۰/۲ | ۱/۴ | ۰/۱ | ۰/۲ | ۰/۲ | ۰/۲ | ۰/۱ | ۰/۱ | ۰/۲ | ۰/۲ | ۰/۳ | ۰/۱ | ۰/۲ | ۰/۲ | ۰/۱ | ۰/۴ | ۰/۲ |
| Linalool | ۱۱۰۹ | ۰/۶ | ۰/۷ | ۰/۹ | ۰/۴ | ۰/۷ | ۰/۷ | ۰/۹ | ۰/۷ | ۰/۶ | ۰/۵ | ۰/۶ | ۰/۷ | ۰/۶ | ۰/۷ | ۰/۷ | ۰/۷ | ۰/۷ | ۰/۷ | ۰/۸ |
| *cis* limonene oxide | ۱۱۵۴ | ۰/۲ | ۰/۲ | ۰/۲ | ۰/۳ | ۰/۲ | ۰/۳ | ۰/۲ | ۰/۲ | ۰/۳ | ۰/۲ | ۰/۲ | ۰/۳ | ۰/۳ | ۰/۲ | ۰/۱ | ۰/۲ | ۰/۲ | ۰/۲ | ۰/۲ |
| *trans*- limonene oxide | ۱۱۶۷ | ۰/۹ | ۰/۷ | ۰/۶ | ۰/۶ | ۰/۷ | ۰/۸ | ۰/۵ | ۰/۶ | ۰/۸ | ۰/۸ | ۰/۸ | ۰/۵ | ۰/۷ | ۰/۷ | ۰/۶ | ۰/۷ | ۰/۸ | ۰/۶ | ۰/۶ |
| citronellal | ۱۱۷۶ | ۰/۲ | – | – | – | ۰/۲ | – | ۰/۱ | ۰/۰۹ | ۰/۲ | ۰/۲ | ۰/۲ | – | – | – | ۰/۱ | ۰/۲ | ۰/۳ | ۰/۱ | – |
| *cis* chrysanthenol | ۱۱۸۰ | ۰/۱ | ۱/۳ | ۱/۱ | ۱/۱ | ۱/۶ | ۱/۱ | ۰/۲ | ۰/۱ | ۱/۳ | ۱/۲ | ۰/۹ | ۰/۴ | ۱/۲ | ۱/۴ | ۰/۹ | ۱/۱ | ۱/۲ | ۱/۰۹ | ۱/۰۹ |
| neral | ۱۲۴۸ | ۰/۲ | ۰/۲ | – | ۰/۲ | – | ۰/۲ | – | ۰/۲ | ۰/۱ | ۰/۱ | ۰/۱ | ۰/۱ | – | ۰/۱ | ۰/۱ | ۰/۲ | ۰/۱ | – | – |
| geraniol | ۱۲۶۹ | ۲۸/۵ | ۳۲/۳ | ۲۸/۹ | ۲۱/۹ | ۲۸/۶ | ۳۰/۴ | ۳۱/۰۷ | ۲۸/۰۷ | ۲۸/۸ | ۳۳/۷ | ۲۵/۸ | ۳۰/۲ | ۲۸/۸ | ۲۹/۹ | ۳۱/۴ | ۲۸/۲ | ۳۰/۶ | ۲۹/۳ | ۲۶/۲ |
| geranial | ۱۲۹۴ | ۲۹/۴ | ۳۰/۸ | ۲۲/۷ | ۱۸/۵ | ۲۶ | ۳۰/۶ | ۲۱/۴ | ۲۴/۹ | ۲۹/۵ | ۳۱/۱ | ۲۱/۸ | ۲۷ | ۲۹/۴ | ۳۰/۴ | ۲۳/۳ | ۲۵/۳ | ۳۰/۶ | ۲۷/۶ | ۲۲/۶ |
| carvacol | ۱۳۱۹ | ۰/۳ | ۰/۱ | ۰/۳ | ۸/۹ | – | – | – | ۰/۱ | ۰/۲ | – | – | ۱/۴ | ۰/۹ | ۰/۲ | ۰/۶ | ۱/۷ | – | ۰/۳ | ۱/۶ |
| neryl acetate | ۱۳۵۸ | ۱/۹ | ۱/۷ | ۱/۷ | ۱/۶ | ۱/۹ | ۱/۷ | ۱/۷ | ۱/۸ | ۱/۸ | ۱/۵ | ۱/۸ | ۱/۶ | ۱/۵ | ۱/۸ | ۱/۷ | ۱/۹ | ۲/۵ | ۱/۹ | ۱/۸ |
| geranyl acetate | ۱۳۷۷ | ۳۳/۴ | ۳۱/۱ | ۳۹/۳ | ۴۱/۴ | ۳۹/۵ | ۳۳/۳ | ۴۲ | ۴۱/۳ | ۳۵/۷ | ۳۰/۱ | ۴۷/۲ | ۳۵/۳ | ۳۵/۳ | ۳۳/۸ | ۴۲/۳ | ۳۸/۹ | ۳۴/۰۸ | ۳۲/۲ | ۴۳/۴ |

F، B، G

G1: جمعیت بومی؛ G2: رقم SZK-1؛ B1: تلقیح بذر با باکتری‌های ازتوباکتر + آزوسپیریلوم + سودوموناس؛B2: عدم تلقیح؛ F1: 152 کیلوگرم اوره در هکتار؛ F2: 114 کیلوگرم اوره در هکتار + ۳/۸۵ تن در هکتار آزوکمپوست؛ F3: 76 کیلوگرم اوره در هکتار + ۷/۷۷ تن در هکتار آزوکمپوست؛ F4 : 38 کیلوگرم اوره در هکتار + ۱۱/۵۵ تن در هکتار آزوکمپوست و F5: 55/15 تن در هکتار.

**نتیجه‌گیری**

نتایج این پژوهش نشان داد که باکتری و کود آزوکمپوست در کنار یکدیگر توانسته‌اند اثر مطلوبی در افزایش عملکرد اسانس در ترکیب کودی $F_3$ داشته باشند. تیمار $F_3$ علاوه بر کاهش ۵۰ درصدی نیتروژن شیمیایی توانست درصد و عملکرد اسانس قابل‌ملاحظه‌ای را در هر دو ژنوتیپ تولید کند. بالابودن درصد و عملکرد اسانس، سازگاری به شرایط آب‌وهوایی در هر دو منطقه، تأثیرپذیری بیشتر از باکتری‌های محرک رشد، کم‌هزینه بودن و دسترسی آسان در تهیهٔ بذور جمعیت بومی در مقایسه با رقم اصلاح‌شده، سودمندی انتخاب این جمعیت بومی را نشان می‌دهد.

در مجموع نتایج حاصل از این بررسی نشان داد کاربرد تیمار تلفیقی ۵۰ درصد کود اوره + ۵۰ درصد آزوکمپوست در حالت تلقیح و عدم تلقیح با باکتری در جمعیت بومی ($G_1B_1F_3$ and $G_1B_2F_3$) با کاهش میزان مصرف نیتروژن شیمیایی و افزایش عملکرد اسانس، میزان ژرانیول و ژرانیال، می‌تواند به‌منزلهٔ جایگزینی مناسب برای کودهای شیمیایی در راستای کشاورزی پایدار توجه شود.

## REFERENCES


1. Argyropoulou, C., Daferera, D., Tarantilis, P., Fasseas, C. & Polyssiou, M. (2007). Chemical composition and variation during development of the essential oil from leaves of Lippia citriodora H.B.K. (*Verbenaceae*). *Biochemical Systematics and Ecology*, 35, 831- 837.
2. Ashraf, M., Qasim, A. & Zafar, I. (2006). Effect of nitrogen application rate on the content and composition of oil, essential oil and minerals in black cumin (*Nigella sativa* L.) seeds. *Journal of the science of Food and Agriculture*, 86, 871-876.
3. Aziz, E. E. & El-Sherbeny S., E. (2003). Effect of some micro-nutrients on growth and chemical constituents of *Sideritis montana* as a new plant introduced into Egypt. *Arab Universities Journal of Agriculture Science*., Ain Shams University., Cairo, 12, 391- 403.
4. Behera S. K. & Panda, R.K. (2009). Effect of fertilization and irrigation schedule on water and fertilizer solute transport for wheat crop in a sub-humid sub-tropical region. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 130, 141-155.
5. Carruba, A., La Torre, R. & Matranga, A. (2002). Cultivation Trials of some Aromatic and Medicinal Plants in a Semi-arid Mediterranean Environment. Proceeding of 5th International Conference on edicinal and Aromatic Plants,10- 12Oct., *Acta Horticulturae* (ISHS), 576, 207-213?
6. Chen, W. & Viljoen, A.M. (2010). Geraniol – A review of a commercially important fragrance material. *South African Journal of Botany*, in press.
7. D'Antuono, L. F., Moretti, A. & Lovato, A.F.S. (2002). Seed yield, yield components, oil content and essential oil content and composition of *Nigella sativa* L. and damascena. *Industrial Crops and Products*,15, 59-69.
8. Das, K., Dang, R., Shivananda, T.N. & Sekeroglu, N. (2007). Influence of bio-fertilizers on the biomass yield and nutrient content in *Stevia rebaudiana* Bert. grown in Indian subtropics. *Journal of Medicinal Plants Research*, 1(1), 005-008.
9. Domokos, J., Peredi, J. & Halasz-Zelnik, K. (1994). Characterization of seed oils of Dragon head (*Dracocephalum moldavica*) and *catnip* (*Nepeta cataria var. citriodora Balb.*). *Industrial Crops and Products*, 3, 91-94.
10. Dordas, C. & Sioulas, C. ( 2008). Safflower yield, chlorophyll content, photosynthesis, and water use efficiency response to nitrogen fertilization under rain-fed conditions. *Industrial Crops and Products*, 27, 75-85.
11. Galambosi, B., Galambosi, Z. S., Perrala, R. & Reppcak, M. (2002). Yield and quality of selected herb cultivars in Finland. *Acta Horticulturae*, 576, 139-149.
12. Gharib, F., A. Moussa, L., A. & Massoud, O. N. (2008). Effect of compost and bio-fertilizers on growth, yield and essential oil of sweet marjoram (*Majorana hortensis*) plant. *International Journal of Agriculture and Biology*, 381-387.
13. Hamidi, A. (2006). *Agroecological aspect of bioferyilizers on grain and silage fooder yield of late maturity maiz (Zea mays) hybrids.* Ph.D. Thesis. University of Tarbiat Modares, Iran. (in Farsi)
14. Harridy, I. M. A., Soliman, S. G. I. & Mervat, T.A. (2001). Physiological, chemical and biological studies on Lemongrass Cymbopogon citratus (DC) stapf in response to diazotrophic bacteria, *Mansoura University Journal of Agricultural Sciences*, 26, 6131-6152.
15. Hendawy, S. F. (2008). Comparative Study of Organic and Mineral Fertilization on *Plantago arenaria*. *Plant Journal of Applied Sciences Research*, 4(5), 500-506.

16. Holm, Y. & Hiltunen, R. (1988). Capillary gas chromatographic_mass spectrometric determination of the flavor composition of Dragonhead (*Dracocephalum moldavica* L.). *Flavour and Fragrance Journal*, 3, 109-112.
17. Hussein, M. S., El-Shrbeny, S. E., Khlil, M. Y., Naguib, N. Y. & Aly, S.M. (2006). Growth characters and chemical constituents of *Dracocephalum moldavica* L. plants in relation to compost fertilizer and planting distance. *Scientica Horticulturae*, 108, 322-331.
18. Idris, M. (2003). Effect of integrated use of mineral, organic N and Azotobacter on yield, components and N-nutrition of wheat (*Triticum aestivum*, L.) *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 6, 539-543.
19. Kakasy, A., Z. Lemberkovics, E., Simandi, B., Lelik, L., Hethelyi, E., Antal, I. & Szoke, E. (2006). Comparative study of traditional essential oil and supercritical fluid extracts of Moldavian dragonhead (*Dracocephalum moldavica* L.). *Flavour and Fragrance Journal*, 21, 598-603.
20. Kalra, A. (2003). Organic cultivation of Medicinal and aromatic plants. A hope for sustainability and qualility enhancement. *Journal of Organic Production of Medicinal, Aromatic and Dye- Yielding Plants* (MADPs). FAO, p. 198.
21. Kandeel, A. M., Naglaa, S. A. T. & Sadek, A. (2002). Effect of biofertilizers on the growth, volatile oil yield and chemical composition of *Ocimum basilicum* L. plant. Annals of Agricultural Science, Ain Shams University, Cairo, 47, 351-371.
22. Melero, M., Vanderlinden, K., Ruiz., J. C. & Madejon, E. (2008). Long-term effect on soil biochemical status of a Vertisol under conservation tillage system in semi-arid Mediterranean conditions. *European journal of soil biology*, 44, 437-442.
23. Naguib, N.Y. (2003). Impact of mineral nitrogen fertilizer and organic compost on growth, herb and chemical composition of German chamomile (*Chamomilla recutita* L.) Rausch., 18, 301-323.
24. Omidbaigi, R. Borna, F. & Inotai, K. (2009). Sowing Dates Affecting on the Essential Oil Content of Dragonhead (*Dracocephalum moldavica* L.) and its Constituents. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 12(5), 580-585.
25. Ozguven, M., Ayanoglu, F. & Ozel, A. (2006). Effects of nitrogen rates and cutting times on the essential oil yield and components of *Origanum syriacum* L. var. *bevanii. Journal of Agronomy*, 5, 101-105.
26. Ozguven, M., Kirpik, M. & Sekeroglu, N. (2002). *Determination of the optimal sowing time and nitrogen fertilization for lavender* (*Lavandula angustifolia* Mill.) in the C¸ukurova conditions. In: Proceedings of *the workshop on agricultural and quality aspects of medicinal and aromatic plants*, Adana, Turkey. 217-223.
27. Ozguven, M.. Sener, B.. Orhan, I.. Sekeroglu, N.. Kirpik, M.. Kartal, M.. Pesin, I. & Kaya, Z. (2008). Effects of varying nitrogen doses on yield, yield components and artemisinin content of *Artemisia annua* L. *Industrial Crops and Products*, 27, 60-64.
28. Ram, M., Ram, D. & Roy, S. K. (2003). Influence of an organic mulching on fertilizer nitrogen use efficiency and herb and essential oil yields in geranium (*Pelargonium graveolens*). *Bioresource Technology*, 87, 273-278.
29. Ram, M. & Kumar, S. (1997). Yield improvement in the regenerated and transplanted mint (*Mentha arvensis*) by recycling the organic wastes and manures. *Bioresource Technology*, 59, 141-149.
30. Rao, BRR. (2001). Biomass and essential oil yields of rainfed palmaroza (*Cymbopogon* martinii (Roxb) wats var. motia Burk) supplied with different levels of organic manure and fertilizer nitrogen in semi-arid tropical climate. *Industrial Crops and Products*, 14, 171-178.
31. Sangwan, N., S. Farooqi, A., H., A. Shabih, F. & Sangwan, R.S. (2001). Regulation of essential oil production in plants. *Plant Growth Regulation*, 34, 3-21.
32. Santos-Gomes, P. C., Fernandes-Ferreira, M. & Vicente, A. M. S. (2005). Composition of the essential oils from flowers and leaves of Vervain (Aloysia triphylla (L'Herit.) Britton) grown in Portugal. *Journal of Essential Oil Research*, 17, 73-78.
33. Sekeroglu, N. & Ozguven, M. (2006). Effects of different nitrogen doses and plant densities on yield and quality of *Oenothera biennis* L. grown in irrigated lowland and un-irrigated dryland conditions. *Turkish* Journal of *Agriculture* & *Forestry*, 30, 125-135.
34. Sifola, M.I. & Barbieri, G. (2006). Growth, yield and essential oil content of three cultivars of basil grown under different levels of nitrogen in the field. *Scientia Horticulturae*, 108, 408-413.
35. Sonboli, A., Mojarrad, M., Gholipour, A., Ebrahimi, S. N. & Arman, M. (2008). Biological activity and composition of the essential oil of *Dracocephalum moldavica* L. grown in Iran. Natural Product Communications, 3(9), 1547-1550.
36. Tanu, A. & Prakash, A. (2004). Effect of different organic manures/composts on the herbage and essential oil yield of Cymbopogon winterianus and their influence on the native AM population in a marginal alfisol *Bioresource. Technology*, 92, 311-319.

37. Violent, H. G. M. & Portugal, V. O. (2007). Alternation of tomato fruit quality by root inoculation with plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR): Bacillus subtilis BEB-13bs. *Scientia Horticulturae*, 13, 103-106.
38. Zarfeshan, M. (2008). *Preparing climate and soil requirement tables for land suitability evaluation of cumin seed cultivation in iran based on fao frame work method.* M. Sc. Thesis. University of Tarbiat Modares, Iran. (in Farsi)

Iranian Journal of Horticultural Science, Vol. 46, No. 4, Winter 2016

# Effect of biofertilizer, azocompost and nitrogen on oil yield and essential oil content of *Dracocephalum moldavica* L.

**Saeed Yousefzadeh[1], Seyed Ali Mohammad Modarres-Sanavy[2*], Fatemeh Sefidkon[3] and Mehdi Ghiasy Oskuee[4]**

1, 2, 4. Former Ph.D. Student, Professor and Ph.D. Student, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran

3. Professor, Research Institute of Forests and Rangelands, Tehran, Iran

(Received: May 7, 2013 - Accepted: Sep. 6, 2014)

## ABSTRACT

To determine the effects of biofertilizers, nitrogen and azocompost on oil yield and essential oil content of dragonhead (*Dracocephalum moldavica* L.), a field experiment was conducted as factorial in a randomized complete blocks design with 20 treatments and 3 replications. This study was performed at two locations during 2009-2010 on field in Tarbiat Modares University, and at the Khoy Agricultural Research Center. Treatments were consisted of two genotypes (landrace and SZK-1 cultivars), two seed inoculation (either ($B_1$) with or without ($B_2$) bacterial inoculation with Azotobacter + Azosprillum + pseudomonas) and five fertilization regimes (152 kg urea per hectare, F2: 114 kg urea per hectare + 85/3 tones azocompost per hectare, F3: 76 kg urea per hectare + 77/7 tones azocompost per hectare, F4: 38 kg urea per hectare + 55/11 tons azocompost per hectare and F5: 55/15 tons azocompost per hectare). F3 treatment had the highest geraniol and zhenya when genotypes were inoculated with bacterial in both regions and genotypes. Integrated treatment with 50% urea + 50% azocompost with or without bacterial inoculation in land race population, improved performance of yield and essential oil components by reducing the amount of chemical nitrogen, which could be a substitute to chemical fertilizers.

**Keywords:** bacterial inoculation, cultivar, geraniol and zhenya.

* Corresponding author E-mail: modaresa@modares.ac.ir Tel: +98 912 1481637