اثر کودهای زیستی بر صفات رویشی و درصد اسانس گیاه دارویی ریحان

فصلنامه بوم‌شناسی گیاهان زراعی
جلد ۱۱، شماره ۴، صفحات ۵۶ – ۴۹
(زمستان ۱۳۹۴)

وحید ملکی*
باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان
واحد کرج
دانشگاه آزاد اسلامی
کرج، ایران
نشانی الکترونیک ✉:
vahid_maleki151@yahoo.com
*مسؤل مکاتبات

خالد سلیمی
استادیار گروه تولیدات کشاورزی
مجتمع آموزش عالی سراوان
سراوان، ایران
نشانی الکترونیک ✉:
ksalimi55@gmail.com

محمدرضا اردکانی
استاد گروه زراعت
واحد کرج
دانشگاه آزاداسلامی
کرج، ایران
نشانی الکترونیک✉:
mohammadreza.ardakani@kiau.ac.ir

چکیده به منظور تعیین اثر کودهای زیستی محتوی قارچ میکوریزا، باکتری ازتوباکتر و آزوسپیریلوم بر صفات رویشی گیاه دارویی ریحان، آزمایشی در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با چهار تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج انجام شد. تیمارهای به کار رفته در این آزمایش شامل تلقیح با میکوریزا، ازتوباکتر، آزوسپیریلوم و تیمار کاربرد تلفیقی شامل میکوریزا + ازتوباکتر، میکوریزا + آزوسپیریلوم، ازتوباکتر + آزوسپیریلوم، میکوریزا + ازتوباکتر + آزوسپیریلوم و تیمار بدون تلقیح یا شاهد بودند. تلقیح گیاه با این کودهای زیستی باعث افزایش معنی‌داری در مقدار وزن تر و خشک شاخساره، وزن تر و خشک ریشه، ارتفاع گل‌آذین و ارتفاع بوته شد. مقدار وزن خشک شاخساره در تیمارهای ترکیبی به طور معنی‌داری بیشتر از شاهد بود، در حالی که هیچ‌گونه تفاوت معنی‌داری بین استفاده جداگانه کودهای زیستی با شاهد مشاهده نشد. وزن تر و خشک ریشه در ازتوباکتر و آزوسپیریلوم به طور معنی‌داری نسبت به میکوریزا بالاتر بود، ولی در تیمارهای تلفیقی اثر افزایشی قابل ملاحظه‌ای دیده نشد. طول گل آذین و ارتفاع بوته در تمام تیمارها بیشتر از تیمار شاهد بود. البته، عرض برگ، طول برگ و درصد اسانس تحت تاثیر تیمارهای کودی قرار نگرفتند. استفاده تلفیقی کودهای زیستی ازتوباکتر و آزوسپیریلوم به صورت تلقیح بذر به منظور افزایش عملکرد زیست‌توده و عملکرد اسانس ریحان توصیه می‌شود.

شناسه مقاله:
نوع مقاله: **پژوهشی**
تاریخ پژوهش: **۱۳۹۱**
تاریخ دریافت: **۹۴/۰۸/۱۳**
تاریخ پذیرش: **۹۴/۱۲/۱۴**

واژه‌های کلیدی:
- **ازتوباکتر**
- **آزوسپیریلوم**
- **کشاورزی ارگانیک**
- **کود بیولوژیک**
- **میکوریزا**

مقدمه ریحان[1] از تیره نعناع دارای اکوتیپ‌های متنوعی است[۱۱،۱۴] در سراسر جهان کشت می شود.[۱۴] منشاء این گیاه یکساله[۵،۱۵] شمال غرب هند، شمال شرق آفریقا و آسیای میانه است.[۳] که ارزش دارویی داشته و نه تنها در صنایع غذایی، داروسازی، دندانپزشکی، عطرسازی و صنایع آرایشی و بهداشتی کاربردهای فراوانی دارد، بلکه در طب سنتی و مدرن نیز موارد استفاده بسیاری دارد[۵] و از دیر باز تاکنون به طور سنتی به عنوان گیاهی دارویی در درمان سردرد، سرفه، اسهال، یبوست، بیماری‌های انگلی و ناراحتی‌های کلیوی مصرف می‌شود. از مصارف خارجی گیاه می‌توان به استفاده از آن به عنوان مرهم در محل گزیدگی حشرات و به کارگیری روغن آن به طور مستقیم بر روی پوست جهت درمان آکنه اشاره کرد.[۲۴]

امروزه به کارگیری جانداران مفید خاک‌زی تحت عنوان کودهای زیستی به‌عنوان طبیعی‌ترین و مطلوب‌ترین راه حل برای زنده و فعال نگه‌داشتن سیستم حیاتی خاک در اراضی کشاورزی، مطرح می‌باشد.[۷] عرضه مواد آلی به خاک، به دلیل پاسخگویی به مبرم‌ترین نیاز آن، بزرگترین مزیت این قبیل کودهاست. علاوه بر این، تأمین عناصر غذایی به‌صورتی کاملاً متناسب با تغذیه طبیعی گیاهان، کمک به تنوع زیستی، تشدید فعالیت‌های حیاتی، بهبود کیفیت و حفظ سلامت محیط‌زیست از مهمترین مزایای کودهای زیستی محسوب می‌شود.[۲۲] در حال حاضر، کودهای زیستی به عنوان جایگزینی برای کودهای شیمیایی، به منظور افزایش حاصلخیزی خاک در تولید محصولات در کشاورزی پایدار مطرح می‌باشند. برخی ریزموجودات خاک اثرات مثبتی بر رشد گیاه دارند که به آنها باکتری‌های ریشه محرک رشد گیاه[2] اطلاق می‌شود.[۲۹] گروهی از این باکتری‌هایی که دارای قابلیت همیاری با گیاه هستند متعلق به جنس‌های *Pesudomonas*، Azotobacter، Azospirillum و Bacillus می‌باشند.[۲۳،۲۶] باکتری‌های جنس ازتوباکتر و آزوسپیریلوم از مهمترین باکتری‌های محرک رشد گیاه می‌باشند که علاوه بر تثبیت زیستی نیتروژن، با تولید مقادیر قابل ملاحظه‌ای از تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی به ویژه انواع اکسین، جیبرلین و سیتوکنین، رشدونمو و عملکرد گیاهان را تحت تأثیر قرار می‌دهند.[۸] آزوسپیریلوم علاوه بر قابلیت تثبیت نیتروژن با تولید مواد محرک رشد، سبب بهبود رشد ریشه و متعاقب آن افزایش سرعت جذب آب و عناصر غذایی گردیده و از این طریق در افزایش عملکرد تأثیرگذار می‌باشد.[۲۶]

قارچ‌های آربوسکولار میکوریزا[3] جزو اصلی فلور محیط ریشه گیاهان در بوم نظام‌های طبیعی می‌باشند[۱۶] که با بیشتر نهاندانگان از جمله چندین گونه گیاه دارویی رابطه همزیستی دارند.[۱۸،۲۵] گزارش‌های متعدد نشان داده است که تلقیح گیاهان با قارچ‌های مایکوریزی رشد و مقدار جذب مواد غذایی را در گیاه افزایش می‌دهد.[۲،۲۸]

خرم‌دل و همکاران (۱۳۸۷) گزارش کردند که تلقیح گیاه سیاه‌دانه با ازتوباکتر، آزوسپریلوم و میکوریزا سبب افزایش سرعت رشد محصول و سرعت آسیمیلاسیون خالص شد. در گونه‌ای از گیاه دارویی علف لیمو[4] کاربرد تلفیقی قارچ میکوریزا با باکتری‌های آزوسپیریلوم و باسیلوس باعث افزایش میزان بیوماس تولیدی گردید.[۱۹] در پژوهشی که به منظور ارزیابی اثر میکوریزا بر رشد و نمو گیاه دارویی ریحان انجام شد، مشاهده شد که کاربرد دو گونه از قارچ میکوریزای *Glomu smosseae* و*Glomus caledonium* سبب افزایش چشمگیر غلظت فسفر و عملکرد محصول شد.[۲۷] همچنین در پژوهشی دیگر، تلقیح با قارچ *Glomus etunicatum* سبب افزایش

[1] *Ocimum basilicum* L.
[2] Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR)
[3] arbascular mycorrhiza
[4] *Cymbopogon martinii*

رشد و ویژگی‌های فیزیولوژیک در گیاه دارویی ریحان شد.[۲۴] در مطالعه‌ای مشخص شد که کاربرد همزمان کود دامی و کودهای زیستی سبب افزایش عملکرد و خصوصیات کیفی کدو پوست کاغذی می‌شود.[۶] در گیاه دارویی مریم گلی استفاده از کود زیستی حاوی آزوسپیریلوم و ازتوباکتر، سبب افزایش ارتفاع بوته و وزن تر و خشک اندام‌های هوایی گیاه در چین‌های اول و دوم طی دو فصل گردید.[۳۱] کاربرد کودهای زیستی و شیمیایی نیتروژن در شوید سبب افزایش معنی‌دار شاخص برداشت نسبت به شاهد شده و بالاترین شاخص برداشت مربوط به تلفیق کودزیستی و ۵۰٪ کود شیمیایی بود.[۴]

به دلیل جدید بودن متداول شدن کودهای زیستی در گیاهان دارویی، در مورد اثر این کودها اطلاعات دقیقی در دست نیست و در این زمینه پژوهش کمی صورت گرفته است. به نظر می‌رسد حتی در صورتی که عملکرد این گیاهان در نتیجه استفاده از کودهای زیستی کمتر و یا برابر با عملکرد آنها در نتیجه مصرف کودهای شیمیایی باشد، تولید این گیاهان با استفاده از نهاده‌های طبیعی مثل کودهای آلی، راه حل مناسبی برای تولید داروهای گیاهی سالم باشد. بنابراین، هدف از این مطالعه تعیین اثر تلقیح قارچ میکوریزا و باکتری‌های ازتوباکتر و آزوسپیریلوم به‌عنوان کود زیستی بر گیاه ریحان بود.

مواد و روش‌ها این آزمایش در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج، واقع در ماهدشت با طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ۵۶ دقیقه، عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۴۵ دقیقه و ارتفاع از سطح دریا ۱۳۱۳ متر اجرا گردید. آزمایش به صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار اجرا گردید. بافت خاک محل آزمایش رسی- لومی بود که خصوصیات شیمیایی آن در جدول ۱ نشان داده شده است. تیمارهای به کار رفته در این آزمایش شامل بدون تلقیح، تلقیح با قارچ همزیست میکوریزا *Glomus intraradice* با جمعیت ۲۵۰ تا ۳۰۰ اسپور قارچ به ازای هر بذر، تلقیح با باکتری‌های آزادزی ازتوباکتر *Azotobacter chrococum* و آزوسپیریلوم *Azospirillm lipoferum* هر کدام با جمعیت 10^8 سلول باکتری در هر میلی متر و تیمارهای کاربرد تلفیقی شامل تلقیح با میکوریزا + ازتوباکتر، میکوریزا + آزوسپیریلوم، ازتوباکتر + آزوسپیریلوم، میکوریزا + ازتوباکتر + آزوسپیریلوم بودند. تمامی ریزموجودات مورد استفاده در این پژوهش از آزمایشگاه بیولوژی مؤسسه تحقیقات خاک و آب کشور تهیه شدند.

قبل از کشت هر کرت شامل شش خط کشت به طول ۲/۵ متر و فاصله ردیف‌های کاشت ۵۰ سانتی‌متر و فاصله بوته‌ها روی خطوط کاشت ۵ سانتی‌متر و عمق کاشت بذور ۲-۱ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. بذرها اواخر اردیبهشت ماه کشت شدند. مبارزه با علف‌های هرز در زمان مقتضی و به‌صورت دستی انجام شد. آبیاری هر چهار روز یک بار انجام گرفت. دو ماه پس از کشت، بوته‌ها برداشت شدند. برای نمونه‌گیری از هر کرت ۱۰ بوته به طور تصادفی انتخاب شد. پس از برداشت ریشه‌ها از اندام هوایی گیاه جدا شده و توزین و سپس در آون به‌مدت ۴۸ ساعت در دمای۷۲ درجه سلسیوس

جدول ۱) خصوصیات شیمیایی خاک محل آزمایش

Table 1) chemical characteristics of field soil

Soil depth (cm)	EC (dS/m)	pH	P (mg/kg)	K (mg/kg)	Nitrogen (%)	Organic C (%)
0-30	5.82	7.81	7.68	240	0.17	0.85

قرار گرفته و مجدد توزین شدند. تجزیه و تحلیل داده‌ها توسط نرم‌افزار SAS انجام گرفت. مقایسات میانگین با آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ انجام شد.

نتایج و بحث اثر کودهای زیستی بر وزن‌تر شاخساره در سطح ۵٪ معنی‌دار بود (جدول ۲). وزن‌تر شاخساره در اکثر تیمارها به جز تلقیح با قارچ میکوریزا بیشتر از تیمار شاهد بود. همچنین بیشترین وزن تر شاخساره در تیمارهای ترکیبی کودهای زیستی ثبت شد. به علاوه، اختلاف معنی‌داری بین ازتوباکتر و آزوسپیریلوم از لحاظ وزن تر شاخساره مشاهده نشد. بین تیمارهای ترکیبی نیز از لحاظ وزن تر شاخساره تفاوتی نبود. وزن خشک شاخساره در تیمارهای ترکیبی به طور معنی‌داری بیشتر از شاهد بود. در حالی که هیچ‌گونه تفاوت معنی‌داری بین استفاده جداگانه کودهای زیستی با شاهد مشاهده نشد. همچنین مقایسه میانگین تیمارهای ترکیبی و جداگانه تنها در مورد تفاوت بین تیمارهای ترکیبی و تیمار میکوریزا معنی‌دار بود (جدول ۳).

اثر کودهای زیستی بر وزن‌تر ریشه در سطح ۱٪ معنی‌دار بود (جدول ۲)، وزن‌تر ریشه در تیمارهای کود زیستی بیشتر از تیمار بدون تلقیح بود. تفاوت معنی‌داری بین کودهای زیستی به لحاظ وزن تر ریشه نبود. اثر کودهای زیستی بر وزن‌خشک ریشه در سطح ۱٪ معنی‌دار بود و وزن خشک ریشه در تمام تیمارها بیشتر از تیمار شاهد(بدون تلقیح) بود. وزن‌خشک ریشه به‌طور معنی‌داری در تیمارهای تلقیح با ازتوباکتر و آزوسپریلوم بیشتر از تیمار میکوریزا بود. بین تیمارهای ترکیبی نیز از لحاظ وزن‌خشک ریشه تفاوتی مشاهده نشد (جدول ۳).

اثر کودهای زیستی بر طول گل‌آذین و ارتفاع بوته در سطح ۵٪ معنی‌دار بود و طول گل‌آذین و ارتفاع بوته در تمام تیمارها بیشتر از تیمار شاهد بود. البته، عرض برگ، طول برگ و درصد اسانس تحت تأثیرتیمارهای کودی قرار نگرفتند (جدول ۲). در این آزمایش وزن‌تر شاخساره در اکثر تیمارها به جز تلقیح با قارچ میکوریزا بیشتر از تیمار شاهد بود (جدول ۳). در این تحقیق میکوریزا افزایش معنی‌داری در وزن گیاه ایجاد نکرد که با یافته های بعضی از محققین مطابقت داشت.[۱۲،۲۱] اما بعضی دیگر از محققین[۲۴،۱] خلاف این موضوع را گزارش کرده اند.

شاید یکی از دلایل کاهش اثر میکوریزا بالا بودن اسیدیته مزرعه آزمایشی (۷/۸۱) باشد، زیرا قارچ‌ها نسبت به باکتری‌ها شرایط اسیدی‌تر را می‌پسندند.[۳۰]

همچنین بیشترین وزن‌تر شاخساره در تیمارهای ترکیبی کودهای زیستی ثبت شد (جدول ۳). به علاوه، اختلاف معنی‌داری بین ازتوباکتر و آزوسپیریلوم از لحاظ وزن تر شاخساره مشاهده نشد. بین تیمارهای ترکیبی نیز از لحاظ وزن تر شاخساره تفاوتی وجود نداشت. آزمایش‌های متعدد، ترکیب ازتوباکتر و آزوسپیریلوم روی رشد و تغذیه گیاهان مختلف را به اثبات رسانده‌اند، برای مثال تلقیح گیاهان گندم، ذرت و ارزن با ازتوباکتر و آزوسپیریلوم در یک آزمایش مزرعه‌ای، سبب افزایش ۱۰ تا ۱۵ درصدی عملکرد شد.[۱۷] همچنین، گزارش شده است که تلقیح گندم و ذرت با باکتری آزوسپیریلوم رشد آنها را افزایش داد.[۲۰] در گیاه زوفا تیمارهای ترکیبی از ریزموجودات مایکوریزا و سودوموناس فلورسنت بدلیل اثرات سینرژیستی باکتری‌ها و قارچ بر یکدیگر سبب بهبود رشد گیاه و نهایتا افزایش وزن‌تر اندام هوایی شد.[۱۰]

وزن‌تر ریشه در تیمارهای کود زیستی بیشتر از تیمار بدون تلقیح بود (جدول ۳).

جدول ۲) تجزیه‌ی واریانس عملکرد و اجزای عملکرد ریحان

Table 2) ANOVA of yield and yield component of basil

Source of variation	df	mean of squares								
		root dry weight	root fresh weight	shoot dry weight	shoot fresh weight	essential oil concentrations	leaf length	leaf width	plant height	inflorescence height
Block	3	5829 ^{ns}	19369 ^{ns}	40189 ^{ns}	731991 ^{ns}	0.03 ^{ns}	0.23^{ns}	0.11^{ns}	17.9^{ns}	1.19 ^{ns}
Treatment	7	68025**	245990**	463354**	4532966**	0.02^{ns}	1.13^{ns}	0.26^{ns}	182.8^{ns}	6.12**
Experimental error	21	8304	41283	85509	357648	0.01	0.24	0.16	12.5	2.24
CV (%)	-	4.4	4.3	11.7	6.3	15.8	16.7	11.4	6.5	7.11

ns, ** and *; not significant and significant at 1 and 5%, respectively.

ns، ** و * به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۱ و ۵٪

جدول ۳) مقایسه میانگین ویژگی‌های رشدی و درصد اسانس ریحان تحت تأثیر کودهای زیستی

Table 3) Growth characteristics and essential oils percentage of sweet basil influenced by biofertilizers

Treatments	root dry weight (kg)	root fresh weight (kg)	shoot dry weight (kg)	shoot fresh weight (kg)	essential oil concentrations (%)	leaf length (cm)	leaf width (cm)	plant height (cm)	inflorescence height (cm)
Control	1775c	4064 b	1987b	7494d	0.79 ab	4.58 b	2.77 b	48.9 b	18.3 b
Mycorrhiza (A)	2036b	4595 a	2169b	8283d	0.72 ab	5.45 ab	2.87 ab	54.7 a	21.3 a
Azotobacter (B)	2196a	4773 a	2481ab	9327c	0.86 a	5.47 ab	3.15 ab	55.5 a	21.3 a
Azospirillum(C)	2184 a	4847 a	2380ab	9430bc	0.84 a	5.05 ab	3.39 ab	51.5ab	21.5 a
(A+B)	2111ab	4667 a	2771a	9974abc	0.72 a	5.40 ab	2.89 ab	56.7 a	22.6 a
(A+C)	2242a	4779 a	2775a	10268ab	0.63 b	5.36 ab	2.53 ab	55.0 a	20.9 a
(B+C)	2067ab	4665 a	2746a	10164abc	0.75 ab	5.76 a	3.02 a	54.2 a	20.5 ab
(A+B+C)	2092ab	4766 a	2740a	10580a	0.69 ab	5.52 ab	2.78 ab	55.5 a	21.6 a

در هر ستون میانگین های دارای حروف مشترک طبق آزمون حداقل اختلاف، فاقد اختلاف معنی‌دار هستند.

Values followed by the same letter within the same columns do not differ significantly at p =5%

البته تفاوت معنی‌داری بین کودهای زیستی به لحاظ وزن تر ریشه ثبت نشد. *کوپتا و همکاران (۲۰۰۶)* گزارش کردن که تلقیح با قارچ میکوریزا باعث افزایش طول و تعداد ریشه‌های جانبی در گیاه ریحان شد. آزوسپیریلوم علاوه بر قابلیت تثبیت نیتروژن، با تولید مواد محرک رشد، سبب بهبود رشد ریشه و متعاقب آن افزایش سرعت جذب آب و عناصر غذایی شده و از این طریق در افزایش عملکرد تأثیر گذار میباشد.[۲۶] اگرچه فراهمی نیترات موجود در انواع کودها در رشد و نمو اندام های هوایی تأثیر بسزایی داشته اما در محیط ریشه گیاه ازتوباکتر و آزوسپیریلوم توانایی ساخت و ترشح برخی مواد زیستی فعال را دارند که در افزایش رشد نقش مؤثری ایفا می‌کنند.[۱۳] هر چند که در این آزمایش درصد اسانس گیاه ریحان تحت تأثیر کودهای زیستی قرار نگرفت (جدول ۲). اما افزایش عملکرد اسانس به واسطه افزایش وزن شاخساره در واحد سطح یکی از نتایج استفاده از کودهای زیستی بود. بنابراین با استفاده از کودهای زیستی، هم می‌توان به عملکرد بیشتری دست یافت هم میتوان از آسیب رساندن به زیست بوم از طریق استفاده نکردن از کودهای شیمیایی اجتناب کرد. در این تحقیق برای گیاه ریحان و منطقه مورد نظر، مشخص شد که باکتری های ازتوباکتر و آزوسپیریلوم نتایج بهتری نسبت به قارچ میکوریزا ارایه دادند.

نتیجه‌گیری کلی تنها استفاده از یک گونه خاص کودهای زیستی قادر به تأمین نیاز غذایی گیاه ریحان نمی باشد و برای حل این مورد نیاز به استفاده تلفیقی از دو یا چند گونه خاص باکتری یا قارچ می باشد. با توجه به اینکه خاک منطقه آزمایش قلیایی بود، کارکرد مناسبی از میکوریزا دیده نشد. بنابراین با توجه به این نتایج، در مناطق مشابه استفاده از کودهای زیستی مانند ازتوباکتر و آزوسپیریلوم می‌توانند جایگزین مناسبی برای کودهای شیمیایی، مخصوصاً در محصولاتی مثل گیاهان دارویی که مصرف کننده‌ها تأکید بیشتری بر طبیعی بودن آن دارند، باشند.

References

1. Copetta A, Lingua G, Berta G (2006) Effects of three AM fungi on growth, distribution of glandular hairs, and essential oil production in *Ocimum basilicum* L. var. *genovese*. Mycorrhiza 16: 485-494.
2. Gamalero E, Trotta A, Massa N, Copetta A, Martinotti MG, Berta G (2004) Impact of two fluorescent pseudomonads and an arbuscular mycorrhizal fungus on tomato plant growth, root architecture and P acquisition. Mycorrhiza 14: 185-192.
3. Gill B, and Randhawa G (1992) Effect of transplanting dates and stage of harvesting on the herb and oil yields of French basil (*Ocimum basilicum* L.). Indian Perfumer 36: 102-102.
4. Grayer RJ, Kite GC, Goldstone FJ, Bryan SE, Paton A, Putievsky E (1996) Intraspecific taxonomy and essential oil chemotypes in sweet basil, *Ocimum basilicum*. Phytochemistry 43: 1033-1039.
5. Hasani M, Mirzaei M, Fathi GBM (2010) An investigation of the effect of autotetraploidy on essential oil content and some of quantitative and qualitative characteristics of basil medicinal plant (*Ocimum basilicum* L.). Journal Horticultural Sciences 41: 111-118.
6. Jahan M, Amiri MB, Shabahang J, Tahami MK (2013) The effects of simultaneous application of different organic and biological fertilizers on quantitative and qualitative characteristics of *Cucurbita pepo* L. Journal of Crops Research 11: 73-87.
7. KanaaniAlvar A, Raei Y, Zehtab Salmasi S, Nasrollahzadeh S (2013) Study the effects of biological and nitrogen fertilizers on yield and some morphological traits of two spring barley (*Hordeum vulgare* L.) varieties under rainfed conditions. Journal of Agricultural Science 23: 19-29.
8. Karimi M, Siddique K (1991) Crop growth and relative growth rates of old and modern wheat cultivars. Crop and Pasture Science 42: 13-20.
9. Khoramdel S, Kouchaki AR, Nasiri Mahalati M, Ghorbani R (2008) Application effects of biofertilizers on the growth indices of black cumin (*Nigella sativa* L.). Journal of Field Crops Research 6: 285-294.

10. Kouchaki AR, Tabrizi L, Ghorbani R (2008) Effect of biofertilizers on agronomic and quality criteria of Hyssop (*Hyssopus officinalis*). Journal of Field Crops Research 6: 127-137.
11. Lawrence B (1988) Further examination of the variation of *Ocimum basilicum* L. developments in food science 18: 161-170.
12. Li X, Christie P (2001) Changes in soil solution Zn and pH and uptake of Zn by arbuscular mycorrhizal red clover in Zn-contaminated soil. Chemosphere 42: 201-207.
13. Makkizadeh M, Chaichi M, Nasrollahzadeh S, Khavazi K (2012) The Effect of biologic and chemical nitrogen fertilizers on growth, yield and essential oil constituents of Dill (*Anethum graveolens* L.). Journal of Agricultural Science 22: 51-62.
14. Marotti M, Piccaglia R, Giovanelli E (1996) Differences in essential oil composition of basil (*Ocimum basilicum* L.) Italian cultivars related to morphological characteristics. Journal of Agricultural and Food Chemistry 44: 3926-3929.
15. Miele M, Dondero R, Ciarallo G, Mazzei M (2001) Methyleugenol in *Ocimum basilicum* L. Cv. genovesegigante. Journal of agricultural and food chemistry 49: 517-521.
16. Panwar J, Tarafdar J (2006) Arbuscular mycorrhizal fungal dynamics under Mitragyna parvifolia (Roxb.) Korth. In Thar Desert. Applied Soil Ecology 34: 200-208.
17. Rai S, Gaur A (1988) Characterization of *Azotobacter* spp. and effect of Azotobacter and Azospirillum as inoculant on the yield and N-uptake of wheat crop. Plant and Soil 109: 131-134.
18. Rao GV, Manoharachary C, Kunwar I, Rao BR (2000) Arbuscular mycorrhizal fungi associated with some economically important spices and aromatic plants. Philippine Journal of Science 129: 51-55.
19. Ratti N, Kumar S, Verma HN, Gautam SP (2001) Improvement in bioavailability of tricalcium phosphate to *Cymbopogon martinii* var. motia by rhizobacteria, AMF and Azospirillum inoculation. Microbiological research 156: 145-149.
20. Russo A, Felici C, Toffanin A, Götz M, Collados C, Barea JM, Moënne-Loccoz Y, Smalla K, Vanderleyden J, Nuti M (2005) Effect of Azospirillum inoculants on arbuscular mycorrhiza establishment in wheat and maize plants. Biology and fertility of soils 41: 301-309.
21. Ryan MH, and Angus JF (2003) Arbuscular mycorrhizae in wheat and field pea crops on a low P soil: increased Zn-uptake but no increase in P-uptake or yield. Plant and Soil 250: 225-239.
22. Saleh Rastin N (2001) Biological fertilizers and their role in sustainable agriculture. Collection of Researches on the Necessity of Industrial Production of Bio-fertilizers 1-54.
23. Selosse MA, Baudoin E, Vandenkoornhuyse P (2004) Symbiotic microorganisms, a key for ecological success and protection of plants. Comptesrendus biologies 327: 639-648.
24. Sharifi M, Mohtashamian M, Riyahi H, Aghaee A, Alavi S (2011) The Effects of Vesicular-Arbuscular Mycorrhizal (VAM) Fungus glomusetunicatum on growth and some physiological parameters of basil. Journal of Medicinal Plants 2: 85-94.
25. Srivastava N, Basu M, Monica B (1995) Occurrence of vesicular arbuscular mycorrhizal fungi in some medicinal plants. Mycorrhizae: Biofertilizers for the future. New Delhi, India: The Energy Research Institute 432-437.
26. Tilak K, Ranganayaki N, Pal K, De R, Saxena A, Nautiyal CS, Mittal S, Tripathi A, Johri B (2005) Diversity of plant growth and soil health supporting bacteria. Current science 89: 136-150.
27. Toussaint JP, Smith F, Smith S (2007) Arbuscular mycorrhizal fungi can induce the production of phytochemicals in sweet basil irrespective of phosphorus nutrition. Mycorrhiza 17: 291-297.
28. Turjaman M, Tamai Y, Santoso E, Osaki M, Tawaraya K (2006) Arbuscular mycorrhizal fungi increased early growth of two nontimber forest product species Dyerapolyphylla and Aquilariafilaria under greenhouse conditions. Mycorrhiza 16: 459-464.
29. Wu S, Cao Z, Li Z, Cheung K, Wong M (2005) Effects of biofertilizer containing N-fixer, P and K solubilizers and AM fungi on maize growth: a greenhouse trial. Geoderma 125: 155-166.
30. Yang SF, Li XY, Yu HQ (2008) Formation and characterisation of fungal and bacterial granules under different feeding alkalinity and pH conditions. Process Biochemistry 43: 8-14.
31. Youssef A, Edris A, Gomaa A (2004) A comparative study between some plant growth regulators and certain growth hormones producing microorganisms on growth and essential oil composition of *Salvia officinalis* L. Plants. Annals of Agricultural Science-Cairo 49: 299-312.

Effect of biofertilizers on vegetative growth and essential oil of sweet basil

Agroecology Journal
Volume 11, Issue 4, 49-56
winter, 2016

Vahid Maleki*

Young Researchers and Elite Club
Karaj Branch
Islamic Azad University
Karaj, Iran

Email ✉: vahid_maleki151@yahoo.com (corresponding author)

Khaled Salimi

Department of Crop Production
High Educational Complex of Saravan,
Iran

Email ✉: ksalimi55@gmail.com

Mohammad Reza Ardakani

Department of Agronomy
Karaj Branch
Islamic Azad University
Karaj, Iran

Email ✉: mohammadreza.ardakani@kiau.ac.ir

Received: 03 November 2015 **Accepted:** 4 March 2016

ABSTRACT To study the effect of biofertilizers including mycorrhiza, azotobacter and azospirillum bacteria on vegetative traits of basil plant, an experiment was conducted at research field of Karaj Azad University based on randomized complete block design with four replications. Eight treatments include: no inoculation as control, inoculation with mycorrhiza, inoculation with azotobacter, inoculation with azospirillum, inoculation with mycorrhiza + azotobacter, inoculation with mycorrhiza + azospirillum, inoculation with azotobacter + azospirillum, and inoculation with mycorrhiza + azotobacter + azospirillum. Shoot amd root dry and fresh weight, inflorescence and plant height of sweet basil significantly increased by incubation with biofertilizers. Shoot dry weight was significantly higher in integrative inculation in camparison with control, but there were no significant differences among individual incubation of biofertilizers with control. Root dry and fresh weight were significantly higher in azotobacter and azospirillum in comparison with mycorrhiza; however, there was not a noticeable increase in integrative inoculation of biofertilizers. Inflorescence length and plant height were siginificantly higher in treated plants in camparison with control. In contrast, leaf width, leaf length and essential oil content of basil were not affected by biofertilizers. Thus, integrative application of azotobacter and azospirillum as seed incubation to increase the biomass and essential oil yield of basil is recommended.

Keywords:
- Azotobacter
- Azospirillum
- organic farming
- biofertilozer
- mycorrhiza