

The Effect of Different Nutritional Systems with Nitrogen and Phosphorous Fertilizers on Quantitative and Qualitative Traits of Basil (*Ocimum basilicum* L.)

Mehdi Aghighi Shahverdi^{1*}, Majid Amini Dehaghi², Hojjat Ataei Somagh³ and Behnam Mamivanad⁴

- 1- ***Corresponding Author:** Ph.D. Student of Crop Physiology, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Shahed University, Tehran, Iran (aghighim@yahoo.com)
- 2- Associate Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agricultural and Medicinal Plant Research Center, Shahed University, Tehran, Iran
- 3- M.Sc. Student of Agronomy and Agro Ecology, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Shahed University, Tehran, Iran
- 4- M.Sc. Student of Agronomy and Agro Ecology, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Shahed University, Tehran, Iran

Received: 4 July, 2017

Accepted: 7 March, 2018

Abstract

Background and Objectives

Aiming to remove or reduce the chemical input in order to obtain high quality and yield sustainability, plants production in sustainable agriculture. On the other hand, the combined application of chemical and bio-fertilizers can improve yield and quality of medicinal plants. Basil (*Ocimum basilicum* L.), a member of Lamiaceae family, is an annual plant and is widely used as a vegetable and as an aromatic plant. Considering the importance of medicinal herbs and the global trend for their production and reproduction in sustainable and low-input agricultural systems as well as a lack of research on the response of Basil's medicinal plant to the combined nutritional systems (chemical and biological), the aim of this study was to compare the effects of various nutritional systems with chemical and biological nitrogen and phosphorus fertilizers as high-quality nutrients on some quantitative and qualitative characteristics of Basil.

Materials and Methods

This research was conducted as a factorial experiment based on a completely randomized design with three replications at the Research Center of Faculty of Agriculture, Shahed University, Tehran, in 2014. The experimental factors included nitrogen and phosphorus fertilizer combinations, 100% chemical based on a soil test, 100% biological (for nitrogen, *Azotobacter crococcoccus* and *Azospirillum lipophorum*, for phosphorus, and *Pseudomonas fluorescense*) and combining a system of 50% chemical fertilizers with biofertilizers. To provide nitrogen fertilizer from the source of urea containing 46% pure nitrogen and phosphorus fertilizer were used triple superphosphate containing 46% phosphorus oxide (P₂O₅). Biofertilizers used to provide nitrogen are a mixture of *Azotobacter crocum* (Azeto-5 strain) and *Azopyrillium lipophorum* (93 strain), and for phosphorus from the mixture of *Pseudomonas putida* (P-168 strain) and *Pseudomonas fluorescense* (P-169 strain), all of which have a concentration 10⁷ CFU/ml provided by the National Institute of Soil and Water Research of Iran.

Results

The results showed that different combinations of nitrogen and phosphorus fertilizers and also the interaction between these two had a significant effect on plant height, the number of leaves and shoots yields, percentage, and yield of essential oil. The highest number of leaves per plant was

found in treatments N2 × P4 (100% chemical nitrogen with combined of bio-fertilizer and 50% chemical phosphorus) and N4 × P4 (combin of bio-fertilizer and 50% chemical phosphorus combined with bio-fertilizer and 50% chemical nitrogen) respectively with the mean of 54.72 and 54.44 leaves per plant. Interaction of nutrition systems showed that the highest leaves and essential oil yield was in combination N4 × P4 respectively with the average 596.33 kg.ha⁻¹ and 6.56 lit.ha⁻¹. The uses of combination system of nitrogen and phosphorus increased the mean composition of the oils constitutive such as Linalool, Carvacrol and Eugenol compared to control.

Discussion

The results of this study indicate that the use of bio-fertilizers phosphorus and nitrogen, either alone or in combination with 50% chemical fertilizer to improve the quantity and quality of basil had a positive impact. They can, instead of continuous use of chemical fertilizers, be used to optimize the biological inputs for sustainable agriculture and reduce the pollution caused by the use of nitrogen and phosphorous fertilizers.

Keywords: Biological fertilizer, Carvacrol, Chlorophyll index, Essential Oils, Leaves Yield

اثر سیستم‌های مختلف تغذیه‌ای با کودهای نیتروژنه و فسفره بر برخی صفات کمی و کیفی ریحان

مهدی عقیقی شاهرودی^{۱*}، مجید امینی دهقی^۲، حجت عطایی سماق^۳ و بهنام ممیوند^۴

۱- ^{*}نویسنده مسئول: دانشجوی دکتری فیزیولوژی گیاهان زراعی، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه شاهد، تهران، ایران (aghighim@yahoo.com)

۲- دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده علوم کشاورزی و مرکز تحقیقات گیاهان دارویی، دانشگاه شاهد، تهران، ایران

۳- دانشجوی کارشناسی ارشد زراعت و آگرواکولوژی، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه شاهد، تهران، ایران

۴- دانشجوی کارشناسی ارشد زراعت و آگرواکولوژی، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه شاهد، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۴/۱۳

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۱۲/۱۶

چکیده

کاربرد تلفیقی کودهای شیمیایی و زیستی می‌تواند عملکرد کمی و کیفی گیاهان دارویی را ارتقاء بخشد. به همین منظور آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در سال ۱۳۹۳ انجام شد. فاکتورهای آزمایش ترکیب کودی نیتروژنه و فسفره شامل، ۱۰۰ درصد شیمیایی براساس آزمون خاک، ۱۰۰ درصد زیستی (برای نیتروژن، از توپاکتر کروکوکوم و آزوسپیریلوم لیوفروم و برای فسفر، سدوموناس پوتیدا و سدوموناس فلورسنس) و سیستم تلفیق ۵۰ درصد کود شیمیایی با کود زیستی بود. نتایج نشان داد که ترکیب‌های مختلف کود نیتروژنه و فسفره (شیمیایی و زیستی) و همچنین برهمکنش این دو، بر ارتفاع بوته، تعداد برگ، عملکرد برگ و اندام هوایی، درصد و عملکرد اسانس، اثر معنی‌داری داشت. بیشترین تعداد برگ در بوته در تیمارهای کود نیتروژن ۱۰۰ درصد شیمیایی در تلفیق کود زیستی و ۵۰ درصد شیمیایی فسفره و تلفیق کود زیستی و ۵۰ درصد شیمیایی فسفر در تلفیق کود زیستی و ۵۰ درصد شیمیایی نیتروژن به ترتیب با میانگین ۵۴/۷۲ و ۵۴/۴۴ برگ در بوته به دست آمد. برهمکنش سیستم‌های تغذیه‌ای نشان داد که بیشترین عملکرد برگ و عملکرد اسانس در سیستم تلفیقی کود زیستی و ۵۰ درصد شیمیایی فسفر در تلفیق کود زیستی و ۵۰ درصد شیمیایی نیتروژن به ترتیب با میانگین ۵۹۶/۳۳ کیلوگرم در هکتار و ۶/۵۶ لیتر در هکتار بود. کمترین درصد و عملکرد اسانس در تیمار شاهد (عدم مصرف کود) مشاهده شد. استفاده سیستم تلفیقی کود نیتروژنه و فسفره باعث افزایش میانگین ترکیبات تشکیل دهنده اسانس از قبیل لینالول، کارواکرول و ازنول نسبت به شاهد شد. نتایج این تحقیق حاکی از آن است که کاربرد کودهای زیستی فسفره و نیتروژنه در ترکیب با ۵۰ درصد کود شیمیایی در بهبود صفات کمی و کیفی گیاه دارویی ریحان تأثیر مثبتی داشته و بجای مصرف مداوم کود شیمیایی می‌توان با استفاده بهینه از نهاده‌های زیستی در راستای کشاورزی پایدار و کاهش آلودگی ناشی از مصرف کودهای شیمیایی نیتروژنه و فسفره گام برداشت.

کلیدواژه‌ها: اسانس، شاخص کلروفیل، عملکرد برگ، کارواکرول، کود زیستی

مقدمه

سلامت خویش و همچنین مشکلات سیستم دارویی مدرن، باعث توجه هر چه بیشتر بشر به گیاهان دارویی گردیده است (Rahimzadeh et al., 2012). ریحان

عوارض جانبی داروهای شیمیایی و تمایل بشر به استفاده هر چه بیشتر از محصولات طبیعی به منظور حفظ

میکروارگانسیم‌ها در ریزوسفر شده و توان گیاه را برای جذب مواد غذایی از خاک افزایش می‌دهد (Kokalis-Buerelle *et al.*, 2006). استفاده از کودهای زیستی اثر زیادی در تولید محصولات داشته و نیاز به مصرف مواد شیمیایی را کاهش می‌دهد (Shokofteh *et al.*, 2015). Moradi (2009) تأثیر انواع کودهای بیولوژیک را در افزایش تعداد شاخه اصلی و فرعی گیاه دارویی رازیانه به دلیل تأمین بیشتر عناصر غذایی برای گیاه، معنی دار گزارش کرد. Khalil (2006) بیان داشت که استفاده از کودهای زیستی به خصوص از توباکتر، سبب افزایش معنی دار عملکرد کمی و مواد مؤثره در گیاه دارویی اسفرزه (*Plantago psyllium* L.) شد.

نیتروژن، فسفر و پتاسیم سه عنصر پرمصرف در کشاورزی هستند که به صورت کودهای شیمیایی در انواع زراعت‌ها استفاده می‌گردند. عنصر نیتروژن بخش اصلی بسیاری از ترکیب‌های شیمیایی مانند پروتئین‌ها و اسیدهای نوکلئیک بوده و قسمتی از کلروفیل را نیز تشکیل می‌دهد. کاهش این عنصر باعث کاهش رشد رویشی گیاهان سبز می‌شود (Ojaglo *et al.*, 2007). فسفر نیز بعد از نیتروژن مهم‌ترین عنصر مورد نیاز برای تولید محصول است. فسفر در کلیه فرآیندهای بیوشیمیایی، واکنش‌های انتقال انرژی، فتوسنتز و انتقال خصوصیات ژنتیکی نقش دارد. مقادیر زیادی از فسفر موجود در کودهای شیمیایی بعد از ورود به خاک، نامحلول شده و از دسترس گیاه خارج می‌شود. مصرف کودهای زیستی از مؤثرترین راهکارها جهت تأمین این عناصر در سطح مطلوب می‌باشد (Hassanzadeh *et al.*, 2007). علاوه بر مصرف کودهای شیمیایی یکی دیگر از روش‌های تأمین عناصر غذایی مورد نیاز گیاهان، به خصوص نیتروژن و فسفر، استفاده از منابع زیستی مثل باکتری‌های از توباکتر و آزوسپیریلیوم برای تأمین نیتروژن و سدوموناس پوتیدا و سدوموناس فلورسنس برای تأمین فسفر می‌باشد (Shirzadi *et al.*, 2014؛ Khalid *et al.*, 2006). کودهای بیولوژیک در کشاورزی پایدار به عنوان یک

Ocimum basilicum L.) گیاهی علفی، یکساله، معطر از گیاهان مهم متعلق به خانواده نعناعیان (Lamiaceae) است که به عنوان گیاه دارویی، ادویه‌ای و به صورت سبزی تازه استفاده می‌شود (Omidbaigi, 2005). ریحان در اقلیم‌هایی با دمای هوای بین ۷ تا ۲۷ درجه سلیسوس و اسیدیته خاک ۴/۳ تا ۸/۲ کشت و کار می‌شود. از نظر عملکرد تفاوت‌های زیادی به دلیل شرایط محیطی، نحوه مدیریت کاشت و داشت وجود دارد (Akbarinia *et al.*, 2009). این گیاه همانند سایر گیاهان خانواده نعناع، حاوی اسانس است که با توجه شرایط محیطی، میزان آن بین ۰/۵ تا ۱/۵ درصد متغیر است. ریحان دارای خاصیت ضد قارچی و باکتریایی بوده و کنترل‌کننده حشرات است و در صنایع غذایی، عطرسازی و آرایشی کاربرد دارد (Khalid *et al.*, 2006).

با توجه به اثرات مخرب زیست‌محیطی کشاورزی متداول که ناشی از مصرف بی‌رویه نهاده‌های شیمیایی (کودها و سموم) می‌شود، روز به روز بر اهمیت توجه به کشاورزی جایگزین افزوده می‌باشد. یکی از ارکان اصلی کشاورزی، پایدار استفاده از کودهای زیستی مانند باکتری‌های محرک رشد گیاه (Plant growth promoting rhizobacteria (PGPRs) می‌باشد (Sharma, 2002). کودهای زیستی حاوی باکتری‌ها و قارچ‌های مفیدی هستند که برای اهداف خاصی استفاده می‌شوند، از این موارد می‌توان به تثبیت نیتروژن، رهاسازی یون فسفات، آهن و پتاسیم از ترکیبات نامحلول آن‌ها اشاره کرد. گروهی از باکتری‌هایی که دارای قابلیت همیاری با گیاهان هستند متعلق به جنس‌های از توباکتر (*Azotobacter* spp.)، آزوسپیریلیوم (*Azospirillum* spp.) و سودوموناس (*Pseudomonas* spp.) می‌باشند (Tilak *et al.*, 2006). این باکتری‌ها معمولاً در اطراف ریشه گیاه مستقر و در جذب عناصر غذایی به گیاه کمک می‌کنند (Shokofteh *et al.*, 2015). از اثرات مثبت کودهای بیولوژیک، حفظ کیفیت مطلوب خاک می‌باشد که این امر باعث افزایش واکنش‌های مفید بین گیاه زراعی و

۲۸۳/۶۷ میلی گرم در کیلوگرم خاک بود. کشت بذور در داخل گلدان‌هایی به ارتفاع ۳۰ سانتی‌متر و قطر ۲۵ سانتی‌متری که با خاک ضدعفونی شده (با استفاده از اتوکلاو) پر شده بودند، صورت گرفت. در هر گلدان ۱۵ عدد بذر (ضدعفونی شده با هیپوکلریت سدیم ۳ درصد) به صورت دستی کشت و بعد از سبز شدن، تعداد ۱۰ عدد گیاهچه در هر گلدان باقی گذاشته و در دمای حدود ۲۸ سانتی‌گراد و رطوبتی معادل ۵۰ درصد ظرفیت زراعی نگهداری شدند. اندازه‌گیری شاخص کلروفیل برگ با استفاده از دستگاه کلروفیل‌متر SPAD دستی ساخت Minulta ژاپن در ۵۰ روز بعد از کشت (رشد سریع رویشی)، صورت گرفت. ۷۲ روز بعد از کشت (در ابتدای شروع گلدهی) تمامی گیاهان در داخل هر گلدان (مجموعاً ۴۸ گلدان) به صورت جداگانه جمع‌آوری و طول ساقه آن‌ها با خط کش و وزن تر برگ و اندام هوایی با ترازوی دیجیتال اندازه‌گیری شد. سپس بخش هوایی هر تیمار در پاکت کاغذی قرار داده شد و در آن ۵۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت قرار گرفتند تا کاملاً خشک شوند. پس از خشک شدن کامل در آن، وزن خشک نمونه‌ها با ترازوی دیجیتال اندازه‌گیری شد (Shokofteh *et al.*, 2015). برای اندازه‌گیری اسانس، پس از خشک و آسیاب کردن نمونه‌ها (برای این بخش از کار از نمونه‌های هوا خشک استفاده شد)، اسانس آن به روش تقطیر با آب مقطر به وسیله دستگاه کلونجر استخراج شد. عملکرد اسانس نیز از حاصل ضرب درصد اسانس در عملکرد برگ خشک به ازای هر بوته محاسبه شد (Shokofteh *et al.*, 2015). اسانس با استفاده از سولفات سدیم بدون آب، آب‌گیری شد و به دستگاه گاز کروماتوگرافی تزریق گردید تا نوع ترکیب‌های تشکیل‌دهنده آن، مشخص شود. دستگاه کروماتوگرافی استفاده شده از نوع Hewlett Packard 6890N با ستون ۳۰ متر، قطر داخلی ۰/۲۵ میلی‌متر و ضخامت لایه ۰/۲۵ میکرومتر از نوع HP-5MS بود. دمای ابتدایی آن ۵۰ درجه سانتی‌گراد، دمای انتهایی ۱۵۰ درجه سانتی‌گراد و

جایگزین مناسب برای کودهای شیمیایی مطرح هستند و می‌توانند باعث بهبود عملکرد کمی و کیفی گیاهان دارویی شوند (Rezaeichiane *et al.*, 2014). با توجه به اهمیت گیاهان دارویی و گرایش جهانی جهت تولید و تکثیر آن‌ها در سیستم‌های کشاورزی پایدار و کم‌نهاد و همچنین کمبود پژوهش‌ها در رابطه با واکنش گیاه دارویی ریحان نسبت به سیستم‌های تغذیه‌ای تلفیقی (شیمیایی و بیولوژیک)، این پژوهش با هدف بررسی اثر سیستم‌های مختلف تغذیه‌ای با کودهای شیمیایی و زیستی نیتروژنه و فسفره و همچنین اثر متقابل آن‌ها به عنوان عناصر پر مصرف بر برخی خصوصیات کمی و کیفی گیاه دارویی ریحان انجام شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در گلخانه مرکز تحقیقاتی دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه شاهد تهران در سال ۱۳۹۳ انجام شد. فاکتورهای آزمایشی ترکیب مختلف دو عنصر پر مصرف نیتروژن و فسفر بود که هر کدام در چهار سیستم تغذیه‌ای به شرح جدول (۱) بکار برده شده‌اند. برای تأمین کود شیمیایی نیتروژن، از منبع اوره حاوی ۴۶ درصد نیتروژن خالص و برای کود شیمیایی فسفر از منبع سوپر فسفات تریپل حاوی ۴۶ درصد اکسید فسفر (P_2O_5) استفاده شد. کودهای زیستی مورد استفاده برای تأمین نیتروژن مخلوطی از *ازتوباکتر کروکوم* (سویه Azeto-5) و *آزوسپیریلیوم لیسوفوروم* (سویه ۹۳) و برای فسفر از مخلوط *سدوموناس پوتیدا* (سویه P-168) و *سدوموناس فلورسنس* (سویه P-169) که همگی دارای غلظت 10^7 CFU/ml بودند، از موسسه تحقیقات خاک و آب کشور تهیه شدند.

تلقیح باکتریایی نیم ساعت قبل از کشت به صورت بذرمال و با استفاده از صمغ عربی (۲۰ گرم صمغ عربی در یک لیتر آب) صورت گرفت. خاک مورد استفاده قبل از کشت مورد آزمایش قرار گرفت (دارای بافت لوم شنی) که نیتروژن کل، فسفر و پتاسیم ۱۱۰۰، ۱۲/۳۰ و

جدول ۱- سیستم‌های مختلف تغذیه‌ای دو عنصر نیتروژن و فسفر مورد استفاده در این پژوهش
Table 1. Nitrogen and phosphorous nutritional systems used in this study

| فسفر Phosphorous | نیتروژن Nitrogen |
|--|--|
| P1= شاهد (عدم مصرف کود) | N1= شاهد (عدم مصرف کود) |
| P2= ۱۰۰ درصد کود شیمیایی (۲۵ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک) | N2= ۱۰۰ درصد کود اوره (۳۷/۵ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک) |
| P3= ۱۰۰ درصد کود زیستی (سدوموناس پوتیلا + سدوموناس فلورسنس) | N3= ۱۰۰ درصد کود زیستی (ازتوباکتر کروکوم + آزوسپیریلیوم لیوفروم) |
| P4= مخلوط کود زیستی + ۵۰ درصد شیمیایی (۱۲/۵ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک) | N4= مخلوط کود زیستی + ۵۰ درصد اوره (۱۸۷/۵ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک) |

تعیین کننده عملکرد در ریحان می‌باشد (Larios et al., 2008). افزایش کود نیتروژن سبب تأمین عناصر غذایی مورد نیاز گیاه شده و در نتیجه موجب تقسیم و بلند شدن سلول‌های گیاهی و افزایش ارتفاع را باعث می‌شود (Khajehpour, 2009). از دلایل مهم تأثیر کود زیستی در افزایش ارتفاع گیاه می‌توان به تثبیت نیتروژن اتمسفری توسط این باکتری‌ها، حل کردن مواد معدنی مانند فسفات، افزایش تولید هورمون‌های گیاهی از قبیل جیبرلین و اکسین اشاره کرد که از این راه سنتز آنزیم‌های دخیل در رشد گیاه را افزایش می‌دهند و در نهایت منجر به افزایش طول میان گره‌ها و افزایش ارتفاع گیاه می‌شوند (Hassanpour et al., 2010). ریحان در اثر مصرف کود زیستی (نیتروکسین) افزایش یافت. Sokhangoy et al. (2012) در مطالعه خود بیان داشتند که ارتفاع گیاه دارویی شوید در تیمار تلفیقی ازتوباکتر + آزوسپیریلیوم + سدوموناس به طور معنی‌داری افزایش یافت.

تعداد برگ

سیستم تغذیه‌ای با کود فسفره و نیتروژنه و همچنین برهمکنش این دو بر تعداد برگ در بوته اثر معنی‌دار داشتند (جدول ۲). بیشترین تعداد برگ در بوته در تیمارهای N2×P4 (نیتروژن ۱۰۰ درصد شیمیایی در تلفیق زیستی و ۵۰ درصد شیمیایی فسفره) و N4×P4 (تلفیق زیستی و ۵۰ درصد شیمیایی فسفره در مخلوط زیستی و ۵۰ درصد شیمیایی نیتروژنه) به ترتیب با میانگین ۵۴/۷۲ و ۵۴/۴۴ برگ در بوته بود (جدول ۳). در منابع مختلف به نقش مثبت و مؤثر باکترهای محرک رشد در

گردان حرارتی آن ۲/۵ درجه سانتی‌گراد بود. افزایش دما تا ۲۶۰ درجه سانتی‌گراد با سرعت ۱۰ درجه سانتی‌گراد در هر دقیقه و توقف در این دما به مدت ۵ دقیقه با افزایش دما تا ۳۲۰ درجه سانتی‌گراد با سرعت ۱۵ درجه سانتی‌گراد در دقیقه و سه دقیقه توقف در این دما بود. دمای اتاقک تزریق ۲۵۰ درجه سانتی‌گراد و گاز حامل هلیوم با سرعت جریان ۱/۲ میلی‌متر در دقیقه بود. طیف‌نگار جرمی مورد استفاده مدل Hewlett Packard 5973N، ولتاژ یونیزاسیون ۷۰ الکترون‌ولت، روش یونیزاسیون EI و دمای منبع یونیزاسیون ۲۲۰ درجه سانتی‌گراد بود. شناسایی طیف‌ها به کمک شاخص بازداری آن‌ها و مقایسه آن با شاخص موجود در کتب مرجع و مقالات با استفاده از طیف‌های جرمی ترکیبات استاندارد و استفاده از اطلاعات موجود در کتابخانه کامپیوتری صورت گرفت (Adams, 2001؛ Makkizadeh et al., 2011). در نهایت با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS 9.2 تجزیه آماری صورت گرفت و مقایسه میانگین با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام شد.

نتایج و بحث

ارتفاع بوته

اثر سیستم‌های مختلف تغذیه‌ای با کودهای فسفره، نیتروژنه و برهمکنش این دو بر ارتفاع بوته معنی‌دار بود (جدول ۲). مقایسه میانگین برهمکنش سیستم تغذیه‌ای نشان داد که بالاترین ارتفاع بوته با میانگین ۳۴/۳۳ سانتی‌متر در ترکیب تیماری N4×P4 (تلفیق ۵۰ درصد کود شیمیایی با زیستی فسفره در تلفیق ۵۰ درصد کود شیمیایی با زیستی نیتروژنه) به دست آمد (جدول ۳). ارتفاع بوته در کنار همراه تراکم کاشت، جزء عوامل

بهبود رشد و عملکرد گیاهان دارویی اشاره شده است. افزایش سرعت جذب آب و عناصر غذایی گردیده و از این طریق در افزایش عملکرد تأثیر گذار می باشد (Tilak et al., 2006).

جدول ۲- تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه تحت سیستم‌های مختلف تغذیه‌ای با نیتروژن و فسفر در ریحان
Table 2. Analysis of variance of studied traits under nitrogen and phosphorous nutritional systems in basil

| میانگین مربعات Mean Square | | | | | درجه آزادی df | منابع تغییرات SOV |
|--|--------------------------|-----------------------------------|--------------------------|-----------------------------|------------------|--------------------------------------|
| شاخص کلروفیل برگ Leaf chlorophyll index | عملکرد برگ Leaf yield | عملکرد اندام هوایی Shoot yield | تعداد برگ No. of leaf | ارتفاع بوته Plant height | | |
| 0.83* | 8817.51** | 14032** | 114.74** | 35.26** | 3 | فسفر Phosphorous (P) |
| 23.3** | 122147.34** | 287396** | 1086.6** | 387.5** | 3 | نیتروژن Nitrogen (N) |
| 0.10 ^{ns} | 1919.22** | 2709.2** | 9.62** | 4.77** | 9 | فسفر × نیتروژن P×N |
| 0.14 | 81.11 | 281.2 | 3.20 | 1.38 | 30 | اشتباه آزمایشی Experimental error |
| 4.79 | 7.12 | 9.50 | 11.05 | 9.37 | - | ضریب تغییرات (درصد) C.V. (%) |

ns, * و **: به ترتیب غیر معنی دار، معنی دار در سطح احتمال پنج و یک درصد.

ns, * and ** , non-significant, significant at 5 and 1%, respectively.

جدول ۳- مقایسه میانگین برهمکنش سیستم‌های مختلف تغذیه‌ای با کودهای نیتروژن و فسفر بر برخی صفات ریحان سبز
Table 3. Mean comparison of different nutritional systems interaction with the nitrogen and phosphorus fertilizers on some characteristics of basil

| عملکرد برگ (گرم در بوته) Leaf yield (g per plant) | عملکرد اندام هوایی (گرم در بوته) Shoot yield (g per plant) | تعداد برگ در بوته No. of leaf per plant | ارتفاع بوته (سانتی متر) Plant height (cm) | برهمکنش سیستم تغذیه‌ای Interaction of nutritional systems |
|--|---|--|--|--|
| 1.10 ^g | 1.77 ^h | 28.05 ^f | 18.50 ^e | P1 |
| 1.11 ^g | 1.76 ^h | 29.88 ^{ef} | 18.70 ^e | P2 |
| 1.10 ^g | 1.75 ^h | 30.88 ^{ef} | 18.33 ^e | P3 |
| 1.18 ^f | 1.86 ^h | 31.66 ^e | 19.00 ^e | P4 |
| 1.78 ^d | 2.81 ^f | 43.66 ^d | 27.50 ^c | P1 |
| 1.80 ^d | 2.85 ^f | 46.83 ^c | 28.50 ^{bc} | P2 |
| 1.79 ^d | 2.84 ^f | 49.83 ^{bc} | 30.16 ^b | P3 |
| 1.90 ^c | 3.02 ^{cd} | 54.72 ^a | 32.83 ^a | P4 |
| 1.51 ^e | 2.41 ^g | 40.83 ^d | 24.50 ^d | P1 |
| 1.80 ^d | 2.85 ^f | 47.50 ^{bc} | 28.66 ^{bc} | P2 |
| 1.82 ^d | 2.90 ^{ef} | 47.83 ^{bc} | 28.83 ^{bc} | P3 |
| 1.90 ^c | 3.00 ^{de} | 50.83 ^b | 30.50 ^b | P4 |
| 1.94 ^{bc} | 3.08 ^{bcd} | 49.16 ^{bc} | 29.50 ^{bc} | P1 |
| 1.97 ^b | 3.14 ^{bc} | 50.05 ^{bc} | 30.66 ^b | P2 |
| 1.99 ^b | 3.16 ^b | 50.33 ^b | 30.50 ^b | P3 |
| 2.38 ^a | 3.50 ^a | 54.44 ^a | 34.33 ^a | P4 |

اعداد با یک حرف مشترک در هر ستون اختلاف معنی داری براساس آزمون دانکن ندارند (p ≤ 0.05).

N1 = شاهد (عدم مصرف کود)، N2 = ۱۰۰ درصد کود شیمیایی اوره، N3 = کود زیستی، N4 = تلفیق ۵۰ درصد کود شیمیایی اوره و زیستی، P1 = شاهد (عدم مصرف کود)، P2 = ۱۰۰ درصد کود شیمیایی P₂O₅، P3 = کود زیستی، P4 = تلفیق ۵۰ درصد کود شیمیایی P₂O₅ و زیستی.

Means followed by the same letters in each column are not significantly different by Duncan s test.

N1 = control (no fertilizer), N2 = 100% chemical fertilizer of urea, N3 = bio-fertilizer, N4 = combination of 50% urea and biofertilizers, P1 = control (no fertilizer), P2 = 100% chemical fertilizer of P₂O₅, P3 = bio-fertilizer, P4 = combination of 50% P₂O₅ and biofertilizers

عملکرد اندام هوایی

جدول تجزیه واریانس (جدول ۲) نشان داد که اثر ترکیب کودهای فسفره و نیتروژنه و برهمکنش این دو بر عملکرد اندام هوایی معنی‌دار بودند. سیستم تغذیه‌ای تلفیق ۵۰ درصد کود شیمیایی و زیستی در مورد هر دو کود نیتروژنه و فسفره بالاترین عملکرد اندام هوایی را داشت. در مقایسه میانگین برهمکنش دو نوع کود نیز، بیشترین عملکرد اندام هوایی در سیستم تغذیه‌ای $N4 \times P4$ (تلفیق زیستی و ۵۰ درصد شیمیایی فسفره در مخلوط زیستی و ۵۰ درصد شیمیایی نیتروژنه) با میانگین $3/50$ گرم در بوته ایجاد شد و کمترین میانگین در عدم استفاده از کود نیتروژنه در استفاده با هر چهار ترکیب کود فسفره به دست آمد (جدول ۳). (Youssef *et al.*, 2004) بیان داشتند که استفاده از کود زیستی آزوسپیریلیوم و ازتوباکتر سبب افزایش ارتفاع بوته و وزن خشک اندام هوایی گیاه دارویی مریم گلی (*Salvia officinalis* L.) شد. پژوهشگران اثر کاربرد سیستم تلفیقی کود آلی و شیمیایی را بر عملکرد اندام هوایی گیاه ریحان معنی‌دار گزارش کردند (Tahami-Zarandi *et al.*, 2010). Makkizadeh *et al.* (2011) اثر سیستم‌های مختلف تغذیه‌ای بر عملکرد ماده خشک را معنی‌دار و بیان داشتند که بالاترین عملکرد ماده خشک در تیمار تلفیق کود زیستی به همراه ۵۰ درصد کود شیمیایی مشاهده شد.

عملکرد برگ

عملکرد برگ گیاه دارویی ریحان تغییر معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد تحت تأثیر سیستم تغذیه‌ای با کود فسفره، نیتروژنه و برهمکنش این دو نشان داد (جدول ۲). مقایسه میانگین برهمکنش سیستم‌های تغذیه‌ای نشان داد که عملکرد برگ در ترکیب تیماری $N4 \times P4$ (تلفیق زیستی و ۵۰ درصد شیمیایی فسفره در مخلوط زیستی و ۵۰ درصد شیمیایی نیتروژنه) با میانگین $2/38$ گرم در بوته بیشترین میانگین را داشت که نسبت به تیمار شاهد افزایش $53/78$ را درصدی نشان داد (جدول ۳). فراهمی نیترات موجود در انواع کودها در رشد و نمو اندام هوایی تأثیر بسزایی داشته اما در محیط ریشه گیاه،

ازتوباکتر و آزوسپیریلیوم توانایی ساخت و ترشح برخی مواد بیولوژیکی فعال مانند اکسین و جیبرلین و ویتامین‌های گروه B را دارند که در افزایش رشد نقش مؤثری ایفا می‌کنند. کودهای زیستی با افزایش جذب نیتروژن و فسفر و افزایش کارایی این عناصر در فرآیند فتوسنتز و تولید سطح سبز نقش بسزایی ایفا می‌نماید که افزایش رشد و عملکرد برگ را بدنبال خواهد داشت (Han and Lee, 2006).

شاخص کلروفیل برگ

سیستم تغذیه‌ای کود نیتروژنه و فسفره اثر معنی‌داری بر شاخص کلروفیل برگ داشت (جدول ۲). در سیستم تغذیه‌ای کود نیتروژنه، تأمین کود به صورت ۱۰۰ درصد شیمیایی و سیستم تلفیقی (۵۰ درصد شیمیایی + زیستی) بیشترین میانگین این صفت را نشان داد. در مورد کود فسفره نیز، تمامی سیستم‌های تغذیه‌ای به غیر شاهد (عدم مصرف کود) بالاترین میانگین را داشتند (داده‌های ارائه نشده است). میزان کلروفیل در گیاهان زنده یکی از فاکتورهای مهم حفظ ظرفیت فتوسنتزی به شمار می‌رود (Tehrani Sharif *et al.*, 2015). اثر کودهای زیستی بر افزایش محتوی کلروفیل برگ، اساساً از طریق بهبود جذب نیتروژن و افزایش نیتروژن برگ صورت می‌پذیرد، که از یک سو باعث فراهمی پیش‌سازهای کلروفیل شده و از سوی دیگر باعث افزایش پروتئین و اسیدهای آمینه به‌عنوان پیش‌سازهای اصلی ساختمان و فعالیت کلروپلاست خواهد شد (Alamimilani *et al.*, 2014). به‌طور مشابه پژوهش Khoramdel *et al.* (2010)، به افزایش رنگدانه‌ها با افزودن کود زیستی اشاره دارد، این در حالیست که افزایش میزان سطوح کود نیتروژنه موجب افزایش شاخص کلروفیل برگ در سویا شد (Shafaghkhalvanagh *et al.*, 2009). نیتروژن از طریق افزایش تعداد برگ و سطح برگ و فراهم نمودن زمینه مناسب دریافت انرژی نورانی خورشید و نیز شرکت در ساختار کلروفیل و آنزیم‌های درگیر در متابولیسم کربن فتوسنتزی، موجب افزایش بازده فتوسنتزی از طریق افزایش میزان کلروفیل برگ می‌گردد (Niakan and Ahmadi, 2014).

درصد، عملکرد و کیفیت اسانس

بر اساس جدول تجزیه واریانس (جدول ۴) سیستم‌های مختلف تغذیه‌ای با کودهای فسفره و نیتروژن و برهمکنش این دو کود بر درصد و عملکرد اسانس گیاه ریحان اثر معنی داری داشتند. سیستم تلفیقی کود (۵۰ درصد شیمیایی + زیستی) در مورد هر دو کود فسفر و نیتروژن بالاترین عملکرد اسانس را داشت. در مقایسه میانگین برهمکنش این دو کود، تیمار N4×P4 (تلفیق زیستی و ۵۰ درصد شیمیایی فسفره در تلفیق زیستی و ۵۰ درصد شیمیایی نیتروژن) بالاترین عملکرد اسانس (۰/۰۲۶۲ میلی لیتر در بوته) را داشت (جدول ۵). Fatma et al. (2006) در آزمایشی گلخانه‌ای روی گیاه دارویی مرزنجوش (*Origanum majorana L.*) نشان دادند که کودهای زیستی ازتوباکتر، آزوسپیریوم و باکترهای حل کننده فسفات بر شاخص‌های رشد و میزان اسانس اثر قابل توجهی نشان داد. Ajimoddin et al. (2005) سطوح مختلف کودهای شیمیایی نیتروژن، فسفر و پتاسیم و کودهای زیستی شامل آزوسپیریوم، باکتری‌های حل کننده فسفات و قارچ میکوریزا روی گیاه ریحان

بررسی و بیان داشتند که بالاترین عملکرد اسانس و عملکرد رویشی در تیمار تلفیق کودهای شیمیایی نیتروژن، فسفر و پتاسیم به همراه آزوسپیریوم، باکترهای حل کننده فسفات و قارچ میکوریزا حاصل شد. Vinutha (2005) گزارش نمود تلفیق گیاه ریحان با گونه‌های مختلف باکتری ازتوباکتر سبب افزایش زیست توده و میزان اسانس گیاه می‌شود.

در تولید گیاهان دارویی علاوه بر کمیت، کیفیت تولید نیز از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. نتایج حاصل از بررسی طیف‌های GC/MS نشان داد که ۵ ترکیب بتاپینن، لیمونن، لینالول، کارواکرول و اوژنول از مهم ترین ترکیبات تشکیل دهنده اسانس این گیاه بودند. نتایج نشان داد که اثر کودهای فسفره، نیتروژن و اثر متقابل این دو بر تمامی ترکیبات تشکیل دهنده مواد مؤثره معنی دار بودند (جدول ۴). بیشترین میزان بتاپینن در تیمار شاهد (عدم مصرف کود نیتروژن و کود فسفره) با میانگین ۰/۱۹ درصد بود و کمترین میانگین این ترکیب در استفاده از نیتروژن شیمیایی به همراه فسفر شیمیایی با میانگین ۰/۰۹ درصد بود (جدول ۵).

جدول ۴- تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه تحت سیستم‌های مختلف تغذیه‌ای با نیتروژن و فسفر در ریحان**Table 4. Analysis of variance of studied traits under nitrogen and phosphorous nutritional systems in basil**

| میانگین مربعات Mean Square | | | | | عملکرد اسانس Essential oils yield | درصد اسانس Essential oils percentage | درجه آزادی df | منابع تغییرات SOV |
|-------------------------------|------------------------|--------------------|--------------------|----------------------|--------------------------------------|---|------------------|--------------------------------------|
| اوژنول Eugenol | کارواکرول Carvacrol | لینالول Linalol | لیمونن Limonene | بتا پینن B-Pinene | | | | |
| 1.25** | 0.94* | 44.60** | 0.68* | 0.055** | 1.34** | 0.0015* | 3 | فسفر Phosphorous |
| 0.39** | 2.31** | 18.05** | 5.48** | 0.090** | 15.96** | 0.0057** | 3 | نیتروژن Nitrogen |
| 0.96** | 4.56** | 11.90** | 0.61* | 0.041** | 0.21** | 0.0013** | 9 | فسفر × نیتروژن P×N |
| 0.019 | 0.11 | 0.57 | 0.26 | 0.001 | 0.017 | 0.0004 | 30 | اشتباه آزمایشی Experimental error |
| 6.19 | 6.66 | 4.95 | 5.88 | 3.09 | 5.85 | 4.90 | - | ضریب تغییرات (درصد) C.V. (%) |

* و **: به ترتیب معنی دار در سطح احتمال پنج و یک درصد.

* and ** significant at 5 and 1%, respectively.

جدول ۵- مقایسه میانگین برهمکنش سیستم‌های مختلف تغذیه‌ای با کودهای نیتروژن و فسفر بر برخی صفات ریحان
Table 5. Mean comparison of different nutritional systems interaction with the nitrogen and phosphorus fertilizers on some characteristics of basil

| اؤژنول (درصد) | کارواکروول (درصد) | لینالول (درصد) | لیمونن (درصد) | بتاپینن (درصد) | عملکرد اسانس (میلی لیتر در بوته) | درصد اسانس | برهمکنش سیستم تغذیه‌ای |
|----------------------|----------------------|---------------------|--------------------|--------------------|---|------------------------------|---------------------------------------|
| Eugenol (%) | Carvacrol (%) | Linalol (%) | Limonene (%) | B-Pinene (%) | Essential oils yield (mg per plant) | Essential oils percentage | Interaction of nutritional systems |
| RI:1361 | RI:1803 | RI:1088 | RI: 1003 | RI:949 | | | |
| 10.63 ^{abc} | 8.11 ^a | 44.78 ^a | 0.48 ^a | 0.19 ^a | 0.0110 ^g | 1.00 ^b | P1 |
| 8.58 ^c | 6.47 ^d | 38.66 ^d | 0.41 ^{bc} | 0.12 ^c | 0.0112 ^g | 1.01 ^b | P2 |
| 8.94 ^{de} | 7.32 ^{bc} | 41.71 ^b | 0.36 ^{de} | 0.13 ^{bc} | 0.0118 ^g | 1.07 ^a | P3 |
| 9.46 ^{cd} | 7.39 ^{bc} | 42.04 ^b | 0.40 ^c | 0.16 ^b | 0.0127 ^f | 1.08 ^a | P4 |
| 9.04 ^d | 7.77 ^{ab} | 39.37 ^c | 0.38 ^d | 0.16 ^b | 0.0192 ^d | 1.08 ^a | P1 |
| 8.51 ^e | 6.57 ^d | 35.51 ^e | 0.30 ^e | 0.09 ^d | 0.0198 ^{cd} | 1.09 ^a | P2 |
| 8.61 ^e | 6.41 ^d | 36.93 ^e | 0.35 ^{de} | 0.11 ^c | 0.0195 ^d | 1.09 ^a | P3 |
| 9.01 ^d | 7.04 ^c | 39.08 ^c | 0.36 ^{de} | 0.14 ^{bc} | 0.020 ^b | 1.09 ^a | P4 |
| 9.99 ^{bc} | 7.45 ^b | 41.76 ^b | 0.42 ^{bc} | 0.13 ^{bc} | 0.0163 ^e | 1.08 ^a | P1 |
| 9.83 ^{bcd} | 7.06 ^c | 39.05 ^c | 0.37 ^{de} | 0.11 ^c | 0.0194 ^d | 1.08 ^a | P2 |
| 9.11 ^d | 7.47 ^b | 42.04 ^b | 0.36 ^{de} | 0.11 ^c | 0.0198 ^d | 1.07 ^a | P3 |
| 10.7 ^{bc} | 7.59 ^b | 41.89 ^b | 0.39 ^{cd} | 0.12 ^c | 0.0206 ^{bc} | 1.08 ^a | P4 |
| 11.29 ^a | 7.98 ^a | 42.21 ^b | 0.45 ^{ab} | 0.14 ^{bc} | 0.0210 ^b | 1.08 ^a | P1 |
| 10.02 ^{bc} | 7.49 ^b | 40.09 ^{bc} | 0.41 ^{bc} | 0.11 ^c | 0.0215 ^b | 1.09 ^a | P2 |
| 10.88 ^{ab} | 7.76 ^{ab} | 41.98 ^b | 0.43 ^b | 0.12 ^c | 0.0212 ^b | 1.06 ^a | P3 |
| 11.47 ^a | 8.05 ^a | 44.63 ^a | 0.44 ^b | 0.13 ^{bc} | 0.0262 ^a | 1.10 ^a | P4 |

اعداد با یک حرف مشترک در هر ستون اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون دانکن ندارند ($p \leq 0.05$)

N1 = شاهد (عدم مصرف کود)، N2 = 100 درصد کود شیمیایی اوره، N3 = کود زیستی، N4 = تلفیق 50 درصد کود شیمیایی اوره و زیستی، P1 = شاهد (عدم مصرف کود)، P2 = 100 درصد کود شیمیایی P_2O_5 ، P3 = کود زیستی، P4 = تلفیق 50 درصد کود شیمیایی P_2O_5 و زیستی

Means followed by the same letters in each column are not significantly different by Duncan s test.

N1 = control (no fertilizer), N2 = 100% chemical fertilizer of urea, N3 = bio-fertilizer, N4 = combination of 50% urea and biofertilizers, P1 = control (no fertilizer), P2 = 100% chemical fertilizer of P_2O_5 , P3 = bio-fertilizer, P4 = combination of 50% P_2O_5 and biofertilizers.

(N4×P4) بالاترین میانگین لینالول (۴۴/۶۳ درصد)،

کارواکروول (۸/۰۵ درصد) و اؤژنول (۱۱/۴۷ درصد) را

ایجاد کرد (جدول ۵). منابع مختلف نیز به نقش مثبت

کودهای شیمیایی و زیستی در بهبود درصد و عملکرد

اسانس گیاهان دارویی اشاره داشته‌اند که با نتایج حاصل

از این پژوهش مطابقت دارد. (Makkizadeh et al. 2011)

نیز در پژوهش بر روی گیاه ریحان نشان دادند که مقدار

چهار ترکیب اؤژنول، متیل کائوکول، ۱ و ۸ سینئول و

لینالول از بقیه ترکیبات تشکیل دهنده بیشتر بودند.

همین پژوهش اثر تیمارهای مختلف کودی بر ترکیبات

تشکیل دهنده اسانس ریحان معنی‌دار گزارش شد.

محققین دیگر گزارش کردند که استفاده از کودهای

در مورد سایر ترکیبات تشکیل دهنده اسانس نیز،

بیشترین میانگین لیمونن، لینالول، کارواکروول و اؤژنول

(به ترتیب با میانگین ۰/۴۸، ۴۴/۷۸، ۸/۱۱ و ۱۰/۶۳

درصد) در ترکیب تیماری عدم مصرف کود نیتروژن و

عدم مصرف کود فسفره (شاهد) بودند و کمترین

میانگین این صفات در استفاده ۱۰۰ درصد از کودهای

شیمیایی فسفره و نیتروژنه به دست آمد (جدول ۵).

همچنین کاربرد سیستم تلفیقی کود نیتروژنه (۵۰ درصد

اوره + کود زیستی) به همراه عدم استفاده از کود فسفره

بیشترین میزان کارواکروول و اؤژنول (به ترتیب با میانگین

۷/۹۸ و ۱۱/۲۹ درصد) را ایجاد کرد (جدول ۵). کاربرد

تلفیقی کود نیتروژنه در سیستم تلفیقی کود فسفره

برگ و اندام هوایی و همچنین درصد و عملکرد اسانس گیاه دارویی ریحان شد، ولی کاربرد تلفیقی کودهای زیستی در مورد نیتروژن و فسفر به همراه ۵۰ درصد کودهای شیمیایی نه تنها بیشترین عملکرد برگ و اسانس را تولید نمود، بلکه باعث کاهش مصرف کودهای شیمیایی اوره و سوپر فسفات تریپل تا میزان ۵۰ درصد شد. همچنین استفاده از سیستم تلفیقی کود نیتروژنه و فسفره باعث افزایش میانگین ترکیبات تشکیل دهنده اسانس همچون لینالول، کارواکرول و اژنول نسبت به شاهد شد. با توجه به افزایش روزافزون کاربرد کودهای شیمیایی و خسارت جبران ناپذیری که استفاده بی رویه از این ترکیبات به محیط زیست و سلامت انسان وارد می کند، کودهای زیستی می توانند علاوه بر تولید عملکرد مطلوب به عنوان یک مکمل مناسب برای کاهش مصرف کودهای شیمیایی مورد توجه و استفاده قرار گیرند. بنابراین، مصرف تلفیقی ۵۰ درصد کود شیمیایی و زیستی نیتروژن و فسفر برای دستیابی به مطلوب ترین عملکرد کمی و کیفی گیاه ریحان توصیه می گردد.

زیستی میزان اوزنول و آلفا ترپینول موجود در اسانس را به ترتیب ۱۰ و دو برابر افزایش داد (Banchio *et al.*, 2009). اسانس ها ترکیبات ترپنوئیدی بوده و بیوستتر واحدهای سازنده آن نیازمند ATP و NADPH هستند و با توجه به این مطلب که حضور عناصری نظیر نیتروژن و فسفر برای تشکیل ترکیبات اخیر ضروری می باشد، لذا مصرف این کودهای به صورت تلفیقی موجب افزایش میزان اسانس و برخی ترکیبات تشکیل دهنده اسانس می شود (Makkizadeh *et al.*, 2011). پژوهشگران گزارش کردند که کاربرد تلفیقی کود زیستی به همراه شیمیایی، میزان عملکرد اسانس را در گیاه دارویی گشنیز را افزایش داد (Darzi1 *et al.*, 2009). این مسئله به وجود اثر هم افزایی بین این کودها و در نتیجه افزایش فعالیت های میکروارگانیسم های خاک و متعاقب آن افزایش میزان دسترسی به عناصر به خصوص فسفر که از عناصر اصلی اسانس است، نسبت داده شده است (Darzi1 *et al.*, 2006).

نتیجه گیری

در پژوهش حاضر کاربردهای کودهای زیستی و شیمیایی و همچنین تلفیق آن ها سبب افزایش عملکرد

References

- Adams, R. P. (2001). *Identification of essential oil components by gas chromatography/ uadrupole mass spectroscopy*. USA: Allured: Carol Stream.
- Ajimoddin, I., Vasundhara, M., Radhakrishna, D., Biradar, S. L. and Rao, G. G. E. (2005). Integrated nutrient management studies in sweet basil (*Ocimum basilicum* L.). *Indian Perfume*, 49(1), 95-101.
- Akbarinia, A., Jalilvand, H. and Kazemi, F. (2009). *The cultivation of medicinal plants* (Volume II). Qazvin: Sayehgostar Press. [In Farsi]
- Alamimilani, M., Amini, R. and Bndhehag, A. (2014). Effects of organic fertilizers combined with chemical fertilizers on yield and yield components of pinto beans. *Journal of Sustainable Agriculture and Production Science*, 11(3), 15-29. [In Farsi]
- Banchio, E., Xie, X., Zhang, H. and Pare, P.W. 2009. Soil bacteria elevate essential oil accumulation and emissions in sweet basil. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57(2), 653-657.
- Darzi1, M. T., Ghalavand, A. and Rejali, F. (2009). The effects of biofertilizers application on N, P, K

- assimilation and seed yield in fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.). *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 25(1), 1-19. [In Farsi]
- Darzi1, 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. [In Farsi]
- Fatma, E. M., El-Zamik, I., Tomader, T., El-Hadidy, H. I., Abd El-Fattah, L. and Seham Salem, H. (2006). *The efficiency of bio fertilizers, organic and inorganic amendments application on growth and essential oil of marjoram (Majorana hortensis L.) plants grown in sandy and calcareous*. Agriculture. Microbiology Department, Faculty of Agriculture, Zagazig University, Cairo, Egypt.
- Han, H. S. and Lee, K. D. (2006). Effect of inoculation with phosphate and potassium co-in solubilizing bacteria on mineral uptake and growth of pepper and cucumber. *Plant, Soil, and Environment*, 52(3), 130-136.
- Hassanpour, R., Pirdashti, H., Esmaili, M. and Abbasian, A. (2010). *Effect of super-nitroplus bio-fertilizer and urea on yield and yield components of sesame*. Proceedings of the Eleventh Congress of Agronomy and Plant Breeding, Shahid Beheshti University, Tehran. [In Farsi]
- Hassanzadeh, A., Mazaheri, D., Chaeichi, M. R. and Khavazi, K. (2007). Efficiency facilitator bacteria and phosphorus uptake of phosphorus fertilizer on yield and yield components of barley. *Pazhohesh and Sazandeghi*, 20(4), 111-118. [In Farsi]
- Khajehpour, R. (2009). *Industrial plants*. Esfahan: Jihad University Publications. [In Farsi]
- Khalid, A., Hendawy, S. F. and El-Gezawy, E. (2006). *Ocimum basilicum* L. production under organic farming. *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences*, 2(1), 25-32.
- Khalil, M. Y. (2006). How-far would *Plantago afra* L. respond to bio and organic manures amendments. *Research Journal of Biological Sciences*, 2(1), 12-21.
- Khoramdel, S., Amin Ghafuri, O., Rezvani, P. and Nasiri Mahalati, M. (2010). *Evaluation of different irrigation regimes associated with the use of biological fertilizers on yield of sesame seed and chlorophyll content*. The first National Conference on Sustainable Agriculture and Healthy Crop Production, Gorgan. [In Farsi]
- Kokalis-Buerelle, N., Kloepper, J. W. and Reddy, M. S. (2006). Plant growth-promoting rhizobacteria as transplant amendments and their affects on indigenous rhizosphere microorganisms. *Journal of Applied Soil Ecology*, 31(1-2), 91-100.
- Larios, F. L., Espinoza, F. H. R., Hernandez, J. L. G., Amador, B. M., Ocampo, H. A. G., Morales, F. A. B. and Poalomino, H. F. (2008). Analysis of agronomic variables of *Ocimum basilicum* under alternative tillage system and standard organic practices. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 8(1), 157-163.
- Makkizadeh, M., Nasrollahzadeh, S., Zehtab Salmasi, S., Chaichi, M. and Khavazi, K. (2011). The effect of organic, biologic and chemical fertilizers on quantitative and quantitative characteristics of Sweet Basil (*Ocimum basilicum* L.). *Journal of Sustainable Agriculture and Production Science*, 22(1), 1-12. [In Farsi]
- Moradi, R. (2009). *Effects of biological and organic fertilizers on yield and essential oil of fennel (Foeniculum vulgare)*. M.Sc. Thesis, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad. [In Farsi]
- Niakan, M. and Ahmadi, A. (2014). Effects of foliar spraying kinetin on growth parameters and

- photosynthesis of tomato under different levels of drought stress. *Iranian Journal of Plant Physiology*, 4(2), 939-947.
- Ojaglo, F., Farhvas, F., Hassanzadeh, A. and Poryosef, M. (2007). Effects of Inoculation with Azotobacter bio-fertilizers and phosphate bavar 2 on the yield of safflower. *Journal of Agricultural Sciences, Islamic Azad University*, 3(2), 39-51. [In Farsi]
- Omidbaigi, R. (2005). *Solutions for production and processing of medicinal plants*. Mashhad: Behnashre Publication. [In Farsi]
- Rahimi, A., Mehrafarin, A., Naghdi Badi, H. and Khalighi-Sigaroodi, F. (2013). Effects of bio-stimulators and bio-fertilizers on morphological traits of basil (*Ocimum bacilicum* L.). *Annals of Biological Research*, 4(5), 146-151.
- Rahimzadeh, S., Sohrabi, E., Heydari, G. and Pirzad A. R. (2012). The effect of bio-fertilizers on some morphological characteristics and yield of *Dracocephalum moldavica*. *Iranian Horticultural Sciences*, 25(3), 335-343. [In Farsi]
- Rezaeichiane, A., Pirzad, A. and Farjami, A. (2014). The effect of bacteria suppliers of nitrogen, phosphorus, and sulfur on seed yield and essential oil of Cumin (*Cuminum cyminum* L.). *Journal of Sustainable Agriculture and Production Science*, 24(4), 71-83.
- Shafaghkhalvanagh, J., Zehtab Salmasi, S, Javanshir, A. and Dabbagh Mohammadinasb, A. 2009. The effect of different levels of nitrogen and weed interference on yield and chlorophyll content in soybeans. *Journal of Sustainable Agriculture and Production Science*, 19(3), 1-20. [In Farsi]
- Sharma, A. K. (2002). *Biofertilizers for sustainable agriculture*. India: Agro-bios.
- Shirzadi, F., Ardakani, M. R. and Asadi Rahmani, H. (2014). The effect of vermicompost and bio-fertilizers on some quantitative characteristics of basil (*Ocimum basilicum*). *Journal of Agroecology*, 6(3), 551-542.
- Shokofteh, H., Marzi, A. and Ghafari Shahrabadi, S. (2015). The effect of organic fertilizers, chemical and biological phosphorus on yield and essential oil of basil (*Ocimum basilicum*). *Iranian Horticultural Sciences*, 46(1), 119-129. [In Farsi]
- Sokhangoy, S. H., Ansari, K. H. and Eradatmand, A.D. (2012). Effect of bio-fertilizers on the performance of Dill (*Anethum graveolens* L.). *Iranian Journal of Plant Physiology*, 4 (2), 552-547.
- Tahami-Zarandi, S. M. K., Rezvani Moghadam, P. and Jahan, M. (2010). Investigation the effect of organic and chemical fertilizers on yield and percentage of oil in *Ocimum basilicum* L. *Journal of Agroecology*, 2(1), 63-74.
- Tehrani Sharif, H., Sharifi Ashoorabadi, E., Tajali, A. A. and Makizadeh Tafti, M. (2015). Effect of plant nutrition systems on the qualitative and quantitative yield of purple basil (*Ocimum basilicum* L.). *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 31(2), 283-306. [In Farsi]
- Tilak, K. V. B. R., Ranganayaki, N., Pal, K. K., Saxena, A. K., Shekhar Nautiyal, C., Mittal, S., Tripathi, A. K. and Johri, B. N. (2006). Diversity of plant growth and soil health supporting bacteria. *Current Science*, 89(1), 136-150.
- Vinutha, T. (2005). *Biochemical studies on Ocimum sp. inoculated with microbial inoculants*. M.Sc. Thesis of Agricultural Sciences, University Bangalore, India.
- Youssef, A. A., Edri, A. E. and Maa, A. M. (2004). A comparative study of some plant growth regulators

and certain growth hormones producing microorganisms on growth and essential oil composition of *Salvia officinalis* L. *Plant Annals of Agricultural Science*, 49(2), 299-311.



© 2019 by the authors. Licensee SCU, Ahvaz, Iran. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0 license) (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>).