

ارزیابی تأثیر کودهای زیستی بر ویژگی‌های رشدی و عملکرد مرزه تابستانه (*Satureja hortensis* L.)

محمد رضا حاج سید هادی* و محمد تقی درزی

دانشیار، گروه زراعت، واحد رودهن، دانشگاه آزاد اسلامی، رودهن، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۱۰/۱۰ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۱۱/۲۵)

چکیده

به منظور بررسی تأثیر ورمی کمپوست و باکتری‌های تثبیت کننده نیتروژن بر ویژگی‌های رشدی و عملکرد مرزه تابستانه، آزمایشی در سال ۱۳۹۴ به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با دو عامل شامل کود زیستی نیتروژنه در سه سطح (بدون تلقیح، تلقیح بذر با نیتروکسین و تلقیح بذر با سوپرنیتروپلاس) و ورمی کمپوست در چهار سطح (۰، ۵، ۱۰ و ۱۵ تن در هکتار) و در سه تکرار در منطقه فیروزکوه انجام شد. نتایج آزمایش نشان داد، همه صفات مورد بررسی تحت تأثیر ورمی کمپوست و کود زیستی قرار گرفتند. صفات مورد بررسی شامل ارتفاع گیاه، شمار شاخه در بوته، عملکرد ماده خشک، سهم سرشاخه گلدار از ماده خشک کل، عملکرد خشک سرشاخه گلدار بودند. نتایج نشان داد، بیشترین شمار شاخه در بوته با کاربرد ۱۰ تن ورمی کمپوست به دست آمدند. بیشترین ارتفاع بوته، عملکرد ماده خشک، سهم سرشاخه گلدار از ماده خشک کل و عملکرد خشک سرشاخه گلدار با کاربرد ۱۵ تن ورمی کمپوست در هکتار به دست آمد. کاربرد کود زیستی نیتروژنه تأثیر معنی داری بر همه صفات داشت، هر چند تفاوت معنی داری بین نیتروکسین و سوپرنیتروپلاس مشاهده نشد. مقایسه میانگین اثر متقابل تیمارها نیز نشان داد که تلقیح سوپرنیتروپلاس همراه با ۱۰ تن ورمی کمپوست باعث بیشترین عملکرد ماده خشک مرزه شد. نتایج نشان دهنده تأثیر معنی دار ورمی کمپوست و کودهای زیستی در تولید مرزه در نظام‌های تولید پایدار است.

واژه‌های کلیدی: سوپرنیتروپلاس، مرزه تابستانه، نیتروکسین، ورمی کمپوست.

Evaluation of Biofertilizers effects on growth characteristics and yield of summer savory (*Satureja hortensis* L.)

Mohammad Reza Haj Seyed Hadi* and Mohammad Taghi Darzi

Associate Professor of Agronomy, Department of Agronomy, Roudehen Branch, Islamic Azad University, Roudehen, Iran
(Received: Dec. 31, 2015 - Accepted: Feb. 14, 2016)

ABSTRACT

In order to study the effects of vermicompost and biological nitrogen fertilizer on growth characteristics and yield of summer savory, an experiment was conducted at Firouzkuh, Iran in 2015. The factors were nitrogen biofertilizer (Control, Nitroxine and Supernitroplus) and vermicompost (0, 5, 10 and 15 t ha⁻¹). The experimental design was factorial experiment based on randomized complete blocks design with three replications. Measured traits were consisted of plant height, number of lateral branches per plant, shoot fresh weight, shoot dry matter and flowering shoot dry matter. Results showed that all measured traits were affected by treatments, significantly. The highest number of branches per plant (15.4) and shoot fresh weight (11890.75 kg ha⁻¹) was obtained by using 10 ton vermicompost per hectare. Applying 15 ton vermicompost per hectare caused maximum plant height (35.9 cm), dry matter yield (3484.19 kg ha⁻¹), flowering shoot dry matter (1722.19 kg ha⁻¹). Nitrogen biofertilizer had significant effects on all traits. But, there were not significant differences between Nitroxine and Supernitroplus application. Mean comparison of interaction effects showed that using supernitroplus and 10 ton vermicompost per hectare caused maximum fresh (13722.32 kg ha⁻¹) and dry shoot yield (4064.23 kg ha⁻¹).

Keywords: Nitroxine, summer savory, supernitroplus, vermicompost.

مقدمه

مرزه تابستانه (*Satureja hortensis* L.) گیاهی علفی و یکساله از خانواده نعنائیان (Lamiaceae) است (Mumivand et al., 2013). برگ‌ها و سرشاخه گلدار مرزه تابستانه به‌عنوان ضد نفخ، ضد دل‌درد، ضد تشنج، ضد انگل، مقوی معده، محرک و خلط‌آور استفاده می‌شود (Leake et al., 2003). به‌طور کلی قسمت‌های هوایی گیاه مرزه که به‌طور معمول در هنگام گلدهی چیده می‌شود، اثرهای درمانی مختلفی دارد (Yazdanparast & Shahriyari, 2008; Alizadeh, 2004; Souvi et al., 2004; Sahzabi et al., 2007) که به‌واسطه همین موضوع، کاربرد آن در صنایع داروسازی و غذایی اهمیت فراوانی یافته است.

کاربرد بهینه عنصرهای غذایی در تولید گیاهان دارویی افزون بر افزایش عملکرد، در کمیت و کیفیت ماده مؤثره آن‌ها نیز نقش مهمی ایفا می‌کند (Rezvani Moghadam et al., 2013). نیتروژن یکی از عنصرهای غذایی مهم در رشد مرزه است (Makkizadeh et al., 2012; Zare et al., 2013) و افزون بر تأثیر روی ویژگی‌های رشدی، بر عملکرد پیکره رویشی و سرشاخه گلدار آن نیز مؤثر است (Alizadeh Sahzabi et al., 2007). البته با وجود اهمیت نیتروژن در تولید محصولات زراعی و دارویی، به‌کارگیری این عنصر غذایی از منابع شیمیایی باعث چالش‌های زیست‌محیطی و آلودگی بوم‌نظام (اکوسیستم) جهانی شده است (Haj Seyed Hadi et al., 2011). یکی از راهکارهای رفع این چالش، اعمال روش‌های مبتنی بر اصول کشاورزی بوم‌شناختی در بوم‌نظام‌های زراعی است (Elsen, 2000) و در این بین، کاربرد کودهای زیستی، از جمله راهبردهای تغذیه گیاه برای دستیابی به هدف‌های کشاورزی پایدار است (Kapoor et al., 2004; Shaalan, 2005).

کاربرد کودهای زیستی در یک نظام کشاورزی پایدار، موجب بهبود کمیت و کیفیت گیاهان دارویی می‌شود (Ratti et al., 2001; Sharma, 2002; Azizi et al., 2013; Kapoor et al., 2004; Darzi et al., 2008). با بررسی تأثیر سطوح مختلف ورمی‌کمپوست و آبیاری بر ویژگی‌های ریخت‌شناختی

(مورفولوژیک) و میزان اسانس در بابونه گزارش کردند که افزایش سطح ورمی‌کمپوست باعث بهبود معنی‌دار صفات ارتفاع بوته، زود گلدهی، عملکرد گل، طول و قطر نهج می‌شود. در پژوهشی دیگر که با استفاده از مقادیر مختلف ورمی‌کمپوست در گیاه دارویی ریحان (*Ocimum basilicum* L.) صورت گرفت، نتایج نشان داد، کاربرد ورمی‌کمپوست باعث افزایش کمیت و کیفیت اسانس، عملکرد اسانس و عملکرد زیست‌توده نسبت به تیمار شاهد شد (Anwar et al., 2005).

در تحقیقی که به‌منظور بررسی تأثیر چهار سطح ورمی‌کمپوست بر گیاه بادرشبی انجام گرفت، مشاهده شد که تیمارهای ورمی‌کمپوست به‌طور معنی‌داری باعث افزایش ویژگی‌های رشدی گیاه شدند (Hussein et al., 2006).

نتایج مدیریت‌های مختلف کودی روی مرزه نشان داد که کودهای زیستی تأثیر مثبت و معنی‌داری بر ویژگی‌های رشدی مرزه دارد. بیشترین تأثیر را کاربرد تلفیقی نیتروکسین و باکتری‌های حل‌کننده فسفات داشتند (Rezvani Moghadam et al., 2014). در تحقیقی دیگر نیز بیشترین عملکرد زیست‌توده گیاه دارویی مرزه از کاربرد ورمی‌کمپوست گزارش شد (Rezvani Moghadam et al., 2013).

نتایج همسانی از تأثیر مثبت ورمی‌کمپوست بر شاهدانه (Kumari, 2014)، گشنیز (Godara et al., 2014)، بابونه آلمانی (Ansarifar et al., 2012) و زیره سیاه (Acimovic et al., 2015) نیز گزارش شده است. باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن مانند آزوسپیریلوم (*Azospirillum*) و ازتوباکتر (*Azotobacter*) نه تنها باعث تثبیت نیتروژن می‌شوند، بلکه قادر به تولید هورمون‌های گیاهی (فیتوهورمون‌ها) بوده و سبب تحریک رشد گیاه و جذب مواد غذایی و نورساخت (فتوسنتز) می‌شوند (Mahfouz & Sharaf-Eldin, 2007). از فواید این باکتری‌ها می‌توان به تولید هورمون‌های محرک رشد گیاه مانند اکسین و جیبرلین (Bashan & Holguin, 1997)، سیتوکنین (Cacciari et al., 1989)، ترشح مواد زیستی فعال مانند ویتامین‌های B، اسید پنتوتیک و بیوتین (Kader et al., 2002)، توسعه شبکه ریشه‌ای، بهبود

معنی‌دار ارتفاع گیاه، شمار شاخه در بوته، وزن تر و خشک گیاه و درصد اسانس در مقایسه با شاهد شد (Kartikayan *et al.*, 2008). در نتایج دیگر تحقیقات نیز به تأثیر مثبت نیتروکسین و باکتری ازتوباکتر روی رازیانه اشاره کرده‌اند (Azzaz *et al.*, 2009).
با توجه به موارد یادشده، هدف از انجام این پژوهش، ارزیابی تأثیر ورمی‌کمپوست و باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن بر برخی ویژگی‌های رشدی و عملکرد گیاه دارویی مرزۀ تابستانه در منطقه فیروزکوه است.

مواد و روش‌ها

آزمایش در سال ۱۳۹۴ در مزرعۀ تحقیقاتی شرکت کشاورزی و دامپروری ران وابسته به بنیاد مستضعفان واقع در ۱۰ کیلومتری شهرستان فیروزکوه با طول جغرافیایی ۵۲ درجه و ۴۴ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۴۵ دقیقه شمالی و ارتفاع ۱۹۳۰ متر از سطح دریا اجرا شد. میانگین دمای سالیانه ۸ درجه سلسیوس و مجموع بارندگی سالیانه ۲۹۶ میلی‌متر است (Tehran Meteorological Organization, 2014). پیش از اعمال تیمارها و کاشت، از نقاط مختلف خاک مزرعه در عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری نمونه‌برداری صورت گرفت و پس از مخلوط کردن نمونه‌ها، یک نمونه ترکیبی برای تعیین ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی به آزمایشگاه خاکشناسی خاک آزمون پیشاهنگ واقع در شهر ورامین منتقل شد که نتایج آزمایش خاک در جدول ۱ ارائه شده است. نتایج آزمون خاک نشان داد که بافت خاک محل آزمایش سیلتی لومی بوده و از نظر نیتروژن و فسفر ضعیف است که این موضوع کاربرد نیتروکسین، سوپرنیتروپلاس و ورمی‌کمپوست را توجیه کرد. همچنین یک نمونه از ورمی‌کمپوست مورد استفاده در این تحقیق نیز به آزمایشگاه انتقال یافت که وضعیت شیمیایی آن در جدول ۲ قابل مشاهده است.

جذب آب و عنصرهای غذایی و تثبیت زیستی نیتروژن (Ishizuka, 1992) اشاره کرد.

در تحقیقی تأثیر مثبت و سودمند کودهای زیستی (ازتوباکتر و آزوسپیریوم) بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه ریحان گزارش شده است (Ordoorkhani *et al.*, 2011). کاربرد کودهای زیستی ازتوباکتر، آزوسپیریوم و باسیلیوس باعث افزایش رشد رویشی، افزایش وزن تر، وزن خشک و میزان اسانس در گیاه دارویی رازیانه (*Foeniculum vulgare* Mill) شد (Mahfouz & Sharaf-Eldin, 2007).

در پژوهشی Khalil (2006) نشان داد، استفاده از کودهای زیستی، از جمله *Azotobacter charoococum* سبب افزایش معنی‌دار عملکرد کمی و مواد مؤثره در گیاه دارویی اسفرزه شد. Sajadi Nik *et al.* (2011) در بررسی تأثیر کودهای شیمیایی (اوره)، ورمی‌کمپوست و زیستی (نیتروکسین) بر عملکرد کمی و کیفی کنگد به این نتیجه رسیدند که با افزایش ورمی‌کمپوست و تلقیح کودزیستی نیتروکسین، شمار کپسول در بوته کنگد افزایش می‌یابد به طوری که بیشترین شمار کپسول در بوته مربوط به کاربرد ۱۰ تن در هکتار ورمی‌کمپوست به همراه تلقیح با کودزیستی نیتروکسین بوده و کمترین شمار کپسول در تیمار بدون کاربرد ورمی‌کمپوست و بدون تلقیح به دست آمده است.

نتایج بررسی تأثیر کودهای زیستی بر رشد، عملکرد و ویژگی‌های کیفی گیاه دارویی زوفا نشان داد، کاربرد کودهای زیستی منجر به افزایش ارتفاع، قطر بوته، وزن تر و خشک بوته و عملکرد اسانس نسبت به شاهد شد و در این بین سوپرنیتروپلاس بیشترین تأثیر را در افزایش صفات مورد بررسی نشان داد (Koocheki *et al.*, 2008).

در پژوهشی روی رزماری (*Rosemarinus officinalis* L.) کاربرد ازتوباکتر باعث افزایش

جدول ۱. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

Table 1. Physical and chemical properties of experimental soil

Texture	pH	EC (dS/m)	Saturation Percentage (%)	Organic Carbon (%)	Organic matter (%)	Nitrogen (%)	Avaiable P (ppm)	Avaiable K (ppm)
Silty-Loam	8.02	1.13	42	0.87	1.50	0.07	8.8	304

جدول ۲. مشخصات فیزیکی و شیمیایی ورمی کمپوست مورد استفاده در آزمایش

Table 2. Physical and chemical properties of vermicompost used in the experiment

Total N (%)	Organic matter (%)	Organic Carbon (%)	C/N (%)	pH	EC (dS/m)	Available P (mg/kg)	Total P (%)
3	70.9	41	13.6	6.8	3.31	330	2.95
Total S (%)	Total Cu (%)	Total Zn (%)	Total Fe (%)	Total Mn (%)	K ₂ O (%)	Total K (%)	P ₂ O ₅ (%)
3	47	410	3120	155	3.01	2.5	6.75

این آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با دو عامل شامل کود زیستی نیتروژنه در سه سطح (بدون تلقیح، تلقیح بذر با نیتروکسین و تلقیح بذر با سوپرنیتروپلاس) و ورمی کمپوست در چهار سطح (۰، ۵، ۱۰ و ۱۵ تن در هکتار) با سه تکرار انجام شد.

برای اجرای این آزمایش، ابعاد کرت‌های آزمایشی ۳×۲/۵ متر، فاصله بین تکرارها ۲ متر و فاصله بین کرت‌ها از یکدیگر ۱ متر، در نظر گرفته شدند. هر کرت سه پشته با فاصله ۷۵ سانتی‌متر داشت که به صورت دو ردیفه کشت انجام شده بود. بنابراین در هر کرت شش خط کاشت با فاصله ردیف ۳۷/۵ سانتی‌متر وجود داشت.

بذر مرزه تابستانه (*Satureja hortensis* L.) از واحد تحقیقات گیاهان دارویی و محصولات فرعی، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان تهیه شد. پس از شخم، دیسک و ایجاد شیارهای کشت به کمک فاروئر، نسبت به اعمال تیمارها اقدام شد. ورمی کمپوست بر پایه نقشه طرح در کرت‌های مربوطه قرار گرفت و روی شیارهای ایجاد شده روی پشته‌ها ریخته شد و تا عمق ۵ سانتی‌متری خاک روی پشته‌ها به خوبی مخلوط شد (Rezvani Moghadam et al., 2013). سپس با مساعد شدن شرایط اقلیمی در ۲۵ اردیبهشت‌ماه کشت انجام شد. پیش از کاشت، بذرها بر پایه نقشه طرح با محلول‌های نیتروکسین یا سوپر نیتروپلاس به مدت ۱۰ دقیقه در محل سایه تلقیح شدند و پس از قرار گرفتن به مدت ۳۰ دقیقه در محل سایه به منظور کاهش رطوبت، نسبت به کاشت آن‌ها اقدام شد. نیتروکسین و سوپر نیتروپلاس به میزان ۲ لیتر در هکتار مصرف شد (Koocheki et al., 2008; Gholami, 2015). نیتروکسین حاوی باکتری‌های *Azotobacter chroococcum* و

Azospirillum lipoferum بود که در هر گرم آن 10^7 عدد باکتری زنده و فعال وجود داشت. سوپر نیتروپلاس نیز حاوی باکتری‌های *Azospirillum* spp. و *Pseudomonas fluorescens* بود. غلظت باکتری‌های گروه تثبیت‌کننده نیتروژن و محرک رشد در کود زیستی سوپرنیتروپلاس 10^8 در هر گرم یا میلی‌لیتر و 10^8 اسپور و یاخته زنده *B. subtilis* است (Mohammadpour Vashvaei et al., 2015). در تیمار بدون تلقیح نیز بذرها به طور مستقیم در خاک کشت شدند. بذرها در عمق ۰/۵ تا ۱ سانتی‌متری خاک قرار گرفتند (Rezvani Moghadam et al., 2014) و به منظور اطمینان از وجود بوته کافی در مزرعه، کاشت با تراکم بیشتر انجام گرفت و در مرحله ۴ تا ۵ برگی نسبت به تنک آن‌ها اقدام شد تا فاصله ۱۰ × ۳۷/۵ سانتی‌متر (تراکم ۲۷ بوته در مترمربع) به دست آید (Hasanzadeh Aval et al., 2010). نخستین آبیاری بی‌درنگ پس از کاشت انجام گرفت و به منظور سبز شدن سریع و یکنواخت بوته‌ها، دومین آبیاری سه روز بعد تکرار شد. پس از آن با توجه به شرایط اقلیمی منطقه آبیاری هر ۵ تا ۷ روز یکبار تکرار شد. در طول دوره رشد، علف‌های هرز موجود در مزرعه به صورت دستی وجین شدند.

در هر کرت آزمایشی دو ردیف کناری و همچنین ۰/۵ متر از دو سر هر کرت به عنوان حاشیه در نظر گرفته شد. صفات مورد بررسی در این آزمایش شامل ارتفاع گیاه، شمار شاخه در هر بوته، عملکرد ماده خشک، سهم سرشاخه گلدار از ماده خشک کل و عملکرد خشک سرشاخه گلدار بودند.

برای اندازه‌گیری ارتفاع و شمار شاخه در هر بوته، میانگین پنج بوته استفاده شدند. در زمان ۵۰ درصد گلدهی بوته‌ها، برداشت انجام شد (Makkizadeh et al., 2012). ۱ مترمربع از دو خط میانی برداشت و به کمک ترازوی دیجیتال توزین شدند. سپس برای

ارتفاع مرزه شده است. Zare *et al.* (2013) نیز با بررسی کاربرد کمپوست روی گیاه دارویی مرزه مشاهده کردند که کمپوست تأثیر معنی‌داری در افزایش ارتفاع بوته دارد. Rezvani Moghadam *et al.* (2014) به تأثیر مثبت ورمی‌کمپوست بر ارتفاع بوته مرزه اشاره کرده‌اند.

Azizi *et al.* (2008) نیز در تحقیق خود به تأثیر مثبت ورمی‌کمپوست بر ارتفاع بوته بابونه اشاره کردند. نتایج دیگر تحقیقات نیز به تأثیر مثبت ورمی‌کمپوست بر افزایش ارتفاع بابونه (Haj Seyed Hadi *et al.*, 2015) و ریحان (Befrozfar *et al.*, 2013) اشاره کرده‌اند.

با توجه به جدول مقایسه میانگین سطوح مختلف کود زیستی، بیشترین ارتفاع گیاه (۳۸/۵۳ سانتی‌متر) در تیمار کاربرد سوپرنیتروپلاس به دست آمد، اما از نظر آماری اختلاف معنی‌داری بین کاربرد نیتروکسین و سوپر نیتروپلاس مشاهده نشد و این دو تیمار در یک گروه آماری قرار گرفتند، کمترین ارتفاع مرزه (۲۷/۹۱ سانتی‌متر) نیز مربوط به تیمار بدون تلقیح بود (جدول ۵).

آزوسپیریلوم و ازتوباکتر افزون بر قابلیت تثبیت نیترژن، با تولید مواد محرک رشد، سبب بهبود رشد ریشه و در پی آن افزایش سرعت جذب آب و عنصرهای غذایی شده و از این راه در افزایش عملکرد تأثیرگذار است (Anal, 1992; Tilak *et al.*, 2005). باکتری‌های حل‌کننده فسفات همچنین از راه افزایش جذب عنصرهای غذایی مانند فسفر، نیترژن و برخی عنصرهای کم‌مصرف، سبب بهبود در رشد و عملکرد گیاهان میزبان می‌شوند (Sharma, 2002; Saleh, 2002; Rastin, 2001). Rezvani Moghadam *et al.* (2014) نشان دادند، کاربرد باکتری‌های تثبیت‌کننده نیترژن و حل‌کننده فسفات تأثیر مثبت و معنی‌داری بر ارتفاع مرزه داشته‌اند.

نتایج دیگر تحقیقات روی سیاه‌دانه (Shaan, 2008; Khorramdel *et al.*, 2005)، مریم‌گلی (Youssef *et al.*, 2004) و زوفا (Koocheki *et al.*, 2008) نیز به تأثیر مثبت باکتری‌های آزوسپیریلوم،

اندازه‌گیری، وزن خشک اندام‌ها و سرشاخه‌گذار (پس از جدا کردن این قسمت)، این اندام‌ها به مدت ۴۸ ساعت در آون با دمای ۷۰ درجه سلسیوس قرار داده شدند و پس‌از آن وزن خشک نمونه‌ها به دست آمد (Hasanzadeh Aval *et al.*, 2012) و بر پایه سطح برداشت، عملکرد در واحد سطح محاسبه شد (Haj Seyed Hadi *et al.*, 2011).

به‌منظور تجزیه و تحلیل داده‌های به‌دست‌آمده از آزمایش از برنامه SAS 9.1 استفاده شد. پیش از تجزیه واریانس داده‌ها، آزمون عادی بودن (نرمالیته) به‌منظور اطمینان از عادی بودن داده‌های آزمایش انجام شد و مقایسه میانگین تیمارها به کمک آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵ درصد انجام شد.

نتایج و بحث

ارتفاع بوته

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد، تأثیر کود زیستی بر ارتفاع گیاه بسیار معنی‌دار است (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین تیمارها گویای آن است که افزایش کاربرد ورمی‌کمپوست تأثیر مثبتی بر ارتفاع بوته مرزه داشت. بیشترین ارتفاع بوته (۳۵/۹ سانتی‌متر) با کاربرد ۱۵ تن ورمی‌کمپوست به دست آمد، هرچند که بین کاربرد ۱۰ و ۱۵ تن ورمی‌کمپوست در هکتار تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. کمترین ارتفاع (۲۹/۲ سانتی‌متر) نیز در تیمار شاهد (بدون کاربرد ورمی‌کمپوست) به دست آمد (جدول ۴). ورمی‌کمپوست با افزایش جذب آب و فراهمی مطلوب عنصرهای غذایی پرمصرف و کم‌مصرف روی میزان نورساخت مؤثر واقع شده و باعث افزایش ارتفاع بوته‌ها می‌شود (Gardezi *et al.*, 2006; Hameeda *et al.*, 2000). در بررسی روی گیاه سیر مشخص شد که به دلیل قابلیت تحریک‌کنندگی فعالیت میکروب‌های سودمند خاک توسط ورمی‌کمپوست و توانایی آن در افزایش جذب مواد غذایی، ارتفاع بوته سیر افزایش معنی‌داری یافته است (Arguello *et al.*, 2006).

در دسترس بودن عنصرهای غذایی توسط کودهای زیستی و در نتیجه تحریک رشد رویشی، باعث افزایش

ازتوباکتر و سودوموناس بر ارتفاع بوته اشاره کرده‌اند که علت اصلی این امر افزایش جذب مواد غذایی توسط گیاه بوده است.

شمار شاخه در بوته

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که ورمی‌کمپوست و باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن تأثیر معنی‌داری بر شمار شاخه در بوته داشته‌اند (جدول ۳). بیشترین شمار شاخه (۱۵/۴ عدد) در تیمار کاربرد ۱۰ تن ورمی‌کمپوست در هکتار به دست آمد و بین کاربرد ۱۰ و ۱۵ تن ورمی‌کمپوست نیز تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. کمترین شمار شاخه (۱۲/۷ عدد) مربوط به تیمار مصرف نکردن ورمی‌کمپوست بود (جدول ۴).

افزودن ورمی‌کمپوست به خاک نه تنها فراهمی عنصرهای غذایی مورد نیاز گیاه را افزایش می‌دهد بلکه با بهبود شرایط فیزیکی و فرآیندهای حیاتی خاک، ضمن ایجاد یک بستر مناسب برای رشد ریشه، موجبات افزایش دسترسی به عنصرهای کانی و در نهایت بهبود رشد را فراهم می‌آورد (Anwar et al., 2005) که این موضوع در افزایش شمار شاخه در بوته مرزه نیز قابل مشاهده است (جدول ۴).

Rezvani Moghadam et al. (2014) با بررسی مدیریت‌های مختلف کودی نشان دادند که کاربرد تلفیقی ورمی‌کمپوست و نیتروکسین و همچنین نیتروکسین و باکتری‌های حل‌کننده فسفات باعث بیشترین شمار شاخه فرعی در مرزه شده‌اند. Zare et al. (2013) نشان دادند که کاربرد ۳۰ تن کمپوست در هکتار باعث تولید بیشترین شاخه فرعی در مرزه شده است و این موضوع را با تأمین نیتروژن کافی برای گیاه مرتبط دانسته‌اند. نتایج همسانی نیز توسط دیگر محققان ارائه شده است (Rezvani Moghadam et al., 2013).

همچنین مقایسه میانگین تیمارها (جدول ۵) نشان داد که بیشترین میزان این صفت (۱۴/۷۵ عدد) با مصرف سوپرنیتروپلاس و کمترین شمار شاخه (۱۳/۶۷ عدد) نیز در تیمار عدم تلقیح بذر به دست آمد.

باکتری‌های ازتوباکتر و آزوسپیریولوم با توجه به تأثیر مثبت بر توسعه شبکه ریشه‌ای، بهبود جذب آب و عنصرهای غذایی و تثبیت زیستی نیتروژن (Ishizuka, 1992)، نقش مهمی در افزایش رشد گیاهان زراعی و دارویی دارند. همچنین باکتری‌های حل‌کننده فسفات (*Bacillus* و *Pseudomonas*) نیز تأثیر معنی‌داری در حل‌کنندگی فسفر و جذب عنصرهای غذایی دارند (Chen et al., 2006) که مجموع این اثرگذاری‌ها، افزایش شمار شاخه در بوته مرزه به دلیل کاربرد سوپرنیتروپلاس را توجیه می‌کند. Saburi et al. (2014) نشان دادند، کاربرد باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن تأثیر مثبت و معنی‌داری بر شمار شاخه فرعی در ریحان سبز دارد. ولی نتایج Fallahi et al. (2008) نشان داد که کاربرد کودهای زیستی تأثیری بر شمار شاخه در بابونه آلمانی نداشته است.

عملکرد ماده خشک

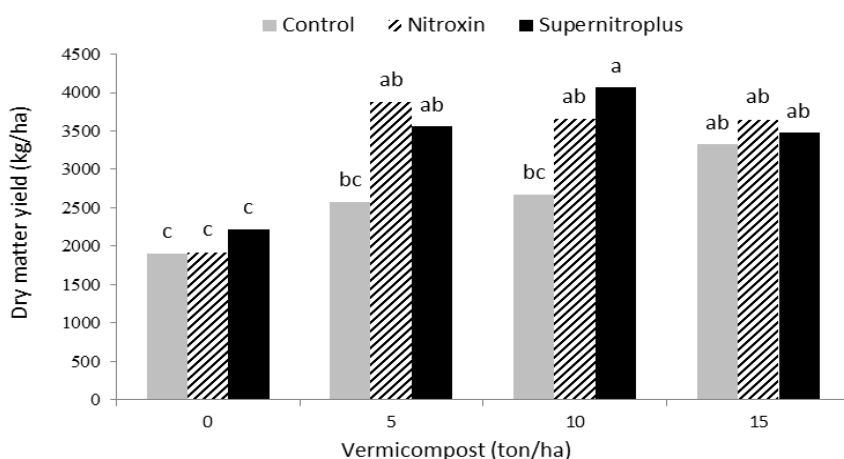
نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد، ورمی‌کمپوست، باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن و اثر متقابل تیمارها تأثیر معنی‌داری بر عملکرد ماده خشک مرزه داشته‌اند (جدول ۳).

نتایج مقایسه میانگین‌ها اثر متقابل تیمارها (شکل ۱) نیز نشان داد که بیشترین میزان عملکرد ماده خشک از کاربرد تلفیقی ۱۰ تن ورمی‌کمپوست و مصرف سوپرنیتروپلاس و کمترین میزان این صفت در بدون کاربرد ورمی‌کمپوست و بدون تلقیح بذر به دست آمد.

ورمی‌کمپوست با افزایش ظرفیت نگهداری آب، تأمین عنصرهای غذایی و تولید هورمون‌های گیاهی رشد و نمو گیاهان را بهبود می‌بخشد و استفاده از آن، افزون بر کمک به افزایش جمعیت و فعالیت ریزوموجود (میکروارگانیزم)‌های سودمند خاک در جهت فراهمی عنصرهای غذایی مورد نیاز گیاه مانند نیتروژن، فسفر و پتاسیم محلول عمل کرده و سبب بهبود رشد و عملکرد گیاهان می‌شود (Arancon et al., 2004). نتایج بررسی‌های مختلف نیز نشان داده است که استفاده همزمان باکتری‌های حل‌کننده فسفات با دیگر

انیسون به این نتیجه رسیدند که بیشترین عملکرد زیست‌توده از مصرف ۱۰ تن ورمی‌کمپوست به دست آمد. نتایج یک پژوهش گلخانه‌ای که توسط Sainz *et al.* (1998) روی گیاهان شبدر قرمز (*Trifolium pretense*) و خیار صورت گرفت، مشخص شد که مصرف ورمی‌کمپوست موجب افزایش قابل ملاحظه‌ای عملکرد زیستی در مقایسه با شاهد شد. نتایج دیگر بررسی‌های انجام‌شده نیز گویای تأثیر مثبت ورمی‌کمپوست در افزایش عملکرد زیست‌توده در گیاه جو (Kumawat *et al.*, 2006) و ارزن مرواریدی (Hameeda *et al.*, 2006) است. در تحقیقی Khorramdel *et al.* (2008) مشاهده کردند که تلقیح بذر سیاهدانه با کودهای زیستی ازتوباکتر، آزوسپیریوم وقارچیشه (میکوریزا) باعث افزایش معنی‌دار عملکرد زیست‌توده شد.

ریزگیاهان (میکروفلور) سودمند ریشه‌گاهی (ریزوسفری) مانند باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن رشد گیاهان را در مقایسه با هنگامی که آن‌ها به تنهایی استفاده می‌شوند، بیشتر تحریک می‌کند. همکاری ریزسازواره‌های موجود در ریشه‌گاه گیاهان می‌تواند موجب بهبود جذب فسفات‌های در دسترس و همچنین فراهم ساختن منابع فسفات تثبیت‌شده برای گیاهان شود (Zaidi *et al.*, 2003; Perveen *et al.*, 1995; Belimov *et al.*, 2002). نتایج به دست آمده از این تحقیق در مورد صفت عملکرد ماده خشک نیز در تائید مطالب یادشده است. به عبارتی کاربرد همزمان ورمی‌کمپوست و سوپرنیتروپلاس توانست با تأثیر بر بهبود رشد مرزه، افزایش ماده خشک تولیدی در این گیاه را افزایش دهد. Darzi *et al.* (2013) در آزمایشی روی گیاه



شکل ۱. اثر متقابل ورمی‌کمپوست و کود زیستی نیتروژنه بر عملکرد ماده خشک مرزه

Figure 1. Interaction between vermicompost and nitrogen biofertilizer on dry matter yield of summer savory

بهبود ساختمان خاک و رشد بهتر ریشه‌ها نیز در افزایش رشد گیاهان در اثر کاربرد ورمی‌کمپوست مؤثر هستند (Andre *et al.*, 2003). افزون بر این، افزایش جمعیت میکروبی خاک نیز به‌طور غیرمستقیم در افزایش رشد مؤثر است. افزایش زیست‌توده میکروبی خاک همبستگی مثبت و معنی‌داری با عملکرد فلفل نشان داده است (Arancon *et al.*, 2005).

Khorshidi *et al.* (2013) در بررسی تأثیر ورمی‌کمپوست و قارچ‌ریشه روی گیاه دارویی آویشن مشاهده کردند، کاربرد ۱۰ تن ورمی‌کمپوست در

سه‌م سرشاخه گلدار از ماده خشک کل

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد، ورمی‌کمپوست و باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن تأثیر معنی‌داری بر سه‌م سرشاخه گلدار از ماده خشک کل داشته‌اند (جدول ۳). بیشترین سه‌م ماده خشک سرشاخه گلدار (۴۹/۲۸) با مصرف ۱۵ تن ورمی‌کمپوست در هکتار به دست آمد که تفاوت معنی‌داری با کاربرد ۱۰ تن در هکتار نشان نداد. کمترین میزان این صفت (۴۴/۲۶ درصد) نیز در تیمار بدون کاربرد ورمی‌کمپوست به دست آمد (جدول ۴).

تولید هورمون‌های گیاهی بوده و سبب تحریک رشد گیاه و جذب مواد غذایی و نورساخت می‌شوند (Mahfouz & Sharaf-Eldin, 2007).

در بررسی تأثیر کودهای زیستی بر رشد، عملکرد و ویژگی‌های کیفی گیاه دارویی زوفا مشاهده شد کاربرد کودهای زیستی منجر به افزایش ارتفاع، وزن تر و خشک بوته نسبت به شاهد شد و در این میان کود سوپرنیتروپلاس بیشترین تأثیر را در افزایش صفات مورد بررسی نشان داد (Koocheki *et al.*, 2008). Shaalan (2005) در گیاه دارویی گاوزبان اروپایی (*Borago officinalis*) نشان داد که ماده خشک سرشاخه گلدار با کاربرد باسیلوس و آزوسپیریوم و نیز سطوح مختلف کمپوست افزایش یافت.

هکتار باعث بیشترین وزن تر و خشک بوته و همچنین عملکرد زیست‌توده آویشن شد. نتایج تحقیقات Befrozfar *et al.* (2013) نیز نشان داد، کاربرد ورمی‌کمپوست تأثیر مثبتی بر وزن تر و خشک اندام‌های هوایی در گیاه ریحان داشته است.

همچنین مقایسه میانگین تیمارها (جدول ۵) نشان داد که بیشترین و کمترین سهم سرشاخه گلدار از ماده خشک کل (۵۲/۴۸ و ۳۶/۹۲ درصد) به ترتیب در تیمار سوپرنیتروپلاس و بدون تلقیح به دست آمد. بین تیمارهای نیتروکسین و سوپرنیتروپلاس نیز تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد.

باکتری‌های آزادزی تثبیت‌کننده نیتروژن مانند آزوسپیریوم (*Azospirillum*) و ازتوباکتر (*Azotobacter*) نه تنها باعث تثبیت نیتروژن می‌شوند، بلکه قادر به

جدول ۳. نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) برخی ویژگی‌های رشدی مرزه تابستانه تحت تأثیر ورمی‌کمپوست و کود زیستی

نیتروژنه

Table 3. Analysis of variance (mean square) of measured traits of savory affected by vermicompost and nitrogen biofertilizer

S.O.V	df	Height	Lethal branches	Dry matter yield	Flowering shoot dry matter/Total dry matter	Flowering shoot dry matter yield
Rep	2	7.1452528	1.75025212**	2526.83	35.676053**	10004.286
Vermicompost	3	5.4841296	13.92592593**	4632650.79**	46.438329**	1393465.369**
Biofertilizer	2	430.2435861**	4.08324586**	2021410.52**	918.019286**	2310721.580**
V × B	6	1.7325157	1.00925926	4085546.31**	2.730923	145026.930
Error	22	2.5158952	1.47727273	345317.80	4.297401	78601.01
CV%	-	4.55	8.48	19.01	3.91	18.86

ns * and **: به ترتیب نمایانگر غیر معنی‌دار بودن و تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد می‌باشد.

ns, * and **: are non-significant and significant at 5 and 1% probability levels, respectively.

جدول ۴. مقایسه میانگین سطوح مختلف ورمی‌کمپوست بر صفات مورد بررسی در گیاه دارویی مرزه

Table 4. Mean comparison of various levels of vermicompost on measured traits in summer savory

Treatment (ton/ha)	Height (cm)	Lethal branches (number per plant)	Dry matter yield (kg/ha)	Flowerings shoot Dry matter/Total dry matter (%)	Flowering shoot Dry matter yield (kg/ha)
0	29.18 c	12.71 b	2017.73 b	44.26 b	901.32 c
5	32.95 b	13.56 b	3404.51 a	43.25 b	1472.61 b
10	34.59 ab	15.44 a	3464.36 a	48.39 a	1714.75 a
15	35.96 a	15.27 a	3484.19 a	49.28 a	1722.19 a

* برای هر گروه تیماری در هر ستون میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک از نظر آماری با یکدیگر اختلاف معنی‌دار ندارند ($p \leq 0.05$).

* In each column, means which followed by the same letter(s) are not significantly different ($p \leq 0.05$).

جدول ۵. مقایسه میانگین سطوح مختلف کود زیستی بر صفات مورد بررسی در گیاه دارویی مرزه

Table 5. Mean comparison of various levels of nitrogen biofertilizer on measured traits in summer savory

Treatment	Height (cm)	Lethal branches (number per plant)	Dry matter yield (kg/ha)	Flowerings shoot dry matter/Total dry matter (%)	Flowering Shoot dry matter yield (kg/ha)
Control	27.91 b	13.67 b	2618.74 b	36.92 b	979.80 b
Nitroxin	38.03 a	14.28 ab	3328.51 a	50.62 a	1685.17 a
Supernitroplus	38.53 a	14.75 a	3330.69 a	51.45 a	1713.69 a

* برای هر گروه تیماری در هر ستون میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک از نظر آماری با یکدیگر اختلاف معنی‌دار ندارند ($p \leq 0.05$).

* In each column, means which followed by the same letter(s) are not significantly different ($p \leq 0.05$).

جدول ۶. ضرایب همبستگی ساده صفات اندازه‌گیری شده در مرزه تحت تأثیر تیمارهای مختلف ورمی‌کمپوست و کود زیستی

Table 6. Correlation coefficients for measured traits of summer savory under vermicompost and biofertilizer treatments

	Height	Lethal branches	Dry matter yield	Flowerings shoot dry matter/Total dry matter	Flowering shoot dry matter yield
Height	1.00				
Lethal branches	0.229	1.00			
Dry matter yield	0.720**	0.392*	1.00		
Flowerings shoot dry matter/Total dry matter	0.441**	0.473**	0.512**	1.00	
Flowering shoot dry matter yield	0.651**	0.572**	0.671**	0.938**	1.00

* و **: به ترتیب نمایانگر غیر معنی‌دار بودن و تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد می‌باشد.

* and **: are non-significant and significant at 5 and 1% probability levels, respectively.

عملکرد خشک سرشاخه گلدان

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد، ورمی‌کمپوست و باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن تأثیر معنی‌داری بر عملکرد خشک سرشاخه گلدان مرزه داشته‌اند (جدول ۳). کمترین عملکرد خشک سرشاخه گلدان (۹۰۱/۳۲) کیلوگرم در هکتار) مربوط به تیمار مصرف نکردن ورمی‌کمپوست و بیشترین عملکرد خشک سرشاخه گلدان (۱۷۱۹/۲۲) کیلوگرم در هکتار) در تیمار کاربرد ۱۵ تن ورمی‌کمپوست در هکتار به دست آمد (جدول ۴). همچنین بین کاربرد نیتروکسین و سوپرنیتروپلاس تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد، ولی بیشترین میزان این صفت (۱۷۱۳/۶۹) کیلوگرم در هکتار) با مصرف سوپرنیتروپلاس و کمترین عملکرد خشک سرشاخه گلدان (۹۷۹/۸۰) کیلوگرم در هکتار) نیز در تیمار بدون تلقیح بذر به دست آمد (جدول ۵). ورمی‌کمپوست از لحاظ کیفی، ماده‌ای آلی با pH تنظیم‌شده، سرشار از مواد هومیک و عنصرهای غذایی به حالت قابل جذب برای گیاه، انواع ویتامین‌ها، هورمون‌های محرک رشد گیاه و آنزیم‌های مختلف دارد (Pramanik et al., 2007). همچنین تأثیر مثبت آن بالا بودن ظرفیت تبادل کاتیونی است (Hidlago et al., 2006). ذرات این کود به دلیل سطح ویژه بالا و داشتن ترکیب‌های مختلف آلی در سطح خود، با عنصرهای غذایی موجود در خاک به ویژه عنصرهای فلزی تشکیل کمپلکس‌هایی را می‌دهند که به آسانی برای گیاه قابل جذب هستند (Anwar et al., 2005).

Rezvani Moghadam et al. (2013) در بررسی

تأثیر کودهای زیستی و آلی بر برخی صفات گیاه دارویی مرزه نشان دادند که فرآیند رشد گیاه به میزان زیادی وابسته به محتوای رطوبتی گیاه است. بنابراین

به نظر می‌رسد احتمال دارد ورمی‌کمپوست با افزایش ظرفیت نگهداری رطوبت موجود در خاک باعث ایجاد شرایط مناسب‌تر برای رشد مرزه و افزایش عملکرد زیستی شده باشد. بهبود ساختمان خاک و رشد بهتر ریشه‌ها نیز در افزایش رشد گیاهان در اثر کاربرد ورمی‌کمپوست مؤثر هستند (Andre et al., 2003). افزون بر این، ظرفیت تبادل بالای کربن و مواد هیومیک (Albaenell et al., 1998)، وجود هورمون‌های رشد در ورمی‌کمپوست (Candellas et al., 2002) و افزایش جمعیت میکروبی خاک نیز به‌طور غیرمستقیم در بهبود رشد مؤثر هستند (Arancon et al., 2005) که این موضوع در افزایش وزن خشک کل گیاه و سرشاخه گلدان مرزه مؤثر بوده است.

وجود باکتری‌های حل‌کننده فسفات و همچنین آزوسپیریلوم در سوپرنیتروپلاس در افزایش عملکرد سرشاخه گلدان تأثیر معنی‌داری داشته است. باکتری‌های حل‌کننده فسفات طیف گسترده‌ای از صفات محرک رشد گیاهی مانند تولید سیانید هیدروژن (Schippers et al., 1990)، تولید سیدروفور (Meyer et al., 2000)، تولید اکسین (Patten & Glick, 2002)، تولید آنزیم ACC دامیناز، حل‌کنندگی فسفات (Rashid et al., 2004) و تولید کیتیناز (Ajit et al., 2006) دارند که باعث افزایش رشد گیاه می‌شود. آزوسپیریلوم افزون بر قابلیت تثبیت نیتروژن، با تولید مواد محرک رشد، سبب بهبود رشد ریشه و در پی آن افزایش سرعت جذب آب و عنصرهای غذایی شده و از این راه در افزایش عملکرد تأثیرگذار است (Anal, 1992; Tilak et al., 2005).

Gewaily et al. (2006) در تحقیق خود سطوح

Sahzabi *et al.* (2007) نیز در بررسی روی مرزه مشاهده کردند که بین عملکرد زیست توده و عملکرد سرشاخه گلدار مرزه همبستگی قوی و معنی داری وجود دارد. همچنین Gholami Sharafkhane *et al.* (2010) نیز این رابطه را در نتایج بررسی خود تأیید کرده اند که با نتایج این تحقیق همخوانی دارد.

نتیجه گیری

کاربرد ورمی کمپوست و کود زیستی نیتروژنه تأثیر مثبت و معنی داری بر ویژگی های رشدی و عملکرد مرزه داشت. بیشترین صفات اندازه گیری شده با کاربرد ۱۵ تن ورمی کمپوست به دست آمد. در بین سطوح مختلف کود زیستی، کاربرد سوپرنیتروپلاس تأثیر بیشتری روی صفات مورد بررسی داشت، هرچند که بین کاربرد نیتروکسین و سوپرنیتروپلاس تفاوت معنی داری مشاهده نشد. بنا بر نتایج آزمایش کاربرد ۱۰ تن ورمی کمپوست همراه با سوپرنیتروپلاس باعث بیشترین عملکرد ماده خشک گیاه دارویی مرزه شد.

سپاسگزاری

این نوشتار برگرفته از اجرای طرح پژوهشی "بررسی جنبه های کمی و کیفی گیاه دارویی مرزه (*Satureja hortensis* L.) در یک سیستم تولید پایدار" مصوب دانشگاه آزاد اسلامی واحد رودهن است. بدین وسیله از همکاری معاونت محترم پژوهش و فناوری این واحد به واسطه تأمین اعتبار لازم برای اجرای طرح، تشکر و قدردانی می گردد.

مختلف کودهای شیمیایی نیتروژن، فسفر و پتاسیم و کودهای زیستی شامل آزوسپیریوم، باکتری های حل کننده فسفات و قارچریشه روی گیاه ریحان بررسی و بیان کردند که بالاترین عملکرد رویشی در تیمار تلفیق ۷۵ درصد کودهای شیمیایی نیتروژن، فسفر و پتاسیم به همراه آزوسپیریوم و باکتری های حل کننده فسفات و قارچریشه به دست می آید. در تحقیقی تأثیر مثبت و سودمند کودهای زیستی (ازتوباکتر و آزوسپیریوم) بر عملکرد پیکره رویشی گیاه ریحان گزارش شده است (Ordoorkhani *et al.*, 2011).

نتایج همسانی از کاربرد کودهای زیستی ازتوباکتر، آزوسپیریوم و باسیلیوس در افزایش رشد رویشی، افزایش وزن تر و وزن خشک گیاه دارویی رازیانه (*Foeniculum vulgare* Mill) ارائه شده است (Mahfouz & Sharaf- Eldin, 2007).

ضرایب همبستگی

نتایج به دست آمده از ضرایب های همبستگی صفات مورد بررسی گویای آن است که صفات همبستگی معنی داری با یکدیگر دارند. تنها در مورد ارتفاع و شمار شاخه در بوته همبستگی معنی داری وجود نداشت (جدول ۶). بیشترین همبستگی (** $r=۹۳۸$) بین عملکرد ماده خشک و عملکرد خشک سرشاخه گلدار مشاهده شود و ضعیف ترین همبستگی معنی دار بین شمار شاخه در بوته و سهم سرشاخه گلدار از ماده خشک کل به دست آمد. Alizadeh

REFERENCES

1. Acimovic, M. G., Dolijanović, K. Z., Oljača, S. I., Kovačević, D. D. & Oljačam, M. V. (2015). Effect of organic and mineral fertilizers on essential oil content in caraway, anise and coriander fruits. *Acta Scientiarum Polonorum Hortorum Cultus*, 14(1), 95-103.
2. Ajit, N. S., Verma, R. & Shanmugan, V. (2006). Extracellular chitinase of fluorescent pseudomonads antifungal to *Fusarium oxysporum* f.sp. Dianti causing carnation wilt. *Current Microbiology*, 52, 310-316.
3. Albaenell, E., Plaixats, J. & Cabrero, T. (1988). Chemical Changes during vermicomposting (*Eisenia foetida*) of sheep manure mixed with cotton industrial wastes. *Biology and Fertility of Soils*, 6, 266-269.
4. Alizadeh Sahzabi, A., Sharifi Ashorabadi, E., Shiranirad, A.H., Bigdeli, M. & Abaszadeh, B. (2007). The effects of different methods and levels of using nitrogen on some quality and quantity characteristics of *Satureja hortensis* L. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 23(3), 417-431. (in Farsi)
5. Anal, M. (1992). Organic materials and soil productivity in the Near East. FAO, *Soil Bulletin*, 45, 279p.
6. Andre, S., Neyra, M. & Duponnois, R. (2003). Arbuscular mycorrhizal symbiosis changes the colonization pattern of *Acacia tortilis* spp. *Raddiana rhizosphere* by two stains of rhizobia. *Microbial Ecology*, 45, 137-144.

7. Ansarifard, M., Noormohamadi, G., Haj Seyed Hadi, M. R. & Riazi, G. (2012). Effect of organic nutrients on flower yield and oil content of chamomile (*Matricaria chamomilla* L.). *Journal of Medicinal Plants and By-products*, 2, 177-181.
8. Anwar, M., Patra, D. D., Chand, S., Alpeh, K., Naqvi, A. A. & Khanuja, S. P. S. (2005). Effect of organic manures and inorganic fertilizer on growth, herb and oil yield, nutrient accumulation, and oil quality of French basil. *Communication in Soil Science and Plant Analysis*, 36 (13-14), 1737-1746.
9. Arancon, N., Edwards, C.A., Bierman, P., Welch, C. & Metzger, J. D. (2004). Influences of vermicomposts on field strawberries: 1. Effects on growth and yields. *Bioresource Technol*, 93, 145-153 .
10. Arancon, N., Edwards, C. A., Bierman, P., Metzger, J. D. & Lucht, C. (2005). Effects of vermicomposts produced from cattle manure, food waste and paper waste on the growth and yield of peppers in the field. *Pecobiologia*, 49(4), 297-306.
11. Arguello, J. A., Ledesma, A., Nunez, S.B., Rodriguez, C. H. & Goldfarb, M. D. D. (2006). Vermicompost effects on bulbing dynamics, nonstructural carbohydrate content, yield, and quality of Rosado paraguayano garlic bulbs. *Horticultural Science*, 41(3), 589-592.
12. Azizi, M., Rezwane, F., Hassanzadeh Khayat, M., Lackzian, A. & Neamati, H. (2008). The effect of different levels of vermicompost and irrigation on morphological properties and essential oil content of German chamomile (*Matricaria recutita* L.) C.V. Goral. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 24(1), 82-93. (in Farsi)
13. Azzaz, N. N., Hassan, E. & Hamad, E. H. (2009). The chemical constituent and vegetative and yielding characteristics of fennel plants treated with organic and bio- fertilizer instead of mineral fertilizer. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 3(2), 579-587.
14. Bashan, Y. & Holguin, G. (1997). Azospirillum-plant relationships: environmental and physiological advances (1990-1996). *Canadian Journal of Microbiology*, 43, 103-121.
15. Befrozfar, M. R., Habibi, D., Asgharzadeh, A., Sadeghishoae, M. & Tookaloo, R. (2013). Vermicompost, plant growth promoting bacteria and humic acid can affect the growth and essence of basil. *Annals of Biological Research*, 4 (2), 8-12.
16. Belimov, A. A., Kojemiakov, A. P. & Chuvarliyeva, C. V. (1995). Interaction between barley and mixed cultures of nitrogen fixing and phosphate-solubilizing bacteria. *Plant and Soil*, 173, 29-37.
17. Cacciari, I., Lippi, D., Pietrosanti, T. & Pietrosanti, W. (1989). Phytohormone-like substances produced by single and mixed diazotrophic cultures of Azospirillum and Arthrobacter. *Plant and Soil*, 115, 151-153.
18. Candellas, L. P., Olivares, F. L., Okorokova, A. L. & Facanha, A. R. (2002). Humic acids isolated from earthworm compost enhance root elongation, lateral root emergence, and plasma H-ATPase activity in maize roots. *Plant Physiology*, 130, 1951-1957.
19. Chen, Y. P., Rekha, P. D., Arunshen, A. B., Lai, W. A. & Young, C. C. (2006). Phosphate solubilizing bacteria from subtropical soil and their tricalcium phosphate solubilizing abilities. *Applied Soil Ecology*, 34, 33-41.
20. Darzi, M. T., Hadj Seyed Hadi, M. R. & Rejali, F. (2013). Effects of vermicompost and phosphatic biofertilizer application on quantity and quality of essential oil in anise (*Pimpinella anisum* L.) *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 29(3), 584-594. (in Farsi)
21. Ebadi, M. D., Rahmati, M., Azizi, M. & Hassanzadeh Khayat, M. (2011). Effects of different drying methods (natural method, oven and microwave) on drying time, essential oil content and composition of Savory (*Satureja hortensis* L.). *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 26(4), 477-489. (in Farsi)
22. Elsen, T. V. (2000). Species diversity as a task for organic agriculture in Europe. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 77, 101-109.
23. Fallahi, J., Koocheki, A. & Rezvani Moghadam, P. (2008). Effects of biofertilizers on quantity and quality of chamomile. *Iranian Journal of Field Crop Research*, 7, 127-135. (in Farsi)
24. Gardezi, A. K., Ferrera, R., Acuna, J. L. & Saavedra, M. L. (2000). Sesbania emerus urban inoculated with Glomus sp. In the presence of vermicompost. *Mycorrhiza News*, 12(3), 12-15.
25. Gewaily, E. M., El-Zamik, F. I., El-Hadidy, T. T., Abd El-Fattah, H. I. & Salem, S. H. (2006). Efficiency of bio fertilizers, organic amendment application of growth and essential oil of Marjoram (*Majorana hortensis* L.) plants grown in sandy and calcareous soils. *Zagazig Journal of Agriculture Research*, 33(2), 205-396.
26. Gholami Sharafkhane, A., Jahan, M., Banayan Aval, M., Koocheki, A. & Rezvani Moghadam, P. (2015). Effects of organic and chemical fertilizers on some agroecological characteristics, yield and essential oil of savoy (*Satureja hortensis* L.) in Mashad condition. *Journal of Agroecology*, 7(2), 179-189. (in Farsi)
27. Godara, A. S., Gupta, U. S., Lal, G. & Singh, R. (2014). Influence of organic and inorganic source of fertilizers on growth, yield and economics of coriander (*Coriandrum sativum* L.). *International Journal of Seed Spices*, 4(2), 77-80.

28. Haj Seyed Hadi, M. R., Darzi, M. T., Ghandehari, Z. & Riazi, G. (2011). Effects of vermicompost and amino acids on the flower yield and essential oil production from *Matricaria chamomile* L. *Journal of Medicinal Plants Research*, 5(23), 5611-5617.
29. Haj Seyed Hadi, M. R., Abarghoeei Fallah, M. & Darzi, M. T. (2015). Influence of nitrogen fertilizer and vermicompost application on flower yield and essential oil of chamomile (*Matricaria chamomile* L.). *Journal of Chemical Health Risks*, 5(3), 235-244.
30. Hameeda, B., Rupela, O. P., Reddy, G. & Satyavani, K. (2006). Application of plant growth promoting bacteria associated with compost and macrofauna for growth promotion of pearl millet. *Biology and Fertility of Soils*, 44, 260-266.
31. Hasanzadeh Aval, T., Koocheki, A., Khozaei, H. R. & Nasiri Mahallati, M. (2010). Effects of density on agronomical traits and yield of summer savoy (*Satureja hortensis* L.) and Iranian clover in mixed cropping. *Iranian Journal of Field Crop Research*, 8(6), 920-929. (in Farsi)
32. Hasanzadeh Aval, T., Koocheki, A., Khozaei, H. R. & Nasiri Mahallati, M. (2012). Effects of density on physiological indices of summer savoy (*Satureja hortensis* L.) and Iranian clover in mixed cropping. *Iranian Journal of Field Crop Research*, 10(1), 75-83. (in Farsi)
33. Hidlago, P. R., Matta, F. B. & Harkess, R. L. (2006). Physical and chemical properties of substrates containing earthworm castings and effects on marigold growth. *Horticultural Science*, 41, 1474-1476 .
34. Hussein, M. S., El-Sherbeny, S. E. & Khalil, M. Y. (2006). Growth characters and chemical constituents of *Dracocephalum moldavica* L. plant in relation to vermin compost fertilizer and planting distance. *Scientia Horticulturae*, 108, 322-331.
35. Ishizuka, J. (1992). Trends in biological nitrogen fixation research and application. *Plant and Soil*, 11, 197-209.
36. Kader, M. A., Mian, M. H. & Hoque, M. S. (2002). Effects of azotobacter inoculant on the yield nitrogen uptake by wheat. *Journal of Biological Science*, 2(4), 250-261.
37. Kapoor, R., Giri, B. & Mukerji, K. G. (2004). Improved growth and essential oil yield and quality in *Foeniculum vulgare* Mill on mycorrhizal inoculation supplemented with P-fertilizer. *Bioresource Technology*, 93, 307-311.
38. Kartikeyan, B. C., Abdul Jaleel, G. M., Lakshmanan, A. & Deiveekasundaram, M. (2008). Studies on rhizosphere microbial diversity of some commercially important medicinal plants. *Colloids and Surfaces B: Bionterfaces*, 62, 143-145.
39. Khalil, M. Y. (2006). How-far would *Plantago afra* L. respond to bio and organic manures amendements? *Research Journal of Biological Sciences*, 2(1), 12-21.
40. Khorramdel, S., Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M. & Ghorbani, R. (2008). Application effects of biofertilizers on the growth indices of black cumin (*Nigella sativa* L.). *Iranian Field Crop Research*, 6(2), 285-293. (in Farsi)
41. Khorshidi, M., Bahadori, F. & Behnamnia, M. (2013). The effects of arbuscular Mycorrhizal fungi and vermicompost Application on yield and nutrient uptake in garden thyme under field condition. *International Journal of Agriculture and crop sciences*, 5(11), 1191 - 1194.
42. Koocheki, A., Tabrizi, L. & Ghorbani, R. (2008). Evaluation of biofertilizers effects on growth characteristics, yield and qualitative characteristics of hyssop (*Hyssopus officinalis* L.). *Iranian Journal of Field Crop Research*, 6, 127-137. (in Farsi)
43. Kumari, A. (2014). Effect of vermicompost and FYM on pharmacological activities of *Cannabis sativa*. *International Journal of Agriculture Innovations and Research*, 3(2), 422-428.
44. Kumawat, P. O., Jat, N. I. & Yadavi, S. S. (2006). Effect of organic manure and nitrogen fertilization on growth, yield and economics of barley (*Hordeum vulgare*). *Indian Journal of Agricultural Sciences*, 76(4), 226-229.
45. Leake, G., Gaspar, F. & Santos, R. (2003). The effect of water on the solubility of essential oils in dense CO₂. *Journal of Essential oil Research*, 15(3), 172-177.
46. Mahfouz, S. A. & Sharaf-Eldin, M. A. (2007). Effect of mineral vs. biofertilizer on growth, yield, and essential oil content of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.). *International Agrophysics*, 21(4), 361-366.
47. Makkizadeh, M., Chaichi, M., Nasrollahzadeh, S. & Khavazi, K. (2012). Effect of different types of nitrogen fertilizers on quantitative and qualitative characteristics of *Satureja hortensis* L. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 28(2), 330-341. (in Farsi)
48. Meyer, J. M. (2000). Pyoverdins: pigments, siderophores and potential taxonomic markers of fluorescent Pseudomonads species. *Archives of Microbiology*, 174, 135-142.
49. Mohammadpour Vashvaei, M., Ghanbari, A. & Fakheri, B. A. (2015). Effect of combined feeding system on N, P and K concentration, biochemical characteristics and calyxes yield of roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.). *Iranian Journal of Filed Crop Science*, 46(3), 518-497. (in Farsi)
50. Mumivand, H., Nooshkam, A., Moseni, A. & babalar, M. (2013). Influence of Nitrogen and Calcium Carbonate Application Rates on Nitrate Accumulation and Yield of Summer Savory (*Satureja hortensis* L.). *Electronic Journal of Crop Production*, 6(2), 109-124. (in Farsi)

51. Ordoorkhani, K., Sharafzadeh, S. H. & Zare, M. (2011). Influence of PGPR on growth, essential oil and nutrients uptake of Sweet basil. *Advanced in Environmental Biology*, 5(4), 672-677.
52. Patten, C.L. & Glick, B.R. (2002). Role of *pseudomonas putida* indol acetic-3-acid in development of the host plant root system. *Applied Environmental Microbiology*, 68(1), 3795-3801.
53. Perveen, S., Khan, M. S. & Zaidi, A. (2002). Effect of rhizospheric microorganisms on growth and yield of green gram (*Phaseolus radiatus*). *Indian Journal of Agriculture Science*, 72, 421-423.
54. Pramanik, P., Ghosh, G. K., Ghosal, P. K. & Banik, P. (2007). Changes in organic-C, N, P and K and enzyme activities in vermicompost of biodegradable organic wastes under liming and microbial inoculants. *Bioresource Technology*, 98(13), 2485-2494.
55. Rashid, M., Khalili, S., Ayub, N., Alam, S. & Latif, F. (2004). Organic Acids production solubilizing by phosphate solubilizing microorganisms (PSM) under in vitro condition. *Pakistan Journal of Biological Science*, 7, 187-196.
56. Ratti, N., Kumar, S., Verma, H. N. & Gautam, S. P. (2001). Improvement in bioavailability of tricalcium phosphate to *Cymbopogon martinii* var. *motia* by *rhizobacteria*, AMF and *Azospirillum* inoculation. *Microbiological Research*, 156, 145-149.
57. Rezvani Moghadam, P., Amin Ghafoori, A., Bakhshaei, S. & Jafari, L. (2013). Study the effects of biological and organic fertilizers on quantitative traits and essential oil of savoy (*Satureja hortensis* L.). *Journal of Agroecology*, 5(2), 105-112. (in Farsi)
58. Rezvani Moghadam, P., Bakhshaei, S., Amin Ghafoori, A. & Jafari, L. (2014). Study the effects of fertilizers management on production of savoy (*Satureja hortensis* L.) in Mashad condition. *Iranian Journal of Field Crop Research*, 12(1), 27-33. (in Farsi)
59. Saburi, M., Haj Seyed Hadi, M. R. & Darzi, M. T. (2014). Effects of amino acids and nitrogen fixing bacteria on quantitative yield and essential oil content of basil (*Ocimum basilicum* L.). *Journal of Agricultural Science Developments*, 3(8), 265-268.
60. Sainz, M. J., Taboada-Castro, M. T. & Vilarino, A. (1998). Growth, mineral nutrition and mycorrhizal colonization of red clover and cucumber plants grown in a soil amended with composted urban wastes. *Plant and Soil*, 205, 85-92.
61. Sajadi Nik, R., Yadavi, A., Balouchi, H. R. & Farajee, H. (2011). Effect of Chemical (Urea), Organic (Vermicompost) and Biological (Nitroxin) Fertilizers on Quantity and Quality Yield of Sesame (*Sesamum indicum* L.). *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, 21(2), 87-101. (in Farsi)
62. Saleh Rastin, N. (2001). Biofertilizers and their role in order to achieve sustainable agriculture. In: *Proceedings of the country's need for industrial production of biofertilizers*. Water and Soil Research Institute, Karaj, Pp: 1-54. (in Farsi)
63. Schippers, B., Bakker, A. W., Bakker, P. A. H. M. & Vanpeer, R. (1990). Beneficial and deleterious effects of HCN production of *Pseudomonades* on rhizosphere interaction. *Plant and Soil*, 129, 75-83.
64. Shaalan, M. N. (2005). Effect of compost and different sources of biofertilizers, on borage plants (*Borago officinalis*, L.). *Egyptian Journal of Agricultural Research*, 83(1), 271-284.
65. Sharma, A.K. (2002). *Biofertilizers for sustainable agriculture*. Agrobios, India, 407 p.
66. Souvi, E., Amin, G., Farsam, H. & Andagi, S. (2004). The antioxidant activity of some commonly used vegetables in Iranian diet. *Fitoterapia*, 75, 585-588.
67. Tehran Meteorological Organization. 2014. Meteorological reports for Firuzkuh. Retrieved February 10, 2013, from http://www.tehranmet.ir/ShowPage.aspx?page_=form&order=show&lang=1&sub=0&PageId=57&codeV=1&tempname=maintehranair
68. Tilak, K. V. B. R., Ranganayaki, N., Pal, K. K., Saxena, A. K., Shekhar Nautiyal, C., Mittal, S., Tripathi, A. K. & Johri, B. N. (2005). Diversity of plant growth and soil health supporting bacteria. *Current Science*, 89, 136-150.
69. Vildova, A., Stolcova, M., Kloucek, V. & Orsak, P. M. (2006). Quality Characterization of Chamomile (*Matricaria recutita* L.) in Organic and Traditional Agricultures. In: *Proceeding of International Symposium on Chamomile Research, Development and Production*. Presov, pp. 81-82.
70. Yazdanparast, R. & Shahriyary, L. (2008). Comparative effects of *Artemisia dracuncululus*, *Satureja hortensis* and *Origanum majorana* on inhibition of blood platelet adhesion, aggregation and secretion. *Vascular Pharmacology*, 48, 32-37.
71. Youssef, A. A., Edris, A. E. & Goma, A. M. (2004). A comparative between some plant growth regulators and certain growth hormone, producing microorganisms on growth and essential oil composition of *salvia officinalis* L plant. *Annals of Agricultural Science*, 49(1), 229-311.
72. Zaidi, A., Khan, M. S. & Amil, M. (2003). Interactive effect of rhizotrophic microorganisms on yield and nutrient uptake of chickpea (*Cicer arietinum* L.). *European Journal of Agronomy*, 19, 15-21.
73. Zare, S., Sirousmehr, A., Ghanbari, A. & Tabatabaei, J. (2013). Essential oil change and some quantitative characteristics of savoy (*Satureja hortensis* L.) under various amounts of nitrogen and compost. *Iranian Journal of Field Crop Research*, 11(1), 191-199. (in Farsi)