Iranian Journal of Field Crop Science
Vol 48, No 1, Spring 2017 (121-133)
DOI: 10.22059/ijfcs.2017.139258.654006

علوم گیاهان زراعی ایران
دورهٔ ۴۸، شمارهٔ ۱، بهار ۱۳۹۶ (ص ۱۳۳-۱۲۱)

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

محمدرضا حاج سید هادی* و محمدتقی درزی
دانشیار، گروه زراعت، واحد رودهن، دانشگاه آزاد اسلامی، رودهن، ایران
(تاریخ دریافت: ۱۳۹٤/۱۰/۱۰ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹٤/۱۱/۲۵)

چکیده

به‌منظور بررسی تأثیر ورمی‌کمپوست و باکتری‌های تثبیت‌کنندهٔ نیتروژن بر ویژگی‌های رشدی و عملکرد مرزهٔ تابستانه، آزمایشی در سال ۱۳۹٤ به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح پایهٔ 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 ورمی‌کمپوست در چهار سطح (۰، ۵، ۱۰ و ۱۵ تن در هکتار) و در سه تکرار در منطقهٔ فیروزکوه انجام شد. نتایج آزمایش نشان داد، همهٔ صفات مورد بررسی تحت تأثیر ورمی‌کمپوست و کود زیستی قرار گرفتند. صفات مورد بررسی شامل ارتفاع گیاه، شمار شاخه در بوته، عملکرد مادهٔ خشک، سهم سرشاخهٔ گلدار از مادهٔ خشک کل، عملکرد خشک سرشاخهٔ گلدار بودند. نتایج نشان داد، بیشترین شمار شاخه در بوته با کاربرد ۱۰ تن ورمی‌کمپوست به دست آمدند. بیشترین ارتفاع بوته، عملکرد مادهٔ خشک، سهم سرشاخهٔ گلدار از مادهٔ خشک کل و عملکرد خشک سرشاخهٔ گلدار با کاربرد ۱۵ تن ورمی‌کمپوست در هکتار به دست آمد. کاربرد کود زیستی نیتروژنه تأثیر معنی‌داری بر همهٔ صفات داشت، هرچند تفاوت معنی‌داری بین نیتروکسین و سوپرنیتروپلاس مشاهده نشد. مقایسهٔ میانگین اثر متقابل تیمارها نیز نشان داد که تلفیق سوپرنیتروپلاس همراه با ۱۰ تن ورمی‌کمپوست باعث بیشترین عملکرد مادهٔ خشک مرزه شد. نتایج نشان‌دهندهٔ تأثیر معنی‌دار ورمی‌کمپوست و کودهای زیستی در تولید مرزه در نظام‌های تولید پایدار است.

واژه‌های کلیدی: سوپرنیتروپلاس، مرزهٔ تابستانه، نیتروکسین، ورمی‌کمپوست.

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.

* Corresponding author E-mail: hhadi@riau.ac.ir Tel: +98 912 384 9646

Archive of SID
www.SID.ir

مقدمه

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

کاربرد بهینهٔ عنصرهای غذایی در تولید گیاهان دارویی افزون بر افزایش عملکرد، در کمیت و کیفیت مادهٔ مؤثرهٔ 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 پیکرهٔ رویشی و سرشاخهٔ 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 دراین‌بین، کاربرد کودهای زیستی، از جمله راهبردهای تغذیهٔ 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*. (Kapoor *et al*., 2004; Darzi *et al*., 2013). (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 نهنج 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 حل‌کنندهٔ فسفات داشتند (Rezvani Moghadam *et al*., 2014). در تحقیقی دیگر نیز بیشترین عملکرد زیست‌تودهٔ 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)، بابونهٔ آلمانی (Ansarifar *et al*., 2012) و زیرهٔ سیاه (Acimovic *et al*., 2015) نیز گزارش شده است.

باکتری‌های تثبیت‌کنندهٔ نیتروژن مانند آزوسپیریلوم (*Azospirilum*) 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 پنتوتنیک و بیوتین (Kader *et al*., 2002)، توسعهٔ شبکهٔ ریشه‌ای، بهبود

Archive of SID

www.SID.ir

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

در تحقیقی تأثیر مثبت و سودمند کودهای زیستی (ازتوباکتر و آزوسپیریلوم) بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه ریحان گزارش شده است (Ordookhani *et al*., 2011). کاربرد کودهای زیستی ازتوباکتر، آزوسپیریلوم 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 کنجد به این نتیجه رسیدند که با افزایش ورمی‌کمپوست و تلقیح کودزیستی نیتروکسین، شمار کپسول در بوتهٔ کنجد افزایش می‌یابد به‌طوری‌که بیشترین شمار کپسول در بوته مربوط به کاربرد ۱۰ تن در هکتار ورمی‌کمپوست به‌همراه تلقیح با کودزیستی نیتروکسین بوده و کمترین شمار کپسول در تیمار بدون کاربرد ورمی‌کمپوست و بدون تلقیح به‌دست‌آمده 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 دراین‌بین 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 معنی‌دار ارتفاع گیاه، شمار شاخه در بوته، وزن تر و خشک گیاه و درصد اسانس در مقایسه با شاهد شد (Kartikeyan *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 تثبیت‌کنندهٔ نیتروژن بر برخی ویژگی‌های رشدی و عملکرد گیاه دارویی مرزهٔ تابستانه در منطقهٔ فیروزکوه است.

مواد و روش‌ها

آزمایش در سال ۱۳۹۴ در مزرعهٔ تحقیقاتی شرکت کشاورزی و دامپروری ران وابسته به بنیاد مستضعفان واقع در ۱۰ کیلومتری شهرستان فیروزکوه با طول جغرافیایی ۵۲ درجه و ۴۴ دقیقهٔ شرقی و عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۴۵ دقیقهٔ شمالی و ارتفاع ۱۹۳۰ متر از سطح دریا اجرا شد. میانگین دمای سالیانه ۸ درجهٔ 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.

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

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۲. مشخصات فیزیکی و شیمیایی ورمی‌کمپوست 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)	Avaiable 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_2O (%)	Total K (%)	P_2O_5 (%)
3	47	410	3120	155	3.01	2.5	6.75

این آزمایش به‌صورت 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 ورمی‌کمپوست 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، فاصلهٔ بین تکرارها ۲ متر و فاصلهٔ بین کرت‌ها از یکدیگر ۱ متر، در نظر گرفته شدند. هر کرت سه پشته با فاصلهٔ ۷۵ سانتی‌متر داشت که به‌صورت دو ردیفه کشت انجام شده بود. بنابراین در هر کرت شش خط کاشت با فاصلهٔ ردیف ۳۷/۵ سانتی‌متر وجود داشت.

بذر مرزهٔ 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. ورمی‌کمپوست بر پایهٔ نقشهٔ طرح در کرت‌های مربوطه قرار گرفت و روی شیارهای ایجادشده روی پشته‌ها ریخته شد و تا عمق ۵ سانتی‌متری خاک روی پشته‌ها به‌خوبی مخلوط شد (Rezvani Moghadam *et al*., 2013). سپس با مساعد شدن شرایط اقلیمی در ۲۵ اردیبهشت‌ماه کشت انجام شد. پیش از کاشت، بذرها بر پایهٔ نقشهٔ 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 به‌منظور 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 Sharafkhane *et al*., 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.، *Pseudomonas fluorescens* و *Bacillus subtilis* بود. غلظت باکتری‌های گروه تثبیت‌کنندهٔ نیتروژن و محرک رشد در کود زیستی سوپرنیتروپلاس 10^8 در هر گرم یا میلی‌لیتر و 10^8 اسپور و یاختهٔ زنده *B. subtilis* است (Mohammadpour Vashvaei *et al*., 2015). در تیمار بدون تلقیح نیز بذرها به‌طور مستقیم در خاک کشت شدند. بذرها در عمق ۰/۵ تا ۱ سانتی‌متری خاک قرار گرفتند (Rezvani Moghadam *et al*., 2014) و به‌منظور اطمینان از وجود بوتهٔ کافی در مزرعه، کاشت با تراکم بیشتر انجام گرفت و در مرحلهٔ ۴ تا ۵ برگی نسبت به تنک آن‌ها اقدام شد تا فاصلهٔ 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 به‌منظور سبز شدن سریع و یکنواخت بوته‌ها، دومین آبیاری سه روز بعد تکرار شد. پس‌ازآن با توجه به شرایط اقلیمی منطقهٔ آبیاری هر ۵ تا ۷ روز یک‌بار تکرار شد. در طول دورهٔ رشد، علف‌های هرز موجود در مزرعه به‌صورت دستی وجین شدند.

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

Archive of SID

www.SID.ir

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

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

نتایج و بحث

ارتفاع بوته

نتایج جدول تجزیهٔ واریانس نشان داد، تأثیر کود زیستی بر ارتفاع گیاه بسیار معنی‌دار است (جدول ۳). نتایج مقایسهٔ میانگین تیمارها گویای آن است که افزایش کاربرد ورمی‌کمپوست تأثیر مثبتی بر ارتفاع بوتهٔ 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*., 2000; Hameeda *et al*., 2006). 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 بوتهٔ 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 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 بوتهٔ مرزه اشاره کرده‌اند.

Azizi *et al*. (2008) نیز در تحقیق خود به تأثیر مثبت ورمی‌کمپوست بر ارتفاع بوتهٔ 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 مقایسهٔ 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 (جدول۵).

آزوسپیریلوم و ازتوباکتر 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). باکتری‌های حل‌کنندهٔ فسفات همچنین از راه افزایش جذب عنصرهای غذایی مانند فسفر، نیتروژن و برخی عنصرهای کم‌مصرف، سبب بهبود در رشد و عملکرد گیاهان میزبان می‌شوند (Sharma, 2002; Saleh Rastin, 2001). Makkizadeh *et al*. (2012) و Rezvani Moghadam *et al*. (2014) نشان دادند، کاربرد باکتری‌های تثبیت‌کنندهٔ نیتروژن و حل‌کنندهٔ فسفات تأثیر مثبت و معنی‌داری بر ارتفاع مرزه داشته‌اند.

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

Archive of SID

www.SID.ir

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 تجزیهٔ واریانس داده‌ها نشان داد که ورمی‌کمپوست و باکتری‌های تثبیت‌کنندهٔ 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 بوتهٔ 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 حل‌کنندهٔ فسفات باعث بیشترین شمار شاخهٔ فرعی در مرزه شده‌اند. Zare *et al.* (2013) نشان دادند که کاربرد ۳۰ تن کمپوست در هکتار باعث تولید بیشترین شاخهٔ 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 مقایسهٔ 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 آزوسپیریلوم با توجه به تأثیر مثبت بر توسعهٔ شبکهٔ 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 حل‌کنندهٔ فسفات (*Pseudomonas* و *Bacillus*) نیز تأثیر معنی‌داری در حل‌کنندگی فسفر و جذب عنصرهای غذایی دارند (Chen *et al.*, 2006) که مجموع این اثرگذاری‌ها، افزایش شمار شاخه در بوتهٔ مرزه به دلیل کاربرد سوپرنیتروپلاس را توجیه می‌کند.

Saburi *et al.* (2014) نشان داند، کاربرد باکتری‌های تثبیت‌کنندهٔ نیتروژن تأثیر مثبت و معنی‌داری بر شمار شاخهٔ فرعی در ریحان سبز دارد. ولی نتایج Fallahi *et al.* (2008) نشان داد که کاربرد کودهای زیستی تأثیری بر شمار شاخه در بابونهٔ آلمانی نداشته است.

عملکرد مادهٔ خشک

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

نتایج مقایسهٔ میانگین‌ها اثر متقابل تیمارها (شکل۱) نیز نشان داد که بیشترین میزان عملکرد مادهٔ 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.

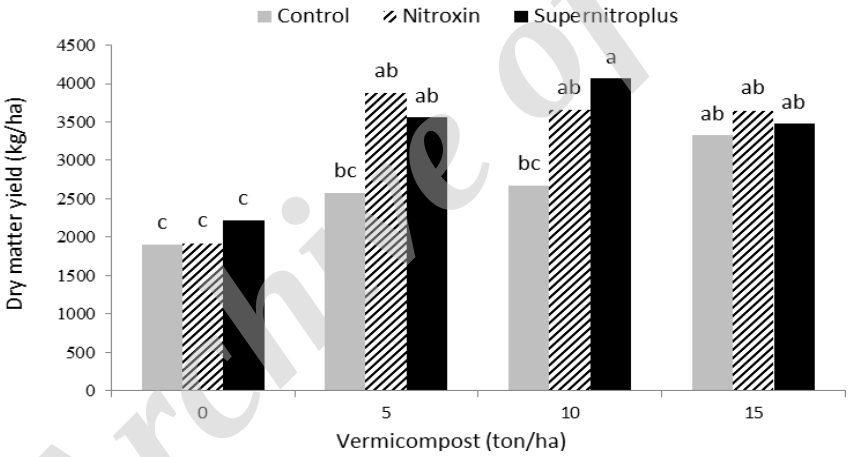
ورمی‌کمپوست با افزایش ظرفیت نگهداری آب، تأمین عنصرهای غذایی و تولید هورمون‌های گیاهی رشد و نمو گیاهان را بهبود می‌بخشد و استفاده از آن، افزون بر کمک به افزایش جمعیت و فعالیت ریزموجود (میکروارگانیسم)های سودمند خاک در جهت فراهمی عنصرهای غذایی مورد نیاز گیاه مانند نیتروژن، فسفر و پتاسیم محلول عمل کرده و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

Archive of SID

www.SID.ir

ریزگیاهان (میکروفلور) سودمند ریشه‌گاهی (ریزوسفری) مانند باکتری‌های تثبیت‌کنندهٔ نیتروژن رشد گیاهان را در مقایسه با هنگامی‌که 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*., 2002; Belimov *et al*., 1995). نتایج به‌دست‌آمده از این تحقیق در مورد صفت عملکرد مادهٔ خشک نیز در تائید مطالب یادشده است. به عبارتی کاربرد همزمان ورمی‌کمپوست و سوپرنیتروپلاس توانست با تأثیر بر بهبود رشد مرزه، افزایش مادهٔ خشک تولیدی در این گیاه را افزایش دهد.

Darzi *et al.* (2013) در آزمایشی روی گیاه انیسون به این نتیجه رسیدند که بیشترین عملکرد زیست‌تودهٔ 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، آزوسپیریلوم وقارچریشه (میکوریزا) باعث افزایش معنی‌دار عملکرد زیست‌توده شد.



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

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

سهم سرشاخهٔ گلدار از مادهٔ خشک کل

نتایج تجزیهٔ واریانس داده‌ها نشان داد، ورمی‌کمپوست و باکتری‌های تثبیت‌کنندهٔ نیتروژن تأثیر معنی‌داری بر سهم سرشاخهٔ گلدار از مادهٔ خشک کل داشته‌اند (جدول۳). بیشترین سهم مادهٔ خشک سرشاخهٔ 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 (جدول۴).

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 زیست‌تودهٔ 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

Archive of SID

www.SID.ir

هکتار باعث بیشترین وزن تر و خشک بوته و همچنین عملکرد زیست‌تودهٔ 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 مقایسهٔ میانگین تیمارها (جدول ۵) نشان داد که بیشترین و کمترین سهم سرشاخهٔ گلدار از مادهٔ 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 تثبیت‌کنندهٔ نیتروژن مانند آزوسپریلیوم (*Azospirilum*) و ازتوباکتر (*Azotobacter*) نه تنها باعث تثبیت نیتروژن می‌شوند، بلکه قادر به 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 مادهٔ خشک سرشاخهٔ گلدار با کاربرد باسیلوس و آزوسپیریلوم و نیز سطوح مختلف کمپوست افزایش یافت.

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 bioferilizer

S.O.V	df	Height	Letheral 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، * و **: 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. مقایسهٔ 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)	Letheral 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 ($p \leq$ ۰/۰۵).

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

جدول ۵. مقایسهٔ 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)	Letheral 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 ($p \leq$ ۰/۰۵).

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

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۶. ضرایب همبستگی سادهٔ صفات اندازه‌گیری‌شده 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	Letheral branches	Dry matter yield	Flowerings shoot dry matter/Total dry matter	Flowering shoot dry matter yield
Height	1.00				
Letheral 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 سرشاخهٔ گلدار

نتایج تجزیهٔ واریانس داده‌ها نشان داد، ورمی‌کمپوست و باکتری‌های تثبیت‌کنندهٔ نیتروژن تأثیر معنی‌داری بر عملکرد خشک سرشاخهٔ گلدار مرزه داشته‌اند (جدول۳). کمترین عملکرد خشک سرشاخهٔ گلدار (۹۰۱/۳۲ کیلوگرم در هکتار) مربوط به تیمار مصرف نکردن ورمی‌کمپوست و بیشترین عملکرد خشک سرشاخهٔ گلدار (۱۷۱۹/۲۲ کیلوگرم در هکتار) در تیمار کاربرد ۱۵ تن ورمی‌کمپوست در هکتار به دست آمد (جدول۴). 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 سرشاخهٔ گلدار (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 ویژهٔ بالا و داشتن ترکیب‌های مختلف آلی در سطح خود، با عنصرهای غذایی موجود در خاک به ویژه عنصرهای فلزی تشکیل کمپلکس‌هایی را می‌دهند که به‌آسانی 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 سرشاخهٔ گلدار مرزه مؤثر بوده است.

وجود باکتری‌های حل‌کنندهٔ فسفات و همچنین آزوسپیریلوم در سوپرنیتروپلاس در افزایش عملکرد سرشاخهٔ گلدار تأثیر معنی‌داری داشته است. باکتری‌های حل‌کنندهٔ 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 دآمیناز، 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

Archive of SID

www.SID.ir

مختلف کودهای شیمیایی نیتروژن، فسفر و پتاسیم و کودهای زیستی شامل آزوسپیریلوم، باکتری‌های حل‌کنندهٔ 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 آزوسپیریلوم و باکتری‌های حل‌کنندهٔ فسفات و قارچریشه به دست می‌آید. در تحقیقی تأثیر مثبت و سودمند کودهای زیستی (ازتوباکتر و آزوسپیریلوم) بر عملکرد پیکرهٔ رویشی گیاه ریحان گزارش شده است (Ordookhani *et al*., 2011).

نتایج همسانی از کاربرد کودهای زیستی ازتوباکتر، آزوسپیریلوم 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 به‌دست‌آمده از ضریب‌های همبستگی صفات مورد بررسی گویای آن است که صفات همبستگی معنی‌داری با یکدیگر دارند. تنها در مورد ارتفاع و شمار شاخه در بوته همبستگی معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۶). بیشترین همبستگی ($r=۹۳۸^{**}$) بین عملکرد مادهٔ خشک و عملکرد خشک سرشاخهٔ گلدار مشاهده شود و ضعیف‌ترین همبستگی معنی‌دار ($r=۳۹۲$) بین شمار شاخه در بوته و سهم سرشاخهٔ گلدار از مادهٔ خشک کل به دست آمد. Alizadeh Sahzabi *et al*. (2007) نیز در بررسی روی مرزه مشاهده کردند که بین عملکرد زیست‌توده و عملکرد سرشاخهٔ گلدار مرزه همبستگی قوی و معنی‌داری وجود دارد. همچنین Gholami Sharafkhane *et al*. (2010) نیز این رابطه را در نتایج بررسی خود تأیید کرده‌اند که با نتایج این تحقیق همخوانی دارد.

نتیجه‌گیری

کاربرد ورمی‌کمپوست و کود زیستی نیتروژنه تأثیر مثبت و معنی‌داری بر ویژگی‌های رشدی و عملکرد مرزه داشت. بیشترین صفات اندازه‌گیری‌شده با کاربرد ۱۵ تن ورمی‌کمپوست 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 معنی‌داری مشاهده نشد. بنا بر نتایج آزمایش کاربرد ۱۰ تن ورمی‌کمپوست همراه با سوپرنیتروپلاس باعث بیشترین عملکرد مادهٔ خشک گیاه دارویی مرزه شد.

سپاسگزاری

این نوشتار برگرفته از اجرای طرح پژوهشی "بررسی جنبه‌های کمی و کیفی گیاه دارویی مرزه (*Satureja hortensis* L.) در یک سیستم تولید پایدار" مصوب دانشگاه آزاد اسلامی واحد رودهن است. بدین‌وسیله از همکاری معاونت محترم پژوهش و فناوری این واحد به‌واسطهٔ تأمین اعتبار لازم برای اجرای طرح، تشکر و قدردانی می‌گردد.

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 sysmbiosis changes the colonization pattern of Acacia tortilis spp. Raddiana rhizosphere by two stains of rhizobia. *Microbial Ecology*, 45, 137-144.

Archive of SID

www.SID.ir

7. Ansarifar, 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., Alpesh, 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 verrnicornposts produced from cattle manure, food waste and paper waste on the growth and yield of peppers in the field. *Peclobiologia*, 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 paraguayo garlic bulbs. *Horticultural Science*, 41(3), 589-592.
12. Azizi, M., Rezwanee, 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 Appllied 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. & Tookalloo, R. (2013). Vermicompost, plant growth promoting bacteria and homic 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 Khayyat, 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., EI-Zamik, F. I., EI-Hadidy, T. T., Abd EI-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.

Archive of SID

www.SID.ir

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., Abarghooei 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., E1-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 vermicomport 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)

Archive of SID

www.SID.ir

51. Ordookhani, 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. *Appliled Environmental Microbiology*, 681, 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 dracunculus*, *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 plan 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.). *Europian 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)

Archive of SID

www.SID.ir