

تأثیر کاربرد تلفیقی ورمی کمپوست و باکتری‌های محرک رشد بر شاخص‌های رشد و جذب عناصر غذایی گیاهچه‌های کنجد (*Sesamum indicum* L.)

پریسا ستوده¹، عبدالرضا اخگر^{2*}، پیمان عباس‌زاده دهجی³، اصغر رحیمی⁴

تاریخ دریافت: 93/12/22 تاریخ پذیرش: 95/03/01

¹- دانش آموخته کارشناسی ارشد علوم خاک، دانشگاه ولی عصر رفسنجان

²- دانشیار گروه علوم خاک، دانشگاه ولی عصر رفسنجان

³- استادیار گروه علوم خاک، دانشگاه ولی عصر رفسنجان

⁴- دانشیار گروه زراعت، دانشگاه ولی عصر رفسنجان

* مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: arakhgar@yahoo.com

چکیده

مدیریت حاصل‌خیزی خاک از طریق استفاده از کودهای آلی و زیستی یکی از اجزای حیاتی کشاورزی پایدار می‌باشد. به‌منظور بررسی تأثیر کاربرد تلفیقی ورمی‌کمپوست و باکتری‌های محرک رشد بر شاخص‌های رشد و جذب عناصر غذایی گیاهچه‌های کنجد آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار به اجرا درآمد. فاکتورهای مورد بررسی شامل ورمی‌کمپوست در چهار سطح (صفر (V0)، یک (V1)، دو (V2) و چهار (V3) درصد) و باکتری‌های محرک رشد در پنج سطح (بدون باکتری (B0)، تلقیح با جدایه‌ای از باکتری‌های گروه سودوموناس فلورسنت دارای توان حل فسفات‌های معدنی (B1)، تلقیح با جدایه‌های آزوسپیریوم (B2) و ازتوباکتر (B2) با توان تثبیت نیتروژن، و تلقیح مخلوط سه باکتری (B4)) بودند. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که اثرات اصلی ورمی‌کمپوست و باکتری‌های محرک رشد بر سطح برگ، قطر ساقه و شاخص کلروفیل اثر معنی‌داری در سطح یک درصد داشتند. همچنین کاربرد تلفیقی ورمی‌کمپوست و باکتری‌های محرک رشد به‌طورمعنی‌داری (در سطح یک درصد) باعث افزایش وزن خشک اندام هوایی، ارتفاع ساقه، تعداد برگ و جذب عناصر نیتروژن، فسفر، پتاسیم، آهن، منگنز، روی و مس در گیاهچه‌های کنجد شد. بیشترین وزن خشک اندام هوایی، تعداد برگ، مقدار نیتروژن، آهن، منگنز، مس و روی در تیمار کاربرد 4 درصد وزنی ورمی‌کمپوست به‌همراه باکتری آزوسپیریوم به‌دست آمد. به‌طوری‌که کاربرد این تیمار وزن خشک اندام هوایی را از 0/148 به 3/49 گرم بر گلدان و مقدار نیتروژن اندام هوایی را از 1/96 به 96/8 میلی‌گرم بر گلدان افزایش داد. بیشترین جذب فسفر نیز در تیمار کاربرد 4 درصد وزنی ورمی‌کمپوست به همراه باکتری سودوموناس مشاهده گردید. کاربرد این تیمار جذب فسفر اندام هوایی را از 0/759 به 12/8 میلی‌گرم بر گلدان افزایش داد.

واژه‌های کلیدی: آزوسپیریوم، ازتوباکتر، سودوموناس، کنجد، ورمی‌کمپوست

Effect of Combined Application of Vermicompost and PGPRs on Growth Parameters and Nutrient Uptake of Sesame Seedling (*Sesamum indicum* L.)

P Sotodeh¹, A Akhgar^{2*}, P Abbaszadeh Dahaji³, A Rahimi⁴

Received: 13 March 2015 Accepted: 21 May 2016

¹M.Sc. Graduate of Soil Science, Vali-e-Asr University of Rafsanjan, Iran

²Assoc. Prof., Dept. of Soil Sciences, Vali-e-Asr University of Rafsanjan, Iran

³ Assist. Prof., Dept. of Soil Sciences, Vali-e-Asr University of Rafsanjan, Iran

⁴ Assoc. Prof., Dept. of Agronomy, Vali-e-Asr University of Rafsanjan, Iran

*Corresponding Author, Email: arakhgar@yahoo.com

Abstract

Soil fertility management through use of organic and biological fertilizers is a crucial component of sustainable agriculture. A greenhouse experiment was carried out to investigate the effect of vermicompost and plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on the growth and nutrient uptake of sesame seedlings. This experiment was conducted in factorial based on completely randomized design with four replications. Experiment factors included four levels of (zero (V0), 1 (V1), 2 (V2) and 4 percent (V3)) and five bacterial levels (without bacteria (B0), inoculation with an isolate from fluorescent pseudomonads group, having ability to dissolve inorganic phosphate (B1), *Azospirillum* sp. (B2) and *Azotobacter* sp. (B3) with ability to fix nitrogen, and a mixture of three bacteria (B4). The results showed that the main effects of vermicompost and PGPR significantly enhanced the leaf area, stem diameter and chlorophyll index in comparison to the control. Also, the combined application of vermicompost and PGPR significantly increased the shoot dry weight, plant height, number of leaves and nitrogen, phosphorus, iron, manganese, zinc and copper uptake in sesame seedling ($P < 0.01$). The maximum shoot dry weight, number of leaves and nitrogen, iron, manganese, copper and zinc contents were obtained in the treatment containing *Azospirillum* isolate using 4% of vermicompost. This treatment enhanced the shoot dry weight from 0.148 to 3.49 mg kg⁻¹ and the shoot nitrogen content from 1.96 to 96.8 mg pot⁻¹. The highest phosphorus uptake was observed in the treatment with application of 4% vermicompost and *Pseudomonas* isolate. This treatment increased the shoot phosphorus content from 0.76 to 12.8 mg pot⁻¹.

Keywords: *Azospirillum* sp., *Azotobacter* sp., *Pseudomonas* sp., Sesame, Vermicompost

مقدمه

است (وان هیروویجنین و همکاران 2007). از این رو مواد آلی و کودهای زیستی به عنوان جایگزین مناسبی برای کودهای شیمیایی و به منظور افزایش حاصلخیزی خاک به خصوص در بحث کشاورزی پایدار مورد توجه قرار گرفته اند (یو و همکاران 2005). ورمی کمپوست یک کود

در چند دهه اخیر مصرف نهاده های شیمیایی در اراضی کشاورزی موجب بروز معضلات زیست محیطی از جمله آلودگی منابع آب، افت کیفیت محصولات کشاورزی و کاهش میزان حاصلخیزی خاک گردیده

هورمون‌های تحریک‌کننده‌ی رشد به‌ویژه انواع اکسین-ها، جیبرلین‌ها و سیتوکینین‌ها، رشد و نمو و عملکرد گیاهان زراعی را تحت تأثیر قرار می‌دهند (زهیر و همکاران 2004). طبق نتایج پژوهش احمد و همکاران (2010) شاخص‌های رشدی آفتابگردان مانند تجمع ماده خشک، تعداد برگ و شاخص سطح برگ تحت تأثیر کاربرد کود زیستی (شامل باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن و حل‌کننده فسفات) افزایش معنی‌داری یافت. یافته‌های بسیاری از محققان مؤید بهبود روابط میکروارگانیسم‌ها و اثرات مثبت و هم‌افزایی آنها در خاک در اثر کاربرد مناسب کودهای آلی و زیستی می‌باشد (شارما و همکاران 2003، کومار و همکاران 2002، پادماپریا و چیزیان 2009، سینگ و همکاران 2009).

کنجد (*Sesamum indicum L.*) گیاهی یک ساله و از قدیمی‌ترین گیاهان دانه روغنی است که سازگار با نواحی گرم و نیمه‌گرم بوده (ویس و همکاران 2000) و از درصد بالای روغن (45%) و پروتئین (19 تا 25%) برخوردار می‌باشد. استفاده از روغن کنجد در صنعت، موجب افزایش تقاضا و متعاقب آن افزایش سطح زیر کشت آن شده است؛ اما مشکلات زیست محیطی ناشی از کاربرد کودهای شیمیایی و هزینه‌های تولید و تأثیر نامطلوبی که بر چرخه زیستی و پایدار بوم‌نظام‌های زراعی دارند و همچنین مسأله تأمین محصولی با کیفیت مناسب برای جمعیت رو به افزون جهان، تجدید نظر در روش‌های افزایش تولید محصولات زراعی را ضروری ساخته است (قلوند و همکاران 1385). از این رو ارزیابی اثرات کاربرد توأم ورمی‌کمپوست و باکتری‌های محرک رشد بر شاخص‌های رشدی و جذب عناصر غذایی کنجد هدف این پژوهش قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی تأثیر کاربرد ورمی‌کمپوست و باکتری‌های PGPR و اثرات متقابل آنها بر رشد و جذب عناصر در گیاهچه‌های کنجد، آزمایشی به‌صورت

آلی زیستی است که در اثر عبور مداوم و آرام مواد آلی در حال پوسیدگی از دستگاه گوارش گونه‌هایی از کرم‌های خاکی و دفع این مواد از بدن کرم حاصل می‌شود (علیخانی 1385). این مواد هنگام عبور از بدن کرم، آغشته به مخاط دستگاه گوارش (موکوس)، ویتامین‌ها و آنزیم‌ها شده و در نهایت به‌عنوان یک کود آلی غنی‌شده و بسیار مفید به‌منظور بهبود ساختمان خاک و افزایش فراهمی عناصر غذایی در خاک، مورد مصرف قرار می‌گیرد (اسماعیل و همکاران 2003). ورمی‌کمپوست جذب عناصر غذایی را افزایش داده و نقش مهمی در بهبود شاخص‌های رشد و عملکرد گیاه ایفا می‌کند (آذر می و همکاران 2008). آتیه و همکاران (2000) بیان کردند که کاربرد 5 و 10 درصد ورمی‌کمپوست در بستر کشت باعث افزایش وزن خشک نشاء گوجه‌فرنگی شد. در پژوهشی که بر روی گیاه توت‌فرنگی انجام گرفت، مشخص گردید که استفاده از ورمی‌کمپوست رشد و عملکرد توت‌فرنگی را به‌طور قابل ملاحظه‌ای افزایش می‌دهد (آرانکون و همکاران 2004). همچنین در پژوهشی دیگر نشان داده شد که غلظت نیتروژن، فسفر و پتاسیم میوه و عملکرد محصول گوجه‌فرنگی در نتیجه کاربرد ورمی‌کمپوست به‌طور چشمگیری افزایش می‌یابد (زالر 2007).

امروزه باکتری‌های محرک رشد گیاه با توجه به اهمیت و مقبولیت جهانی، نقش بسیار مفیدی در افزایش عملکرد گیاه ایفا می‌کنند (فیگریدو و همکاران 2010). در واقع این باکتری‌ها منابع بیولوژیک نوین و ابزاری با پتانسیل بالا برای کلونیزاسیون ریشه، تحریک رشد و افزایش عملکرد طیف وسیعی از گیاهان زراعی می‌باشند (کلوپر و همکاران 1989). باکتری‌های جنس *ازتوباکتر*، *آزوسپیریوم* و *سودوموناس* از مهم‌ترین باکتری‌های محرک رشد گیاه می‌باشند که علاوه بر تثبیت زیستی نیتروژن (در باکتری‌های *ازتوباکتر* و *آزوسپیریوم*) و انحلال فسفر نامحلول خاک (به‌خصوص در باکتری‌های *سودوموناس*)، با تولید مقادیر قابل ملاحظه

تلقیح مورد استفاده قرار گرفتند (تروسلیر و همکاران 1998).

آماده‌سازی بذرها برای کشت: برای این منظور ابتدا بذرها به مدت 30 ثانیه در اتانول 96 درصد قرار داده و سپس با محلول وایتکس 10 درصد ضدعفونی سطحی شدند. برای حذف وایتکس، بذرها بار 10 بار با آب مقطر استریل شست و شو شدند. بذره‌های ضدعفونی سطحی شده در دمای 25 درجه سلسیوس بر روی محیط آب-آگار درون انکوباتور نگهداری شدند تا جوانه‌دار شوند.

کشت گلخانه‌ای: در این آزمون از گلدان‌های پلاستیکی 3 کیلوگرمی استفاده شد. برای بستر کشت از یک خاک با بافت متوسط، غیرشور و با میزان فسفر و نیتروژن قابل استفاده کم استفاده گردید. برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده مانند بافت خاک به روش هیدرومتر (بایکاس 1951)، pH گل اشباع به وسیله الکتروود شیشه‌ای (مکلین 1982)، EC با استفاده از هدایت‌سنج الکتریکی، فسفر قابل استفاده به روش اولسن (اولسن و همکاران 1954) و به وسیله اسپکتروفتومتر مدل T80UV/VIS و پتاسیم با دستگاه فلیم فتومتر جنوی مدل PFP7 تعیین گردید (جدول 2). در هر گلدان تعداد 12 بذر کنگد جوانه‌دار شده کشت گردید. قبل از کشت رطوبت خاک گلدان‌ها با آب مقطر به 70 درصد FC رسانده شد. هنگام کاشت، هر بذر با 500 میکرولیتر از سوسپانسیون باکتری تلقیح گردید. برای گلدان‌های شاهد از 500 میکرولیتر محیط کشت بدون باکتری استفاده شد. گلدان‌ها با آب مقطر و به روش وزنی تا حد رطوبت FC آبیاری شدند. پس از سبزشدن بوته‌ها، تعداد آنها در هر گلدان به 7 عدد کاهش یافت. گلدان‌ها به مدت 40 روز در گلخانه نگهداری شدند.

فاکتوریل و در قالب طرح کاملاً تصادفی شامل دو فاکتور؛ ورمی‌کمپوست در چهار سطح (صفر (V0)، یک (V1)، دو (V2) و چهار (V3) درصد) و باکتری‌های محرک رشد در پنج سطح (بدون باکتری (B0)، تلقیح با جدایه‌ای از باکتری‌های گروه سودوموناس فلورسنت دارای توان حل فسفات‌های معدنی به میزان 800 میلی-گرم در لیتر تری‌کلسیم فسفات در محیط اسپریر (B1)، تلقیح با جدایه‌های آروسپیریوم (B2) و ازتوباکتر (B2) با توان تثبیت نیتروژن، و تلقیح مخلوط سه باکتری (B4) در گلخانه دانشکده کشاورزی دانشگاه ولی‌عصر رفسنجان با چهار تکرار به اجرا درآمد. جدایه‌های ازتوباکتر و آروسپیریوم از بخش بیولوژی خاک مؤسسه تحقیقات خاک و آب کرج و جدایه متعلق به باکتری‌های گروه سودوموناس فلورسنت از کلکسیون باکتری گروه علوم خاک دانشگاه ولی‌عصر رفسنجان تهیه گردید. تجزیه شیمیایی ورمی‌کمپوست استفاده شده در این پژوهش مطابق با روش‌های متداول تجزیه گیاه انجام گردید. بدین منظور ابتدا از نمونه‌های پودر شده ورمی‌کمپوست به روش خاکستر خشک عصاره‌گیری شد. سپس عناصر آهن، روی، مس و منگنز به وسیله دستگاه جذب اتمی آوانتا¹ مدل GBC-932، نیتروژن با کج‌دال (برمنر و مولوانی 1982)، پتاسیم به وسیله فلیم فتومتر جنوی² مدل PFP7، فسفر به روش زرد و به وسیله اسپکتروفتومتر مدل T80UV/VIS تعیین گردید (کوتینی، 1980). ترکیب شیمیایی ورمی‌کمپوست در جدول 1 ارائه شده است.

تهیه مایه تلقیح: بدین منظور جدایه‌های مورد نظر به مدت 48 ساعت درون محیط کشت مایع نوترینت براث (NB) کشت داده شدند و پس از همسان نمودن تراکم سوسپانسیون‌ها (10^8 CFU ml⁻¹) به عنوان مایه

¹ Awanta

² Jenwey

شده در دمای 550 درجه سلسیوس به‌روش خاکستر خشک انجام شد. سپس فسفر به روش زرد به‌وسیله دستگاه اسپکتروفتومتر مدل T80UV/VIS، نیتروژن با کجلال (برمنر و مولوانی 1982)، پتاسیم با استفاده از دستگاه فلیم فتومتر جنوی مدل PFP7، عناصر آهن، روی، مس و منگنز به‌وسیله دستگاه جذب اتمی آوانتا مدل GBC-932 اندازه‌گیری شد (کوتینی 1980). در نهایت تجزیه واریانس همه داده‌ها با استفاده از نرم افزار SAS صورت گرفت و مقایسه میانگین‌ها بر مبنای آزمون دانکن در سطح احتمال 5 درصد انجام شد.

برداشت: 40 روز پس از کشت، ابتدا ارتفاع ساقه به‌وسیله خطکش، قطر ساقه به‌وسیله کولیس، شاخص کلروفیل برگ توسط دستگاه اندازه‌گیری اسپد (مینولتا SPAD 502) و تعداد برگ اندازه‌گیری شد. سپس اندام هوایی از محل طوقه قطع و سطح برگ به‌وسیله دستگاه سنجش برگ مدل CID, CL-202, USA براساس واحد سانتی‌مترمربع تعیین گردید. پس از شست و شوی نمونه‌ها با آب مقطر، بخش هوایی در آون در دمای 70 درجه سلسیوس به‌مدت 48 ساعت قرار داده شد تا خشک شود. آنگاه وزن خشک اندام هوایی اندازه‌گیری و نمونه‌ها پودر گردیدند. عصاره‌گیری نمونه‌های پودر

جدول 1- ترکیب شیمیایی ورمی کمپوست.

پتاسیم	فسفر	نیتروژن	مس	روی	منگنز	آهن	EC	pH
(%)			mg kg ⁻¹			dS m ⁻¹		
0/55	1/08	1/18	28	93	820	8200	1/6	7/8

جدول 2- برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد مطالعه.

پتاسیم قابل تبادل	فسفر قابل استفاده	ماده آلی	EC	pH گل اشباع	بافت خاک	رس	سیلت	شن
(mg kg ⁻¹)	(%)	(%)	(dS m ⁻¹)				(%)	
337	5	0/2	1/1	7/5	لوم شنی	14	16	70

اثر معنی‌داری گذارد. همچنین اثر متقابل باکتری و ورمی کمپوست بر وزن خشک اندام هوایی، ارتفاع ساقه و تعداد برگ در سطح یک درصد معنی‌دار بود. قطر ساقه: نتایج مقایسه میانگین تأثیر ورمی کمپوست بر قطر ساقه نشان داد که کاربرد سطوح مختلف ورمی کمپوست، اثر معنی‌داری بر قطر ساقه نسبت به شاهد داشت (شکل 1). بالاترین قطر ساقه از تیمار چهار درصد ورمی کمپوست (V3) با افزایشی معادل 79/3 درصد به‌دست آمد. تیمارهای یک درصد (V1) و دو درصد ورمی کمپوست (V2) نیز

نتایج و بحث

تأثیر کاربرد جدایه‌های باکتری و سطوح ورمی کمپوست بر شاخص‌های رشد گیاهچه‌های کنجد نتایج تجزیه واریانس تأثیر جدایه‌های منتخب و مقادیر ورمی کمپوست بر شاخص‌های رشد گیاهچه‌های کنجد در جدول 3 نشان داده شده است. بر پایه این نتایج تیمارهای باکتری بر وزن خشک اندام هوایی، ارتفاع ساقه، تعداد برگ، سطح برگ، قطر ساقه و شاخص کلروفیل در سطح یک درصد اثر معنی‌داری داشتند. ورمی کمپوست نیز توانست بر تمام شاخص‌های رشد اندازه‌گیری‌شده در سطح یک درصد

به ترتیب قطر ساقه گیاهچه‌های کنجد را معادل 26/9، 52/4 درصد نسبت به شاهد افزایش دادند.

جدول 3- تجزیه واریانس تاثیر باکتری‌ها و سطوح ورمی‌کمپوست بر شاخص‌های رشد گیاهچه‌های کنجد.

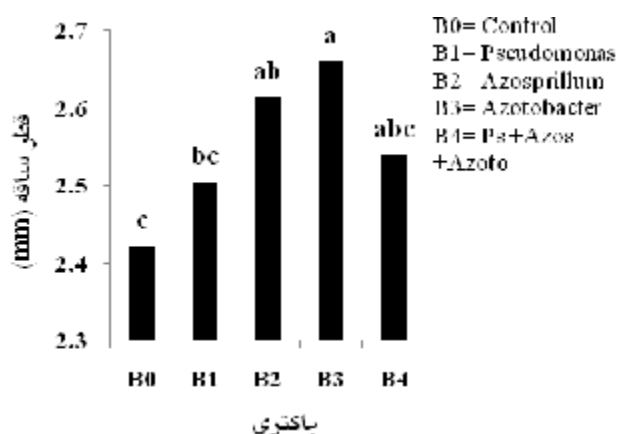
میانگین مربعات							
منابع تغییرات	درجه آزادی	وزن خشک	ارتفاع ساقه	قطر ساقه	تعداد برگ	سطح برگ	شاخص کلروفیل
باکتری	4	0/646**	62/6**	0/138**	44/3**	2900**	33/0**
ورمی‌کمپوست	3	27/6**	4617**	7/69**	1577**	264031**	191**
ورمی × باکتری	12	0/138**	20/5**	0/044 ^{ns}	15/3**	481 ^{ns}	4/41 ^{ns}
خطا	-	0/033	7/19	0/034	6/10	418	3/01
CV	-	12/0	7/65	7/20	5/39	13/5	5/53

** و * به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال یک و پنج درصد و ns عدم تفاوت معنی‌دار.

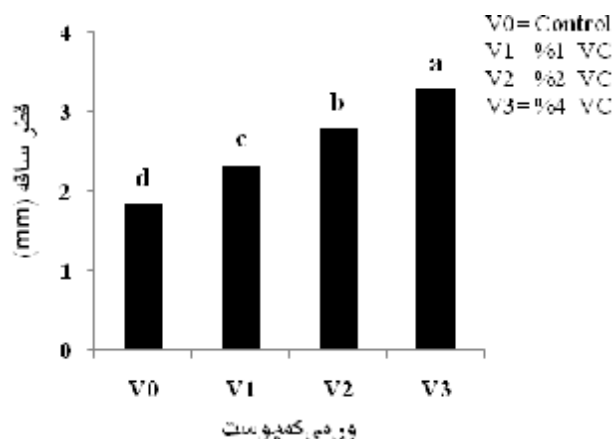
این شاخص را نسبت به شاهد به طور معنی‌داری افزایش دادند (شکل 3). سینگ و همکاران (2008) مشاهده کردند که کاربرد ورمی‌کمپوست موجب افزایش 23/1 درصدی سطح برگ نسبت به شاهد در گیاه توت‌فرنگی شد. آنها افزایش سطح برگ را به فراهمی بیشتر عناصر غذایی نظیر نیتروژن، آهن و روی نسبت دادند. در تحقیقات دیگری نیز افزایش سطح برگ در نتیجه کاربرد ورمی‌کمپوست در گیاه خیار (سالاکو و همکاران 2009)، تربچه و همیشه بهار (وارمن و آنجلویز 2010) و گوجه‌فرنگی و خیار (آتیه و همکاران 2002) گزارش شده است. مقایسه میانگین تأثیر جدایه‌های باکتری بر سطح برگ نشان داد تمامی جدایه‌ها این پارامتر را به صورت معنی‌داری نسبت به شاهد افزایش دادند. بیشترین سطح برگ با کاربرد جدایه B2 و افزایشی معادل 26/8 درصد نسبت به شاهد بدست آمد که با جدایه‌های B1 و B3 تفاوت معنی‌داری نداشت (شکل 4). اسپرنت و اسپرنت (1990) گزارش کردند که باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن شامل آزوسپیریوم و ازتوباکتر از طریق همیاری با ریشه گیاهان، موجب افزایش سطح برگ شد.

جوشی و همکاران (2013) گزارش کردند که قطر ساقه گندم به طور معنی‌داری تحت تأثیر کاربرد ورمی‌کمپوست قرار گرفت. همچنین گزارش شده است کاربرد ورمی‌کمپوست باعث افزایش معنی‌دار قطر ساقه نرت (پاندورنگ 2013) و بادرنجبویه (زکریان و همکاران 2014) گردید. مقایسه میانگین تأثیر جدایه‌ها بر قطر ساقه نشان داد که کاربرد دو باکتری آزوسپیریوم و ازتوباکتر باعث افزایش معنی‌دار این شاخص زراعی نسبت به شاهد شد. باکتری B3 قطر ساقه را نسبت به شاهد 9/82 و باکتری B2، 7/91 درصد افزایش دادند (شکل 2). اصغر و همکاران (2004) اظهار داشتند که تلقیح کلزا با سویه‌های منتخب باکتری‌های محرک رشد باعث افزایش قطر ساقه شد. افزایش قطر ساقه در تیمار B4 نسبت به کاربرد هر یک از باکتری‌ها به تنهایی کمتر بود. به طوری که بین تیمار B4 و شاهد از این حیث تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد.

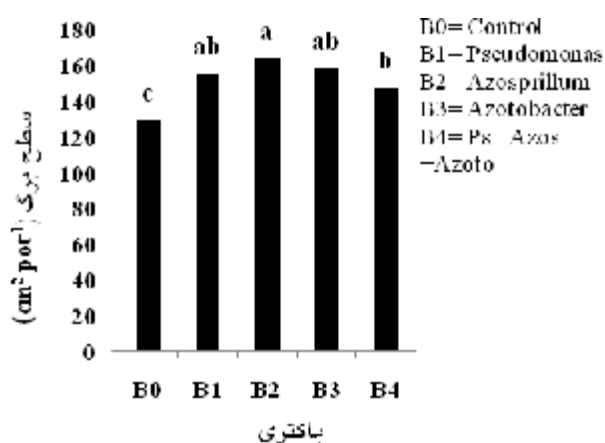
سطح برگ: نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد تمامی سطوح ورمی‌کمپوست به طور معنی‌داری سطح برگ گیاهچه‌های کنجد را افزایش دادند. بیشترین مقدار مربوط به تیمار V3 بود؛ لیکن تیمارهای V1 و V2 نیز



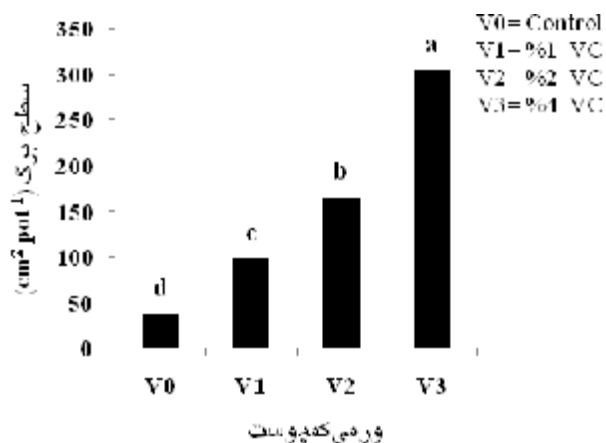
شکل 2- تأثیر جدایه‌های باکتری بر قطر ساقه گیاهچه‌های کنجد.



شکل 1- تأثیر ورمی کمپوست بر قطر ساقه گیاهچه‌های کنجد.



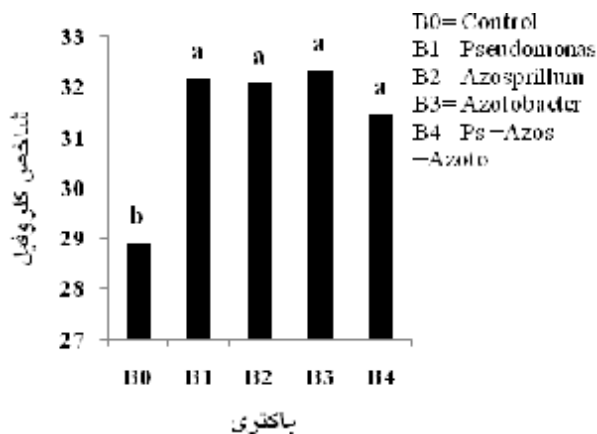
شکل 4- تأثیر جدایه‌های باکتری بر سطح برگ گیاهچه‌های کنجد.



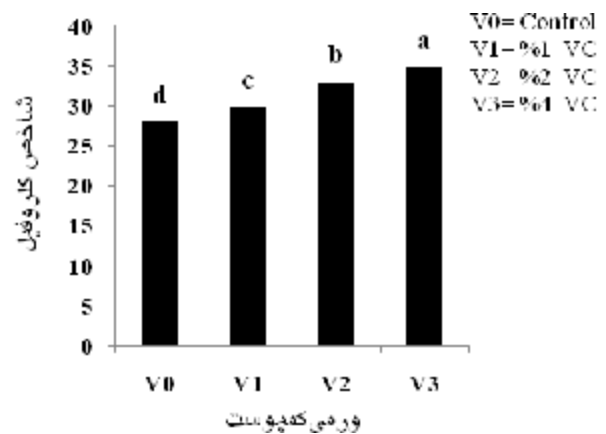
شکل 3- تأثیر ورمی کمپوست بر سطح برگ گیاهچه‌های کنجد.

نشان داد (شکل 6) که تمامی جدایه‌ها باعث افزایش معنی‌دار این شاخص زراعی نسبت به شاهد شدند. بیشترین شاخص کلروفیل از کاربرد جدایه B3 به دست آمد که با جدایه‌های B1 و B2 از لحاظ آماری تفاوتی نداشت. ظفر و همکاران (2011) گزارش نمودند که تلقیح گندم و ذرت با باکتری‌های محرک رشد باعث افزایش میزان کلروفیل برگ گردید. پنهوار و همکاران (2011) گزارش کردند که کاربرد باکتری‌های حل‌کننده فسفات (*Bacillus spp.*) محتوای کلروفیل برگ برنج را نسبت به شاهد به طور قابل توجهی افزایش داد.

شاخص کلروفیل برگ: مقایسه میانگین‌ها نشان داد که کاربرد ورمی کمپوست، اثر معنی‌داری بر شاخص کلروفیل داشت (شکل 5). بالاترین مقدار شاخص کلروفیل از V3 با افزایشی معادل 24/7 درصد به دست آمد. تیمارهای V1 و V2 به ترتیب این شاخص زراعی را معادل 7/06 و 18/3 درصد نسبت به شاهد افزایش دادند. ایوبنیش (2011) گزارش کرد افزودن 10 درصد ورمی کمپوست به بستر کشت باعث افزایش معنی‌دار محتوای کلروفیل برگ لوبیا گردید. مقایسه میانگین تأثیر جدایه‌های باکتری بر شاخص کلروفیل نیز



شکل 6- تأثیر جدایه‌های باکتری بر شاخص کلروفیل برگ گیاهچه‌های کنجد.



شکل 5- تأثیر ورمی کمپوست بر شاخص کلروفیل برگ گیاهچه‌های کنجد.

مشاهده شد و باعث افزایش ارتفاع ساقه از 13 به 51 سانتی‌متر گردید که با تیمارهای V3B0، V3B2، V3B3 و V3B4 از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول 4). در تیمار عدم کاربرد ورمی کمپوست استفاده از تیمارهای مختلف باکتریایی تأثیر معنی‌داری بر ارتفاع ساقه نسبت به شاهد نداشتند؛ ولی در تیمار عدم کاربرد باکتری استفاده از سطوح مختلف ورمی کمپوست باعث افزایش معنی‌دار ارتفاع ساقه نسبت به شاهد گردید. نتایج یک تحقیق نشان داد که استفاده از ورمی کمپوست به همراه کود زیستی بیوفسفات باعث افزایش ارتفاع ساقه بادرشبی شد (مفاخری و همکاران 1390). در تحقیقی دیگر شکرانی و همکاران (2012) مشاهده کردند که کاربرد ورمی کمپوست به همراه کود زیستی نیتروکسین (شامل ازتوباکتر و آزوسپیریوم) باعث افزایش ارتفاع ریحان گردید.

تعداد برگ در گلدان: نتایج مقایسه میانگین تأثیر ورمی کمپوست و باکتری بر تعداد برگ گیاهچه‌های کنجد (جدول 4) نشان داد که برهم‌کنش این دو تیمار اثر معنی‌داری بر تعداد برگ داشت. بیشترین مقدار با 87 درصد افزایش نسبت به شاهد در تیمار V3B2 به دست آمد که با تیمار V3B1 تفاوت معنی‌داری نداشت. در تیمار عدم کاربرد ورمی کمپوست استفاده از تیمارهای

وزن خشک اندام هوایی: نتایج مقایسه میانگین برهم‌کنش ورمی کمپوست و باکتری بر وزن خشک اندام هوایی (جدول 4) نشان داد بیشترین وزن خشک مربوط به تیمار V3B2 بود که با تمامی تیمارها از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری داشت. در عدم کاربرد ورمی کمپوست، استفاده از تیمارهای مختلف باکتریایی بر وزن خشک اندام هوایی نسبت به شاهد اثر معنی‌داری نداشت ولی در تیمارهای عدم کاربرد باکتری استفاده از سطوح مختلف ورمی کمپوست باعث افزایش این شاخص زراعی نسبت به شاهد گردید. به نظر می‌رسد کاربرد باکتری‌های مختلف در افزایش تأثیر ورمی کمپوست بر وزن خشک اندام هوایی مؤثر بود. گزارش شده است که تأثیر کاربرد توام ورمی کمپوست و جدایه‌هایی از باکتری‌های گروه سودوموناس فلورسنت از اثرات فردی آنها بر رشد و میزان ماده خشک نخود بیشتر بود که این افزایش می‌تواند ناشی از تأثیر هم‌افزایی این دو عوامل در بهبود شرایط فیزیکی و تغذیه‌ای باشد (ساحنی و همکاران 2008).

ارتفاع ساقه: مقایسه میانگین‌ها نشان داد که برهم‌کنش باکتری و ورمی کمپوست بر ارتفاع ساقه معنی‌دار بود. بیشترین ارتفاع ساقه در تیمار V3B1

مختلف باکتریایی باعث افزایش معنی‌دار تعداد برگ نسبت به شاهد گردید و در تیمار عدم کاربرد باکتری نیز استفاده از سطوح مختلف ورمی کمپوست تعداد برگ در گلدان را به‌طور معنی‌داری افزایش داد.

جدول 4- مقایسه میانگین تأثیر بر هم کنش سطوح ورمی کمپوست و باکتری بر شاخص‌های رشد گیاهچه‌های کنجد.

تعداد برگ	ارتفاع ساقه (cm)	وزن خشک اندام هوایی (g pot ⁻¹)	سطوح باکتری	سطوح ورمی کمپوست
31/0 ^k	13/0 ^h	0/148 ^k	B0	
36/0 ⁱ	13/0 ^h	0/305 ^k	B1	
36/0 ⁱ	15/5 ^h	0/255 ^k	B2	V0
35/0 ^{ij}	14/6 ^h	0/212 ^k	B3	
32/0 ^k	14/2 ^h	0/202 ^k	B4	
41/0 ^h	28/1 ^g	0/620 ^j	B0	
46/0 ^{fg}	36/1 ^{ef}	1/17 ⁱ	B1	
43/0 ^{gh}	33/8 ^f	1/30 ^{hi}	B2	V1
47/0 ^f	35/3 ^{ef}	1/20 ⁱ	B3	
47/0 ^f	37/5 ^{def}	1/42 ^{ghi}	B4	
48/0 ^f	38/8 ^{cde}	1/44 ^{ghi}	B0	
50/0 ^{def}	42/0 ^c	1/66 ^{hi}	B1	
50/0 ^{def}	46/2 ^b	1/78 ^{ghi}	B2	V2
52/0 ^{cde}	46/2 ^b	1/87 ^e	B3	
49/0 ^{ef}	40/5 ^{cd}	1/52 ^{fgh}	B4	
52/0 ^{cde}	46/9 ^{ab}	2/51 ^d	B0	
57/0 ^{ab}	51/0 ^a	3/080 ^{bc}	B1	
58/0 ^a	47/2 ^{ab}	3/49 ^a	B2	V3
54/0 ^{bc}	49/5 ^{ab}	3/23 ^b	B3	
52/0 ^{cd}	50/4 ^{ab}	2/87 ^c	B4	

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف لاتین مشترک در هر ستون فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح پنج درصد به‌روش دانکن می‌باشند. V0، V1، V2 و V3 عبارتند از سطوح ورمی کمپوست به‌ترتیب معادل صفر، یک، دو و چهار درصد وزنی و B0، B1، B2، B3 و B4 عبارتند از سطوح تلقیح به‌ترتیب شامل بدون تلقیح، تلقیح با جدایه‌ای از باکتری‌های گروه سودوموناس فلورسنت، تلقیح با جدایه‌ای از باکتری آزوسپیریلوم، تلقیح با جدایه‌ای از باکتری ازتو باکتر و تلقیح با مخلوطی از سه باکتری.

مس در سطح یک درصد معنی‌دار بود ورمی کمپوست نیز تأثیر معنی‌داری بر جذب عناصر اندازه‌گیری شده در سطح یک درصد داشت. همچنین برهم‌کنش ورمی کمپوست و باکتری نیز اثر معنی‌داری بر تمامی عناصر اندازه‌گیری شده در سطح یک درصد داشت.

تأثیر کاربرد جدایه‌های باکتری و سطوح ورمی کمپوست بر جذب عناصر غذایی گیاهچه‌های کنجد نتایج تجزیه واریانس تأثیر جدایه‌های منتخب و مقادیر ورمی کمپوست بر جذب عناصر توسط گیاهچه‌های کنجد در جدول 5 نشان داده شده است. کاربرد جدایه‌ها بر جذب نیتروژن، فسفر، آهن، منگنز، روی و

جدول 5- نتایج تجزیه واریانس تأثیر ورمی کمپوست و باکتری بر جذب عناصر غذایی گیاهچه‌های کنجد.

میانگین مربعات								
منابع تغییرات	درجه آزادی	نیترژن	فسفر	پتاسیم	آهن	منگنز	روی	مس
باکتری	4	587**	4/42**	348**	5589**	8910**	1112**	10/9**
ورمی کمپوست	3	15329**	354**	13016**	121537**	290438**	37765**	49/8**
ورمی × باکتری	12	153**	3/08**	120**	2329**	2613**	229**	1/10**
خطا	-	11/3	0/625	13/9	114	393	50/3	0/336
CV	-	10/3	14/4	11/7	12/8	13/9	14/8	15/4

** و * به ترتیب معنی دار در سطح احتمال یک و پنج درصد و ns عدم تفاوت معنی دار.

نیترژن اندام هوایی: نتایج مقایسه میانگین

برهم کنش ورمی کمپوست و باکتری بر جذب نیترژن اندام هوایی (جدول 6) نشان داد بیشترین جذب نیترژن اندام هوایی مربوط به تیمار V3B2 بود. کاربرد این تیمار باعث شد جذب نیترژن اندام هوای از 1/96 به 96/8 میلی گرم بر گلدان افزایش یابد. کاربرد تیمارهای مختلف باکتری در افزایش تأثیر سطوح مختلف ورمی کمپوست بر جذب نیترژن اندام هوایی مؤثر بوده و این تأثیر احتمالاً ناشی از اثر هم افزایی ورمی کمپوست و کودهای زیستی بوده است. شیخی و رونقی (1392) در آزمایشی مشاهده کردند که کاربرد ورمی کمپوست باعث افزایش غلظت نیترژن در اندام هوایی اسفناج گردید. هاشمی مجد و همکاران (2004) نشان دادند کاربرد ورمی کمپوست باعث افزایش مقدار نیترژن اندام هوایی گوجه فرنگی شد. صالحی و همکاران (1390) نیز در آزمایشی مشاهده کردند که استفاده از ورمی کمپوست باعث افزایش درصد نیترژن اندام هوایی بابونه آلمانی گردید. آنها همچنین گزارش دادند که کاربرد باکتری های ریزوسفری محرک رشد گیاه شامل *Pseudomonas*، *Azospirillum* و *Azotobacter* باعث افزایش درصد نیترژن بابونه آلمانی گردید.

فسفر اندام هوایی: نتایج مقایسه میانگین

برهم کنش ورمی کمپوست و باکتری بر جذب فسفر اندام هوایی (جدول 6) نشان داد بیشترین جذب فسفر اندام هوایی مربوط به تیمار V3B1 بود که با تیمار V3B2 از لحاظ آماری اختلاف معنی داری نداشت. کاربرد تیمار V3B1 جذب فسفر اندام هوای را از 0/759 به 12/8 میلی گرم بر گلدان افزایش داد. به نظر می رسد کاربرد تیمارهای مختلف باکتری بخصوص جدایه متعلق به گروه باکتری های سودوموناس فلورسنت در افزایش تأثیر سطوح ورمی کمپوست بر جذب فسفر اندام هوایی مؤثر بوده است. در آزمایشی ساهنی و همکاران (2008) بیان کردند که کاربرد سطوح مختلف ورمی کمپوست (0، 10، 25 و 50 درصد حجمی) به همراه باکتری *Pseudomonas syringae* باعث افزایش معنی دار غلظت فسفر در گیاه نخود گردید. در تحقیقی دیگر کومار و سینگ (2001) نشان دادند که کاربرد ورمی کمپوست همراه با تلقیح جدایه ای از باکتری های حل کننده فسفات (از جنس سودوموناس) به طور معنی داری میزان فسفر را افزایش داد.

پتاسیم اندام هوایی: نتایج مقایسه میانگین تأثیر ورمی کمپوست و باکتری بر جذب پتاسیم اندام هوایی (جدول 6) نشان داد که برهم کنش این دو تیمار اثر معنی داری بر جذب پتاسیم داشت. بیشترین مقدار پتاسیم در تیمار V3B2 به دست آمد که جذب این عنصر را از 1/94 به 76/3 میلی گرم بر گلدان افزایش داد.

بیشترین جذب روی اندام هوایی مربوط به تیمار V3B2 بود که با تیمارهای V3B3 و V3B4 از لحاظ آماری تفاوتی نداشت و جذب این عنصر را از 2/81 به ترتیب به 121، 113 و 113 میکروگرم برگلدان افزایش داد. با توجه به نتایج بدست آمده می‌توان چنین استنباط کرد که کاربرد تیمارهای مختلف باکتریایی در افزایش تأثیر سطوح مختلف کاربرد ورمی کمپوست بر جذب روی اندام هوایی مؤثر بوده‌اند. در پژوهشی نشان داده شد که کاربرد توام ورمی کمپوست و باکتری *Pseudomonas syringae* باعث افزایش جذب روی در نخود گردید به طوری که بیشترین مقدار با کاربرد 10 درصد ورمی کمپوست و تلقیح باکتری بدست آمد (ساهنی و همکاران 2008).

مس اندام هوایی: نتایج مقایسه میانگین برهم‌کنش ورمی کمپوست و باکتری بر جذب مس اندام هوایی (جدول 6) نشان داد بیشترین جذب مس اندام هوایی از تیمار کاربرد V3 و تلقیح باکتری B2 به دست آمد که با تیمارهای V3B1 و V3B3 از نظر آماری تفاوت معنی‌داری نداشت. کاربرد تیمار V3B2 باعث شد تا جذب مس اندام هوایی از 1/49 در تیمار شاهد به 8/41 میکروگرم بر گلدان افزایش یابد. در عدم کاربرد ورمی کمپوست تنها کاربرد تیمار B1 توانست جذب مس اندام هوایی را نسبت به شاهد افزایش دهد. در تیمارهای عدم کاربرد باکتری مشاهده گردید که افزایش سطوح ورمی کمپوست باعث افزایش معنی‌دار جذب مس اندام هوایی نسبت به شاهد گردید. به نظر می‌رسد کاربرد تیمارهای مختلف باکتری در افزایش تأثیر سطوح ورمی کمپوست بر جذب مس اندام هوایی مؤثر بوده است.

آهن اندام هوایی: نتایج مقایسه میانگین برهم‌کنش ورمی کمپوست و باکتری بر جذب آهن اندام هوایی (جدول 6) نشان داد بیشترین جذب آهن اندام هوایی از تیمار V3B2 بدست آمد که با تمامی تیمارها از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری داشت و میزان این عنصر را به 266 میکروگرم برگلدان افزایش داد. در تیمار عدم کاربرد ورمی کمپوست استفاده از تیمارهای مختلف باکتریایی بر جذب آهن اندام هوایی در مرحله گیاهچه‌ای تأثیر معنی‌داری نداشت ولی در تیمار عدم کاربرد باکتری، تیمارهای ورمی کمپوست به غیر از تیمار V1 باعث افزایش معنی‌دار جذب این عنصر نسبت به شاهد گردیدند. به نظر می‌رسد کاربرد تیمارهای باکتری‌هایی باعث افزایش تأثیر ورمی کمپوست در دو سطح V2 و V3 گردیده است. در آزمایشی ساهنی و همکاران (2008) بیان کردند که کاربرد سطوح مختلف ورمی کمپوست (0، 10، 25 و 50 درصد حجمی) به همراه باکتری *Pseudomonas syringae* باعث افزایش معنی‌دار آهن کل در گیاه نخود شد.

منگنز اندام هوایی: نتایج مقایسه میانگین برهم‌کنش ورمی کمپوست و باکتری بر جذب منگنز اندام هوایی (جدول 6) نشان داد بیشترین جذب منگنز اندام هوایی در تیمار V3B2 به دست آمد (9/78 میکروگرم برگلدان) که با تمامی تیمارهای کاربردی از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری داشت. ساهنی و همکاران (2008) نشان دادند که کاربرد تلفیقی ورمی کمپوست و باکتری محرک رشد گیاه باعث افزایش معنی‌دار منگنز کل در نخود شد.

روی اندام هوایی: نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد برهم‌کنش ورمی کمپوست و باکتری بر جذب روی اندام هوایی از نظر آماری معنی‌دار بود (جدول 6).

جدول 6- مقایسه میانگین تاثیر بر هم کنش سطوح ورمی کمپوست و باکتری بر جذب عناصر غذایی در گیاهچه‌های کنجد.

منگنز	مس	روی	آهن	پتاسیم	فسفر	نیتروژن	سطوح باکتری	ورمی کمپوست
$\mu\text{g pot}^{-1}$			mg pot^{-1}					
9/78 ⁱ	1/49 ^k	2/81 ^j	4/43 ⁱ	1/94 ^h	0/759 ^k	1/64 ⁱ	B0	
23/2 ⁱ	2/66 ^{ij}	7/30 ^{ij}	11/5 ⁱ	5/50 ^h	1/51 ^k	2/81 ^{hi}	B1	
10/7 ⁱ	1/81 ^{jk}	5/12 ^j	10/9 ⁱ	4/31 ^h	0/863 ^k	3/54 ^{hi}	B2	V0
11/7 ⁱ	1/33 ^k	5/09 ^j	8/99 ⁱ	5/14 ^h	0/948 ^k	2/94 ^{hi}	B3	
8/75 ⁱ	1/34 ^k	5/11 ^j	8/75 ⁱ	2/91 ^h	2/867 ^j	2/91 ^{hi}	B4	
40/5 ⁱ	2/64 ^{ij}	16/9 ⁱ	17/0 ⁱ	7/83 ^h	3/091 ^{ij}	8/44 ^h	B0	
120 ^{fg}	4/49 ^{def}	27/5 ^h	60/2 ^{gh}	25/3 ^g	4/30 ^{ghi}	18/4 ^g	B1	
h								
11/4 ^g	4/76 ^{de}	39/2 ^{fg}	53/7 ^{fg}	25/2 ^g	3/64 ^{hij}	20/0 ^g	B2	V1
h								
100 ^h	3/32 ^{ghi}	28/4 ^{gh}	58/1 ^{gh}	25/2 ^g	3/53 ^{ij}	22/8 ^{fg}	B3	
109 ^{gh}	3/57 ^{ghi}	35/5 ^{gh}	35/5 ^{gh}	29/8 ^{fg}	4/20 ^{ghi}	19/7 ^g	B4	
133 ^{gf}	2/67 ^{ij}	37/8 ^{fgh}	72/9 ^{fg}	30/4 ^{fg}	4/83 ^{fgh}	23/3 ^{fg}	B0	
180 ^d	5/22 ^{cd}	47/6 ^{ef}	92/1 ^e	37/6 ^e	6/42 ^e	35/5 ^e	B1	
100 ^e	5/34 ^{bc}	55/3 ^{de}	100 ^e	37/6 ^e	5/68 ^{ef}	38/8 ^e	B2	V2
d								
173 ^{de}	3/70 ^{fgh}	60/1 ^d	86/7 ^{ef}	45/6 ^d	5/78 ^{ef}	36/9 ^e	B3	
148 ^{ef}	2/86 ^{hi}	46/4 ^{ef}	56/9 ^{gh}	31/2 ^f	5/30 ^{fg}	28/4 ^f	B4	
242 ^d	4/03 ^{efg}	77/0 ^c	132 ^d	58/2 ^c	10/5 ^c	55/6 ^d	B0	
305 ^b	6/30 ^a	109 ^b	194 ^b	68/2 ^b	12/8 ^a	70/8 ^c	B1	
377 ^a	8/41 ^a	121 ^a	266 ^a	76/3 ^a	12/3 ^{ab}	96/8 ^a	B2	V3
311 ^b	6/14 ^{ab}	113 ^{ab}	193 ^b	64/6 ^b	11/4 ^{bc}	90/2 ^b	B3	
260 ^c	5/33 ^{bc}	113 ^{ab}	170 ^c	56/2 ^c	9/25 ^d	70/8 ^c	B4	
d								

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف لاتین مشترک در هر ستون فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح پنج درصد به‌روش دانکن می‌باشند. میانگین‌های V1، V2 و V3 عبارتند از سطوح ورمی کمپوست به ترتیب معادل صفر، یک، دو و چهار درصد وزنی و B0، B1، B2، B3 و B4 عبارتند از سطوح تلقیح به‌ترتیب شامل بدون تلقیح، تلقیح با جدایه‌ای از باکتری‌های گروه سودوموناس فلورسنت، تلقیح با جدایه‌ای از باکتری آزوسپیریولوم، تلقیح با جدایه‌ای از باکتری ازتو باکتر و تلقیح با مخلوطی از سه باکتری.

منابع مورد استفاده

شیخی ج و رونقی عم، 1392. اثر شوری و کاربرد ورمی کمپوست بر غلظت عناصر غذایی و عملکرد اسفناج رقم شیخی و پیروفلجی در یک خاک آهکی. علوم و فنون کشت‌های گلخانه‌ای. جلد 4، شماره 13، صفحه‌های 81 تا 92.

صالحی ا، قلاوند ا، سفیدکن ف و اصغرزاده ا، 1390. تأثیر کاربرد زئولیت، مایه تلقیح میکروبی و ورمی کمپوست بر غلظت عناصر، N، P، K میزان اسانس و عملکرد اسانس در کشت ارگانیک گیاه دارویی بابونه آلمانی (Matricaria chamomilla L.). فصلنامه علمی پژوهشی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران. جلد 27، شماره 2، صفحه‌های 188 تا 201.

علیخانی ح. 1385. پرورش کرم‌های مولد ورمی کمپوست و کشاورزی پایدار. انتشارات دانشگاه تهران، صفحه 164.

قلاوند ا، حمیدی دهقان‌شعار م، ملکوتی م، اصغرزاده ا و چوکان ر، 1385. کاربرد کودهای زیستی (بیولوژیک)، راهبردی بوم‌شناختی برای مدیریت پایدار بوم‌نظام‌های زراعی. صفحه‌های 200 تا 224. مقالات کلیدی نهمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران.

مفاخری س، امیدبگی ر، سفیدکن ف و رجالی ف، 1390. تأثیر کاربرد ورمی کمپوست، بیوفسفات و ازتوباکتر بر کمیت و کیفیت اسانس گیاه دارویی بادرشبی. فصلنامه علمی پژوهشی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران، جلد 27، شماره 4، صفحه‌های 596 تا 605.

- Ahmed AG, Orabi SA and Gaballah MS, 2010. Effect of bio-N-P fertilizer on the growth, yield and some biochemical components of two sunflower cultivars. *International Journal of Academic Research* 2: 271-277.
- Arancon NQ, Edwards CA, Bierman P, Welch, C and Metzger JD, 2004. Influences of vermicomposts on field strawberries: 1 Effects on growth and yields. *Bioresource Technology* 93:145-153.
- Asghar HN, Zahir ZA and Arshad M, 2004. Screening rhizobacteria for improving the growth, yield and oil content of canola (*Brassica napus* L.). *Australian Journal of Agricultural Research* 45(2): 135-143.
- Atiyeh R, Arancon N, Edwards C and Metzger J, 2000. Influence of earthworm-processed pig manure on the growth and yield of greenhouse tomatoes. *Bioresource Technology* 75: 175-180.
- Atiyeh RM, Arancon NQ, Edwards CA and Metzger JD. 2002. The influence of humic acids derived from earthworm processed organic wastes on plant growth. *Bioresource Technology* 84: 7- 14.
- Azarmi R, Ziveh PS and Satari MR, 2008. Effect of vermicompost on growth, yield and nutrition status of tomato (*Lycopersicon esculentum*). *Pakistan Journal of Biological Sciences* 11: 1797-1802.
- Bouyoucos GJ, 1951. A calibration of hydrometer method for making mechanical analysis of soil. *Agronomy Journal* 43: 434-438.
- Bremner JM and Keeney DR, 1965. Steam distillation methods for determination of ammonium nitrate and nitrate. *Analytica Chimica Acta* 32: 465-495.
- Bremner JM and Mulvaney CS, 1982. Nitrogen-Urea. Pp. 699-708. In: Miller RH and Keeney, DR (eds). *Method of Soil Analysis. Chemical and Microbiological Properties*. American Society of Agronomy. USA.
- Cottenie, A. 1980. *Methods of Plant Analysis*. In: *Soil and Plant Testing*. FAO Soils Bulletin 38: 64-100
- Figueiredo MVB, Seldin L, Araujo FF and Mariano RLR. 2010. *Plant Growth Promoting Rhizobacteria: Fundamentals and Applications*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg 18: 21-43.
- Hashemimajd K, Kalbasi M, Golchin A and Shaiatmadari H, 2004. Comparison of vermicompost and composts as potting media for growth of tomatoes. *Plant Nutrition* 27(6): 1107- 1123.
- Ivinsk G, 2011. Vermicompost treatment differentially affects seed germination, seedling growth and physiological status of vegetable crop species. *Plant Growth Regulation* 65:169-181.
- Ismail SH., Joshi P and Grace A, 2003. The waste in your dustbin is scarring the environment. The technology of composting. *Advanced Biotechnology* 5: 30-34.
- Joshi R, Vig AP and Singh J, 2013. Vermicompost as soil supplement to enhance growth, yield and quality of *Triticum aestivum* L. a field study. *International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture* 2: 16-27.
- Kloepper JW, Schroth MN and Miller TD, 1989. Effects of rhizosphere colonization by plant growth-promoting rhizobacterial on potato plant development and yield. *Ecology and Epidemiology* 70:1078-1082.
- Kumar S, Choudhary G and Chaudhari A, 2002. Effects of nitrogen and biofertilizers on the yield and quality of coriander *Coriandrum sativum* L. *Annals of Agricultural Research* 23: 634-637.
- Kumar V and Singh KP, 2001. Enriching vermicompost by nitrogen fixing and phosphate solubilizing bacteria. *Bioresource Technology* 76: 173-175.
- McLean EO, 1982. Soil pH and lime requirement. Pp. 199-223. In: Miller RH and Keeney, DR (eds). *Method of Soil Analysis. Chemical and Microbiological Properties*. American Society of Agronomy. USA
- Olsen SR, Cole CV, Watanabe FS and Dean LA, 1954. Estimation of Available Phosphorus in Soils by Extraction with Sodium Bicarbonate. *Circ.* 939. USDA, Washington, DC.
- Padmapriya S and Chezhiyan N, 2009. Effect of shade, organic, inorganic and biofertilizers on morphology, yield and quality of turmeric. *Indian Journal of Horticulture* 66: 333-339.
- Pandurang MU, 2013. Efficacy of weed vermicompost and chemical fertilizer on yield, morpho-physiological and biochemical investigations of maize. *African Journal of Biotechnology* 14: 3786-3791.
- Panhwar QA, Radziah O, Zaharah AR, Sariah M and Mohd Razi I, 2011. Role of phosphate solubilizing bacteria on rock phosphate solubility and growth of aerobic rice. *Journal of Environmental Biology* 32(5): 607-612.
- Sahni S, Sarma B, Singh D, Singh H and Singh K, 2008. Vermicompost enhances performance of plant growth-promoting rhizobacteria in *Cicer arietinum* rhizosphere against *Sclerotium rolfsii*. *Crop Protection* 27: 369-376.

- Sallaku G, Babaj I, Kaciu S and Balliu A, 2009. The influence of vermicompost on plant growth characteristics of cucumber (*Cucumis sativus* L.) seedlings under saline conditions. *Journal of Food, Agriculture and Environment*(JFAE) 7: 869-872.
- Sharma DP, Sharma TR, Agrawal SB and Rawat A, 2003. Differential response of turmeric to organic and inorganic fertilizers. *JNKVV Research Journal* 37(2): 17-19.
- Shokrani F, Pirzad A, Zardoshti MR and Darvishzadeh R, 2012. Effect of irrigation disruption and biological nitrogen on growth and flower yield in *Calendula officinalis* L. *African Journal of Biotechnology* 11(21): 4795 - 802.
- Singh B, Singh B, Masih MR and Choudhary RL, 2009. Evaluation of P and S enriched organic manures and their effect on seed yield and quality of coriander (*Coriandrum sativum* L.). *International Journal of Agricultural Sciences* 5: 18-20.
- Singh R, Sharma RR, Kuma S, Gupta RK and Patil RT, 2008. Vermicompost substitution influences growth, physiological disorders, fruit yield and quality of strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.). *Bioresource Technology* 99: 8507-8511.
- Sprent JI and Sprent P, 1990. *Nitrogen Fixing Organisms: Pure and Applied Aspects*. Chapman and hall. 256 p.
- Troussellier, M., Bonnefont, J.L., Courties, C., Derrien, A., Dupray, E., Gauthier, M., Gourmelon, M., Joux, F., Lebaron, P., Martin, Y., and Pommepuy, M. 1998. Responses of enteric bacteria to environmental stresses in seawater. *Oceanologica Acta* 21: 965-981.
- Van Herwijnen R, Hutchings TR, Al-Tabbaa A, Moffat AJ, Johns ML and Ouki SK, 2007. Remediation of metal contaminated soil with mineral-amended composts. *Environmental Pollution* 150: 347-354.
- Warman PR and AngLopez MJ, 2010. Vermicompost derived from different feedstocks as a plant growth medium. *Bioresource Technology* 101: 4479- 4483.
- Weiss EA, 2000. *Oilseed Crops*, Blackwell Science Ltd., Bodmin, UK.
- Wu SC, Cao ZH, Li ZG, Cheung KC and Wong MH, 2005. Effects of biofertilizer containing N fixer, P and K solubilizers and AM fungi on maize growth: a greenhouse trial. *Geoderma* 125: 155-166.
- Zafar M, Rahim N, Shaheen A, Khaliq A, Arjamand T, Jamil M, Rehman ZU, and Sultan, T. 2011. Effect of combining poultry manure, inorganic phosphorus fertilizers and phosphate solubilizing bacteria on growth, yield, protein content and P uptake in maize. *Advances in Agriculture and Botany International Journal of the Bioflux Society* 3(1): 46- 58.
- Zahir ZA, Arshad M and Frankenberger WT, 2004. Plant growth promoting rhizobacteria: Application and perspectives in agriculture. *Advances in Agronomy* 81: 97-167.
- Zakerian F, Abbaszadeh B and Rejali F, 2014. Balm morphology under control of non chemical sources of nutrients. *International Journal of Biosciences* 4: 279-284.
- Zaller JG, 2007. Vermicompost as a substitute for peat in potting media: Effects on germination, biomass allocation, yields and fruit quality of three tomato varieties. *Scientia Horticulturae* 112: 191-199.