

تأثیر کاربرد ورمی‌کمپوست و باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن بر رشد و ترکیب

شیمیایی کنجد (*Sesamum indicum* L.)

پریسا ستوده، عبدالرضا اخگر¹ و پیمان عباس‌زاده دهجی

دانشجوی سابق کارشناسی ارشد دانشگاه ولی عصر رفسنجان؛ p.sotodeh@yahoo.com

دانشیار گروه علوم خاک دانشگاه ولی عصر رفسنجان؛ arakhgar@yahoo.com

استادیار گروه علوم خاک دانشگاه ولی عصر رفسنجان؛ abp_1114@yahoo.com

دریافت: 94/8/20 و پذیرش: 94/11/28

چکیده

امروزه مصرف نهاده‌های شیمیایی در اراضی کشاورزی موجب معضلات زیست محیطی عدیده‌ای از جمله آلودگی منابع آب، خاک و کاهش میزان حاصلخیزی خاک‌ها گردیده است. استفاده از منابع بیولوژیک به جای منابع شیمیایی، نقش مهمی در باروری و حفظ فعالیت بیولوژیک خاک، افزایش کیفیت محصولات کشاورزی و سلامت اکوسیستم دارد. بنابراین به منظور بررسی تأثیر ورمی‌کمپوست و باکتری‌های محرک رشد بر شاخص‌های رشد و جذب عناصر کنجد، آزمایشی گلخانه‌ای به صورت 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 وزنی) و باکتری‌های محرک رشد در سه سطح (تلقیح با جدایه‌ای از باکتری آزوسپیریلوم (B1)، تلقیح با جدایه‌ای از باکتری ازتوباکتر (B2)) و تیمار بدون باکتری (B0) بودند. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که ارتفاع ساقه، قطر ساقه، جذب فسفر و روی تحت تأثیر اثرات اصلی ورمی‌کمپوست و باکتری‌های محرک رشد به‌طور معنی‌داری افزایش یافتند. همچنین کاربرد تلفیقی ورمی‌کمپوست و باکتری‌های محرک رشد توانست به‌طور معنی‌داری باعث افزایش وزن خشک اندام هوایی، سطح برگ و جذب عناصر نیتروژن، پتاسیم، آهن، منگنز و مس شود. بیشترین وزن خشک اندام هوایی، سطح برگ و جذب نیتروژن، پتاسیم، آهن و منگنز اندام هوایی در تیمار کاربرد 4 درصد وزنی ورمی‌کمپوست به همراه باکتری ازتوباکتر مشاهده گردید و بیشترین مس اندام هوایی در تیمار کاربرد 2 درصد وزنی ورمی‌کمپوست بدون باکتری بدست آمد.

واژه‌های کلیدی: باکتری‌های محرک رشد گیاه، جذب عناصر، شاخص‌های رشد، کود آلی

¹ نویسنده مسئول، آدرس: رفسنجان، دانشگاه ولی عصر، دانشکده کشاورزی، گروه مهندسی علوم خاک

مقدمه

کنجد با نام علمی (*Sesamum indicum* L.) گیاهی یک ساله، دولپه، پیوسته گلبرگ و از خانواده Pedaliaceae می‌باشد. این گیاه، یکی از گیاهان دانه‌ای روغنی مهم در کشاورزی سستی نواحی گرم به شمار می‌رود و در ظاهر از قدیمی‌ترین دانه‌های روغنی در جهان است (خواجه‌پور، 1386). استفاده از روغن کنجد در صنعت مواد غذایی، موجب افزایش تقاضا و به دنبال آن افزایش سطح زیر کشت این گیاه شده است؛ اما مشکلاتی چون آلودگی‌های زیست محیطی ناشی از کاربرد کودهای شیمیایی، افزایش هزینه‌های تولید، تأمین محصول با کیفیت مناسب برای جمعیت رو به افزون جهان (از جمله پیش بینی 87/1 میلیون نفر برای کشورمان در سال 2015) و روند نزولی سهم سرانه اراضی کشاورزی (چه در مقیاس جهانی و چه در مقیاس ملی) تجدید نظر در روش‌های افزایش تولید محصولات زراعی را ضروری ساخته است (فلاوند و همکاران، 1385؛ رجب‌پور شکیکی و همکاران، 1386). استفاده از کودهای آلی یکی از راهکارهای مؤثر در حفظ کیفیت مطلوب خاک محسوب می‌گردد که باعث افزایش واکنش‌های مفید بین گیاه و ریزجانداران در ریزوسفر شده و توان گیاه را برای جذب بیشتر عناصر غذایی افزایش می‌دهد (کوکالیس-بیوریل و همکاران، 2006). از میان کودهای آلی می‌توان به ورمی کمپوست اشاره کرد. ورمی کمپوست یک کود آلی 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 کود در مقایسه با سایر کودهای آلی دارای میزان عناصر غذایی بالاتری است (ارزانش و عباسی، 1390). تحقیقات مختلف نشان داده است که کاربرد ورمی کمپوست به تنهایی یا در ترکیب با دیگر کودهای آلی یا کودهای شیمیایی موجب افزایش رشد و عملکرد گیاهان مختلف مانند سویا (جاوید و پنوار، 2013)، بابونه (هادی و همکاران، 2011)، باقلا سبز فرانسوی (سینگ و همکاران، 2011)، خیار (سالاکو و همکاران، 2009)، گوجه فرنگی (لازکانو و همکاران، 2009)، سیر (سوتار، 2009)، توت‌فرنگی (سینگ و همکاران، 2008)، اسفناج (پیوست و همکاران، 2008)، ذرت (گوتیرز-موسیلی و همکاران، 2008)، کاهو (علی و همکاران، 2007)، سیب‌زمینی (آلام و همکاران، 2007) و کنجد (سجادی و همکاران، 1390) شده است.

امروزه باکتری‌های محرک رشد گیاه، با توجه به اهمیت و مقبولیت جهانی، نقش بسیار مفیدی در افزایش عملکرد گیاه ایفا می‌کنند (فیگیوریدو 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 (کلویر و همکاران، 1989). در آزمایشی رودلاس و همکاران (1999) از کاربرد تلفیقی مایه تلقیح‌های ریزوبیوم - آزوسپیریلیوم و ریزوبیوم - ازتوباکتر به منظور افزایش جذب عناصر کم مصرف و پرمصرف در گیاه باقلا استفاده کردند. آن‌ها گزارش دادند که استفاده از سویه‌های آزوسپیریلیوم و ازتوباکتر به همراه ریزوبیوم تغییرات زیادی بر جذب عناصر غذایی خاک نسبت به کاربرد تنهای ریزوبیوم ایجاد کرد. طبق نتایج مطالعه احمد و همکاران (2010) شاخص‌های رشدی آفتاب گردان مانند تجمع ماده خشک، تعداد برگ و شاخص سطح برگ تحت تأثیر کاربرد کود بیولوژیک (تثبیت کننده نیتروژن و حل کننده‌ی فسفات) افزایش معنی‌داری یافته است. نتایج بررسی یساری و پاتواردهان (2007) نشان داد که کاربرد ازتوباکتر و آزوسپیریلیوم عملکرد کنجد را به میزان 21/7 درصد نسبت به شاهد افزایش داده و تأثیر مثبت و معنی‌داری بر تعداد کپسول در بوته، تعداد شاخه فرعی و وزن هزار دانه داشته است. در آزمایشی مشاهده گردید که استفاده از ورمی کمپوست و کودهای بیولوژیک از طریق بهبود فعالیت‌های میکروبی خاک و در دسترس قرار دادن انواع هورمون‌ها و مواد محرک رشد (نظیر سیتوکینین، اکسین، بیوتین و اسید پنتوتنیک) و نیز فراهمی عناصر غذایی سبب افزایش فتوسنتز و بهبود ماده خشک گیاهی گردیده که این مسئله در نهایت باعث افزایش عملکرد بیولوژیک در گیاه مرزه شد (کارتیکیان و همکاران، 2008). در تحقیقی دیگر قوش و موهیودین (2000) گزارش کردند که کاربرد کودهای بیولوژیک به طور معنی‌داری ارتفاع بوته، تعداد شاخه‌های فرعی، تعداد کپسول در بوته، وزن هزاردانه و عملکرد دانه کنجد را افزایش داد.

در پژوهش حاضر سعی شده است که اثر کودهای آلی و زیستی در افزایش رشد و بهبود شرایط تغذیه‌ای گیاه کنجد مورد بررسی قرار گیرد.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی تأثیر کاربرد ورمی کمپوست و باکتری‌های PGPR و اثرات متقابل آنها بر رشد و جذب عناصر در کنجد، آزمایشی به صورت فاکتوریل و در قالب طرح کاملاً تصادفی شامل دو فاکتور ورمی کمپوست در چهار سطح (صفر (V0)، یک (V1)، دو (V2) و چهار

جدایه‌های ازتوباکتر و آزوسپیریلیوم از بخش بیولوژی مؤسسه تحقیقات خاک و آب کرج تهیه گردید. ترکیب شیمیایی ورمی‌کمپوست و برخی صفات محرک رشد باکتری‌های استفاده شده در این پژوهش به ترتیب در جداول 1 و 2 ارایه شده است.

(V3) درصد) و باکتری‌های PGPR تثبیت کننده نیتروژن در سه سطح (بدون باکتری (B0)، تلقیح با جدایه‌ای از باکتری آزوسپیریلیوم (B1) و تلقیح با جدایه‌ای از باکتری ازتوباکتر (B2) در گلخانه دانشکده کشاورزی دانشگاه ولی‌عصر رفسنجان با چهار تکرار به اجرا درآمد.

جدول 1- ترکیب شیمیایی ورمی‌کمپوست

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

جدول 2- توان تولید اکسین و سیدروفور جدایه‌های مورد آزمایش و تأثیر آنها بر حلالیت تری کلسیم

فسفات و pH در محیط مایع اسپربر

سیدروفور	اکسین	فسفر آزاد شده	جدایه‌ها	
			نسبت قطر هاله به کلونی	pH
1/67	4/01	305	ازتوباکتر	5/35
1/02	5/63	365	آزوسپیریلیوم	5/34

کمپوست مربوط به هر تیمار کاملاً با خاک گلدان‌ها مخلوط گردید. در هر گلدان تعداد 12 بذر کنجد جوانه‌دار شده کشت شد. قبل از کشت رطوبت خاک گلدان‌ها با آب مقطر به 70 درصد FC رسانده شد. هنگام کاشت، هر بذر با 1 میلی‌لیتر از سوسپانسیون باکتری با جمعیت 10⁸ cfu/ml (تروسلیر و همکاران، 1998) تلقیح گردید. برای گلدان‌های شاهد از 1 میلی‌لیتر محیط کشت بدون باکتری استفاده شد. گلدان‌ها با آب مقطر و به روش وزنی در حد رطوبت FC آبیاری شدند. پس از سبز شدن بوته‌ها، تعداد آنها در هر گلدان به 7 عدد کاهش یافت. گلدان‌ها به مدت 4 ماه در گلخانه نگهداری شدند.

4 ماه پس از کشت، ابتدا ارتفاع ساقه به وسیله خط‌کش، قطر ساقه به وسیله کولیس، شاخص کلروفیل برگ توسط دستگاه اندازه‌گیری اسپد (مدل SPAD 502، Minolta, Japan) اندازه‌گیری شد. سپس اندام هوایی از محل طوقه قطع و سطح برگ به وسیله دستگاه سنجش برگ (مدل CID, CL-202, USA) براساس واحد سانتی مترمربع تعیین گردید. پس از شست‌وشوی نمونه‌ها با آب مقطر، بخش هوایی آنها در آون در دمای 70 درجه سانتی‌گراد به مدت 72 ساعت قرار داده شدند تا خشک شوند. آنگاه وزن خشک اندام هوایی اندازه‌گیری و نمونه‌ها پودر گردیدند. عصاره‌گیری نمونه‌های پودر شده در دمای 550 درجه سانتی‌گراد به روش خاکستر خشک انجام شد. سپس فسفر به روش زرد به وسیله

به منظور تهیه مایه تلقیح، جدایه‌های مورد نظر به مدت 48 ساعت درون محیط کشت مایع نوترینت براث (NB) کشت داده شدند و پس از همسان نمودن تراکم سوسپانسیون‌ها با جمعیت (10⁸ cfu/ml) به‌عنوان مایه تلقیح مورد استفاده قرار گرفتند. برای آماده سازی بذرها جهت کشت، ابتدا بذرها به مدت 30 ثانیه در الکل اتانول 96 درصد قرار داده و سپس با هیپو کلریدسدیم 10 درصد ضدعفونی سطحی شدند. برای حذف هیپوکلریدسدیم، بذرها چندین بار (10 بار) با آب مقطر استریل شست و شو شدند. بذرها ضدعفونی سطحی شده در دمای 25 درجه سلسیوس بر روی محیط آب-آگار نگهداری شدند تا جوانه‌دار شوند. در آزمون گلخانه‌ای 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 خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده مانند بافت خاک به روش هیدرومتر (بایکاس، 1951)، pH گل اشیاع به وسیله الکتروود شیشه‌ای (مکلین، 1982)، قابلیت هدایت الکتریکی با استفاده از EC متر، نیتروژن کل با استفاده از دستگاه کج‌دال (برمنر و کینی، 1982)، فسفر قابل استفاده به روش اولسن (اولسن و همکاران، 1954) و به‌وسیله اسپکتروفتومتر مدل T80UV/VIS، پتاسیم با دستگاه فلیم فتومتر جنوی مدل PFP7 تعیین گردید (جدول 2). قبل از پر کردن گلدان‌ها از خاک، ابتدا مقادیر

اسپکتروفتومتر (مدل T80UV/VIS Spectrometer)، نیتروژن به‌وسیله‌ی روش کج‌دال برمنر (1965)، پتاسیم با دستگاه فلیم فتومتر جنوی مدل PFP7 و عناصر آهن، روی، مس و منگنز به وسیله دستگاه جذب اتمی آوانتا (مدل GBC-932) اندازه‌گیری شد. 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.

جدول 2- برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد مطالعه

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

نتایج و بحث

تأثیر باکتری و ورمی کمپوست بر شاخص‌های رشد کنجد نتایج تجزیه واریانس تأثیر باکتری و ورمی کمپوست بر شاخص‌های رشد گیاه کنجد در جدول 3 نشان داده شده است. تیمارهای باکتری بر وزن خشک اندام هوایی، ارتفاع ساقه، سطح برگ و قطر ساقه در سطح

احتمال یک درصد اثر معنی‌داری داشتند. همچنین ورمی کمپوست توانست بر تمامی پارامترهای رویشی اندازه‌گیری شده در سطح احتمال یک درصد اثر معنی‌داری بگذارد. اثر متقابل کاربرد باکتری و ورمی کمپوست بر وزن خشک اندام هوایی در سطح پنج درصد و سطح برگ در سطح یک درصد معنی‌داری بود.

جدول 3- تجزیه واریانس تأثیر باکتری‌ها و سطوح ورمی کمپوست بر شاخص‌های رشد کنجد

میانگین مربعات					
تیمار	درجه آزادی	وزن خشک اندام هوایی	ارتفاع ساقه	قطر ساقه	سطح برگ
باکتری	2	9/62**	1309**	7/03**	18641**
ورمی کمپوست	3	41/1**	5339**	2/32**	212988**
ورمی* باکتری	6	0/778*	18/0 ^{ns}	0/014 ^{ns}	3392**
خطا	36	0/321	29/8	0/078	972
CV	-	10/1	8/96	7/79	13/0

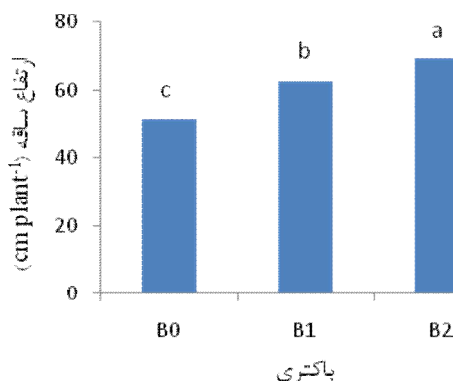
** و * به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال یک و پنج درصد و ^{ns} عدم تفاوت معنی‌دار

کم‌مصرف، بر روی میزان فتوسنتز و تولید بیوماس انیسون تأثیر مثبت گذاشته و موجب بهبود ارتفاع بوته شد (عیدی‌زاده و همکاران، 1389).

مقایسه میانگین تأثیر باکتری بر ارتفاع ساقه نشان داد که کاربرد هر دو باکتری آروسپیریوم و ازتوباکتر باعث افزایش معنی‌دار این شاخص زراعی نسبت به شاهد شد. باکتری B2 ارتفاع ساقه را نسبت به شاهد 34/9 و باکتری B1، 22/3 درصد افزایش دادند (شکل 2). بیژنی و همکاران (1393) نشان دادند کاربرد کود نیتروکسین شامل باکتری‌های ازتوباکتر و آروسپیریوم به‌طور معنی‌داری ارتفاع ساقه، تعداد شاخه جانبی، وزن هزار دانه، تعداد دانه در کپسول، کپسول در بوته و عملکرد دانه را در مقایسه با تیمار عدم تلقیح افزایش داد.

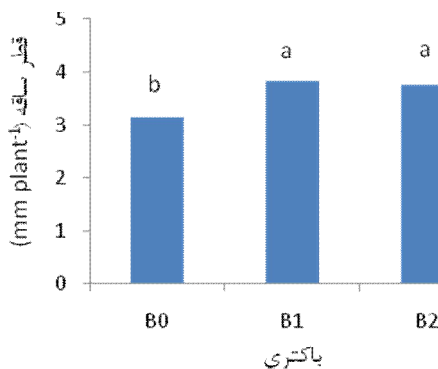
نتایج مقایسه میانگین تأثیر ورمی کمپوست بر ارتفاع ساقه نشان داد که کاربرد ورمی کمپوست، اثر معنی‌داری بر ارتفاع ساقه نسبت به شاهد داشت (شکل 1). بالاترین ارتفاع ساقه از تیمار چهار درصد ورمی کمپوست (V3) با افزایش معادل 124 درصد به‌دست آمد. تیمارهای یک درصد (V1) و دو درصد ورمی کمپوست (V2) نیز به ترتیب ارتفاع ساقه گیاهچه‌های کنجد را معادل 29/6، 77/7 درصد نسبت به شاهد افزایش دادند. موراکار و همکاران (1998) مشاهده کردند که مصرف ورمی کمپوست به میزان 6 تن در هکتار باعث ارتفاع بیشتر توت بیشتر شد. در همین رابطه در پژوهشی دیگر گزارش شد ورمی کمپوست از طریق قدرت زیاد جذب آب و فراهمی مطلوب عناصر غذایی پرمصرف و

عقیده آنها این افزایش به دلیل تثبیت نیتروژن و حل شدن فسفر توسط این دو باکتری بوده است.



شکل 2- تأثیر کاربرد باکتری بر ارتفاع ساقه

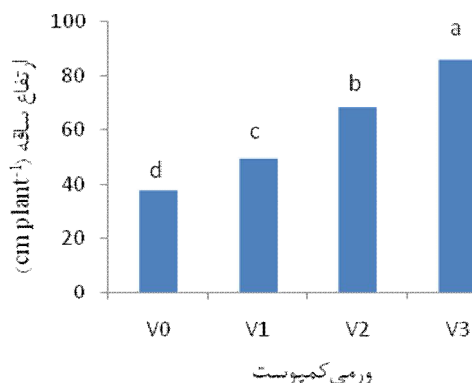
B1 و B2 توانستند این شاخص زراعی را نسبت به شاهد به‌طور معنی‌داری و به ترتیب معادل 22/۰۶، ۱۹/۶ و ۱۹/۹ درصد افزایش دهند. طاهریان و همکاران (1391) مشاهده کردند کاربرد نیتروکسین (ازتوباکتر و آزوسپیریلیوم) و بیوسفاته 2 (باسیلوس و سودوموناس) و بیوسولفور (نیوباسیلوس) به تنهایی و مخلوط با هم، باعث افزایش قطر ساقه سنای هند گردید به عقیده آنها باکتری‌های محرک رشد با تولید اکسین موجبات تقسیمات سلولی بیشتر را فراهم ساخته باعث افزایش قطر ساقه گیاه گردیده‌اند.



شکل 4- تأثیر کاربرد باکتری بر قطر ساقه

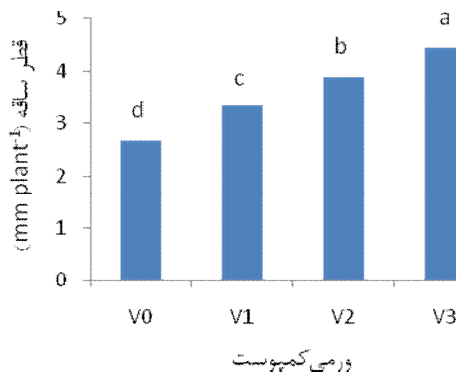
باکتری ازتوباکتر (V3B2) به‌دست آمد که با تمام تیمارهای کاربردی تفاوت معنی‌داری داشت و مقدار این شاخص را نسبت به شاهد معادل 197 درصد افزایش داد. در عدم کاربرد ورمی‌کمپوست استفاده از تیمارهای مختلف باکتریایی باعث افزایش وزن خشک اندام هوایی

بیاری و همکاران (2008) گزارش کردند در تیمارهای تلقیح شده با آزوسپیریلیوم و ازتوباکتر ارتفاع گیاه ذرت نسبت به شاهد بدون تلقیح افزایش یافت. به



شکل 1- تأثیر کاربرد ورمی‌کمپوست بر ارتفاع ساقه

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که تمامی سطوح ورمی‌کمپوست میزان قطر ساقه را به‌طور معنی‌دار افزایش دادند (شکل 1). بالاترین قطر ساقه از تیمار V3 با افزایشی معادل 67/3 درصد به‌دست آمد. تیمارهای V1 و V2 قطر ساقه کنگد را به ترتیب معادل 25/6 و 46/3 درصد نسبت به شاهد افزایش دادند. به عقیده آتیه و همکاران (2001) افزایش قطر گیاهان می‌تواند ناشی از تبدیل نیتروژن آمونیومی به نترات در نتیجه فعالیت میکروارگانیسم‌های موجود در ورمی‌کمپوست باشد. مقایسه میانگین تأثیر باکتری بر قطر ساقه (شکل 4) نشان داد که باکتری‌های



شکل 3- تأثیر کاربرد ورمی‌کمپوست بر قطر ساقه

نتایج مقایسه میانگین برهم‌کنش ورمی‌کمپوست و باکتری بر وزن خشک اندام هوایی (جدول 4) نشان داد کاربرد تمامی تیمارهای آزمایشی باعث افزایش معنی‌دار این شاخص زراعی نسبت به شاهد شد. بیشترین مقدار وزن خشک از تیمار کاربرد چهار درصد ورمی‌کمپوست و

نتایج مقایسه میانگین برهم‌کنش ورمی کمپوست و باکتری بر سطح برگ (جدول 4) نشان داد کاربرد تمامی تیمارهای آزمایشی باعث افزایش معنی‌دار این شاخص زراعی نسبت به شاهد شد. بیشترین سطح برگ تیز از تیمار چهار درصد ورمی کمپوست و باکتری ازتوباکتر (V3B2) به دست آمد که سطح برگ را از 82/4 به 478 در گلدان افزایش داد.

تأثیر باکتری و مقادیر ورمی کمپوست بر جذب عناصر غذایی کنجد

نتایج تجزیه واریانس (جدول 5) نشان داد که کاربرد باکتری بر جذب نیتروژن، فسفر، پتاسیم، آهن، منگنز و روی اندام هوایی کنجد در سطح احتمال یک درصد اثر معنی‌داری داشت. کاربرد ورمی کمپوست نیز بر جذب تمامی عناصر اندازه‌گیری شده در سطح یک درصد معنی‌داری بود. اثرات متقابل کاربرد باکتری و ورمی کمپوست تأثیر معنی‌داری در سطح یک درصد بر جذب نیتروژن، پتاسیم، آهن، منگنز و مس اندام هوایی داشت.

شد و نیز در تیمار عدم کاربرد باکتری استفاده از سطوح مختلف ورمی کمپوست به غیر از V1 باعث افزایش این شاخص نسبت به شاهد گردید. نتایج مطالعه عسگری و همکاران (1390) نشان داد که مصرف همزمان ورمی کمپوست و باکتری‌های محرک رشد شامل ازتوباکتر، آزوسپیریلیوم و سودوموناس باعث افزایش وزن خشک اندام هوایی نعنا فلفلی نسبت به شاهد شد. همچنین جاشانکار و وهاب (2004) گزارش کرد که کاربرد توأم کودهای شیمیایی NPK به میزان متداول در منطقه، به همراه 5 تن در هکتار ورمی کمپوست و باکتری آزوسپیریلیوم، بیشترین تأثیر را در شاخص‌های رشدی و عملکردی گیاه کنجد داشت. جهانشاهی و همکاران (1391) روند تغییرات وزن خشک گیاه گشنیز تحت شرایط استفاده از تیمارهای مختلف کودی را بررسی و مشاهده نمودند که بیشترین میزان وزن خشک گیاه مربوط به تیمار ترکیبی کود بیولوژیک بارور فسفات (شامل باکتری‌های سودوموناس و باسیلوس) به همراه ورمی کمپوست بود که با سایر تیمارهای کودی اختلاف معنی‌داری داشت.

جدول 4- مقایسه میانگین اثرات متقابل شاخص‌های رشد کنجد تحت سطوح ورمی

کمپوست و باکتری			
ورمی کمپوست	باکتری	وزن خشک اندام هوایی (g pot ⁻¹)	سطح برگ (cm ²)
V0	B0	3/06h	82/4h
	B1	4/63ef	126gh
	B2	3/99fg	121gh
V1	B0	3/59gh	133fg
	B1	5/39de	232d
	B2	4/60ef	174ef
V2	B0	5/44de	214de
	B1	6/20cd	286c
	B2	6/40c	252cd
V3	B0	6/84c	374b
	B1	8/16b	408b
	B2	9/08a	478a

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف لاتین مشترک در هر ستون فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح پنج درصد به‌روش دانکن می‌باشند.

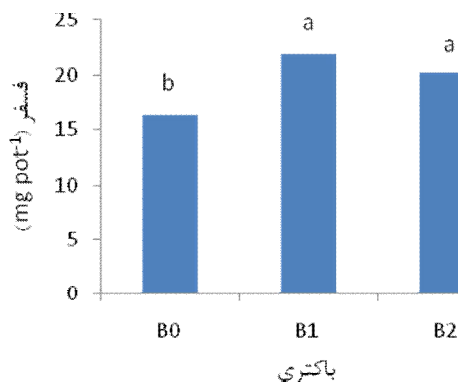
جدول 5- نتایج تجزیه واریانس تأثیر ورمی‌کمپوست و باکتری بر جذب عناصر غذایی کنبج

میانگین مربعات								منابع تغییرات
منگنز	روی	مس	آهن	پتاسیم	فسفر	نیترژن	درجه آزادی	
299855**	24258**	309 ^{ns}	89441**	3752**	134**	10206**	4	باکتری
1092714**	80613**	2613**	558093**	16144**	1499**	49253**	3	ورمی‌کمپوست
42135**	2471 ^{ns}	724**	12554**	429**	7/16 ^{ns}	4548**	12	ورمی* باکتری
6610	1291	119	3687	77/2	6/77	409	144	خطا
16/0	17/1	18/5	14/5	9/35	13/3	21/5	-	CV

** و * به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال یک و پنج درصد و ^{ns} عدم تفاوت معنی‌دار

(پیوست و عباسی، 2006). در همین رابطه ملکوتی (1375) گزارش نمود که هوموس تولید شده در نتیجه افزودن کود آلی به خاک باعث پوشاندن سطح ذرات رس شده و بدین طریق مانع تثبیت فسفر می‌گردد. همچنین وجود فسفر در ورمی‌کمپوست که به تدریج معدنی شده و قابل جذب گیاه می‌شود در افزایش میزان جذب فسفر توسط گیاه مؤثر است.

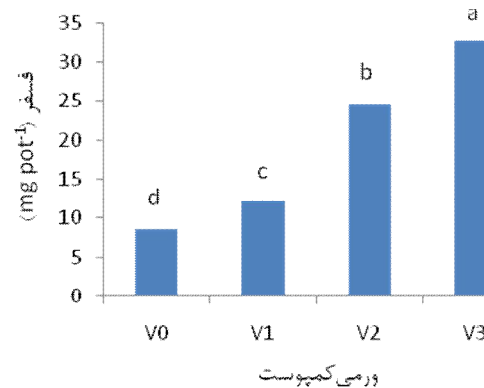
نتایج مقایسه میانگین تأثیر باکتری بر جذب فسفر اندام هوایی نشان داد که کاربرد هر دو باکتری باعث افزایش معنی‌دار و به ترتیب 34/7 و 24/4 درصدی جذب فسفر اندام هوایی نسبت به شاهد شد (شکل 6). صالحی و همکاران (1390) نشان دادند مصرف باکتری *Azotobacter*، *Pseudomonas* و *Azospirillum* باعث افزایش معنی‌دار فسفر در بابونه آلمانی شد.



شکل 6- تأثیر کاربرد باکتری بر جذب فسفر اندام هوایی

به ترتیب معادل 75/3، 140 و 175 درصد بود. در آزمایشی نشان داده شد که کاربرد ورمی‌کمپوست باعث افزایش مقدار روی اندام هوایی گوجه‌فرنگی گردید (هاشمی مجد و همکاران، 2004). حیدریان‌پور و همکاران (1393) نیز

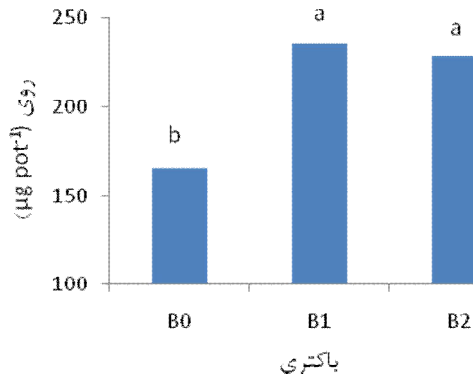
بر اساس نتایج مقایسه میانگین‌ها، ورمی‌کمپوست جذب فسفر اندام هوایی را به‌طور معنی‌داری افزایش داد (شکل 5). در بین سطوح مختلف ورمی‌کمپوست تیمار V3 بیشترین تأثیر را بر افزایش فسفر اندام هوایی داشت (280%). تیمارهای V1 و V2 نیز به ترتیب 40/0 و 183 درصد جذب فسفر اندام هوایی را بهبود بخشیدند. صالحی و همکاران (1390) در آزمایشی افزایش مقدار فسفر در بابونه آلمانی (*Matricaria chamomilla* L.) را در پی کاربرد ورمی‌کمپوست مشاهده کرد. همچنین مشاهده شده است که مصرف ورمی‌کمپوست در خاک باعث افزایش معنی‌دار مقدار فسفر در اسفناج گردید (پیوست و همکاران، 2008). گزارش‌هایی وجود دارد که نشان می‌دهد افزودن 10 درصد ورمی‌کمپوست به خاک، جذب فسفر در گیاه جعفری را افزایش داده است



شکل 5- تأثیر ورمی‌کمپوست بر جذب فسفر اندام هوایی

مقایسه میانگین تأثیر سطوح مختلف ورمی‌کمپوست بر جذب روی اندام هوایی (شکل 7) نشان داد که کاربرد ورمی‌کمپوست باعث افزایش معنی‌دار جذب روی اندام هوایی نسبت به شاهد شد، به‌طوری که این افزایش در تیمارهای V1، V2 و V3 نسبت به شاهد

معنی دار جذب روی نسبت به شاهد گردیدند. کاربرد هر دو باکتری باعث افزایش معنی دار و به ترتیب 42/8 و 38/6 درصدی جذب روی اندام هوایی نسبت به شاهد شد.



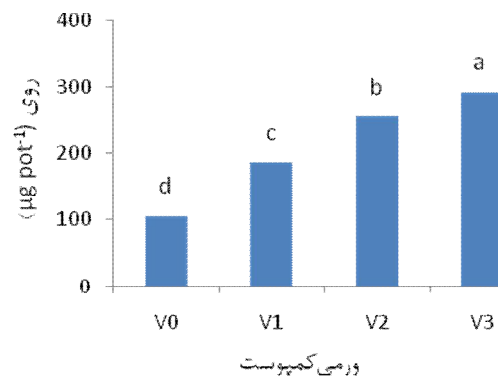
شکل 8- تأثیر کاربرد باکتری بر جذب روی اندام هوایی

که بیشترین جذب پتاسیم اندام هوایی با کاربرد تیمارهای V3B1 بدست آمد که با تیمار V3B2 از لحاظ آماری تفاوتی نداشت و به ترتیب جذب پتاسیم اندام هوایی را از 54/2 به 159 و 158 میلی گرم در گلدان افزایش داد. در تیمارهای عدم کاربرد ورمی کمپوست، تنها استفاده از باکتری B2 باعث افزایش معنی داری جذب پتاسیم نسبت به شاهد شد؛ لیکن در تیمارهای عدم کاربرد باکتری تمامی سطوح ورمی کمپوست باعث افزایش جذب پتاسیم اندام هوایی نسبت به شاهد گردیدند.

نتایج مقایسه میانگین برهم کنش ورمی کمپوست و باکتری بر جذب آهن اندام هوایی (جدول 6) نشان داد بیشترین جذب آهن اندام هوایی از تیمار V3B2 بدست آمد و جذب آهن اندام هوایی را از 143 به 832 میکروگرم در گلدان افزایش داد. در تیمار عدم کاربرد ورمی کمپوست استفاده از باکتری B1 توانست جذب آهن اندام هوایی را افزایش دهد. در تیمارهای عدم کاربرد باکتری مشاهده شد که افزایش سطوح ورمی کمپوست به غیر از V1 باعث افزایش معنی دار جذب آهن اندام هوایی نسبت به شاهد گردید. کودهای آلی و از جمله ورمی کمپوست محیط مناسبی را برای تکثیر و فعالیت باکتری‌ها فراهم می کند (ویسی، 2003). در آزمایشی صمدی و همکاران (1392) گزارش کردند که استفاده همزمان از ورمی کمپوست با باکتری تیوباسیلوس باعث افزایش جذب آهن در گیاه ذرت رقم سینگل گراس 206 گردید.

نشان دادند استفاده از ورمی کمپوست جذب روی در گیاه آفتابگردان را افزایش داد.

نتایج مقایسه میانگین تأثیر کاربرد تیمارهای مختلف باکتری بر جذب روی اندام هوایی کنجد (شکل 7) نشان داد که تمامی کاربرد باکتری‌ها باعث افزایش



شکل 7- تأثیر ورمی کمپوست بر جذب روی اندام هوایی

نتایج مقایسه میانگین برهم کنش ورمی کمپوست و باکتری بر جذب نیتروژن اندام هوایی (جدول 6) نشان داد بیشترین جذب نیتروژن از تیمار چهار درصد ورمی کمپوست و باکتری ازتوباکتر (V3B2) بدست آمد که با تمامی تیمارهای کاربردی تفاوت معنی داری داشت و جذب نیتروژن اندام هوایی را از 143 به 832 میلی گرم در گلدان افزایش داد. تیمارهای عدم مصرف ورمی کمپوست و کاربرد تیمارهای مختلف باکتریایی بر جذب نیتروژن اثر معنی داری نداشتند. در تیمار عدم کاربرد باکتری استفاده از ورمی کمپوست به جز سطح V1 باعث افزایش جذب این عنصر نسبت به شاهد گردید. ماهانتا و همکاران (2012) گزارش کردند که کاربرد ورمی کمپوست غنی شده با *Azotobacter chroococcum* باعث افزایش نیتروژن اندام هوایی برنج شد. صالحی و همکاران (1390) نشان دادند که کاربرد همزمان ورمی کمپوست (0، 5 و 10 تن در هکتار) و باکتری‌های محرک رشد (*Pseudomonas*، *Azetobacter* و *Azospirillum*) باعث افزایش غلظت نیتروژن در گیاه بابونه آلمانی گردید. کومار و سینگ (2001) گزارش کردند که اثر متقابل کاربرد همزمان باکتری‌های آزادی تثبیت کننده نیتروژن و ورمی کمپوست بر غلظت نیتروژن معنی داری بود. همچنین آنها مشاهده نمودند که افزودن باکتری‌های مذکور به ورمی کمپوست، سرعت تکثیر آنها را افزایش داده باعث افزایش تثبیت نیتروژن و فراهمی نیتروژن شد.

نتایج مقایسه میانگین برهم کنش ورمی کمپوست و باکتری بر جذب پتاسیم اندام هوایی (جدول 6) نشان داد

همچنین مشاهده کردند که بیشترین میزان منگنز از کاربرد 25 درصد ورمی‌کمپوست با باکتری بدست آمد که با کاربرد 50 درصد ورمی‌کمپوست به همراه باکتری از لحاظ آماری تفاوتی نداشت.

نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که برهم‌کنش ورمی‌کمپوست و تیمارهای باکتری بر جذب مس اندام هوایی (جدول 6) معنی‌دار بود. بیشترین جذب مس اندام هوایی از تیمار V2 و بدون کاربرد باکتری (B0) بدست آمد که با تیمارهای V2B1 و V2B2 تفاوت معنی‌داری نداشت و باعث افزایش 149 درصدی مس اندام هوایی گردید. صمدی و همکاران (1392) گزارش کردند که استفاده از ترکیب ورمی‌کمپوست و باکتری تیوباسیلوس باعث افزایش جذب مس در گیاه ذرت رقم سینگل گراس 206 شد.

نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که تأثیر برهم‌کنش ورمی‌کمپوست و باکتری بر جذب منگنز اندام هوایی (جدول 6) معنی‌دار بود. بیشترین جذب منگنز اندام هوایی از تیمار چهار درصد ورمی‌کمپوست و باکتری ازتوباکتر (V3B2) بدست آمد و جذب منگنز اندام هوایی را از 148 به 1154 میکروگرم در گلدان افزایش داد. در تیمار عدم کاربرد ورمی‌کمپوست استفاده از باکتری B1 توانست جذب منگنز اندام هوایی را افزایش دهد. در تیمارهای عدم کاربرد باکتری مشاهده شد که افزایش سطوح ورمی‌کمپوست به غیر از V1 باعث افزایش معنی‌دار جذب منگنز اندام هوایی نسبت به شاهد گردید. ساهنی و همکاران (2008) گزارش کردند که کاربرد تلفیقی سطوح مختلف ورمی‌کمپوست (0، 10، 25 و 50 درصد حجمی) و باکتری *Pseudomonas syringae* باعث افزایش معنی‌دار مقدار منگنز کل در گیاه نخود گردید. آنها

جدول 6- مقایسه میانگین اثرات متقابل جذب عناصر غذایی کنگد تحت سطوح ورمی‌کمپوست و باکتری

منگنز اندام هوایی	مس اندام هوایی ($\mu\text{g pot}^{-1}$)	آهن اندام هوایی	پتاسیم اندام هوایی (mg pot^{-1})	نیتروژن اندام هوایی	ورمی‌کمپوست	باکتری
148i	33/8e	143f	54/2f	24/6f		B0
291fgh	47/4de	257e	72/8de	42/4ef	V0	B1
248ghi	39/8de	219ef	66/2def	39/0ef		B2
223hi	40/4de	210ef	62/5ef	43/1ef		B0
470de	50/5cde	367d	75/7de	62/4def	V1	B1
352efg	57/0cd	348d	68/9de	56/6ef		B2
398ef	84/3a	398d	77/4d	71/3de		B0
584cd	77/6ab	525c	120b	94/3cd	V2	B1
602c	78/6ab	431d	96/4c	97/0cd		B2
624c	39/8de	574c	114b	109c		B0
980b	64/9bc	705b	159a	209b	V3	B1
1154a	57/1cd	832a	158a	282a		B2

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف لاتین مشترک در هر ستون فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح پنج درصد به روش دانکن می‌باشند.

نتیجه‌گیری کلی

تأثیر چشمگیری بر شاخص‌های رویشی و جذب عناصر غذایی کنگد داشت. بنابراین استفاده از باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن مورد آزمون در این پژوهش و ورمی‌کمپوست و یا کاربرد توأم آنها می‌تواند به‌عنوان راهکاری مناسب جهت افزایش عملکرد کنگد مورد توجه قرار گیرد.

با توجه به نتایج به دست آمده از این پژوهش، کاربرد ورمی‌کمپوست و باکتری‌های ازتوباکتر و آزوسپیریلیوم هر یک به‌تنهایی اثرات مثبت و معنی‌داری بر تمامی شاخص‌های رشد و جذب عناصر غذایی اندازه‌گیری شده داشتند. همچنین در اکثر موارد کاربرد توأم باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن و ورمی‌کمپوست

فهرست منابع:

1. ارزانش، ح. و عباسی، ن. 1390. ورمی کمپوست از تولید تا مصرف. مدیریت هماهنگی ترویج کشاورزی، 15 صفحه.
2. بیژنی، م. یدالهی، پ. اصغرپور، م. سلیمانی، س. و لطفی، م. 1393. تأثیر اوره و کود زیستی نیتروکسین بر عملکرد و خصوصیات زراعی کنجد (*Sesamum indicum L.*). نشریه تولید گیاهان روغنی. جلد 1 (شماره 2)، 67-78
3. جهانشاهی، ش. زاده باقری، م. و ابوطالبی، ع. 1391. تأثیر ورمی کمپوست، باکتری‌های ازتوباکتر و آزوسپریلیوم و بارور 2 بر ویژگی‌های کمی و کیفی گیاه دارویی گشنیز (*Coriandrum sativum L.*). مجله پژوهش‌های به زراعی، جلد 4 (شماره 4)، 391-400.
4. خواجه‌پور، م. 1386. گیاهان صنعتی. مرکز انتشارات جهاد دانشگاهی، واحد صنعتی اصفهان. 465.
5. سجادی نیک، ا. یدوی، ع. بلوچی، ح. ر. و فرجی، ه. 1390. مقایسه تاثیر کودهای شیمیایی (اوره)، آلی (ورمی کمپوست) و زیستی (نیتروکسین) بر عملکرد کمی و کیفی کنجد (*Sesamum indicum L.*). نشریه دانش کشاورزی و تولید پایدار. جلد 21 (شماره 2). 87-101
6. صالحی، ا. فلاوند، ا. سفیدکن، ف. و اصغرزاده، ا. 1390. تأثیر کاربرد ژئولیت، 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)، 188-201.
7. صمدی، ا. پوریوسف میانداوب، م. و مجیدی، ع. 1392. تأثیر گوگرد، ورمی کمپوست و باکتری تیوباسیلوس بر زیست فراهمی عناصر غذایی در ذرت رقم سینگل کراس 260 در شرایط گلخانه. دومین همایش توسعه پایدار کشاورزی و محیط زیست سالم.
8. طاهریان، ن. نقدی بادی، ح. ع. مهرآفرین، ع. و کیلی شهر بابکی، م. ع. و نیک‌خواه، ا. 1391. اثر کودهای زیستی بر رشد و عملکرد کمی گیاه سنای هندی (*Cassia angustifolia Vahl.*) در شرایط آب و هوایی کرج. فصل نامه‌ی داروهای گیاهی، جلد 3 (شماره 1)، 6-1.
9. عسگری، م. حبیبی، د. و نادری بروجردی، غ. ر. 1390. بررسی کاربرد ورمی کمپوست، باکتری‌های محرک رشد و اسید هومیک بر شاخص‌های رشد نعنای فلفلی (*Mentha piperita L.*) در استان مرکزی. مجله زراعت و اصلاح نباتات جلد 7 (شماره 4)، 41-54.
10. علیخانی، ح. 1385. پرورش کرم‌های مولد ورمی کمپوست و کشاورزی پایدار. انتشارات دانشگاه تهران، ص 164.
11. عیدی‌زاده، خ. مهدوی دامغانی، ع. م. صباحی، ح. و صوفی‌زاده، س. 1389. اثرات کاربرد کودهای بیولوژیک در ترکیب با کود شیمیایی بر رشد ذرت (*Zea mays L.*) در شوشتر. نشریه بوم‌شناسی کشاورزی، جلد 2 (شماره 2)، ص 301-292.
12. رجب‌پور اشکیکی، ب. علیخانی، ح. ع. و کشاورزی، ع. 1387. ضرورت کاربرد ریزوباکترهای محرک رشد گیاه (PGPR) در کودهای بیولوژیک با هدف افزایش باروری گیاه. اولین همایش ملی مدیریت و توسعه کشاورزی پایدار در ایران، اهواز، 1 دی ماه، موسسه عالی علمی و پژوهشی سیمای دانش.
13. فلاوند، ا. حمیدی‌دهقان‌شعار، م. ملکوتی، م. ج. اصغرزاده، ا. و چوکان، ر. 1385. کاربرد کودهای زیستی (بیولوژیک)، راهبردی بوم‌شناختی برای مدیریت پایدار بوم‌نظام‌های زراعی. مقالات کلیدی نهمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران. 200-224.

14. حیدریان‌پور، م. ب.، ثامنی، ع. م.، شیخی، ج.، کریمیان، ن. و زارعی، م. 1393. اثر ورمی‌کمپوست و نیتروژن بر رشد رویشی، غلظت، و جذب عناصر غذایی آفتابگردان. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، علوم آب و خاک، جلد 18 (شماره 67)، 217-227.

15. ملکوتی، م. ج. 1375. کشاورزی پایدار و افزایش عملکرد یا بهینه سازی مصرف کود در ایران. انتشارات سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، 79 صفحه.

16. Ahmed, A.G., Orabi, S.A. and Gaballah, M.S. 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.
17. Alam, M.N., Jahan, M.S., Ali, M.K., Ashraf, M.A. and Islam, M.K. 2007. Effect of vermicompost and chemical fertilizers on growth, yield and yield components of potato in barind soils of Bangladesh. *Journal of Applied Sciences Research* 3(12):1879-1888.
18. Ali, M., Griffiths, A.J., Williams, K.P. and Jones, D.L. 2007. Evaluating the growth characteristics of lettuce in vermicompost and green waste compost. *European Journal of Soil Biology* 43:316-319.
19. Atiyeh, R., Edwards, C., Subler, S. and Metzger, J. 2001. Pig manure vermicompost as a component of a horticultural bedding plant medium: effects on physicochemical properties and plant growth. *Bioresource Technology*, 78:11-20.
20. Biari, A., Gholami, A. and Rahmani, H.A. 2008. Growth promotion and enhanced nutrient uptake of maize (*Zea mays* L.) by application of plant growth promoting rhizobacteria in arid region of Iran. *Journal of Biological Sciences* 8(6):1015-1020.
21. Bouyoucos, G.J. 1951. A calibration of hydrometer method for making mechanical analysis of soil. *Agronomy Journal* 43:434-438.
22. Bremner, J.M. and Keeney, D.R. 1982. Steam distillation methods for determination of ammonium nitrate and nitrate. *Analytica Chimica Acta* 32: 465-495.
23. Figueiredo, M.V.B., Seldin, L., Araujo, F.F. and Mariano, R.L.R. 2010. *Plant Growth Promoting Rhizobacteria: Fundamentals and Applications*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
24. Ghosh, D.C. and Mohiuddin M. 2000. Response of summer sesame (*Sesamum indicum* L.) to biofertilizer and growth regulator. *Agricultural Science* 20(2): 90-92.
25. Gutierrez-Miceli, F.A., Moguel-Zamudio, B., Abud-Archila, M., Gutierrez-Oliva, V.F. and Dendooven, L. 2008. Sheep manure vermicompost supplemented with a native diazotrophic bacteria and mycorrhizas for maize cultivation. *Bioresource Technology* 99:7020-7026.
26. Hadi, M.R.H.S., Darz, M.T., Ghandehari, Z. and 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.
27. 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.
28. Jahan, M. and Jahani, M. 2007. The effects of chemical and organic fertilizers on saffron flowering. *Acta Horticulturae* 739:81-86.
29. Jashankar S and Wahab K, 2004. Effect of integrated nutrient management on the growth, yield components and yield of Sesame. Annamalai University. cab direct.
30. Javed, S. and Panwar, A. 2013. Effect of biofertilizer, vermicompost and chemical fertilizer on different biochemical parameters of *Glycine max* and *Vigna mungo*. *Recent Research in Science and Technology* 5(1):40-44.

31. Kartikeyan, B.C., Abdul Jaleel, G.M., Lakshmanan, A. and Deiveekasundaram, M. 2008. Studies on rhizosphere microbial diversity of some commercially important medicinal plants. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces* 62(1):143-145.
32. Kloepper, J.W., Schroth, M.N. and Miller, T.D. 1989. Effects of rhizosphere colonization by plant growth-promoting rhizobacterial on potato plant development and yield. *Ecology and Epidemiology* 70:1078-1082.
33. Kokalis-Burellea, N., Kloepper, J.W. and Reddy, M.S. 2006. Plant growth-promoting rhizobacteria as transplant amendments and their effects on indigenous rhizosphere microorganisms. *Applied Soil Ecology* 31(1-2):91-100.
34. Kumar, V. and Singh, K.P. 2001. Enriching vermicompost by nitrogen fixing and phosphate solubilizing bacteria. *Bioresource Technology* 76:173-175.
35. Lazcano, C., Arnold, J., Tato, A.J., Zaller, J.G. Domínguez, J. 2009. Compost and vermicompost as nursery pot components: effects on tomato plant growth and morphology. *Spanish Journal of Agricultural Research* 7(4):944-951.
36. Mahanta, K., Jha, D., Rajkhowa, D. and Manoj-Kumar. 2012. Microbial enrichment of vermicompost prepared from different plant biomasses and their effect on rice (*Oryza sativa* L.) growth and soil fertility. *Biological Agriculture and Horticulture* 28:241-250.
37. McLean, E.O. 1982. Soil pH and lime requirement, Method of soil analysis, part 2, chemical and microbiological properties. American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin, USA.
38. Murakar, S.R., Tayade, A.S., Bodhade, S.N., Ulemale, R.B. 1998. Effect of vermicompost on mulberry leaf yield. *Journal of Soils and Crops*, 8:85-87.
39. Olsen, S.R., Cole, C.V. Watanabe, F.S and Dean, L.A. 1954. Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. Circ. 939. USDA, Washington, DC. rhizobacteria. *Pakistan Journal of Soil Science*. 15:7-11.
40. Peyvast, G.h. and Abbassi, M. 2006. Effect of commercial compost on yield and nitrate content of Chinese cabbage. *Horticulture, Environment, and Biotechnology* 47:123-125.
41. Peyvast, G., Olfati, J., Madeni, S. and Forghani, A. 2008. Effect of vermicompost on the growth and yield of spinach (*Spinacia oleracea* L.). *Journal of Food Agriculture and Environment* 6:110-117.
42. Rodelas, B., Gonzalez, J., Martinez, M. V., Salmerón, V. and Pozo, C. 1999. Influence of *Rhizobium/Azotobacter* and *Rhizobium/Azosprillum* combined inoculation on mineral composition of faba bean. (*Vicia faba* L.). *Biology and Fertility of Soils* 29(2):165-169.
43. 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.
44. 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* 7:869-872.
45. Singh, B.K., Pathak, K.A., Verma, A.K., Verma, V.K. and Deka, B.C. 2011. Effects Of vermicompost, fertilizer and mulch On plant Growth, nodulation and pod yield of French bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Vegetable Crops Research Bulletin* 74(1):153-165.
46. Singh, R., Sharma, R.R., Kuma, S., Gupta, R.K. and Patil, R.T. 2008. Vermicompost substitution influences growth, physiological disorders, fruit yield and quality of strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.). *Bioresource Technology* 99:8507-8511 OpenURL.
47. Suthar, S. 2009. Impact of vermicompost and composted farmyard manure on growth and yield of garlic (*Allium stivum* L.) field crop. *International Journal of Plant Production* 3(1):27-38.

48. 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.
49. Uma, B. and Malathi, M. 2009. Vermicompost as a soil supplement to improve growth and yield of *Amaranthus* species. *Research Journal of Agriculture and Biology Science*, 5:1054-1060.
50. Vessey, J.K. 2003. Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers. *Plant and Soil* 255:571.
51. Yasari, E. and Patwardhan, M. 2007. Effects of *Azotobacter* and *Azospirillum* Inoculants and Chemical Fertilizers on Growth and Productivity of Canola (*Brassica napus* L.). *Asian Journal of Plant Sciences* 6(1): 77-82.

Effects of vermicompost and nitrogen-fixing bacteria on growth and chemical compounds of Sesame (*Sesamum indicum* L.)

P. Sotodeh, A. R. Akhgar¹ and P. Abbaszadeh Dahaji

Former MSc. student of Vali-e-Asr University of Rafsanjan; E-mail: p.sotodeh@yahoo.com

Associate professor of Vali-e-Asr University of Rafsanjan; E-mail: arakhgar@yahoo.com

Assistant Professor of Soil Science Department, Vali-e-Asr University;

E-mail: abp_1114@yahoo.com

Received: November, 2015 & Accepted: February, 2016

Abstract

Nowadays, the use of chemical fertilizers in agricultural land causes numerous environmental problems such as water pollution, soil pollution and reduction of soil fertility. Using biological resources have important role in soil biological activity and fertility, improvement of product quality and safety of agricultural ecosystems. Hence, to investigate the effects of vermicompost and nitrogen-fixing bacteria (NFB) on the growth and nutrient uptake of Sesame seedlings, a greenhouse experiment was conducted in completely randomized factorial design with four replications. Treatments were included four levels of vermicompost (zero (V0), 1 (V1), 2 (V2) and 4 percent (V3)) and three levels of bacterial treatments (inoculation with *Azospirillum* (B1) and *Azotobacter* (B2) and without bacteria (B0)). The results showed that the application of vermicompost and NBF, each one alone, significantly increased the plant height, stem diameter, phosphorus and zinc uptake. Also, simultaneous application of vermicompost and NFB significantly enhanced shoot dry weight, leaf surface area and uptake of nitrogen, phosphorus, potassium, iron, manganese and copper. The maximum shoot dry weight, leaf surface and uptake of nitrogen, potassium, iron and manganese were obtained from 4 % vermicompost treatment with *Azotobacter* inoculation. The highest copper content in the shoot was found in 2% vermicompost treatment without bacteria inoculation.

Keywords: PGPR, growth parameters, nutrient uptake, Organic fertilizer

¹ Corresponding author: Soil Science Department, Faculty of Agricultura, Vali-e-Asr University, Rafsanjan.