تأثیر برخی منابع آلی و شیمیایی بر جذب برخی عناصر کم‌مصرف و پرمصرف در اسفناج

صدیقه صفرزاده شیرازی[۱*]، شهرزاد کرمی[۲]، محمد تقی گلمکانی[۳]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۸/۲۹ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۵/۱۳)

چکیده

سیانوباکتری اسپیرولینا (*Arthrospira platensis*) دارای طیف وسیعی از مواد آلی و معدنی تغذیه‌ای می‌باشد و می‌تواند به عنوان ماده جدیدی برای کشت ارگانیک گیاهان استفاده شود. برای بررسی امکان مصرف پودر غیرزنده سیانوباکتری اسپیرولینا و مطالعه اثر آن بر عملکرد و جذب عناصر غذایی در اسفناج (*Spinasia olerace* L.) و همچنین مقایسه آن با برخی کودهای شیمیایی و آلی، آزمایشی گلخانه‌ای بر پایه طرح کاملاً تصادفی و با سه تکرار انجام شد. تیمارهای آزمایش شامل شاهد، زیست‌توده غیرزنده سیانوباکتری اسپیرولینا (پودر خشک) در چهار سطح (۵۰۰، ۱۰۰۰، ۲۵۰۰ و ۵۰۰۰ میلی گرم در کیلوگرم خاک)، ورمی‌کمپوست (۱۰۰۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم)، کود گاوی و کود گوسفندی (۲۰۰۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم)، کود شیمیایی (۱) که شامل ۸۰ میلی‌گرم نیتروژن در کیلوگرم خاک و ۱۰ میلی‌گرم فسفر در کیلوگرم خاک و کود شیمیایی (۲) که شامل ۱۵۰ میلی‌گرم نیتروژن در کیلوگرم خاک و ۲۰ میلی‌گرم فسفر در کیلوگرم خاک به ترتیب از منبع اوره و مونوکلسیم فسفات بود. نتایج نشان داد که بیشترین و کمترین وزن خشک اسفناج به‌ترتیب در تیمار ۵۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم توده غیرزنده سیانوباکتری اسپیرولینا و کود گوسفندی به‌دست آمد. با کاربرد ۵۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم توده غیرزنده سیانوباکتری اسپیرولینا، جذب نیتروژن، فسفر، پتاسیم، روی، آهن، منگنز و مس به‌وسیله اسفناج نسبت به شاهد افزایش معنی‌دار یافت. کاربرد سطوح بالاتر از ۱۰۰۰ میلی‌گرم پودر خشک سیانوباکتری اسپیرولینا در کیلوگرم خاک اثر معنی داری بر عملکرد و جذب برخی عناصر غذایی به‌وسیله اسفناج نداشت. نتایج نشان داد که اثر کودهای بکاربرده شده بر برخی ویژگی‌ها مانند وزن خشک، جذب نیتروژن، فسفر، پتاسیم و عناصر کم مصرف به‌صورت سیانوباکتری اسپیرولینا> کود گاوی> ورمی‌کمپوست > کود شیمیایی> شاهد=کود گوسفندی بود.

واژه های کلیدی: اسفناج، سیانوباکتری، کود گاوی، کود گوسفندی، ورمی‌کمپوست.

صفرزاده شیرازی ص.، کرمی ش.، گلمکانی م.ت. ۱۳۹۸. تأثیر برخی منابع آلی و شیمیایی بر جذب برخی عناصر کم‌مصرف و پرمصرف در اسفناج. تحقیقات کاربردی خاک. جلد ۷. شماره ۳. صفحه: ۱۲۲-۱۳۳.

۱-استادیار بخش علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز (مکاتبه کننده)
۲-دانشجوی دکتری بخش علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز
۳-دانشیار بخش علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز
* پست الکترونیک: safarzadeh@shirazu.ac.ir

مقدمه

گیاه اسفناج (*Spinasia olerace* L.) بومی مناطق مرکزی آسیا بوده و از سبزی‌های دیگر نسبت به شوری مقاوم‌تر است. اسفناج از مهمترین سبزی‌های برگی است که دارای ارزش غذایی مهمی بوده و برگ‌ها و ساقه‌های ظریف آن به صورت تازه یا فرآوری شده مصرف می‌گردد (Prohens & Nuez, 2008). کودهای شیمیایی از عوامل اصلی موثر بر حاصلخیزی خاک به شمار می‌روند و استفاده از آنها سریع ترین راه برای جبران کمبود عناصر غذایی می‌باشد (Glyn, 2002; Panda & Hota, 2009). همچنین کاربرد ترکیبات آلی با توجه به کمبود مواد آلی در خاک‌های مناطق خشک و نیمه خشک، می‌تواند سبب بهبود ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و حاصلخیزی خاک گردد. کودهای آلی با اثر بر ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک، سبب افزایش کیفیت و حاصلخیزی خاک می‌گردند (Siddique, 2007). ارزش کودی پسماندهای آلی مانند کودهای حیوانی، کمپوست و لجن فاضلاب، در تحقیقات متعدد در کشورهای مختلف نشان داده شده است (Filondy & Sadeghi, 2015). کاربرد مناسب کودهای آلی می‌تواند سبب افزایش سلامت و کیفیت خاک و تولید پایدار اسفناج گردد (Abdollahi & Jafarpour, 2015). کاربرد کودهای آلی از جمله لجن فاضلاب، کمپوست و کودگاوی در خاک‌های سنگین همچنین می‌تواند دانه بندی، تخلخل، نفوذپذیری و تهویه را بهبود بخشد و در خاک‌های شنی به نگهداری آب و مواد غذایی کمک کند (Fraser *et al*., 2006). همچنین استفاده از ضایعات آلی علاوه بر افزایش ماده آلی، باعث افزودن مقادیری نیتروژن، فسفر و عناصر کم‌مصرف نظیر آهن و روی به خاک شده که این امر موجب بهبود حاصلخیزی خاک می‌شود (Bramryd, 2001; Nyamangara & Mzezewa, 2001; Shamim & Ahmed, 2010). ایسلام (Islam, 2004) با بررسی اثر کودهای آلی بر کیفیت خاک و رشد اسفناج گزارش کرد که کاربرد کودهای آلی اثر مثبت و معنی‌داری بر رطوبت خاک، مقدار ماده آلی، نیتروژن کل، فسفر قابل دسترس و پتاسیم تبادلی داشت و مقدار آهن برگ‌های اسفناج نسبت به شاهد به‌صورت معنی‌داری افزایش یافت. مسیبی و همکاران (Msibi *et al*., 2014) با مقایسه کاربرد کودهای دامی و شیمیایی بیان کردند که کاربرد کود دامی به‌صورت جامد می‌تواند عملکردی مشابه با کودهای شیمیایی معمول بر رشد اسفناج داشته باشد و جایگزین مناسبی برای کودهای شیمیایی باشد. پیوست و همکاران (Peyvast *et al*., 2008) نشان دادند کاربرد ورمی‌کمپوست سبب افزایش رشد و عملکرد اسفناج و غلظت عناصر پرمصرف و کم‌مصرف در برگ‌های اسفناج شد. مطالعه اثر ورمی‌کمپوست بر رشد و عملکرد سبزیجات نشان داد که افزایش در رشد و عملکرد در مقادیر کم ورمی‌کمپوست در محیط کشت گلدانی احتمالاً به علت بهبود ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی محیط کشت، افزایش در فعالیت آنزیمی، افزایش در تنوع و فعالیت میکروبی، فاکتورهای تغذیه‌ای و تنظیم کننده‌های رشد گیاه می‌باشد (Azarmi *et al*., 2008). شارما و آگاروال (Sharma & Agarwal, 2014) با بررسی اثر کودهای آلی (مقایسه ورمی‌کمپوست، کودهای شیمیایی، کود دامی، تلفیق ورمی‌کمپوست و کود گاوی و شاهد) بر رشد و عملکرد اسفناج بیان داشتند که کود ورمی‌کمپوست حاوی عناصر پر مصرف و کم‌مصرف و میکروب‌های مفیدی است که می‌تواند بر رشد و عملکرد و حتی کیفیت اسفناج اثر گذار باشد.

اسپیرولینا زیست‌توده خشک سیانوباکتر *Arthrospira platensis* است که تولید جهانی آن بالغ بر ۵۰۰۰ تن در سال بوده و سرشار از مواد معدنی از جمله فسفر، پتاسیم و عناصر کم‌مصرفی نظیر آهن و روی است (Belay, 2007) و امروزه به صورت پودری یا قرص مانند در صنایع مختلف کاربرد فراوانی دارد (Vonshak, 2002). این سیانوباکتری در ایران در منطقه قشم تولید می‌گردد. مطالعات اندکی در مورد استفاده از زیست‌توده این سیانوباکتری وجود دارد و تاکنون تنها چند مورد کاربرد اسپیرولینا به عنوان کود زیستی گزارش شده است. ووانگ و همکاران (Wuang *et al*., 2016) از زیست‌توده سیانوباکتری اسپیرولینا موجود در پساب های پرورش ماهی به عنواد کود کشاورزی استفاده کرده و نشان دادند که سیانوباکتری اسپیرولینا سبب افزایش وزن تر و خشک، ارتفاع و عملکرد سبزی های برگی منداب (*Eruca sativa*) ، تاج خروس سه‌رنگ (*Ameranthus gangeticus*) و شلغم چینی (*Brassica rapa ssp. chinensis*) نسبت به شاهد می‌شود. جوکار و

همکاران (Jowkar *et al.*, 2017) با بررسی پودر خشک اسپیرولینا به صورت تغذیه خاکی و محلول پاشی برگی نشان دادند که تغذیه خاکی گیاهان با ۴۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسپیرولینا به عنوان بهترین تیمار باعث افزایش معنی‌دار رشد رویشی، مقدار فسفر، پتاسیم و کلروفیل برگ و کیفیت ظاهری بگونیا همیشه گلدار نسبت به گیاهان شاهد شد. با توجه به اینکه تاکنون پژوهشی در مورد کاربرد زیست‌توده غیرزنده اسپیرولینا بر روی گیاهان دیگر مانند سبزیجات در ایران ارائه نشده است، پژوهش حاضر با هدف تأثیر زیست‌توده غیرزنده (پودر خشک) سیانوباکتری اسپیرولینا بر رشد و جذب عناصر غذایی اسفناج رقم ویروفلای (*Spinacia oleracea L., cv. Viroflay*) و مقایسه آن با برخی کودهای شیمیایی و آلی انجام گرفت.

مواد و روش ها

خاک مورد نیاز از عمق ۳۰ سانتی‌متری سری دانشکده (Fine, mixed, mesic, Typic Calcixerepts) واقع در منطقه باجگاه (در ارتفاع ۱۸۵۲ متری از سطح آزاد دریا و واقع بر طول جفرافیای ۵۲ درجه و ۴۶ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۲۹ درجه و ۵۰ دقیقه شمالی) استان فارس جمع آوری شد و پس از هوا خشک شدن، از الک دو میلی‌متری عبور داده شد. برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک از قبیل بافت خاک به روش هیدرومتر (Gee & Bauder, 1986)، ماده آلی به روش اکسایش با دی کرومات پتاسیم و سپس تیتر کردن با فرو آمونیوم سولفات (Nelson & Sommers, 1996)، pH خاک در گل اشباع با استفاده از pH متر (Thomas, 1996)، قابلیت هدایت الکتریکی عصاره اشباع (EC_e) با دستگاه هدایت‌سنج الکتریکی (Rhoades, 1996)، ظرفیت تبادل کاتیونی خاک (CEC) به روش جانشینی کاتیون‌ها با استات سدیم، شستشو با الکل و جایگزینی سدیم با آمونیوم استات (Sumner & miller, 1996) و اندازه‌گیری پتاسیم به روش شعله سنجی با استفاده از استات آمونیوم یک نرمال، فسفر قابل استفاده با عصاره‌گیر بی‌کربنات سدیم ۰/۵ مولار در pH=۸/۵ (Olsen *et al.*, 1954)، نیتروژن کل به روش میکروکجلدال (Bremner, 1996) ، و عناصر کم‌مصرف با عصاره‌گیری با دی اتیلن تری آمین پنتا استیک اسید (DTPA) (Lindsay & Norvel, 1978) و قرائت به‌وسیله دستگاه جذب اتمی (شیماتزو مدل AA- 670) اندازه‌گیری شد (جدول ۱).

جدول ۱- برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده در آزمایش

Table 1. Some physical and chemical characteristics of soil used in the experiment

Cu	Mn	Fe	Zn	K	P	CEC	pH	EC	clay	sand	OC	N	SoilTexture
		(mg kg^{-1})				(cmol$_+$kg^{-1})		(dS m^{-1})		(%)			
1.4	12.5	5.6	1.1	350	10	13	7.8	0.74	38	4	1.05	0.1	SiltyClay

تیمارهای آزمایش شامل شاهد، ورمی‌کمپوست (۱۰۰۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم)، کود گاوی (۲۰۰۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم)، کود گوسفندی (۲۰۰۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم)، زیست‌توده غیرزنده سیانوباکتری اسپیرولینا در چهار سطح (۵۰۰، ۱۰۰۰، ۲۵۰۰ و ۵۰۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم)، کود شیمیایی (۱) که شامل ۸۰ میلی‌گرم نیتروژن در کیلوگرم خاک از منبع اوره و ۱۰ میلی‌گرم فسفر در کیلوگرم خاک از منبع مونوکلسیم فسفات و کود شیمیایی (۲) که شامل ۱۵۰ میلی‌گرم نیتروژن در کیلوگرم خاک از منبع اوره و ۲۰ میلی‌گرم فسفر در کیلوگرم خاک از منبع مونوکلسیم فسفات بود (تیمارها بر اساس سایر تحقیقات انجام شده انتخاب شدند Ahmad Abadi *et al.* 2011 & Daneshian *et al.* 2012). جهت انجام تحقیق حاضر پودر خشک شده سیانو باکتری اسپیرولینا از شرکت Swisse Weliness (ملبورن، استرالیا) خریداری شد. برخی از ویژگی‌های کودهای مورد مطالعه از قبیل ماده آلی (Nelson & Sommers, 1996)، pH در عصاره یک به پنج کود به آب (Thomas, 1996)، قابلیت هدایت الکتریکی (EC) در عصاره یک به پنج کود به آب (Rhoades, 1996)، نیتروژن کل به روش کجلدال (Bremner, 1996) اندازه‌گیری شد. مقدار کل عناصر فسفر، پتاسیم، سدیم، و عناصر کم مصرف با روش هضم در اسید (Chapman & Pratt, 1961) و به کمک دستگاه‌های فلیم فتومتر، اسپکتروفتومتر و جذب اتمی (شیماتزو مدل AA- 670) تعیین شد. نتایج تجزیه کودها در جدول ۲ آورده شده است.

جدول ۲- ویژگی‌های کودهای بکار برده شده در آزمایش

Table 2. Characteristics of organic fertilizers used in the experiment

Fertilizer type	(N)	(OM)	EC	pH	(P)	(K)	(Na)	(Zn)	(Fe)	(Mn)	(Cu)
	(%)		(dS m^{-1})				(mg kg^{-1})				
cow manure	2.1	42.2	4.1	7.96	6591	7948	1714	183	967	289	14.6
sheep manure	1.5	30.4	9.7	7.60	3797	9042	2055	50.7	883	127	3.7
vermicompost	2.3	46	1.45	6.72	10039	3484	938	306	1087	383	21.4
non-living *Spirulina* biomass	4.6	85	7.1	5.35	7435	11389	5202	28.1	311	18	0.05

جهت انجام آزمایش تمامی تیمارهای کودی به‌صورت خشک و پودری در آورده شده و از الک عبور داده شدند. سپس مقدار دو کیلوگرم خاک توزین و پس از اعمال تیمارهای کودی (نصف تیمار کود اوره نیز قبل از کاشت با خاک پلاستیک‌ها مخلوط شد) درون کیسه های پلاستیکی منتقل گردید. سپس خاک درون کیسه ها به خوبی با تیمارها مخلوط شده و خاک‌های تیمار شده به درون گلدان‌ها انتقال داده شدند. ۱۰ عدد بذر اسفناج رقم ویروفلای (*Spinacia oleracea L., cv. Viroflay*) در عمق حدود دو سانتی‌متری هر گلدان کشت شد. پس از یک هفته گیاهان تنک شده و تعداد بوته‌ها به پنج عدد تقلیل یافت. نصف دیگر کود اوره به‌صورت محلول و چهار هفته پس از کاشت به خاک گلدان‌ها افزوده شد. در طول فصل رشد روزانه رطوبت گلدان‌ها بوسیله آب مقطر در حد ظرفیت مزرعه نگهداری شدند. هشت هفته پس از کاشت، گیاهان از محل طوقه قطع و برداشت گردید. وزن تر گیاه اندازه‌گیری و پس از شستشو با آب مقطر، در آون با دمای ۶۵ درجه سلسیوس به مدت ۷۲ ساعت خشک و وزن آن‌ها اندازه‌گیری شد. بخش هوایی نیز به‌وسیله آسیاب برقی خرد و به‌صورت پودر درآورده شد. نیتروژن کل به روش میکرو کلدال (Bremner, 1996) اندازه‌گیری گردید. برای اندازه‌گیری غلظت سایر عناصر در بخش هوایی نیز از روش خشک سوزانی مطابق با روش‌های ذکر شده برای منابع آلی مورد استفاده اندازه گیری شد. جذب عناصر غذایی (میلی‌گرم در گلدان) از حاصل‌ضرب غلظت عناصر غذایی (میلی-گرم در کیلوگرم) در وزن خشک اسفناج در هر گلدان (کیلوگرم در گلدان) محاسبه شد. داده‌های به دست آمده به‌وسیله نرم افزار SAS و آزمون چند دامنه ای دانکن مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند.

نتایج و بحث

وزن تر و خشک بخش هوایی

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر نوع کود بکار برده شده بر وزن تر و خشک بخش هوایی اسفناج (به‌ترتیب در سطح ۱ و ۵ درصد) معنی‌دار بود (جدول ۳). کاربرد سطح ۱۰۰۰ میلی‌گرم پودر خشک سیانوباکتری اسپیرولینا در کیلوگرم خاک سبب افزایش معنی‌دار وزن تر بخش هوایی اسفناج به مقدار ۱۰۳ درصد نسبت به تیمار شاهد شد. کاربرد سطوح ۵۰۰ و ۱۰۰۰ میلی‌گرم پودر خشک سیانوباکتری اسپیرولینا در کیلوگرم خاک سبب افزایش معنی‌دار وزن خشک بخش هوایی اسفناج نسبت به تیمار شاهد (به‌ترتیب به مقدار ۱۰۴ و ۱۱۴ درصد) شد که شاید دلیل آن را بتوان به مقدار بالای نیتروژن این منبع آلی نسبت داد. سایر کودهای بکار برده شده تفاوت معنی‌داری با شاهد نداشتند. سطوح مختلف سیانوباکتری تفاوت معنی‌داری با سایر کودهای آلی (به جز گوسفندی) نداشتند (جدول ۴). بیشترین مقدار وزن تر و خشک بخش هوایی (به‌ترتیب ۲۵/۸ و ۲/۴۴ گرم در گلدان) با کاربرد سطح ۱۰۰۰ میلی‌گرم پودر خشک سیانوباکتری اسپیرولینا در کیلوگرم خاک به‌دست آمد. البته تفاوت معنی‌داری بین وزن خشک تیمار ۵۰۰ و ۱۰۰۰ میلی‌گرم پودر خشک سیانوباکتری اسپیرولینا در کیلوگرم خاک وجود نداشت (جدول ۴). با توجه به معنی‌دار نبودن تفاوت بین سطوح ۵۰۰ و ۱۰۰۰ میلی‌گرم پودر خشک سیانوباکتری اسپیرولینا در کیلوگرم خاک به نظر می‌رسد کاربرد سطح کمتر اسپیرولینا (سطح ۵۰۰ میلی‌گرم پودر خشک سیانوباکتری اسپیرولینا در کیلوگرم خاک) جهت استفاده در خاک بهتر باشد. پس از سطوح ذکر شده، کود گاوی نیز نسبت به سایر تیمارها اثر بیشتری بر وزن خشک اسفناج داشت. فیلوندی و صادقی (Filondy & Sadeghi, 2015) نیز با بررسی و مقایسه اثر کودهای آلی مختلف (کمپوست غنی شده، کود گاوی و کود

گوسفندی) بر عملکرد اسفناج بیان کردند که تیمار کود گاوی در تمامی ویژگی‌ها دارای حداکثر کارایی نسبت به سایر تیمارها و تیمار شاهد بوده است. کاربرد کود گوسفندی اثر معنی‌داری بر وزن تر و خشک بخش هوایی اسفناج نسبت به تیمار شاهد نداشت (جدول ۴).

غلظت و جذب عناصر پر مصرف

نوع کود بکار برده شده تأثیر معنی‌داری بر غلظت و جذب کل نیتروژن و فسفر بخش هوایی اسفناج داشت اما غلظت و جذب کل پتاسیم به‌وسیله بخش هوایی گیاه تحت تأثیر نوع کود قرار نگرفت (جدول ۳).

غلظت و جذب نیتروژن

کاربرد سطوح مختلف سیانوباکتری اسپیرولینا و همچنین کودهای شیمیایی ۱ و ۲ سبب افزایش معنی‌دار غلظت نیتروژن نسبت به شاهد شد که شاید دلیل آن افزودن نیتروژن بیشتر به خاک در اثر کاربرد کود شیمیایی و جذب بیشتر نیتروژن بوسیله گیاه باشد. بیشترین غلظت نیتروژن مربوط به تیمارهای حاوی ۲۵۰۰ و ۵۰۰۰ میلی‌گرم پودر خشک سیانوباکتری اسپیرولینا در کیلوگرم خاک و همچنین کود شیمیایی ۲ بود که این سه کود تفاوت معنی‌داری از لحاظ آماری با یکدیگر نداشتند. کاربرد کودهای ذکر شده به‌ترتیب سبب افزایش معنی‌دار ۷۲/۲، ۷۱/۴ و ۷۲/۲ درصدی غلظت نیتروژن بخش هوایی اسفناج نسبت به سطح شاهد شدند. کاربرد سطوح ۵۰۰ و ۱۰۰۰ میلی‌گرم پودر خشک سیانوباکتری اسپیرولینا در کیلوگرم خاک و کود شیمیایی ۱ نیز سبب افزایش معنی‌دار ۳۳، ۵۸/۷ و ۵۹/۵ درصدی غلظت نیتروژن بخش هوایی گیاه نسبت به تیمار شاهد شدند. دلیل افزایش نیتروژن گیاهی در تیمارهای حاوی زیست‌توده غیرزنده سیانوباکتری اسپیرولینا را می‌توان به مقدار بالای نیتروژن در زیست‌توده غیرزنده سیانوباکتری اسپیرولینا نسبت به سایر کودها نسبت داد (جدول ۲). تیمارهای حاوی کود گاوی و ورمی‌کمپوست تفاوت معنی‌داری با تیمار شاهد در مقدار غلظت نیتروژن بخش هوایی نداشتند اما کاربرد کود گوسفندی سبب کاهش معنی‌دار ۳۹/۷ درصدی غلظت نیتروژن در بخش هوایی گیاه نسبت به تیمار شاهد شد (جدول ۴). کاربرد سطوح ۵۰۰، ۱۰۰۰ و ۵۰۰۰ میلی‌گرم پودر خشک سیانوباکتری اسپیرولینا در کیلوگرم خاک و کود شیمیایی ۲ سبب افزایش معنی‌دار جذب نیتروژن به‌ترتیب به مقدار ۱۹۴، ۲۶۵، ۱۶۹ و ۱۷۰ درصد نسبت به تیمار شاهد شدند. کود گوسفندی اثر معنی‌داری بر جذب نیتروژن به‌وسیله بخش هوایی اسفناج نداشت (جدول ۴). رضایی نژاد و افیونی (Rezaenejad & Afyuni, 2001) بیان کردند که کودهای آلی باعث افزایش معنی‌دار مواد آلی خاک گردیده و قابلیت جذب نیتروژن را افزایش می‌دهند. والن و همکاران (Whalen *et al*., 2000) نیز بیان کردند که پس از کاربرد کود گاوی، مقدار نیتروژن معدنی و فسفر و پتاسیم قابل دسترس افزایش معنی‌داری یافت.

غلظت و جذب فسفر

کاربرد کودهای گوسفندی، گاوی و ورمی‌کمپوست سبب افزایش معنی‌دار غلظت فسفر بخش هوایی اسفناج به مقدار ۲۹۱، ۱۰۹ و ۶۵ درصد نسبت به تیمار شاهد شدند. بیشترین غلظت فسفر در تیمار کود گوسفندی (۱۶/۴ گرم فسفر در کیلوگرم بخش هوایی) مشاهده شد که شاید بتوان دلیل این افزایش غلظت را به کاهش وزن خشک اسفناج در این تیمار نسبت به سایر تیمارهای کودی و اثر تجمع عناصر نسبت داد (جدول ۴).

جدول ۳- تجزیه واریانس اثر کودهای شیمیایی و آلی مختلف بر غلظت و جذب عناصر پرمصرف و وزن تر و خشک بخش هوایی اسفناج

Table 3. Analysis of variances of the effect of different chemical and organic fertilizers on the concentration and uptake of macronutrients and wet and dry weights of aerial parts of spinach

		Mean of squares							
Sources of changes	Degrees of freedom	wet weight	Dry weight	N concentration	N uptake	P concentration	P uptake	K concentration	K uptake
Fertilizer	9	111**	1.0 *	0.91**	526**	48739609**	64**	155033247 ns	3847 ns
Error	20	31	0.4	0.05	134	1185371	13.7	80847298	1793
Cv		25.1	28.3	13.4	28.6	18.1	27	12.4	28.1

ns، *، و ** به‌ترتیب بیانگر عدم معنی داری، و معنی‌داری در سطح $P\leq0.05$ و $P\leq0.01$

ns, *, **, not significant, significant at $P\leq0.05$ and $P\leq0.01$, respectively.

جدول ۴- اثر کودهای شیمیایی و آلی مختلف بر غلظت و جذب عناصر پرمصرف و وزن تر و خشک بخش هوایی اسفناج

Table 4. Effect of different chemical and organic fertilizers on the concentration and content of macronutrients and fresh and dry weights of aerial parts of spinach

Fertilizer type		Fresh weight	Dry weight	N concentration	P concentration	K concentration	N content	P content	K content
		$g\ pot^{-1}$		%			$mg\ pot^{-1}$		
Control		12.7 ^{bc*}	1.14 ^{bc}	1.26 ^{c}	0.419 ^{c}	7.00 ^{ab}	14.3 ^{cd}	4.80 ^{c}	79.4 ^{bc}
Spirulina levels ($mg\ kg^{-1}$)	500	23.5 ^{ab}	2.33 ^{a}	1.68 ^{b}	0.407 ^{c}	6.56 ^{b}	39.1 ^{ab}	9.48 ^{bc}	153 ^{ab}
	1000	25.8 ^{a}	2.44 ^{a}	2.00 ^{ab}	0.335 ^{c}	6.84 ^{ab}	48.8 ^{a}	8.17 ^{bc}	167 ^{a}
	2500	17.2 ^{ab}	1.39 ^{abc}	2.17 ^{a}	0.367 ^{c}	8.37 ^{a}	30.1 ^{abc}	5.10 ^{c}	116 ^{abc}
	5000	21.2 ^{ab}	1.63 ^{abc}	2.16 ^{a}	0.434 ^{c}	7.25 ^{ab}	35.2 ^{ab}	7.07 ^{bc}	118 ^{abc}
Fertilizer 1**		19.9 ^{ab}	1.72 ^{abc}	2.01 ^{ab}	0.416 ^{c}	6.77 ^{ab}	34.5 ^{abc}	7.15 ^{bc}	116 ^{abc}
Fertilizer 2		17.2 ^{ab}	1.66 ^{abc}	2.17 ^{a}	0.42 ^{c}	7.92 ^{ab}	36.0 ^{ab}	7.00 ^{bc}	131 ^{ab}
Sheep manure		4.2 ^{c}	0.59 ^{c}	0.76 ^{d}	1.56 ^{a}	8.39 ^{a}	4.48 ^{d}	9.20 ^{bc}	49.5 ^{c}
Cow manure		16.8 ^{ab}	2.24 ^{ab}	1.16 ^{c}	0.876 ^{b}	6.95 ^{ab}	26.0 ^{bcd}	19.6 ^{a}	155 ^{ab}
Vermicompost		14.8 ^{b}	2.03 ^{ab}	0.94 ^{cd}	0.692 ^{b}	6.45 ^{b}	19.1 ^{bcd}	14.0 ^{ab}	131 ^{abc}

* اعدادی که در هر ستون دارای یک حرف لاتین کوچک مشترک باشند در سطح احتمال ۵ درصد آزمون دانکن از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری ندارند. کود شیمیایی ۱ حاوی ۸۰ و ۱۰ میلی‌گرم نیتروژن و فسفر در کیلوگرم خاک و کود شیمیایی ۲ حاوی ۱۵۰ و ۲۰ میلی‌گرم نیتروژن و فسفر در کیلوگرم خاک به‌ترتیب از منبع اوره و منوکلسیم فسفات می‌باشند.

*Numbers followed by the same letters within each parameter shows no significant differences among treatments ($P< 0.05$)

** Fertilizer 1 contains 80 and 10 mg nitrogen and phosphorus per kg of soil and fertilizer 2 containing 150 and 20 mg nitrogen and phosphorus per kg of soil, from the source of urea and monocalcium phosphate, respectively.

سایرکودهای بکاربرده شده تفاوت معنی‌داری با تیمار شاهد نداشتند (جدول ۴). بیشترین مقدار جذب فسفر مربوط به تیمار کود گاوی (۲۰ میلی‌گرم در گلدان) بود که با افزایش ۳۱۷ درصدی، تفاوت معنی‌داری با تیمار شاهد داشت. کاربرد ورمی‌کمپوست نیز سبب افزایش معنی‌دار ۱۹۴ درصدی جذب فسفر به‌وسیله بخش هوایی اسفناج شد که دلیل آن را می‌توان به بالاتر بودن مقدار فسفر در ترکیب کود گاوی و ورمی‌کمپوست نسبت داد (جدول ۲). سایر کودهای اعمال شده ضمن افزایش نسبی جذب فسفر به‌وسیله بخش هوایی، از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری با تیمار شاهد نداشتند (جدول ۴). خادم و همکاران (Khadem *et al*., 2014) نشان دادند که کاربرد کودهای دامی سبب افزایش مقدار شوری، فسفر و عناصر کم‌مصرف شد اما تأثیر معنی‌داری بر pH خاک نداشت. آن‌ها همچنین گزارش کردند که با افزایش مقدار کود مصرفی، وزن خشک ذرت و مقدار فسفر جذب شده به‌وسیله آن افزایش یافت. آن‌ها بیان کردند که در خاک‌های آهکی آنیون فسفات با آنیون کربنات در سطح آهک واکنش داده و رسوب فسفات کلسیم تشکیل می‌شود و فسفر را برای گیاه غیر قابل دسترس می نماید. آن‌ها علت افزایش در مقدار فسفر جذب شده به‌وسیله بخش هوایی گیاه را اینطور بیان کردند که مواد آلی با کمپلکس‌کردن کلسیم محلول در خاک از تشکیل فسفات کلسیم جلوگیری کرده و قابلیت دسترسی فسفر به‌وسیله گیاه را افزایش می‌دهند. با افزودن مواد آلی به خاک جمعیت ریزجانداران آن زیاد شده و در نتیجه گردش عناصر غذایی سریعتر شده و قابلیت جذب آنها و به خصوص قابلیت جذب فسفر، افزایش می یابد (Khadem *et al*., 2014). یودین و همکاران (Uddin *et al*., 2012) با بررسی اثر کودهای شیمیایی، کود گاوی، فاضلاب شهری، کود مرغی و سوپر فسفات تریپل در سه سطح ۲۰۰، ۴۰۰ و ۸۰۰ میلی‌گرم فسفر در کیلوگرم خاک بر قابلیت دسترسی فسفر به‌وسیله اسفناج بیان داشتند که کود گاوی بیشترین اثر را بر عملکرد اسفناج داشت. نتایج آن‌ها نشان داد که قابلیت دسترسی فسفر به‌صورت: کود سوپر فسفات تریپل> کود گاوی> کود مرغی> فاضلاب شهری بود.

غلظت و جذب پتاسیم

تفاوت معنی‌داری بین کودهای بکاربرده شده و تیمار شاهد در غلظت پتاسیم بخش هوایی مشاهده نشد (جدول ۴). بیشترین مقدار جذب پتاسیم مربوط به تیمار ۱۰۰۰ میلی‌گرم پودر خشک سیانوباکتری اسپیرولینا در کیلوگرم خاک (۱۶۶ میلی‌گرم در گلدان) بود که سبب افزایش ۱۲۳ درصدی جذب پتاسیم نسبت به تیمار شاهد شد. سایر کودهای بکاربرده شده (بجز کود گوسفندی)، ضمن افزایش جذب پتاسیم به‌وسیله بخش هوایی، تفاوت معنی‌داری با تیمار شاهد نداشتند. کاربرد کود گوسفندی سبب کاهش معنی‌دار ۳۳

درصدی جذب پتاسیم به‌وسیله بخش هوایی نسبت به تیمار شاهد شد (جدول ۴). شاید بتوان گفت که مقدار پتاسیم در خاک مورد مطالعه در حد کافی و عمدتاً به شکل کانی ایلیت (Baghernejad *et al*., 2015) بوده، بنابراین تغییرات پتاسیم کودی اثر چندانی بر پتاسیم گیاهی نداشته است. همچنین مقادیر استفاده شده کودها بسیار کم (۲ درصد) می باشد و این مقدار کم در خاک تفاوت آنچنانی در مقدار پتاسیم گیاهی در خاکی که حاوی مقدار پتاسیم کافی است، ایجاد نمی کند.

جدول ۵- تجزیه واریانس اثر کودهای شیمیایی و آلی مختلف بر غلظت و جذب عناصر کم‌مصرف در بخش هوایی اسفناج

Table 5. Analysis of variances of the effect of different chemical and organic fertilizers on the concentration and content of micronutrients by aerial parts of spinach

		Mean of squares							
Sources of changes	Degrees of freedom	Zn concentration	Zn content	Fe concentration	Fe content	Mn concentration	Mn content	Cu concentration	Cu content
Fertilizer	9	3759 **	0.002 ns	30756*	0.15**	1834**	0.006 ns	13.9 ns	0.000008 ns
Error	20	407	0.002	12190	0.035	374	0.003	11.2	0.000007
Cv		21.2	28.5	25.5	28.5	27.5	28	29	28.5

ns ، *، و ** به‌ترتیب بیانگر عدم معنی داری، و معنی‌داری در سطح $P\leq0.05$ و $P\leq0.01$

ns, *, **, not significant, significant at $P\leq0.05$ and $P\leq0.01$, respectively.

غلظت و جذب عناصر کم‌مصرف

با توجه به نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۵)، نوع کود بکاربرده شده تنها بر غلظت روی (در سطح ۱٪)، غلظت و جذب آهن به‌وسیله بخش هوایی (به‌ترتیب در سطح ۵ و ۱٪) و غلظت منگنز (سطح ۱٪) اثر معنی‌دار داشت. مطالعات مختلف نشان داده است که مواد آلی مانند لجن فاضلاب، کمپوست زباله و کود گاوی به طور طبیعی حاوی مقدار قابل ملاحظه‌ای از عناصر کم‌مصرف هستند که به علت وجود مواد آلی زیاد به صورت کلات های آلی درآمده و باعث افزایش حلالیت و قابلیت جذب این عناصر در خاک می شوند (Razavitoosi, 2001). کاسترو و همکاران (Castro *et al*., 2009) اظهار داشتند که با کاربرد انواع اصلاح کننده‌های آلی در خاک و به دنبال افزایش مقدار عناصر کم‌مصرف خاک، غلظت این عناصر در بافت های گیاه کاهو نیز افزایش یافت. مواد آلی با تولید ترکیبات کمپلکس‌کننده باعث انحلال و تحرک عناصر غذایی به ویژه عناصر کم‌مصرف می‌گردد (Afyuni, 1986).

غلظت و جذب روی

بیشترین غلظت روی مربوط به تیمار حاوی کود گوسفندی (۱۵۶ میلی‌گرم در کیلوگرم بخش هوایی) بود که سبب افزایش معنی‌دار ۱۲۶ درصدی غلظت روی بخش هوایی اسفناج نسبت به تیمار شاهد شد که شاید دلیل افزایش غلظت روی در این تیمار، کاهش بیشتر وزن خشک بخش هوایی نسبت به سایر تیمارهای کودی باشد (جدول ۴). سایر کودها اثر معنی‌داری بر این ویژگی نداشتند (جدول ۶). تیمارهای اعمال شده تفاوت معنی‌داری در مقدار جذب روی به‌وسیله بخش هوایی با تیمار شاهد نداشتند. (جدول ۶). خاکهای آهکی دارای مواد آلی و فسفر کمی بوده و pH بالای این خاک‌ها منجر به دسترسی کم گیاه به فسفر و بعضی عناصر کم‌مصرف مثل روی و آهن می‌شود (Khadem *et al*., 2014). کاربرد کودهای آلی با افزایش ماده آلی خاک می‌تواند تا حد زیادی در رفع این کمبود مؤثر باشد. مامو و همکاران (Mamo *et al*., 1998) نشان دادند که با افزایش کاربرد کمپوست در خاک، غلظت عناصر روی و مس در خاک نسبت به شاهد افزایش یافت.

غلظت و جذب آهن

بیشترین مقدار غلظت آهن در بخش هوایی مربوط به تیمار کود گوسفندی (۵۰۸ میلی‌گرم در کیلوگرم بخش هوایی) بود که ۵۳ درصد نسبت به تیمار شاهد افزایش نشان داد اما سایر کودهای اعمال شده تفاوت معنی‌داری با شاهد نداشتند (جدول ۶). این افزایش غلظت در تیمار کودگوسفندی ممکن است به دلیل کاهش مقدار وزن خشک بخش هوایی گیاه و تجمع و تغلیظ آهن در بخش هوایی گیاه باشد (جدول ۴). داده‌های جدول ۶ نشان داد که کاربرد سطوح ۵۰۰ و ۱۰۰۰ میلی‌گرم پودر خشک سیانوباکتری اسپیرولینا در کیلوگرم خاک

به‌ترتیب سبب افزایش معنی‌دار ۱۶۱ و ۱۰۳ درصدی جذب آهن به‌وسیله بخش هوایی اسفناج شد ولی سایر کودها تفاوت معنی‌داری با تیمار شاهد نداشتند. بیشترین مقدار جذب آهن مربوط به تیمار ۵۰۰ میلی‌گرم پودر خشک سیانوباکتری اسپیرولینا در کیلوگرم خاک (۰/۹۴ میلی‌گرم در گلدان) بود. جذب آهن به‌وسیله بخش هوایی در سایر تیمارهای کودی کمتر از تیمار شاهد بود (جدول ۶). تجزیه مواد آلی کودها، تشکیل اسیدهای آلی و افزایش اسید کربنیک خاک را به دنبال داشته که در نهایت با کاهش پ هاش خاک می‌تواند بر قابلیت جذب عناصر کم‌مصرف مانند آهن و روی اثر بگذارد. علاوه بر این، افزایش مقدار آهن و روی قابل جذب خاک در اثر کاربرد کودهای آلی، می‌تواند به دلیل وجود مقدار قابل ملاحظه این فلزات در این کودها باشد (Khadem *et al*., 2014).

غلظت و جذب منگنز

کاربرد تیمارهای ۱۰۰۰، ۲۵۰۰ و ۵۰۰۰ میلی‌گرم پودر خشک سیانوباکتری اسپیرولینا در کیلوگرم خاک، کود شیمیایی ۲ و کود گاوی سبب کاهش معنی‌دار غلظت منگنز در بخش هوایی گیاه نسبت به شاهد شدند. سایر کودهای اعمال شده تفاوت معنی‌داری با تیمار شاهد نداشتند. بیشترین مقدار غلظت منگنز در بخش هوایی مربوط به تیمار کود گوسفندی (۱۱۷ میلی‌گرم در کیلوگرم بخش هوایی) بود (جدول ۶) که احتمالاً به دلیل کاهش وزن تر و خشک گیاه در این تیمار و تغلیظ منگنز در بخش هوایی است (جدول ۴). جذب منگنز به‌وسیله بخش هوایی در تیمارهای مختلف کودی تفاوت معنی‌داری با تیمار شاهد نداشت ضمن اینکه بیشترین مقادیر جذب منگنز در تیمارهای ۵۰۰ میلی‌گرم پودر خشک سیانوباکتری اسپیرولینا در کیلوگرم خاک و کود ورمی‌کمپوست (۰/۱۹ میلی‌گرم در گلدان) مشاهده شد (جدول ۶).

جدول ۶- اثر کودهای شیمیایی و آلی مختلف بر غلظت و جذب عناصر کم مصرف در بخش هوایی اسفناج

Table 6. Effect of different chemical and organic fertilizers on the concentration and contentof micronutrients by aerial parts of spinach

Fertilizer type		Zn concentration	Fe concentration	Mn concentration	Cu concentration	Zn content	Fe content	Mn content	Cu content
		mg kg^{-1}				mg pot^{-1}			
Control		69 ^{bc*}	332 ^{abc}	96.5 ^{ab}	3.78 ^{ab}	0.08 ^{ab}	0.38 ^{cd}	0.11 ^{ab}	0.004 ^{ab}
Spirulina levels (mg kg^{-1})	500	102 ^{b}	406 ^{ab}	82.0 ^{abc}	3.12 ^{ab}	0.24 ^{a}	0.94 ^{a}	0.19 ^{a}	0.007 ^{a}
	1000	69 ^{bc}	304 ^{abc}	51.3 ^{c}	1.55 ^{b}	0.17 ^{ab}	0.74 ^{ab}	0.12 ^{ab}	0.004 ^{ab}
	2500	43.2 ^{c}	185 ^{c}	49.7 ^{c}	1.35 ^{b}	0.06 ^{b}	0.26 ^{d}	0.07 ^{b}	0.002 ^{b}
	5000	45.6 ^{c}	209 ^{bc}	51.1 ^{c}	1.60 ^{b}	0.07 ^{ab}	0.34 ^{cd}	0.08 ^{b}	0.003 ^{ab}
Fertilizer 1**		51.1 ^{c}	243 ^{bc}	61.3 ^{bc}	1.31 ^{b}	0.09 ^{ab}	0.42 ^{bcd}	0.10 ^{ab}	0.002 ^{ab}
Fertilizer 2		48 ^{c}	223 ^{bc}	53.4 ^{c}	0.93 ^{b}	0.08 ^{b}	0.37 ^{cd}	0.09 ^{b}	0.001 ^{b}
Sheep manure		156 ^{a}	508 ^{a}	117 ^{a}	8.04 ^{a}	0.09 ^{ab}	0.30 ^{d}	0.07 ^{b}	0.005 ^{ab}
Cow manure		57.5 ^{c}	220 ^{bc}	48.5 ^{c}	1.29 ^{b}	0.13 ^{ab}	0.49 ^{bcd}	0.12 ^{ab}	0.003 ^{ab}
Vermicompost		47.9 ^{c}	310 ^{abc}	92.9 ^{ab}	1.65 ^{b}	0.10 ^{ab}	0.63 ^{abc}	0.19 ^{a}	0.003 ^{ab}

* اعدادی که در هر ستون دارای یک حرف لاتین کوچک مشترک باشند در سطح احتمال ۵ درصد آزمون دانکن از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری ندارند. کود شیمیایی ۱ حاوی ۸۰ و ۱۰ میلی‌گرم نیتروژن و فسفر در کیلوگرم خاک و کود شیمیایی ۲ حاوی ۱۵۰ و ۲۰ میلی‌گرم نیتروژن و فسفر در کیلوگرم خاک به‌ترتیب از منبع اوره و منوکلسیم فسفات می‌باشند.

*Numbers followed by the same letters within each parameter shows no significant differences among treatments ($P< 0.05$)

** Fertilizer 1 contains 80 and 10 mg nitrogen and phosphorus per kg of soil and fertilizer 2 containing 150 and 20 mg nitrogen and phosphorus per kg of soil, from the source of urea and monocalcium phosphate, respectively.

غلظت و جذب مس

تفاوت معنی‌داری در مقدار غلظت مس بخش هوایی تیمارهای کودی مختلف با تیمار شاهد وجود نداشت (جدول ۶). بیشترین مقدار غلظت مس بخش هوایی مربوط به تیمار کود گوسفندی (به مقدار ۸ میلی‌گرم مس در کیلوگرم بخش هوایی) بود. به‌طورکلی تمامی تیمارهای کودی اعمال شده بجز سطح ۵۰۰ میلی‌گرم پودر خشک سیانوباکتری اسپیرولینا در کیلوگرم خاک و کود گوسفندی سبب کاهش غیر معنی‌دار غلظت مس در بخش هوایی نسبت به تیمار شاهد گردیدند (جدول ۶) که شاید دلیل آن را بتوان به تثبیت مس بوسیله ماده آلی نسبت داد. تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای کودی اعمال شده در مقدار جذب مس به‌وسیله بخش هوایی با تیمار شاهد مشاهده نشد. بیشترین مقدار جذب

مس در تیمار ۵۰۰ میلی‌گرم پودر خشک سیانوباکتری اسپیرولینا در کیلوگرم خاک (۰/۰۰۷ میلی‌گرم در گلدان) مشاهده شد (جدول ۶). جذب مس به‌وسیله بخش هوایی در سایر تیمارهای کودی کمتر از تیمار شاهد بود (جدول ۶).

نتیجه گیری کلی

بیشترین مقدار جذب عناصر غذایی پر مصرف و کم‌مصرف در تیمارهای حاوی سطح ۵۰۰ میلی‌گرم پودر خشک سیانوباکتری اسپیرولینا در کیلوگرم خاک مشاهده شد که در بسیاری از موارد تفاوت معنی‌داری با سطح ۱۰۰۰ میلی‌گرم پودر خشک سیانوباکتری اسپیرولینا در کیلوگرم خاک نداشت. لذا کاربرد ۵۰۰ میلی‌گرم پودر خشک سیانوباکتری اسپیرولینا در کیلوگرم خاک می‌تواند مؤثرتر و مقرون به صرفه‌تر باشد. کاربرد سطوح بالاتر پودر خشک سیانوباکتری اسپیرولینا تأثیر منفی بر عملکرد و جذب عناصر به‌وسیله بخش هوایی اسفناج داشت. اثر کودهای بکاربرده شده بر اکثر ویژگی‌های مورد مطالعه مانند وزن خشک، جذب عناصر پرمصرف و کم مصرف به‌صورت سیانوباکتری اسپیرولینا> کود گاوی> ورمی‌کمپوست > کود شیمیایی> شاهد= کود گوسفندی بود. به طور کلی در این تحقیق شاید بتوان گفت که کاربرد پودر خشک سیانوباکتری اسپیرولینا به عنوان کود آلی نسبت به سایر تیمارهای کودی اعمال شده تا حدودی برتری داشت. البته پیشنهاد می‌شود قبل از هرگونه توصیه ای نتایج این آزمایش در شرایط مزرعه‌ای مورد تحقیق و تأیید قرار گیرد.

References

Abdollahi Sh., and Jafarpour M. 2015. Synergistic effect of organic and chemical fertilizers on quantitative and qualitative properties of spinach. *Journal of Earth, Environment and Health Sciences*, 1:76-80.

Afyuni M., 1986. Extactability of iron, zinc and cadmium in sludge amended calcareous soil, New Mexico State University, Las Cruces, Doctoral Dissertation.

Ahmad Abadi Z., Ghajar Sepanlou M., and Bahmanyar M.A. 2011. Effect of vermicompost application on amount of micro elements in soil and the content in the medicinal plant of Borage (*Borago officinalis*). *Journal of Crops Improvement*, 13: 1-12. (In Persian).

Azarmi R., Sharifi Ziveh P., and Satari M.R. 2008. Effect of vermicompost on growth, yield and nutrition status of tomato *(Lycopersicum esculentum)*. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 11: 1797-1802.

Baghernejad M., Javaheri F., and Moosavi A.A. 2015. Adsorption isotherms of copper and zinc in clay minerals of calcareous soils and their effects on X-ray diffraction. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 61: 1061-1077.

Belay A. 2007. Spirulina (Arthrospira): production and quality assurance. *In*: Gershwin M.E., and Belay A. *Spirulina* in human nutrition and health: CRC Press, pp. 2-26.

Bramryd T. 2001. Effect of liquid and dewatered sewage sludge applied to a Scot pine stand (*Pinus sylvestris L.*) in central Sweden. *Forest Ecology and Management*, 147: 197-216.

Bremner J.M. 1996. Nitrogen total. *In*: Methods of Soil Analysis. Sparks D.L. (Ed.), Part 3. Chemical Methods- *American Society of Agronomy*, Madison, pp. 1085-1122.

Castro E., Manas P., and De las Heras J. 2009. A comparison of the applications of different waste products to a lettuce crop: Effects on plant and soil properties. *Scientia Horticulturae*, 123: 148-155.

Chapman H.D., and Pratt P.F. 1961. Methods of Analysis for Soils, Plants and Water. University of California, Berkeley, CA, USA. 309p.

Daneshian J., Rahmani N., Alimohammadi M. 2012. Effects of application nitrogen and fertilizer manure on physiological characteristics of Calendula (*Calendula officinalis* L.) under water deficit stress. *New Finding in Agriculture*, 6: 231-240. (In Persian)

Filondy N., and Sadeghi H. 2015. Effect of different levels of organic fertilizers (enriched compost, cow manure and sheep manure) on spinach performance of barbed cultivar. *Proceedings of the 1st National Conference on Agricultural Science and Environment of Iran, Jahrom, Iran*, pp. 1-4. (In Persian)

Fraser M., Fleming R.J., Ohalloran I.P., Van Etrad L.L., and Zandstra J.W. 2006. Non nutrient value of manure, Literature Review. Ridgetown College, University of Guelph, Ontario. 39p.

Gee G.W., and Bauder, J.W. 1986. Particle size analysis, hydrometer method. *In*: Sparks D.L. (Ed.), Methods of Soil Analysis. 3rd Ed. part 3. Chemical Methods- *American Society of Agronomy*, Madison, pp. 383- 411.

Glyn M.F. 2002. Mineral nutrition, production and artemisin content in artemisia annual. *Acta Holticulture*, 426: 721-728.

Islam M.S. 2004. Effect of organic farming material on soil microenvironment and quality of spinach. Master's thesis, Department of Soil Science, Bangladesh Agricultural University, Mymensingh. 73p.

Jowkar A., Bashiri K., and Golmakani M. T. 2017. The effect of soil fertilization and foliar spray of semperflorens begonia (*Begonia semperflorens*) by *Spirulina* cyanobacterium biomass. *Journal of Science and Technology of Greenhouse Culture*, 3(8): 65-73. (In Persian)

Khadem A., Golchin A., Shafiei S., and Zaree E. 2014. Effects of manure and sulfur on nutrients uptake by corn *(Zea mays L.)*. *Agronomy Journal (Pajouhesh and Sazandegi)*, 103: 2-11. (In Persian).

Lindsay W.L., and Norvell W.A. 1978. Development of a DTPA test for zinc, iron, manganese and copper. *Soil Science Society of America Journal*, 42: 421-428.

Mamo M., Rozen C.J., Halbach T.R., and Moncrief J.F. 1998. Corn yield and nitrogen uptake in sandy soil amended with municipal solid waste compost. *Journal of Production Agriculture*, 11: 460-475.

Msibi B.M., Mukabwe W.O., Manyatsi A.M., Mhazo N., and Masarirambi M.T. 2014. Effects of liquid manure on growth and yield of spinach *(Beta vulgaris Var Cicla)* in a Sub-Tropical Environment in Swaziland. *Asian journal of agricultural sciences*, 6: 40-47.

Nelson D.W., and Sommers L.E. 1996. Total carbon, organic carbon, and organic matter. *In*: Sparks D.L. (Ed.), Methods of Soil Analysis. 3rd Ed. part 3. Chemical Methods, *American Society of Agronomy*, Madison, pp: 961–1010.

Nyamangara J., and Mzezewa J. 2001. Effect of long-term application of sewage sludge to a grazed pasture on organic carbon and nutrients of a clay soil in Zimbabwe. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 59: 13–18.

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 USDA Circ. No. 939.

Panda H., and Hota D. 2009. Biofertilizers and Organic Farming. *Gene-Tech Books*, New Delhi, India. 397p.

Peyvast G.h., Olfati J.A., 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: 110-113.

Prohens J., and Nuez F. 2008. Handbook of Plant Breeding, Vegetables I. Springer Science-Business Media, LLC. USA. 426p.

Razavitoosi A. 2001. Interaction effects of compost, leachate of compost and manganese on the growth and chemical composition of spinach and rice. Master's thesis, Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Shiraz University. 116p.

Rezaenejad Y., and Afyuni M. 2001. Effect of organic matter on soil chemical properties and corn yield and elemental uptake. *Journal of Water and Soil Science*, 4(4): 19-29. (In Persian).

Rhoades J.D. 1996. Salinity: Electrical conductivity and total dissolved solids. *In*: Sparks D.L. (Ed.), Methods of Soil Analysis. 3rd Ed. part 3. Chemical Methods, *American Society of Agronomy*, Madison, pp. 417-436.

Shamim A.H. Md., and Ahmed F. 2010. Response to sulfur and organic matter status by the application of sulfidic materials in S-deficient soils in Bangladesh: Possibilities and opportunities, *Rep. Opinion*, 2(1): 88-93.

Sharma J., and Agarwal S. 2014. Impact of organic fertilizers on growth, yield and quality of spinach. *Indian Journal of Plant Sciences*, 3: 37-43.

Siddique M.M.A. 2007. Effect of organic farming on growth, yield and quality of lettuce and on soil properties. Master's thesis, Department of Soil Science, Bangladesh Agricultural University, Mymensingh.

Sumner M.E., and Miller W.P. 1996. Cation exchange capacity and exchange coefficients. *In*: Sparks D.L. (Ed.), Methods of Soil Analysis. 3rd Ed. Part 3. Chemical Methods- *American Society of Agronomy*, Madison, pp: 1201- 1229.

Thomas G.W. 1996. Soil pH and soil acidity. In: Methods of Soil Analysis. D Sparks D.L. (Ed.), 3rd ed. part 3. Chemical Methods- *American Society of Agronomy*, Madison, pp. 475- 490.

Uddin M., Abul Kashem Md., and Towhid Osman Kh. 2012. Effect of organic and inorganic fertilizers on phytoavailability of phosphorus to water spinach (*Ipomoea aquatica* cv. Kankon). *Journal of Agricultural and Biological Science*, 7(3): 152-156.

Vonshak A. 2002. *Spirulina platensis* (Arthrospira): Physiology, Cell-Biology and biotechnology. Taylor and Francis group, 233 p.

Whalen J.K., Changa Ch., Claytonb G.W., and Carefoota J.P. 2000. Cattle manure amendment can increase the pH of acid soils. *Soil Science Society of America Journal*, 64: 962-966.

Wuang S.C., Khin M.C., Chua P.Q.D., and Luo Y.D. 2016. Use of Spirulina biomass produced from treatment of aquaculture wastewater as agricultural fertilizers. *Algal Research*, 15: 59-64.

Effect of some Organic and Chemical Amendments on some Micro and Macro Nutrient Uptake in Spinach (*Spinasia olerace* L.)

Sedigheh Safarzadeh Shirazi[1]*, Shahrzad Karami[2], Mohammad Taghi Golmakani[3]

(Received: August 2018 Accepted: November 2017)

Abstract

Spirulina cyanobacterium (*Arthrospira platensis*) has a vast range of nutritional organic and inorganic substances and can be used as new material for organic cultivation of plants. In order to evaluate the effect of non-living powder of Spirulina cyanobacterium on spinach (*Spinasia olerace* L.) yield and nutrient uptake and comparing the results with some organic and chemical fertilizers, a greenhouse experiment was carried out in a completely randomized design with three replications. Treatments including of control, four non-living spirulina levels (500, 1000, 2500, 5000 mg kg^{-1}), vermicompost (10000 mg kg^{-1}), cattle manure and sheep manure (20000 mg kg^{-1}), chemical fertilizers: (1) 80 mg N kg^{-1} and 10 mg P kg^{-1}, (2): 150 mg N kg^{-1} and 20 mg P kg^{-1} as urea and monocalcium phosphate, respectively. Results showed that the highest and lowest dry weights were obtained in 500 mg non-living *Spirulina* kg^{-1} and sheep manure respectively. The total content of nitrogen (N), phosphorus (P), potassium (K), zinc (Zn), iron (Fe), manganese (Mn) and copper (Cu) in spinach was significantly increased with application of 500 mg non-living *Spirulina* kg^{-1}as compared to control. Application of higher levels of cyanobacterium (more than 1000 mg kg^{-1} soil) had not significantly effect on spinach yield and some nutrient uptake. Results showed that the effect of fertilizers on some studied characteristics such as dry weight, N, P, K and micronutrient uptake was as following order: *Spirulina* cyanobacterium > cattle manure> vermicompost> chemical fertilizer (N and P)> control= sheep manure.

Keywords: Cattle manure, Cyanobacterium, Sheep manure, Spinach, Vermicompost

Safarzadeh Shirazi S., Karami Sh., Golmakani M.T. 2019. Effect of some Organic and Chemical Amendments on Some Micro and Macro Nutrient Uptake in Spinach. *Applied Soil Research,* 7(3):122-133.

1. Assistant Professor, Department of Soil Science, College of Agriculture, Shiraz University, Shiraz, Iran
2. Ph. D Student, Department of Soil Science, College of Agriculture, Shiraz University, Shiraz, Iran
3. Associate Professor, Department of Food Science and Technology, College of Agriculture, Shiraz University, Shiraz, Iran
* Corresponding Author Email: safarzadeh@shirazu.ac.ir