اثر ورمی‌کمپوست و کلرید سدیم بر رشد اسفناج و برخی ویژگی‌های شیمیایی خاک پس از برداشت

جمال شیخی[1*]، عبدالمجید رونقی[2] و سید مجید موسوی[1]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۱۲/۲۴ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۷/۱۰)

چکیده

به منظور بررسی اثر ورمی‌کمپوست و کلرید سدیم بر رشد اسفناج رقم "ویروفلی" و برخی ویژگی‌های شیمیایی خاک پس از برداشت، این پژوهش به‌صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در شرایط گلخانه‌ای اجرا شد. تیمارها شامل سه سطح ورمی‌کمپوست (صفر، ۲ و ۱۰ درصد وزنی) و چهار سطح شوری (صفر، ۱، ۲ و ۳ گرم کلرید سدیم بر کیلوگرم خاک به‌ترتیب معادل شوری ۰/۷، ۴/۵، ۸ و ۱۱/۵ دسی‌زیمنس بر متر) بود. بیشترین عملکرد نسبی اندام هوایی اسفناج با کاربرد ۱۰٪ ورمی‌کمپوست به‌دست آمد؛ در حالی که کاربرد کلرید سدیم اثر معنی‌داری بر عملکرد نسبی اندام هوایی اسفناج نداشت. کاربرد ورمی‌کمپوست، میانگین سطح برگ و کلروفیل اندام هوایی، ماده آلی، قابلیت هدایت الکتریکی (EC)، نیتروژن کل، فسفر قابل دسترس، پتاسیم، کلسیم، منیزیم، سدیم و کلر محلول خاک پس از برداشت را افزایش داد. با کاربرد کلرید سدیم، EC، فسفر قابل دسترس، پتاسیم، کلسیم، منیزیم، سدیم و کلر محلول خاک پس از برداشت افزایش یافت، ولی اثر معنی‌داری بر سطح برگ، کلروفیل اندام هوایی، ماده آلی و نیتروژن کل خاک پس از برداشت نداشت. استفاده از ورمی‌کمپوست اثر مثبتی بر رشد اسفناج و فراهمی عناصر غذایی در خاک پس از برداشت اسفناج داشت. با این وجود، افزایش مکرر شوری خاک، به‌ویژه در صورت کاربرد سطوح زیاد ورمی‌کمپوست، را باید درنظر داشت. کاربرد کلرید سدیم، حتی تا شوری ۱۱/۵ دسی‌زیمنس بر متر، سبب کاهش معنی‌دار عملکرد اسفناج نشد. بنابراین، رقم ویروفلی می‌تواند به‌عنوان یک رقم نسبتاً مقاوم به شوری معرفی شود. ولی، لازم است آزمایش‌های بیشتری، به‌خصوص در شرایط مزرعه، برای تأیید نتایج این پژوهش انجام شود.

واژه‌های کلیدی: رقم ویروفلی، فراهمی عناصر غذایی، تنش شوری، مقاومت به شوری

مقدمه

در میان منابع مختلف مواد آلی، ورمی‌کمپوست‌ها پتانسیل قابل ملاحظه‌ای را به عنوان اصلاح کننده‌های خاک دارا هستند. ورمی کمپوست‌ها شرایط فیزیکی- شیمیایی و بیولوژیک خاک‌ها را برای رشد گیاهان و جذب عناصر غذایی بهبود می‌بخشند.

تجزیه لاشبرگ گیاهان و مواد آلی توسط کرم‌های خاکی تسریع شده و از طریق آزادسازی عناصر غذایی به شکل‌های قابل جذب برای گیاهان، حاصل‌خیزی خاک را افزایش می‌دهند (۸). شکل‌های گوناگونی از مواد آلی شامل کودهای حیوانی، ضایعات صنعتی (مانند کاغذ)، بقایای نیشکر یا پنبه، ضایعات کشاورزی و زباله‌های شهری می‌توانند در فرایند تولید ورمی‌کمپوست به کار گرفته شوند (۶).

۱. گروه علوم خاک، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران

۲. بخش علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز

*: مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: sheikhijamal@gmail.com

ورمی‌کمپوست‌ها از تجزیه زیستی مواد آلی از طریق برهمکنش بین کرم های خاکی و ریزجانداران دیگر حاصل می‌شوند (۲۲) و به دلیل تخلخل زیاد، تهویه خوب، زهکشی مطلوب، ظرفیت نگهداری آب و فعالیت میکروبی زیاد مواد شناخته شده‌ای هستند (۶). در فرایند تولید ورمی‌کمپوست، بسیاری از عناصر غذایی به شکل‌هایی همچون نیترات، فسفر قابل تبادل، پتاسیم، کلسیم و منیزیم محلول تغییر شکل می‌یابند که به آسانی توسط گیاهان جذب می‌شوند (۹). همچنین، مقدار عناصر غذایی موجود در ورمی‌کمپوست‌ها بستگی به مواد آلی مادری مورد استفاده در فرایند تولید آنها دارد. ورمی‌کمپوست‌ها از لحاظ دارا بودن باکتری، اکتینومایست و قارچ‌های مفید و باکتری‌های تجزیه کننده سلولز، غنی هستند (۲)، به طوری که از طریق فعالیت باکتری‌هایی مانند *باسیلوس*، مخمرهایی مانند *اسپروبلومایس‌ها و کریپتوکوکوس*، قارچ‌ها و موادی همچون فنول‌ها و اسیدهای آمینه از بیماری‌ها جلوگیری می‌کنند (۱۷). ورمی‌کمپوست‌ها حاوی بخش مهمی از مواد هومیک شامل اسید هومیک، اسید فولویک و هومین می‌باشند که این مواد مکان‌های متعددی را برای واکنش‌های شیمیایی فراهم می‌کنند (۱۷). تحقیقات زیادی به اثر مثبت ورمی‌کمپوست در افزایش رشد و عملکرد گیاهان مختلف زراعی و گلخانه‌ای اشاره داشته‌اند. گونزالز و همکاران (۱۲) گزارش کردند که کاربرد ورمی‌کمپوست عملکرد ماده خشک چغندر را افزایش می‌دهد. آتیه و همکاران (۴) در یک آزمایش گلخانه‌ای روی گوجه‌فرنگی نشان دادند که کاربرد ۵، ۱۰، ۲۵ و ۵۰ درصد ورمی‌کمپوست، در مقایسه با سطح شاهد، وزن خشک اندام هوایی نشاهای گوجه‌فرنگی را بعد از ۲۱ روز از جوانه‌زنی به طور معنی‌داری افزایش می‌دهد.

شوری یک تنش عمده کاهش عملکرد گیاهان در سراسر جهان است. مشکل شور و سدیمی شدن خاک‌ها در نواحی خشک و نیمه خشک که باران کافی برای آبشویی نمک‌ها از منطقه غیر اشباع وجود ندارد رو به افزایش است (۲۱). تخمین زده شده که ۴۵ میلیون هکتار از ۲۳۰ میلیون هکتار اراضی آبی جهان (۱۹/۵٪) و ۳۲ میلیون هکتار از ۱۵۰۰ میلیون هکتار اراضی خشک جهان (۲/۵٪) خاک‌هایی هستند که در درجات مختلف تحت تأثیر نمک می‌باشند (۱۰ و ۲۴). کاتیون‌ها و آنیون‌های اصلی مهم در خاک‌های شور شامل سدیم، کلسیم، منیزیم، پتاسیم، کلرید، سولفات، بی‌کربنات، کربنات و نیترات است (۱۳). اثر منفی شوری بر رشد گیاه می‌تواند در اثر تنش آبی، سمیت یون‌ها، عدم تعادل یونی و یا ترکیبی از این عوامل باشد (۱۵). پاسخ گیاهان به تنش شوری بستگی به نوع نمک، غلظت نمک و ژنوتیپ گیاه دارد (۱۴).

اسفناج (*Spinacia oleracea* L.) از سبزی‌های برگی است که سطح تحمل شوری آن با ۵۰ ٪ افت محصول را ۱۰/۷ تا ۱۳/۴ دسی‌زیمنس بر متر گزارش کرده‌اند (۲۳). در زمینه اثر برهمکنش ماده آلی و شوری و نیز ویژگی‌های خاک‌های پس از برداشت، مطالعات کمتری گزارش شده است لذا، پژوهش حاضر به منظور بررسی اثر سطوح ورمی‌کمپوست و کلرید سدیم بر رشد اسفناج رقم "ویروفلی" شامل عملکرد نسبی، سطح برگ و کلروفیل اندام هوایی و برخی ویژگی‌های شیمیایی خاک پس از برداشت شامل ماده آلی، EC، پ- هاش و غلظت نیتروژن کل، فسفر قابل دسترس و پتاسیم، کلسیم، منیزیم، سدیم و کلر محلول خاک انجام شد.

مواد وروش‌ها

این پژوهش به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در شرایط گلخانه‌ای اجرا شد. تیمارها شامل سه سطح ورمی‌کمپوست (صفر، ۲ و ۱۰ درصد وزنی) و چهار سطح کلرید سدیم (صفر، ۱، ۲ و ۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک) بود. قابلیت هدایت الکتریکی (EC) چهار سطح شوری در عصاره اشباع خاک به‌ترتیب ۰/۷، ۴/۵، ۸ و ۱۱/۵ دسی‌زیمنس بر متر بود. جهت انجام این پژوهش، مقدار کافی خاک (از عمق ۲۰-۰ سانتی‌متری) از سری چیتگر با نام علمی Fine-loamy carbonatic, Typic Calcixerepts جمع‌آوری شد و پس از هواخشک کردن و عبور از الک دو میلی‌متری، برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آن اندازه‌گیری شد (جدول ۱).

در این آزمایش، از گلدان‌های پلاستیکی ۲/۵ کیلوگرمی استفاده شد. کود ورمی‌کمپوست مورد استفاده، محصول شرکت مواد آلی کیان پارس شیراز بود که از کود گاوی تهیه گردیده و پس از خشک شدن در هوا و عبور از الک دو میلی‌متری، برخی ویژگی‌های آن اندازه‌گیری شد (جدول ۱). قبل از کشت، با توجه به نتایج آزمون خاک، عناصر غذایی ضروری شامل نیتروژن، فسفر، آهن، روی، منگنز و مس برای جلوگیری از کمبود احتمالی و همچنین تیمار ورمی‌کمپوست به خاک گلدان‌ها اضافه شد. ده عدد بذر جوانه‌دار شده اسفناج (*Spinacia oleracea* L.) رقم "ویروفلی" در عمق حدود ۴ تا ۵ سانتی‌متری از سطح خاک (به‌طوری که ریشه گیاه در خاک قرار گیرد) در هر گلدان کشت شد. بعد از استقرار کامل بوته‌ها، تعداد آنها به چهار عدد کاهش داده شد. به‌منظور جلوگیری از تنش ناگهانی، تیمار شوری به‌صورت تدریجی اعمال شد. آبیاری گلدان‌ها با آب مقطر و در حد ظرفیت مزرعه صورت گرفت. بعد از ۶۰ روز از کاشت، اندام هوایی اسفناج در هر گلدان از نزدیک سطح خاک قطع و به آزمایشگاه منتقل و به‌وسیله دستگاه اندازه‌گیری سطح برگ، سطح آنها مشخص شد.نمونه‌های برگ پس از شتشو با آب مقطر، در آون در دمای ۶۵ درجه سلسیوس تا ثابت شدن وزن آنها خشک و پس از توزین، جهت تجزیه شیمیایی پودر شدند. عملکرد نسبی اندام هوایی اسفناج با استفاده از فرمول زیر محاسبه شد (۲۸):

= عملکرد نسبی (٪)

۱۰۰× (بیشترین عملکرد حاصل از تیمارها / عملکرد حاصل از هر تیمار) [۱]

کلروفیل اندام هوایی اسفناج در هفته آخر کشت با استفاده از کلروفیل‌متر دستی (مدل SPAD-502) اندازه‌گیری شد.

در خاک پس از برداشت، نیتروژن کل توسط دستگاه میکروکلدال (۷)، فسفر قابل استفاده به‌وسیله عصاره‌گیری با بی‌کربنات سدیم و قرائت با دستگاه اسپکتروفتومتر (۲۷)، پتاسیم و سدیم محلول به روش شعله‌سنجی، کلسیم، منیزیم و کلر محلول به روش تیتره کردن، ماده آلی به روش اکسایش با اسید کرومیک و سپس تیتره کردن با فروس آمونیوم سولفات (۱۸)، پ- هاش خاک در خمیر اشباع به وسیله الکترود شیشه‌ای (۲۶) و EC در عصاره اشباع به وسیله هدایت‌سنج الکتریکی (۲۰) اندازه‌گیری شد. مقایسه میانگین‌ها در سطح ۵٪ با آزمون چند دامنه‌ای دانکن با نرم‌افزار SAS انجام گرفت.

نتایج و بحث

عملکرد نسبی، سطح برگ و کلروفیل اندام هوایی

بیشترین عملکرد نسبی مربوط به تیمار دارای ۱۰٪ ورمی‌کمپوست و ۲ گرم کلرید سدیم بود؛ هر چند که اختلاف معنی‌داری با برخی از تیمارهای دیگر نداشت. کمترین عملکرد نسبی در تیمار بدون کاربرد ورمی‌کمپوست در سطح ۳ گرم کلرید سدیم به‌دست آمد که اختلاف معنی‌داری با برخی از تیمارهای دیگر نداشت (جدول ۲). با توجه به نتایج به‌دست آمده، کاربرد ۲ و ۱۰ درصد ورمی‌کمپوست، عملکرد نسبی را در مقایسه با سطح شاهد به طور معنی‌داری افزایش داد. ولی کاربرد سطوح مختلف کلرید سدیم اثر معنی‌داری بر عملکرد نسبی اندام هوایی اسفناج نداشت. کاربرد ۲ و ۱۰ درصد ورمی‌کمپوست در مقایسه با تیمار شاهد (بدون کاربرد ورمی‌کمپوست)، سطح برگ اسفناج را به‌ترتیب ۱۴/۶ و ۴۹/۳ درصد و میزان کلروفیل اندام هوایی را به‌ترتیب ۶/۷ و ۲۰ درصد افزایش داد. کاربرد کلرید سدیم اثر معنی‌داری بر سطح برگ و قرائت کلروفیل‌متر نداشت (جدول ۲).

بنابراین، افزودن ورمی‌کمپوست به خاک سبب افزایش رشد اسفناج و در نتیجه افزایش سطح برگ و عملکرد ماده خشک اندام هوایی شده است. مطالعات زیادی نشان داده که کاربرد ورمی‌کمپوست نقش مهمی در افزایش رشد و عملکرد گیاهان مختلف مانند سبزی‌ها، گل‌ها و میوه‌ها داشته است. آرانکون و همکاران (۳) گزارش کردند که کاربرد ۱۰ تا ۶۰ درصد ورمی‌کمپوست کود گاوی و کاربرد ۱۰ تا ۱۰۰ درصد ورمی‌کمپوست ضایعات غذایی و ضایعات کاغذ، وزن خشک اندام هوایی گل اطلسی را در مقایسه با تیمار شاهد به‌طور

جدول ۱. برخی ویژگی‌های خاک و ورمی‌کمپوست مورد استفاده در آزمایش

	ویژگی	مقدار	ویژگی	مقدار
خاک	شن (٪)	۲۵	ظرفیت تبادل کاتیونی ($cmol_c/kg$)	۱۰/۲
	سیلت (٪)	۶۳	نیتروژن کل (٪)	۰/۰۴۷
	رس (٪)	۱۲	فسفر قابل دسترس (mg/kg)	۴/۸
	پ هاش	۷/۸	آهن (DTPA, mg/kg)	۴/۳
	کربنات کلسیم معادل (٪)	۴۵	روی (DTPA, mg/kg)	۰/۷
	قابلیت هدایت الکتریکی (dS/m)	۰/۷	منگنز (DTPA, mg/kg)	۴/۳
	ماده آلی (٪)	۰/۹۴	مس (DTPA, mg/kg)	۱/۵
ورمی‌کمپوست	پ–هاش (۱:۵ آب : کمپوست)	۷/۹	پتاسیم کل (mg/kg)	۱۰۲۴۴
	قابلیت هدایت الکتریکی (dS/m)	۵/۹	سدیم کل (mg/kg)	۳۳۸۴
	ماده آلی (٪)	۴۲/۱	آهن کل (mg/kg)	۳۱۷۴
	کربن آلی (٪)	۲۴/۴	روی کل (mg/kg)	۱۱۱/۳
	نیتروژن کل (٪)	۲/۰۵	منگنز کل (mg/kg)	۲۳۸/۸
	فسفر کل (mg/kg)	۱۳۱۸۳	مس کل (mg/kg)	۲۷/۷

جدول ۲. اثر ورمی‌کمپوست و شوری بر عملکرد نسبی، سطح برگ و کلروفیل اندام هوایی اسفناج

ورمی‌کمپوست	کلرید سدیم (گرم بر کیلوگرم)				
(٪)	۰	۱	۲	۳	میانگین
	عملکرد نسبی (٪)				
۰	۶۵/۲ c	۶۵/۴ c	۶۷/۲ c	۶۴/۸ c	۶۵/۷ C
۲	۷۴/۷ b	۷۱/۱ bc	۷۶/۹ b	۷۶/۲ b	۷۴/۷ B
۱۰	۹۷/۵ a	۹۶/۹ a	۱۰۰ a	۹۷/۷ a	۹۸/۰ A
میانگین	۷۹/۱ A	۷۷/۸ A	۸۱/۴ A	۷۹/۶ A	
	سطح برگ (سانتی‌متر مربع در گلدان)				
۰	۲۰۷۰/۳ d	۲۰۷۷/۵ d	۲۱۳۴/۷ cd	۲۰۵۹/۱ d	۲۰۸۵/۴ C
۲	۲۳۷۱/۸ b	۲۳۲۳/۵ bc	۲۴۴۱/۴ b	۲۴۲۰/۴ b	۲۳۸۹/۳ B
۱۰	۳۰۵۹/۶ a	۳۰۷۷/۸ a	۳۱۷۵/۷ a	۳۱۰۴/۱ a	۳۱۱۳/۳ A
میانگین	۲۵۱۲/۶ A	۲۴۹۲/۹ A	۲۵۸۳/۹ A	۲۵۲۷/۹ A	
	قرائت کلروفیل‌متر				
۰	۴۵/۵ bc	۴۳/۲ c	۴۱/۴ c	۴۱/۱ c	۴۳/۰ C
۲	۴۷/۱ a-c	۴۵/۳ bc	۴۵/۳ bc	۴۶/۳ a-c	۴۵/۹ B
۱۰	۵۰/۷ ab	۵۱/۳ ab	۵۲/۵ a	۵۲/۰ a	۵۱/۶ A
میانگین	۴۷/۸ A	۴۶/۷ A	۴۶/۳ A	۴۶/۷ A	

برای هر پارامتر اندازه‌گیری شده، اعدادی که در هر ردیف یا ستون در یک حرف کوچک یا در یک حرف بزرگ مشترک می‌باشند از لحاظ آماری با آزمون دانکن در سطح ۵٪ تفاوت معنی‌داری ندارند.

جدول ۴. اثر ورمی‌کمپوست و کلرید سدیم بر غلظت نیتروژن کل، فسفر قابل دسترس و پتاسیم محلول خاک پس از برداشت

ورمی‌کمپوست	کلرید سدیم (گرم بر کیلوگرم)				میانگین
(٪)	۰	۱	۲	۳	
	نیتروژن کل (٪)				
۰	۰/۰۴۸۳ cd	۰/۰۴۹۷ cd	۰/۰۵۳ b-d	۰/۰۳۷ d	۰/۰۴۷ C
۲	۰/۰۸۱۷ bc	۰/۰۸۵۷ b	۰/۰۷۳۷ bc	۰/۰۷۳۳ b	۰/۰۷۸۵ B
۱۰	۰/۱۷۵ a	۰/۱۹۵ a	۰/۲۰۱ a	۰/۲۰۰۳ a	۰/۱۹۲۸ A
میانگین	۰/۱۰۱۶۶ A	۰/۱۱۰۱۱ A	۰/۱۰۹۲۲ A	۰/۱۰۳۵۵ A	
	فسفر قابل دسترس (میلی‌گرم بر کیلوگرم)				
۰	۸ d	۸/۵۳ d	۸/۴۷ d	۹ d	۸/۵۱ C
۲	۳۷/۲ c	۴۲/۱ c	۴۰/۱ c	۴۰/۷ c	۴۰/۰ B
۱۰	۱۵۱ b	۱۶۱ a	۱۶۳ a	۱۶۲ a	۱۵۹ A
میانگین	۶۵/۳ B	۷۰/۵ A	۷۰/۶ A	۷۰/۵ A	
	پتاسیم محلول (میلی‌اکی والان بر لیتر)				
۰	۵/۲۷ c	۶/۷ c	۷/۹۷ c	۱۲/۳ c	۸/۰۷ B
۲	۱۳/۳ c	۱۳/۸ c	۲۰ c	۲۰/۷ c	۱۷/۵ B
۱۰	۱۲۱ b	۱۳۷ b	۱۵۸ a	۱۷۱ a	۱۴۷ A
میانگین	۴۶/۵ C	۵۳/۳ BC	۶۲/۱ AB	۶۷/۹ A	

برای هر عنصر غذایی، اعدادی که در هر ردیف یا ستون در یک حرف کوچک یا در یک حرف بزرگ مشترک می‌باشند از لحاظ آماری با آزمون دانکن در سطح ۵٪ تفاوت معنی‌داری ندارند.

معنی‌داری افزایش داد. عناصری مانند نیتروژن، فسفر، پتاسیم، منیزیم، آهن و مس که در تشکیل کلروفیل نقش دارند به آسانی از طریق افزودن ورمی‌کمپوست به خاک برای گیاه قابل دسترس هستند. آتیه و همکاران (۵) گزارش کردند که کاربرد ۲۰٪ ورمی‌کمپوست در مقایسه با سطح شاهد، کلروفیل برگ گل جعفری را به طور معنی‌داری افزایش داد. گلچین و همکاران (۱۱) گزارش کردند که در تیمارهای دارای ورمی‌کمپوست، در مقایسه با تیمار بدون ورمی‌کمپوست، غلظت کلروفیل برگ نهال‌های درخت پسته بیشتر بود.

ماده آلی، EC و پ- هاش خاک پس از برداشت

میانگین بیشترین مقدار ماده آلی خاک پس از برداشت ۴/۱۲ درصد بود که با کاربرد ۱۰٪ ورمی‌کمپوست به دست آمد (جدول ۳). کاربرد ۲ و ۱۰ درصد ورمی‌کمپوست در مقایسه با تیمار شاهد (بدون کاربرد ورمی‌کمپوست)، ماده آلی خاک پس از برداشت را به‌ترتیب ۶۰ و ۳۰۸ درصد افزایش داد. کاربرد کلرید سدیم اثر معنی‌داری بر درصد ماده آلی خاک پس از برداشت نداشت. بیشترین EC در عصاره اشباع خاک مربوط به تیمار دارای ۱۰٪ ورمی‌کمپوست و سطح ۳ گرم کلرید سدیم بود که اختلاف معنی‌داری با برخی از تیمارهای دیگر نداشت (جدول ۳). کاربرد ۲ و ۱۰ درصد ورمی‌کمپوست در مقایسه با تیمار شاهد، EC را به ترتیب ۱۵ و ۶۵ درصد افزایش داد؛ هرچند اختلاف بین شاهد و سطح ۲٪ ورمی‌کمپوست از لحاظ آماری معنی‌دار نبود. با کاربرد ۱، ۲ و ۳ گرم کلرید سدیم، EC به‌تدریج افزایش یافت.

بیشترین پ- هاش در خاک پس از برداشت مربوط به تیمار

جدول ۳. اثر ورمی‌کمپوست و کلرید سدیم بر ماده آلی، قابلیت هدایت الکتریکی و پ- هاش خاک پس از برداشت

ورمی‌کمپوست	کلرید سدیم (گرم بر کیلوگرم)				میانگین
(٪)	۰	۱	۲	۳	
	ماده آلی (٪)				
۰	۰/۹۶۷ c	۱/۰۶ c	۱/۱۳ c	۰/۸۷۳ c	۱/۰۱ C
۲	۱/۶۷ b	۱/۷۵ b	۱/۶۱ b	۱/۴۷ b	۱/۶۲ B
۱۰	۳/۹۹ a	۳/۹۷ a	۴/۳۲ a	۴/۳۲ a	۴/۱۲ A
میانگین	۲/۲۱ A	۲/۲۶ A	۲/۳۲ A	۲/۲۲ A	
	قابلیت هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر)				
۰	۰/۷۳ e	۲/۸۲ d	۵/۰۸ c	۹/۸۲ a	۴/۶۱ B
۲	۱/۱۵ e	۴/۰۴ cd	۶/۷۵ b	۹/۲ a	۵/۲۸ B
۱۰	۳/۵۵ cd	۷/۰۴ b	۹/۱۲ a	۱۰/۷ a	۷/۵۹ A
میانگین	۱/۸۱ D	۴/۶۳ C	۶/۹۸ B	۹/۸۹ A	
	پ- هاش				
۰	۷/۸۳ a	۷/۷۱ ab	۷/۵۶ cd	۷/۴۷ de	۷/۶۴ A
۲	۷/۸۲ a	۷/۷۰ ab	۷/۵۵ cd	۷/۴۸ de	۷/۶۴ A
۱۰	۷/۶۵ bc	۷/۶۳ bc	۷/۴۹ de	۷/۴ e	۷/۵۴ B
میانگین	۷/۷۶ A	۷/۶۸ B	۷/۵۳ C	۷/۴۵ D	

برای هر پارامتر اندازه‌گیری شده، اعدادی که در هر ردیف یا ستون در یک حرف کوچک یا در یک حرف بزرگ مشترک می‌باشند از لحاظ آماری با آزمون دانکن در سطح ۵٪ تفاوت معنی‌داری ندارند.

شاهد (بدون کاربرد ورمی‌کمپوست و کلرید سدیم) بود؛ هرچند اختلاف معنی‌داری با برخی از تیمارهای دیگر نداشت. با کاربرد ۲٪ ورمی‌کمپوست، تغییر معنی‌داری در پ- هاش خاک مشاهده نشد. ولی کاربرد ۱۰٪ ورمی‌کمپوست، پ- هاش خاک را به مقدار جزئی (معادل ۱/۳٪) کاهش داد. با افزایش سطح کلرید سدیم، پ- هاش خاک به تدریج اما به طور معنی‌داری کاهش یافت. کاربرد ۱، ۲ و ۳ گرم کلرید سدیم، در مقایسه با تیمار بدون کاربرد کلرید سدیم، پ- هاش خاک را به ترتیب معادل ۱/۲، ۳ و ۴ درصد کاهش داد (جدول ۳).

قابلیت هدایت الکتریکی ورمی‌کمپوست‌ها بستگی به ماده مادری مورد استفاده در فرایند تولید ورمی‌کمپوست دارد. پارتاساراتی و همکاران (۱۹) و تارماراج و همکاران (۲۵) نشان دادند که با کاربرد ورمی‌کمپوست، EC و پ- هاش خاک کاهش یافت. آتیه و همکاران (۴) گزارش کردند که کاربرد ۵، ۱۰، ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ درصد ورمی‌کمپوست به محیط کشت، EC را به طور خطی افزایش، اما پ- هاش خاک را کاهش داد. لازکانو و دومینگز (۱۶) گزارش کردند که کاربرد ۵، ۱۵ و ۲۵ درصد ورمی‌کمپوست تجاری و ورمی‌کمپوست حاصل از ضایعات حیوانی، EC محیط کشت را به طور معنی‌داری افزایش داد و پ- هاش محیط کشت با کاربرد ۱۵ و ۲۵ درصد ورمی‌کمپوست تجاری افزایش، اما با کاربرد ۵، ۱۵ و ۲۵ درصد ورمی‌کمپوست ضایعات حیوانی، کاهش یافت. این محققین عنوان نمودند که کاربرد این دو نوع ورمی‌کمپوست، رشد رویشی و تولید گل را در بنفشه فرنگی و گل پامچال کاهش دادند. موسوی (۱) نشان داد که کربن آلی و EC

جدول ۵. اثر ورمی‌کمپوست و کلرید سدیم بر غلظت کلسیم، منیزیم، سدیم و کلر محلول خاک پس از برداشت

ورمی‌کمپوست	کلرید سدیم (گرم بر کیلوگرم)				میانگین
(٪)	۰	۱	۲	۳	
	کلسیم (میلی‌اکی والان بر لیتر)				
۰	۵/۲ f	۷/۶۷ ef	۱۵/۳ d	۲۶/۱ bc	۱۳/۶ C
۲	۷ ef	۱۴/۱ d	۲۳/۰ bc	۲۸/۳ ab	۱۸/۱ B
۱۰	۱۲ de	۲۱/۳ c	۲۷/۱ ab	۳۲/۳ a	۲۳/۲ A
میانگین	۸/۰۷ D	۱۴/۳ C	۲۱/۸ B	۲۸/۹ A	
	منیزیم (میلی‌اکی والان بر لیتر)				
۰	۵/۸ d	۸/۳۳ d	۸/۷۷ cd	۹/۸ cd	۸/۱۷ B
۲	۷ d	۹/۸۷ cd	۱۱/۳ cd	۱۴/۹ c	۱۰/۸ B
۱۰	۱۸/۱ b	۲۴/۱ b	۳۰/۶۷ a	۳۴/۱ a	۲۷/۶ A
میانگین	۱۱/۴ C	۱۴/۱ BC	۱۶/۹ AB	۱۹/۷ A	
	سدیم (میلی‌اکی والان بر لیتر)				
۰	۲۷/۵ e	۳۵۳ d	۷۲۰ c	۱۳۷۹ b	۶۲۰ B
۲	۵۸/۷ e	۴۳۰ d	۸۸۳ c	۱۴۵۴ b	۷۰۶ B
۱۰	۳۷۹ d	۸۲۵ c	۱۲۶۳ b	۱۷۹۶ a	۱۰۶۶ A
میانگین	۱۵۵ D	۵۳۶ C	۹۵۵ B	۱۵۴۳ A	
	کلر (میلی‌اکی والان بر لیتر)				
۰	۰/۴۶۷ g	۲/۶۷ ef	۵/۰۲ cd	۹/۵۷ b	۴/۴۳ B
۲	۰/۹ fg	۳/۴۳ de	۶/۸۷ c	۱۰/۱ b	۵/۳۲ B
۱۰	۳/۰۳ e	۶/۴۳ c	۸/۹ b	۱۲/۱ a	۷/۶۲ A
میانگین	۱/۴۷ D	۴/۱۸ C	۶/۹۳ B	۱۰/۶ A	

برای هر عنصر غذایی، اعدادی که در هر ردیف یا ستون در یک حرف کوچک یا در یک حرف بزرگ مشترک می‌باشند از لحاظ آماری با آزمون دانکن در سطح ۵٪ تفاوت معنی‌داری ندارند.

خاک با کاربرد ورمی‌کمپوست به‌طور معنی‌داری افزایش یافت؛ در حالی که پ- هاش خاک روند کاهشی نشان داد. رومانیوک و همکاران (۲۱) در یک آزمایش مزرعه‌ای گزارش کردند که با کاربرد ورمی‌کمپوست حاصل از کود حیوانی و بقایای گیاهی، افزایش جزئی ولی معنی‌دار در پ- هاش و EC خاک مشاهده شد. بنابراین، در کاربرد سطوح بالای ورمی‌کمپوست و کاربرد مستمر این ماده آلی، باید افزایش شوری خاک را مد نظر داشت.

غلظت نیتروژن کل، فسفر قابل دسترس و پتاسیم محلول خاک پس از برداشت

کاربرد ۲ و ۱۰ درصد ورمی‌کمپوست، در مقایسه با سطح شاهد، غلظت نیتروژن کل را به ترتیب ۶۷ و ۳۱۰ درصد، غلظت فسفر قابل دسترس را به ترتیب ۳۷۰ و ۱۷۶۸ درصد و غلظت پتاسیم محلول را به ترتیب ۱۱۷ و ۱۷۲۲ درصد افزایش داد. با این وجود، برای پتاسیم اختلاف بین شاهد و سطح ۲٪ ورمی‌کمپوست از لحاظ آماری معنی‌دار نبود

(جدول ۴). کاربرد کلرید سدیم اثر معنی‌داری بر نیتروژن خاک پس از برداشت نداشت. در سطح ۱ گرم کلرید سدیم، در مقایسه با شاهد، غلظت فسفر قابل دسترس ۷/۹۶٪ و به طور معنی‌داری افزایش یافت. ولی با کاربرد کلرید سدیم بیشتر، تغییر معنی‌داری در غلظت فسفر خاک مشاهده نشد. کاربرد ۱، ۲ و ۳ گرم کلرید سدیم در کیلوگرم، در مقایسه با تیمار شاهد، غلظت پتاسیم محلول را به ترتیب ۱۴/۶، ۳۳/۵ و ۴۶ درصد افزایش داد، هر چند اختلاف بین تیمار شاهد و سطح ۱ گرم کلرید سدیم معنی‌دار نبود (جدول ۴). موسوی (۱) با بررسی تأثیر کودهای آلی مختلف بر خصوصیات شیمایی خاک نشان داد که ورمی‌کمپوست به طور قابل توجهی نیتروژن کل، فسفر قابل دسترس و پتاسیم محلول خاک پس از برداشت را افزایش می‌دهد.

غلظت کلسیم، منیزیم، سدیم و کلر در محلول خاک پس از برداشت

بیشترین غلظت کلسیم، منیزیم، سدیم و کلر خاک پس از برداشت مربوط به تیمار دارای ۱۰٪ ورمی‌کمپوست و سطح ۳ گرم کلرید سدیم در کیلوگرم خاک بود؛ هر چند که برای کلسیم و منیزیم اختلاف معنی‌داری با برخی از تیمارهای دیگر وجود نداشت (جدول ۵). کاربرد ۲ و ۱۰ درصد ورمی‌کمپوست در مقایسه با تیمار شاهد، غلظت کلسیم را به ترتیب ۳۳ و ۷۱ درصد، غلظت منیزیم را به ترتیب ۳۲ و ۲۳۸ درصد، غلظت سدیم را به ترتیب ۱۴ و ۷۲ درصد و غلظت کلر را به ترتیب ۲۰ و ۷۲ درصد افزایش داد. با این وجود، برای منیزیم، سدیم و کلر بین تیمار شاهد و سطح ۲٪ ورمی‌کمپوست اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. کاربرد ۱، ۲ و ۳ گرم کلرید سدیم، در مقایسه با تیمار شاهد، غلظت کلسیم را به ترتیب ۷۷، ۱۷۰ و ۲۵۸ درصد، غلظت منیزیم را به ترتیب ۲۴، ۴۸ و ۷۳ درصد، غلظت سدیم را ۲۴۶، ۵۱۶ و ۸۹۵ درصد و غلظت کلر را به ترتیب ۱۸۴، ۳۷۱ و ۶۲۱ درصد افزایش داد؛ هرچند برای منیزیم بین شاهد و سطح ۱ گرم کلرید سدیم اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۵).

نتیجه‌گیری

تحقیقات زیادی در مورد اثر ورمی‌کمپوست بر رشد و عملکرد گیاهان مختلف زراعی و گلخانه‌ای انجام شده که در بیشتر آنها به اثرهای مثبت کاربرد ورمی‌کمپوست بر رشد گیاهان اشاره شده است. نتایج پژوهش حاضر نیز مؤید آثار مثبت کاربرد ورمی‌کمپوست بر عملکرد گیاه اسفناج است. استفاده از ورمی‌کمپوست برخی ویژگی‌های شیمیایی خاک پس از برداشت شامل ماده آلی و غلظت عناصر غذایی مورد نیاز گیاه را افزایش داد. بنابراین، اثرهای مثبت آن در کشت‌های بعدی می‌تواند در افزایش رشد گیاهان مؤثر باشد. هرچند افزایش شوری خاک به ویژه در صورت کاربرد سطوح زیاد ورمی‌کمپوست و افزودن مکرر آن را باید در نظر داشت. کاربرد کلرید سدیم حتی تا شوری ۱۱/۵ دسی‌زیمنس برمتر (۳ گرم کلرید سدیم در کیلوگرم خاک) سبب کاهش معنی‌داری در عملکرد اسفناج (رقم ویروفلی) نشد. بنابراین، رقم یروفلی می‌تواند به عنوان یک رقم نسبتاً مقاوم به شوری معرفی شود. با این وجود، قبل از هرگونه توصیه‌ای لازم است آزمایش‌های بیشتری، به ویژه در شرایط مزرعه، جهت تأیید نتایج پژوهش حاضر انجام شود.

سپاسگزاری

از بخش علوم خاک و دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز به خاطر فراهم نمودن امکانات و تسهیلات لازم برای انجام این پژوهش، صمیمانه تشکر و قدردانی می‌شود.

منابع مورد استفاده

۱. موسوی، س. م. ۱۳۸۹. بررسی تأثیر کودهای آلی مختلف (کمپوست، ورمی‌کمپوست و لجن فاضلاب) بر انباشت فلزات سنگین در خاک و گیاه برنج و برخی خصوصیات شیمیایی خاک. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه مازندران، ۱۸۹ صفحه.

2. Arancon N.Q., C.A. Edwards, P. Bierman, J.D. Metzger and C. Lucht. 2005. Effects of vermicomposts produced from cattle manure, food waste and paper waste on the growth and yield of peppers in the field. Pedobiol. 49: 297-306.
3. Arancon, N.Q., C.A. Edwards, A. Babenko, J. Cannon, P. Galvis and J.D. Metzger. 2008. Influences of vermicomposts produced by earthworms and microorganisms from cattle manure, food waste and paper waste, on the germination, growth and flowering of petunias in the greenhouse. Appl. Soil Ecol. 39: 91-99.
4. Atiyeh, R.M., C.A. Edwards, S. Subler and J.D. Metzger. 2001. Pig manure vermicompost as a component of a horticultural bedding plant medium: Effects on physicochemical properties and plant growth. Bioresour. Technol. 78(1): 11-20.
5. Atiyeh, R.M., S. Subler, C.A. Edwards and J.D. Metzger. 1999. Growth of tomato plants in horticultural potting media amended with vermicompost. Pedobiol. 43: 724-728.
6. Atiyeh, R.M., S. Subler, C.A. Edwards, G. Bachman, J.D. Metzger and W. Shuster. 2000. Effects of vermicomposts and composts on plant growth in horticultural container media and soil. Pedobiol. 44: 579-590.
7. Bremner, J.M. 1996. Nitrogen- total. PP. 1085-1121. *In:* Sparks, D.L. (Ed.), Methods of Soil Analysis, Part 3, Chemical Methods, SSSA and ASA, Madison, WI.
8. Curry, J.P. 1987. The invertebrate fauna of grassland and its influence on productivity. 1. The composition of the fauna. Grass For. Sci. 42: 103-120.
9. Edwards, C.A. and I. Burrows. 1988. The potential of earthworm composts as plant growth media. PP. 211-220. *In:* Edwards, C.A. and E.F. Neuhauser (Eds.), Earthworms in Environmental and Waste Management, SPB Academic Publ., The Netherlands.
10. Ghassemi, F., A.J. Jakeman and H.A. Nix. 1995. Salinisation of land and water resources: Human causes, extent, management and case studies. CAB Int., Wallingford, UK.
11. Golchin, A., M. Nadi and V. Mozaffari. 2006. The effects of vermicomposts produced from various organic solid wastes on growth of pistachio seedlings. Acta Hort. 726: 301-306.
12. González, M., E. Gomez, R. Comese, M. Quesada and M. Conti. 2010. Influence of organic amendments on soil quality potential indicators in an urban horticultural system. Bioresour. Technol. 101: 8897-8901.
13. Kant, C., A. Aydin and M. Turan. 2008. Ameliorative effect of hydro gel substrate on growth, inorganic ions, proline and nitrate contents of bean under salinity stress. J. Plant Nutr. 31: 1420-1439.
14. Kumar, V., V. Shriram, T.D. Nikam, N. Jawalib and M.G. Shitole. 2008. Sodium chloride-induced changes in mineral nutrients and proline accumulation in Indica rice cultivars differing in salt tolerance. J. Plant Nutr. 31: 1999-2017.
15. Kurth, E., G.R. Cramer, A. Lauchli and E. Epstein. 1986. Effects of NaCl and $CaCl_2$ on cell enlargement and cell production in cotton roots. Plant Physiol. 82: 1102-1106.
16. Lazcano, C. and J. Dominguez. 2010. Effects of vermicompost as a potting amendment of two commercially-grown ornamental plant species. Span. J. Agric. Res. 8(4): 1260-1270.
17. Nagavallemma, K.P., S.P. Wani, S. Lacroix, V.V. Padmaja, C. Vineela, M. Babu Rao and K.L. Sahrawat. 2004. Vermicomposting: Recycling wastes into valuable organic fertilizer. Global Theme on Agroecosystems Report No. 8, Patancheru 502 324, Andhra Pradesh, India, International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics, 20 p.
18. Nelson, D.W. and L.E. Sommers. 1996. Total carbon, organic carbon, and organic matter. PP. 961-1010. *In:* Sparks, D.L. (Ed.), Methods of Soil Analysis, Part 3, Chemical Methods, SSSA and ASA, Madison, WI.
19. Parthasarathi, K., M. Balamurugan and L.S. Ranganathan. 2008. Influence of vermicompost on the physico-chemical and biological properties in different types of soil along with yield and quality of the pulse crop-blackgram. Iran. J. Environ. Health Sci. Eng. 5(1): 51-58.
20. Rhoades, J.D. 1996. Salinity: Electrical conductivity and total dissolved solids. PP. 417-435. *In:* Sparks, D.L. (Ed.), Methods of Soil Analysis, Part 3, Chemical Methods, SSSA and ASA, Madison, WI.
21. Romaniuk, R., L. Giuffré and R. Romero. 2011. A soil quality index to evaluate the vermicompost amendments effects on soil properties. J. Environ. Protection, 2: 502-510.
22. Sallaku, G., I. Babaj, S. Kaciu and A. Balliu. 2009. The influence of vermicompost on plant growth characteristics of cucumber (*Cucumis sativus* L.) seedlings under saline conditions. J. Food Agric. Environ. 7(3-4): 869-872.

23. Shannon, M.C., C.M. Grieve, S.M. Lesch and J.H. Draper. 2000. Analysis of salt tolerance in nine leafy vegetables irrigated with saline drainage water. J. Amer. Hort. Sci. 125(5): 658-664.
24. Siyal, A.A., T.H. Skaggs and M.T. van Genuchten. 2010. Reclamation of saline soils by partial ponding: Simulations for different soils. Vadose Zone J. 9: 486-495.
25. Tharmaraj, K., P. Ganesh, K. Kolanjinathan, R. Suresh Kumar and A. Anandan. 2010. Influence of vermicompost and vermiwash on physicochemical properties of rice cultivated soil. Current Bot. 2(3): 77-83.
26. Thomas, G.W. 1996. Soil pH and soil acidity. PP. 475-490. *In:* Sparks, D.L. (Ed.), Methods of Soil Analysis, Part 3, Chemical Methods, SSSA and ASA, Madison, WI.
27. Watanabe, F.R. and S.R. Olson. 1965. Test of an ascorbic acid method for determining phosphorus in water and $NaHCO_3$ extracts from soil. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 29: 677-678.
28. Yin, X., M.A. McClure and R.M. Hayes. 2011. Improvement in regression of corn yield with plant height using relative data. J. Sci. Food Agric. 91: 2606-2612.