

اثر کاربرد کمپوست پسماند شهری و نیتروژن بر عملکرد و غلظت فلزات سنگین در خاک و اندام هوایی اسفناج (*Spinacea oleracea* L.)

محسن سیل‌سپور^۱

۱- نویسنده مسئول و استادیار پژوهش بخش تحقیقات کشت گلخانه‌ای، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان تهران، سازمان

تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ورامین، ایران.

mseilsep@yahoo.com

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۱۰/۱۱

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۸/۲۳

چکیده

به منظور ارزیابی اثرات کاربرد کمپوست پسماند شهری و نیتروژن بر عملکرد اسفناج و غلظت فلزات سنگین در خاک و محصول اسفناج، یک آزمایش مزرعه‌ای با ۹ تیمار در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی به صورت فاکتوریل در مزرعه تحقیقاتی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان تهران در سال ۱۳۹۵ اجرا شد. فاکتور کمپوست پسماند شهری شامل سه سطح (صفر، ۱۰ و ۲۰ تن در هکتار) و فاکتور نیتروژن شامل سه سطح مصرف نیتروژن خالص (N) (صفر، ۱۰۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار) بود. اثر کمپوست پسماند شهری، اثر نیتروژن و اثر متقابل آن‌ها بر عملکرد از نظر آماری معنی‌دار بود. بالاترین عملکرد اسفناج به میزان ۶۸۶۰۰ کیلوگرم در هکتار، از مصرف ۲۰ تن در هکتار کمپوست همراه با ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن به دست آمد. مصرف ۲۰ تن در هکتار کمپوست پسماند شهری موجب افزایش معنی‌دار غلظت نیترات، کادمیوم، نیکل، سرب و کروم در اندام هوایی اسفناج به میزان ۸۴، ۷۰۰، ۲۷۹، ۴۷۱ و ۲۷۲ درصد نسبت به تیمار شاهد شد که این افزایش غلظت، بیشتر از حداکثر مجاز غلظت نیترات و فلزات سنگین در اندام هوایی اسفناج بود. کاربرد ۱۰ تن در هکتار کمپوست پسماند شهری به همراه ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن، ۶۷۳۰۰ کیلوگرم در هکتار محصول تولید نمود که غلظت فلزات سنگین و نیترات در محصول اسفناج تولید شده، در محدوده مجاز قرار داشتند. مصرف کمپوست پسماند شهری غلظت کل سرب، نیکل، کادمیوم و کروم خاک را نیز به طور معنی‌داری افزایش داد، اما این افزایش از محدوده مجاز فراتر نبود. بر اساس نتایج به دست آمده، برای تولید محصول اسفناج با رعایت حدود مجاز آلاینده‌ها، مصرف ۱۰ تن در هکتار کمپوست پسماند شهری به همراه ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن (N) توصیه می‌گردد.

کلمات کلیدی: سرب، کادمیوم، نیکل، نیترات

مقدمه

اسفناج با نام علمی (*Spinacea oleracea L.*) یکی از سبزی‌های مهم خانواده چغندریان^۱ و یکی از مهم‌ترین سبزیجات برگی از نظر میزان تولید است (ایمانی، ۱۳۹۱) و منبع عالی از مواد معدنی و ویتامین‌ها می‌باشد (Kawazu et al., 2003). لذا با توجه به ارزش غذایی این سبزی در سبذ خانوار، افزایش عملکرد در واحد سطح با تاکید بر سلامت محصول از جایگاه ویژه‌ای برخوردار است.

سازمان کشاورزی و خواروبار جهانی (F.A.O) در سال‌های اخیر، طرح توسعه نظام‌های تلفیقی کودهای آلی و شیمیایی را برای کشورهای در حال توسعه پیشنهاد نموده است (قلاوند و همکاران، ۱۳۸۵). بر این اساس، تلفیق کودهای شیمیایی به همراه منابع آلی (مدیریت تلفیقی حاصلخیزی خاک) نتایج مطلوبی در افزایش بازده تولید فرآورده‌های کشاورزی داشته که خود می‌تواند راهی به سوی کشاورزی پایدار باشد (Badran and Safvat, 2004). از طرف دیگر، جهت حفظ خاک و بهبود خصوصیات فیزیکی آن و حفظ تعادل زیست محیطی، ضرورت مصرف مواد آلی و افزایش درصد آن در خاک‌های کشور امری اجتناب‌ناپذیر است (سیلسپور، ۱۳۹۷). نتایج تحقیقات نشان می‌دهد که از کمپوست پسماند شهری می‌توان به عنوان کود آلی استفاده نمود (Sumare et al., 2003) که در این صورت، مواد آلی خاک افزایش می‌یابد (Montemurro et al., 2006). افزودن کمپوست پسماند شهری به خاک، باعث افزایش مقدار ماده آلی خاک و افزایش مقدار قابل جذب تعدادی از عناصر غذایی پرمصرف و کم‌مصرف در خاک می‌گردد. هم‌چنین، نتایج مطالعات نشان می‌دهد که مصرف کمپوست پسماند شهری باعث کاهش معنی‌دار pH خاک می‌شود (Zheljakov et al., 2006). از دیگر مزایای کاربرد کمپوست زباله شهری

در اراضی کشاورزی، افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی خاک، تشکیل کمپلکس با عناصری مثل فسفر، آهن، روی و تسهیل جذب آنها توسط گیاهان، افزایش مواد آلی خاک، هم‌چنین تأمین بخشی از عناصر غذایی مهم همچون نیتروژن، فسفر و پتاسیم می‌باشد (Rigane and Medhioub, 2011).

با این وجود، علیرغم اثرات مثبت کاربرد کمپوست پسماند شهری بر خصوصیت فیزیکی و شیمیایی خاک، احتمال آلودگی خاک و محصول به فلزات سنگین با کاربرد کمپوست پسماند شهری وجود دارد. فلزات سنگین در سال‌های اخیر به دلیل خصوصیات آلاینده‌گی که دارند، شدیداً مورد توجه قرار گرفته‌اند (Yalchin et al., 2007). بعضی از فلزات سنگین مانند سرب، کادمیوم، نیکل و جیوه حتی در مقادیر ناچیز نیز برای انسان سمی و خطرناک هستند. این عناصر، پس از ورود به بدن موجودات زنده، در بدن آنها انباشته می‌شوند و سبب بروز اختلالاتی در عملکرد طبیعی موجودات زنده می‌شوند (Yang et al., 2010). فلزات سنگین معمولاً در بدن متابولیز نمی‌شوند و پس از ورود به بدن، دیگر دفع نشده، بلکه در بافت‌های چربی، عضلات، استخوان‌ها و مفاصل رسوب می‌کنند که این به نوبه خود منجر به بیماری‌های متعددی می‌شود (Kabata-Pendias and Mukherjee, 2007).

نتایج تحقیقات نشان داده است که غلظت سرب در بعضی سبزیجات مثل گوجه فرنگی و کدوی خورشتی، در اثر کاربرد کمپوست پسماند شهری، قابل توجه نبوده است (Zheljakov and Warman, 2004b)، اما افزایش غلظت سرب در برگ اسفناج تحت تاثیر کمپوست پسماند شهری در مقایسه با تیمار شاهد قابل توجه بوده است (Maftoun et al., 2004). طی مطالعه‌ی دیگری، غلظت سرب کل در خاک‌هایی که کمپوست زباله شهری دریافت کرده بودند، در مقایسه با خاک شاهد افزایش یافت. نتایج یک تحقیق نشان داد که بیشترین میزان غلظت سرب کل خاک در

^۱- Chenopodiacea

اسفناج، جذب فلزات سنگین توسط محصول و تغییرات غلظت این فلزات در خاک، هم چنین تعیین حداکثر میزان کاربرد کمپوست پسماند شهری با توجه به انباشت فلزات سنگین در خاک و محصول اسفناج و از طرف دیگر، همبستگی غلظت فلزات سنگین در خاک با محصول اسفناج انجام شد.

مواد و روش ها

به منظور بررسی اثر سطوح مختلف کمپوست پسماند شهری و نیتروژن در زراعت اسفناج رقم برگ پهن ورامین که رقم غالب کشت اسفناج در ورامین و اقلیم مشابه است (ایمانی، ۱۳۹۱)، آزمایش مزرعه‌ای با ۹ تیمار و ۴ تکرار با طرح آماری فاکتوریل در قالب بلوک های کامل تصادفی در یک خاک آهکی در مزرعه تحقیقاتی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان تهران در طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ۳۷ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۲۰ دقیقه شمالی، اجرا شد. ارتفاع منطقه ۱۰۵۰ متر بالاتر از سطح دریای آزاد، بارندگی سالانه ۱۷۰ میلی‌متر در سال، لند فرم دشت رسوبی رودخانه ای^۲، رژیم حرارتی خاک ترمیک^۳، رژیم رطوبتی آن اریدیک^۴ بود. رده خاکها اریدیسول^۵، افق سطحی اکریک^۶، افق زیرسطحی، کمبیک^۷ و فامیل خاک بر اساس سیستم رده بندی خاک^۸، fine mixed, active, thermic, typic haplocambids گزارش شده است (صفر، ۱۳۶۹). جدول ۱ مشخصات اقلیمی منطقه مورد نظر را در زمان اجرای آزمایش نشان می‌دهد.

تیمارهای ۸۰ و ۱۲۰ تن در هکتار کمپوست پسماند شهری به میزان ۲۴ و ۳۱ میلی‌گرم در کیلوگرم بوده است (ابراهیمی و همکاران، ۱۳۹۷). هم‌چنین مشخص شده است که با افزودن ۴۰ و ۸۰ تن در هکتار کمپوست پسماند شهری به خاک، غلظت نیکل کل خاک به ۵۹ و ۶۳ میلی-گرم در کیلوگرم می‌رسد (ابراهیمی و همکاران، ۱۳۹۷). سایر محققان نیز بر افزایش فرم‌های قابل جذب و کل نیکل با مصرف کمپوست پسماند شهری اذعان دارند (Achiba et al., 2009; Madrid et al., 2006).

نتایج یک تحقیق دیگر نشان داد که مصرف کمپوست پسماند شهری، مقدار سرب قابل جذب خاک را افزایش داد (کاوه و همکاران، ۱۳۸۸). نتایج سایر تحقیقات نیز موید افزایش غلظت کادمیوم، کروم و نیکل در خاک با بافت شنی بوده است (Pinamonti et al., 1999). نتایج تحقیقات نشان داده است که گیاهان مهم‌ترین مسیر انتقال فلزات سنگین به زنجیره غذایی انسان و چرخه‌های زیستی محسوب می‌شوند (Radu and Anca-Rovena, 2008). با این وجود، جذب و تجمع فلزات سنگین در محصولات سبزی و صیفی، تحت تاثیر تعدادی از عوامل از جمله غلظت فلزات سنگین در خاک می‌باشد (Nazemi et al., 2010). نتایج تحقیقات نشان می‌دهد که کاربرد کمپوست پسماند شهری در خاک موجب افزایش غلظت سرب خاک می‌گردد و تنها درصد کوچکی از سرب اضافه شده به خاک در اثر کاربرد کمپوست پسماند شهری از خاک شسته می‌شود (Zheljaskov and Warman, 2004a; Walter et al., 2006).

تاکنون تحقیقات جامعی در داخل کشور در خصوص مطالعه کاربرد کمپوست پسماند شهری و تلفیق آن با نیتروژن بر عملکرد اسفناج، جذب فلزات سنگین توسط محصول و تغییرات غلظت این فلزات در خاک انجام نشده است. بنابراین، این پژوهش با هدف مطالعه کاربرد کمپوست پسماند شهری و تلفیق آن با نیتروژن بر عملکرد

² River Alluvial Plain

³ Thermic

⁴ Aridic

⁵ Aridisols

⁶ Ochric

⁷ Cambic

⁸ Soil Taxonomic System

جدول ۱. مشخصات اقلیمی محل اجرای آزمایش

Table 1. Climatic Characteristics of the experiment site

Month	Temperature (°C)			Relative Humidity (%)			Precipitation (mm)
	Maximum	Minimum	Average	Maximum	Minimum	Average	
September	41	15.8	25.5	49	16	33	0
October	36.2	7.6	21.3	60	20	40	0
December	24	4	14	78	34	56	0

فاکتور کمپوست پسماند شامل سه سطح (۰، ۱۰، ۲۰ تن در هکتار مصرف کمپوست پسماند شهری) و فاکتور نیتروژن شامل سه سطح مصرف نیتروژن خالص (N) (صفر، ۱۰۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار) بود. قبل از کاشت، از خاک محل اجرای آزمایش نمونه برداری مرکب به عمل آمده و خاک حاصل با روش‌های متداول در موسسه تحقیقات خاک و آب (نیتروژن با روش کج‌دال، کربن آلی با روش بلاک، فسفر با روش اولسن، پتاسیم با روش استات آمونیوم، عناصر آهن، منگنز، روی و مس با روش DTPA و بافت خاک با روش هیدرومتر و فلزات سنگین با دستگاه جذب اتمی اندازه‌گیری شد (علی‌احیایی و بهبهانی زاده، ۱۳۷۲) (جدول ۲). هم‌چنین نمونه‌ای از کمپوست پسماند شهری مورد استفاده در آزمایش نیز برای تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی به آزمایشگاه ارسال شد که نتایج آن در جدول ۳ آورده شده است.

جدول ۲. نتایج تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش

Table 2. Physico-chemical analysis of the site of the experiment

Parameter	Unit	Value
EC	dS m ⁻¹	1.2
pH	-	7.8
SP	%	35
OC	%	0.38
N	%	0.038
Ava.P	mg.kg ⁻¹	6.4
Ava.k	mg.kg ⁻¹	200
Ava.Fe	mg.kg ⁻¹	3
Ava.Mn	mg.kg ⁻¹	14.5
Ava.Zn	mg.kg ⁻¹	0.6
Ava.Cu	mg.kg ⁻¹	1.28
Total Pb	mg.kg ⁻¹	2
Total Cd	mg.kg ⁻¹	0.04
Total Ni	mg.kg ⁻¹	0.52

کمپوست پسماند شهری از کارخانه تولید کمپوست سازمان بازیافت شهرداری تهران تهیه شد و مطابق مقادیر مندرج در طرح قبل از کاشت به خاک کرت‌های آزمایشی اضافه شده و با دیسک به عمق ۱۵ سانتی‌متر با خاک مخلوط شد. کودهای پایه فسفر و پتاسیم از منابع سوپر فسفات تریپل و سولفات پتاسیم در کلیه کرت‌های آزمایشی به‌صورت یکنواخت و بر اساس آزمون خاک (۱۰۰ کیلوگرم در هکتار P_2O_5 و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار K_2O) مصرف شد (سیلسپور و ملاحسینی، ۱۳۸۴، سیلسپور و ممیزی، ۱۳۸۵). عملیات کاشت در نیمه دوم شهریور ماه

با رقم اسفناج برگ پهن ورامین انجام شد. بذر این رقم از مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان تهران تهیه گردید. نیتروژن از منبع اوره به صورت تقسیط (یک سوم در مرحله کاشت و مابقی همزمان با آبیاری سوم در مرحله شش‌برگی) مصرف شد (سیلسپور و ممیزی، ۱۳۸۵). هر کرت آزمایشی شامل شش خط کشت به طول سه متر و فاصله بین ردیف ۶۰ سانتی متری بود. فاصله بوته‌ها روی خطوط پنج سانتی متر در نظر گرفته شد. برداشت در تاریخ ۳۰ آبان ماه صورت گرفت.

جدول ۳. نتایج تجزیه فیزیکی و شیمیایی کمپوست پسماند شهری

Table 3. Physico-chemical analysis of the municipal solid waste compost

Parameter	Unit	Value	Permitted Level*
EC(1:15)	$dS.m^{-1}$	4.6	14
pH(1:15)	-	7.0	6-8
OC	%	24.1	15
Moisture	%	22.0	25
Total N	%	1.54	1-1.5
Total P	%	0.39	0.3-3.8
Total k	%	0.92	0.5-1.8
Total Fe	$mg.kg^{-1}$	8109	-
Total Mn	$mg.kg^{-1}$	95.0	-
Total Zn	$mg.kg^{-1}$	660	1300
Total Cu	$mg.kg^{-1}$	204	650
Total Mn	$mg.kg^{-1}$	1.85	10
Total Zn	$mg.kg^{-1}$	21.5	200
Total Cu	$mg.kg^{-1}$	32.5	120

* Iranian National Standard No.10716

محصول کرت های آزمایشی با ترازوی دیجیتال وزن شد. از اندام هوایی اسفناج (جدیدترین برگ تکامل یافته^۹) و خاک کرت‌های آزمایشی به تفکیک تیمار و تکرار نمونه تهیه و غلظت فلزات سنگین و نیترات اسفناج، با استفاده از روش‌های رایج

⁹ Most Recently Mature Leaf

بار تقطیر به حجم ۵۰ میلی لیتر رسید و در نهایت غلظت فلزات سنگین شامل سرب، کادمیوم، نیکل و کروم اسفناج توسط دستگاه جذب اتمی مجهز به کوره گرافیت تعیین شد (امامی، ۱۳۷۵). داده‌های حاصل از اجرای آزمایش با استفاده از آزمون F و نرم افزار SAS تجزیه واریانس شد. میانگین داده‌ها نیز با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح پنج درصد احتمال گروه‌بندی شدند

نتایج و بحث

خلاصه نتایج جدول تجزیه واریانس داده‌های آزمایش در جدول ۴ آورده شده است. هم چنین، میانگین عملکرد، غلظت نترات اسفناج و غلظت عناصر سنگین در خاک و محصول اسفناج (میلی گرم در کیلوگرم) در جدول ۵ آورده شده است.

موسسه تحقیقات خاک و آب مورد اندازه‌گیری شد (علی احمادی و بهبهانی زاده، ۱۳۷۲، امامی، ۱۳۷۵). به منظور تعیین غلظت فلزات سنگین در اندام هوایی اسفناج، برگ‌های نمونه‌گیری شده، پس از شستشو با آب مقطر دو بار تقطیر، در دستگاه خشک کن در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت قرار داده شدند تا خشک شوند. سپس نمونه‌های خشک شده آسیاب شده و ۲۰ گرم از آن در بوته چینی قرار داده شد و در کوره الکتریکی با دمای ۵۰۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴ ساعت سوزانده شده تا به خاکستر تبدیل شود. سپس ۲۰ میلی لیتر اسید نیتریک ۶۵ درصد به یک گرم خاکستر تهیه شده اضافه شده و در حمام آب گرم در دمای ۸۰ قرار داده شد تا کاملاً هضم شود. پس از سرد شدن، نمونه مورد نظر توسط فیلتر واتمن شماره ۴۲ صاف شد و در بالن با آب مقطر دو

جدول ۴. خلاصه تجزیه واریانس عملکرد، نترات اسفناج و غلظت عناصر سنگین در خاک و محصول

Table4. Summary of analysis of variance of spinach yield and concentration of nitrate and heavy metals in soil and spinach

Source of Variation	Degerr of freedom	Fresh Yield	Soil Cadmium	Soil Nickel	Soil Lead	Soil Chromium
Replication	3	709.1*	0.020 ^{ns}	0.024 ^{ns}	0.44 ^{ns}	27.2 ^{ns}
Compost	3	801.2**	0.240*	0.350*	31.0**	722.3**
Nitrogen	3	11.1**	0.001 ^{ns}	0.003 ^{ns}	0.29 ^{ns}	3.32 ^{ns}
Interaction	4	1939.3**	0.011 ^{ns}	0.016 ^{ns}	0.30 ^{ns}	3.71 ^{ns}
Error	18	29.2	0.0004	0.004	0.05	7.22

** :significant at 1% * :significant at 5% ns: not significant

ادامه جدول ۴. خلاصه تجزیه واریانس عملکرد، نیترات اسفناج و غلظت عناصر سنگین در خاک و محصول

Continue of table4. Summary of analysis of variance of spinach yield and concentration of nitrate and heavy metals in soil and spinach

Source of Variation	Degerr of freedom	Spinach Nitrate	Spinach Cadmium	Spinach Nickel	Spinach Lead	Spinach Chromium
Replication	3	291851*	0.001 ^{ns}	0.001 ^{ns}	0.010 ^{ns}	0.001 ^{ns}
Compost	3	2575071**	0.046**	0.017**	0.019**	0.060**
Nitrogen	3	19266**	0.022 ^{ns}	0.012 ^{ns}	0.041 ^{ns}	0.014 ^{ns}
Interaction	4	5349777**	0.001 ^{ns}	0.010 ^{ns}	0.001 ^{ns}	0.001 ^{ns}
Error	18	157486	0.012	0.014	0.001	0.001

** :significant at 1% * :significant at 5% ns: not significant

جدول ۵. میانگین عملکرد، غلظت نیترات اسفناج و غلظت عناصر سنگین در خاک و محصول اسفناج (میلی گرم در کیلوگرم)

Table5. Mean of heavy metals concentration in soil and spinach (mg.kg⁻¹)

	Nitrate		lead		Cadmium		Nickel		Chromium	
	Spinach	Soil	Spinach	Soil	Spinach	Soil	Spinach	Soil	Spinach	
Compost										
C0	1263c	2.0c	0.014c	0.071c	0.020c	0.43 c	0.029c	3.4c	0.059c	
C10	1792b	3.6b	0.049b	0.12b	0.064b	0.73 b	0.067b	12.6b	0.130b	
C20	2333a	5.7a	0.08a	0.37a	0.16a	0.80 a	0.115a	21.3a	0.222a	
Nitrogen										
N0	972c	3.6a	0.046a	0.18a	0.084a	0.67a	0.063a	12.3a	0.130a	
N100	1916b	3.7a	0.052a	0.20a	0.078a	0.64a	0.070a	13.1 a	0.137a	
N200	2500a	3.9a	0.046a	0.18a	0.073a	0.65a	0.078a	11.9a	0.144a	
Permitted Level	2500	15	0.1	3	0.1	10	0.1	10	0.2	

Numbers with similar letters do not have a statistically significant difference

عملکرد محصول اسفناج

نتایج تجزیه واریانس داده‌های آزمایش نشان داد که اثر کمپوست پسماند شهری، اثر نیتروژن، هم‌چنین اثر متقابل کمپوست پسماند شهری و نیتروژن بر عملکرد محصول اسفناج در سطح یک درصد آماری معنی‌دار بود (جدول ۴). نتایج این پژوهش نشان داد که مصرف کمپوست پسماند شهری به تنهایی (تیمار مصرف ۲۰ تن در هکتار کمپوست پسماند شهری با عملکرد ۴۶ تن در هکتار) و مصرف نیتروژن به تنهایی (تیمار مصرف ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار با عملکرد ۵۶/۶ تن در هکتار) قادر به تولید حداکثری عملکرد محصول اسفناج نیستند، بلکه حداکثر عملکرد اسفناج از تیمار ترکیب کمپوست پسماند شهری با نیتروژن حاصل می‌گردد. نتایج اعمال آزمون چند دامنه‌ای دانکن نشان داد که بالاترین میزان عملکرد اسفناج به میزان ۶۸/۶ تن در هکتار، از مصرف ۲۰ تن در هکتار کمپوست زباله همراه با ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن خالص به‌دست آمد (شکل ۱). عملکرد این تیمار با عملکرد تیمار مصرف ۱۰ تن در هکتار کمپوست پسماند شهری و ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به میزان ۶۷/۳ تن در هکتار تفاوت آماری معنی‌داری نداشت.

نتایج به‌دست آمده از این پژوهش با یافته‌های سایر پژوهشگران مطابقت داشت. نتایج تحقیق دیگری نشان داد که حداکثر محصول اسفناج از مصرف ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن به همراه مصرف ۳۰ تن در هکتار کود دامی حاصل می‌گردد (صادقی پور مروی، ۱۳۹۴).

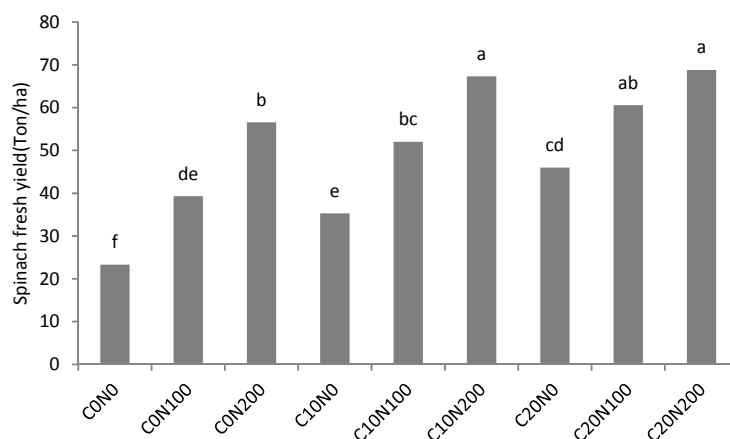
افزایش عملکرد ناشی از افزایش کود نیتروژن، می‌تواند به علت تاثیر نیتروژن بر رشد رویشی گیاه و انجام فرایند فتوسنتز و ذخیره‌سازی بیشتر مواد فتوسنتزی باشد. نیتروژن در ساختمان اسیدهای آمینه، نوکلئیک،

بازهای پورینی، آلکالوئیدها و کلروفیل وجود دارد و افزایش عملکرد گیاه در اثر نیتروژن به نقش مثبت این عنصر در فعالیت‌های متابولیسمی گیاه بر می‌گردد (Dordas and Sioulas, 2008). نتایج یک تحقیق در خصوص کاربرد انفرادی سطوح مختلف کمپوست پسماند شهری (۰، ۵۰ و ۱۰۰ تن در هکتار)، پنج سطح کود شیمیایی حاوی نیتروژن، فسفر و پتاسیم (بدون کود شیمیایی، مصرف کود شیمیایی بر اساس آزمون خاک، مصرف کود شیمیایی بر اساس نصف، دو سوم و یک سوم آزمون خاک) و مصرف تلفیقی کمپوست پسماند شهری و کوه‌های شیمیایی نشان داد که که افزایش در مقدار کود شیمیایی و کمپوست زباله شهری باعث ارتقای خصوصیات کمی اسفناج (وزن تر و خشک، ارتفاع، سطح برگ و عملکرد) می‌شود. کاربرد مقدار کامل کود شیمیایی نسبت به کاربرد کمپوست عملکرد بیشتری ایجاد کرد. همچنین تیمارهای تلفیقی بیشترین اثر را بر خصوصیات کمی نسبت به کاربرد کود شیمیایی و کمپوست زباله شهری به تنهایی داشتند (فلاح مرتضی نژاد لیالستانی و همکاران، ۱۳۹۲).

افزایش عملکرد ناشی از کاربرد کمپوست پسماند شهری به نقش مثبت این نهاده در افزایش قابلیت جذب عناصر غذایی و افزایش حاصلخیزی و قابلیت تولید خاک باز می‌گردد (Ramadass and Palaniyandi, 2007). از طرف دیگر گزارش شده است که کاربرد کمپوست زباله شهری علاوه بر بهبود بخشیدن خواص فیزیکی خاک، که مربوط به افزایش کربن آلی خاک است، سبب افزایش فعالیت‌های بیولوژیکی خاک شده و از طریق تجزیه میکروبی، موجب آزادسازی عناصر غذایی و افزایش فرم قابل جذب عناصر غذایی از جمله فسفر، پتاسیم و

افزایش قابلیت جذب عناصر غذایی کم مصرف برای گیاه دارد (Zheljakov et al., 2006; Waramn et al., 2004; Zhang et al., 2006).

منیزیم خاک می گردد که اثر قابل توجهی بر رشد گیاه دارد (Weber et al., 2007). هم چنین نتایج مطالعات نشان می دهد که مصرف کمپوست پسماند شهری باعث کاهش معنی دار واکنش خاک می شود که اثر قابل توجهی در



شکل ۱- اثر متقابل کمپوست پسماند شهری (C) و نیتروژن (N) بر عملکرد محصول اسفناج

Figure 1. Interaction between municipal solid waste compost (C) and nitrogen (N) on spinach yield

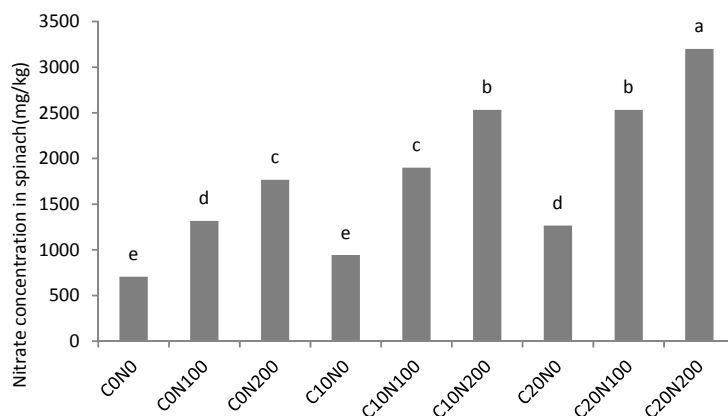
بالاترین میزان نیترات محصول اسفناج به میزان ۳۲۰۰ میلی گرم در کیلوگرم از تیمار مصرف ۲۰ تن در هکتار کمپوست زباله همراه با ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن به دست می آید (شکل ۲) که بیشتر از حداکثر مجاز نیترات بر اساس استاندارد اتحادیه اروپا (۲۵۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم) میباشد (EFSA, 2008). نتایج تحقیقات موید این مطلب است که کاربرد کود های حاوی نیتروژن، مشخص ترین عامل تجمع نیترات در تعداد زیادی از سبزیجات می باشد بطور کلی نوع گیاه رقم اندام و مرحله رشد گیاه در میزان غلظت نیترات در گیاه موثر هستند به گونه ای که تیره های *compositae brassicaceae*، *crusiferae*، *chenopodiaceae* و *solanaceae* بیشتر از سایر گیاهان نیترات جذب می کنند و به عنوان مثال اسفناج نوع برگ چروک بطور قابل ملاحظه ای نیترات

نیترات اسفناج

نتایج تجزیه واریانس داده های آزمایش نشان داد که اثر کمپوست پسماند شهری، اثر نیتروژن، هم چنین اثر متقابل کمپوست پسماند شهری و نیتروژن بر غلظت نیترات محصول اسفناج در سطح یک درصد آماری معنی دار بود (جدول ۴). مصرف ۲۰ تن در هکتار کمپوست پسماند شهری موجب شد تا غلظت نیترات محصول اسفناج نسبت به تیمار شاهد، ۸۴ درصد افزایش یابد. هم چنین مصرف ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن موجب افزایش ۱۵۷ درصدی نیترات اسفناج نسبت به تیمار شاهد گردید. بررسی اثر متقابل نیتروژن و کمپوست در مقدار نیترات موجود در برگ نشان داد که کمترین میزان نیترات برگ به مقدار ۷۰۶ میلی گرم در کیلوگرم ماده تر از تیمار سطوح صفر کمپوست و نیتروژن حاصل می شود و

گردد. در حالی که احیای نیترات و اسیمبلاسیون آن در گیاه به همان نسبت بالا نمی‌رود، در نتیجه غلظت نیترات در اندام های گیاه افزایش پیدا می‌کند (اسفندیاری و همکاران، ۱۳۹۳).

بیشتری از نوع برگ صاف دارد و ارقام زودترس نسبت به ارقام دیررس دارای میزان نیترات بیشتری می‌باشند (معاف‌پوریان و همکاران، ۱۳۸۸). مصرف مقادیر زیاد کودهای حاوی نیتروژن در خاک سبب افزایش غلظت نیترات خاک و افزایش جذب نیترات توسط ریشه گیاه می‌



شکل ۲. اثر متقابل کمپوست پسماند شهری (C) و نیتروژن (N) بر غلظت نیترات محصول اسفناج
Figure 2. Interaction between municipal solid waste compost (C) and nitrate concentration in spinach

دلالت دارد. به عنوان مثال در اثر اضافه کردن کمپوست زباله شهری در یک خاک آهکی در چین، افزایش غلظت کادمیوم خاک مشاهده شده است (Zhang et al., 2006). نتایج مطالعات سایر محققان نیز دلالت بر افزایش غلظت کادمیوم خاک با مصرف کمپوست زباله دارد (Zheljazkov and Warman, 2004a). مصرف کمپوست پسماند شهری، اثر معنی‌داری بر غلظت کادمیوم اندام هوایی اسفناج داشت. با مصرف کمپوست پسماند شهری به میزان ۲۰ تن در هکتار، غلظت کادمیوم اندام هوایی اسفناج افزایش یافت و از ۰/۰۲۰ میلی‌گرم در کیلوگرم در تیمار شاهد به ۰/۱۶ میلی‌گرم در کیلوگرم رسید که موید

غلظت کادمیوم در خاک و اندام هوایی اسفناج

اثر کمپوست پسماند شهری بر غلظت کادمیوم کل خاک معنی‌دار بود (جدول ۴). کاربرد ۲۰ تن در هکتار کمپوست پسماند شهری موجب شد تا غلظت کادمیوم کل خاک به ۰/۳۷ میلی‌گرم در کیلوگرم برسد که نسبت به تیمار شاهد (۰/۰۷ میلی‌گرم در کیلوگرم) موید ۴۲۱ درصد افزایش بود (جدول ۵). با این وجود، غلظت کادمیوم کل خاک این تیمار کمتر از حداکثر مجاز غلظت کادمیوم کل خاک (۳ میلی‌گرم در کیلوگرم) بود (صلحی و همکاران، ۱۳۸۴). نتایج تحقیقات سایر محققان نیز بر افزایش این عنصر در اثر مصرف کمپوست زباله شهری

(Lakhdar et al., 2010; Smith, 2010; Baldontoni et al., 2010). نتایج نشان داد که اثر کمپوست پسماند شهری بر غلظت نیکل اندام هوایی اسفناج معنی دار است (جدول ۴). با مصرف کمپوست پسماند شهری به میزان ۲۰ تن در هکتار، غلظت نیکل اندام هوایی اسفناج افزایش یافت و از ۰/۰۲۹ میلی گرم در کیلوگرم در تیمار شاهد به ۰/۱۱۵ میلی گرم در کیلوگرم رسید (افزایش ۲۷۹ درصدی نسبت به شاهد) که بیشتر از حداکثر مجاز آن در اندام هوایی اسفناج (۰/۱ میلی گرم در کیلوگرم وزن تازه) بود (صلحی و همکاران، ۱۳۸۴). بنابراین مصرف ۲۰ تن در هکتار کمپوست پسماند شهری در زراعت اسفناج موجب تولید محصول غیراستاندارد می گردد که قابل توصیه نمی باشد. نیکل از جمله فلزات سنگینی است که همراه با کمپوست پسماند شهری وارد خاک می شود و فرم قابل جذب آن از این طریق افزایش می یابد و از طریق ریشه جذب شده و وارد اندام های هوایی گیاه از جمله محصولات سبزی و صیفی می گردد (Warman, 2001; Walter et al., 2006).

غلظت سرب در خاک و اندام هوایی اسفناج

اثر کمپوست پسماند شهری بر غلظت سرب کل خاک معنی دار بود (جدول ۴). با مصرف کمپوست پسماند شهری، غلظت سرب کل در خاک افزایش یافت و از ۲ میلی گرم در کیلوگرم در تیمار شاهد به ۵/۷ میلی گرم در کیلوگرم رسید که موید ۱۸۵ درصد افزایش غلظت بود (جدول ۵) که فاصله زیادی تا حداکثر مجاز غلظت سرب کل در خاک (۱۵ میلی گرم در کیلوگرم) داشت (صلحی و همکاران، ۱۳۸۴). عنصر سرب یکی از مهمترین آلاینده های کمپوست زباله می باشد و در اثر کاربرد این نوع

۷۰۰ درصد افزایش غلظت کادمیوم اندام هوایی اسفناج نسبت به تیمار شاهد بود. غلظت کادمیوم اندام هوایی اسفناج این تیمار، از حداکثر مجاز کادمیوم در اندام هوایی اسفناج (۰/۱ میلی گرم در کیلوگرم وزن تازه) بیشتر بود (استاندارد ملی ایران، شماره ۱۲۹۶۸). بنابراین مصرف ۲۰ تن در هکتار کمپوست پسماند شهری در زراعت اسفناج موجب تولید محصول غیراستاندارد می گردد که قابل توصیه نمی باشد. افزایش غلظت کادمیوم در محصولات سبزی و صیفی در اثر مصرف کمپوست پسماند شهری توسط سایر پژوهشگران نیز به اثبات رسیده است (Asgharipour and Armin, 2010; Convertini et al., 2004).

غلظت نیکل در خاک و اندام هوایی اسفناج

اثر کمپوست پسماند شهری بر غلظت نیکل خاک معنی دار بود (جدول ۴). کاربرد ۲۰ تن در هکتار کمپوست پسماند شهری موجب افزایش غلظت نیکل خاک شد و غلظت آن را از ۰/۴۳ میلی گرم در کیلوگرم در تیمار شاهد به ۰/۸۰ میلی گرم در کیلوگرم رساند که موید ۸۶ درصد افزایش بود (جدول ۵). با این وصف، غلظت نیکل کل خاک در این تیمار (۰/۸۰ میلی گرم در کیلوگرم) کمتر از حداکثر مجاز نیکل کل در خاک (۱۰ میلی گرم در کیلوگرم) بود (صلحی و همکاران، ۱۳۸۴). نتایج تحقیقات سایر محققان نیز بر افزایش این عنصر در اثر مصرف کمپوست زباله شهری دلالت دارد. به عنوان مثال در اثر اضافه کردن کمپوست زباله شهری به خاک در استرالیا، افزایش غلظت نیکل خاک مشاهده شده است (Warman et al., 2004; Warman, 2001). نتایج مشابهی در این خصوص توسط سایر پژوهشگران گزارش شده است

غلظت کروم در خاک و اندام هوایی اسفناج

اثر کمپوست پسماند شهری بر غلظت کروم خاک معنی دار بود (جدول ۴). با مصرف کمپوست پسماند شهری به میزان ۲۰ تن در هکتار، غلظت کروم در خاک افزایش یافت و از ۳/۴ میلی گرم در کیلوگرم در تیمار شاهد به ۲۱/۳ میلی گرم در کیلوگرم رسید که موید ۵۲۶ درصد افزایش بود (جدول ۵). این میزان کروم کل خاک بیش از حداکثر مجاز کروم کل خاک (۱۵ میلی گرم در کیلوگرم) بود (صلحی و همکاران، ۱۳۸۴). مصرف کمپوست پسماند شهری اثر معنی داری بر غلظت کروم اندام هوایی اسفناج نیز داشت (جدول ۴). نتایج نشان داد که مصرف ۲۰ تن در هکتار کمپوست پسماند شهری موجب افزایش غلظت کروم اندام هوایی اسفناج به میزان ۲۷۲ درصد در مقایسه با تیمار شاهد (۰/۰۵۹) شده است. این میزان غلظت کروم اندام هوایی اسفناج (۰/۲۲ میلی گرم در کیلوگرم) در این تیمار، بیشتر از حداکثر مجاز غلظت کروم در اندام هوایی اسفناج بود (۰/۲ میلی گرم در کیلوگرم وزن تازه) (استاندارد ملی ایران، شماره ۱۲۹۶۸، صلحی و همکاران، ۱۳۸۴). بنابراین مصرف ۲۰ تن در هکتار کمپوست پسماند شهری در زراعت اسفناج موجب تولید محصول غیر استاندارد می گردد که قابل توصیه نمی باشد.

همبستگی غلظت فلزات سنگین در اندام هوایی

اسفناج با غلظت فلزات سنگین کل خاک

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که همبستگی معنی داری بین غلظت فلزات سنگین اسفناج با غلظت فلزات سنگین در خاک وجود دارد که معادلات رگرسیونی آن از رابطه خطی پیروی می کرد. در این روابط Y غلظت فلز

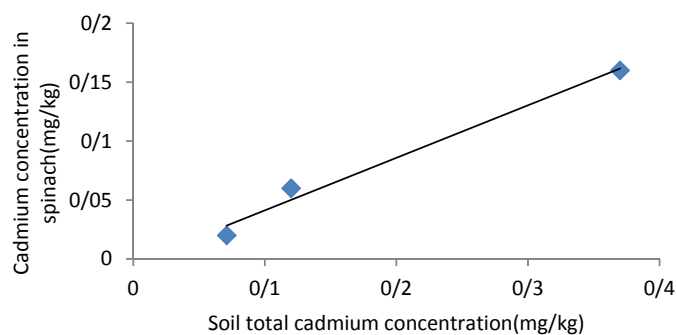
کمپوست، غلظت سرب در خاک افزایش خواهد یافت (Shanmugam and Warman, 2004). نتایج تحقیقات سایر محققان نیز نشان می دهد که کاربرد کمپوست زیاله باعث افزایش غلظت سرب کل در خاک می شود (Walter et al., 2006). از طرف دیگر، نتایج یک پژوهش نشان داد که کاربرد کمپوست پسماند شهری در خاک باعث شد که بیشترین مقدار افزایش غلظت سرب در فرکشن قابل عصاره گیری با DTPA دیده شود (Zheljaskov and Warman, 2004a).

مصرف کمپوست پسماند شهری اثر معنی داری بر غلظت سرب اندام هوایی اسفناج داشت (جدول ۳). نتایج نشان داد که مصرف ۲۰ تن در هکتار کمپوست پسماند شهری موجب افزایش غلظت سرب اندام هوایی اسفناج به میزان ۴۷۱ درصد در مقایسه با تیمار شاهد (۰/۰۱۴ میلی گرم در کیلوگرم) شده است. با این وجود، این میزان غلظت سرب اندام هوایی اسفناج (۰/۰۸ میلی گرم در کیلوگرم) در این تیمار، کمتر از حداکثر مجاز غلظت سرب در اندام هوایی اسفناج بود (۰/۲ میلی گرم در کیلوگرم وزن تازه) (استاندارد ملی ایران، شماره ۱۲۹۶۸، صلحی و همکاران، ۱۳۸۴). نتایج تحقیقات نشان داده است که عنصر سرب یکی از مهمترین آلاینده های کمپوست زیاله می باشد و در اثر کاربرد این نوع کمپوست، غلظت سرب در محصولات کشاورزی افزایش خواهد یافت (Shanmugam and Warman, 2004). نتایج سایر مطالعات صورت گرفته نیز موید این مطلب است (Ozores-Hampton, 2006). نتایج تحقیقات نشان داده است که غلظت سرب در اثر کاربرد کمپوست پسماند شهری در گوجه فرنگی قابل توجه نبوده است (Zheljaskov and Warman, 2004b).

به ترتیب ۰/۹۸، ۰/۸۳، ۰/۸۳ و ۰/۹۹ در اسفناج با غلظت کادمیوم، نیکل، سرب و کروم کل خاک نشان می‌دهد (شکل‌های ۳، ۴، ۵ و ۶).

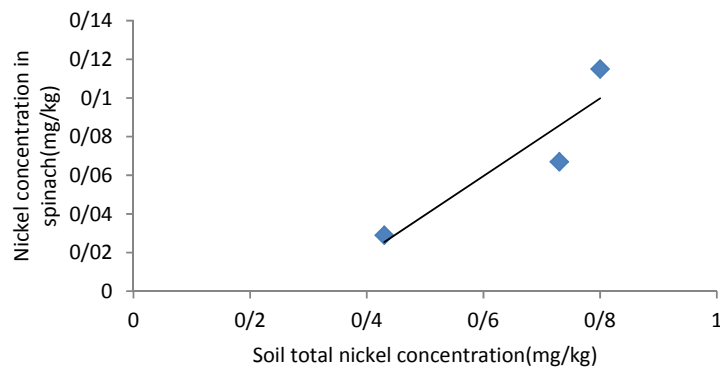
سنگین در اسفناج و X غلظت فلز سنگین در خاک می‌باشد. روابط ۱ تا ۴، معادلات رگرسیونی غلظت فلزات سنگین کادمیوم، نیکل، سرب و کروم را با ضرایب تبیین

$Y = 0.446 X - 0.003$	رابطه ۱
$Y = 0.200 X - 0.061$	رابطه ۲
$Y = 0.017 X - 0.018$	رابطه ۳
$Y = 0.009 X + 0.024$	رابطه ۴



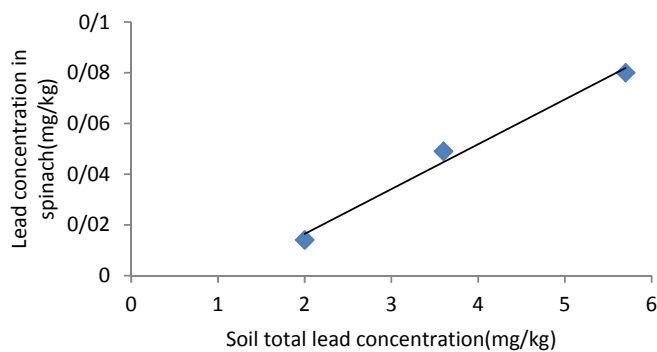
شکل ۳- همبستگی غلظت کادمیوم اسفناج با کادمیوم کل خاک

Figure 3. Correlation of cadmium concentration of spinach with total cadmium concentration of soil



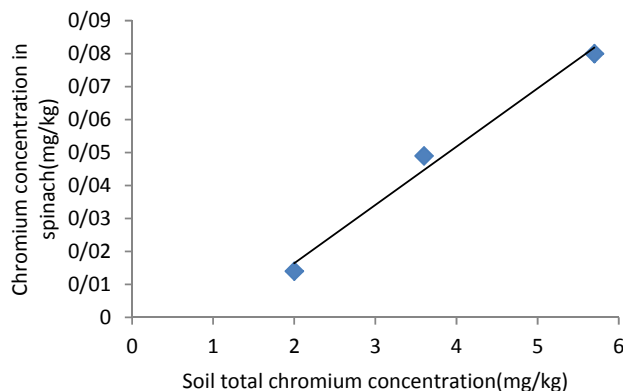
شکل ۴- همبستگی غلظت نیکل میوه با نیکل کل خاک

Figure 4. Correlation of nickel concentration of spinach with total nickel concentration of soil



شکل ۵. همبستگی غلظت سرب اسفناج با سرب کل خاک

Figure 5. Correlation of lead concentration of spinach with total soil lead concentration



شکل ۶. همبستگی غلظت کروم اندام هوایی اسفناج با کروم کل خاک

Figure 6. Correlation of chromium concentration of spinach with total soil chromium concentration

گردید، اما این افزایش با کاربرد ۱۰ تن در هکتار کمپوست پسماند شهری، در محدوده مجاز بود. با این وجود، علیرغم اثرات مثبت کاربرد کمپوست پسماند شهری بر عملکرد اسفناج، پیشنهاد می‌گردد مصرف این ماده حتماً با احتیاط صورت پذیرد و همواره افزایش غلظت تجمعی فلزات سنگین، در خاک و محصول پایش گردد و مورد توجه قرار گیرد.

نتیجه گیری

نتایج حاصل از اجرای این پژوهش نشان داد که ترکیب کمپوست پسماند شهری با نیتروژن، مناسب‌ترین ترکیب برای افزایش عملکرد اسفناج می‌باشد و بیشترین عملکرد اسفناج نیز از تیمار ترکیب کمپوست پسماند شهری با نیتروژن حاصل می‌گردد. از طرف دیگر، کاربرد کمپوست پسماند شهری به میزان ۲۰ تن در هکتار موجب افزایش غلظت نترات و فلزات سنگین در اسفناج و خاک

سپاسگزاری

(www.swri.ir) برای تصویب پروژه، سازمان تحقیقات،

آموزش و ترویج کشاورزی (www.areeo.ac.ir) برای

تامین مالی پروژه و مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و

منابع طبیعی استان تهران (www.tehran.areeo.ac.ir)

برای فراهم کردن امکانات اجرای پروژه اعلام نماید

این پژوهش، بخش از نتایج پروژه تحقیقاتی با عنوان

" بررسی و تعیین اثرات کمپوست زباله و نیتروژن بر

ویژگی های فیزیکوشیمیایی خاک و خصوصیات کمی و

کیفی اسفناج " است. نگارنده لازم می داند مراتب تشکر و

قدردانی خود را از موسسه تحقیقات خاک و آب کشور

منابع

ابراهیمی، ع.، رحیمی، ق.، مرادی، ص و یاری، م. ۱۳۹۷. اثر کمپوست زباله شهری، کود مرغی و گاوی بر دسترسی عناصر

سنگین در سه بافت خاک. تحقیقات کاربردی خاک، جلد ۶، شماره ۳

اسفندیاری بیات. م.، افتخاری، س. ع و حیدری، م. ۱۳۹۳. اثر نیتروژن بر تجمع نیترات و آنزیم نیترات ردوکتاز در برخی توده

های بومی اسفناج ایران. مجله تولیدات گیاهی. جلد ۳۷، شماره ۱

امامی، ع.، ۱۳۷۵. روش های تجزیه گیاه (جلد اول)، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، موسسه تحقیقات خاک و آب

، نشریه فنی شماره ۹۸۲، کرج، ایران

ایمانی، م. ر. ۱۳۹۱. اثر تاریخ کاشت پاییزه و روش کاشت بر عملکرد و اجزاء عملکرد اسفناج رقم ورامین ۸۸. مجله به زراعی

نهال و بذر، جلد ۴، ۴۴۹-۴۵۷

سیلسپور، م و ملاحسینی، ح. ۱۳۸۴، تولید پایدار، ارتقای عملکرد و بهبود کیفیت با مصرف بهینه کود در محصولات سبزی و

صیفی، نشریه فنی، موسسه تحقیقات خاک و آب، کرج، ایران

سیلسپور، م و ممیزی، م. ر. ۱۳۸۵. مدیریت تغذیه نیتروژن در محصولات سبزی و صیفی. انتشارات مرز دانش. تهران، ایران

سیلسپور، م. ۱۳۹۷. ارزیابی مزرعه ای کمپوست پسماند شهری و نیتروژن بر عملکرد و خصوصیات کیفی پنبه و برخی

ویژگی های شیمیایی خاک. پژوهش های پنبه ایران. جلد شش، شماره ۲

صادقی پورمروی، م. ۱۳۹۴. اثر مصرف مقادیر مختلف کود حیوانی و نیتروژن بر خصوصیات کمی و کیفی اسفناج. پژوهش های

کاربردی زراعی. ۲۸(۳)، ۵۳-۶۴

صفر م. ر. ۱۳۶۹. مطالعات خاکشناسی ایستگاه تحقیقاتی اصلاح نهال و بذر ورامین (ورامین پیشوا). نشریه ۸۰۸. موسسه

تحقیقات خاک و آب. کرج. ایران

صلحی، م.، ج. ملکوتی و س، سعادت. ۱۳۸۴. پراکنش و غلظت مجاز فلزات سنگین در چرخه حیات. نشریه فنی شماره ۴۷۰.

موسسه تحقیقات خاک و آب، کرج، ایران

علی‌احیایی، م.، ع. ا. بهبهانی‌زاده، ۱۳۷۲. روش‌های تجزیه شیمیایی خاک. سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، مؤسسه تحقیقات خاک و آب، نشریه فنی شماره ۸۹۳، کرج، ایران

فلاح مرتضی نژاد لیبالستانی، س. م.، پیوست، غ و الفتی، ج. ۱۳۹۲. اثر کوددهی شیمیایی آلی بر عملکرد و مقدار آهن در اسفناج (*Spinacea oleracea. L*) دومین کنگره ملی کشاورزی ارگانیک، اردبیل، دانشگاه محقق اردبیلی،

قلاوند، ا.، حمیدی، آ.، دهقان شعار، م و ملکوتی، م. ج. ۱۳۸۵، کاربرد کودهای زیستی (بیولوژیک)، راهبردی بوم‌شناختی برای مدیریت پایدار بوم‌نظام‌های زراعی، نهمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات، کرج، مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر

کاوه، س.، فکری، م.، محمود آبادی، م و برومند، ن. ۱۳۸۸. تاثیر استفاده از کمپوست زباله شهری بر مقدار عناصر سنگین در خاک. همایش ملی مدیریت بحران آب. دانشگاه آزاد اسلامی واحد مرودشت

کمپوست، ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی. استاندارد ملی ایران شماره ۱۰۷۱۶، مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران. کرج. تهران بی‌نام. ۱۳۸۹. خوراک انسان، دام، بیشینه رواداری فلزات سنگین. استاندارد ملی ایران شماره ۱۲۹۶۸، مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران. کرج. تهران

معاف‌پوریان، غ.، مرادی، ح.، تدین، م. س. ۱۳۸۸. اثر مقادیر مختلف کود اوره بر عملکرد و تجمع نیترات در اندام‌های قابل مصرف اسفناج. یازدهمین کنگره علوم خاک ایران

chiba W.B., Gabteni N., Lakhdar A., Du Laing G., Verloo M., Jedidi, N., and Gallali T. 2009. Effects of 5-year application of municipal solid waste compost on the distribution and mobility of heavy metals in a Tunisian calcareous soil. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 130(3): 156-163.

Asgharipour, R and Mohammad. A. 2010. Growth and Elemental Accumulation of Tomato Seedlings Grown in Composted Solid Waste Soil Amended. *American-Eurasian Journal of Sustainable Agriculture*, 4(1): 94-101, 2010

Badran, F. S. and Safwat. M. S. 2004. Response of fennel plants to organic manure and bio-fertilizers in replacement of chemical fertilization. *Egyptian Journal of Agricultural Research*, 82: 247-256.

Baldantoni, D., Leone, A., Iovieno, P., Morra, L., Zaccardelli, M. and Alfani, A. 2010. Total and available soil trace element concentrations in two Mediterranean agricultural systems treated with municipal waste compost or conventional mineral fertilizers. *Chemosphere* 80, 1006-1013

Convertini, J., Ferri. D., Montemurro. F. and Maiorana. M. 2004. Effects of municipal solid waste compost on soils cropped with tomato and sunflower in rotation with durum wheat. ISCO 2004 - 13th International Soil Conservation Organisation Conference – Brisbane, July 2004. *Conserving Soil and Water for Society: Sharing Solutions*. Paper No. 628 page 1. Istituto Sperimentale Agronomico, Via C. Ulpiani, 5 – 70125 Bari (Italy)

- Dordas, C.A., and Sioulas, C. 2008. Safflower yield, chlorophyll content, photosynthesis, and water use efficiency response to nitrogen fertilization under rainfed conditions. *Industrial Crops and Products*. 27(1), pp.75-85.
- EFSA, 2008. Nitrate in vegetables: scientific opinion of the panel on contaminants in the food chain. *European Food Safety Authority Journal* 689: 1-79.
- Kabata-Pendias A., and Mukherjee B.A. 2007. *Trace Elements from Soil to Human*. Springer. 561p.
- Kawazu Okimura, Y. M., Ishii, T., and Yui. S. 2003. Varietals and seasonal difference in oxalate content of spinach. *Scientia Horticulturae* 97: 203-210.
- Lakhdar, A., Iannelli, M.A., Debez, A., Massacci, A., Jedidi, N. and Abdelly, C. 2010. Effect of municipal solid waste compost and sewage sludge use on wheat (*Triticum aestivum*): growth, heavy metal accumulation and antioxidant activity. *J. Sci.Food Agric.* 90, 965–971
- Madrid F., Lopez R., and Cabrera F. 2006. Metal accumulation in soil after application of municipal solid waste compost under intensive farming conditions. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 119(3): 249-256.
- Maftoun, M., Moshiri, F., Karimian, N., Ronaghi, A., 2004. Effects of two organic wastes in combination with phosphorus on growth and chemical composition of spinach and soil properties. *J. Plant Nutr.* 27 (9), 1635–1651.
- Montemurro, F., Maiorana, M., Convertini, G., and Ferri, D. 2006. Compost organic amendments in fodder crops: effects on yield, nitrogen utilization and soil characteristics. *Compost Sci. Util.* 14 (2), 114–123.
- Nazemi, S., Asgari, A.R and Raei. M. Survey. 2012. The Amount of Heavy Metals in Cultural Vegetables in Suburbs of Shahroud. *Iran J Health Environ.* 3, 2: 195-202.
- Ozores-Hampton, M. and Hanlon, E. 2006. Cadmium, copper, lead, nickel and zinc concentrations in tomato and squash grown in MSW compostamended calcareous soil. *Compost Sci. Util.* 5 (4), 40–46.
- Pinamonti, F., Nicolini, G., Dalpiaz, A., Stringari, G. and Zorzi, G. 1999. Compost use in viticulture: effects on heavy metal levels in soil and plants. *Commun. Soil Sci. Plan.* 30 (9–10), 1531–1549.
- Radu, L. and Anca-Rovena L. 2008. Vegetable and fruits quality within heavy metals polluted areas in Romania. *Carpath J Earth Env.* 2008; 3, 2: 115-29.
- Ramadassa, K and Subramanian P. 2007. Effect of enriched municipal solid waste compost application on soil available macronutrients in the rice field. *Archives of Agronomy and Soil Science.* 53 (5)
- Rigane, M.K. and Medhioub, K. 2011. Assessment of properties of Tunisian agricultural waste composts: Application as components in reconstituted anthropic soils and their effects on tomato yield and quality. *Resources, Conservation and Recycling* 55, 785-792.

Shanmugam, G.S and Warman, P.R. 2004. Soil and plant response to organic amendments to three strawberry cultivars. In: Martin-Neto, L., Milori, D., da Silva, W. (Eds.), Proceedings of the International Humic Substances Society. Embrapa (Pub.), Sao Pedro, pp. 230–232.

Smith, S.R., 2009. A critical review of the bioavailability and impacts of heavy metals in municipal solid waste composts compared to sewage sludge. *Environ. Int.* 35, 142–152.

Soumare, M., Tack, F and Verloo, M. 2003. Characterisation of Malian and Belgian solid waste composts with respect to fertility and suitability for land application. *Waste Manag.* 23, 517–522.

Walter, I., Martinez, F. and Cuevas, G., 2006. Plant and soil responses to the application of composted MSW in a degraded, semiarid shrubland in central Spain. *Compost Sci. Util.* 14 (2), 147–154.

Warman, P.R and Shan, V. 2004. Influence of source – separated MSW compost on vegetable crop growth and soil properties: year 3. In: Proceeding of the 8th Annual Meeting of the Composting Council of Canada, Ottawa, Ontario, November 3-5, pp. 263-273.

Warman, P.R., 2001. Municipal solid waste compost effects tomato leaf tissue: essential plant nutrients and trace elements. In: Proceedings of the 6th International Conference on the Biogeochemistry of Trace Elements, Guelph, ON, p. 167.

Warman, P.R., Murphy, C and Burnham J. 2004. Soil and plant response to MSW compost applications on lowbush blueberry fields in 2000 and 2001. *Small Fruit Rev.* 3 (1/2), 19–31.

Weber, J., A. Karczewska, J. Drozd, M. Licznar, S. Licznar, E. Jamroz, and A. Kocowicz. 2007. Agricultural and ecological aspects of a sandy soil as affected by the application of municipal solid waste composts. *Soil Biology and Biochemistry* 39:1294-1302.

Yalcin, M.G, Battaloglu, R, and Ilhan S. Heavy metal sources in Sultan Marsh and its neighborhood, Kayseri, Turkey. *Environ Geol.* 2007; 53, 2: 399-415.

Yang, J., Guo, H., Ma, Y., Wang, L., Wei, D. and Hua, L. 2010. Genotypic variations in the accumulation of Cd exhibited by different vegetables. *J Environ Sci (China)*. 22, 8: 1246–1252.

Zhang, M., Heaney, D and Henriquez, B. 2006. A four year study on influence of biosolids/MSW cocompost application in less productive soils in Alberta: nutrient dynamics. *Compost Sci. Util.* 14 (1), 68–80.

Zheljzkov, V., Astatkie, T., Caldwell, C.D., MacLeod, J., and Grimmett, M. 2006. Compost, manure, and gypsum application to timothy red clover forage. *J. Environ. Qual.* 35, 2410-2418.

Zheljzkov, V. and Warman, P.R. 2004a. Source-separated municipal soil waste compost application to Swiss chard and basil. *J. Environ. Qual.* 33, 542–552.

Zheljzkov, V. and Warman, P.R. 2004b. Phytoavailability and fractionation of copper, manganese, and zinc in soil following application of two composts to four crops. *Environ. Pollut.* 131, 187–195.

Investigating the effects of municipal solid waste compost and nitrogen application on the yield and concentration of heavy metals in soil and Spinach (*Spinacea oleracea* L.)

Mohsen Seilsepour^{1*}

1- Corresponding Author and Assistant Professor of Greenhouse Cultivation Research Department, Tehran Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Varamin, Iran.

mseilsep@yahoo.com

Received Date: 2019/11/15

Accepted Date: 2020/01/02

ABSTRACT

Introduction: Spinach (*Spinacea oleracea* L.) is an important vegetable of the beet family, and is one of the most important leafy vegetables in terms of production (Imani, 2012) and is an excellent source of minerals and vitamins (Kawazu et al., 2003). Therefore, considering the nutritional value of this vegetable in the household basket, increasing yield per unit area with emphasis on product health has a special place (Malakouti et al., 2013). In recent years, it has been shown that the combined use of chemical and organic fertilizers is an effective strategy for crop production and maintaining optimum yield (Sharma et al., 2003). In addition, the World Food and Agriculture Organization (F.A.O) has in recent years proposed a plan for developing integrated organic and chemical fertilizer systems for developing countries (Ghalavand, 2007). Accordingly, the combination of chemical fertilizers with organic resources (integrated soil fertility management) has favorable results in increasing the productivity of agricultural products, which in turn can lead to sustainable agriculture (Badran and Safvat, 2004). On the other hand, unfortunately the soil organic matter status of the country is inadequate, burning and removing plant residues from farmland, unnecessary use of chemical fertilizers and non-use of organic fertilizers have caused the amount of organic matter in soils. The country is getting smaller day by day, which reduces soil fertility and consequently decreases crop yield. Therefore, in order to preserve the soil and improve its physical properties and to balance the environmental factors, it is inevitable to consume organic matter and increase its percentage in soils of the country (Seilsepour, 2018). Research results show that municipal waste compost can be used as organic fertilizer (Sumare et al., 2003). Despite the positive effects of municipal waste compost application on the physical and chemical properties of the soil, there is a possibility of contamination of the soil and crop with heavy metals by municipal waste compost application. Heavy metals have received much attention in recent years due to their pollutant properties (Yalchin et al., 2007). Some heavy metals such as lead, cadmium, nickel and mercury are toxic to humans even in small amounts (Malakoutian et al., 2011). These elements accumulate in the body after they enter the body or are transported to higher nutritional levels and then become toxic and hazardous by chemical interactions. Research results show that the application of municipal waste compost in soil increases the concentration of lead in the soil (Walter et al., 2006). This increase occurs most in the extracted fraction with DTPA (Zheljaskov and Warman, 2004a) and only a small percentage of the lead added to the soil is washed out by the application of municipal waste compost (Tisdell and Breslin, 1995). Research results have shown that lead concentration due to municipal waste compost application in tomatoes was not significant for stewed zucchini (Zheljaskov and Warman, 2004b), but increased lead concentration in spinach leaves affected by municipal waste compost compared to control treatment. Attention has been paid (Maftoun et al., 2004). Since accurate and precise information on the effects of urban waste compost on soil properties, especially the concentration of heavy metals and the concentration of these elements in fruits of

vegetable and vegetable products such as tomatoes, this study was conducted with the aim of evaluating the field of application of compost Urban on the yield and concentration of heavy metals in soil and spinach.

Materials and methods: In order to investigate the effect of different levels of municipal waste compost and nitrogen on the yield of spinach and the concentration of heavy metals in spinach and soil, a field experiment was conducted with 9 treatments and three replications in the form of factorial experiment in a completely randomized complete block design in a research field in Tehran Agricultural and Natural Resources Research and Education Center for one year. The compost factor consisted of three levels of municipal solid waste compost consumption (0, 10 and 20 t ha⁻¹ with a moisture content of 22% by weight). And nitrogen factor consisted of three levels of nitrogen application (0, 100 and 200 kg ha⁻¹). Phosphorus and potassium fertilizers were applied base on soil test. Compost was also prepared from the composting plant of Tehran Municipal Recovery Organization and added to experimental soil plots. The concentration of heavy metals in spinach was also determined by the current methods of soil and water research institute (Emami, 1996). After harvesting, the soil samples were collected from soil samples to determine the concentration of heavy elements, and the collected soil was analyzed using current methods of soil and water research institute