نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۲، شماره ۴، زمستان ۱۳۸۹، ص. ۶۰۸-۶۰۰

Journal of Agroecology
Vol. 2, No. 4, Winter 2010, p. 600-608

تأثیر کمپوست پسماند شهری و لجن فاضلاب بر عملکرد و غلظت سرب، نیکل و کادمیم در خاک و گیاه دارویی سیاهدانه (*Nigella sativa* L.)

فاطمه اکبرنژاد[1*]، علیرضا آستارایی[2]، امیر فتوت[2] و مهدی نصیری محلاتی[3]

تاریخ دریافت: ۱۳۸۹/۰۶/۱۸
تاریخ پذیرش: ۱۳۸۹/۱۱/۲۱

چکیده

به منظور بررسی اثر کمپوست پسماند شهری و لجن فاضلاب بر غلظت فلزات سنگین در خاک و گیاه دارویی سیاهدانه (*Nigella sativa* L.)، آزمایشی با دو نوع کود آلی کمپوست پسماند شهری و لجن فاضلاب هر کدام در سه سطح (صفر، ۱۵ و۳۰ تن در هکتار) بصورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در گلخانه دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد انجام شد. نتایج نشان داد که اثر کمپوست پسماند شهری و لجن فاضلاب و اثر متقابل آنها تأثیر معنی داری بر وزن خشک گیاه در گلدان داشت. با افزایش مقادیر لجن فاضلاب، وزن خشک گیاه در گلدان افزایش یافت، اما کاربرد کمپوست پسماند شهری به مقدار ۱۵ تن در هکتار، وزن خشک گیاه در گلدان را افزایش داد و کاربرد مقادیر بالای کمپوست (۳۰ تن در هکتار) موجب کاهش وزن خشک گیاه در گلدان شد. تأثیر لجن فاضلاب و کمپوست بر غلظت عناصر سنگین (نیکل و سرب) در گیاه به جزء کادمیم معنی‌دار شد. کاربرد کمپوست پسماند شهری و لجن فاضلاب سبب افزایش سرب و نیکل قابل دسترس در خاک شد، اما بر فراهمی کادمیم خاک تأثیر معنی داری نداشت. نتایج نشان داد غلظت نیکل بیش از حد مجازاین عنصردر گیاه شد. بنابراین در استفاده از پسماندهای آلی برای گیاه دارویی سیاهدانه باید دقت لازم را به عمل آورد.

واژه های کلیدی: پسماندهای آلی، عناصر سنگین، وزن خشک گیاه

مقدمه

حاصلخیزی خاک از جمله عوامل محیطی مهم در تولید حداکثر مقدار ماده موثره در گیاهان دارویی و حداکثر عملکرد در گیاه می باشد (Omid Baigi, 2000). برای افزایش حاصلخیزی خاک با هدف حفظ محیط زیست، استفاده از بقایای گیاهی، کودهای دامی، کودهای آلی به جای کودهای شیمیایی در مورد اکثر محصولات کشاورزی و از جمله گیاهان دارویی حائز اهمیت است (Nasiri Mahallati et al., 2001). لجن فاضلاب و کود کمپوست پسماند های شهری، از جمله کودهای آلی هستند که اغلب علاوه بر افزایش عملکرد گیاه، دارای مقادیر نسبتا زیاد عناصر سنگین نظیر کادمیوم، سرب و نیکل می باشند. در اثر افزودن این مواد به خاک، گیاه همراه با عناصر غذایی مورد نیاز این عناصر سمی را جذب کرده و وارد زنجیره غذایی انسان می گردد. جذب بیش از حد این عناصر توسط گیاه برای سلامت انسان زیان آور خواهد بود (Hyun et al., 1998). این مسئله در مورد گیاهان دارویی که اکثرا به صورت مستقیم مورد استفاده انسان قرار می گیرند بسیار اهمیت دارد. سرنوشت فلزات سنگین و کمپلکس‌های فلزی تخلیه شده به خاکها و آبها با توجه به شرایط محیطی خاک و آب بسیار متفاوت می باشد. عواملی مانند اسیدیته خاک، غلظت یونی محلول، غلظت کاتیونی فلز، حضور کاتیونهای فلزی رقابت کننده و وجود لیگاندهای آلی و معدنی بر جذب فلزات سنگین تأثیر گذارند. از سوی دیگر نوع و گونه های مختلف گیاهی در توانایی جذب، تجمع و تحمل فلزات سنگین تفاوت زیادی با یکدیگر دارند (Ross, 1994; Alloway, 1990). در آزمایشی که از کود کمپوست و لجن فاضلاب استفاده شد، در تیمارهای حاوی کمپوست نسبت به لجن فاضلاب، گیاه غلظت کمتری از عناصر سنگین را جذب کرد. علت آن pH و ماده آلی بیشتر در کمپوست نسبت به لجن فاضلاب بود که فراهمی عناصر را کاهش داد (Chu & Wong,1987). در آزمایشی دیگر، در خاک‌های تیمار شده با لجن فاضلاب، جذب روی و کادمیم توسط کاهو و جو، بیشتر از خاکهای تیمار شده با کمپوست پسماند شهری بود، که دلیل آن کاهش اسیدیته خاک در اثر کاربرد لجن فاضلاب ذکر شد et al.,

۱، ۲ و ۳- به ترتیب کارشناسی ارشد و دانشیار گروه علوم خاک و استاد گروه زراعت دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: Email: Akbarnejad_f@yahoo.com)

(Simeoni 1984). نـاواس و همکـاران (Navas et al., 1998) نشان دادند که با افزایش میزان لجن فاضلاب از صفر به ۳۲۰ تـن در هکتار، غلظت عناصر سنگین (کروم، روی، نیکل و سـرب) نسـبت بـه شاهد افزایش یافت ولی غلظت کادمیم افزایش معنی داری نداشت که دلیل آن مقدار ناچیز این عنصر در لجن بود. در آزمایشـی کـه از سـه نوع کمپوست متفاوت شامل (کمپوست پسماند شهری، کمپوست لجن فاضلاب و مخلوط کمپوست پسماند شهری و لجن فاضلاب) اسـتفاده شد، فراهمی مس، سرب و کادمیم در خاکهایی کـه مقـادیر زیـادی از کمپوست دریافت کرده بودند افزایش یافت، در حالیکه فراهمی نیکـل و روی در مقادیر کم و زیاد کمپوست تـأثیر معنـی داری نداشـت کـه دلیل آن تحرک پذیری زیاد نیکل و روی بیان شـد (Shelton ,1999 & Baldwin).

اکثر مطالعات انجـام شـده در مـورد واکـنش کـودی سـیاهدانه (*Nigella sativa* L.)بر مبنای مصـرف کودهـای شـیمیایی بـوده و تحقیقات اندکی در زمینه اثر کودهای آلی بر کمیت و کیفیت گیاهـان دارویی از جمله سیاهدانه در دسـترس اسـت. بنـابراین شـناخت تـأثیر کودهای آلی بر خصوصـیات کمـی و کیفـی ایـن گیاهـان در جهـت کاهش مصرف کودهای شیمیایی نیازمند مطالعه و تحقیـق مـی‌باشـد. بر این اساس تحقیق حاضر به منظور بررسی اثر کاربرد کودهای آلـی (کمپوست زباله شهری و لجن فاضلاب) بر رشـد و عملکـرد و جـذب عناصر غذایی در گیاه دارویی سیاهدانه به اجرا در آمد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش با تیمارهای آزمایشی، سه سطح صـفر، ۱۵ و ۳۰ تـن در هکتار کود کمپوست پسماند شهری (C_0، C_{15}و C_{30}) و سـه سـطح صفر، ۱۵ و ۳۰ تن در هکتار لجن فاضلاب(S_0، S_{15} و S_{30}) به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در گلخانه دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی انجام شد. جهت انجام این آزمایش از یک خاک لوم رسی از عمق ۱۵-۰ سانتی‌متری نمونه برداری، سپس خاک به گلخانه انتقال داده شده و پس از هوا خشک کردن و عبـور از الـک دو میلیمتری جهت آماده سازی گلـدانها و انجـام تجزیـه هـای اولیـه استفاده شد. کود کمپوست پسماند شهری از کارخانه کود آلی مشهد و لجن فاضلاب از تصفیه خانه آستان قدس رضوی تهیه و به آزمایشگاه انتقال داده شدند. لجن فاضلاب به مدت چندین روز هوا خشـک شـد. سپس به طور کامل آن را کوبیده و از الک دو میلی متری عبور داده و برای انجام تجزیه های اولیه آماده شد.

بر اساس وزن خاک هر گلدان (۶ کیلوگرم) مقادیر ۴۵ گـرم و ۹۰ گرم به ترتیـب بـرای مقـادیر ۱۵ و ۳۰ تـن در هکتـار از هـر یـک از کودهای آلی بر اساس تیمارهای موجود با خـاک هـر گلـدان مخلـوط شدند و یک خاک شاهد (تیمار صفر) فاقد هر گونه کـود نیـز در نظـر گرفته شد. پس از آماده سازی گلدانها بر اساس تیمارهـای آزمایشـی، در هر گلدان، تعداد ۴۰ عدد بذر سیاهدانه کشت و۲۰ روز بعد از کاشت تعداد بوته ها به ۸ عدد تنک شدند. برداشت گیاه سه ماه پس از کشت صورت گرفت. بعد از برداشت گیاه، خـاک درون هـر گلـدان بـه طـور کامل مخلوط، و پس ازعبور از الک دو میلی متری برای تعیین شـکل قابل جذب فلزات سـنگین خـاک (نیکـل، سـرب و کـادمیم) بـا روش لیندزی و نـورول (Lindsay & Norvell, 1978) اسـتفاده و عصـاره های DTPA-TEA با دستگاه جذب اتمی (مـدل Shimadzu, AA-670) اندازه گیری شدند.

جدول ۱- برخی خصوصیات شیمیایی خاک، کمپوست پسماند شهری و لجن فاضلاب

Table 1- Chemical characteristics of the soil, municipal solid waste compost and sewage sludg

لجن فاضلاب SS[2]	کمپوست پسماند شهری MSWC[1]	خاک Soil		واحد اندازه گیری Units	خصوصیت Parameter
7.04	7.55	7.72		-	pH
2.45	7.91	0.85		dSm^{-1}	EC(نسبت ۱:۵)
7.41	13.26	0.3		%	ماده آلی(OM)
0.50	1.25	0.04		%	نیتروژن کل(Total N)
14.82	10.60	7.50		-	C/N
103.97**	116.71**	0.70*	104.87**	$mgkg^{-1}$	نیکل (Ni)
74.30**	43.51**	0.40*	4.28**	$mgkg^{-1}$	سرب (Pb)
2.13**	1.57**	0.04*	0.75**	$mgkg^{-1}$	کادمیم (Cd)

1- Municipal solid waste compost 2- Sewage sludge

*(مقدار قابل دسترس) Available metal content **(مقدار کل عنصر) Total metal content

نمونه‌های خشک گیاه شامل کاه و کلش و دانه را آسیاب کرده و به روش هضم تر(هضم با اسید نیتریک و اسید پر کلریک) عصاره گیری کرده(Rayan et al., 2001) و غلظت عناصر سنگین سرب (Pb)، کادمیم (Cd) و نیکل (Ni) در عصاره‌های گیاهی با دستگاه جذب اتمی مدل (Shimadzu, AA-670) در طیف خاص هر عنصر اندازه گیری شدند. تجزیه و تحلیل آماری اطلاعات جمع آوری شده با استفاده از نرم افزار MINITAB و مقایسه میانگین‌ها با روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح اطمینان پنج درصد و با استفاده از نرم افزار MSTAT-C انجام شد. جهت رسم شکل‌ها نیز از نرم افزار EXCEL استفاده شد.

نتایج و بحث

اثرکمپوست زباله شهری و لجن فاضلاب بر وزن خشک گیاه

با افزایش مقدار لجن به ۱۵ و ۳۰ تن در هکتار، وزن خشک گیاه نسبت به شاهد افزایش معنی داری داشت (جدول۲). به نظر می رسد عناصر غذایی پر مصرف و کم مصرف موجود در لجن افزوده شده به خاک در اختیار گیاه قرار گرفته وعملکرد بیشتر گیاه را در پی داشته است (Karami et al., 2007). با افزایش لجن فاضلاب از ۱۵ به ۳۰ تن در هکتار با وجود روند افزایشی اختلاف معنی داری بین وزن خشک گیاه مشاهده نشد. احتمالاً افزودن لجن فاضلاب تا مقادیر خاصی باعث افزایش عملکرد می‌شود، ولی پس از آن حد تأثیر زیادی در عملکرد ندارد (Valmis et al., 1985). افزایش کمپوست فقط در سطح ۱۵ تن در هکتار سبب افزایش معنی دار وزن خشک گیاه شد. با افزایش مقدار کمپوست به ۳۰ تن در هکتار وزن خشک گیاه کاهش یافت که مشابه نتایج میکبلا و وارمن (Warman, 2005 & Mkhabela) می باشد. در بسیاری از تحقیقات گزارش شده که مقادیر بالای کمپوست سبب کاهش عملکرد و کاهش وزن خشک گیاه شده است که دلیل آن نیز احتمالاً کاهش عناصر غذایی به دلیل افزایش فعالیت میکروارگانیسم‌ها می‌باشد (Soumare et al., 2003; Ribeiro et al., 2000). اثر متقابل مقادیر کود کمپوست و لجن فاضلاب بر وزن خشک بوته در کلیه تیمارهای آزمایشی (به جز تیمار $C_{30}S_0$) نسبت به شاهد افزایش معنی داری داشت (جدول۴). احتمالاً مقادیر بالای کمپوست سبب افزایش جمعیت میکروبی خاک شده و به تبع عناصر غذایی مورد استفاده گیاه کاهش می یابد، اما کاربرد مقادیر بالای کمپوست به همراه لجن فاضلاب کمبود عناصر غذایی برای گیاه را جبران می کند. کرمی و همکاران (Karami et al., 2007) بیان کردند عناصر غذایی پر مصرف همانند نیتروژن، فسفر و گوگرد و نیز عناصر غذایی کم مصرف نظیر آهن، روی و مس که همراه لجن به خاک افزوده می شوند، می‌توانند در طی تجزیه مواد آلی در اختیار گیاه قرار گرفته و عملکرد زیاد آن را در پی داشته باشد.

اثرکمپوست پسماند شهری و لجن فاضلاب بر غلظت عناصر سنگین در گیاه

مطابق جدول۲، کاربرد کمپوست پسماند شهری و لجن فاضلاب سبب کاهش معنی دار غلظت سرب در کاه و کلش گیاه نسبت به شاهد شد ($p\leq 0.05$). احتمالاً به دلیل پیوند قوی سرب با مواد آلی و تشکیل کمپلکس‌های پایدار غلظت سرب در تیمار شاهد نسبت به تیمارهای حاوی کمپوست و لجن بیشتر است. تیمار ۱۵ تن در هکتار کمپوست نسبت به شاهد، ۵۳٪ کاهش معنی داری داشت، در حالیکه تیمار ۳۰ تن در هکتار کمپوست نسبت به شاهد ۴۲٪ کاهش معنی داری را نشان داد.

جدول ۲- اثر مقادیر مختلف کمپوست پسماند شهری (C) و لجن فاضلاب (S) بر وزن خشک بوته در گلدان و غلظت سرب و نیکل در کاه وکلش و دانه گیاه دارویی سیاهدانه

Table 2- The effects of municipal solid waste compost and sewage sludge on dry matter and concentration of Pb and Ni in straw and grain of black cumin

سطوح کمپوست و لجن فاضلاب MSWC & SS amounts	وزن خشک گیاه (g) Plant dry matter (g)	سرب Pb ($mg.kg^{-1}$)		نیکل Ni ($mg.kg^{-1}$)	
		کاه و کلش (Straw)	دانه (Grain)	کاه و کلش (Straw)	دانه (Grain)
C_0	1.12 b*	3.69 a	2.38 a	11.27 c	12.36 c
C_{15}	1.35 a	1.73 b	1.34 b	12.43 b	13.5 b
C_{30}	0.98 b	2.13 b	1.28 b	15.64 a	14.83 a
S_0	0.75 b	3.63 a	1.94 a	11.92 b	12.52 c
S_{15}	1.32 a	1.77 b	1.27 b	11.68 b	13.14 b
S_{30}	1.38 a	2.15 b	1.8 a	15.7 a	15.03 a

*میانگین‌های موجود در هر ستون در صورت داشتن حروف مشابه درسطح اطمینان ۵٪ معنی‌دار نمی‌باشند.

*Mean in each column followed by the same letter are not significantly different ($p<0.05$).

احتمالاً افزایش غلظت سرب در مقایر ۳۰ تن در هکتار از کمپوست و لجن فاضلاب سبب روند افزایشی غلظت سرب در این تیمارها شده است. افزایش کمپوست پسماند شهری به ۳۰ تن در هکتار باعث کاهش معنی‌دار غلظت سرب دانه نیز شد (۴۶/۲٪). اما لجن فاضلاب فقط در سطح ۱۵ تن در هکتار موجب کاهش معنی دار غلظت سرب دانه شد (۳۴/۵٪). در مطالعه ای نشان داده شد که با افزودن کود کمپوست پسماند شهری به مقدار۹۰ تن در هکتار در سال و به مدت ۶ سال متوالی، غلظت سرب در گیاه ذرت کاهش یافت (et Gigliotti al., 1996). با توجه به جدول۲، افزایش کمپوست پسماند شهری باعث افزایش معنی دار غلظت نیکل کاه و کلش (۲۸٪) و دانه (۱۶/۶٪) شد ($p\leq 0.05$). به نظر می رسد غلظت بالای نیکل در کود کمپوست پسماند شهری و لجن فاضلاب و هم چنین پیوند ضعیف این عنصر با مواد آلی سبب افزایش غلظت آن در گیاه شده است (Smith, 2009). غلظت کادمیم در کاه و کلش و دانه در کلیه تیمارهای آزمایشی در حد تشخیص دستگاه نبود. افزودن کمپوست و لجن فاضلاب باعث کاهش معنی دار غلظت سرب کاه و کلش و دانه گیاه نسبت به شاهد شد (جدول۴) که علت آن قابلیت زیاد کود کمپوست و لجن فاضلاب در جذب سرب و ایجاد فرمهای پایدار است (Amir et al., 2005). کارلتون–اسمیت (Carlton- Smith, 1987) نشان داد افزودن کمپوست پسماند شهری و لجن فاضلاب به خاک سبب کاهش فراهمی سرب برای گیاه می گردد. با افزایش سطوح لجن به ۱۵ و ۳۰ تن در هکتار در حضور و عدم حضور مقادیر مختلف کمپوست ، غلظت سرب در کاه و کلش و دانه اختلاف معنی داری را با هم نشان نداد. این نتایج نشان می دهد که اولاً مقادیر مختلف لجن فاضلاب تأثیر معنی داری بر غلظت سرب در گیاه نداشت، گرچه روند افزایشی نسبت به تیمارهای S_0C_{15} و S_0C_{30} که هیچ گونه لجنی را دریافت نکردند، مشاهده شد. ثانیاً مقادیر مختلف کمپوست نیز اختلاف معنی داری را بر غلظت سرب در گیاه نداشتند. با توجه به جدول ۳، غلظت سرب در تیمارهای آزمایشی کمتر از حد مسمومیت عنصر برای گیاه است. در نتیجه کاربرد این پسماندها از نظر آلودگی سرب در خاک مشکلی را ایجاد نمی کند. اگر چه ذکر این نکته که کاربرد متوالی این پسماندها، باعث افزایش حلالیت سرب خواهد شد، حائز اهمیت است (Smith, 2009).

مطابق جدول۴، در کلیه تیمارهای آزمایشی غلظت نیکل کاه و کلش نسبت به شاهد افزایش معنی داری داشت. بیشترین غلظت نیکل نسبت به شاهد در تیمار$C_{30}S_{30}$ مشاهده شد. به نظرمی رسد غلظت زیاد نیکل در کمپوست و لجن و فراوانی ماده آلی در این تیمار باعث افزایش غلظت نیکل در کاه و کلش شد. بین تیمارهای C_0S_{15} و $C_{15}S_0$ با یکدیگر اختلاف معنی داری مشاهده نشد که نشان می دهد کمپوست زباله شهری و لجن فاضلاب در سطح ۱۵ تن در هکتار اثر یکسانی بر غلظت نیکل در کاه و کلش داشتند. بین تیمارهای C_0S_{30}و $C_{15}S_{30}$ با یکدیگر و تیمارهای $C_{15}S_{15}$ و $C_{30}S_{15}$ با یکدیگر اختلاف معنی داری مشاهده نشد که نشان دهنده این است که در حضور مقادیر ۱۵ و ۳۰ تن در هکتار لجن فاضلاب، افزایش کمپوست به مقدار ۱۵ تن در هکتار تأثیر معنی داری بر غلظت نیکل کاه و کلش ندارد. احتمالا نقش لجن فاضلاب در افزایش غلظت نیکل کاه و کلش نسبت به کمپوست بیشتر بوده است. این در حالی است که غلظت نیکل در تیمار$C_{30}S_0$ نسبت به تیمار C_0S_{30} افزایش معنی داری دارد که احتمالاً کاهش وزن خشک گیاه در تیمار $C_{30}S_0$ باعث افزایش غلظت نیکل شده است. با توجه به جدول۳، غلظت نیکل در کاه و کلش و دانه بیشتر از محدوده مجاز این عنصر بوده و می تواند منجر به مسمومیت گیاه و متعاقباً انسان گردد. بالا بودن غلظت نیکل در کاه و کلش و دانه به دلیل تشکیل کمپلکس های ضعیف تر با مواد آلی و در نتیجه پویایی زیاد این عنصر در خاک، نسبت به سایر عناصر سنگین است (Smith, 2009). پس با توجه به این خصوصیت نیکل کاربرد این پسماندهای آلی بایستی با دقت بیشتری انجام گیرد.

جدول ۳- محدوده معمول و بیشترین غلظت پیشنهادی برای عناصر سنگین در گیاه (Pais & Benton, 1997)

Table 3- The normal and maximum concentrations of heavy metals in plant (Pais & Benton, 1997)

Plant heavy metal conc. دامنه نرمال Max.permittable ($mg.kg^{-1}$)	غلظت عناصر سنگین در گیاه حداکثر مجاز Normal Range ($mg.kg^{-1}$)	عنصر Element
3	0.1-1	Ni
10	0.1-5	Pb
3	0.05-0.2	Cd

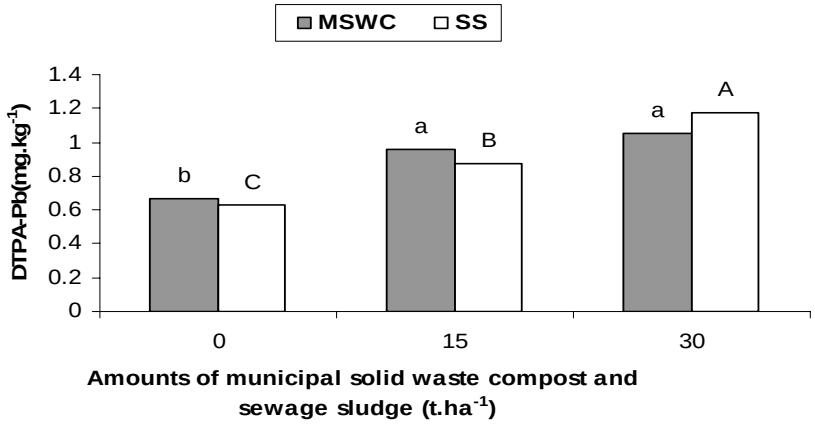
جدول ٤- اثرات متقابل کمپوست پسماند شهری (C) و لجن فاضلاب (S) بر وزن خشک بوته در گلدان وغلظت سرب و نیکل در کاه وکلش و دانه گیاه دارویی سیاهدانه

Table4- The interaction effects of municipal solid waste compost and sewage sludge on dry matter and concentration of Pb and Ni in straw and grain of black cumin

تیمار آزمایشی Treatments		وزن خشک گیاه در گلدان (g) Plant dry matter (g)	سرب Pb (mg.kg^{-1})		نیکل Ni (mg.kg^{-1})	
لجن فاضلاب SS	کمپوست MSWC		کاه و کلش (Straw)	دانه (Grain)	کاه و کلش (Straw)	دانه (Grain)
	C_0	0.74 c*	7. 60 a	4.20 a	7.96 f	11.70 d
S_0	C_{15}	1.19 b	1.70 bc	1.20 c	10.83 e	12.26 cd
	C_{30}	0.32 d	1.60 c	0.42 d	16.96 b	12.60 b
	C_0	1.27 ab	1.73 bc	1.26 c	11.23 e	11.50 d
S_{15}	C_{15}	1.35 ab	1.66 bc	1.36 c	11.80 d	12.73 c
	C_{30}	1.33 ab	1.93 bc	1.20 c	12.03 d	15.20 a
	C_0	1.34 ab	1.75 bc	1.70 bc	14.63 c	13.90 b
S_{30}	C_{15}	1.52 a	1.83 bc	1.46 c	14.66 c	15.50 a
	C_{30}	1.29 ab	2.86 b	2.23 b	17.93 a	15.70 b

* میانگین‌های موجود در هر ستون در صورت داشتن حروف مشابه درسطح اطمینان ۵ درصد معنی‌دار نمی‌باشند.

* Mean in each column followed by the same letter are not significantly different ($p<0.05$)



شکل ۱- اثر سطوح کمپوست پسماند شهری (MSWC) و لجن فاضلاب (SS) بر فراهمی سرب درخاک

Fig. 1- Effect of municipal solid waste compost and sewage sludge on availability of Pb in soil

میانگین‌های موجود در صورت داشتن حروف مشابه درسطح اطمینان ۵ درصد معنی‌دار نمی‌باشند.

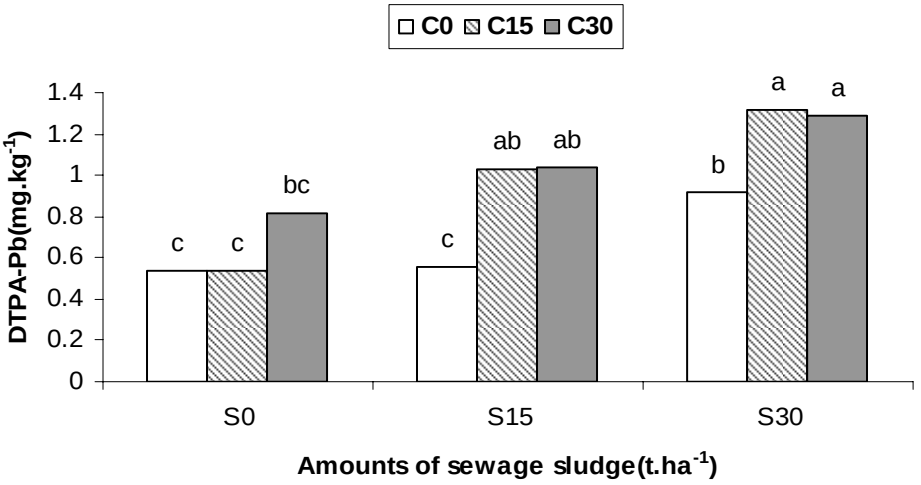
Means followed by the same letter are not significantly different ($p<0.05$).

اثرکمپوست پسماند شهری و لجن فاضلاب بر فراهمی عناصر سنگین در خاک

مطابق شکل ۱، با افزایش لجن فاضلاب، مقدار سرب قابل جذب (DTPA- Pb) در خاک نسبت به شاهد ۴۶٪ افزایش معنی داری داشت ($p\leq 0.05$). بین مقادیر ۱۵ و ۳۰ تن در هکتار کود کمپوست زباله شهری با یکدیگر اختلاف معنی داری مشاهده نشد، ولی هر دو سطح نسبت به شاهد افزایش معنی‌داری داشتند. مادرید و همکاران et (Madrid al., 2007) افزایش سرب کل و قابل جذب را در خاک توسط کود کمپوست زباله شهری گزارش کردند.

اثر متقابل کمپوست پسماند شهری و لجن فاضلاب و سطوح مختلف آنها بر سرب قابل جذب در خاک معنی‌دار شد (شکل۲) $p\leq$ (0.05). بین تیمارهای $C_{15}S_0$، $C_{30}S_0$ و C_0S_{15} با شاهد اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد که نشان می‌دهد کود کمپوست زباله شهری حتی در مقدار ۳۰ تن در هکتار تأثیر معنی داری بر فراهمی سرب ندارد. تیمار C_0S_{30} نسبت به شاهد معنی‌دار شد، ولی با تیمار $C_{30}S_0$ تفاوت معنی داری نداشت که نشان دهنده آن است که مقادیر بالای

کود کمپوست زباله شهری و لجن فاضلاب در فراهمی سرب قابل دسترس با یکدیگر تفاوت معنی داری ندارند، ولی کاربرد توام لجن و کمپوست توام با یکدیگر سبب افزایش معنی دار سرب قابل دسترس در خاک شد، بطوری که بیشترین مقدار فراهمی سرب در تیمارهای $C_{30}S_{30}$ و $C_{15}S_{30}$ مشاهده شد که به ترتیب برابر با ۱/۳۲ و ۱/۲۹ میلی گرم بر کیلوگرم بود. احتمالا افزایش جمعیت میکروبی در این تیمارها سبب افزایش معدنی شدن سرب گشته و در نتیجه سرب قابل جذب خاک افزایش می‌یابد (Karami et al., 2007). از نظر آلودگی عنصر سرب در خاک ، در مورد کاربرد لجن فاضلاب نسبت به کود کمپوست پسماند شهری باید دقت بیشتری به عمل آید. اگرچه با وجود پیوندهای بسیار قوی عنصر سرب سمیت این عنصر کاهش خواهد یافت.

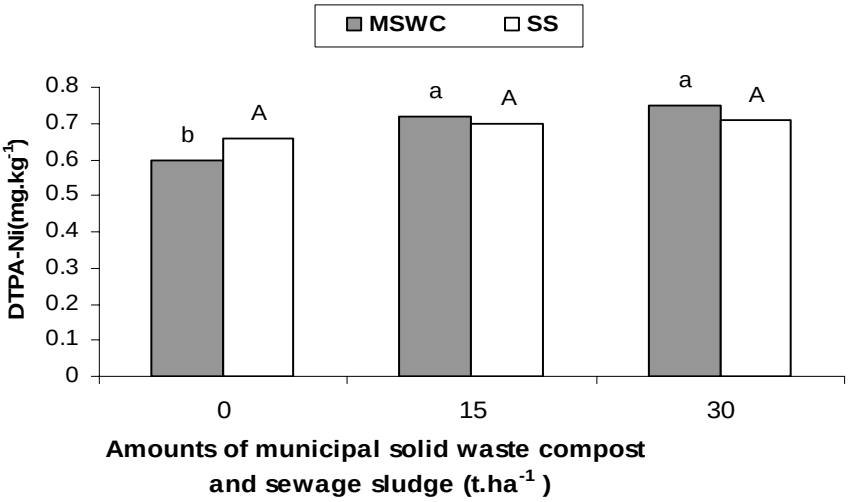


شکل ۲- اثر متقابل سطوح کمپوست پسماند شهری (C) و لجن فاضلاب (S) بر فراهمی سرب در خاک

Fig. 2- Interaction effect of municipal solid waste compost and sewage sludge on availability of Pb in soil

میانگین‌های موجود در صورت داشتن حروف مشابه درسطح اطمینان ۵ درصد معنی‌دار نمی‌باشند.

Means followed by the same letter are not significantly different ($p<0.05$).



شکل ۳- اثر سطوح کمپوست پسماند شهری (MSWC) و لجن فاضلاب (SS) بر فراهمی نیکل در خاک

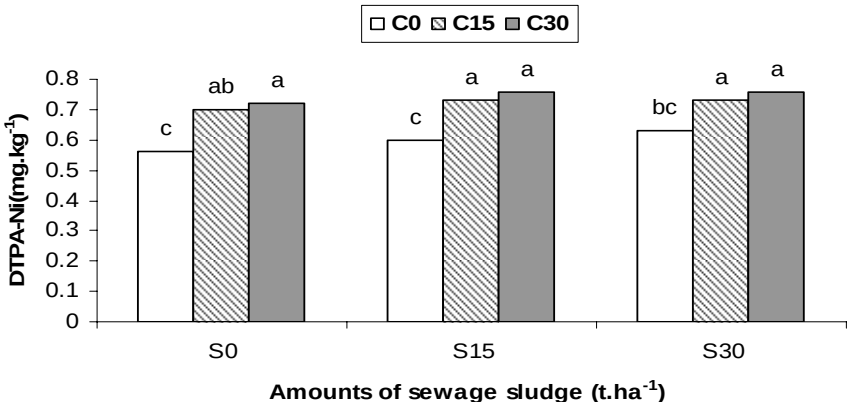
Fig. 3- Effect of municipal solid waste compost and sewage sludge on availability of Ni in soil

میانگین‌های موجود در صورت داشتن حروف مشابه درسطح اطمینان ۵ درصد معنی‌دار نمی‌باشند.

Means followed by the same letter are not significantly different ($p<0.05$).

مطابق شکل ۳، تأثیر لجن فاضلاب بـر نیکـل قابـل جـذب (Ni DTPA-) در خاک معنی دار نشد. ناواس و همکـاران (Navas et al., 1998) عدم معنی دار شدن غلظت نیکل در تیمارهای حـاوی لجـن فاضلاب رابه جذب ترجیحی ایـن عنصـر توسـط گیـاه نسـبت دادنـد. سطوح مختلف کمپوست تأثیر معنی‌داری بر فراهمی نیکل در خاک با یکدیگر نشان ندادند، ولی هر دو سـطح ۱۵ و ۳۰ تـن در هکتـار کـود کمپوست نسـبت بـه شـاهد افـزایش معنـی داری در فراهمـی نیکـل داشتند.

مطابق شکل ۴، اثر متقابل کمپوست و لجن فاضـلاب در تمـامی تیمارهای آزمایشـی بـه غیـر از تیمارهـای C_0S_{15} و C_0S_{30} ،افـزایش معنی داری را نسبت به شاهد نشان دادند که این نتایج نشان می‌دهـد در تیمارهایی که لجن فاضلاب بدون کاربرد کمپوست به کار رفته، اثر معنی داری بر فراهمی نیکل مشاهده نشـده اسـت. مـی تـوان نتیجـه گرفت که کاربرد کمپوسـت پسـماند هـای شـهری نسـبت بـه لجـن فاضلاب سبب فراهمی بیشتر نیکل در خاک گردید که باید دقت لازم برای جلوگیری از سمیت این عنصر به کـار گرفتـه شـود. بـین اکثـر تیمارهای آزمایشی با یکدیگر اختلاف معنی دار ی مشـاهده نشـد. بـا توجه به بالا بودن غلظت نیکل در کود کمپوست زباله شهری و لجـن فاضلاب (جدول ۱) و همچنین تشکیل پیوندهای ضعیف با ماده آلـی، انتظار می‌رود در اثـر افـزودن کـود کمپوسـت زبالـه شـهری و لجـن فاضلاب فراهمی نیکل نسبت به سرب افزایش بیشتری داشـته باشـد (Smith, 2009).

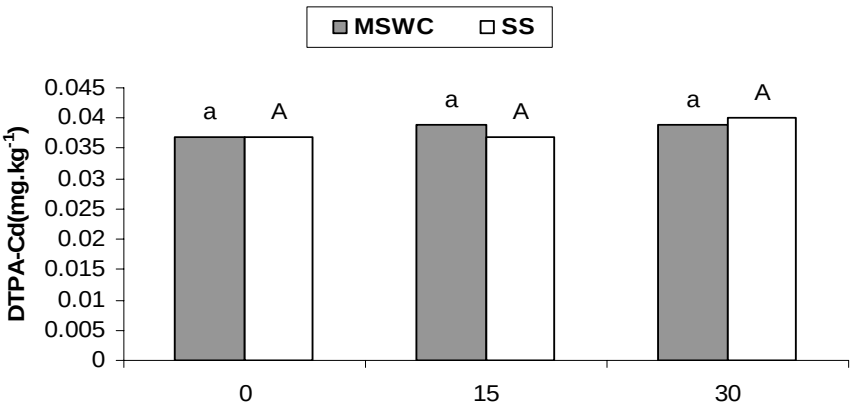


شکل ٤- اثر متقابل سطوح کمپوست پسماند شهری (C) و لجن فاضلاب (S) بر فراهمی نیکل در خاک

Fig. 4- Interaction effect of municipal solid waste compost and sewage sludge on availability of Ni in soil

میانگین‌های موجود در صورت داشتن حروف مشابه درسطح اطمینان ۵ درصد معنی‌دار نمی‌باشند.

Means followed by the same letter are not significantly different ($p<0.05$).



شکل ٥- اثر سطوح کمپوست زباله شهری (MSWC) و لجن فاضلاب (SS) بر فراهمی کادمیم در خاک

Fig. 5- Effect of municipal solid waste compost and sewage sludge on availability of Cd in soil

میانگین‌های موجود در صورت داشتن حروف مشابه درسطح اطمینان ۵ درصد معنی‌دار نمی‌باشند.

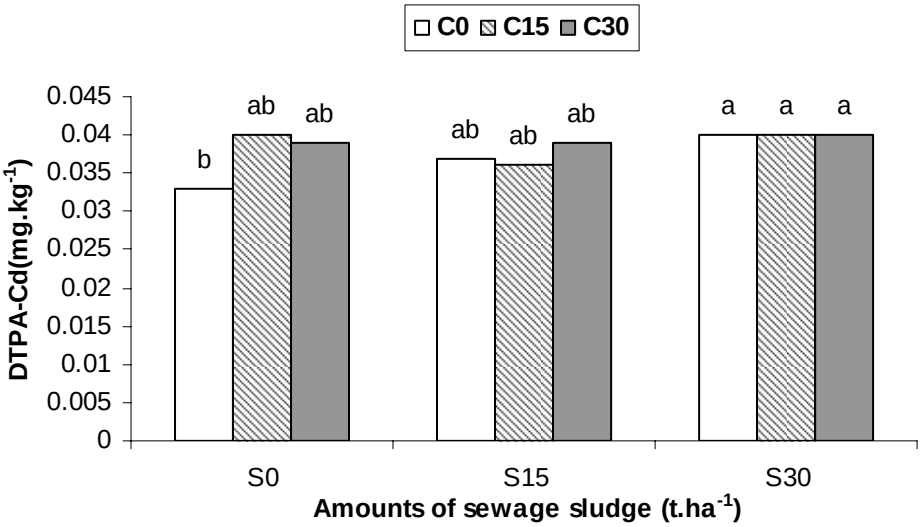
Means followed by the same letter are not significantly different ($p<0.05$).

مطابق شکل ۵، تأثیر کود کمپوست زباله شهری و لجن فاضلاب بر کادمیم قابل جذب (DTPA- Cd) در خاک معنی دار نشد که دلیل آن ممکن است غلظت کم کادمیم درکمپوست و لجن فاضلاب باشد. ناواس و همکاران (Navas et al., 1998) غلظت کم کادمیم در لجن فاضلاب را دلیل عدم تجمع این عنصر در خاک دانستند.

در اثرات متقابل کمپوست و لجن فاضلاب و سطوح مختلف آنها بر فراهمی کادمیم خاک، بین تیمارهای C_0S_{30}، $C_{15}S_{30}$ و $C_{30}S_{30}$ افزایش معنی‌داری نسبت به شاهد مشاهده شد (شکل۶). سایر تیمارهای آزمایشی اختلاف معنی داری را در مقایسه با شاهد نداشتند. با توجه به جدول۱، احتمالاً بیشتر بودن مقدار کادمیم در لجن فاضلاب نسبت به کود کمپوست زباله شهری باعث افزایش کادمیم در تیمارهای حاوی سطح ۳۰ تن در هکتار لجن فاضلاب شده است. بین کلیه تیمارهای آزمایشی با یکدیگر اختلاف معنی‌دار ی مشاهده نشد که احتمالاً به علت مقدار کم کادمیم در کمپوست و لجن فاضلاب است (جدول۱). در مطالعه‌ای نشان داده شد، ماده آلی محلول موجود در لجن فاضلاب باعث کاهش جذب کادمیم در خاک شده است (Wong et al., 2007).

نتیجه گیری

همانطور که نتایج این تحقیق نشان داد استفاده از پسماندهای آلی، سبب افزایش فراهمی عناصر سنگین در خاک و به تبع افزایش غلظت این عناصر در گیاه شد. به طوریکه غلظت نیکل در گیاه بیش از حد مجاز این عنصرگردید. می توان نتیجه گرفت گیاه دارویی سیاهدانه نسبت به سایر گیاهان از قابلیت جذب بیشتری برخوردار بوده، لیکن استفاده از کودهای آلی که حاوی مقادیر نسبتاً زیاد عناصر سنگین می‌باشند مستلزم دقت بیشتری بوده تا از بروز سمیت به در گیاه دارویی سیاهدانه که به طور مستقیم مورد استفاده انسان قرار می‌گیرد جلوگیری شود. در انتها می‌توان یادآور شد که بررسی اثر تیمارهای مذکور بر مقدار ماده موثره گیاه دارویی سیاهدانه احتمالاً نتایج کاربردی تری را در استفاده از این پسماندها خواهد داشت.



شکل ٦- اثر متقابل سطوح کمپوست پسماند شهری (C) و لجن فاضلاب (S) بر فراهمی کادمیم در خاک

Fig. 6- Interaction effect of municipal solid waste compost and sewage sludge on availability of Cd in soil

میانگین‌های موجود در صورت داشتن حروف مشابه درسطح اطمینان ۵ درصد معنی‌دار نمی‌باشند.

Means followed by the same letter are not significantly different ($p<0.05$).

منابع

1- Alloway, B.J. 1990. Heavy Metals in Soils. John Wiley and Sons Inc., New York, P.339.
2- Amir, S., Hafidi, M., Merlina, G., and Revel, J.C. 2005. Sequential extraction of heavy metals during composting of sewage sludge. Chemosphere 59: 801-810.
3- Baldwin, K.R., and Shelton, J.E. 1999. Availability of heavy metal in compost- amended soil. Bioresource

Technology 69: 1-14.
4- Carlton- Smith, C.H. 1987. Effect of metals in sludge-treated soils on crops. Environment Technical Report. TR 251. Water Research Center. Medmenham.
5- Chu, L.M., and Wong, M.H. 1987. Heavy metal contents of vegetable crops treated with refuse compost and sewage sludge. Plant and Soil 103: 191-197.
6- Gigliotti, G, Businelli, D., and Giusquiani, P.L. 1996. Trace metals uptake and distribution in corn plants grown on a 6-year urban waste compost amended soil. Agriculture, Ecosystems and Environment 58: 199-206.
7- Hyun, H., Chang, A.C., Parker, D.R., and Page, A.L. 1998. Cadmium solubility and phytoavailability in sludge treated soils: effect of soil organic carbon. Journal of Environmental Quality 27: 329-334.
8- Karami, M., Rezaei Nejad, Y., Afyuni, M., and Shariatmadari, H. 2007. Cumulative and residual effects of sewage sludge on Lead and Cadmium concentration in soil and wheat. Science and Technology of Agriculture and Natural Resources. Isfahan University of Technology 11:79-95. (In Persian with English Summary)
9- Lindsay, W.L., and Norvell, W.A. 1978. Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganez and copper .Soil Science Society of American Journal 42: 421-428.
10- Madrid, F., Lopez, R., and Cabrera, F. 2007. Metal accumulation in soil after application of municipal solid waste compost under intensive farming conditions. Agriculture, Ecosystems and Environment 119: 249-256.
11- Mkhabela, M., and Warman, P.R. 2005. The influence of municipal solid waste compost on yield, soil phosphorus availability and uptake by two vegetable crops, grown in a Pug wash sandy loam soil in Nova Scotia. Agriculture, Ecosystems and Environment 106: 57-67.
12- Nasiri Mahallati, M., Koocheki, A., Rrezvani Moghadam, P., and Beheshti, A. 2001. Agroecology. Ferdowsi University of Mashhad Publication. P.460. (In Persian)
13- Navas, A., Bermudez, F., and Machin, J. 1998. Influence of sewage sludge application on physical and chemical properties of Gypsisols. Geoderma 87: 123-135.
14- Omid Baigi, R. 2000. Approarches to Production and Processing of Medicinal Plants. Tehran. Tarahan Nashr. P.283. (In Persian)
15- Pais, I., and Benton, J.J. 1997. The Hand book of trace elements. St. Lucies Press. Boca. Raton. Florida. P.240.
16- Rayan, J.R., Estefan, G., and Rashid, A. 2001. Soil and Plant Analysis Laboratory Manual. (2nd edition). ICARDA. Syria. P.172.
17- Ribeiro, H.M., Vasconcelos, E., and Santos, J.Q. 2000. Fertilization of potted geranium with a municipal solid waste compost. Bioresource Technology 73: 247-249.
18- Ross, S.M. 1994. Toxic Metals in Soil and Plants System. John Wiley Sons Inc., England, pp. 469.
19- Simeoni, L.A., Barbarick, K.A., and Sabey, B.R. 1984. Effect of small-scale composting of sewage sludge on heavy metal availability of plants. Journal of Environmental Quality 13: 264-268.
20- Smith, S.R. 2009. A critical review of the bioavailability and impacts of heavy metals in municipal solid waste composts compared to sewage sludge. Environment International 35: 142-156.
21- Soumare, M. F., Tack, M.G., and Verloo, M.G. 2003. Effect of a municipal solid waste compost and mineral fertilization on plant growth in two tropical agricultural soils of Mali. Bioresource Technology 86: 15-20.
22- Valmis, J., Williams, D. E., Corey, J.L., Page, A. L., and Ganje, T.J.1985. Zinc and cadmium uptake by barley in field plots fertilized seven years with urban and suburban sludge. Soil Science 139: 81-87.
23- Wong, J.W.C., Li, K.L., Zhou, L.X., and Selvam, A. 2007. The sorption of Cd and Zn by different soils in the presence of dissolved organicmatter from sludge. Geoderma 137: 310-317.