19th Iranian Soil Science Congress
2-4 December, 2025

نوزدهمین کنگره علوم خاک ایران
۱۱ تا ۱۳ آذرماه ۱۴۰۴

مدیریت جامع‌نگر و هوشمند خاک و آب
Holistic and Smart Soil and Water Management
دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران
College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran

۰۴۲۵۰-۳۲۰۳۱

مطالعه اثرات کاربرد سرب و ورمی کمپوست بر صفات مورفولوژیک در اندام هوایی اسفناج(Spinacea oleracea. L.)

سمانه عبدوسی*[۱]

۱- کارشناس ارشد مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان تهران؛
sama.abdoosi@yahoo.com

چکیده

هدف از پژوهش حاضر، ارزیابی تأثیر سطوح مختلف سرب و ورمی کمپوست بر ویژگی‌های رشدی و مورفولوژیکی اسفناج بود. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در شرایط کنترل‌شده گلخانه‌ای انجام شد. تیمارهای آزمایشی شامل سرب در دو سطح (۰ و ۳۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک) و ورمی کمپوست در سه سطح (۰، ۵ و ۱۰ درصد حجمی) بودند. نتایج حاکی از کاهش معنی‌دار صفات وزن خشک اندام هوایی، تعداد برگ، ارتفاع بوته، سطح برگ و شاخص کلروفیل تحت تأثیر کاربرد سرب بود. بیشترین کاهش در سطح برگ(۴۰/۳ درصد) مشاهده شد. کاربرد ورمیکمپوست به‌ویژه در سطح ۱۰ درصد، موجب بهبود معنی‌دار این صفات گردید و وزن خشک اندام هوایی را(۲۷/۶۷ درصد) افزایش داد. همچنین، ورمی کمپوست اثرات منفی ناشی از سمیت سرب را در تیمار ۵ درصد حجمی ورمی کمپوست تا حدودی تعدیل نمود. همچنین افزودن ورمی کمپوست به میزان ده درصد حجمی درسطح ۳۰۰ میلیگرم در کیلوگرم سرب نتوانست اثرات منفی سرب را از بین ببرد که میتواند به دلیل افزایش تحرک سرب در حضور موادآلی باشد. به طور کلی این پژوهش نشان داد در غلظت های بالای سرب افزودن مواد آلی(ورمی کمپوست) قادر نیست اثرات سوء سرب را خنثی کند.

کلمات کلیدی :آلودگی خاک، سمیت فلزات سنگین، کود آلی، ورمی کمپوست

مقدمه

سرب به طور طبیعی در محیط وجود دارد ولی در اکثر موارد حاصل فعالیت های بشر از قبیل کاربرد در تولید بنزین می باشد. نمک های سرب از راه اتومبیل ها وارد محیط زیست شده و خاک، آب و هوا را آلوده می¬سازد. عنصر سرب همانند سایر فلزات سنگین، سبب بروز مشکلات فراوانی برای گیاه شده، به طوری که غلظت زیاد آن در سطح مورفولوژیکی، کاهش زیست توده، ممانعت از جوانه زنی، القای کلروز و نکروز برگ، تغییر رنگ و چوبی شدن ریشه (Islam et al.,2008) و کاهش حجم ریشه (Menon et al., 2007) را در پی دارد. همچنین در سطح فیزیولوژیکی، اختلال در عملکرد روزنه ها را سبب می شود و بر محتوای نیترات، تعادل آبی سلول ها، فتوسنتز و تنفس تأثیر می گذارد. زدودن سرب از پیکره خاک بسیار دشوار است. انتقال سرب بدلیل پیوندهای قوی آن از طریق فرآیندهای جذب سطحی، تبادل کاتیونی، رسوب و تشکیل کمپلکس با مواد آلی، در ۲۰-۱۵ سانتی¬متری سطح خاک صورت می گیرد .(Raskin & Ensley., 2000) گزارش شده است که فلزات سنگین در گیاه می¬تواند باعث ممانعت از متابولیسم گیاه و کاهش عملکرد محصول شود.

همچنین تجمع سرب و کادمیوم نسبت به سایر فلزات سنگین در سبزیجات مخصوصا در برگ اسفناج و تربچه از سایر سبزی ها بالاتر است (Singh and Aggarwal, 2006) . اسفناج با نام علمی .Spinacea oleracea L یکی از سبزی های مهم خانواده چغندریان ، و یکی از مهمترین سبزیجات برگی از نظر میزان تولید است .(Imani, 2012)

ورمی کمپوست یک کود آلی است که علاوه بر تأثیر بر غلظت عناصر غذایی موجود در خاک، بر خواص شیمیایی خاک مانند هدایت الکتریکی، pH، درصد مواد آلی، ظرفیت تبادل کاتیونی و هم چنین بر خواص فیزیکی خاک نیز تأثیر می¬گذارد (Matos & Arrunda., 2003). ورمی‌کمپوست به عنوان یک کود آلی محرک رشد گیاه، به دلیل دارا بودن اسیدهای هیومیک، نقش مؤثری در بهبود شاخص‌های عملکرد و رشد گیاهان ایفا می‌کند (Vidal et al., 2020). این ماده علاوه بر تأمین مواد مغذی، حاوی آنزیم‌ها و محرک‌های رشد طبیعی است که در ترکیب با اسیدهای هیومیک، موجب تسهیل جذب عناصر و بهبود رشد گیاه می‌شوند (Ievinsh et al., 2020). مطالعات متعدد نشان داده‌اند که مواد مغذی موجود در ورمی‌کمپوست در مقایسه با سایر مواد آلی مشتق‌شده از گیاهان، از قابلیت دسترسی و جذب بالاتری برخوردارند (Mahmud et al., 2018). همچنین، فعالیت میکروبی و آنزیمی بالا و وجود مقادیر قابل‌توجهی تنظیم‌کننده رشد گیاه در ورمی‌کمپوست، از دیگر ویژگی‌های برجسته این کود آلی به شمار می‌رود (Pierre-Louis et al., 2021). باتوجه به اینکه اکثر خاک-های زراعی کشور از نظر ماده آلی فقیر هستند استفاده از مواد آلی راهکاری مؤثر در جهت افزایش عملکرد محصول و کشاورزی پایدار است (Honarvar et al., 2012) در نتایجی همسان بیان شده صفات رویشی گیاه ذرت مانند شاخص سبزینگی برگ، سطح برگ شاخص کارایی دستگاه نورساختی، وزن خشک ریشه و اندام هوایی در تنش فلزهای روی، سرب، کادمیوم و در بستر دارای ورمی کمپوست به طور معنی داری بیشتر از شاهد (بستر بدون ورمی کمپوست) بود (Molaei et al .,2015). تأثیر مثبت کاربرد ورمی‌کمپوست در بهبود ویژگی‌های کمی و کیفی چغندرقند نیز در پژوهش‌های پیشین مورد تأیید قرار گرفته است (Ghaffari et al., 2022). اضافه نمودن مواد آلی به عنوان اصلاح کننده خاک مانند کمپوست، کودها و ضایعات، یک روش معمول برای تثبیت فلزات سنگین در خاک های آلوده می باشد(Clemente et al., 2005). نتایج یک پژوهش در مورد اثربازدارندگی ورمی کمپوست برجذب فلزات سنگین توسط گیاه آفتابگردان، نشان داد که از ورمی کمپوست می توان برای اصلاح خاک های آلوده به فلزات استفاده کرد (Chhotu, 2008). مطالعات حاکی از آن است که اضافه کردن ترکیبات آلی به خاک باعث افزایش فازهای جذبی خاک شده، قابلیت دسترسی فلزات سنگین در خاک را کاهش می دهد(Hooda and Alloway, 1993). مطالعه ای نشان داد که برخی اصلاح‌کننده‌های آلی (مانند کود دامی گاوی) می‌توانند باعث افزایش غلظت سرب و کادمیوم در گیاه خردل شوند این میتواند به دلیل تشکیل کمپلکس‌های آلی-فلزی محلول در خاک باشد(Clemente et al.,2005) .. ژوهشی دیگر به مقایسه کمپوست و بیوچار می‌پردازد. در حالی که بیوچار به طور ثابت فراهمی فلزات را کاهش داد، کمپوست سبز در برخی موارد باعث افزایش فراهمی و جذب آرسنیک و روی شد. این پژوهش به خوبی نشان می‌دهد که همه مواد آلی یکسان عمل نمی‌کنند(Karami et al., 2011). با توجه به آلودگی خاک¬های کشاورزی به عناصر سنگین مانند

سرب، ضرورت دارد تا با استفاده از روش های مناسب، نسبت به غیرقابل جذب شدن فلزات سنگین درخاک اقدام نمود. این پژوهش با هدف بررسی اثر ورمی کمپوست بر جذب فلز سرب و بررسی اثرات آن در گیاه اسفناج انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی تأثیر سطوح مختلف ورمی‌کمپوست و سرب بر رشد، عملکرد و تجمع سرب در اسفناج، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با شش تیمار و چهار تکرار در گلخانه تحقیقاتی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان تهران اجرا شد. تیمارها شامل دو سطح سرب (۰ و ۳۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک) و سه سطح ورمی‌کمپوست (۰، ۵ و ۱۰ درصد حجمی اختلاط با خاک) بودند. خاک مورد استفاده از ایستگاه تحقیقاتی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان تهران تهیه و پس از خشک‌شدن و عبور از الک ۲ میلی‌متری، ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی آن شامل بافت، نیتروژن کل، فسفر و پتاسیم قابل جذب، pH، هدایت الکتریکی، کربنات کلسیم، ماده آلی و غلظت عناصر کم‌مصرف با روش‌های استاندارد آزمایشگاهی تعیین شد(جدول ۱).

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

فسفر P	پتاسیم K	بور B	آهن Fe	منگنز Mn	مس Cu	روی Zn	کادمیوم Cd	سرب Pb
قابل جذب گیاه در خاک(mg.kg-1)								
4.78	200	1	5.62	10.87	0.9	1.35	1.29	<0.1

هدایت الکتریکی Ec (dSm-1)	pH	بافت خاک Soil texture	شن Sand	سیلت Silt	رس Clay	کربن آلی Organic carbon	کربنات کلسیم معادل Calcium carbonate equivalent	نیتروژن N
			(%)					
2.04	8	لوم رسی Clay loam	26	42	32	0.2	20	0.02

ادامه جدول ۱- برخی ویژگی های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده در آزمایش

ورمی‌کمپوست مورد استفاده در این پژوهش از کود گاوی تولید شد و ویژگی‌های شیمیایی آن شامل کربن آلی، pH، هدایت الکتریکی، نیتروژن کل، فسفر کل، پتاسیم، عناصرریزمغذی و سرب با روش‌های استاندارد اندازه‌گیری و در جدول ۲ گزارش شد.

جدول۲- برخی ویژگیهای ورمی کمپوست مورد استفاده در آزمایش

روی Zn	مس Cu	کروم Cr	کبالت Co	کادمیوم Cd	سرب Pb	نیکل Ni	وضعیت ظاهری
(mgkg-1)							

دارای رنگ قهوه‌ای متمایل به سیاه، بدون بوی نامطبوع	ND*	5.5	2.55	ND*	ND*	42.05	127.75

*:No detection

ادامه جدول۲. برخی ویژگی های ورمی کمپوست مورد استفاده در آزمایش.

قابلیت هدایت الکتریکی(۱۰٪) EC 10% (dSm-1)	PH (10%)	ازت کل Total N	فسفر کل Total P	پتاسیم کل Total K	رطوبت Moisture	کربن آلی Organic carbon	نسبت کربن به ازت C/N
					(%)		
6.5	8	2	1.23	3.12	36.5	22.37	11.18

برای آلوده‌سازی خاک از نیترات سرب ($Pb(NO_3)_2$) استفاده شد. خاک با پاشش محلول نمکی به لایه‌های مختلف به صورت مصنوعی آلوده شده و به مدت یک ماه در حالت تعادل نگهداری شد. گلدان‌های پلاستیکی پنج لیتری با لایه زهکش شن پر شده و خاک مطابق تیمارهای آزمایشی (سطوح مختلف ورمی‌کمپوست و سرب) آماده گردید. پس از رسیدن رطوبت به حد ظرفیت زراعی، در هر گلدان ۱۵ بذر اسفناج کشت شد. گلدان‌ها در شرایط کنترل‌شده گلخانه‌ای (دما: ۲±۲۰ درجه روزانه، ۲±۱۸ درجه شبانه، رطوبت نسبی: ۶۰ درصد) قرار گرفتند. پس از چهار ماه، صفات مورفولوژیکی شامل وزن خشک اندام هوایی، تعداد برگ، ارتفاع بوته، سطح برگ) با دستگاه (Li-cor 3100 و شاخص کلروفیل (با دستگاه SPADA 502) اندازه‌گیری شد. برای تعیین وزن خشک، نمونه‌ها پس از شستشو با آب مقطر، به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۶۵ درجه سانتی‌گراد خشک شدند. همچنین نیتروژن کل به روش کجلدال، فسفر به روش اسپکتروفتومتری و پتاسیم به روش شعله‌سنجی اندازه‌گیری گردید. تجزیه و تحلیل داده‌ها با نرم‌افزار SAS و مقایسه میانگین‌ها با آزمون دانکن در سطح ۵٪ انجام شد.

نتایج

نتایج تجزیه واریانس صفات مورفولوژیک اسفناج نشان داد که اثر سرب بر وزن خشک اندام هوایی، تعداد برگ، سطح برگ و شاخص کلروفیل برگ اسفناج در سطح یک درصد آماری و بر ارتفاع بوته در سطح پنج درصد آماری معنی¬دار بود. همچنین اثر ورمی¬کمپوست بر وزن خشک اندام هوایی در سطح یک درصد آماری و بر سطح برگ اسفناج و تعداد برگ در سطح پنج درصد آماری معنی¬دار بود. اثر ورمی¬کمپوست بر شاخص کلروفیل برگ و ارتفاع بوته اسفناج اختلاف آماری معنی¬داری نشان نداد. اثر متقابل ورمی¬کمپوست و سرب نیز بر وزن خشک اندام هوایی و سطح برگ اسفناج در سطح یک درصد آماری معنی¬دار بود. اثر متقابل ورمی¬کمپوست و سرب بر تعداد برگ، ارتفاع بوته و شاخص کلروفیل برگ اسفناج اختلاف آماری معنی¬داری نشان نداد. مقایسه میانگین¬های اثر سرب، ورمی¬کمپوست و اثر متقابل ورمی¬کمپوست و سرب بر شاخص¬های مورفولوژیک اسفناج به ترتیب در جداول ۳، ۴ و ۵ آورده شده است.

جدول ۳. اثرسرب بر شاخص های مورفولوژیک اندام هوایی اسفناج.

غلظت سرب خاک ($mgkg^{-1}$)	وزن خشک اندام هوایی (gr)	تعداد برگ	ارتفاع بوته (cm)	سطح برگ (cm2)	شاخص کلروفیل برگ
0	2.97a	98.41a	21.50a	0.57a	9.81a
300	1.76b	67.66b	18.77b	0.34b	8.87b

جدول ۴. اثر ورمی کمپوست بر شاخص های مورفولوژیک اندام هوایی اسفناج.

درصد حجمی اختلاط ورمی کمپوست با خاک	وزن خشک اندام هوایی (gr)	تعداد برگ	ارتفاع بوته (cm)	سطح برگ (cm^2)	شاخص کلروفیل برگ
0	2.06^{c}	75.12^{b}	21.64^{a}	0.34^{b}	9.02^{a}
5	2.40^{b}	85.87^{a}	19.12^{a}	0.46^{a}	9.63^{a}
10	2.63^{a}	88.12^{a}	19.65^{a}	0.55^{a}	9.37^{a}

جدول ۵. اثرمتقابل ورمی‌کمپوست و سرب بر شاخص های مورفولوژیک اندام هوایی اسفناج

غلظت سرب خاک ($mgkg^{-1}$)	درصد حجمی اختلاط ورمی‌کمپوست با خاک	وزن خشک اندام هوایی (gr)	تعداد برگ	ارتفاع بوته (cm)	سطح برگ (cm^2)	شاخص کلروفیل برگ
0	0	2.34c	85.00b	21.43a	0.36c	9.42ab
	5	2.76b	101.50a	22.06a	0.53b	9.9a
	10	3.81a	108.70a	21.02a	0.81a	10.12a
300	0	1.79d	65.25c	21.84a	0.33c	8.62b
	5	2.05cd	70.75c	16.18b	0.40bc	9.37ab
	10	1.45e	67.5c	18.28ab	0.29c	8.64b

نتایج آماری نشان داد که سرب، ورمی‌کمپوست و اثر متقابل آنها بر وزن خشک اندام هوایی اسفناج در سطح ۱٪ معنی‌دار بودند. تیمار سرب ۳۰۰ میلی‌گرم/کیلوگرم کاهش ۴۰/۷درصد در وزن خشک ایجاد کرد، در حالی که ورمی‌کمپوست ۱۰٪ افزایش ۲۷/۶۷درصد را نشان داد. اثر متقابل نشان داد که در تمام سطوح ورمی‌کمپوست، سرب باعث کاهش معنی‌دار وزن خشک شد. بیشترین کاهش (۶۱درصد) در تیمار ورمی‌کمپوست ۱۰٪ و کمترین کاهش (۲۳درصد) در تیمار بدون ورمی‌کمپوست مشاهده شد. نتایج نشان داد که سرب در سطح ۱٪ و ورمی‌کمپوست در سطح ۵٪ تأثیر معنی‌داری بر تعداد برگ اسفناج داشتند، در حالی که اثر متقابل آنها معنی‌دار نبود. تیمار سرب باعث کاهش ۳۱/۲۴٪ و ورمی‌کمپوست ۱۰٪ باعث افزایش ۱۷/۳٪ در تعداد برگ شد. اثر متقابل نشان داد که سرب در تمام سطوح ورمی‌کمپوست باعث کاهش معنی‌دار تعداد برگ گردید، به‌طوری که بیشترین کاهش (۳۷/۹٪) در تیمار ورمی‌کمپوست ۱۰٪ و کمترین کاهش (۲۳٪) در تیمار بدون ورمی‌کمپوست مشاهده شد. سرب در سطح ۱٪ اثر معنی‌داری بر کاهش

ارتفاع بوته (۱۲/۶٪)، سطح برگ (۴۰/۳٪) و شاخص کلروفیل (۹/۶٪) داشت. ورمی‌کمپوست تنها بر سطح برگ تأثیر معنی‌دار نشان داد و توانست آن را ۶۱/۷٪ افزایش دهد. اثر متقابل این دو عامل تنها بر سطح برگ معنی‌دار بود. نتایج نشان داد که سرب با مکانیسم‌های مختلفی از جمله اختلال در سنتز دیواره سلولی، مهار فعالیت آنزیم‌ها و آسیب به کلروپلاست باعث کاهش رشد و فتوسنتز می‌شود. اگرچه ورمی‌کمپوست تا حدی توانست اثرات منفی سرب را کاهش دهد، اما نتوانست به طور کامل از آنها جلوگیری کند. بیشترین کاهش در صفات مورد مطالعه در تیمارهای ترکیبی سرب و ورمی‌کمپوست ۱۰٪ مشاهده شد که احتمالاً به دلیل جذب بیشتر سرب در حضور ماده آلی است .

نتیجه‌گیری و پیشنهادات

نتایج این پژوهش نشان داد که کاربرد سرب در خاک موجب کاهش معنی دار صفات مورفولوژیکی اسفناج شامل وزن خشک اندام هوایی، تعداد برگ، ارتفاع بوته، سطح برگ و شاخص کلروفیل شد. به طوریکه سطح برگ با کاهش ۴۰/۳ درصدی، بیشترین حساسیت و شاخص کلروفیل با کاهش ۹/۶ درصدی، کمترین حساسیت را نسبت به تنش سرب نشان داد. به طور کلی این پژوهش نشان میدهد که در آلودگی ۳۰۰ میلیگرم در کیلوگرم سرب با مصرف ۵ درصد حجمی از ورمی کمپوست باعث کاهش نسبی آسیب سرب به گیاه اسفناج میگردد ولی با مصرف بیشتر ورمی کمپوست(۱۰ درصد حجمی) در خاک آلوده سبب کاهش چشمگیر عملکرد و افزایش آسیب سرب به گیاه میگردد که نشان میدهد تنش سرب غالب بوده و اثر مثبت ورمی کمپوست نتوانست این تنش را جبران کند. از سویی دیگر مواد آلی محلول آزاد شده از ورمی کمپوست باعث افزایش موقتی تحرک سرب و جذب بیشتر آن در گیاه و در نتیجه آسیب بیشتر به کلروپلاست و فتوسنتز شده است. در مجموع، مشاهدهٔ ما تأیید می‌کند که "هر ماده آلی لزوماً همیشه کاهندهٔ جذب سرب نیست" و پاسخ گیاه به شدت به غلظت آلودگی، نوع ماده آلی، درصد مصرف و شرایط خاک بستگی دارد.

پیشنهاد میگردد از تثبیت‌کننده‌های قوی‌تربه جای ورمی‌کموست خالص و یا ترکیب ورمی کمپوست با ماده آلی دیگری مانند بیوچار که سطح ویژه بالاتری دارد استفاده گردد. همچنین اثر این ماده آلی بر سایر گونه های سبزی برگی و نیز در شرایط تنش ترکیبی با سایر آلایندهها در مطالعات آینده مورد بررسی قرار گیرد.

منابع

1. Clemente, R., Walker, D. J., Bernal, M. P. (2005). Uptake of heavy metals and As by Brassica juncea grown in a contaminated soil in Aznalcóllar (Spain): The effect of soil amendments. Environmental Pollution, 138(1), 46-58.
2. Ghaffari, H., Tadayon, M.R., Nadeem, M., Cheema, M., & Razmjoo, J. (2022). Biochemical and yield response of sugar beet to drought stress and foliar application of vermicompost tea. Plant Stress, 5, 1-8.
3. Honarvar, M., Ashtari, A.K., & Karimi, K. (2012). Estimation of sugar losses at production in molasses sugar industries, based on technological qualities of sugar beet. Journal of Food Technology & Nutrition Sciences, 9, 31-38. (In Persian).
4. Ievinsh, G. (2020). Review on physiological effects of vermicomposts on plants. In Biology of composts; Meghvansi, M.K., Varma, A. Eds.; Springer: Cham, Switzerland, pp. 63–86.
5. Imani, M.R. (2012). The effect of fall planting and cultivation methods on yield and yield components spinach Varamin 88. JOURNAL Seed and Seedlings.449-457 (4): 28-2.

6. Islam, E., Liu, D., Li, T. Q., Yang, X. E., Jin, X F., Mahmooda, Q., Tian, S. & Li, J (2008). Effect of Pb toxicity on leaf growth, physiology and ultrastructure in the two ecotypes of Elsholtzia argyi. Journal of Hazardous Material, 154, 914-920
7. Karami, N., Clemente, R., Moreno-Jiménez, E., Lepp, N. W., Beesley, L. (2011). Efficiency of green waste compost and biochar media amendments for reducing trace element mobility and uptake by ryegrass. Journal of Hazardous Materials, 191(1-3), 41-48.
8. Mahmud, M., Abdullah, R., & Yaacob, J.S. (2018). Effect of vermicompost amendment on nutritional status of sandy loam soil, growth performance, and yield of pineapple (Ananas comosus var. MD2) under field conditions. Agronomy, 8, 183.
9. Menon, M., Hermle, S., Gunthardt-Goerg, M. & Schalin, R (2007). Effect of heavy metal soil pollution and rain on growth and water use efficiency of a young model forest ecosystem. Journal of Plant soil, 297, 171-183.
10. Molaei, S., Shirani, H., Hamidpour, M., Shekofteh, H. & Besalatpour, A. A. (2016). Effect of Vermicompost, Pistachio Kernel and Shrimp Shell on Some Growth Parameters and Availability of Cd, Pb and Zn in Corn in a Polluted Soil. JWSS - Isfahan University of Technology, 19(74), 113-124.
11. Pierre-Louis, R.C., Kader, M., Desai, N.M., & John, E.H. (2021). Potentiality of vermicomposting in the South Pacific Island countries: A review. Agriculture, 11, 876.
12. Raskin, I. and B. D. Ensley. (2000). Phytoremediation of Toxic Metals: Using Plants to Clean Up the Environment. John Wiley & Sons, Inc., New York. pp. 304.
13. Singh, S and P.K. Aggarwal. (2006). Effect of heavy metals on biomass and yield of different crop species. Indian J. Agric. Sci. 76:688-691
14. Vidal, A., Lenhart, T., Dignac, M.F., Biron, P., Höschen, C., Barthod, J., Vedere, C., Vaury, V., Bariac, T., & Rumpel, C. (2020). Promoting plant growth and carbon transfer to soil with organic amendments produced with mineral additives. Geoderma, 374, 114454.

Study of the effects of lead and vermicompost application on morphological traits in the aerial parts of spinach (*Spinacea oleracea* L.)

Samaneh Abdoosi*[1]

1- Senior Expert, Tehran Province Agricultural and Natural Resources Research and Education Center; sama.abdoosi@yahoo.com

Abstract

The aim of the present study was to evaluate the effects of different levels of lead and vermicompost on the growth and morphological characteristics of spinach. The experiment was carried out as a factorial experiment in a randomized complete block design with four replications under controlled greenhouse conditions. The experimental treatments included lead at two levels (0 and 300 mg/kg soil) and vermicompost at three levels (0, 5, and 10 vol%). The results indicated a significant decrease in the traits of shoot dry weight, leaf number, plant height, leaf area, and chlorophyll index under the influence of lead application. The greatest decrease was observed in leaf area (40.3%). The application of vermicompost, especially at the 10% level, significantly improved these traits and increased shoot dry weight (27.67%).

Also, vermicompost somewhat moderated the negative effects of lead toxicity in the 5 vol% vermicompost treatment. Also, adding vermicompost at a volume of 10% at a level of 300 mg/kg of lead failed to eliminate the negative effects of lead, which could be due to the increased mobility of lead in the presence of organic matter. Overall, this study showed that at high concentrations of lead, adding organic matter (vermicompost) is unable to neutralize the adverse effects of lead.

Keywords: Soil pollution, heavy metal toxicity, organic fertilizer, vermicompost