

تأثیر ورمی‌واش بر رشد اسفناج و غلظت کادمیم و عناصر کم مصرف توسط آن در یک خاک لومی آلوده شده به کادمیم

مریم قربانی^{۱*}، نجفعلی کریمیان^۲

(تاریخ دریافت: ۹۵/۱/۱۸ تاریخ پذیرش: ۹۵/۶/۲۰)

چکیده

بررسی غلظت عناصر سنگین به‌ویژه کادمیم در سیستم خاک، آب و گیاه به دلیل تأثیر کادمیم بر زنجیره‌ی غذایی اهمیت زیادی دارد. به مواد مترشحه از بدن کرم خاکی ورمی‌واش می‌گویند که منبع غنی از ویتامین‌ها، هورمون‌ها، آنزیم‌ها، عناصر پرمصرف و کم‌مصرف می‌باشد و به رشد موثر گیاهان کمک می‌کند. این پژوهش با هدف بررسی اثر ورمی‌واش بر رشد گیاه اسفناج (*Spinacea oleracea*) و غلظت کادمیم و عناصر کم‌مصرف توسط آن در یک خاک آلوده شده به کادمیم انجام گرفت. این آزمایش به صورت فاکتوریل و در قالب طرح آماری کاملاً تصادفی و با دو فاکتور که شامل ورمی‌واش در ۴ سطح (۰، ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌لیتر در کیلوگرم خاک) و کادمیم در ۴ سطح (۵، ۱۰، ۲۰ و ۴۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک) و با سه تکرار و در مدت ۸ هفته در گلخانه دانشگاه شیراز اجرا گردید. نتایج نشان داد ورمی‌واش نقش موثری در بهبود رشد و عملکرد اسفناج دارد و کمترین وزن تر (۳۳/۶ گرم) و خشک (۳/۹۱ گرم) اسفناج در سطح شاهد (بدون مصرف ورمی‌واش) و ۴۰ میلی‌گرم در کیلوگرم کادمیم و بیشترین آن در ۵۰ میلی‌لیتر در کیلوگرم ورمی‌واش و ۵ میلی‌گرم در کیلوگرم کادمیم بدست آمد. غلظت و جذب آهن، روی و مس با افزایش ورمی‌واش در تمامی غلظت‌های کادمیم افزایش نشان داد. همچنین بیشترین میزان ماده آلی خاک در سطح ۱۰۰ میلی‌لیتر ورمی‌واش بدست آمد که نسبت به سطح شاهد اختلاف معنی‌داری نشان داد. اثر اصلی ورمی‌واش بر غلظت منگنز در گیاه معنی‌دار نگردید.

واژه‌های کلیدی: عملکرد، عناصر کم‌مصرف، ورمی‌واش

۱- مربی گروه علوم خاک دانشگاه زابل (مکاتبه کننده)

۲- استاد گروه علوم خاک دانشگاه شیراز

*پست الکترونیک: maryamghorbani56@yahoo.com

مقدمه

عواملی پرشمار از جمله افزایش جمعیت، صنعتی شدن جوامع، جنگل‌زدایی، گسترش شهرنشینی، پیشرفت‌های علمی و غیره در بحران آلودگی زمین دخالت دارند (Kelly & Hons, 2004). منشا اصلی فلزات سنگین خاک، مصرف پساب‌های شهری و صنعتی، نهاده‌های شیمیایی در کشاورزی، لجن حاصل از تصفیه‌خانه‌های فاضلاب و معادن استخراج فلزات است. مهم‌ترین فلزات سنگین موجود در فاضلاب‌ها سرب، کادمیم، نیکل، کروم، قلع و آرسنیک می‌باشند (Peng *et al.*, 2006). زیست‌فراهمی فلز به رفتار شیمیایی فلز، ویژگی‌های خاک و ویژگی‌های اختصاصی گیرنده‌ها (ارگانسیم‌ها و گیاهان) بستگی دارد. در میان ویژگی‌های خاک، اسیدیته، گنجایش تبادل کاتیونی و پتانسیل احیائی نقش بسیار مهمی بازی می‌کنند و به‌طور کلی قابلیت استفاده سرب و کادمیم با افزایش pH خاک در دامنه معمول برای خاک‌ها کاهش می‌یابد. این کاهش قابلیت استفاده به دلیل جذب سطحی و رسوب بیشتر در محیط‌های خنثی و قلیایی می‌باشد (Morel, Moraghan, 1991; 1997). اثرات سوء ناشی از جذب کادمیم اضافی در محصولات کشاورزی را می‌توان کاهش و توقف رشد ریشه، چوب‌پنبه‌ای شدن و صدمه دیدن ساختار خارجی و داخلی ریشه، کاهش هدایت هیدرولیکی آب در ریشه، تداخل جذب و انتقال طبیعی عناصر غذایی، کاهش میزان کلروفیل، کلروز برگ و رنگ قرمز مایل به قهوه‌ای و همچنین اختلال در فعالیت‌های آنزیمی و به‌ویژه آنزیم‌های دخیل در فتوسنتز برشمرد (Rosas *et al.*, 1984). افزون بر تأثیر منفی عناصر سنگین آلاینده بر جذب عناصر غذایی کم مصرف، وجود خاک‌های آهکی با مواد آلی کم نیز سبب تشدید کمبود عناصر غذایی در خاک‌های زیر کشت گیاهان شده است. شارما و همکاران بیان کردند که کادمیم با عناصر کم‌مصرف مثل آهن، منگنز و روی جهت انتقال از طریق پروتئین‌های موجود در غشای سلولی رقابت می‌کند (Sharma *et al.*, 2008). سمیت کادمیم در گیاهان سبب ایجاد اختلال در متابولیسم عناصر کم‌مصرف، اختلال در تثبیت CO₂ و کاهش تعرق و جلوگیری از فتوسنتز می‌شود (Kabata-Pendias & Pendias, 2001). کادمیم از لحاظ شیمیایی شبیه روی است و وظایف متابولیسمی روی در گیاه را تقلید می‌کند (Mengel & Kirkby, 2001) و ممکن است

به جای روی در گیاه جذب شده و انتقال یابد (Grant, *et al.*, 1998) از طرف دیگر هزینه بالای کودهای شیمیایی و مشکلات زیست‌محیطی ناشی از کاربرد آنها، لزوم تجدیدنظر در روش‌های تغذیه گیاهان را آشکار می‌سازد. در این میان استفاده از کودهای زیستی در راستای کشاورزی پایدار یکی از راه‌های اساسی و مفید به نظر می‌رسد. از انواع کودهای آلی و زیستی می‌توان ورمی‌کمپوست، ورمی‌واش ۱ و شیرابه کمپوست را نام برد. ورمی‌کمپوست یک کود زیستی آلی و شامل یک مخلوط زیستی بسیار فعال از باکتری‌ها، آنزیم‌ها، بقایای گیاهی، کود حیوانی و کپسول‌های کرم خاکی می‌باشد که سبب ادامه عمل تجزیه مواد آلی خاک و پیشرفت فعالیت‌های میکروبی در بستر کشت گیاه می‌گردد (Ansari & Sukhraj, 2010). این کود دارای عناصر غذایی مانند فسفر، پتاسیم، کلسیم و منیزیم به شکلی که برای گیاه قابل جذب و دسترسی است می‌باشد (Jadia & Fulekar, 2008). ورمی‌واش را عصاره ورمی‌کمپوست تعریف کرده‌اند که حاوی پروتئاز، آمیلاز، اوره‌از، فسفاتاز و باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن مانند از تو باکتر و باکتری‌های حل‌کننده فسفات است (Zambare *et al.*, 2008). به طور کلی دو نوع ورمی‌واش وجود دارد: نوع اول از ورمی‌کمپوست تولید می‌شود که در واقع نوع ماده اولیه آن ورمی‌کمپوست می‌باشد که پس از عصاره‌گیری با آب مقطر می‌توان از آن ورمی‌واش تهیه نمود و نوع دوم کود مایع حاصل از شستشوی کرم‌های حاضر در بستر ورمی‌کمپوست و حاوی مواد محرک رشد و آنتی‌بیوتیک‌های تولید شده از ریزجانداران درون روده آنهاست. نیتروژن، فسفر و پتاسیم محلول و بسیاری از عناصر غذایی کم مصرف از عناصر اصلی ورمی‌واش هستند (Shivsubramanian & Gakeshkumer, 2004). در این پژوهش گیاه اسفناج به دلیل مقاومت در برابر شرایط آلودگی، داشتن ریشه‌های افشان، رشد سریع و بومی بودن در ایران انتخاب شد و پژوهش حاضر با هدف بررسی تأثیر کود ورمی‌واش بر عملکرد اسفناج، غلظت و جذب کادمیم و عناصر آهن، روی، مس و منگنز در خاک آلوده شده به کادمیم انجام گردید.

مواد و روش‌ها

تهیه خاک و ورمی‌واش

جهت انجام این پژوهش، مقدار کافی خاک از عمق صفر تا بیست سانتی‌متری و از سری چیتگر در استان فارس برداشته شد و پس از خشک کردن در هوا و عبور از الک دو میلی‌متری برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آن از جمله بافت خاک به روش هیدرومتری (Day, 1965)، ماده آلی به روش اکسایش با اسید-کرومیک و سپس تیتره کردن با فرو آمونیوم سولفات (Nelson & Sommers, 1996)، پهاش خاک در خمیر اشباع به وسیله الکتروود شیشه‌ای (Thomas, 1996)، قابلیت هدایت الکتریکی در عصاره اشباع به وسیله هدایت‌سنج الکتریکی (Rhoades, 1982)، نیتروژن کل به روش کجلدال (Bremner, 1996)، کربنات کلسیم معادل به روش خنثی‌سازی با

اسیدکلریدریک (Loeppert & Suarez, 1996)، فسفر قابل استفاده به وسیله عصاره‌گیر بی‌کربنات سدیم (Olsen *et al.*, 1954) و غلظت آهن، منگنز، مس، روی و کادمیم عصاره‌گیری شده با DTPA (Lindsay & Norvell, 1978) به وسیله دستگاه جذب اتمی شیمادزو AA-670 تعیین شد (جدول ۱). همچنین بعضی ویژگی‌های ورمی‌واش مورد استفاده آمده که در جدول ۲ آمده به شرح زیر اندازه‌گیری شد: پهاش و قابلیت هدایت الکتریکی بدون رقیق کردن، نیتروژن و ماده آلی مشابه با روش‌های توصیه شده برای خاک، فسفر به روش زرد وانادات (Chapman & Pratt, 1961) روی، مس، آهن، منگنز، کادمیم به روش خشک‌سوزانی، حل خاکستر در اسیدکلریدریک دو مولار و در نهایت اندازه‌گیری توسط دستگاه جذب اتمی Shimadzu AA-670 انجام شد.

جدول ۱- برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده

Table 1- Some physical and chemical properties of soil used in this study

بافت	FC	pH	EC	OC	N	P	K	Zn	Fe	Mn	Cu
	(%)		(dS m ⁻¹)	(%)		(mg kg ⁻¹)			(mg kg ⁻¹)		
لوم	23	7.8	0.6	0.78	0.07	3.81	0.64	0.71	4.31	4.30	1.5

جدول ۲- برخی ویژگی‌های شیمیایی ورمی‌واش مورد استفاده

Table 2- Chemical properties of studied vermiwash

pH	EC	OC	OM	N	P	Zn	Fe	Mn	Cu
	(dS m ⁻¹)			(%)			(mg l ⁻¹)		
7.6	5.38	1.74	3	0.14	5752	86.2	123.74	36.8	42.6

آزمایش گلخانه‌ای

آزمایش گلخانه‌ای به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با دو فاکتور کادمیم در چهار سطح (۵، ۱۰، ۲۰، ۴۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک) و ورمی-واش در چهار سطح (۰، ۲۵، ۵۰، ۱۰۰ میلی‌لیتر در کیلوگرم خاک) و در سه تکرار اجرا شد. در ابتدا نمونه‌های سه کیلوگرمی از خاک هوا خشک که از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شده را درون کیسه‌های پلاستیکی ریخته و تیمارها (کادمیم و ورمی‌واش) و نیز عناصر غذایی مورد نیاز (براساس آزمون خاک) که شامل ۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم نیتروژن که یک بار قبل از کشت و یک بار در اواسط کشت و ۱۰ میلی‌گرم در کیلوگرم فسفر به ترتیب از منابع CO(NH₂)₂ و CaH₄(PO₄)₂.H₂O به آن‌ها افزوده شد. خاک به مدت

پنج ماه در تناوب تر و خشک شدن قرار گرفت تا برهمکنش آلاینده و خاک تکوین یابد و شرایط آلودگی طبیعی تر باشد. در هر گلدان ۱۰ عدد بذر گیاه اسفناج (*Spinacea oleracea*) رقم ارینتال پراید داخل خاک در عمق ۱/۵ سانتی متری کاشته شده و بعد از جوانه زنی و استقرار گیاهان تعداد آن‌ها به ۴ بوته، که به طور یکنواخت در سطح گلدان قرار گرفته بود، کاهش داده شد. رطوبت گلدان‌ها در طول دوره رشد با آب مقطر در حدود ظرفیت مزرعه نگهداری شد (به روش وزن کردن روزانه). پس از هشت هفته اندام‌های هوایی اسفناج از محل طوقه قطع شدند. خاک گلدان-ها پس از جدا نمودن ریشه‌ها و عبور از الک دو میلی‌متری در معرض هوا خشک و جهت تجزیه‌های آزمایشگاهی خاک به کار رفت. نمونه‌های گیاهی با آب

نمودارها از نرم افزار Excel استفاده گردید.

نتایج و بحث

اثر ورمی‌واش و کادمیم بر وزن تر و خشک اسفناج

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که برهم‌کنش ورمی‌واش و کادمیم بر وزن تر و خشک اسفناج معنی‌دار شده است (جدول ۳).

معمولی و سپس با آب مقطر شستشو داده و سپس در دمای ۶۵ درجه سلسیوس خاکستر شد. برای تعیین غلظت کادمیم، منگنز، آهن، روی و مس گیاه از روش هضم با HNO_3 غلیظ و آب اکسیژنه ۳۰ درصد استفاده گردید (Benton & Case, 1990) و سپس توسط دستگاه جذب اتمی شیمادزو AA-670 اندازه‌گیری شدند. تجزیه آماری داده‌ها با استفاده از نرم افزار SAS و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام شد. همچنین برای رسم

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس اثر ورمی‌واش و کادمیم بر عملکرد، غلظت آهن، روی، منگنز و مس در اندام هوایی اسفناج
Table 3- Analysis of variance for yield, concentration of iron, zinc, manganese and copper in spinach shoots

میانگین مربعات Mean square						درجه آزادی df	منبع تغییر S.O.V
مس Cu	منگنز Mn	روی Zn	آهن Fe	وزن خشک Dry weight	وزن تر Fresh weight		
(mg kg ⁻¹)				(g)			
8.49 ^{ns}	862.84**	1364.31**	608.17**	13.61**	1808.78**	3	کادمیم Cd
7.63*	56.86 ^{ns}	1899.34**	3675.31**	1198.41**	11610.68**	3	ورمی‌واش Vermiwash
2.82*	67.39 ^{ns}	123.91*	160.44**	2.83**	169.64**	9	کادمیم* ورمی‌واش Cd* Vermiwash
3.58	43.11	69.53	237.15	2.90	237.73	32	خطا Error
20.60	13.67	20.53	20.58	14.53	15.93	-	ضریب تغییرات %C.V

خشک و تر با افزایش سطوح کادمیم، کم شد و به ۲۲ و ۲۴ درصد به ترتیب در سطوح ۲۵ و ۵۰ میلی‌لیتر ورمی‌واش در کیلوگرم خاک رسید (جدول ۵)، ولی در سطح ۱۰۰ میلی‌لیتر ورمی‌واش نیز تفاوت معنی‌داری بین سطوح کادمیم مشاهده نشد. به‌طورکلی، بیشترین وزن تر و خشک در تیمارهای ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌لیتر ورمی‌واش و در غلظت‌های پایین کادمیم مشاهده شد.

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان می‌دهد اثرات اصلی ورمی‌واش و کادمیم و همچنین اثرات متقابل این دو فاکتور بر غلظت و جذب آهن و روی در گیاه معنادار شده است (جدول ۳ و ۴).

نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد با افزایش ورمی‌واش تا ۵۰ میلی‌لیتر در کیلوگرم وزن تر و خشک افزایش یافت. اما با بیشتر شدن آن تا ۱۰۰ میلی‌لیتر تأثیر معنی‌داری بر وزن خشک و تر نسبت به سطح ۵۰ میلی‌لیتر ورمی‌واش در کیلوگرم خاک مشاهده نشد (جدول ۵). در تیمار شاهد (عدم استفاده از ورمی‌واش) کاربرد کادمیم باعث کاهش بیش از ۵۰ درصد در وزن تر و خشک اسفناج شد. در تحقیقی مشخص گردید کاربرد ۱۰ میلی‌گرم در کیلوگرم کادمیم منجر به کاهش ۲۷/۸ درصدی در تولید زیست توده اسفناج نسبت به شاهد شد (Mani *et al.*, 2014). با کاربرد ورمی‌واش درصد کاهش در وزن

جدول ۴- نتایج تجزیه واریانس اثر ورمی‌واش و کادمیم بر غلظت کادمیم و جذب آهن، روی، منگنز، مس و کادمیم در اندام هوایی اسفناج

Table 4- Analysis of variance for cadmium concentration and uptake of iron, zinc, manganese, copper and cadmium in spinach shoots

(Mean square) میانگین مربعات							درجه آزادی df	منبع تغییر S.O.V
جذب Uptake			غلظت Concentration		کادمیم Cd	کادمیم Cd		
کادمیم Cd	مس Cu	منگنز Mn	روی Zn	آهن Fe			کادمیم Cd	
(mg pot ⁻¹)					(mg kg ⁻¹)			
0.91**	0.001**	0.23**	0.26**	0.28**	4537.11**	3	کادمیم Cd	
0.40**	0.004*	0.47**	0.04**	0.59**	65.73 ^{ns}	3	ورمی‌واش Vermiwash	
0.03*	0.0003*	0.02*	0.01**	0.02*	119.22 ^{ns}	9	کادمیم* ورمی‌واش Cd* Vermiwash	
0.030	0.0003	0.57	0.33	1.23	141.04	32	خطا Error	
21.17	24.97	23.20	22.40	23.46	24.99	-	ضریب تغییرات %C.V	

**، * معنی‌دار در سطح ۰/۰۱، ۰/۰۵؛ * and * indicate significant at 0.01 and 0.05, respectively

کادمیم و ورمی‌واش بر جذب منگنز معنی‌دار می‌باشد و همچنین اثر اصلی ورمی‌واش و اثرات متقابل ورمی‌واش و کادمیم بر غلظت منگنز معنی‌دار نبود (جدول ۳). در سطوح ۲۵ و ۵۰ میلی‌لیتر ورمی‌واش جذب منگنز در سطح ۴۰ میلی‌گرم کادمیم نسبت به سطح ۵ میلی‌گرم کادمیم به ترتیب ۴۰/۴۸ و ۵۴/۵۰ درصد کاهش معنی‌دار نشان داده است (جدول ۴). کاربرد ورمی‌واش اثر منفی کادمیم بر جذب منگنز را کاهش داد بطوریکه افزایش در جذب منگنز در سطح ۱۰۰ میلی‌لیتر ورمی‌واش نسبت به شاهد مشاهده شد (جدول ۴). نتایج کار ساندایو و همکاران (Sandaio *et al.*, 2001) روی نخود نشان داد اضافه شدن ورمی‌واش اثر معنی‌داری بر غلظت منگنز نسبت به شاهد (عدم مصرف ورمی‌واش) نداشت.

غلظت آهن و روی در سطح ۱۰۰ میلی‌لیتر ورمی‌واش و سطح ۵ میلی‌گرم کادمیم به ترتیب ۱/۹۵ و ۱/۸۷ برابر غلظت هر یک از این دو عنصر در سطح صفر ورمی‌واش و سطح ۵ میلی‌گرم کادمیم می‌باشد (جدول ۵). بیشترین غلظت و جذب آهن (به ترتیب ۱۲۱/۱ میلی‌گرم در کیلوگرم و ۱۸۰۴/۹ میلی‌گرم در گلدان) در سطح ۵ میلی‌گرم کادمیم و در تیمار ۱۰۰ میلی‌لیتر در کیلوگرم ورمی‌واش مشاهده شد. کمترین میزان جذب آهن (۴۶۰/۶ میلی‌گرم در گلدان) و روی (۹۰/۱ میلی‌گرم در گلدان) در اسفناج در تیمار شاهد و در غلظت ۴۰ میلی‌گرم کادمیم حاصل شد (جدول ۵).

اثر ورمی‌واش و کادمیم بر جذب و غلظت منگنز و مس و کادمیم در گیاه
نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد اثرات متقابل

جدول ۵- اثر ورمی‌واش و کادمیم بر عملکرد، غلظت و جذب آهن و روی در اندام هوایی اسفناج
Table 5- Effect of Vermiwash and cadmium on yield, concentration and uptake of iron and zinc in spinach shoot

جذب Uptake		غلظت Concentration		اوزان weights		کادمیم Cd	ورمی‌واش Vermiwash
روی Zn	آهن Fe	روی Zn	آهن Fe	وزن خشک Dry weight	وزن تر Fresh weight	(mg kg ⁻¹)	(ml kg ⁻¹)
(mg pot ⁻¹)		(mg kg ⁻¹)		(g)			
314.0 ^f	460.6 ^e	42.1 ^{bc}	61.8 ^e	7.45 ^d	70.1 ^{e*}	5	
246.1 ^{fg}	497 ^e	34.6 ^{cd}	68.8 ^{de}	7.22 ^{ed}	67.5 ^e	10	0
122.1 ^g	257.2 ^f	25.4 ^{de}	53.2 ^{df}	4.83 ^{ed}	41.8 ^f	20	
90.1 ^g	197.5 ^f	22.3 ^e	50.5 ^f	3.91 ^e	33.6 ^f	40	
520.4 ^d	926.8 ^c	41.1 ^{bc}	73.6 ^d	12.8 ^c	98.9 ^c	5	
469 ^{de}	754.8 ^d	39.6 ^c	63.5 ^{de}	11.7 ^c	101.4 ^c	10	25
439.3 ^{de}	1301.7 ^b	33.5 ^{cd}	62.4 ^e	13.1 ^{bc}	104.6 ^c	20	
267.3 ^f	1333.7 ^b	24.5 ^{de}	60.2 ^e	10.9 ^c	76.7 ^d	40	
784.4 ^c	1301.7 ^b	46.4 ^{bc}	79.1 ^{cd}	16.4 ^a	126.7 ^{ab}	5	
643.7 ^{cd}	1333.7 ^b	40.7 ^{bc}	84.2 ^c	15.8 ^{ab}	131.3 ^a	10	50
456.1 ^{de}	1020.7 ^c	32.2 ^c	72.7 ^d	14.3 ^{ab}	125.1 ^{ab}	20	
403.7 ^e	945.7 ^c	31.9 ^c	74.7 ^d	12.6 ^c	99.4 ^c	40	
1156.7 ^a	1804.9 ^a	79.1 ^a	121.1 ^a	14.9 ^{ab}	119.4 ^b	5	
984.1 ^{ab}	1263.6 ^b	71.8 ^a	93.1 ^b	13.5 ^b	121.8 ^b	10	100
698.7 ^{cd}	1250.9 ^b	48.1 ^b	88.1 ^c	14.2 ^{ab}	124.1 ^{ab}	20	
519.4 ^d	1259.3 ^b	36.9 ^{bc}	90.6 ^{bc}	13.9 ^{ab}	125.6 ^{ab}	40	

* اعدادی که دارای حرف مشترک هستند از لحاظ آماری در سطح ۵ درصد از آزمون دانکن معنی‌دار نمی‌باشند.

* The values followed by same letters are not significantly different according to the Duncan's -test at 5% probability level.

همکاران (Mirzaei *et al.*, 2009) گزارش کردند با مصرف ۴ نوع کود آلی (کود گاوی، کود مرغی، ورمی کمپوست و کمپوست زباله) و همچنین کود شیمیایی، درصد ماده آلی به طور معنی‌داری افزایش یافت و مقدار آن در تیمارهای کودشیمیایی، کود گاوی، کمپوست و ورمی کمپوست به ترتیب ۱/۷۸، ۲/۰۳، ۲/۱۱، ۲/۶۶ و ۲/۹۱ درصد بود. در این پژوهش تأثیر کود ورمی‌واش بر غلظت کادمیم و برخی عناصر کم مصرف بررسی گردید. اثرات مثبت کود ورمی‌واش بر روی عملکرد گیاهان در خاک‌های غیرآلوده به فلزات سنگین توسط محققان گزارش شده است. اما اثرات آن در خاک‌های آلوده به فلزات سنگین ارزیابی نشده است. در واقع هدف از این پژوهش آن است که آیا کاربرد کود ورمی‌واش در خاک‌های کشاورزی آلوده به کادمیم می‌تواند اثرات زیانبار کادمیم را کاهش دهد یا خیر. مطابق با نتایج حاصله، در سطح ۵۰ میلی‌لیتر ورمی‌واش در کیلوگرم خاک، وزن خشک اسفناج ۲۳ درصد کاهش معنی‌دار در سطح ۴۰ میلی‌گرم کادمیم نسبت به سطح ۵ میلی‌گرم نشان داد که به

با افزایش غلظت کادمیم در سطوح متفاوت ورمی‌واش غلظت و جذب مس کاهش یافت (جدول ۶). افزایش در سطح ورمی‌واش نیز منجر به بالا رفتن غلظت و جذب مس در اسفناج شد (جدول ۶). غلظت مس در سطح ۱۰۰ میلی‌لیتر ورمی‌واش و سطح ۵ میلی‌گرم کادمیم نسبت به سطح ۲۵ میلی‌لیتر ورمی‌واش و سطح ۵ میلی‌گرم کادمیم ۲/۴ برابر افزایش معنی‌دار نشان داده است (جدول ۶). همچنین در سطح ۵۰ میلی‌لیتر ورمی‌واش غلظت مس در سطح ۴۰ میلی‌گرم کادمیم نسبت به سطح ۵ میلی‌گرم کادمیم ۴۳/۵ درصد کاهش معنی‌دار نشان داده است (جدول ۶). تأثیر متقابل ورمی‌واش و کادمیم برخلاف غلظت کادمیم، بر جذب کادمیم در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۴) که این خود به دلیل افزایش در وزن خشک گیاه می‌باشد. افزایش در سطوح ورمی‌واش سبب افزایش معنی‌دار در ماده آلی خاک شد؛ بطوری‌که در سطح ۱۰۰ میلی‌لیتر ورمی‌واش میزان ماده آلی خاک نسبت به سطح شاهد ۲/۵ برابر افزایش معنی‌دار نشان داد (شکل ۱). میرزایی و

خشک و نیتروژن در گیاه دیفن باخیا و ارتفاع، وزن تر و خشک، تعداد برگ، نیتروژن و فسفر در آگلونما موثر بود. افزایش عملکرد پیاز در اثر مصرف ورمی‌واش گزارش شد (Ansari., 2008). تحقیقات الوملی و همکاران (Elumalai *et al.*, 2013) نشان داد استفاده از ورمی‌واش عملکرد بامیه را به طور معنی‌داری نسبت به شاهد افزایش می‌دهد. همچنین نتایج مشابهی از افزایش عملکرد گیاهان در اثر استفاده از ورمی‌کمپوست نیز توسط پژوهشگران گزارش شده است.

دلیل اختلالی است که کادمیم در فتوسنتز و جذب عناصر غذایی ایجاد می‌کند (جدول ۵). کادمیم میل ترکیبی شدیدی با گروههای سولفیدریل، هیدروکسیل و لیگاند های حاوی نیتروژن دارد در نتیجه، کادمیم بسیاری از آنزیمهای مهم را غیرفعال کرده و منجر به اختلال در فتوسنتز، تنفس و سایر فرایندهای متابولیک در گیاه می‌گردد (Torres *et al.*, 2000). خماسی (Khomami, 2005) اثر افشاندن ورمی‌واش بر گیاهان زینتی دیفن باخیا و آگلونما را بررسی کرد. نتایج نشان داد کاربرد ورمی‌واش در سطح یک درصد بر شاخص‌های رشد چون ارتفاع، قطر، وزن تر و

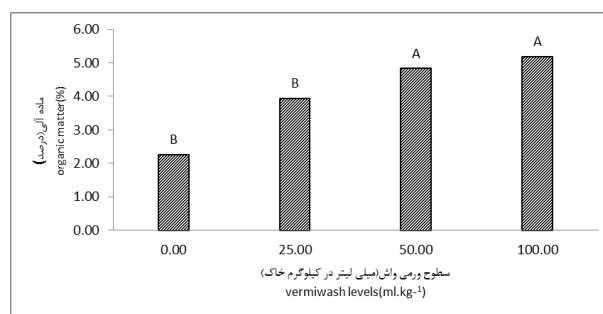
جدول ۶- اثر ورمی‌واش و کادمیم بر جذب منگنز، مس و کادمیم در اندام هوایی اسفناج

Table 6- Effect of Vermiwash and cadmium on concentration and uptake of manganese, copper and cadmium in spinach shoot

جذب Uptake		غلظت Concentration		کادمیم Cd	ورمی‌واش Vermiwash
کادمیم (Cd)	مس (Cu)	منگنز (Mn)	مس (Cu)	(mg kg ⁻¹)	(ml kg ⁻¹)
(mg pot ⁻¹)		(mg kg ⁻¹)			
0.18 ^f	17.8 ^{gh}	463.9 ^e	2.4 ^c	5	0
0.26 ^f	17.3 ^{gh}	374.1 ^{ef}	2.4 ^c	10	
0.25 ^f	15.9 ^{gh}	199.8 ^{fg}	3.1 ^{bc}	20	
0.25 ^f	12.3 ^h	126.1 ^g	3 ^c	40	
0.30 ^{ef}	33.7 ^{ef}	705.4 ^b	2.6 ^c	5	25
0.30 ^{ef}	34.4 ^{ef}	620.3 ^c	2.9 ^{cd}	10	
0.35 ^{ef}	54.9 ^{cd}	597 ^d	4.1 ^c	20	
0.43 ^{de}	22.7 ^g	420 ^e	2 ^d	40	
0.34 ^{ef}	71.4 ^b	1007.7 ^a	4.3 ^b	5	50
0.51 ^{cd}	48.3 ^{de}	784.7 ^{bc}	3.1 ^{bc}	10	
0.52 ^{cd}	59.9 ^{cd}	572.1 ^d	4.2 ^b	20	
0.44 ^{de}	40.3 ^e	458.5 ^e	3.1 ^{bc}	40	
0.23 ^f	82.1 ^a	823.8 ^b	5.4 ^{ab}	5	100
0.72 ^b	50.7 ^b	699.5 ^{bc}	3.7 ^b	10	
0.64 ^{bc}	77/9 ^{ab}	667.3 ^{bc}	5.6 ^{ab}	20	
0.94 ^a	62.5 ^c	691 ^{bc}	4.6 ^b	40	

* اعدادی که دارای حرف مشترک هستند از لحاظ آماری در سطح ۵ درصد از آزمون دانکن معنا دار نمی باشند.

* The values followed by same letters are not significantly different according to the Duncan's t-test at 5% probability level



شکل ۱- اثر سطوح ورمی‌واش بر ماده آلی خاک

Figure 1- The effect of vermivash levels on soil organic matter

کادمیم غلظت هیدروژن پراکساید افزایش می‌یابد و در صورت افزایش فراهمی روی، فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و آسکوربیت پراکسیداز افزایش پیدا کرده و کلاً روی سمیت کادمیم در گندم را کاهش می‌دهد. کاهش غلظت روی در ریشه و اندام هوایی گیاه دارویی بابونه با افزودن کادمیم مشاهده شده است (Grejtorisky & Pirc, 2000). همچنین نتایج پژوهش‌ها نشان می‌دهد که کادمیم باعث کاهش غلظت آهن در ریشه و اندام هوایی آفتابگردان شده است (Azevedo *et al.*, 2005). اثرات سو کادمیم بر غلظت و جذب مس با افزایش غلظت کادمیم در این پژوهش مشاهده شد (جدول ۵ و ۶). بنظر می‌رسد که در انتقال یونی، رقابت شدیدی بین کادمیم و مس وجود دارد (Liu *et al.*, 1994). نتایج یک تحقیق در هند نشان داد استفاده از ورمی‌واش می‌تواند غلظت آهن و روی را در فلفل دلمه به طور معنی‌داری افزایش دهد (Varghese & Prabha, 2014). خرم قهفرخی و همکاران (Khoram Ghahfarokhi *et al.*, 2015) تأثیر کاربرد کود هیومیک اسید، محلول - پاشی برگی چای کمپوست و ورمی‌واش را بر جذب عناصر غذایی بررسی کردند نتایج آزمایشات آنها نشان داد بیشترین محتوای مس اندام هوایی (۱۱/۸۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم) از تیمار محلول پاشی ورمی-واش ۱:۱۰ بدست آمد و کمترین آن (۱۰/۵۴ میلی-گرم در کیلوگرم) از تیمار شاهد حاصل شد که اختلاف معنی‌داری با ورمی‌واش ۱:۲۰ نداشت.

نتیجه‌گیری کلی

با توجه به آنچه بیان شد می‌توان گفت ورمی‌واش با افزایش غلظت و فراهمی عناصر کم‌مصرف و بهبود شرایط فیزیکی و شیمیایی خاک می‌تواند سبب افزایش غلظت و جذب عناصر کم‌مصرف در اسفناج و افزایش ماده آلی خاک شود. از آنجایی که ورمی‌واش حاوی عناصر غذایی به فرم قابل دسترس گیاه است که به سرعت بر رشد گیاه اثر می‌گذارد و اثرات سو کادمیم را کاهش می‌دهد و از طرفی تأثیری بر غلظت کادمیم در اندام هوایی اسفناج ندارد و همچنین به دلیل ایمن بودن از لحاظ زیست‌محیطی می‌تواند گزینه مناسبی برای خاک‌های آلوده به کادمیم باشد.

نتایج پژوهش حاضر حاکی از آن است که کادمیم غلظت و جذب آهن و روی و مس را نیز با اختلال مواجه می‌سازد. با توجه به جدول (۵) در سطح صفر ورمی‌واش غلظت آهن در سطح ۴۰ میلی‌گرم کادمیم ۱۸/۵ درصد کاهش نسبت به سطح ۵ میلی‌گرم کادمیم نشان داد، فلز سنگین کادمیم احتمالاً از طریق رقابت با آهن از جذب آن جلوگیری می‌کند. جذب روی نیز مشابه آهن در تمامی سطوح کادمیم کاهش نشان داد. غلظت روی نیز در سطح صفر ورمی‌واش و سطح ۴۰ میلی‌گرم کادمیم به میزان تقریباً ۲ برابر نسبت به سطح ۵ میلی‌گرم کاهش معنی‌دار نشان داد (جدول ۵). پژوهشگران گزارش کردند که کمبود روی در خاک احتمالاً باعث کاهش مقاومت یا ضعیف شدن غشای سلولی و در نتیجه افزایش تجمع کادمیم در اندام‌های گیاهی می‌شود. مارسچنر (Marschner, 1995) اعلام کرد در گیاهانی که با کمبود روی مواجه‌اند ساخته شدن و تجمع اسیدهای آمینه و پروتئین‌ها بشدت کاهش می‌یابد که این موضوع نهایتاً با کاهش وزن تر و خشک گیاه نمود ظاهری پیدا می‌کند. وو و ژانگ (Wu & Zhang, 2002) بیان کردند کادمیم باعث کاهش غلظت روی، آهن، منگنز در اندام هوایی جو شده است و یک همبستگی منفی و معنادار بین غلظت این عناصر و غلظت کادمیم در بافت‌های مختلف گیاهی وجود دارد که می‌تواند بیانگر این مطلب باشد که این عناصر می‌توانند برای کاهش غلظت کادمیم در جو در خاک‌های آلوده به کادمیم به کار روند. شارما و همکاران (Sharma *et al.*, 2008) بیان کردند که کادمیم با عناصر کم‌مصرفی مثل آهن، منگنز و روی جهت انتقال از طریق پروتئین‌های ناقل موجود در غشای سلولی رقابت می‌کند. حلاج‌نیا و همکاران (Halajnia *et al.*, 2009) پژوهشی با هدف بررسی تأثیر فراهمی عناصر آهن و منگنز بر تجمع کادمیم در گیاه آفتابگردان نشان دادند تجمع کادمیم در اندام‌های هوایی آفتابگردان در تیمار کمبود آهن و غلظت ۰/۰۵ میلی‌گرم در لیتر کادمیم حداکثر بود. نتایج ژائو و همکاران (Zhao *et al.*, 2005) نشان داد در گندم در صورت مصرف

Reference

- Ansari A.A. 2008. Effect of Vermicompost and Vermiwash on the Productivity of Spinach (*Spinacia oleracea*), Onion (*Allium cepa*) and Potato (*Solanum tuberosum*). *World Journal of Agricultural Sciences*, 4(5): 554-557.
- Ansari A.A., and Sukhraj K. 2010. Effect of vermiwash and vermicompost on soil parameters and productivity of okra (*Abelmoschus esculentus*) in Guyana. *African Journal of Agricultural Research*, 5(14): 1794-1798.
- Azevedo H., Gomes C., Pinto L., Fernandes J., Loureiro S., and Santos C. 2005. Cadmium effects on sunflower growth and photosynthesis. *Journal of Plant Nutrition*, 28: 2211-2220.
- Benton J., and Case V.W. 1990. Sampling, handling and analyzing plant tissue samples. In: Westerman RL (Eds.), *Soil Testing and Plant Analysis*. 3rd ed. Book series No. 3, *Soil Science Society of America*, Madison, WI, USA, pp. 389-428.
- Bremner J.M. 1996. Nitrogen-total. In: Sparks D.L. *Method of Soil Analysis. Part 3*, American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin, USA, pp. 1085- 1122.
- Chapman H.D., and Pratt D.F. 1961. Methods of analysis for soil, plant, and water. *University California diversity Agricultural Science*, pp. 60-68.
- Das P., Samantaray S and Rout GR. 1997. Studies of cadmium toxicity in plants review *Environmental Pollution*, 98: 20-36.
- Day P.R. 1965. Particle fractionation and particle size analysis. In: Black CA, Evans DD, White LJ, Ensminger LE and Clark FE (Eds.). *Methods of Soil Analysis. Part 1*, American Society of Agronomy, Madison, WI, pp. 545-567.
- Edward S C.A., Arancon N.Q., and Scott G. 2006. Effects of Vermicompost Teas on Plant Growth and Disease. Biocycle. MAY 2006. Edwards CA, Bierman P, Welch C and Metzger JD. 2004. Influence of vermicomposts on field strawberries: Effects on growth and yields. *Bioresource Technology*, 93: 145-153.
- Elumalai D., Kunyil Kaleena P., Fathima M., and Hemavathi M. 2013. Influence of Vermiwash and Plant growth regulators on the Exomorphological characters of *Abelmoschus esculentus* (Linn.) Moench. *African Journal of Basic and Applied Sciences*, 5 (2): 82-90.
- Grant C.A., Buckley W.T., Bailey L.D., and Selles F. 1998. Cadmium accumulation in crops. *Canadian Journal of Plant Science*, 78: 1-17.
- Grejtorsky A., and Pirc R. 2000. Effect of high cadmium concentration in soil on growth. Uptake of nutrients and some heavy metal of (*Chamomilla recutita* L.) Rauschert. *Journal of Applied Botany*, 74(5/6): 169- 174.
- Halajnia A., Lakzian A., Haghnia G.h., and Ramezani A. 2009. The effects of iron and manganese on cadmium uptake of sunflower and corn in hydroponic condition. *Journal of Water and Soil*, 2(23): 30-37.
- Jadia C.D., and Fulekar M.H. 2008. Phytoremediation: the application of vermicompost to remove zinc, cadmium, copper, nickel and lead by sunflower plant. *Environmental Engineering and Management Journal*, 7(5): 547-558.
- Kabata-Pendias A., and Pendias H. 2001. Trace Element in Soils and Plants. 3rd Ed., CRC Press, Boca Raton, FL.
- Kelly R., and Hons D. 2004. Uptake and partitioning of cadmium in two cultivars of potato. PhD Thesis, *University of Adeliaide South Australia*. 239p.
- Khairnar A.V., Patil H.M., Ugale N.S., and Dhonde D.D. 2008. Response of potash and foliar spray of vermiwash on growth and yield of summer mungbean (*Vigna adiate* L.). *Ecology, Environment and Conservation Paper*, 14(1):61-63.
- Khoram Ghahfarokhi A., Rahim A., Torabi B., and Maddah Hosseini S. 2015. Effect of humic acid application and foliar spraying of compost tea and vermiwash on nutrient absorption and chlorophyll content of safflower (*Carthamus tinctorius*). *Journal of Oil Plants Production*, 2(1): 72-84.
- Lindsay W.L., and Norvell W.A. 1978. Development of DTPA test for zinc, iron, manganese, and copper. *Soil Science Society American Journal*. 42: 421-428.

- Liu X., Jin T., Nordberg G.F., Sjöström M., and Zhou Y. 1994. Influence of zinc and copper administration on metal disposition in rats with cadmium metallothionein induced nephrotoxicity. *Toxicol Appl Pharmacol*, 126: 84-90.
- Loeppert R.H., and Suarez D.L. 1996. Carbonate and gypsum. In: Sparks DL (Eds.). *Methods of Soil Analysis. Part 3*. 3rd ed. Soil Science Society of America, *American Society of Agronomy*, Madison, WI, pp. 437-474.
- Mani D., Mourya V.K., Balak S., Patel N.K., and Pal N. 2014. Effect of Organic Matter on the uptake of Cadmium by Spinach (*Spinacea oleracea L.*). *Asian Journal of Advances Basic Science*, 3(1):144-150.
- Mahboub Khomami A. 2005. The Effect of Liquid Bio-Fertilizer (Vermiwash) in Foliar Application on Dieffenbachia and Aglaonema Nutrition and Growth Indexes. *Journal Agriculture Science*, 1- 4.
- Mengel K., and Kirkby E.A. 2001. Principles of Plant Nutrition. 5th Ed., *International Potash Institute*, Bern, Switzerland.
- Mirzaei R., Kambozia j., Sabahi H., Mahdavi A. 2009. Effect of different organic fertilizers on soil physicochemical properties, production and biomass yield of tomato (*Lycopersicon esculentum L.*). *Iranian Journal of Field Crops Research*, 7(1):257-268. (In Persian)
- Mok M. 1994. Cytolinins and plant development- An overview. In: Cytokinins: Chemistry, Activity and Function (Eds.), Mok D.C., Mok M. pp. 155-166.
- Marschner H. 1995. *Mineral Nutrition of higher plants (2nd)*. Academic Press, London. 889p.
- Moraghan J.T., and Mascani H.J. 1991. Environmental and soil factor affecting micronutrients deficiencies and toxicities. In Mortvedt F. R., Cox L., Shumann M., and Welch R. M. (Eds.), *Micronutrients in agriculture*, SSSA, Madison, WI, pp. 371-413.
- Morel J.L. 1997. Bioavailability of trace elements terrestrial plants. In: Tarradellas J., Bitton G., and Rossel D. (Eds.), *Soil ecotoxicology*, Lewis Publisher, Boca Raton, FL, pp. 141-176.
- Nelson D.W., and Sommers L.E. 1996. Total carbon, organic carbon, and organic matter. In: Black C. A. *Methods of Soil Analysis (Eds.). Part 3. Soil Science Society of America, American Society of Agronomy, Madison, WI, pp. 961-1010.*
- Olsen S.R., and Sommers L.E. 1982. Phosphorus. In: Page AL, Miller RH (Eds.). *Methods of Soil Analysis. Part 2. Agronomy Monograph 9*, Soil Science Society of America, American Society of Agronomy, Madison, WI, pp. 403-430.
- Peng K., Li X., Luo C., and Shen Z. 2006. Vegetation composition and heavy metal uptake by wild plants at three contaminated sites in Xiangxi area, China. *Journal of Environmental Science and Health*, 40: 65-76.
- Prabhu M.J. 2006. Coconut leaf vermiwash stimulates crop yield. The Hindu Newspaper, Science and Technology Section, 28th December 2006.
- Rhoades J.D. 1982. Salinity: Electrical Conductivity and Total Dissolved Salts. In: Sparks DL (Eds.). *Methods of Soil Analysis. Part 3*, American Society of Agronomy Journal, Madison, WI, pp. 417- 436.
- Rosas I., Carbajal M.E., Gomez-Arroyo S, Belmont R and Villalagos-Pietrini R. 1984. Cytogenetic effects on cadmium accumulation on water hyacinth (*Eichoinia crassipes*). *Environmental Research*, 33: 386-395.
- Sandaio L.M., Dalurzo H.C., Gomez M., Romero-Puertas M.C., and Del Rio L.A. 2001. Cadmium-induced changes in the growth and oxidation metabolism of pea plants. *Journal of Experimental Botany*, 52(364): 2115- 2126.
- Sharma R. K., Agrawal M., and Agrawal S.B. 2008. Interactive effects of cadmium and zinc on carrots: Growth and biomass accumulation. *Journal of Plant Nutrition*. 31: 19-34.
- Shivsubramanian K., and Ganeshkumar M. 2004. Influence of vermiwash on biological productivity of Marigold. *Madras Agricultural Journal*, 91: 221-225.
- Thomas G.W. 1996. Soil pH and soil acidity. In: Sparks DL (Eds.). *Methods of soil Analysis. Part 3*, 3rd Ed. American Society of Agronomy Journal, Madison, WI, pp. 475-490.
- Torres E., Cid A., Herrero C., and Abalde J. 2000. Effect of cadmium on growth, ATP content, carbon fixation and ultra-structure in the marine diatom *Phaeodactylum tricoratum* Bohlin. *Water, Air, Soil Pollution*, 117: 1-14.

- Varghese M.S., and Lakshmi Prabha M. 2014. Biochemical Characterization of Vermiwash and its Effect on Growth of *Capsicum frutescens*. *Malaya Journal of Biosciences*, 1(2):86-91.
- Wu F., and Zhang G. 2002. Alleviation of cadmium toxicity by application of zinc and ascorbic acid in barley. *Journal of Plant Nutrient*, 25: 2745-2761.
- Zambare V.P., Padul M.V., Yadav A.A., and Shete T.B. 2008. Biochemical and microbiological approach as ecofriendly soil conditioner. *Journal of Agricultural and Biological Science*, 3(4): 1-5.
- Zhao Z.Q., Zhu Y.G., Kneer R., and Smith S.E. 2005. Effect of zinc on cadmium toxicity-induced oxidative stress in winter wheat seedlings. *Journal of Plant Nutrition*, 28: 1947-1959.

Effect of vermiwash on growth, cadmium and microelements concentration of spinach in a loamy cadmium contaminated soil

Maryam Ghorbani^{1*}, Najaf Ali Karimian²

(Received: April 2016 Accepted: September 2016)

Abstract

Because of the effect of heavy elements on food chain, monitoring the concentration of these elements, especially cadmium (Cd) in soil, water and plant system is vital. Vermiwash is materials which excreted from the earthworm body and is rich in vitamins, hormones, enzymes, macro- and micronutrients which can help plants to efficient growth. To study the effects of vermiwash on growth and concentration of Cd and micro elements in a Cd contaminated soil by Spinach (*Spinach oleracea*) an experiment was conducted for 8 weeks. The experiment was on basis factorial randomized complete design and with 2 factor that including vermiwash in four level (0, 25, 50, 100 ml kg⁻¹ soil) and cadmium in four level (5, 10, 20, 40 mg kg⁻¹ soil) which had been done in greenhouse of Zabol University. Results showed that vermiwash has an effective role in improving growth and yield of spinach, and minimum and maximum spinach fresh (33.6 g) and dry (3.91g) weight obtained in control (without vermiwash) and 40 mg kg⁻¹ Cd and 50 g kg⁻¹ vermiwash and 5 mg kg⁻¹ Cd, respectively. Concentration of Fe, Zn and Cu as well as total uptake were increased with increasing vermiwash in all Cd concentrations. Also maximum organic matter in soil was obtained in 100 ml kg⁻¹ level vermiwash which showed significant differences with control. The finding of this research also shows that vermiwash has not significant effect on Mn and Cd Concentrations.

Keywords: Micro elements, Vermiwash, Yield

1- Academic Staff, Department of Soil Science, University of Zabol

2 -Former Professor of Soil Science, Department of Soil Sciences, University of Shiraz

* Corresponding author Email: maryamghorbani56@yahoo.com