نشریه مدیریت خاک و تولید پایدار
جلد پنجم، شماره سوم، ۱۳۹٤
http://ejsms.gau.ac.ir

بررسی تأثیر برخی خصوصیات خاک بر جذب آرسنیک و کادمیوم توسط گیاه دارویی خارمریم (*Silybum marianum*)

زهرا خسروی[۱]، *زهرا عربی[۲] و مه‌لقا قربانلی[۳]

[۱]دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد گروه زیست گیاهی، واحد گرگان، دانشگاه آزاد اسلامی، گرگان، ایران، [۲]استادیار گروه علوم خاک، واحد گرگان، دانشگاه آزاد اسلامی، گرگان، ایران، [۳]استاد گروه زیست گیاهی، واحد گرگان، دانشگاه آزاد اسلامی، گرگان، ایران

تاریخ دریافت: ۹۲/۱۲/۱۱ ؛ تاریخ پذیرش: ۹۳/۸/۲۸

چکیده

سابقه و هدف: عوامل تأثیرگذار زیادی بر جذب فلزات مؤثر می‌باشند به‌طوری‌که به‌جز نوع و مقدار کلوییدهای خاک، عوامل کنترل‌کننده‌ای نظیر pH، غلظت یونی محلول، غلظت کاتیون فلزی، حضور کاتیون‌های فلزی رقابت‌کننده و وجود لیگاندهای آلی و معدنی در آن نقش دارند. با توجه به اهمیت آرسنیک و کادمیوم به‌عنوان یکی از جدی‌ترین آلاینده‌های زیست‌محیطی و تأثیراتی که این فلزات با ورود به زنجیره غذایی بر سلامت انسان و جانوران دارند، بررسی مسأله آلودگی آرسنیک و کادمیوم و واکنش گونه‌های مختلف گیاهی در رویارویی با غلظت‌های گوناگون آن‌ها دارای اهمیت است. در این پژوهش، نقش برخی‌خصوصیات خاک بر جذب آرسنیک و کادمیوم خاک توسط گیاه دارویی خارمریم (*Silybum marianum*) و نیز توانایی گیاه پالایی آن، مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها: به این منظور منطقه اطراف کارخانه آسفالت شهرستان کلاله در استان گلستان، به ۶ قطعه (A, B, C, D, E, F) با مساحت تقریبی هر کدام یک هکتار تقسیم شد. مناطق A و D در دو طرف رودخانه، نزدیک‌ترین مناطق به کارخانه آسفالت هستند. یک منطقه غیرآلوده نیز به‌عنوان شاهد در نظر گرفته شد. نمونه‌برداری از خاک هر منطقه از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری خاک در ۳ تکرار و به‌طور کاملاً تصادفی انجام شد و نمونه‌های گیاهی نیز در ۳ نقطه هر منطقه و در ۳ تکرار از هر نقطه گرفته شد. نمونه‌ها، در محلی سرپوشیده و در هوای آزاد خشک و سپس با استفاده از وسایل مکانیکی کاملاً خرد گردیده و آن‌گاه از الک ۲ میلی‌متری رد شدند. برخی پارامترهای فیزیکوشیمیایی خاک مانند اسیدیته، شوری، ظرفیت تبادل کاتیونی، کربن آلی و نیز میزان آرسنیک و کادمیوم موجود در خاک و گیاه خارمریم اندازه‌گیری شد.

یافته‌ها: نتایج نشان داد مقدار تجمع آرسنیک در گیاهان جمع‌آوری شده از کرت‌های A و D (۶/۸۳ و ۶/۱۸ میلی‌گرم آرسنیک بر کیلوگرم وزن خشک گیاه) از حد مجاز در گیاه بیش‌تر می‌باشد. همچنین بیش‌ترین میزان جذب کادمیوم در کرت A (۱/۵۸ میلی‌گرم کادمیوم بر کیلوگرم وزن خشک گیاه) و بعد از آن کرت D با مقدار جذب (۱/۴۱ میلی‌گرم کادمیوم بر کیلوگرم وزن خشک گیاه) مشاهده شد که در هر دو کرت بیش‌تر از حد مجاز استاندارد بوده است.

* مسئول مکاتبه: arabi_z2003@yahoo.com

نتیجه‌گیری: با توجه به نتایج، بین ظرفیت تبادل کاتیونی و کربن آلی خاک با آرسنیک و کادمیوم جذب‌شده در گیاه همبستگی منفی دیده شد. در پژوهش حاضر، مقدار آرسنیک جذب‌شده در گیاهان مناطقی که اسیدیته و شوری بالاتری داشتند، بیش‌تر بوده است. با توجه به این‌که شاخص تجمع زیستی هم در ریشه و هم در اندام هوایی برای هر دو فلز آرسنیک و کادمیوم، در تمام کرت‌ها کوچک‌تر از یک بود بنابراین گیاه خارمریم نمی‌تواند گیاه بیش اندوز، برای این دو عنصر باشد.

واژه‌های کلیدی: آسفالت، خارمریم، فلزات سنگین، گیاه‌پالایی

مقدمه

سرنوشت فلزات سنگین و کمپلکس‌های فلزی تخلیه شده به خاک‌ها و آب‌ها با توجه به شرایط محیطی خاک و آب بسیار متفاوت می‌باشند. عوامل تأثیرگذار زیادی بر جذب فلزات مؤثر می‌باشند به‌طوری‌که به جز نوع و مقدار کلوییدهای خاک، عوامل کنترل‌کننده‌ای نظیر pH، غلظت یونی محلول، غلظت کاتیون فلزی، حضور کاتیون‌های فلزی رقابت‌کننده و وجود لیگاندهای آلی و معدنی در آن نقش دارند (۲۵، ۱). محلول خاک اطراف ریشه اولین منبع ورود فلزات سنگین به بافت‌های گیاهی است. عموماً هرچه غلظت فلزات سنگین در خاک افزایش یابد، مقدار قابل دسترس آن‌ها برای گیاه افزایش می‌یابد. میزان مجاز ورود و تجمع فلزات سنگین به ظرفیت تبادل کاتیونی خاک (CEC)[1] نیز وابسته است. میزان ورود فلزات در خاک با افزایش CEC افزایش می‌یابد (۱۷). این پژوهشگران نشان دادند که با افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی، میزان فلزات سنگین اضافه شده به خاک در واحد سطح افزایش می‌یابد. علاوه بر این عوامل دیگری در خاک مانند درصد مواد آلی، pH و بافت خاک نیز در تعیین غلظت قابل‌جذب فلزات سنگین توسط گیاهان تأثیر فراوانی دارند (۸). آنگارو و همکاران (۲۰۰۸) نشان دادند که بافت خاک و خصوصیات مرتبط با آن هم‌چون ظرفیت تبادل کاتیونی اثر مشخص و معنی‌داری بر غلظت آرسنیک دارند (۳۵).

در تولید آسفالت گرم، ترکیباتی مثل ترکیبات آلی فرار، هیدروکربن‌های آروماتیک چندحلقه‌ای و همچنین آرسنیک، بنزن، فرمالدئید و کادمیوم آلاینده‌های سمی هوا هستند (۲۹، ۲۷). با توجه به اهمیت آرسنیک و کادمیوم به‌عنوان یکی از جدی‌ترین آلاینده‌های زیست‌محیطی و تأثیراتی که این فلزات با ورود به زنجیره غذایی بر سلامت انسان و جانوران دارند، توجه به مسأله آلودگی آرسنیک و کادمیوم و واکنش گونه‌های مختلف گیاهی در رویارویی با غلظت‌های گوناگون آن‌ها دارای اهمیت است. در برخی از کشورها حداکثر غلظت قابل‌قبول[2] فلزات سنگین را با فرض آثار سمی آن‌ها بر گیاهان در خاک‌های کشاورزی تعیین نموده‌اند (۱۸). حدود مجاز آرسنیک و کادمیوم در خاک و گیاه در جدول ۲ آورده شده است.

گیاه‌پالایی فلزات سنگین به سه گروه عمده تقسیم می‌شود: ۱- برداشت گیاهی[3]: فلزات سنگین از خاک برداشته شده و در اندام‌های هوایی گیاهان (ساقه و برگ) انباشته می‌شوند، ۲- تثبیت گیاهی[4]: فلزات سنگین در ریشه گیاهان نگهداری می‌شوند،

1- Cation exchange capacity

2- Maximum acceptable concentration
3- Phytoextraction
4- Phytostabilization

۳- فیلتـــــرسازی ریشه‌ای[1]: که در آن از ریشه گیاهان برای جـــذب، تمرکز و ته‌نشینی فلزات از محیط‌های آلوده آبی استفاده می‌شود (۳۳، ۲۶، ۲۸).

خارمریم یـا ماریتیغـال (*Silybum marianum*) گیاهی دارویی از خانواده گل‌ستاره‌ای‌هـا اسـت. ایـن گیاه در طی چند ماه به بلوغ کامـل مـی‌رسـد. دانـه و برگ آن مؤثرترین بخش دارویی گیـاه هـستند و مـاده مؤثر آن ماده‌ای به نام سیلی مارین است. خار مریم در درمان ناخوشی‌های گوناگون از جملـه نـاراحتی‌هـای کبد، کیسه صفرا، طحال، کولیک ناشی از سـنگ‌هـای صـفراوی و زردی، کـاهش کلـسترول خـون، درمـان کاهش اشتها و نارسایی گوارشی، کاربرد دارد.

هـدف از ایـن پـژوهش بررسـی تـأثیر برخـی پارامترهـای فیزیکوشـیمیایی خـاک ماننـد اسـیدیته، شوری، ظرفیت تبادل کاتیونی، کربن آلی و نیز میـزان آرسنیک و کادمیوم موجود در خاک بر جذب آرسنیک و کـــادمیوم توســـط گیـــاه دارویـــی خـــارمریم (*S. marianum*) در منطقه اطراف کارخانـه آسـفالت در حاشیه رودخانه شهرستان کلاله می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در منطقه اطـراف کارخانـه آسـفالت شهرستان کلاله استان گلستان بین طول‌های ۵۵ درجه و ۲۷ دقیقه تا ۲۸ درجه و ۵۵ درجه شرقی در عـرض جغرافیایی ۲۱ درجه و ۳۷ دقیقه شـمالی انجـام شـد. برای بررسی و ارزیابی غلظت آرسنیک و کـادمیوم در اراضـی اطـراف رودخانـه در منطقـه تأثیرپـذیر از فرآیندهای تولید کارخانه آسفالت، منطقه مورد بررسی به ۶ قطعه (A, B, C, D, E, F) با مـساحت تقریبـی هر کدام یک هکتار تقسیم شد (شکل ۱). مناطق A و D در دو طـرف رودخانـه، نزدیـک‌تـرین منـاطق بـه کارخانه آسفالت هستند. نمونـه‌بـرداری از خـاک هـر منطقه در ۳ تکرار و به‌طور کاملاً تصادفی انجام شد و نمونـه‌هـای گیـاهی نیـز در ۳ نقطـه هـر منطقـه و در ۳ تکرار از هر نقطه گرفته شد. یک منطقه غیرآلوده نیز به‌عنوان شاهد در نظر گرفته شد. نمونه‌برداری از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری خاک صورت گرفـت. نمونـه‌هـای ارسالی به آزمایشگاه، نخست در محلـی سرپوشـیده و در هوای آزاد خشک و سـپس بـا اسـتفاده از وسـایل مکـانیکی کـاملاً خـرد گردیـده و آنگـاه از الـک ۲ میلی‌متری رد شدند.

قابلیت هدایت الکتریکی در عصاره اشباع خاک با هدایت‌سنج الکتریکی مدل AZ8302، pH خـاک بـه روش الکترود شیشه‌ای در عصاره اشباع، کربن آلی به روش واکلی و بلاک (۳۰) و ظرفیت تبادل کاتیونی به روش اسـتات سـدیم نرمـال (۳۲) انـدازه‌گیـری شـد (جـدول ۱). آرسـنیک و کـادمیوم خـاک بـه روش عصاره‌گیری با DTPA (۱۳)، توسط دسـتگاه جـذب اتمی مدل Spectr AA.200 بـرای تمـامی نمونـه‌هـا اندازه‌گیـری شـد (جـدول ۲). جهـت عـصاره‌گیـری آرسـنیک و کـادمیوم گیـاه از روش اکـسیداسیون تـر استفاده شـد. در ایـن روش هـضم بـا مخلـوط اسـید نیتریک، اسید پرکلریک و اسید سولفوریک بـا نـسبت حجمـــی ۱:۴:۴۰ صـــورت گرفـــت (۱۴). جهـــت اندازه‌گیـری آرسـنیک و کـادمیوم در گیـاه از دسـتگاه ICP-MS مدل JW 138 ULTRACE استفاده شد. در انتها دو عامل ضریب تجمع زیستی (BCF) (رابطه ۱) و فاکتور انتقال (TF) (رابطـه ۲) محاسـبه شـدند. محاسبه این دو عامل، مکانیـسم مقابلـه انیـسون را بـا آرسنیک نشان می‌دهد.

(۱)

$$BCF = \frac{\text{غلظت عنصر موردنظر در ریشه با اندام هوایی}}{\text{غلظت عنصر مورد نظر در محیط رشد}}$$

(۲)

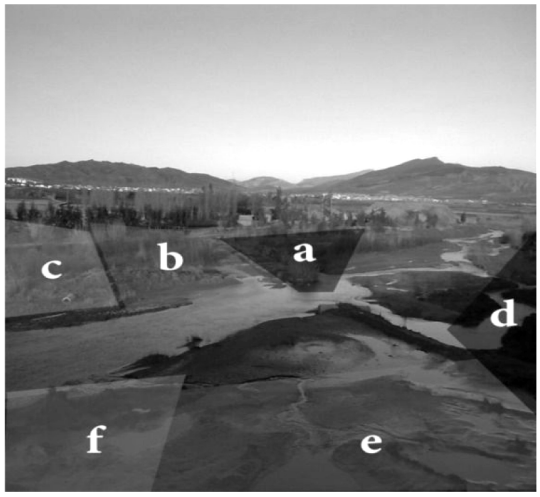
$$TF = \frac{\text{غلظت عنصر موردنظر در اندام هوایی}}{\text{غلظت عنصر مورد نظر در ریشه}}$$

1- Rhizofiltration

تجزیه و تحلیل داده‌های حاصل از دستگاه جذب اتمی و ICP-MS، با استفاده از نرم‌افزارهای Excel (۲۰۱۰) و SPSS (نسخه ۲۱) صورت گرفت و از آزمون LSD برای مقایسه میانگین‌ها در سطح معنی‌داری ۵ درصد استفاده شد.

نتایج و بحث

پراکنش آرسنیک و کادمیوم در خاک: بررسی میزان آرسنیک خاک در کرت‌های مختلف نشان داد که اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد احتمال در مقدار آرسنیک در کرت‌های A و D وجود نداشت. بین کرت‌های B و E نیز اختلاف معنی‌دار مشاهده نشد. همین‌طور بین کرت‌های C و F از لحاظ مقدار آرسنیک اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. کرت‌های A و D به‌ترتیب با ۴۶/۹ و ۴۶/۵ میلی‌گرم آرسنیک بر کیلوگرم خاک بیش‌ترین مقدار آرسنیک خاک را دارا بودند که مقدار آن از حد مجاز آرسنیک (۱۴) در خاک (۴۰ میلی‌گرم آرسنیک بر کیلوگرم خاک) نیز بیش‌تر بوده است که این می‌تواند به‌دلیل نزدیکی به منبع آلاینده یعنی کارخانه آسفالت باشد. کم‌ترین مقدار آرسنیک نیز مربوط به کرت شاهد (۰/۹۱ میلی‌گرم آرسنیک بر کیلوگرم خاک) بوده است (شکل ۲).



شکل ۱- موقعیت منطقه نمونه‌برداری.

Figure 1. Location of sampling.

جدول ۱- برخی ویژگی‌های خاک‌های مورد مطالعه.

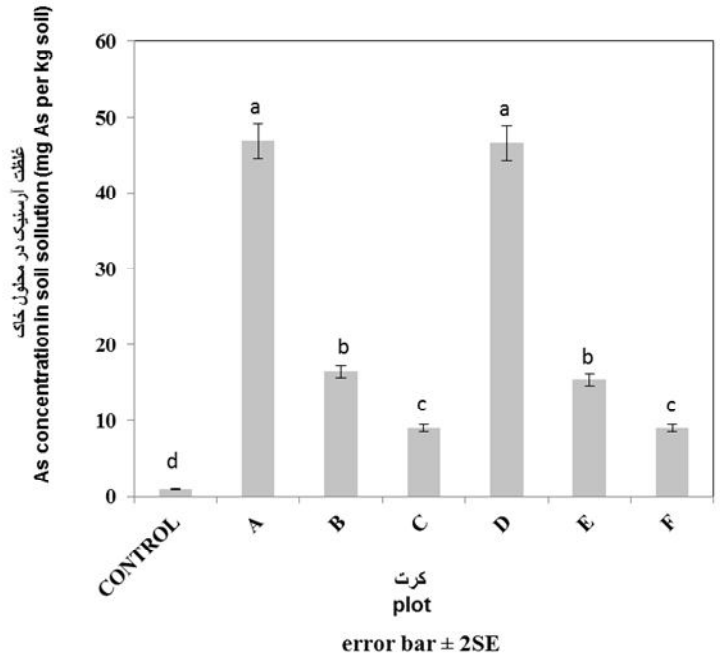
Table 1. Selected physical and chemical characteristics of the studied soils.

نیتروژن (٪) Total N (%)	کربن آلی (٪) Organic carbon (%)	CEC ($cmol_c kg^{-1}$)	EC ($ds\ m^{-1}$) (دسی‌زیمنس بر متر)	pH	کرت Plot
0.01	0.11	3.2	3.1	7.9	A
0.01	0.13	4.1	1.3	7.8	B
0.02	0.21	5.0	1.1	7.7	C
0.01	o.11	3.4	2.8	7.9	D
0.01	0.12	4.0	1.1	7.8	E
0.02	0.22	5.0	1.0	7.7	F
0.09	0.87	14.7	0.81	7.2	شاهد control

جدول ۲- مقایسه غلظت فلزات سنگین در گیاه و خاک مورد مطالعه با حدود استاندارد (۱٤).

Table 2. Comparison Concentrations of heavy metals in studied plant and soil about the standard.

مقدار عناصر در کرت‌ها (میکروگرم بر گرم خاک) Amount of heavy metals in plots (µg/g)						حدود استاندارد خاک (میکروگرم بر گرم خاک) Standard limits of soil (µg/g)	فلز metal	
F	E	D	C	B	A			
8.3	22.4	40.5	8.5	23.1	40	0.1-7	کادمیوم Cd	
8.97	15.34	46.51	8.95	16.43	46.85	0.1-40	آرسنیک As	
مقدار عناصر در گیاهان (میکروگرم بر گرم گیاه) Amount of heavy metals in plots (µg/g)						حدود استاندارد گیاه (میکروگرم بر گرم گیاه) Standard limits of plant (µg/g)		
0	0.76	1.41	0	0.86	1.58	0.2-0.8	ریشه Root	کادمیوم Cd
0	0	0	0	0	0		اندام هوایی Shoot	
0.25	1.05	5.05	0.45	1.85	5.5	0.1-5	ریشه Root	آرسنیک As
0.265	0.405	0.12	0.255	0.36	1.415		اندام هوایی Shoot	



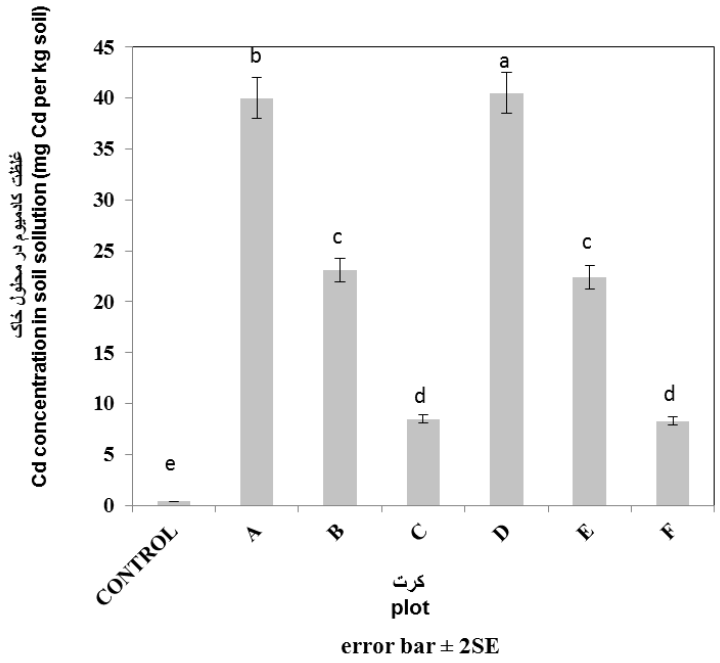
شکل ۲- غلظت آرسنیک خاک در کرت‌های مختلف.

اعداد میانگین هستند (n=۳) و سطح معنی‌داری آزمون‌ها ۵ درصد می‌باشد.

Figure 2. Soil arsenic concentrations in different plots.

Means, in each column and for each treatment, followed by at least one letter in common are not significantly different at the 5% probability level.

طبق نتایج پژوهش حاضر در کرت C و F، اختلاف معنی‌داری نسبت به شاهد از نظر میزان کادمیوم مشاهده نشد و بقیه کرت‌ها افزایش معنی‌داری را نسبت به شاهد نشان دادند. کرت D (۴۰/۵ میلی‌گرم کادمیوم بر کیلوگرم خاک) و کرت A (۴۰ میلی‌گرم کادمیوم بر کیلوگرم خاک) بیش‌ترین مقدار کادمیوم خاک را دارا بودند که حدود شش برابر حد مجاز کادمیوم (مؤسسه استاندارد و تحقیقات ایران، ۱۹۹۷) در خاک (۷ میلی‌گرم کادمیوم بر کیلوگرم خاک) می‌باشد. کم‌ترین مقدار تجمع کادمیوم نیز مربوط به کرت شاهد (۰/۴ میلی‌گرم کادمیوم بر کیلوگرم خاک) بود (شکل ۳).



شکل ۳- غلظت کادمیوم خاک در کرت‌های مختلف.

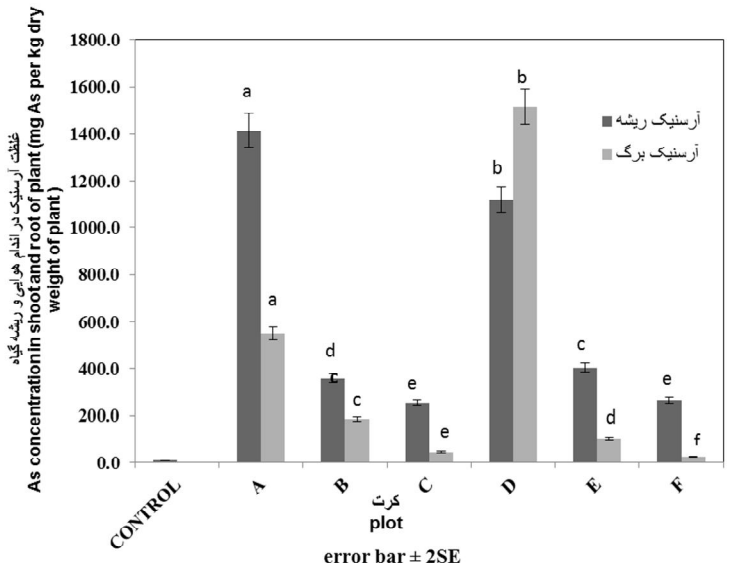
اعداد میانگین هستند (n=۳) و سطح معنی‌داری آزمون‌ها ۵ درصد می‌باشد.

Figure 3. Soil cadmium concentrations in different plots.

Means, in each column and for each treatment, followed by at least one letter in common are not significantly different at the 5% probability level.

پراکنش آرسنیک در اندام هوایی و ریشه گیاه خارمریم: نتایج تجزیه واریانس همبستگی مثبتی را بین غلظت آرسنیک در برگ با غلظت آرسنیک در خاک در سطح ۰/۰۵، همین‌طور آرسنیک ریشه با آرسنیک خاک در سطح ۰/۰۱ نشان داد. براساس مقایسه میانگین داده‌ها، در همه کرت‌ها افزایش معنی‌داری از نظر مقادیر آرسنیک در اندام هوایی گیاهان جمع‌آوری شده مشاهده شد، به‌طوری‌که بیش‌ترین مقدار مربوط به کرت A (۵/۴۲ میلی‌گرم آرسنیک بر کیلوگرم وزن خشک اندام هوایی) و سپس کرت D (۵/۰۵ میلی‌گرم آرسنیک بر کیلوگرم وزن خشک اندام هوایی) بود که اختلاف آن با شاهد و سایر کرت‌ها معنی‌دار بود. از لحاظ مقدار آرسنیک ریشه نیز، بین کرت‌ها اختلاف معنی‌دار وجود داشت و کم‌ترین میزان آرسنیک مربوط به کرت شاهد بود (شکل ۴).

بیش‌ترین مقدار آرسنیک در ریشه مربوط به کرت A (۱/۴۱۳ میلی‌گرم آرسنیک بر کیلوگرم وزن خشک ریشه) و سپس کرت D (۱/۱۲۵ میلی‌گرم آرسنیک بر کیلوگرم وزن خشک ریشه) بوده است (شکل ۲). مشاهده می‌شود که مقدار تجمع آرسنیک در گیاهان جمع‌آوری شده از کرت‌های A و D (۶/۸۳ و ۶/۱۸ میلی‌گرم آرسنیک بر کیلوگرم وزن خشک گیاه) از حد مجاز در گیاه (۵ میلی‌گرم آرسنیک بر کیلوگرم وزن خشک گیاه) بیش‌تر می‌باشد.



شکل ٤- غلظت آرسنیک در اندام هوایی و ریشه گیاه خارمریم در کرت‌های مختلف.
اعداد میانگین هستند (n=۳) و سطح معنی‌داری آزمون‌ها ۵ درصد می‌باشد.

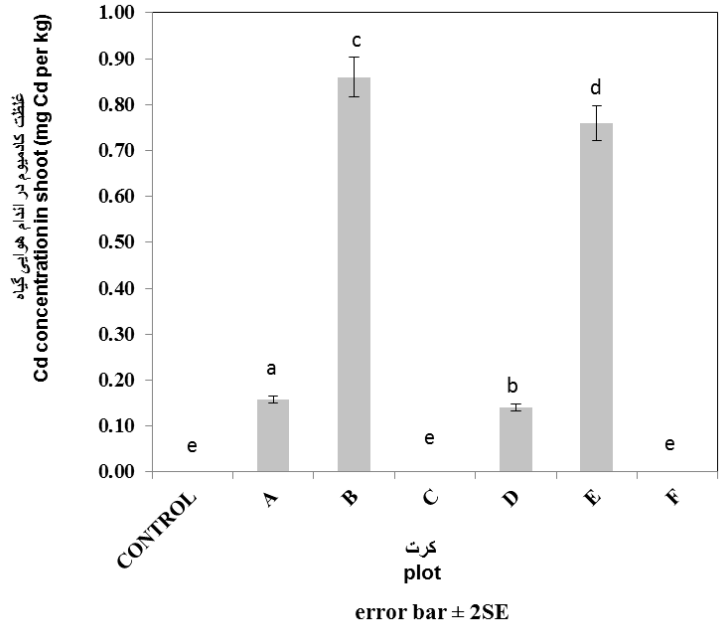
Figure 4. Shoot and root arsenic concentrations in different plots.

Means, in each column and for each treatment, followed by at least one letter in common are not significantly different at the 5% probability level.

پراکنش کادمیوم در اندام هوایی و ریشه گیاه خارمریم: غلظت کادمیوم در اندام هوایی گیاه خارمریم در محدوده دستگاه ICP (قسمت در بیلیون) قابل تشخیص نبوده است. براساس مقایسه میانگین داده‌ها، در کرت‌های D, A, B, E افزایش معنی‌داری از نظر کادمیوم ریشه نسبت به شاهد مشاهده شد به‌طوری‌که بیش‌ترین افزایش مربوط به کرت A بود که اختلاف آن با شاهد و سایر تیمارها در سطح ۵ درصد معنی‌دار بود. اختلاف بین کرت‌های ذکر شده نیز معنی‌دار بوده است و کم‌ترین میزان کادمیوم ریشه مربوط به کرت‌های شاهد، C و F بود که اختلاف بین این سه کرت معنی‌دار نبود (شکل ۵).

طبق نتایج پژوهش حاضر، در کرت‌های C و F، اختلاف معنی‌داری نسبت به شاهد از نظر میزان کادمیوم ریشه مشاهده نشد و دیگر کرت‌ها افزایش معنی‌داری را نسبت به شاهد نشان دادند، به‌طوری‌که بیش‌ترین میزان جذب کادمیوم در کرت A (۱/۵۸ میلی‌گرم کادمیوم بر کیلوگرم وزن خشک گیاه) و بعد از آن کرت D با مقدار جذب (۱/۴۱ میلی‌گرم کادمیوم

بر کیلوگرم وزن خشک گیاه) مشاهده شد که در هر دو کرت بیش‌تر از حد مجاز استاندارد (۰/۸ میلی‌گرم کادمیوم بر کیلوگرم وزن خشک گیاه) بوده است (شکل ۵). حضور مقدار بیش‌تر کادمیوم در محیط، غلظت کادمیوم را در گیاه افزایش داده که با نتایج عربی و همکاران (۲۰۱۰) هم‌خوانی دارد (۳).



شکل ۵- غلظت کادمیوم در ریشه گیاه خارمریم در کرت‌های مختلف.

اعداد میانگین هستند (n=۳) و سطح معنی‌داری آزمون‌ها ۵ درصد می‌باشد.

Figure 5. Soil cadmium concentrations in different plots.

Means, in each column and for each treatment, followed by at least one letter in common are not significantly different at the 5% probability level.

بررسی تأثیر اسیدیته خاک (pH) بر غلظت آرسنیک و کادمیوم توسط گیاه: در پژوهش حاضر، بیش‌ترین مقدار pH در کرت‌های A و D (pH=۷/۹) بوده است. با توجه به این‌که بیش‌ترین مقدار جذب آرسنیک توسط گیاه نیز در این دو کرت مشاهده شده، بنابراین افزایش pH باعث افزایش در جذب آرسنیک توسط گیاه شده است، اما اختلاف معنی‌داری بین مقدار pH و جذب آرسنیک در اندام هوایی و ریشه گیاهان جمع‌آوری شده در بین کرت‌ها مشاهده نشد. پاسخ‌های متفاوت در رشد گیاه و جذب عنصر در ریشه، ممکن است. به‌طور قابل‌توجهی به ماهیت شیمیایی ریزوسفر بستگی داشته باشد (۵). pH خاک، عامل مؤثر بر حلالیت عناصر در خاک محیط ریشه می‌باشد (۲۶) به‌طوری‌که تغییر در pH ریزوسفر ممکن است باعث رسوب فلزات بر روی سطوح ریشه شود (۱۰). بسیاری از کاتیون‌های فلزی از جمله کادمیوم، مس، جیوه، نیکل، سرب و روی در pH پایین خاک محلول هستند. میزان تأثیر pH در جذب سطحی آرسنیک، در انواع خاک‌ها مختلف است (۲۳). جذب As (V) با افزایش pH (بالاتراز ۸/۵) کاهش می‌یابد، در حالی‌که عکس این پدیده برای As (III) به وجود می‌آید. افزایش جذب As(V) به FeOOH در pH ۴ بوده، در حالی‌که برای As (III) ماکزیمم جذب حدوداً در اسیدیته ۸/۵-۷ می‌باشد (۲۳).

مانوسکی و کالوگراکس (۲۰۰۹) نشان دادند سرب بر خلاف کادمیوم که در خاک و در گیاه متحرک است، در pH های معمول در خاک نامحلول بوده و همچنین انتقال سرب از ریشه به اندام‌های هوایی به‌دلیل پیوند آن به سطح ریشه و دیواره سلولی محدود است (۲۴، ۱۵).

بررسی تأثیر شوری (EC) بر غلظت آرسنیک و کادمیوم توسط گیاه: علاوه بر pH، شوری خاک نیز می‌تواند در افزایش حلالیت فلزات و جذب آن‌ها به‌وسیله گیاهان تأثیر داشته باشد. شوری ناشی از کلرید سدیم باعث افزایش غلظت کادمیوم در اندام هوایی گندم گردیده است (۲۹، ۲۱). به‌طوری‌که مشاهده می‌شود مقدار جذب آرسنیک هم در ریشه و هم در اندام هوایی گیاهان جمع‌آوری شده از دو منطقه A و D با توجه به این‌که بیش‌ترین مقدار شوری (به‌ترتیب ۳/۱ و ۲/۸ دسی‌زیمنس بر متر) را دارا می‌باشند، از سایر مناطق بیش‌تر است (جدول‌های ۱ و ۲). نتایج نشان می‌دهد که این مقدار شوری توانسته است در افزایش حلالیت فلز و جذب آن تأثیر داشته باشد. کادمیوم ریشه نیز با شوری خاک در سطح ۰/۰۵ همبستگی مثبت دارد. عموماً افزایش شوری خاک منجر به افزایش چشمگیر جذب فلزات سنگین و برخی متابولیت‌ها در گیاهان می‌گردد (۱۱). در پژوهش مانوسکی و کالوگراکس (۲۰۰۹)، گیاهان سرب بیش‌تری را در غلظت‌های بالای شوری نسبت به غلظت‌های کم آن اندوختند و علایم سمیت سرب تنها در تیمار شاهد غیرشور دیده شد (۲۴). همچنین آن‌ها گزارش کردند که افزایش شوری باعث افزایش جذب کادمیم توسط آتریپلکس گردید. شوری تأثیر مثبتی بر جذب کادمیم توسط گیاه داشت و این امر احتمالاً به‌دلیل زیست‌فراهمی فلزات در خاک ناشی از کاهش جذب کادمیم توسط ذرات خاک است. قلاب و عثمان (۲۰۰۷) دریافتند که غلظت کلراید عاملی مهم در تعیین زیست‌فراهمی کادمیم در خاک است و افزایش سطح شوری منجر به کاهش معنی‌دار ماده خشک گیاه و افزایش معنی‌دار غلظت کادمیم در اندام‌های هوایی شد (۱۲).

بررسی تأثیر ظرفیت تبادل کاتیونی (CEC) و مواد آلی بر جذب آرسنیک و کادمیوم توسط گیاه: نتایج نشان داد در کرت‌های A و D که پایین‌ترین میزان CEC (۳/۲ سانتی‌مول بار بر کیلوگرم خاک) و ماده آلی (۰/۱۱) خاک را نسبت به سایر کرت‌ها داشتند، بالاترین میزان جذب آرسنیک و کادمیوم مشاهده شد (جدول‌های ۱ و ۲). بیش‌ترین درصد ماده آلی خاک، مربوط به کرت شاهد (۰/۸۷) بوده است که با افزایش CEC و همچنین کمپلکس عناصر، باعث کاهش جذب آرسنیک و کادمیوم توسط گیاهان در کرت شاهد شده است. در مقایسه با دیگر کرت‌ها، تفاوت قابل‌ملاحظه‌ای از لحاظ میزان کربن آلی مشاهده نشد (جدول‌های ۱ و ۲). ظرفیت تبادل کاتیونی یکی از ویژگی‌های مهم خاک در برآورد خطرات زیست‌محیطی حاصل از فلزات سنگین و برخی آلاینده‌های آلی کاتیونی است به‌طوری‌که CEC بیش‌تر، امکان آلوده شدن آب‌های زیرزمینی و سطحی را به عامل آلاینده کاتیونی کاهش می‌دهد. همچنین خطر ورود فلزات سنگین به زنجیره‌های غذایی در خاک‌هایی که دارای CEC بیش‌تری هستند، کم‌تر است (۳۳، ۳۱). در پژوهشی سهم رس و مواد آلی خاک در ظرفیت تبادل کاتیونی برخی خاک‌های استان فارس برآورد گردید. نتایج این پژوهش نشان داد که سهم رس در این خاک‌ها بین ۱۹ تا ۳۸ و سهم ماده آلی بین ۱۶۱ تا ۲۸۷ سانتی‌مول بار بر کیلوگرم است (۱۶). همبستگی مثبت CEC با مواد آلی به‌دلیل مشارکت آن‌ها در ایجاد بارهای منفی و پدیده تبادل کاتیونی است (۳۴). مواد آلی علاوه بر افزایش CEC به‌دلیل آن که عناصر کمیاب را کمپلکس می‌کنند،

باعث کاهش قابلیت دست‌یابی زیستی مضاعف این عناصر می‌شوند (۹).

محاسبه دو عامل TF و BCF برای آرسنیک و کادمیوم: براساس یافته‌های چراغی و همکاران (۲۰۱۳) و زاکچینی و همکاران (۲۰۰۸)، گونه‌ای که دارای ضریب تجمع زیستی در ریشه بزرگ‌تر از یک و فاکتور انتقال کوچک‌تر از یک باشد، برای تثبیت گیاهی و گونه‌ای که دارای ضریب تجمع زیستی در اندام‌های هوایی بزرگ‌تر از یک باشد، برای برداشت گیاهی مناسب است (۳۶، ۷).

در هر دو مورد آرسنیک و کادمیوم شاخص BCF در همه کرت‌ها، هم در ریشه و هم در اندام هوایی کوچک‌تر از یک بود، بنابراین گیاه خار مریم نمی‌تواند یک گیاه بیش اندوز برای این دو عنصر باشد. شاخص TF برای آرسنیک در تمام تیمارها به‌جز کرت F بزرگ‌تر از یک محاسبه شد (جدول ۳).

جدول ۳- محاسبه شاخص‌های BCF و TF گیاه برای دو فلز سنگین آرسنیک و کادمیوم در کرت‌های مختلف.

Table 3. Indices calculation TCF and TEF plant for heavy metals arsenic and cadmium in different plots.

TF	BCF اندام هوایی Shoot BCF	BCF ریشه Root BCF	کرت Plot	فلز سنگین Heavy metal
3.877	0.117	0.148	A	
5.139	0.113	0.135	B	
1.765	0.05	0.079	C	آرسنیک
4.509	0.109	0.133	D	As
2.593	0.068	0.095	E	
0.943	0.028	0.057	F	
0	0	0.004	A	
0	0	0.037	B	
0	0	0	C	کادمیوم
0	0	0.035	D	Cd
0	0	0.034	E	
0	0	0	F	

تفاوت مشاهده شده در غلظت آرسنیک در ریشه و اندام هوایی گیاه خار مریم ممکن است به‌دلیل توانایی بالای انتقال فلزات از ریشه به اندام‌های هوایی به‌علت سیستم‌های انتقال فلزات کارآمد (۳۸) و احتمالاً توقف فلزات در واکوئل و آپوپلاست برگ است (۲۰). باید اضافه نمود که گیاهان، ظرفیت بسیار بالایی در جذب فلزات به‌وسیله ریشه و جابجایی و ذخیره‌سازی آن‌ها در اندام هوایی دارند (۳۰). عربی و همکاران (۲۰۱۱) در پژوهشی نشان دادند که میزان کادمیوم در اندام هوایی تربچه در مقایسه با ریشه بیش‌تر بوده که می‌تواند به‌دلیل زیست فراهمی بیش‌تر فلز و همچنین حلالیت زیاد آن باشد (۴). انتقال سرب از ریشه به اندام هوایی از طریق آوند چوب ریشه تحت‌تأثیر مکش تعرقی می‌باشد (۶). زلجاسکو و همکاران (۲۰۰۶) نشان دادند که در غلظت بالای سرب در محیط کشت، انتقال سرب از ریشه‌ها به اندام هوایی افزایش می‌یابد (۳۷) که این افزایش ممکن است به‌علت اختلال در غشای پلاسمایی در نتیجه غلظت‌های بالای سرب و کاهش در ممانعت از انتقال سرب از خاک به گیاه و درون گیاه باشد (۲). سمیت‌زدایی کادمیوم می‌تواند به دنبال تجمع اولیه در بافت ریشه شروع شود و در پی آن مقدار کادمیوم انتقال‌یافته به ساقه به حداقل برسد و یا فرآیند سمیت‌زدایی در قسمت‌های هوایی گیاه قوی‌تر از

ریشه باشد (۱۹). همچنین شوری می‌تواند عاملی مهم در انتقال فلـــزات از ریـــشه به شاخساره باشد (۱۱). دلیل دیگر برای توجیه تفاوت مشاهده شده در غلظت آرسـنیک در ریـشه و انـدام هـوایی گیـاه خـار مـریم می‌تواند این باشد که بخشی از آرسنیک بـه‌خـصوص در تیمارهای نزدیک به منشاء آلـودگی، جـذب برگـی شده باشد.

نتیجه‌گیری نهایی

در پژوهش حاضر به‌دلیل نزدیک بودن کرت‌هـای A و D به منبـع آلـودگی (کارخانـه آسـفالت) میـزان فلزات سنگین (آرسنیک و کادمیوم) بیش‌تری در خاک مشاهده شد و جذب نیز در گیاه بیش‌تر بوده است. اما با دور شدن از منبع آلودگی در کرت‌هـای B، C، E و F میزان آلودگی و جـذب عناصـر کـم‌تـر مـی‌شـود. همچنین ویژگی‌های خاک مثل ظرفیت تبادل کاتیونی، اسیدیته، شوری و ماده آلی می‌تواند در میـزان جـذب فلزات توسط گیاه مؤثر باشـد. بـا توجـه بـه ایـن‌کـه شاخص تجمع زیستی هـم در ریـشه و هـم در انـدام هوایی برای هر دو فلز آرسـنیک و کـادمیوم، در تمـام کرت‌ها کوچک‌تر از یک بـود، بـر ایـن اسـاس گیـاه خارمریم نمی‌تواند گیـاه بـیش انـدوز، بـرای ایـن دو عنصر باشد.

منابع

1.Alloway, B.J. 2001. Heavy metal in soil. New York: John Wiley and sons Ins. Pp: 20-28.
2.Amini, F., and Amirjani, M.R. 2013. Effect of Ni and Pb on Chlorophyll Content and Metals Accumulation in Medicago Sativa. J. Crop Prod. Proc. 2: 6. 11-20. (In Persian)
3.Arabi, Z., Homaee, M., and Asadi, M.E. 2010. Enhancing bioavailability of lead for phytoremediation of contaminated soils. J. Plant Sci. Res. 14: 2. 27-34. (In Persian)
4.Arabi, Z., Homaee, M., and Asadi, M.E. 2011. Comparison Effects of Citric Acid and Synthetic Chelators In Enhancing Phytoremediation of Cadmium. J. Sci. Technol. Agric. Natur. Resour. Water Soil Sci. 14: 54. 85-95. (In Persian)
5.Barker, A.V., and Mills, H.A. 1980. Ammonium and nitrate nutrition of horticultural crops. 2: 395-423.
6.Briat, J.F., and Lebrun, M. 1999. Plant responses to metal toxicity. J. comptes rendus de l academie des sciences serie III-sciences de la vie-life csiences. 322: 43-54.
7.Cheraghi, M., Lorestani, B., Merrikhpour, H., and Rouniasi, N. 2013. Heavy metal risk assessment for potatoes grown in overused phosphate-fertilized soils. J. Environ. Monitor. Assess. 185: 2. 1825-1831.
8.De Temmerman, L.O., Hoeing, H., and Scokart, P.O. 1984. Determination of normal levels and upper limit values of trace elements in soils. J. Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde. 147: 687-694.
9.Erfanmanesh, M. 1997. Treatments of sewage sludge on some soil properties and adsorption density of the spinach and tomatoes. M.Sc. Thesis, Soil Science, Faculty of Agriculture, Isfahan University of Technology. (In Persian)
10.Flathman, P.E., and lanza, G.R. 1998. Phytoremediation: current views on an emerging green technology. J. Soil Contamin. 7: 4. 415-432.
11.Gadapati, W.R., and Macfie, S.M. 2006. Phytochelatinsareonly partially correlated with Cd-stress in two species of Brassica. J. Plant Sci. 170: 471-480.
12.Ghallab, A., and Usman, A.R.A. 2007. Effect of Sodium Chloride-induced Salinity on Phyto-availability and Speciation of Cd in Soil Solution. J. Water Air Soil Poll. 185: 43-51.
13.Gupta, P.K. 2000. Soil, Plant, Water and Fertilizer Analysis. Agrobios, New Dehli, India, 438p.

14. Institute of standards and Industrial research of Iran. Specifications for Drinking water. 1997. (In Persian)
15. Joonki, Y.A., Xinde, C.A., Qixing, Z.B., and Lena, Q.M. 2006. Accumulation of Pb, Cu and Zn in native plants growing on a contaminated Florida site. J. Sci. Total Environ. 368: 456-464.
16. Karimian, A. 1996. Influence of clay and organic matter in cation exchange capacity in calcareous soils of Fars province. 5th Soil science congress in Iran.
17. Küpper, H., Zhao, F.J., and McGrath, S.P. 1999. Cellular compartmentation of zinc in leaves of the hyper accumulator Thlaspi caerulescens. J. Plant Physiol. 119: 305-311.
18. Kabata-Pendias, A.A., and Pendias, H. 1994. Trace Elements in Soils and Plants. 2nd ed., CRC Press, Boca Raton, Florida.
19. Khudsar, T., Uzzafar, M., Young Soh, W., and Iqbal, M. 2000. Morphological and Anatomical Variations of Cajanus cajan (Linn.) Huth Raised in Cadmium-Rich Soil. J. Plant Biol. 43: 3. 149-157.
20. Lasta, M.M., Pence, N.S., Garvin, D.F., Ebbs, S.D., and Kochina, L.V. 2000. Molecular physiology of zinc transport in the Zn hyperaccumulator Thlaspi caerulescens. J. Exp. Bot. 51: 71-79.
21. Logan, T.J., and Chaney, R.L. 1983. Utilization of municipal wastewater and sludge on land-metals. In: proceeding of the 1983 workshop on Utilization of municipal wastewater and sludge on land-metals, P 235-326. University of California, Riverside, U.S.A.
22. MacFarlane, G.R., Koller, C.E., and Blomberg, S.P. 2007. Accumulation and partitioning of heavy metals in mangroves: A synthesis of field-based studies. J. Chemosphere. 69: 1454-1464.
23. Mahimairaja, S., Bolan, N.S., Adriano, D.C., and Robinson, B. 2005. Arsenic contamination and its risk management in complex environmental settings. J. Adv. Agron. 86: 16-19.
24. Manousaki, E., and Kalogerakis, N. 2009. Phytoextraction of Pb and Cd by the Mediterranean saltbush (*Atriplex halimus* L.): metal uptake in relation to salinity. J. Environ. Sci. Poll. Res. 16: 844-854.
25. Marques, A., Moreira, H., Rangel, A., and Castro, P. 2008. Arsenic, lead and nickel accumulation in Rubus ulmifolis growing in contaminated soil in Portugal. J. Hazard Mater. 165: 174-179.
26. Marschner, H. 1995. Mineral nutrition of higher plants. 2nd Edition, Academic press.
27. Marsh, J., Dayton, S., Carroll, J., and Zeller, L. 2007. New study reveals asphalt plant dangers - Today at a press conference in Spruce Pine.
28. Memon, A.R., Aktoprakligil, D., Ozdemir, A., and Vertill, A. 2000. Heavy metal accumulation and detoxification mechanism in plants. Turk. J. Botanical. 25: 111-121.
29. Mirghaffari, N. 2005. Lead Concentration in Some Natural Plant Species Around Irankouh Lead and Zinc Mine in Isfahan. Iran. J. Natur. Resour. 58: 3. 635-642. (In Persian)
30. Ozturk, L., Karanlik, S., Ozkutlu, F., Cakmak, I., and Kochian, L.V. 2003. Shoot biomass and zinc/cadmium uptake for hyperaccumulator and non-accumulator Thlaspi species in response to growth on a zinc-deficient calcareous soil. J. Plant Sci. 164: 1095-1101.
31. Pierzynski, G.M., Sims, J.T., and Vance, G.F. 1994. Soils and Environmental Quality. CRP Press, Inc., Boca Raton, FL, USA.
32. Sebastini, L., Scebba, F., and Tognetti, R. 2004. Heavy metal accumulation and growth responses in poplar clones Eridano (Populus deltoides × maximowiczii) and I-214 (P. × euramericana) exposed to industrial waste. Environmental and Experimental Botany. 52: 79-88.
33. Sparks, D.L. 1995. Environmental Soil Chemistry. Academic Press, Inc., N.Y., USA.
34. Thuries, L., Pansu, M., Feller, C., Hermann, P., and Remy, J.C. 2001. Kinetics of added organic matter decomposition in a Mediteranean sandy soil. J. Soil Biol. Biochem. 33: 997-1010.

35.Ungaro, F., Ragazzi, F., Cappellin, R., and Giandon, P. 2008. Arsenic concentration in the soils of the Brenta Plain (Northern Italy): Mapping the probability of exceeding contamination thresholds. J. Geochem. Exp. 96: 117-131.
36.Zacchini, M., Pietrini, F., Mugnozza, G., and lori, V. 2008. Metal tolerance, accumulation and translocation in poplar and willow clones treated with cadmium in hydroponics. Water Air Soil Pollution. 197: 23-34.
37.Zheljazkov, V.D., Craker, L.E., and Xing, B. 2006. Effects of Cd, Pb and Cu on growth and essential oil contents in dill, peppermint and basil. J. Environ. Exp. Bot. 58: 9-16.
38.Zhao, F.J., Hamon, R.E., Lombi, E., McLaughlin, M.J., and McGrath, S.P. 2002. Characteristics of cadmium uptake in two contrasting ecotypes of the hyperaccumulator Thlaspi caerulescens. J. Exp. Bot. 53: 535-543.

J. of Soil Management and Sustainable Production, Vol. 5(3), 2015
http://ejsms.gau.ac.ir

Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Effects of some soil properties on Arsenic and Cadmium uptake by *Silybum marianum*

Z. Khosravi[1], *Z. Arabi[2] and M. Ghorbanli[3]

[1]M.Sc. Graduate, Dept. of Plant Biology, Gorgan Branch, Islamic Azad University, Gorgan, Iran,
[2]Assistant Prof., Dept. of Soil Science, Gorgan Branch, Islamic Azad University, Gorgan, Iran,
[3]Professor, Dept. of Plant Biology, Gorgan Branch, Islamic Azad University, Gorgan, Iran
Received: 03/02/2014; Accepted: 11/19/2014

Abstract

Background and Objectives: Many factors are affecting absorption of heavy metals. So that the type and amount of soil colloids, controller parameters such as pH, ion concentration of the solution, the concentration of metal cations, the existence of competing metal cations and organic and inorganic ligands are involved (1). Given the importance of arsenic and cadmium, as one of the most serious environmental pollutants and the effects of these metals on human health and animals and entering the food chain, investigating the problem of arsenic and cadmium and the response of different plant species faced with various levels is important. In this study the effects of some soil properties on uptake of arsenic and cadmium by *Silybum marianum* was studied.

Materials and Methods: The surrounding area of asphalt plant of Kalaleh city in Golestan province, was divided into 6 pieces (A, B, C, D, E, F), with an area of approximately one hectare. Plots A and D on both sides of the river, are the nearest areas to asphalt plant. Also a Non-polluting area as a control was considered. Soil samples of 0-30 cm soil depth in 3 replicates were collected randomly with plant samples in 3 points of each region and 3 were repeated at every point. Samples in a place closed and in the open air dried and then crushed using mechanical means and then from 2 mm sieve passed. Some soil physicochemical parameters such as pH, salinity, cation exchange capacity, organic carbon and the amount of arsenic and cadmium in the soil and *Silybum marianum* were measured.

Results: Arsenic accumulation in plants collected from plots A and D (6.83 and 6.18 mg arsenic per kg of plant dry weight) is greater than the plant permitted limit. The highest uptake of cadmium was observed in plot A (1.58 mg Cd per kg of plant dry weight) and then plot D (1.41 mg Cd per kg of plant dry weight) that in both plots were more than permitted standard limits. In the present study, between the CEC and soil organic carbon, with arsenic and cadmium uptake by the plant, a negative correlation was observed, so that areas with lower CEC and soil organic carbon, arsenic and cadmium levels were higher in plants.

Conclusion: In the present study, the arsenic amount in plants in areas with high acidity and salinity was higher. Considering that bioaccumulation factor in the roots and shoots for both metal, in all plots was smaller than one, the plant cannot be as a hyper accumulator for these metals.

Keywords: Asphalt, Heavy metal, Phytoremediation, *Silybum marianum*

* Corresponding Authors; Email: arabi_z2003@yahoo.com