توان گیاه پالایی آفتابگردان، ذرت و شلغم در جذب کادمیوم و برخی عناصر کم مصرف

حمید ملاحسینی[۱] و حمید رضا رحمانی[۲]
۱ و ۲- به ترتیب مربی و استادیار پژوهش در بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اصفهان، ایران
Email: molahoseini_h@yahoo.com

چکیده

به منظور بررسی توان گیاه پالایی سه گیاه آفتابگردان، ذرت و شلغم پژوهشی در سال ۱۳۸۶-۱۳۸۵ در اراضی کشاورزی جنوب تهران با استفاده از طرح بلوک‌های کامل تصادفی انجام شد. بر اساس نتایج بدست آمده کادمیوم در هر سه قسمت برگ، ساقه و دانه آفتابگردان موجود بود اما بیشترین غلظت در برگ (۰/۵۴ میلی گرم در کیلوگرم ماده خشک) مشاهده شد. فاکتور تجمع زیستی کادمیوم در دو گیاه آفتابگردان و ذرت به ترتیب ۰/۵۹ و ۰/۱۲ بود. در بین سه گیاه مطالعه شده، فاکتور انتقال عناصر روی، منگنز و مس در گیاه آفتابگردان به ترتیب برابر ۴/۹۹، ۱/۸۸ و ۲/۲۱ بود که بیانگر توان این گیاه به عنوان یک گیاه انباشت گر است. در یک نتیجه گیری کلی اگرچه در غالب موارد، غلظت عناصر در اندام‌های هوایی گیاهان مطالعه شده در حد کفایت بود اما استفاده گیاهان دارای توان بالای جذب عناصر سنگین (مشابه آفتابگردان) هم زمان با مصرف آب فاضلاب از تجمع این عناصر در خاک جلوگیری کرده و محصول تولیدی نیز قابلیت استفاده خواهد داشت.

کلمات کلیدی: زیست توده، فاکتور انتقال، فاکتور تجمع زیستی

مقدمه

گیاه پالایی به عنوان یک روش "دوست دار طبیعت" برای کاهش فلزات سنگین مورد توجه پژوهشگران بوده است. اصطلاح Phytoremediation که در برخی از منابع فارسی نیز گیاه پالایی نامیده شده است، در حقیقت از کلمه (Phyto)کلمه یونانی به معنی گیاه و کلمه (Remedium) کلمه لاتین به معنی تصحیح یا حذف یک پلیدی گرفته شده است. گیاه پالایی ممکن است دارای انواع مختلفی باشد و در موارد گوناگون نیز به کار برده شود (Ali et al, 2013).

فاضلاب و پساب‌ها از منابع با ارزش آب به ویژه در مناطق خشک محسوب می‌شوند. با توجه به این مسئله، کشورهای مختلف حساب ویژه ای برای استفاده از فاضلاب‌ها باز نموده‌اند. کشورهایی مثل آرژانتین، اردن و سوریه به ترتیب ۴۵/۲، ۷۹/۱ و ۶۶/۷ درصد از کل آب مصرفی در هر سال را مجدداً مورد استفاده قرار می‌دهند. در شهرهای بزرگی مثل برلین، لندن، میلان و پاریس قرن‌ها است که از پساب شهری برای تولید محصولات استفاده می‌شود. در هانوی ۸۰ درصد از سبزیجات تولیدی و در مکزیک بیش از ۲۶۰ هزار هکتار از اراضی کشاورزی با استفاده از پساب‌های شهری آبیاری می‌شوند (Kunhikrishnan et al, 2012). تا پایان سال ۱۳۸۲، ۷۵ تصفیه خانه در کشور راه اندازی شده و از سالیانه ۳/۹ میلیارد متر مکعب فاضلاب شهری تولیدی در کشور تنها ۹ درصد تصفیه و ۹۱ درصد دیگر بدون تصفیه وارد چاه های جذبی، رودخانه‌ها و یا زمین‌های کشاورزی می‌شود (Shaygan and Afshri, 2003).

استفاده از تکنیک گیاه پالایی برای کاهش آلودگی فلزات سنگین با استفاده از گیاهان مرتعی مثل تاج خروس (Amaranthus retroflexous)، نوعی علف هفت بند (Polygonum aviculare)، نوعی کنگر (Gundelia tournefortii)، خارگونی (Noea mucronata) و گیاه گاو چاق کن (Scariola orientalis) پدیده ای کاملاً شناخته شده است (Chehregani, 2009) اما در سال‌های اخیر توجه بیشتری به گیاهان زراعی در این زمینه جلب شده است. آفتابگردان به عنوان یک گیاه انباشت گر (Accumulator) در زمینه فلزات مختلف کاملاً شناخته شده است (Marques et al, 2013). در فاصله زمانی سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۹ میلادی گزارش گیاه پالایی برای دو گیاه آفتابگردان و ذرت به ترتیب ۵۷ و ۳۹ مورد بوده است (Vamerali et al, 2010) اما در مورد گیاه شلغم اطلاعات کمتری وجود دارد.

در پژوهشی در شهرکرد، تأثیر ۲۳ سال آبیاری با آب فاضلاب در مقایسه با آب چاه بر انباشت فلزات سنگین در خاک و جذب آن‌ها در دو گیاه ذرت و گندم مورد بررسی قرار گرفت. در این پژوهش میانگین شاخص انباشت فلزات سنگین روی، مس، سرب، کادمیم، کروم و نیکل برابر با ۱/۲، ۱/۳، ۰/۸، ۰/۴، ۱/۶ و ۱/۶ میلی گرم بر کیلوگرم بود (Harchegani and Banitalebi, 2013). اراضی جنوب شهر تهران به شکل گسترده از آب فاضلاب جهت تولید محصولات زراعی استفاده می‌نماید. پژوهش حاضر با هدف بررسی استفاده از سه گیاه آفتابگردان، ذرت و شلغم (سه گیاه مرسوم در تناوب‌های منطقه) جهت جذب برخی از عناصر سنگین و کاهش تجمع آن‌ها در خاک انجام شد.

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر در سال ۱۳۸۶- ۱۳۸۵ با استفاده از طرح بلوک‌های کامل تصادفی با پنج تکرار در اراضی جنوب تهران (جاده ورامین) با خاکی با سری شهرری و رده بندی تیپیک هاپلوجیپسید (Typic Haplogypsids) اجرا شد. پس از شخم، دیسک و تسطیح زمین سه گیاه آفتابگردان روغنی (رقم مستر)، شلغم علوفه ای (رقم سر ارغوانی) و ذرت علوفه ای (رقم ۷۰۴) در کرت هایی به مساحت ۳۰ متر مربع (۶×۵) در اراضی که قبلاً به کشت گندم اختصاص داشت و با فاضلاب شهری و آلوده به برخی از عناصر پرمصرف و کم مصرف کشت شدند. قبل از کشت، نمونه مرکب خاک تهیه و مواردی مثل کربن آلی، هدایت الکتریکی، اسیدیته، آهن، منگنز، روی، مس و کادمیوم در آن اندازه گیری شد. خاک قطعه زمینی که با آب چاه آبیاری شده و سابقه آبیاری با آب فاضلاب را نداشت به عنوان خاک غیر آلوده در نظر گرفته شد (جدول ۱).

جدول ۱- برخی ویژگی‌های خاک/آب محل آزمایش (آلوده) و مقایسه آن با شرایط معمول

ویژگی‌های خاک/آب Soil/water Characteristics	هدایت الکتریکی Ec(dSm-1)	اسیدیته pH	کربن آلی OC (%)	عناصر مختلف (Different elements) (mg kg-1)				
				Cd	Zn	Fe	Mn	Cu
خاک محل آزمایش (آلوده) Soil testing (polluted)	2.2	7.5	1.3	0.5	10	21.6	9.1	0.5
خاک محل آزمایش (غیر آلوده) Soil testing (un polluted)	1-2	7-7.5	1-2	0.06	0.7	5	5	0.06
آب مصرفی فاضلاب Wastewater consumption	1.4	7.5	-	0.08	0.005	-	-	0.05
آب مصرفی چاه Drinking-water wells	2.9	7.5	-	0.05	-	-	-	0.05
استاندارد ایران Iran Standard				0.1	2	-	-	2
* استاندارد فائو FAO Standard				0.01	2	-	-	0. 2

نتایج و بحث

بر اساس نتایج تجزیه واریانس داده‌ها، سه گیاه مورد مطالعه در این پژوهش از نظر تولید ماده خشک و غلظت عناصر کادمیوم (در سطح احتمال ۵ درصد) و روی، آهن، منگنز و مس (در سطح احتمال ۱ درصد) تفاوت معنی داری داشتند (جدول ۲).

جدول۲ - تجزیه واریانس ماده خشک و غلظت برخی از عناصر در سه گیاه ذرت، آفتابگردان و شلغم

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی (df)	میانگین مربعات (MS)					
		عملکرد ماده خشک (dry matter yield)	کادمیوم (Cd)	روی (Zn)	آهن (Fe)	منگنز (Mn)	مس (Cu)
تکرار Replication	4	153.29 *	1.68 ns	2.20*	10.52 ns	1.18*	28.73 *
گیاه زراعی Crops	2	5100.32 **	2.01 *	14.26 **	679.13 **	88.22 **	1207.2 **
خطا Error	8	57.82	6.64	0.40	11.53	0.971	13.67
ضریب تغییرات CV%		16.71	10.74	12.45	9.32	9.70	13.11

ns: غیر معنی دار، *: معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد، **: معنی دار در سطح احتمال ۱ درصد

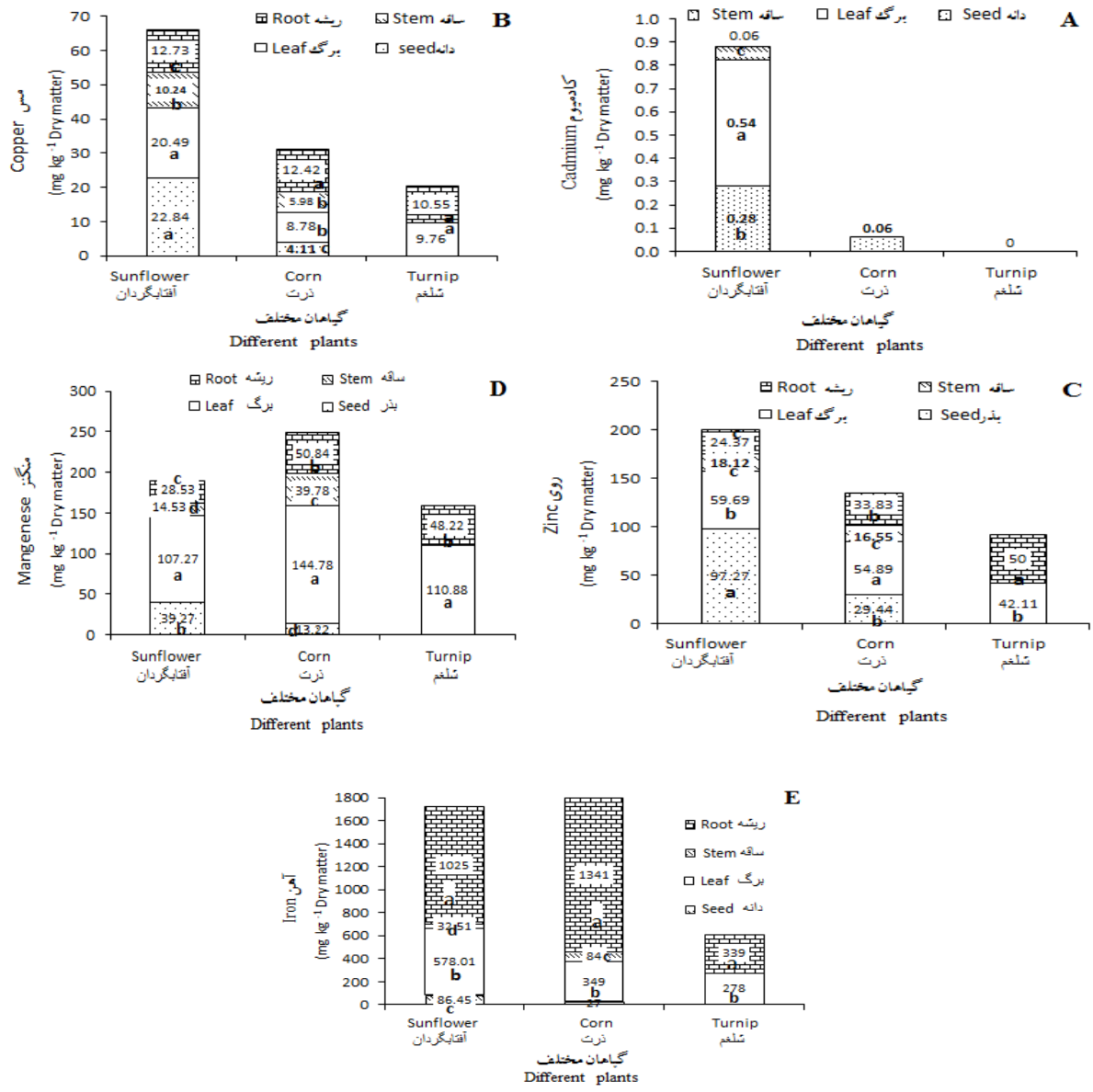
مقایسه غلظت عناصر مطالعه شده در اندام‌های مختلف گیاه

در رابطه با فلز سنگین کادمیوم (شکل ۱- A) گیاه آفتابگردان در هر سه قسمت دانه، ساقه و برگ دارای تجمع کادمیوم بود و حد بیشینه آن در برگ (۰/۵ میلی گرم در کیلوگرم) مشاهده شد. ذرت علوفه ای فقط دارای مقادیر اندکی کادمیوم در بذر بود و گیاه شلغم در هیچ یک از اندام‌های خود کادمیوم نداشت. در پژوهشی مشابه در زمینه دو گیاه ذرت و آفتابگردان، مقادیر جذب کادمیوم در اندام‌های هوایی گیاه آفتابگردان (۱۲۹ میلی گرم بر کیلوگرم) و ذرت (۲۰/۲ میلی گرم بر کیلوگرم) تشخیص داده شد در حالی که این مقادیر در ریشه این دو گیاه (آفتابگردان و ذرت) به ترتیب ۷۲/۴ و ۱۵۲ میلی گرم بر کیلوگرم بود (Oh et al, 2013). چهار قسمت ریشه، برگ، ساقه و دانه در دو گیاه آفتابگردان و ذرت جذب عنصر مس داشته‌اند در حالی که در گیاه شلغم جذب مس فقط در برگ و ریشه وجود داشت (که البته دانه و ساقه در شرایط زراعی برای این گیاه مد نظر نیست) (شکل ۱- B). دانه، برگ و ساقه آفتابگردان به ترتیب با ۲۲/۸۴، ۲۰/۴۹ و ۱۰/۲۴ میلی گرم در هر کیلوگرم بافت خشک، بیشترین مقادیر جذب مس را به خود اختصاص دادند. آفتابگردان معمولاً گیاهی شاخص برای اندازه گیری تأثیرات فنوتیپیک و فیزیولوژیک ناشی از مس در نظر گرفته می‌شود (Kolbas et al, 2014).

در رابطه با عنصر روی مقدار جذب در گیاه آفتابگردان بیش از دو گیاه ذرت و شلغم بود (شکل ۱-C). از مجموع روی جذب شده در گیاه آفتابگردان ۴۸/۶ درصد در دانه‌ها، ۲۹/۸ درصد مربوط به برگ‌ها و ۲۱/۵ درصد مربوط به ریشه و ساقه بود. بر خلاف گیاه آفتابگردان بیشترین مقدار جذب روی در گیاه ذرت مربوط به برگ‌ها بود (۴۰/۷ درصد از کل جذب). میزان جذب روی در گیاه شلغم در دو بخش برگ و ریشه انجام شد. متوسط غلظت عنصر روی در سه گیاه آفتابگردان، ذرت و شلغم به ترتیب برابر با ۵۸، ۴۲ و ۴۲ میلی گرم در هر کیلوگرم ماده خشک اندام‌های هوایی بود. این مقادیر در محدوده حد کفایت گیاه قرار دارد. در حقیقت غلظت‌های در محدوده غلظت روی خاک در پژوهش حاضر (۱۰ میلی گرم در کیلوگرم خاک) عنصر روی نقش محرک رشد داشته و این مسئله با تاکید بر نقش روی به عنوان عنصر کم مصرف مورد نیاز گیاهان، در پژوهش‌های دیگر نیز مورد توجه قرار گرفته است (Sridhar et al, 2007).

بر خلاف سه عنصر کادمیوم، مس و روی غلظت منگنز در گیاه ذرت بیشتر از گیاه آفتابگردان بود (شکل ۱-D). متوسط غلظت عنصر منگنز در سه گیاه آفتابگردان، ذرت و شلغم به ترتیب برابر با ۵۳/۷، ۶۶ و ۱۱۱ میلی گرم در هر کیلوگرم ماده خشک اندام‌های هوایی بود. در هر سه گیاه مورد مطالعه بیشترین غلظت‌های منگنز در برگ‌ها مشاهده شد. با وجود مطابقت اعداد ذکر شده با حد کفایت منگنز در گیاهان، الگوی جذب آن مشابه گیاهان انباشت گر منگنز است یعنی برگ‌ها بیشترین غلظت‌های منگنز را به خود اختصاص دادند. به هر صورت منگنز جزو عناصری است که در شرایط اسیدی و همچنین شرایط غرقاب، بیشترین مقادیر جذب را داراست (Valizadehfard et al, 2012).

بیشترین مقادیر جذب آهن در هر سه گیاه آفتابگردان، ذرت و شلغم در بخش ریشه‌ها انجام شد و غلظت آهن در ریشه به طور معنی دار بیشتر از سایر قسمت‌های گیاهان بود (شکل ۱- E). غلظت بالای آهن در ریشه‌ها و همچنین مقادیر بالای آن در برگ‌های هر سه گیاه (بیش از حد کفایت) بیانگر آن است که خاک محل آزمایش دارای مقادیر بالای آهن بوده است. اما نکته ای که باید به آن توجه کرد این است که هم ذرت و هم آفتابگردان دارای ریشه های نسبتاً عمیق (عمق نفوذ ۱/۵ متر) بوده و عملاً برداشت ریشه‌ها صورت نگرفته و فقط اندام‌های هوایی گیاه است که می‌تواند آهن را از زمین خارج نماید.



شکل۱- مقایسه غلظت عناصر کادمیوم (A)، مس (B)، روی (C)، منگنز (D) و آهن (E) در اندام‌های مختلف گیاهی
اعداد با حروف مشابه در هر ستون از نظر آماری تفاوتی ندارند (دانکن ۵٪)

- **مقایسه فاکتور انتقال (TF) و فاکتور تجمع زیستی (BF) در آفتابگردان، ذرت علوفه ای و شلغم**

برای قضاوت این که توانایی گیاهان مطالعه شده در جذب عناصر در چه حد است و برای به کمیت درآوردن این توانایی از دو شاخص فاکتور تجمع زیستی (غلظت عنصر در گیاه به غلظت آن در خاک) و فاکتور انتقال (غلظت عنصر در اندام‌های هوایی گیاه به غلظت آن در ریشه) استفاده می‌شود. در رابطه با عنصر کادمیوم مقادیر فاکتور تجمع زیستی در دو گیاه آفتابگردان و

ذرت کمتر از ۱ و فاکتور انتقال در هر دو حالت صفر بود (جدول ۵). در این پژوهش مقادیر کادمیوم جذب شده از طریق گیاهان مقادیر اندکی بود. اما دلیل این که چرا با وجود فاکتور انتقال نزدیک به صفر، کادمیوم به بخش‌های هوایی گیاه راه یافته است، آن است که به احتمال زیاد منبع جذب کادمیوم در دو گیاه ذرت و آفتابگردان آب فاضلاب آلوده به کادمیوم بوده است و نه خاک. در این حالت حرکت آب به درون آوندهای چوبی گیاه به دلیل حرکت توده ای و اختلاف فشار ناشی از تعرق در گیاه انجام می‌شود. در نقطه مقابل کادمیوم، عنصر آهن با وجود مقادیر بالای فاکتور تجمع زیستی در هر سه گیاه که بیانگر جذب این عنصر از خاک است، دارای فاکتور انتقال پایینی بود (کمتر از ۱). دلیل این امر همان طور که در (شکل ۱- E) عنوان شد، توقف این عنصر در ناحیه ریشه هر سه گیاه بوده است. در رابطه با عنصر روی فقط گیاه آفتابگردان یک گیاه انباشت گر محسوب شده و مقدار مقدا روی جذب شده از خاک (فاکتور تجمع زیستی ۲/۳۹) را به طور فعال به اندام‌های هوایی منتقل نموده است (فاکتور انتقال ۴/۹۹). دو گیاه ذرت و شلغم علیرغم داشتن فاکتور تجمع زیستی بالاتر از آفتابگردان، فاکتور انتقال کمتر از ۱ داشتند. با توجه به اعداد فاکتور انتقال (بزرگ‌تر از ۱) در مورد عنصر منگنز، هر دو گیاه ذرت و آفتابگردان پتانسیل انباشتگری این عنصر را دارا هستند ولی در مورد عنصر مس این مسئله فقط در گیاه آفتابگردان مصداق داشت (جدول ۵).

جدول ۵- مقایسه فاکتور انتقال (TF) و فاکتور تجمع زیستی (BF) برای عناصر مختلف در سه گیاه آفتابگردان، ذرت و شلغم

نام گیاه Plants name	عناصر مختلف (Different elements)									
	Cd		Zn		Fe		Mn		Cu	
	TF	BF	TF	BF	TF	BF	TF	BF	TF	BF
آفتابگردان Sunflower	ناچیز	0.59a	4.99a	2.39c	0.23b	19.93a	1.88b	5.21c	2.21a	1.40a
ذرت Corn	ناچیز	0.12b	0.99b	3.37b	0.11b	20.86a	1.30c	6.83b	0.51c	1.04b
شلغم Turnip	ناچیز	ناچیز	0.84b	4.6a	0.82a	14.3b	2.30a	8.74a	0.92b	1.35a

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج بدست آمده در این پژوهش علیرغم افزایش قابل توجه غلظت عناصر سنگین در خاک آبیاری شده با آب فاضلاب نسبت به خاک معمول (آبیاری شده با آب چاه)، غلظت‌های مشاهده شده در اندام‌های گیاهی در حد کفایت قرار داشت. با این وجود فاکتور انتقال محاسبه شده برای آفتابگردان (در مورد عناصر روی، منگنز و مس)، ذرت (روی و منگنز) و شلغم (منگنز) بیش از ۱ بود که بیان توان بالای این گیاهان برای انباشتگری این فلزات است. به عبارت ساده تر وجود گیاهان با توان جذب فلزات سنگین در تناوب‌های زراعی این امکان را فراهم می‌کند که حد مجاز این عناصر در خاک منطقه را همواره در سطحی پایین‌تر از سطح بحرانی نگاه داشت و علاوه بر استفاده از آب فاضلاب (به ویژه در شرایط بحران آب کنونی) محصول تولید شده نیز قابلیت استفاده برای مصارف انسانی و دامی را خواهد داشت. پژوهش‌هایی از این دست به افکار عمومی جامعه کمک می‌کند تا قضاوتی صحیح در مورد استفاده از فاضلاب‌ها جهت مصارف کشاورزی داشته باشند.

منابع

Ali, H., Khan, E and Sajad, M.A. 2013. Phytoremediation of heavy metals-concepts and applications. Chemosphere 91:869-881.

Chehregani, A., Noori, M and Yazdi, H.L. 2009. Phytoremediation of heavy metal polluted soils: Screening for new accumulator plants in Angouran mine (IRAN) and evaluation of removal ability. Ecotoxicology and Environmental Safety 72:1349-1353.

Kolbas, A., Marchand, L., Herzig, R., Nehnevaijva, E and Mench, M. 2014. Phenotypic seedling responses of a metal-tolerant mutant line of sunflower growing on a Cu-contaminated soil series: potential uses for biomonitoring of Cu exposure and Phytoremediation Plant and Soil 376:377-397.

Kunhikrishnan, A., Bolan, N.S., Muller K., Laurenson, S., Naidu, R and Kim, W. 2012. The influence of wastewater irrigation on the transformation and bioavailability of heavy metals in soil. Advances in Agronomy 115: 216-273.

Marques, A.P.G., Moreira, H., Franco, A.R., Rangel, O.S.S and Castro, P.M.L. 2013. Inoculation sunflower grown in zinc and cadmium contaminated soils with plant growth promoting bacteria-Effects on Phytoremediation strategies. Chemosphere 92:74-83.

Oh, K., Li, T., Cheng, H., He, X., and Yonemochi, S. 2013. Study on tolerance and accumulation potential of biofuel crops for Phytoremediation of heavy metals. International Journal of Environmental Science and Development 4:152-156.

Shaygan, J., and Afshri, A. 2003.The Treatment Situation of Municipal and Industrial Wastewater in Iran. Journal of Water and Wastewater 49:58-69. (in Persian with English abstract).

Sridhar, B.B.M., Han, F.X., Diehl, S.V., Monts, D.L and Su, Y .2007. Effect of Zn and Cd accumulation on structural and physiological characteristics of barley plants. Brazilian Journal of Plant Physiology 19:15–22.

Valizadehfard, F., Reihanitabar, A., Najafi, N., and Ustan, S. 2012. Combined effect of Cd and Zn in a calcareous soil on uptake of phosphorus, copper, iron and manganese, by two rice varieties in anaerobic and non-waterlogged conditions. Journal of Soil and Water Research 43:207-219. (in Persian).

Vamerali, T., Bandiera, and Moscs, G. 2010. Field crops for Phytoremediation of metal contaminated land. Environmental Chemistry Letters. 8: 1-17.

Phytoremediation Potential Sunflower, Corn and Turnips to Absorb Cadmium and Some Micronutrients

H. Molahoseini[1] and H.R. Rahmani[2]

[1]Research trainer of Soil and Water Research Department, Isfahan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Isfahan, Iran.

(Email: molahoseini_h@yahoo.com)

[2]Assistant Professor of Soil and Water Research Department, Isfahan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Isfahan, Iran.

Abstract

In order to evaluate the phytoremediation three crops of sunflower, corn and turnips research in the years 1386-1385 in the farmlands south of Tehran, using a randomized complete block design was conducted. The wastewater were used for irrigation in these area. Based on the results, the cadmium in each of the leaves, stems and seeds were available and the highest concentrations was observed in the leaves(0.54 mg per kg dry matter). The highest concentrations of iron absorption in all three of sunflower, corn and turnip were in roots and its concentration in roots was significantly higher than the rest of the plant. The Cadmium bioaccumulation factor in sunflower and corn were , 0.59 and 0.12 respectively. The manganese transmission factor in three of sunflower, corn and turnips were 1.88, 1.30 and 2.30 respectively.Among the three plants studied, transfer factor, zinc, manganese and copper in sunflower plant were 4.99, 1.88 and 2.21 respectively, which reflects the power of this plant as a plant is the accumulation. In conclusion, although in most cases, the concentration in the plant was adequately studied, but plants with high capacity to absorb heavy metals (like sunflower) with use of wastewater for irrigation will be prevented accumulation of heavy metals in soils and also the usability of the product.

Keywords: Biomass, Transfer factor, Bioaccumulation factor