نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۷، شماره ۶، بهمن - اسفند ۱۳۹۲، ص. ۱۲۱۵-۱۲۰۷

Journal of Water and Soil
Vol. 27, No. 6, Jan.-Feb. 2014, p. 1207-1215

ارزیابی جذب کادمیوم و روی بوسیله گلایول، لاله و نرگس

قاسم رحیمی[1*] - هفترانی دودانگه[2]

تاریخ دریافت:۱۳۹۲/۲/۸
تاریخ پذیرش:۱۳۹۲/۹/۱۸

چکیده

بمنظور بررسی ظرفیت جذب کادمیوم و روی بوسیله گل‌های گلایول، لاله و نرگس، پژوهشی بر خاک‌های آلوده به کادمیوم و روی در قالب آزمایش فاکتوریل و بصورت طرح کاملاً تصادفی با دو فاکتور، شامل خاک‌های با آلودگی گوناگون (در سه سطح A بالاترین آلودگی، B کمترین آلودگی و C عاری از آلودگی) و گل‌های مختلف (گلایول، لاله و نرگس) با چهار تکرار در گلخانه دانشکده کشاورزی دانشگاه بوعلی سینا انجام شد. نتایج نشان داد که افزایش آلودگی باعث کاهش وزن خشک گل‌های گلایول و لاله نسبت به شاهد گردید ولی بر وزن خشک نرگس تاثیری نداشت. با افزایش آلودگی، جذب کادمیوم و روی توسط تمام گل‌ها افزایش یافت. بیشترین غلظت کادمیوم در اندام هوایی گل‌ها در تیمار با سطح A (با میانگین ۳/۴۸ میلی گرم بر کیلوگرم) مشاهده شد که با تیمار سطوح B ,C تفاوت معنی داری داشت. بین تیمار آلودگی سطح B و C تفاوت معنی داری نبود. بیشترین مقدار غلظت روی در بخش هوایی گل‌ها در سطح A (بطور میانگین ۲۶/۰۳) و برای سطوح B و C بطور میانگین ۱۷/۴۶ و ۱۳/۹۹ میلی گرم بر کیلو گرم بود. جذب کادمیوم بوسیله اندام هوایی و پیاز گل‌های گلایول، نرگس و لاله برابر بود. غلظت روی در اندام هوایی لاله بیشتر از گل‌های گلایول و نرگس مشاهده گردید ولی غلظت این فلز در پیاز گل‌ها با هم برابر بود. افزایش غلظت کادمیوم در خاک تاثیر معنی داری بر شاخص‌های ترابری و گردآوری کادمیوم نداشت. با افزایش غلظت روی در خاک، شاخص گردآوری این فلز کاهش یافت ولی بر شاخص ترابری روی تاثیر چشمگیری نداشت. شاخص‌های ترابری و گردآوری فلزات روی و کادمیوم در هر سه گل برابر بودند. بنابراین با ذخیره کادمیوم و روی در بخش‌های قابل فروش گل‌های گلایول، لاله و نرگس می‌توان به پاکسازی خاک‌های آلوده کمک کرد.

واژه‌های کلیدی: روی، کادمیوم، گلایول، لاله، نرگس

مقدمه

آلودگی خاک به فلزات سنگین یکی از مشکلات مهم محیط زیست محسوب می‌شود. فلزات سنگین با تجمع در زنجیره غذایی خطرات بسیار زیادی برای بشر و جانداران بوجود می‌آورند (۲). در بین فلزات سنگین، کادمیوم و روی از مهمترین آلاینده‌هایی هستند که با ورود به زنجیره غذایی و تجمع در بدن انسان باعث بروز مشکلات زیادی شده‌اند. از جمله شواهد بدست آمده ناشی از اثرات کادمیوم، بیماری ایتای ایتای در ژاپن می‌باشد (۲۱). همچنین کادمیوم باعث سردرد، تهوع، برونشیت، نفریت (۱۸) مشکلات کلیوی، عصبی و سرطان (۲) می‌شود. روی نیز باعث ایجاد تهوع، دردهای شکمی و اسپاسم گوارشی می‌شود. افزایش روی در محدوده ۱۰۰-۳۰۰ میلی گرم در روز با کم خونی سلولی همراه است و منجر به کاهش جذب مس در بدن می‌گردد (۲۵). بنابراین تجمع کادمیوم و روی در محیط زیست حاوی خطرات زیاد و اختلالات اساسی برای زیست جانداران ایجاد می‌کند. این فلزات از طریق پساب کارخانجات، فعالیت معادن و صنایع، کاربرد لجن فاضلاب و کودهای شیمیایی وارد زمین‌های کشاورزی می‌شوند.

روش‌های گوناگونی به منظور پالایش فلزات سنگین از خاک و آب وجود دارد که این روش‌ها اغلب پرهزینه و زمان‌بر بوده و مخصوص مناطقی با مساحت کوچک هستند. اخیرا استفاده از گیاهان تجمع دهنده فلزات سنگین برای پالایش مناطق آلوده بیشتر مورد توجه محققان قرار گرفته است (۱۷). فنگ پنگ و همکاران (۹) گیاه-پالایی را استفاده از گیاهان برای استخراج، جداکردن و برطرف کردن آلاینده‌ها تعریف کرده‌اند و آن را جایگزین مناسبی برای روش‌های ویران‌کننده شیمیایی دانستند. بنابراین گیاه پالایی بعنوان یک روش ارزان، دوست‌دار محیط زیست و روش قابل قبول و عملی برای محیط‌های آلوده پیشنهاد ایده‌آلی بنظر می‌رسد. در گیاه پالایی چندین

۱ و ۲- استادیار و دانش آموخته کارشناسی ارشد گروه خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا
(*- نویسنده مسئول: Email: ghasemr@gmail.com)

Archive of SID
www.SID.ir

مکانیسم می‌تواند باعث تصفیه فلزات شود که عبارتند از گیاه تبدیلی[1]، گیاه تبخیری[2]، پالایش ریشه ای[3]، گیاه تثبیتی[4]، گیاه استخراجی[5] و فیلتراسیون ریشه ای[6] (۱۶، ۲۲ و ۲۸). گیاه تبدیلی به جذب و تجمع آلاینده‌های خاک و آب زیرزمینی در گیاه و متعاقباً تجزیه توسط گیاه اطلاق می‌شود. در گیاه تبخیری، آلاینده‌های جذب شده توسط گیاه، با فرآیند تبخیر وارد اتمسفر می‌شوند. در پالایش ریشه ای، ریشه گیاهان و ریزجانداران با مکانیسم‌های مختلف باعث بهبود زیست پالایی خاک در محیط ریشه می‌شوند. گیاه تثبیتی، به نگهداری خاک و رسوبات آلوده در محل توسط پوشش گیاهی و همچنین ایستا کردن آلاینده‌های سمی در خاک اطلاق می‌شود. در گیاه استخراجی از گیاهان تجمع دهنده فلزات برای انتقال از خاک به ریشه و سپس به ساقه‌ها و برگ‌ها و انباشته نمودن آنها در خاک استفاده می‌شود. فیلتراسیون ریشه‌ای از جمله فرآیندهایی است که باعث پالایش آب‌های آلوده می‌شود (۱۶، ۲۲ و ۲۸). اکثر گیاهانی که در این روش‌ها استفاده می‌شوند ارزش اقتصادی کمی دارند و مصرف این گیاهان با مشکل مواجه است. استفاده از گیاهانی با قسمت‌های غیرخوراکی که ارزش اقتصادی بالایی داشته باشد مثل قلمه گل‌ها و گیاهان معطر پیشنهاد مناسبی برای مطالعات گیاه‌پالایی است. این گیاهان پس از جذب فلزات و برداشت از مزرعه، بدون اینکه وارد زنجیره غذایی شوند، مورد استفاده قرار می‌گیرند و در نهایت همراه با زباله‌های شهری دفع می‌شوند. مطالعه‌ای در هندوستان نشان داد گل گلایول توانایی جذب مقادیر زیادی کادمیوم در اندام هوایی خود را دارا می‌باشد (۱۳). در مطالعه‌ای در هندوستان، گل گلایول توانایی جذب مقادیر زیادی کادمیوم را در اندام هوایی خود نشان داده است (۱۳). بسیاری از کشورها با بهره گیری از دانش تولید، تجهیزات و ارقام مناسب به تولید گل و گیاهان زینتی می‌پردازند و علاوه بر تامین نیاز داخلی، مبالغ قابل توجهی از طریق صادرات آن کسب می‌کنند. برخی از کشورهای صنعتی با پی بردن به آثار مفید استفاده از گل‌ها و گیاهان زینتی، مانند افزایش بهره وری و ضریب امید به زندگی در محیط کاری، گیاهان زینتی را همچون کالای مصرفی وارد می‌کنند (۱). در ایران پژوهش‌های بسیار کمی درباره جذب فلزات سنگین بوسیله گیاهان زینتی انجام شده است. به این ترتیب این پژوهش با هدف بررسی رشد و میزان جذب فلزات سنگین توسط گل‌های گلایول، لاله و نرگس در خاک‌های آلوده به فلزات کادمیوم و روی اجرا گردید.

1-Phytotransformation
2-Phytovolatilization
3-Rhizosphere bioremediation
4-Phytostabilization
5-Phytoextraction
6-Rhizofiltration

مواد و روش‌ها

این پژوهش روی سه خاک با مقادیر متفاوت آلودگی در گلخانه دانشکده کشاورزی دانشگاه بوعلی سینا انجام شد. خاکهای A و B از نقاط گوناگون معدن سرب و روی آهنگران شهرستان ملایر که از لحاظ مقدار فلزات سنگین بیشترین اختلاف را داشتند، برای آزمایش گلخانه‌ای انتخاب شدند و خاک C نیز از زمین‌های اطراف گلخانه بعنوان خاک شاهد که عاری از آلودگی بود انتخاب و به آزمایشگاه منتقل شدند. نمونه‌ها هوا خشک و برای انجام آنالیزهای شیمیایی و فیزیکی، از الک ۲ میلیمتری عبور داده شدند. این پژوهش در قالب آزمایش فاکتوریل و بصورت طرح کاملا تصادفی، در دو فاکتور، شامل نوع خاک (در سه سطح A بالاترین سطح آلودگی، B کمترین سطح آلودگی و C عاری از آلودگی) و نوع گل (در سه سطح گلایول، لاله و نرگس) و با چهار تکرار انجام شد. در هر گلدان هشت کیلوگرم خاک ریخته شد و سپس دو عدد پیاز کاشته شد. گلدانها هر دو روز یک بار آبیاری شدند و پس از رشد گیاهان بر اساس نیازشان علف‌های هرز وجین شدند. بعد از گذشت پنج ماه، برداشت صورت گرفت. برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک‌ها مانند بافت خاک بر پایه قانون استوکس[7] و به روش هیدرومتری (۳)، ظرفیت تبادل کاتیونی به روش استات آمونیم (۲۰)، pH خاک در عصاره ۵:۱ خاک به آب به کمک دستگاه pH متر دیجیتال مترهم[8] مدل ۸۲۷ (۲۷)، هدایت الکتریکی (EC) خاک در عصاره ۵:۱ خاک به آب و با دستگاه هدایت سنج الکتریکی مترهم مدل ۷۱۲ (۱۹)، مواد آلی بروش اکسیداسیون تر (۳۰)، کربنات کلسیم معادل خاک به روش تیتراسیون برگشتی (۲۳)، مقدار فلزات کل به روش اسپوزیتو و همکاران (۲۴) و فلزات قابل استفاده گیاه (فراهم) به روش لیندزی و نورول (۱۵) اندازه گیری شد. نمونه‌های گیاهی پس از برداشت، با آب مقطر به دفعات شستشو داده شد. نمونه‌های گیاهی شامل برگ و ساقه گل‌ها (بخش هوایی) و پیاز و ریشه گل‌ها (بخش پیاز) بودند. سپس نمونه ها در آون در دمای ۷۰ درجه به مدت ۴۸ ساعت خشک شدند. برای ایجاد یکنواختی در ترکیب نمونه‌ها، بافت خشک گیاهان آسیاب شد و از الک یک میلی متری عبور داده شدند. فلزات سنگین در گیاه به روش فیگوئرا و همکاران (۱۰) اندازه گیری شد (جدول ۱). مقدار فلزهای سنگین کادمیوم و روی در خاک و گیاه به کمک دستگاه اسپکتروفتومتر جذب اتمی شعله سنج مدل ۲۲۰ واریان قرائت شدند. برای بررسی توان جذب فلزات سنگین در گیاهان کشت شده، شاخص‌هایی مانند فاکتور ترابری[9] و فاکتور گردآوری[10] برآورد شد. فاکتور ترابری از نسبت

7-Stocks' Law
8-Metrohm
9- Transloation Factor
10- Enrichment Factor

Archive of SID

www.SID.ir

غلظت فلز در اندام هوایی به غلظت فلز در ریشه و فاکتور گردآوری از نسبت غلظت فلز در اندام هوایی بـه غلظـت کـل آن در خـاک اولیـه بدست می آید (۳۲). برای آنـالیز داده‌هـا از نـرم افـزار SAS و بـرای مقایسه میانگین داده‌ها از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد استفاده شد.

نتایج و بحث

تاثیر سطوح آلودگی روی وزن خشک گلها

در این پژوهش در تیمارهای گوناگون هیچگونه علایم ظـاهری سمیت مانند کلروزه شدن و نکروزه شدن در گـل‌هـای اسـتفاده شـده دیده نشد بخصوص اینکه در تیمار آلودگی A مقـدار فلـزات سـنگین بیشتر از بقیه تیمارها بود و فقط افزایش آلـودگی باعـث کـاهش وزن خشک گیاهان شد. جدول ۲ نشان می‌دهد که سطوح مختلف آلودگی تاثیر معنی داری روی وزن خشک گلها ایجاد نمـود و باعـث کـاهش وزن آنها شد. وزن خشک اندام هوایی گلایـول در آلـودگی سـطح A کمترین مقدار بود و بـا کـاهش آلـودگی (از A بـه C)، وزن گلایـول افزایش یافت که نشان دهنده تاثیر منفـی آلـودگی فلزهـای سـنگین روی رشد گلایول بود. پیامد منفی ناشی از آلودگی، روی رشـد و وزن خشک لاله هم تاثیر گذاشت. بطوریکه با افزایش سطوح آلودگی، وزن خشک اندام هوایی لاله نیز کاهش یافت. بیشترین وزن خشـک لالـه در تیمار C و کمترین وزن خشک در تیمار A مشاهده گردید. مقایسه میانگین وزن خشک اندام هوایی گل نـرگس نشـان داد کـه آلـودگی روی رشد منفـی و وزن خشـک انـدام هـوایی آن تـاثیر چشـمگیری نداشت. نتایج تحقیقات خاچانچی و همکاران (۱۳) نشـان داد کـه بـا افزایش غلظت کادمیوم در خاک وزن تازه گل‌های گلایول، داوودی و جعفری کاهش یافـت. ژانـگ و همکـاران (۳۲) گـزارش کردنـد کـه افزایش مقدار کادمیوم در خاک باعث کـاهش ارتفـاع انـدام هـوایی و طول ریشه گیاه آمارانتوس شد.

جدول ۱- ویژگی خاک‌های استفاده شده

پارامتر	واحد	خاک A	خاک B	خاک C
pH	–	۷/۰۲	۷/۵	۷/۴
EC	dSm^{-1}	۰/۶۱	۰/۳۱۵	۰/۲۱
کربن آلی	(٪)	۰/۶۲	۰/۵۱	۰/۵۸
CEC	$cmol^{+}.kg^{-1}$	۱۶/۱۸	۱۵	۲۱
فسفر فراهم	$mg.kg^{-1}$	۲۵	۱۳	۱۵
پتاسیم فراهم	$mg.kg^{-1}$	۱۷۶	۱۵۰	۹۰
سرب (فراهم)	$mg.kg^{-1}$	۷۶/۱۶	۲۸	۱۱/۵
کادمیوم (فراهم)	$mg.kg^{-1}$	۰/۸۵	۰/۰۵۴	۰
روی (فراهم)	$mg.kg^{-1}$	۱۶/۵۴	۳/۳۲	۲/۳۱
روی (کل)	$mg.kg^{-1}$	۳۲۴	۱۸۳	۱۳۹
مس (کل)	$mg.kg^{-1}$	۸۰	۷۰/۸	۷۶/۷۸
نیکل (کل)	$mg.kg^{-1}$	۹۱/۹۸	۶۰/۷	۲۵/۵۹
کادمیم(کل)	$mg.kg^{-1}$	۱۰/۱۴	۰/۸۳	۰/۱۳۵
سرب (کل)	$mg.kg^{-1}$	۷۲۵	۳۱۱/۳	۱۸/۷۵
شن	(٪)	۴۰	۳۸	۲۴
سیلت	(٪)	۴۰	۴۴	۵۶
رس	(٪)	۲۰	۱۸	۲۰

جدول ۲- وزن خشک گل‌ها در تیمارهای با درجه آلودگی گوناگون

آلودگی	متوسط وزن خشک گیاهان (گرم در گلدان)		
	گلایول	لاله	نرگس
A	۴/۷۷^{b}	۱^{b}	۱/۵۵^{a}
B	۵/۶^{ab}	۱/۳۳^{ab}	۱/۷۴^{a}
C	۶/۸۱^{a}	۱/۴^{a}	۱/۷۴^{a}

حروف غیرهمنام در هر ستون نشان دهنده معنی دار بودن در سطح ۵ درصد می‌باشد.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۳- تجزیه واریانس کادمیوم و روی در بخش هوایی و پیاز گل‌ها، شاخص ترابری و شاخص گردآوری در تیمارهای مختلف آلودگی و گل

میانگین مربعات

منبع پراکندگی	درجه آزادی	کادمیوم				روی			
		بخش هوایی	پیاز	شاخص ترابری	شاخص گردآوری	بخش هوایی	پیاز	شاخص ترابری	شاخص گردآوری
آلودگی	۲	۴۶/۶۸**	۱۹۰/۱۹**	۰/۰۲۶**	۰/۳۵۴**	۴۶۰/۳۴**	۲۶۷۰/۶۲**	۰/۰۵۷^{ns}	۰/۰۰۱۳^{ns}
گل	۲	۰/۰۰۸^{ns}	۰/۰۳^{ns}	۰/۰۰۴^{ns}	۰/۰۰۰۶^{ns}	۴۶/۴^{ns}	۱۵۰/۵۳^{ns}	۰/۰۰۷^{ns}	۰/۰۰۰۸^{ns}
آلودگی× گل	۴	۰/۰۰۷^{ns}	۰/۰۲۸^{ns}	۰/۰۰۴^{ns}	۰/۰۰۰۴^{ns}	۱۸/۸^{ns}	۵۳/۳۳^{ns}	۰/۰۲۳^{ns}	۰/۰۰۰۲^{ns}
خطا	۲۷	۰/۰۸	۰/۳۱	۰/۰۰۹	۰/۰۰۱	۱۶/۰۷	۷۵/۱۸	۰/۰۲۳	۰/۰۰۰۴
ضریب تغییرات		۲۳/۵۲	۲۳/۹	۲۸/۵۹	۲۱/۲۰	۲۰/۹۱	۲۱/۷۸	۲۹/۸۷	۲۳/۰۵

ns و **- به ترتیب نشان دهنده معنی دار نبودن و تفاوت معنی دار در سطح ۱ درصد می‌باشد

غلظت فلزات در بخش هوایی گل‌ها

تجزیه واریانس کادمیوم و روی در بخش هوایی و پیاز گل‌ها و شاخص ترابری و شاخص گردآوری کادمیوم و روی در تیمارهای مختلف آلودگی و گل در جدول ۳ آورده شده است. یافته‌های این جدول نشان می‌دهد که جذب کادمیوم توسط بخش هوایی گل‌ها فقط تحت تاثیر تیمار آلودگی بصورت چشمگیر تغییر کرد و تیمار نوع گل‌ها روی جذب کادمیوم بوسیله بخش هوایی گیاهان تاثیر معنی داری نداشت. همچنین اثر متقابل نوع آلودگی و گل‌ها معنی دار نبود.

جدول ۴ مقایسه میانگین غلظت فلزهای کادمیوم و روی در بخش هوایی و پیاز گل‌ها و شاخص ترابری و گردآوری کادمیوم و روی در تیمارهای مختلف آلودگی را نشان می‌دهد. از نتایج این جدول مشخص می‌شود که با افزایش آلودگی، میزان جذب کادمیوم توسط هر سه گل افزایش یافت. بیشترین غلظت کادمیوم در اندام هوایی گل‌ها در تیمار آلودگی با سطح A با میانگین ۳/۴۸ میلی گرم بر کیلوگرم مشاهده شد که با تیمار سطوح B , C تفاوت معنی داری داشت. همچنین تیمار آلودگی سطح B با میانگین ۰/۱۳ میلی گرم بر کیلوگرم با تیمار آلودگی سطح C تفاوت معنی داری نداشت. بعلت اینکه مقدار کادمیوم در خاک با سطح C خیلی کم بود، جذب آن توسط گیاهان هم خیلی ناچیز بوده است و توسط دستگاه جذب اتمی قرائت نشد. مقایسه میانگین فلزهای کادمیوم و روی در بخش هوایی و پیاز گیاهان و شاخص ترابری و گردآوری کادمیوم و روی در تیمارهای متفاوت گل در جدول ۵ نشان داده شده است از این جدول پیداست که بیشترین جذب کادمیوم توسط گل لاله و کمترین جذب توسط گلایول صورت گرفته است ولی جذب کادمیوم توسط این **گل‌ها** از نظر آماری **تفاوت معنی داری با هم نداشت. شاخص ترابری و شاخص گردآوریریش**

جی و همکاران (۱۱) گزارش کردند که غلظت کادمیوم در اندام‌های گوناگون گیاه به خصوصیات ژنتیکی هر گیاه و غلظت این فلز در خاک بستگی دارد. همانطور که این در این آزمایش مشاهده شد، با تغییر غلظت کادمیوم در خاک، جذب آن بوسیله گیاهان تغییر کرد. نتایج آزمایش‌های جی و همکاران (۱۱) نشان داد که گیاه *Solanum nigrum* می‌تواند ۹/۶ تا ۹/۹ میلی گرم بر گیلوگرم کادمیوم در اندام هوایی خود ذخیره کند. همچنین چهرگانی و همکاران (۴) در مطالعات خود بیان کردند که غلظت کادمیوم در اندام هوایی و برگ‌های گیاهان نوا، آمارانتوس، خارشتر، کنگر و استیپا به ترتیب ۱۴، ۵، ۶/۲، ۲/۳ و ۱/۶ میلی گرم بر کیلوگرم بوده است. نتایج مطالعه حاضر نشان می‌دهد که غلظت کادمیوم در اندام هوایی گل-های استفاده شده در این مطالعه بسیار کمتر از سایر گیاهانی است که در مطالعات گیاه پالایی استفاده می‌شود.

یافته‌های تجزیه واریانس جذب روی بوسیله بخش هوایی گل‌ها (جدول ۳) نشان می‌دهد که غلظت روی در گل‌ها تنها تحت تاثیر تیمار آلودگی‌های گوناگون بوجود آمد و این اثر نیز معنی دار بوده است. هرچند اثر متقابل آنها معنی دار نبود. جدول ۴ نشان می‌دهد که غلظت روی در بخش هوایی گل‌ها در تیمار آلودگی با سطح A بیشترین مقدار و میانگین آن ۲۶/۰۳ و سپس در تیمار آلودگی با سطح B با میانگین ۱۷/۴۶ میلی گرم بر کیلوگرم بود. همچنین غلظت این فلز در اندام هوایی گیاهان در تیمار آلودگی با سطح C با میانگین ۱۳/۹۹ میلی گرم بر کیلوگرم کمترین مقدار بود. این تفاوت‌ها در سطح ۵ درصد با هم معنی دار بودند و نشان می‌دهدکه با افزایش غلظت روی در خاک، جذب روی توسط گیاهان نیز افزایش یافت. نتایج جدول ۵ نشان می‌دهد که جذب روی توسط بخش هوایی گل لاله بیشتر از گل گلایول بود و این اختلاف متمایل به معنی دار شدن بود، و در سطح ۵ در صد با نیز اختلاف معنی داری نداشتند. همچنین غلظت روی در بخش هوایی گل نرگس با گل‌های گلایول و لاله اختلاف معنی داری نداشت. یافته های چهرگانی و همکاران (۴) نشان داد که غلظت روی در اندام هوایی گیاهان خارشتر، آمارنتوس، کنگر، کاهوی وحشی و استیپا به ترتیب ۶۲، ۲۳۳، ۸۲۰، ۱۲۶۲و ۳۹ میلی گرم برکیلوگرم بود. کلمنته و همکاران (۵) گزارش کردند که

Archive of SID

www.SID.ir

شلغم هندی می‌تواند بیش از ۶۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم روی در اندام هوایی خود ذخیره کند. نتایج والکر و همکاران (۲۹) نشان داد که گیاه *C. album* در برگ‌های خود ۶۱۲ میلی گرم بر کیلوگرم روی انبار کرد. دلریو و همکاران (۶) اعلام کردند که غلظت روی در اندام هوایی گیاهان *A. blitoides*، *M. nicaeensis*، *C. dactylon*، *C. arvensis* و *C. fuscatum* به ترتیب ۹۳۰، ۵۲۵، ۳۵۲، ۶۰ و ۲۴۱ میلی گرم بر کیلوگرم مشاهده شد. کمال و همکاران (۱۲) در پژوهشی از سه گیاه آبی بمنظور گیاه پالایی استفاده کردند و نشان دادند که گیاهان نعنای آبی، پر طوطی و گل پامچال خزنده بترتیب می‌توانند ۱۴۹۸، ۵۴۹ و ۱۲۴۳ میلی گرم بر کیلوگرم روی در اندام خود ذخیره کنند. بنابراین با توجه به مقایسه یافته‌های این تحقیق با تحقیقات دیگر، می‌توان گفت غلظت فلزات سنگین در گیاهان زینتی استفاده شده در این پژوهش نسبت به دیگر گیاهان و مطالعات دیگر بسیار کمتر بوده و خطرات زیست محیطی کمتری ایجاد می‌کنند.

در ایران پژوهش‌های کمی در باره استفاده از گیاهان زینتی به منظور گیاه پالایی انجام شده است. خاجانچی و همکاران (۱۳) در پژوهش خود در کشور هندوستان گزارش کردند که گل‌های گلایول، داوودی و جعفری توانایی رشد در خاک‌های آلوده به کادمیوم را دارند و با افزایش مقدار کادمیوم در خاک، غلظت این فلز در بخش هوایی گل‌ها افزایش یافت. آنان بیان کردند که گلهای بریده قابل فروش گلایول با بیشترین تحمل رشد و بالاترین جذب کادمیوم، توانایی پاکسازی خاک‌های نیمه آلوده را دارد. ژانگ و همکاران (۳۲) بیان کردند که آمارانتوس می‌تواند در خاک‌های آلوده به کادمیوم رشد کند. لای و چن (۱۴) گزارش کردند که گل رنگین کمان صورتی توانایی تجمع کادمیوم، روی و سرب در اندام هوایی خود را دارد. اسپینوسا و اولیوا (۸) پیشنهاد کردند که می‌توان از گل خرزهره بعنوان نمایشگر مناطق آلوده به فلزات سنگین استفاده کرد. دیر و سریواستا (۷) بیان کردند که گیاهانی که بتوانند بیش از ۰/۵ درصد وزن خشک خود فلز جذب کنند، آنان را فرا انباشتگر می‌نامند. طبق این تعریف گل‌های مورد مطالعه در این پژوهش کمتر از دامنه پیشنهادی فلز جذب کردند و بنابراین جز گیاهان فرا انباشتگر محسوب نمی‌شوند. با توجه به اینکه این گیاهان در مقایسه با گیاهان فرا انباشتگر، بطور طبیعی فلزهای سنگین کمتری را جذب کردند وبخش تولیدی دارای ارزش اقتصادی می‌باشد، بنابراین، این گیاهان مناسب و قابلیت توصیه دو منظوره (گیاه پالایی و صرفه اقتصادی) را دارند. زیرا با کمترین خطرات زیست محیطی می‌توان بالاترین بهره دهی اقتصادی را بدست آورد.

غلظت فلزات سنگین در پیاز گل‌ها

یافته‌های جدول ۳ نشان می‌دهد که مقدار جذب کادمیوم توسط پیاز گل‌ها در اثر تغییر آلودگی، بصورت چشمگیر تغییر کرد ولی با تغییر نوع گل، جذب این فلز بوسیله پیاز گل‌ها بگونه معنی داری تغییر نکرد. اثر متقابل نوع آلودگی و نوع گل روی جذب کادمیوم نیز معنی دار نبود. گل‌های تیمار آلودگی با سطح A با میانگین ۶/۹۶ بیشترین مقدار کادمیوم را در پیاز خود انبار کردند و با گل‌های موجود در تیمار با سطوح B و C تفاوت معنی داری داشتند. جدول ۴ نشان می‌دهد که با افزایش آلودگی بطور میانگین جذب کادمیوم بوسیله پیاز گل‌ها افزایش معنی داری پیدا کرد. مقدار جذب کادمیوم به وسیله پیاز هر سه گل از نظر آماری تفاوت معنی داری نداشتند (جدول ۵).

از جدول ۳ پیداست که تاثیر نوع آلودگی بر جذب فلز روی بوسیله پیاز گل‌ها پیامد چشمگیر داشته است، در حالیکه نوع گل روی جذب این فلز پیامد چشمگیری نداشت. همچنین جدول تجزیه واریانس آشکار می‌کند که اثر متقابل نوع آلودگی و نوع گل، بر جذب فلز روی بوسیله پیاز گل‌ها تاثیری بجای نگذاشت. بیشترین جذب روی در پیاز هرسه گل در تیمار آلودگی در سطح A با میانگین ۵۵/۸۲ و کمترین آن در تیمار آلودگی در سطح C با میانگین ۲۶/۳۱ میلی گرم بر کیلوگرم بود.

جدول ٤- مقایسه میانگین غلظت فلزهای کادمیوم و روی در بخش هوایی و پیاز گل‌ها و شاخص ترابری و شاخص گردآوری در تیمارهای مختلف آلودگی

تیمار	کادمیوم mg/kg				روی mg/kg			
	بخش هوایی	پیاز	شاخص ترابری	شاخص گردآوری	بخش هوایی	پیاز	شاخص ترابری	شاخص گردآوری
آلودگی شدید(A)	۳/۴۸^{a}	۶/۹۶^{a}	۰/۵۱^{a}	۰/۳۴^{a}	۲۶/۰۳^{a}	۵۵/۸۲^{a}	۰/۴۶^{a}	۰/۰۸^{b}
آلودگی متوسط (B)	۰/۱۳^{b}	۰/۱۸^{b}	۰/۴۹^{a}	۰/۱۵^{b}	۱۷/۴۶^{b}	۳۷/۲۶^{b}	۰/۴۷^{a}	۰/۰۹^{ab}
آلودگی کم (C)	۰^{b}	۰^{b}	۰^{b}	۰^{c}	۱۳/۹۹^{C}	۲۶/۳۱^{c}	۰/۵۹^{a}	۰/۱^{a}

حروف غیرهمنام در هر ستون، نشان دهنده تفاوت معنی دار در سطح ۵ درصد می‌باشد.

جدول ۵-مقایسه میانگین فلزهای کادمیوم و روی در بخش هوایی و پیاز گیاهان و شاخص ترابری و شاخص گردآوری در تیمار های متفاوت گل‌ها

Archive of SID

www.SID.ir

تیمار	کادمیوم mg/kg				روی mg/kg			
	بخش هوایی	پیاز	شاخص ترابری	شاخص گردآوری	بخش هوایی	پیاز	شاخص ترابری	شاخص گردآوری
گل لاله	۱/۲۳[a]	۲/۴۱[a]	۰/۳۴[a]	۰/۱۷[a]	۲۱/۳۴[a]	۴۳/۷۸[a]	۰/۴۹[a]	۰/۱[a]
گل نرگس	۱/۲[a]	۲/۳۱[a]	۰/۳۵[a]	۰/۱۶[a]	۱۸/۶[ab]	۳۶/۹۹[a]	۰/۵۴[a]	۰/۰۸[a]
گل گلایول	۱/۱۷[a]	۲/۳۶[a]	۰/۳۱[a]	۰/۱۶[a]	۱۷/۵۳[b]	۳۸/۶۲[a]	۰/۴۹[a]	۰/۰۸[a]

حروف غیرهمنام در هر ستون، نشان دهنده تفاوت معنی دار در سطح ۵ درصد می‌باشد.

غلظت روی در تیمار آلودگی در سطحB (۳۷/۲۶ میلی گرم بر کیلوگرم) مشاهده شد. جدول ۴ نشان می‌دهد که با افزایش آلودگی در خاک، جذب روی بوسیله پیاز هر سه گل افزایش یافت و تفاوت تیمارهای آلودگی با سطوح A، B و C با هم معنی دار بود. از نتایج جدول ۵ پیداست که هر سه گل از نظر آماری بصورت برابر فلز روی را در پیاز خود ذخیره کردند.

بمنظور برآورد انتقال فلزات از خاک به گیاه از چندین پارامتر از جمله شاخص ترابری و شاخص گردآوری استفاده می‌شود. این ضرایب بستگی به گونه گیاهان و نوع فلز دارد. شاخص ترابری پارامتری است که توان جابجایی فلز از ریشه به اندام هوایی را نشان می‌دهد و راندمان انتقال فلزات را ارزیابی می‌کند. شاخص انتقال برای گیاهان فراانباشتگر بزرگتر از ۱ می‌باشد (۲۶). از جدول ۳ پیداست که شاخص ترابری کادمیوم فقط در اثر تیمار نوع آلودگی بصورت معنی دار تغییر کرد و تیمار نوع گل روی این شاخص بی تاثر بود. یافته‌های جدول ۴ آشکار می‌کند که بعلت مقدار ناچیز کادمیوم در خاک با سطح C، شاخص ترابری کادمیوم در تیمار آلودگی با سطوح A و B از آلودگی با سطح C بصورت معنی داری بیشتر بود. جدول ۵ نشان می‌دهد که تفاوت شاخص ترابری کادمیوم در هر سه گل معنی دار نبود. با توجه به جدول ۳ می‌توان نتیجه گرفت که تیمار نوع آلودگی و نوع گل و همچنین اثر متقابل آنها بر شاخص ترابری روی پیامد معنی داری نداشتند. نتایج جدول‌های ۴ و ۵ هم این نتایج را تایید می‌کند. سوچکوا و همکاران (۲۶) گزارش کردند که فارکتور انتقال روی در ذرت و گندم به ترتیب ۰/۵ و ۰/۲ است. ژانگ و همکاران (۳۱) بیان کردند که با افزایش غلظت کادمیوم در خاک، فاکتور انتقال این فلز در گیاه *M. Sinensis* کاهش می‌یابد، این فاکتور انتقال در خاک شاهد ۷/۰۱ و در خاکی با غلظت کادمیوم ۲۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم ۱/۰۵ می‌باشد.

شاخص گردآوری از نسبت فلز در اندام هوایی به غلظت کل فلز در خاک بکار رفته بدست می‌آید. این شاخص نشان دهنده توانایی گیاه در ذخیره فلزات در بخش هوایی خود می‌باشد (۲۶). از جدول ۳ مشخص می‌شود که شاخص گردآوری کادمیوم فقط در تیمار نوع آلودگی بصورت معنی دار شدن افزایش یافت و نوع گل و اثر متقابل نوع آلودگی و نوع گل بر این شاخص پیامد معنی داری نداشتند. جدول ۴ نشان می‌دهد که با افزایش آلودگی، شاخص گردآوری کادمیوم هم افزایش معنی داری کرد و بیشترین مقدار آن در تیمار آلودگی شدید با میانگین ۰/۳۴ و سپس در تیمار آلودگی متوسط با میانگین ۰/۱۵ مشاهده شد. این شاخص در تیمار آلودگی کم، صفر بود. تجزیه واریانس شاخص گردآوری روی نشان می‌دهد که نوع آلودگی و نوع گل و همچنین اثر متقابل آنها روی این شاخص تاثیر چشمگیری نداشت. جدول ۴ نشان می‌دهد که با کاهش آلودگی در خاک، شاخص گردآوری روی افزایش یافت و از نظر آماری تفاوت بین شاخص گردآوری روی در تیمار آلودگی شدید و آلودگی کم متمایل به معنی دار می‌باشد. سوچکوا و همکاران (۲۶) بیان کردند که شاخص گردآوری در کلم، ذرت، گندم و *modicago sativa* به ترتیب ۶۱ درصد، ۱۰درصد، ۳/۲ درصد و ۶۳ درصد می‌باشد. نتایج مطالعات ژانگ و همکاران (۳۱) نشان داد که شاخص گردآوری کادمیوم در گیاه *M. Sinensis* با افزایش غلظت کادمیوم در خاک، کاهش می‌یابد و این شاخص در خاک شاهد۳/۷۲ و در خاک آلوده ۱/۰۶ بود. این داده‌ها نشان می‌دهد که گل‌های استفاده شده در این تحقیق نسبت به دیگر گیاهان فراانباشتگر، فلزات کمتری در اندام هوایی خود ذخیره کرده‌اند.

نتیجه گیری

افزایش آلودگی باعث کاهش وزن گل‌های گلایول و لاله گردید ولی روی وزن خشک نرگس تاثیری نداشت. با افزایش آلودگی، جذب کادمیوم و روی توسط گل‌ها افزایش یافت. جذب کادمیوم بوسیله اندام هوایی و پیاز هر سه برابر بودند. جذب روی بوسیله اندام هوایی لاله بیشتر از گل‌های دیگر بود ولی جذب این عنصر بوسیله پیاز گل‌ها با هم برابر بودند. با افزایش آلودگی در خاک، شاخص گردآوری و شاخص ترابری کادمیوم افزایش یافت ولی این شاخص‌های کادمیوم در هر سه گل از نظر آماری تفاوت معنی داری نداشتند. نوع آلودگی و نوع گل روی شاخص ترابری روی تاثیر معنی داری نداشتند همچنین با افزایش آلودگی در خاک شاخص گردآوری روی به صورت متمایل به معنی دار شدن افزایش یافت و نوع گل بر شاخص فلز روی تاثیر چشمگیری نداشت. کاشت محصولات زراعی در زمین‌های کشاورزی آلوده به فلزات سنگین که استفاده خوراکی برای انسان و

Archive of SID

www.SID.ir

دام دارند، باعث ورود این فلزات به زنجیره غذایی می‌شود و استفاده از گل‌های زینتی مانند گلایول، لاله و نـرگس پیشـنهاد مناسـبی بـرای جایگزینی کاشت محصولات زراعی خوراکی در خاک‌هـای آلـوده بـه فلزات سنگین می‌باشد.

منابع

۱- چیذری الف.، علی یوسفی ح. و موسوی ح. ۱۳۸۵. بررسی بازارهای هدف صادراتی گیاهان زینتی ایران. اقتصاد کشاورزی و توسعه، ۵۵: ۶۶-۴۷.

2- Alloway B.J. 1990. Heavy metals in soils. Blackie and son, ltd. Glasgow and London. 339 pages.

3- Bauycos G.J. 1962. Hydrometer methods improved for making particle size of soils. Journal of Agron. 56: 464-465.

4- Chehregani A., Noori M., and Lari Yazdi H. 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.

5- Clemente R., Walker D., and Bernal M. 2005. Uptake of heavy metals and As by Brassica juncea grown in a contaminated soil in Aznalcollar (Spain): The effect of soil amendments. Environmental Pollution 138: 46-58.

6- Delrio M., Font R., Almela C., Velez D., Montoro R., and Deharo A. 2002. Heavy metals and arsenic uptake by wild vegetation in the Guadiamar river area after the toxic spill of the Aznalcollar mine. Journal of Biotechnology. 98: 125-137.

7- Dhir B., and Srivasta S. 2011. Heavy metal removal from a multi-metal solution and wastewater by Salvinianatans. Ecological Engineering. 123: 215-222.

8- Espinosa A.J., and Oliva S.R. 2006. The composition and relationships between trace element levels in inhalable atmospheric particles (PM10) and in leaves of Nerium oleander L. and Lantana camaraL. Chemosphere 62 :1665-1672.

9- FengPeng F., Hui Song Y., Yuan P., Cui X., and Qiu G. 2009. The remediation of heavy metals contaminated sediment. Journal of Hazardous Materials 161:633-640.

10- Figueroa J., Wrobel K., Afton S., Joseph A., Caruso J., Corona J., and Wrobel K. 2008. Effect of some heavy metals and soil humic substances on the phytochelatin production in wild plants from silver mine areas of Guanajuato. Mexico, Chemosphere, 70: 2084-2091.

11- Ji P., Sun T., Song Y., Ackland M., and LiuY. 2011. Strategies for enhancing the phytoremediation of cadmium-contaminated agricultural soils by Solanumnigrum L. Environmental Pollution 159: 762-768.

12- Kamal M., Ghalya A.E., Mahmouda N., and Cote R. 2004. Phytoaccumulation of heavy metals by aquatic plants. Environment International 29: 1029 - 1039.

13- Khajanchi L., Minhas P., and Shipra R. 2008. Extraction of cadmium and tolerance of three annual cut flowers on Cd-contaminated soils. Bioresource Technology 99: 1006-1011.

14- Lai H., and Chen Z. 2006. The influence of EDTA application on the interactions of cadmium, zinc, and lead and their uptake of rainbow pink (Dianthus chinensis). Journal of Hazardous Materials. 137: 1710-1718.

15- Lindsay W.L., and Norvel W.A. 1978. Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese and copper. Soil Science Society of American J. 42: 421- 428.

16- McCutcheon S.C. and Schnoor J.L. 2003. Overview of phytotransformation and control of wastes. Mccutcheon S.C. and J.L. Schnoor (Eds.), phytoremediation: Transformation and control of contaminants. Wiley-interscience. 3 - 58

17- McGrath S.P., and Zhao F.J. 2003. Phytoextraction of metals and metalloids from contaminated soils. Current Opinion in Biotechnology. 14: 277-282.

18- Pais I., and Jones J.B. 1997. The handbook of trace elements. St. Lucie press. Boca Raton, Florida. 223 pages.

19- Roades J.D. 1996. Salinity: electrical conductivity and total dissolved solids. Method of soil analysis, Chemical methods. Madison, Wisconsin, USA. 417-436.

20- Rowell D.L. 1994. Measurement of the composition of soil solution. Soil science, Methods and application. part7. pp: 146.

21- Sato A., Takeda H., Oyanagi W., Nishihara E., and Murakami M. 2010. Reduction of cadmium uptake in spinach (spinasiaoleracea L) by soil amendment with animal waste compost. Journal of Hazardous Materials. 173: 705-709

22- Schnoor N.S., Beck B.D., Gauthier T.D., Chapnick S.D. and Goodman G. 1996. Chemistry, toxicology and human health risk of cyanide compounds in soils at former manufactured gas plant sites. Regulatory Toxicology and Pharmacology. 23(2): 106-116.

23- Sims J.T. 1996. Lime requirement method of soil analysis, parts: chemical methods. Madison, Wisconsin. USA. Pp: 491.

24- Sposito G., Lund L.J., and Chang A.C. 1982. Trace metal chemistry in arid zone field soils amended with sewage sludge: i. fractionation of Ni, Cu, Zn, Cd and Pb in solid phases. Soil science Society of American Journal. 46: 260-264.

25- Stanley B. 1987. Toxicology metals. Thonwiely of sons. PP. 658.

Archive of SID

www.SID.ir

26- Suchkova N., Darakas E., and Ganoulis J. 2010. Phytoremediation as a prospective method for rehabilitation of areas contaminated by long-term sewage sludge storage: A Ukrainian-Greek case study. Ecological Engineering 36: 373-378.
27- Thomas G.W. 1996. Soil pH and soil acidity in methods of soil analysis. Lute, A. (ed). Part3. Chemical methods. Madison, Wisconsin, USA. 475-490.
28- United Natoin Environment Program (UNEP). 2002. Phytoremediation: An envimentally sound technology for pollution prevention, control and remediation: an introductory guide decision-markers. UNEP, International Environmental Technology Centre, Osaka. Japan.
29- Walker D., Clemente R., and Bernal M. 2004. Contrasting effects of manure and compost on soil pH, heavy metal availability and growth of Chenopodium album L. in a soil contaminated by pyritic mine waste. Chemosphere. 57: 215-224.
30- Walkey A., and Black I.A. 1934. An Examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. Soil Science. 37: 29 – 38.
31- Zhang S., Chen M., Li T., Xu X., and Deng L. 2010.A newly found cadmium accumulator–MalvasinensisCavan. Journal of Hazardous Materials 173: 705‑709.
32- Zhanga X., ZhangaS., Xua X., Li T., Gong G., Jia Y., Li Y., andDenga L. 2010. Tolerance and accumulation characteristics of cadmium in Amaranthus hybridus L.Journal of Hazardous Materials 180 : 303–308.

Archive of SID

www.SID.ir

Journal of Water and Soil
Vol. 27, No. 6, Jan.-Feb. 2014, p. 1207-1215

نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۷، شماره ۶، بهمن - اسفند ۱۳۹۲، ص. ۱۲۱۵-۱۲۰۷

The Evaluation of Uptake of Cd and Zn by Gladiola, Narcissus and Tulip

Gh. Rahimi[1*]- H. Dodonge[2]

Received: 28-04-2013
Accepted: 09-12-2013

Abstract

In order to assess uptake potential of Cd an Zn by Gladiola, Narcissus and Tulip, the greenhouse study was performed in contamination soils as factorial arrangement based on the complete randomized design with different levels of pollution (A as higher pollutant, B as lower pollutant and C as no pollutant) and different flowers (Gladiola, Narcissus and Tulip) with four replicates in faculty of agriculture, Bu-Ali Sina University. The result showed that with increasing heavy metals concentration in soils, dry matters of Gladiola and Tulip were decreased, compared with the control; however there was no change for dry matter in Narcissus. The accumulation of Cd and Zn by flowers increased with increasing soil pollution. The Cd concentration was higher (3.48 mg/kg averagely) in aerial parts of plant harvested from the A level treated soils which was significantly difference with B and C levels treated soil. There was no difference between the B and C level treated significantly. The Zn concentration in the aerial parts of plant was in the order of A, B and C level treated soils (in average 26.03, 17.46 and 13.99 mg/kg respectively). The Cd uptake was equal in all parts of Gladiola, Narcissus and Tulip. The Zn concentration was higher in the aerial parts of Tulip than Gladiola and Narcissus that of underground was equal. The accumulation and translocation Indices of Cd was not affected by increased soil Cd concentration significantly. With increased Zn concentration in soil, accumulation index decreased while translocation index was not changed significantly. The translocation and accumulation index of Cd and Zn was similar for flowers. Thus accumulation of Cd and Zn in saleable parts of Gladiola, Narcissus and Tulip led to clean up the contaminated soils.

Keywords: Zinc, Cadmium, Gladiola, Narcissus, Tulip

Archive of SID

1, 2- Assistant Professor and Graduated MSc, Department of Soil Science, Faculty of Agriculture University Bu Ali Sina Hamadan, Iran
(*- Corresponding Author Email: ghasemr@gmail.com)

www.SID.ir