علوم محیطی سال دهم، شماره دوم، زمستان ۱۳۹۱
ENVIRONMENTAL SCIENCES Vol.10, No.2 , Winter 2013
۱۳۱-۱۴۲

گیاه پالایی خاک های آلوده به فلزات سنگین ناشی از فاضلاب شهرک صنعتی اشتهارد توسط گیاهان بومی و مرتعی

جعفر نوری[۱]، امیر حسام حسنی[۲]، ایرج مهرگان[۳]، فرامرز معطر[۴] و محمد رضا صادقی بنیس[۵*]

۱- استاد گروه مدیریت محیط‌زیست، دانشکده محیط‌زیست و انرژی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران
۲- دانشیار گروه مهندسی محیط‌زیست، دانشکده محیط‌زیست و انرژی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران
۳- استادیار گروه زیست‌شناسی گیاهی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران
۴- استاد گروه مهندسی محیط‌زیست، دانشکده محیط‌زیست و انرژی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران
۵- دانشجوی دکتری گروه علوم- محیط‌زیست، دانشکده محیط‌زیست و انرژی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۹۰/۱۲/۱۰ تاریخ پذیرش: ۹۱/۹/۶

چکیده

گیاه پالایی فلزات سنگین تکنیکی ارزان و کاربردی برای پالایش خاک‌های آلوده محسوب می گردد؛ بخصوص اگر از گیاهان بومی و مرتعی سازگار با محیط‌زیست منطقه آلوده استفاده گردد. در این پژوهش فلزات سنگین، شامل کروم، روی، کادمیوم، سرب و نیکل در خاک و گیاهان بومی و مرتعی اطراف شهرک صنعتی اشتهارد که در اثر ورود فاضلاب خام و تصفیه نشده آلوده شده‌اند، مورد مطالعه و سنجش قرار گرفته اند. براین اساس گیاهان دارای توانایی استخراج یا پایدار سازی گیاهی شناسایی گردیده و برای پاکسازی مناطق آلوده به فاضلاب پیشنهاد شدند. در میان گیاهان مورد پژوهش، گیاهان درمنه صخره‌ای در کروم، شور خاردار در کروم، روی و سرب، خار شتر ایرانی در سرب و روی، خار شتر خزری در سرب، گون طلایی در سرب و روی، مریم گلی سیخک‌دار در سرب، علف بام در روی و سرب، نی در روی، کادمیوم و سرب، برنج ارزنی در کادمیوم، گیاه جو در کروم، روی، کادمیوم و سرب، استپی ریش دار در سرب، پرند در روی و سرب، اسپند در نیکل و سرب فراانباشته کننده فلزات مذکور محسوب می گردند. گونه‌های با پتانسیل پایدار سازی نیز شامل گیاهان شور خاردار در کروم، کاهوسای بیابانی در روی، برنج ارزنی در کادمیوم، گیاهان خار شتر ایرانی و خار شتر خزری، گون طلایی و پرند در فلز سرب، جاروی قزوینی در نیکل می باشند. در نتیجه پیشنهاد می گردد از گونه‌های گیاهی ذکر شده به منظور پاکسازی خاک‌های آلوده به فاضلاب استفاده گردد. گیاهان فراانباشته کننده می‌توانند پس از جمع آوری به راحتی مانند زباله‌های صنعتی دفع گردند و گیاهان دارای قابلیت پایدار سازی گیاهی نیز در منطقه آلوده مانع از انتشار آلودگی‌ها به محیط‌های فاقد آلودگی همانند زمین‌های کشاورزی اطراف می گردند.

واژه‌های کلیدی: فاضلاب خام، فلزات سنگین، گیاه پالایی، شهرک صنعتی اشتهارد.

Phytoremediaton of Contaminated Soils that Have Taken Up Heavy Metals from Eshtehard Industrial City Wastewater

Jafar Nouri,[1] Amir Hessam Hassani,[2] Iraj Mehregan,[3] Faramarz Moattar[4] and Mohammad Reza Sadeghi Benis[5*]

1. *Professor, Faculty of Environmental Management Department, Graduate school of Environment and Energy, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.*
2. *Associate Professor, Faculty of Environmental Engineering Department, Graduate school of Environment and Energy, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran .*
3. *Assistant Professor, Faculty of Biology, Department of Basic Science, Islamic Azad University, Tehran, Iran.*
4. *Professor, Faculty of Environmental Engineering Department, Graduate school of Environment and Energy, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.*
5. *PhD. Student of Environmental science, Faculty of Environment and Energy, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.*

Abstract

Heavy metal phytoremediaton is a low cost, practical technique, especially if the plants chosen for this purpose are endemic and pasture plants compatible to the contaminated region. In this paper, some heavy metals such as chromium, zinc, cadmium, lead, and nickel have been studied in the soil and pasture plants around the industrial city of Eshtehard which had become contaminated by raw sewage effluent. As a result, the plants which are able to phytoextract or phytostabilize the soil have been recognized and proposed for purifying regions contaminated by sewage. The plant *Artemisia herba-alba* Asso. Has been recognized as a hyperaccumulator of chromium, *Salsola kali* of chromium, zinc and, lead, *Alhagi persarum* Boiss. & Buhse of lead and zinc, *Alhagi pseudalhagi* (M.B.) Desf. of lead, *Astragalus aureus* Wild of lead and zinc, *Salvia aristata Aucher* ex Benth of lead, *Bromus Tectorum* L. of zinc and lead, *Phragmites australis* (Cav) Trin. ex Steud of zinc, cadmium and lead, *Echinochloa crus-galli* (L.) P.Beauv. of cadmium, *Hordeum vulgare* L. of chromium, zinc, cadmium and lead, *Stipa barbata* Desf. of lead, *Pteropyrum Aucheri* Jaub. & Spach of zinc and lead and *Peganum harmala* L. of nickel and lead. Plants with the potential for stabilization are: *Salsola kali* of chromium, *Launaea acanthodes* (Boiss.) *O.Kuntze* of zinc, *Echinochloa crus-galli* (L.) P.Beauv. of cadmium, *Alhagi persarum* Boiss. & Buhse and *Alhagi pseudalhagi* (M.B.) Desf., *Astragalus aureus* Wild and *Pteropyrum Aucheri* Jaub. & Spach of lead and *Kochia scoparia* (L.) Shrad of nickel. So, it is recommended that these plants would be planted in the polluted area in order to purify contaminated soils. Hyperaccumulator plants can be disposed as industrial waste after harvesting and plants with the potential of stabilization prevent pollution discharge to pure lands such as adjacent farmland.

Keywords: Raw sewage, Heavy metals, Phytoremediaton, Eshtehard industrial city.

* Corresponding author. *E-mail Address*: Reza.sadeghia@gmail.com

مقدمه

آلودگی خاک ناشی از فاضلاب‌ها یکی از مهم‌ترین مشکلات زیست‌محیطی بوده و پاکسازی این خاک‌ها بسیار پرهزینه می‌باشد (Nori,1992). در این خصوص گیاه پالایی[1] یکی از روش‌های زیست‌پالایی است که در برای اصلاح و پالایش خاک‌های آلوده به فاضلاب ارائه شده است. مزیت این روش ارزان بودن و امکان بهره‌گیری در سطح وسیع است (Melinda Paz and Gilbert Sigua, 2013).

گیاه پالایی به کاربرد گیاهان سبز برای تیمار و رفع آلودگی در محل خاک‌ها و آب‌های زیر زمینی اطلاق می‌گردد که به روش‌های گوناگون انجام می‌شود (Branquinho *et al.*, 2006). در این مقاله دو روش آن مورد بررسی قرار می‌گیرد:

الف)گیاه انباشتی[2]: این روش برداشت فلزات سنگین از خاک به توانایی طبیعی گیاه برای جذب این فلزات بستگی دارد. بهترین گزینه برای حذف فلزات سنگین در این روش استفاده از گیاهان فرا انباشته کننده[3] می‌باشد (Zofen *et al.*, 2013).

ب)پایدارسازی گیاهی[4]: کارایی این روش به توانایی ریشه گیاه برای دور ساختن و کاهش قابلیت دسترسی زیستی مواد آلوده کننده در خاک بستگی دارد. هدف از این روش جلوگیری از جابجایی آلاینده های فلزی و ورود آن‌ها به زنجیره غذایی است (Yoon *et al.*, 2006).

غلظت عادی فلزات سنگین در گیاهان طبق استاندارد جهانی برای نیکل ۱٫۵، روی ۵۰، کادمیوم ۰٫۰۵، سرب ۱ و کروم ۱ گرم بر کیلوگرم می‌باشد (Dunn, 2007; iubs, 1994). گیاه فرا انباشته با دو تعریف مشخص می گردند. در تعریف اول که توسط Baker در ۱۹۸۱ انجام شد، آستانه گیاهان فراانباشتگی ، فلزات سنگین دراندام‌های هوایی گیاه (شامل برگ ها، ساقه و گل) می‌بایست به صورت زیر باشد: در رابطه با فلزات کادمیوم ۱۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم ، کروم ۳۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم و فلزات نیکل، سرب ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم، فلز روی ۳۰۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم. اما در تعریف دوم، که بر اساس تعریف EPA در سال ۲۰۰۰ می‌باشد، گیاه فراانباشته کننده گیاهی است که مجموعاً در اندام هوایی و ریشه فلزات را با غلظت‌های زیر تجمع نماید: ۱۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم کادمیوم، ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم کروم و سرب و بیش از ۱۰۰۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم روی و نیکل. لازم به ذکر است این تعریف با حذف تاکید بر انباشتگی فلز در اندام هوایی، محدودیت تعریف انباشتگی فقط در اندام‌های هوایی Baker را تا حدی برطرف نمود. لازم به ذکر است مفهوم بیش انباشتی به طور عمده اشاره به زیستگاه طبیعی گیاه دارد و نمی‌تواند برای گیاهانی که تحت شرایط آزمایشگاهی مصنوعی رشد می کنند به کار برده شود (Lin *et al.*, 2012). گیاهان مناسب برای پایدارسازی گیاهی نیز می‌بایست فاکتور تغلیظ زیستی بالاتر از یک و فاکتور انتقال کمتر از یک را داشته باشند (Yoon *et al.*,2006).

در شهرک صنعتی اشتهارد صنایع موجود اکثراً از نوع شیمیایی می‌باشند ومشخصات فاضلاب ورودی به تصفیه خانه متاثر از این گروه از صنایع است. به سبب در نظر نگرفتن ظرفیت تولید در طراحی تصفیه خانه در گذشته حجم بالایی از فاضلاب خام وارد

مراتع گردیده که می بایست پاکسازی گردد (Mehravaranzist Co, 2011).

در پژوهش پیش رو غلظت فلزات سنگین در خاک و گیاهان منطقه بررسی و گیاهان فراانباشته کننده و پایدار ساز معرفی می گردند. در این میان گیاهان شور خاردار، خار شتر خزری، مریم گلی سیخک دار، استپی ریش دار و پرند برای اولین بار است با توجه به شرایط اقلیمی و ادافیکی زیستگاه آلوده محل تحقیق به عنوان فراانباشته کننده معرفی می گردند.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

این تحقیق در مناطق آلوده شده به فاضلاب شهرک صنعتی اشتهارد با طول ۳۵درجه و۴۲دقیقه و۱۸ثانیه شمالی و عرض جغرافیایی ۵۰ درجه و۱۸دقیقه و۲۲ثانیه شرقی انجام گردیده است. این منطقه دارای ارتفاع متوسط ۱۲۰۰ متر از سطح دریا، اقلیم نسبتاً خشک با بارندگی متوسط ۲۲۰ میلی‌متر در سال، میانگین متوسط سالانه رطوبت نسبی ۵۵٫۳ درصد، مجموع ساعات آفتابی سالانه ۳۰۲۳ ساعت، متوسط ایام یخبندان سالانه ۷۸ روز و دارای باد غالب شمال غرب و غرب با سرعت غالب ۴ تا ۶ نات می‌باشد.

نمونه‌برداری

جمع‌آوری نمونه‌ها در سال ۱۳۹۰ از اواسط خرداد تا اواخر شهریور ماه انجام شد. نمونه‌برداری از گیاهان بالغ در دو منطقه آلوده و شاهد به نحوی صورت گرفت که کلیه اندام‌های هوایی به انضمام ریشه از خاک خارج گردید. با توجه به تنک بودن پوشش گیاهی مناطق آلوده نمونه برداری با روش سیستماتیک- تصادفی (بدون قاب و با مشاهده نظری) انجام شد (Neishabori, 2011). نمونه‌های پس از انتقال به هیرباریوم دانشگاه علوم و تحقیقات مورد شناسایی قرار گرفتند. نمونه‌برداری خاک هم از عمق صفر تا بیست سانتی‌متری خاک و در محل نمونه‌برداری هر گیاه به صورت جداگانه انجام گردید.

اندازه‌گیری غلظت فلزات سنگین در نمونه‌ها

برای تعیین غلظت کل فلزات سنگین در نمونه‌های خاک، روش هضم اسیدی بکار رفت (Sposito *et al.*, 1982 ; khorasani *et al.*, 2010).

مقدار ۲ گرم از هر نمونه خاک را در ارلن درب دار ریخته و به آن ۱۵ میلی‌لیتر اسید نیتریک ۴ نرمال اضافه گردید. سپس به مدت ۱۲ ساعت ارلن‌ها در حمام آب گرم در دمای ۸۰ درجه سانتی گراد قرار داده و بعد از عبور از صافی، با دستگاه اسپکتروفتومتری جذب اتمی مدل Varian Spectra 200 ساخت کشور استرالیا غلظت فلزات سنگین قرائت گردید. ویژگی‌های فیزیکی شیمیایی خاک نیز با استفاده از روش های استاندارد مورد بررسی قرار گرفت (ISRIC, 2002).

برای تعیین غلظت کل فلزات سنگین در نمونه‌های گیاهی از روش عصاره‌گیری خاکستر خشک استفاده شد (Shaw,1989; khorasani *et al.*, 2010). بدین ترتیب که ۲ گرم از هر نمونه گیاهی به درون بوته چینی انتقال داده شد. نمونه‌ها در آون در دمای ۵۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲ ساعت قرار گرفت. پس از آن ۵ میلی‌لیتر اسید کلریدریک ۲ نرمال به

نمونه‌ها اضافه شد. پس از عبور از صافی غلظت فلزات سنگین با دستگاه اسپکتروفتومتری جذب اتمی مدل Varian Spectraa 200 ساخت کشور استرالیا قرائت گردید.

روش‌های تعیین فاکتور های گیاه پالایی

برای تعیین فاکتور تغلیظ زیستی[5]، غلظت فلز سنگین در ریشه گیاه را بر غلظت فلز سنگین در خاک تقسیم نموده و به منظور تعیین فاکتور انتقال[6]، غلظت فلز سنگین در بخش هوایی بخش بر غلظت فلز سنگین در بخش ریشه‌ای شده است (Tukura *et al.*,2012).

نتایج

نتایج بخش خاک

اندازه گیری غلظت کل فلزات سنگین در نمونه‌های خاک دو منطقه آلوده و شاهد انجام گردیده است. انتخاب منطقه شاهد از روی تشابهات مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک منطقه شاهد با آلوده صورت پذیرفته است. در جدول ۱ غلظت کل فلزات سنگین با میانگین سه تکرار در منطقه آلوده به فاضلاب خام ملاحظه می گردد. لازم به ذکر است محل نمونه‌برداری خاک به منظور سهولت در تشخیص با نام گیاه روییده شده بر روی آن مشخص شده است.

جدول ۱ – غلظت فلزات سنگین در خاک برحسب میلی گرم بر کیلوگرم و انحراف استاندارد[7]

محل نمونه‌برداری خاک (نام گیاه)	کروم	روی	کادمیوم	سرب	نیکل
کاهوسای بیابانی	۲۶۲٫۴۸ ± ۳۹٫۰	۴۴۸٫۳۲ ± ۲۳٫۱۱	۶٫۳۲ ± ۰٫۷۷	۳۲۱۱٫۳۲ ± ۱۹۹٫۳۲	۳۷۷٫۳۴ ± ۴۴٫۸۵
تونیتای ایرانی	۳۲۱٫۲۲ ± ۴۸٫۳	۲۴۴۳٫۱۲ ± ۱۱۱٫۴۳	۲۲٫۵۳ ± ۳٫۴۹	۱۹۱۵٫۸۱ ± ۲۷۷٫۳۲	۱۲۵۹٫۳۳ ± ۱۴۳٫۷۴
گلرنگ زرد	۲۶۵٫۹۷ ± ۱۸٫۸۲	۲۵۹۹٫۱۵ ± ۱۳۴٫۵	۵۹٫۵۵ ± ۶٫۸۲	۴۹۵۲٫۲۹ ± ۴۳۲٫۸۸	۱۲۷۷٫۴۴ ± ۱۶٫۶
درمنه صخره ای	۲۷۶٫۶۴ ± ۱۱٫۲۶	۶۹۲٫۴۲ ± ۳۴٫۶۶	۴۵٫۷۴ ± ۵٫۲۸	۲۰۳۸٫۳۳ ± ۸۷٫۳۲	۱۲۹۲٫۹۲ ± ۷۷٫۵
تاج خروس	۲۶۰٫۷۹ ± ۳۹٫۱۰	۲۴۶۲٫۵۵ ± ۱۲۶٫۰۴	۵۷٫۸۷ ± ۵٫۹۹	۳۴۲۹٫۲۳ ± ۳۲۸٫۹۳	۱۲۶۸٫۸۵ ± ۴۹٫۰۳
چشم گربه ای ایرانی	۳۳۲٫۳۶ ± ۴۷٫۰۱	۲۴۰۷٫۷۲ ± ۱۷۸٫۳۹	۵۳٫۸۳ ± ۶٫۰۱	۱۸۵۴٫۲۴ ± ۹۸٫۲۲	۴۵۴۶٫۹۷ ± ۲۰۰٫۴۸
شور سودی	۲۵۵٫۳۴ ± ۲۹٫۸۷	۶۵۲٫۶۵ ± ۳۴٫۲	۳۶٫۲۵ ± ۰٫۹۹	۱۷۶۱٫۷۳ ± ۵۰٫۲۱	۱۲۱۸٫۸۶ ± ۱۰۸٫۴۲
سلمکی	۲۴۹٫۷۰ ± ۵۳٫۷۷	۲۳۰۷٫۳۴ ± ۱۱۳٫۷۲	۴۹٫۵۱ ± ۲٫۸۲	۱۵۰٫۷۹ ± ۹٫۳۲	۱۱۹۹٫۶۵ ± ۸۵٫۸۹
جاروی قزوینی	۲۵۷٫۲۸ ± ۱۰٫۷۲	۲۴۳۰٫۹۹ ± ۲۱۵٫۵۵	۵۶٫۶۴ ± ۳٫۱۴	۱۸۹۱٫۸۸ ± ۱۲٫۶۵	۲۵۱٫۵۵ ± ۱۶٫۲
شور خاردار	۲۸۷٫۸۵ ± ۶۸٫۰۹	۲۶۸۰٫۹۸ ± ۱۳۹٫۶	۶۲٫۴۱ ± ۳٫۹۸	۲۱۵۰٫۹۸ ± ۶۹٫۳۳	۱۳۷٫۳۱ ± ۱۱٫۴۳
سر شاخی	۲۵۴٫۵۹ ± ۱۳٫۴۴	۲۴۱۵٫۴۳ ± ۲۱۳٫۵	۲۲٫۴۳ ± ۱۰٫۹۱	۱۸۶۲٫۳۹ ± ۱۱۰٫۹۹	۱۲۴۹٫۲۲ ± ۲۹٫۹۴
شور ایرانی	۲۵۹٫۱۵ ± ۳۲٫۹۰	۹۸۶٫۲۲ ± ۴۶٫۲۳	۵۶٫۲۲ ± ۳٫۸۹	۱۹۲۹٫۲۵ ± ۳۲٫۷۷	۱۲۶۴٫۳۲ ± ۵۳٫۹
خار شتر ایرانی	۲۸۴٫۵۴ ± ۹۲٫۲۰	۲۶۰۷٫۴۴ ± ۱۵۳٫۷۷	۶۲٫۳۷ ± ۲٫۹۱	۲۲۲۴٫۴۹ ± ۳۳٫۸۹	۱۳۲۴٫۴۲ ± ۱۱۷٫۶۳
خار شتر خزری	۸۵٫۱۱ ± ۱۰٫۷۴	۲۴۲۶٫۵۵ ± ۱۹۹٫۹۸	۵۵٫۱۲ ± ۷٫۳۲	۱۸۷۱٫۷۴ ± ۱۳۸٫۸۸	۱۲۵۰٫۲۶ ± ۹۳٫۵۳
گون طلایی	۲۸۰٫۹۰ ± ۱۸٫۳۲	۲۵۹۷٫۴۲ ± ۱۲۸٫۸۹	۶۲٫۲۵ ± ۳۲٫۹۰	۲۱۱۹٫۲۳ ± ۴۳۳٫۸۹	۱۳۱۷٫۹۶ ± ۵۲٫۹
خار شتر	۲۵۲٫۶۹ ± ۲۲٫۷۵	۲۳۶۱٫۳۴ ± ۱۱۹٫۹۹	۵۱٫۴۴ ± ۱۱٫۸۰	۳۸۶۵٫۶۷ ± ۳۶٫۹۲	۱۲۳۹٫۲۵ ± ۳۹٫۱۱
نوک لک لکی دراز	۴۴۳٫۲۳ ± ۵۴٫۹	۲۵۰۳٫۳۸ ± ۱۲۳٫۵۵	۹۸٫۳۳ ± ۳٫۸۰	۱۹۹۰٫۳۲ ± ۲۹۸٫۳۳	۳۲۸۲٫۷۸ ± ۸۲٫۰۹
مریم گلی سیخک دار	۲۷۸٫۱۰ ± ۴۸٫۹۵	۳۶۸٫۴۱ ± ۷۷٫۵	۶۱٫۸۹ ± ۲٫۸۲	۲۰۱۹٫۶۴ ± ۵۵۸٫۳۲	۱۲۵۸٫۳۶ ± ۶۶٫۰۲
علف بام	۲۸۵٫۴۸ ± ۳۲٫۴۰	۲۷۱۰٫۲۵ ± ۱۴۴٫۶۶	۶۲٫۲۷ ± ۴٫۳۸	۲۱۳۶٫۸۷ ± ۸۹٫۱۱	۱۳۳۲٫۳۷ ± ۷۳٫۹۹
نی	۲۸۶٫۴۰ ± ۹۲٫۷۶	۲۶۷۳٫۱۶ ± ۱۶۳٫۸۲	۶۲٫۱۶ ± ۵٫۲۱	۲۱۴۱٫۲۱ ± ۵۱٫۳۵	۸۹۲٫۷۲ ± ۸۰٫۱
برنج ارزنی	۲۷۸٫۷۲ ± ۴۹٫۲۱	۲۵۷۵٫۱۳ ± ۱۳۹٫۹۷	۶۱٫۴۹ ± ۳٫۹۸	۲۰۶۰٫۶۳ ± ۷۷٫۲۶	۱۵۲۹٫۴۱ ± ۲۹٫۰۳
جو	۲۹۰٫۸۴ ± ۲۲٫۸۰	۲۷۰۷٫۹۳ ± ۱۴۹٫۴۴	۶۳٫۶۷ ± ۵٫۵۱	۲۱۵۴٫۲۸ ± ۴۳۷٫۲۲	۱۳۷۳٫۷۶ ± ۱۱۷٫۴۳
استپی ریش دار	۲۸۲٫۳۳ ± ۸۶٫۵۶	۲۶۱۷٫۷۹ ± ۱۳۸٫۱	۶۲٫۳۷ ± ۶٫۷۳	۲۱۲۸٫۶۶ ± ۶۶٫۲۸	۱۲۹۸٫۸۴ ± ۹۹٫۵
خشخاش تهرانی	۱۹۸٫۴۳ ± ۵۹٫۰۳	۲۳۸۱٫۵۶ ± ۱۲۳٫۰۹	۱۳٫۴۴ ± ۸٫۱۱	۱۸۲۸٫۶۴ ± ۴۳٫۲۲	۳۲۴۸٫۷۶ ± ۱۴۷٫۲
هفت بند پا کوتاه	۲۵۱٫۲۸ ± ۴۰٫۶۳	۲۳۴۶٫۴۴ ± ۱۲۰٫۱۲	۵۱٫۳۵ ± ۶٫۷۲	۷۸۱٫۳۹ ± ۱۳٫۳۸	۱۲۹۳٫۵۴ ± ۶۷٫۹۳
پرند	۲۷۹٫۴۱ ± ۴۱٫۱۶	۲۵۸۳٫۳۱ ± ۱۲۱٫۱۲	۶۲٫۶۴ ± ۱۲٫۹۵	۲۰۸۱٫۵۵ ± ۹۸٫۸۹	۱۳۸۰٫۶۷ ± ۴۴٫۶۳
اسپند	۲۶۷٫۰۴ ± ۳۶٫۵۹	۳۸۴۷٫۴۹ ± ۲۵۶٫۷۴	۲۹٫۶۹ ± ۷٫۰۵	۱۹۷۴٫۴۱ ± ۲۱۹٫۳۲	۱۲۳۷٫۹۲ ± ۱۱۹٫۶۳

نتایج بخش گیاهی

نمونه‌های گیاهی پس از جمع‌آوری و پرس شدن در آزمایشگاه هیربـاریوم دانشگاه علـوم و تحقیقـات شناسایی گردیده و در جدول ۲ پیوست آورده شـده اسـت. کلیـه گیاهـان در ایـن پـژوهش بـا سـه تکـرار نمونـه‌بـرداری شـده‌انـد و غلظـت فلـزات سـنگین بـه صورت جداگانـه در دو بخـش هـوایی شـامل سـاقه، بـرگ، دانـه و بخـش ریشـه شـامل ریشـه و ریـزوم اندازه‌گیری شده است. بر ایـن اسـاس و بـا توجـه بـه غلظـت فلـزات سـنگین در خـاک فـاکتورهـای گیـاه پالایی در جدول ۳ آورده شده است.

جدول ۳- فاکتورهای گیاه پالایی شامل فاکتور انتقال (TF) و فاکتور تغلیظ زیستی (BCF)

نام گیاه	کروم		روی		کادمیوم		سرب		نیکل	
	TF	BCF	TF	BCF	TF	BCF	TF	BCF	TF	BCF
کاهوسای بیابانی	۱,۲۵	۰,۰۲	۰,۵۱	۱,۸۵	۱,۲۴	۰,۰۸	۰,۷۷	۰,۳۷	۰,۷۱	۰,۵۳
تونیتای ایرانی	۰,۶۶	۰,۰۵	۱,۴۴	۱,۰۳	۱,۰۷	۰,۱۰	۰,۹۰	۰,۲۸	۰,۷۷	۰,۷۴
گلرنگ زرد	۰,۷۵	۰,۰۳	۰,۶۳	۱,۸۴	۰,۷۱	۰,۰۸	۱,۴۱	۰,۵۳	۱,۰۷	۰,۶۹
درمنه صخره ای	۳,۰۴	۰,۳۷	۱,۱۳	۱,۳۷	۱,۳۱	۳,۳۹	۱,۱۳	۰,۹۹	۱,۳۳	۰,۶۳
تاج خروس	۰,۴۹	۰,۰۲	۰,۵۶	۱,۷۳	۱,۰۵	۰,۰۶	۰,۶۹	۰,۳۷	۰,۷۴	۰,۷۴
چشم گربه ای ایرانی	۰,۷۰	۰,۰۱	۰,۸۱	۱,۱۴	۰,۷۹	۰,۱۵	۰,۷۷	۰,۴۸	۰,۱۸	۰,۰۲
شور سودی	۰,۱۳	۰,۰۴	۰,۴۹	۰,۳۸	۰,۶۰	۰,۱۰	۰,۴۶	۰,۵۴	۰,۳۱	۰,۰۳
سلمکی	۰,۳۴	۰,۰۳	۰,۵۳	۰,۳۳	۰,۶۵	۰,۲۹	۱,۴۴	۰,۳۱	۰,۵۵	۰,۷۲
جاروی قزوینی	۰,۴۴	۰,۲۰	۰,۵۱	۱,۲۲	۱,۹۹	۰,۱۸	۰,۵۳	۲,۲۷	۰,۴۱	۲,۶۴
شور خاردار	۰,۷۳	۱۳,۹۴	۱,۴۱	۱۰,۶۷	۰,۸۰	۰,۰۵	۳,۵۹	۱,۶۷	۰,۴۵	۰,۴۴
سر شاخی	۰,۸۱	۰,۰۳	۰,۵۱	۱,۳۳	۰,۴۷	۰,۱۴	۰,۵۴	۰,۸۳	۰,۷۰	۶,۷۴
شور ایرانی	۱,۲۵	۰,۰۳	۰,۵۸	۱,۶۳	۰,۷۳	۰,۰۸	۰,۷۵	۰,۶۲	۰,۱۷	۱,۳۴
خار شتر ایرانی	۰,۴۳	۰,۰۲	۱,۲۷	۹,۸۱	۰,۰۲	۳,۳۲	۰,۴۸	۱۰,۳۷	۰,۳۵	۱,۶۲
خار شتر خزری	۰,۶۱	۰,۰۴	۰,۴۵	۰,۷۵	۰,۵۴	۰,۱۱	۰,۵۴	۱۰,۲۶	۰,۴۴	۰,۶۶
گون طلایی	۰,۶۳	۰,۵۴	۱,۹۶	۶,۳۹	۰,۷۸	۰,۱۳	۰,۸۰	۱۹,۲۸	۰,۶۲	۴,۸۴
خار شتر	۰,۶۶	۰,۰۴	۰,۵۷	۱,۲۴	۰,۶۵	۰,۱۷	۰,۳۶	۰,۴۶	۱,۳۰	۰,۰۹
نوک لک لکی دراز	۰,۷۳	۰,۰۳	۰,۷۹	۱,۷۸	۰,۷۷	۰,۰۸	۰,۹۲	۱,۱۲	۰,۸۲	۰,۲۳
مریم گلی سیخک دار	۰,۷۲	۰,۴۰	۰,۵۹	۱,۴۱	۰,۷۴	۰,۰۹	۰,۶۰	۴,۳۱	۰,۸۴	۰,۰۴
علف بام	۱,۱۱	۰,۰۳	۱,۵۰	۱۰,۳۱	۱,۴۴	۰,۰۶	۰,۹۴	۴,۶۳	۰,۹۱	۰,۲۱
نی	۰,۹۴	۰,۹۶	۱,۱۶	۱۶,۳۶	۱,۰۵	۱۰,۹۳	۱,۰۵	۸,۴۴	۱,۰۵	۳,۱۶
برنج ارزنی	۱,۲۰	۰,۴۵	۰,۹۴	۱,۸۴	۰,۹۹	۱۲,۸۴	۰,۹۰	۰,۸۶	۱,۲۸	۰,۹۴
جو	۱,۲۷	۱,۵۶	۱,۱۰	۳۲,۷۳	۱,۲۳	۲۴,۸۶	۱,۰۵	۸,۹۲	۰,۹۰	۰,۶۳
استپی ریش دار	۱,۰۸	۰,۰۴	۱,۰۹	۶,۷۷	۰,۶۴	۰,۴۷	۱,۰۸	۷,۴۹	۱,۶۱	۰,۰۲
خشخاش تهرانی	۰,۵۷	۰,۰۲	۰,۴۶	۱,۳۹	۰,۷۷	۰,۰۹	۰,۵۹	۰,۷۴	۰,۰۰	۰,۰۱
هفت بند پا کوتاه	۰,۵۶	۰,۰۲	۰,۵۵	۰,۳۸	۰,۶۴	۰,۲۵	۱,۹۷	۰,۴۱	۰,۴۹	۰,۵۹
پرند	۰,۶۶	۰,۰۸	۳,۸۳	۹,۲۸	۰,۸۶	۰,۰۹	۰,۶۴	۹,۹۹	۰,۶۲	۰,۹۵
اسپند	۲,۱۴	۰,۰۶	۰,۳۶	۱,۶۰	۰,۵۳	۰,۹۶	۰,۴۹	۴,۳۲	۲,۴۳	۲۴,۹۳

نتایج و بحث

فلزات سنگین در خاک

با توجه به نتایج ارائه شده در جدول ۱ میزان عناصر کروم، روی، کادمیوم، سرب و نیکل در کلیه نمونه‌های منطقه آلوده نسبت به حد استاندارد ارائه شده توسط Pendis و Kabata-pendis بالاتر بوده و با قرار گرفتن در محدوده بحرانی، نشان‌دهنده آلودگی شدید خاک به فلزات سنگین در منطقه آلوده می‌باشند (kabata-Pendias, 2004). اکثر نمونه‌های برداشت شده در منطقه شاهد در این استاندارد جزو غلظت‌های مجاز بوده بنابراین منشاء آلودگی خاک در منطقه آلوده، فاضلاب خام رها شده در خاک می‌باشد.

معرفی گونه‌های گیاهی با پتانسیل گیاه پالایی

گیاه درمنه صخره‌ای با غلظت $^{mg}/_{Kg}$ ۳۰۹/۳۱ فلز کروم در اندام هوایی طبق تعریف Baker و با غلظت $^{mg}/_{Kg}$ ۴۱۰/۹۱ در کل گیاه طبق تعریف EPA فراانباشته کننده فلز کروم محسوب می‌گردد. Ashraf و همکاران نیز در رابطه با گیاه درمنه صخره‌ای به یافته‌های مشابه دست یافته‌اند (Ashraf *et al.*, 2010). گیاه شور خاردار با $^{mg}/_{Kg}$ ۲۹۳۷/۴۰ فلز کروم در اندام هوایی و $^{mg}/_{Kg}$ ۶۹۴۸/۹۷ در کل گیاه و با تجمع $^{mg}/_{Kg}$ ۱۲۹۱/۹۷ فلز سرب در اندام هوایی و $^{mg}/_{Kg}$ ۱۶۵۱/۴۰ در کل گیاه طبق دو تعریف فراانباشته کننده محسوب می‌گردد. این گیاه با انباشت $^{mg}/_{Kg}$ ۴۰۴۳/۹۰ فلز روی طبق تعریف Baker فراانباشته ساز معرفی می‌گردد. این گیاه تاکنون مورد تحقیق گیاه پالایی قرار نگرفته است. گیاه خار شتر ایرانی با جذب فلز سرب در اندام هوایی و کل گیاه به ترتیب با $^{mg}/_{Kg}$ ۱۱۱۱/۵۷ و $^{mg}/_{Kg}$ ۳۴۱۸/۲۳ جزو گیاهان فراانباشته کننده در دو تعریف شناخته می‌شود. این گیاه در رابطه با فلز روی فقط طبق تعریف Baker با $^{mg}/_{Kg}$ ۳۲۴۵/۰۳ فلز روی در اندام هوایی فراانباشته معرفی می‌گردد. قادریان و همکاران به یافته‌های مشابه در رابطه با گیاه خار شتر ایرانی دست یافته‌اند (Ghaderian *et al.*, 2007). گیاه خار شتر خزری با $^{mg}/_{Kg}$ ۱۰۳۹/۶۷ فلز سرب در اندام هوایی و $^{mg}/_{Kg}$ ۲۹۵۹/۰۱ در کل گیاه طبق دو تعریف فراانباشته کننده محسوب می‌گردد. این گیاه نیز تاکنون مورد تحقیق در رابطه با گیاه پالایی قرار نگرفته است. گیاه گون طلایی با جذب $^{mg}/_{Kg}$ ۳۲۵۷/۶۷ و $^{mg}/_{Kg}$ ۷۳۴۳/۶۸ سرب در اندام هوایی و کل گیاه طبق دو تعریف فرا انباشته ساز معرفی می‌گردد، ولی با جذب $^{mg}/_{Kg}$ ۳۲۴۹/۵۰ فلز روی طبق تعریف Baker فرا انباشته ساز فلز روی معرفی می‌گردد. سالاری و همکاران و حاجی بلند در مقالاتشان به یافته‌های مشابه دست یافتند (Salari *et al.*, 2012; Hajiboland, and Mirmanafi, 2007). گیاه مریم گلی سیخک دار فقط طبق تعریف EPA در رابطه با فلز سرب با جذب $^{mg}/_{Kg}$ ۱۳۷۶/۶۰ فراانباشته ساز این فلز می‌باشد. این گونه گیاهی نیز تاکنون مورد تحقیق در رابطه با گیاه پالایی قرار نگرفته است. گیاه علف بام با تجمع $^{mg}/_{Kg}$ ۴۱۹۲/۵۳ فلز روی در اندام هوایی طبق تعریف Baker و با تجمع $^{mg}/_{Kg}$ ۱۶۷۶/۴۰ فلز سرب در کل گیاه طبق تعریف EPA فراانباشته ساز این دو فلز معرفی می‌گردد. لازم به ذکر است در رابطه با گیاه علف بام Sinegani و پارسادوست به نتایج مشابه دست یافته‌اند (Sinegani and Dastjerdi, 2009;

Parsa doost, 2007). گیاهانی با تجمع ۵۰۷۳/۷۷ $^{mg}/_{Kg}$ فلز روی در اندام هوایی طبق تعریف Baker و ۱۴۰/۲۳ $^{mg}/_{Kg}$ فلز کادمیوم در کل گیاه طبق تعریف EPA و با تجمع ۱۸۹۶/۶۰ $^{mg}/_{Kg}$ و ۳۷۰۳/۳۰ $^{mg}/_{Kg}$ سرب در اندام هوایی و کل گیاه طبق دو تعریف فراانباشته کننده فلزات فوق معرفی می‌گردد. Al-Taisan و Deng و همکاران نیز در مقالاتی به یافته‌های مشابهی دست یافتند (Deng *et al.*, 2006 ; Al-Taisan, 2009). گیاه برنج ارزنی با جذب ۱۵۸/۲۱ $^{mg}/_{Kg}$ فلز کادمیوم در کل گیاه فراانباشته کننده این فلز طبق تعریف EPA معرفی می‌گردد. Messou و همکاران نیز برنج ارزنی را فرانباشته ساز فلز کادمیوم معرفی کرده‌اند (Messou *et al.*, 2013). گیاه جو با تجمع ۵۷۷/۲۳ $^{mg}/_{Kg}$ و ۱۰۳۲/۳۷ $^{mg}/_{Kg}$ فلز کروم در اندام هوایی و کل گیاه و جذب ۹۷۶۸/۵۰ $^{mg}/_{Kg}$ و ۱۸۶۲۸/۸۳ $^{mg}/_{Kg}$ فلز روی در اندام هوایی و کل گیاه و تجمع ۱۹۴/۴۰ $^{mg}/_{Kg}$ و ۳۵۲/۸۳ $^{mg}/_{Kg}$ فلز کادمیوم در اندام هوایی و کل گیاه و جذب ۲۰۰۹/۰۳ $^{mg}/_{Kg}$ و ۳۹۳۰/۷۰ $^{mg}/_{Kg}$ سرب در اندام هوایی و کل گیاه طبق دو تعریف فراانباشته کننده فلزات فوق محسوب می‌گردد. Ciura و همکاران نیز در رابطه با این گیاه به نتایج مشابهی دست یافتند (Ciura *et al.*, 2005). گیاه استپی ریش دار با جذب ۳۳۱۶/۴۰ $^{mg}/_{Kg}$ و ۱۷۲۲/۷۳ $^{mg}/_{Kg}$ فلز سنگین سرب فراانباشته کننده طبق دو تعریف معرفی می‌گردد. لرستانی و همکاران طی تحقیقاتی به فراانباشته بودن این گیاه در رابطه با فلز منگنز پی برده بودند ولی برای اولین بار در این تحقیق فراانباشته بودن این گیاه در رابطه با فلز سرب نشان داده شده است (Lorestani *et al.*,2011).

گیاه پرند با جذب ۹۱۸۷/۲۶ mg/Kg و ۱۱۵۸۵/۵۶ mg/Kg فلز سنگین روی در اندام هوایی و کل گیاه و با تجمع ۱۳۲۷/۶۸ mg/Kg و ۳۴۰۸/۴۷ mg/Kg فلز سنگین سرب در اندام هوایی و کل گیاه فراانباشته کننده فلزات فوق، طبق دو تعریف معرفی می‌گردد. قادریان و همکاران نیز به نتایج بالایی از جذب این دو عنصر دست یافتند اما به علت کم بودن آلودگی در خاک منطقه فراانباشته بودن این گیاه را نتوانستند اثبات نمایند (Ghaderian *et al.*, 2007).. در این تحقیق میزان بالای آلودگی و پی-اچ و دیگر شرایط محیطی در فراانباشته شدن گیاه پرند موثر واقع شده است. گیاه اسپند با جذب ۷۷۶۰/۰ mg/Kg و ۱۰۹۴۸/۶۷ mg/Kg فلز سنگین نیکل در اندام هوایی و کل گیاه طبق دو تعریف فرا انباشته ساز معرفی می‌گردد، ولی با جذب ۱۲۷۴/۳۷ mg/Kg فلز سرب طبق تعریف EPA فرا انباشته کننده فلز سرب معرفی می‌گردد. زمانی و همکاران در سال ۲۰۱۳ به نتایج مشابه با توجه به نسبت آلودگی دست یافته‌اند (Zamani *et al.*, 2013).

معرفی گونه‌های با پتانسیل پایدارسازی گیاهی

طبق تعریف گیاهان پایدارساز گیاهی ارائه شده در مقدمه، گیاهان، شور خاردار (BCF: ۱۳/۹۴ ; ۰/۷۳ :TF) در فلز کروم، کاهوسای بیابانی (BCF: ۱/۰۲; ۰/۵۱ :TF) در فلز روی، برنج ارزنی (BCF: ۱/۲۹ ; ۰/۹۹ :TF) در فلزکادمیوم پایدار ساز گیاهی معرفی می‌گردند. همچنین خار شتر ایرانی (BCF: ۱/۰۴ ; ۰/۴۸ :TF)، خارشتر خزری (BCF: ۱/۰۳; ۰/۵۴ :TF)، گون طلایی (BCF: ۱/۹۳ ; ۰/۸۰ :TF) و پرند

(TF: ۰٫۶۴ ; BCF: ۱٫۰) گزینه‌های مناسب جهت پایدارسازی گیاهی برای فلز سرب به شمار می‌روند و نهایتاً گیاه جاروی قزوینی (TF: ۰٫۴۱ ; BCF: ۱٫۳۱) گزینه مناسب جهت پایدارسازی گیاهی فلز نیکل به شمار می‌رود.

پیوست

جدول ۲- نمونه‌های گیاهی گردآوری شده در شهرک صنعتی اشتهارد

خانواده	فارسی	گونه
Asteraceae	کاهوسای بیابانی – کاهوسای خاردار – چرخه	Launaea acanthodes (Boiss.) O.Kuntze
	تونیتای ایرانی	Thevenotia persica
	گلرنگ زرد – خار خزون	Carthamus oxyacantha M.B
	درمنه صخره ای – درمنه زاگرسی	Artemisia herba-alba Asso.
Amaranthaceae	تاج خروس	Amaranthus graecizans
Boraginaceae	چشم گربه ای ایرانی	Noea Persica Boiss.
Chenopodiaceae	شور سودی	Salsola nitraria Pall.
	سلمکی	Atriplex aucheri Moq.
	جاروی قزوینی	Kochia scoparia (L.) Shrad
	شور خاردار	Salsola kali
	سر شاخی- بادبر- تازی تیکانی	Ceratocarpus arenarius L.
	شور ایرانی - شور آذری	Salsola persica Bunge ex Boiss.
Fabaceae	خار شتر ایرانی – خارشتر کاشانی	Alhagi persarum Boiss. & Buhse
	خار شتر خزری - شبه خار شتر	Alhagi pseudalhagi (M.B.) Desf.
	گون طلایی	Astragalus aureus Wild
	خار شتر – ترنجبین	Alhagi camelerum Fisch.
Geraniaceae	نوک لک لکی دراز	Erodium Cicutarrium (Jusl) L'Her.exaition
Lamiaceae	مریم گلی سیخک دار	Salvia aristata Aucher ex Benth
Poaceae	علف بام- جارو علفی بامی	Bromus Tectorum L.
	نی	Phragmites australis (Cav) Trin. ex Steud
	برنج ارزنی - سوروف	Echinochloa crus-galli (L.) P.Beauv.
	جو	Hordeum vulgare L.
	استپی ریش دار	Stipa barbata Desf.
Papaveraceae	خشخاش تهرانی	Papaver Piptostigma Bienert ex Fedde
Polygonaceae	هفت بند پا کوتاه – هفت بند گسترده	Polygonum patulum M.B.
	پرند	Pteropyrum Aucheri Jaub. & Spach
Zygophyllaceae	اسپند	Peganum harmala L.

نتیجه‌گیری

در میان گیاهان مورد پژوهش، گیاهان درمنه صخره‌ای در کروم، شور خاردار در کروم، روی و سرب، خار شتر ایرانی در سرب و روی، خار شتر خزری در سرب، گون طلایی در سرب و روی، مریم گلی سیخک دار در سرب، علف‌بام در روی و سرب، نی در روی، کادمیوم و سرب، برنج ارزنی در کادمیوم، گیاه جو در کروم، روی، کادمیوم و سرب، استپی ریش دار در سرب، پرند در روی و سرب، اسپند در نیکل و سرب، فراانباشته کننده فلزات مذکور محسوب می‌گردند. گونه‌های با پتانسیل پایدارسازی نیز شامل گیاهان شور خاردار در کروم، کاهوسای بیابانی در روی، برنج ارزنی در کادمیوم، گیاهان خار شتر ایرانی و خار شتر خزری، گون طلایی و پرند در فلز سرب، جاروی قزوینی در نیکل، می‌باشند. در این میان گیاهان شور خاردار، خار شتر خزری، مریم گلی سیخک دار، استپی ریش‌دار و پرند برای اولین‌بار است با توجه به شرایط اقلیمی و ادافیکی زیستگاه آلوده محل تحقیق به عنوان فراانباشته کننده معرفی می‌گردند. گیاهان فراانباشته کننده فلزات سنگین می‌توانند پس از جمع‌آوری به راحتی مانند زباله‌های صنعتی دفع گردند و گیاهان دارای قابلیت پایدارسازی گیاهی نیز در منطقه آلوده مانع از انتشار آلودگی‌ها به محیط‌های فاقد آلودگی همانند زمین‌های کشاورزی اطراف می‌گردند.

پی‌نوشت‌ها

1.Phytoremediaton
2.Pytoextraction
3. Hyperaccumulator
4. phytostabilization
5. Bioconcentration Factor
6. Translocation Factor
7. Standard Deviation

منابع

Ashraf, M., M. Qasim Hayat and A. S. Mumtaz (2010). A study on elemental contents of medicinally important species of Artemisia L. (Asteraceae) found in Pakistan. Journal of Medicinal Plants Research, 4(21) 2256-2263.

Al-Taisan, W.A. (2009). Suitability of Using Phragmites australis and Tamarix aphylla as Vegetation Filters in Industrial Areas. American Journal of Environmental Sciences, 5 (6): 740-747.

Branquinho,C., H .C. Serrano, M. J. Pinto and M.A. Martins-Loucao (2006). Revisiting the plant hyperaccumulation criteria to rare plants and earth abundant elements. Environmental Pollution Journal, DOI: 10.1016/j, 146 (2): 437–443.

Ciura,J., M. Poniedziałek, A.Sękara and E.Jędrszczyk (2005). The Possibility of Using Crops as Metal. Polish Journal of Environmental Studies, 14 (1):17-22.

Deng, H. , Z.H. Ye and M. Wong (2006). Lead and zinc accumulation and tolerance in populations of six wetland plants. Environ Pollut j. 141(1):69-80.

Dunn,CE. (2007). new perspectives on biogeochemical exploration. Paper 12. Advances in prospect-scale geochemical methods. In: Milkereit B (ed) Proceedings of Exploration 07: Fifth decennial international conference on mineral exploration, 249–261.

Ghaderian, S.M., G.R. Hemmat, R.D. Reeves and A.J.M. Baker (2007). Accumulation of lead and zinc by plants colonizing a metal mining area

on the Akouedo landfill (Abidjan, Côte d'Ivoire). African Journal of Biotechnology, 12(3):253-264. DOI:10.5897/AJB12.1664.

Melinda Paz,A. and C.Gilbert Sigua (2013). Phytoremediation: A Green Technology to Remove Environmental Pollutants. American Journal of Climate Change, 2(1):71-86,DOI: 10.4236/ajcc.2013.21008.

Neishabori,A. (2011). Partical Ecology. Tehran: payam noor university publication.

Nouri,j., (1992). Environmental contamination and chemical forms of heavy metals in wastewater and soil. Science (Science and Research Branch, Islamic Azad University) Journal(jsiau), 7 (5): 401-406.

Parsa doost,F., B.Bahreini Nejad, A. K.Safari Sanjani. and M. M. Kaboli (2007). Phytoremediation of lead with native rangeland plants in Irankoh polluted soils. Pajouhesh & Sazandegi J, 75: 54-63.

Salari, H., H.Oloumi, D.Afzali and E.Ahmadi Mosavi (2012). Lead contamination in soil and vegetation of areas surrounding different mining activity zones in Kerman Province of Iran. African Journal of Biotechnology, 11(77): 14146-14152, DOI: 10.5897/AJB11.3613.

Sinegani, A. and F.Dastjerdi (2009). The Accumulation of Zinc and Nickel in Irankoh Indigenous Plant Species on a Contaminated Land. Soil & sediment contamination J, 8(4):8-15.

Shaw,A.J. (1989). Heavy Metal Tolerance in Plant: Evolutionary Aspects. Florida: CRC press.

Sposito.,G., J.land and A.Change (1982). Trace metal chemistry in arid zone field soils amended with sewage sludge:I.Fractionation of Ni,Cu,Zn,Cd and Pb in soil Phases. Soil Science Society of America Journal (SSAJ), 46 (2): 260-264.

in Central Iran. Journal of Applied Botany and Food Quality, 81(1): 145 – 150.

Hajiboland, R. and H.Mirmanafi (2007). Flora of heavy metal-rich soils in NW Iran and some potential hyper-accumulator and accumulator species. Acta Bot Croat. 66 (2), 177–195.

kabata-Pendias,A. (2004). Trace elements in soils and plants an environmental issue. Elsevier, 122 (2–4):143–149

Khorasani,N., Nouri,J., M.karami, A.Hassani and B. Lorestani (2010). Survey of concentration of heavy metals in contaminated areas of soil in hamedan province and possibility of elimination them by plant species of native hyperaccumulator. Ph.D thesis. Environment and Energy, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

Lin,W., T.Xiao, Y.Wu, Z.Ao and Z. Ning (2012). Hyperaccumulation of zinc by Corddalis davidii in Zn-polluted soils. Chemosphere journal, doi:10.1016 /j, 86 (8):837-42.

Lorestani, B., M. Cheraghi and N. Yousefi (2011). Phytoremediation Potential of Native Plants Growing on a Heavy Metals Contaminated Soil of Copper mine in Iran. World Academy of Science, Engineering and Technology 53.

International Union of Biological Sciences (iubs) (1994). Progress report on the element concentrations cadastre project (ECCP) of INTERCOL/IUBS. Markert,B, Paris: iubs.

Mehravaran zist CO (2011). Quantitative and qualitative upgrade project of Eshtehard Industrial city Wastewater Treatment. Tehran Environmental Report Organization. Karaj: Eshrwhard Industrial town.

Messou, A., L.Coulibaly, L.Doumbia and G.Gourene (2013). Plants diversity and phytoaccumulators identification

Tukura,B.W., B.Anhwange, Y. Mohammed and N.L.Usman (2012). Translocation of Trace Metals in Vegetable Crops Grown on Irrigated Soil along Mada River, Nasarawa State, Nigeria. Inter-national Journal of Modern Analytical and Separation Sciences, 1 (1):13-22.

International Soil Reference and Information Centre (ISRIC) (2002). Procedure for soil analysis. van Reeuwijk,L.P, ISBN: 90-6672-044-1,Washangton: ISRIC.

Yoon,j., X.Cao and O.Zhou (2006). Accumulation of Pb,Cu and Zn in native plants growing on a contaminated Florida site. Science of total Environment Journal, 368 (2–3): 456–464.

Zamani, A., A. R. Shokri, M. R. Yaftian and A. H. Parizanganeh (2013). Adsorption of lead, zinc and cadmium ions from contaminated water onto Peganum harmala seeds as biosorbent. International Journal of Environmental Science and Technology, 10(1): 93-102.

Zofen,P., A.Sadatkhah, S.Rastgarzadeh (2013). Comparing the ability of concentration of heavy metals in the flora surrounding the steel industry on the road Imam Port - Mahshahr, Ahvaz. Department of Biology and Chemistry, Chamran University, IJPB, 5 (16): 1-3.