

بررسی وضعیت زیست محیطی خاک و گیاه *Astragalus sp.* در اراضی

اطراف کارخانه ذوب مس خاتون آباد

مریم زارع رشکوئی^۱، امیرحسین حمیدیان^{۲*}، بهمن جباری امیری^۲

۱- دانشجوی دکترای گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران

۲- دانشیار گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران

(تاریخ دریافت ۹۶/۱۱/۵ - تاریخ پذیرش ۹۷/۰۱/۱۴)

چکیده

در این مطالعه غلظت عناصر محلول در خاک و گیاه اطراف کارخانه ذوب مس خاتون آباد (Al, As, Ba, Cr, Cu, Fe, Mg, Mn, Mo, Ni, Pb, Rb, S, Si, Sr, Zn) و تجمع و انتقال این عناصر در گیاه *Astragalus sp.* با فاکتور انتقال مورد بررسی قرار گرفت. جهت تعیین تغییرات آنها از آزمون ANOVA و دانکن استفاده شد. همبستگی عناصر با یکدیگر توسط ضریب همبستگی پیرسون مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد، بیشترین غلظت عناصر مربوط به فلز منیزیوم و آهن در ساقه گیاه و نیکل و کروم نیز کمترین غلظت در خاک را داشتند. براساس داده های به دست آمده غلظت متوسط عناصر محلول در نمونه های خاک آنالیز شده متغیر است و بر اساس ترتیب زیر قرار می گیرند: Al, As, Ba, Cr, Mn, Mo, Cu, S, همچنین، میانگین غلظت عناصر Sr > Mg > Si > Al > Sr > Mn > Cu > Zn > Pb > Fe > Rb > As > Ba > Mo. و در ریشه < ساقه > خاک و میانگین غلظت عناصر Fe, Mg, Ni, Pb, Rb, Si, Zn در ساقه < ریشه > خاک بود. عناصر Zn, Si, Rb, Pb و Ni, Mg, Fe با فاکتور انتقال بیش از یک توانایی انتقال از ریشه به ساقه و تجمع در اندامهای هوایی گیاه *Astragalus sp.* را دارند. بیشترین و کمترین فاکتور انتقال به ترتیب مربوط به سیلیسیم (۲/۱۱) و آلومینیوم (۰/۳۸) بود. همچنین، ضریب همبستگی قوی (Pvalue < 0.01) - بیش از ۵۰ درصد- بین فلزات با یکدیگر وجود دارد. مطالعه حاضر نشان می دهد *Astragalus sp.* توانایی جذب عناصر Zn, Si, Rb, Pb, Ni, Mg, Fe را در اندامهای هوایی خود دارد. عناصر Al, As, Mn, Cu, Sr, Cr و Mo تجمع بیشتری در ریشه نسبت به اندامهای هوایی نشان داد. که این مساله بیان کننده پتانسیل این گیاه در گیاه پایایی و گیاه پالایی مناطق آلوده می باشد.

کلید واژگان: دسترسی زیستی، گیاه پالایی، گیاه پایایی، فاکتور انتقال، خاتون آباد، صنایع ذوب فلزی، *Astragalus sp.*

۱. مقدمه

فعالیت های انسانی و کندو کاو در طبیعت در کنار خالی کردن منابع طبیعی با برگرداندن فاضلاب و پسماندشان به محیط زیست آلودگیهای مختلفی را ایجاد می کنند. فعالیتهای معدنی و صنایع ذوب فلزی مرتبط با آن با جابجایی عظیم خاک و دستکاری اکوسیستم طبیعی اثرات زیادی بر محیط اطراف خود از جمله تجمع فلزات سنگین در خاک می گذارند. فلزات سنگین از جمله مهم ترین الاینده های محیط زیست هستند که می تواند از طریق گرد و غبار و آبخوبی به مناطق غیر آلوده و موجودات زنده به ویژه گیاهان منتقل شوند (Tangaho *et al.*, 2011; Gaur & Adholeya, 2004).

گیاهان به عنوان اولین سطح زنجیره غذایی و جذب کننده عناصر ضروری و غیرضروری از خاک، آب و هوا به طور مستقیم یا غیرمستقیم مسئول بخشی از جذب فلزات سنگین سمی در انسان از طریق غذا هستند (Brown *et al.*, 1994). همچنین گونه های مختلف با تجمع عناصر در اندامهای هوایی و زیرزمینی در پژوهشهای گیاه پالایی زیادی مورد بررسی قرار گرفته اند (Baker *et al.*, 1994; Chehregani & Malayeri, 2007; Ebrahimiet *al.*, 2014; Amirpour *et al.*, 2016). بعضی از گیاهان به خوبی عناصری نظیر Pb, Cd, Cr, As و انواع رادیونوکلئیدها را از خاک جذب می کنند (Gaur & Adholeya, 2004). بعضی از فلزات احتمالاً به دلیل موانع فیزیولوژیک نمی تواند به قسمت هوایی گیاه منتقل شده و در ریشه گیاه تجمع یافته و بعضی نظیر کادمیم به راحتی به اندامهایی هوایی گیاه انتقال می یابند (Garbisu & Alkorta, 2004).

(2001). از آنجاییکه گیاهان مواد غذایی مورد نیاز خود را از فاز محلول خاک می گیرند، فرض بر اینست که فلزات وقتی به شکل محلول هستند آماده برای دسترسی موجودات زنده هستند (Barber, 1984).

اگر چه غلظت کل فلزات در خاک معیار مناسبی برای تعیین وسعت آلودگی خاک است (Xiao, *et al.*, 2011)، معیار قابل قبولی برای دسترسی زیستی و حرکت فلزات در خاک نیست. بعضی فلزات دارای پیوند قوی با فاز خاک بوده به طور معمول در اختیار اورگانسیم های خاک قرار نمی گیرند (Rieuwerts *et al.*, 1998). غلظت فلزات در محلول خاک به عنوان فاکتور اصلی کنترل کننده دسترسی زیستی آنها میباشد (Alloway *et al.*, 1988; Kabata-Pendias, 1992)، که تحت تاثیر عواملی نظیر Eh, pH، مواد آلی، بخش رسی خاک و هیدرواکسیدها بوده (Rieuwerts *et al.*, 1998) و با احتمال ورود به زنجیره غذایی خطرات بهداشتی و سلامتی را برای موجودات زنده در پی خواهد داشت، بیش از غلظت کل آن مورد توجه است و معیار بهتری برای ارزیابی ریسک فلزات است. (Topcuoglot, 2016; Prokop *et al.* 2003; van Gestel, 2008). تعیین غلظت کل فلزات محلول و شکل شیمیایی آنها اطلاعات خوبی در ارتباط با دسترسی زیستی و سمیت فلزات به ما می دهد (Knight *et al.*, 1998). در عمل تعیین دسترسی زیستی فلزات در خاک بر اساس روشهای آبخوبی و استخراج است (Kim *et al.*, 2002; Lasat, 2005). عصاره گیری با ¹DTPA یکی از روشهای سریع برای تعیین عناصر نادر، حلالیت و تعیین آلودگی در خاک است. فلزات

¹-diethylenetriaminepentaacetic acid

غلظت قابل حل در گونه *Astragalus sp.* مورد بررسی قرار گرفته است.

۲. مواد و روش ها

خاتون آباد شهر و دشتی درحد فاصل شهرک صنعتی سرچشمه و شهر شهربابک دراستان کرمان است. کارخانه ذوب مس خاتون آباد با زیربنایی بیش از ۶۰۰۰۰ مترمربع در این منطقه در $30^{\circ} 04' 50'' N$ و $13^{\circ} 23' 13'' E$ واقع شده است. میانگین دمای سالانه ۱۵/۱ و بارش سالانه ۱۶۳/۸ میلیمتر است.

تعداد ۱۵ نمونه گیاه کامل *Astragalus sp.* در فواصل مختلف اطراف کارخانه به طور تصافی برداشت شد. همچنین، خاک اطراف ریشه گیاه تا عمق ۲۰ سانتیمتر برداشت شد. خاک ها در آزمایشگاه خشک و از صافی دو میلیمتری گذرانده شد. گیاهان برداشت شده ابتدا جهت حذف آلودگی های هوایی ناشی از دودکش کارخانه با آب شیر و سپس آب دیونایز شستشو داده شد در آن به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۸۰ درجه سانتیگراد خشک شد. جهت استریل کردن و حذف آلودگی های احتمالی، تمام وسایل مورد استفاده با مایع ظرفشویی و سه مرتبه با آب مقطر شستشو داده شده، به مدت ۴۸ ساعت در داخل حمام اسیدی ۱۰ درصد اسید نیتریک قرار داده شد، در پایان هم سه مرتبه با آب دوبار تقطیر شستشو داده شد. اندامهایی هوایی و زمینی گیاه جداسازی شده، نیم گرم از هر نمونه گیاه در ارلن شستشو داده شده با اسید نیتریک ده درصد و خشک شده ریخته شد. نمونه گیاه پس از خشک شدن وارد کوره شد و به مدت ۷۲ ساعت در دمای ۵۴۰ درجه سانتیگراد به خاکستر تبدیل شد. خاکستر به

استخراج شده از این روش با دسترسی زیستی به گیاه مرتبط هستند. مطالعات زیادی در ارتباط با استخراج فلزات سنگین از خاک های الوده با DTPA انجام شده است (Topcuoglu, 2016; Menzies et al. 2007; Hooda et al. 1997; Brunet al. 2001; Meers et al. 2007). از جمله خاکهای آلوده می توان به خاکهای اطراف معادن و کارخانه های ذوب فلزی اشاره کرد که با دریافت مستقیم آلودگی ها حیات اطراف خود را تحت تاثیر قرار می دهند.

استان کرمان یکی از غنی ترین مناطق ایران از نظر ذخایر زیرزمینی است و مجتمع عظیم مس سرچشمه و مس خاتون آباد ۸۲ درصد کنسانتره مس و ۹۹/۸ درصد مس کاند کشور را تولید می کنند. معدن کاوی و ذوب فلزات فعالیت های مهم اقتصادی در این استان هستند. در سالهای اخیر به دلیل تاسیس کارخانه ذوب فلزی خاتون آباد در این منطقه آلودگی ناشی از دودکش این کارخانه و نشست آن بر خاک و گیاه اثرات زیست محیطی قابل مشاهده ای بر ساکنین منطقه به ویژه صنعت دامداری آن داشته است. تلف شدن دسته جمعی گوسفندان این منطقه و احتمال آلوده شدن شیر و گوشت آنها به فلزات سنگین اعتراضات عمومی را در این رابطه در پی داشته است. پس از گذشت چند سال و تمهیدات انجام شده در این راستا بنظر می رسد آلودگی منطقه تا حدودی تحت کنترل در آمده است. جهت بررسی بیشتر و دقیق تر خاک و گیاه منطقه از نظر آلودگی در این مطالعه وضعیت عناصر مورد بررسی از نظر دسترسی زیستی و تجمع در گیاهان در خاک های اطراف کارخانه ذوب خاتون آباد با استفاده از

محلول در نمونه های خاک آنالیز شده به ترتیب: S>Mg>Si>Al>Sr>Mn>Cu>Zn>Pb>Fe>Rb>Al, همچنین، غلظت متوسط عناصر As> Ba> Mo. Sr و As, Ba, Cr, Mn, Mo, Cu, S در ریشه < ساقه < خاک و غلظت متوسط عناصر Fe, Mg, Ni, Pb, Rb, Si, Zn در ساقه < ریشه < خاک بود.

با توجه به اهمیت انتقال عناصر از اندامهای زیرزمینی به اندامهای هوایی فاکتور انتقال^۳ (نسبت غلظت عناصر در بخشهایی هوایی به غلظت همان عنصر در اندامهای زیرزمینی) محاسبه شد. عناصر Zn, Si, Rb, Pb, Ni, Mg, Fe و Ba با فاکتور انتقال بیش از یک توانایی انتقال از ریشه به ساقه و تجمع در اندامهای هوایی گیاه *Astragalussp* را دارند. بیشترین و کمترین فاکتور انتقال به ترتیب مربوط به سیلیسیم (۲/۱۱) و آلومینیوم (۰/۳۸) بود (شکل ۴).

آزمون کولموگروف - اسمیرنوف توزیع نرمال داده ها را نشان داد ($valuesP > 0.01$). آزمون مقایسه میانگین یک طرفه (ANOVA) تغییر غلظت متوسط عناصر در خاک، ریشه و ساقه گیاه را نشان داد ($valuesP > 0.01$). نتایج آزمون دانکن نشان داد غلظت متوسط آلومینیوم در ریشه < ساقه < خاک، باریم و روبیدیوم در ساقه < ریشه < خاک، آرسنیک در ریشه < ساقه و خاک، کروم، مس، آهن، منیزیوم، مولیبدین، نیکل، سرب، استرنسیوم و روی در ریشه و ساقه < خاک، سیلیسیوم در خاک < ساقه و ریشه و گوگرد تفاوتی بین نمونه ها نداشت. ضریب همبستگی پیرسون بین غلظت عناصر در خاک، ساقه و ریشه معنی دار بود

دست آمده از هر نمونه در ۱۰ ml محلول تیزاب سلطانی^۱ (۲.۵ میلی لیتر اسیدنیتریک و ۷/۵ میلی لیتر اسیدکلریدریک) به مدت ۲ ساعت هضم شد. سپس نمونه ها بر روی هات پلیت تا تبخیر شدن و هضم کامل نمونه حرارت داده شد، در مرحله بعد با افزودن آب دیونایز حاوی ۱٪ اسیدنیتریک به حجم ۵۰ میلی لیتر رسانده و از صافی واتمن ۴۲ عبور داده شد، سپس به درون بطری‌هایی که از قبل وزن شده، ریخته شد و بطری‌های حاوی محلول دوباره وزن شدند (Demirezen&Aksoy, 2004). در نهایت غلظت عناصر مورد نظر با استفاده از دستگاه ICP-OES^۲ اندازه گیری شد.

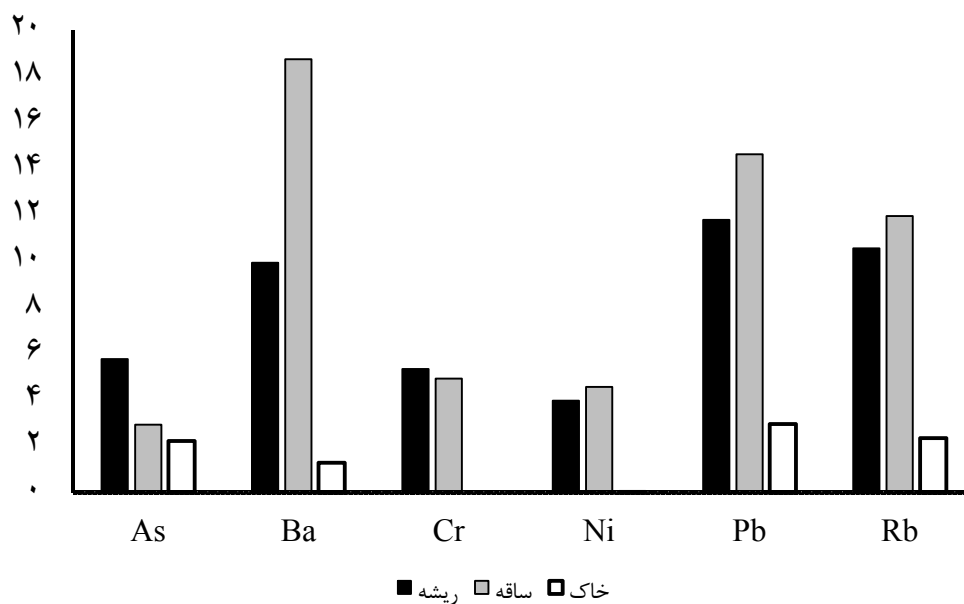
داده ها از نظر نرمال و هموزن بودن با استفاده از آزمون کلموگروف اسمیرنوف و تست لوینز به ترتیب مورد بررسی قرار گرفتند (Zar, 1999). جهت مقایسه تغییرات غلظت فلزات مختلف در خاک، ریشه و ساقه گیاه از آزمون مقایسه میانگین یک طرفه و به منظور مقایسه میانگین‌ها آزمون دانکن استفاده شد. تمام آنالیزهای آماری در SPSS 19 انجام شد.

۳. نتایج

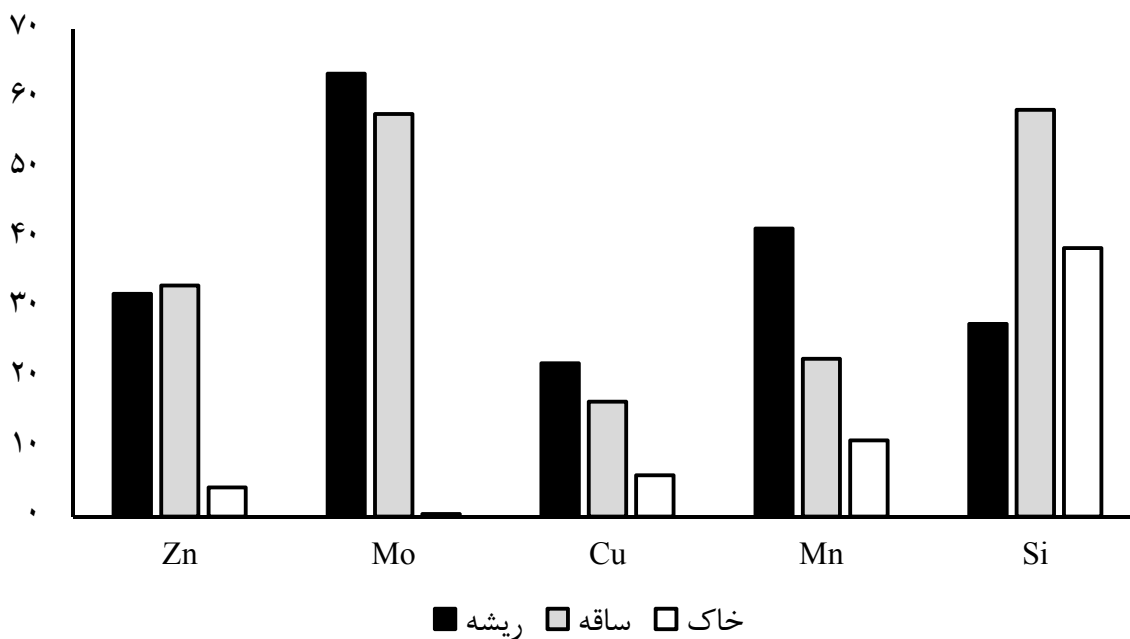
غلظت فلزات محللول نمونه های خاک بین ۰/۷۷ تا ۳۲/۸۵ متغیر بود (شکل ۱-۳). بیشترین غلظت مربوط به فلز منیزیوم و آهن در ساقه گیاه به ترتیب ۲۳۲۴/۷۲ و ۲۰۲۴/۳۰ mg/kg و نیکل و کروم نیز کمترین غلظت در خاک را داشتند که در حد تشخیص دستگاه نبود. براساس داده های به دست آمده غلظت متوسط عناصر

1-aqua regia
2-inductively coupled plasma-optical emission spectrometry

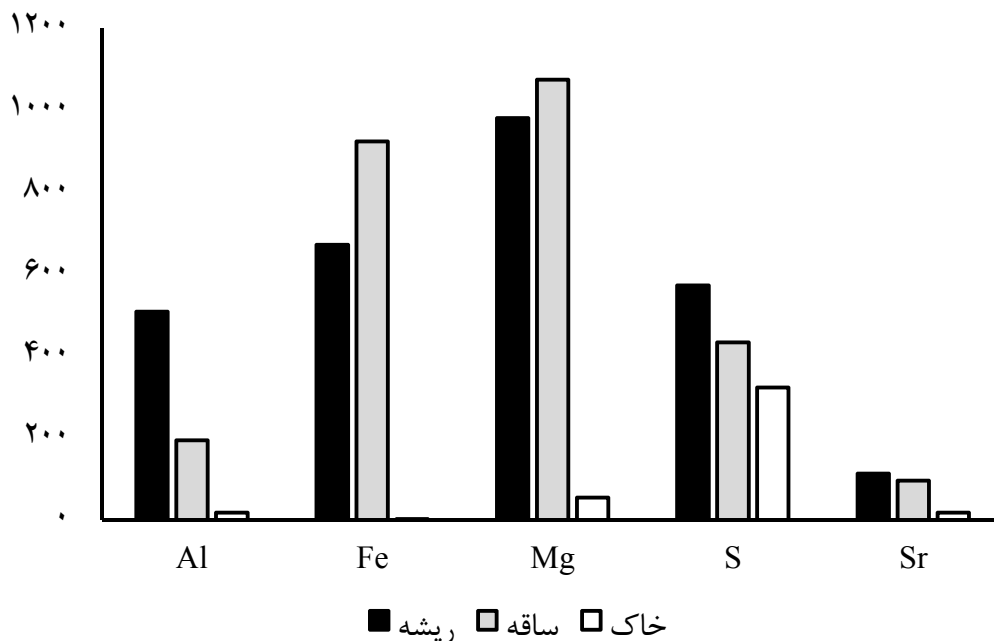
که بیان کننده همبستگی معنی دار غلظت عناصر با یکدیگر است.



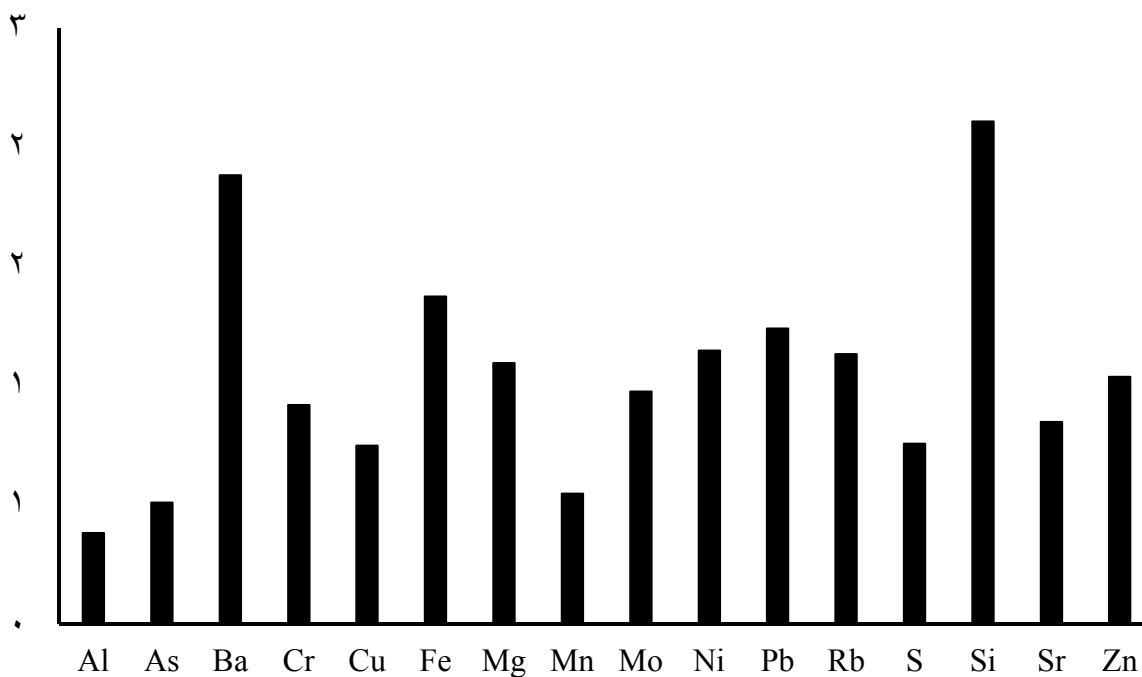
شکل شماره ۱- غلظت عناصر As, Ba, Cr, Ni, Pb و Rb در خاک، ساقه و ریشه *Astragalus sp.*



شکل شماره ۲- غلظت عناصر Si, Zn, Mo, Cu, Mn در خاک، ساقه و ریشه *Astragalus sp.*



شکل شماره ۳- غلظت عناصر Al, Fe, Mg, S و Sr در خاک، ساقه و ریشه *Astragalus sp.*



شکل ۴- فاکتور انتقال عناصر مورد مطالعه در *Astragalus sp.*

نتایج نشان داد ضریب همبستگی قوی ($P < 0.01$) - بیش از ۵۰ درصد- بین فلزات با یکدیگر وجود دارد، Al با As, Cr, Mg, Mn, Mo, Ni, Pb, Rb, S و

Mg, Mo, Cr, Zn و Fe, Mg, Ni, Rb با Ba, Si
 Mg, Ni, Pb, Fe, Zn و Cu, Zn و Ni, Pb, Rb, Sr
 ، Zn و Rb با Mg, Zn و Mo, Ni, Pb, Rb, Sr و

نتایج نشان داد ضریب همبستگی قوی ($P < 0.01$) - بیش از ۵۰ درصد- بین فلزات با یکدیگر وجود دارد، Al با As, Cr, Mg, Mn, Mo, Ni, Pb, Rb, S و

همکاران (Kord و Lorestani *et al.*, 2011). (۲۰۱۴) عدم انتقال و ظرفیت تحمل فلزات توسط گیاه برای پایدار کردن فلزات را مناسب تر از استراتژی گیاه‌پالایی در خاک معادن می‌داند.

غلظت عناصر Zn, Fe, Mg, Ni, Pb, Rb, Si در ساقه بالاتر از ریشه بود که نشان دهنده انتقال بهتر این فلزات از خاک به اندامهای هوایی است. Kord و همکاران (۲۰۱۴) غلظت سرب و روی را در اندام هوایی *Astragalus glaucacanthus* در اطراف معادن سرب و روی آهنگران در ملایر بیش از اندامهای زمینی گزارش کرده اند. Kazemeini و همکاران (۲۰۱۳) نیز تجمع منگنز در ریشه *Asteragalus gossypinus* را بالاتر از ساقه (به ترتیب ۲/۹۰ mg/Kg و ۷/۷۹) و نیکل در ساقه این گونه بیشتر از ریشه (۴/۶۳ mg/kg و ۰/۰۳) بیان کرده است. (Asgari Nematian & Kazemeini, 2013) نیز برای همین گونه غلظت مس، آهن و سرب در ساقه بیش از ریشه و روی در ریشه بیش از ساقه گزارش کرده‌اند که در مورد مس و روی مخالف این مطالعه است انتقال فلزات سنگین به بخشهای قابل برداشت گیاه نظیر اندامهای هوایی جهت فرایند گیاه‌پالایی^۲ اهمیت دارد (Yoon *et al.*, 2006). سیستم ریشه ای مناسب و قابلیت انتقال از ریشه به ساقه از فاکتورهای مهم این فرایند می باشد (Asgari *et al.*, 2011; Lasat, 2000). عناصر Zn, Si, Rb, Pb, Ni, Mg, Fe با فاکتور انتقال بیش از یک احتمالاً توانایی انتقال از ریشه به ساقه و تجمع در اندامهای هوایی *Astragalus sp.* را دارند، بنابراین، این گونه توانایی جذب این عناصر را در اندامهای هوایی

Pb, Sr و Pb, Rb با Ni, Zn و Ni, Pb, Rb, Sr با Mo
با Zn, Rb, Sr و Zn

۴. بحث و نتیجه گیری

غلظت عناصر مورد بررسی در خاک، ساقه و ریشه *Astragalus sp.* اندازه گیری شد. غلظت عناصر Al, Sr, As, Ba, Cr, Mn, Mo, Cu, S در ریشه بالاتر از غلظت آن در ساقه و خاک بود. همچنین، Al با کمترین فاکتور انتقال -۰/۳۸- بیشترین میزان تجمع را در ریشه نشان داد. سپس آرسنیک و منگنز با فاکتور انتقال ۰/۵۱ و ۰/۵۴ و مس، گوگرد، استرنسیم، کروم و مولیبدن به ترتیب با فاکتور انتقال ۰/۷۵، ۰/۷۶، ۰/۸۵، ۰/۹۲ و ۰/۹۸ تجمع بیشتری از این عناصر در ریشه نسبت به اندامهای هوایی را نشان دادند. ریشه گیاه با فیلتر کردن، جذب و تبادل کاتیونی فلزات نقش مهمی در حذف فلزات دارد (Wright & Otte 1999). گیاهان با توانایی تجمع عناصر در ریشه و عدم انتقال آنها به اندامهای هوایی می‌توانند در مدیریت ایستای خاک‌های آلوده (بدون جابجایی و انتقال) یا گیاه-پالایی^۱ به کار برده شوند. بدین منظور فرایند گیاه‌پالایی نیازمند سیستم ریشه ای قوی جهت کاهش انتقال از ریشه به ساقه است (Deng *et al.*, 2004). از نظر تاکسیکولوژی عدم انتقال فلزات از ریشه به ساقه مانع انتقال آنها در زنجیره غذایی از طریق گیاهخواران خواهد شد، بنابراین، گیاهان با تجمع پایین عناصر در ساقه به منظور ثابت نگه داشتن فلزات و کاهش پخش آنها از طریق چرا می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد

1-phytostabilization

2-phytoremediation

مطالعه حاضر نشان می دهد. *Astragalus sp.* می تواند دامنه وسیعی از غلظت فلزات موجود در خاک را تجمع دهد. میانگین غلظت تمامی عناصر مورد بررسی در ساقه و ریشه بیش از غلظت قابل حل آن در خاک بوده و تجمع این عناصر در گیاه را نشان می دهد. Malayeri و همکاران (۲۰۰۸) گونه *Astragalus verus* را تجمع دهنده آهن و روی معرفی کرده است. طبق تعریف (Baker & Brooks, 1989) در صورتی یک گونه تجمع دهنده بالا برای بعضی عناصر محسوب میشود که برای مثال، غلظت مس، کروم یا نیکل در آن بیش از ۱۰۰۰ و برای روی ۱۰۰۰۰ در ساقه باشد که طبق نتایج این مطالعه *Astragalus sp.* جزو این گروه قرار نمی گیرد. هر چند بنظر می رسد بین غلظت عناصر در محیط (جو و خاک) و میزان جذب آنها در گیاه تناسب وجود دارد (Marry et al., 1986). Noori و همکاران (۲۰۰۹) در مطالعه خود به این نتیجه رسیدند که مقادیر بالای فلزات در جذب آنها توسط گیاه تاثیری نداشته و می تواند تحت تاثیر قابلیت مقاومت یا تحمل بالاتر گیاهان حساس نسبت به آنها باشد، همچنین غلظتهای سمی فلزات در بعضی گونه ها نشان دهنده وجود مکانیسم های درونی مقابله با سمیت فلزات در گیاه است.

Einollahi و Pakzad (۲۰۱۲) مقدار مس در گیاهان مرتعی مورد مطالعه در خاتون اباد را به طور متوسط ۱۰/۳۲ میکرو گرم بر گرم گزارش کرده است که از میانگین غلظت مس در ریشه و ساقه *Astragalus sp.* (۱۹/۲۶ mg /Kg) در مطالعه حاضر کمتر است، همچنین بر اساس نتایج این محققین، با افزایش فاصله

خود دارد، با توجه به اهمیت انتقال عناصر از ریشه به اندامهای هوایی (فاکتور انتقال) جهت شناسایی گونه های تجمع دهنده^۱ (Lasat, 2000) و قابلیت گیاه پالایی آنها، نتایج بیان کننده قابلیت انتقال این عناصر از ریشه به ساقه است که می تواند در ارتباط با غلظت این عناصر در خاک و توانایی جذب و انتقال از ریشه به اندامهای هوایی باشد (Kord et al., 2014).

LoRESTANI و همکاران (۲۰۰۹) فاکتور انتقال کمتر از یک را برای فلزات آهن، منگنز، روی و مس (به ترتیب ۰/۶۹، ۰/۱۵، ۰/۰۸ و ۰/۵۶) در *Astragalus verus* گزارش کرده اند. Vejdani و همکاران (۲۰۱۴) در اطراف معدن مرمریت منطقه جلبار جنوب شرق ارومیه فاکتور انتقال بیش از یک را برای روی و کمتر از یک برای مس، سرب و نیکل در گیاه گون گزارش کرده اند. Chehregani و همکاران (۲۰۱۱) فاکتور انتقال ۰/۷۲ را در *Astragalus verus L.* برای مس برای روی ۰/۰۸، برای منگنز ۰/۱۵، آهن ۰/۶۹ گزارش کرده است. فاکتور انتقال می تواند جهت توضیح مقاومت و عکس العمل گیاه به حضور فلزات سنگین در خاک و تعیین تجمع دهنده بودن گیاه (با فاکتور انتقال بیش از یک) یا دفع کننده بودن آن (با فاکتور انتقال کمتر از یک) مورد بررسی قرار گیرد (Marry et al. 1986; McGrath et al. 2000). طبق این تعریف، گونه *Astragalus sp.* نسبت به عناصر Al, As, Ba, Cr, Sr, Mn, Mo, Cu, S و Zn, Fe, Mg, Ni, Pb, Rb, Si تجمع دهنده است.

جذب و انتقال فلزات در شرایط متفاوت می‌تواند در انتخاب گیاهان برای گیاه‌پالایی مناطق آلوده کمک کننده باشد (Noori *et al.*, 2009). با توجه به توسعه صنایع فلزی و پتانسیل نشست مواد معدنی در کشور لزوم توجه به کنترل آلودگی‌های تولید شده توسط این صنایع و استفاده از روش‌های کم هزینه و دوستدار محیط زیست جهت مدیریت آنها حائز اهمیت می‌باشد. وضعیت عناصر آلاینده در خاک منطقه خاتون آباد به نظر غیر بحرانی است اما گیاه *Astragalus sp.* به عنوان گونه بومی می‌تواند با توجه به عنصر هدف در گیاه‌پالایی یا گیاه پایایی مورد بررسی و استفاده در مناطق آلوده قرار گیرد.

References

- Alloway, B.J., Thornton, I., Smart, G.A., Sherlock, J.C., Quinn, M.J., 1988. Metal availability. The Science of the Total Environment, 75, 41-69.
- Amir pour Kumleh, A., Asgarpanah, J., Ziarati, P., 2016. Chemical Composition and Nutritive Value of *Astragalus Podolobus* Seeds Growing Wild in South of Iran. Biomedical & Pharmacology Journal, 9(3), 1117-1125.
- Asgari Nematian, M., Kazemeini, F., 2013. Accumulation of Pb, Zn, Cu and Fe in plants and hyperaccumulator choice in Galali iron mine area, Iran, International Journal of Agriculture and Crop Sciences, 5(4); 426-432.
- Asgari, M., Nouri, M., Begay, F., Amini, F., 2011. Evaluation of Acacia phytoremediation in soils contaminated to petroleum with emphasis on some heavy metals. Journal of cells and Tissues 2(4): 442-435

از کارخانه غلظت فلز در نمونه‌ها افزایش می‌یابد که این مساله را مرتبط با عدم کارایی میکروفیلتر تعبیه شده در دودکش کارخانه دانسته‌اند. همبستگی قوی (ضریب همبستگی بیش از ۵۰ درصد) و مثبت بین تعدادی از فلزات وجود دارد که می‌تواند بیان کننده منشاء مشترک، الگوی توزیع یکسان و رابطه سینرژیک برای جذب این عناصر باشد (Karez *et al.*, 1994). با توجه به وضعیت منطقه و عوامل آلاینده در محیط منشاء اکثر عناصر طبیعی بوده و عناصر گوگرد، آرسنیک احتمالاً ناشی از دودکش کارخانه باشد. در ایران معادن فلزی زیادی وجود دارد که می‌تواند منجر به آلودگی‌های فلزی شدیدی شود. آگاهی از توانایی گونه‌های گیاهی مختلف و بافت‌های آنها در

Baker A.J.M., Brooks R.R., 1989. Terrestrial higher plants which hyperaccumulate metallic elements - a Review of their distribution, ecology and phytochemistry, Biorecovery, 1; 81-126.

Baker A.J.M., McGrathb, S.P., Sidolib, C.M.D., Reevesc R.D., 1994. The possibility of in situ heavy metal decontamination of polluted soils using crops of Resources, Conservation and Recycling, 11; 41-49

Barber, S.A., 1984. Soil Nutrient Bioavailability: A Mechanistic Approach. John Wiley, New York, 414p

Brown, S.L., Chaney, R.L., Angel, J.S., Baker, A.J.M., 1994. Phytoremediation potential of *Thlaspicarulescens* and *Bladder campion* for zinc- and cadmium- contaminated soil. Journal of Environmental Quality. 23, 1151-1157.

Deng, H., Ye, Z. H., Wong, M. H., 2004. Accumulation of lead, zinc, copper and cadmium by 12 wetland plant species thriving in metalcontaminated sites in China," Environmental Pollution Journal, 132 (1); 29-40.

- Ebrahimi, M., Jafari, M., Savaghebi, G. R., Azarnivand, H., Tavili, A., Madrid, F., 2013. Investigation of Heavy Metals Accumulation in Plants Growing in Contaminated Soils (Case Study: Qazvin Province, Iran), *Journal of Rangeland Science*, 4(2);91-100, (in Persian).
- Einollahi, F., Pakzad, S., 2012. Investigating the accumulation of copper-bearing metal concentrations in some rangeland plants (wild lettuce, artichoke and diatomaceous earth) around the copper smelting mine Khatoon Abad, Babak, *Human Resource Quarterly and Environment*, 21; 55-63 (in Persian).
- Garbisu, C., Alkorta, I., 2001. Phytoextraction : a cost-effective plant-based technology for the removal of metals from the environment, *Bioresource Technology*, 77, 229-236.
- Gaur A., Adholeya, A., 2004. Prospects of arbuscular mycorrhizal fungi in phytoremediation of heavy metal contaminated soils, *Current Science*, 86(4), 528-534.
- Hooda, P. S., McNulty, D., Alloway, B. J., Aitken, M. N., 1997. Plant availability of heavy metals in soils previously amended with heavy applications of sewage sludge. *Journal of the Science of Food & Agriculture*, 73, 446-454.
- Kabata-Pendias, A., 1983. Behavioural properties of trace metals in soils. *Applied Geochemistry*, 2, 3-9.
- Kabata-Pendias, A., Pendias, H., 1992. *Trace Elements in Soils and Plants*. CRC Press, 548p.
- Karez, C.S., Magalhaes, V.F., Pfeiffer, W.C., Amado-Filho, G.M., 1994. Trace metal accumulation by algae in Sepetiba bay, Brazil. *Environmental Pollution*, 83(3);351-356.
- Kazemeini, F., Eshghi, Malayeri, B., Chehregani, A., Lorestani, B., Kalvandi, R., 2013. Identification of the heavy metals accumulator plants in surrounding area of mine, *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*, *International Journal of Agriculture Crop Science*, 6 (10), 565-574.
- Kim, J. Y., Kim, K. W., Ahn, J. S., Ko, I. W., Lee, C. H., 2005. Investigation and risk assessment modeling of as and other heavy metals contamination around five abandoned metal mines in Korea. *Environmental Geochemistry and Health*, 27, 193-203.
- Knight, B.P., Chaudri, A.M., McGrath, S.P., Giller, K.E., 1998. Determination of chemical availability of cadmium and zinc in soils using inert soil moisture samplers, *Environmental Pollution*, 99, 293-298
- Kord, B., Hashemi, S.A., Pourabbasi, S., 2014. Phytoremediation of soil polluted with lead and zinc by using some plant species around Ahangan Lead and Zinc mine in Malayar city *Journal on New Biological Reports* 3(3): 204 – 211.
- Lasat M.M., 2000. Phytoextraction of metals from contaminated soil. *Journal of Hazardous Substance Research*, 2: 1-25.
- Lasat, M.M., 2002. Phytoextraction of Toxic Metals: A Review of Biological Mechanisms, *Journal of Environmental Quality*, 31, 109-120.
- Lorestani, B., Cheraghi, M., Yousefi, N., 2011. Phytoremediation Potential of Native Plants Growing on a Heavy Metals Contaminated Soil of Copper mine in Iran, *International Journal of Environmental, Chemical, Ecological, Geological and Geophysical Engineering*, 5(5); 209-304.
- Malayeri, B., Chehregani, A., Yousefi, N., Lorestani, B., 2013. Identification of the hyper accumulator plants in copper and iron mine in Iran, *Pakistan journal of biological sciences*, 11 (3): 490-492.
- Marry, R.H., Tiller, K.G., Alston, A.M., 1986. The effect of contamination of soil with copper lead and arsenic on the growth and composition of plant. *plant Soil*, 91: 115-128.
- McGrath, S.P., Dunham, S.J., Correl, R.L., 2000. Potential for phytoextraction of zinc and cadmium from soils using hyperaccumulator plants, in *phytoremediation of contaminated soil and water*. Terry N and Banuelos G. Sd (Ed.), CRC Press LLC, 109-128.

- Meers, E., Samson, R., Tack, F. M. G., Ruttens, A., Vandegheuchte, M., Vangronsveld, J., 2007. Phytoavailability assessment of heavy metals in soils by single extractions and accumulation in *Phaseolus vulgaris*. *Environmental & Experimental Botany*, 60, 385–396.
- Menzies, N. W., Donn, M. J., Kopittke, P. M., 2007. Evaluation of extractants for estimation of the phytoavailable trace metals in soils. *Environmental Pollution*, 145, 121–130.
- Nouri, J., Khorasani, N., Lorestani, B., Karami, M., Hassani, A. H., Yousefi, N. 2009. Accumulation of heavy metals in soil and uptake by plant species with phytoremediation potential, *Environmental Earth Science*, 59:315–323.
- Prokop, Z., Cupr, P., Zlevorova-Zlamalikova, V., Komarek, J., Dusek, L., Holoubek, I., 2003. Mobility, bioavailability and toxic effects of cadmium in soil samples. *Environmental Research*, 91(2), 119–126.
- Rieuwerts, J.S., Thornton, I., Farago M.E., Ashmore. M.R., 1998. Factors influencing metal bioavailability in soils: preliminary investigations for the development of a critical loads approach for metals, *Chemical Speciation and Bioavailability*, 10(2): 61-74.
- Tangahu, B.V., Sheikh Abdllah, S.R., Barsi, H., Idris, M., Anuar, N., Mukhlisin, M., 2011. A Review on Heavy Metals (As, Pb, and Hg) Uptake by Plants through Phytoremediation, *International Journal of Chemical Engineering*, 1-31.
- Topcuoglot, B., 2016, Heavy Metal Mobility and Bioavailability on Soil Pollution and Environmental Risks in Greenhouse Areas, *International Journal of Advances in Agricultural & Environmental Engineering (IJAAEE)* 3 (1); 208-213
- Van Gestel, C. A. M., 2008. Physico-chemical and biological parameters determine metal bioavailability in soils. *Science of the Total Environment*, 406(3), 385–395
- Vejdani Moradkandi, F., mansourfar, T., Nourabadi, A.R., Mesgari, F., 2014. Study of Heavy Metals' Accumulation in Aery Organs, Root and Sediment of Gathered Plant *Astragalus* from Jelbar Region in South-east Part of Urmia, Eighth National Geological Survey of Payame Noor University, Arak, (in Persian).
- Xiao, R., Bai, J. H., Wang, Q. G., Gao, H. F., Huang, L. B., Liu, X. H., 2011. Assessment of heavy metal contamination of wetland soils from a typical aquatic–terrestrial ecotone in Haihe River Basin, North China. *CLEAN-Soil, Air and Water*, 39 (7), 612–618.
- Yoon, J., Cao, X., Zhou, Q., Ma L. Q., 2006. Accumulation of Pb, Cu, and Zn in native plants growing on a contaminated Florida site, *Science of the Total Environment Journal*, 368 (2-3); 456–464.