

پایش علی انان، محلیزیت و توسعه‌یابدار  
بانگاه پژوهشگران جوان دانشگاه آزاد اسلامی واحد بهران

۱۳۸۸مردادماه

## هیپراکیمولاتورها و بهسازی خاکهای آلوده به سرب و روی عاطفه چمنی<sup>۱</sup>

### چکیده:

گیاه پالایشی یک فناوری در حال رشد است که از گیاهان مختلف برای تخریب، استخراج یا بی حرکت ساختن آلاینده‌ها از خاک و آب استفاده می‌کند و در سالهای اخیر به عنوان یک فناوری ابتکاری، مقرون به صرفه و آلترناتیو برای بیشتر روشهای مورد استفاده در دفع مواد زاید مورد توجه قرار گرفته است. گیاهان توانایی پاکسازی مواد شیمیایی را تا محدوده گسترش ریشه‌های خود دارند و تعدادی از گیاهان به خاطر دارا بودن مقاومت قادر هستند مقادیر بسیار بالای آلودگی را (شامل فلزات سنگین) بدون اینکه علائم و نشانه‌های بیماری در آنها بوجود آید، انبار کنند. پدیده جذب مقادیر بالای فلزات سنگین سوالات بسیاری را در ذهن دانشمندان به وجود آورده است. سرب یک فلز دشوار برای گیاه پالایشی است زیرا به شدت توسط مواد آلی و کانیهای خاک نگهداشته می‌شود. گیاهان نسبتاً کمی به عنوان هیپراکیمولاتور سرب ثبت شده است. در این تحقیق میزان جذب سرب و روی به وسیله پوشش گیاهی طبیعی و خاک اطراف معادن سرب و روی مورد بررسی قرار می‌گیرد تا از بین این گیاهان، گیاهان هیپراکیمولاتور مناسب برای این فلزات سنگین شناسائی شوند. نتایج حاصل از این مطالعه نشان می‌دهد که "*Stipa barbata*" هیپراکیمولاتور خوبی برای سرب و روی می‌باشد و بخصوص در ریشه‌های جذب بیشترین مقدار این عناصر است. گیاه "*Acantholimon sp*" هر دو عنصر مورد بررسی را به کمترین میزان جذب کرده است و در نتیجه نمی‌تواند گیاه مناسبی برای بهسازی و پاکسازی خاکهای آلوده این مناطق باشد.

کلمات کلیدی: هیپراکیمولاتور، گیاه پالایشی، فلزات سنگین، سرب، روی

۱- عضو هیات علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوراسگان

#### مقدمه:

آلاینده ها از جمله عوامل مختل کننده اکوسیستم به شمار می روند و از میان آلاینده ها ، فلزات سنگین به دلیل اثرات فیزیولوژیکی آنها بر موجود زنده در غلظتهای کم حائز اهمیت شناخته شده اند. عنوان فلزات سنگین و عناصر کمیاب برای تعدادی از فلزات و یونهای آنها به کار می رود که دارای چگالی بیشتر از  $5/0\text{g/cm}^3$  هستند (۶). این عناصر شامل عناصر مرکزی جدول تناوبی و نیز فلزات انتقالی می باشند و ممکن است به صورت آزاد، اکسید و یا سولفید باشند. بسیاری از این عناصر از نظر تأثیر در رشد بیولوژیکی حائز اهمیت هستند گر چه در بسیاری حالات غلظت این عناصر به حدی نرسیده است که موجب مشکلات حاد گردد ، ولی افزایش آنها در زنجیره غذایی سلامت انسان را در دراز مدت به طور جدی به مخاطره افکنده است. مطالعات درباره فلزات سنگین بیانگر آنست که مناطق وسیعی در جوار شهرها ، معادن یا جاده های اصلی به طور غیر عادی دارای غلظت بالایی از این عناصر هستند . این عناصر با اجزاء خاک ترکیب شده و به آسانی از خاک شسته نمی شوند و البته به آسانی و کوتاه مدت هم در دسترس گیاه قرار نمی گیرند. تنها در خاکهای شدیداً اسیدی، حرکت قابل توجهی از این عناصر را می توان مشاهده نمود چون در حالت اسیدی این عناصر به صورت محلول بوده و در واقع با کاهش PH، توان خاک در جذب این عناصر کم می شود (۴، ۱، ۵). وجود فلزات سنگین در صنعت به دلایل زیر قابل اعتراض بوده و باعث آلودگی می شوند: ۱- امکان تجمع این فلزات حتی در بدن و رسیدن غلظت آنها به میزان بیش از حد استاندارد ۲- اثرات زیان بار این فلزات حتی در غلظتهای زیر استاندارد ۳- امکان تبدیل آنها به مواد سمی تر در اثر پاره ای فعل و انفعالات ۴- حساسیت شدید اطفال در برابر آنها که کودکان گروه سنی ۱۰-۱ سال گروه بحرانی تحت تأثیر هستند ۵- احتمال سرطان زائی بعضی از این ترکیبات (۶). بر اساس تحقیقات به عمل آمده در استرالیا و نیوزلند گیاهانی که فلزات سنگین را از خاک جذب می کنند، می توانند نقش مهمی در رفع آلودگی خاکها، باستان شناسی و اکتشافات معدن ایفا کنند. این گیاهان که موسوم به هیپراکیمولاتورها هستند، می توانند در مناطق آلوده به فلزات سنگین رشد کنند. اگر چه هیپراکیمولاتورها سالهاست که مورد مطالعه قرار گرفته اند، ولی کارایی آنها اخیراً کشف شده است. مهمترین کاربرد این گیاهان در زمینه فیتورمدیشن (گیاه پالایشی) است که مربوط به بهسازی خاکهای آلوده به فلزات سنگین می باشد. گیاه پالایشی برای بیان روندی که طی آن گیاهان می توانند مقادیر متنابهی از مواد خاص را از خاک خارج کنند، به کار می رود (۲، ۷). هدف از انجام این تحقیق، بررسی میزان جذب سرب و روی وسیله پوشش گیاهی طبیعی اطراف معدن سرب و روی می باشد تا از بین گیاهان، گیاهان هیپراکیمولاتور مناسب برای این فلزات سنگین شناسائی شوند. شناسائی هیپراکیمولاتور ها به ما در شناسائی روشهای بهسازی و پاکسازی خاک این منطقه از فلزات سنگین کمک خواهد کرد. چرا که این گیاهان با جذب مقادیر بالای فلزات سنگین موجود در خاک، باعث کاهش غلظت این فلزات و در نتیجه پاکسازی آن خواهند شد (۳).

مواد و روشها:

#### - نمونه برداری و آماده سازی خاک منطقه

از مناطق مختلف اطراف معدن (۱۷ سایت نمونه برداری) نمونه خاک برداشت شد. ابتدا با استفاده از روش هیدرومتری بافت نمونه های خاک مشخص شد و بعد با استفاده از دستگاه PH سنج ، PH نمونه های خاک تعیین گردید . سپس در آزمایشگاه نمونه ها برای تعیین غلظت کل و غلظت قابل جذب فلزات سنگین به ترتیب زیر آماده شدند :

#### - اندازه گیری غلظت کل فلزات

به نمونه های ۲ گرمی خاک در هر قوطی پلاستیکی، ۳۰ میلی لیتر اسید نیتریک ۴ نرمال اضافه شد. نمونه ها به مدت یک شب در هات پلات در دمای ۵۰ درجه سانتیگراد قرار داده شدند. حجم مخلوط حاصل با استفاده از اسید نیتریک به ۵۰ میلی لیتر رسید و با استفاده از کاغذ صافی عصاره گیری شد. غلظت سرب، روی و کادمیوم موجود در نمونه ها، توسط دستگاه جذب اتمیک اندازه گیری شد .

#### - اندازه گیری غلظت قابل جذب فلزات

به نمونه های ۱۰ گرمی خاک که جداگانه در قوطی های پلاستیکی ریخته شده اند، ۲۰ میلی لیتر محلول DTPA اضافه شد. سپس به مدت ۲ ساعت توسط میکسر مخلوط شد. در مرحله بعد نمونه ها با استفاده از کاغذ صافی عصاره گیری شدند و غلظت قابل جذب فلزات مورد نظر با استفاده از دستگاه جذب اتمیک اندازه گیری گردید.

#### - نمونه برداری و آماده سازی پوشش گیاهی

ابتدا طی چند مرحله از پوشش گیاهی طبیعی اطراف معدن نمونه برداری صورت گرفت. بعد از شناسایی نمونه ها در هرباریوم و کدگذاری آنها، نمونه ها به ترتیب زیر برای عصاره گیری آماده شدند:

ریشه و اندام هوایی هر گیاه جدا شد و ریشه ها با آب مقطر شستشو داده شد. ریشه و اندام هوایی جداگانه در پاکتهای کاغذی گذاشته شد و روی پاکتها کد گذاری گردید. سپس پاکتها در آون با دمای  $50^{\circ}\text{C}$  گذاشته شدند و بعد از خشک شدن نمونه ها، ریشه و اندام هوایی به طور جداگانه در هاون چینی کوبیده شد. برای خردتر شدن نمونه ها از مولینکس استفاده شد. نمونه ها از الک ۲ میلیمتری گذرانده شدند و ۱ گرم از هر نمونه جدا و در قوطی پلاستیکی ریخته شد . در مرحله بعد هضم مرطوب روی نمونه ها به ترتیب زیر صورت گرفت:

یک گرم ماده خشک از هر نمونه با قطر کمتر از ۲۰ میلیمتر با ۱۰ میلی لیتر اسید نیتریک غلیظ به مدت ۱۲ ساعت مخلوط شدند و به مدت ۲ ساعت در دمای  $90^{\circ}\text{C}$  در هات پلات گرما داده شدند. بعد از سرد شدن نمونه ها ، ۲۰-۵ میلی لیتر آب اکسیژنه ۳۰٪ به آنها اضافه شد و به مدت ۲ ساعت در دمای ۹۰-۸۵ درجه در هات پلات گرما داده شدند. سپس به یک یک نمونه ها، ۱۰ میلی لیتر اسید نیتریک اضافه شد و حجم محلول به ۲۰ میلی لیتر رسید. محلول شفاف در این مرحله آماده فیلتر کردن است. غلظت سرب و روی نمونه های آماده شده توسط دستگاه جذب اتمیک اندازه گیری شد.

## نتایج:

از بین نمونه های پوشش گیاهی طبیعی برداشت شده از اطراف معدن سرب و روی، ۴ نمونه زیر که دارای بیشترین تکرار بودند، انتخاب شدند و میزان جذب سرب و روی به وسیله آنها مورد بررسی قرار گرفت:

- *Acantholimon sp*
- *Stipa barbata*
- *Scariola orientalis*
- *stachys inflata*

همچنین روی ۵ سایت نمونه برداری خاک که گیاهان مورد مطالعه برداشت شده بودند، بررسی صورت گرفت و نتایج زیر بدست آمد:

طبق جدول شماره ۱، خاک مورد مطالعه دارای PH میانگین ۷/۸ و EC میانگین ۱/۲۲ میلی متر بر سانتیمتر است. غلظت کل سرب موجود در خاک، بطور میانگین ۲۷۲۵ میلی گرم بر کیلوگرم است که از غلظت روی بیشتر است.

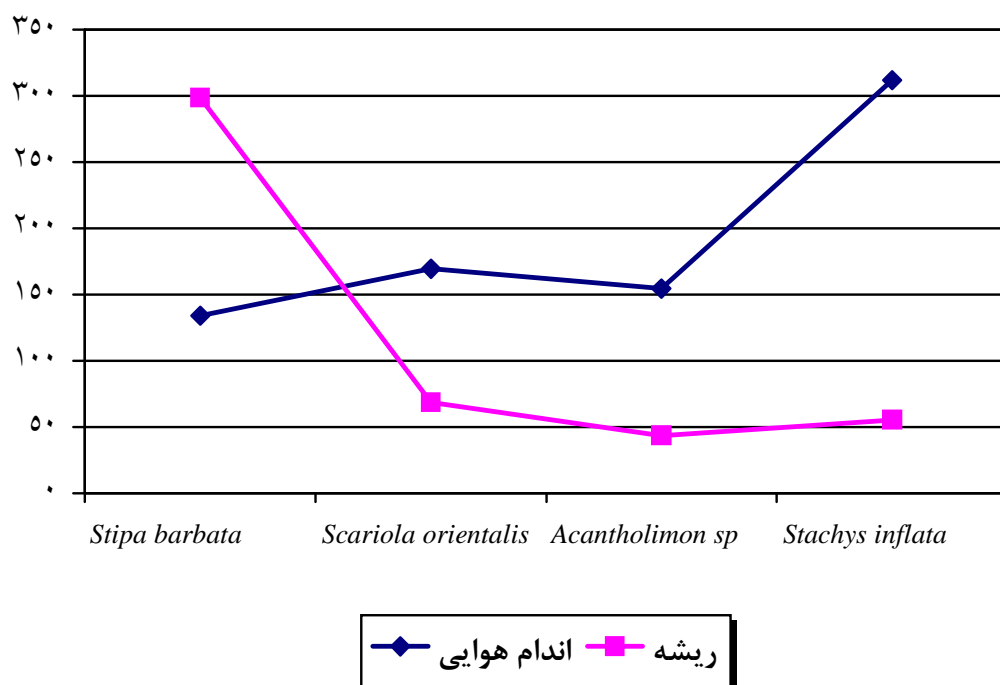
جدول ۱: بافت خاک، EC، pH، غلظت کل و غلظت قابل جذب سرب و روی در نمونه های خاک بر حسب mg/kg

شماره نمونه خاک	PH گل اشباع	عصاره اشباع EC(mm/cm)	غلظت سرب (کل)	غلظت سرب (قابل)	غلظت روی (کل)	غلظت روی (قابل)	نوع بافت خاک
۱	۸	۰/۶	۳۵۰	۳	۳۶۲/۵	۱۰	Loam
۲	۷/۸	۰/۸۳	۴۳۷/۵	۰	۲۷۵	۴	silt Loam
۳	۷/۸	۱/۴۱	۷۷۵۰	۳۰	۵۱۲۵	۸۳	Loam
۴	۷/۷	۱/۴۶	۱۷۵۰	۱۴۴	۲۱۷۵	۴۵	Loam
۵	۷/۸	۱/۸۲	۳۳۳۷/۵	۰	۵۳۰۰	۳۵۲	Sandy loam
میانگین	۷/۸۲	۱/۲۲	۲۷۲۵	۳۵/۴	۲۶۴۷/۵	۹۸/۸	----

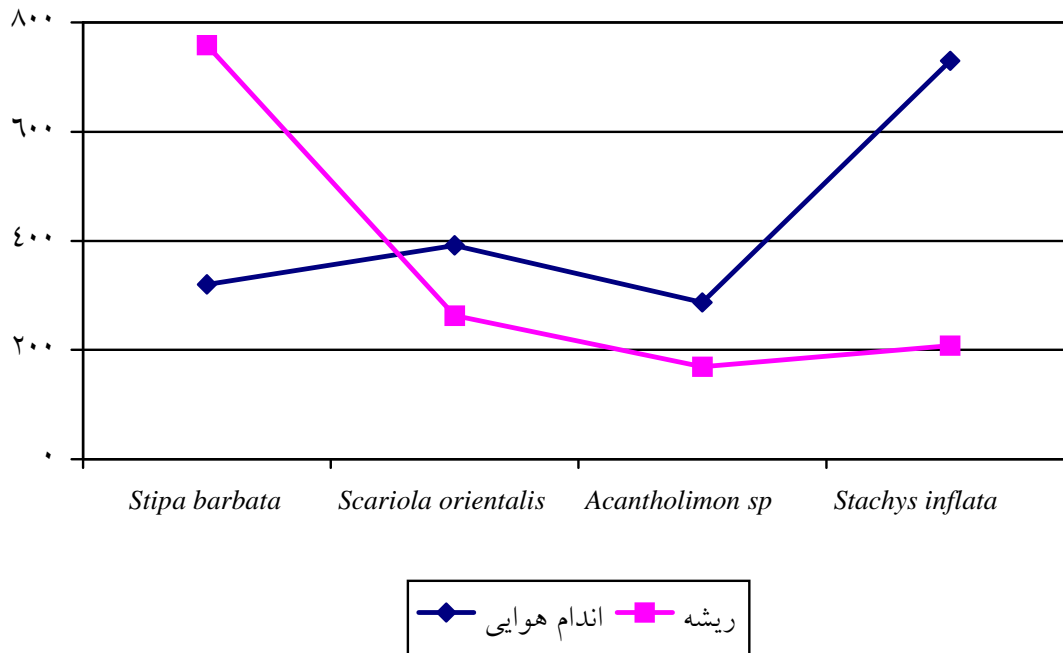
اما بررسی نتایج نشان می دهد غلظت قابل جذب روی از سرب بیشتر است. با بررسی جدول ۲ به این نتیجه می رسیم که غلظت سرب و روی در اندام هوایی از غلظت فلزات مذکور در ریشه بیشتر است. ولی در مورد گیاه *Stipa barbata* برعکس می باشد که آن را می توان به نوع گیاه مربوط دانست. با بررسی جداول فوق مشاهده می شود گیاه *Acantholimon sp* سرب و روی را به کمترین میزان جذب کرده است.

جدول ۲: غلظت میانگین سرب و روی در ریشه و اندام هوایی گیاهان مورد بررسی بر حسب mg/kg

غلظت روی (ریشه)	غلظت روی (اندام هوایی)	غلظت سرب (ریشه)	غلظت سرب (اندام هوایی)	نام گیاه
۷۵۷/۹	۳۲۰	۲۹۸/۷	۱۳۳/۹۵	<i>Stipa barbata</i>
۲۶۲/۷	۳۹۲	۶۸/۶	۱۶۹/۵	<i>Scariola orientalis</i>
۱۷۰	۲۸۷/۵	۴۳/۵	۱۵۴/۴	<i>Acantholimon sp</i>
۲۰۷/۵	۷۳۰	۵۵/۳	۳۱۱/۸	<i>Stachys inflata</i>



نمودار ۱: میانگین غلظت سرب در ریشه و اندام هوایی گیاهان مورد بررسی



نمودار ۲: میانگین غلظت روی در ریشه و اندام هوایی گیاهان مورد بررسی

بحث و نتیجه گیری :

طبق جدول شماره ۱، خاک مورد مطالعه جزء دسته خاکهای قلیائی قرار می گیرد. غلظت قابل جذب روی از سرب بیشتر است با توجه به اینکه در دسترس بودن یا قابلیت جذب فلزات سنگین موجود در خاک بوسیله گیاه، مهمتر از غلظت کل فلزات موجود در خاک است، می توان نتیجه گرفت که گیاهان این منطقه بیشتر از نظر مقدار روی موجود در خاک تهدید می شوند.

جذب سرب در گیاه از طریق ریشه صورت می گیرد و بعد به اندام هوایی منتقل می شود. البته سرب موجود در هوا هم توسط اندام هوایی گیاهان گرفته می شود. جذب سرب در گیاهان به عوامل مختلف از جمله PH، ظرفیت تبادل کاتیونی، حرارت، نوع گیاه و غیره بستگی دارد.

دامنه غلظت سمی برای سرب، ۳۰-۳۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم است و چنانچه از جدول شماره ۱، پیداست میزان سرب در هر ۴ گیاه از حد پائین مسمومیت تجاوز کرده است. در بین گیاهان مورد بررسی، *Stipa barbata* هیپراکیمولاتور خوبی برای سرب و روی می باشد و بخصوص در ریشه، جاذب بیشترین مقدار سرب (۲۹۸/۷mg/kg) و روی (۷۵۷/۹mg/kg) می باشد که آن را می توان به مورفولوژی گیاه مربوط دانست. گیاه *Acantholimon sp* در مورد سرب و روی کمترین مقدار جذب را داشته است در نتیجه نمی تواند گیاه مناسبی برای بهسازی و پاکسازی خاکهای آلوده این منطقه باشد. از طرفی به علت میزان پائین جذب، بعنوان خوراک دام گیاه مناسبی می باشد.

1. Merian, E. Anke, M. Ihnat, M. Stoeppler, M. 2008. Metal and their compounds in the environment. doi.wiley.com/10.1002/9783527619634.ch23a.
2. Brooks, R.R. 1998. Plant that hyperaccumulate heavy metals. CAB International Publishing. Oxford University Press.
3. Introduction of some range plants as suitable hyperaccumulators for Lead, Zinc and Cadanza. 2008. *International Congress of Environmental Research, ICER-08, GOA (INDIA)*
- ۴- چمنی، ع. ۱۳۸۰. بررسی میزان جذب سرب، روی و کادمیوم به وسیله پوشش گیاهی طبیعی اطراف معدن سرب و روی باما. پایان نامه کارشناسی محیط زیست. دانشگاه صنعتی اصفهان
- ۵- چمنی، ع. ۱۳۸۳. گیاه پالایشی برای بهسازی خاکهای آلوده. سمینار دکتری علوم محیط زیست. دانشگاه آزاد اسلامی علوم و تحقیقات تهران.
- ۶- طاهر حسینی، م. ۱۳۷۳. بررسی برخی از عناصر کمیاب و آگاهی به میزان تجمع آنها در تعدادی از خاکهای اصفهان. پایان نامه کارشناسی ارشد خاک شناسی. دانشگاه صنعتی اصفهان
- ۷- عابدی، ج. ۱۳۷۸. کاربرد هیپراکیمولاتورها در خاکهای آلوده. مجله آب و فاضلاب، شماره ۲۹.

**Abstract:**

Phytoremediation is an emerging technology that uses various plants to degrade, extract, or immobilize contaminants from soil and water. This technology has been receiving attention lately as an innovative, cost-effective, and alternative to the more established treatment methods used at hazardous waste sites. Plants can clean up chemicals as deep as their roots can grow and some plants can reserve large amounts of heavy metals without any symptom. The phenomenon of metal hyperaccumulation raises many questions in the mind of scientists. Lead is a difficult target metal for phytoextraction, because it is strongly held by soil organic matter and soil minerals. Relatively few plants have been recorded to hyperaccumulate lead. In this paper we studied the amount of Lead and Zinc absorption by natural vegetative cover around mine to identify suitable hyperaccumulator for absorbing these heavy metals. Our results show that "*Stipa barbata*" is a suitable hyperaccumulator for Lead and Zinc element. "*Acantholimon sp*" with low ability to absorb Lead and Zinc elements can't be used as a good vegetation for purifying and recovering in this polluted areas.