معرفی برخی گونه های گیاهی طبیعی جاذب عناصر سنگین در مناطق خشک و نیمه خشک ایران

محمود صلحی، محمدعلی حاج عباسی، حسین شریعتمداری، مجید افیونی و نوراله میرغفاتری

به ترتیب: عضو هیأت علمی مرکز تحقیقات کشاورزی اصفهان، دانشجوی دوره دکتری خاکشناسی، دانشیار، استادیار، دانشیار و استاد یارگروه خاکشناسی دانشگاه صنعتی اصفهان

مقدمه

با پیشرفت و توسعه تکنولوژی و افزایش جمعیت گسترش آلودگی خاک در مناطق مختلف بخصوص مناطق صنعتی معدنی و کشاورزی رشد قابل توجهی داشته است،خاک بعنوان یک منبع تجدید شونده در تکمیل چرخه عناصر غذایی نقش مهمی را ایفا می کندو بعنوان یک اکوسیستم پویا ادامه حیات موجودات میکروسکوپی و ماکروسکوپی را میسر می سازد.بشر با انجام فعالیتهای متنوع ، چرخه طبیعی عناصر را دچار اشکال نموده و باعث تجمع یا ورود عناصر غیر ضروری در چرخه غذایی می گردد که اثرات نامطلوب بر روی فعالیتهای متابولیکی و فیزیولوژیکی گیاه و موجودات زنده خاک خواهد داشت.یک گروه از عناصر آلاینده خاک که منابع آب ،خاک، هوا و به تبع آن موجودات زنده را تهدید می نماید تجمع غیر طبیعی عناصر سنگین [6] حاصل از فعالیتهای مختلف بشر می باشد.

عناصر سنگین عناصری هستندکه وزن اتمی آنها بین۶۳/۵۴۶و۲۰۰/۵۹۰باشدو جرم مخصوصآنها بزرگتر از۵ گرم بر سانتیمترمکعب باشد.موجودات زنده به مقدار نا چیزی از عناصر سنگین همانند کبالت، مس، مولیبدن، وانادیم، استرانسیم و روی نیاز دارند.ولی نیاز به کادمیم، کروم، جیوه، سرب، ارسنیک و آنتیموان مشخص نشده است.عناصرسنگین اغلب به فرم اکسید، هیدرواکسید، سیلیکات و سولفات و یا بصورت جذب شده برروی رس، سیلیکات و ماده الی یافت میشود (۲).

روشهای مختلفی برای پالایش خاکها و رسوبات آلوده به عناصرسنگین پیشنهاد گردیده است.یکی از روشهایی که سالهای اخیر مورد توجه قرار گرفته است روش گیاه پالایشی است[7]. گیاه پالایشی عبارتست از یک تکنولوژی با هزینه کم و در سطح معمول با استفاده از گیاهانی نظیر علوفه گونه های چوبی بوته ها به منظور خروج , نگهداری و بی اثرکردن آلاینده های زیست محیطی نظیر فلزات سنگین عناصر کمیاب , ترکیبات آلی نفتی و مواد رادیواکتیو در خاک و آب. استفاده از گیاهان سبز زنده در محل برای پالایش خاکها لجن، رسوبات، آبهای سطحی و زیر زمینی آلوده به کمک خارج ساختن عناصر آلاینده یا تجزیه یا غیر فعال نمودن آنها اصلاح سبز [8]و یا اصلاح توسط گیاه[9] نیز نامیده می شود.گیاهانی که برای پاکسازی خاک از عناصر و آلاینده ها بکار می روند اصطلاح هیپراکومولاتور [10]یا جاذب نامیده می شوند. گیاهان جاذب قادرند تا ۱۰۰ برابر گیاهان معمولی عناصر سنگین را جذب نمایند.گیاهی جاذب است که قادر باشد ۱۰ میلی گرم بر کیلو گرم جیوه ۱۰۰ میلی‌گرم بر کیلو گرم کادمیم و ۱۰۰۰میلی گرم برکیلو گرم کروم ،کبالت ، مس و سرب و ۱۰۰۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم نیکل و روی را در خود جمع نماید (۲).

مواد وروشها

چهار خاک آلوده به عناصر روی،سرب و کادمیم واقع در سه معدن سرب و روی در سه منطقه مختلف کشور انتخاب گردید. خاک شماره۱ به نام لومی اسکلتال،کربناتیک،ترمیک،تیپیک،کلسی زروکرپت[11] واقع در حاشیه معدن سرب و روی سرمه واقع در ارتفاعات کوه سرمه در ۱۷۰ کیلومتری جنوب شیراز (۵۰ کیلومتری جنوب شهر فیروزاباد فارس) با طول

---

[6]-Heavy Metals
[7]- Phytoremediation.
[8]- Green Remediation
[9]-Botano Remediation
[10]-yperaccumulators
[11]-Loamy Skeletal , Carbonatic, Thermic, Typic, Xerocrept.

جغرافیایی۵۲درجه و ۳۵ دقیقه و عرض جغرافیایی ۲۸درجه و ۴۸ دقیقه و ۲۲۳۰ متر ارتفاع از سطح دریا،خاک شماره۲و ۳ به ترتیب به نام لومی اسکلتال،کربناتیک،ترمیک،تیپیک، هاپلوکلسید[۳]وفین لومی میکس، ترمیک، تیپیک، هاپلوکلسید[۴] واقع در حاشیه معدن باما در ارتفاعات ایرانکوه در ۲۰ کیلومتری جنوب و جنوب غربی شهر اصفهان با طول جغرافیایی ۵۱درجه و ۳۵ دقیقه و با عرض جغرافیایی ۳۲درجه و ۳۰ دقیقه و ارتفاع ۲۷۵۰ متری از سطح دریا و خاک شماره ۴ به نام لومی اسکلتال،کربناتیک،مزیک.تیپیک،هاپلوکلسید [۵]واقع در معدن انگوران در ۱۳۰ کیلومتری جنوب غربی شهر زنجان با طول جغرافیایی ۴۷ درجه و ۲۰ دقیقه و عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۴۰ دقیقه و ارتفاع ۲۹۵۰ متری از سطح دریا مورد بررسی قرار گرفتند.

نمونه برداری از پروفیل خاکها از اعماق ۰-۲۵،۲۵-۵۰،۵۰-۷۵و۷۵-۱۰۰ سانتیمتری انجام شد .حدود ۸۰ گونه گیاهی که بر روی اراضی مورد مطالعه روییده بودند شناسایی و از میان آنها ۱۱ گونه گیاهی یکساله که ماده خشک تولیدی بیشتری داشتند انتخاب گردیدند.(گونه هایی که چند ساله و یا درختچه ای و یا خیلی کوچک اندام بودند انتخاب نشده اند) نمونه های خاک بعد از آماده سازی به ازمایشگاه ارسال گردید. اندازه گیری عناصر روی،سرب و کادمیم کل به روش هضم در مخلوط سه اسید(پرکلریک،سولفوریک و نیتریک)روش جکسون (۴) مورد بررسی قرار گرفت.عناصر روی،سرب و کادمیم قابل جذب [۶] به روش لیندزی و نورول (۵) اندازه گیری شد.عناصر روی،سرب و کادمیم اندامهای هوایی و ریشه به تفکیک توسط هضم در اسید نیتریک به روش زرسینا و همکاران (۱۰) اندازه گیری گردید.

نتایج و بحث

خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاکهای مورد مطالعه در جدول ۱ و غلظت کل و قابل جذب عناصر مورد مطالعه در جدول ۲ و نتایج تجزیه گیاهی (اندام هوایی و ریشه) در جدول ۳ ارائه شده است.

جدول۱- خصوصیات فیزیکو شیمیایی خاکهای مورد مطالعه در عمق ۰-۲۵ سانتیمتری

شماره خاک	هدایت الکتریکی ds/m	pH	T.N.V %	O.C %	Clay %	Silt %	Sand %
۱	۲/۳۷	۷/۸۲	۳۷/۵	۰/۷۵	۲۰	۲۳	۵۷
۲	۳/۳۵	۷/۸۵	۶۳/۵	۰/۴۱	۱۹	۲۴	۵۷
۳	۳/۴۲	۷/۶۷	۲۸/۰	۰/۴۴	۳۱	۳۴	۳۵
۴	۲/۵۵	۷/۷۵	۱۳/۶	۰/۳۴	۲۷	۳۱	۴۲

خاکهای مورد مطالعه بر روی رسوبات آبرفتی و واریزهای بادبزنی شکل حاصل از تشکیلات معدنی واقع شده اند و اغلب دارای تکامل پروفیلی کمی بوده و افقها به صورت A/Cبودند.مشخصات فیزیکوشیمیایی خاکهای مورد مطالعه در جدول ۱ آمده است. میزان ماده آلی ،رس و شوری نسبتا کم و میزان مواد خنثی شونده زیاد و pHآنها تا حدودی قلیایی میباشد.میزان عناصر سنگین شامل Zn،Pb،Cd کل و قابل جذب در جدول۲ ارائه شده است.بالاترین غلظت کادمیم کل در خاک شماره ۲ معدن باما واقع در استان اصفهان به میزان ۳۲/۷ میلی گرم بر کیلو گرمو بالاترین غلظت سرب کل در خاک شماره ۴ معدن انکوران واقع در استان زنجان به میزان ۶۷۴۲/۴ میلی گرم بر کیلو گرم و بالترین میزان غلظت روی کل در خاک شماره ۲ معدن باما

---

[۳]-Loamy Skeletal , Carbonatic, Thermic, Typic, Haplocalcd.

[۴]-Loamy Skeletal , Carbonatic, Thermic, Typic, Haplocalcid.

[۵]- Fine Loamy Skeletal , Carbonatic, Thermic, Mesic, Haplocalcid.

[۶]-DTPA extractable

واقع در استان اصفهان به میزان۷۹۳۲/۴میلیکرم بر کیلوگرم اندازه گیری شد.قابل ذکر است که غلظت عناصر سنگین متاثر از مواد مادری و به عبارت بهتر نوع معادن بوده است.بالاترین غلظت کادمیم،سرب و روی قابل جذب در خاک شماره۱ معدن سرمه به ترتیب۹۹/۰،۲/۹۲ و ۲۵/۴ میلی گرم بر کیلوگرم اندازه‌گیری شد.شاید دلیل این امر وجود ماده آلی بیشتر در سری مذکور باشد.نتایج تجزیه عناصر سنگین کادمیم،سرب و روی در جدول۳ ارائه شده است.

جدول۲- غلظت کل و قابل جذب عناصر سنگین خاکهای مورد مطالعه در عمق ۰- ۲۵ سانتیمتری خاک (میلی‌گرم بر کیلوگرم)

شماره خاک	غلظت کل			غلظت قابل جذب		
	Cd	Pb	Zn	Cd	Pb	Zn
۱	۲۸/۵	۵۱۹۵/۵	۶۱۴۵/۴	۰/۹۳	۹۹/۲	۲۵/۴
۲	۳۲/۷	۶۳۴۲/۷	۷۹۳۲/۴	۰/۸۳	۶۲/۷	۲۱/۷
3	۲۴/۴	۳۸۳۹/۷	۲۷۶۹/۴	۰/۶۷	۴۴/۱	۱۸/۹
4	۱۶/۴	۶۷۴۲/۳	۵۷۶۴/۴	۰/۴۳	۴۱/۸	۲۴/۱

جدول۳-نتایج تجزیه اندامهای هوایی و ریشه گیاه و نسبت آنها:

نام گیاه	شماره خاک	غلظت عناصر سنگین (Mg/kg)						نسبت غلظت عناصر (اندام هوایی به ریشه)		
		اندام هوایی			ریشه					
		Cd	Pb	Zn	Cd	Pb	Zn	Cd	Pb	Zn
Glaucium Sp	۱	۱۷/۵	۵۰۵/۰	۱۰۷۵	۲۰/۳	۴۶۴	۲۲۴۹	۰/۸۶	۱/۰۹	۰/۴۶
Centura Iberica	۱	۱۹/۸	۲۰۰/۰	۷۷۵	۱۴/۵	۱۴۷	۴۲۸	۱/۳۷	۱/۳۶	۱/۸۰
Stipa Barbata	۲	۵۵/۵	۴۲۷/۰	۲۳۲۵	۴۴/۵	۶۳۳	۱۷۶۲	۰/۸۰	۰/۶۷	۱/۵۶
Peganum Harmala	۱	۲۵/۰	۴۱۲/۰	۱۶۲۵	۱۸/۳	۲۳۵	۸۴۱	۱/۲۵	۱/۷۵	۱/۹۳
Pycnosycda Aucheri	۳	۱۷/۵	۵۷۵/۰	۱۳۲۵	۱۴/۶	۴۸۲	۸۳۵	۱/۲۰	۱/۱۹	۱/۵۹
Asragalus Sp	۲	۱۲/۵	۱۱۳/۰	۲۵۰	۱۰/۳	۱۱۱	۱۲۴	۱/۴۳	۱/۰۲	۱/۸۶
Sueda Accuminta	۴	۱۰/۴	۲۵۰/۰	۹۷۵	۴/۸	۱۱۸	۳۸۹	۲/۱۷	۲/۱۱	۲/۵۱
Glaucium Grandiflorum	۴	۲۰/۰	۲۷۵/۰	۱۷۵۰	۱۲/۳	۱۸۱	۹۲۴	۱/۶۷	۱/۵۲	۱/۸۹
Pragmites Sp	۱	۲۲/۲	۷۵۲/۰	۹۲۷	۹/۵	۴۴۹	۹۱۱	۲/۳۷	۱/۶۷	۱/۰۲
Cleome Sp	۲	۱۰/۲	۲۳۷/۰	۸۰۰	۱۰/۱	۱۴۷	۶۴۲	۱/۱۳	۱/۶۱	۱/۲۵
Kochia Chenopodiaceae	۳	۲۶/۴	۹۸۲/۰	۷۳۶	۱۷/۴	۵۲۷	۸۴۷	۱/۵۲	۱/۸۷	۰/۸۷

در میان ۱۱ گیاه منتخب غلظت کادمیم در اندام هوایی و ریشه گیاه استیپا باربانا با رقم ۵۵/۵ و ۴۵/۵ میلی‌گرم در کیلو گرم بالاترین میزان را نشان میدهد.بالاترین میزان کادمیم با اعمال تیمارهای شیمیایی(ترکیبات لیگاندی) در برگ گیاه تالاسپی کورولوسنس به میزان۱۸۰۰ میلیگرم در کیلوگرم توسط ریوز و بروکس (۸) و واکر (۹) گزارش گردیده است.بالاترین غلظت سرب در اندام هوایی گیاه کوخیا از خانواده کنو پودیاسه به میزان ۹۸۲ میلی گرم در کیلوگرم و بالاترین غلظت سرب در ریشه گیاه استیپا باربانا به میزان ۶۳۳ میلیگرم در کیلوگرم اندازه گیری شد.کوخیا در منابع به عنوان پالاینده سموم و آفت کشها معرفی گردیده است و بلی لاک (۱) خردل هندی[1] را بعنوان یکی از گیاهان هیپراکومولاتور سرب معرفی نموده است.هوانگ و

[1] -Indian Mustard

همکاران (۳) نیز قابلیت جذب سرب را توسط گیاه مورد بر رسی قرار داده و پالایش خاک را با اعمال تیمارهای شیمیایی امکان پذیر دانسته است.بالاترین غلظت روی در اندام هوایی گیاه استیپاباراباتا به میزان۲۳۲۵ میلیگرم در کیلوگرم و بالاترین غلظت در ریشه گیاه گلوشیوم به میزان ۲۲۴۹میلی گرم در کیلوگرم اندازه گیری شد.با وجودیکه ریشه گیاه گلوشیوم غلظت بالایی از روی را جذب نموده است با این وجود برای پالایش روی از خاک گیاه استیپا باراباتا که غلظت زیادی از روی را در اندامهای هوایی جذب می نماید ترجیح دارد.زیرا برداشت اندامهای هوایی با سهولت بیشتری امکان پذیر است.بعلاوه میزان ماده خشک تولیدی گیاه استیپاباراباتا بیشتر ازگیاه گلوشیوم می باشد.کیسر و همکاران(۶) میزان جذب روی را درگیاه ویمینالیس [2] دو برابر و در گیاه تالاسپیکورولوسنس به میزان ۵ تا۲۰ برابرگیاهان معمولی گزارش نموده است. راسیو (۷) غلظت روی را در یک گونه تالاسپی کورولوسنس به نام کاپفولیوم [3] در ریشه،اندامهای هوایی و برگ در یک محل آلوده معدنی در طول یکسال اندازه‌گیری کرده است و ملاحظه نموده است که غلظت روی در برگ گیاه مذکور بیشتر از ساقه و ریشه بوده است.در گیاهان مورد بررسی میزان روی در اندام هوایی گیاه آستراگالوس به میزان ۲۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم کمترین مقدار بوذ.و گیاه استیپاباراباتا توانسته است تقریبا ۱۰ برابر روی را بیشتر از آستراگالوس در اندامهای هوایی خود ذخیره نماید.

منابع مورد استفاده

1- Blaylack,M.J.,Field demonstration of phytoremediation of lead contaminated soil. P. 1 12. In N. Terryand G.Banuelos (ed).Phytoremediation of contaminated soil and publ. BocaRaton, FL, 2000.
2- http: //h20sparce. wq. nesu. edu/hmetals. html.
3- Huang, J. W., Chen, J. Berti, W. B., and Cunningham, S. D.,' Phytoremediationo flead contaminated soils: Role of synthetic chelates in lead phytoextraction. Environ. Sci. Technol. 31 : 800-805,1 997.
4- Jackson, M. L., Soil chemical Analysis, Prentice- Hall of India private limited, New Dehli,1967.
5- Lindsay, W. L., and Norvell, W. A., Development of a DTPA soil test for Zinc, Iron, Manganase, and Copper;Soil Sci. Soc. Am. J. 42:421-428,1978.
6- Kayser, A. K. Wenger., A. Keller., W. Attinger., H. R. Felix, S. K. Gupta, and R. schulin. Enhancement of phytoextraction of Zn, Cd and Cu from calcareous soil: the use of NTA and sulphur amendment.Environ.Sci.Technol. 2000.
7- Rascio,W.1977.Metal accumulation some plants growing on Zink mine sdeposits. Oikos. 29:250-253.
8- Reeves,R.D.,and R. R. Brooks. Hyperaccumulation of lead and zink by two metallophytes from mining areas of central Europe. Environ.poll.A31:277-285. 1983 .
9- Walker, C. H., Priciples of ecotoxicology,Taylor and Francis,Bristol,P.A.321pp. 1996.
10- Zarcinas,B. A., Carwright, B., and Spouncer, L. R. Nitrite acid digestion technique on the performance of nebulization system used in inductivity coupled plasma spectrometry, Communication in Soil Sci. and plant Analysis,27:1331-1354.1969.

[2] -S viminialis
[3] -Cap.aeifolium.