تعیین غلظت فلزات سنگین در گیاهان و خاک معدن همه‌کسی و بررسی ارتباط بین گیاهان و فاکتورهای موجود در خاک

بهاره لرستانی[1*]، نفیسه یوسفی[2]، مهرداد چراغی[3]

چکیده:

فعالیت‌هایی همچون معدن‌یابی باعث افزایش سطح فلزات سنگین در خاک می‌شود. گیاهان رشدیافته در خاک‌های غنی از فلزات، یون‌ها را با درجات مختلفی جذب می‌کنند. مقدار جذب فلزات، به میزان زیادی تحت تأثیر عواملی چون قابلیت در دسترس بودن زیستی فلزات، که خود بوسیله فاکتورهای داخلی و خارجی تعیین می‌گردد، قرار می‌گیرد. در این مطالعه غلظت فلزاتی چون مس، روی، آهن و منگنز انباشته شده بوسیله ۱۲ گونه گیاهی رشد-یافته در معدن مس و آهن همه‌کسی واقع در استان همدان اندازه‌گیری شد، از طرفی فاکتورهای مؤثر بر انباشته-سازی فلزات بوسیله گیاهان شامل pH، Ec و مواد غذایی موجود در خاک نیز اندازه‌گیری شد و سپس ضریب همبستگی پیرسون بین غلظت فلزات در اندام‌های هوایی و ریشه گیاهان، و فاکتورهای خاک جهت تعیین ارتباط بین گیاه و فاکتورهای خاک تعیین گردید. نتایج ما نشان داد که گونه‌های گیاهی رشدیافته بر روی خاک معدن با مقادیر بالای فلزات، دارای مقادیر بااهمیتی از این عناصر هستند. از طرفی بررسی ارتباط بین غلظت عناصر در گیاه با فاکتورهای اندازه‌گیری شده در خاک نشان دادکه غلظت روی و مس در بافت‌های ریشه و هوایی گیاهان دارای همبستگی مثبت معنی‌داری با غلظت این عناصر در خاک می‌باشد این در حالی است که غلظت‌های روی، آهن و مس دارای همبستگی منفی با مقدار فسفر در خاک است.

کلمات کلیدی: آلودگی خاک، انباشته‌سازی فلزات سنگین، ضریب همبستگی پیرسون، معدن همه‌کسی

مقدمه

آلودگی محیط زیست به فلزات سنگین توسط فعالیت‌های صنعتی و معدنی طی دهه‌های اخیر به عنوان یکی از مسائل عمده زیست محیطی سلامت گیاهان، جانوران و جوامع انسانی را به خطر انداخته‌است. برخی گونه‌های گیاهی علاوه بر توانایی تحمل غلظت بالای فلزات سنگین مقادیر قابل توجهی از این عناصر را جذب و در بافت‌های ریشه و اندام‌های هوایی خود ذخیره می‌کنند (ملایری و همکاران، ۱۳۸۳). انباشته-سازی فلزات بوسیله گیاهان تحت تأثیر فاکتورهای بسیار زیادی قرار دارد. به طور کلی نوع گونه گیاهی، مرحله رشد گیاه و مشخصات عنصر، جذب، انباشته‌سازی و انتقال فلزات را کنترل می‌کنند، به‌علاوه سازش-

[1] - دانشگاه آزاد اسلامی، همدان، ایران ، lorestani_b@iauh.ac.ir,
[2] - دانشگاه آزاد اسلامی، همدان، ایران، n.yoosefi2005@hotmail.com
[3] - دانشگاه آزاد اسلامی، همدان، ایران، cheraghi_md@yahoo.com

های فیزیولوژیکی می‌توانند انباشته سازی فلزات را بوسیله متوقف کردن فلـزات در ریـشه‌هـا کنتـرل کننـد (Guilizzoni, 1991). تاکنون مطالعات زیادی در زمینه شناسایی گیاهانی که مقـاوم بـه آلـودگی فلـزات سنگین هستند صورت گرفته‌است اما مطالعاتی که استفاده از این گونه‌های گیاهی جهت پالایش آلودگی‌های زیست‌محیطی تحت شرایط محیطی کـه در آن قـرار گرفتـه‌انـد را پیـشنهاد کننـد، بـسیار نـاچیز بـوده‌انـد (Mcgrath and Zhao, 2003 and Shu et al., 2002).بیشتر مطالعات صورت گرفته تـاکنون تنهـا همبستگی ضعیف بین جذب فلزات بوسیله گیاه و غلظت فلزات در خاک را نشان داده‌اند (Keller et al., 1998 and Greger, 1999 Keller و همکارانش در سال ۱۹۹۸ بیـان کردنـد کـه جـذب فلـزات هـم بوسیله برگ‌ها هم بوسیله ریشه به صورت خطی با افزایش غلظت خارجی فلزات متناسب نیست.

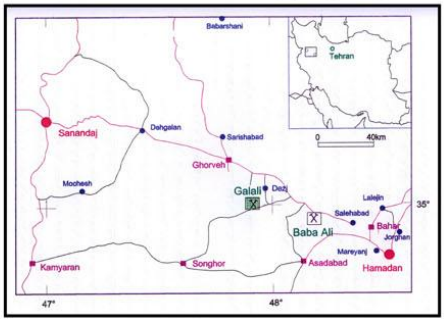
اطلاعات در زمینه توانایی گونه‌های مختلف یا بافت‌های مختلف برای جـذب و انتقـال فلـزات تحـت شرایط متفاوت باعث ایجاد آگاهی جهت انتخاب گیاهان مناسب برای پالایش نواحی آلـوده شـده بـه فلـزات می‌گردد (Nouri et al., 2009).

اهداف اصلی این پژوهش عبارتند از: ۱) تعیین غلظت فلزات سنگین در گونه‌های گیاهی رشد یافتـه در خاک آلوده به فلزات سنگین در معدن مس و آهن همه‌کسی، ۲) انـدازه‌گیـری غلظـت فلـزات سـنگین و فاکتورهایی مانند Ec، pH و فسفر در خاک منطقه و ۳) پیداکردن فاکتورهای مؤثر در انباشته سازی فلزات توسط گیاهان.

مواد و روش‌ها

جمع‌آوری گونه‌های گیاهی و اندازه‌گیری غلظت فلزات سنگین در آن‌ها

۱۲ گونه گیاهی در ناحیه اطراف معدن همه‌کسی (همدان، ایران) (شکل ۱) جمع‌آوری شـد. گونـه-های گیاهی جمع‌آوری شده در جدول ۱ لیست شده‌اند. گونه‌های مورد بررسی با آب مقطر شسته شـدند تـا هر گونه آلودگی و ذرات خاک همراه با آن‌ها جداسازی شوند. اندام‌های هوایی و زیر زمینی گیاهان از هم جدا شده و در آون در دمای ۷۰ درجه خشک شدند. بافت‌های خشک شده وزن شده و به پودر تبدیل شدند و در نهایت محتوای فلزاتی چون مس، روی، آهن و منگنز بوسیله اسید از هریک از گیاهان استخراج و غلظت آن-ها با استفاده از دستگاه جذب اتمی اندازه‌گیری شد (Ward et al., 1975).



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی معدن همه‌کسی در ایران و استان همدان (باباعلی نام دیگر همه‌کسی می‌باشد)

جدول ۱: گونه‌های گیاهی جمع‌آوری شده از معدن همه‌کسی

Species No.	**Plant species**	**Family**
1	*Centaurea virgata* Lam.	Asteraceae
2	*Astragalus verus* L.	Fabaceae
3	*Chenopodium botrys* L.	Chenopodiaceae
4	*Stipa barbata* Desf.	Poaceae
5	*Ziziphora clinopodioides* Lam.	Lamiaceae
6	*Cousinia bijarensis* Rech. F.	Asteraceae
7	*Cirsium congestum* Fisch. & C. A.	Asteraceae
8	*Scariola orientalis* (Boiss.) Sojak	Asteraceae
9	*Cousinia* sp.	Asteraceae
10	*Chondrila juncea* L.	Asteraceae
11	*Melica jacquemontii* Dence. Ex Jacqem.	Poaceae
12	*Verbascum speciosum* Schard.	Schorophulariaceae

جمع‌آوری خاک و اندازه‌گیری فاکتورهای مورد بررسی در آن

نمونه‌های خاک درست از محل‌های جمع‌آوری گیاهان، جمع‌آوری شدند. خاک از عمق حدود ۲۰ سانتی‌متری برداشته‌شد و به مدت ۲ هفته در دمای آزمایشگاه خشک و سپس با الک ۲ میلیمتر صاف شد و در آخر هم فاکتورهایی چون pH و Ec با استفاده از pH متر و Ec متر، فسفر با روش Olsen (Rowell 1994) و غلظت فلزاتی چون چون مس، روی، آهن و منگنز بوسیله استخراج اسیدی و با استفاده از دستگاه جذب اتمی اندازه‌گیری شد (Sposito, 1989).

تعیین همبستگی بین فاکتورهای موجود در خاک و میزان جذب عناصر در گیاه

ضریب همبستگی پیرسون بین غلظت فلزات در اندام‌های هوایی و ریشه، و فاکتورهای خاک جهت تعیین ارتباط بین فاکتورهای خاک و گیاه محاسبه شد. برای این منظور از بین ۱۲ گونه مورد بررسی چهار گونه *Cousinia* sp.، *C. congestum*، *C. juncea* و *V. speciosum* جهت تعیین ضریب همبستگی مورد استفاده قرار گرفتند.

بحث و نتیجه‌گیری

مشخصات خاک معدن همه‌کسی

همان گونه که در جدول ۲ نشان داده شده‌است خاک معدن قلیایی و دارای pH تقریبی ۷/۵ می‌باشد، این شرایط pH برای رشد گیاهان مناسب است. میانگین Ec خاک ۵۲۷ µs/m و میانگین غلظت

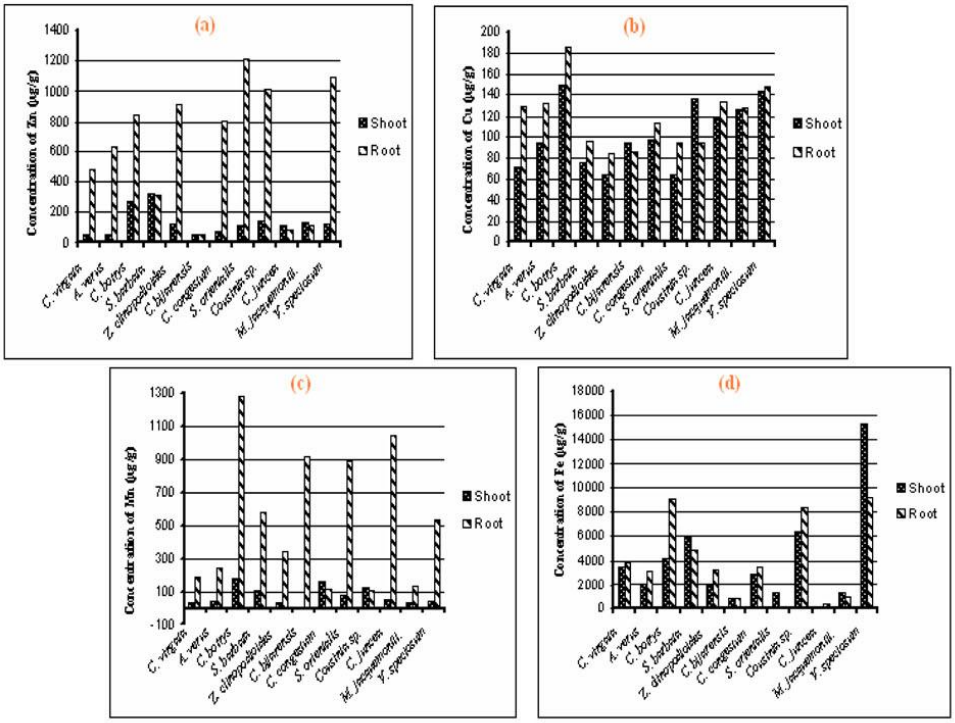
فسفر در خاک جمع‌آوری شده از منطقه µg/g ۸۴/۵ است، علاوه بر این بر اساس اطلاعات داده‌شده در جدول محتوای فلزات در خاک شدیداً بالا می‌باشد.

جدول ۲: مشخصات خاک معدن آهن همه‌کسی

characteristics	*(N=12)*
EC (µs/m)	*527±39.5*
pH	*7.8±0.09*
P (mg/kg)	*84.5±3.3*
Metals (µg/g)	
Fe	*32466.4±1565.1*
Mn	*459.5±23.8*
Zn	*1955.5±137*
Cu	*488.4±31.5*

انباشته‌سازی فلزات بوسیله گیاهان روئیده در معدن همه‌کسی

غلظت فلزات سنگین در بافت‌های گیاهان جمع‌آوری شده از ناحیه معدنی در شکل ۲ آمده است. اطلاعات این شکل نشان می‌دهد که محتوای فلزات در بافت‌های گیاهان بین گونه‌های مختلف متفاوت است که این امر نشان می‌دهد که ظرفیت گیاهان برای جذب فلزات متفاوت می‌باشد. گونه *C. botrys* نسبت به سایر گونه‌ها بیشترین مقدار مس (µg/g ۱۸۳ و µg/g ۱۵۰) و منگنز (µg/g ۱۷۷/۳ و µg/g ۱۲۸۸) را در ریشه و اندام هوایی‌اش انباشته کرده‌است. *V.speciosum* مقدار قابل توجه µg/g ۱۵۳۴۳ آهن در اندام هوایی و µg/g ۹۲۲۶/۳ از این عنصر را در ریشه‌اش ذخیره کرده که از سایر گونه‌ها بالاتر است. *S. orientalis* بالاترین مقدار روی را در اندام زیرزمینی‌اش (µg/g ۱۲۰۸/۳) و *S. barbata* بالاترین مقدار روی را در بافت هوایی‌اش نسبت به سایر گونه‌های روئیده در منطقه دارا می‌باشند.



شکل ۲: غلظت روی (a)، مس (b)، منگنز (c) و آهن (d) در ریشه و اندام هوایی گیاهان جمع‌آوری شده از ناحیه معدنی

ارتباط بین غلظت فلزات در گیاه و فاکتورهای موجود در خاک

همان گونه که در نمودارهای موجود در شکل ۲ نشان داده‌شده گیاهان رشد یافته در خاک آلوده به فلزات سنگین، فلزات را به مقادیر متفاوتی جذب می‌کنند. این میزان جذب تا حد زیادی بوسیله قابل دسترس بودن فلزات در خاک که خود توسط عواملی چون فاکتورهای موجود در خاک و فاکتورهای موجود در گیاه کنترل می‌شوند تحت تأثیر قرار می‌گیرد. بر اساس اطلاعات داده شده در جدول ۳ ضریب همبستگی پیرسون بین غلظت فلزات سنگین در ریشه و اندام هوایی گونه‌های *Cousinia* sp.، *C. congestum*، *C. juncea* و *V. speciosum* با غلظت این عناصر در خاک، pH، Ec و فسفر خاک آمده‌است. بر اساس اطلاعات داده‌شده در این جدول غلظت کل مس و روی در خاک همبستگی مثبت با غلظت این عناصر در ریشه و بخش هوایی *V. speciosum* دارد. حالتی مشابه با این نوع همبستگی بین غلظت کل آهن در خاک و غلظت این عنصر در بخش زیر زمینی *C. juncea* مشاهده‌می‌شود. دیگر فاکتورهای خاک مانند pH، Ec و مواد غذایی خاک نیز در میزان جذب عناصر بوسیله گونه‌های گیاهی مؤثر هستند. اگرچه pH خاک یک اثر مثبت روی غلظت روی و مس در هر دو بخش ریشه و هوایی *C. juncea* و *V. speciosum* دارد اما همبستگی منفی بین pH و محتوای منگنز ریشه و اندام هوایی *C. congestum* نیز مشاهده می‌شود. مقدار فسفر ارتباط معنی‌دار منفی با محتوای آهن در ریشه و اندام هوایی *Cousinia* sp. و *C. juncea* و محتوای روی و مس در ریشه و اندام هوایی *Cousinia* sp. و *C. congestum* دارد. همچنین فسفر دارای اثر منفی بر روی جذب مس بوسیله اندام هوایی *C. congestum* است. سطوح بالای فسفر در خاک احتمالاً قابلیت در دسترس بودن مس و جذب آن را کاهش می‌دهد که این امر ناشی از واکنش‌های متقابل در ریزوسفر است که در آن فسفر تمایلی قوی برای جذب فلزات را دارا می‌باشد (Kabata-Pendias and Pendias, 1984). هدایت الکتریکی خاک فاکتور دیگری است که روی قابلیت در دسترس بودن فلزات برای گیاه مؤثر می‌باشد. در گیاهان جمع‌آوری شده یک همبستگی مثبت بین Ec و محتوای روی در بافت‌های زیرزمینی *C. congestum* و *V. speciosum* و ریشه و اندام هوایی *C. juncea* قابل مشاهده می‌باشد. Ec اثر منفی بر جذب منگنز بوسیله ریشه و اندام هوایی *Cousinia* sp. و *C. juncea* دارد. فقدان همبستگی در برخی موارد نشان می‌دهد که این فاکتورها در جذب فلزات بوسیله گیاه تعیین کننده نیستند.

جدول ۳: ضریب همبستگی پیرسون بین غلظت فلزات در اندام‌های هوایی و زیر زمینی گیاهان، و فاکتورهای خاک

	Soil factors			
	pH	P	EC	Total
Aboveground tissues				
***Cousinia* sp.**				
Zn	NS	NS	0.978*	NS
Fe	NS	-0.992**	NS	NS
Cu	NS	-0.933*	NS	0.974*
Mn	NS	NS	-0.980*	NS
Cirsium congestum				
Zn	NS	-0.954*	0.986*	NS
Fe	NS	NS	NS	NS
Cu	NS	-0.952*	NS	NS
Mn	-0.985*	NS	NS	NS
Chondrila juncea				
Zn	NS	NS	NS	NS
Fe	NS	0.993**	0.960*	NS
Cu	NS	NS	NS	NS
Mn	NS	NS	NS	NS
Verbascum speciosum				
Zn	NS	NS	NS	0.956*
Fe	NS	NS	NS	NS
Cu	0.976*	NS	NS	NS
Mn	NS	NS	NS	NS
Underground tissues				
***Cousinia* sp.**				
Zn	NS	NS	0.999**	NS
Fe	-0.989*	-0.976*	NS	NS
Cu	NS	-0.998**	NS	0.966*
Mn	NS	NS	-0.998**	NS
Cirsium congestum				
Zn	NS	-0.967*	0.980*	NS
Fe	-0.972*	NS	0.982*	NS
Cu	NS	NS	NS	NS
Mn	-0.990*	NS	NS	NS
Chondrila juncea				
Zn	0.975*	NS	NS	NS
Fe	NS	-0.990*	0.955*	0.984*
Cu	NS	NS	NS	NS
Mn	NS	NS	0.980*	NS

Verbascum speciosum				
Zn	NS	NS	NS	0.962*
Fe	NS	NS	0.990*	NS
Cu	0.996*	NS	0.982*	NS
Mn	NS	NS	NS	NS

* معنی‌دار بودن همبستگی در سطح ۰/۰۵، ** معنی‌دار بودن همبستگی در سطح ۰/۰۱، NS. عدم معنی‌دار بودن همبستگی

منابع

- ملایری، بهروز، گل‌محمدی، رقیه و میرغفاری، نورالله. شناسایی گونه‌های گیاهی مقاوم و ذخیره کننده فلـزات سـنگین در محدوده معدن سرب و روی آهنگران. دوازدهمین کنفرانس زیست‌شناسی، دانشگاه بوعلی‌سینا، همدان. ۱۳۸۳.

- Greger, M. (1999). Metal availability and bioconcentration in plants. In: M.N.V., Prasad and J. Hagemeyer, Editors, Heavy Metal Stress in Plants- From Molecules to Ecosystems. Springer Press. Berlin. 1- 27.
- Guilizzoni, P. (1991). The role of heavy metals and toxic materials in the physiological ecology of submersed macrophytes. Aquatic Biology. 41 (1.3): 87- 109.
- Kabata-Pendias, A. and Pendias, H. (1984). Trace Elements in Soils and Plants. CRC Press.Florida.
- Keller, B. E. M., Lajtha, K., and Cristofor, S. (1998). Trace metal concentrations in the sediments and plants of the Danube Delta. Romania. Wetlands. 18 (1): 42- 50.
- Mcgrath, S. P. and Zhao, F. J. (2003). Phytoextraction of metals and metalloids from contaminated soils, Curr Opin Biotechnol**.** 14: 1- 6.
- Nouri, J., Khorasani, N., Lorestani, B., Karami, M., Hassani, A. M. and Yousefi, N. (2008). Accumulation of heavy metals in soil and uptake by plant species with phytomining potential. Environmental Geology, In Press.
- Rowell, D. L. (1994). Soil Science: Methods and applications. Longman Group. Harlow.
- Shu, W. S., Ye, Z. H., Lan, C. Y., Zhang, Z. Q. and Wong, M. H. (2002). Lead, zinc and copper accumulation and tolerance in populations of Paspalum distichum and Cynodon dactylon, Environal Pollution**.** 120: 445- 453
- Sposito, G. (1989). The chemistry of soils. Oxford university press: 1989.
- Ward, N. I., Reeves, R. D. and Brooks, R. R. (1975). Lead in soil and vegetation. Environmental pollution. 9: 243-251.