



برهمکنش ترشحات ریشه‌ای گیاه آفتابگردان و جاذبه‌های معدنی بر دسترسی زیستی آرسنیک در خاک‌های آلوده

سجاد شاهمرادی^۱، مجید افیونی^۲، محمدعلی حاج عباسی^۲
۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد دانشگاه صنعتی اصفهان، ۲- استاد دانشگاه صنعتی اصفهان

چکیده

با توجه به تفاوت شیمی آرسنیک در محیط ریزوسفر و غیر ریزوسفری خاک آزمایش گلخانه‌ای به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه سطح جاذب (بدون جاذب، سولفات آهن و براده آهن) در یک نوع خاک آلوده (۲۶۵۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم) با دو محیط متفاوت (محیط غیر ریزوسفری و ریزوسفر گیاه آفتابگردان) با هدف بررسی تاثیر فعالیتهای ریشه‌ای آفتابگردان بر کارایی تثبیت کننده‌های آرسنیک اجرا شد. پس از پایان دوره ۶۰ روزه رشد آفتابگردان، نمونه‌برداری از خاک انجام شد. براده آهن و سولفات آهن در هردو محیط ریزوسفر و غیر ریزوسفری سبب کاهش معنی‌دار آرسنیک محلول و تبادل شد. اما کاهش محتوای آرسنیک در دو فاز بررسی شده در محیط ریزوسفر شدیدتر بود. براده آهن در محیط ریزوسفر و سولفات آهن در محیط غیر ریزوسفری تاثیر بیشتری بر کاهش آرسنیک محلول داشتند. بنابراین سولفات آهن به عنوان بهترین جاذب در حضور ریشه گیاه آفتابگردان انتخاب شد.

کلمات کلیدی: آفتابگردان، ریزوسفر، آرسنیک

مقدمه

آرسنیک به عنوان یک عنصر سمی در بسیاری از کشورهای جهان شناخته شده است. غلظت این عنصر از ۱۰ میلی‌گرم در کیلوگرم در خاکهای غیر آلوده تا ۳۰۰۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم در خاکهای آلوده متغییر است (Vaughan, ۱۹۹۳; Adriano, ۱۹۸۶). در قاره آسیا مسمومیت آرسنیک در حال تبدیل شدن به یک اپیدمی اضطرابی است و بیش از صد میلیون نفر در مواجهه با منابع آب و خاک با غلظت‌های بالای آرسنیک هستند. از جمله این مسمومیت‌ها می‌توان به بیماری کراتوزیس اشاره کرد (Mukherjee et al., ۲۰۰۶). شیمی آرسنیک در منطقه ریزوسفر نسبت به منطقه غیر ریزوسفری در خاک تفاوت دارد. بسته به نوع گیاه و فاکتورهای خاک، pH ریزوسفری می‌تواند حتی تا ۲ واحد نیز نسبت به محیط غیر ریزوسفری تفاوت داشته باشد. فاکتورهای ریزوسفری مانند pH خاک، وضعیت تغذیه‌ای گیاه، اسیدهای آلی و دی‌اکسید کربن تولید شده توسط ریشه و میکروبیها عامل‌های این تفاوت هستند (Marschner, ۲۰۰۳). ماریا و همکاران (۲۰۰۶) گزارش کردند که توزیع فازهای مختلف آرسنیک در محیط ریزوسفر نسبت به محیط غیر ریزوسفری در ترتیب خاک تفاوت دارد. آنها نشان دادند که در ریزوسفر گیاه سرخس *P. vittata L.* آرسنیک باند شده غیر اختصاصی و اختصاصی به ترتیب ۴۷ و ۶۲ درصد نسبت به محیط غیر ریزوسفر در خاک کاهش یافت (Maria et al., ۲۰۰۶). امروزه برای تثبیت آلاینده‌هایی مانند آرسنیک از جاذبه‌های مختلف مانند اکسیدها و نمک‌های آهن استفاده‌های متعددی شده است که نتایج رضایت بخشی در پی داشته است. یانگ کیم و همکاران (۲۰۰۳) بیان کردند که غلظت آرسنیک در خاک‌های اطراف معادن میونگ‌بونگ و دادوک در کره جنوبی به ترتیب برابر ۶۶۷۰ و ۵۶۶۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم بود و با اعمال تیمار سولفات آهن به این خاک‌ها و عصاره‌گیری متوالی از آنها غلظت آرسنیک قابل استخراج با اسنات سدیم ۵٪ به ترتیب ۸۰ و ۷۰ درصد کاهش یافت (Kim et al., ۲۰۰۳). به نظر می‌رسد هنوز در مورد تاثیر فعالیتهای ریشه‌ای بر کارایی تثبیت کننده‌های آرسنیک در خاک اطلاعاتی در دست نیست. بنابراین هدف این مطالعه تعیین تاثیر اکسیدها و نمک‌های آهن بر توزیع آرسنیک فازهای محلول و تبادل در محیط‌های ریزوسفری و غیر ریزوسفری خاک‌های آلوده است.

مواد و روش‌ها

در این پژوهش نمونه خاک از اطراف معدن طلا زرشوران شهرستان تکاب در استان آذربایجان غربی انتخاب گردید و نمونه‌برداری از عمق ۰ الی ۳۰ سانتی‌متری انجام شد. پس از نمونه برداری خاکها جهت آنالیزهای فیزیکوشیمیایی از الک ۲ میلی‌متر عبور داده شد و خصوصیات خاک به روش استاندارد تعیین شد (Westerman, ۱۹۹۰). پ-هاش و هدایت الکتریکی در عصاره گل اشباع، ماده آلی با روش والکی و بلک، ظرفیت تبادل کاتیونی با روش اسنات آمونیوم، بافت با روش پیپت و غلظت آرسنیک با دستگاه جذب اتمی اندازه‌گیری شد (جدول ۱). این آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه سطح جاذب [بدون جاذب، سولفات آهن (۳۹ میلی‌مول آهن سه ظرفیتی) و براده آهن (۶۶/۰ درصد وزنی)] در یک نوع خاک با دو محیط متفاوت (محیط غیر ریزوسفری و ریزوسفر گیاه آفتابگردان) در سه تکرار اجرا شد. پس از پایان دوره ۶۰ روزه رشد آفتابگردان، نمونه‌برداری از خاک انجام شد. pH کربن آلی محلول (Olsen and Sommers, ۱۹۸۲)، شکل محلول آرسنیک توسط آب مقطر و شکل تبادل توسط ارتوفسفات سدیم عصاره‌گیری شد (Sparks et al., ۱۹۹۶). پردازش داده‌ها با نسخه ۹ نرم افزار آماری SAS و مقایسه همیانگین‌ها با آزمون LSD (۰.۵/۰ p) انجام شد.



چهاردهمین کنگره علوم خاک ایران - شیمی حاصلخیزی و تغذیه گیاه

نتایج و بحث

غلظت کل آرسنیک در جدول ۱ آورده شد. طبق استانداردهای کیفیت منابع خاک و راهنماهای آن (منتشر شده سازمان محیط زیست کشور ۱۳۹۲) بسته به pH، درصد رس و مقدار ماده آلی، غلظت آرسنیک در خاک مورد مطالعه در محدوده خطر فوری قرار داشت.

جدول ۱ - نتایج حاصل از تجزیه فیزیکوشیمیایی خاک مورد مطالعه

As (mg/kg)	Clay %	Silt %	Sand %	CEC (meq/100gr)	% OM	EC (dS/m)	pH	منطقه
۲۵۶۹	۷/۲۵	۰۰/۴۵	۳/۲۹	۳/۱۵	۵۴/۱	۷/۱	۸/۷	معدن زرشوران

طبق نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول ۲) وجود براده آهن و سولفات آهن در خاک سبب کاهش pH شد و در محیط ریزوسفر این جاذبها تأثیر بیشتری بر کاهش pH داشتند. در محیط ریزوسفر به علت ترشحات ریشه‌ای محتوای کربن آلی محلول خاک نیز بیشتر از محیط غیر ریزوسفری بوده و افزودن جاذبها به خاک در هر دو محیط هیچ اثری بر تغییر این محتوا نداشت. کاربرد براده آهن و سولفات آهن در هر دو محیط ریزوسفر و غیر ریزوسفری محتوای آرسنیک محلول و تبادل را کاهش داد و اثر متقابل محیط ریزوسفر و سولفات آهن سبب کاهش چشمگیر محتوای آرسنیک محلول شد. مارکوس و همکاران (۲۰۰۶) بیان کردند که وجود کربن آلی محلول سبب افزایش حلالیت آرسنیک در خاک می‌شود (Markus et al., ۲۰۰۶). در حالی که نتایج حاصل از این آزمایش نشان داد که در محیط ریزوسفر نسبت به محیط غیر ریزوسفری در حالتی که هیچ جاذبی استفاده نشده بود محتوای آرسنیک محلول بیشتر بود. احتمالاً وجود ریشه گیاه و جذب گیاهی آرسنیک عامل این تفاوت بوده است. برای (۱۹۹۴) گزارش کرد که آرسنیک محلول به عنوان بهترین شاخص برای دسترسی زیستی آرسنیک در خاک مطرح شده است (McBride., ۱۹۹۴). بنابراین طبق نتایج حاصل از این آزمایش سولفات آهن توانست با بیشترین کاهش در محتوای آرسنیک محلول به عنوان بهترین جاذب در حضور ریشه گیاه آفتابگردان انتخاب شود.

جدول ۲ - مقایسه میانگین غلظت آرسنیک محلول و تبدالی LSD در تیمارهای مختلف با آزمون DOC و pH، جدول ۲ - مقایسه میانگین غلظت آرسنیک محلول و تبدالی

DOC (mg/kg)	pH	آرسنیک تبدالی (mg/kg)	آرسنیک محلول (mg/kg)	جاذب	خاک
ab۹۵/۴۲	b۷/۷	b۸۴/۳۶	a۲۵/۹	بدون جاذب	محیط ریزوسفر
b ۴۲/۴۰	d۲۵/۷	d۶۳/۱۷	cd۸۱/۰	براده آهن	
a۷/۴۵	e۱۲/۷	c۸۸/۲۱	e۳/۰	سولفات آهن	
d ۳۴/۲۹	a۹/۷	a۹۷/۴۴	a۹/۱۱	بدون جاذب	محیط غیر ریزوسفر
c۲۶/۳۳	c۴/۷	d۴۸/۱۷	de۵۳/۰	براده آهن	
d ۲۹	c۴/۷	e۳۴/۱۲	c۱	سولفات آهن	
					تجزیه واریانس
P < ۰.۰۰۱	P < ۰.۰۰۱	Ns	P < ۰.۰۰۱		خاک
Ns	P < ۰.۰۰۱	P < ۰.۰۰۱	P < ۰.۰۰۱		جاذب
P < ۰.۰۰۲	Ns	P < ۰.۰۰۱	P < ۰.۰۰۱		خاک* جاذب

منابع

- استانداردهای آلودگی منابع خاک و راهنماهای آن، سازمان محیط زیست کشور. ۱۳۹۲. ص ۴۳-۸۵.
- McBride, M.B., ۱۹۹۴. Environmental Chemistry of Soils. Oxford University Press, Inc., New York.
- Adriano, D.C., ۱۹۸۶. Arsenic. In: Adriano, D.C. (Ed.), Trace Elements in the Terrestrial Environment. Springer-Verlag, New York, pp. ۳۰۸-۳۲۱.
- Vaughan, G.T., ۱۹۹۳. The Environmental Chemistry and Fate of Arsenical Pesti-cides in Cattle Tick Dip Sites and Banana Land Plantations. CSIRO Division of Coal Industry, Center for Advanced Analytical Chemistry, NSW, Australia.



چهاردهمین کنگره علوم خاک ایران - شیمی حاصلخیزی و تغذیه گیاه

- Mukherjee, A., M. K. Sengupta, M. A. Hossain, S. Ahamed, B. Das, B. Nayak, D. Lodh, M. M. Rahman and D. Chakraborti. ۲۰۰۶. Arsenic contamination in groundwater: a global perspective with emphasis on the Asian scenario. *J. Health. Popul. Nu*, ۲۴: ۱۴۲-۱۶۳.
- Marschner, H., ۲۰۰۳. Mineral Nutrition of Higher Plants. Academic press, London.
- Maria, I. Silva, G. Jorge, A.G. Santos, L. Ma, Q., ۲۰۰۶. Arsenic chemistry in the rhizosphere of *Pteris vittata* L. and *Nephrolepis exaltata* L. *Environ. Pollut.* ۱۴۳: ۲۵۴-۲۶۰.
- Kim, J.-Y., A. P. Davis and K.-W. Kim. ۲۰۰۳. Stabilization of available arsenic in highly contaminated mine tailings using iron. *Env. Sci. Tec.* ۳۷: ۱۸۹-۱۹۵.
- Westerman, R. L. ۱۹۹۰. *Soil testing and plant analysis*. Soil.Sci.Soc.Am. Inc.
- Olsen, S.R., Sommers, L.E., ۱۹۸۲. Phosphorus. In: Page, A.L., Miller, R.H., Keeney, D.R. (Eds.), *Methods of Soil Analysis, Part II: Chemical and Microbiological Properties*. American Society of Agronomy, Madison, WI, pp. ۴۰۳-۴۳۰.
- Sparks, D. L., A. Page, P. Helmke, R. Loeppert, P. Soltanpour, M. Tabatabai, C. Johnston and M. Sumner. ۱۹۹۶. *Methods of soil analysis. Part ۳ - Chemical methods*. Soil Sci. Soc. Am. Inc.
- Markus, B. Christian, B., ۲۰۰۶. Mobilization of arsenic by dissolved organic matter from iron oxides, soils and sediments. *Sci. Total. Environ.* ۳۵۴: ۱۷۹-۱۹۰.

Abstract

Due to differences in the chemistry of arsenic in the rhizosphere and non-rhizosphere, greenhouse experiment evaluated the influence of sunflower root activity on the efficiency of arsenic sorbents (ferric sulfate and iron filings) in a contaminated soil (۲۶۵۹ mg/kg). After the ۶۰-day period of sunflower growth, the soil was sampled. Iron filings and ferric sulfate in both the rhizosphere and non-rhizosphere were decreased water-soluble and exchangeable arsenic significantly. But reducing the arsenic content in the rhizosphere was more than non-rhizosphere. Iron filings in the rhizosphere and ferric sulfate in the non-rhizosphere had a greater impact on reducing arsenic. The final, ferric sulfate was selected as the best sorbent in presence the sunflower root.