تاثیر براده آهن و سولفات آهن بر دسترسی زیستی آرسنیک در خاک های آلوده اطراف معدن زرشوران

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

چکیده
هدف این مطالعه بررسی کارایی براده آهن و سولفات آهن بر کاهش دسترسی زیستی آرسنیک در خاک های‌آلوده اطراف معدن زرشوران در قالب یک آزمایش گلخانه‌ای بود. براده آهن و سولفات آهن به خاک اضافه شدند و بعد از یک ماه انکوباسیون تحت کشت گیاه آفتابگردان قرار گرفتند. با اعمال تیمار براده آهن و سولفات آهن به خاک، آرسنات محلول و تبادلی نسبت به تیمار شاهد کاهش یافت. کاربرد سولفات آهن و براده آهن در خاک سبب کاهش معنی‌دار غلظت آرسنیک ریشه و شاخساره و افزایش وزن خشک شاخساره نسبت به شاهد شد. نهایتاً براده آهن به واسطه قیمت مناسب، افزایش وزن خشک و کاهش غلظت آرسنیک در بافت‌های گیاهی به عنوان جاذب مناسب جهت تثبیت آرسنیک در خاک انتخاب شد.
کلمات کلیدی: زرشوران، آرسنیک، براده آهن، سولفات آهن

مقدمه
یکی از عوامل مهم آلودگی فلزات سنگین به ویژه آرسنیک در خاک، معدن‌کاری می‌باشد. اگرچه معدن‌کاری مواد لازم برای پیشرفت بشر را فراهم می‌کند، اما از طرفی با افزایش آلودگی‌های زیست محیطی امکان حیات و استفاده از محیط زیست سالم را به خطر می اندازد. به همین جهت در برخی از کشورها با بررسی تاثیرات عملیات معدن‌کاری، استانداردها و راه‌کارهایی برای حذف و تثبیت آلاینده‌های حاصل از این عملیات در نظر گرفته شده است(Kim et al., ۲۰۰۳). یکی از مناسب‌ترین راه‌کارها، تثبیت فلزات سنگین به خصوص آرسنیک در خاک‌های آلوده شده اطراف معادن با استفاده از ترکیبات مختلف آهن است (Kim et al., ۲۰۰۳). در طی ۱۰۰ سال گذشته بهره‌برداری نادرست و زه‌آب‌های خروجی از معدن طلا زرشوران در جنوب استان آذربایجان غربی سبب افزایش تجمع فلزات سنگین مانند آرسنیک، کادمیم، روی و سرب در خاک‌های منطقه زرشورن و همچنین افزایش چشمگیر بیماری سرطان پوست در این منطقه شده است(Karimi et al., ۲۰۰۹). 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 استات سدیم ۵% به ترتیب ۸۰ و ۷۰ درصد کاهش یافت (Kim et al., ۲۰۰۳). بنابراین هدف این پژوهش بررسی کارایی براده اهن و سولفات آهن بر روی تثبیت آرسنیک در خاک های اطراف معدن زرشوران بود.

مواد و روش‌ها
در این پژوهش نمونه خاک از اطراف معدن طلا زرشوران شهرستان تکاب در استان 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 استات آمونیوم، بافت با روش پیپت و غلظت آرسنیک با دستگاه جذب اتمی اندازه‌گیری شد (جدول ۱). تیمار سولفات آهن محصول شرکت Merc آلمان بود و براده آهن نیز از کارگاه‌های تراشکاری اصفهان تهیه شد. تیمارهای سولفات آهن و براده آهن(به ترتیب حاوی ۳۹ و ۱۱۸ میلی‌مول آهن سه ظرفیتی) در قالب طرح کاملا تصادفی در سه تکرار به خاک اضافه شدند. خاک درون گلدان‌ها قبل از کشت گیاه(آفتابگردان) به مدت یک ماه در رطوبت ۸۰ درصد ظرفیت زراعی نگهداری شدند. پس از پایان دوره ۶۰ روزه رشد آفتابگردان، نمونه‌برداری از گیاه و خاک انجام شد. شکل محلول و قابل تبادل آرسنیک در نمونه‌های خاک به ترتیب به وسیله آب مقطر و محلول ارتو فسفات سدیم ۱/۰ مولار عصاره‌گیری شد (Kim et al., ۲۰۰۳; Sparks et al., ۱۹۹۶). پس از برداشت، تجزیه نمونه‌های گیاهی به روش هضم تر (Harborne,. ۱۹۹۸) انجام شد. غلظت آرسنیک در نمونه‌های عصاره‌گیری شده با استفاده از دستگاه جذب‌اتمی اندازه‌گیری شد. پردازش داده‌ها با نسخه ۹ نرم افزارآماری SAS و مقایسه میانگین‌ها با آزمون LSD (p ۰۵/۰) انجام شد.

نتایج و بحث
غلظت آرسنیک در خاک مورد مطالعه برابر ۲۵۶۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود و طبق استانداردهای کیفیت منابع خاکهای ایران، غلظت این عنصر در محدوده خطر فوری قرار داشت. با اعمال تیمار براده آهن و سولفات آهن به خاک، آرسنات محلول نسبت به تیمار شاهد کاهش یافت. میزان آرسنیک استخراج شده با ارتوفسفات سدیم روی مکان‌های تبادل آنیونی خاک‌های تیمار شده با براده آهن و سولفات آهن نیز نسبت به تیمار شاهد کاهش یافت (جدول ۲). احتمالا علت کاهش آرسنات محلول در خاکهای تیمار شده با براده آهن و سولفات آهن پیوند الکترواستاتیک بین آرسنات و اکسیدهای آهن و رسوب آرسنیک به شکل آرسنات آهن(Scorodite) بود. کاهش آرسنیک استخراج شده با ارتوفسفات سدیم در خاک حاوی براده آهن نسبت به تیمار شاهد نشان دهنده

این بود آرسنیک توسط مکانیسم پیوند الکترواستاتیک، به طور اختصاصی و غیر بازگشت به فاز محلول بود. اما در مورد خاک حاوی سولفات آهن کاهش آرسنیک استخراج شده با ارتوفسفات سدیم نشان‌دهنده این است که مقداری از آرسنات‌های تبادلی نیز وارد فاز محلول شده و سپس با آهن رسوب کرده است. کاربرد سولفات آهن و براده آهن در خاک سبب کاهش معنی‌دار غلظت آرسنیک ریشه و شاخساره و افزایش وزن خشک شاخساره نسبت به شاهد شد(جدول ۳). پایووک و همکاران (۲۰۰۱) بیان کردند که سمیت آرسنیک جذب و انتقال عناصر غذایی در گیاه را مختل می‌سازد و اختلال در جذب عناصر غذایی در گیاه، عامل اصلی کاهش عملکرد است (P iv ke et al., ۲۰۰۱). نهایتاً براده آهن (حاوی ۱۱۸ میلی‌مول Fe^{+3}) به واسطه قیمت مناسب، افزایش وزن خشک و کاهش غلظت آرسنیک در بافت‌های گیاهی به عنوان جاذب مناسب جهت تثبیت آرسنیک در خاک انتخاب شد.

جدول ۱- ویژگیهای فیزیکی و شیمیایی خاک زرشوران

منقطه	رس %	سیلت %	شن %	ظرفیت تبادل کاتیونی (cmol(+)/kg)	ماده آلی %	هدایت الکتریکی (dS/m)	pH	آرسنیک ($mg.kg^{-1}$)
زرشوران	۷/۲۵	۴۵	۳/۲۹	۳/۱۵	۵/۱	۷/۱	۸/۷	۲۵۶۹

جدول۲- غلظت آرسنیک محلول و تبادلی(میلی‌گرم بر کیلوگرم) و pH خاک شاهد و تیمار شده

تیمار	آرسنیک محلول	آرسنیک تبادلی	pH
شاهد (بدون جاذب)	b۲/۹	a ۳۶.۸	a ۷.۷
براده آهن(۱۱۸)	a ۵/۱	c ۱۵.۷	a ۷.۷
سولفات آهن(۳۹)	a ۴/۱	b ۲۱.۸	b ۷.۳۲

جدول۳- غلظت آرسنیک و وزن خشک ریشه و شاخساره گیاه آفتابگردان رشد یافته در خاکهای تیمار شده

تیمار	ارسنیک ($mg.kg^{-1}$)		وزن خشک ($g.pot^{-1}$)	
	ریشه	شاخساره	ریشه	شاخساره
شاهد (بدون جاذب)	a ۳۶۵	a ۲/۸	a ۵۱/۰	b ۷۲/۰
براده آهن(۱۱۸)	c ۲۹۰	c ۲/۳	a ۴۱/۰	a ۹۸/۰
سولفات آهن(۳۹)	b ۳۲۲	¾ b	a ۴۴/۰	a ۰۳/۱

منابع

J. Y. Kim, A. P. Davis, K. W. Kim. ۲۰۰۳. Stabilization of available arsenic in highly contaminated mine tailings using iron, Environ. Sci. Tec. ۳۷:۱۸۹-۱۹۵.

Karimi, N., S. M. Ghaderian, H. Maroofi and H. Schat .۲۰۰۹. Analysis of arsenic in soil and vegetation of a contaminated area in Zarshuran, Iran. *J. Phytoremediat.* ۱۲: ۱۵۹-۱۷۳.

Harborne, J. B. ۱۹۹۸. Phytochemical methods A Guide to modern techniques of plant analysis. springer.

Westerman, R. L. ۱۹۹۰. Soil testing and plant analysis. Soil.Sci.Soc.Am. Inc.

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.

P iv ke, A. E. and L. K. Simola .۲۰۰۱. Arsenate Toxicity to Pisum sativum: Mineral Nutrients, Chlorophyll Content, and Phytase Activity. Ecotox. Environ. Safety. ۴۹:۱۲۱-۱۱۱.

Abstract

The purpose of this study was to evaluate the effectiveness of iron filings and ferric sulfate to reduce bioavailablity of arsenic in soils around Zarshuran mine in the form of a pot experiment. Iron filings and ferric

sulfate were added to the soil, and after a month of incubation were cultivated sunflower. In the soil treated with iron filings and ferric sulfate, water-soluble and exchangeable arsenate decreased compared to the control. Application of ferric sulfate and iron filings in the soil significantly decreased concentrations of arsenic in root and shoot and increased dry weight compared to control. Finally iron filings by suitable prices, increasing dry weight and decreasing concentrations of arsenic in plant were selected the best sorbent.