



غلظت بالای آرسنیک در آب، خاک، رسوبات و گیاهان رشد یافته در محل تلاقی رودخانه

های ارس و پاخیرچای: بررسی نقش احتمالی معدن مس سونگون

سید غفور علوی هشتجین¹، سید یحیی صالحی لیسار² و سمیه فلاحی مطلق²

1- دانشگاه پیام نور آذربایجان شرقی، مرکز شبستر گیاهی

2- دانشگاه تبریز، دانشکده علوم طبیعی، گروه زیست شناسی

y.salehi@tabrizu.ac.ir

چکیده

آرسنیک از جمله عناصر شبه فلزی و سمی برای تمام موجودات زنده می باشد که به دلیل فرآیندهای زمین شناختی و فعالیتهای انسان به محیط آزاد می گردد. استخراج معادن از جمله فعالیتهایی است که با آزاد شدن مقادیر زیاد آرسنیک به محیط بویژه آب و خاک می تواند همراه باشد. در این پژوهش غلظت آرسنیک در آب و رسوبات رودخانه های ارس و پاخیر چای و همچنین خاک مزارع و گیاهان زراعی و وحشی که به فراوانی در اطراف آنها رویش می یابند، با این فرض که احتمالاً تحت تاثیر پسابهای معدن مس سونگون قرار گرفته اند مورد بررسی قرار گرفته است. نمونه ها در سه تکرار از منطقه مورد بررسی جمع آوری گردیده و آرسنیک موجود در آنها با استفاده از محلولهای اسیدی استخراج شد. سنجش آرسنیک با روش اسپکتروسکوپی اتمی صورت گرفت و نتایج نشان داد که در تمام نمونه ها مقادیر زیادی از آرسنیک وجود دارد. این مقادیر در گیاهان منطقه تا $12/2 \text{ mg kg}^{-1}$ DW¹، در آب رودخانه ها تا 29 ppb و در رسوبات رودخانه ای و خاک مزارع اطراف به ترتیب تا 1475 و $12/2 \text{ ppm}$ بدست آمد که در مقایسه با مقادیر گزارش شده از مناطق مختلف جهان در کل بالا بوده و در برخی موارد بسیار بالا می باشد.

کلمات کلیدی: آرسنیک، خاک، سلنیوم، سونگون، گیاه

مقدمه

امروزه آلودگیهای زیست محیطی به یک معضل مهم در سطح جهان تبدیل شده و توسعه صنایع و فعالیتهای انسانی عامل اصلی این مشکلات می باشد. امروزه توجه به این موضوع و یافتن منابع ایجاد آلودگیها، مشخص کردن اثرات زیست محیطی و روشهای کاهش و کنترل آنها از اولویتهای اصلی پژوهشی در بسیاری از کشورها می باشد. آرسنیک (As) به شکل طبیعی در پوسته زمین وجود داشته و از انتشار وسیعی در سطح جهان برخوردار است. این عنصر در اشکال مختلف شیمیایی برای تمام موجودات زنده مسموم کننده می باشد (Duker et al, 2005). صنایع مختلف نظیر استخراج و ذوب فلزاتی نظیر مس از جمله منابع مهم آزاد کننده آرسنیک در بسیاری از مناطق می باشند (Vremont et al, 2009). آرسنیک در شکل معدنی و آلی به راحتی توسط گیاهان جذب شده و مشکلات مختلفی نظیر جهشهای ژنتیکی در آنها ایجاد می کند. غلظت این عنصر در بافتهای بستگی به گونه گیاهی و مقدار آرسنیک در خاک و آب و همچنین شرایط فیزیکوشیمیایی خاک دارد (Patra et al, 2004).

فعالیتهای معدنکاری علاوه بر تخریب مستقیم منابع طبیعی، اثرات زیست محیطی مختلفی در اطراف معادن می توانند بر جای گذارند که آزادسازی عناصر با اثرات منفی به منابع آب و خاک از جمله این موارد می باشد (Vremont et al, 2009). در این میان گیاهان از اهمیت خاصی برخوردار می باشند چرا که می توانند آنرا جذب کرده و وارد زنجیره های غذایی نمایند. معدن مس سونگون از بزرگترین معادل فعال کشور می باشد که در استان آذربایجان شرقی قرار دارد. پسابهای ناشی از فعالیتهای این معدن در نزدیک رودخانه پاخیر چای انباشته می شود که یکی از رودخانه



های ملحق به رود ارس می باشد. این احتمال وجود دارد که در بلند مدت عناصر آلاینده و سمی از این پسابها به آب رودخانه نشت یافته و تاثیراتی در رود ارس و مناطق اطراف رودخانه های فوق بر جای گذارند. از آنجائیکه معدنکاری از عوامل مهم آزادسازی عناصری نظیر آرسنیک به محیط می باشد (Duker et al, 2005 و Vremont et al, 2009). از اینرو در این طرح پژوهشی غلظت آرسنیک در آب و رسوبات رودخانه های پاخیر چای و ارس، خاک و گونه های گیاهی اطراف آنها مورد ارزیابی قرار گرفته است.

مواد و روشها

نمونه برداری در تیر ماه سال 1388 از روستای ابراهیم سمیع که در محل تلاقی رودخانه های پاخیرچای و ارس قرار دارد صورت گرفت. نمونه های آب و رسوبات رودخانه ها و خاک مزارع (از عمق 0 تا 30 سانتی متری) در سه تکرار از سه منطقه به شرح زیر برداشته شدند. منطقه اول انتهای رودخانه پاخیر چای در حدود 100 متری محل تلاقی با رودخانه ارس و منطقه دوم و سوم به ترتیب از حدود یک کیلومتری پائین دست و بالا دست محل تلاقی دو رود، از آب و رسوبات رودخانه ارس و خاک مزارع اطراف بود. نمونه های گیاهی نیز در سه تکرار شامل ساقه به همراه برگها از انتهای رودخانه پاخیر چای که به فراوانی در منطقه دیده می شدند، جمع آوری گردید. استخراج آرسنیک از نمونه های گیاهی به روش هضم تر با استفاده از اسید پرکلرید غلیظ (HClO_3) بر روی هیتر صورت گرفت. پس از کامل شدن تجزیه بافتهای گیاهی اسید موجود در بوته ها تبخیر گردید. نمونه های هضم شده در اسید کلریدریک 1% حل شده و جهت سنجش عناصر مورد استفاده قرار گرفتند (امجد، 1384). برای استخراج عناصر از نمونه های خاک و رسوبات (هواخشک و الک شده) از محلول با نسبت 3:1 اسید نیتریک (HNO_3) و اسیدکلریدریک غلیظ (HCl) استفاده شد. بر روی نمونه ها 20 میلی لیتر از محلول اسیدی فوق ریخته شده و به مدت 16 ساعت در دمای اتاق و سپس 1 ساعت بر روی هیتر با دمای 130°C جوشانده شد. پس از سرد شدن با کاغذ واتمن شماره 42 صاف شده و با اسید نیتریک 0/5 نرمال به حجم رسانده شدند (Melaku, 2005). نمونه های آب با کاغذ واتمن شماره 42 صاف شده سپس با افزودن اسید نیتریک با نسبتی که غلظت آن در محلول نهائی 0/5 نرمال باشد، اسیدی شده و برای سنجش عناصر مورد استفاده قرار گرفتند (Lawson, 2001). سنجش آرسنیک بوسیله دستگاه اسپکتروفتومتر جذب اتمی مدل 2 (Analytical Jena) Vario مجهز به کوره گرافیتی صورت گرفت. نتایج با استفاده از نرم افزار Microsoft Excel 2007 مورد پردازش قرار گرفته و برای گروهبندی میانگینها از نرم افزار Sigma stat 3.2 با استفاده از آزمون Tukey در سطح احتمال 0/05 استفاده شد.

نتایج و بحث

آرسنیک در تمام نمونه های آب، خاک مزارع و رسوبات رودخانه ای و گیاهان مورد بررسی وجود داشت. غلظت این عنصر در آب رودخانه ها از 19 ppb در بالادست محل تلاقی رودها (آب رود ارس) تا 29 ppb در انتهای رودخانه پاخیر چای بدست آمد ولی تفاوت بین آنها معنی دار نبود (جدول 1). غلظت پایه آرسنیک در آب رودخانه ها عموماً در محدوده 0/1-0/8 و گاهی اوقات تا بیش از 2 ppb می باشد اگر چه در مواردی غلظتهای بیش از این نیز در منابع آب (تا 5000 ppb) نیز گزارش شده است (Smedley and Kinniburgh, 2002). بر اساس استاندارد سازمان بهداشت جهانی مقدار آرسنیک در آب مصرفی انسان باید کمتر از 10 ppb باشد (Vremont et al, 2009). این موضوع حاکی از آن است که غلظت آرسنیک در منابع آبی منطقه بیش از استاندارد جهانی می باشد (2-3 برابر). اگر چه به احتمالاً



منابع آب رودخانه های فوق به مستقیما به مصرف انسان نمی رسند ولی آنچه مسلم است از منابع اصلی برای دامها و آبیاری مزارع منطقه می باشد.

از میان خاک مزارع بالاترین غلظت آرسنیک (12/2 ppm) در مزرعه گندم واقع در انتهای رودخانه پاخیر چای به دست آمد. در عین حال خاک مزارع گندم واقع در پائین دست و بالادست محل تلاقی رودخانه ها به ترتیب با 10/2 و 8/1 ppm از آرسنیک را دارا بودند. غلظت این عنصر در خاک مزرعه گندم واقع در بالادست محل تلاقی رودخانه ها به صورت معنی داری کمتر از دو مزرعه دیگر بود (جدول 1). غلظت پایه آن در اغلب خاکها کمتر از 10 ppm می باشد (Smedley and Kinniburgh, 2002). بنابراین به نظر می رسد که غلظت آرسنیک در خاکهای مورد مطالعه مشابه غلظت پایه آن در اغلب خاکها می باشد. ولی ذکر این نکته ضروری است که در خاک مزارع اطراف انتهای پاخیر چای و همچنین مزارع واقع در پائین دست غلظت آرسنیک به شکل معنی داری بالاتر بود. احتمال نشت آرسنیک از پسابهای معدن مس سونگون به رودخانه پاخیر چای یکی از فرضیات این پژوهش بود که با توجه به بالا بودن غلظت آرسنیک در آب و خاک مزارع انتهای پاخیر چای این احتمال می تواند نزدیک به واقعیت باشد. غلظت آرسنیک در رسوبات رودخانه ای به طور چشمگیری از خاک مزارع و آب رودخانه ها بالا بود. در رسوبات انتهای رودخانه پاخیر چای غلظت این عنصر 1474/9 ppm تعیین گردید که در مقایسه با غلظت آن در رسوبات رود ارس در بالادست و پائین دست محل تلاقی به شکل معنی داری بالا بود (جدول 1). غلظت متوسط آرسنیک در رسوبات رودخانه ای در سطح جهان 5 ppm گزارش شده (Smedley and Kinniburgh, 2002) ولی در مواردی غلظتهای تا 4000 ppm نیز ذکر گردیده است (Mandal and Suzuki, 2002). با توجه به منابع موجود به جرات می توان گفت که غلظت آرسنیک در رسوبات رودخانه های ارس و پاخیر چای نسبت به گزارشات منتشر شده از کشورهای مختلف بسیار بالا بوده و این رسوبات آلوده به این عنصر می باشند.

جدول 1: غلظت عنصر آرسنیک (ppm) در خاک مزارع و رسوبات رودخانه ای مناطق مورد مطالعه.

محل جمع آوری نمونه		غلظت آرسنیک	
		آب رودخانه	خاک مزرعه
انتهای پاخیر چای	0/029±0/005 a	12/2±0/8 a	رسوبات رودخانه 1474/9±137/0 a
بالادست محل تلاقی	0/019±0/003 a	8/1±1/0 b	726/3±66/8 b
پائین دست محل تلاقی	0/023±0/004 a	10/2±0/5 a	774/9±180/0 b

اعداد نشانگر میانگین سه تکرار به علاوه انحراف استاندارد (SD) می باشند. اعداد مربوط به هر ستون که با حروف لاتین مشابه نشان داده شده اند اختلاف معنی داری با هم ندارند ($p < 0/05$).

غلظت آرسنیک در نمونه های گیاهی جمع آوری شده از منطقه مورد مطالعه بین 1227/2 تا $mg \cdot kg^{-1} DW$ 5947/6 بدست آمد. در بین گونه های گیاهی مطالعه شده درختچه های گز با $mg \cdot kg^{-1} DW$ 5947/6 بیشترین غلظت آرسنیک را نشان داد. گونه وحشی بروموس، گونه های زراعی یونجه و گندم و گونه وحشی ریش پیر رتبه های بعدی را از این نظر به خود اختصاص داده بودند. غلظت آرسنیک در درختچه های گز به شکل معنی داری از سایر گونه های گیاهی بیشتر بود ولی تفاوت معنی داری در سایر گونه ها مشاهده نشد (جدول 2).



جدول 2: غلظت عنصر آرسنیک (mg.kg^{-1} DW) در گیاهان غالب رویش یافته در مناطق اطراف رودخانه پاخیر جای.

غلظت آرسنیک	نام علمی گیاه	نام فارسی گیاه
1811/7±361/2 b	-	چتریان
1227/2±245/5 b	<i>Senecio glaucus</i>	ریش پیر
1688/9±391/1 b	<i>Bromus japonicas</i>	بروموس
1547/6±342/7 b	<i>Medicago sativa</i>	یونجه
1504/9±249/1 b	<i>Triticum aestivum</i>	گندم
5973/2±656/8 a	<i>Tamarix ramosissima</i>	گز

اعداد نشانگر میانگین سه تکرار به علاوه انحراف استاندارد (SD) می باشند. اعداد مربوط به هر ستون که با حروف لاتین مشابه نشان داده شده اند اختلاف معنی داری با هم ندارند ($p < 0/05$).

آرسنیک عنصری است که عموماً در تمام گیاهان یافت شده و مقدار آن به عوامل مختلفی بستگی دارد. غلظت این عنصر عموماً در گیاهان بین 0/01 تا 5 mg.kg^{-1} متغیر می باشد. با وجود این در مناطقی که استخراج معادن، ذوب فلزات و فعالیت صنایع وجود دارد غلظتهای بالا (تا 8200 mg.kg^{-1}) نیز گزارش شده است (Hossain, 2006). با توجه به منابع موجود به یقین می توان گفت که غلظت آرسنیک در گیاهان منطقه (شامل گیاهان زراعی گندم و یونجه) بسیار بالا بوده و این موضوع از نظر زیست محیطی بسیار خطرناک می تواند باشد.

قدردانی

مولفین از معاونت محترم پژوهشی دانشگاه پیام نور آذربایجان شرقی که مساعدت مالی انجام این طرح پژوهشی را فراهم نمودند و آقای مقصود اروجی که کار سنجش عناصر را بر عهده داشتند کمال تشکر را دارند.

منابع

- 1- امجد سردودی، لیلا. 1384. بررسی انباشتگی و تصعید سلیوم در چند گونه زراعی و وحشی. دانشکده علوم طبیعی، دانشگاه تبریز.
- Duker A.A., Carranza E.H.M. and Hale M. 2005. Arsenic geochemistry and health. Environment International, 31: 631–641.
- Hossain M.F. 2006. Arsenic contamination in Bangladesh—An overview. Agriculture, Ecosystems and Environment, 113: 1–16.
- Lawson L.M. and Mason R.P. 2001. Concentration of mercury, methylmercury, cadmium, lead, arsenic and selenium in the rain and stream water of two contrasting watersheds in western Maryland. Wat. Res., 35: 4039–4052.
- Mandal B.K. and Suzuki K.T. 2002. Arsenic round the world: a review. Talanta, 58: 201–235.
- Melaku S., Dams R. and Moens L. 2005. Determination of trace elements in agricultural soil samples by inductively coupled plasma-mass spectrometry: Microwave acid digestion versus aqua regia extraction. Analytica Chimica Acta, 543: 117–123.
- Patra M., Bhowmik N., Bandopadhyay B. and Sharma A. 2004. Comparison of mercury, lead and arsenic with respect to genotoxic effects on plant systems and the development of genetic tolerance. Environmental and Experimental Botany, 52: 199–223.
- Smedley P.L. and Kinniburgh D.G. 2002. A review of the source, behaviour and distribution of arsenic in natural waters. Applied Geochemistry, 17: 517–568.
- Vremont D.L., Bertin P.N. and Lett M.C. 2009. Arsenic in contaminated waters: Biogeochemical cycle, microbial metabolism and biotreatment processes. Biochimie, 91: 1229–1237.