



## تعیین غلظت سلنیوم و جیوه در آب، خاک، رسوبات و گیاهان رشد یافته در محل تلاقی

### رودخانه های ارس و پاخیرچای: بررسی نقش احتمالی معدن مس سونگون

سید یحیی صالحی لیسار<sup>1</sup>، سید غفور علوی هشتجین<sup>2</sup> و سمیه فلاحی مطلق<sup>1</sup>

1- دانشگاه تبریز، دانشکده علوم طبیعی، گروه زیست شناسی گیاهی

2- دانشگاه پیام نور آذربایجان شرقی، مرکز شبستر

[y.salehi@tabrizu.ac.ir](mailto:y.salehi@tabrizu.ac.ir)

#### چکیده

سلنیوم از جمله عناصر شبه فلزی و جیوه از فلزات سنگین می باشند که می توانند در موجودات زنده سمیت ایجاد کنند. این عناصر به دلایل طبیعی و فعالیتهای انسانی از جمله استخراج معادن می توانند به محیط آزاد گردند. در این پژوهش غلظت سلنیوم و جیوه 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 سلنیوم و جیوه موجود در آنها با استفاده از محلولهای اسیدی استخراج شد. سنجش عناصر با روش اسپکتروسکوپی اتمی صورت گرفت و نتایج نشان داد که در هیچیک از نمونه ها غلظت جیوه قابل سنجش نمی باشد. سلنیوم در نمونه های آب و گیاهان منطقه مورد بررسی قابل اندازه گیری نبود ولی در نمونه های خاک از 53/87 تا 57/71 ppm و در نمونه های رسوبات رودخانه ای از 22/24 تا 34/16 ppm متغیر بود. در خاک و رسوبات منطقه غلظت سلنیوم بسیار بیشتر از مقادیر گزارش شده در سطح جهان می باشد. با توجه به عدم وجود تفاوت معنی دار در مقادیر به دست آمده، می توان گفت که فعالیت معدن تاثیری در غلظت این عنصر در منطقه نداشته ولی بالا بودن آن در نمونه های جمع آوری شده از پائین دست محل تلاقی رودخانه های پاخیر چای و ارس می تواند یک هشدار در این رابطه باشد.

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

#### مقدمه

امروزه آلودگیهای زیست محیطی به یک معضل مهم در سطح جهان تبدیل شده است و هر ساله بر تنوع و گستردگی آنها افزوده می شود. اگر چه برخی از آلودگیها جنبه طبیعی دارند ولی توسعه صنایع و فعالیتهای بشر عامل اصلی این مشکلات می باشد. استخراج معادن از جمله این فعالیتهای می باشد که علاوه بر تخریب مستقیم منابع طبیعی، اثرات زیست محیطی مختلفی می تواند بر جای گذارد. آزاد شدن عناصر با اثرات منفی زیست محیطی به مناطق اطراف معادن، بویژه منابع آب و خاک از جمله این موارد می باشد. این عناصر علاوه بر اختلال در عملکرد طبیعی اکوسیستمها سلامتی موجودات زنده بخصوص انسان را تهدید کرده و باعث انواع اختلالات در سلامتی آنها می گردد. این موضوع بخصوص در ارتباط با آلودگی منابع و زنجیره های غذایی اهمیت زیادی دارد و از اینرو توجه به این موضوع و برآورد اثرات آن برای حفاظت محیط زیست از اهمیت ویژه ای برخوردار می باشد.



جیوه (Hg) از جمله فلزات کمیاب و بسیار سمی بوده (Issaro et al. 2009) و بر اساس گزارش آژانس حفاظت محیط آمریکا جزء آلاینده های خطرناک طبقه بندی شده است (Lin and Pehkonen, 1999). این عنصر می تواند در تمامی زنجیره های غذایی وارد شده و اثرات منفی ناخواسته ای را بر سلامتی موجودات زنده بر جای گذارد (Issaro et al. 2009). سلنیوم (Se) یک شبه فلز بوده و از جمله عناصر ضروری برای تعداد زیادی از موجودات زنده نظیر انسان، حیوانات، برخی از جلبکها و میکروارگانیسمها می باشد ولی غلظتهای بالا از آن برای موجودات زنده می تواند سمیت زا باشد. استخراج معادن از جمله فعالیتهائی است که می تواند باعث آزادسازی و انتشار جیوه و سلنیوم به محیط گردد (Hamilton, 2004).

معدن مس سونگون از مهمترین و بزرگترین معادل فعال کشور می باشد که در شهرستان ورزقان 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 از این پسابها به آب رودخانه نشت یافته و علاوه بر آلودگی آن، تاثیراتی نیز در رود ارس بر جای گذارند. همچنین ممکن است در مزارعی که از آب رودخانه پاخیر چای و ارس برای آبیاری آنها استفاده می شود نیز غلظت این عناصر افزایش یابد. این موضوع علاوه بر ایجاد مشکلات زیست محیطی در اکوسیستم رودخانه های فوق می تواند با آلوده سازی زنجیره های غذایی سلامتی سایر جانوران از جمله انسان را نیز با خطر مواجه سازد. از اینرو در این طرح پژوهشی سعی شده است علاوه بر تعیین غلظت دو عنصر سلنیوم و جیوه در آب رودخانه های پاخیر چای و ارس، غلظت آنها در رسوبات آنها و همچنین خاک مزارع اطراف مورد بررسی قرار گیرد. همچنین مقدار این عناصر در گونه های گیاهی که به فراوانی در اطراف رودخانه های فوق رویش یافته اند مورد ارزیابی قرار گرفته است.

## مواد و روشها

نمونه برداری از منطقه در تیر ماه سال 1388 از روستای ابراهیم سمیع واقع در محل تلاقی رودخانه های ارس و پاخیر چای به انجام رسید. نمونه های آب رودخانه ها از سه منطقه و در سه تکرار برداشته شد. 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 تلاقی دو رود، از آب رودخانه ارس بود. نمونه های رسوب رودخانه های فوق نیز در سه تکرار از محل های ذکر شده برای نمونه های آب برداشت شدند. نمونه های خاک نیز در سه تکرار از عمق 0-30 سانتی متری مزارع گندم موجود در حاشیه رودخانه های فوق که از آب آنها برای آبیاری استفاده می شد، برداشته شد. نمونه های گیاهی از شش گونه گیاهی که به فراوانی در حاشیه رودخانه های فوق مشاهده می شد تهیه گردید. این نمونه های شامل گیاهان گندم، یونجه، درختچه های گز، بروموس، ریش پیر و یک گونه از خانواده چتریان و هر نمونه شامل برگها به همراه ساقه گیاهان در سه تکرار بود.

نمونه های گیاهی پس از شناسائی با آب شهر به مقداری کافی و سپس با آب مقطر شسته شده، در آون با دمای 60 درجه سانتی گراد به مدت 48 ساعت خشک گردید و پس از پودر کردن در نهایت برای استخراج عناصر مورد استفاده قرار گرفتند. نمونه های خاک و رسوبات در دمای آزمایشگاه هوا خشک شده و با الک دو میلی متری الک شدند. نمونه های آب به منظور حذف مواد معلق موجود در آنها با کاغذ صافی واتمن شماره 42 صاف شده و تا زمان سنجش عناصر در یخچال نگهداری شدند.

برای استخراج عناصر از نمونه های گیاهی از روش هضم تر با استفاده از پرکلریک اسید گرم ( $\text{HClO}_3$ ) استفاده شد. پس از تبخیر اسید پرکلریک نمونه ها در اسید کلریدریک 1% حل شده و پس از به حجم رساندن جهت سنجش عناصر مورد استفاده قرار گرفتند (امجد، 1384). برای استخراج عناصر از نمونه های خاک و رسوبات از محلول با نسبت



3:1 اسید نیتریک ( $\text{HNO}_3$ ) و اسیدکلریدریک غلیظ ( $\text{HCl}$ ) استفاده شد. برای این منظور پس از افزودن محلول فوق، نمونه ها به مدت 16 ساعت در دمای اتاق قرار گرفتند و سوسپانسیون حاصل به مدت 1 ساعت بر روی هیتر با دمای  $130^\circ\text{C}$  جوشانده شد و پس از سرد شدن با کاغذ واتمن شماره 42 صاف گردیده و با اسید نیتریک 0/5 نرمال به حجم رسانده شد (Melaku, 2005). نمونه های آب صاف شده با افزودن اسید نیتریک با غلظت نهائی 1% (V/V) اسیدی شده و برای سنجش عناصر مورد استفاده قرار گرفتند (Lawson, 2001). سنجش عناصر با دستگاه اسپکتروفتومتر نشر اتمی مجهز به ICP استفاده شد. گروهبندی میانگینها با نرم افزار Sigma stat 3.2 با استفاده از آزمون Tukey در سطح احتمال 0/05 صورت گرفت.

### نتایج و بحث

در هیچیک از نمونه های آب، خاک، رسوبات و گیاهان جمع آوری شده از منطقه عنصر جیوه مشاهده نشد و یا غلظت آن در تمام نمونه ها به اندازه ای نبود که قابل سنجش باشد. اگر چه برای استخراج و سنجش این عنصر از روشهای معتبر علمی استفاده شده است ولی روشهای مختلف دیگری نیز برای این منظور وجود دارد. از اینرو علی رغم اینکه این نتایج حاکی از پائین بودن غلظت جیوه در منطقه مورد مطالعه دارد ولی با استفاده از روشهای دیگر شاید بتوان مقادیر اندک را نیز تعیین نمود.

در نمونه های آب و گیاهان برداشت شده از مناطق مورد بررسی سلینیوم قابل اندازه گیری نبود ولی در نمونه های خاک مزارع و رسوبات رودخانه ها از  $22/24$  ppm تا  $57/71$  ppm متغیر بود. بیشترین مقدار این عنصر با ppm 57/71 در خاک مزارع گندم مناطق مورد مطالعه مشاهده گردید این در حالیکه رسوبات رودخانه در پائین دست محل تلاقی، با ppm 34/16 از بیشترین مقدار سلینیوم برخوردار بود. علی رغم وجود تفاوتی در غلظت سلینیوم در نمونه های مورد مطالعه، تفاوت معنی داری ( $p < 0/05$ ) در بین سه منطقه مورد بررسی مشاهده نگردید. در تمام مناطق غلظت سلینیوم در خاک مزارع به شکل معنی داری ( $p < 0/05$ ) بیشتر از رسوبات رودخانه ای بود (جدول 1).

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

محل جمع آوری نمونه	غلظت سلینیوم	محل جمع آوری نمونه
انتهای پاخیر چای	$a53/87 \pm 8/21$	رسوبات رودخانه
بالادست محل تلاقی	$a57/71 \pm 7/78$	$a22/24 \pm 5/26$
پائین دست محل تلاقی	$a57/22 \pm 5/12$	$a22/94 \pm 5/06$
		$a34/16 \pm 11/52$

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 سلینیوم در پوسته زمین به طور متوسط 0/001% برآورد شده است (Stolz and Oremland, 1999). مطالعه در سایر کشورهای جهان نشان می دهد که در برخی مناطق نظیر چین، فنلاند و نیوزلند غلظت سلینیوم در خاک کمتر از 0/05 ppm بوده ولی در مناطقی دیگر نظیر کانادا، ایرلند و غرب آمریکا بیشتر از 5 ppm می تواند باشد (Navarro and Cabrera, 2008). این در حالیکه در نمونه های خاک مورد بررسی در این پژوهش این



غلظت در خاک مزارع حداقل 53/87 ppm به دست آمد (جدول 1). بنابراین می توان گفت در منطقه مورد بررسی غلظت سلینیوم قابل استخراج با اسید بسیار بیشتر از مقادیر گزارش شده در سطح جهان می باشد که در صورت اندازه گیری مغذت کل سلینیوم، مقادیر بیشتر نیز می تواند وجود داشته باشد. عواملی نظیر نوع سنگها، شرایط خاک نظیر اسیدیته و پتانسیل ردوکس و همچنین شرایط اقلیمی در مقدار و فراهمی سلینیوم در مناطق مختلف تاثیر گذار هستند (Navarro and Cabrera, 2008) و بررسی این موارد می تواند دلایل توجیهی برای چنین یافته ای را توضیح دهد.

بررسی تاثیر معدن مس سونگون بر غلظت سلینیوم در نمونه های خاک مزارع و رسوبات رودخانه ای منطقه، یکی از اهداف این پژوهش بود. اگر چه فعالیت معادن فلزات یکی از عوامل آزاد سازی سلینیوم به محیط می باشد (Hamilton, 2004) و یکی از فرضیات این پژوهش نیز احتمال نشت عناصر مختلف از جمله سلینیوم از پسابهای معدن مس سونگون به رودخانه پاخیر چای بود، ولی عدم مشاهده تفاوت معنی دار در غلظت سلینیوم در خاک مزارع و رسوبات رودخانه ای در انتهای پاخیر چای و همچنین بالادست و پائین دست محل تلاقی نشان می دهد که فعالیت معدن فوق تاثیری بر افزایش غلظت این عنصر در اراضی انتهای رود پاخیر چای ندارد. با وجود این بالا بودن غلظت سلینیوم در رسوبات رود ارس در پائین دست محل تلاقی می تواند هشدار برای این موضوع در بلند مدت باشد. نکته دیگری که این پژوهش روشن ساخت آن است که غلظت سلینیوم در تمام نمونه های خاک مزارع، از رسوبات رودخانه ای بیشتر بود (1/68 تا 2/51 برابر). این امر می تواند کاملا منطقی باشد چرا که شستشوی این عنصر از رسوبات رودخانه ای به راحتی می تواند غلظت آن را کاهش دهد در حالیکه در خاک مزارع چنین کاری کمتر اتفاق می افتد.

## 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 سردرودی، لیلا. 1384. بررسی انباشتگی و تصعید سلینیوم در چند گونه زراعی و وحشی. دانشکده علوم طبیعی، دانشگاه تبریز.
- 2- Hamilton S.J. 2004. Review of selenium toxicity in the aquatic food chain. *Science of the Total Environment*, 326: 1-31.
- 3- Issaro N., Abi-Ghanem C. and A. Bermond A. 2009. Fractionation studies of mercury in soils and sediments: A review of the chemical reagents used for mercury extraction. *Analytica Chimica Acta*, 631: 1-12.
- 4- 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.
- 5- Lin C.J. and Pehkonen S.O. 1999. The chemistry of atmospheric mercury: a review. *Atmospheric Environment*, 33: 2067-2079.
- 6- 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.
- 7- Navarro-Alarcon M. and Cabrera-Vique C. 2008. Selenium in food and the human body: A review. *Science of Total Environment*, 400: 115-141.
- 8- Stolz J.F. and Oremland R.S. 1999. Bacterial respiration of arsenic and selenium. *FEMS Microbiology Reviews*, 23: 615-627.