تعیین غلظت فلزات سنگین موجود در سبزی خوردن با آبیاری فاضلاب شهری و آب شرب به‌روش فعال‌سازی نوترونی

***علی باقری گاش[۱]، محمد اسلامی کلانتری[۱]، جمشید خورسندی[۲]، مهدی رضوانی فرد[۲] ، رامین شیرینی[۲] ،احسان افاضاتی[۲]**

[۱]دانشگاه یزد، دانشکده فیزیگ، گروه ذرات و هسته‌ای

[۲]پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای، پژوهشکده راکتور

چکیده:

امروزه یکی از معضلات زیست محیطی در جهان و بخصوص در ایران کمبود آب است. استفاده از آب فاضلاب در بخش کشاورزی یکی از راه‌های مقابله با این معضل می‌باشد. ما در این مطالعه به بررسی میزان جذب فلزات سنگین در بعضی از اقلام سبزی خوردن می‌پردازیم. این کار با استفاده از آنالیز بروش فعال‌سازی نوترونی با همکاری پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای-مرکز اصفهان در آزمایشگاه راکتور مینیاتوری انجام شد. عناصری که ما در این مطالعه به تحلیل آن می‌پردازیم شامل کبالت (Co)، آهن (Fe)، روی (Zn)، کروم(Cr) و جیوه (Hg) می‌باشد. پس از انجام تحلیل و بدست آوردن نتایج مشخص شد که آبیاری با آب فاضلاب با مسمومیت سبزی‌ها همراه نیست بلکه برخی از عناصر مفید نیز بیشتر جذب می‌شوند.

کلمات کلیدی: روش فعال‌سازی نوترونی، سبزی خوردن، فلزات سنگین، فاضلاب شهری، آب شرب

مقدمه:

آب یک ماده مورد نیاز تمام موجودات زنده برای بقا و وجود در این سیاره است. حدود (۶٪)آب در مصارف خانگی، (۳٪) برای صنعت و (۹۰٪) آب موجود برای مقاصد آبیاری استفاده می‌شود [۱]. استفاده از فاضلاب شهری (فاضلاب و پساب‌های صنعتی) برای رشد سبزیجات بخصوص در مناطق اطراف شهرها در حال حاضر عملی رایج است [۲]. استفاده از فاضلاب برای آبیاری محصول خوبی می‌دهد زیرا حاوی مقدار زیادی مواد آلی و عناصر معدنی ضروری برای رشد مناسب و پیشرفت محصولات می‌باشد [۳و۴]. اما احتمال وجود فلزات سنگین در فاضلاب‌های شهری، بخصوص آن

دسته از عناصری که مسمومیت‌زا می‌باشند مثل جیوه و سرب، باعث نگرانی شدید مردم در مصرف سبزیجات آبیاری شذه به این روش می‌باشد.

دو منبع اصلی آلودگی فلزات سنگین فعالیت‌های زمینی و انسانی است [۳و۴]. منابع انسانی آلودگی فلزات سنگین از پساب صنعتی، استخراج معدن، تولید سوخت، عملیات نظامی، فرایندهای ذوب، استفاده از مواد شیمیایی کشاورزی، کوره آجرپزی، صنایع کوچک و احتراق زغال سنگ می‌باشد [۷]. آبیاری با فاضلاب به طور قابل توجهی در افزایش فلزات سنگین خاک موثر می‌باشد. فعالیت‌های صنعتی مانند استخراج معدن، آبکاری کردن و ساخت کالاهای ضروری حجم عظیمی از فاضلاب حاوی فلزات سنگین ودیگر سموم، که کیفیت سیستم آبزی را خراب می‌کند، تولید می‌کند [۸و۹]. فاضلاب حاوی مقادیر معناداری از فلزات سنگین مانند روی (Zn)، منگنز (Mn)، سرب (Pb)، کادمیم (Cd)، کروم (Cr) و جیوه (Hg) می‌باشد. بعضی از فلزات سنگین برای گیاهان سمی می‌باشند و بعد از جمع شدن در خاک به زنجیره غذایی انتقال می‌یابند [۱۰].

مشاهده شده است که محصول غذایی رشد کرده در خاک‌های آلوده شده به میزان زیادی فلزات جذب می‌کنند. مقدار بسیاری از مواد مغذی سودمند همراه با فلزات سنگین سمی در فاضلاب پیدا شده است که هم مشکلات و هم فرصت‌های زیادی برای محصولات کشاورزی ایجاد می‌کند [۱۱و۱۲].

ما در این مطالعه غلظت فلزات سنگین موجود در بعضی از اقلام سبزی خوردن با دو نوع آبیاری یعنی آب شرب مشهد و فاضلاب یکبار تصفیه شده مشهد را با استفاده از آنالیز بروش فعال‌سازی نوترونی بدست آوردیم.

مواد و روش‌ها:

پنج نوع سبزی از اقلام سبزی خوردن شامل ریحان، شاهی (تره تیزک)، تره، تربچه وگشنیز انتخاب شدند. بذر یا دانه این گیاهان تهیه شده و در گلدان‌هایی که حاوی خاک‌های یکسان می‌بودند کاشته شدند. از دو نوع آب برای آبیاری، آب شرب مشهد و فاضلاب یکبار تصفیه شده مشهد استفاده شد. سپس این گیاهان به تفکیک نوع آب، آبیاری شدند. پس از گذراندن دوران رشد سبزی‌ها و آماده شدن برای مصرف، سبزی‌ها از خاک خارج شده و با آب شست‌وشو داده شد تا از عدم وجود هر گونه خاک یا آلودگی که باعث ایجاد خطا در آزمایش و تحلیل می‌شود اطمینان حاصل شود. سبزی‌های نمونه خشک شده و برای بسته‌بندی و انتقال به آزمایشگاه راکتور مینیاتوری اصفهان جهت پرتودهی آماده شدند. در بخش

راکتور مینیاتوری نمونه‌های خشک شده با استفاده از هاون یاقوتی آسیاب شدند تا به حالت پودری درآیند. سپس آنها را توزین ، کدگذاری و بسته‌بندی شدند. هر یک از این بسته‌های کد گذاری شده را در داخل یک بسته پلی‌اتیلن استوانه‌ای شکل قرار داده و پلمپ شد.

تحلیل فعال‌سازی نوترونی نمونه ها:

روش تحلیل: معادله عمومی فعال‌سازی نوترونی به عنوان فرمول(۱) آورده می‌شود [۱۳].

$$\rho = \frac{m}{W} = \frac{(\frac{N_p}{t_m})M}{\phi\sigma\theta\gamma\varepsilon(E)N_A SDCW} \qquad (۱)$$

که W و m بترتیب جرم نمونه و عنصر تحلیل شده می‌باشند.

N_P تعداد شمارش زیر قله، λ ثابت واپاشی برای رادیونوکلئید محصول (n,γ)، M جرم اتمی هسته هدف، σ سطح مقطع مؤثر برای واکنش (n,γ)، θ فراوانی ایزوتوپ، γ بازده گاما، $\varepsilon(E)$ ضریب بهره‌وری آشکارساز در انرژی پرتو گامایE، N_A عدد آووگادرو، و $S=[1-\exp(-\lambda t_i)]$ عامل اشباع، $D=[\exp(-\lambda t_d)]$ عامل واپاشی و $C=\frac{[1-\exp(-\lambda t_m)]}{\lambda t_m}$ عامل شمارش می‌باشند. غلظت عناصر سنگین در یک نمونه می‌تواند توسط معادله (۱) محاسبه شود. باروش نسبی، یک استاندارد شامل مقدار مشخصی از عناصر برای مطمئن شدن با نمونه پرتودهی می‌شود. فرض شده است که شار نوترون، سطح مقطع و زمان تابش و همه عوامل مرتبط با شمارش برای نمونه و استاندارد در هندسه خاص آشکارساز- نمونه ثابت هستند.

معادله فعال‌سازی نوترونی سپس به معادله‌ی (۲) کاهش می‌یابد.

$$\rho_a(ppm)=\frac{\left[\frac{(\frac{N_p}{t_m})}{DC}\right]_a}{\left[\frac{(\frac{N_p}{t_m})}{DC}\right]_s}\cdot\frac{[\rho W]_s}{W_a} \qquad (۲)$$

که علامت a و s بترتیب اشاره به نمونه و استاندارد دارد؛ ρ_a و ρ_s بترتیب غلظت عناصر مورد نظر در نمونه و استاندارد را نشان می‌دهد.

تابش و شمارش: گام‌های مختلف کار آنالیز با استفاده از امکانات روش فعال‌سازی نوترونی در آزمایشگاه راکتور مینیاتوری اصفهان، پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای انجام شد. نمونه ها همراه با استانداردها (دو یا بیشتر) به داخل کانال‌های پرتودهی راکتور مینیاتوری ارسال شد. و به مدت ۸ ساعت با شار نوترونی $5e^{11}cm^{-2}s^{-1}$ پرتو دهی شدند. سپس راکتور خاموش شده و بعد از مدتی نمونه ها از داخل راکتور بیرون آورده شدند. از آنجا که فلزات سنگین موجود در با نیمه عمر بلند مد نظر بودند، نمونه‌های رادیواکتیو شده داخل حفاظ‌های سربی قرار داده تا بعد از ۲۰ روز واپاشی، فلزات سنگین با طول عمر زیاد قابل رویت و تحلیل شوند. پس از ۲۰ روز از داخل حفاظ سربی خارج شدند و در مقابل آشکارساز HPGe قرار داده شده و طیف‌های آنها ثبت شد. سپس فایل های ثبت شده با نرم افزار SPAN V4.0 تحلیل شدند.

نتایج:

میزان کبالت(Co)موجود در نمونه‌های فاضلاب در تمام گیاهان به جز گشنیز بیشتر و تا حدودی دو برابر نمونه‌های آب شهری است. میزان جذب کروم (Cr) در تره برابر ، در ریحان با اختلاف بسیار کم، در تربچه به صورت غیر عادی اختلاف زیاد است. میزان جذب جیوه (Hg) در تمام نمونه ها به حدی کم بود که مقدار دقیق غلظت مشخص نبود و تحلیل مقداری حدودی به ما داد. مثلا برای ریحان که کمترین مقدار را جذب کرده کمتر از ۰,۰۴ ppm در نمونه شهری (<۰,۰۴) را نشان داد. [جدول۱-نمودار۱]

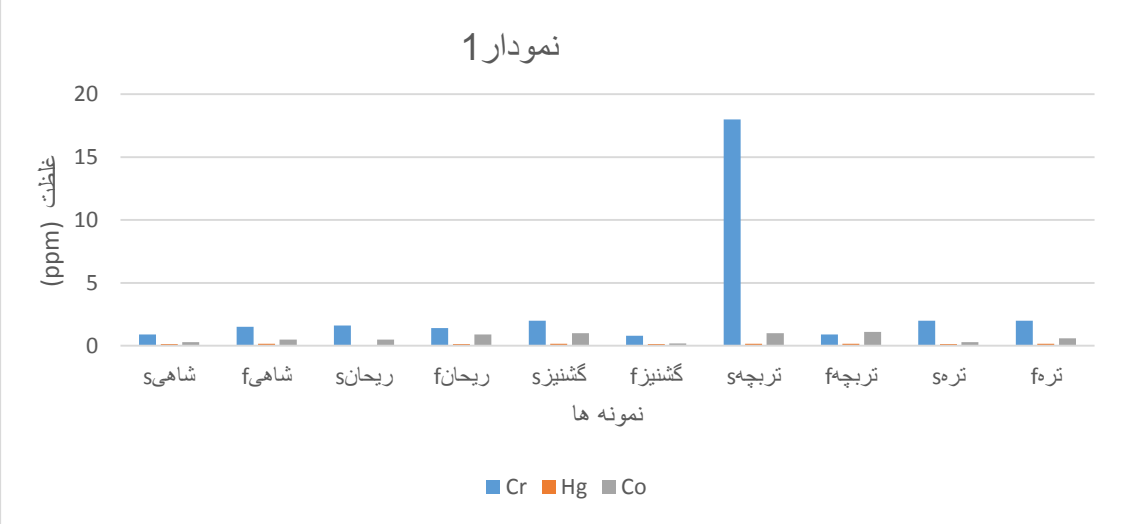
جدول ۱ غلظت {Co,Hg,Cr} در نمونه‌ها (ppm). آب شرب (s)، فاضلاب (f).

	ریحانs	ریحانf	تره‌s	تره‌f	گشنیزs	گشنیزf	تربچه‌s	تربچه‌f	شاهی‌s	شاهی‌f
غلظت(Co)	۰,۵	۰,۹	۰,۳	۰,۶	۱	۰,۲	۱	۱,۱	۰,۳	۰,۵
خطا(٪)(Co)	۲	۵	۹	۶	۵	۱۳	۵	۴	۹	۷
غلظت(Hg)	<۰,۰۴	<۰,۱۴	<۰,۱۴	<۰,۱۷	<۰,۱۶	<۰,۱۴	<۰,۱۷	<۰,۱۵	<۰,۱۴	<۰,۱۵
خطا(٪)(Hg)	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
غلظت(Cr)	۱,۶	۱,۴	۲	۲	۲	<۰,۸	۱۸	<۰,۹	<۰,۹	۱,۵
خطا(٪)(Cr)	۷	۲۲	۱۵	۱۸	۱۵	۰	۳	۰	۰	۲۰

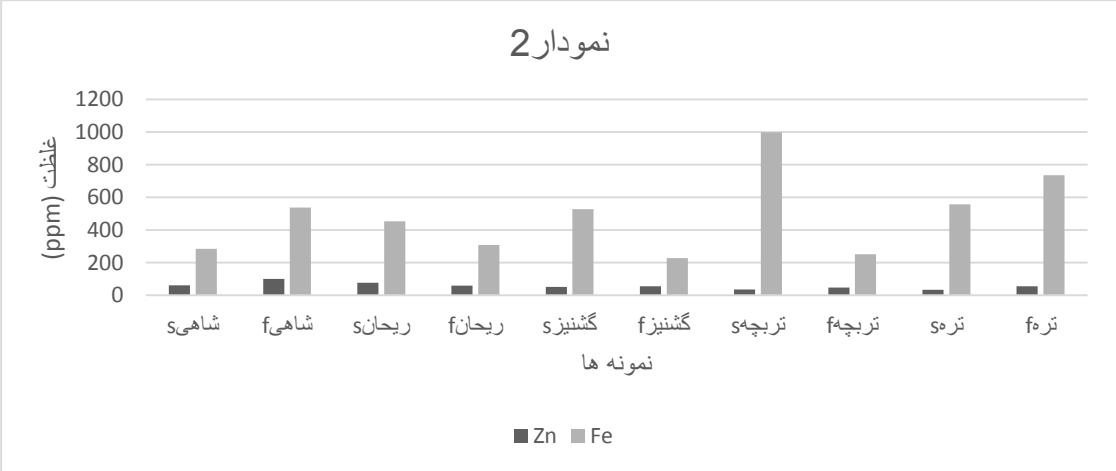
میزان آهن (Fe) درتمام نمونه‌های آبیاری شده با آب شهری (به جز شاهی و تره) بیشتر از آب فاضلاب می‌باشد. جدول (۲). میزان جذب روی (Zn) در ریحان در نمونه‌ی آب شهری بیشتر از فاضلاب است، در بقیه نمونه‌ها بر عکس در نمونه‌های آب فاضلاب بیشتر است.

جدول ۲ غلظت {Fe,Zn} در نمونه‌ها (ppm)، آب شرب (s)، فاضلاب (f).

	ریحانs	ریحانf	تره‌s	تره‌f	گشنیزs	گشنیزf	تربچه‌s	تربچه‌f	شاهی‌s	شاهی‌f
غلظت(Fe)	۴۵۲	۳۰۸	۵۵۷	۷۳۵	۵۲۷	۲۲۸	۹۹۸	۲۵۰	۲۸۳	۵۳۶
خطا(٪)(Fe)	۲	۶	۴	۴	۴	۷	۳	۷	۹	۴
غلظت(Zn)	۷۶	۵۹	۳۴	۵۴	۵۰	۵۴	۳۵	۴۶	۶۰	۱۰۰
خطا(٪)(Zn)	۱	۳	۴	۴	۴	۳	۵	۴	۳	۲



نمودار ۱ غلظت عناصر {Co,Hg,Cr} در نمونه ها. آب شرب (s)، فاضلاب (f).



نمودار ۲ غلظت عناصر {Fe,Zn} درنمونه ها. آب شرب (s)، فاضلاب (f).

بحث و نتیجه‌گیری:

این مطالعه نشان داد که استفاده از فاضلاب برای آبیاری گیاهان سبزی خوردن باعث هیچ گونه سمیتی از ناحیه فلز خطرناک جیوه در گیاه نمی‌شود. چنانکه دیده شد حتی در بعضی از این گیاهان میزان عناصر مفید مانند آهن و روی بیشتر می‌شود.

به داور گرامی:

این نتیجه گیری که فاضلاب باعث هیچ مسمومیتی نمی شود و برای بعضی عناصر مفید نیز میزان غلظت بیشتری دیده می‌شود در منابع استفاده شده در مقاله نیز دیده شده است اما برای عدم مسمومیت جیوه از فاضلاب تاکنون هیچ نتیجه گیری انجام نشده است.

درصد خطاها در جدول آورده شده است با ذکر نوع عنصر و برای عناصری که درصد خطا وجود ندارد خط تیره گذاشته شده است

مراجع:

[1] TARAR, R.N. 1997. Pakistan's surface water scenario in 21st century and needed actions, In: Proceedings of International Symposium. "Water for 21st century, demand, supply, development and socioeconomic issues". Centre of Excellence in Water Resources Engineering, University of Engineering and Technology, Lahore, Pakistan

[2] LONE, M.I. (1995). Comparison of blended and cyclic use of water for agriculture. Final Research Report of Project ENGG. (13) 90. UGC. Islamabad.

[3] MITRA, A., GUPTA, S.K. 1999. Effect of sewage water irrigation on essential plant nutrients and pollutant elements status in a vegetable growing area around Calcutta. Journal of Indian Society of Soil Science, 47, 99-105

[4] SIDDIQUE, K., ALI, S., FARID, M., SAJID, S., ASLAM, A., AHMAD, R., TAJ, L., NAZIR, M.M. 2014. Different heavy metal concentrations in plants and soil irrigated with industrial / sewage waste water. International Journal of Environmental Monitoring and Analysis, 2(3), 151-157.

[5] DEMBITSKY, V.M., REZANKA, T.2003. Natural occurrence of arseno compounds in plants, lichens, fungi, algal species and microorganisms. Plant Science, 165, 1177-1192

[6] FARID, M., ALI, S., SHAKOOR, M.B., BHARWANA, S.A., RIZVI, H., EHSAN, S., TAUQEER, H.M., IFTIKHAR, U., HANNAN, F. 2013a. EDTA assisted phytoremediation of Cadmium, Lead and Zinc. International Journal of Agronomy and Plant Production, 4 (11), 2833-2846.

[7] ZHEN-GUO, S., XIAN-DONG , L., CHUN-CHUN, W., HUAI-MAN, C.H., HONG, C.H. 2002. Lead Phytoextraction from contaminated soil with high biomass plant species. Journal of Environmental Quality, 31, 1893- 1900

[8] ABBAS, S. T., SARFRAZ, M., MEHDI, S. M., & HASSAN, G. 2007. Trace elements 1accumulation in soil and rice plants irrigated with the contaminated water. Soil and Tillage Research, 94, 503-509.

[9] EHSAN, S., ALI, S., NOUREEN, S., FARID, M., SHAKOOR, M. B., ASLAM, A., BHARWANA, S. A., TAUQEER, H. M. 2013. Comparative assessment of different heavy metals in urban soil and vegetables irrigated with sewage/industrial waste water. Ecoterra, 35, 37-53

[10] MALLA, R., TANAKA, Y., MORI, K. TOTAWAT, K.L. 2007. Short term effect of sewage irrigation on chemical buildup in soil and vegetables. International Commission of Agricultural Engineering. International CIGRE journal Manuscript, 9,p14

[11] CHEN, Y.,WANG, C., WANG, Z. 2005. Residues and source identification of persistent organic pollutants in farmland soils irrigated by effluents from biological treatment plants. Environment international, 31(6), 778-783.

[12] FARID, M., SHAKOOR, M. B., EHSAN, S, ALI, S., ZUBAIR, M., HANIF, M. S. 2013. Morphological, physiological and biochemical responses of different plant species to Cd stress. International Journal of Chemical and Biochemical Sciences, 3, 53-60

[13] Greenberg, R.R., Bode, P., Fernandes, E.A.N., 2011. Neutron activation analysis: a primary method of measurement. Spectrochim. Acta B 66 (3–4), 193–241.