مقایسه آماری انباشت فلزات سنگین به صورت جرم خالص برداشت شده در اندام‌های گیاهی

شهرام گودرزی*

گروه مهندسی علوم خاک، مرکز تحقیقات فناوری تولید محصولات سالم و ارگانیک واحد دزفول، دانشگاه آزاد اسلامی، دزفول، ایران

*نویسنده مسئول: Goudarzish55@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۴/۲۰ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۷/۰۱

چکیده

با توجه به نقش گیاهان در پالایش لجن از فلزات سنگین و همچنین میزان جذب فلزات سنگین از لجن توسط اندام‌های زیرزمینی و هوایی گیاهان، راندمان حذف فلزات مس، کروم، روی، کادمیوم، نیکل و سرب توسط سامانه‌های طبیعی، حاوی دو گونه گیاهی نی و تیفا محاسبه شد. راندمان حذف بر اساس تفاوت‌های جرم اولیه فلزات سنگین موجود در لجن، و جرم حذف شده توسط گیاهان به عنوان جرم خروجی از سامانه، محاسبه گردید. نتایج نشان داد تفاوت میزان انباشت جرم خالص فلزات سنگین در اندام‌های هوایی دو گونه گیاهی نی و تیفا، در پنج فلز از شش فلز مورد بررسی، معنی‌دار، و تنها در مورد فلز نیکل غیرمعنی‌دار بود. در مورد سه فلز مس، کروم و روی اختلاف بین اندام‌های هوایی دو گونه گیاهی در سطح یک درصد و در مورد کادمیوم و سرب اختلاف در سطح پنج درصد معنی‌دار گردید. بنابراین با توجه به این تفاوت‌ها و همچنین ملاحظه تفاوت بین جرم برداشت شده توسط اندام‌های زیرزمینی و برآوردی از مجموع جرم برداشت شده فلز مورد بررسی توسط کل گیاه می‌توان برای مقاصد گیاه‌پالایی از دو گیاه مورد بررسی برای حذف فلزات مطالعه شده در این تحقیق استفاده کرد.

واژه‌های کلیدی: جرم خالص، فلزات سنگین، انباشت، نی، تیفا.

مقدمه

سامانه نیزارهای مصنوعی سامانه‌هایی هستند که با هزینه کم و تکنولوژی ساده در اکثر نقاط جهان به منظور تصفیه انواع مختلف فاضلاب مورد استفاده قرار گرفته‌اند. در این سامانه‌ها فلزات سنگین موجود در فاضلاب از طریق جذب بوسیله گیاهان آبزی، ترسیب شیمیایی، تبادل یونی، جذب سطحی توسط خاک و همچنین سایر مواد غیرآلی حذف می‌گردند (Obarska-Pempokowiak and Klimkowska, 1999). Vymazal و همکاران (۲۰۰۹) طی تحقیقی که به منظور تعیین راندمان حذف فلزات سنگین از یک فاضلاب صنعتی با سیستم برکه‌های مصنوعی افقی (که جریان به صورت زیرسطحی در آن منتقل می‌گردید) در جمهوری چک انجام گرفت، نشان دادند که این سیستم به میزان زیادی توانسته است عناصر سنگینی مثل مس (Cu) و کروم (Cr) را تصفیه کند. گیاهان مورد بررسی در این تحقیق *phragmites australis* و *phalaris arundinacea* بودند که با نمونه‌گیری از اندام‌های گیاهی مشخص شدند. بیشترین کاهش در غلظت دو عنصر مس و کروم به ترتیب توسط ریشه‌ها، ریزوم‌ها، برگ‌ها و ساقه‌های این گیاهان انجام شد. Stottmeister و همکاران (۲۰۰۳) تاثیر غلظت ورودی فلزات سنگین در لجن فاضلاب را بر جذب این فلزات توسط اندام‌های هوایی و زمینی گونه گیاه آبزی *Typha latifolia* مورد بررسی قرار دادند. فلزات سنگین مورد بررسی در این تحقیق کادمیوم، مس، روی، نیکل و سرب بود و هر دو هفته یکبار محیط‌های کشت با آب آلوده شده با فلزات فوق آبیاری شد؛ و بعد از ۱۰ هفته نمونه‌برداری از اندام‌های گیاهی انجام گردید. نتایج این تحقیق نشان داد که توانایی این گونه گیاهی در جذب فلزات مورد بررسی بالا بوده و تجمع این فلزات در اندام‌های زیرزمینی از اندام‌های هوایی بیش‌تر بود. Maine و همکاران (۲۰۰۷) تحقیقی را بر روی حذف فلزات و مواد مغذی موجود در فاضلاب صنعت ذوب آهن با نیزارهای مصنوعی در آرژانتین انجام دادند. نتایج نشان داد که سامانه نیزار مصنوعی ساخته شده از دو گیاه *Typha latifolia* و *Panicum elephantipis* توانسته است کروم را تا ۸۶ درصد و نیکل را تا ۶۷ درصد حذف نماید. همچنین میزان فسفات و آمونیوم حذف شده به میزان ۷۰ و ۶۰ درصد گزارش شد. Sasmaz و همکاران (۲۰۰۸) در ترکیه میزان جذب Mn، Zn و Cr را توسط اندام‌های مختلف گیاه آبزی *Typha latifolia* از جریان خروجی فاضلاب مورد بررسی قرار دادند. نتایج این تحقیق نشان داد که اندام‌های زیرزمینی این گونه گیاهی نسبت به اندام‌های هوایی آن جذب بالاتری دارد. این تحقیق نشان داد که این گونه گیاهی توانایی بالایی جهت حذف برخی از فلزات از آب و همچنین رسوبات آلوده را دارد. Bragato و همکاران (۲۰۰۹) در پادوا ایتالیا، تغییرات فصلی غلظت مس را در اندام‌های گیاهی *Phragmites australis* کشت شده در نیزار مصنوعی در شمال ایتالیا مورد ارزیابی قرار دادند. در این تحقیق که در بازه زمانی پنج ماهه به انجام رسید، غلظت فلز مس در ریشه، ریزوم‌ها، ساقه و برگ‌های این گونه گیاه به تفکیک اندازه‌گیری و مورد مقایسه قرار گرفت. Wang و همکاران (۲۰۱۰) سامانه نیزار مصنوعی با جریان عمودی را جهت تصفیه لجن فاضلاب مایع با بار آلودگی آلی بالا با بستر آلی (ترکیب پیت و خاک‌اره کاج (به نسبت ۱:۱) مورد آزمایش قرار

دادند. دو گونه گیاهی *Phragmites australis* و *Typha latifolia* در سامانه‌ای به حجم ۱ مترمکعب به همین منظور کشت شدند.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در بستر محیط‌های کشت از شن رودخانه‌ای شسته شده با دانه‌بندی ۱ تا ۵ میلی‌متر استفاده شد. هرکدام از گیاهان مورد بررسی در گلدان‌های مذکور حاوی ۱۵ تا ۲۰ کیلوگرم شن در سه تکرار برای هر غلظت، کشت (با فاصله بوته‌های نرمال ذکر شده در تحقیقات مشابه ۲ تا ۵ سانتی‌متر) شد. گیاهان کشت شده از بین جوان‌ترین نمونهٔ گونه‌های موردنظر (که پس از انتقال به محل تحقیق در محیط اشباع از آب تا زمان کشت نگهداری می‌شد)، انتخاب گردید. پس از شستشوی ملایم گیاهان در آب (به منظور جلوگیری از تخریب ریشه‌ها و یا ریزوم‌ها)، آنها در عمق ۱۰ تا ۱۵ سانتی‌متری بستر کشت شدند. در هر محیط کشت ۷ تا ۹ بوتهٔ گیاهی به فواصل منظم و با فاصله حداقل ۵ سانتی‌متری از دیوارهٔ ظرف قرار داده شد. محلول غذایی به فاصله هر ۱۰ روز تجدید می‌شد و آبیاری به دلیل گرمای هوا و تبخیر و تعرق زیاد به طور پی در پی و گاهی موارد هر روز انجام می‌گردید. در این آزمایش هر فلز در سه سطح غلظت و ۲ گونه گیاهی، پس از آماده‌سازی بستر و افزودن مواد شیمیایی مغذی و تغلیظ بستر به فلزات مورد بررسی، هر محیط کشت به صورت تصادفی به یک تیمار و در سه تکرار اختصاص یافت. آزمایش فوق براساس طرح آماری کاملا تصادفی بود که در آن به هر کدام از سه گونه گیاهی ۹ گلدان اختصاص داده شد (سه گونه گیاهی در سه غلظت فلز در سه تکرارکشت گردید).

نتایج و بحث

جدول(۱) نتایج آماری مقایسه میانگین بین اندام‌های زیرزمینی و اندام‌های هوایی دو گونه گیاهی نی و تیفا در انتهای دوره آزمایشی ۹۰ روزه را نشان می‌دهد. این آنالیزها با استفاده از آزمون t انجام گرفته است. همان‌طور که نتایج نشان می‌دهد تفاوت بین میزان جرم انباشت شده در اندام‌های زیرزمینی دو گونه گیاهی مورد بررسی تنها در مورد مس غیرمعنی‌دار بوده و در بقیه فلزات در سطوح ۵ و یا ۱ درصد معنی‌دار گردیده است.

جدول ۱: مقایسه آماری انباشت فلزات سنگین مورد بررسی در اندام‌های زیرزمینی به صورت جرم خالص برداشت شده

فلز سنگین	نیکل	کادمیوم	سرب	مس	کروم	روی
نی	۲۱۷/۴	۱۳۴/۲	۷۳/۸	۱۴۷۵/۸	۸۰۵/۹	۱۵۹۴/۳
تیفا	۴۲۲*/۳	۲۱۱/۱	۲۱۹/۴	۱۵۵۰/۴	۶۹۱/۴	۲۹۸۲/۹
وضعیت معنی‌داری	*	**	**	ns	*	**

ns به مفهوم معنی‌دار نبودن، * معنی‌داری در سطح ۵ درصد و ** معنی‌داری در سطح ۱ درصد می‌باشد.

در مورد میزان انباشت جرم خالص فلزات سنگین در اندام‌های هوایی نیز در مورد پنج فلز از شش فلز مورد بررسی، تفاوت بین دو گونه گیاهی نی و تیفا معنی‌دار و تنها در مورد نیکل غیرمعنی‌دار بود(جدول ۲). در مورد سه فلز مس، کروم و روی اختلاف بین اندام‌های هوایی دو گونه گیاهی در سطح یک درصد و در مورد کادمیوم و سرب اختلاف در سطح پنج درصد معنی‌دار شد.

جدول ۲: مقایسه آماری انباشت فلزات سنگین مورد بررسی در اندام‌های هوایی به صورت جرم خالص برداشت شده

فلز سنگین	نیکل	کادمیوم	سرب	مس	کروم	روی
نی	۲۷۶/۷	۱۸۱/۸	۶۸/۷	۱۸۷۱/۵	۴۴۰/۴	۱۰۳۸/۳
تیفا	۳۱۹/۶	۱۵۶/۸	۹۰/۵	۶۶۳/۳	۲۷۹/۷	۱۱۹۹/۷
وضعیت معنی‌داری	ns	*	*	**	**	**

ns به مفهوم معنی‌دار نبودن، * معنی‌داری در سطح ۵ درصد و ** معنی‌داری در سطح ۱ درصد می‌باشد.

نتیجه‌گیری

با توجه به تفاوت‌های ذکر شده و همچنین ملاحظه تفاوت بین جرم برداشت شده توسط اندام‌های زیرزمینی و برآوردی از مجموع جرم برداشت شده فلز مورد بررسی توسط کل گیاه می‌توان برای مقاصد گیاه‌پالایی از دو گیاه مورد بررسی برای حذف فلزات مطالعه شده در این تحقیق استفاده کرد.

منابع

Bragato, C., Brix, H. and Malagoli, M. (2006). Accumulation of nutrients and heavy metals in *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steudel and *Bolboschoenus maritimus* (L.) Palla in a constructed wetland of the Venice lagoon watershed. Environmental Pollution, 144 (3), pp: 967–975.

Maine, M.A., Suñe, N., Hadad, H. and Sanchez, G. (2007). Temporal and spatial variation of phosphate distribution in the sediment of a free water surface constructed wetland. Science of the Total Environment, 380 (1-3), pp: 75–83.

Obarska-Pempokowiak, H. and Klimkowska, K. (1999). Distribution of nutrients and heavy metals in a constructed wetland system. Chemosphere, 39 (2), pp: 303- 312.

Sasmaz, A., Obek, E. and Hasar, H. (2008). The accumulation of heavy metals in *Typha latifolia* L. grown in a stream carrying secondary effluent. Ecological Engineering Journal, 33 (3-4), pp: 278-284.

Stottmeister, U., Wiessner, A., Kuschk, P., Kappelmeyer, U., Kastner, M., Bederski, O., Muller, R.A. and Moormann, H. (2003). Effects of plants and microorganisms in constructed wetlands for wastewater treatment. Biotechnology Advances Journal, 22 (1-2), pp: 93-117.

Vymazal, J. (2009). The use of sub-surface constructed wetlands for wastewater treatment in the Czech Republic: 10 years experience. Ecological Engineering, 18 (5), pp: 633-646.

Wang, R., Korboulewsky, N., Prudent, P., Domeizel, M., Rolando, C. and Bonin, G. (2010). Feasibility of using an organic substrate in a wetland system treating sewage sludge: Impact of plant species. Bioresource Technology, 101 (1), pp: 51–57.

Statistical comparison of the accumulation of heavy metals in the form of net mass harvested in plant organs

Shahram goodarzi

Department of Soil Sciences Engineering, Healthy and Organic Products Research Center, Dezful Branch, Islamic Azad University, Dezful, Iran

***Correspondence author:** Goudarzish55@gmail.com

Received Data: 2023. 07. 11 **Accepted Data: 2023. 09.23**

Abstract

Considering the role of plants in purifying sludge from heavy metals and also the amount of absorption of heavy metals from sludge by the underground and aerial organs of plants, the removal efficiency of copper, chromium, zinc, cadmium, nickel, and lead metals by natural systems contains two Reed and Tifa plant species were calculated. The removal efficiency was calculated based on the differences in the initial mass of heavy metals in the sludge, and the mass removed by the plants as the output mass from the system. The results showed that the difference in the accumulation rate of the net mass of heavy metals in the aerial parts of two plant species, Reed and Tifa, was significant in five of the six metals examined, and insignificant only in the case of nickel. In the case of three metals copper, chromium, and zinc, the difference between the aerial organs of two plant species was significant at the level of one percent, and in the case of cadmium and lead, the difference was significant at the level of five percent. Therefore, according to these differences and considering the difference between the mass removed by the underground organs and an estimate of the total mass removed of the investigated metal by the whole plant, it is possible to remove metals from the two investigated plants for phytoremediation purposes. studied and used in this research.

Keywords: Net mass, heavy metals, accumulation, Straw, Tifa.