# پالایش‌سبز سرب از خاک با استفاده از گیاه شاهی

**حبیب خداوردی‌لو، مهدی همایی، عبدالمجید لیاقت و سیّد خلّاق میرنیا**

به ترتیب عضو هیات علمی دانشگاه ارومیه، دانشکده کشاورزی، گروه خاکشناسی. *hkhodaverdiloo@yahoo.com*
دانشیار دانشگاه تربیت مدرّس، دانشیار دانشگاه تهران و دانشیار دانشگاه تربیت مدرّس.

## مقدمه

پالایش‌سبز (Phytoremediation) فنّاوری نوپایی برای زدودن آلودگی‌ها از زیست‌بوم است. این فنّاوری در مقایسه با سایر روش‌های پالایش، بسیار کم هزینه و ساده است. از میان آلودگی‌ها، فلزات‌سنگین به دلیل غیرقابل تجزیه بودن و آثار زیان بار فیزیولوژیک بر جانداران در غلظت‌های کم، اهمیتی ویژه دارند [۲]. سرب از جمله فلزات سنگینی است که از منابع گوناگون به زیست‌بوم، پیکره‌ی گیاه و نهایتاً به زنجیره‌ی غذایی انسان و حیوانات راه می‌یابد و خسارت‌هایی جدّی به بار می‌آورد. شاهی (*Barbarea verna*) گیاهی از خانواده‌ی براسیکاسه (*Brassicaceae*) است که در زدودن فلزات سنگین بویژه سرب از خاک توانا گزارش شده است [۱]. هدف از این پژوهش، بررسی کمّی امکان پالایش خاک‌های آلوده به سرب بوسیله گیاه شاهی بود.

## مواد و روشها

خاکی با بافت لوم شنی با غلظت‌های صفر، ۱۵۰، ۳۰۰، ۶۰۰، ۸۰۰ ، ۱۰۰۰ و ۱۵۰۰ میلی‌گرم سرب در کیلوگرم خاک آلوده شد. پس از پر کردن گلدان‌ها، بذر شاهی در آنها کشت گردید. گیاهان در ۵ بازه‌ی زمانی برداشت شدند. غلظت سرب در گیاه با روش اکسیداسیونِ تر و غلظت کل سرب در خاک به روش اکسیداسیون با اسید نیتریک ۴ مولار عصاره‌گیری و با دستگاه‌های جذب اتمی و کوره‌ی گرافیتی اندازه‌گیری شد [۳].

## نتایج و بحث

شکل (۱) تغییرات غلظت سرب در ماده‌ی خشک گیاهی را در برابر غلظت سرب خاک نشان می‌دهد. نتایج نشان داد که غلظت سرب در گیاه شاهی با افزایش غلظت سرب خاک افزایش می‌یابد. رابطه زیر، مدل تغییرات غلظت سرب را در ماده‌ی خشک شاهی در سطوح مختلف غلظت سرب در خاک نشان می‌دهد:

$$C^p = 1\times10^{-5}C^{s\,2} - 0.0405C^s \qquad (۱)$$

که در آن $C^p$، غلظت سرب در ماده‌ی خشک شاهی ($mg\ kg^{-1}$) و $C^s$، غلظت سرب کل در خاک ($mg\ kg^{-1}$) است.

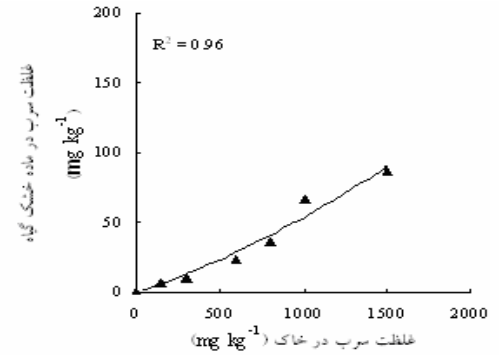
برای روندیابی تغییرات عملکرد نسبی گیاه، مقدار عملکرد گیاه در تیمار شاهد (بدون آلودگی سرب و سایر تنشها) برابر با بیشینه‌ی عملکرد پنداشته شد و عملکرد نسبی گیاه شاهی در سطوح مختلف آلودگی سرب در خاک محاسبه گردید. سپس، مدل زیر به داده‌های عملکرد نسبی گیاه برازش داده شد و روند تغییرات عملکرد نسبی شاهی با غلظت سرب در خاک بدست آمد (شکل ۳):

$$\frac{Y}{Y_m} = 1 - a\left(C^s - C^*\right) \qquad (۲)$$

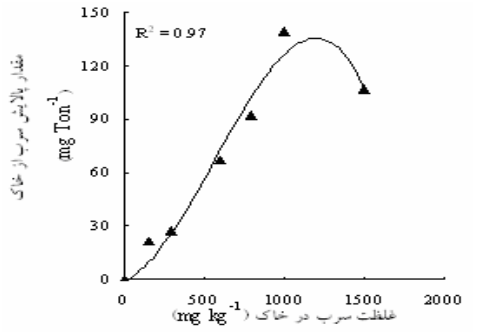
که در آن $Y$ و $Y_m$ به ترتیب عملکرد گیاه با و بدون آلودگی سربی ($kg\ ha^{-1}$)، $C^s$ غلظت سرب کل در خاک ($mg\ kg^{-1}$)، $C^*$ غلظت کل سرب خاک در آستانه‌ی کاهش عملکرد گیاه و $a$ شیب خط کاهش است. مقدار $C^*$ و $a$ برای گیاه شاهی با استفاده از روش بهینه‌سازی حداقل مربعات خطا برابر با ۶۰۰ و ۰/۰۰۰۶۵ بدست آمد. مقدار $Y_m$ برابر ۷۳۸۱/۲۱ $kg\ ha^{-1}$ بود.

مقدار پالایش سرب از خاک از حاصلضرب مدل تغییرات غلظت سرب در ماده‌ی خشک شاهی (رابطه‌ی ۱) و مدل تغییرات عملکرد نسبی گیاه در سطوح مختلف غلظت سرب در خاک (رابطه‌ی ۲)، بدست آمد. شکل (۲) مقدار سرب

پالوده شده از خاک را در سطوح مختلف غلظت سرب در خاک نشان می‌دهد. شکل(۲) نشان می‌دهد که مقدار سرب پالوده شده از خاک تا $1000\ mg\ kg^{-1}$ افزایش و از ۱۰۰۰ تا $1500 mg\ kg^{-1}$ کاهش می‌یابد.

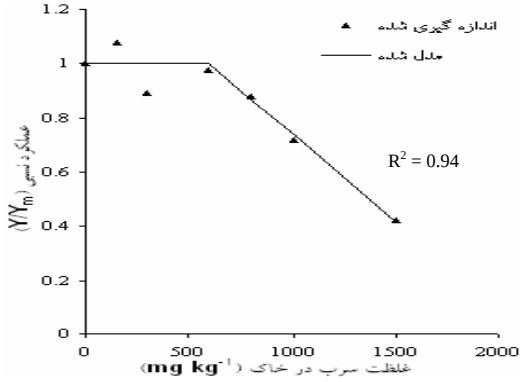



**شکل ۱: تغییرات غلظت سرب در ماده‌ی خشک شاهی در سطوح مختلف آلودگی سربی خاک.**

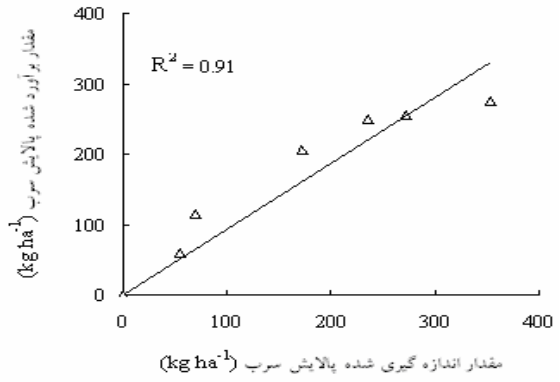



**شکل ۲: تغییرات مقدار سرب پالوده شده از خاک در سطوح مختلف آلودگی سربی توسط شاهی.**

شکل (۴) همبستگی بالای مقدار برآورد شده‌ی پالایش سرب از خاک توسط شاهی را در برابر مقادیر اندازه‌گیری شده‌ی آن نشان می‌دهد($R^2 = 91$). نتایج نشان داد که گیاه شاهی برخلاف توانایی‌اش در تحمل آلودگی‌های بالای سرب، در زدودن آن از خاک چندان توانا نیست. بنابراین، نمی‌توان آلودگی‌های حادّ سربی در خاک را با استفاده از گیاه شاهی پالود. لیکن، از آن برای کاهش آلودگی سربی تا حدّی معین می‌توان استفاده نمود.




**شکل ۳: تغییرات عملکرد نسبی شاهی در سطوح مختلف آلودگی سربی خاک**




**شکل ۴: مقایسه مقادیر برآورد شده و اندازه‌گیری شده‌ی پالایش سرب از خاک توسط شاهی.**

## منابع

[1] Alkorta, I., J. Hernandez-Allica, J.M. Becerril, I. Amezaga, I. Albizu and C. Garbisu. 2004. Recent findings on the phytoremediation of soils contaminated with environmentally toxic heavy metals and metalloids such as zinc, cadmium, lead, and arsenic. Reviews in Environmental Science and Biotechnology 3: 71–90.

[2] Alloway, B.J. (1990). Heavy metals in soils: Lead. Blackie and Glasgow. Ltd. London. pp.177-196.

[3] Brooks, R.R. (1999). Phytochemistry of hyperaccumulators. In: Plants that hyperaccumulate heavy metals, ed. Brooks, R.R., pp. 261-289. University Press, Cambridge.