



### گزارش علمی کوتاه

## مقایسه کارایی گندم، شبدر و کلزا در پالایش خاک از فلز سنگین کادمیوم

حمداله اسکندری<sup>\*</sup>، اشرف عالی زاده امرایی<sup>۲</sup>

۱. دانشیار گروه علمی کشاورزی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران.

۲. مربی گروه علمی کشاورزی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران.

تاریخ دریافت: ۹۴/۱۱/۱۳؛ تاریخ پذیرش: ۹۵/۰۶/۰۸

#### چکیده

توانایی سه گیاه زراعی گندم، شبدر و کلزا در جذب فلز سنگین کادمیوم در یک آزمایش گلخانه‌ای در آزمایشگاه کشاورزی دانشگاه پیام نور استان خوزستان مورد ارزیابی قرار گرفت. آزمایش به صورت فاکتوریل دوعاملی (عامل اول نوع گیاه زراعی شامل گندم، شبدر و کلزا و عامل دوم میزان آلودگی خاک با فلز سنگین کادمیوم شامل صفر، ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم کادمیوم در هر کیلوگرم خاک) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا گردید. نتایج نشان داد که نوع گیاه بر میزان جذب کادمیوم بر خاک تأثیر معنی‌داری ( $P \leq 0.01$ ) داشت. بیشترین میزان جذب کادمیوم از خاک در گندم در غلظت‌های ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم کادمیوم در هر کیلوگرم خاک مشاهده شد. این در حالی بود که میزان جذب کادمیوم توسط شبدر و کلزا با جذب کادمیوم در تیمار صفر میلی‌گرم کادمیوم در هر کیلوگرم خاک تفاوت معنی‌داری نداشت. میانگین جذب کادمیوم توسط کلزا در تیمار ۱۰۰ میلی‌گرم کادمیوم در مرتبه بعدی قرار داشت. نتایج همچنین نشان داد که افزایش غلظت کادمیوم در خاک منجر به افزایش جذب آن توسط گیاهان مورد بررسی منجر شد. به‌طور کلی نتایج این آزمایش نشان داد در صورت وجود تنش فلز سنگین کادمیوم، می‌توان با وارد کردن گندم در تناوب زراعی از غلظت این فلز سنگین به مقدار قابل توجهی کاست.

واژه‌های کلیدی: تناوب زراعی، تنش فلزات سنگین، کادمیوم، گیاه پالایی.

#### مقدمه

فلزات سنگین که از جمله مهم‌ترین عوامل آلوده‌کننده محیط‌های طبیعی و سیستم‌های زراعی هستند و تقریباً در تمامی نواحی صنعتی یافت می‌شوند، به فلزها و شبه فلزاتی گفته می‌شود که چگالی آن‌ها بیشتر از پنج مگاگرم بر مترمکعب باشد (Naderi et al., 2013). هرچند برخی فلزات سنگین در مقادیر خیلی کم برای انجام متابولیسم طبیعی، برای بدن انسان ضروری هستند ولی عمدتاً مقادیر زیاد آن‌ها برای انسان سمی محسوب می‌شود. اثر سمی مقادیر بالای فلزات سنگین در گیاهان نیز دیده می‌شود. یکی از ویژگی‌های خاص فلزات سنگین که در بروز اثرات سمی آن‌ها نقش مهمی دارد، خاصیت انباشتگی زیستی فلزات سنگین است

فلزات سنگین که از جمله مهم‌ترین عوامل آلوده‌کننده محیط‌های طبیعی و سیستم‌های زراعی هستند و تقریباً در تمامی نواحی صنعتی یافت می‌شوند، به فلزها و شبه فلزاتی گفته می‌شود که چگالی آن‌ها بیشتر از پنج مگاگرم بر مترمکعب باشد (Naderi et al., 2013). هرچند برخی فلزات سنگین در مقادیر خیلی کم برای انجام متابولیسم طبیعی، برای بدن انسان ضروری هستند ولی عمدتاً مقادیر زیاد آن‌ها برای انسان سمی محسوب می‌شود. اثر سمی مقادیر بالای فلزات سنگین در گیاهان نیز دیده می‌شود. یکی از ویژگی‌های خاص فلزات سنگین که در بروز اثرات سمی آن‌ها نقش مهمی دارد، خاصیت انباشتگی زیستی فلزات سنگین است

از جمله فلزات سنگین که از طرق مختلف مانند استفاده از آفت‌کش‌ها وارد سیستم‌های زراعی می‌شود، کادمیوم است

پالایش خاک‌های آلوده به کادمیوم استفاده کرد ( Amouie et al., 2013).

هدف از اجرای آزمایش حاضر مقایسه کارایی گندم، شبدر و کلزا در حذف فلز سنگین کادمیوم از خاک‌های زراعی در راستای کاهش تنش فلزات سنگین برای گیاهان زراعی بعدی در تناوب زراعی بود.

### مواد و روش‌ها

این آزمایش به صورت فاکتوریل دو عاملی (۳×۳) در سه تکرار در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در آزمایشگاه کشاورزی دانشگاه پیام نور استان خوزستان اجرا گردید. عامل اول نوع گیاه شامل گندم، شبدر و کلزا و عامل دوم غلظت فلز سنگین کادمیوم افزوده شده به خاک (به شکل نیترات کادمیوم  $Cd(NO_3)_2$ ) شامل صفر، ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم برای هر کیلوگرم خاک بود. برای اجرای آزمایش، ابتدا نمونه‌های خاک با مقادیر صفر، ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم کادمیوم در هر کیلوگرم خاک آلوده و سپس گلدان‌های آزمایش (با قطر و ارتفاع ۴۰ سانتی‌متر) با نمونه‌های خاک تهیه شده به میزان مساوی (۱۰ کیلوگرم خاک آلوده) پر شدند. به منظور به تعادل رسیدن کادمیوم اضافه شده به خاک، قبل از کاشت، سه دوره خشکی و رطوبت اعمال گردید. برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده در آزمایش در جدول یک درج شده است. در مرحله بعد، بذر گیاهان گندم، شبدر و کلزا بر اساس تراکم مطلوب هر گیاه در گلدان‌ها کاشته شدند.

که یک عنصر غیر ضروری برای گیاهان است و هیچ‌گونه عملکرد بیولوژیکی شناخته شده‌ای ندارد (Clemente et al., 2006). این در حالی است که کادمیوم به راحتی توسط ریشه گیاه جذب می‌شود و سمیت آن تا ۲۰ برابر بیشتر از سایر فلزات سنگین است (Nourani Azad & Kafil-zadeh, 2012).

روش‌های شیمیایی، فیزیکی و بیولوژیکی مختلفی برای حذف فلزات سنگین از خاک‌های زراعی معرفی شده است که برخی از آن‌ها مانند شستشوی خاک هزینه سنگینی را شامل می‌شود (Salimi et al., 2012). برخی دیگر از روش‌ها، مانند استفاده از برخی مواد شیمیایی اثرات نامطلوبی بر فعالیت‌های بیولوژیکی خاک بر جای می‌گذارند (Khan, 2005). یک روش سازگار با محیط‌زیست و کم‌هزینه برای حذف فلزات سنگین از خاک‌های زراعی استفاده از تکنولوژی گیاه‌پالایی است (Liphadzi and Kirkham, 2006). در یک مطالعه که در مورد اثر گیاه خردل هندی بر گیاه‌پالایی کادمیوم انجام گرفت، مشخص شد که بیشترین میزان کادمیوم بعد از ۲۸ روز در وزن خشک ریشه و ساقه به ترتیب ۹۷۷ و ۱۹۲۵ میلی‌گرم کادمیوم بر کیلوگرم وزن خشک گیاه بود (Salt et al., 1995). در یک مطالعه دیگر مشخص شد که در یک خاک با غلظت ۲۱۸ گرم در هکتار، میزان انباشت کادمیوم در نوعی چمن برابر ۰/۳۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود که نشان می‌دهد استفاده از گیاهان می‌تواند روشی مؤثر برای پاک‌سازی خاک‌های آلوده به فلزات سنگین باشد (Chen and Teresa, 2001). نتیجه یک مطالعه دیگر نشان داد که می‌توان از گیاهان گاوپنبه، تاج‌خروس وحشی و ذرت برای

جدول ۱. برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده قبل از اعمال تیمارهای آزمایشی.

Table 1. Some physical and chemical properties of soil before applying the experimental treatments.

بافت خاک Soil texture	درصد ذرات خاک Soil particles percentage			کادمیوم (میلی‌گرم بر کیلوگرم) Cadmium (mg.kg <sup>-1</sup> )	pH	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر سانتی‌متر) EC (ds.cm <sup>-1</sup> )
	شن Sand	سیلت Silt	رس Clay			
لوم رسی Clay Loam	27	38	35	0.25	7.97	1.4

شبدر (Kelly and Mason, 1987) صورت پذیرفت. بدین صورت که همچنین، در هر مرحله آبیاری جهت جلوگیری از شستشوی عناصر سنگین، آب خارج شده از

آبیاری بر اساس نیاز گیاهان و بعد از تخلیه ۵۰، ۷۰ و ۷۰ درصد رطوبت خاک به ترتیب برای گندم (Tahmasebi and Fardad, 2000)، کلزا (Seyed Ahmadi et al., 2015) و

احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). بیشترین میزان جذب کادمیوم در گندم در غلظت ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم کادمیوم در هر کیلوگرم خاک مشاهده شد (جدول ۳) که از سایر تیمارهای آزمایش بیشتر بود. اگرچه در کلیه تیمارهای مورد بررسی، افزایش غلظت کادمیوم با افزایش جذب این عنصر همراه بود، ولی تفاوت بین ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌متر در مورد هر سه گیاه معنی‌دار نشد که نشان می‌دهد افزایش غلظت از ۵۰ به ۱۰۰ میلی‌گرم در هر کیلوگرم خاک تأثیر زیادی بر توانایی گندم، کلزا و شبدر در جذب کادمیوم از خاک نداشت که با یافته‌های برخی محققان دیگر (Akbarpour et al., 2013) که گزارش دادند توانایی جذب کادمیوم توسط قدومه (*Alyssum spp*)، تاج‌خروس (*Amaranthus retroflexus*) و علف‌مرغ (*Cyperus rotundus*) با افزایش غلظت این فلز سنگین بیشتر نشد، مطابقت دارد. تفاوت معنی‌داری بین شبدر و کلزا از نظر میزان برداشت کادمیوم از خاک وجود نداشت (جدول ۲).

در مزارعی که به فلزات سنگین آلوده شده‌اند، استفاده از گیاهان زراعی که کارایی بالاتری در جذب فلزات سنگین داشته باشند می‌تواند یک استراتژی مفید برای مدیریت اراضی در زمینه تنش فلزات سنگین باشد.

گلدان‌ها مجدداً استفاده شد. در طول اجرای آزمایش، از هیچ‌گونه مواد شیمیایی (کود شیمیایی و آفت‌کش) استفاده نگردید. بعد از چهار هفته، کل اندام‌های گیاهان (ریشه و اندام‌های هوایی) برداشت شدند و پس از خشک کردن در آون در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۷۲ ساعت، آسیاب شدند. میزان کادمیوم در نمونه‌های آسیاب شده با استفاده از روش خاکستر خشک (Tuzen, 2003) و به کمک دستگاه جذب اتمی پرکین-المر مدل ۶۰۳ اندازه‌گیری شد.

بعد از اطمینان از نرمال بودن داده‌ها، تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار MSTATC انجام گرفت. مقایسه میانگین نیز با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال یک درصد انجام شد.

### نتایج و بحث

جدول ۲ تجزیه واریانس داده‌ها و جدول ۳ مقایسه میانگین‌ها در مورد اثر نوع گیاه و غلظت کادمیوم در خاک بر میزان جذب این فلز سنگین از خاک را نشان می‌دهد.

نتایج تحقیق حاضر نشان داد که اثر نوع گیاه و غلظت و اثر متقابل آن‌ها بر میزان جذب کادمیوم از خاک در سطح

جدول ۲. میانگین مربعات اثر نوع گیاه و غلظت فلز سنگین افزوده شده به خاک بر میزان جذب نهایی کادمیوم از خاک زراعی.

Table 2. Mean square for the effect of plant type and heavy metal concentration on the total uptake of cadmium from soil.

Source of Variance	منابع تغییر	درجه آزادی df	Mean square	میانگین مربعات
			میزان کادمیوم در اندام‌های گیاه Cadmium concentration in whole plant	
Replication	تکرار	2	572.66 <sup>ns</sup>	
Plant type (P)	نوع گیاه	2	105193.125 <sup>**</sup>	
Concentration (C)	غلظت	2	46776.517 <sup>**</sup>	
P×C		4	22901.36 <sup>**</sup>	
Error	خطا	16	618.89	
CV (%)	ضریب تغییرات		25.7	

\*\* معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد.

\*\* Significant at the 1% probability level; ns: not significant.

جدول ۳. مقایسه میانگین اثر متقابل نوع گیاه و غلظت کادمیوم در خاک بر محتوای کادمیوم در کل گیاه

Table 3. Mean comparison for the interaction effect of plant type and cadmium concentration in soil on the total content of cadmium in plant.

نوع گیاه Plant type	میزان آلودگی خاک (میلی‌گرم در کیلوگرم) The amount of Soil Pollution (mg.kg <sup>-1</sup> )	جذب کلی کادمیوم توسط گیاه (مجموع ریشه و اندام‌های هوایی) (میلی‌گرم در کیلوگرم) Cadmium uptake by plant (root and shoot) (mg.kg <sup>-1</sup> )
Wheat گندم	0.0	23.67 bc
	50.0	318.0 a
	100.0	321.0 a
Clover شبدر	0.0	5.43 c
	50.0	17.97 c
	100.0	48.07 bc
Rapeseed کلزا	0.0	15.67 c
	50.0	38.13 bc
	100.0	82.90 b

### نتیجه‌گیری

به‌طور کلی، نتایج پژوهش حاضر، نتایج سایر تحقیقات در مورد امکان استفاده از گیاه‌پالایی در حذف فلزات سنگین از جمله کادمیوم (Rafati et al., 2013; Akbarpour et al., 2013) را مورد تأیید قرار داد. همچنین، نتایج مشخص نمود که گندم علاوه بر ارزش تغذیه‌ای، توانایی بالایی در کاهش تنش فلزات سنگین ناشی از کادمیوم دارد که در تعیین برنامه‌های تناوبی می‌تواند مورد توجه قرار بگیرد. با توجه به بررسی جذب کلی کادمیوم در این تحقیق، نیاز است در تحقیقات بعدی میزان تجمع کادمیوم در بخش‌های مختلف گندم شامل ریشه، ساقه، برگ و دانه مدنظر قرار گیرد.

گزارش شده است که معمولاً گیاهانی که دارای توده زیستی بالاتری باشند، قادرند مقدار بیشتری از فلزات سنگین را از خاک حذف نمایند (Naisi et al., 2013) که با نتایج تحقیق حاضر تا حدودی مطابقت دارد چراکه گندم که بیشترین میزان جذب کادمیوم از خاک را داشت، زیست‌توده آن از شبدر بیشتر است. باین‌حال، عدم تفاوت معنی‌دار بین کلزا و شبدر در برداشت کادمیوم از خاک با یافته‌های این محققان مطابقت ندارد چراکه کلزا، زیست‌توده بیشتری از شبدر تولید می‌کند. اگرچه روش‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی مختلفی برای کاهش غلظت فلزات سنگین در خاک مورد استفاده قرار می‌گیرد ولی برای کادمیوم استفاده از روش گیاه‌پالایی کارایی بیشتری دارد (Vinita, 2007)، هرچند نتایج تحقیق حاضر نشان داد که توانایی گیاهان مختلف در این زمینه متفاوت است.

### منابع

- Akbarpour, F., Sadri F., Gotalizadeh, D., 2013. Phytoremediation of heavy metal (Lead, Zinc and Cd) from polluted soils by Arasbaran protected areas native plants. *Journal of Water and Soil Conservation*. 1(4), 53-67. [In Persian with English Summary].
- Amouie, A.I., Mahvi, A.H., Nadafi, K., 2012. Effect of chemical materials on copper and cadmium uptake by plants in North Iran. *Journal of Medical Science*. 86, 116-124. [In Persian with English Summary].
- Amouie, A.I., Mahvi, A.H., Nadafi, K., Fahimi, H., Mesdaghinia, A., Naseri, S., 2013. Evaluation of optimum operation for phytoremediation of cadmium and copper.

- Journal of Medical Science. 17, 93-102. [In Persian with English Summary].
- Chen, H., Teresa, C., 2001. EDTA and HEDTA effects on Cd, Cr and Ni uptake by *Helianthus annuus*. Journal of Chemosphere. 45, 21-28.
- Clemente, R., Almela, C., Bernal, M.P., 2006. A remediation strategy based on active phytoremediation followed by natural attenuation in a soil contaminated by pyrite waste. Journal of Environmental Pollution. 143(3), 397-406.
- Eskandari, H. 2015. The text book of physiology of abiotic stress on crop plant. Arna publication. Tehran. 275p. [In Persian].
- Khan, A.G., 2005. Role of soil microbes in the rhizospheres of plants growing on trace metal contaminated soils in phytoremediation. Journal of Trace Element and Medical Biology. 18(4), 355-64.
- Liphadzi, M.S., Kirkham, M.B. (2006). Availability and plant uptake of heavy metals in EDTA-assisted phytoremediation of soil and composted bio solids. South Africa Journal of Botany. 72(3), 391-397.
- Naderi, MR., Danesh-Shahraki, A.R., Naderi, R., 2013. A review on polluted soils by heavy metals. Human and Environment. 23, 35-49. [In Persian with English Summary].
- Neisi, A., Vosoughi, M., Mohammadi, M.J., Mohammadi, B., Naeimabadi, A., 2015. Phytoremediation of by *Helianthus* plant. Journal of Medical Science. 2(2), 55-66. [In Persian with English Summary].
- Nourani Azad, H., Kafil-zadeh F., 2012. The effect of cadmium toxicity on growth, soluble sugars, photosynthetic pigments and some of enzymes in safflower. Iranian Journal of Biology. 6(24), 858-867. [In Persian with English Summary].
- Rafati, M., Khorasani, N., Moraghebi, F., Shirvany, A., 2012. Phytoextraction and phytostabilization potential of cadmium chromium and nickel by *Pupulus alba* and *Morus alba* species. Journal of Natural Environment. 65(2), 181-191. [In Persian with English Summary].
- Salimi, M., Amin, M.M., Ebrahimi, A., Ghazifard, A., Najafi, P., Amini, H., Razmjoo, P., Vahid Dastjerdi, M., 2012. Influence of salinity on phytoremediation of cadmium on contaminated soils. Journal of Health Research. 6, 1130-1137. [In Persian with English Summary].
- Salt, D.E., Prince, R.C., Pickering, I.J., Raskin, I., 1995. Mechanism of cadmium mobility and accumulation in Indian mustard. Plant Physiology. 109, 1427- 1433.
- Tüzen, M., 2003. Determination of heavy metals in soil, mushroom and plant samples by atomic absorption spectrometry. Microchemistry Journal. 74(1), 289-97.
- Vinita, B., 2007. Phytoremediation of toxic metals from soil and waste water. Indian Journal of Environmental Biology. 28(2), 367-376.