Journal of Rangeland

Print ISSN: 2008-0891
Online ISSN: 2676-5039

Investigating the effect of lead and cadmium on absorption of high consumption nutrients on *Glycyrrhiza glabra*

Firoozeh Moghiminejad[1], Ali Tavili*[2], Mohamad Jafari[3], Anoshirvan Shirvany[4], Mohamad Ali Zare Chahoki

1. PhD. in Rangeland Science, Department of Arid and Mountains Regions Reclamation, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran.
2. Corresponding author; Associate Prof., Department of Arid and Mountains Regions Reclamation, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran. E-mail: j.ghorbani@sanru.ac.ir
3. Prof., Department of Arid and Mountains Regions Reclamation, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran.
4. Associate Prof., Dep. of Forestry and Forest Economics, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran.

Article Info

Article type:
Research Full Paper

Article history:
Received: 12.04.2018
Revised: 12.11.2021
Accepted: 12.15.2021

Keywords:
Heavy metals,
Lead,
Cadmium,
High energy nutrients,
Glycyrrhiza glabra L.

Abstract

Background and objectives: Toxicity of heavy metals and their accumulation in soil, plant and food chains is one of the main environmental and health problems . Among toxic heavy metals, cadmium and lead have received more attention due to their durability and stability in the environment. In this regard, the impact of these metals on valuable medicinal plants and forages that enter into the food chain through human and animal consumption is of particular importance. *Glycyrrhiza glabra* L. is an example due to its importance as a medicinal plant which its roots and rhizomes is used in pharmaceutical and food industries. The purpose of this study is to investigate the effect of heavy metals of lead and cadmium on the absorption of high consumption nutrients and also the accumulation of these elements in the tissues of the lichen plant.

Methodology: This research was carried out in a completely randomized design with two treatments of lead and cadmium having 4 replicates and 6 concentrations level in pot culture method (total of 48 pots). Concentration levels were 0, 10, 20, 40, 80 and 160 (ppm) for cadmium and zero, 50, 100, 200, 400 and 800 (ppm) for lead. The concentrations used were based on the standards of metal concentrations in the soil and national of World Health Organization. The salts used to prepare the concentrations of the treatments were lead nitrate and cadmium nitrate (MERC). Pot's beds were prepared with heavy metal salts solution of lead and cadmium. Above concentrations liquids were sprayed on the rhizomes already placed in the pots. Pots were kept in the greenhouse for 7 months under irrigation under prescribed care. Nutrients were used according to the results of soil decomposition to the optimal extent and without effect on pot treatments (as a spray on the plant itself). Finally, samples of soil and plant (above and underground organs) were prepared and transferred to the laboratory for acid digestion and extraction of lead and cadmium. To assess the plant's ability, TF, BCF and BAC indices were also used to assess the accumulation capacity of these elements.

Results: The results of the comparison of the mean of lead and cadmium in the studied concentrations showed that increasing the concentration of these two elements in the soil did not have a significant effect on the amount of potassium, sodium, magnesium, calcium and organic matter in the aerial and underground

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2024-11-13]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1401.16.1.12.4]

parts of the plant. While the increase in the concentration of cadmium in the soil has a significant negative effect on the amount of this metal in the air and underground organs and the amount of nitrogen in the aboveground parts. Also, the increase in lead concentration has a significant effect on the amount of this metal on both above and underground organs while the amount of phosphorus and nitrogen on above ground parts. The results of the studied treatments on the accumulation and transfer of cadmium and lead in *Glycyrrhiza glabra* L. showed that in all concentrations of cadmium treatments (except 20 ppm) the amount of TF for cadmium metal was less than 1 but the amount of BAC and BCF was greater than one. In the case of lead metal in all different concentrations of lead treatment except concentrations of 200 and 800 (ppm) the amount of transfer factor is greater than one, but the values of BAC and BCF for these two treatments are more than one. Therefore, *Glycyrrhiza glabra* L. has a good ability in lead metal extraction and cadmium metal stabilization.

Conclusion: The results of the study on the accumulation and transfer of cadmium and lead in the lichen plant showed that the plant could play the role of stabilizing and extractive for these two heavy metals, respectively. As reaction of Glycyrrhiza *glabra* L.is is positive, it seems that if the contamination is high, the most absorption is occurred in shoots and stems of the plant. Usage of the plant therefore does not harm consumers but when cadmium is a contaminant because the root stabilizes it and direct use of the plant root as a medicine can be harmful.

Cite this article: Moghiminejad, F., A. Tavili, M. Jafari, A. Shirvany, M.A. Zare Chahoki, 2022. Investigating the effect of lead and cadmium on absorption of high consumption nutrients on *Glycyrrhiza glabra*. Journal of Rangeland, 16(1): 17-32.

© The Author(s).
DOR: 20.1001.1.20080891.1401.16.1.14.6
Publisher: Iranian Society for Range Management

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2024-11-13]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1401.16.1.12.4]

مـــرتـــع

شاپا چاپی: ۰۸۹۱-۲۰۰۸

شاپا الکترونیکی: ۵۰۳۹-۲۶۷۶

بررسی اثر فلزات سنگین سرب و کادمیم بر جذب عناصر غذایی پرمصرف در گیاه شیرین بیان (*Glycyrrhiza glabra* L.)

فیروزه مقیمی نژاد[۱]، علی طویلی*[۲]، محمد جعفری[۳]، انوشیروان شیروانی[۴] و محمدعلی زارع چاهوکی[۳]

۱. دکتری علوم مرتع، گروه احیا مناطق خشک و کوهستانی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران.

۲. نویسنده مسئول، دانشیار گروه احیا مناطق خشک و کوهستانی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران. رایانامه: atvili@ut.ac.ir

۳. استاد گروه احیا مناطق خشک و کوهستانی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران.

۴. دانشیار گروه مهندسی جنگلداری و اقتصاد جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران.

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله کامل – پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۹/۱۳
تاریخ ویرایش: ۱۳۹۷/۰۹/۲۰
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۹/۲۴

واژه‌های کلیدی:
فلز سنگین،
سرب،
کادمیوم،
عناصر غذایی پرمصرف،
شیرین بیان

چکیده

سابقه و هدف: سمیت فلزات سنگین و تجمع آنها در خاک، گیاه و زنجیره های غذایی یکی از اصلی ترین معضلات زیست محیطی و بهداشتی جوامع امروزی است. در بین فلزات سنگین سمی، کادمیم و سرب به دلیل دوام و پایداری در محیط زیست بیشتر مورد توجه قرار گرفته اند در این راستا بررسی تاثیر این فلزات بر گیاهان مرتعی با ارزش دارویی و علوفه ای که از طریق مصرف انسان و دام وارد زنجیره غذایی می گردند از اهمیت خاصی برخوردار است. شیرین بیان با نام علمی *Glycyrrhiza glabra L.* یکی از این گونه های با ارزش است که به واسطه دارا بودن ترکیبات دارویی و غذایی مهم در ریشه و ریزوم آن در دنیا حائز اهمیت بوده و مورد توجه صنایع دارویی و غذایی قرار گرفته است. هدف از این مطالعه، بررسی اثر فلزات سنگین سرب و کادمیوم بر جذب عناصر غذایی پرمصرف و همچنین میزان انباشت این عناصر در بافت‌های گیاه شیرین بیان است.

مواد و روش‌ها: این تحقیق در قالب طرح کاملاً تصادفی با دو تیمار سرب و کادمیوم در ۴ تکرار و ۶ غلظت به صورت کشت گلدانی (مجموعاً ۴۸ گلدان) اجرا گردید. تیمارهای آزمایشی شامل غلظت‌های صفر، ۱۰ ، ۲۰ ، ۴۰ ، ۸۰ و ۱۶۰(ppm) برای کادمیوم و صفر، ۵۰، ۱۰۰،۲۰۰، ۴۰۰و ۸۰۰ (ppm) برای سرب بودند. غلظت‌های مورد استفاده براساس جداول مربوط به استانداردهای میزان غلظت فلزات در خاک و محدودیت‌های ملی و سازمان جهانی بهداشت تعیین گردید نمک‌های مورد استفاده برای تهیه غلظت‌های تیمارها نمک نیترات سرب و نیترات کادمیوم (مرک) بودند. پس از تهیه بستر کاشت و اسپری نمودن محلول نمک فلزات سنگین سرب و کادمیوم با غلظت های فوق الذکر به خاک، ریزوم های شیرین بیان داخل گلدان ها کشت و به مدت ۷ ماه در گلخانه تحت مراقبت و آبیاری قرار گرفتند و عناصر غذایی با توجه به نتایج تجزیه خاک درحد بهینه و بدون اثر بر تیمارهای گلدان‌ها (به صورت اسپری بر خود گیاه) مورد استفاده قرار گرفت. در نهایت نمونه های خاک و گیاه (در دو بخش اندام های هوایی و زیرزمینی) تهیه و جهت هضم اسیدی و استخراج سرب و کادمیوم به آزمایشگاه منتقل شد. همچنین جهت ارزیابی توانمندی گیاه شاخص‌های TF، BCF و BAC جهت ارزیابی توان انباشت این عناصر تعیین گردید.

نتایج: مقایسه میانگین تیمارهای سرب و کادمیوم در غلظت های تحت بررسی نشان داد افزایش غلظت این دو عنصر در خاک اثر معنی داری بر مقدار عناصر پتاسیم، سدیم، منیزیم، کلسیم و ماده‌آلی در اندام های هوایی و زیرزمینی گیاه شیرین بیان نداشته است. در حالی که افزایش غلظت فلز کادمیوم در خاک، اثر معنی دارکاهنده بر مقدار این فلز در اندام های هوایی و زیرزمنی و میزان ازت در اندام هوایی داشته، همچنین افزایش غلظت

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2024-11-13]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1401.16.1.12.4]

سرب اثر معنی دار با روند متغییر بر مقدار این فلز در در اندام های هوایی و زیرزمینی و میزان فسفر و ازت در اندام هوایی به همراه داشته است. همچنین نتایج بررسی تیمارهای مورد مطالعه بر تجمع و انتقال کادمیوم و سرب در گیاه شیرین بیان نشان داد که در همه غلظت‌های تیمارهای کادمیوم (به جز غلظت ۲۰ (ppm)) مقدار TF برای فلز کادمیوم کوچکتر از ۱بوده ولی مقدار BAC و BCF بزرگتر از یک می‌باشد و در مورد فلز سرب در همه غلظت‌های مختلف تیمار سرب به جز غلظت‌های ۲۰۰ و ۸۰۰ (ppm) مقدار فاکتور انتقال بزرگتر از یک می‌باشد ولی مقادیر BAC و BCF در خصوص این دو تیمار بیشتر از یک می‌باشد. بنابراین گیاه شیرین بیان دارای توانایی مناسبی درگیاه استخراجی فلز سرب و گیاه تثبیتی فلز کادمیم می‌باشد

نتیجه‌گیری: بررسی تیمارهای مورد مطالعه بر تجمع و انتقال کادمیوم و سرب در گیاه شیرین بیان نشان داد این گیاه می‌تواند به عنوان یک گونه بیش اندوزگر در مورد این دو فلز سنگین، به ترتیب نقش گیاه تثبیتی و گیاه استخراجی را ایفا نماید. همچنین باتوجه به اینکه شیرین بیان در غلظت‌های موردبررسی در اندام هوایی از نظر ازت و فسفر در تیمار سرب و ازت در تیمار کادمیوم معنی‌دار شده است به نظر می‌رسد اگر آلودگی با مقدار بالا باشد بیشترین آلودگی در اندام هوایی تثبیت می‌شود و به لحاظ استفاده گیاهی که عمدتا از ریشه است، آسیبی وارد نمی‌کند ولی در صورتی که کادمیوم عامل آلوده کننده باشد چون ریشه عامل تثبیت کنندگی است استفاده مستقیم از ریشه گیاه به عنوان دارو می‌تواند خطرات سوء داشته باشد.

استناد: مقیمی نژاد، ف.، ع. طویلی، م. جعفری، ا. شیروانی و م.ع. زارع چاهوکی، ۱۴۰۱. بررسی اثر فلزات سنگین سرب و کادمیم بر جذب عناصر غذایی پرمصرف در گیاه شیرین بیان (*Glycyrrhiza glabra* L.). مرتع، ۱۶(۱): ۱۷-۳۲.

DOR: 20.1001.1.20080891.1401.16.1.14.6

© نویسندگان

ناشر: انجمن علمی مرتعداری ایران

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2024-11-13]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1401.16.1.12.4]

مقدمه

فلزات سنگین از جمله مهم‌ترین آلاینده‌های محیط زیست به‌شمار می‌آیند که در چند دهه اخیر به‌شدت مورد توجه قرار گرفته‌اند (۳۵). سمیت این فلزات و تجمع آنها در خاک، گیاه و زنجیره‌های غذایی یکی از اصلی‌ترین معضلات زیست محیطی و بهداشتی جوامع امروزی است (۴۵). بطوریکه وجود مقادیر بسیار زیاد از هر دو گروه آن‌ها در خاک یعنی ضروری (شامل روی، مس، آهن، منگنز، منیزیم و مولیبدن) و غیرضروری (مانند سرب، کادمیم، جیوه، آرسنیک، کروم، سلنیوم، کبالت و نقره) منجر به بروز علایم مسمومیت و جلوگیری از رشد گیاهان می‌شود (۳۸). فلزات سنگین توسط منابع مختلف تولید شده و ممکن است به غلظت‌های سمی فراتر از گستره معمول برسند (۱۵). زمانی که این غلظت از بیشینه غلظت مجاز در خاک فراتر رود، نه تنها برای بشر مهلک است بلکه باعث کاهش کیفیت و حاصلخیزی خاک، کاهش توان زیستی، عدم توازن در تعاملات شیمیایی و نفوذ در آب‌های زیر زمینی شده و موجب تخریب کلی زیست بوم می‌گردد (۱۳، ۲۹ و ۴۱). در بین فلزات سنگین سمی، کادمیم و سرب به دلیل دوام و پایداری در محیط زیست بیشتر مورد توجه قرار گرفته‌اند (۴۹). اثرات سوء کادمیم شامل جلوگیری از رشد ریشه و اندام هوایی گیاه، کاهش شدید عملکرد محصول، تأثیر بر جذب عناصر غذایی و تعادل زیستی می‌باشد. به علاوه، این فلز با تجمع در محصولات زراعی مهم و متعاقباً ورود به زنجیره‌های غذایی، معضلات بسیار جدی را برای سلامت و بهداشت انسان‌ها و حیوانات ایجاد می‌کند. کاهش زیست توده‌ی گیاه، پیامد مستقیم مسمومیت ناشی از کادمیم است که به واسطه‌ی جلوگیری کادمیم از سنتز کلروفیل و انجام فتوسنتز رخ می‌دهد. سرب (Pb) یکی دیگر از فلزات سنگین است که دارای کارکرد زیستی مشخصی نمی‌باشد و از پتانسیل ایجاد مسمومیت برای گیاهان و سایر موجودات زنده برخوردار است. این فلز به دلیل پراکنش گسترده در جوامع شهری و صنعتی و خطر بالقوه‌ی آن برای محیط زیست، سلامت انسان‌ها و حیوانات، منشأ نگرانی‌های متعددی گردیده است. سرب نه تنها فعالیت ریزجانداران خاک را تحت تأثیر قرار داده و سبب از دست رفتن حاصلخیزی خاک می شود، بلکه باعث بروز تغییر در شاخص‌های فیزیولوژیکی رشد گیاهان و در نهایت کاهش عملکرد آن‌ها نیز می گردد (۴۳ و ۶۷).

نتایج تحقیقات مختلف نشان می‌دهد تأثیر فلزات سنگین بر گیاهان، به نوع و غلظت این فلزات، گونه گیاهی و شرایط محیطی رشد گیاه بستگی دارد (۶۸). از مهم‌ترین این اثرات می‌توان به تاثیر فلزات سنگین بر جذب و غلظت عناصر ضروری پرمصرف گیاهان اشاره نمود که در نهایت با توجه به نقش مهم این عناصر، منجر به ظهور اختلالات پیچیده در رشد و نمو گیاهان خواهند شد. به‌طوریکه نتایج برخی پژوهشگران نشان می‌دهند که عناصر سمی مانند کادمیم و سرب بر فعالیت‌های میکروبی خاک تأثیر منفی داشته، سبب غیر فعال شدن آنها شده و درنهایت منجر به مختل شدن چرخه عناصر غذایی می‌شوند (۴۴ و ۵۶). در همین زمینه گادبولد و هاترمن (۱۹۸۵) گزارش دادند که سمیت کادمیم ممکن است سبب بروز کمبود فسفر در گیاه شود. همچنین جیانگ و همکاران (۲۰۰۴) نشان دادند که با افزایش سطوح کادمیم در خاک، غلظت فسفر در شاخساره گیاه افزایش یافت. نیتروژن نیز یکی دیگر از عناصر غذایی پر مصرف گیاه است. کادمیم به دلیل آسیب زدن به جمعیت میکروبی خاک و اختلال در فرایند معدنی شدن نیتروژن می‌تواند آثار منفی بر جذب نیتروژن در گیاه داشته باشد(۲۰ و ۲۱). حسن‌دار و میشرا (۱۹۹۴) نشان دادند که افزودن ۲۵ تا ۵۰ میلی‌گرم کادمیم در کیلوگرم خاک سبب کاهش معدنی‌دار نیتروژن آلی و زیست توده میکروبی در خاک شد.

صفرزاده شیرازی و همکاران (۱۳۹۱) در مطالعه خود تحت عنوان اثر سمیت کادمیم بر جذب نیتروژن و فسفر و برخی از ویژگی‌های رویشی شاخساره هفت رقم برنج (*Oryza sativa* L.) که در سه سطح کادمیم (صفر، ۴۵ و ۹۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک) انجام گرفت به این نتیجه دست یافتند که با افزودن کادمیم به خاک، جذب نیتروژن و فسفر کاهش ولی جذب کادمیم در شاخساره ارقام برنج (*Oryza sativa* L.) افزایش معنی داری نسبت به تیمار شاهد داشت. ناروال و همکاران(۱۹۹۳) کاهش جذب عناصر نیتروژن و فسفر در ریشه ذرت (*Zea mays* L.) را در حضور کادمیم گزارش نمودند. همچنین در ارتباط با سرب به دلیل انباشت زیاد این فلز در بخش سطحی خاک و دسترسی راحت گیاهان به این فلز و جذب آن از طریق ریشه‌ها،

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2024-11-13]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1401.16.1.12.4]

موجب تغییر در برخی فرایندهای متابولیک گیاه و اختلال در رشـد و نمو آنها می‌شـود (۵۰). سرب از طریق اختلال در فعالیت ناقل‌های غشای سلول‌های ریشه باعث کاهش جذب عناصر ضروری مانند کلسیم، منیزیم و آهن می‌شود و در نتیجه گیاهان تیمار شده با سرب علائم کمبود این عناصر ضروری را نشان می‌دهند (۶۰).

بررسی تاثیر فلزات سنگین بر گیاهان مرتعی، همچون گونه گیاهی شیرین بیان (*Glycyrrhiza glabra L.*) که با توجه به ارزش دارویی و علوفه‌ای و پراکنش وسیع آن، از طریق تغذیه انسان و دام وارد زنجیره غذایی می‌شوند از اهمیت خاصی برخوردار است. شیرین بیان (*Glycyrrhiza glabra* L.)، گیاهی چند ساله از خانواده بقولات و از مهمترین گیاهان دارویی و صنعتی است که مواد مؤثره آن به شکل‌های مختلفی مورد استفاده قرار گرفته (۲) و به واسطه دارا بودن این مواد در ریشه و ریزوم آن در دنیا حائز اهمیت است بطوریکه مورد توجه صنایع دارویی، غذایی و حتی دخانیات قرار گرفته است (۴). ارتفاع شیرین‌بیان (*Glycyrrhiza glabra* L.) متفاوت و بین ۱۰۰ تا ۲۰۰ سانتی متر است. گیاه دارای شاخ و برگ‌های انبوه و فراوان است. برگ‌ها مرکب، رنگ برگچه‌ها سبز تیره وگل‌ها نامنظم و به رنگ زرد، ارغوانی یا بنفش و به صورت مجتمع در انتهای ساقه‌های گل دهنده مشاهده می‌شوند. ریشه شیرین‌بیان (*Glycyrrhiza glabra* L.) دارای ترکیبات متعددی نظیر قندهای مختلف (تا ۱۸ درصد)، فلاوونوئیدها، استرول‌ها، اسیدهای آمینه، صمغ و نشاسته، اسانس‌های روغنی و ساپونین‌ها می‌باشد. عمده‌ترین ساپونین آن اسید گلیسریزیک یا گلیسریزین می‌باشد که به عنوان مهم‌ترین ماده مؤثره ریشه شیرین‌بیان (*Glycyrrhiza glabra* L.) حدود ۵۰ مرتبه از شکر شیرین‌تر است (۳۱). مقدار این ماده در ریشه به نوع گیاه، شرایط اقلیمی محل رویش بستگی دارد. برخی از محققین معتقدند که شیرین‌بیان (*Glycyrrhiza glabra* L.) ایرانی از بیشترین مقدار اسید گلیسیریزیک برخوردار است (۵۵). لذا بررسی تاثیر تنش‌های محیطی همچون افزایش غلظت فلزات سنگین بر جذب عناصر غذایی این گونه که متعاقبا بر رشد، عملکرد و تولید مهم‌ترین ماده موثره آن یعنی اسید گلیسیریزیک اثرگذار خواهد بود از اهمیت خاصی برخوردار است که معمولا در مورد گیاهان دارویی کمتر به آن پرداخته می شود (۳). در این راستا هدف از پژوهش حاضر بررسی میزان جذب عناصر غذایی پر مصرف شیرین بیان (*Glycyrrhiza glabra* L.) در شرایط رویش این گیاه در خاک‌های حاوی فلزات سنگین سرب و کادمیوم است

مواد و روش‌ها

این پژوهش در گلخانه پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران از خرداد ماه لغایت دی ماه سال ۱۳۹۶ در قالب طرح کاملاً تصادفی با دو تیمار سرب و کادمیم در۶ غلظت و در ۴ تکرار به صورت کشت گلدانی (مجموعاً ۴۸ گلدان) اجرا گردید. تیمارهای آزمایشی شامل غلظت‌های صفر، ۱۰، ۲۰، ۴۰، ۸۰ و ۱۶۰ (ppm) برای کادمیم و صفر، ۵۰، ۱۰۰، ۲۰۰، ۴۰۰و ۸۰۰ (ppm) برای سرب بودند. غلظت‌های مورد استفاده براساس جداول مربوط به استانداردهای میزان غلظت فلزات در خاک و محدودیت‌های ملی و سازمان جهانی بهداشت تعیین گردید (جدول ۱). نمک‌های مورد استفاده برای تهیه غلظت‌های تیمارها نمک نیترات سرب و نیترات کادمیم (مرک) بودند. به منظور تهیه بستر کشت از خاک زراعی استفاده شد. برای آماده سازی خاک گلدان‌ها (با ظرفیت ۱۰ کیلوگرم)، نمونه برداشته شده از خاک، در برابر هوا خشک و به کمک چکش پلاستیکی کوبیده و از الک ۰/۵ میلی‌متری عبور داده شد. از خاک جمع‌آوری شده در زیر الک برای آزمایش تجزیه خاک استفاده شد (۱۶). مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک در جدول ۲ آورده شده است. پس از انجام تجزیه خاک، برای آلوده‌کردن خاک گلدان‌ها، مقادیر محاسبه شده نمک فلزات سنگین به ازای یک کیلوگرم خاک (براساس جرم اتمی نمک موردنظر تقسیم بر جرم اتمی فلز سنگین مورد نظر) سرب و کادمیم با ترازوی دیجیتال به طور دقیق توزین و با آب مقطر حل شدند و به صورت محلول و با استفاده از اسپری در خاک مخلوط شدند. خاک‌های آلوده به مدت یک ماه در شرایط رطوبتی بین اشباع تا ظرفیت‌زراعی رها شد تا بر همکنش آلاینده‌ها و خاک تکوین یافته و شرایط آلودگی طبیعی‌تر شود (دوره خفتگی یا خواباندن (انکوباسیون)). سپس ریزوم‌های گیاه شیرین‌بیان که از منطقه کرمانشاه (کوزران) جمع‌آوری شده بودند در گلدان‌ها جهت کشت

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2024-11-13]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1401.16.1.12.4]

مورد استفاده قرار گرفتند. تعداد دو ریزوم (یکسان و یکنواخت و متحد الشکل از نظر طول و تعداد جوانه) در هر گلدان کشت شد. آبیاری گیاهان به مدت ۷ ماه با آب مقطر (دیونیزه) به منظور جلوگیری از افزوده شدن ناخالصی‌های آب‌شهری به خاک گلدان‌ها (آبیاری به مقدار مشخص متناسب با نوع گلدان و وزن خاک براساس ظرفیت زراعی و به گونه‌ای که هیچ محلولی از سوراخ‌های انتهایی گلدان‌ها خارج نشود) انجام گردید و عناصر غذایی با توجه به نتایج تجزیه خاک (جدول ۱) درحد بهینه و بدون اثر بر تیمارهای گلدان‌ها (به صورت اسپری بر خود گیاه) مورد استفاده قرار گرفت. پس از ۷ ماه آبیاری، گیاهان از خاک گلدان خارج و پس از شستشو با آب مقطر، هر گیاه به بخش‌های هوایی و زیرزمینی تقسیم شده، وزن‌تر هر کدام از آنها به صورت جداگانه اندازه‌گیری شد. سپس نمونه‌ها در داخل پاکت‌های کاغذی از گلخانه به آزمایشگاه منتقل و در داخل آون و در دمای ۴۰ درجه سلسیوس به مدت ۵ تا ۷ روز خشک و در نهایت، وزن خشک بخش هوایی و زمینی اندازه‌گیری شد. بعد از خشک شدن، نمونه‌ها آسیاب شده و از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شدند. (۸).

جدول ۱: محدوده بحرانی ونرمال غلظت فلزات سنگین درخاک

فلز	حداکثر مقدار مجاز در خاک (mg/kg)*	حداکثر مقدار نرمال فلزات در خاک (mg/kg)**	غلظت فلز در تولیدات گیاهان دارویی (who) (mg/kg)***
سرب	۱۰۰	۱-۰/۲	۱۰
کادمیم	۳	۳- ۵۰	۰/۳

*کاباتا و بندیاس (۲۰۱۱)، ** کلوک (۱۹۸۰) و *** حمایت عسگری و همکاران (۱۳۹۳)

آماده سازی نمونه های گیاهی برای هضم اسیدی و استخراج سرب و کادمیم از گیاه

نمونه‌های گیاهی خشک شده از اندام هوایی و ریشه در هاون کوبیده و به پودر تبدیل شدند. سپس میزان ۰/۵ گرم (۰/۳ گرم از نمونه‌های با مقدار کم) پودر تهیه شده از اندام هوایی و زیرزمینی برای انجام فرآیند هضم اسیدی در داخل کروزه چینی توزین شد و داخل کوره با دمای ۴۸۰ درجه قرار داده شد. تا خاکستر گیاه به رنگ سفید درآید. در این تحقیق از روش اکسیداسیون خشک استفاده شد. بدین‌منظور از ۲۰ میلی‌لیتر اسید کلریدریک یک نرمال استفاده شد و نمونه‌ها در روی حمام شنی تا دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد و خروج اولین بخارات سفید قرار گرفتند و در نهایت از کاغذ صافی (واتمن) در داخل بالن ژوژه عبور داده و به حجم ۱۰۰ سی‌سی بوسیله آب مقطر رسانده شدند (۲۲ و ۲۴). سپس عصاره‌های آماده شده برای سنجش میزان فلزات سنگین توسط دستگاه ICP-OES (مدل SPECTRO ACOS ساخت کشور آلمان) قرائت شدند. همچنین ماده آلی با استفاده از روش والکی‌بلک (۴۷)، میزان فسفر (به روش اسپکتوفتومتری)، سدیم و پتاسیم با دستگاه فلم‌فتومتر (۵۴)، کلسیم و منیزیم به روش عصاره گیری با استات آمونیوم و تیتراسیون با Na –EDTA (۴۲) و مقدار نیتروژن کل به روش کجدال (۴)، در نمونه‌های گیاهی اندازه‌گیری شدند.

برداشت نمونه‌های خاک و تعیین مقدار کل فلزات سنگین

نمونه‌های خاک هر یک از گلدان‌ها به آزمایشگاه منتقل و پس از خشک شدن و عبور از الک ۲ میلی‌متری، به طور یکنواخت مخلوط شدند (۳۴). مقدار کل فلزات در نمونه‌های خاک، بعد از هضم با اسید نیتریک ۴ مولار در دستگاه دابن مایر با دمای ۶۰ درجه سلسیوس و مدت ۱۴ ساعت استخراج شد (۶۲). برای استخراج مقدار تبادلی فلزات سنگین از محلول DTPA (Diethylen Triamine Pantaacetic Acid) (تتریپلکس ۵) استفاده شد (۱۸). در نهایت غلظت فلزات سنگین (سرب و کادمیم) توسط دستگاه ICP-OES (مدل SPECTRO ACOS ساخت کشور آلمان) قرائت شدند.

تعیین شاخص‌های TF، BCF و BAC برای ارزیابی توانمندی گیاه

به منظور ارزیابی توانایی گیاه بایستی بعد از مشخص کردن مقدار فلزات سنگین قابل استخراج در نمونه‌های گیاهی و خاک، شاخص TF (Translocation Factor) (فاکتور انتقال؛ نسبت غلظت فلز در اندام‌های هوایی گیاه به غلظت فلز در ریشه)، BCF (Bio Concentration Factor)

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2024-11-13]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1401.16.1.12.4]

(فاکتور تجمع بیولوژیکی؛ نسبت غلظت فلز در ریشه گیاه به غلظت فلز در خاک) و BAC (Bio Accumulation Coefficient) (ضریب تجمع بیولوژیکی؛ نسبت غلظت فلز در اندام‌های هوایی گیاه به غلظت فلز در خاک) را اندازه‌گیری کرد (۷).

تجزیه و تحلیل داده‌ها

طرح آزمایشی بکار رفته در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۴ تکرار می‌باشد. در نهایت برای تجزیه و تحلیل آماری اطلاعات اندازه‌گیری شده از نرم‌افزار SPSS استفاده شد. با توجه به اینکه تعداد پایه‌ها و ریزوم‌ها در گلدان‌ها متفاوت بودند که در میزان جذب عناصر در گیاه موثر می‌باشد، به منظور حذف اثر تعداد پایه‌ها و مشخص شدن اثر واقعی تیمارها بر میزان جذب عناصر از آزمون تجزیه کوواریانس و مقایسه میانگین داده‌ها از آزمون بونیفرونی و برای بررسی نرمال بودن داده‌ها از آزمون کلموگروف اسمیرنوف استفاده شد. رسم نمودارها با استفاده از نرم‌افزار Excel انجام شد.

نتایج

نتایج حاصل از بررسی برخی خصوصیات شیمیایی و فیزیکی خاک مورد آزمایش قبل از اجرای طرح در جدول (۲) آمده است.

جدول ۲: نتایج حاصل از تجزیه خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده در آزمایش

	ویژگی های خاک		مقدار
ویژگی‌های شیمیایی	ماده آلی (٪)		۰/۳
	فسفر (ppm)		۰/۰۸
	پتاسیم (ppm)		۳۱۱/۸
	کلسیم (ppm)		۹۰۴۰
	منیزیم (ppm)		۱۴۸۰
	نیتروژن(٪)		۰
	ظرفیت تبادل کاتیونی		۴۹/۵
	هدایت الکتریکی(µmhos/cm)		۱۱۷۴/۲۵
	pH		۸/۵
	سرب کل (ppm)		۱/۶۰
	کادمیم کل (میلی‌گرم بر کیلوگرم)		۰/۱۱
	ظرفیت زراعی (درصد جرمی)		۲۳
	نقطه پژمردگی (درصد جرمی)		۱۰
ویژگی‌های فیزیکی	بافت خاک (ماسه لوم دار)	رس	۶/۱۶
		ماسه	۷۵/۵۶
		سیلت	۱۸/۲۸

جدول (۳) نتایج تجزیه کوواریانس حاصل از تیمار سرب و کادمیم بر فسفر، نیتروژن، پتاسیم، کلسیم، منیزیم، سدیم، ماده‌آلی، سرب و کادمیم در اندام‌های هوایی و زیرزمینی را نشان می‌دهد. نتایج مقایسه میانگین نشان داد افزایش غلظت سرب و کادمیم خاک اثر معنی داری بر میزان عناصر پتاسیم، سدیم، منیزیم، کلسیم و ماده‌آلی در اندام‌های هوایی و زیرزمینی گیاه شیرین‌بیان (*Glycyrrhiza glabra* L.) نداشته است. در حالیکه افزایش کادمیم منجر به افزایش معنی‌دار این عنصر در اندام‌های هوایی و زیرزمینی گیاه و افزایش معنی‌دار نیتروژن در اندام هوایی گردیده‌است. در ارتباط با افزایش معنی‌دار کادمیم در اندام هوایی، تیمارهای ۸۰ (ppm) و ۱۰(ppm) به ترتیب بیشترین (۸۵ درصد) و کمترین تاثیر (۶/۷ درصد) را نسبت به شاهد داشته و تیمارهای ۲۰، ۴۰ و ۱۶۰ (ppm) حالت حدواسط را در پاسخ‌ها دارا بوده‌اند (شکل ۱). اما در اندام زیرزمینی، تیمار۱۶۰(ppm) کادمیم بیشترین و تیمار ۲۰ (ppm) کمترین تاثیر معنی‌داری را داشته است (شکل ۲). همچنین در ارتباط با اثر معنی‌دار افزایش غلظت کامیوم بر میزان نیتروژن اندام هوایی باید گفت غلظت ۱۰ (ppm)، با ۱۰۳/۵ درصد نسبت به شاهد، بیشترین و غلظت ۲۰ (ppm)، با ۱۰/۶ درصد، کمترین تاثیر را داشته‌اند (شکل ۳).

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2024-11-13]

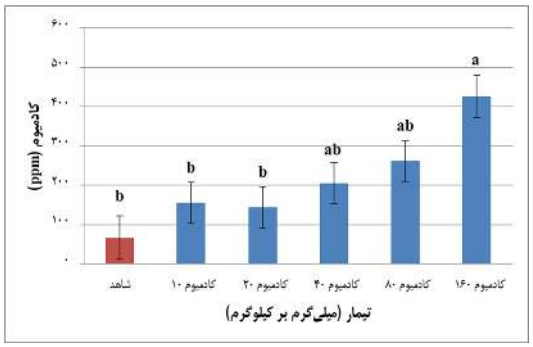
[DOR: 20.1001.1.20080891.1401.16.1.12.4]

جدول ۳: نتایج تجزیه کوواریانس حاصل از تیمار سرب و کادمیم بر عناصر غذایی پرمصرف در اندام‌های هوایی و زیرزمینی گیاه شیرین بیان (*Glycyrrhiza glabra* L.)

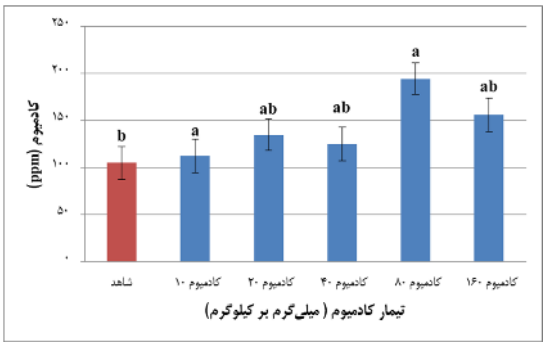
صفات مورد بررسی	منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات	
			ریشه	اندام هوایی
ماده آلی (درصد)	تیمار سرب	۵	۱۱۱/ ۲۳۴ ns	۲۶۸/ ۰۴۱ ns
	خطا	۱۷	۱۴۰/ ۳۴۹ ns	۱۷۸/ ۱۱۳ ns
	تیمار کادمیم	۵	۱۵/ ۴۰۵ ns	۱۶۸/ ۳۸۹ ns
	خطا	۱۷	۲۸/ ۷۷۵ ns	۱۴۸/ ۲۸۳ ns
پتاسیم (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	تیمار سرب	۵	۵۰۹۷۷۲۸۳۶۲۳/ ۳۳ ns	۲۰۵۰۹۷۳۵۱۱۰۴/ ۴۹ ns
	خطا	۱۷	۵۷۰۳۵۷۲۰۲۶۷/۹۷ ns	۲۳۸۰۲۹۲۸۶۴۳۲/ ۶۷ ns
	تیمار کادمیم	۵	۲۸۶۲۰۲۸۶۰۳/ ۱ ns	۱۶۰۱۵۷۹۵۶۳۷۱/ ۷۳۱ ns
	خطا	۱۷	۸۵۳۶۵۹۱۴۰۲۲/ ۸۵ ns	۷۹۷۳۹۱۸۲۲۹۳/۳۹ ns
سدیم (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	تیمار سرب	۵	۴۷۷۱۰۵۴۷۸۷ ns	۶۸۲۳۲۳۰۲۳۵ ns
	خطا	۱۷	۳۹۰۳۸۶۹۹۹۳ ns	۵۶۱۹۵۸۸۸۴ ns
	تیمار کادمیم	۵	۱۱۴۸۰۴۷۱۱۱۳/۷۲ ns	۱۵۷۹۲۳۵۲۶۲۳/ ۴۶ ns
	خطا	۱۷	۱۷۷۱۰۸۱۹۲۷/ ۱۷ ns	۶۲۵۹۴۵۳۷۰۰ ns
کلسیم (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	تیمار سرب	۵	۱۱۵۴۴۴۷۲۸۶ ns	۱۳۷۳۱۹۱۹۸۶ ns
	خطا	۱۷	۱۱۳۵۱۶۸۰۴۳ ns	۱۸۲۸۶۴۵۱۶۸ ns
	تیمار کادمیم	۵	۹۳۲۷۶۷۸۹۸/ ۶ ns	۱۲۷۷۰۰۲۵۵۶ ns
	خطا	۱۷	۶۱۳۵۷۶۹۶۲/۲ ns	۱۱۶۴۸۰۰۹۸۵ ns
منیزیم (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	تیمار سرب	۵	۲۵۹۲۹۴۲۲۳۴ ns	۳۴۶۴۸۹۴۶۳۶ ns
	خطا	۱۷	۳۴۵۹۸۵۰۷۹۶ ns	۲۳۴۳۷۶۲۲۴۰ ns
	تیمار کادمیم	۵	۷۷۵۷۵۳۶۶۰۴ ns	۷۹۸۴۸۷۶۰۴/۳ ns
	خطا	۱۷	۴۰۵۵۵۳۸۰۷۹ ns	۸۳۴۹۸۷۲۰۰/۷ ns
فسفر (درصد)	تیمار سرب	۵	۰/۰۰۱ ns	۰/۰۰۱ **
	خطا	۱۷	۰ ns	۰ ns
	تیمار کادمیم	۵	۰ ns	۰ ns
	خطا	۱۷	۰ ns	۰ ns
سرب (میلی گرم بر کیلوگرم)	تیمار سرب	۵	۳۹۰۴۷۶/۷۸۹ **	۳۰۰۷۸/۲۷ **
	خطا	۱۷	۱۵۹۳۲/ ۱۸ ns	۳۷۷۶/۲۸ ns
	تیمار کادمیم	۵	۴۸۴۵/۵۳۱ ns	۲۹۸۵/۸۰۹ ns
	خطا	۱۷	۴۰۹۰/۲۶۷ ns	۱۴۷۹/۵۵۹ ns
کادمیم (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	تیمار سرب	۵	۱۱۶۰/۴۷ ns	۴۷۴/۲۷ ns
	خطا	۱۷	۴۱۵/۳۱۷ ns	۱۰۴۳/۷۶ ns
	تیمار کادمیم	۵	۵۲۹۰۹/۱۵ **	۴۲۹۴/۵۱۱۴ **
	خطا	۱۷	۱۰۵۸۸/۴۹ ns	۱۱۰۳/۳۰۷ ns
نیتروژن (درصد)	تیمار سرب	۵	۰/۰۱ ns	۰/۰۴۵ **
	خطا	۱۷	۰/۰۰۶ ns	۰/۰۰۷ ns
	تیمار کادمیم	۵	۰/۰۱۸ ns	۰/۰۳۷ **
	خطا	۱۷	۰/۰۱۱ ns	۰/۰۰۴ ns

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2024-11-13]

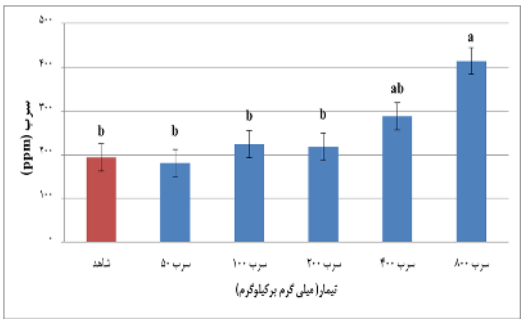
[DOR: 20.1001.1.20080891.1401.16.1.12.4]



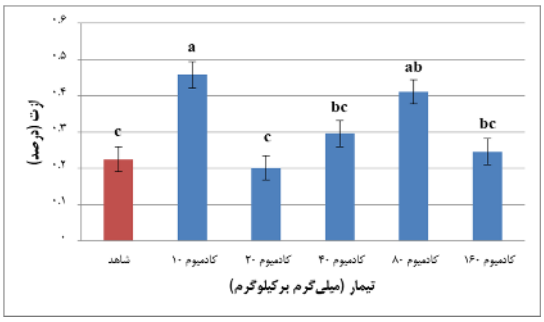
شکل ۲: مقایسه میانگین کادمیم اندام زیرزمینی گیاه تحت تاثیر غلظت‌های مختلف تیمار کادمیم



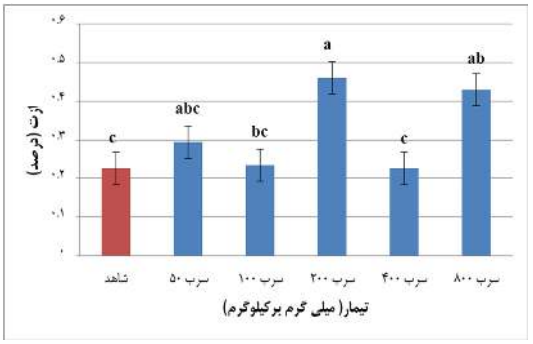
شکل ۱: مقایسه میانگین کادمیم اندام هوایی گیاه تحت تاثیر غلظت‌های مختلف تیمار کادمیم



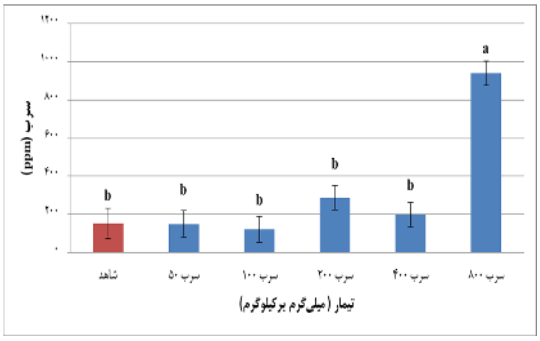
شکل ۴: مقایسه میانگین سرب اندام هوایی گیاه تحت تاثیر غلظت‌های مختلف تیمار سرب



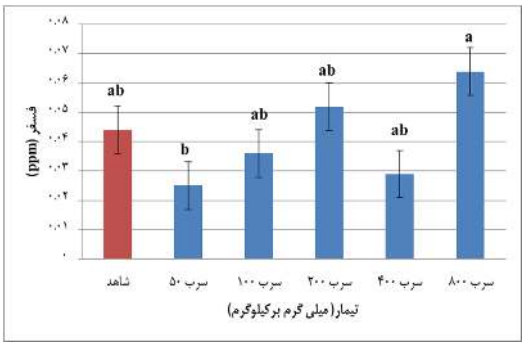
شکل ۳: مقایسه میانگین نیتروژن اندام هوایی گیاه تحت تاثیر غلظت‌های مختلف تیمار کادمیم



شکل ۶: مقایسه میانگین نیتروژن اندام هوایی گیاه تحت تاثیر غلظت‌های مختلف تیمار سرب



شکل ۵: مقایسه میانگین سرب اندام زیرزمینی گیاه تحت تاثیر غلظت‌های مختلف تیمار سرب



شکل ۷: مقایسه میانگین فسفر اندام هوایی گیاه تحت تاثیر غلظت‌های مختلف تیمار سرب

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2024-11-13]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1401.16.1.12.4]

بر اساس نتایج به دست‌آمده افزایش غلظت سرب خاک منجر به افزایش معنی‌دار آن در اندام‌های هوایی (در تیمار ۸۰۰ (ppm) با ۱۱۳/۵ درصد افزایش نسبت به شاهد) و زیرزمینی (در تیمار ۸۰۰ (ppm) با ۵۲۰ درصد افزایش نسبت به شاهد) (شکل‌های ۴ و ۵) و افزایش معنی‌دار نیتروژن و فسفر در اندام هوایی گردیده‌است. در ارتباط با افزایش معنی‌دار غلظت نیتروژن در اندام هوایی، تیمار ۲۰۰(ppm) بیشترین و ۱۰۰ (ppm) کمترین تاثیر را در افزایش معنی‌دار میزان نیتروژن داشته و تیمارهای۵۰ و ۱۰۰(ppm) حالت حدواسط را در پاسخ‌ها دارا بوده‌اند (شکل ۶). همچنین در ارتباط با افزایش معنی‌دار فسفر در اندام هوایی، مقدار این عنصر در تیمار ۸۰۰ (ppm) نسبت به ۵۰ (ppm) معنی دار شده‌است اما به طور کلی نسبت به شاهد و سایر تیمارهای سرب اثر معنی‌داری نداشته است (شکل ۷).

اثر کاربرد تیمارها بر شاخص‌های ارزیابی توانایی گیاه در فاکتور انتقال و تجمع بیولوژیکی

نتایج بررسی تیمارهای مورد مطالعه بر تجمع و انتقال کامیوم در گیاه شیرین‌بیان (*Glycyrrhiza glabra* L.) نشان داد که در همه غلظت‌های تیمارهای کادمیم (به جز غلظت ۲۰ (ppm)) مقدار TF برای فلز کادمیم کوچکتر از ۱ بوده ولی مقدار BAC و BCF بزرگتر از یک می‌باشد. بنابراین گیاه شیرین‌بیان(*Glycyrrhiza glabra* L.) می‌تواند طی عمل گیاه تثبیتی باعث جذب و استخراج فلز کادمیم شود. در مورد فلز سرب در همه غلظت‌های مختلف تیمار سرب به جز غلظت‌های ۲۰۰ و ۸۰۰ (ppm) مقدار فاکتور انتقال بزرگتر از یک می‌باشد ولی مقادیر BAC و BCF در خصوص این دو تیمار بیشتر از یک می‌باشد. بنابراین گیاه شیرین‌بیان (*Glycyrrhiza glabra* L.) دارای توانایی مناسبی در گیاه استخراجی فلز سرب و گیاه تثبیتی فلز کادمیم می‌باشد و می‌تواند به عنوان یک گونه بیش اندوزگر عمل کند (جدول ۴).

جدول ۴: شاخص‌های تجمع و انتقال برای ارزیابی توانایی گیاه پالایی گیاه شیرین بیان (*Glycyrrhiza glabra* L.)

فلز	تیمار	فاکتور انتقال (TF) فلز کادمیم	فاکتور انتقال (TF) فلز سرب	فاکتور تجمع بیولوژیکی (BCF) فلز کادمیم	فاکتور تجمع بیولوژیکی (BCF) فلز سرب	ضریب تجمع بیولوژیکی(BAC) فلز کادمیم	ضریب تجمع بیولوژیکی(BAC) فلز سرب
کادمیم	شاهد	۱/۸۲	۲/۲۴	۱۱/۳۵	۱/۴۲	۱۷/۰۳	۲/۵۵
	غلظت ۱۰ (پی پی ام)	۰/۹۱	۰/۹۹	۱۱/۲۸	۱/۶۷	۸/۱۴	۱/۵۹
	غلظت ۲۰ (پی پی ام)	۱/۰۲	۱/۷۹	۶/۶۸	۱/۲۹	۶/۲۴	۲/۲۰
	غلظت ۴۰ (پی پی ام)	۰/۶۸	۱/۸۴	۵/۴۳	۱/۳۷	۳/۳۷	۲/۳۵
	غلظت ۸۰ (پی پی ام)	۰/۸۸	۱/۱۰	۴/۱۱	۲/۳۸	۲/۴۸	۱/۹۲
	غلظت ۱۶۰ (پی پی ام)	۰/۳۹	۰/۹۸	۳/۳۹	۱/۹۱	۱/۲۳	۱/۸۱
سرب	شاهد	۱/۸۲	۲/۲۴	۱۱/۳۵	۱/۴۲	۱۷/۰۳	۲/۵۵
	غلظت ۵۰ (پی پی ام)	۱/۲۲	۱/۰۱	۱۵/۸۷	۱/۵۸	۱۹/۱۵	۱/۵۶
	غلظت ۱۰۰ (پی پی ام)	۱/۹۷	۱/۵۸	۱۱/۳۹	۱	۲۱/۹۶	۱/۵۱
	غلظت ۲۰۰ (پی پی ام)	۱/۲۳	۰/۸	۱۷/۶۰	۱/۱۷	۲۱/۵۲	۰/۹۳
	غلظت ۴۰۰ (پی پی ام)	۲/۴۳	۱/۴۶	۹/۳۹	۰/۵۸	۲۱/۲۶	۰/۸۵
	غلظت ۸۰۰ (پی پی ام)	۱/۵۴	۰/۴۹	۱۵/۴۳	۱/۴۲	۲۲/۵۵	۰/۶۵

بحث و نتیجه‌گیری

نتایج مقایسه میانگین تیمارهای سرب و کادمیم در غلظت‌های تحت بررسی نشان داد افزایش غلظت این دو عنصر در خاک اثر معنی‌داری بر میزان عناصر پتاسیم، سدیم، منیزیم، کلسیم و ماده‌آلی در اندام‌های هوایی و زیرزمینی گیاه شیرین بیان (*Glycyrrhiza glabra* L.) نداشته است. در حالی که افزایش غلظت فلز کادمیم، اثر معنی‌داری بر مقدار این فلز در اندام‌های هوایی و زیرزمنی و میزان نیتروژن در اندام هوایی داشته، همچنین افزایش غلظت سرب اثر معنی‌داری بر مقدار این فلز در در اندام‌های هوایی و زیرزمنی و میزان فسفر و نیتروژن در اندام هوایی به همراه داشته است. در همین راستا کین و همکاران

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2024-11-13]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1401.16.1.12.4]

(۲۰۰۹) در مطالعات خود گزارش دادند در غلظت‌های ۰ تا ۵ میکرو مولار کادمیوم در محلول غذایی (کشت هیدروپونیک)، افزایش غلظت کادمیوم در شاخساره و ریشه دو رقم برنج (*Oryza sativa* L.) مشاهده شد. هم چنین افزایش غلظت کادمیوم در شاخساره ذرت (*Zea mays* L.) (۵۱ و ۶۴) و ریشه و شاخساره دو رقم جو (*Hordeum vulgare* L.) (۶۵)، در اثر کاربرد سطوح مختلف کادمیوم گزارش شده است. تحقیقات نشان داده است که گیاهان فرایندهای متفاوتی از جمله جلوگیری از تجمع عناصر در گیاه، سمیت‌زدایی عناصر سمی در سلول و مقاومت سوخت و سازی نسبت به عناصر سمی برای مقابله با سمیت کادمیم دارند. (۱۲ و ۲۱). ارنست و همکاران (۱۹۹۲) سازوکار تحمل به کادمیوم در گیاهانی که دارای رشد مناسب بوده ولی مقدار تجمع کادمیم در آنها زیاد است را به کمپلکس شدن کادمیم با اسیدهای آلی و ترکیبات غیرآلی و در نتیجه جلوگیری از ورود آن به قسمت‌های حساس سوخت و ساز سلولی نسبت داده‌اند. وو و همکاران (۲۰۰۷) نشان دادند که برخی از ارقام جو (*Hordeum vulgare* L.) به سمیت کادمیم مقاوم بوده و علیرغم غلظت زیاد کادمیم در شاخساره و ریشه آنها از رشد مناسبی برخوردار بودند. کادمیم ممکن است با ایجاد تغییر در نفوذپذیری غشا، در جذب سایر عناصر غذایی نیز مشکل ایجاد کرده و منجر به تغییر غلظت عناصر در گیاهان شود (۵۸).

در ارتباط با سرب، بررسی تحقیقات مختلف نشان داد انباشت زیاد این فلز در بخش سطحی خاک و دسترسی راحت گیاهان به این فلز و جذب آن از طریق ریشـه‌ها، موجب تغییر در برخی فرایندهای متابولیک گیاه و اختلال در رشـد و نمو آنها می‌شـود (۵۰). نتایج چینو (۱۹۸۱) نیز نشان داد که غلظت ۲۰۰۰- ۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم سرب در اندام هوایی و ۳۰۰۰- ۳۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم سرب در ریشه گیاهان میتواند سمی محسوب شود. افزایش جذب سرب در قسمتهای مختلف گیاه می‌تواند به علت رقابت مستقیم بین سرب و عناصر غذایی دیگر برای نقاط یکسان جذب روی ریشه باشد. کیم و همکاران (۲۰۰۲) نشان دادند، در برنج (*Oryza sativa* L.) سرب با کاتیون‌های دو ظرفیتی برای انتقال به ریشه رقابت می‌کند. هانگ و کانینگهام (۱۹۹۶)گزارش کردند که سرب در گیاهان دولپه در ریشه ذخیره میشود، درحالیکه در تک لپه‌ای‌ها این عنصر به اندام هوایی منتقل می‌شود. استفانوف و همکاران، (۱۹۹۵) تجمع سرب را در برگ‌های اسفناج (*Spinosa oleracea*) گزارش کردند. اما، هانگ و کانینگهام (۱۹۹۶) تجمع سرب را در اندام‌های زایشی گیاهان مختلف گزارش کردند.

نتایج حاصل از این تحقیق در ارتباط با افزایش معنی‌دار جذب نیتروژن در غلظت بالای کادمیوم و افزایش معنی دار جذب نیتروژن و فسفر در غلظت بالای سرب، جز با نتایج جیانگ و همکاران (۲۰۰۴) که نشان دادند افزایش سطح کادمیم در خاک، غلظت فسفر و نیتروژن در شاخساره گیاه افزایش یافت، با نتایج سایر تحقیقات مشابه همخوانی ندارد. کادمیم به علت آسیب رسانی به جمعیت میکروبی خاک و در نتیجه اختلال در فر ایند معدنی شدن، آثار منفی بر جذب نیتروژن در گیاه دارد (۲۹).

به‌طوریکه نتایج دبی و شارما (۱۹۸۹) و شاه و دبی (۱۹۹۸) نشان دادند که جذب و سوخت و ساز عناصر غذایی ضروری مانند نیتروژن و فسفر در گیاهان تحت تأثیر شرایط تنش‌زا مانند کمبود آب، شوری و سمیت فلزات سنگین کاهش می‌یابد. برون و دایتز (۱۹۹۵) تغییری در مقدار فسفر و پتاسیم جو تحت تنش کادمیم مشاهده نکردند. ابوالکاشم و کاوایی (۲۰۰۷) بیان کردند که کادمیم و فسفر با یکدیگر بر همکنش منفی داشته و سمیت کادمیم سبب کاهش غلظت و تجمع فسفر در ریشه و شاخساره گیاهان شد. کاباتا پندیاس و پندیاس (۲۰۰۱) و گادبولد و هاترمن (۱۹۸۵) عنوان کردند که سمیت کادمیم می‌تواند سبب کاهش جذب فسفر به وسیله گیاه شود. ناروال و همکاران (۱۹۹۳) کاهش جذب عناصر نیتروژن و فسفر در ریشه ذرت را در حضور کادمیم گزارش نمودند. نتایج برخی پژوهشگران نشان می‌دهد که عناصر سمی مانند کادمیم بر فعالیت‌های میکروبی خاک تأثیر منفی داشته، سبب غیر فعال شدن آنها شده و در نهایت منجربه مختل شدن چرخه عناصر غذایی می‌شوند (۴۴ و ۵۶). دیانی و رئیسی (۱۳۸۵) کاهش معنی‌دار فعالیت آنزیم‌های فسفاتاز و اوره آز را در حضور سطوح ۵۰ تا ۲۰۰ میلی‌گرم کادمیم در کیلوگرم خاک گزارش نمودند. بر طبق گزارش آنان، کاهش فعالیت آنزیمی در خاک‌های آلوده به کادمیم سبب مختل شدن چرخه عناصر غذایی، به ویژه فسفر و نیتروژن، می‌شود.

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2024-11-13]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1401.16.1.12.4]

سینها و همکاران (۲۰۰۶)گزارش کردند که افزایش غلظت سرب خاک موجب کاهش جذب فسفر در اندام هوایی و ریشه کلم (*Brassica oleracea* L.) شد. کاهش غلظت فسفر در اندام هوایی و سنبله گندم (*Brassica oleracea* L.) نیز در اثر افزایش غلظت سرب مشاهده شد (۱۷ و ۲۶). نتایج اردکانی و همکاران (۲۰۰۹) نیز نشان داد که سرب سبب کاهش تجمع فسفر در ریشه و اندام هوایی جو(*Hordeum vulgare* L.) شد. اما نتایج چه و همکاران (۲۰۰۰) نشان داد که افزایش غلظت سرب خاک تغییری در غلظت روی برگ‌های خیار (*Cucumis sativus* L.) ایجاد نکرد، اما غلظت منگنز برگ را افزایش داد. پاگ و همکاران (۲۰۰۲) نشان دادند که در گیاه چای (*Camellia sinensis* (L.) Kuntze)) غلظت آهن، مس و روی با افزایش غلظت سرب خاک افزایش یافت. همچنین پایووک (۲۰۰۲) اظهار داشت عدم تعادل در عناصر غذایی مهم‌ترین تاثیر سرب در گیاهان محسوب می‌شود.

نتایج بررسی تیمارهای مورد مطالعه بر تجمع و انتقال کادمیم و سرب در گیاه شیرین بیان (*Glycyrrhiza glabra* L.) نشان داد این گیاه علی‌رغم جذب مقدار قابل توجهی از کادمیم و سرب و انتقال آن به بخش هوایی، قادر به رشد در محیط‌های آلوده بوده و میزان تولید توده زیستی آن در مقایسه با گیاه شاهد تفاوت معنی‌داری نداشته است. لذا می‌تواند به عنوان یک گونه بیش اندوزگر در مورد دو فلز سنگین کادمیم و سرب، به ترتیب نقش گیاه تثبیتی و گیاه استخراجی را ایفا نماید. سرمدی و همکاران (۱۳۹۰) نیز در مطالعات خود گونه شیرین بیان (*Glycyrrhiza glabra* L.) را به عنوان یک گونه بیش اندوزگر معرفی نمودند.

باتوجه به اینکه شیرین بیان (*Glycyrrhiza glabra* L.) در غلظت‌های موردبررسی در اندام هوایی از نظر نیتروژن و فسفر در تیمار سرب و نیتروژن در تیمار کادمیم معنی‌دار شده‌است به نظر می‌رسد اگر آلودگی با مقدار بالا باشد بیشترین آلودگی در اندام هوایی تثبیت می‌شود و به لحاظ استفاده گیاهی که عمدتا از ریشه است، آسیبی وارد نمی‌کند ولی در صورتی که کادمیم عامل آلوده‌کننده باشد چون ریشه عامل تثبیت‌کنندگی است استفاده مستقیم از ریشه گیاه به عنوان دارو می‌تواند خطرات سوء داشته باشد.

References

1. Abul Kashem, M. D. & S. Kawai. 2007. Alleviation of cadmium phytotoxicity by magnesium in Japanese mustard spinach. Soil Sci. Plant Nutrition, 53: 246-251.
2. Ahmadi Hosseini, M., M. Sori, N. Farhadi & R. Omidbeigi, 2014. Investigation of Morphological Diversity and Extract of Root Dryness in Different Ecotypes (*Glycyrrhiza glabra* L.) in Five Provinces of the Country. Journal of Rangeland Science, 1: 1-12. (In Persian)
3. Alhosseini, Z., Z. Jafarian, V. Roshan & G.H Ranjbar, 2018. The Effect of Water Salinity on the Quantity and Quality of Biochemical Compounds of Medicinal Herbs (*Mellissa officinallis* L). Journal of Rangeland Science, 3: 370-379. (In Persian)
4. Amani, M., R. Sotudeh-Gharebagh, N. Mostaoufi & H. Kashani, 2005. Optimal Exteraction of Glycyrrhetinic Acid from Licorice Root. Journal of Technology, 3(4): 376 - 580.
5. Ardakani, MR., S. Teimuri, M. Rezvani, H. Fathollahi, A. Khorasani, F. Rejali, A. Raza & F. Zafarian, 2009. Evaluation of mychorrhizae symbiosis efficiency with barley (*Hordeum vulgare* L.) through 32P uptake under soils contaminated with heavy metals. International Journal of Botany, 5: 236-243.
6. Asgari lajayer, H., N. Najafi & A. Moghise, 2015. Effect of soil pollution on heavy metals on the production of medicinal plants. Jornal of land Manegment, 2:111-122.
7. Awokunmi E.E., S. Asaolu, S. Ajayi & O.A. Adebayo, 2012.The role of EDTA on heavy metals phytoectraction by *jatropha gossypifolia* grown on soil collected from dumpsites in Ekiti state Nigeria. British Journal of Environment & Climate change, 2(2): 153-162.
8. Bonanno, G. & R.L. Giudice., 2010. Heavy metal bioaccumulation by the organs of *Phragmites australis* (common reed) and their potential use as contamination indicators. Ecological Indicators, 10: 639-645.
9. Bremner, J.M., 1996. Nitrogen-total. P. 1085- 1122. In Sparks, D.L. *et al*., Method of soil analysis, Published by: Soil Science Society of America, Inc. American Society of Agronomy, Inc. Madison, Wisconsin, USA.

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2024-11-13]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1401.16.1.12.4]

10. Brune, A. & K.J. Dietz., 1995. A comparative analysis of element composition of roots and leaves of barley seedlings grown in the presence of toxic cadmium, molybdenum, nickel, and zinc concentrations. Journal of Plant Nutrition, 18: 853-868.
11. Chino, M., 1981. Heavy Metal Pollution in Soils of Japan. Japan Science Press, Tokyo.
12. Cobbett, C.S., 2000. Phytochelation biosynthesis and function in heavy-metal detoxification: Current opinion. Plant Biology, 3: 211-216.
13. County, N., 2006. Influence of cadmium on growth of root vegetable and accumulation of cadmium in the edible root. International Journal of Applied Science and Engineering, 3: 243-252.
14. Cseh, E., F. Fodor, A. Varga & G. Zaray, 2000. Effect of lead treatment on the distribution of essential elements in cucumber. Journal of Plant Nutrition, 23: 1095–1105.
15. Dalvand, M., A. Hamidian, M.A Zarechahoki, B. Motesharezade, A. Mirjalili & E. Esmailzade, 2014. Investigation of Cu, Pb, Zn and Mn concentrations in Artemisia spp. In pasture near the copper mine in the province of Zarcak, Taft city, Yazd province. Journal of Rangeland Science, 3: 219-229. (In Persian)
16. Diaconu, D., R. Diaconu & T. Navrotescu, 2012. Estimation of heavy metals in medicinal plants and their infusions. Analele Universitatii" Ovidius" Constanta-Seria Chimie, 23(1):115-120.
17. Diaz-Aguilar, I., M.V. Larque-Saavedra, G. Alcantar-Gonzalez, R. Carrillo-Gonzalez & A. Vazquez-Alarcon, 2001. Alteration of some physiological processes in wheat by lead additions. Revista International de Contamination Ambiental, 17: 79–90.
18. Du Laing, G., F.M.G. Tack & M.G. Verloo, 2003. Performance of selected destruction methods for the determination of heavy metals in reed plants Phragmites australis. Analytica Chimica Acta, 49: 191–198.
19. Dubey, R.S. & K.N. Sharma., 1989. Acid and alkaline phosphatase in rice seedlings growing under salinity stress. Indian Journal of Plant Physiology, 32: 217-233.
20. Dusek, L., 1995. The effect of cadmium on the activity of nitrifying populations in two different grassland soils. Plant Soil, 177: 45-53.
21. Dyani, L. & F. Raeisi, 2006. Activity of phosphatase and urease enzymes in a soil contaminated with cadmium. Proceedings of Soil, Environment and Sustainable Development Conference,113-114. (In Persian)
22. Ebrahimpour, M. & I. Mushrifah, 2008. Heavy metal concentrations (Cd, Cu and Pb) in five aquatic plant species in TasikChini, Malaysia, Environmental Geology, 54: 689- 698.
23. EDTA & EDTA in oxidative stress reactions and mineral uptake in *Phaseolus vulgaris*. Physiology Plant, 115: 377– 384.
24. Emami. A., 1996. Plant decomposition methods. Agricultural Science Information and Documentation Center, 1:982. (In Persian)
25. Ernst, W.H.O., J.A.C. Verkleij & H. Schat, 1992. Metal tolerance in plants. Acta Bot. Neerl, 41: 229-248.
26. Geebelen, W., J. Vangronsveld, D.C. Adriano, L.C.V. Poucke & H. Clijsters, 2002. Effect of Pb-Ghazan Shahi. J. 1997. Soil and vegetation analysis. (Translated). Homa press. (In Persian)
27. Godbold, D.L. & A. Huttermann, 1985. Effect of zinc, cadmium and mercury on root elongation of *Picea abies* (Karst.) seedlings, and the significance of these metals to forest die-back. Environ. Pollut. Series A: Ecological and Biological, 38: 375-381.
28. Gupta, D.K., F.J. Corps & J.M. Palma, 2013. Heavy Metal Stress in Plants. Springer Heidelberg New York Dordrecht London. Library of Congress Control Number:2013944774. ISBN 978-3-642-38468-4 DOL 10.1007/987-3-642-38469-1.245p.
29. Hassan Dar, G. & M.M. Mishra, 1994. Influence of cadmium on carbon and nitrogen mineralization in sewage sludge amended soils. Environ. Pollut, 84: 285-290.
30. Hayashi, H., N. Hiraoka, Y. Ikeshiro, H. Yammamoto & T. Yoshikawa, 1998. Seasonal variation of glycyrrhizin and isoliquiritigenin glycosides in the root of *Glycyrrhiza glabra* L. Biological and Phamaceutical Bulletin, 21(9): 987 - 9.
31. Hernandez, L.E., A. Garate & R. Carpena-Ruiz, 1997. Effects of cadmium on the uptake, distribution and assimilation of nitrate in *Pisum sativum*. Plant Soil, 189: 97-106.
32. Huang JWS and Cunningham D, 1996. Lead phytoextraction: Species variation in lead uptake and translocation. New Phytoremediation. 134:75-84.
33. Jafari Haghighi, M., 2003. Methods of Sampling and analysis of soil physical and chemical analysis with emphasis on theory and practical importance. Press Neda Zoha, 236 p.
34. Jafari, M., M. Moameri, E. Jahantab & N. Zargham, 2017. Effects of Municipal Solid Waste Compost and Biochar on the Phytoremediation Potential of *Bromus Tomentellus* Boiss. in Greenhouse Condition. Journal of Rangeland, 11(2):194-206. (In Persian)
35. Jiang, X.J., Y.M. Luo, Q. Liu, S.L. Liu & Q.G. Zhao, 2004. Effects of cadmium on nutrient uptake and translocation by Indian Mustard. Environ. Geochem. Health, 26: 319-324.

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2024-11-13]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1401.16.1.12.4]

36. Kabata, A. & H. Pendias, 2011. Trace Metals in Soils and Plants, CRC Press, Boca Raton, Fla, USA, 2nd edition.
37. Kabata-Pendias, A., 2001. Trace Elements in Soils and Plants. CRC Press, Boca Raton, FL, pp. 413.
38. Kim, Y.Y., Y.Y. Yang & Y. Lee, 2002. Pb and Cd uptake in rice roots. Physiology Plant, 116: 368– 372.
39. Kloke, A., 1980. Richtwerte 80. Orientierungsdaten für tolerierbare Gesamtgehalte eniger Elemente in Kulturboden, Milt. VDULUFA, 2:9-11.
40. Lee, CSl., X. Li, W. Shi, S.C.N. Cheung & I. Thornton, 2006. Metal contamination in urban, suburban, and country park soils of Hong Kong: A study based on GIS and multivariate statistics. Science of the Total Environment, 356(1): 45-61.
41. Lindsay, W.L, & W.A. Norvell, 1978. Development of DTPA soil test for zinc, iron, manganese and copper. Soil Science Society of America Journal, 42: 421-428.
42. Lone, M.I., H. Li, P.J. Zhen, & X. Yang, 2008. Phytoremediation of heavy metal polluted soils and water: Progresses and perspectives. Journal of Zhejiang University Science Bulletin, 9: 210-220.
43. Lorenz, N., T. Hintemann, T. Karmarewa, A. Katayama, T. Yasuta, P. Marshner & E. Kandeler, 2006. Response of microbial activity and microbial community composition in soil to long term arsenic and cadmium exposure. Soil Biology and Biochemistry, 38: 1430-1437.
44. Naderi, M. & A.R. Danesh Shahraki, 2011. Phyto-remediation: towards to improved environment safety. Proceedings of the First National Conference of Strategic Achievement to Sustainable Aagriculture. Khouzestan Payam Nour University, 1-9 pp. (In Persian)
45. Narval, R., P.M. Singh & M. Singh, 1993. Effect of cadmium and zinc application on quality of maize. Indian Journal of Plant Physiology, 36: 170-173.
46. Nelson, B.W, & L.E. Sommers, 1986. Total carbon, organic carbon and organic matter. In: A.L. Page et al. (Ed). Methods of soil analysis, Part 2.2nd ed. Agron. Monogr. 9. ASA. Madison, WI, 539-577.
47. Paivoke, A.E.A., 2002. Soil lead alters phytase activity and mineral nutrient balance of *Pisum sativum*. Environmental and Experimental Botany, 48: 61–73.
48. Pandey, S., K. Gupta & A.K. Mukherjee, 2007. Impact of cadmium and lead on Catharanthusroseus - A phytoremediation study. Journal of Environmental Biology, 28(3): 655-662.
49. Parsa doost, F., B. Bahreini Nejad, A.K. Safari Sanjani & M.M. Kaboli, 2007. Phytoremediation of lead with native rangeland plants in Irankoh polluted soils. Pajouhesh & Sazandegi, No 75 pp: 54-63. (In Persian)
50. Perriguey, J., T. Sterckeman & J.L. Morel, 2008. Effect of rhizosphere and plant-related factors on the cadmium uptake by maize (*Zea mays* L.). Environmental and Experimental Botany, 63: 333-341.
51. Pugh, R.E., D.G. Dick & A.L. Fredeen, 2002. Heavy metal (Pb, Zn, Cd, Fe and Cu) contents of plant foliage near the Anvil Range lead/zinc mine, Faro. Yukon Territory Ecotoxicol, 55: 273–279.
52. Qin, D., M.X. Chen, R. Zhou, Z.Y. Chao, Z.W. Zhu, G.S.H. Shao & G.M. Wang, 2009. Cd toxicity and accumulation in rice plants vary with soil nitrogen status and their genotypic difference can be partly attributed to nitrogen uptake capacity, Rice Science. 16: 283-291.
53. Rayan, J., 2001. George Estefan and Abdul Rashid: Soil and Plant Analysis Laboratory Manual. Second Edition. Available from ICARDA, Aleppo, Syria.:x+172 pp.
54. Rhizophoulou, S. & S. Diamantoglon,1991. Water stress induced diurnal variatiobin in leaf water relation stomatal conductance, soluble, sugar, lipids and essential oil content of Origanum majoranol. Journal of Horticultural Sciences, 66: 119 - 25.
55. Roy, S., P. Bhattacharyya & A.K. Gosh, 2004. Influence of toxic metals on activity of acid and alkaline phosphate enzymes in metal contaminated landfill soils. Australian Journal of Soil Research, 42: 339-344.
56. Safarizadeh shirazi, S., A. Ronaghi, N. Karimian, J. Yasrebi & y. Imam, 2012. The effect of cadmium toxicity on nitrogen and phosphorus uptake and some of the vegetative characteristics of shoots of seven rice cultivars. Journal of Science and Technology of Greenhouse Culture, 9:107-117. (In Persian)
57. Sarwar, N., S.S. Saifullah Malhi, M.H. Zia, A. Naeem, S. Bibia & G. Farida, 2010. Role of mineral nutrition in minimizing cadmium accumulation by plants. Journal of the Science of Food and Agriculture, 90: 925-937.
58. Shah, K. & R.S. Dubey., 1998. Cadmium suppresses phosphate level and inhibits the activity of phosphatases in growing rice seedlings. Journal of Agronomy and Crop Science, 180: 223-231.
59. Sharma, P. & R.S.H. Dubey., 2005. Lead toxicity in plants. Plant Physiology, 17: 35-52.
60. Sinha, P., B.K. Dube, P. Sriastava & C. Chatterjee, 2006. Alteration in uptake and translocation of essential nutrients in cabbage by excess lead. Chemosphere, 65: 651–656.
61. Sposito, G., L.J. Lund & A.C. Chang, 1982. Trace metal chemistry in arid zone field soils amended with sewage sludge: i. fractionation of Ni, Cu, Zn, Cd and Pb in solid phases. Soil science Society of American Journal, 46: 260- 264.

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2024-11-13]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1401.16.1.12.4]

62. Stefanov, K.L., S.D. Pandev, K.A. Seizora, L.A Tyankova & S.S. Popov, 1995. Effect of lead on the lipid metabolism in spinach leaves and thylakoid membranes. Biology Plant, 37: 251–256.
63. Taji, H. & A. Golchin., 2011. Investigating different levels of cadmium and sulfur on yield and concentration of cadmium and some of the low levels of nutrients in maize leaves and roots (*Zea Mays* L.) in greenhouse conditions. Journal of Science and Technology of Greenhouse Culture, 4: 23-32. (In Persian)
64. Tiryakioglu, M., S. Eker, F. Ozkutlu, S. Husted & I. Cakmak, 2006. Antioxidant defense system and cadmium uptake in barley genotypes differing in cadmium tolerance. Journal of Trace Elements in Medicine and Biology, 20: 181-189.
65. Wu, F., G. Zhang, P. Dominy, H. Wu & D.M.L. Bachir, 2007. Differences in yield components and kernel Cd accumulation in response to Cd toxicity in four barley genotypes. Chemosphere, 70: 83-92.
66. Yadegari, M. & A. Karimpoor, 2010. Evaluation of some heavy metals accumulation within the soil and corps around Industrial Town of Shahr-e-Kord. Bioscience. Biotechnology Research Asia, 7: 1-12.
67. Zheljazkov, V.D., E.A. Jelizkov, N. Kovacheva & A. Dzhurmanski, 2008. Metal uptake bymedicinal plant species grown in soils contaminated by a smelter. Environmental and Experimental Botany, 64(3): 207-216.

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2024-11-13]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1401.16.1.12.4]