نشریه پژوهش‌های زعفران (دو فصلنامه)
جلد هفتم، شماره اول، بهار و تابستان ۱۳۹۸
شماره صفحه: ۱۲-۱
http://dx.doi.org/10.22077/jsr.2018.1762.1068

مقاله پژوهشی:

ارزیابی آلودگی به فلزات سنگین سرب، کروم و کادمیوم تحت تأثیر نوع کاربری در خاک و گیاه زعفران (مطالعه موردی: فردوس)

نرگس صادق[۱]، محمد رضا رضائی[۲*] و محمد حسین صیادی[۳]
۱- دانشجوی کارشناسی‌ارشد گروه محیط زیست دانشکده منابع طبیعی دانشگاه بیرجند
۲- دانشیار گروه محیط زیست دانشکده منابع طبیعی دانشگاه بیرجند
۳- دانشیار گروه محیط زیست دانشکده منابع طبیعی دانشگاه بیرجند
*نویسنده مسئول: Email: mrrezaei@birjand.ac.ir

تاریخ دریافت: ۹۷/۰۵/۰۲؛ تاریخ پذیرش: ۹۷/۰۷/۲۵

چکیده

افزایش غلظت فلزات سنگین نظیر سرب، کروم، کادمیوم در آب، خاک و هوا می‌تواند به دلیل تأثیر منفی بر کل بوم‌نظام بروز اثرات زیانباری برای سلامت موجودات زنده را به دنبال داشته باشد. مهم‌ترین منبع این آلودگی‌ها مصرف کودها و آفت‌کش‌های شیمیایی می‌باشند. این آزمایش به منظور بررسی آلودگی به فلزات سنگین شامل سرب، کروم و کادمیوم در خاک و اندام‌های هوایی گیاه زعفران، در مزارع شهر فردوس در قالب طرح کاملاً تصادفی در پائیز سال ۱۳۹۶ انجام شد. خاک و گیاه از چهار ایستگاه مختلف (نزدیک مناطق مسکونی، داخل مناطق مسکونی، نزدیک جاده و بدون کاربری خاص) با سه تکرار نمونه‌برداری انجام شد. لازم به ذکر است از هر ایستگاه پنج نمونه برداشت و با هم مخلوط گردید تا نمونه شاخص ایستگاه حاصل شود. نمونه‌برداری از خاک در دو عمق ۳۰-۰ و ۶۰-۳۰ سانتی‌متری و نمونه‌برداری از اندام‌های هوایی گیاه از سه اندام گلبرگ، پرچم و سبزه پیاز به صورت تصادفی انجام شد. در مجموع، ۲۴ نمونه خاک و ۳۶ نمونه از اندام‌های مختلف گیاه تهیه و به آزمایشگاه منتقل شد. پس از آماده‌سازی نمونه‌ها، هضم اسیدی با دستگاه جذب اتمی صورت گرفت. نتایج نشان داد که بیشترین میانگین غلظت فلزات سنگین در خاک به ترتیب برای کروم (۸/۰۳±۸۰/۶۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم)، سرب (۳/۱۹±۴۲/۳۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم) و کادمیوم (۰/۱۴±۰/۹۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) بدست آمد. بین اندام‌های هوایی گیاه زعفران برای کروم و سرب تفاوت معنی‌داری وجود نداشت ($P\geq0.05$). در حالی‌که برای کادمیوم تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد وجود داشت که بیشترین مربوط به پرچم ۱/۰۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود. بیشترین میزان کروم، سرب و کادمیوم در مناطق خارج مسکونی و کمترین مقدار کروم، سرب و کادمیوم در مناطق نزدیک جاده بود. آزمون همبستگی نشان داد که همبستگی معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد بین غلظت کروم در عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری با کروم۶۰-۳۰ سانتی‌متری (۰/۵۲۰) وجود دارد؛ در حالی‌که رابطه بین کروم در خاک به عمق ۳۰-۰ سانتی‌متر و سرب در عمق ۶۰-۳۰ سانتی‌متر معنی‌دار منفی در سطح احتمال پنج درصد بود (۰/۰۳۷۶-). در کل، می‌توان نتیجه گرفت که فعالیت‌های انسانی از جمله مصرف نهاده‌های شیمیایی در مزارع زعفران سبب افزایش غلظت فلزات سنگین در خاک و اندام هوایی گیاه شده است.

واژه‌های کلیدی: جذب اتمی، هضم اسیدی، نهاده شیمیایی

مقدمه

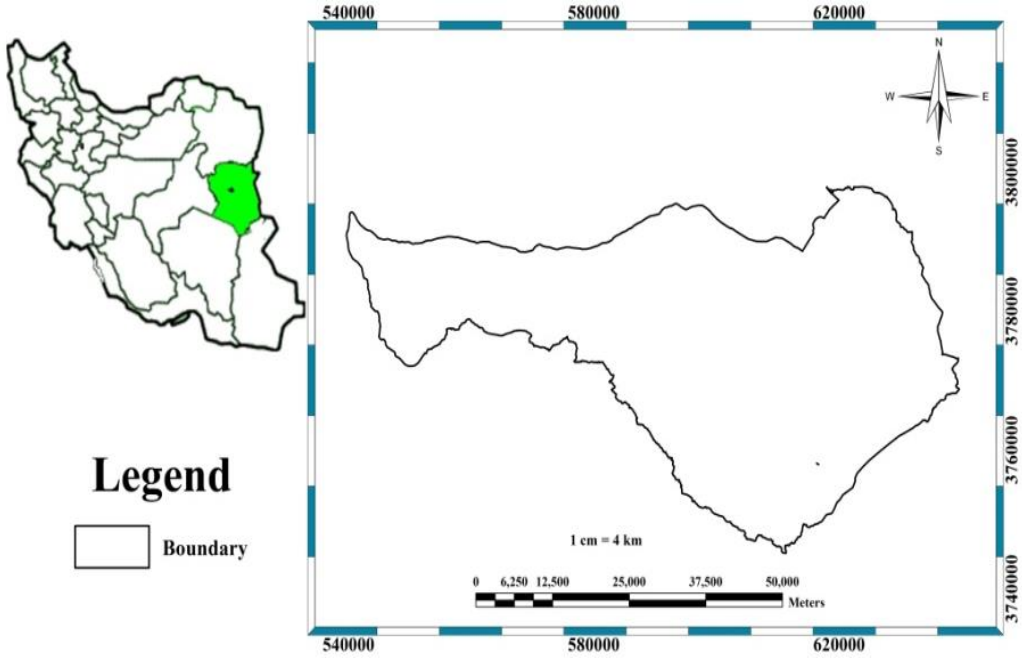
زعفران گیاه چندساله‌ای است که به خانواده زنبق تعلق دارد. این گیاه به عنوان یکی از گونه‌های گران قیمت ادویه-ای مطرح بوده و در صنایع دارویی کاربردهای فراوانی دارد (Behdani, 2005). زعفران به عنوان یکی از کارآمدترین گیاهان زراعی از لحاظ مصرف آب در جهان شناخته شده است و از نظر عناصر غذایی، گیاهی کم‌توقع می‌باشد (Kafi et al., 2001). این گیاه در یونان، ایتالیا، اسپانیا، هند، مراکش و آذربایجان نیز کشت می‌شود. این محصول در مناطقی از ایران که زمستان‌ها سرد و تابستان‌های گرم دارند، رشد می‌کند (Koocheki et al., 2006).

در بسیاری از مناطق، ورودی عناصر سنگین با دخالت انسان به خاک، بسیار بیشتر از ورودی آن‌ها به طور طبیعی است (Liu et al., 2005). فعالیت‌های کشاورزی مانند استفاده از کمپوست زباله‌شهری، لجن فاضلاب و فعالیت‌های شهری، کودهای صنعتی و شیمیایی از مهمترین منابع غیرطبیعی ورود فلزات سنگین به خاک به شمار می‌روند (Doelsch et al., 2006). عوامل متفاوت زیادی می‌توانند صفات فیزیولوژیک و عملکرد گیاهان را تحت تأثیر قرار دهند که ازجمله آن‌ها می‌توان به حضور فلزات سنگین در خاک مزرعه اشاره کرد (Behdani et al., 2015). فلزات سنگین از آلاینده‌های زیست محیطی هستند که به مقدار کم در طبیعت وجود دارند و در غلظت‌های متفاوت برای انسان و سایر موجودات زنده سمی می‌باشند. این فلزات ماندگاری بالایی در خاک دارند(Gallego et al., 1996). فلزات سنگین ضروری و غیرضروری، هر دو، در سطح بالای سمیت می‌توانند باعث آسیب رساندن به غشا سلولی، تغییر ویژگی آنزیم، مختل کردن وظایف سلول و آسیب رساندن به ساختمان DNA شوند (Bruins et al., 2000). از معروف‌ترین فلزات سنگین می‌توان به کادمیوم، کروم، کبالت، سرب، مس، آهن، جیوه، منگنز، مولیبدن، نیکل و نقره اشاره کرد. حضور فلزات سنگین در منطقه ریزوسفر و ورود آن‌ها به گیاه باعث کاهش رشد شده و متابولیسم سلولی را بر هم می‌زند بنابراین بر فرآیندهای مهمی مانند انتقال آب، فسفریلاسیون اکسیداتیو میتوکندری، فتوسنتز و مقدار کلروفیل اثر منفی می‌گذارد (Vitorio et al., 2006). آلودگی فلزات سنگین در خاک‌های کشاورزی ممکن است منجر به ایجاد بی‌نظمی در ساختار خاک، آسیب به رشد گیاه و حتی آسیب به سلامت انسان از طریق ورود به زنجیره غذایی‌گردد (Lee et al., 2006). عوامل زیادی مانند اقلیم، بافت خاک، زمان، تراکم و عمق کاشت، آبیاری و نوع تغذیه در دستیابی به کمیت و کیفیت بهینه بنه و عملکرد اقتصادی زعفران نقش بسزایی دارند (Shahroodi, 2007). خصوصیات فیزیکی خاک، به دلیل نقش مهمی که در حمایت از رشد گیاه دارد، حائز اهمیت می‌باشد. این خصوصیات، تعیین‌کننده چگونگی اثر متقابل گیاه با خاک، جذب آب و مواد غذایی، نفوذ ریشه‌ها، دمای خاک و فعالیت میکروارگانیسم‌های خاکزی می‌باشد. از میان خصوصیات فیزیکی، بافت خاک بر ویژگی‌های مهمی نظیر رشد گیاه، توسعه اندام‌های زیرزمینی به ویژه در گیاهان پیازی و نفوذ و نگهداری آب در خاک تأثیر بسزایی دارد. خاک‌های با ساختمان متوسط و کم و بیش نفوذپذیر، به عنوان بهترین خاک برای کاشت زعفران توصیه شده‌اند (Gresta et al., 2008). بررسی تأثیر کودها و آفت‌کش‌های شیمیایی بر زعفران، نشان داد که با کاربرد آن‌ها عملکرد کمی و کیفی زعفران افزایش می‌یابد (Omidi et al., 2009) و این در حالی است که مقادیر زیادی فلزات سنگین به خاک منطقه اضافه می‌کنند. اگر چه فلزات به طور طبیعی در سنگ‌ها و خاک‌ها وجود دارند، اما نسبت ورود فلزات به سیستم خاک به طور مداوم از طریق فعالیت‌های انسانی در طول دهه گذشته افزایش یافته است. تعیین فلزات سنگین نمونه‌های خاک و گیاه در کنترل آلودگی محیطی بسیار اهمیت دارد. تجمع فلزات سنگین در خاک می‌تواند باعث کاهش عملکرد خاک و بهره‌وری آن شود. آلودگی خاک می‌تواند پیامدهایی همچون سمیت گیاهان در غلظت بالا و در نتیجه انتقال فلزات سنگین به رژیم غذایی انسان از طریق جذب توسط محصول داشته باشد. تحقیقات در رابطه با تعیین غلظت عناصر سنگین کبالت، کادمیم و کروم در خاک مزارع زعفران خراسان جنوبی، نشان داد که با افزایش سن مزرعه زعفران، غلظت عناصر فوق افزایش معنی‌داری داشته است (Behdani et al., 2015).

هدف از این تحقیق بررسی آلودگی به فلزات سنگین سرب، کروم و کادمیوم تحت تأثیر نوع کاربری در خاک و گیاه زعفران در مزارع فردوس بود.

مواد و روش‌ها

استان‌های خراسان رضوی و جنوبی، بیشترین سهم تولید زعفران در کشور را دارند (Ahmadi et al., 2018). سطح زیر کشت این گیاه در ایران در سال۱۳۹۶ بالغ بر ۹۶ هزار هکتار بوده است که ۱۵۰۱۴ هکتار آن به استان خراسان جنوبی اختصاص داشت (Razavi Khorasan Agricultural Organization, 2017). شهرستان فردوس، یکی از قطب‌های تولید زعفران در خراسان جنوبی است. میزان تولید زعفران خشک این شهرستان در سال ۱۳۹۶، ۱۱ تن بوده است. سطح زیر کشت زعفران در شهرستان فردوس، ۳۱۵۰ هکتار است (Razavi Khorasan Agricultural Organization, 2017). شکل ۱ موقعیت جغرافیایی شهرستان فردوس را نشان می‌دهد.



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی شهرستان فردوس

Fig. 1. Geographical location of the city of Ferdows

نمونه‌برداری از خاک و گیاه زعفران از چهار ایستگاه مختلف شامل مزارع نزدیک جاده، مزارع نزدیک مناطق مسکونی، مزارع داخل مناطق مسکونی و مزارع بدون کاربری خاص که بر اساس نوع کاربری بر آلودگی مزارع انتخاب شده تأثیرگذارند، انجام شد. نمونه‌برداری از خاک در نقاط متفاوت هر ایستگاه به صورت سطحی و عمقی در دو عمق ۳۰-۰ و ۶۰-۳۰ سانتی‌متر و نمونه‌برداری از اندام‌های هوایی گیاه مورد نظر از گلبرگ، پرچم و سبزه به صورت تصادفی با سه تکرار انجام شد. نمونه‌برداری در پاییز سال ۱۳۹۶ صورت گرفت و از هر ایستگاه برای هر قسمت پنج نمونه از محل‌های مختلف در همان کاربری برداشت و با هم مخلوط گردید. برای تعیین غلظت کل فلزات سنگین در خاک (هضم اسیدی) نمونه‌های خاک هوا خشک شده بعد در آون با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت قرار داده شد. برای تعیین میزان غلظت فلزات سنگین یک گرم از خاک کوبیده و الک شده برداشته و در ارلن ریخته سپس ۱۶ سی‌سی اسید (ترکیب چهار سی‌سی اسید نیتریک ۶۵ درصد و ۱۲ سی‌سی اسید کلریدریک ۳۷ درصد) به هر یک از ارلن‌ها اضافه شد، ارلن‌ها به مدت ۷-۶ ساعت بر روی حمام شن با دمای ۱۰۰ درجه سانتی گراد قرار داده شد تا هضم اسیدی صورت گیرد. بعد از زمان لازم، به هر یک از از ارلن‌ها چهار سی‌سی اسید پرکلریک ۷۲-۷۰ درصد اضافه شد بعد از تبخیر سه سی‌سی اسید، نمونه‌ها را از روی حمام شن برداشته شد و با آب مقطر به حجم ۵۰ سی‌سی رسانده شد و با استفاده از قیف پلاستیکی و کاغذ صافی، نمونه‌ها صاف گردید. سپس نمونه‌ها برای قرائت دستگاه جذب اتمی آماده شد. برای تعیین غلظت فلزات سنگین در اندام‌های مختلف هوایی گیاه، نمونه‌ها برای خشک شدن به مدت ۴۸

ساعت در آون با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد قرارگرفتند سپس نمونه‌ها به وسیله آون چینی کوبیده و آسیاب شدند تا بهتر بتوانند در اسید حل شوند برای هضم نمونه، ۱ گرم از نمونه در ارلن مایر قرار داده شد به منظور هضم شیمیایی نمونه‌ها از اسیدنیتریک (HNO_3)۶۵ درصد و اسیدپرکلریک ۷۲-۷۰ درصد به نسبت ۵ به ۱/۵ استفاده شد، نمونه‌ها روی حمام شن با دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد قرارگرفتند و حرارت دادن، تا زمانی که رنگ نمونه شفاف شد ادامه پیدا کرد پس از هضم نمونه‌ها در هوای محیط قرار گرفتند تا سرد شوند سپس نمونه‌ها، با آب دوبار تقطیر به حجم ۵۰ سی‌سی رسیدند و با استفاده از کاغذ صافی، صاف شدند و در نهایت نمونه‌ها برای قرائت دستگاه جذب اتمی مدل $ConterAA_{700}$ آماده شدند (Method7000, 1983). داده‌های حاصل در نرم‌افزار اکسل ذخیره شد و برای تجزیه آماری داده‌ها، از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۳ استفاده شد.

نتایج و بحث

جدول ۱ آمار توصیفی برای میزان غلظت فلزات سنگین در خاک را نشان می‌دهد. بطوری‌که بیشترین میزان میانگین غلظت کروم در خاک (۸۰/۶۴±۸/۰۳ میلی‌گرم در کیلوگرم)، سرب (۴۲/۳۶±۳/۱۹ میلی‌گرم در کیلوگرم) و سپس در کادمیوم (۰/۹۰±۰/۱۴ میلی‌گرم در کیلوگرم) بوده است. غلظت سرب، مس و کادمیوم خاک عمدتاً به وسیله فعالیت‌های بشری کنترل می‌شود و ارتباط کمتری بین غلظت آن‌ها با سایر خصوصیات خاک وجود داشت (Mico et al., 2006). سرب معمولاً از فعالیت‌های معدن کاری، ذوب فلزات، سیستم فاضلاب، و دود خودروها ناشی از سوختن بنزین به محیط زیست اضافه می‌شوند. استفاده از کود وسموم کشاورزی نیز سبب افزایش سرب به خاک می‌شوند (Patel et al., 2006). منابع عمده کروم توسط انسان کارخانجات نساجی، دباغی، داروها و فلزات می‌باشد. رنگدانه‌های حاوی کروم، ترکیبات نفتی، روغن، گریس نیز حاوی مقداری کروم هستند که در صورت استفاده وارد محیط زیست می‌شود (Kumar et al., 2006). خاک اطراف مناطق مسکونی، جاده حاوی مقدار قابل توجهی عنصر کروم است که این نتایج توسط محققین دیگری نیز به دست آمده است (Sayadi et al., 2009). کادمیوم از کاخانجات تولید باطری، رنگدانه، پلاستیک، سرامیک، شیشه و مواد آبکاری وارد محیط زیست می‌شود. همچنین استفاده از کودهای شیمیایی به خصوص کودهای فسفره منبع اصلی ورود کادمیوم به محیط زیست محسوب می‌شود (Gowd et al., 2008).

جدول ۱. آمار توصیفی کلی برای میزان غلظت فلزات سنگین در خاک (میلی‌گرم بر کیلوگرم)
Table 1. General descriptive statistics for the amount metals in the soil ($mg.kg^{-1}$)

فلزات سنگین Heavy metals	حداقل Minimum	حداکثر Maximum	میانگین Mean	انحراف معیار Std. deviation
کروم Cr	62.25	93.30	80.64	8.03
سرب Pb	35.50	47.48	42.36	3.19
کادمیوم Cd	0.68	1.30	0.90	0.14

طبق جدول ۲ بیشترین میزان کروم به ترتیب در خاک مناطق خارج مسکونی (۸۶/۶۲±۳/۹۱)> داخل مناطق مسکونی (۸۲/۷۰ ± ۵/۶۰)> مناطق بدون کاربری خاص (۸۱/۴۵±۳/۶۹) مناطق نزدیک جاده (۷۱/۸۰ ± ۹/۹۶) است. همچنین بیشترین میزان سرب در مناطق خارج مسکونی (۴۴/۱۸ ±۲/۴۰)> مناطق نزدیک جاده (۴۳/۸۲±۱/۳۱)> مناطق داخل مسکونی (۴۱/۵۲±۴/۱۵)> مناطق بدون کاربری خاص (۳۹/۹۰±۲/۷۶) است. بیشترین میزان کادمیوم در مناطق داخل مسکونی (۰/۹۹±۰/۱۲)> خارج مناطق مسکونی (۰/۹۳±۰/۱۸)> مناطق بدون کاربری خاص (۰/۸۴±۰/۱۱)> از مناطق نزدیک جاده (۰/۸۳ ±۰/۱۰) مشاهده می‌شود.

جدول ۲. آنالیز آماری غلظت کل فلزات سنگین (میلی‌گرم بر کیلوگرم) در خاک در بین کاربری‌های مختلف

Table 2. Statistical analysis of the concentration of heavy metals ($mg.kg^{-1}$) in the soil among different land use

کاربری‌های زمین Land uses	فلزات سنگین Heavy metals	حداقل Minimum	حداکثر Maximum	میانگین Mean	انحراف معیار Std. deviation
بدون کاربری No user	کروم Cr	76.35	85.65	81.45	3.69
	سرب Pb	35.50	43.39	39.90	2.76
	کادمیوم Cd	0.73	0.98	0.84	0.11
جاده Road	کروم Cr	62.25	84.35	71.80	9.69
	سرب Pb	41.60	44.70	43.82	1.31
	کادمیوم Cd	0.68	0.98	0.83	0.10
داخل مناطق مسکونی Inside residential areas	کروم Cr	75.10	86.70	82.70	5.60
	سرب Pb	35.80	47.48	41.52	4.15
	کادمیوم Cd	0.82	1.20	0.99	0.12
خارج مناطق مسکونی Out of residential areas	کروم Cr	81.35	93.30	86.62	3.91
	سرب Pb	41.80	47.00	44.18	2.40
	کادمیوم Cd	0.80	1.30	0.93	0.18

طبق جدول ۳ بیشترین میانگین غلظت فلزات در عمق ۳۰-۰ سانتی‌متر ابتدا برای کروم (۹/۵۳± ۷۷/۷۴) سپس در سرب (۳/۳۶± ۴۲/۹۱) و سپس در کادمیوم (۰/۱۰± ۰/۸۷) می‌باشد و همچنین میانگین غلظت در عمق ۶۰-۳۰ در کروم (۵/۰۸± ۸۳/۵۵)> از سرب (۳/۰۶± ۴۱/۸۱)> از کادمیوم (۰/۱۷ ±۰/۹۲) می‌باشد. تحقیقی نشان داد که در بین کاربری‌های مختلف زمین کاربری مسکونی- جاده بیشترین نرخ انباشت سرب، کادمیوم، کروم و مس را بخود اختصاص داده است و کاربری دامپروری بیشترین نرخ انباشت روی و نیکل را دارد، اگر چه کاربری مسکونی- جاده نیز میزان قابل توجهی از انباشت این عناصر را دارند. مهمترین راه‌های ورود عناصر سنگین در خاک از فعالیت‌های انسانی در اثر پدیده مدرنیزه شدن و شهرنشینی ناشی می‌شود. با توجه به اینکه متوسط غلظت عنصر کادمیوم و همچنین غلظت این عنصر در اکثر ایستگاه‌ها بیشتر از حد آستانه است به راحتی وارد زنجیره غذایی انسان می‌شود خصوصاً آنکه منطقه مورد مطالعه بیشتر کاربری کشاورزی و دامپروری دارد که با انتقال محصولات و تولیدات این ناحیه به سایر نقاط نیز سبب ایجاد انواع بیماری‌ها و حتی بیماری‌های مرگبار می‌شود (Sayadi et al., 2015).

جدول ۳. آنالیز آماری غلظت فلزات سنگین (میلی‌گرم بر کیلوگرم) در دو عمق ۳۰-۰ و ۶۰-۳۰ سانتی‌متر

Table 3. Statistical analysis of the total concentration of heavy metals ($mg.kg^{-1}$) in the soil at depths of 0-30and30-60

عمق خاک Soil depth (cm)	فلزات سنگین Heavy metals	حداقل Minimum	حداکثر Maximum	میانگین Mean	انحراف معیار Std. deviation
0-30	کروم Cr	62.25	86.85	77.74	9.53
	سرب Pb	35.80	47.48	42.91	3.36
	کادمیوم Cd	0.68	1.04	0.87	0.10
30-60	کروم Cr	75.10	93.30	83.55	5.08
	سرب Pb	35.50	47.00	41.81	3.06
	کادمیوم Cd	0.73	1.30	0.92	0.17

با توجه به جدول ۴، رابطه بین کروم در خاک با عمق ۳۰-۰ سانتی‌متر و سرب در عمق ۶۰-۳۰ سانتی‌متر یک رابطه معنی‌دار منفی در سطح ۰/۰۵ وجود دارد (۰/۰۳۷۶-). همچنین یک رابطه معنی‌داری در سطح ۰/۰۵ برای کروم به عمق ۶۰-۳۰ سانتی‌متر با کادمیوم در خاک به عمق ۳۰-۰ سانتی‌متر وجود دارد (۰/۳۸۲). در بین سرب در خاک به عمق ۳۰-۰ سانتی‌متر تنها با کادمیوم با عمق ۶۰-۳۰ سانتی‌متر رابطه معنی‌داری در سطح ۰/۰۱ وجود دارد (۰/۴۵۳). برای سرب در خاک ۶۰-۳۰ سانتی‌متر رابطه منفی معنی‌داری در سطح ۰/۰۱ با کادمیوم در عمق ۳۰-۰ سانتی‌متر وجود دارد (۰/۵۰۱-).

جدول ۴. ضریب همبستگی غلظت فلزات سنگین در مزرعه زعفران در دو عمق خاک (۳۰-۰ و ۶۰-۳۰ سانتی متر)

Table 4. Correlation coefficient of heavy metals concentration in saffron field under two soil depths (0-30 and 30-60 cm)

	کروم Cr		سرب Pb		کادمیوم Cd	
عمق خاک Soil depth (cm)	0-30	30-60	0-30	30-60	0-30	30-60
	کروم+خاک سطحی Cr+ surface soil	کروم+خاک عمقی Cr+ depth soil	سرب+خاک سطحی Pb+ surface soil	سرب+خاک عمقی Pb+ depth soil	کادمیوم+ خاک سطحی Cd+ surface soil	کادمیوم+ خاک عمقی Cd+ depth soil
کروم+خاک سطحی Cr+ surface soil	1					
کروم+خاک عمقی Cr+ depth soil	0.520**	1				
سرب+خاک سطحی Pb+ surface soil	0.034	0.441**	1			
سرب+خاک عمقی Pb+ depth soil	-0.376*	0.128	-0.023	1		

جدول ۴. ادامه
Table 4. Continued

کادمیوم+ خاک سطحی Cd+ surface soil	0.741**	0.382*	-0.093	-0.501**	1	
کادمیوم+ خاک عمقی Cd+ depth soil	0.211	0.427**	0.453**	0.067	-0.041	1

نتایج آنالیز آماری غلظت کل فلزات سنگین در اندام هوایی گیاه در جدول ۵ ارایه شده است.

نتایج نشان می‌دهد که بین اندام‌های مختلف گیاه زعفران برای کروم وسرب تفاوت معنی‌داری وجود ندارد (P>0.05). در حالی‌که برای کادمیوم تفاوت معنی‌داری وجود دارد (P≤0.05). در اندام‌های مختلف گیاه زعفران بین پرچم و سبزه برای کادمیوم تفاوت معنی‌داری در سطح ۰/۰۵ وجود دارد (P≤0.05) و بقیه اندام گیاه زعفران هیچ تفاوت معنی‌داری در غلظت فلزات سنگین وجود ندارد (P>0.05).

جدول ۵. آنالیز آماری غلظت کل فلزات سنگین (میلی‌گرم بر کیلوگرم) در بین اندام‌های مختلف گیاه زعفران
Table 5. Statistical analysis of heavy metal concentration ($mg.kg^{-1}$) in different part of saffron plant

فلزات سنگین Heavy metals		درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean of square	شاخص فیشر Fisher index	سطح معنی‌داری Significant level
کروم Cr	بین گروه‌ها Between groups	2	38.418	0.372	0.692
	درون گروه‌ها Within Groups	33	103.266		
سرب Pb	بین گروه‌ها Between groups	2	9.582	0.490	0.617
	درون گروه‌ها Within Groups	33	19.541		
کادمیوم Cd	بین گروه‌ها Between groups	2	0.102	5.968	0.006
	درون گروه‌ها Within Groups	33	0.017		

طبق جدول ۶ مقدار کروم در پرچم (۸/۳۶ ± ۶۲/۴۰) (میلی‌گرم برکیلوگرم) بیش از سایر اندام‌های گلبرگ (۱۲/۴۶±۶۱/۸۱) (میلی‌گرم بر کیلوگرم) و سبزه (۹/۱۸±۵۹/۰۴) (میلی‌گرم برکیلوگرم) بوده است و مقدار سرب در گلبرگ (۵/۷۱±۲۷/۲۰) (میلی‌گرم برکیلوگرم) دارای بیشترین مقدار نسبت به پرچم (۲/۸۲±۲۶/۲۹) (میلی‌گرم برکیلوگرم) و سبزه (۴/۲۴ ± ۲۵/۴۱) (میلی‌گرم برکیلوگرم) می‌باشد و همچنین مقدار کادمیوم در پرچم (۰/۱۲±۰/۸۶) (میلی‌گرم برکیلوگرم) بیشتر از اندام‌های گلبرگ (۰/۱۵±۰/۷۸) (میلی‌گرم برکیلوگرم) و سبزه (۰/۱±۰/۶۸) (میلی‌گرم برکیلوگرم) می‌باشد. در بررسی غلظت فلزات سنگین در ده نوع سبزی که با مخلوطی از پساب‌های صنعتی آبیاری می‌شدند به این نتیجه رسیدند که گونه اسفناج از قابلیت بالایی در تجمع و جابجایی فلزات کروم و کادمیوم در اندام‌های هوایی برخوردار است (Tiwari et al., 2011). طی یک تحقیق در اراضی کشاورزی که به طور متوالی با لجن فاضلاب تیمار شده بودند، به این نتیجه رسیدند که غلظت کادمیوم در اندام هوایی کاهو با مصرف لجن فاضلاب افزایش معنی‌دار داشته است و بین غلظت کادمیوم در کاهو با غلظت این عنصر در خاک همبستگی بالایی وجود دارد. نتایج این تحقیق نشان داد ۱۵ سال پس از مصرف لجن فاضلاب، دستیابی زیستی نسبی کادمیوم اضافه شده به خاک در اثر مصرف لجن بیش از سایر فلزات سنگین خاک است (Sloan et al., 1999).

جدول ۶. آنالیز آماری غلظت فلزات سنگین (میلی‌گرم برکیلوگرم) در بین اندام‌های مختلف گیاه زعفران (گلبرگ، پرچم و سبزه)

Table 6. Statistical analysis of heavy metal concentration (mg.kg^{-1}) in different part of saffron plant (such as petal, stamen and leaf)

اندام‌های گیاه Plant tissues	فلزات سنگین Heavy metals	حداقل Minimum	حداکثر Maximum	میانگین Mean	انحراف معیار Std. deviation
گلبرگ Petal	کروم Cr	42.12	76.80	61.81	12.46
	سرب Pb	18.92	37.24	27.20	5.71
	کادمیوم Cd	0.52	1.01	0.78	0.15
پرچم Stamen	کروم Cr	47.72	70.20	62.40	8.36
	سرب Pb	19.80	30.60	26.29	2.82
	کادمیوم Cd	0.72	1.08	0.86	0.12
برگ Leaf	کروم Cr	41.70	74.80	59.04	9.18
	سرب Pb	15.97	30.39	25.41	4.24
	کادمیوم Cd	0.55	0.85	0.68	0.10

طبق جدول ۷ بیشترین مقدار میانگین کروم به ترتیب در کاربری‌های خارج از مناطق مسکونی (۷/۳۹ ±۶۷/۵۵)> داخل مناطق مسکونی (۶/۷۶± ۶۶/۳۴)> مناطق بدون کاربری خاص (۵/۵۸±۶۲/۶۴)> مناطق‌نزدیک جاده (۴/۹۶±۴۷/۸۰) مشاهده شد و همچنین بیشترین میزان میانگین سرب به ترتیب مربوط به مناطق خارج مسکونی (۳/۳۵±۲۹/۹۶/۶۴)> داخل مناطق مسکونی (۲/۶۱±۲۶/۶۸)> بدون کاربری خاص (۲/۰۹±۲۷/۸۱)> جاده (۲/۸۰ ± ۲۰/۷۴) است. برای عنصر کادمیوم بیشترین مقدار میانگین به ترتیب برای بدون کاربری خاص (۰/۱۰±۰/۸۵)> مناطق داخل مسکونی (۰/۰۸±۰/۸۴)> مناطق خارج مسکونی (۰/۱۹±۰/۷۸)> جاده (۰/۰۹±۰/۶۴) حاصل شد. بررسی فلزات سنگین کادمیوم و سرب در سبزی‌های خوراکی کشت شده در اراضی مختلف جنوب تهران به این نتیجه رسیدند که بیشترین مقدار سرب و کادمیوم در سبزی تره دیده می‌شود. آن‌ها وجود مقادیر متفاوت و بیشتر از حد مجاز این دو عنصر را در سبزی‌های مربوط به عوامل محیطی مختلف از جمله آب آلوده در کشاورزی بیان کردند (Givianrad et al., 2011). در تحقیق دیگری بر روی اثر کاربری اراضی بر آلودگی خاک نشان داد که بیشترین غلظت سرب مربوط به ایستگاه با کاربری مسکونی- جاده است و بیشترین میزان غلظت روی مربوط به ایستگاه با کاربری دامپروری است و بیشترین میزان غلظت کادمیوم مربوط به ایستگاه با کاربری مسکونی- جاده است (Sayadi & Rezaei, 2014). بیشترین میزان کروم، سرب و کادمیوم در مناطق خارج مسکونی و کمترین مقدار کروم، سرب و کادمیوم در مناطق نزدیک جاده بوده است.

جدول ۷. آنالیز آماری غلظت کل فلزات سنگین (میلی‌گرم بر کیلوگرم) در اندام‌های هوایی گیاه در بین کاربری-های مختلف

Table 7. Statistical analysis of the total concentration of heavy metals ($mg.kg^{-1}$) in areal part of plant among different land use

کاربری‌های زمین Land uses	فلزات سنگین Heavy metals	حداقل Minimum	حداکثر Maximum	میانگین Mean	انحراف معیار Std. deviation
بدون کاربری خاص No user	کروم Cr	53.00	69.90	62.64	5.58
	سرب Pb	25.13	30.39	27.81	2.09
	کادمیوم Cd	0.74	1.01	0.85	0.10
جاده Road	کروم Cr	41.70	54.80	47.80	4.96
	سرب Pb	15.97	25.08	20.74	2.80
	کادمیوم Cd	0.52	0.80	0.64	0.09
داخل مناطق مسکونی Inside residential areas	کروم Cr	55.30	74.80	66.34	6.76
	سرب Pb	23.16	32.19	26.68	2.61
	کادمیوم Cd	0.76	1.00	0.84	0.08
خارج مناطق مسکونی Out of residential areas	کروم Cr	57.75	76.80	67.55	7.39
	سرب Pb	26.71	37.24	29.96	3.35
	کادمیوم Cd	0.57	1.08	0.78	0.19

بررسی و تعیین مقدار عناصر کم مصرف (منگنز، آهن و روی) و عناصر سنگین (کبالت، کادمیم و کروم) موجود در خاک مزارع زعفران استان خراسان جنوبی نشان دادند که با افزایش سن مزرعه زعفران غلظت روی در خاک کاهش و غلظت عناصر سنگین شامل کبالت، کروم و کادمیوم افزایش یافت (Behdani et al., 2015). میزان جذب فلزات سنگین در غلظت‌های مختلف در خاک تحت کشت زعفران متفاوت بود، به گونه‌ای که با افزایش غلظت فلزات سنگین در خاک میزان جذب آن افزایش نشان داد. بررسی تجمع کادمیوم در اندام‌های خوراکی شش سبزی (شامل تره فرنگی چینی، کلم چینی، هویج، تربچه، گوجه‌فرنگی و خیار) در شرایط گلدانی و مزرعه‌ای نشان داد که غلظت کادمیوم در گیاهان با افزایش غلظت این عنصر در خاک افزایش نشان داد (Yang et al., 2008).

نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد که مقدار کروم به ترتیب در کاربری‌های خارج از مناطق مسکونی> داخل مناطق مسکونی >مناطق بدون کاربری خاص> مناطق‌نزدیک جاده بوده است و همچنین میزان سرب در مناطق خارج مسکونی> جاده > بدون کاربری خاص> مناطق داخل مسکونی> مناطق خارج مسکونی> جاده می‌باشد که نشان دهنده غلظت فلزات سنگین درگیاه زعفران به طور معنی‌داری تحت تأثیر غلظت فلزات سنگین درخاک و نوع کاربری مزارع می‌باشد. به طور کلی، می‌توان نتیجه گرفت که فعالیت‌های انسانی در منطقه سبب آلوده شدن مزارع کشاورزی شده و محصول زعفران را که مصرف خوراکی دارد را در حال آلوده شدن می‌باشد.

منابع

Ahmadee, M., Khashei, A., Sayyari, M.H., and Kardan, H., 2018. Effects of types and amounts of zeolite on some chemical characteristics of soil under saffron cultivation. J. Saffron Res. 6(1), 1-15. [in Persian with English Summary].

Behdani, M.A., 2005. Ecological zonation and monitoring yield variations saffron in Khorasan. Ph.D. thesis. Department of Agronomy. Ferdowsi University of Mashhad, Iran. [in Persian with English Summary].

Behdani, M.A., Jami Al-Ahmadi, M., Fallahi, H.R., 2015a. Biomass partitioning during the life cycle of saffron (*Crocus sativus* L.) using regression models. J. Crop Sci. Biotechnol. 19(1), 71-76. [in Persian with English Summary].

Behdani, M.A., Sayari Zahan, M.H., Allahresani, A., and Nakhaee, A., 2015. Investigating and determining the amount of low-level elements (manganese, iron and zinc) and heavy metals (cobalt, cadmium and chromium) on saffron fields (*Crocus sativus* L.) in South Khorasan province. J. Agroecol. 6(4), 891-904. [in Persian with English Summary].

Bruins, M.R., Kapil, S., and Oehme, F.W., 2000. Microbial resistance to metals in the environment. Ecotoxicol. Environ. Saf. 45(3), 198-207.

Dœlsch, E., Deroche, B., and Van de Kerchove, V., 2006. Impact of sewage sludge spreading on heavy metal speciation in tropical soils (Réunion, Indian Ocean). Chemosphere. 65(2), 286-293.

Gallego, S.M., Benavides, M.P., and Tomaro, M.L., 1996. Effect of heavy metal ion excess on sunflower leaves: Evidence for involvement of oxidative stress. Plant Sci. 121(2), 151-159.

Givianrad, M.H., Sadeghi, T., Larijani, K., and Hosseini, S.E., 2011. Determination of cadmium and lead in lettuce, mint and leek ultivated in different sites of Southern Tehran. J. Food Technol. Nutr. 8(2), 38-43. [in Persian with English Summary].

Gowd, S.S., Reddy, M.R., and Govil, P.K., 2008. Assessment of heavy metal contamination in soils at Jajmau (Kanpur) and Unnao industrial areas of the Ganga Plain, Uttar Pradesh, India. J. Hazard. Mater. 174, 113-121.

Gresta, F., Lombardo, G.M., Siracusa, L., and Ruberto, G., 2008. Saffron, an alternative crop for sustainable agricultural systems. A review. Agron. Sustain. Dev. 28(1), 95-112.

Kafi, M., Rashed Mohassel, M., Koocheki, A., and Mollafilabi, A., 2001. Saffron Production and Processing Technology. Zaban va Adab Publication,Iran. [in Persian].

Koocheki, A., Behdani, M.A., and Nassiri, M., 2006. Agronomic attributes of saffron yield at agro ecosystems scale in Iran. J. Applied Hort. 8(2), 121-124.

Kumar, R., Singh, V., Devi, K., Sharma, M., Singh, M.K., and Ahuja, P.S., 2006. State of art of saffron (*Crocus sativus* L.) agronomy: A comprehensive review. Food Rev. Int. 25, 44-85.

Lee, C.S.L., Li, X., Shi, W., Cheung, S.C.N., and Thornton, I., 2006. Metal contamination in urban, suburban, and country park soils of Hong Kong: a study based on GIS and multivariate statistics. Sci. Total Environ. 356(1-3), 45-61.

Liu, W.H., Zhao, J.Z., Ouyang, Z.Y., Söderlund, L., and Liu, G.H., 2005. Impacts of sewage irrigation on heavy metal distribution and contamination in Beijing, China. Environ. Int. 31(6), 805-812.

Method 7000., 1983. U.S. Environment protection Agency, Methods for chemical Analysis of water and waste, EPA. 600.4-79-0201.

Micó, C., Recatalá, L., Peris, M., and Sánchez, J., 2006. Assessing heavy metal sources in agricultural soils of a European Mediterranean area by multivariate analysis. Chemosphere. 65(5), 863-872.

Omidi, H., Naghdibadi, H., Gazad, A., Torabi, H., and Fotokian, M., 2009. Effect of chemical and organic fertilizer on quantitative and quality saffron (*Crocus sativus* L.). J. Medic. Plant. 30, 98-109. [in Persian with English Summary].

Patel, K., Ambade, B., Sharma, S., and Sahu, D., 2006. Lead environmental pollution in central India. New Trends Technol. 4, 65-76.

Razavi Khorasan Regional Water Company., 2008. Available at http://www.khrw.ir

Sayadi, M.H., and Rezaei, M.R., 2014. Impact of land use on the distribution of toxic

metals in surface soils in Birjand city, Iran. Proceedings of the International Academy of Ecology and Environmental Sciences. 4, 18-29.

Sayadi, M.H., Sayyed, M.R.G., and Shabani, N., 2009. Quantification of heavy metal pollutants in the surface soils of Chitgar industrial area Tehran, Iran with spatial references to their spatial pattern. Pollut. Res. 28, 345-351.

Sayadi, M.H., Shabani, M., and Ahmadpour, N., 2015. Pollution index and ecological risk of heavy metals in the surface soils of Amir-Abad Area in Birjand City, Iran. Health Scope. 4(1), e21137.

Shahroodi, A., Ahmadi, A., and Chizari, M., 2007. Structures affect the yield and quality of saffron: Case study: Torbat Haydarieh city. Iran. Agric. Ext. Educ. J. 3, 143-157. [in Persian with English Summary].

Sloan, J.J., Dowdy, R.H., Dolan, M.S., and Linden, D.R., 1999. Long-term effects of biosolids applications on heavy metal bioavailability in agricultural soils. J. Environ. Qual. 26(4), 966-974.

Tiwari, K.K., Singh, N.K., Patel, M.P., Tiwari, M.R., and Rai, U.N., 2011. Metal contamination of soil and translocation in vegetables growing under industrial wastewater irrigated agricultural field of Vadodara, Gujarat, India. Ecotoxicol. Environ. Saf. 74(6), 1670-1677.

Vitória, A.P., Da Cunha, M., and Azevedo, R.A., 2006. Ultrastructural changes of radish leaf exposed to cadmium. Environ. Exp. Bot. 58(1-3), 47-52.

Yang, Y., Zhang, F.S., Li, H.F., and Jiang, R.F., 2008. Accumulation of cadmium in the edible parts of six vegetable species grown in Cd-contaminated soils. J. Environ. Manage. 90(2), 1117-1122.

Journal of Saffron Research (semi-annual)

Vol.7, No.1, Spring & Summer, 2019

p. 1-12

http://dx.doi.org/10.22077/jsr.2018.1762.1068

University of Birjand

Original Article:

Investigation of Heavy Metals Pollution Lead, Chromium and Cadmium under Different Land Use at Soil and Saffron Plant (Case Study: Ferdows)

Narges Sadegh[1], Mohammad Reza Rezaei[2*] and Mohammad Hossein Sayadi[3]

1- MSc Student, Department of Environmental Sciences, University of Birjand, Iran

2- Associate Professor, Department of Environmental Sciences, University of Birjand, Iran

3- Associate Professor, Department of Environmental Sciences, University of Birjand, Iran

*Corresponding author E-mail: mrrezaei@birjand.ac.ir

Received 24 July 2018; Accepted 17 October 2018

Abstract

Increasing the concentration of different heavy metals, such as lead, chromium and cadmium in water, soil and air can pose negative effects on the entire ecosystem and cause harmful health consequences for all forms of life. The major sources of the pollution are chemical fertilizers and pesticides. In order to investigate the contamination of heavy metals such as lead (Pb), chromium (Cr) and cadmium (Cd) in soil and areal tissues of saffron plant in Ferdows farms, a completely randomized design was used in autumn 2016. Firstly, the sampling of soil and plants from 4 different stations was done (nearby residential areas, residential areas, near the road and without specific use) with three replications. It should be noted that from each station 5 subsamples were taken and then mixed. Soil sampling was done at 0-30 and 30-60 cm depths, and the sampling of the plant was randomly taken from three tissues of petals, stamens and leaves. A total of 24 soil samples and 36 samples from different tissues of saffron plant were transferred to the laboratory. After preparation of the samples, acid digestion was performed for measured by the atomic absorption system. The results showed that the highest mean of the heavy metals concentrations in the soil were for Cr (80.64 ± 8.03 $mg.kg^{-1}$), Pb (42.36 ± 3.19 $mg.kg^{-1}$) and then Cd (0.9±0.14 $mg.kg^{-1}$). The significant difference between the different tissues of the saffron plant for Cr and copper (P_{value} >0.05) were not observed, however, there was a significant difference for Cd at 5% level that the highest concentration was for stamens 1.08 $mg.kg^{-1}$. The highest levels of Cr, Pb and the roads observed Cd in the out of residential areas and the lowest amount of Cr, Pb and Cd were observed by the roads. The results of correlation test showed that the significant correlation between the levels of Cr concentration at 0-30 depth with Cr 30-60 depth (0.520) while the relationship between Cr in the soil at the depth of 0-30 and Pb in the depth of 30-60 cm has a negative significant correlation (-0.0376) at the level of 0.05. It can be concluded that human activities such as consumption of chemical fertilizers and pesticides in saffron fields cause increase the heavy metal concentrations in soil and aerial tissues of saffron plant.

Keywords: Acid digestion, Atomic absorption, Chemical input