محور مقاله: آلودگی خاک و آب و سلامت محصولات کشاورزی

ارزیابی درجه آلودگی و فاکتور انتقال کادمیوم به گندم در خاک‌های آلوده به کادمیوم

بهناز آتش‌پز[۱*]، سالار رضاپور[۲]

[۱] دانشجوی دکتری گروه علوم خاک دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

[۲] دانشیار گروه علوم خاک دانشگاه ارومیه

چکیده

تجمع عناصر سنگین در خاک‌های کشاورزی تحت آبیاری با فاضلاب ممکن است باعث انتقال آن‌ها به زنجیره غذایی و تهدید سلامت انسان شود. در این تحقیق تجمع پتانسیل ریسک سلامت کادمیوم در سیستم خاک – گیاه گندم اراضی تحت آبیاری با فاضلاب و شاهد مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که آبیاری با فاضلاب هر دو شکل قابل استفاده و کل کادمیوم را در دامنه ۲ تا ۴ برابر افزایش داده است. در همه سایت‌های تحت آبیاری با فاضلاب مقدار کادمیوم تقریبا دو برابر حداکثر قابل قبول آن بود. فاکتور تلغیظ زیستی (BCF) و فاکتور انتقال (CF) نشان داد که کادمیوم به‌طور قابل توجهی در ریشه تجمع یافته است (BCF، ۲/۲ تا ۳/۵). اما انتقال آن از ریشه به ساقه و دانه (CF، ۰/۵ تا ۰/۸ و TF، ۰/۰۷ تا ۰/۰۶۱) به مقدار کمتری انجام شده است. بنابراین با توجه به این که کادمیوم بیشترین تاثیر را در ایجاد کلاس شاخص‌های آلودگی خاک داشته است، بایستی برای جلوگیری از تخریب سیستم خاک و گیاه این منطقه راهکارهای مدیریتی برای کاهش دامنه آلودگی این عنصر در نظر گرفته شود.

کلمات کلیدی: فاضلاب تصفیه شده، تجمع کادمیوم ، فاکتور غلظت زیستی، عملکرد دانه

مقدمه

کادمیوم یکی از سمی‌ترین عناصر است و اثرات بسیار نامطلوبی بر فعالیت‌های بیولوژیکی خاک، متابولیسم گیاهان و سلامت انسان و حیوانات دارد. این عنصر از ۳ منشا لیتوژنیک، پدوژنیک و آنتروپدوژنیک وارد خاک می‌شود که شکل لیتوژنیک آن مستقیما از سنگ مادر نشات می‌گیرد، پدوژنیک در اثر فرایندهای خاکسازی در افق‌های مختلف خاک توزیع می‌شود و آنتروپدوژنیک در اثر عملکرد و فعالیت‌های مدیریتی انسان وارد خاک می‌شود (Montagne et al., 2007). به‌طور معمول در بین منشاهای سه‌گانه ذکر شده، منشا سوم (آنتروپدوژنیک) می‌تواند باعث تجمع کادمیوم در دامنه آلایندگی و خطرآفرین شود. مهم‌ترین فرایندهای آنتروپدوژنیکی که از طریق آن‌ها کادمیوم وارد خاک می‌شود، عبارتند از: مصرف کودهای شیمیایی و اصلاح‌کننده‌های خاک، آبیاری با فاضلاب و آب‌های آلوده، مصرف سموم شیمیایی، وسایل نقلیه و ریزش‌های اتمسفری هستند (kelepertizis, 2014). کادمیوم خاک از نظر زیستی و ترمودینامیکی تجزیه‌ناپذیر است و به شدت در محیط‌زیست ماندگار می‌باشد (Rezapour and Samadi, 2011). از طرفی دیگر خاک نیز دارای ظرفیت محدودی برای نگهداری این عنصر است و چنانچه این ظرفیت کامل شود، کادمیوم می‌تواند جذب گیاهان و یا وارد منابع آب‌های طبیعی شود و نهایتا آلودگی زنجیره خاک –گیاه – حیوان - انسان را در پی داشته باشد (Rezapour et al., 2017).[۱] با وجودیکه کادمیوم یک عنصر غیرضروری برای گیاهان است اما به‌طور موثری به‌وسیله دو سیستم ریشه و برگ گیاهان جذب می‌شود و در دامنه بالایی در ارگانیسم‌های خاک نیز تجمع می‌یابد (Kabata-Pendias and Mukherjee, 2007). در فرایند جذب و انتقال کادمیوم توسط گیاهان مختلف هر دوی فاکتورهای خاکی و گیاهی دخالت دارند. از جمله مهم‌ترین این عوامل می‌توان به خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک (مانند بافت خاک، pH، مواد آلی و آهک خاک)، گونه گیاهی و اثرات متقابل کادمیوم با سایر عناصر در داخل بخش‌های مختلف گیاه اشاره کرد. از طرفی رشد گیاهان در اراضی آلوده به کادمیوم نیز می‌تواند باعث تجمع این عنصر در بافت‌های رشد کرده گیاه شده و به دنبال آن باعث ایجاد یک‌سری مشکلات برای فرایندهای فیزیولوژیکی طبیعی گیاه مانند: فتوسنتز، تنفس، جذب و انتقال آب و مواد غذایی مورد نیاز گیاه شود. به‌عنوان مثال کادمیوم می‌تواند باعث کاهش فعالیت‌های آنزیمی، کاهش نفوذپذیری دیواره‌های سلولی، کلروز برگ‌ها و تجمع ترکیبات متابولیکی نامتعرف در گیاهان شود. با این وجود تحقیقات کمی در مورد نقل و انتقال کادمیوم از خاک به گیاه در اراضی آلوده به کادمیوم در اثر آبیاری یا فاضلاب در خاک‌های آهکی انجام شده است. لذا تحقیق حاضر با هدف ارزیابی درجه آلودگی و فاکتور انتقال کادمیوم به گندم در خاک‌های آلوده به کادمیوم صورت گرفت.

*ایمیل نویسنده مسئول: atashpazb@gmail.com

مواد و روش‌ها

این پژوهش در منطقه دشت ارومیه واقع در بین ۴۵ درجه و ۱۵ دقیقه تا ۴۵ درجه و صفر دقیقه طول و ۳۷ درجه و ۴۵ دقیقه تا ۳۷ درجه و ۳۰ دقیقه عرض جغرافیایی روستای قهرمانلو استان آذربایجان‌غربی انجام شده است. در عملیات میدانی شش سایت جهت برداشت نمونه‌های خاک (پنج سایت در اراضی آبیاری شده با فاضلاب و یک سایت در اراضی تحت آبیاری با آب چاه به عنوان شاهد) درنظرگرفته شد. هر سایت به‌عنوان یک نقطه مرکزی نمونه‌برداری در نظر گرفته شد و از فاصله ۱۰ – ۱۵ متری آن در هریک از جهت‌های شمالی-جنوبی و شرقی-غربی این نقطه مرکزی نمونه‌های مرکب خاک تهیه شد. در سه مقطع زمانی در طول فصل زراعی (قبل کاشت یا مرحله آماده‌سازی زمین، مرحله رشد رویشی و مرحله قبل از رسیدن محصول) از آب فاضلاب تصفیه‌شده نمونه‌برداری انجام شد. همچنین قبل برداشت محصول، تعداد ۱۵ تا ۲۰ نمونه گیاه گندم به طور تصادفی در هر یک از اراضی تحت آبیاری با فاضلاب تصفیه شده جمع‌آوری و به آزمایشگاه منتقل شدند. نمونه‌های خاک پس از آماده‌سازی در آزمایشگاه (هوا خشک شدن و عبور از الک دو میلی‌متری) به منظور تعیین شکل‌های کل و قابل استفاده کادمیوم به ترتیب از روش هضم در اسید نیتریک غلیظ (Dahnke and Journal, 1990) و DTPA (دی‌اتیلن تری‌آمین پنتا استیک اسید) (Lindsay and Norvell, 1978) استفاده شد. در بخش‌های مختلف نمونه‌های گیاه گندم (ریشه، ساقه و دانه) نیز مقدار کادمیوم با استفاده از HCL ۲ مولار استخراج (Imami, 1996) شد و غلظت این عنصر در تمامی نمونه‌های آب، خاک و گیاه توسط دستگاه جذب اتمی مدل شیمادزو اندازه‌گیری شد. کلیه آزمایش‌های مربوط به خاک، آب و گیاه در سه تکرار انجام شدند و سپس با استفاده از نرم‌افزار Excel داده‌ها دسته‌بندی، جداول و نمودارهای هر کدام ترسیم و با کمک نسخه ۱۹ نرم‌افزار SPSS روابط بین متغیرها بررسی گردید.

شاخص‌های آلودگی خاک

برای بررسی تاثیر آبیاری بر دامنه آلودگی عناصر سنگین بعضی شاخص‌های آلایندگی مربوط به آن‌ها به شرح زیر محاسبه شد.

۱- فاکتور آلودگی (Cf):

فاکتور آلودگی یک شاخص ساده‌ای است که برای ارزیابی آلودگی فلزات سنگین استفاده می‌شود. Cf رابطه بین یک عنصر در سایت نمونه‌برداری و سایت شاهد است (معادله ۱) که اطلاعاتی در مورد غلظت فلزات سنگین در مناطق مورد مطالعه و شاهد می‌دهد (Qingjie et al., 2008).

$$Cf = \frac{C_i}{C_b}$$ معادله (۱)

که Cf فاکتور آلودگی، C_i غلظت فلز سنگین در خاک‌های تحت آبیاری با فاضلاب تصفیه شده و C_b غلظت فلز سنگین در خاک شاهد است. چهار کلاس برای توصیف سطح آلودگی، فاکتور آلودگی تعریف شده است که Cf <۱ آلودگی کم، ۱≥ Cf <۳ آلودگی متوسط، ۳≥ Cf <۶ آلودگی نسبتا زیاد و Cf ≥ ۶ آلودگی زیاد می‌باشد (Qingjie et al., 2008).

۲- شاخص آلودگی (PI):

شاخص آلودگی در خاک‌های تحت آبیاری با فاضلاب تصفیه با استفاده از معادله‌های ۲ محاسبه شد.

$$PI = \sqrt{\frac{(Cf_{average})^2 + (Cf_{max})^2}{2}}$$ معادله (۲)

دامنه تغییرات و کلاس بندی شاخص PI در جدول ۱ ارائه شده است (Brady et al., 2015).

جدول ۱- دامنه تغییرات و کلاس‌های تعریف شده برای شاخص آلودگی (PI)

Pollution level	Class	PI
Unpolluted	0	PI < 0.7
Slightly polluted	1	0.7 < PI < 1
Moderately polluted	2	1 < PI < 2
Moderately-heavily polluted	3	-
Severely polluted	4	2 < PI <3
Heavily polluted	5	PI > 3
Extremely polluted	6	-

به‌منظور بررسی قابلیت انتقال عنصر کادمیوم از خاک به گیاه، دو شاخص فاکتور غلظت (BCF)، (معادله ۳) و فاکتورهای انتقال (TF)، (معادله های ۴ و ۵) با استفاده از روابط زیر محاسبه شدند (Kalavrouziotis et al., 2012).

معادله (۳) $BCF=\frac{C_{root}}{C_{soil}}$

که C_{root} و C_{soil} به‌ترتیب غلظت عنصر کادمیوم در ریشه گیاه گندم و خاک تحت آبیاری با فاضلاب هستند.

معادله (۴) فاکتور انتقال کادمیوم از ریشه به دانه گندم $TF=\frac{C_{grain}}{C_{root}}$

معادله (۵) فاکتور انتقال کادمیوم از ریشه به ساقه گندم $TF=\frac{C_{shoot}}{C_{root}}$

که C_{grain} و C_{shoot} نیز به‌ترتیب غلظت عنصر کادمیوم در دانه و ساقه گیاه گندم هستند.

بحث و نتایج

کادمیوم خاک

DTPA عنصر

غلظت شکل‌های قابل استفاده و کل عنصر کادمیوم در جدول ۴ نشان داده شده است. غلظت شکل قابل استفاده کادمیوم در خاک‌های تحت آبیاری با فاضلاب در دامنه ۰/۳۵ تا ۰/۶۵ و میانگین ۰/۵ قرار داشت. با این وجود مقدار این عنصر تنها در سایت‌های خاک ۲ و ۳ بیشتر از مقدار قابل قبول شکل قابل استفاده کادمیوم بود. این بدین معنی است که در ایت‌های خاک ۲ و ۳ ممکن است کادمیوم در دامنه سمیت در گیاهان زراعی تجمع یابد. آبیاری با فاضلاب مقدار کادمیوم قابل استفاده را در دامنه ۵۴ تا ۱۲۵ درصد افزایش داده است و این افزایش در سایت‌های مختلف به صورت توالی سایت خاک ۲> سایت خاک ۳> سایت خاک ۴> سایت خاک ۵> سایت خاک ۱ بود. این توالی نشان می‌دهد که عکس العمل سایت‌های مختلف در مقابل آبیاری با فاضلاب متفاوت بوده است که علت آن احتمالا مربوط به خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آن‌هاست.

شکل کل عنصر

غلظت کادمیوم کل در خاک‌های تحت آبیاری با فاضلاب در دامنه ۹/۵ تا ۱۱/۹ میلی‌گرم در کیلوگرم قرار داشت و میانگین آن نیز ۱۱/۰۱ میلی‌گرم در کیلوگرم بود. این داده‌ها چندین برابر حد قابل قبول کادمیوم کل (۵ میلی‌گرم در کیلوگرم) است که نشان می‌دهد این خاک‌ها به شدت به‌وسیله کادمیوم آلوده شده‌اند. و ممکن است سلامت تولیدات کشاورزی را تحت تاثیر قرار دهند. در مقایسه با خاک‌های شاهد، آبیاری با فاضلاب مقدار کادمیوم کل خاک را به نسبت ۲ تا ۳ برابر افزایش داده است و این افزایش در خاک‌های مناطق مختلف به‌صورت خاک سایت ۲> خاک سایت ۱> خاک سایت ۴> خاک سایت ۳> خاک سایت ۵ بود. در واقع رفتار افزایشی کادمیوم کل در سایت‌های مختلف خاک متفاوت بود. که این می‌تواند ناشی از سمیت و کیفیت فاضلاب مصرفی و اثرات متقابل فاضلاب و خاک‌های دریافت‌کننده آن‌ها باشد. افزایش معنی‌دار کادمیوم در اثر آبیاری با فاضلاب در مطالعات و تحقیقات گذشته نیز در سایر نقاط جهان گزارش شده است (Farahat and Linderholm, 2015).

نسبت شکل قابل استفاده کادمیوم به شکل کل آن در دامنه ۳/۳٪ تا ۶/۶٪ قرار داشت و میانگین آن نیز ۴/۵۷٪ بود که این داده‌ها مقداری کمتر از آن‌هایست که به‌وسیله سایر محققان گزارش شده است. میانگین این نسبت در خاک شاهد ۸/۸٪ بود که نشان می‌دهد عملیات آبیاری با فاضلاب به‌طور قابل توجهی نسبت فوق را کاهش داده است. این نسبت که بیانگر پتانسیل سمیت و تحرک عناصر نیز است در سایت‌های مختلف خاک به صورت توالی خاک سایت ۵< خاک سایت ۴< خاک سایت ۱< خاک سایت ۳< خاک سایت ۲ است. این توالی نشان می‌دهد که تحرک کادمیوم در خاک‌های سایت ۲ بیشتر از سایر سایت‌های خاک است جائیکه مقدار رس، اکسیدهای فلزی و کانی‌های انبساط‌پذیر آن کمتر بود (داده‌ها نشان داده نشدند). به علت این‌که این ترکیبات می‌توانند باعث نگهداری این عنصر شوند. رضاپور و همکاران در مطالعات مختلف نشان دادند که مقدار رس، تیپ کانی‌های رسی و اکسیدهای آهن و منگنز تاثیرات قابل توجهی در جذب و نگهداری عناصر سنگین دارند.

جدول ۴- اثرات آبیاری با فاضلاب تصفیه‌شده بر غلظت شکل‌های قابل استفاده و کل عنصر کادمیوم

عنصر سنگین کادمیوم	خاک منطقه ۱		درصد تغییرات	استاندارد	
	خاک آبیاری شده با فاضلاب	خاک آبیاری شده با آب چاه		داخلی (۱۳)	خارجی (۱۰)
DTPA – Cd (mg kg^{-1})	0.44 ± 0.10	0.285 ± 0.04	54.4*	0.5	0.2 – 0.6
Total – Cd (mg kg^{-1})	10.62 ± 1.53	2.8 ± 1.52	279.3***	5	3
	خاک منطقه ۲				
DTPA – Cd (mg kg^{-1})	0.63 ± 0.13	0.28 ± 0.034	125***	0.5	0.2 – 0.6
Total – Cd (mg kg^{-1})	9.63 ± 1.7	2.81 ± 1.56	242.7***	5	3
	خاک منطقه ۳				
DTPA – Cd (mg kg^{-1})	0.615 ± 0.15	0.28 ± 0.03	119***	0.5	0.2 – 0.6
Total – Cd (mg kg^{-1})	11.68 ± 0.92	2.85 ± 1.56	309.8***	5	3
	خاک منطقه ۴				
DTPA – Cd (mg kg^{-1})	0.42 ± 0.045	0.21 ± 0.017	100**	0.5	0.2 – 0.6
Total – Cd (mg kg^{-1})	11.65 ± 2.09	2.9 ± 1.45	301.7***	5	3
	خاک منطقه ۵				
DTPA – Cd (mg kg^{-1})	0.39 ± 0.045	0.21 ± 0.017	85.7**	0.5	0.2 – 0.6
Total – Cd (mg kg^{-1})	11.8 ± 2.65	2.9 ± 1.45	306.9***	5	3

*، ** و *** به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد، ۱ درصد و ۰/۱ درصد می‌باشند.

ارزیابی شاخص‌های آلودگی خاک

برای ارزیابی دامنه آلودگی کادمیوم سایت‌های مختلف خاک تحت تاثیر آبیاری با فاضلاب، فاکتور آلودگی (CF) و شاخص آلودگی (PI) این عنصر محاسبه شد. فاکتور آلودگی یک دامنه ۳/۱۸ تا ۴/۶۵ با میانگین ۳/۹ را نشان داد و در سایت‌های مختلف نیز میانگین این شاخص به صورت توالی خاک سایت ۲< خاک سایت ۱< خاک سایت ۴< خاک سایت ۵< خاک سایت ۳ بود. این داده‌ها نشان می‌دهد که همه خاک‌های این مطالعه از لحاظ شاخص فوق در کلاس آلودگی نسبتا زیاد ($۳ \leq CF < ۶$) قرار می‌گیرند.

شاخص آلودگی (PI) در دامنه ۳/۵ تا ۴/۳ قرار داشت و میانگین آن نیز ۴/۰۵ بود که نشان می‌دهد همه خاک‌های مورد مطالعه در کلاس آلودگی شدید (PI >۳) قرار دارند. در سایت‌های مختلف خاک نیز تغییرات PI به صورت توالی خاک سایت ۲> خاک سایت ۱> خاک سایت ۴> خاک سایت ۵> خاک سایت ۳> بود که مشابه با توالی تعیین شده برای CF می‌باشد. بنابراین با در نظر گرفتن دو شاخص فوق خاک سایت ۳ آلوده‌ترین خاک این مطالعه است یعنی خاکی که بعد از آبیاری با فاضلاب بیشترین درصد تجمع کادمیوم در مقایسه با خاک شاهد در آن اتفاق افتاده بود.

کادمیوم در گیاه گندم

غلظت کادمیوم در بخش‌های مختلف نمونه‌های گیاه گندم و شاخص‌های BCF و TF در جدول ۵ نشان داده شده است. غلظت کادمیوم در نمونه‌های ریشه در دامنه ۰/۲۳ تا ۳/۳ میلی‌گرم در کیلوگرم و میانگین ۱/۳۷ میلی‌گرم در کیلوگرم قرار داشت. مقادیر BCF نیز در دامنه ۲/۲ تا ۳/۵ و میانگین ۲/۹ قرار داشتند، نشان می‌دهد که احتمالا کادمیوم به‌طور قابل توجهی در بخش ریشه تجمع یافته است. این نتایج قابل مقایسه هستند با داده‌های گزارش شده توسط Liu و همکاران (۲۰۰۹) و Aydin و همکاران (۲۰۱۵)، محققانی که مقادیر BCF>۱ را برای کادمیوم در گندم رشد یافته در خاک‌های تحت آبیاری فاضلاب مشاهده کردند. اما Ran و همکاران (۲۰۱۶) و Chen و همکاران (۲۰۱۶) یافته‌های متفاوتی (BCF<۱) با مشاهدات تحقیق حاضر ثبت کردند. براساس منابع معتبر (Kabata-Pendias and Mukherjee, 2007) در خاک‌های آهکی و قلیایی (مانند خاک‌های این مطالعه) تشکیل یون‌های کمپلکس کادمیوم مانند $CdHCO_3^+$، $CdCL^+$، $CdOH^+$، $Cd(OH)_3^-$ و $Cd(OH)_4^{-2}$ که به‌راحتی جذب ریشه گیاهان می‌شوند، بسیار محتمل است. بنابراین حضور یون‌های فوق به‌همراه شکل Cd-DTPA در خاک‌های این مطالعه احتمالا دلیل اصلی برای افزایش مقدار BCF کادمیوم تجمع یافته در ریشه گندم این خاک‌ها است.

غلظت کادمیوم در نمونه‌های ساقه گندم در دامنه ۰/۱۴ تا ۰/۲۳ میلی‌گرم در کیلوگرم ۰/۲ میلی‌گرم در کیلوگرم بود که این غلظت‌ها بسیار کمتر از مقدار آن‌ها در ریشه هستند. این بدان معنی است که گیاه گندم این مطالعه توانایی کمی برای انتقال کادمیوم از ریشه به ساقه دارد و این خصوصیت ارزشمندی در سلامتی گندم است.

غلظت کادمیوم در نمونه‌های دانه گندم نیز در دامنه ۰/۱۱ تا ۰/۴۲ میلی‌گرم در کیلوگرم و میانگین ۰/۲۹ میلی‌گرم در کیلوگرم مشاهده شد. در اکثر نمونه‌ها غلظت‌های فوق در دامنه حداکثر قابل قبول تعیین شده توسط FAO و WHO (۲۰۱۴) هستند. بنابراین مصرف گندم اکثر بخش‌های این مطالعه احتمالا نمی‌توانند تهدیدی برای سلامت ساکنان محلی این منطقه ایجاد کند. مقادیر TFShoot/Root (حداقل ۰/۰۷، میانگین ۰/۱۵ و حداکثر ۰/۶۱) و TFGrain/Root (حداقل ۰/۴۹، میانگین ۰/۶۴ و حداکثر ۰/۷۹)) در نمونه‌های گندم کمتر بودند که قابل مقایسه هستند با یافته‌های مطالعات گذشته. این داده‌ها نشان دادند که ریشه گندم به‌عنوان یک مانع یا سد در مقابل انتقال کادمیوم از ریشه به بخش‌های بالایی گندم (ساقه و دانه) عمل کرده و بخش‌های بالایی را از تجمع و صدمات این عنصر محافظت کرده است (Kabata-Pendias and Mukherjee, 2007). با این وجود اثرات انتاگونیستی کادمیوم با سایر عناصر مخصوصا روی و یا ترکیب کادمیوم در مکان‌های تبادلی ترکیبات فعال واقع در دیواره سلولی گیاهان نیز می‌تواند در کاهش انتقال کادمیوم از ریشه به بخش‌های گیاهان مهم باشد.

جدول ۵- غلظت کادمیوم در بخش‌های مختلف گیاه گندم

variable	Min	Max	Mean	SD
Root - Cd	0.23	3.83	1.37	0.02
Shoot – Cd	0.14	0.23	0.20	0.04
Grain – Cd	0.11	0.42	0.29	0.01
BCF	2.2	3.5	2.9	0.03
TF Shoot/Root	0.07	0.061	0.15	0.01
TF Grain/Root	0.49	0.79	0.64	0.02

نتیجه‌گیری

براساس یافته‌های این تحقیق یک تجمع معنی‌داری از شکل‌های قابل استفاده و کل عنصر کادمیوم در اثر آبیاری با فاضلاب تصفیه‌شده در خاک‌های مختلف این منطقه اتفاق افتاده است و چنانچه این روند آبیاری ادامه داشته باشد قطعا در آینده صدمات جبران‌ناپذیری به اکوسیستم این اراضی وارد می‌شود. همچنین در این بین عنصر کادمیوم در همه خاک‌های تحت آبیاری با فاضلاب تصفیه شده این مطالعه بیشترین افزایش را نشان

داد. از طرفی کادمیوم بیشترین تاثیر را نیز در ایجاد کلاس شاخص‌های آلودگی خاک داشت. بنابراین با توجه به این نتایج برای جلوگیری از تخریب سیستم آب، خاک و گیاه این منطقه بایستی در صورت امکان از این فاضلاب برای مصارف غیرکشاورزی مانند آبیاری فضای سبز حومه شهر استفاده شود و یا تکنیک‌های دقیق‌تری برای تصفیه فاضلاب‌های شهر ارومیه به کار گرفته شود، طوریکه قادر به حذف عناصر سنگین و املاح محلول موجود در فاضلاب شده و مانع از افزایش آلودگی این فلز در خاک شوند. همچنین بایستی از ورود فاضلاب‌های خام به کانال انتقالی فاضلاب تصفیه‌شده در مسیر خروجی از تصفیه‌خانه تا مزارع زراعی این منطقه ممانعت شود و به صورت دوره‌ای غلظت عناصر سنگین موجود در فاضلاب، خاک و گیاهان تحت آبیاری با این فاضلاب آنالیز شوند.

منابع

Aydin, M.E., Aydin, S., Beduk, F., Tor, A., Tekinay, A., Kolb, M., Bahadir, M., 2015. Effects of long-term irrigation with untreated municipal wastewater on soil properties and crop quality. Environ. Sci. Pollut. Res. 22, 19203e19212.

Brady, J.P., Ayoko, G.A., Martens, W.N., Goonetilleke, A., 2015. Development of a hybrid pollution index for heavy metals in marine and estuarine sediments.Environ. Monit. Assess. 187 (5), 114.

Chen, H., Yuan, X., Li, T., Hu, S., Ji, J., Wang, Ch., 2016. Characteristics of heavy metal transfer and their influencing factors in different soil–crop systems of the industrialization region, China. Ecotox Environ Safe. 126, 193–201.

Dahnke W.C. and Journal G.V. 1990. In Westerman RL (ed) soil Testing and plant Analysis: American Society of Agronomy Inc. Madison, Wisconsin, USA, 6, 120-140.

Farahat E., and Linderholm W. 2015. The effect of long-term wastewater irrigation on accumulation and transfer of heavy metals in Cupressus sempervirens leaves and adjacent soils. Science of Total Environment. SID, 513: 1-7.

FAO/WHO Food Standards Programme, 2014. Report of the 33rd Session of the Codex Committee on Food Additives and Contaminants. Hague: The Netherlands.

Imami, A., 1996. Plant decomposition methods (vol.1), Soil and Water Institute of Tehran, Technical Journal 982. P.202. (In Persian).

Kabata-Pendias, A., Mukherjee, A.B., 2007. Trace Elements in Soils and Plants, Springer-Verlag Berlin Heidelberg.

Kalavrouziotis, I.A., Rezapour, S., Koukoulakis, P.H., 2012. Wastewater status in Greece and Iran. Fresenius Environ Bul. 22, 11-21.

Kelepertizis, E. 2014. Accumulation of heavy metals in agricultural soils of Mediterrane. Insights from Argolida basin, peloponn ESE, Greece. Geoderma, 221: 82-90.

Lindsay W.L., and Norvell W.A. 1978. Development of a DTPA soil test for Zinc, Iron, Manganese, and Copper. Soil science society of America Journal, 42(3), 421-428.

Liu, W.X., Liu, J.W., Wu, M.Z., Li, Y., Zhao, Y., Li, S.R., 2009. Accumulation and translocation of toxic heavy metals in winter wheat (Triticum aestivum L.) growing in agricultural soil of Zhengzhou, China. Bull Environ Contam Toxicol. 82, 343–347.

Montagne, D., Cornu, S., Bourennane, H., Baize, D., Ratié, C., & King, D. 2007. Effect of Agricultural Practices on Trace-Element Distribution in Soil.Communications in soil science and plant analysis, 38(3-4), 473-491.

Qingjie, G., Jun, D., Yunchuan, X., Qingfei, W., Liqiang, Y., 2008. Calculating pollution indices by heavy metals in ecological geochemistry assessment and a case study in parks of Beijing. J. China Univ. Geosci. 19 (3), 230e241.

Ran, J., Wang, D., Wang, C., Zhang, G., Zhang, H., 2016. Heavy metal contents, distribution, and prediction in a regional soilewheat system. Sci. Total Environ. 544, 422e431.

Rezapour S and Samadi A. 2011. Soil quality response to long-term wastewater irrigation in Inceptisols from a semi-arid environment. Nutrient cycling in Agroecosystems, 91(3), 269-2.

Rezapour S., Kouhinezhad P., Samadi A. 2017. The potential ecological risk of soil trace metals following over five decades of agronomical practices in a semi-arid environment. Chemistry and Ecology, 68-78.

Topic for submission: Soil and Water Pollution and Crop Health

Evaluation of degree of contamination and cadmium transfer factor to wheat in cadmium contaminated soils

Atashpaz[1*], B., Rezapour[2], S.
[1] PhD. Student, Soil Science Department, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Gorgan, Iran
[2] Associate Prof., Soil Science Department, Faculty of Agriculture University of Urmia, Iran

Abstract

The accumulation of heavy elements in agricultural soils under irrigation with wastewater may cause them to be transferred to the food chain and threaten human health. In this research, accumulation of cadmium health risk potential in soil system wheat plant under irrigation with wastewater and control was investigated. The results showed that irrigation with wastewater increased both usable and total cadmium levels by 2 to 4 times. In all irrigation sites with wastewater, cadmium content was almost twice as high as it was acceptable. Bioconcentration factor (BCF) and contamination factor (CF) showed that cadmium accumulated significantly in the root (BCF, 2.2 to 3.5). However, its transfer from root to stem and grain (CF, 0.5 to 0.8 and TF, 07 to 0.061) has been carried out to a lesser extent. Therefore, given that cadmium has the most impact on the establishment of the class of soil pollution indices, it is necessary to consider management solutions to reduce the extent of this element to prevent soil and plant degradation in this area.

Keywords: Treated wastewater, cadmium accumulation Bioconcentration factor, grain yield