محیط زیست طبیعی، منابع طبیعی ایران، دوره ۷۱، شماره ۱، بهار ۱۳۹۷
صفحات ۳۹ تا ۵۱

مقایسه غلظت فلزات سنگین کروم، مس و نیکل در گیاه یونجه آبیاری شده با آب و پساب تصفیه شده (مطالعه موردی: بیرجند)

امیرحسین حمیدیان[1*]، فرزانه احراری[2] و محمدرضا دوستی[3]

۱- دانشیار گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران

۲- کارشناسی ارشد، گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران

۳-دانشیار گروه عمران، دانشکده فنی مهندسی دانشگاه بیرجند

(تاریخ دریافت ۹۳/۱۰/۰۶-تاریخ پذیرش ۹۴/۰۲/۰۵)

چکیده:

امروزه به علت خشکسالی و کمبود آب، استفاده از آب‌های نامتعارف به ویژه پساب حاصل از تصفیه فاضلاب شهری در کشاورزی اهمیت ویژه‌ای پیدا کرده است. از عوامل محدودکننده استفاده از این پساب‌ها وجود عناصر سنگین در آن‌ها می‌باشد. هدف از انجام پژوهش حاضر، مقایسه غلظت فلزات سنگین کروم، مس و نیکل در اندام‌های گیاه یونجه تحت دو مدل آبیاری است. نمونه‌های ریشه، ساقه و برگ گیاه یونجه جهت تعیین میزان غلظت فلزات سنگین از دو ناحیه: ۱- آبیاری شده با پساب تصفیه شده و ۲- آبیاری شده با آب چاه، جمع آوری شد. نمونه‌های گیاهی خشک شده، هضم اسیدی شد و غلظت Cr ، Cu و Ni با استفاده از دستگاه ICP-OES اندازه گیری شد. بیشترین غلظت فلزات مورد مطالعه در ریشه گیاه یونجه تحت تأثیر دو نوع آبیاری وجود داشت. مقایسه سطح فلزات سنگین مورد مطالعه با غلظت‌های بحرانی در گیاهان نشان داد که غلظت این فلزات به محدوده خطرناک برای گیاه نرسیده است به استثنای ریشه یونجه آبیاری شده با آب شهری که از نظر فلز کروم پتانسیل قرارگیری در محدوده بحرانی را دارا است. طبق نتایج آزمون تی مستقل، تنها برای فلز کروم، دو نوع آبیاری تفاوت معنی‌دار آماری نشان دادند. نتایج تجزیه واریانس یک طرفه و مقایسه میانگین توکی نیز نشان دهنده این بود که بین ریشه، ساقه و برگ یونجه از نظر غلظت فلز کروم و نیکل اختلاف معنی‌دار آماری وجود داشته اما از نظر فلز مس اینگونه نبوده و اختلاف معنی‌دار آماری بین سه اندام ریشه، ساقه و برگ مشاهده نشده است. بر اساس نتایج تحقیق حاضر، آبیاری با پساب تصفیه شده بیرجند از نظر تجمع فلز سنگین کروم، مس و نیکل آثار سوئی بر گیاه یونجه نداشته است.

کلید واژگان: عناصر سنگین، فاضلاب، کشاورزی، زنجیره غذایی، غلظت بحرانی

[*] نویسنده مسئول: تلفن: ۰۲۶۳۲۲۲۳۰۴۴ ایمیل: a.hamidian@ut.ac.ir

Archive of SID
www.SID.ir

۱. مقدمه

با رشد جمعیت و گسترش شهرها، انتظار می‌رود که رقابت بین شهرها و مزارع بر سر منابع آب افزایش یابد (Gomez *et al*., 2006). بنابراین باید منابع جایگزینی برای آب کشاورزی یافت. محدودیت منابع آب توجه محققین را به استفاده اصولی از آب‌های غیرمتعارف مانند آب‌های شور و پساب‌های شهری و صنعتی به خود معطوف نموده است. به دلیل توسعه شهرها و افزایش مصرف آب، مقدار زیادی فاضلاب تولید می‌شود که پساب این فاضلاب‌ها می‌تواند به عنوان یک منبع با ارزش در افزایش سطح پوشش گیاهی محسوب شود. به شرط آنکه استفاده اصولی از آن با تصفیه مناسب پساب همراه باشد (Abedi-Koupai *et al*., 1999; Bahri, 2003). استفاده از فاضلاب در کشاورزی می‌تواند مزایایی را به دنبال داشته باشد از جمله: الف) برای آب‌های با کیفیت خوب که در کشاورزی استفاده می‌شوند، جایگزینی مناسب باشد. ب) مواد غذایی موجود در فاضلاب، نیاز گیاهان به کود را کاهش خواهد داد. این درحالی است که وجود برخی آلاینده‌ها (عناصر سنگین) و پیامدهای بسیار مضر آن‌ها، استفاده از این پساب‌ها را در کشاورزی با تردید رو به رو می‌کند (Alinezhad jahromi *et al*., 2012). ورود فلزات سنگین به زنجیره غذایی و رسیدن به غلظت‌های بحرانی اثرات زیان بار متابولیکی و فیزیولوژیکی در موجودات زنده به جای می‌گذارد (Alloway, 2001). عناصری که برای رشد گیاه ضروری هستند معمولاً در گیاه متحرک بوده، اما عناصر سمی و سنگین جابه‌جایی کمی داشته و در ریشه‌ها تجمع می‌یابند (Pais and Jones., 1997).

در سراسر جهان تحقیقات فراوانی در ارتباط با آلودگی گیاهان و خاک به فلزات سنگین از طریق آبیاری با فاضلاب‌های شهری و صنعتی انجام شده است (Merrington and Alloway, 1997). Boll و همکاران (1986) در آلمان به بررسی جنبه‌های دفع فاضلاب در زمین پرداخته و مشاهده نمودند که با گذشت ۱۶ تا ۲۵ سال، میزان تجمع هیچ یک از فلزات سنگین در خاک به مرز زیان‌آور نرسید و تنها عناصر نیکل، کادمیوم و روی به مرززیان آور نزدیک شدند. همچنین Carrillo و Cajuste (1992) به بررسی میزان فلزات سنگین در خاک و گیاه یونجه آبیاری شده با فاضلاب پرداختند و نتیجه گرفتند که غلظت عناصر سنگین کادمیوم، کروم، سرب و نیکل در خاک زیر کشت یونجه که با فاضلاب آبیاری شده بود به میزان دو برابر افزایش یافت. Smith و همکاران (1996) به بررسی تجمع فلزات کروم، سرب، مس، نیکل، روی و کادمیوم در خاک‌های آبیاری شده با فاضلاب تصفیه شده شهری در استرالیا پرداختند. برای این منظور زمین‌هایی که به مدت ۴ و ۱۷ سال با پساب آبیاری شده بودند را مورد بررسی قرار دادند. نتایج پژوهش آن‌ها حاکی از آن بود که آبیاری با پساب در هیچ‌کدام از سایت‌های مورد آزمایش سبب افزایش غلظت فلزات سنگین نشده است و مقادیر این فلزات در محدوده طبیعی گزارش شده برای خاک‌های استرالیا بوده است. در تحقیق دیگری، Mapanda و همکاران (2005) به بررسی اثر آبیاری بلند مدت با فاضلاب بر مقدار فلزات سنگین در خاک‌های تحت کشت سبزیجات در دارالسلام زیمبابوه پرداختند. نتایج نشان داد که غلظت کل فلزات سنگین (بر حسب میلی‌گرم در کیلوگرم) در خاک‌های شنی و شنی-رسی با pH ۸/۱-

Archive of SID

www.SID.ir

۵/۱ در عمق ۲۰-۰ سانتی‌متری خاک به‌این صورت بوده است: مس (۱۴۵-۷)، روی (۲۲۸-۱۴)، کادمیوم (۳/۴-۰/۵)، نیکل (۲۱-۰/۰۱>)، کروم (۲۲۵-۳۳) و سرب (۵۹-۴). آن‌ها بیان کردند که استفاده از فاضلاب شهری برای زراعت سبزیجات، به‌دلیل داشتن غلظت بالایی از فلزات سنگین، می‌تواند خطرات بالقوه زیست‌محیطی و بهداشتی در دراز مدت ایجاد نماید. Kalavarouziotis و همکاران (2008) در یونان به بررسی اثر فاضلاب تصفیه شده شهری روی وضعیت عناصر در خاک و کلم بروکسل و گل کلم پرداختند و نتیجه گرفتند که میزان فسفر، کادمیوم، کبالت، نیکل و آهن در کلم بروکسل و گل کلم که با پساب تصفیه شده آبیاری شده‌اند، به طور قابل توجهی افزایش یافته است.

در سال ۲۰۱۲، Feizi و Rastghalam (2012) به بررسی تاثیر آبیاری با فاضلاب تصفیه شده بر تجمع فلزات سنگین در گیاهان گندم، یونجه، ذرت، گوجه فرنگی، خیار و طالبی پرداختند. نتایج این آزمایش نشان داد که فاضلاب تصفیه شده باعث افزایش فلزات سنگین به خصوص منگنز، روی و مس، در بسیاری از نمونه‌های گیاهی شده است. همچنین نتایج نشان داد که تنها مقدار آهن بالاتر از حد بحرانی برای هر دو نوع آبیاری بوده، در حالی که کمبود روی حتی در گیاهان آبیاری شده با فاضلاب تصفیه شده نیز مشاهده شده است. Safarisanjani (1995) به بررسی پیامد آبیاری با پساب بر برخی ویژگی‌های شیمیایی خاک ناحیه برخوار اصفهان و انباشتگی برخی عناصر در گیاه یونجه پرداخت و نتیجه گرفت که هفت سال کاربرد پساب شهری سبب هیچ‌گونه تغییری در غلظت آهن، مس، منگنز، نیکل و سرب خاک نشده است. همچنین Abedikoupai و Bagheri (2001) میزان آلودگی آب‌های زیرزمینی ناشی از کاربرد پساب تصفیه شده در آبیاری قسمتی از زمین‌های کشاورزی دشت برخوار اصفهان را به مدت هفت ماه مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج تحقیق نشان داد که با توجه به استاندارد محیط زیست ایران جهت آبیاری، تنها عنصر کبالت از حد مجاز (۰/۰۵ میلی‌گرم در لیتر) بیشتر است و غلظت سایر عناصر سنگین کمتر از حد استاندارد می‌باشد و مشکل خاصی از نظر کیفیت آب مصرفی برای کشاورزی ندارد. Kouchi و همکاران (2006) در یک بررسی بر روی مقدار کل عناصر سنگین در لایه ۲۰-۰ سانتیمتری خاک‌های آبیاری شده با فاضلاب حاصل از تصفیه خانه آستان قدس رضوی در یک دوره شش ساله گزارش کردند مصرف فاضلاب اثر سویی بر مقدار کل عناصر نداشته و مقدار آن‌ها در همه خاک-های مورد مطالعه زیر حد مجاز بوده است. Pirsaheb و همکاران (2012) به بررسی مقایسه کیفیت پساب تصفیه خانه فاضلاب اولنگ مشهد با آب چاه‌های منطقه برای آبیاری پرداختند. به‌این منظور غلظت فلزات سنگین مانند آهن، منگنز، نیکل، کادمیوم، کبالت، روی و سرب اندازه‌گیری شدند. نتایج نشان داد که که مقدار میانگین به‌دست آمده برای فلزات سنگین با اختلاف معنی داری از استانداردهای مربوط به استفاده مجدد از پساب در کشاورزی و آبیاری کمتر است. هدف از این مطالعه، بررسی و مقایسه غلظت فلزات سنگین کروم، مس و منگنز در سه اندام ریشه، ساقه و برگ یونجه آبیاری شده با آب و پساب تصفیه شده در بازه زمانی یک سال و مقایسه آن‌ها با حدود استاندارد است.

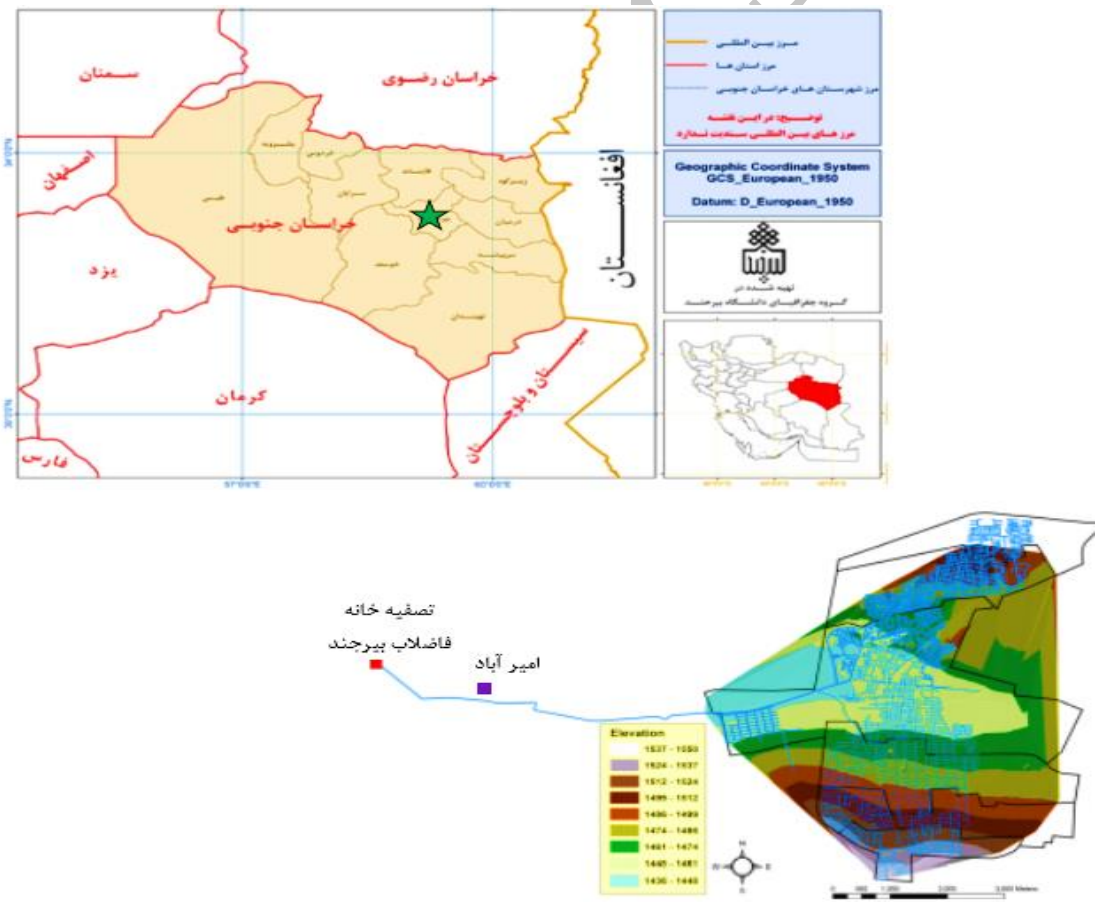
Archive of SID

www.SID.ir

۲. مواد و روش‌ها

۲ ,۱. محدوده مورد مطالعه

شهر بیرجند در منطقه آب و هوایی خشک و سرد، در شرق کشور با مختصات عرض جغرافیایی ۳۲ درجه و ۵۹ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۲ درجه و ۱۲ دقیقه شرقی و ۱۴۹۱ متر بالاتر از سطح دریا واقع شده است. متوسط درجه حرارت سالیانه ۱۷/۱ درجه سانتی گراد، متوسط بارندگی سالیانه ۱۴۸/۸ میلی‌متر، میانگین حداقل دمای ده ساله ۸/۹ درجه سانتی گراد و میانگین حداکثر دمای ده ساله ۲۵/۸ درجه سانتی گراد و طول دوره خشکی ۲۴۰ روز می‌باشد. تصفیه‌خانه فاضلاب در شمال غرب این شهر در زمینی به مساحت ۶۰ هکتار در کیلومتر ۹ جاده بیرجند-کرمان، واقع شده است (شکل ۱). این تصفیه خانه به روش برکه تثبیت (بی هوازی-هوازی) برای دو فاز اجرای طراحی و اجرا گردیده است که فاز اول آن با ظرفیت تصفیه $۱۰۵۰۰ m^3$ فاضلاب در شبانه روز بر اساس جمعیت ۶۴۰۰۰ نفر از تیر ماه سال ۱۳۸۴ بهره برداری گردیده است. از اهداف طراحی تصفیه خانه با توجه به آب و هوا، خشکسالی و محدودیت ذخایر آبی منطقه استفاده از پساب جهت مصارف کشاورزی می‌باشد (Ahrari *et al.*, 2010).



شکل ۱- موقعیت استان خراسان جنوبی، شهر ستان بیرجند (علامت ستاره) و تصفیه خانه فاضلاب

www.SID.ir

۲ ,۲. نمونه برداری

مزارع مورد بررسی در این پژوهش، در فاصله دو کیلومتری از یکدیگر قرار داشتند. مزرعه آبیاری شده با پساب تصفیه شده در کنار تصفیه خانه فاضلاب و مزرعه آبیاری شده با آب چاه در روستای امیر آباد واقع بود. یونجه کشت شده در مزرعه اطراف تصفیه خانه فاضلاب، یک ساله و یونجه کشت شده در مزرعه آبیاری شده با آب چاه، دو ساله بوده است. لازم به ذکر است که در مزرعه یونجه آبیاری شده با پساب تصفیه شده در طی سال‌های گذشته (مدت زمان شش سال) گیاهانی چون چغندر حیوانی و ذرت علوفه‌ای و با همان پساب تصفیه شده کشت می‌شدند. از هر یک از دو ناحیه با سیستم آبیاری متفاوت شامل: ۱- آبیاری با آب چاه ۲- آبیاری با پساب تصفیه شده، پنج نمونه گیاه یونجه به صورت تصادفی جمع آوری شد و قسمت‌های ریشه، ساقه و برگ هر نمونه از یکدیگر تفکیک شده و نمونه‌ها در کیسه‌های پلی اتیلنی قرار داده شده و شماره گذاری گردید. سپس نمونه‌ها به آزمایشگاه منتقل شد.

۲ ,۳. آماده سازی نمونه‌های گیاهی

نمونه‌های ریشه، ساقه و برگ را درون ارلن‌ها ریخته، شماره ارلن‌ها یادداشت و سپس برای به دست آوردن وزن خشک، ارلن‌ها به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۱۰۵ درجه سلسیوس در آون قرار گرفتند. نمونه‌های خشک شده در ارلن به منظور تهیه خاکستر به مدت ۲۴ ساعت در کوره در دمای ۵۵۰ درجه سلسیوس قرار گرفتند. در مرحله بعد به منظور هضم اسیدی نمونه ها، به داخل هر ارلن، حدود ۵ میلی لیتر، اسید نیتریک غلیظ اضافه شد و سپس ارلن‌ها روی هات پلیت[1] قرار گرفت. پس از تبخیر شدن اسید، ارلن‌ها توسط آب دیونایز[2] (دو بار تقطیر) حاوی ۱٪ اسیدنیتریک به حجم رسانده شد. در نهایت به منظور صاف کردن نمونه‌ها، محلول‌های تهیه شده از کاغذ صافی واتمن[3] ۴۲ عبور داده شده و درون بطری-هایی که از قبل توزین شده بود ریخته شد و در نهایت دوباره وزن بطری‌ها اندازه‌گیری شد. غلظت فلزات سنگین کروم، مس و نیکل با استفاده از دستگاه ICP-OES[4] اندازه گیری شد. (Perkin-Elmer, 1994).

۲ ,۴. تحلیل‌های آماری

در ابتدا به منظور بررسی نرمال بودن داده‌ها از آزمون کولموگروف- اسمیرنوف[5] و برای بررسی همگن بودن واریانس‌ها از آزمون لیون[6] استفاده شد. جهت بررسی وجود یا عدم وجود تفاوت معنی‌دار بین غلظت فلزات سنگین در اندام‌های گیاه یونجه آبیاری شده با آب شهری و پساب تصفیه شده شهری، آزمون تجزیه واریانس یکطرفه[7] و برای مقایسه‌ی میانگین‌ها، آزمون توکی[8] انجام شد. به منظور مقایسه غلظت‌های به دست آمده با مقادیر مجاز از آزمون تی با یک مقدار ثابت[9] استفاده شد. جهت مقایسه مجزای غلظت فلزات سنگین در هر یک از

1 Hot plate
2 Dionaiz
3 Whatman
4 Inductively Coupled Plasma-Optical Emission Spectrometry
5 Kolmogorov-Smirnov
6 Leven
7 One-Way ANOVA
8 Thukey's w-procedure
9 One-Sample T test

Archive of SID

www.SID.ir

اندام‌های یونجه آبیاری شده با آب شهری با اندام‌های یونجه آبیاری شده با فاضلاب تصفیه شده از آزمون تی مستقل[1] استفاده شد. این آزمون‌ها با استفاده از از نرم-افزار SPSS 19 و Excel 2013 به انجام رسید.

۳. نتایج

غلظت متوسط فلزات مورد مطالعه در ریشه، ساقه و برگ یونجه آبیاری شده با آب و پساب تصفیه شده و غلظت بحرانی این فلزات در جدول ۱ نشان داده شده است. مقایسه داده‌های به دست آمده نشان داد که بیشترین غلظت مشاهده شده مربوط به فلز سنگین مس و در ریشه یونجه آبیاری شده با پساب تصفیه شده و برابر با ۱۴/۸۳mg/kg می‌باشد و کمترین غلظت مربوط به فلز سنگین کروم و در ساقه و برگ یونجه آبیاری شده با آب و برابر با ۰/۹۶ mg/kg می‌باشد. همچنین مقایسه غلظت‌های به دست آمده با غلظت‌های بحرانی (Alloway, 2001)، نشان داد که غلظت‌های به دست آمده پایین‌تر از محدوده غلظت‌های بحرانی واقع شده‌اند، به استثنای فلز سنگین کروم که مقدار آن در ریشه یونجه آبیاری شده با آب برابر با ۵/۸۷ mg/kg و کمی بالاتر از غلظت بحرانی است.

جدول ۱- میانگین غلظت فلزات سنگین در اندام‌های گیاه یونجه و مقایسه آن با مقادیر بحرانی (Alloway, 2001)(mg/kg)

	گیاه یونجه آبیاری شده با آب شهری			گیاه یونجه آبیاری شده با پساب تصفیه شده			گیاهان عالی
	برگ	ساقه	ریشه	برگ	ساقه	ریشه	غلظت بحرانی
Cr	۰/۹۶	۰/۹۶	۵/۸۷	۱/۲۴	۱/۰۰	۱/۳۱	۵ -۳۰
Cu	۷/۱۲	۹/۲۵	۱۰/۱۳	۱۱/۰۳	۱۰/۶۳	۱۴/۸۳	۲۰ -۱۰۰
Ni	۵/۹۸	۵/۴۳	۷/۲۱	۶/۰۰	۸/۲۴	۷/۰۹	۱۰ -۱۰۰

۳ ,۱. نتایج آزمون‌های تجزیه واریانس یکطرفه و مقایسه میانگین توکی برای غلظت فلزات سنگین در اندام‌های گیاه یونجه برای هر دو نوع آبیاری

نرمال بودن داده‌ها و همگن بودن واریانس‌ها بررسی شده و سپس با استفاده از آزمون تجزیه واریانس یکطرفه به مقایسه غلظت فلزات سنگین در ریشه، ساقه و برگ گیاه یونجه پرداخته شد. نتایج به صورت زیر است:

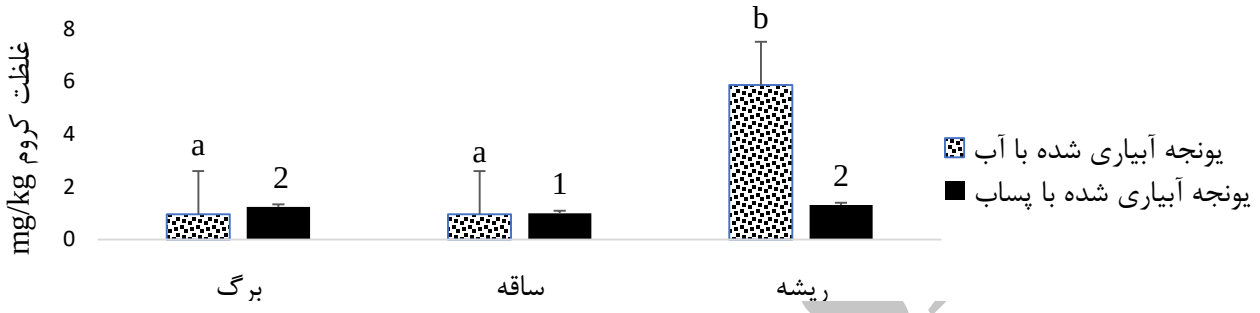
کروم

نتایج تجزیه واریانس غلظت کروم در اندام‌های یونجه نشان داد که بین غلظت فلز کروم در اندام‌های یونجه در هر دو نوع آبیاری تفاوت معنی داری وجود دارد. با توجه به نتایج تجزیه واریانس و مقایسه میانگین توسط آزمون

1 Independent-samples T test

www.SID.ir

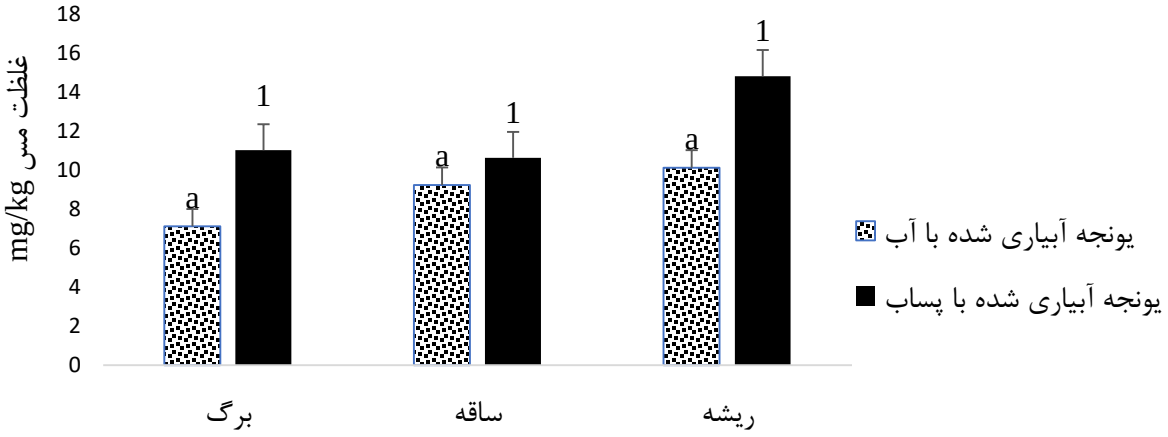
توکی، بین غلظت کروم در ریشه یونجه آبیاری شده با آب با ساقه و برگ یونجه آبیاری شده با آب همچنین ساقه یونجه آبیاری شده با پساب با ریشه و برگ یونجه آبیاری شده با پساب تفاوت معنی داری در سطح ۵٪ وجود دارد (شکل ۲). همچنین ریشه یونجه در هر دو نوع آبیاری غلظت بالاتری از فلز کروم را نسبت به ساقه و برگ یونجه دارا می‌باشد.



شکل ۲- (میانگین ± انحراف معیار) غلظت کروم در اندام‌های گیاه یونجه آبیاری شده با آب شهری و پساب تصفیه شده (اعداد متفاوت در آبیاری با پساب تصفیه شده و حروف متفاوت در آبیاری با آب شهری نشان دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح ۵ درصد است)

مس

نتایج تجزیه واریانس غلظت مس در اندام‌های یونجه نشان داد که بین غلظت فلز مس در اندام‌های یونجه در هر دو نوع آبیاری تفاوت معنی داری در سطح ۵٪ وجود ندارد (شکل ۳). با این وجود ریشه یونجه در هر دو نوع آبیاری غلظت بالاتری از فلز مس را نسبت به ساقه و برگ یونجه دارا می‌باشد.

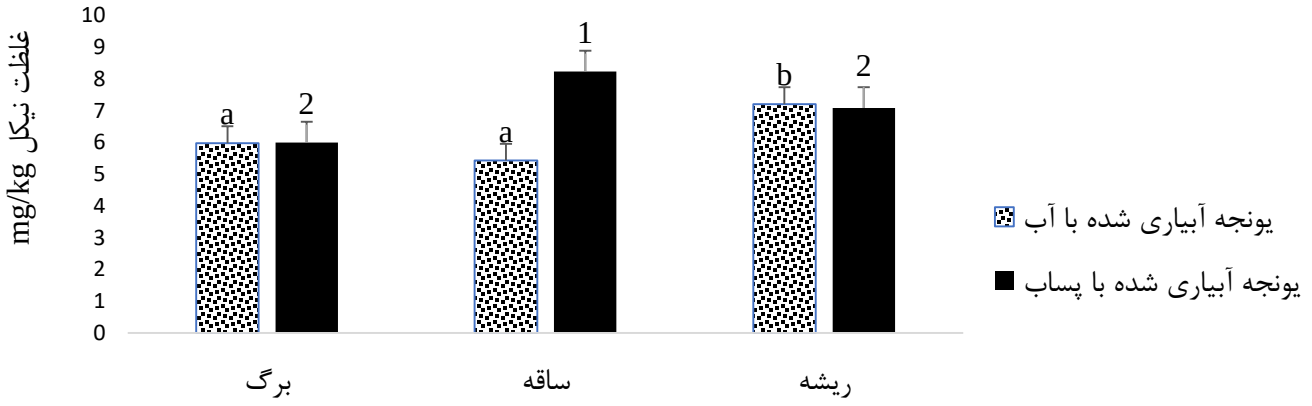


شکل ۳- (میانگین ± انحراف معیار) غلظت مس در اندام‌های گیاه یونجه آبیاری شده با آب شهری و پساب تصفیه شده (اعداد متفاوت در آبیاری با پساب تصفیه شده و حروف متفاوت در آبیاری با آب شهری نشان دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح ۵ درصد است)

www.SID.ir

نیکل

نتایج تجزیه واریانس غلظت نیکل در اندام‌های یونجه نشان داد که بین غلظت فلز نیکل در اندام‌های یونجه در هر دو نوع آبیاری تفاوت معنی داری وجود دارد. با توجه به نتایج تجزیه واریانس و مقایسه میانگین توسط آزمون توکی، بین غلظت فلز نیکل در ریشه با ساقه و برگ یونجه آبیاری شده با آب، همچنین بین ساقه با ریشه و برگ یونجه آبیاری شده با پساب تفاوت معنی داری در سطح ۵٪ وجود دارد (شکل ۴). در یونجه آبیاری شده با آب، قسمت ریشه و در یونجه آبیاری شده با پساب تصفیه شده، قسمت ساقه گیاه غلظت بالاتری از فلز نیکل را دارا می‌باشد.



شکل ۴- (میانگین ± انحراف معیار) غلظت نیکل در اندام‌های گیاه یونجه آبیاری شده با آب شهری و پساب تصفیه شده (اعداد متفاوت در آبیاری با پساب تصفیه شده و حروف متفاوت در آبیاری با آب شهری نشان دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح ۵ درصد است)

۳ ,۲. نتایج آزمون تی مستقل برای مقایسه غلظت فلزات سنگین در اندام‌های یونجه آبیاری شده با آب شهری و فاضلاب تصفیه شده

در جداول ۲، ۳ و ۴، به ترتیب به مقایسه غلظت فلزات سنگین در برگ یونجه آبیاری شده با آب و پساب، ساقه یونجه آبیاری شده با آب و پساب و ریشه یونجه آبیاری شده با آب و پساب پرداخته شده است. نتایج آزمون تی مستقل نشان داد که بین غلظت فلز سنگین کروم در ریشه و برگ یونجه آبیاری شده با آب با ریشه و برگ یونجه آبیاری شده با پساب تصفیه شده اختلاف معنی دار در سطح یک درصد وجود دارد، اما برای دو فلز سنگین دیگر اختلاف معنی‌دار آماری در دو نوع آبیاری مشاهده نشده است. همچنین مشاهده شد که بین غلظت سه فلز سنگین مورد مطالعه در ساقه یونجه آبیاری شده با آب با ساقه یونجه آبیاری شده با پساب تصفیه شده هیچ گونه اختلاف معنی‌دار آماری مشاهده نشده است. غلظت سه فلز مورد مطالعه، در دو قسمت برگ و ساقه گیاه یونجه آبیاری شده با فاضلاب تصفیه شده، بیشتر از برگ و ساقه یونجه آبیاری شده با آب شهری بوده است اما برای ریشه یونجه به این صورت نبوده است.

Archive
www.SID.ir

جدول ۲- مقایسه میانگین غلظت فلزات سنگین در برگ یونجه آبیاری شده با آب شهری و فاضلاب تصفیه شده (*معنی داری در سطح ۵٪ و **معنی داری در سطح ۱٪)

		میانگین±اشتباه معیار (mg/kg)	درجه آزادی	t
Cr	فاضلاب تصفیه شده	۱/۲۴±۰/۰۴	۸	۴/۵۵۳**
	آب شهری	۰/۹۶±۰/۰۴		
Cu	فاضلاب تصفیه شده	۱۱/۰۳±۲/۲۳	۸	۱/۴۷۱
	آب شهری	۷/۱۲±۱/۴۲		
Ni	فاضلاب تصفیه شده	۶/۰۰±۱/۵۴	۸	۰/۰۱۵
	آب شهری	۵/۹۸±۰/۶۲		

جدول ۳- مقایسه میانگین غلظت فلزات سنگین در ساقه یونجه آبیاری شده با آب شهری و فاضلاب تصفیه شده (*معنی داری در سطح ۵٪ و **معنی داری در سطح ۱٪)

		میانگین±اشتباه معیار (mg/kg)	درجه آزادی	t
Cr	فاضلاب تصفیه شده	۱/۰۰±۰/۰۵	۸	۰/۵۸۲
	آب شهری	۰/۹۶±۰/۰۲		
Cu	فاضلاب تصفیه شده	۱۰/۶۳±۱/۰۲	۸	۰/۸۷۵
	آب شهری	۹/۲۵±۱/۲۱		
Ni	فاضلاب تصفیه شده	۸/۲۴±۱/۳۳	۸	۲/۰۲۷
	آب شهری	۵/۴۳±۰/۳۸		

جدول ۴- مقایسه میانگین غلظت فلزات سنگین در ریشه یونجه آبیاری شده با آب شهری و فاضلاب تصفیه شده (*معنی داری در سطح ۵٪ و **معنی داری در سطح ۱٪)

		میانگین±اشتباه معیار (mg/kg)	درجه آزادی	t
Cr	فاضلاب تصفیه شده	۱/۳۱±۰/۰۵	۴/۰۴۴	۵/۶۱۳**
	آب شهری	۵/۸۷±۰/۸۱		
Cu	فاضلاب تصفیه شده	۱۴/۸۳±۲/۳۰	۸	۱/۹۲۸
	آب شهری	۱۰/۱۳±۰/۷۸		
Ni	فاضلاب تصفیه شده	۷/۰۹±۲/۴۷	۴/۵۸۰	۰/۰۴۸
	آب شهری	۷/۲۱±۰/۶۶		

Archive of SID

www.SID.ir

۴. بحث و نتیجه گیری

در مطالعه حاضر، غلظت فلزات سنگین کروم (Cr)، مس (Cu) و نیکل (Ni) در اندام‌های یونجه آبیاری شده با آب و یونجه آبیاری شده با پساب مورد مقایسه قرارگرفت. طبق نتایج به دست آمده، ریشه یونجه نسبت به ساقه و برگ، غلظت بالاتری از فلزات مورد مطالعه را دارا بود. کمترین غلظت فلزات مورد مطالعه در اکثر موارد در ساقه وجود داشت. دلیل این امر می‌تواند این باشد که در ساقه آوندها بیشتر مواد را عبور می‌دهند و کمتر ذخیره می-کنند و برگ‌ها به دلیل داشتن واکوئل بیشتری نسبت به ساقه، فلزات سنگین بیشتری را در خود ذخیره می‌کنند (Zojaji, 2012). بالاتر بودن مقدار فلزات سنگین در ریشه‌ها نسبت به برگ‌ها و ساقه‌ها به طور قطع خطر آلودگی زنجیره غذایی را از طریق گیاهخواران کاهش می‌دهد (Baroni *et al.*, 2004)، به خصوص برای گیاهی همچون یونجه که به تعلیف دام می‌رسد.

طبق نتایج آزمون تی مستقل غلظت فلز سنگین کروم در ریشه و برگ یونجه آبیاری شده با آب با ریشه و برگ یونجه آبیاری شده با پساب تصفیه شده دارای اختلاف معنی دار در سطح یک درصد بود، اما برای دو فلز سنگین دیگر اختلاف معنی‌دار آماری در دو نوع آبیاری مشاهده نشد. Feizi (2001) در مطالعه خود به این نتیجه رسید که در مورد ساقه و برگ یونجه افزایش غلظت هیچ‌کدام از عناصر در مزارع آبیاری شده با فاضلاب اختلاف معنی داری نشان نداده است.

مقایسه سطح فلزات سنگین مورد مطالعه با غلظت‌های بحرانی برای گیاهان نشان داد که غلظت این فلزات به محدوده خطرناک برای خود گیاه یونجه نرسیده است به استثنای ریشه یونجه آبیاری شده با آب شهری که از نظر فلز کروم پتانسیل قرارگیری در محدوده بحرانی را دارا است. شاید دلیل این امر را بتوان در بالا بودن میزان فلز کروم در آب شهری جستجو نمود، چرا که مسئله آلودگی آب بیرجند به فلز کروم وجود دارد (Shahriyari *et al.*, 2011). نکته دیگری که از این قضیه برداشت می شود، عملکرد مثبت تصفیه خانه فاضلاب شهرستان بیرجند در حذف فلزات سنگین از فاضلاب شهری است. البته باید این نکته را نیز در نظر گرفت که آبیاری مزارع یونجه در هر دو شیوه آبیاری مورد بررسی، برای دوره کوتاه مدت ۳-۱ سال بوده است و اگر این آبیاری بلند مدت باشد ممکن است نتایجی برخلاف نتایج حاصله از این پژوهش به دست آید که این پژوهش به علت دوره کوتاه به آن نرسیده است.

ذکر این نکته ضروری است که جذب فلزات سنگین از طریق محصولات غذایی بستگی به خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک و نوع گونه‌های گیاهی دارد (Zhuang *et al.*, 2009). در مطالعه‌ی Zhao و همکارانش (2012) الگوهای مکانی غلظت فلزات سنگین و اسیدیته‌ی خاک نشان داد مناطقی که بالاترین خطر را برای سلامت انسان دارند فقط مناطقی با غلظت بالای فلزات نیستند بلکه مناطقی با اسیدیته‌ی پایین خاک هستند. در مطالعه‌ی Romero و همکارانش (2012) یک همبستگی مثبت بین اسیدیته و فلزات کادمیم، مس، سرب و روی دیده شد و از آنجا که فلزات در اسیدیته‌ی پایین تحرک بیشتری دارند برای اصلاح خاک اسیدیته‌ی آن را افزایش می‌دهند. طبق مطالعه Ahrari و همکاران

Archive of SID

www.SID.ir

(2010) در می‌یابیم که pH خاک محوطه چهار هکتاری تصفیه خانه فاضلاب بیرجند (از جمله مزرعه یونجه مورد بررسی) بالا بوده (حدود ۸) و خاک قلیایی است، بنابراین تا زمانی که اسیدیته‌ی خاک روبه کاهش نرفته است خطر انحلال و تحرک بالای فلزات و جذب توسط گیاهان نیز کمتر است اما با این وجود نیز توجه به تغییرات اسیدیته-ی خاک منطقه ضروری است.

با توجه به ماهیت دوگانه فاضلاب شامل نقش مثبت آن به عنوان یک منبع تأمین آب و نقش منفی آن به عنوان یک آلاینده، استفاده از آن در امر آبیاری باید بر پایه یک مدیریت صحیح، تطبیق خصوصیات فیزیکی- شیمیایی و حتی میکروبی آن با استانداردهای ارایه شده بین المللی و در نهایت بر اساس ویژگی‌های آب، خاک، گیاه و محیط هر محل صورت گیرد. در واقع: ۱- با ممانعت از ورود پساب‌های صنعتی حاوی فلزات سنگین و سمی به فاضلاب‌های شهری، ۲- انجام عمل پیش تصفیه روی فاضلاب قبل از ورود آن به منطقه جهت حذف بخش عمده‌ای از مواد جامد معلق در آن و ۳- کنترل و نظارت دقیق روی ویژگی‌های فیزیکی- شیمیایی فاضلاب مورد استفاده می‌توان از فاضلاب شهری استفاده کرد. اما استفاده از فاضلاب خام و تصفیه نشده می‌تواند در دراز مدت خطرات جدی در اکوسیستم ایجاد کند (Tabari and Salehi, 2011). در سایر مزارع اطراف تصفیه خانه که با پساب آبیاری می‌شوند، گیاهانی چون چغندر حیوانی، جو، ذرت علوفه‌ای، ترون، صنوبر، پنبه، آفتابگردان و غیره کشت می‌شوند که لزوم پایش در مورد این گیاهان نیز وجود دارد زیرا گونه‌های مختلف گیاهی در برابر آلودگی خاک با فلزات سنگین واکنش‌های متفاوتی نشان می‌دهند. برخی از گونه‌های گیاهی به مقدار معینی از فلزات سنگین در خاک مقاوم بوده، توانایی جذب و تثبیت آن‌ها در بافت‌های درونی خود را دارند. گاه در برخی از گیاهان آثار مسمومیت چندان بارز نیست، ولی ممکن است میزان محتوی فلزی موجود در گیاه، سلامت انسان و یا دام‌هایی که از آن تغذیه می‌کنند را به خطر اندازد (Arduini *et al*., 1994).

References

Abedikoupai, J, and Bagheri, M.R. 2001. Environmental impacts of irrigation with treated wastewater on underground water resource. Conferences environmental impacts agricultural effluent on the surface water and groundwater. Mazandaran. The Iranian National Committee on Irrigation and Drainage, 53. 1-10. (in Persian).

Abedi-Koupai, J., B. Mostafazadeh-fard, M. Afyuni and M. R. Bagheri. 2003. Effect of treated wastewater on soil chemical and physical properties in an arid region. Journal of Plant Soil and Environment 52(82): 335-344.

Ahrari, F., Hashemimoghadam, M., Rastaghi, A, and Ehsani, A. 2010. Explore the possibility of spruce tree planting in the land surrounding wastewater treatment plant city of Birjand using wastewater. The second national seminar on the status of water recycling and wastewater in the management of water resources. Mashhad. Consulting Engineers Co. Sarvab. (in Persian).

Alinezhad jahromi, H., Mohammadkhani, A., and Salehi, M. 2012. Effects of urban wastewater of Shahrekord on growth, yield and accumulation of Pb and Cd in medicinal plant lemon balm. Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resource. Water and Soil Sciences. Sixteen years, 60. 173-185. (in Persian).

Archive of SID

www.SID.ir

Alloway, B.J. 2001. Heavy metal in soils. New York: John Wiley and Sons Inc.

Arduini I., Godbold D.A. Onnis, A. 1994. Cadmium and Copper change root growth and morphology of *Pinus pinea* and *Pinus pinaster* seedling. Physiologia plantarum. 92: 675–680.

Bahri, A. 1999. Agricultural reuse of wastewater and global water management. Water Science and Technology 40(4-5): 339-346.

Baroni, F., Boscagli, A., Di Lella, L.A., Protano, G, and Riccobono, F. 2004. Arsenic in soil and vegetation of contaminated areas in southern Tuscany (Italy). Geochemical Exploration, 81: 1-14.

Boll, R., Dernbach, H, and Kayser, R. 1986. Aspects of land disposal of wastewater as experienced in Germany. Water Science and Technology 18: 383-390.

Carrillo, G.R, and Cajuste, L.J. 1992. Heavy metals in soils and alfalfa (*Medicago sativa L.*) irrigated with three sources of wastewater. Journal of Environmental Science and Health. 27: 7, 1771-1783.

Feizi, M, and Rastghalam, Z.S. 2012. The effect of treated wastewater irrigation on accumulation of heavy metals in selected plants. The 1th International and the 4th National Congress on Recycling of Organic Waste in Agriculture. 26 – 27 April 2012 in Isfahan, Iran.

Feizi, M. 2001. Effect of treated wastewater on accumulation of heavy metals in plant and soil. PP. 137-146, In: Ragab, R., Pearce, G., Changkim, J., Nairizi, S. and Hamdy, A. (Eds.), ICID International Workshop on Wastewater Reuse and Management, Seoul, Korea.

Gomez, M., de la Rua, A., Garralon, G., Plaza, F., Hontoria, E. 2006. Urban wastewater treatment disinfection by filtration technologies. Desalination, 190 .16-28.

Kalavarouziotis, I.K., Robolas, P., Koukoulakis, P.H, and Papadopoulos, P. 2008. Effect of municipal reclaimed wastewater on the macro-and micro-elements status of soil and of Brassica oleracea var. Italica (Brocoli) and Boleracea var Gemmifera (Brussels sporouts). Journal of Agricultural water Management, 95, 419-426.

Kouchi, M., Fotovat, A., Haghnia, G, and Lakzian, A. 2006. Study of chemical forms of heavy metals Pb, Co, Cd, Ni, Zn & Cu in the soils irrigated with wastewater. Journal of Agricultural Science and Technology. 20(2): 45-54. (in Persian).

Kumar Sharma, R., Agrawal, M, and Marshall, F.M. 2006. Heavy metals contamination in vegetables grown in wastewater irrigated areas of Varanasi, India. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology. 77: 311-18.

Mapanda, F., Mangwayana, E.N., Nyamangara, J, and Giller, K.E. 2005. The effect of long-term irrigation using wastewater on heavy metal contents of soils under vegetables in Harare, Zimbabwe. Agriculture, Ecosystems & Environment, 107: 151–165.

Merrington, G, and Alloway, B.J. 1997. Determination of the residual metal binding characteristics of soil polluted by Cd and Pb. Water, Air, & Soil Pollution. 100: 49-62.

National Research Council (NRC). 1980. Mineral tolerance of domestic animals. National Academy of Sciences, Washington, DC. National Academy Press.

Pais, I. & Jones Jr, J.B. 1997. The handbook of trace elements. St. Lucie press Boca Raton published, Florida. 240 p.

Perkin-Elmer. 1994. Analytical methods for atomic absorption spectrometry. The Perkin-Elmer Corporation, USA, 300p.

Pirsaheb, M., Sharafi, K, and Dogohar, K. 2012. Compare the quality of the wastewater treatment plant effluent Olang Mashhad with water wells in the area for irrigation. Water & Wastewater, 4. 116-121. (in Persian).

Romero, A., González, I, and Galán, E. 2012. Trace elements absorption by citrus in a heavily polluted mining site. Journal of Geochemical Exploration, 113: 76-85.

Safarisanjani, A. 1995. Impact of irrigation with wastewater on the some chemical properties of soil of the Borkhar area of Isfahan and accumulation of some

Archive of SID

www.SID.ir

elements in alfalfa. Master Thesis pedological. College of Agriculture. Isfahan University of Technology. (in Persian).

Shahriyari, T., Moasheri, N, and Sharifzadeh, Gh. 2011. Chromium and copper concentrations in groundwater and drinking water distribution network in the city of Birjand, 1388-1389. Journal of Birjand University of Medical Sciences. Volume 18. (1), 62-67. (in Persian).

Smith, C.J., Hopmans, P, and Cook, F.J. 1996. Accumulation of Cr, Pb, Cu, Ni, Zn and Cd in soil following irrigation with treated urban effluent in Australia. Environmental Pollution, 94 (3): 317-323.

Tabari, M, and Salehi, A. 2011. Investigate the effect of irrigation with municipal wastewater on the accumulation of heavy metals in soil. Environmental Science and Technology. Volume 13. (4), 49-59. (in Persian).

Zhao, H., Xia, B., Fan, C., Zhao, P, and Shen, S. 2012. Human health risk from soil heavy metal contamination under different land uses near Dabaoshan Mine, Southern China. Science of the Total Environment, 417-418: 45-54.

Zhuang, P., Murray, B., Hanping, X., Ningyu, L, and Zhian, L. 2009. Health risk from heavy metals via consumption of food crops in the vicinity of Dabaoshan mine, South China. Science of the Total Environment, 407: 1551-1561.

Zojaji, F. 2012. Monitoring the absorption of Cr, Cu and Zn (Case Study: Wastewater treatment plant Birjand). Master Thesis. College of Energy and Environment. Department of Environmental Sciences. Islamic Azad University, Science and Research Branch, Tehran. (in Persian).

Archive of SID

www.SID.ir