

## مقایسه تغییرات غلظت فلزات سنگین خاک تحت تاثیر منابع آبی مختلف

### ( مطالعه موردی منطقه ۱۸ تهران )

مونا عزیزی<sup>۱</sup>، لعبت تقوی<sup>۲\*</sup>، آزیتا بهبهانی نیا<sup>۳</sup>

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران، ایران

۲- گروه علوم محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران

۳- گروه محیط زیست واحد رودهن دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی، رودهن، ایران

\* ایمیل نویسنده مسئول: l.taghavi@srbiau.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۱/۰۷ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۲/۱۵

#### چکیده

هدف از این پژوهش، تأثیر دو منبع آبیاری چاه و رواناب سطحی بر غلظت فلزات سنگین خاک می باشد. نمونه هایی از آب چاه، رواناب سطحی و از خاک آبیاری شده با آب چاه و رواناب سطحی در منطقه ۱۸ تهران در ماههای مختلف برداشت شد. غلظت سرب و کادمیم در نمونه ها با دستگاه جذب اتمی تعیین شد. نتایج این پژوهش نشان داد که در نمونه های خاک آبیاری شده با رواناب سطحی، حداکثر غلظت سرب و کادمیم به ترتیب ۵۲/۵ و ۰/۶۴ میلی گرم در کیلوگرم خاک خشک به دست آمد که از حد مجاز عناصر سنگین در خاک کمتر است. در نمونه های خاک آبیاری شده با چاه، حداکثر غلظت سرب و کادمیم، ۸۸ و ۲/۸ میلی گرم در کیلوگرم خاک خشک به دست آمد که کادمیم بیشتر از حد مجاز می باشد و علت آن می تواند ناشی از مجاورت مزارع با مسیر خروجی فاضلاب شهری و ورود این فاضلابها به چاههای منطقه باشد. میانگین مقدار سرب و کادمیم در نمونه های چاه نشان داد، برای مصارف آشامیدنی بسیار سمی و برای استفاده در کشاورزی نیز مجاز نمی باشد. نمونه آب رواناب سطحی با مقدار سرب کمتر از ۰/۰۵ و کادمیم کمتر از ۰/۰۳ میلی گرم بر لیتر برای مصارف آشامیدنی سمی و برای کشاورزی مجاز می باشد.

#### کلمات کلیدی

"فلزات سنگین"، "خاک"، "رواناب سطحی"، "چاه"، "فاضلاب شهری"

## Comparison of changes in soil heavy metal concentrations under the influence of different water sources( Case study of Tehran 18th district)

Mona azizi<sup>1</sup>, Lobat Taghavi<sup>2\*</sup>, Azita Behbahaninia<sup>3</sup>

1. MSc student, Department of Environment, Islamic Azad University Science and Research branch of Tehran, Iran

\*2. Associate professor, Department of Environment, Islamic Azad University Science and Research branch of Tehran, Iran

3. Assistant Professor, Department of Environment, Islamic Azad University, roudehen branch, Roudehen, Iran

\*Email Address l.taghavi@srbiau.ac.ir

#### Abstract

The purpose of this study is the effect of two sources of well irrigation and surface runoff on soil heavy metal concentrations. Samples of well water, surface runoff and soil irrigated with well water and surface runoff were collected in District 18 of Tehran in different months. Concentrations of lead and cadmium in the samples were determined by atomic absorption spectrometry. The results of this study showed that in soil samples irrigated with surface runoff, the maximum concentrations of lead and cadmium were 52.5 and 0.64 mg / kg of dry soil, respectively, which is less than the allowable level of heavy elements in the soil. In well-irrigated soil samples, the maximum concentrations of lead and cadmium were 88 and 2.8 mg / kg of dry soil, respectively, which is more than the allowable limit and the reason can be due to the proximity of farms to the municipal sewage outlet. The average amount of lead and cadmium in well samples showed that it is very toxic for drinking and not for agricultural use. Samples of surface runoff water with lead content less than 0.05 and cadmium less than 0.03 mg / L Toxic for drinking and allowed for agriculture.

#### Keywords

“Heavy metals”, “Soil”, “Runoff”, “well”, “wastewater”

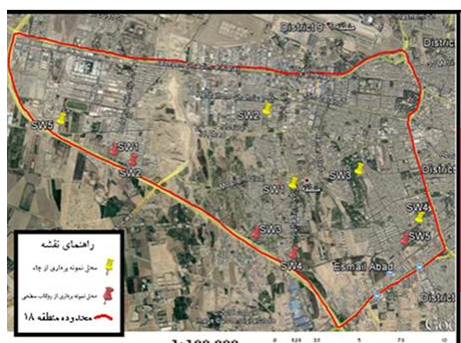
۱- مقدمه

برای مصارف مختلف، راهی مفید و قابل قبول می‌باشد. در منطقه ۱۸ تهران، بخش عمده آب مورد نیاز فعلی فضای سبز از طریق ۳۰ حلقه چاه‌های حفر شده موجود و در اختیار شهرداری تأمین می‌گردد که در سال‌های اخیر بدلیل شدت برداشت، دارای افت محسوس آبدهی بوده و در صورت ادامه همین روند، آبدهی آنها به یک سوم کاهش خواهد یافت (پارسافرو همکاران، ۱۳۹۴). ۲۳ رشته قنات در سطح منطقه شناسایی شده است، که به دلیل پایین رفتن سطح آب زیرزمینی، عموماً فاقد آبدهی و غیرفعال می‌باشند. به دلیل بافت محدوده یافت آباد و عدم اجرای شبکه فاضلاب شهری در اکثر مناطق این محدوده، حجم بالایی از فاضلاب خام خانگی در کانال‌های آب‌های سطحی منطقه ۱۸ در جریان بوده که این موضوع، مشکلات عدیده زیست‌محیطی در منطقه ایجاد نموده و در مواقع بارندگی عملاً این کانال‌ها در جمع‌آوری آب‌های سطحی جوابگو نیست که در صورت برداشت آب از این کانال‌ها و تصفیه آن، علاوه بر کاهش مشکلات زیست‌محیطی، امکان استفاده از آب آن برای آبیاری فضای سبز منطقه بخصوص حاشیه بزرگراه آزادگان که در حال کشت می‌باشد، امکان‌پذیر خواهد بود. اکثر اراضی این منطقه را در چند دهه پیش باغات و مزارع کشاورزی تشکیل داده که با توسعه تهران به طرف غرب بخشی از اراضی مذکور تحت پوشش توسعه شهری قرار گرفته است. هم‌اکنون حدود ۱۵ هکتار از زمین‌های محدوده یافت‌آباد زیر کشت سبزیجات می‌باشد و آبیاری زمین‌های مذکور از طریق چند حلقه چاه موجود در این منطقه آبیاری می‌شود. زمین‌های بالادست (حدود ۱۰ هکتار) در مجاورت چاه قرار گرفته و هر چه به سمت جنوب (بزرگراه آزادگان) پیش می‌رویم به دلیل وجود بافت مسکونی و وارد شدن فاضلاب در رواناب‌های شهری، آب با کیفیت پایین‌تری به زمین‌های پایین‌دست می‌رسد. با توجه به این که وارد شدن فاضلاب به رواناب سطحی شهری می‌تواند بر میزان فلزات سنگین آن تأثیرگذار باشد، هدف از این پژوهش اندازه‌گیری فلزات سنگین سرب و کادمیوم در نمونه‌های آب رواناب و چاه و همچنین در نمونه‌های خاک آبیاری شده با این دو منبع می‌باشد. بنابراین در این پژوهش تأثیر دو منبع آبیاری منطقه ۱۸ در جنوب تهران، یعنی آب چاه و رواناب سطحی بر غلظت فلزات سنگین خاک بررسی می‌شود.

۲- روش انجام تحقیق

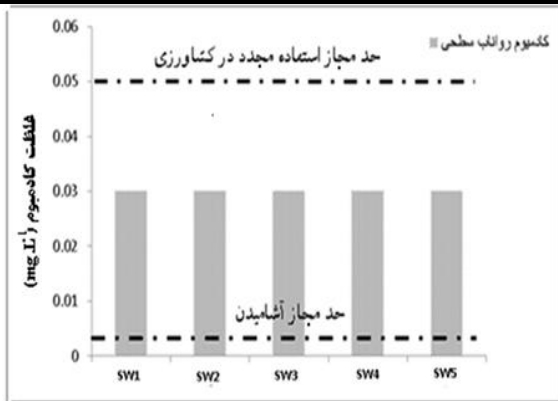
• محدوده مورد مطالعه

پنج ایستگاه در منطقه مورد مطالعه جهت نمونه برداری از رواناب سطحی در نظر گرفته شد. در شکل ۱ ایستگاهها مشخص شده اند. SW1= تقاطع خلیج و بزرگراه آزادگان، SW2= تقاطع ورزشگاه خلیج و بزرگراه آزادگان، SW3= تقاطع بابایی و بزرگراه آزادگان، SW4= تقاطع الغدير و آزادگان، SW5= خیابان نامدار کانال حیدری



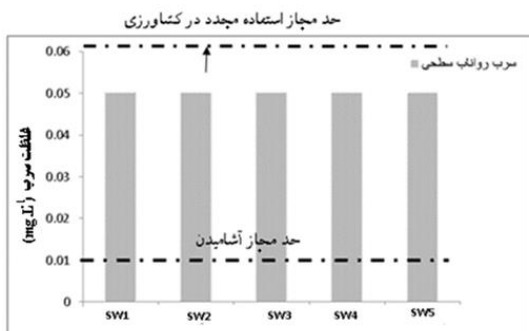
شکل ۱- محدوده مورد مطالعه و ایستگاههای نمونه برداری

با توجه به کمبود آب در مناطق خشک و نیمه‌خشک، بهره‌برداری مجدد از آب‌های نامتعارف از جمله رواناب‌های سطحی با رعایت ملاحظات زیست‌محیطی جهت جبران بخشی از این کمبود ضروری است. با توجه به اینکه رواناب‌های شهری حامل حجم زیادی آب شیرین هستند، به‌عنوان یک منبع تأمین آب برای مصارف مختلف به شمار می‌آیند (پروین نیا و همکاران، ۱۳۸۷). برای بهره‌گیری مجدد از این گونه آب‌ها نیاز است که از کیفیت آن آگاهی داشته و برای کاربرد آن در بخش‌های گوناگون استانداردهایی در نظر گرفته شود. تخلیه بی‌رویه فاضلاب‌های شهری و صنعتی به آب‌های سطحی، اثرات جبران‌ناپذیری را به محیط‌زیست به‌ویژه اراضی کشاورزی که با این آب‌ها آبیاری می‌شوند، وارد می‌سازند (رحمانی و همکاران، ۱۳۷۹). در حال حاضر، کانال‌های جمع‌آوری رواناب‌ها و آب‌های سطحی شهر تهران، نهایتاً به زمین‌های جنوب تهران رسیده و با وجود آلودگی این منابع سطحی، به دلیل کمبود آب و همچنین سهولت دسترسی بدون تصفیه توسط کشاورزان برای مصارف آبیاری در مقیاس وسیع استفاده می‌گردد. آلودگی خاک با فلزات سنگین یکی از مشکلات زیست‌محیطی عمده در جوامع بشری است که علاوه بر اثرات زیان‌بار بر خاک و آلودگی آب‌های زیرزمینی از طریق آبشویی، موجب کاهش عملکرد و کیفیت محصول و در نهایت با ورود به زنجیره غذایی سبب به خطر افتادن سلامتی افراد جامعه و دیگر موجودات زنده می‌شود. کادمیوم در بین فلزات سنگین، به دلیل تحرک و پویایی زیاد در خاک و جذب توسط گیاه، سمیت قابل توجهی را ایجاد می‌کند (Sayadi et al., 2017). اتابکی و لطفی (۱۳۹۷) در پژوهشی به بررسی غلظت فلزات سنگین (سرب، کادمیوم، روی و مس) در خاک مناطق مختلف اصفهان پرداختند و به این نتیجه دست یافتند که غلظت فلزات سرب و کادمیم در خاک‌های منطقه نسبت به میانگین استاندارد جهانی بالاتر و غلظت فلزات روی و مس نسبت به میانگین استاندارد جهانی پایین‌تر است. پارسافر و همکاران (۱۳۹۴) میزان شاخص آلودگی کادمیوم، مس، روی و سرب در خاک آبیاری شده با فاضلاب را مورد ارزیابی قرار دادند. بیشترین مقدار این شاخص در خاک آبیاری شده با فاضلاب خام و کمترین در خاک آبیاری شده با آب معمولی بود. بهبهانی نیا و همکاران (۲۰۱۰) در پژوهشی تأثیر استفاده از پساب و لجن در آبیاری گیاهان بر میزان غلظت فلزات سنگین خاک پرداختند. نتایج تحقیق آنها نشان داد، تجمع غلظت فلزات سنگین مورد مطالعه در لایه‌های سطحی خاک و تا عمق ۳۰ سانتیمتری بسیار بالا بود و در عمق‌های پایین‌تر غلظت فلزات کاهش داشت (Behbahaninia et al., 2010). نتایج پژوهشی با بررسی میزان تجمع فلزات سنگین در خاک آبیاری شده با فاضلاب تصفیه شده نشان داد، کادمیم متحرک‌تر و در تعامل بیشتر با مواد آلی است بنابراین هیچ اثری از آلودگی با کادمیوم در محیط نبود (Pontoni, 2018). نتایج پژوهشی با تأثیر آبیاری با فاضلاب بر تجمع فلزات سنگین در خاک و محصولات زراعی در مراکش نشان داد، محصولات و مواد غذایی آلوده به فلزات سنگین شاخص‌های خطر بالاتری دارند و یک خطر بزرگ برای حیوانات و مردم محلی است (Chaous et al., 2018). باتوجه به اینکه در چند سال اخیر کشور با کمبود آب مواجه شده، استفاده از رواناب‌های شهری که حامل حجم زیادی آب شیرین هستند به عنوان یک منبع تأمین آب



شکل ۲ مقایسه غلظت کادمیوم نمونه‌های رواناب سطحی با استاندارد شرب و کشاورزی

در شکل ۳ مقایسه مقدار سرب موجود در نمونه های برداشت شده از رواناب سطحی منطقه ۱۸ با دو استاندارد شرب و کشاورزی نشان داده شده است. بر اساس مقدار مجاز ارائه شده برای آب آشامیدنی (WHO) حد مجاز سرب برابر ۰/۰۱ ppm می باشد که در نتیجه نمونه آب رواناب سطحی منطقه ۱۸ تهران با مقدار سرب کم تر از ۰/۰۵ میلی گرم بر لیتر (ppm) برای مصارف آشامیدنی سمی می باشد. حد مجاز سرب بر اساس استاندارد استفاده مجدد پساب در کشاورزی سازمان محیط زیست ایران (DOE)، برابر ۱ میلی گرم بر لیتر (ppm) می باشد که با توجه به مقدار سرب در نمونه های مورد مطالعه، این آب برای استفاده در آبیاری کشاورزی مجاز بوده و قابل استفاده می باشد .



شکل ۳ مقایسه غلظت سرب نمونه های رواناب سطحی با استاندارد شرب و کشاورزی

در شکل ۴ مقایسه مقدار کادمیوم موجود در نمونه های برداشت شده از چاه های شاهد منطقه ۱۸ با دو استاندارد شرب و کشاورزی نشان داده شده است. بر اساس مقدار مجاز ارائه شده برای آب آشامیدنی (WHO) حد مجاز کادمیوم برابر ۰/۰۰۳ ppm می باشد که در نتیجه نمونه های آب چاه منطقه ۱۸ تهران با مقدار کادمیوم به ترتیب برای نمونه ۱ تا ۵ برابر ۰/۰۷۶، ۰/۰۷۷، ۰/۰۶۸، ۰/۰۵۸ و ۰/۰۶۷ میلی گرم بر لیتر (ppm) برای مصارف آشامیدنی بسیار سمی می باشد. بر اساس استاندارد استفاده مجدد پساب در کشاورزی سازمان محیط زیست ایران (DOE)، حد مجاز کادمیوم به منظور استفاده مجدد از پساب در کشاورزی برابر ۰/۰۵ میلی گرم بر لیتر (ppm) می باشد که با توجه به مقدار کادمیوم در نمونه های مورد مطالعه، این آب برای استفاده در آبیاری مجاز نبوده و قابل استفاده نمی باشد .

### روش نمونه بردای و آنالیز شیمیایی

ماه های اسفند، فروردین، اردیبهشت، آبان و آذر به عنوان ماه های پرباران و ماه های خرداد، تیر، مرداد و شهریور، مهر به عنوان ماه های کم باران در نظر گرفته شد. از آب چاه به عنوان آب شاهد سه مرتبه در ماه های پرباران و دو مرتبه در ماه های کم باران نمونه برداری انجام شد. نمونه برداری از رواناب شهری که جهت آبیاری مزارع استفاده می شود نیز در ماه اسفند به علت افزایش دبی ۲ مرتبه و در ماه شهریور به علت افزایش شدت تبخیر ۳ مرتبه نمونه برداری انجام گردید که در مجموع ۱۰ نمونه از آب های مورد مطالعه تهیه گردید. به منظور نمونه گیری از خاک ها (خاک آبیاری شده با آب چاه و خاک آبیاری شده با رواناب شهری) از نزدیک ترین و بزرگ ترین زمین به چاه آب که به عنوان شاهد انتخاب گردیده است یک مرتبه قبل از آبیاری اسفندماه و باتوجه به اینکه دوره کشت سبزیجات حدود ۴۵ روز می باشد، یک مرتبه هم در اردیبهشت و آذر نمونه گیری شد (در مجموع ۳ نمونه از هر ناحیه). در نمونه گیری نیز در هر ۱ هکتار ۱۵ الی ۲۰ نمونه به صورت زیگزاگ از عمق ۰ الی ۳۰ سانتی متر تهیه و سپس نمونه ها با هم به خوبی مخلوط شده و نهایتاً یک نمونه ۱ الی ۲ کیلوگرمی جهت آنالیز به آزمایشگاه ارسال گردید. جهت نمونه گیری از خاک آبیاری شده با رواناب شهری نیز به همین طریق (۳ نمونه) انجام شد. نمونه های آب و خاک برداشت شده به آزمایشگاه منتقل گردید. جهت تعیین غلظت فلزات سنگین سرب و کادمیوم در نمونه های آب از محلول تیزاب سلطانی استفاده شد (Jackson, 1973) و غلظت سرب و کادمیوم در نمونه ها با دستگاه جذب اتمی تعیین شد. نمونه های خاک در هوای آزاد خشک، و از الی ۲ میلی متری عبور داده شدند. غلظت فلزات سنگین بعد از هضم نمونه های خاک در محلول ۳:۱ HCl-HNO<sub>3</sub> غلیظ، با استفاده از دستگاه جذب اتمی اندازه گیری شد (یزدانیخس و همکاران، ۱۳۹۴).

### ۳- نتایج

در شکل ۲ مقایسه مقدار کادمیوم موجود در نمونه های برداشت شده از رواناب سطحی منطقه ۱۸ با دو استاندارد آب آشامیدنی و کشاورزی نشان داده شده است. بر اساس مقدار مجاز ارائه شده برای آب آشامیدنی (WHO) حد مجاز کادمیوم برابر ۰/۰۰۳ ppm می باشد که در نتیجه، نمونه های آب رواناب سطحی منطقه ۱۸ تهران با مقدار کادمیوم کم تر از ۰/۰۳ میلی گرم بر لیتر (ppm) برای مصارف آشامیدنی بسیار سمی می باشند. حد مجاز کادمیوم بر اساس استاندارد استفاده مجدد پساب در کشاورزی سازمان محیط زیست ایران (DOE)، به منظور استفاده مجدد از پساب در کشاورزی برابر ۰/۰۵ میلی گرم بر لیتر (ppm) می باشد که با توجه به مقدار کادمیوم در نمونه های مورد مطالعه، این آب برای استفاده در آبیاری کشاورزی مجاز بوده و قابل استفاده می باشد ولی در صورت استفاده از این رواناب ها، پایش مداوم آن ها از نظر رعایت استانداردها برای آبیاری ضروری می باشد.

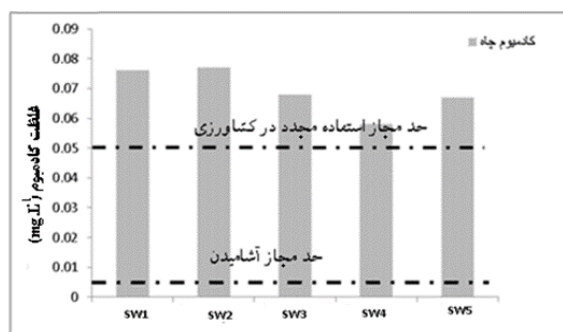
آبیاری	آذر	۰/۴۴	۲	۴۴/۳	۳۰۰
۳	قبل آبیاری	اسفند	۰/۲	۲	۱۶/۱
	بعد آبیاری	اردیبهشت	-۰/۲۲	۲	۱۶/۳
	آبیاری	آذر	-۰/۲۷	۲	۱۷/۴
۴	قبل آبیاری	اسفند	-۰/۲۵	۲	۱۶/۲
	بعد آبیاری	اردیبهشت	-۰/۲۸	۲	۱۶/۵
	آبیاری	آذر	-۰/۲۸	۲	۱۶/۶

نمونه برداری از خاک، از ۵ نقطه که با آب چاه آبیاری شده است در ماههای مختلف سال ۹۶ و ۹۷ انجام شد و غلظت کادمیوم و سرب آن اندازه‌گیری گردید. جدول ۲ غلظت این دو فلز سنگین اندازه‌گیری شده در نمونه‌های خاک منطقه ۱۸ را نشان می‌دهد. حداکثر مجاز غلظت عنصر کادمیوم در خاک، با توجه به استاندارد انگلستان ۲ و مطابق با استاندارد کانادا ۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک است بنابراین بر اساس استاندارد انگلستان، میزان کادمیوم در نمونه‌های ۱، ۴ و ۵ در دو ماه اردیبهشت و آذر بیش از حد مجاز بوده و برای سلامت انسان، گیاه و دام مناسب نمی‌باشد. حداکثر مجاز غلظت عنصر سرب در خاک، با توجه به استاندارد اروپا ۳۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک است. بر اساس این پژوهش، غلظت سرب خاک نیز بیش از حد مجاز نمی‌باشد.

جدول ۲ غلظت سرب و کادمیوم در نمونه‌های خاک آبیاری شده با آب

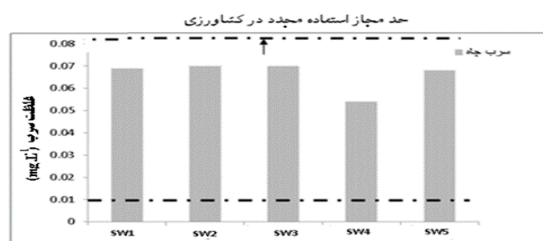
#### چاه منطقه ۱۸ تهران

شماره نمونه	وضعیت آبیاری	زمان برداشت نمونه	غلظت کادمیوم	استاندارد کادمیوم	غلظت سرب	استاندارد سرب
۱	قبل آبیاری	اسفند	۰/۶	۲	۵۱	۳۰۰
	بعد آبیاری	اردیبهشت	۲/۷	۲	۸۴/۵	۳۰۰
	آبیاری	آذر	۲/۸	۲	۸۸	۳۰۰
۲	قبل آبیاری	اسفند	-۰/۲۸	۲	۴۳/۲	۳۰۰
	بعد آبیاری	اردیبهشت	۱/۳۲	۲	۶۵/۵	۳۰۰
	آبیاری	آذر	۱/۴۷	۲	۶۷/۹	۳۰۰
۳	قبل آبیاری	اسفند	۰/۲	۲	۱۶/۱	۳۰۰
	بعد آبیاری	اردیبهشت	-۰/۹۶	۲	۵۵/۷	۳۰۰
	آبیاری	آذر	-۰/۹۸	۲	۵۶/۴	۳۰۰
۴	قبل آبیاری	اسفند	-۰/۲۵	۲	۱۶/۲	۳۰۰
	بعد آبیاری	اردیبهشت	۲/۲۸	۲	۷۶/۵	۳۰۰
	آبیاری	آذر	۲/۵	۲	۷۸/۶	۳۰۰
۵	قبل آبیاری	اسفند	-۰/۳۲	۲	۱۷/۷	۳۰۰
	بعد آبیاری	اردیبهشت	۲/۳۲	۲	۷۵/۱	۳۰۰
	آبیاری	آذر	۲/۳۴	۲	۷۶/۳	۳۰۰



شکل ۴ مقایسه غلظت کادمیوم نمونه‌های چاه با استاندارد شرب و کشاورزی

در شکل ۵ مقایسه مقدار سرب موجود در نمونه های برداشت شده از چاه منطقه ۱۸ با دو استاندارد شرب و استفاده به منظور کشاورزی ارائه گردیده است. بر اساس مقدار مجاز ارائه شده برای آب آشامیدنی (WHO) حد مجاز سرب برابر ۰/۱۰ ppm می‌باشد که در نتیجه نمونه‌های آب چاه منطقه ۱۸ تهران با مقدار سرب به ترتیب برای نمونه ۱ تا ۵ برابر ۰/۰۶۹، ۰/۰۷۰، ۰/۰۷۰، ۰/۰۵۴ و ۰/۰۶۸ میلی‌گرم بر لیتر (ppm) برای مصارف آشامیدنی سمی می‌باشد.



شکل ۵ مقایسه غلظت سرب نمونه‌های چاه با استاندارد شرب و کشاورزی

نمونه برداری از خاک، از ۵ نقطه که با رواناب سطحی آبیاری شده است در ماههای مختلف سال ۹۶ و ۹۷، انجام شد و غلظت کادمیم و سرب آن اندازه‌گیری گردید. جدول ۱ غلظت این دو فلز سنگین اندازه‌گیری شده در نمونه‌های خاک منطقه ۱۸ را نشان می‌دهد. حداکثر مجاز غلظت عنصر کادمیوم در خاک، با توجه به استاندارد انگلستان ۲ و مطابق با استاندارد کانادا ۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک است. بر اساس این پژوهش، غلظت کادمیوم خاک بیش از حد مجاز نمی‌باشد. حداکثر مجاز غلظت عنصر سرب در خاک، با توجه به استاندارد اروپا ۳۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک است. بر اساس این پژوهش، غلظت سرب خاک نیز بیش از حد مجاز نمی‌باشد.

جدول ۱ غلظت سرب و کادمیوم در نمونه‌های خاک آبیاری شده با

#### رواناب سطحی منطقه ۱۸ تهران

شماره نمونه	وضعیت آبیاری	زمان برداشت نمونه	غلظت کادمیوم	استاندارد کادمیوم	غلظت سرب	استاندارد سرب
۱	قبل آبیاری	اسفند	۰/۶	۲	۵۱	۳۰۰
	بعد آبیاری	اردیبهشت	۰/۶۳	۲	۵۲/۲	۳۰۰
	آبیاری	آذر	۰/۶۴	۲	۵۲/۵	۳۰۰
۲	قبل آبیاری	اسفند	-۰/۲۸	۲	۴۳/۲	۳۰۰
	بعد آبیاری	اردیبهشت	-۰/۳۲	۲	۴۳/۶	۳۰۰

#### ۴- نتیجه گیری

نمونه اول برای کشت به توجه و دقت بیش تری نیاز دارند. افزایش سطح فلزات سنگین خاک در اثر کاربرد فاضلاب، شدیداً ظرفیت تبادل کاتیونی، مواد آلی، پویایی و تحرک عناصر، pH معدنی خاک را تحت تأثیر قرار می دهد (Singh et al., 2008). غلظت سرب در خاک قبل و بعد از آبیاری با رواناب در اردیبهشت ماه، براساس آزمون آماری T در ۰/۰۵ با توجه به میزان معنی داری برابر ۰/۹۷ و قبول فرض صفر که بیانگر برابری واریانس دو گروه می باشد، تفاوت معنی دار نداشته و آبیاری با رواناب در اردیبهشت ماه تأثیر قابل توجهی بر افزایش غلظت سرب در خاک نگذاشته است. غلظت کادمیوم در خاک قبل و بعد از آبیاری با رواناب در آذر ماه، براساس آزمون T در سطح ۰/۰۵ با توجه به میزان معنی داری برابر ۰/۵۳ و قبول فرض صفر که بیانگر برابری واریانس دو گروه می باشد، بنابراین تفاوت معنی دار نداشته و آبیاری با رواناب در آذر ماه تأثیر قابل توجهی بر افزایش غلظت کادمیوم در خاک نگذاشته است. غلظت کادمیوم در خاک قبل و بعد از آبیاری با رواناب در اردیبهشت ماه، براساس آزمون صورت گرفته در سطح ۰/۰۵ با توجه به میزان معنی داری برابر ۰/۸۰ و قبول فرض صفر که بیانگر برابری واریانس دو گروه می باشد، تفاوت معنی دار نداشته و آبیاری با رواناب در اردیبهشت ماه تأثیر قابل توجهی بر افزایش غلظت کادمیوم در خاک نگذاشته است. بنابراین با توجه به خصوصیات شیمیایی، رواناب سطحی می تواند منبعی مهم و جایگزینی مطلوب به منظور تأمین نیازهای آبی بخش کشاورزی باشد لیکن با توجه به وجود بیش از حد مجاز عناصر سنگین در برخی نمونه های خاک، ارائه راهکارهای مدیریتی به منظور استفاده از خاک و آب در آن نواحی لازم و برای حفظ سلامتی کارگران مزارع و همچنین مصرف کنندگان سبزیجات و محصولات که به صورت خام مصرف می شوند، تصفیه و گندزدایی این آب ها ضروری و حائز اهمیت می باشد.

با توجه به دامنه غلظت عناصر سنگین در خاک های مورد بررسی، مشخص گردید که گستره غلظت سرب در تمامی نمونه های خاک، بیش تر از کادمیوم می باشد. حضور واحدهای صنعتی، نفوذپذیری مواد سازنده آبخوان، عمق کم آب های زیرزمینی و کاربرد آن در زمین های کشاورزی باعث شده است که آب های زیرزمینی بخش هایی از منطقه مورد مطالعه دچار آلودگی شدید و حتی بیش تر از میزان آلودگی رواناب های سطحی گردد. از بین مناطق نمونه برداری آبیاری شده با رواناب سطحی، حداکثر غلظت کل عناصر سنگین سرب و کادمیوم به ترتیب ۵۲/۵ و ۰/۶۴ میلی گرم در کیلوگرم خاک خشک در منطقه ۱۸ واقع در جنوب شهر تهران بدست آمد که در این شرایط هیچکدام از نمونه ها دارای غلظت بیش تر از حد مجاز عناصر سنگین نمی باشند. از بین مناطق نمونه برداری آبیاری شده با آب چاه، حداکثر غلظت کل عناصر سنگین سرب و کادمیوم به ترتیب ۸۸ و ۲/۸ میلی گرم در کیلوگرم خاک خشک در منطقه ۱۸ واقع در جنوب شهر تهران بدست آمد که می تواند ناشی از مجاورت مزارع مذکور با مسیر خروجی فاضلاب شهری و ورود این فاضلاب ها به چاه های اطراف منطقه باشد. میزان کادمیم در نمونه های ۱، ۴ و ۵ در دو ماه اردیبهشت و آذر بیش از حد مجاز بوده و برای سلامت انسان، گیاه و دام مناسب نمی باشد. از بین نمونه های برداشت شده، نمونه اول بیش ترین غلظت کادمیوم و سرب را دارا می باشد که علت این امر می تواند نزدیک بودن این چاه به مناطق مسکونی و بیمارستانی باشد. نتایج تحقیقات، حاکی از آن است که غلظت فلزات سنگین در محلول خاک، نقشی حیاتی در کنترل قابلیت استفاده فلز برای گیاهان را به عهده دارد به طوری که با افزایش سطح غلظت عناصر سنگین در خاک، منجر به افزایش غلظت و جذب عنصر در گیاه می شود (Orisakwe et al., 2012) بنابراین خاک های

#### منابع

- اتابکی، م.ر.، لطفی، ع. ۱۳۹۷. بررسی غلظت فلزات سنگین (سرب، کادمیوم، روی و مس) در خاک مناطق مختلف اصفهان. پژوهش در بهداشت محیط. ۱ (۱۳): ۳۵-۲۳.
- پارسا، ن.، معروفی، ص.، رحیمی، ق.، معروفی ح. ۱۳۹۴. ارزیابی میزان شاخص آلودگی کادمیوم، روی، مس و سرب در خاک آبیاری شده با فاضلاب شهری. نشریه دانش آب و خاک، جلد ۲۵ (۱).
- پروین نیا، م.، رخشنده رو، غ.ر. و منجمی، پ. ۱۳۸۷. بررسی کیفیت و احیای رواناب های شهری در شیراز. آب و فاضلاب. ۶۶: ۵۵-۴۶.
- یزدان بخش ا.، اسلامی، رضایی س. ۱۳۹۴. بررسی کیفیت کیفیت رواناب سطحی کانال فیروزآباد شهر تهران برای مصارف آبیاری. فصلنامه بهداشت در عرصه. دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی. دانشکده بهداشت. ۳ (۳): ۲۶-۱۹.
- Behbahaninia, A. Mirbagheri, S.A Nouri, J. Effects of Sludge from wastewater treatment plants on heavy metals transport to soils and groundwater. Iranian Journal of Environmental health science and engineering (IJEHSE). Vol. 7 No.5, 2010, pp.401-406
- Pontoni, L. 2018. Accumulation and colloidal mobilization of trace heavy metals in soil irrigated with treated wastewater. HAL archives-ouvertes. Degree of Doctor in Environmental Technology.
- Chaoua, S., Boussaa, S., E. Gharmali, A. and Boumezzough, A. 2018. Impact of irrigation with wastewater on accumulation of heavy metals in soil and crops in the region of Marrakech in Morocco. Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences.
- Jackson, M.L. 1973. Soil chemical analysis. Prentice Hall of India Private Ltd, New Delhi.
- Gasco, G., Lobo, M.C., 2007. Composition of Spanish sewage sludge and effects on treated soil and olive with treated urban effluent in Australia. Environmental Pollution, 94 (3): 317-323.
- Orisakwe, O.E., Nduka, J.K., Amadi, C.N., Dike, D., and Obialor, O.O. 2012. Evaluation of potential dietary toxicity of heavy metals of vegetables. Journal of Environmental and Analytical Toxicology. 2 (3).
- Singh, R.P., Agrawal, M., 2008. Potential benefits and risks of land application of sewage sludge. Waste Management, 28 (2): 347-358.