

علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره بیست و دوم، شماره یازده، بهمن ماه ۹۹

بررسی ارتباط غلظت فلزات سنگین (سرب و کادمیوم) در خاک و دانه گیاه گندم و ارزیابی ریسک ناشی از مصرف آن

مریم گندمی^۱

آزیتا بهبهانی نیا^{۲*}

behbahani@riau.ac.ir

مریم فراهانی^۳

تاریخ پذیرش: ۹۶/۱۱/۱۱

تاریخ دریافت: ۹۶/۲/۱۳

چکیده

زمینه و هدف: در شهرک آسیابک زرنديه واقع در استان مرکزی، تخلیه فاضلاب تصیه نشده درفاصله ۲۰ متری از زمین های زراعی گندم صورت می گیرد. تحقیق حاضر به هدف تعیین غلظت سرب و کادمیوم در خاک های آلوده به فاضلاب، آب آبیاری و گیاه گندم کشت شده در منطقه اطراف شهرک آسیابک و بررسی رابطه همبستگی بین آن ها و ارزیابی ریسک احتمالی ناشی از مصرف گندم کشت شده در این منطقه، صورت گرفته است.

روش بررسی: نمونه برداری از فاضلاب، آب آبیاری، خاک سطحی و گندم به روش تصادفی انجام گرفت. غلظت سرب و کادمیوم در تمامی نمونه ها اندازه گیری شد. نتایج مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت. از نرم افزار GIS نقشه پهنه بندی فلزات فوق در خاک منطقه تهیه گردید.

یافته ها: میزان سرب و کادمیوم در نمونه خاک کم تر از حد مجاز و در گندم بیش از حد مجاز استاندارد ملی ایران بود. بین میزان عناصر سرب و کادمیوم در نمونه های گندم، خاک و آب آبیاری همبستگی مثبت بسیار قوی وجود داشت. در حالی که بین غلظت این عناصر در گندم و مقدار آن ها در فاضلاب رابطه ای وجود نداشت.

بحث و نتیجه گیری: عدم همبستگی بین غلظت عناصر سرب و کادمیوم در گندم و مقدار آن ها در فاضلاب نشان می دهد، فاضلاب پخش شده در منطقه در روند افزایش غلظت سرب و کادمیوم در گندم تاثیری نداشته و احتمالاً افزایش این فلزات در گندم مربوط به آب آبیاری (آب چاه) می باشد. شاخص ریسک (HQ) ناشی از مصرف گندم کوچک تر از یک بدست آمد. میزان سرب و کادمیم در گندم بیش از حد استاندارد بدست آمد.

واژه های کلیدی: سرب، کادمیوم، گندم، فاضلاب، ارزیابی ریسک.

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

۲ - استادیار گروه محیط زیست واحد رودهن، دانشگاه آزاد اسلامی، رودهن، ایران. * (مسوول مکاتبات)

۳ - استادیار گروه محیط زیست واحد رودهن، دانشگاه آزاد اسلامی، رودهن، ایران.

The relationship between the concentration of heavy metals (lead and cadmium) in soil and seeds of wheat and risk assessment of consumption of wheat

Maryam Gandomi¹

Azita Behbahania^{2*}

behbahani@riau.ac.ir

Maryam Farahani³

Admission Date: January 31, 2018

Date Received: May 3, 2017

Abstract

Background and Objective: In Asyabk Zarandieh town, located in Central Province, sewage discharge is released within 20 meter from arable land of wheat. This research is to determine the concentration of lead and cadmium in contaminated soils, sewage, irrigation water and wheat grown in the area around the town Asyabk and the correlation between them and assessing the potential risks arising from the consumption of wheat grown in the region.

Method: The sampling of drainage and irrigation water, surface soil, wheat was done by random. Lead and cadmium concentrations in all samples were measured. The results were statistically analyzed. Also the zonation map was prepared by GIS software.

Findings: Concentration of lead and cadmium in soil samples obtained less than limit permissible but concentration of Cd and pb in wheat obtained exceeded the national standard of Iran. Based on the correlation results between the amount of lead and cadmium in the wheat samples, soil and irrigation water, there was a strong positive correlation. While there was no relationship between the concentrations of these elements in the wheat samples and the amount of metals in the wastewater samples.

Discussion and Conclusion: The lack of correlation between the concentration of lead and cadmium in wheat and wastewater showed sewage spread in the region unaffected in the process of increasing the concentration of lead and cadmium in wheat. The main reason of increase Pb and Cd in wheat samples is related to irrigation water (well water). The risk index (HQ) of wheat consumption in the region obtained smaller than 1 for lead and cadmium.

Keywords: Lead, Cadmium, Wheat, wastewater, Risk Assessment

1- Graduated master, Department of Environment, Natural resource and environment faculty, Science and research branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

2-Assistant professor, Department of Environment, Faculty of Agriculture, Roudehen Branch, Islamic Azad University, Roudehen, Iran. *(Corresponding Author)

3-Assistant professor, Department of Environment, Faculty of Agriculture, Roudehen Branch, Islamic Azad University, Roudehen, Iran

مقدمه

و لجن فاضلاب برای چندین سال استفاده در زمین های کشاورزی منجر به افزایش فلزات سنگین Cd, Ni, Cr, Pb, Fe, Cu و Zn در خاک شده است. به عقیده آنان آلودگی آب های زیرزمینی توسط این فلزات به احتمال زیاد از طریق شکستگی های موجود در زمین، ترک ها در سطح خاک و راه های باز مثل چاه است. شریعتمداری و همکاران (۶) پژوهشی با عنوان اثرات تجمععی و باقی مانده لجن فاضلاب شهری بر غلظت عناصر سرب و کادمیوم در خاک و گیاه گندم انجام دادند که نتایج تجزیه گیاه نشان داد که لجن فاضلاب اثر معنی داری بر تجمع کادمیوم در ریشه و ساقه و همچنین سرب در دانه داشته است. همچنین نتایج بیان گر آن بود که لجن فاضلاب به صورت باقی مانده و تجمععی، غلظت عناصر سنگین در خاک و گیاه را افزایش داده است. گونار بورجیسون (۷) در تحقیقی با عنوان چهار آزمایش میدانی بلندمدت با رسوب فاضلاب در سوئد و بررسی تاثیر محدود بر روی میکروب های خاک و جذب فلز توسط محصولات نشان دادند که بکارگیری بلندمدت رسوب فاضلاب در هر چهار شهر باعث افزایش محتوای نیتروژن و کربن آلی خاک، زیست توده میکروبی و میزان محصول شد. بکارگیری بلندمدت رسوب فاضلاب منجر به کاهش میزان pH در خاک شد. در کلیه شهرها، غلظت های برخی فلزات به طور قابل ملاحظه ای در اثر بکارگیری رسوب فاضلاب افزایش یافته بود. سیماسووارانگ و همکاران (۸) در پژوهشی تحت عنوان توزیع مکانی و ارزیابی ریسک فلزات آرسنیک، کادمیوم، مس، سرب و روی در خاک های سطحی استان رایونگ در تایلند نشان دادند که میانگین اکثر فلزات سنگین به جز آرسنیک پایین تر از میزان استاندارد کیفیت خاک تایلند برای اهداف زیستگاهی و کشاورزی است. شاخص خطر کل فلزات سنگین برای کودکان و بزرگسالان به ترتیب آرسنیک < سرب < مس < کادمیوم < روی بودند، شاخص

یکی از مشکلات فاضلاب ها و پسماندهای صنعتی که وارد خاک می شود فلزات سنگین است. ورود فلزات سمی به خاک ها باعث آلودگی آن شده، به طوری که شدت آلودگی در این خاک ها یا بیش از حد طبیعی است و یا به زودی به آن خواهد رسید. در بین فلزات سنگین به سرب و کادمیوم توجه ویژه ای شده است چرا که به راحتی بوسیله ریشه گیاه جذب شده و سمیت آن ۲۰ برابر بیش تر از سایر فلزات سنگین است. سرب یکی از پر دوام ترین فلزات است که می تواند ۵۰ تا ۱۵۰ سال در خاک باقی بماند. این عنصر با ورود به زنجیره ی غذایی، در بدن انسان و حیوانات تجمع یافته منجر به ایجاد جهش و سرطان زایی می گردد (۱). کادمیوم نیز می تواند در مسیرهای متابولیکی بسیاری از عناصر از جمله روی، مس و کلسیم وارد شود و فعالیت های بیولوژیکی آن ها را در موجودات زنده برهم زند (۲). قاجار سپانلو و همکاران (۳) در پژوهشی تحت عنوان بررسی میزان برخی عناصر سنگین در خاک و گیاه کلزا در مزارع تحت آبیاری با پساب شهرک صنعتی آمل نشان دادند شاخص خطر (HQ) عناصر مورد بررسی در دانه کلزا در اثر آبیاری با پساب صنعتی افزایش یافته و همچنین تجمع کادمیوم در دانه کلزا به حد خطرناک رسیده است. چراغی و قبادی (۴) در تحقیقی تحت عنوان ارزیابی خطر سلامتی فلزات سنگین (کادمیوم، نیکل، سرب و روی) در سبزی جعفری برداشت شده از برخی مزارع شهر همدان نشان دادند جعفری کشت شده در این منطقه به فلزات سنگین کادمیوم و سرب آلوده است و شاخص خطر و سلامت (HRI) بیش از ۱ برای فلز سرب، نشان دهنده خطر بالقوه بهداشتی این فلز در ارتباط با مصرف جعفری آلوده در رژیم غذایی روزانه انسان است. بهبهانی نیا و همکاران (۵) در پژوهشی با عنوان اثرات لجن تصفیه خانه های فاضلاب در انتقال فلزات سنگین به خاک و آب های زیرزمینی، به این نتیجه رسیدند که آبیاری توسط پساب

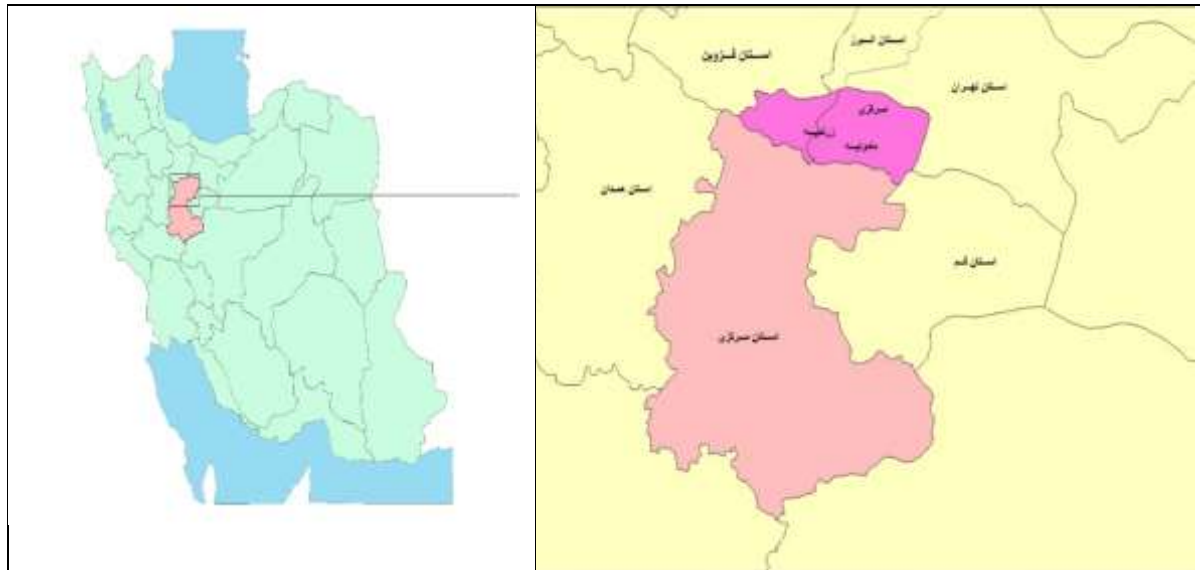
فاضلاب، آب آبیاری، خاک سطحی و گندم به روش تصادفی انجام گرفت. غلظت سرب و کادمیوم در تمامی نمونه ها اندازه گیری و نتایج مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت. از نرم افزار GIS نقشه پهنه بندی فلزات فوق در خاک منطقه تهیه گردید.

روش بررسی

موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

شهر مامونیه به لحاظ موقعیت بین ۳۵ درجه و ۱۷ دقیقه تا ۳۵ درجه و ۲۰ دقیقه عرض شمالی و ۵۰ درجه و ۳۳ دقیقه تا ۵۰ درجه و ۲۸ دقیقه طول شرقی واقع شده است. این شهر به لحاظ موقعیت ارتباطی در ۳۹ کیلومتری شمال ساوه و ۹۰ کیلومتری جنوب تهران واقع شده است. نزدیک ترین نقطه سکونت گاهی به شهر مامونیه از سمت جنوب رو ستای کریم آباد، از سمت غرب روستای بربر و از سمت شمال روستای موسی آباد می باشد (شکل ۱).

خطر آرسنیک برای کودکان بیش تر از ۱ بوده و مناطق مهمی که مخاطره آمیز هستند برای سلامت به طور عمده در بخش شرقی منطقه مورد مطالعه که برای کشاورزی از آن استفاده می شود و مناطق جنوب غربی که در آن فعالیت های صنعتی صورت می گیرد واقع شده اند. زانگ و همکاران (۹) ریسک سلامت جمعیت را به علت بلع عناصر سنگین در شهر صنعتی هولادو چین مورد بررسی قرار دادند. نتایج آن ها نشان داد که مقدار HI در هر دو گروه سنی بالاتر از یک شد. در شهرک آسیابک زرنبدیه واقع در استان مرکزی، تخلیه فاضلاب تصفیه نشده درفاصله ۲۰ متری از زمین های زراعی گندم صورت می گیرد. تحقیق حاضر به هدف تعیین غلظت سرب و کادمیوم در خاکهای آلوده، فاضلاب، آب آبیاری و گیاه گندم کشت شده در منطقه اطراف شهرک آسیابک و ارزیابی ریسک احتمالی ناشی از مصرف گندم کشت شده در این منطقه، صورت گرفته است و نمونه برداری از



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه

Figure 1. The location of the study area

مورد مطالعه، در نظر گرفته شده و نمونه های خاک به آزمایشگاه انتقال داده شد و در آزمایشگاه نمونه ها خشک گردید پس از کوبیده شدن در هوا از الک ۲ میلی متری عبور داده شدند. غلظت فلزات سنگین در آن ها به روش استاندارد به

پس از انجام مطالعات کتابخانه ای و شناسایی محدوده مطالعاتی، ایستگاه های نمونه برداری خاک با استفاده GPS انتخاب گردید. تعداد ۱۵ نمونه خاک بر اساس وسعت منطقه و نزدیک و دور بودن به کانال های فاضلاب رها شده در منطقه

IR: میزان مصرف روزانه آن محصول توسط افراد بر حسب کیلوگرم در ایران (این میزان برای گندم ۰/۳۳۴ کیلو گرم بر اساس آمار موسسه استاندارد گزارش شده است)

BW: وزن متوسط بدن یک فرد بزرگسال (۶۰ کیلو گرم) است. و اما شاخص خطر عبارت است از نسبت مواجهه ی آلاینده (در اینجا سرب و کادمیوم) و دوز مرجع آن که از طریق رابطه زیر محاسبه میشود. که در آن:

$$HQ = DI / RfD$$

HQ^۵: نسبت خطر (بدون واحد)

RfD^۶: مقدار رفرنس است و نشان دهنده حد مجاز جذب عناصر سنگین در یک روز توسط انسان می باشد این مقدار برای سرب و کادمیوم به ترتیب ۰/۰۲ و ۰/۰۰۱ میلی گرم بر کیلو گرم وزن بدن در روز است (۱۶). با بدست آوردن شاخص خطر می توان میزان ریسک ناشی از مصرف محصول مورد نظر را برای انسان بررسی کرد اگر نتیجه حاصل از این فرمول کم تر از ۱ باشد نشان آن است که مصرف محصول مورد نظر اثر حاد مضر بر روی سلامتی ندارد (۱۷، ۱۸).

یافته ها

داده های مقایسه عناصر سرب و کادمیوم موجود در نمونه های خاک با ماگزیمم استاندارد مجاز در خاک در جدول ۱ نشان داده شده است که با به بکارگیری آزمون آماری t تک گروهی و با توجه به میانگین عناصر سرب و کادمیوم در خاک و مقایسه آن ها با مقادیر استاندارد سازمان حفاظت محیط زیست (سرب ۷۵ و کادمیم ۵ میلی گرم در کیلوگرم) (۱۹) می توان گفت میزان عناصر سرب و کادمیوم در خاک در حد مجاز می باشد. ولی با توجه به قابلیت تجمع این عنصر در محیط زیست و بدن موجودات زنده می تواند به عنوان یک خطر مطرح باشد.

وسيله دستگاه جذب اتمی، مدل specter AA200 تعیین شد (۱۰) جهت تعیین غلظت فلزات سنگین در گیاه گندم، تعداد ۱۵ نمونه از گندم کشت شده از قسمت های مختلف منطقه مورد مطالعه که بتواند شرایط محصول را نشان دهد، نمونه برداری گردید. نمونه ها کاملاً شسته شده در دستگاه اتو به مدت ۴۸ ساعت قرار گرفتند. نمونه ها در اسید کلریدریک و اسید نیتریک هضم شدند (۱۱). و با دستگاه جذب اتمی مدل specter AA 200 غلظت فلزات سنگین در نمونه ها تعیین شد. از آب ایاری منطقه در چندین نوبت نمونه برداری صورت گرفت و غلظت فلزات سنگین سرب و کادمیوم در آن ها بر اساس روش استاندارد (۱۲) و به وسیله دستگاه جذب اتمی مدل specter AA 200 تعیین گردید. برای مقایسه غلظت فلزات سنگین در خاک و دانه گیاه گندم با مقادیر استاندارد از روش آزمون تی تک گروهی و برای مقایسه میزان عناصر سنگین خاک در ایستگاه های مختلف با بکارگیری نرم افزار SPSS از مدل آماری تحلیل واریانس یک طرفه (One-way ANOVA) و تست LSD استفاده گردید (۱۳). تهیه نقشه فلزات سنگین سرب و کادمیوم در خاک با استفاده از درون یابی به روش معکوس وزنی فاصله انجام گرفت. برای محاسبه ارزیابی ریسک ناشی از مصرف گندم ابتدا باید میزان DI (میزان جذب روزانه فلزات) را بدست آورد و بعد از آن با توجه به غلظت سرب و کادمیوم اندازه گیری شده در گندم و همچنین در نظر گرفتن سمیت سرب و کادمیوم، میزان مجاز مصرف گندم بررسی و شاخص خطر (HQ) را محاسبه کرد. جذب روزانه فلزات سرب و کادمیوم از طریق رابطه زیر محاسبه می شود (۱۴، ۱۵)

$$DI = (C_m * IR) / BW$$

که در این رابطه:

DI: دریافت روزانه فلزات سنگین بر حسب میلی گرم بر کیلوگرم وزن بدن

C_m: میانگین غلظت هر فلز سنگین در محصولات بر حسب میلی گرم بر کیلوگرم

- 4- Body weight
- 5- Hazard quotient
- 6- Reference dose

- 1- Daily intake
- 2- Measured concentration
- 3- Ingestion rate

جدول ۱-آزمون آماری تی تک گروهی فلزات سرب و کادمیوم در نمونه خاک

Table1. The statistical test t one group metals lead and cadmium in the soil samples

متغیر	تعداد نمونه	میانگین تجربی	میزان استاندارد Mg/l	انحراف معیار تجربی	خطای معیار میانگین	T	درجه آزادی	تفاوت در سطح اطمینان ۹۵ درصد		
								سطح معناداری	پایین تر	بالا تر
سرب گندم	۴۵	۳/۸۳۴	۷۵	۲/۱۲۷	۰/۳۱۷	-۲۲۴/۴۷۴	۴۴	۰/۰۰۰	-۷۱/۸۰۵۱۶	۷۰/۵۲۸
کادمیوم گندم	۴۵	۰/۱۴۳	۵	۰/۱۱۸	۰/۰۱۸	-۲۷۶/۶۷۳	۴۴	۰/۰۰۰	-۴/۸۹۲۱۸	-۴/۸۲۱

داده های مقایسه عناصر سرب و کادمیوم موجود در نمونه های دانه گندم با ماکزیمم استاندارد های مربوطه در جدول ۲ نشان داده شده اند که با به بکارگیری آزمون آماری t تک گروهی و با توجه به میانگین عناصر سرب و کادمیوم در دانه گیاه گندم و مقایسه آن ها با مقادیر استاندارد مربوطه (سرب ۰/۱۵ و کادمیم

۰/۰۳ میلی گرم بر کیلوگرم) (۲۰) می توان گفت میزان عناصر سرب و کادمیوم در دانه گندم بیش تر از حد مجاز بوده و با توجه به مخاطرات این عناصر برای سلامتی انسان و قابلیت تجمع این عناصر در محیط زیست و بدن موجودات زنده می تواند خطرناک باشد.

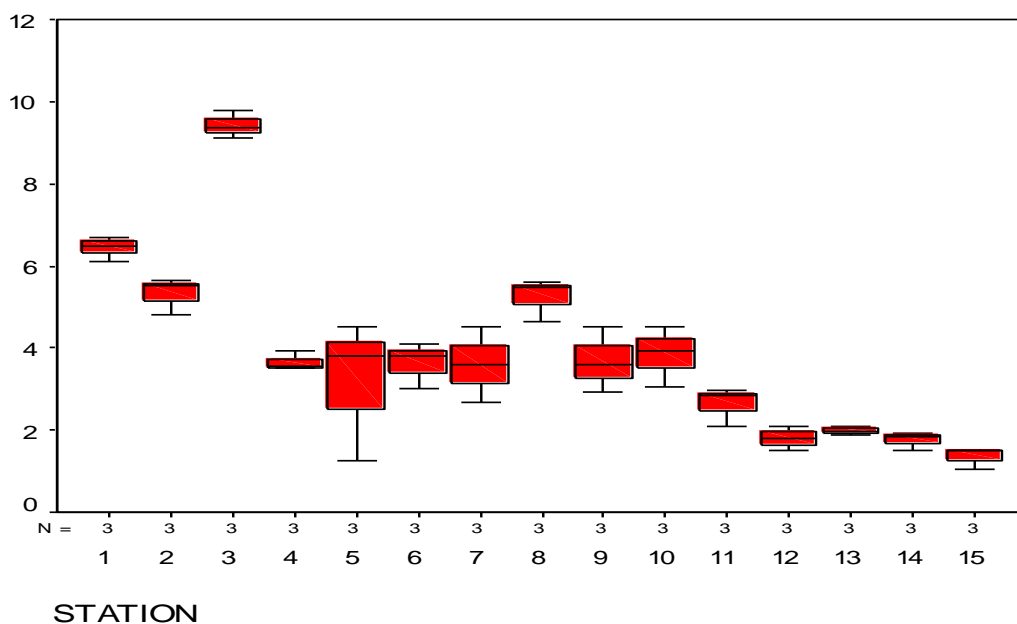
جدول ۲-آزمون آماری تی تک گروهی فلزات سرب و کادمیوم در نمونه دانه گندم

Table2. The statistical T test one group metals lead and cadmium in the wheat seeds samples

متغیر	تعداد نمونه	میانگین تجربی	میزان استاندارد Mg/l	انحراف معیار تجربی	خطای معیار میانگین	T	درجه آزادی	تفاوت در سطح اطمینان ۹۵ درصد		
								سطح معناداری	پایین تر	بالا تر
سرب گندم	۱۵	۰/۳۳۱	۰/۱۵۰	۰/۰۴۰	۰/۰۱۰	۱۷/۵۳۵	۱۴	۰/۰۰۰	۰/۱۵۹	۰/۲۰۳
کادمیوم گندم	۱۵	۰/۰۳۳	۰/۰۳۰	۰/۰۰۳	۰/۰۰۱	۴/۹۴۷	۱۴	۰/۰۰۰	۰/۰۰۹	۰/۰۰۵

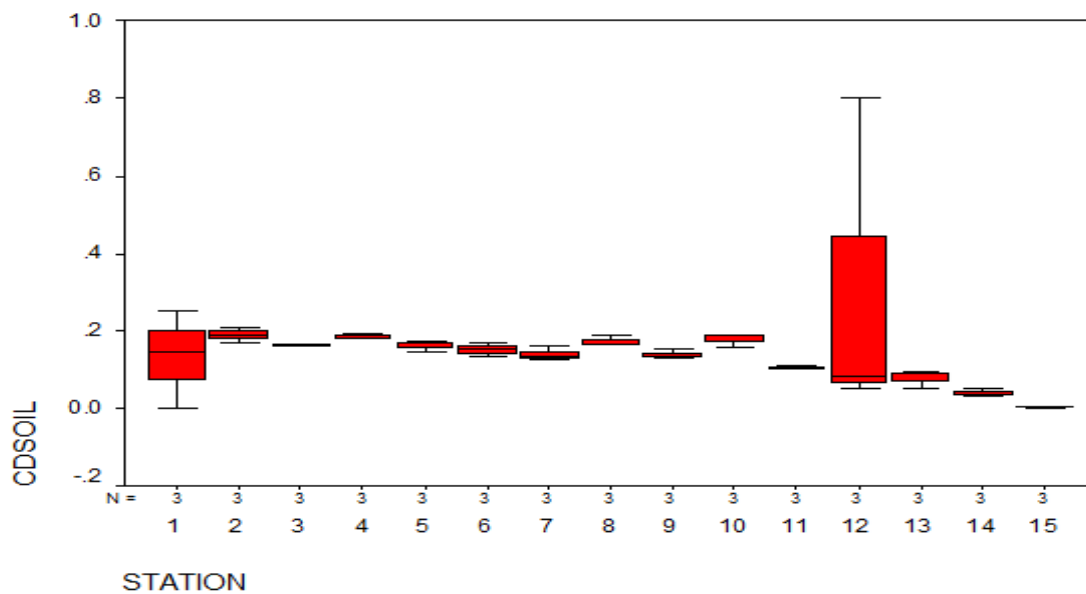
نمودارهای جعبه ای مربوط به آنالیز آماری تحلیل واریانس یک طرفه و تست LSD مربوط به میانگین عناصر سرب و کادمیوم در نمونه های خاک ایستگاه های مختلف در شکل های ۲ و ۳ نمایش داده شده اند. نمودار جعبه ای عنصر سرب در ایستگاه های مختلف نشان دهنده ی آن است که بخش های

مختلف خاک منطقه مورد مطالعه میزان آلودگی سرب مشابهی دارد در حالی که نمودار جعبه ای عنصر کادمیوم نشان دهنده ی آن است که بخش های مختلف خاک منطقه مورد مطالعه میزان آلودگی کادمیوم متفاوت می باشد. بطوریکه ماکزیمم آن در ایستگاه ۱۲ و حداقل آن در ایستگاه ۱۵ مشاهده شده است.



شکل ۲- نمودار جعبه ای مقایسه عنصر سرب در ایستگاه های مختلف موجود در نمونه های خاک

Figure 2. The boxed diagram of comparison pb in the soil samples in various stations



شکل ۳- نمودار جعبه ای مقایسه عنصر کادمیوم در ایستگاه های مختلف موجود در نمونه های خاک

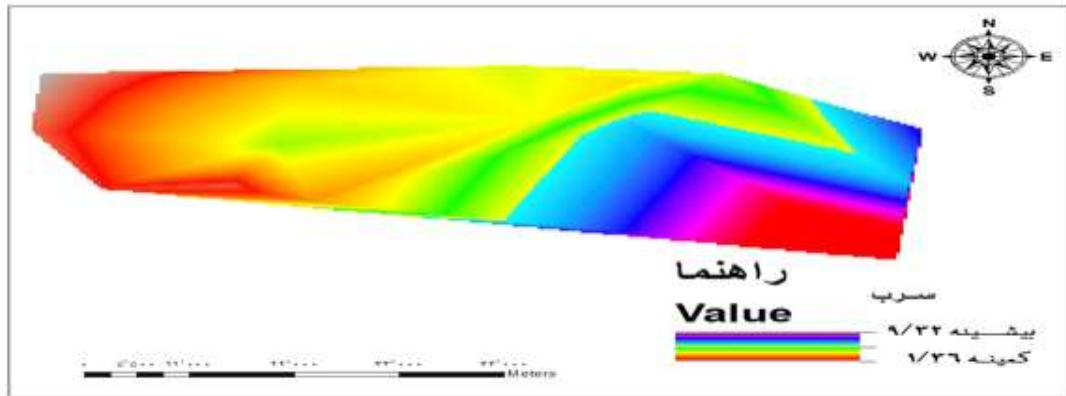
Figure 3. The boxed diagram of comparison cd in the soil samples in various stations

از ورودی فاضلاب دور تر می شویم و همچنین در نزدیکی زمین های کشاورزی از میزان آن کاسته شده است در حالی که با توجه به نقشه پهنه بندی کادمیوم در منطقه مشخص گردید هر چه از ورودی فاضلاب دورتر می شویم از میزان عنصر کادمیوم کاسته می شود. اما با این حال حداکثر کادمیوم

توزیع مکانی فلزات سنگین سرب و کادمیوم در خاک سطحی منطقه در شکل های ۵ و ۴ نشان داده شده است. نقشه پهنه بندی سرب در منطقه نشان می دهد که میزان سرب در ابتدای مسیر ورودی فاضلاب بیشترین مقدار را دارا می باشد و هر چه

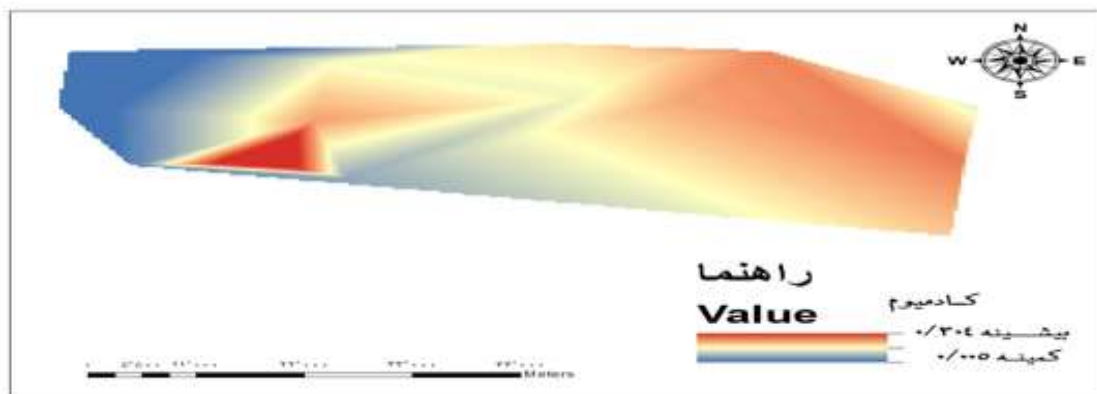
نمونه برداری شده است. همچنین با توجه به مشخصات ظاهری محل نمونه برداری در این ایستگاه، می توان گفت بافت هتروژنی و ناهمگن در خاک نسبت به سایر نقاط نمونه برداری ایجاد شده است.

مشاهده شده مربوط به ایستگاه شماره ۱۲ می باشد که در انتهای مسیر فاضلاب قرار گرفته است. علت افزایش غلظت کادمیوم در این ایستگاه را می توان با توجه به توپوگرافی و شیب منطقه توجیه نمود که تجمع لجن فاضلاب در این بخش منجر به بالا رفتن میزان کادمیوم نسبت به سایر ایستگاه های



شکل ۴- نقشه پهنه بندی سرب در منطقه مورد نظر

Figure 4. Lead zoning map in the study area



شکل ۵- نقشه پهنه بندی کادمیوم در منطقه مورد نظر

Figure 5. Cadmium zoning map in the study area

مثبت بسیار قوی و هم سو وجود دارد. به عبارت دیگر افزایش غلظت عناصر سرب و کادمیوم در خاک و آب آبیاری منجر به افزایش آن در گندم می شود.

نتایج آماری آزمون همبستگی مربوط به میزان عناصر سنگین سرب و کادمیوم در فاضلاب، آب آبیاری و دانه گیاه گندم در جداول ۳ و ۴ نشان داده شده است. نتایج مربوط به آزمون همبستگی نشان داد که بین میزان عناصر سرب و کادمیوم در نمونه های گندم، خاک و آب آبیاری با یکدیگر همبستگی

جدول ۳- آزمون همبستگی بین غلظت سرب در گندم با غلظت این عنصر در خاک، آب آبیاری و فاضلاب

Table 3. The correlation between lead concentration in wheat, the soil, irrigation water and wastewater

میزان سرب	ضریب همبستگی	سرب گندم	سرب فاضلاب	سرب آب آبیاری	سرب خاک
سرب گندم	ضریب همبستگی پیرسون	۱	-۰/۱۴۴	۰/۹۵۷**	۰/۸۵۴**
	سطح معناداری		۰/۶۰۸	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰
	تعداد	۱۵	۱۵	۱۵	۱۵
سرب فاضلاب	ضریب همبستگی پیرسون	-۰/۱۴۴	۱	-۰/۰۶۳	-۰/۰۷۰
	سطح معناداری	۰/۶۰۸		۰/۸۲۳	۰/۸۰۵
	تعداد	۱۵	۱۵	۱۵	۱۵
سرب آب آبیاری	ضریب همبستگی پیرسون	۰/۹۵۷**	-۰/۰۶۳	۱	۰/۸۶۷**
	سطح معناداری	۰/۰۰۰	۰/۸۲۳		۰/۰۰۰
	تعداد	۱۵	۱۵	۱۵	۱۵
سرب خاک	ضریب همبستگی پیرسون	۰/۸۵۴**	۰/۰۷۰	۰/۸۶۷**	۱
	سطح معناداری	۰/۰۰۰	۰/۸۰۵	۰/۰۰۰	
	تعداد	۱۵	۱۵	۱۵	۱۵

**همبستگی قوی و مثبت

کادمیوم در نمونه های گندم و فاضلاب با یکدیگر معنی دار نمی باشند. به عبارت دیگر بین غلظت عناصر سرب و کادمیوم در فاضلاب و گندم رابطه ای وجود ندارد.

نتایج آزمون همبستگی مربوط به عناصر سرب و کادمیوم در گندم و فاضلابی که به فاصله ۲۰ متری از زمین های کشاورزی قرار گرفته است نشان داد که همبستگی بین عناصر سرب و

جدول ۴- آزمون همبستگی بین غلظت کادمیوم در گندم با غلظت این عنصر در خاک، آب آبیاری و فاضلاب

Table 4. The correlation between cadmium concentration in wheat, the soil, irrigation water and wastewater

کادمیوم خاک	کادمیوم آب آبیاری	کادمیوم فاضلاب	کادمیوم گندم	ضریب همبستگی	کادمیم
۰/۷۷۵**	۰/۹۱۴**	-۰/۲۵۹	۱	ضریب همبستگی پیرسون	کادمیوم گندم
۰/۰۰۱	۰/۰۰۰	۰/۳۵۱		سطح معناداری	
۱۵	۱۵	۱۵	۱۵	تعداد	
-۰/۲۰۷	-۰/۱۳۲	۱	-۰/۲۵۹	ضریب همبستگی پیرسون	کادمیوم فاضلاب
۰/۴۶۰	۰/۶۳۸		۰/۳۵۱	سطح معناداری	
۱۵	۱۵	۱۵	۱۵	تعداد	
۰/۹۰۷**	۱	-۰/۱۳۲	۰/۹۱۴**	ضریب همبستگی پیرسون	کادمیوم آب آبیاری
۰/۰۰۰		۰/۶۳۸	۰/۰۰۰	سطح معناداری	
۱۵	۱۵	۱۵	۱۵	تعداد	
۱	۰/۹۰۷**	-۰/۲۰۷	۰/۷۷۵**	ضریب همبستگی پیرسون	کادمیوم خاک
	۰/۰۰۰	۰/۴۶۰	۰/۰۰۱	سطح معناداری	
۱۵	۱۵	۱۵	۱۵	تعداد	

** همبستگی قوی و مثبت

HQ (شاخص ریسک) محاسبه گردید (۱۴). با توجه به اعداد بدست آمده برای هر دو فلز مشخص گردید مصرف این محصول خطری برای سلامتی افراد ندارد. چرا که اگر نتیجه حاصل از این فرمول کم تر از ۱ باشد نشان آن است که مصرف محصول مورد نظر اثر حاد مضر بر روی سلامتی ندارد مطالب فوق در جدول ۵ نمایش داده شده است.

برای ارزیابی ریسک ناشی از مصرف گیاه گندم، ابتدا میزان DI (میزان جذب روزانه فلزات) تعیین و سپس Cm براساس میانگین غلظت فلزات سرب و کادمیم در گندم تعیین شد (میانگین عنصر سرب در نمونه های دانه گندم در این پژوهش ۰/۳۳۰۶ و میانگین عنصر کادمیم در نمونه های دانه گندم ۰/۰۳۳۳ میلی گرم بر کیلوگرم به دست آمد) بعد از آن

جدول ۶- ارزیابی ریسک ناشی از مصرف گیاه گندم

Table 6. The risk assessment of wheat consumption

HQ	DI	فلز
۰/۰۹۲	$1/84 \times 10^{-2}$	سرب
۱/۱۸۵	$1/853 \times 10^{-4}$	کادمیوم

بحث و نتیجه گیری

مربوط به آب آبیاری (آب چاه) است. همچنین یکی دیگر از علل افزایش این عناصر در گیاه گندم می تواند استفاده از کودهای شیمیایی به خصوص کودهای فسفاته باشد. از آنجایی که میزان این عناصر در محصول گندم این منطقه بیش از حد استاندارد بوده و با توجه به اینکه احتمال ورود این عناصر به بدن از طریق سایر مواد غذایی آلوده، آب و هوا نیز وجود دارد که در مجموع می تواند منجر به افزایش ریسک به خطر افتادن سلامت جامعه شود. بنابراین باید ملاحظات زیست محیطی در این زمینه به درستی رعایت گردد. از آنجایی که این پژوهش در مورد گیاه گندم کشت شده در منطقه مورد نظر صورت گرفته است. با وجود این ممکن است مصرف سایر محصولات کشت شده در منطقه نظیر جو و ذرت خطرناک باشد. لذا پیشنهاد می شود جهت نیل به امنیت غذایی و سلامت شهروندان در تحقیق جامع تری از سایر محصولات و همچنین خاک و آب آبیاری این منطقه نمونه برداری انجام گیرد و از لحاظ میزان غلظت فلزات سنگین مورد ارزیابی قرار گیرد.

Reference

1. Knasmuller, W., Lum, W. B., Jakwe F, Roth K., Vla deva, I. 1998. Effects of soil properties and cultivar on heavy metals accumulation in wheat grain. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 159: 609 – 614.
2. Moshtaghi, A.A., Raisi, A., and Goodarzi, H.A., 1991. Study of the effect cadmium toxicity on serum proteins and its relation to proteinuria in rats. *Journal of Islamic Academy of Sciences* 4:3, 192-195 .
3. Ghajar Sepanlo, M., Sayadmanesh, M., Bahmanyar, M.A. 2016. Investigation of some heavy metals in soil and rapeseed plant in field under irrigation of Amol industrial complex wastewater. *Water research in agriculture*, vol.29, pp.141-155. (In Persian)

نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد میزان عناصر سرب و کادمیوم در خاک در حد مجاز می باشد. فاضلاب پخش شده در منطقه در روند افزایش غلظت سرب و کادمیوم در گندم تاثیری نداشته و احتمالاً افزایش این فلزات در گندم مربوط به آب آبیاری (آب چاه) می باشد. نتیجه این تحقیق با پژوهش آلزویی و همکاران (۲۱) که نشان دادند، تجمع فلزهای سنگین خاک تیمارشده با لجن حداقل بوده است، مطابقت دارد. همچنین نتایج این تحقیق نشان داد، میزان عناصر سرب و کادمیوم در فاضلاب نیز در حد مجاز می باشد. که از جمله پژوهش عدم هم سو با پژوهش حاضر می توان به پژوهش طبری و همکاران (۲۲) اشاره کرد، نتایج مطالعه آنها نشان می دهد، فلزات سنگین سرب، مس، کروم و منگنز در فاضلاب شهری بیش از حد مجاز توصیه شده توسط WHO برای آبیاری اراضی است. در این پژوهش یافته های حاصل از مقایسه عناصر سرب و کادمیوم در دانه گیاه گندم با میزان استاندارد نیز گویای آن بود که میزان این عناصر بیش از حد مجاز است. ولی با توجه به محاسبه DI سرب و کادمیوم موجود در دانه گیاه گندم و ارزیابی ریسک آن (HQ) مشخص گردید میزان دریافت روزانه این فلزات در حد مجاز می باشد. از جمله پژوهش عدم هم سو با پژوهش حاضر می توان به پژوهش چانی و همکاران (۲۳) اشاره کرد که نشان دادند سرب در گروهی از عناصر سنگین است که اگرچه می تواند به وسیله ریشه گیاهان جذب شود اما به جوانه ها منتقل نمی شود. از دیگر پژوهش عدم هم سو با این پژوهش می توان به پژوهش تحسینی و گویلیان (۲۴) اشاره کرد که نشان دادند، میانگین غلظت سرب در نمونه های خیار، گوجه فرنگی، جعفری و تره خیلی بیشتر از حد مجاز است و غلظت سرب در تره بیشتر از سایر محصولات است. همچنین بیش ترین آلودگی به فلزات سنگین به ترتیب شامل سرب، کادمیوم، روی و مس بوده است. به طور کلی در این پژوهش مشخص گردید فاضلابی که به فاصله ی تقریبی ۲۰ متری از زمین های کشاورزی گندم قرار گرفته است هیچ گونه ارتباطی در روند افزایش غلظت سرب و کادمیوم در دانه گیاه گندم ندارد و علت اصلی افزایش میزان غلظت سرب و کادمیوم در دانه گیاه گندم

- other elements, 17nd ed.AOAC Int. pp 22-27.
12. APHA. 2004. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. APHA, AWWA, WEF.
 13. Steel, R.G.D., Torrie, J.H. 1980. Principles and Procedures of Statistics: a Biometrical. Approach. Second Edition. New York: McGraw-Hill Kogakusha
 14. Kojadinovic, J., Potier, M., Corre, M. L., Cosson, R. P. and Bustamante, P., 2006. Mercury content in commercial pelagic fish and its risk assessment in the Western Indian Ocean. *Science of the Total Environment*, 366: 688-700
 15. Zhang, W. and Wang, W. X., 2012. Large-scale spatial and interspecies differences in trace elements and stable isotopes in marine wild fish from Chinese waters. *Journal of Hazardous Materials*, 215-216: 65-74
 16. IRIS, 2010. Integrated Risk Information System-database, US Environmental Protection Agency
 17. Phuc Cam Tu, N., Ha, N. N., Ikemoto, T., Tanabe, BCSTand Takeuchi, I., 2008. Regional variations in trace element concentrations in tissues of black tiger shrimp *Penaeus monodon* (Decapoda: Penaeidae) from South Vietnam. *Marine Pollution Bulletin*, 57: 858-866
 18. Storelli, M. M., 2008. Potential human health risks from metals (Hg, Cd, and Pb) and polychlorinated biphenyls (PCBs) via seafood consumption: Estimation of target hazard quotients (THQ. s) and toxic equivalents (TEQs). *Food and Chemical Toxicology*, 46: 2782-2788
 4. Cherghi, M.Ghobadi, A.2016. Assessment of the health hazard of heavy metals (cadmium, nickel, lead and zinc) in parsley vegetables harvested from some farms in Hamedan. *Scientific research Journal of Yazd faculty of Public Health*, vol.13, No.4. (In Persian)
 5. Behbahaninia, A.2010. Effects of sludge from wastewater treatment plants on heavy metals transport to soils and groundwater. *Iranian Journal of environmental health science and engineering*, vol.7. No. 5, pp. 401-409
 6. Karami, M., Rezaeenejad, Y., Afioni, M., Shariatmadari, H. 2007. Cumulative and residual effects of urban sewage sludge on concentration of Lead and Cadmium in soil and wheat crop. *Journal of agricultural science and technology of natural resources*.vol.1. (In Persian)
 7. Börjesson, G., Kirchmann, H., & Kätterer, T. 2014 Four Swedish long-term field experiments with sewage sludge reveal a limited effect on soil microbes and on metal uptake by crops. *Journal of Soils and Sediments*, (14)1,164-177.
 8. Simasuwannarong, B., Satapanajaru, T., Khuntong, S. 2012. *Water Air Soil Pollution*. 223: 1931.
 9. Zheng, N., Q. Wang and D. Zheng. 2007. Health risk of Hg, Pb, Cd, Zn, and Cu to the inhabitants around Huludao Zinc Plant in China via consumption of vegetables. *Sci. Total Environ*. 383: 81-89.
 10. Black, C. A.1965. *Methods of soil analysis*, Part 2. 2ed, Agronomy Monog. 9, ASA, Madison, WI
 11. Horwitz, W. 2000. Official methods of Analysis of AOAC. In: *Metals and*

- Irrigation urban sewage on the accumulation of heavy metals in Soil. Journal of Environmental Science and Technology .Vol.13, No.4, pp. 49-59. (In Persian)
23. Chaney, R.L., 1993. Crop and food chain effects of toxic elements in sludge and effluent recycling municipal sludge and effluent on land. Champagne, III, pp.129-141.
24. Tahsini, H., Goblian, H.2016. Assessment of food risk of heavy metals (cadmium, lead, zinc and copper) due to consumption of crops distributed in Sanandaj. Zanko Medical journal.vol.17, No.54, Pp.62-72. (In Persian)
19. Afioni, M. Soil Pollution standards and guideline.2013. Environmental Protection Agency. (In Persian)
20. Yazdanpanah, H.1992. Human-animal feed - maximum heavy metals tolerance. Institute of Standards and Industrial Research of Iran. (In Persian)
21. Al Zoubi, M.M., Arslan A, Abdelgawad, G, Pejon, N.Tabbaa, M., Jouzdan. O. 2008. The Effect of sewage sludge on productivity of a crop rotation of wheat, maize and vetch and heavy metals accumulation in soil and plant in aleppo governorate, American-Eurasian Journal Agriculture and Environment Science, 3 (4): 618-625
22. Tabari Kochaksaraee, M., Salehi, A.2011. Investigating effect of