Research Paper

Print ISSN: 2251-7480
Online ISSN: 2251-7400

Journal of
Water and Soil Resources Conservation (WSRCJ)

Web site:
https://wsrcj.srbiau.ac.ir

Email:
iauwsrcj@srbiau.ac.ir
iauwsrcj@gmail.com

Vol. 14
No. 2 (54)

Received:
2023-12-05

Accepted:
2024-05-17

Pages: 1-8

Investigating the Concentration of Heavy Metals in the Soil and Water of Sardroud Region; an Industrial and Agricultural Area in Suburb of Tabriz City

Nasrin Sabourmoghaddam[1]

1) Department of Environment and Natural Resources, Payam Noor University, Tehran, Iran
*Corresponding author emails: sabourmoghaddam@pnu.ac.ir

Abstract:

Background and Aim: Heavy metals pollution is one of the most widespread and serious environmental problems in different regions of the world, including Iran. It is essential to identify the quantity and quality of these pollutants before they reach a critical level, which is a concern for environmental science researchers. In this regard, in this study we estimated the concentration of five heavy metals - zinc (Zn), lead (Pb), chromium (Cr), cadmium (Cd), and nickel (Ni) - in the soil and water of agricultural areas surrounded by industrial-agricultural zone in Sardroud which is located in the southwest of Tabriz. Although this zone has old and diverse gardens and farms, but it is also the industrial hub of Tabriz city, where numerous small and large factories are located in that area.

Method: Soil and water samples were randomly collected from forty different vegetable farms in the Sardroud zone in the southwest of Tabriz metropolis, during the crop years of 1400-1401. The samples were transferred to the laboratory and analyzed for the concentration Most of the sampling stations of heavy metals using Atomic Absorption Spectrometry (AAS). were selected from vegetable farms. On average, two soil samples and two irrigation water samples were collected and tested per hectare of the selected fields during the experiment.

Results: A total of 80 soil samples and 80 irrigation water samples were collected and analyzed. The results showed that the concentration of heavy metals in water samples followed the order of Zn > Cr > Pb > Ni > Cd. A similar pattern was observed in soil samples, with the order of Zn > Ni > Cr > Pb > Cd. The metal levels were compared with the standards from various domestic and foreign sources. The average concentration of Zn and Cd in most of the irrigation water samples and the concentration of Cd in almost all soil samples exceeded the recommended acceptable limit. The highest concentration of Cd (11 mg/kg soil) in the soil samples was more than twice the permissible limit.

Conclusion: Except for Cadmium in some soil samples, the concentration levels obtained in the soil and irrigation water of Sardroud region for other heavy metals were not at alarming and dangerous levels. Considering the possibility of transferring heavy metal contamination from soil and irrigation water to vegetable, agricultural and garden plants, it is very important to identify the distribution and accumulation of heavy metals in soil and irrigation water of major agricultural areas. Based on the results of this research, it is necessary to identify the sources of cadmium entering the soil and irrigation water of this area and take corrective measures in this regard.

Keywords: *scarce elements, irrigation water, poisoning, atomic absorption, Soil*

مقاله پژوهشی

شاپا چاپی: ۷۴۸۰-۲۲۵۱
شاپا الکترونیکی: ۷۴۰۰-۲۲۵۰

نشریه حفاظت منابع آب و خاک

آدرس تارنما:
https://wsrcj.srbiau.ac.ir

پست الکترونیک:
iauwsrcj@srbiau.ac.ir
iauwsrcj@gmail.com

سال چهاردهم
شماره ۲ (۵۴)

تاریخ دریافت:
۱۴۰۲/۰۹/۱۴

تاریخ پذیرش:
۱۴۰۳/۰۲/۲۸

صفحات: ۸-۱

بررسی غلظت فلزات سنگین در خاک و آب منطقه صنعتی و کشاورزی سردرود تبریز

نسرین صبورمقدم[۱]

۱) گروه منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران.
* ایمیل نویسنده مسئول: sabourmoghaddam@pnu.ac.ir

چکیده:

زمینه و هدف: آلودگی فلزات سنگین در حال حاضر به یکی از بزرگترین و رایج‌ترین معضلات زیست‌محیطی مناطق مختلف دنیا و ایران تبدیل گردیده است. شناسایی کمی و کیفی این نوع آلودگی‌ها قبل از آنکه به حد بحرانی برسند به یکی از دغدغه‌های محققین علوم محیط زیست تبدیل شده است. در همین راستا، در این مطالعه غلظت پنج فلز سنگین - روی، سرب، کروم، کادمیوم و نیکل - در خاک و آب مناطق زراعی اطراف یک منطقه صنعتی-کشاورزی در جنوب غرب شهر تبریز بنام سَردرود برآورد گردید. این منطقه علی‌رغم داشتن باغات و مزارع قدیمی و متنوع، قطب صنعتی شهر تبریز نیز محسوب می‌شود و کارخانجات متعدد کوچک و بزرگی در آن ناحیه مستقر است.

روش پژوهش: بدین منظور طی دو سال زراعی ۱۴۰۰-۱۴۰۱ از چهل مزرعه مختلف منطقه سردرود در جنوب غرب کلان شهر تبریز به صورت تصادفی نمونه‌هایی از خاک و آب تهیه و پس از انتقال به آزمایشگاه با استفاده از روش جذب اتمی میزان فلزات سنگین در آن‌ها مورد سنجش قرار گرفتند. بیشتر ایستگاه‌های نمونه‌برداری از مزارع سبزیجات انتخاب گردیدند. بطور متوسط از هر هکتار منطقه منتخب دو نمونه خاک و دو نمونه آب آبیاری در طول مدت تحقیق جمع‌آوری و مورد بررسی قرار گرفت.

یافته‌ها: در مجموع ۸۰ نمونه خاک و هشتاد نمونه آب آبیاری جمع‌آوری و مورد آنالیز قرار گرفت. براساس نتایج بدست آمده، ترتیب محتویات کمی فلزات سنگین در نمونه‌های آب به صورت Zn>Cr>Pb>Ni>Cd جمع‌آوری شده بود. الگوی مشابهی در نمونه‌های خاک نیز مشاهده شد و ترتیب غلظت فلزات در نمونه‌ها بصورت Zn>Ni>Cr>Pb>Cd در خاک‌های زراعی مشاهده گردید. سطوح فلزی مشاهده شده با استانداردهای ذکر شده در منابع مختلف داخلی و خارجی مقایسه شد. میانگین غلظت فلز روی و کادمیوم در اکثر نمونه‌های آب آبیاری و میزان کادمیوم تقریباً در همه نمونه‌های خاک بالاتر از حد مجاز بود. بالاترین غلظت کادمیوم (۱۱میلی گرم بر کیلوگرم خاک) در نمونه‌های خاک جمع‌آوری شده بیش از دو برابر حد مجاز گزارش شده بود.

نتایج: به استثناء کادمیوم در برخی نمونه‌های خاک، سطوح غلظت بدست آمده در خاک و آب آبیاری منطقه سردرود برای سایر فلزات سنگین در سطح هشدار و خطرناک قرار نداشت. با توجه به امکان انتقال آلودگی فلزات سنگین از خاک و آب آبیاری به گیاهان سبزی، زراعی و باغی، شناسایی پراکنش و انباشتگی میزان فلزات سنگین در خاک و آب آبیاری مناطق عمده کشاورزی از اهمیت بسیاری برخوردار است. بر اساس نتایج این تحقیق لازم است در مورد منابع ورود کادمیوم به خاک و آب آبیاری این منطقه شناسایی و اقدامات اصلاحی در این خصوص انجام گردد.

کلیدواژه‌ها: عناصر کمیاب، آب آبیاری، مسمومیت، جذب اتمی، خاک

مقدمه

آلودگی فلزات سنگین خاک‌های کشاورزی و به تبع آن محصولات زراعی یکی از شایع‌ترین مشکلات زیست محیطی در مقیاس جهانی و ایران است. آلودگی خاک و آب مناطق کشاورزی منجر به ورود این نوع آلودگی‌ها به زنجیره‌های غذایی و در نهایت منجر به انتقال آن به انسان‌ها می‌گردد (Dehghani et al., 2021; Wu et al., 2022). آبیاری زمین‌های زراعی و باغات با فاضلاب‌های صنعتی یا شهری به عنوان اصلی‌ترین منبع ورود آلودگی فلزات سنگین یک واقعیت رایج در سه چهارم شهرهای آسیا، آفریقا و آمریکای لاتین می‌باشد (Agoro et al., 2020; Sabourmoghaddam, 2017; Yakamercan et al., 2021).

استفاده طولانی مدت از پساب‌های صنعتی یا شهری در آبیاری نقش مهمی در انباشت عناصر خطرناک مانند Cd، Cu، Zn، Cr، Ni، Pb و Mn در خاک‌های سطحی مزارع دارد (Agoro et al., 2020). تجمع بیش از حد عناصر کمیاب در خاک‌های کشاورزی از طریق آبیاری فاضلاب نه تنها ممکن است منجر به آلودگی خاک و برهم خوردن تعادل اکوسیستم طبیعی خاک شود، بلکه بر کیفیت و ایمنی مواد غذایی حاصل از زراعت و دامپروی در این خاک‌ها نیز تأثیر می‌گذارد (Salmasi, & Pyrowan, 2021; Wang et al., 2017; Xiang et la., 2021). تحقیقات نشان داده است گیاهان مختلف از جمله سبزیجات اگر در خاک‌های آلوده به فلزات سمی کشت شوند، فلزات سنگین را جذب کرده و در قسمت‌های خوراکی و غیرخوراکی خود به مقدار کافی انباشته می‌کنند که این امر باعث ایجاد مشکلات بالینی برای حیوانات و انسان‌های مصرف‌کننده این سبزیجات می‌شود. فلزات سنگین به دلیل ماهیت غیرقابل تجزیه زیستی، نیمه عمر بیولوژیکی طولانی و پتانسیل آنها برای تجمع در قسمت‌های مختلف بدن بسیار بالا هستند (Gupta et al., 2022).

یکی از قطب‌های اصلی کشاورزی در اطراف کلان شهر تبریز منطقه سردرود می باشد. سردورد یک منطقه مسکونی-صنعتی در جنوب‌غرب تبریز است که در گذشته یک شهر مستقل محسوب می‌گردید ولی در حال حاضر با توسعه شهر تبریز تقریبا در حاشیه کلان شهر تبریز واقع شده است. لیکن هنوز این منطقه یکی از بزرگترین مراکز کشاورزی و تولیدات گیاهی برای شهر تبریز بوده و در باغات و مزارع آن انواع مختلفی از سبزیجات و میوه‌جات کشت می‌شوند. از عمده‌ترین محصولات کشاورزی این منطقه می‌توان به انگور، آلو، زردآلو، گوجه‌سبز و سیب و سبزی و صیفی‌جاتی نظیر گوجه‌فرنگی، خیار، کدو و غیره اشاره کرد (Shokati Amghani et al., 2020). در کنار پتانسیل بالای کشاورزی، این منطقه در مرکز منطقه صنعتی تبریز نظیر کارخانجات تراکتورسازی، ماشین‌سازی، پالایشگاه و پتروشیمی و هزاران کارخانه کوچک تولیدی قرار گرفته است و هر روز بر تعداد این کارخانجات افزوده می‌شود. هم‌جواری مزارع منطقه سردرود با کارخانجات مختلف این نگرانی را ایجاد کرده است که محصولات تولیدی این منطقه ممکن است به انواع مختلفی از آلودگی‌های صنعتی و شیمیایی آلوده باشند. قبلاً گزارشات متعددی در دنیا در خصوص آلودگی آب آبیاری و خاک مزارع سبزیجات و گیاهان زراعی مناطق صنعتی به انواع آلودگی‌های شیمیایی بخصوص فلزات سنگین منتشر شده است (Huang et al., 2018; Srivastava et al., 2017; Wang et al., 2017). در ایران نیز قبلاً از چندین منطقه در خصوص آلودگی خاک و آب مناطق زراعی با فلزات سنگین منتشر شده است (Barzin et al., 2015; Taheri, et al., 2015; Taghipour et al. 2013) با این حال در خصوص میزان و کیفیت این نوع آلودگی‌ها در اطراف تبریز گزارش چندانی در دسترس نیست. بنابراین تحقیق حاضر به منظور شناسایی و اندازه‌گیری میزان آلودگی به فلزات سنگین در خاک و آب منطقه سردرود تبریز انجام گردید. با توجه به خاصیت تازه‌خوری سبزیجات و امکان انتقال مستقیم و سریع انواع آلودگی‌های شیمیایی به انسان و دام‌ها از طریق مصرف سبزیجات به علت انباشتگی راحت این نوع مواد در بافت‌های سبزیجات، اکثر نمونه‌برداری‌های این تحقیق از خاک و آب مزارع سبزی و صیفی انجام گردید.

مواد و روش ها

منطقه مورد مطالعه و نحوه نمونه‌برداری

مطالعه حاضر از فروردین ۱۴۰۰ لغایت مهر ۱۴۰۱ در منطقه سردرود تبریز واقع در غرب و جنوب‌غرب تبریز (جاده تبریز-مراغه) و اطراف آن انجام شد. منطقه نمونه‌برداری از شمال به زمین‌های پالایشگاه نفت و پتروشیمی تبریز، از غرب به زمین‌های روستای باغ معروف و شیخ حسن و از جنوب به نیروگاه حرارتی و رادار تبریز و از غرب به زمین‌های روستای خلجان و اسکو محدود می‌گردید و محدوده‌ای به مساحت ۲۵ کیلومتر مربع را در برمی‌گرفت. در کل از چهل مزرعه سبزیجات بازدید به عمل آمده و نمونه‌هایی از خاک و آب جمع‌آوری شد (شکل ۱). در زمان نمونه برداری مختصات دقیق جغرافیایی (GPS) هر نقطه بصورت دقیق توسط دستگاه ره‌یاب (مدل Garmin etrex 22X) ثبت گردید (جدول ۱). این مزارع عمدتاً زیر کشت گوجه‌فرنگی، کدو، خیار و سبزی خوردن (تره، جعفری، گشنیز و ...) بودند. برای جمع‌آوری نمونه‌های خاک، به ازاء هر هکتار زمین، تعداد ۲۰ نمونه‌ی یک کیلوگرمی بصورت تصادفی از قسمت‌های مختلف مزرعه جمع‌آوری و پس مخلوط کردن باهم، در نهایت یک کیلوگرم خاک به عنوان نماینده آن یک هکتار مزرعه به آزمایشگاه منتقل گردید.

جدول ۱: مختصات جغرافیایی محل‌های جمع‌آوری نمونه‌های خاک و آب از منطقه سردرود برای اندازه‌گیری فلزات سنگین

No.	GPS Coordinates	No.	GPS Coordinates	No.	GPS Coordinates	No.	GPS Coordinates
1	38.028870, 46.111259 (1)	11	38.028144, 46.115122 (2)	21	38.032202, 46.140147 (3)	31	38.021619, 46.146021 (4)
2	38.037209, 46.126017 (1)	12	38.024966, 46.122246 (2)	22	38.021061, 46.138382 (3)	32	38.020605, 46.165590 (4)
3	38.042138, 46.119499 (1)	13	38.034864, 46.126554 (2)	23	38.025625, 46.128855 (3)	33	38.018373, 46.156149 (4)
4	38.042144, 46.122048 (1)	14	38.018779, 46.106539 (2)	24	38.023969, 46.128211 (3)	34	38.018982, 46.162157 (4)
5	38.040287, 46.120100 (1)	15	38.019202, 46.118555 (2)	25	38.018559, 46.131301 (3)	35	38.014992, 46.158209 (4)
6	38.035445, 46.112890 (1)	16	38.032773, 46.134128 (2)	26	38.014570, 46.125593 (3)	36	38.027501, 46.158209 (4)
7	38.033485, 46.105938 (1)	17	38.033669, 46.129773 (2)	27	38.014502, 46.119885 (3)	37	38.025473, 46.156063 (4)
8	38.031558, 46.127996 (2)	18	38.030918, 46.138774 (3)	28	38.018712, 46.160869 (4)	38	38.022971, 46.152115 (4)
9	38.021213, 46.116752 (2)	19	38.021974, 46.126580 (3)	29	38.029394, 46.163530 (4)	39	38.019929, 46.156750 (4)
10	38.019185, 46.117010 (2)	20	38.019979, 46.125507 (3)	30	38.029056, 46.159324 (4)	40	38.022633, 46.166706 (4)

* اعداد داخل پرانتز شماره یکی از نواحی چهارگانه جمع‌آوری نمونه بر حسب شکل شماره ۱ می‌باشند.

نمونه‌های خاک از عمق ۵-۳۵ سانتی‌متری خاک جمع‌آوری گردید و در زمان جمع‌آوری نوع پوشش گیاهی و وضعیت گیاهان ثبت و یادداشت برداری شد. نمونه‌های خاک پس از انتقال به آزمایشگاه در دمای اتاق با هوا خشک شده، پودر شده و از طریق یک اَلک نایلونی ۲ میلی‌متری الک شدند تا بقایای گیاهی، سنگ‌ها و سنگریزه‌ها حذف شوند. سپس نمونه‌ها (۵۰۰ گرم خاک) در آون دمای ۹۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴ ساعت قرار داده شدند تا تمام رطوبت حذف شود؛ سپس برای عبور از الک‌های ۶۰ مش آسیاب شده و برای تجزیه و تحلیل همگن شدند.

نمونه‌های آب آبیاری نیز از همان مزارع و با استفاده از ظروف استریل که قبلا با اسید تیزاب کاملاً شسته و خشک شده بودند جمع‌آوری و به آزمایشگاه منتقل گردید. از آب آبیاری هر منطقه دو مرتبه یک بار اول فصل و بار دیگر اواسط فصل نمونه‌برداری شد. اسیدیته (pH) نمونه‌های آب بلافاصله پس از انتقال به آزمایشگاه با کمک اسید نیتریک غلیظ به کمتر از ۲ (pH<2) رسانده شد تا علاوه بر هضم فلزات سنگین موجود در آب، از رشد میکروارگانیسم‌های مختلف (قارچ‌ها، باکتری‌ها و مخمرها) جلوگیری گردد (Taheri, et al., 2015). در کل ۸۰ نمونه خاک و ۸۰ نمونه آب (مربوط به ۴۰ مزرعه مختلف) طی دو سال به آزمایشگاه منتقل و مورد آزمایش قرار گرفت. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی نمونه‌های خاک و آب جمع‌آوری شده قبل از شروع سنجش فلزات سنگین مورد آزمایش قرار گرفت.

اندازه‌گیری فلزات سنگین

اندازه‌گیری میزان کمی و کیفی فلزات سنگین در نمونه‌های جمع‌آوری شده با استفاده از روش سریواستاو و همکاران (Srivastava et al., 2017) با اندکی تغییرات و با استفاده از دستگاه جذب اتمی (مدل ChemTech, Model CTA 3000) در آزمایشگاه مرکزی دانشگاه تبریز انجام گرفت. بدین منظور ۲ گرم از هر نمونه خاک که قبلا در آون خشک و سپس آسیاب و یکنواخت شده بود، با ۳۰ میلی لیتر مخلوط اسید نیتریک (4N) و اسید کلریدریک (1N) به نسبت ۳:۱ مخلوط و هضم گردید و سپس با استفاده از آب دو بار تقطیر حجم نمونه به ۵۰ میلی لیتر رسانده شد.

محلول استاندارد فلزات سنگین مورد نیاز در غلظت‌های ۵۰۰، ۱۰۰۰، ۲۰۰۰ پی‌پی‌ام تهیه و کالیبره گردیدند و در نهایت میزان فلزات سنگین در هر نمونه با استفاده از دستگاه جذب اتمی اندازه‌گیری گردید. طول موج‌های مورد استفاده برای اندازه‌گیری فلزات سنگین در این تحقیق و نیز حد حساسیت دستگاه مورد استفاده در جدول ۱ نشان داده شده است. داده‌های بدست آمده وارد نرم‌افزار EXCEL2019 شده و با نرم‌افزار SPSS22 مورد تجزیه تحلیل آماری قرار گرفت.

جدول ۲. طول موج‌های مورد استفاده در دستگاه جذب اتمی برای اندازه‌گیری فلزات سنگین در خاک و آب آبیاری سردرود

Elements	Wavelength (nm)	Detection limits (μgL^{-1})
Zn	213.9	0.005
Ni	232.0	0.015
Cr	357.9	0.001
Cd	228.8	0.016
Pb	282.9	0.040

همچنین با استفاده از نتایج بدست آمده، شاخص PI یا «فاکتور آلودگی=Pollution Index» و شاخص زمین انباشتگی (I_{geo}) برای تمام نمونه‌ها محاسبه گردید. شاخص PI میزان آلودگی خاک به فلزات سنگین را نشان می‌دهد که از تقسیم میزان کمی فلز در نمونه‌های آزمایش شده به مقدار طبیعی آن ماده در پوسته زمین مطابق فرمول زیر بدست می‌آید (Lu et al., 2009):

$$PI = \frac{\boldsymbol{C}metal}{\boldsymbol{C}background}$$

که در این فرمول C_{metal} غلظت فلز سنگین در نمونه‌های جمع‌آوری شده و $C_{background}$ مقدار غلظت زمینه این فلز می‌باشد. براساس این شاخص نمونه‌های محیطی می‌تواند در سه گروه (Class) طبقه‌بندی گردند (جدول ۲).

جدول ۲: طبقات شاخص آلودگی (PI index) برای نمونه‌های محیطی

سطح آلودگی	مقدار کمی شاخص آلودگی (PI index)	کلاس (Class)
کم	$PI \leq 1$	1
متوسط	$1 \leq PI \leq 3$	2
زیاد	$PI \geq 3$	3

(Lu et al., 2009)

شاخص زمین انباشتگی (Igeo) با استفاده از فرمول زیر بدست آمد (Muller, 1969).

$$Igeo = Log2(\frac{Cn}{1.5Bn})$$

که در این فرمول C_n غلظت کل عنصر در نمونه خاک و B_n غلظت عنصر در پوسته زمین می‌باشد. طبق این شاخص خاک‌ها به هفت دسته به شرح جدول ۳ تقسیم می‌شوند.

جدول ۳: رده‌بندی خاک‌ها از لحاظ شاخص زمین انباشت فلزات سنگین (I_{geo})

Soil Quality	I_{geo}	Class
Without any contamination	$I_{geo} \leq 0$	0
Uncontaminated or moderately contaminated	$0 < I_{geo} < 1$	1
Moderately contaminated	$1 < I_{geo} < 2$	2
Moderately to heavily contaminated	$2 < I_{geo} < 3$	3
Heavily contaminated	$3 < I_{geo} < 4$	4
Heavily to extremely contaminated	$4 < I_{geo} < 5$	5
Extremely contaminated	$5 \geq I_{geo}$	6

(Muller,1969)

نتایج

غلظت فلزات سنگین در آب آبیاری

در مجموع ۸۰ نمونه آب آبیاری در طی دو فصل زراعی جمع‌آوری و مورد آزمایش قرار گرفت. از پنج عنصر مورد بررسی در آب مورد استفاده برای آبیاری مزارع در منطقه سردرود، از لحاظ کمی، غلظت فلز روی (Zn) بالاترین (۳/۵ میلی‌گرم بر لیتر) و برای فلز کادمیوم (Cd) کمترین (۰/۰۰۴ میلی‌گرم در لیتر) مقدار ثبت گردید. کمترین و بیشترین مقادیر بدست آمده برای همه نمونه‌ها، بعلاوه مقدار متوسط فلزات سنگین مورد آزمایش در آب آبیاری منطقه سردرود در جدول چهار نشان داده شده است. براساس نتایج بدست آمده، غلظت کروم بین ۲۸/۸ میکروگرم در لیتر تا ۳۵/۱ میکروگرم در لیتر بود که کمتر از حد مجاز این فلز سنگین در آب آشامیدنی و آب آبیاری (50µg/L) بر اساس استانداردهای جهانی و استاندارد سازمان حفاظت محیط زیست بود (Anonymous, 2012; World Health Organization, 1996).

تاکنون گزارشات متعددی از تجاوز غلظت فلز کروم در آب‌های سطحی (آب چاه، چشمه‌ها، رودخانه‌ها و آب آبیاری) فلات داخلی ایران از حدود استانداردهای تعریف شده منتشر گردیده است که علت اصلی و منبع همه آن آلودگی‌های بالا، استفاده از پساب شهری معرفی شده است (Beigi Harchegani & Banitalebi, 2013; Shahryari et al., 2011) ولی خوشبختانه در منطقه سردرود این مشکل وجود نداشته و هیچ موردی فراتر از حد مجاز برای فلز کروم ثبت نگردید. این وضعیت برای نیکل نیز صادق بود و بالاترین میزان ثبت شده برای این فلز در نمونه‌های آب آبیاری ۷/۹ میلی گرم بر لیتر بود که یک دهم سقف مجزا (70µg/L) برای میزان نیکل در آب آبیاری می‌باشد.

در مورد فلز سرب فقط در چهار نمونه (۵٪ نمونه‌ها) غلظت بالاتر از حد مجزا (۱۰میلی‌گرم بر لیتر) ثبت گردید و بالاترین میزان اندازه‌گیری شده ۱۱ میلی‌گرم بر لیتر بود. آلودگی به فلز سرب یکی از آلودگی شایع در برخی مناطق ایران بخصوص مناطق صنعتی یا نزدیکی معادن بزرگ می باشد (Aghavali et al., 2017; Mirzabeygi et al, 2016). در این تحقیق هرچند فقط چند نمونه بالاتر از حد استاندارد آلوده به سرب ثبت گردید ولیکن میانگین غلظت سرب در نمونه‌های بسیاری نزدیک حد مجاز بودند که نشان از وجود یک آلودگی فزاینده به سرب در این منطقه می‌باشد که می‌بایست از هم اکنون راه کارهای مناسبی برای آن اتخاذ کرد. برخلاف نتایج تحقیق Valinejhad et al., 2016 که بین زمان نمونه‌برداری (تابستان یا زمستان) و میزان سرب همبستگی مثبت گزارش کرده بودند، در این تحقیق بین زمان نمونه‌برداری و غلظت سرب هیچ ارتباط معنی داری مشاهده نگردید.

اما در مورد روی (در ۸۵٪ نمونه‌ها) و کادمیوم (در ۱۰۰٪ نمونه ها) محدوده‌ی آلودگی در حد متوسط به بالا قرار داشت. آنالیزهای آماری همچنین نشان دادند که ارتباط معنی‌داری بین فصل نمونه‌برداری، نوع محصول و منطقه نمونه‌برداری و ... با غلظت فلزات سنگین در نمونه‌های آب وجود ندارد. در تحقیقات متعدد، آلودگی بالای کادمیوم در آب آبیاری و آب آشامیدنی در بسیار از مناطق ایران گزارش شده (Aghavali et al., 2017; Mirzabeygi et al, 2016; Shahryari et al., 2011; Valinejhad et al., 2016) و غلظت بالای کادمیوم در اکثر مناطق ایران شایع می‌باشد و این تحقیق نیز نشان داد غلظت کادمیوم هرچند در سطح هشدار قرار ندارد ولی کماکان مهم‌ترین آلودگی فلزات سنگین در آب آبیاری منطقه سردرود می‌باشد.

جدول ۴: مقادیر کمینه، بیشینه و متوسط بدست آمده برای فلزات سنگین از نمونه های آب آبیاری از منطقه سردرود

فلز سنگین	حداقل (µg/L)	متوسط (µg/L)	حداکثر (µg/L)	مقدار قابل قبول (µg/L)*	شاخص PI
Zn	2900	3530	4400	3000	2
Cr	28.8	31.0	35.1	50	1
Pb	6.50	7.20	11.8	10	1
Ni	5.55	6.80	7.90	70	1
Cd	2.80	4.08	5.80	3	2

* مقادیر پیشنهادی سازمان حفاظت از محیط زیست ایران

غلظت فلزات سنگین در نمونه های خاک

میزان فلزات سنگین در نمونه‌های خاک منطقه سردرود در جدول ۵ نشان داده شده است. براساس نتایج بدست آمده فقط میزان کادمیوم تقریبا در همه نمونه‌های خاک مورد آزمایش اندکی بالاتر از استاندارد قابل قبول سازمان حفاظت از محیط زیست ایران قرار داشت و در مورد بقیه فلزات میزان فلزات سنگین بدست آمده کمتر از استانداردهای مورد قبول مراجع داخلی و خارجی گزارش گردید. میزان روی (Zn) در نمونه‌های خاک هرچند ۳۰ برابر نمونه‌های آب اندازه‌گیری گردید، لیکن بر اساس استانداردهای مورد قبول، میزان روی در خاک‌های منطقه، نرمال و در حد طبیعی ثبت گردید. در شمالغرب ایران قبلا آلودگی بسیار بالای خاک به فلز روی گزارش شده بود (Ahmadi et al., 2019; Sabourmoghaddam et al., 2020 a,b) این در حالی است که تحقیق مورد نظر در مورد خاک‌های اطراف معادن سرب و روی انجام شده بود ولی در مورد خاک های کشاورزی این منطقه این تحقیق اولین مورد بوده و تحقیق مشابهی انجام نشده بود. در تحقیق مشابهی Barzin et al., 2015 توزیع مکانی، آلودگی و ارزیابی خطر سلامتی فلزات سنگین از جمله روی (Zn) در آب و خاک اراضی کشاورزی استان همدان مورد بررسی قرار گرفته است. با استفاده از روش مشابه این تحقیق یعنی طیف سنجی جذب اتمی و سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS)، غلظت As، Cd، Cr، Cu، Ni، Pb و Zn را در نمونه‌های آب و خاک بررسی کرده و آلودگی را به فعالیت‌های انسانی مانند تخلیه فاضلاب صنعتی، استفاده از کود و آفت کشها و دفع زباله‌های جامد نسبت داده‌اند. در تحقیق آنها نیز غلظت روی در خاک کشاورزی بسیار بیشتر از آب آبیاری ثبت و حداکثر غلظت ۸۰ میلی گرم در کیلوگرم خاک ثبت گردیده که کاملا مشابه نتایج این تحقیق می‌باشد.

در مورد سرب، کروم و نیکل نیز مقادیر بدست آمده بطور متوسط به ترتیب ۹، ۱۵ و ۱۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک بود که پایین‌تر از استانداردهای قابل قبول در ایران و دنیا ثبت گردید. در مورد فلز کادمیوم در تعداد زیادی از نمونه‌های جمع‌آوری شده میزان کادمیوم اندازه‌گیری شده بالاتر از استاندارد قابل قبول (۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک بودند) که حتی در برخی نمونه‌ها این میزان تا بیش از دو برابر حد مجاز اعلام شده توسط سازمان حفاظت محیط زیست کشور نیز می‌رسید و این خاک‌ها خاک‌های تقریبا کاملا آلوده محسوب می‌شوند. این اولین گزارش از آلودگی نسبتا شدید خاک‌های مناطق اطراف تبریز می‌باشد. در تحقیق مشابه Ahmad et al., 2019میزان و پراکنش آلودگی فلزات سنگین در آب های سطحی و خاک های کشاورزی حوضه رودخانه زنجانرود در شمال غرب ایران را مطالعه و گزارش کرد. براساس نتایج تحقیق آنها که با استفاده از طیف سنجی انتشار نوری پلاسما جفت شده القایی (ICP-OES) انجام شده بود، دریافتند که نمونه‌های آب و خاک توسط کادمیوم، سرب، روی، مس و نیکل آلوده شده‌اند و منابع اصلی آلودگی معدن، ذوب و فعالیت‌های کشاورزی است. آنها همچنین شاخص‌های آلودگی و شاخص‌های خطر اکولوژیکی بالقوه فلزات سنگین را محاسبه کردند و گزارش کردند که در منطقه مورد مطالعه آنها کادمیوم بالاترین خطر اکولوژیکی را برای محیط زیست دارد که مشابه این تحقیق می باشد. در تحقیق حاضر نیز در بین فلزات سنگین مورد آزمایش بیشترین و شایع ترین نوع آلودگی آلودگی به کادمیوم شناسایی گردید.

آنالیز آماری همچنین نشان داد که انحراف معیار بین غلظت فلزات در نمونه‌های خاک منطقه بسیار بیشتر از نمونه‌های آب آبیاری بوده و از یکنواختی خاصی برخوردار نبوده و در بین منطقه نمونه‌برداری و میزان فلزات سنگین ارتباط معنی‌داری وجود دارد. به طوری که میزان آلودگی در مزارع سمت غرب جاده تبریز – مراغه (ناحیه ۱ و ۲ در شکل ۱) به مراتب بیشتر از مزارع سمت شرق (نزدیک به خود شهر سردرود و حواشی آن) (ناحیه ۳و ۴ در شکل ۱) جاده مراغه بودند و در قسمت‌های غربی منطقه نمونه‌برداری شده، اکثر خاک‌ها آلوده به غلظت بالای کادمیوم محسوب می‌شوند. به توجه به نزدیکی پتروشیمی، پالایشگاه و خط لوله نفت و نیز اکثر کارگاههای صنعتی فولاد و شیشه در غرب این منطقه، احتمالا غاظت بالای کادمیوم نیز از همین منابع ناشی شده است.

جدول ۵: مقادیر کمینه، بیشینه و متوسط بدست آمده برای فلزات سنگین از نمونه‌های خاک جمع‌آوری شده از منطقه سردرود

فلز سنگین	حداقل (mg/kg)	متوسط (mg/kg)	حداکثر (mg/kg)	مقدار قابل قبول (mg/kg)*	شاخص PI	شاخص I_{geo}
Zn	80.50	88.30	94.90	200-500**	1	1
Ni	17.55	18.05	18.85	50-110	1	1
Cr	10.2	15.90	22.70	110	1	1
Pb	5.65	9.33	11.75	50-75	1	1
Cd	1.33	7.42	11.05	1-5	2	3

* مقادیر پیشنهادی سازمان حفاظت از محیط زیست ایران

** میزان مورد قبول بر حسب اسیدی بودن یا نبودن خاک متغییر می‌باشد لذا ارقام برای خاک‌های اسیدی و غیر اسیدی هستند.

شکل ۱: محدود جغرافیایی منطقه نمونه‌برداری برای ارزیابی فلزات سنگین در خاک و آب منطقه سردرود تبریز؛ کلیه مزارع نمونه‌برداری شده در داخل کادر نارنجی قرار داشتند

نتیجه گیری

فلزات سنگین یکی از مهم‌ترین آلاینده‌های زیست‌محیطی هستند که سلامت انسان و بهره‌وری کشاورزی را تهدید می‌کنند. منابع آلودگی فلزات سنگین در ایران شامل فعالیت‌های صنعتی، معادن، شهرنشینی، استفاده از پساب در کشاورزی، مصرف کود و سموم دفع آفات و رسوبات در جو می‌باشد. سنجش آلودگی فلزات سنگین در آب و خاک اراضی کشاورزی ایران برای ارزیابی میزان و شدت آلودگی، شناسایی توزیع مکانی و منابع آلودگی و ارزیابی خطرات اکولوژیکی و بهداشتی در بسیاری از برنامه‌های توسعه‌ای مطرح شده است. در ایران، خاک کشاورزی از طریق استفاده مکرر از فاضلاب صنایع و سایر منابع در آبیاری و همچنین استفاده از کودهای شیمیایی و آفت‌کش‌ها به فلزات سنگین آلوده می شود. فلزات سنگین در پساب صنایع و در بسیاری از کودها و آفت‌کش‌ها وجود دارند. به عنوان مثال، آلودگی کادمیومی در فاضلاب و همچنین در کودهای فسفاته به دلیل ناخالصی کادمیومی که در تمام سنگ‌های فسفاته یافت می شود، همیشه وجود دارد. در بسیاری از خاک‌های کشاورزی، به علت استفاده از آب آلوده به پساب های صنعتی در آبیاری و نیز استفاده مکرر از دوزهای سنگین کودهای فسفات در ۵۰ سال گذشته، انواع مختلفی از فلزات سنگین در خاک های کشاورزی انباشته شده است. با توجه به نتایج این تحقیق، شناسایی منابع اصلی آلودگی به کادمیوم و روی و حتی سرب در منطقه الزامی بوده و توصیه می‌گردد در استفاده از پساب شهری در آبیاری مزارع سبزی منطقه تجدید نظر گردد.

Reference:

Abyareh, M., Nejadkoorki, F., Ekhtesasi, M. R., & Akhavan Ghalibaf, M. (2019). Evaluation of Heavy Metals contamination in Surface Soil Caused by Steel Industry. Journal of Research in Environmental Health, 4(4), 302-310. doi: 10.22038/jreh.2019.37316.1266

Aghavali, N., Nezhadali, M., Qomi, M. 2017. Study of As, Pb and Cd presence in drinking water of groundwater sources of Ferdows and Tabas area., 11(39), 100-108.

Agoro, M. A., Adeniji, A. O., Adefisoye, M. A., & Okoh, O. O. 2020. Heavy metals in wastewater and sewage sludge from selected municipal treatment plants in Eastern Cape Province, South Africa. Water, 12(10), 2746.

Ahmadi, M., Akhbarizadeh, R., Haghighifard, N.J. 2019. Geochemical determination and pollution assessment of heavy metals in agricultural soils of south western of Iran. J Environ Health Sci Engineer 17, 657–669.

Anonymous, 2012. Soil resource quality standard and its guidelines. Environmental Organization of Iran. 233Pp.

Barzin M, Kheirabadi H, Afyuni M. 2015. An Investigation into Pollution of Selected Heavy Metals of Surface Soils in Hamadan Province Using Pollution Index. Journal of Water and Soil Science (JWSS), 19 (72) :69-80

Beigi Harchegani, H., and G. Banitalebi, 2013. The Effect of Twenty-Three Years of Surface Irrigation with Treated Municipality Wastewater on Soil Loadings, Transfer to Wheat and Corn Grains, and Related Health Risks of Some Heavy Metals. Journal of Water and Soil Vol. 27, No.3, 570-580

Bhat, N. A., Ghosh, P., Ahmed, W., Naaz, F., & Darshinee, A. P. 2023. Heavy metal contamination in soils and stream water in Tungabhadra basin, Karnataka: Environmental and health risk assessment. International Journal of Environmental Science and Technology, 20(3), 3071-3084.

Dehghani, S., naderi, M., mohammadi, J., & Karimi, A. 2021. Assessment of Heavy Metals Contamination of Soil Particle Size Fractions in Different Land Uses of Baghan Watershed, Bushehr province, Iran. Iranian Journal of Soil and Water Research, 52(7), 1765-1778. doi: 10.22059/ijswr.2021.319317.668900

Ennaji, W., Barakat, A., El Baghdadi, M., & Rais, J. (2020). Heavy metal contamination in agricultural soil and ecological risk assessment in the northeast area of Tadla plain, Morocco. Journal of Sedimentary Environments, 5(3), 307-320.

Gupta, N., Yadav, K. K., Kumar, V., Prasad, S., Cabral-Pinto, M., Jeon, B. H., Kumar, S., Abdellattif, M.H. & Alsukaibia, A. K. D. (2022). Investigation of heavy metal accumulation in vegetables and health risk to humans from their consumption. Frontiers in Environmental Science, 10, 791052.

Huang, Y., Chen, Q., Deng, M., Japenga, J., Li, T., Yang, X., & He, Z. (2018). Heavy metal pollution and health risk assessment of agricultural soils in a typical peri-urban area in southeast China. Journal of environmental management, 207, 159-168.

IAEA (International Atomic Energy Agency). 2004. Soil Sampling for Environmental Contaminants, IAEATECDOC-1415. IAEA, Vienna.

Lu X., Wang L., Lei K., Huang J. and Zhai Y. 2009. Contamination assessment of copper, lead, zinc, manganese and nickel in street dust of Baoji, NW China. Journal of hazardous materials, 161(2):1058-1062

Mirzabeygi M, Abbasnia A, Naji M, sajadi M, Salimi J, harasi E , Mahvi A. 2016. Determination of the heavy metals concentrations (lead, Cadmium, Chromium) in rural drinking water supplies of Torbat Heydariyeh city and distribution of GIS . Iranian Journal of Research in Environmental Health. 2 (2): 146-153.

Muller, G. (1969) Index of Geoaccumulation in Sediments of the Rhine River. GeoJournal, 2, 108-118.

Sabourmoghaddam, N. (2017). Comparative assessment of heavy metals changes in the ambient air of two different zones of Tabriz city, Iran. Global Nest Journal, 19(1), 69-73.

Sabourmoghaddam, N., & Shakery, M. (2020a). Impact Assessment of Heavy Metals Pollution in the Air on Bacterial Microflora of Elm Trees. Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences, 15(1), 87-92.

Sabourmoghaddam, N., & Shakery, M. (2020b). Impact assessment of heavy metals pollution in the air on bacterial microflora of elm trees. Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences, 15(1), 87-92.

Salmasi, R., & Pyrowan, H. 2021. Soil Pollution to Some Heavy Metals and Their Relation with Soil Properties in Sareskand, East Azarbayjan. Journal of Environmental Science and Technology, 23(4), 97-106. doi: 10.30495/jest.2021.18387

Shahryari, T., B.N. Moashery, Gh.R. Sharifzadeh. 2011. Concentrations of chromium and copper in the ground water and drinking water distribution network of Birjand, 2009-2010. Journal of Birjand University of Medical Sciences. 2011; 17(4): 62-67.

Shokati Amghani, M., Kalantari, K., Asadi, A., Shabanali Fami, H., & Barati, A. A. (2020). Analysis of Impacts of Arable Land Fragmentation in East Azarbayjan Province. Iranian Journal of Agricultural Economics and Development Research, 51(3), 565-585. doi: 10.22059/ijaedr.2018.250148.668544.

Srivastava V, Sarkar A, Singh S, Singh P, de Araujo ASF and Singh RP (2017) Agroecological Responses of Heavy Metal Pollution with Special Emphasis on Soil Health and Plant Performances. Front. Environ. Sci. 5:64. doi: 10.3389/fenvs.2017.00064

Taghipour, H., Mosaferi, M., Armanfar, F., & Gaemmagami, S. J. (2013). Heavy metals pollution in the soils of suburban areas in big cities: a case study. International Journal of Environmental Science and Technology, 10.

Taheri, M., Esmaeili Aftabdari, M., Khoshzaman, T., Tokasi, M., & Abbasi, M. (2015). Total and Available Heavy Metal Concentrations and Assessment of Soil Pollution Indices in Selected Soils of Zanjan. Water and Soil, 29(5), 1297-1308. doi: 10.22067/jsw.v29i5.33846

Valinejhad, F., Hassani, A. H., & Sayadi, M. 2016. Investigation of Heavy Metals (Cd, Cr, Ni, Pb, Zn) in Islamshahr Groundwater Resources and their Regional Distribution Pattern in GIS. Journal of Environmental Science and Technology, 18(3), 187-199.

Wang, S., Wu, W., Liu, F., Liao, R., & Hu, Y. 2017. Accumulation of heavy metals in soil-crop systems: a review for wheat and corn. Environmental Science and Pollution Research, 24, 15209-15225.

World Health Organization. 1996. Health criteria and other supporting information. In Guidelines for drinking water quality (Vol. 2, 2nd ed., pp. 31–388). Geneva: World Health Organization. http://www. cababstractsplus.org/abstracts/Abstract.aspx?AcNo= 19962006478.

Wu, Y., Li, X., Yu, L., Wang, T., Wang, J., & Liu, T. (2022). Review of soil heavy metal pollution in China: Spatial distribution, primary sources, and remediation alternatives. Resources, Conservation and Recycling, 181, 106261.

Xiang, M., Li, Y., Yang, J., Lei, K., Li, Y., Li, F., ... & Cao, Y. (2021). Heavy metal contamination risk assessment and correlation analysis of heavy metal contents in soil and crops. Environmental Pollution, 278, 116911.

Yakamercan, E., Ari, A., & Aygün, A. 2021. Land application of municipal sewage sludge: Human health risk assessment of heavy metals. Journal of Cleaner Production, 319, 128568.