Iranian Journal of Soil and Water Research ISNN: 2423-7833
Homepage: http://ijswr.ut.ac.ir

Chromium Contamination in Water, Soil and Agricultural Products of Mayamey Area

ALI REZA TAVAKOLI[✉1], BAHMAN YARGHOLI[2], AHMAD AKHYANI[3]

1. Corresponding Author, Agricultural Engineering Research Institute. Agricultural Research, Education and Extension Organization, Karaj, Iran, art.tavakoli@gmail.com
2. Agricultural Engineering Research Institute. Agricultural Research, Education and Extension Organization, Karaj, Iran, yar_bahman@yahoo.com
3. Agricultural and Natural Resources Research and Education Centre of Semnan province (Shahrood), Soil and Water Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Shahrood, Iran, ahmadakhyani@yahoo.com

Article Info

Article type: Research Article

Article history:

Received: Apr. 19, 2021

Received: Jan. 2, 2022

Accepted: Jan. 4, 2022

Published online: June. 22, 2022

Keywords:
Chromium concentration,
Forumad,
Pollution,
Total chromium adsorption.

ABSTRACT

Chromium is one of the heavy and toxic metals for microorganisms, animals, and plants, which the use of the sources that contain them may lead to serious environmental pollutants. High concentrations of chromium are considered a stress factor for plants that can affect plants' physiological and biochemical properties as a growth-limiting factor. Due to an active chromite mine in the Forumad area of Mayamey city, Semnan province, this research is to determine the status of chromium contamination in water resources, the soil of the region, and plant samples. Regarding the mentioned issue and for the identification, simultaneously sampling of all water resources in the region, including wells, springs, and aqueducts, are implemented. Besides the qualitative analysis and determination of ions (anions and cations), the total chromium concentration is investigated in the Soil and Water Research Institute. The results indicate pollution centers in the areas of Forumad, Pole Abrisham, Estarband, Kalateh-ye Sadat. A sampling of crops, horticulture, and medicinal plants in the region showed that the amount of chromium adsorption in pepper as a national index product of the region was less than the allowable limitation (less than 1 mg/kg), and the initial concerns were largely resolved. The absorption of total chromium in pistachio and pear crops is also within the allowable range, considered in the region's cultivation program. Since the absorption of chromium in sesame seeds, wheat, alfalfa, figs, and some crops is higher than the allowable level, incentive policies should be implemented to improve the cultivation pattern and replace it with contaminated crops. Contamination of soil sources in the region with chromium was investigated at 32 points. The results showed that almost all soil samples are more contaminated with chromium (range 386-142 mg/kg). The results showed that the concentration of total chromium in the four samples sent from Forumad and the Pole Abrisham before treatment was 123.5, 107.2, 127, and 110.6 µg / l after treatment of zero, 6.7, zero, and 4.2 µg / l, which indicates the use of reverse osmosis in drinking water.

Cite this article: Tavakoli, A., Yargholi, B., & Akhyani, A. (2022) Chromium Contamination in Water, Soil and Agricultural Products of Mayamey Area. *Iranian Journal of Soil and Water Research*, 53 (4), 835-847.
© The Author(s).
Publisher: University of Tehran Press.
DOI: http//doi.org/10.22059/ijswr.2022.318694.668929

مجله تحقیقات آب و خاک ایران، دوره ۵۳، شماره ۴ شاپا: ۷۸۳۳-۲۴۲۳
Homepage: http://ijswr.ut.ac.ir

میزان آلودگی کروم کل در آب، خاک و محصولات کشاورزی منطقه میامی

علیرضا توکلی[1]✉، بهمن یارقلی[2]، احمد اخیانی[3]

۱. پژوهش موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات،آموزش وترویج کشاورزی، کرج، ایران، art.tavakoli@gmail.com
۲. پژوهش موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات،آموزش وترویج کشاورزی، کرج، ایران، yar_bahman@yahoo.com
۳. مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی شاهرود، موسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات،آموزش وترویج کشاورزی، شاهرود، ایران، ahmadakhyani@yahoo.com

اطلاعات مقاله

نوع مقاله: مقالهٔ پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱/۳۰
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۰/۱۰/۱۲
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۰/۱۴
تاریخ انتشار: ۱۴۰۱/۴/۱

واژه‌های کلیدی:
آلودگی،
جذب کروم،
غلظت کروم کل،
فرومد.

چکیده

کروم از جمله فلزهای سنگین و سمی برای ریز جانداران، حیوان‌ها و گیاهان محسوب می‌شود که در صورت استفاده از منابع آن، به یک آلاینده جدی محیط‌زیست تبدیل خواهد شد. غلظت‌های بالای کروم به‌عنوان عاملی تنش‌زا برای گیاهان به شمار می‌رود که می‌تواند به‌عنوان یک عامل محدودکننده رشد، خصوصیات فیزیولوژیک و بیوشیمیایی گیاهان را تحت‌تأثیر قرار دهد. باتوجه‌به وجود معدن فعال کرومیت در منطقه فرومد شهرستان میامی استان سمنان، این تحقیق برای تعیین وضعیت آلودگی کروم در منابع آب، خاک منطقه و نمونه‌های گیاهی انجام شده است. براین‌اساس و برای شناخت، اقدام به نمونه‌گیری هم‌زمان از کلیه منابع آب منطقه اعم از چاه، چشمه و قنات شده و علاوه بر تجزیه کیفی و تعیین عناصر (آنیون‌ها و کاتیون‌ها)، اقدام به تعیین میزان غلظت عنصر کروم کل در آزمایشگاه تخصصی مؤسسه تحقیقات خاک و آب کشور گردید. نتایج حاکی از وجود کانون‌های آلودگی در مناطق فرومد، پل ابریشم، استربند، کلاته سادات است. نمونه‌گیری از محصولات زراعی، باغی و گیاهان دارویی منطقه، نشان داد که میزان جذب کروم در گیاه فلفل به‌عنوان محصول شاخص ملی منطقه، کمتر از حد مجاز بوده (کمتر از ۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم) و نگرانی‌های اولیه را تا حد زیادی برطرف نموده است. میزان جذب کروم کل در محصول پسته و گلابی نیز در حد مجاز است که می‌توانند در برنامه کشت منطقه موردتوجه قرار گیرند. ازآنجایی‌که میزان جذب کروم در دانه کنجد، گندم، یونجه، محصول انجیر و برخی محصولات بالاتر از حد مجاز است، بایستی از طریق سیاست‌های تشویقی برای اصلاح الگوی کشت و جایگزینی آن با محصولات آلوده اقدام گردد. آلودگی منابع خاک منطقه به کروم در ۳۲ نقطه مورد بررسی قرار گرفت و نتایج نشان داد که تقریباً تمامی انواع نمونه‌های خاک بیش از حد مجاز دچار آلودگی کروم هستند (دامنه ۳۸۶-۱۴۲ میلی‌گرم در کیلوگرم). نتایج نشان داد که میزان غلظت کروم کل در چهار نمونه آب شرب فرومد و پل ابریشم قبل از تصفیه ۱۲۳/۵، ۱۰۷/۲، ۱۲۷ و ۱۱۰/۶ میکروگرم در لیتر بعد از تصفیه صفر، ۶/۷ صفر و ۴/۲ میکروگرم در لیتر بوده است که حاکی از اثربخش بودن به‌کارگیری روش اسمز معکوس در تصفیه آب برای مصارف شرب و کشاورزی خانگی می‌باشد.

استناد: توکلی، علیرضا؛ یارقلی، بهمن؛ و اخیانی، احمد (۱۴۰۱). میزان آلودگی کروم کل در آب، خاک و محصولات کشاورزی منطقه میامی. *مجله تحقیقات آب و خاک ایران*، ۵۳ (۴)، ۸۳۵-۸۴۷.

DOI: http//doi.org/10.22059/ijswr.2022.318694.668929

ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران.

© نویسندگان.

مقدمه

فلزهای سنگین از آلاینده‌های مهم برای محیط به‌حساب می‌آیند. بسیاری از این فلزها حتی در غلظت‌های بسیار کم، سمی می‌باشند (Chen and Cutright, 2001). کروم هفتمین عنصر فراوان روی کره زمین همانند برخی عناصر سنگین از طریق فرآیندهای محیطی (Aldoobie & Beltagi, 2013) و فعالیت‌های انسانی وارد هوا، آب‌وخاک می‌شود (Denton et al., 1997). منبع اصلی کروم (با علامت اختصاری Cr)، سنگ کرومیت است که ترکیبی از آهن، کروم و اکسیژن می‌باشد. کروم فلزی از طریق احیاء اکسید کروم توسط آلومینیم یا کربن تهیه می‌شود (Ghasemi et al., 2015) که معادن مهم این سنگ در کشورهای زیمبابوه، روسیه، نیوزلند، ترکیه، ایران، آلبانی، فنلاند، ماداگاسکار و فیلیپین وجود دارد.

با جذب کروم و انباشت آن در اندام گیاهی، بطور مستقیم یا غیرمستقیم وارد زنجیره غذایی انسان و حیوانات می‌شود. اگر چه برخی از فلزات برای رشد بیولوژیکی انسان و جانوران لازم و ضروری هستند، ولی غلظت‌های بالاتر از حد آستانه آنها برای حیات انسان بسیار خطرآفرین خواهد بود بطوری که اگر غلظت آن در بدن به ۰/۱ میلی‌گرم در لیتر از وزن بدن انسان برسد می‌تواند سبب مرگ (Schneider et al., 2007) یا ابتلا به سرطان ریه و روده گردد (Miranzadeh et al., 2011).

کروم به‌عنوان یکی از فلزهای سنگین در گروه عناصر ضروری برای گیاهان قرار ندارد (Abdul, 2011)، درعین‌حال ضرورت وجود کروم در تغذیه جانوران و تأثیر آن بر سلامت انسان، اهمیت گیاهان را به‌عنوان انتقال‌دهنده‌های این فلز نشان می‌دهد (Mertz, 1969). سمیت کروم در گیاهان به ظرفیت آن بستگی دارد. غلظت‌های پایین کروم می‌تواند رشد گیاهان را افزایش دهد (Bonet et al., 1991, Sammantary et al., 1998). اثرات سمی کروم بر رشد و نمو گیاه و ایجاد ناهنجاری‌ها در مراحل جوانه‌زنی، رشد ریشه، ساقه و برگ مشاهده می‌شود (Shanker et al., 2005). دامنه سمیت کروم برای گیاهان زراعی از ۰/۵ تا ۵ میلی‌گرم بر لیتر و ۵ تا ۱۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم در خاک است (Panda and Choudhury, 2005). به‌طوری که کروم به‌عنوان دومین فلز آلوده‌کننده در آب‌وخاک شناخته شده است (Kar et al., 2008). برخی از گونه‌های گیاهی در برابر میزان مشخصی از فلزهای سنگین در خاک مقاوم بوده، توانایی جذب و تثبیت آنها را در بافت‌های درونی خود دارند. از طرفی در برخی از گیاهان آثار مسمومیت چندان بارز نیست، ولی میزان محتوی فلزی موجود در گیاه، سلامت انسان و یا دام‌هایی که از آن تغذیه می‌کنند را به خطر می‌اندازند (Zayed et al., 1998, Chatterjee and Chatterjee, 2000).

یکی از مهم‌ترین مشکلات زیست‌محیطی، آلودگی آب‌های سطحی و زیرزمینی به فلزهای سنگین است (Yan et al., 2003, Barnhart, 1997). منابع آب زیرزمینی مهم‌ترین روش دسترسی به آب (کشاورزی و شرب) در مناطق خشک محسوب می‌شود و ازآنجاکه فلزهای سنگین سمیت زیادی دارند، لذا تهدیدی جدی برای محیط‌زیست و سلامت انسان‌ها و حیوانات محسوب می‌شوند (Yun-guo, 2006, Sterbery and Dorn, 2002)، لذا آلودگی آب‌های زیرزمینی دارای اهمیتی به‌مراتب بیشتر از آلودگی آب‌های سطحی است.

حدود مجاز کروم برای سلامت انسان طبق استاندارد (EPA, 2006)، حداکثر ۰/۱ میلی‌گرم بر لیتر و طبق استاندارد (WHO, 2008) معادل ۰/۰۵ میلی‌گرم بر لیتر و طبق استاندارد ملی ایران (National Standard of Iran, 2009) برابر ۰/۰۵ میلی‌گرم بر لیتر می‌باشد. حد آستانه کروم در خاک‌های کشاورزی برابر ۱۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم (MEF, 2007, Tóth et al., 2016) و حد آستانه کروم در محصولات کشاورزی برابر ۱- ۰/۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم (Alloway, 1995) گزارش شده است.

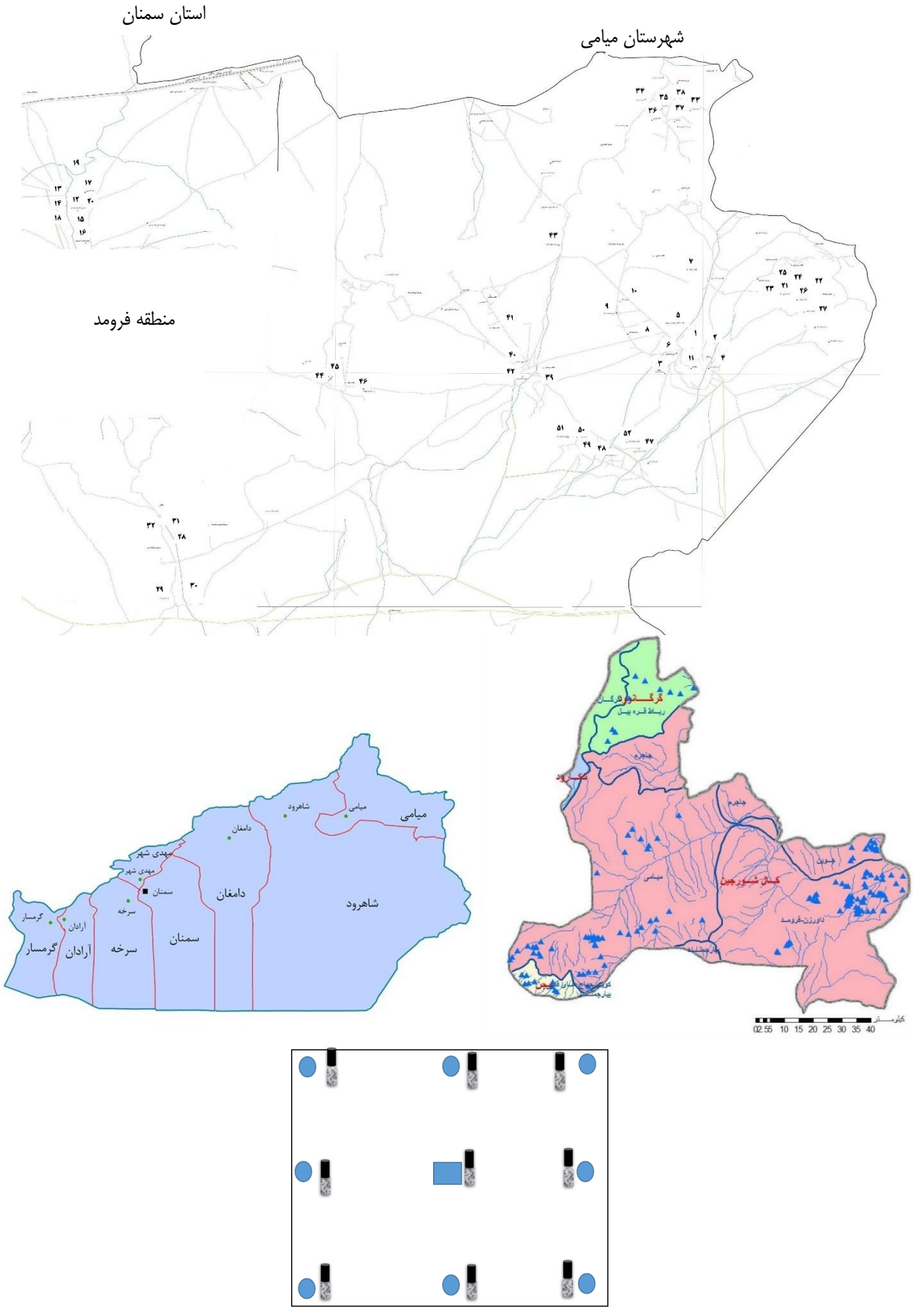
کروم سه‌ظرفیتی یک جزء مهم در تعادل رژیم غذایی انسان و جانوران است و کمبود آن موجب بروز اختلال در متابولیسم گلوکز و چربی‌ها و بروز علائم دیابت و بیماری‌های قلبی و عروقی می‌گردد. درحالی‌که کروم شش ظرفیتی به‌شدت سمی و سرطان‌زا بوده، در مقادیر بالا موجب مرگ انسان، جانوران و گیاهان می‌شود (Sharma et al., 2003). تحقیقات متعدد نشان داده است که گیاهان مختلف در توانایی انباشت کروم در بافت‌های خود تفاوت دارند و با افزایش غلظت کروم در محیط، غلظت آن در بافت‌های گیاهی نیز افزایش می‌یابد (Vajpayee et al., 2001).

غلظت بالا از هر نوع فلز چه ضروری و چه غیرضروری منجر به سمیت زیستی می‌شود. وجود مقادیر سمی فلزهای سنگین در محیط‌زیست گیاهان باعث ایجاد تغییرات فیزیولوژیک شده و می‌تواند موجب کاهش توان رشد گیاه و در حالت شدیدتر باعث ازبین‌رفتن گیاه شود. گیاهان حساس در چنین شرایطی آسیب‌دیده و از بین می‌روند و درحالی‌که گیاهان مقاوم در این شرایط همچنان به رشد و تولیدمثل خود ادامه می‌دهند (Seregin and Ivaniov, 2001).

هدف این تحقیق بررسی میزان آلودگی منابع آب‌وخاک در اراضی منطقه فرومد شهرستان میامی به فلز سنگین کروم به‌منظور شناخت پهنه های آلوده و ارائه راهکارهای کاربردی برای مدیریت و کنترل آن در آب، خاک و گیاه است. به‌عبارت‌دیگر باتوجه‌به اینکه راه اصلی ورود فلز سنگین و سرطان‌زای کروم به زنجیره غذایی، مصرف محصولات تولید شده از آب‌وخاک آلوده می‌باشد، هدف اصلی این پژوهش شناسایی این منابع و جلوگیری و یا کمینه کردن ورود این فلز به محصولات زراعی و یا جایگزینی کشت گیاهان با جذب کم‌تر می‌باشد.

روش تحقیق

منطقه موردمطالعه شامل بخش‌هایی از شهرستان میامی استان سمنان بوده که در عرض جغرافیایی بین ۳۶ درجه و ۹ دقیقه تا ۳۶ درجه و ۴۰ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۶ درجه و ۲۱ دقیقه تا ۵۶ درجه و ۵۱ دقیقه شرقی و در دامنه ارتفاعی ۱۵۵۰-۸۶۰ متر از سطح آزاد دریا واقع است. نقشه کلی منطقه فرومد و مناطق نمونه‌برداری شده (شماره ۱ تا ۵۲) در نقشه ۱ نشان داده شده است.



نقشه ۱- موقعیت جغرافیایی فرومد و نقاط نمونه‌برداری شده همراه با موقعیت شهرستان و استان

باتوجه‌به وجود معدن فعال کرومیت در منطقه میامی، این تحقیق به دنبال تهیه وضعیت پراکنش آلودگی منابع آبی منطقه و نمونه‌های گیاهی انجام‌گرفته است. آلودگی منابع آب شهرستان میامی به کروم، سبب بروز نگرانی‌هایی بابت ورود این عنصر به بدن انسان شده است که به طور مستقیم از طریق آب آشامیدنی و یا به طور غیرمستقیم از طریق محصولات زراعی، باغی و فرآورده‌های دامی تبعاتی را ایجاد می‌کند. براین‌اساس در مرحله شناخت اقدام به نمونه‌گیری از کلیه منابع آب منطقه فرومد، پل ابریشم و عباس‌آباد اعم از چاه، چشمه و قنات به تعداد ۵۳ نمونه و به طور هم‌زمان شده و علاوه بر تعیین SAR و EC، اقدام به تعیین میزان غلظت عنصر کروم کل گردید. میزان غلظت عنصر کروم کل در نمونه آب آبیاری و نمونه خاک با استفاده از دستگاه جذب اتمی (مدل Perkin Elmer 5100) در آزمایشگاه تخصصی و مرجع مؤسسه تحقیقات خاک و آب وزارت جهاد کشاورزی تعیین شد.

علاوه بر این با نمونه‌گیری از محصولات زراعی، باغی و گیاهان دارویی منطقه و نیز خاک کشاورزی که موقعیت آنها در نقشه ۱ نشان‌داده‌شده، میزان آلودگی و تجمع کروم کل در اجزای محصولات منطقه توسط دستگاه جذب اتمی مذکور اندازه‌گیری و تعیین گردید و بر اساس آن میزان جذب کروم در هر یک از محصولات بررسی شد. محصولات مورد بررسی عبارت بودند از: یونجه، خربزه، گردو، انجیر، فلفل، گندم، پسته، کنجد و سایر محصولات. از مزارع تحت کشت، ۳۲ نمونه خاک برداشت شده و ضمن تعیین برخی صفات و ویژگی‌ها، میزان غلظت کروم کل به طریق پیش‌گفته، در نمونه‌های خاک تعیین شد و روابط بین کروم کل و برخی از این صفات تعیین گردید.

نحوه نمونه‌برداری آب، خاک و گیاه

نمونه‌برداری از آب‌های زیرزمینی بر اساس دستورالعمل نشریه شماره ۶۲۰ صورت‌گرفته است (Anonymous, 2012). در برداشت نمونه خاک از هر نقطه، نمونه‌برداری مربعی به ابعاد ۳۰ در ۳۰ متر انتخاب و به تعداد ۱۰ نمونه به شکل زیر از صفر تا عمق ۱۵ سانتی‌متر (بعد از پاک‌کردن چند سانتی متر اول سطح خاک) برداشته شده و بعد از مخلوط نمودن نمونه‌ها، یک نمونه از ترکیب حاصل به وزن یک کیلوگرم برداشته و به آزمایشگاه تخصصی خاک و آب انتقال‌داده‌شده است.

نمونه‌برداری از بخش هوایی محصول و همچنین میوه محصولات زراعی و باغی (به‌خاطر مصارف این بخش از محصولات) صورت گرفت. گیاهان نمونه‌برداری شده با آب ۲ بار تقطیر، شست‌وشو داده شدند. بعد از خشک‌شدن به طور کامل، به دسیکاتور انتقال داده و پس از رسیدن به وزن ثابت، در هاون، تا پودر شدن کامل ساییده شدند. مقدار ۰/۵ گرم از هر نمونه ساییده شده را در لوله‌آزمایش ریخته و با استفاده از ۴ میلی‌لیتر اسید نیتریک و ۱ میلی‌لیتر اسید پرکلریک هضم شدند. سپس توسط کاغذ صافی واتمن ۴۲، صاف و با آب ۲ بار تقطیر، در بالن حجمی ۱۰ میلی‌لیتری به حجم رسانده شدند. سپس غلظت فلز سنگین مطابق با روش توصیه شده در روش‌های استاندارد، با دستگاه جذب اتمی (مدل Perkin Elmer 5100) اندازه‌گیری شد.

نتایج و بحث

آلودگی آب آبیاری و نمونه‌های گیاهی

از ۵۲ نمونه آب کشاورزی از منابع مختلف (چاه، چشمه و قنات) که مورد آنالیز قرار گرفت (جدول ۱) آلودگی برای تعداد زیادی از مناطق کاملاً محرز شده است که شامل مناطق فرومد، پل ابریشم، استربند و کلاته سادات می‌باشد. علاوه بر این از منابع آب کشاورزی مناطق مزینان و داورزن خراسان رضوی نیز نمونه‌برداری شد که از ۱۲ نمونه آن، ۱۱ نمونه دارای آلودگی بوده است.

بر اساس جدول ۲، تجمع کروم در محصولات مختلف متفاوت است. میزان جذب کروم در گیاه فلفل به‌عنوان برند و محصول شاخص ملی منطقه، کمتر از حد مجاز، جذب داشته و نگرانی‌های اولیه را تا حد زیادی برطرف نموده است. اما باید توجه داشت که باتوجه‌به استمرار مصرف آب و تجمع کروم در خاک، اتخاذ تمهیدات لازم برای تقلیل جذب، مدنظر تحقیقات قرار دارد.

میزان جذب کروم در پسته نیز در حد مجاز است و اقدامات لازم برای شناسایی پایه‌ها و ارقام مناسب پسته برای توسعه کشت پسته در منطقه می‌تواند جزو برنامه‌های پژوهشی مرکز قرار داشته باشد. گلابی نیز کمتر از حد مجاز جذب کروم داشتند که می‌توانند در برنامه کشت منطقه موردتوجه قرار گیرند.

ازآنجایی‌که میزان جذب کروم در کنجد، گندم، یونجه، انجیر و برخی محصولات بالاتر از حد مجاز است، بایستی از طریق سیاست‌های تشویقی برای اصلاح الگوی کشت و جایگزینی محصولات سازگار با محصولات آلوده اقدام گردد. این نکته بسیار مهم و دستاورد حاصل از این تحقیق است که هزینه سنگین مدیریت آب‌وخاک آلوده را کمینه می‌کند و نگرانی‌ها را برطرف می‌سازد.

جدول ۱- نتیجه آزمون کروم کل در نمونه‌های آب منطقه فرومد

شماره	مکان و منبع آب (چاه / چشمه / قنات)	ECw dS/m	Cr mg/kg	SAR
۱	خیرآباد (چاه)	۹۷۰	۴۴/۵	۲/۴
۲	هردوآب (چاه)	۸۹۰	۹۴/۰	۴/۷
۳	کلاته نور (قنات)	۸۷۰	۴۸/۹	۳/۱
۴	استخرسفید (قنات)	۱۳۸۲	۸۶/۵	۵/۰
۵	قنات شیخ حسن جوری	۸۲۹۰	۲۴/۷	۱۳/۳
۶	نصرتیه (قنات)	۱۲۵۸	۳۱/۶	۴/۱
۷	کلاته صالح	۱۲۳۰	۱/۲	۸/۳
۸	سیدآباد (قنات)	۹۳۰	۲۵/۲	۲/۳
۹	محمدآباد (قنات)	۷۴۸	۲۴/۶	۲/۲
۱۰	حسین‌آباد (قنات)	۷۹۵	۱۹/۴	۲/۹
۱۱	مظفر (قنات)	۱۴۳۰	۳۲/۲	۳/۲
۱۲	پل ابریشم چاه حاج حسن	۳۵۰۰	۴۷/۵	۸/۳
۱۳	پل ابریشم چاه رهگذری وشرکا	۴۱۵۰	۵۹/۴	۱۴/۴
۱۴	پل ابریشم چاه عطاخانی وشرکا	۳۷۵۰	۵۷/۰	۷/۶
۱۵	پل ابریشم چاه شهید قربانلو	۴۷۵۰	۱۱۸/۵	۷/۱
۱۶	پل ابریشم چاه امیری وشرکا	۲۵۰۰	۱۱۰/۶	۳/۲
۱۷	چاه شیرین	۱۱۵۰	۴/۲	۱/۱
۱۸	آب چاه (دستی)	۱۵۳۰	۷/۸	۳/۶
۱۹	کلاته خان (قنات)	۱۰۱۶	۱۲/۳	۲/۶
۲۰	چشمه وقفی	۶۰۴	۹/۱	۲/۳
۲۱	کلاته قلیج (قنات)	۸۳۶	۱۹/۴	۱/۵
۲۲	کلاغ دره (قنات)	۷۴۵	۴/۵	۰/۶
۲۳	ارضی آباد (قنات)	۹۲۵	۱۲/۶	۲/۳
۲۴	کلاته علی منجمی (قنات)	۶۹۰	۱۱/۳	۳/۷
۲۵	کلاته اکبر رحمانیان (قنات)	۸۵۰	۵/۷	۲/۲
۲۶	کلاته سیدبابا (قنات)	۸۱۰	۹/۵	۴/۴
۲۷	قنات کلاته عبدالله	۴۱۹۰	۲۲/۴	۰/۸
۲۸	کلاته فرهنگ (قنات)	۱۶۷۲	۲/۵	۷/۲
۲۹	کوه سفید عباس‌آباد (قنات)	۲۴۸۰	۲/۵	۸/۶
۳۰	قنات شاه عباسی (عباس‌آباد)	۹۱۶	۱۵/۸	۰/۷
۳۱	خانه گلی چاه قربانلو	۱۰۴۵۰	۹۷/۶	۱۱/۸
۳۲	خانه گلیچاه باقری	۶۵۰۰	۵۳/۵	۱۲/۷
۳۳	کلاته نو (قنات)	۳۰۶۰	۱/۴	۱۴/۷
۳۴	کلاته بذرآباد (قنات)	۱۲۱۹	۱۲/۳	۴/۶
۳۵	کلاته ملا	۵۸۶	۱۴/۱	۱/۲
۳۶	قنات کردو فرومد	۴۷۳	۱۴/۳	۰/۴
۳۷	قنات کلاته موسی	۶۳۶	۱۲/۲	۰/۵
۳۸	کلاته ابراهیم حیدری (قنات)	۶۳۸	۱۳/۲	۰/۳
۳۹	قنات روستای میرعلم	۱۳۲۲۰	۵۳/۹	۹/۴
۴۰	قنات فیروزآباد علیا	۱۰۸۲۰	۴۱/۵	۲/۱
۴۱	قنات کلاته چنگ	۱۴۲۹۰	۱۱۱/۶	۵/۳
۴۲	قنات فیروزآباد سفلی	۸۹۷۰	۶۴/۲	۷/۱
۴۳	قنات چهار طیب	۱۴۹۰	۱۹/۶	۷/۷
۴۴	قنات مسیح‌آباد داخل روستا	۱۴۴۰۰	۲۵/۳	۵/۴
۴۵	قنات مسیح‌آباد کناررروستا	۸۶۲۰	۳/۶	۷/۱
۴۶	قنات صالح آباد	۱۳۹۲۰	۲۲/۱	۰/۲
۴۷	کلاته سادات پایین (قنات)	۷۸۰	۶۷/۵	۷/۱
۴۸	مهدی‌آباد کلاته سادات (قنات)	۱۰۷۵۰	۸۴/۸	۶/۷
۴۹	سقاآباد استربند (قنات)	۱۱۲۶۰	۵۴/۲	۷/۷
۵۰	قنات استربند	۱۰۶۴۰	۷۴/۵	۸/۲
۵۱	خرم آباد استربند (قنات)	۱۴۳۰	۹۴/۰	۹/۷
۵۲	کلاته سادات بالا (قنات)	۶۹۱۰	۶۶/۳	۶/۷

جدول ۲- میانگین غلظت کروم کل در نمونه‌های گیاهی فرومد

ردیف	محصول	نوع محصول / تعداد نمونه	میزان کروم کل (میکروگرم بر کیلوگرم)
۱	یونجه	یونجه (۱)	۸۱۷
		یونجه (۲)	۱۳۴۱
		یونجه پل ابریشم	۱۰۹۷
۲	خربزه	تخم خربزه	۶۰۰
		پوست و گوشت خربزه	۶۸۲
۳	گردو	برگ و مغز گردو	۱۹۶۰
		برگ گردو	۱۷۶۲
		مغز گردو	۱۸۱
۴	انجیر	برگ انجیر	۲۶۲۹
		برگ انجیر مهدی آباد کلاته سادات	۳۱۸۷
		برگ انجیر کلاته سادات پایین	۷۰۵۵
		انجیر سیدآباد فرومد	۱۹۷۹
		انجیر رودبار	۴۴۱
۵	فلفل	فلفل کلاته سادات پایین	۵۸۵
		فلفل مسیح آباد داخل روستا	۸۲۷
		فلفل مهدی آباد کلاته سادات	۲۷۶
		فلفل رودبار فرومد	۳۱۱
		فلفل مزرعه استربند	۲۰۹
		فلفل امیر علم	۳۳۱
		فلفل مزرعه فیروز آباد پایین	۳۷۷
۶	گندم	گندم فیروز آباد پایین	۳۲۸۵
		گندم	۲۸۷۰
		گندم مزرعه استربند	۵۰۳
		خوشه گندم چاه ولی	۱۸۰۶
۷	پسته	مغز پسته کلاته سادات پایین	۵۱۹
		مغز پسته	۲۱۹
۸	کنجد	برگ کنجد مهدی آباد کلاته سادات	۲۷۰۸
		کنجد	۲۱۱۳
		برگ کنجد استربند	۳۰۵۷
۹	زالزالک	زالزالک کلاته سادات پایین	۲۱۳۳
		زرشک کلاته سادات پایین	۱۳۰۵
۱۰	سایر محصولات	گلابی رودبار	۴۷۸
		تخمه آفتابگردان	۱۰۱۳۵
		برگ و قوزه پنبه استربند	۳۳۹۹
		برگ بادام	۳۱۲۹
		توت سید آباد فرومد	۳۱۳
		برگه زردآلو سیدآباد فرومد	۷۶۰
		میوه انگور	۲۶۳
		پوست و گوشت هندوانه	۱۰۰۵
		سنجد با برگ	۱۲۳۸
		گوجه فرنگی	۲۶۸
		انار با پوست	۱۲۱
		آویشن	۴۳۵۱
		سورگوم مزرعه استربند	۳۴۰۶

بدین ترتیب که ابتدا در طی چند سال با کشت گونه‌های بیش اندوز فلزات سنگین مانند آفتاب‌گردان، اقدام به پاک‌سازی اراضی نمود و بعد از اطمینان از پاک‌سازی کامل خاک و روال عادی کشت، مطابق با الگوی رایج منطقه شروع گردد. طبیعی است در این مرحله نیاز به اعمال سیاست‌های

تشویقی برای تشویق و حمایت مالی از کشاورزان می‌باشد. امروز بیش از ۴۰۰ گونهٔ گیاهی متعلق به ۴۵ خانواده نظیرAsteraceae ، Brassicaceae، Caryophyllaceae، Fabaceae، Lamiaceae و غیره که از پتانسیل ژنتیکی جذب و تحمل مقادیر بالای فلزات سنگین کروم در اندام هوایی خود برخوردار هستند، شناسایی شده است (Shah and Nongkynrih, 2007).

درحالی‌که بیشترین تجمع در تخم آفتاب‌گردان وجود داشته، کمترین میزان مربوط به فلفل و گوجه‌فرنگی می‌باشد. میزان تجمع کروم در کنجد بین ۲۱۱۳ تا ۳۰۵۷ میکروگرم بر کیلوگرم به دست آمد که نسبت به حد مجازی که برای این عنصر ذکر می‌شود، بیشتر است.

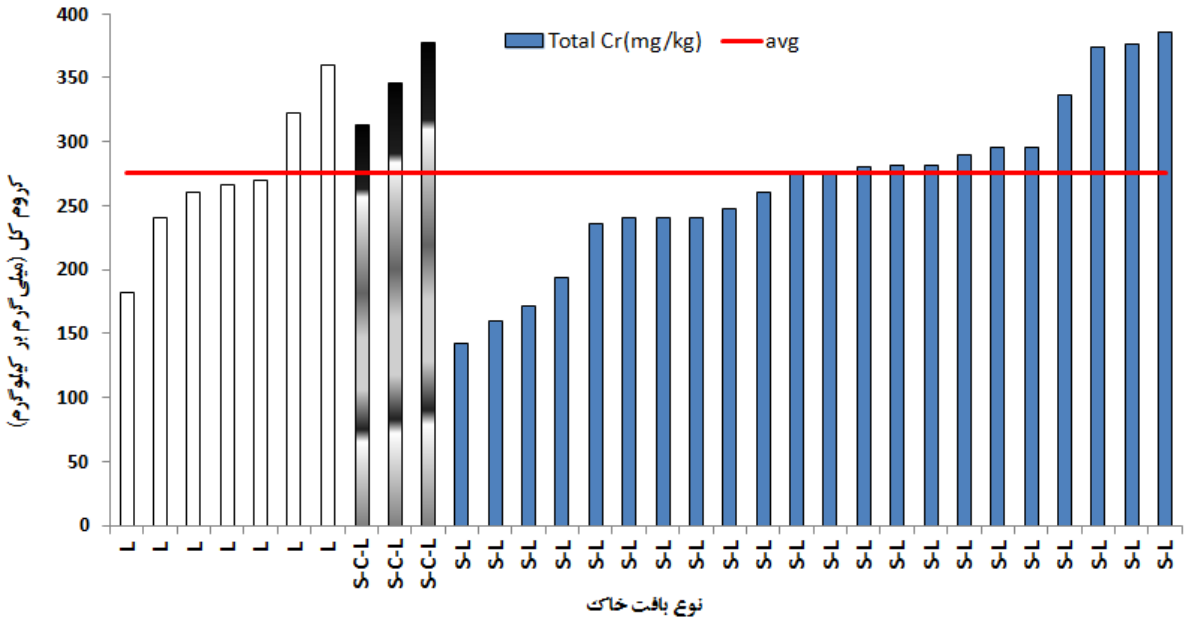
کروم ابتدا توسط سیستم ریشه‌ای گیاهان گرفته می‌شود و در غلظت‌های بالایی در بافت‌های ریشه ذخیره می‌شود. Pirooz et al., (2012) تجمع کروم در گیاه آفتاب‌گردان را ۱۲۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن خشک، گزارش نمودند و بااین‌حال عوارض بارز سمی در گیاه مشاهده نکردند.

Kazemzadeh Khoei et al., (2012) غلظت کروم موجود در گوجه‌فرنگی کاشت شده در جنوب تهران را ۳/۴۲ میکروگرم در گرم وزن خشک گزارش نمودند. به‌طورکلی میزان انباشت کروم در قسمت‌های مختلف گیاه، متفاوت است زیرا در انتقال کروم از ریشه به رأس گیاه، محدودیت وجود دارد که به دلیل اتصال این فرم یونی در جایگاه‌های مبادله کاتیونی ریشه و غیر متحرک شدن آن می‌باشد؛ بنابراین بیشترین مقدار کروم جذب شده توسط گیاه در ریشه‌ها باقی می‌ماند و تنها بخش کوچکی از آن به اندام‌های هوایی منتقل می‌شود (Macfarlane and Burchett, 2001). این نکته ظریفی است که در داده‌های جدول ۲ نیز قابل‌مشاهده است و می‌تواند برنامه‌ریزی مدیریت منابع تولید (آب، خاک و گیاه) را دقیق‌تر نماید.

حداکثر میزان مجاز کروم در محصولات علوفه‌ای (خوراک دام) ۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم (mg/kg) (۵۰۰۰ میکروگرم بر کیلوگرم) و در محصولات با خوراک انسانی ۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم (mg/kg) (۲۰۰۰ میکروگرم بر کیلوگرم) است (Akenga et al., 2016) که براین‌اساس تخم آفتاب‌گردان، آویشن و گندم دارای غلظتی فراتر از مصارف انسانی بوده و مصرف آنها توصیه نمی‌گردد. همچنین برگ انجیر کلاته سادات پایین و تخم آفتاب‌گردان دارای غلظتی فراتر از حد مجاز مصارف دام می‌باشد.

آلودگی خاک

دامنه سمیت کروم کل در خاک برای گیاهان زراعی از ۵ تا ۱۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم است. کروم برای جذب در گیاه، سازوکار به خصوصی ندارد؛ بنابراین، جذب این فلز سنگین از راه اشغال ناقل‌های عناصر ضروری گیاه انجام می‌شود. تأثیر سمی کروم بر گیاه و همین‌طور جذب، انتقال و انباشتگی آن در ابتدا وابسته به نوع یون آن است. همچنین کروم با آهن و فسفر نیز بر سر اتصال به ناقل‌ها رقابت دارند (Naqibipour et al., 2015).



شکل ۱- وضعیت نوع بافت خاک و غلظت آلودگی خاک به کروم (میلی‌گرم بر کیلوگرم)

بر اساس شکل ۱ و جدول ۳ تقریباً تمامی انواع نمونه‌های خاک بیش از حد مجاز دچار آلودگی کروم هستند. از میان بافت‌های خاک نیز، هر سه نمونه خاک با بافت سیلتی کلی لوم آلودگی بالا و حتی بیش از میانگین نمونه‌ها داشته است. تعداد نمونه‌های خاک دارای بافت سیلت لومی بیش از انواع دیگر خاک‌ها بوده است (غالب بافت خاک مزارع) و تعداد قابل‌توجهی از آنها اگرچه دارای کمتر از میانگین نمونه‌ها، آلودگی دارند، اما از منظر شاخص حد آستانه، بیش از حد مجاز، آلودگی دارند؛ لذا آلودگی خاک در تمامی نمونه‌ها، اگرچه دارای نوسان است اما محرز می‌باشد. چنین استنباط می‌شود که آلودگی خاک ناشی از انتقال در اثر آب آبیاری و یا نزدیکی و تماس با منبع کرومیت باشد.

جدول ۳- آنالیز نمونه‌های خاک و تعیین شدت آلودگی خاک به کروم (میلی‌گرم بر کیلوگرم)

Texture	Total Cr (mg/kg)	T.N.V (%)	OC (%)	OM (%)	Soil pH	Soil EC	Soil K (mg/kg)	Soil N (%)	Soil P (mg/kg)
S-L	۱۴۲	۱۵/۶	۰/۴	۰/۷	۸/۰	۱/۸	۳۱۴	۰/۱۴	۲/۸
S-L	۱۶۰	۱۴/۰	۱/۶	۲/۷	۷/۹	۳/۴	۴۲۶	۰/۱۴	۲/۹
S-L	۱۷۲	۱۲/۸	۱/۲	۲/۱	۷/۸	۳/۶	۳۶۹	۰/۱۲	۲/۲
L	۱۸۲	۱۵/۸	۱/۶	۲/۸	۷/۷	۱/۱	۵۶۹	۰/۱۴	۲/۲
S-L	۱۹۴	۱۱/۲	۰/۹	۱/۵	۷/۹	۳/۲	۲۸۰	۰/۰۹	۱/۸
S-L	۲۳۶	۷/۱	۲/۸	۴/۹	۸/۱	۱/۶	۲۹۵	۰/۱۲	۱/۷
L	۲۴۰	۱۱/۹	۱/۵	۲/۷	۸/۱	۱/۹	۳۲۳	۰/۱۴	۲/۸
S-L	۲۴۰	۱۲/۳	۰/۷	۱/۳	۸/۱	۲/۳	۲۱۳	۰/۰۷	۱/۴
S-L	۲۴۰	۸/۶	۱/۳	۲/۳	۷/۹	۵/۳	۲۵۹	۰/۱۳	۲/۷
S-L	۲۴۰	۱۲/۷	۰/۹	۱/۶	۸/۲	۶/۰	۲۹۵	۰/۰۹	۲/۰
S-L	۲۴۸	۱۰/۲	۱/۰	۱/۸	۷/۹	۶/۰	۴۹۲	۰/۰۹	۱/۸
L	۲۶۰	۹/۳	۱/۵	۲/۶	۷/۸	۱/۴	۵۵۰	۰/۱۴	۲/۹
S-L	۲۶۰	۹/۳	۰/۷	۱/۳	۸/۲	۴/۰	۳۵۱	۰/۰۷	۱/۵
L	۲۶۶	۱۲/۶	۱/۳	۲/۲	۸/۵	۱/۹	۲۸۶	۰/۱	۲/۰
L	۲۷۰	۱۱/۲	۰/۵	۰/۸	۸/۲	۴/۶	۳۱۴	۰/۰۲	۰/۴
S-L	۲۷۴	۹/۵	۱/۴	۲/۵	۷/۹	۴/۱	۱۷۲	۰/۱۱	۲/۱
S-L	۲۷۶	۱۲/۲	۳/۰	۵/۲	۸/۴	۱/۴	۲۰۴	۰/۱۵	۲/۹
S-L	۲۸۰	۱۰/۰	۱/۴	۲/۴	۷/۹	۳/۶	۱۵۹	۰/۰۲	۰/۵
S-L	۲۸۲	۷/۴	۰/۷	۱/۱	۷/۷	۷/۱	۲۱۳	۰/۰۴	۰/۸
S-L	۲۸۲	۸/۶	۳/۰	۵/۲	۸/۱	۱/۹	۲۰۴	۰/۰۵	۲/۰
S-L	۲۹۰	۹/۷	۱/۲	۲/۰	۷/۷	۷/۲	۲۱۶	۰/۱	۲/۰
S-L	۲۹۶	۱۱/۹	۲/۱	۳/۶	۸/۱	۱/۳	۲۵۴	۰/۱۷	۱/۴
S-L	۲۹۶	۷/۹	۱/۴	۲/۴	۷/۸	۱/۲	۱۱۵	۰/۱۲	۲/۵
S-C-L	۳۱۴	۱۳/۰	۱/۱	۱/۸	۸/۳	۳/۲	۲۲۲	۰/۰۸	۱/۷
L	۳۲۲	۹/۳	۱/۰	۱/۸	۷/۸	۲/۳	۲۳۲	۰/۰۸	۱/۵
S-L	۳۳۶	۸/۱	۰/۵	۰/۹	۷/۹	۳/۰	۲۱۳	۰/۰۳	۰/۶
S-C-L	۳۴۶	۹/۷	۱/۰	۱/۶	۸/۰	۵/۹	۲۲۲	۰/۰۹	۱/۹
L	۳۶۰	۱۱/۴	۱/۸	۳/۱	۷/۹	۴/۳	۱۷۲	۰/۰۷	۱/۳
S-L	۳۷۴	۱۰/۷	۱/۲	۲/۱	۸/۲	۶/۲	۲۵۱	۰/۰۸	۱/۵
S-L	۳۷۶	۹/۳	۱/۱	۱/۸	۷/۶	۹/۶	۲۸۶	۰/۰۶	۱/۱
S-C-L	۳۷۸	۹/۷	۱/۲	۲/۱	۷/۸	۶/۶	۲۶۷	۰/۰۸	۱/۷
S-L	۳۸۶	۱۰/۲	۱/۰	۱/۸	۷/۹	۸/۰	۱۸۶	۰/۰۶	۱/۲

میزان غلظت کروم کل در خاک لومی در دامنه ۳۶۰-۱۸۲ میلی‌گرم در کیلوگرم، در خاک سیلتی لوم در دامنه ۳۷۸-۳۱۴ میلی‌گرم در کیلوگرم و در خاک سیلتی کلی لوم در دامنه ۳۸۶-۱۴۲ میلی‌گرم در کیلوگرم قرار دارد. این حاکی از نقش و اثر بافت خاک بر جذب غلظت کروم در خاک است. بدیهی است که آبشوئی، نوع محصول کشت شده، عملیات زراعی، برنامه آبیاری (میزان آب وارده به مزرعه و کیفیت آن)، موقعیت مزرعه نسبت به کانون‌های آلودگی و ... بر میزان غلظت کروم در خاک مؤثر است.

از سوی دیگر وجود رابطه بین غلظت املاح و کروم می‌تواند ناشی از وجود نمک‌ها و سازندهایی در سنگ‌های مادری و خاک منطقه باشد که این منابع (خاک و سنگ‌های مادری) دارای رگه‌ها و غلظت‌هایی هرچند ناچیز از کروم می‌باشند.

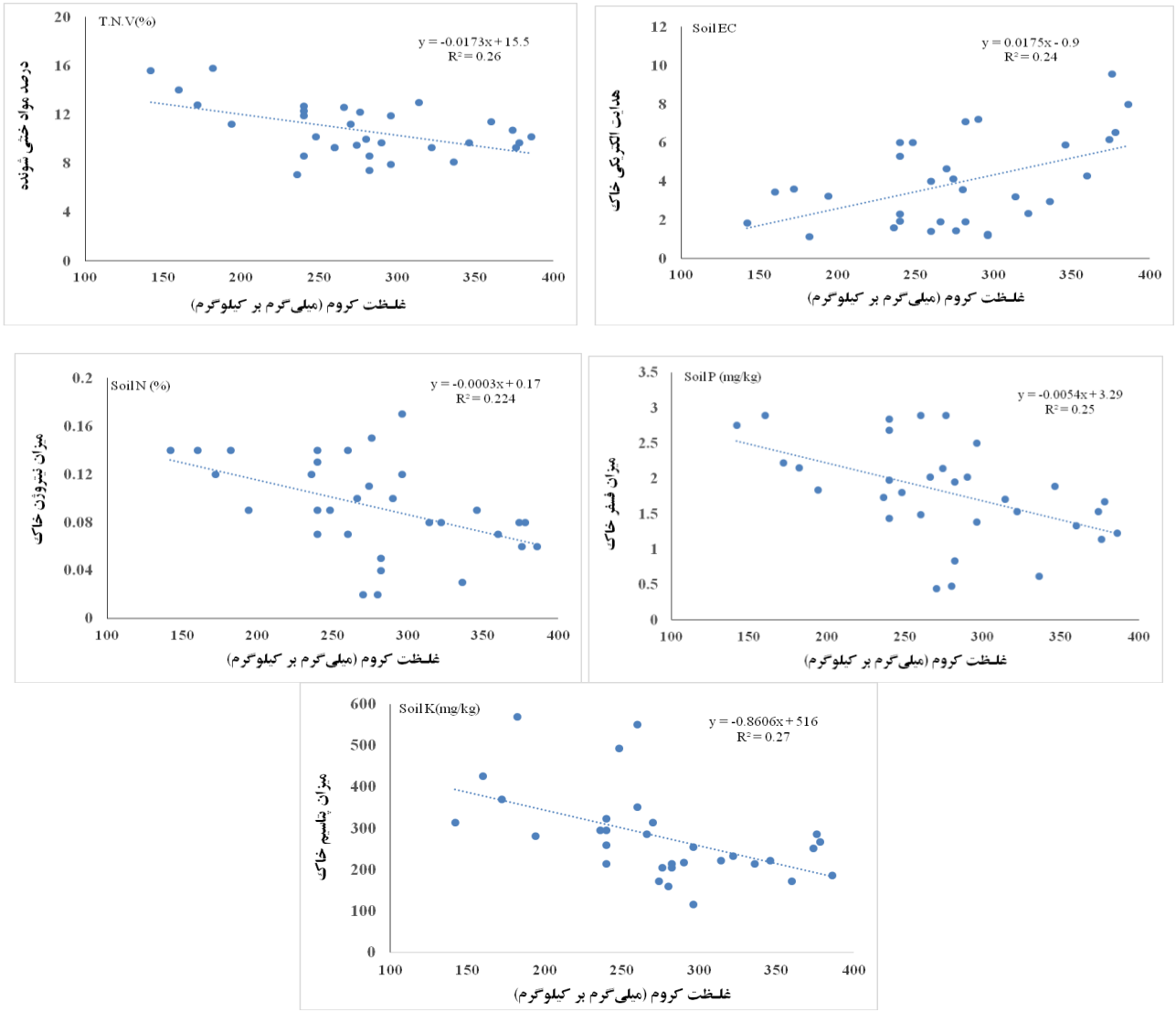
غلظت کروم همانند شوری و شرایط محدودیت رطوبتی سبب بروز تنش بر گیاه می‌شود و گاهی منفرداً رخ می‌دهد اما آنچه که در این منطقه مشاهده می‌شود اثر تجمیعی و افزایشی غلظت کروم و شوری آب / خاک و حتی بروز تنش رطوبتی (ناشی از برنامه نادرست آبیاری) است. در وجود اثرات سوء شوری (و تنش رطوبتی) بر محصول تردیدی نیست، اما آنچه که مهم است گزارش بروز اثرات سوء کروم بر ارتفاع بوته و رشد ساقه محصولات است (Rout et al., 1997). به طوری که زمانی که کروم در غلظت‌های ۲، ۱۰ و ۲۵ قسمت در میلیون به‌صورت محلول‌پاشی در خاک به مزارع جو افزوده شد، به ترتیب موجب کاهش ۱۱، ۲۲ و ۴۴ درصدی ارتفاع بوته در مقایسه با تیمار شاهد گردید (Anderson et al., 1972). کاهش ارتفاع بوته با کروم (۶ ظرفیتی) در زعفران، کاهو و پانیکوم نیز گزارش شده است (Joseph et al., 1995). Barton et al., (2000) اظهار داشتند

که افزودن کروم به خاک‌کشت یونجه، موجب کاهش رشد ساقه در گیاه یونجه گردید.

آلودگی منابع خاک منطقه به کروم در ۳۲ نقطه مورد بررسی قرار گرفت که همراه با آزمون عناصر دیگر، در جدول ۳ خلاصه شده است. وضعیت تغییرات میزان کروم در بافت‌های مختلف خاک در شکل ۱ و روابط بین کروم – درصد آهک (TNV)، کروم – هدایت الکتریکی (EC) و نیز میزان عناصر ازت – فسفر – پتاس (N-P-K) در خاک با کروم در شکل ۲ نشان‌داده‌شده است.

باتوجه‌به اثرات محدودکننده کروم بر رشد و نمو محصول، رابطه بین غلظت کروم با برخی مشخصه‌های کیفی خاک بیان و در شکل ۲ نشان‌داده‌شده است. رابطه بین غلظت کروم و TNV در نمونه‌های خاک یک‌روند نزولی هست، یعنی با افزایش غلظت کروم، شاخص TNV روندی کاهشی خواهد داشت. رابطه بین کروم و pH در نمونه‌های خاک یک‌روند متغیر هست و دستیابی ارتباطی بین غلظت کروم نمونه‌های خاک میسر نشده است. اما رابطه بین کروم و EC در نمونه‌های خاک یک‌روند صعودی هست، یعنی با افزایش غلظت کروم، شاخص EC روندی افزایشی را نشان می‌دهد.

بر اساس روابط و روند ارائه شده در شکل ۲، غلظت کروم خاک با هدایت الکتریکی خاک مشابه سایر فلزات سنگین رابطه مستقیم داشته، ولی با غلظت عناصر مغذی موجود در خاک مانند فسفر، نیتروژن، پتاسیم و مواد خنثی شونده رابطه عکس دارد، این رابطه برخلاف رابطه کادمیوم با فسفر و نیتروژن خاک می‌باشد (Salmasi and Peiravan, 2021).



شکل ۲- رابطه کروم (میلی‌گرم بر کیلوگرم) و برخی شاخص‌ها در نمونه‌های خاک

آلودگی آب شرب و مصارف کشاورزی کوچک‌مقیاس آن

راه‌های مختلفی برای حذف و یا کاهش کروم در آب‌وخاک چون انعقاد و ته‌نشینی، فیلتراسیون جذب سطحی، روش‌های تبادل یونی، تکنیک‌های

غشائی (فیلترهای ممبران) و روش‌های حذف و پالایش خاک‌آلوده وجود دارد که تقریباً هیچ یک از این روش‌ها به دلیل هزینه‌های بالا برای مصارف آب کشاورزی مقرون‌به‌صرفه نیستند. اما ازآنجایی‌که از آب موجود در شبکه شرب برای مصارف کشاورزی کوچک‌مقیاس در حیاط منازل (عمدتاً تولید محصولات کشاورزی با مصارف خانگی) استفاده می‌شود، ضرورت دارد نسبت به‌سلامت این آب، اطمینان لازم حاصل شود.

همان‌طور که بیان شد اگرچه بررسی آلودگی آب شرب به میزان کروم کل مدنظر این پژوهش نبوده، اما به دلیل اینکه از آب شرب برای مصارف کشاورزی (زراعت سبزی، درختان) استفاده می‌شود، اقدام به نمونه‌گیری آب شرب مربوط به آب خام (قبل از تصفیه) و بعد از تصفیه شدن گردید. نتایج نشان داد که میزان غلظت کروم کل در چهار نمونه ارسالی فرومد و پل ابریشم قبل از تصفیه ۱۲۳/۵، ۱۰۷/۲، ۱۲۷ و ۱۱۰/۶ میکروگرم در لیتر بعد از تصفیه صفر، ۶/۷، صفر و ۴/۲ میکروگرم در لیتر بوده است که حاکی از اثربخشی دستگاه تصفیه آب می‌باشد.

باتوجه‌به اینکه میزان حداکثر غلظت مجاز کروم در آب آبیاری بر مبنای استاندارد ایران و سازمان بهداشت جهانی (World Health Organization = WHO) به ترتیب ۲ و ۰/۱ میلی‌گرم در لیتر (۲۰۰۰ و ۱۰۰ میکروگرم در لیتر) و حد مجاز آن در آب‌های طبیعی ۰/۰۵ میلی‌گرم بر لیتر (یا ۵۰ میکروگرم در لیتر) است (FAO/WHO, 1984) لذا، نمونه‌های آب منطقه حاکی از وجود عنصر کروم کل در آب به میزان بیش از حد مجاز است و فرآیند تصفیه توانست میزان آلودگی را به نحوی مطلوبی کاهش دهد.

در بررسی وضعیت آلودگی و اثربخشی فیلترهای تصفیه آب، از فیلتر با عملکرد اسمز معکوس (Reverse osmosis = RO) استفاده شد. دستگاه‌های تصفیه آب به روش اسمز معکوس دارای غشای تصفیه (Membrance) خاصی است که با منافذ بسیار ریز کمتر از ۰/۰۰۱ میکرون خود قادر است ذرات با قطر حدود ۰/۰۳-۰/۰۲ میکرون (۲۰ تا ۳۰ نانومتر) از آب جدا نماید. میکرون یا میکرومتر یکی از واحدهای طول و برابر با ۶-۱۰ متر است. یک میکرون معادل ۱۰۰۰ نانومتر یا یک هزارم میلی‌متر است.

لازم بذکر است که اسمز معکوس (RO) فرایندی است که در آن از فشار پمپ برای معکوس نمودن جریان اسمزی آب خام (تصفیه نشده) از درون یک غشای نیمه‌تراوا استفاده می‌شود. اگر یک غشای نیمه‌تراوا بین دو محلول آب خالص و آب ناخالص قرار گیرد آب به صورت طبیعی و تحت خاصیت اسمزی از غلظت پایین‌تر به غلظت بالاتر جریان می‌یابد. این پدیده تا هنگامی که پتانسیل‌های شیمیایی دو طرف برابر گردند ادامه خواهد یافت. در حالت تعادل اختلاف فشار بین دو طرف غشا برابر اختلاف فشار اسمزی است. اگر فشاری برابر با اختلاف فشار اسمزی به محلول غلیظ‌تر اعمال گردد جریان آب قطع خواهد شد. در صورتیکه فشار اعمال شده بیشتر از فشار اسمزی باشد، جهت جریان طبیعی آب، معکوس خواهد گردید. اسمز معکوس برای تهیه آب آشامیدنی از آب‌هایی که حاوی املاح معدنی زیاد و ناخالصی‌های آلی می‌باشند، بسیار مناسب است. اسمز معکوس به طور پیوسته کار می‌کند و می‌تواند املاح و آب خام را تا ۹۹ درصد کاهش دهد.

مهم‌ترین مزایای اسمز معکوس (RO) به دیگر روش‌های تصفیه آب عبارت است از: هزینه‌های پایین راه‌اندازی، عدم استفاده از مواد شیمیایی، قابلیت بالای اعتماد و اطمینان به این فرآیند، نرخ بالای بازیافت آب‌های آلوده تا ۹۸ درصد منابع آب ورودی، عدم نیاز به‌پیش تصفیه فیزیکی یا شیمیایی، مصرف کم انرژی، نداشتن آثار منفی محیط‌زیست، بهره‌برداری و نگهداری آسان و کم‌هزینه.

ضمناً لازم به ذکر است که دو نکته بسیار مهم و ضروری بایستی مدنظر قرار داد ۱- زمان تعویض فیلترها که با استمرار نمونه‌گیری مشخص خواهد شد و ۲- نحوه تعویض فیلترها که پیشنهاد می‌شود در مقابل تحویل دادن یک نمونه از فیلتر مستعمل و آلوده یک عدد فیلتر سالم تحویل گرفته شود و با نظر مسئولین ذی‌ربط نسبت به امحا و جلوگیری از برگشت به طبیعت اقدام گردد. فیلترهای تصفیه آب توسط شرکت آب‌ناب دامغان و با حمایت کمیته امداد امام خمینی (ره) و شرکت آب و فاضلاب روستایی استان نصب گردید.

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

بر اساس نمونه‌های گیاهی تهیه شده که در آزمایشگاه تخصصی مؤسسه تحقیقات خاک و آب آنالیز گردید، تجمع کروم کل در کنجد، گندم، یونجه، انجیر و برخی محصولات محرز بوده و انتخاب رقم مناسب / جایگزینی و اصلاح الگوی کشت می‌تواند تا حدود زیادی، در حل معضل طبیعی منطقه کمک نماید.

باتوجه‌به وضعیت پراکنش فلز کروم در خاک، مطالعات دقیق این عنصر در اراضی زراعی منطقه برای پهنه‌بندی خاک‌های زراعی برای کشت محصولات حساس و آسیب‌پذیر توصیه می‌گردد.

باتوجه‌به جهت وزش باد که به سمت روستای فرومد هست و فاصله نزدیک بین روستا و محل آسیاب کردن سنگ معدن، غبارهای ناشی از آسیاب کردن به سمت روستا منتقل می‌کند و احتمالاً آسیب‌هایی را به دنبال خواهد داشت، براین‌اساس پیشنهاد می‌شود کمربند سبز حائل ایجاد تا اثرات سوء احتمالی به حداقل کاهش یابد، ضمن اینکه اقدامات و تمهیدات خاص برای کاهش غبارها، جلوگیری از نفوذ آب آلوده به داخل زمین و رعایت الزامات و مسائل ایمنی کارکنان و کارگران نیز بسیار مهم و ضروری می‌نماید.

"هیچ‌گونه تعارض منافع بین نویسندگان وجود ندارد"

REFERENCES

Abdul, G. (2011). Effect of chromium toxicity on growth, chlorophyll and some mineral nutrients of brassica juncea L. Egyptian Academic Journal Biological Sciences 2 (1): 9-15.

Akenga, T., Sudio, V., Machuka, W., and Kerich, E. (2016). Heavy metal concentrations in agricultural farms in homa hills homa bay county, Keny. International J. of Science and Research, 5(10): 1664-1669.

Alloway, B. J. (1995). Heavy Metals in Soils. Springer Netherlands, XIV, 368pp.

Anderson, A. J., Meyer, D. R. and Mayer, F. K. (1972). Heavy metal toxicities: levels of nickel, cobalt and chromium in the soil and plants associated with visual symptoms and variation in growth of an oat crop. Aust J Agric Res. 24:557– 71.

Anonymous. (2012). Instruction for Ground Water Quality Monitoring, No.620, Office of Deputy for Strategic Supervision, Department of Technical Affairs and Ministry of Energy, Bureau of Engineering and Technical Criteria for Water and Wastewater, 108 pp.

Barton, L. L., Johnson, A. G. and Wagener, B. M. (2000). Inhibition of ferric chelate reductase in alfalfa roots by cobalt, nickel, chromium and copper. Journal of Plant Nutrition 23: 1833-1845.

Bonet, A., Poschenrieder, C. and Barcelo, J. (1991). Chromium III ion interaction in Fedeficient and Fe-sufficient bean plants. I. Growth and Nutrient content. Journal of Plant Nutrition 14: 403-414.

Chatterjee, J. and Chatterjee, C. (2000). Phtotoxicity of cobalt, chromium and copper in cauliflower. Environmental Pollution 109: 69-74.

Chen, H. and Cutright, T. (2001). EDTA and HEDTA effects on Cd, Cr and Ni uptake by Helianthus annuus. Chemosphere 45 (1): 21–28.

EPA. (2006). Edition of the Drinking Water Standards and Health Advisories. EPA 822-R-06-013, Office of Water U.S. Environmental Protection Agency Washington, DC

FAO/WHO. (1984). List of contaminants and their maximum levels in foods. Codex Alimentarius Commission. Available at http://www.codexalimentarius.org.

Ghasemi, A., Nematollahi, M. J. and Taghavi Sani, H. (2015). Potentially contaminant sources assessment and hydrogeochemical characteristics of Chromium in Golbou water resources, North Torbat Heydarieh, Khorasan Razavi. Journal of Environmental Geology, 10(34): 1-15.

Joseph, G. W., Merrilee, R. A. and Raymond, E. (1995). Comparative toxicities of six heavy metals using root elongation and shoot growth in three plant species. The symposium on environmental toxicology and risk assessment, Atlanta, GA, USA. P:26– 9.

Kazemzadeh Khoei, J., Nouri, A. S., Pourang, N., Alizadeh, M., Qureshi, H. and Padash. A. (2012). Investigation and measurement of heavy metals nickel, lead, copper, manganese, zinc, cadmium and vanadium in edible vegetables south of Tehran refinery. Environmental research 3 (6): 74-65. (in Farsi)

Macfarlane, G. R. and Burchett, M. D. (2001). Photosynthetic pigments and peroxidase activity as indicators of heavy metal stress in the grey mangrove, Avicennia marina (Forsk.) Vierh. Marine Pollution Bulletin 42(3): 233-240. Mertz, W. (1969). Chromium occurrence and function in biological systems. Physiological Review 49: 163–239.

Ministry of the Environment, Finland (MEF), (2007). Government Decree on the Assessment of Soil Contamination and Remediation Needs (214/2007, March 1, 2007).

Miranzadeh, M. B., Mahmoudzadeh, A. A., Hassanzadeh, M., and Bigdeli, M. (2011). Investigation of heavy metal concentrations in the water distribution network of Kashan in 2010. Ardabil Journal of Health, Volume 2, Number 3, pp. 58-68. (in Farsi)

Naqibipour, D., Taghavi, K., Sedaghathour, Sh. and Waezadeh Zadeh, M. (2015). Investigation of the efficiency of aqueous lentils in removing heavy metals from aqueous solutions. Wetland Ecobiology Quarterly 23 (6): 56-49. (in Farsi)

National Standard of Iran. (2009). Drinking water - physical and chemical properties. Standard 1053, Fifth Edition, Institute of Standards and Industrial Research of Iran. (in Farsi)

Panda, S. K. and Choudhury, S. (2005). Chromium stress in plants. Brazilian Journal of Plant Physiology 17: 95-192.

Pirooz, P. S., Manouchehri Kalantari, Kh. and Nasibi, F. (2012). Physiological study of sunflower plant under chromium stress: Effect on growth, accumulation and induction of oxidative stress in sunflower root. Journal of Plant Biology 4 (11): 86-73. (in Farsi)

Plant, J. A. and Raiswell, R. (1983). Principles of environmental geochemistry. I. Thornton (Ed.), Applied Environmental Geochemistry, Academic Press (1983), pp. 1-40.

Research Deputy of Environmental Protection Organization. (1992). Sewage output standard. Publications of the Office of Environmental Education. (in Farsi)

Rout, G. R., Sanghamitra, S. and Das, P. (2000). Effects of chromium and nickel on germination and growth in tolerant and non-tolerant populations of Echinochloa colona (L). Chemosphere: 40:855–859.

Salmasi, R. and Pirvan, H.R. (2021). Soil pollution to some heavy metals and their relation with soil properties in Sareskand, East Azarbayjan. Journal of Environmental Science and Technology (JEST) 23 (4): 97-106. (in Farsi)

Samantaray, S., Rout, G. R. and Das, P. (1998). Role of chromium on plant growth and metabolism. Acta Physiologiae Plantarum 20: 201-212.

Seregin, I. V. and Ivaniov, V. B. (2001). Physiological aspects of cadmium and lead toxic effects on higher plants. Russ J Plant Physiol 48(4): 606-630.

Shah, K. and Nongkynrih, J.M. (2007). Metal hyperaccumulation and bioremediation. Biologia plantarum, 51:618-634.
Shanker A. K, Cervantes C., Loza-Tavera H., and Avudainayagam S. (2005). Chromium toxicity in plants. Environment International 31: 739-753.
Sharma, D. C., Sharma, C. P. and Tripathi, R. D. (2003). Phytotoxic lesions of chromium in maize. Chemosphere 51(1):63-68.
Sternbery S. P., and Dorn, R. W. (2002). Cadmium removal using Cladophora in batch, semi- batch and flow reactors. Bioresource Technol 81 (3): 249-255.
Tóth G., Hermann T., Da Silva M. R. and Montanarella L. (2016). Heavy metals in agricultural soils of the European Union with implications for food safety. Environment International 88:299–309
Vajpayee, P., Rai, U. N., Ali, R. D., Tripathi, V., Yadav, S., Sinha, M. B. and Singh, S. N. (2001). Chromium-induced physiologic changes in Vallisneria spiralis L. and its role in phytoremediation of tannery effluent. Bull. Environ. Contam. Toxicol. 67: 246-256.
WHO. (2008). Guidelines for Drinking-Water Quality, second addendum. Vol. 1, Recommendations. 3rd ed. ISBN 978 92 4 154760 4. World Health Organization
Yan, G., and Viraraghavan, T. (2003). Heavy metal removal from a queous Solution by fungus Mucor rouxii. Wat. Res., 37 (18): 4486-4496.
Yun- guo, L. (2006). Removal of cadmium and zinc ions from aqueous solution by living Aspergillus nigar Trans. Nonferrous Met. Soc. China 16 (3): 681-686.