نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۱۳، شماره ۳، پاییز ۱۴۰۰، ص ۵۱۷-۵۰۷

Journal of Agroecology
Vol. 13, No.3, Fall 2021, p. 507-517

مقاله علمی- پژوهشی

ارزیابی وضعیت آلودگی به کروم در مزارع گوجه‌فرنگی (مطالعه موردی: غرب استان هرمزگان)

جهانشاه صالح[۱*]، یعقوب حسینی[۱] و ایمان صالح[۲]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱۱/۰۵
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۷/۰۹

صالح، ج. حسینی، ی.، و صالح، ا.، ۱۴۰۰. ارزیابی وضعیت آلودگی به کروم در مزارع گوجه‌فرنگی (مطالعه موردی: غرب استان هرمزگان). بوم-شناسی کشاورزی ۱۳(۳): ۵۱۷-۵۰۷.

چکیده

کروم یکی از فلزات سنگین است که می‌تواند از مسیرهای گوناگون وارد خاک، آب، هوا و گیاهان شود. غلظت بالای کروم در خاک می‌تواند ناشی از مواد مادری خاک، پساب کارخانجات و کارگاه‌های صنعتی، ناخالصی کودهای فسفره و دودها و بخارات خروجی وسایل نقلیه موتوری نظیر خودروها و موتورسیکلت‌ها باشد. حضور کروم در خاک و جذب و انباشت آن در بافت‌های گیاهی، منجر به سمیّت در گیاه، دام و انسان خواهد شد. در این پژوهش، طی سال زراعی ۹۵-۹۴، غلظت کروم در خاک و همچنین میزان جذب و توزیع این فلز سنگین در اندام‌های مختلف گیاه در نُه مزرعه گوجه‌فرنگی در غرب استان هرمزگان در ایران، در قالب بلوک‌های کامل تصادفی و در سه تکرار مورد بررسی قرار گرفت. همچنین دو شاخص مهم آلودگی یعنی فاکتور تجمع زیستی و فاکتور انتقال نیز برای این عنصر در تمام مزارع مورد بررسی، محاسبه گردید. تجزیه آماری داده‌ها با نرم‌افزار آماری SAS نشان داد که بیشترین انباشت کروم در ریشه‌ها و کمترین مقدار آن در میوه‌ها بود. در تمام خاک‌های مورد مطالعه، گیاه گوجه‌فرنگی توانایی قابل ملاحظه‌ای برای جذب فلز سنگین کروم از خاک نشان داد. مقدار کروم در میوه بالاتر از حد مجاز بود و بررسی وضعیت مکانی مزارع نشان داد، دلیل اصلی آن می‌تواند مجاورت این مزارع با جاده‌های پرتردد و تأسیسات صنعتی منطقه باشد. بنابراین، لازم است به‌منظور پیشگیری از تجمع کروم در خاک و گیاه، مزارع نزدیک جاده‌های شلوغ و مراکز صنعتی انتخاب نشوند. همچنین توصیه می‌شود به‌منظور جلوگیری از افزایش غلظت کروم در خاک، بقایای گیاهی بعد از برداشت از سطح مزارع جمع‌آوری و به مکانی دورتر منتقل شود.

واژه‌های کلیدی: سمیت، فاکتور انتقال، فاکتور تجمع زیستی، فلز سنگین

مقدمه

فلزات سنگین به گروهی از فلزها و شبه فلزها اطلاق می‌شود که چگالی اتمی بزرگتر از پنج مگاگرم بر مترمکعب دارند که برای مثال می‌توان به کروم، آرسنیک، سرب، کادمیم، جیوه، روی، مس و آهن اشاره کرد. این فلزات به‌صورت طبیعی در همه جا حضور دارند و ضمن برخورداری از پایداری بالا، معمولاً زیست تخریب‌پذیر[۳] نیستند (Doumett et al., 2008). فلزات سنگین از آلاینده‌های مهم مواد غذایی بوده و جدی‌ترین مشکل زیست‌محیطی محسوب می‌شوند (Zaidi et al., 2005). تجمع این فلزات در محیط می‌تواند ناشی از

۱- استادیار پژوهش، بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی هرمزگان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، بندرعباس، ایران.
۲- استادیار پژوهش، بخش تحقیقات جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی کهگیلویه و بویراحمد، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، یاسوج، ایران.
(*- نویسنده مسئول: (Email: jsaleh11@yahoo.com
DOI:10.22067/jag.v13i3.85252

3- Biodegradable

هوازدگی طبیعی سنگ‌ها، آبیاری با آب‌های آلوده، مصرف کودها و آفت‌کش‌های حاوی این فلزات، انتشار گازهای حاصل از فعالیت‌های صنعتی و حمل و نقل باشد. فعالیت‌های بشر در دهه‌های اخیر موجب شده است مقدار و پراکندگی برخی فلزات سنگین در اتمسفر کره زمین و منابع آب و خاک افزایش یابد (Wang et al., 2017; Zhu et al., 2017).

انسان از طریق تنفس هوا و خوردن آب و مواد غذایی، در معرض آلودگی فلزات سنگین قرار می‌گیرد. غلظت این فلزات در محیط، تا حد زیادی بستگی به مقدار آن‌ها در خاک و فاصله تا منابع آلودگی نظیر وسایل نقلیه، کارگاه‌ها و کارخانجات صنعتی و معادن دارد (Kozlov et al., 2009). انباشت فلزات سنگین در خاک و گیاه از اهمیت زیادی برخوردار است، زیرا سلامت انسان به‌شدت تحت تأثیر این عناصر آلاینده قرار می‌گیرد. ایجاد آلودگی در چرخه غذایی یکی از مهم‌ترین مسیرهای ورود این عناصر سمی به داخل بدن انسان محسوب می‌گردد. میزان تجمع و توزیع فلزات سنگین در گیاه نیز به‌طور معنی‌داری بستگی به گونه گیاه، مقدار فلز در خاک و هوا، واکنش (pH) و گنجایش تبادل کاتیونی خاک و دوره رشد رویشی گیاه دارد (Rattan et al., 2005).

کروم (Cr) با عدد اتمی ۲۴، فلزی سخت، براق و به‌رنگ خاکستری فلزی با نقطه جوش بالا می‌باشد که هفتمین عنصر از لحاظ فراوانی در پوسته زمین بوده و یکی از عناصر کمیاب ضروری برای انسان محسوب می‌شود. این در حالی است که تجمع مقادیر زیاد آن در بدن انسان می‌تواند منجر به سمیّت و بروز برخی بیماری‌ها گردد (Mohanty & Patra, 2013). مقدار مجاز کروم شش ظرفیتی در خاک توسط معاونت محیط زیست انسانی سازمان حفاظت محیط زیست ایران، برابر با دو میلی‌گرم بر کیلوگرم (Soil & Water Office of Human Environment Bureau, 2013) و حد مجاز آن در میوه گوجه‌فرنگی برای مصرف انسانی، ۲/۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک تعیین شده است (WHO/FAO, 2007). بررسی منابع نشان می‌دهد حد مجاز کروم در میوه گوجه‌فرنگی در ایران و سایر کشورها تاکنون تعیین نشده است و مرجع معتبر مورد استناد برای حد مجاز خوراکی کروم در گوجه‌فرنگی، میزان تعیین شده توسط سازمان بهداشت جانی و سازمان خواروبار جهانی می‌باشد.

برخی گیاهان از جمله درختان، علف‌ها، بوته‌ها و گیاهان آب‌زی قادرند با جذب فلزات سنگین، موجب پالایش منابع آب و خاک شوند (Gautam et al., 2017). این گیاهان در واقع گونه‌هایی هستند که دارای ظرفیت تجمع و تحمل مقادیر زیاد فلزات در اندام‌های قابل برداشت خود باشند. معمولاً برای تشخیص و تعیین توانایی گیاهان در زمینه تحمل و تجمع فلزات سنگین، دو شاخص مهم یعنی فاکتور تجمع زیستی[1] (BCF) و فاکتور انتقال[2] (TF) محاسبه و مورد بررسی و مقایسه قرار می‌گیرند. منظور از فاکتور تجمع زیستی، نسبت غلظت فلز در اندام‌های قابل برداشت گیاه به غلظت فلز در خاک است. فاکتور انتقال نیز حاصل تقسیم غلظت فلز در اندام‌های قابل برداشت گیاه به غلظت فلز در ریشه گیاه می‌باشد. معمولاً گیاهانی با فاکتور تجمع زیستی بزرگ‌تر از یک، مناسب برای گیاه استخراجی و گیاهانی با فاکتور تجمع زیستی بزرگ‌تر از یک و فاکتور انتقال کوچک‌تر از یک، مناسب برای گیاه تثبیتی ارزیابی می‌شوند (Zacchini et al., 2008; Saraswet & Rai, 2009).

گوجه‌فرنگی (*Lycopersicon esculentum* L.) به‌عنوان دومین سبزی پرمصرف پس از سیب‌زمینی، منبع ارزشمندی از عناصر کم‌مصرف، مواد معدنی (به‌ویژه پتاسیم)، اسیدهای کربوکسیلیک و کاروتنوئیدها در رژیم غذایی انسان محسوب می‌شود (Hernandez-Suarez et al., 2007) که در برخی منابع علمی به‌عنوان گیاهی با توانایی پالایش منابع خاک و آب از فلزات سنگین معرفی شده است (Andal & ChinIg, 2014; Andal, 2016). پژوهش حاضر با هدف ارزیابی توانایی گیاه گوجه‌فرنگی برای جذب فلز سنگین کروم از خاک و توزیع آن در اندام‌های رویشی (ریشه و بخش‌های هوایی) و میوه‌های این گیاه انجام گردید.

مواد وروش‌ها

در این پژوهش که طی سال‌های ۱۳۹۴ تا ۱۳۹۶ اجرا شد، سه منطقه عمده کشت گوجه‌فرنگی در غرب استان هرمزگان یعنی تازیان، کهورستان و پارسیان در نظر گرفته شد. سطح زیر کشت گوجه‌فرنگی در استان هرمزگان تقریباً ۱۱۲۰۰ هکتار می‌باشد که حدود ۳۰ درصد آن در منطقه غرب استان قرار دارد (Agricultural Statistical Yearbook, 2018). در هر منطقه، سه مزرعه که غلظت کروم شش ظرفیتی در خاک آن‌ها بیش از حد مجاز برای کشاورزی یعنی بالاتر از دو میلی‌گرم بر کیلوگرم بود (Soil and

1- Bio concentration factor
2- Translocation factor

water office of human environment bureau, 2013)، انتخاب گردید. موقعیت مزارع مورد مطالعه، در شکل ۱ نشان داده شده است. میانگین مصرف کود اوره، سوپر فسفات تریپل و سولفات پتاسیم در مزارع مورد مطالعه، به‌ترتیب برابر با ۴۰۰، ۸۵ و ۱۱۰ کیلوگرم در هکتار بود. آبیاری به‌صورت سنتی (سطحی) انجام شد و به‌جز کودهای فسفر و پتاسیم که قبل از کاشت مصرف شدند، کود اوره در شش نوبت و همراه با آب آبیاری داده شد. برای دفع علف‌های هرز نیز علاوه‌بر مصرف سموم شیمیایی، از روش دستی نیز استفاده شد. طبق اظهار کشاورزان منطقه، میانگین عملکرد گوجه‌فرنگی در منطقه، ۴۰ تن در هکتار می‌باشد. قبل از کاشت، از خاک هر مزرعه یک نمونه مرکب از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری سطح خاک تهیه و پس از خشک شدن، پودر شده و از الک دو میلی‌متری رد شد. برای تهیه نمونه مرکب، ۳۰ نمونه خاک به‌صورت تصادفی و در امتداد مسیری به‌شکل حرف S لاتین تهیه و پس از مخلوط کردن کامل نمونه‌ها، در نهایت، یک نمونه مرکب از هر مزرعه تهیه و به آزمایشگاه ارسال شد. در نمونه‌های خاک، قابلیت هدایت الکتریکی (EC) عصاره اشباع با دستگاه سنجش هدایت الکتریکی مدل ۴۳۱۰ ساخت شرکت Jenway کشور انگلستان، واکنش (pH) عصاره اشباع به‌وسیله pH متر مدل ۷۴۴ ساخت شرکت Metrohm کشور سوئیس، بافت خاک با روش هیدرومتر، کربن آلی با روش اکسایش تَر با بی‌کرومات پتاسیم و سپس تیتراسیون با فروس آمونیوم سولفات اندازه‌گیری شد (Ali Ehyaei, 1993; Ali Ehyaei, 1997). غلظت کروم شش ظرفیتی در خاک نیز از طریق عصاره‌گیری با مخلوط کربنات سدیم ۰/۲۸ مولار و سود ۰/۵ مولار (James & Petura, 1995) و سپس رنگ‌سنجی در طول موج ۵۴۰ نانومتر با دستگاه اسپکتروفتومتر مدل Novaspec II ساخت شرکت Pharmacia کشور هلند تعیین شد (APHA, 2005).

در طی دوره رشد گیاه، نمونه‌برداری از میوه (حدود سه کیلوگرم)، بخش هوایی (حدود ۳۰۰ گرم) و ریشه‌ها (حدود ۳۰۰ گرم) در سه تکرار یعنی طی سه نوبت و با فاصله ۲۰ روز انجام شد. منظور از بخش هوایی، تمام بخش‌های گیاه که بیرون از خاک هستند (به‌غیر از میوه‌ها) می‌باشد. در هر نوبت، نمونه‌برداری میوه، بخش هوایی و ریشه به‌صورت جداگانه و از ۱۵ نقطه مزرعه در امتداد مسیری به‌شکل حرف S لاتین انجام شد و پس از مخلوط کردن نمونه‌ها، یک نمونه مرکب به‌عنوان نماینده مزرعه تهیه و به آزمایشگاه ارسال گردید. توضیح اینکه به‌منظور امکان اندازه‌گیری جداگانه غلظت کروم در گوشت و پوست میوه، عملیات جداسازی پوست از گوشت میوه گوجه‌فرنگی به‌دقت انجام گردید. در هر نوبت، شستشوی اندام‌های نمونه‌برداری شده با آب مقطر انجام شد و پس از خشک شدن در آون به‌مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد، به‌صورت خشک و در دمای ۵۰۰ درجه سانتی‌گراد، خاکستر شدند. سپس غلظت فلز سنگین کروم در پوست میوه، گوشت میوه، بخش هوایی و ریشه، از طریق هضم نمونه‌ها با اسید نیتریک غلیظ و اسید پرکلریک و سپس رنگ‌سنجی در طول موج ۵۴۰ نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر مدل Novaspec II ساخت شرکت Pharmacia کشور هلند اندازه‌گیری شد.

فاکتور تجمع زیستی (BCF) و فاکتور انتقال (TF) نیز با استفاده از معادله‌های زیر محاسبه شدند (Zacchini et al. 2008; Sarawet & Rai 2009).

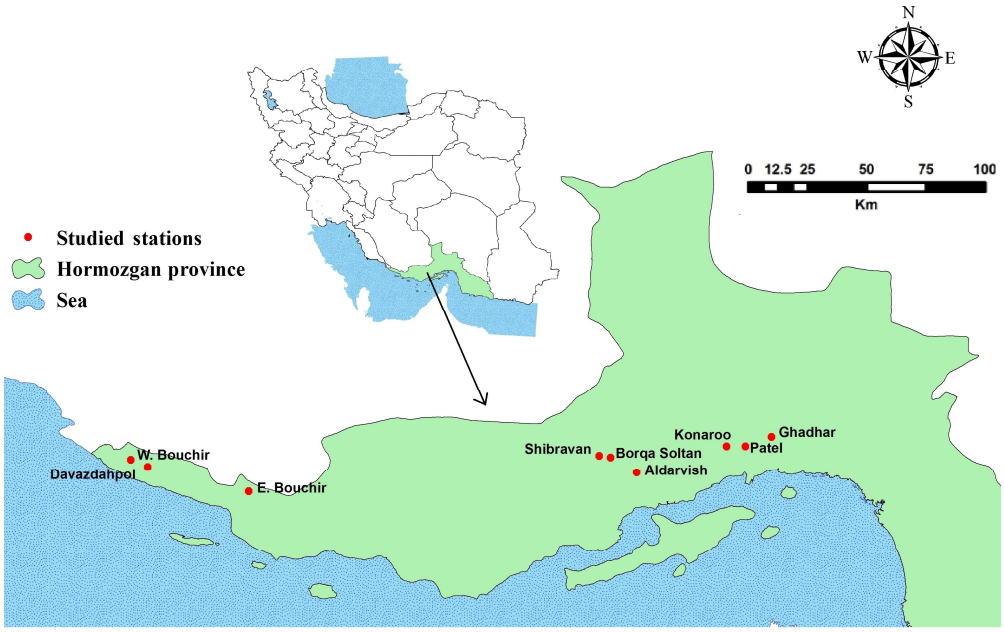
معادله (۱) غلظت فلز سنگین در خاک/غلظت فلز سنگین در بخش هوایی گیاه = فاکتور تجمع زیستی (BCF)

معادله (۲) غلظت فلز سنگین در ریشه گیاه/غلظت فلز سنگین در بخش هوایی گیاه = فاکتور انتقال (TF)

در پایان، با بهره‌گیری از نسخه ۹/۴ نرم‌افزار آماری SAS، داده‌های به‌دست آمده آنالیز واریانس شده و مقایسه میانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن صورت گرفت. رسم نمودارها و برازش داده‌های نمودارها نیز با استفاده از نسخه ۲۰۱۶ نرم‌افزار MS-Excel انجام شد.

نتایج و بحث

به‌منظور مقایسه غلظت فلز سنگین کروم در خاک و امکان محاسبه فاکتور تجمع زیستی و فاکتور انتقال، برخی ویژگی‌های خاک مزارع تعیین شد که در جدول ۱ آورده شده است. همچنین غلظت کروم و چگونگی توزیع آن در اندام‌های مختلف گیاه گوجه‌فرنگی، در قالب نمودار ستونی در شکل ۲ نشان داده شده است.



شکل ۱- پراکندگی جغرافیایی مزارع گوجه‌فرنگی مورد مطالعه در غرب استان هرمزگان

Fig. 1- Geographical distribution of studied tomato farms in western Hormozgan

در پژوهش حاضر، غلظت کروم در خاک اغلب مزارع مورد آزمایش، از حد مجاز تعیین شده توسط سازمان حفاظت محیط زیست ایران یعنی دو میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک (Soil and water office of human environment bureau, 2013) بیشتر بود (جدول ۱) که با توجه به موقعیت مکانی مزارع مورد مطالعه، دلیل اصلی تجمع کروم در خاک و گیاه، می‌تواند مجاورت مزارع با جاده‌های پرتردد و یا تأسیسات صنعتی باشد. فاصله کم مزرعه با کارخانه‌ها، کارگاه‌ها و جاده‌هایی با تردد زیاد وسایط نقلیه بنزینی و دیزلی می‌تواند موجب انباشت بیش از اندازه کروم در خاک و آب و در نهایت، در بافت‌های گیاهان شود (Guanxing et al., 2014; Rolli et al., 2015). همچنین مصرف بیش از حد کودهای فسفری می‌تواند مقادیر قابل توجهی کروم وارد خاک‌های زراعی و باغی کند (Roberts, 2014).

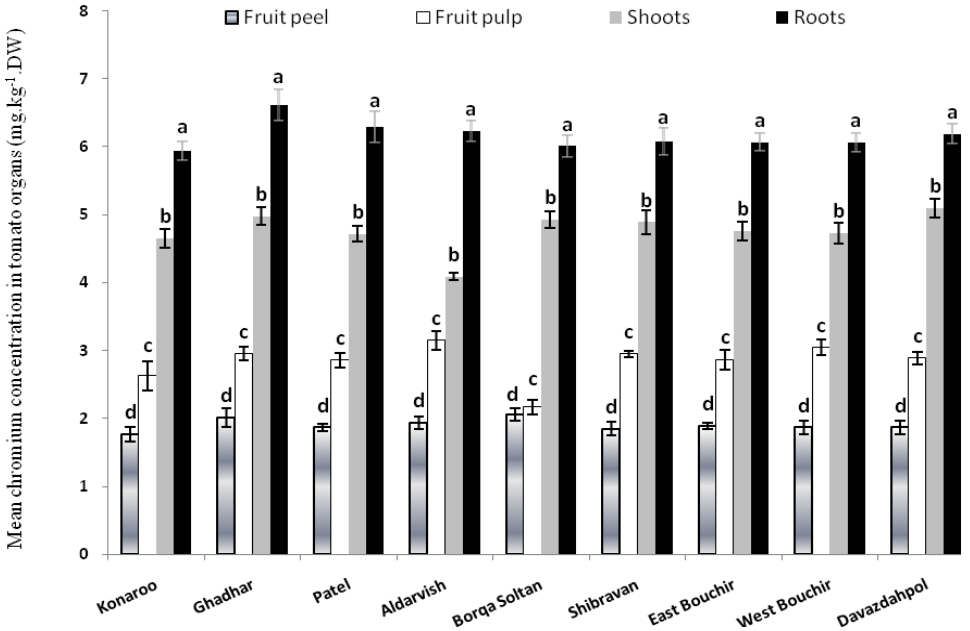
فاکتور تجمع زیستی[1] (BCF) محاسبه شده در تمام مزارع مورد بررسی، بزرگ‌تر از یک بود (جدول ۲) که نشان می‌دهد گوجه‌فرنگی گیاه مناسبی برای گیاه استخراجی کروم از خاک می‌باشد و می‌توان از آن برای پالایش خاک‌های آلوده به کروم استفاده نمود. این در حالی است که طبق جدول ۲، فاکتور انتقال[2] (TF) در هیچ یک از نقاط، کوچک‌تر از یک نبود یعنی بیش از ۵۰ درصد کروم جذب شده توسط گیاه، به اندام‌های هوایی منتقل می‌گردد و بنابراین، گوجه‌فرنگی نمی‌تواند گیاه مناسبی برای گیاه تثبیتی این فلز سنگین باشد. در تکنیک گیاه تثبیتی، بیش از یک دوم فلز سنگین خارج شده از خاک، در ریشه گیاه انباشته شده و از انتقال آن به بخش هوایی جلوگیری می‌شود (Saraswet et al., 2007; Zacchini et al., 2008). امکان بهره‌گیری از گوجه‌فرنگی به‌منظور پالایش خاک‌های آلوده به کروم از طریق استخراج این فلز سنگین از خاک و انتقال آن به بخش هوایی، توسط سایر پژوهشگران نیز تأیید شده است (Andal, 2016; Sbratai et al., 2017). شکل ۲ نشان می‌دهد که غلظت فلز سنگین کروم در ریشه و بخش هوایی گیاه، به‌طور معنی‌داری بیشتر از غلظت آن در پوست و گوشت میوه می‌باشد. با این حال، غلظت کروم در میوه، کمی بالاتر از حد مجاز برای مصرف انسانی که برابر با ۲/۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک میوه تعیین شده است (WHO/FAO, 2007) بود و لذا استفاده از آن برای مصارف خوراکی دام و انسان می‌تواند مشکلات جدی ایجاد کند.

1- Bio Concentration Factor
2- Translocation Factor

جدول ۱ -. برخی ویژگی‌های خاک مزارع گوجه‌فرنگی مورد مطالعه در غرب استان هرمزگان

Table 1- Some soil properties of studied tomato farms in western Hormozgan

منطقه Region	کروم Cr^{6+} ($mg.kg^{-1}$)	pH	شوری EC ($dS.m^{-1}$)	کربن آلی OC (%)	شن Sand (%)	رس Clay (%)
کنارو Konaroo	2.24	7.37	3.42	0.45	46	22
قادهار Ghadhar	4.32	7.27	6.99	0.68	64	20
پاتل Patel	1.24	7.50	2.62	0.34	34	20
آل‌درویش Aldarvish	2.64	7.35	6.43	0.15	76	14
برقع سلطان Borqa Soltan	2.92	7.30	10.89	0.30	50	24
شیب‌روان Shibravan	3.19	7.54	7.91	0.71	60	20
شرق بوچیر E. Bouchir	3.32	7.56	6.27	0.54	46	24
غرب بوچیر W. Bouchir	4.08	7.45	9.40	0.73	24	34
دوازده پل Davazdahpol	3.81	7.44	12.51	0.71	36	26



شکل ۲- میانگین غلظت کروم در اندام‌های مختلف گوجه‌فرنگی در منطقه غرب استان هرمزگان

Fig. 2- Mean chromium concentration in different tomato organs in western Hormozgan

در هر منطقه، ستون‌هایی که در یک حرف لاتین مشترکند، طبق آزمون دانکن در سطح آماری ۵٪ اختلاف معنی دار ندارند.

The columns followed by the same letter in each region, are not significantly different according to Duncan's test at $p \leq 0.05$.

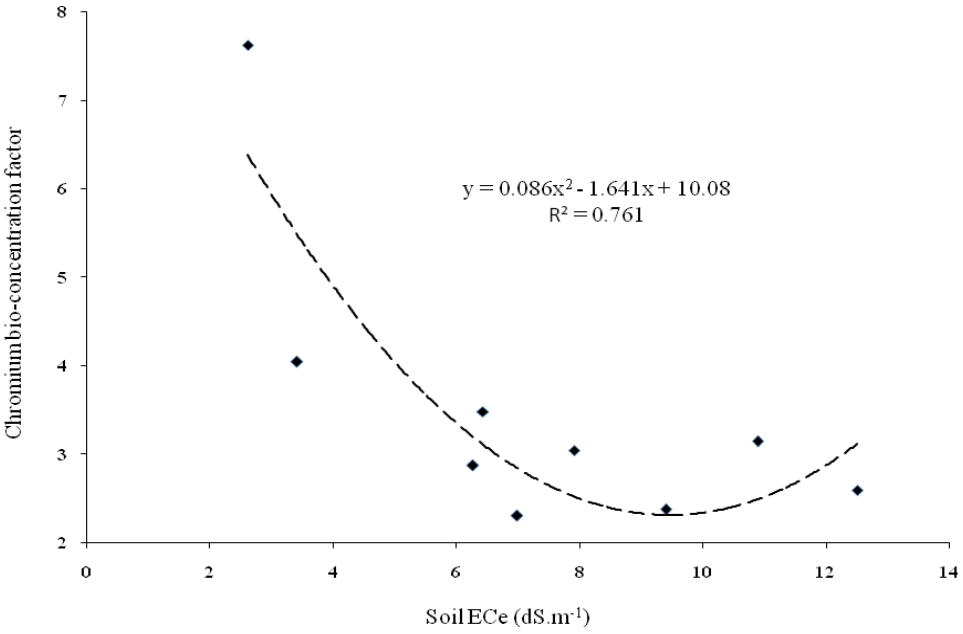
جدول ۲- فاکتور تجمع زیستی و فاکتور انتقال محاسبه شده برای فلز سنگین کروم
Table 2- Calculated bio concentration factor and translocation factor for heavy metal chromium

منطقه Region	فاکتور انتقال Translocation factor	فاکتور تجمع زیستی Bio concentration factor
کنارو Konaroo	1.52	4.04
قادهار Ghadhar	1.50	2.30
پاتل Patel	1.50	7.62
آل‌درویش Aldarvish	1.47	3.48
برقع سلطان Borqa Soltan	1.52	3.14
شیب‌روان Shibravan	1.59	3.04
شرق بوچیر East Bouchir	1.57	2.87
غرب بوچیر West Bouchir	1.59	2.37
دوازده پل Davazdahpol	1.59	2.59

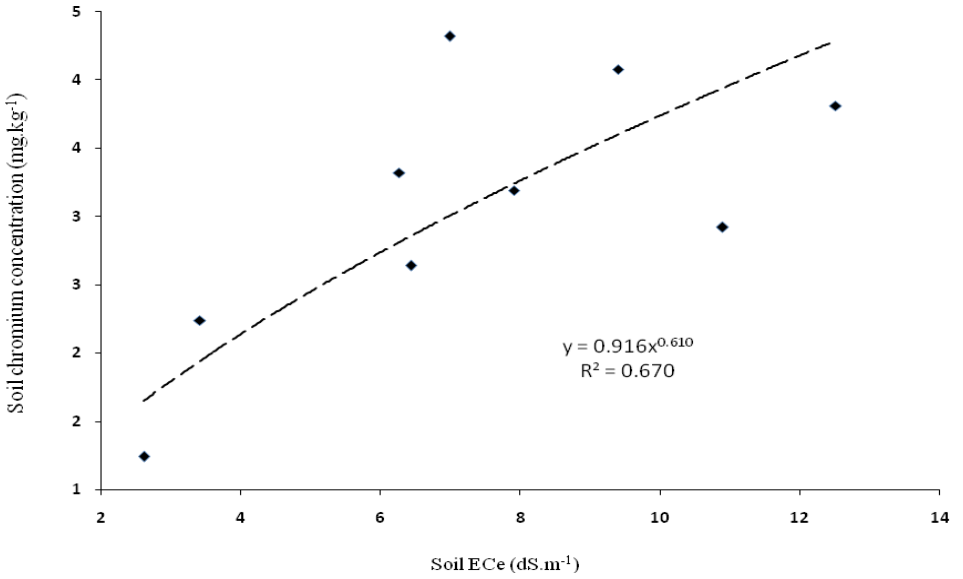
شکل ۲ همچنین نشان می‌دهد بخشی از کروم وارد شده به میوه گوجه‌فرنگی، در پوست آن انباشته شده است. بنابراین، می‌توان توصیه نمود که در موارد مشکوک به تجمع و زیادی کروم در خاک و گیاه، به‌منظور حفظ سلامت تغذیه و پرهیز از ورود و انباشت این فلز سنگین در بدن انسان، قبل از مصرف گوجه‌فرنگی حتماً پوست آن جدا شده و گوشت میوه مورد استفاده خوراکی قرار گیرد.

بررسی داده‌های پژوهش حاضر نشان داد که فاکتور تجمع زیستی تحت تأثیر معنی‌دار شوری خاک قرار گرفته است (شکل ۳)، بدین صورت که با افزایش شوری عصاره اشباع خاک، توانایی گیاه برای پالایش خاک از فلز سنگین کروم کاهش پیدا کرد. این در حالی است که نتایج نشان می‌دهد، شوری منجر به افزایش غلظت کروم قابل استفاده در خاک شده است (شکل ۴). نتایج سایر پژوهش‌ها نیز حاکی از اثر معنی‌دار شوری بر افزایش پویایی و قابلیت استفاده برخی عناصر به‌ویژه فلزاتی نظیر کروم در خاک می‌باشد (Acosta et al., 2011; Chu et al., 2014). افزایش پویایی فلزات سنگین بر اثر افزایش شوری می‌تواند به‌علت افزایش مقدار یون کلرید در خاک باشد که قادر است ترکیبات پایداری نظیر کلرید کروم، کلرید سرب و کلرید کادمیوم تشکیل دهد که پیامد آن، افزایش تحرک و پویایی این فلزات در خاک خواهد بود (Norvell et al., 2000).

شوری بالا همچنین موجب افزایش غلظت کاتیون‌های اصلی خاک مثل سدیم، پتاسیم، کلسیم و منیزیم می‌شود که با فلزات سنگین برای جذب روی سطوح فاز جامد خاک رقابت کرده و منجر به آزادسازی فلزات سنگین و در نتیجه، افزایش قابلیت استفاده آن‌ها برای گیاه شود (Du Liang et al., 2009). با توجه به تأثیر شوری بر افزایش غلظت کروم در خاک، انتظار داشتیم در شرایط شور، فاکتور تجمع زیستی نیز افزایش پیدا کند، در حالی که نتایج، عکس این روند را نشان داد. این نتیجه خلاف انتظار می‌تواند به این خاطر باشد که در شوری‌های بالا، میزان و شدت افزایش جذب کروم توسط گیاه، کمتر از نرخ افزایش غلظت کروم خاک بوده و در نتیجه، حاصل تقسیم این دو کمیت که همان فاکتور تجمع زیستی است، کاهش پیدا کرده است. رابطه معکوس غلظت کروم خاک و فاکتور تجمع زیستی توسط سایر پژوهشگران نیز گزارش شده است (Verma et al., 2005; Deepali & Gangwar, 2009).



شکل ۳- تأثیر شوری خاک بر فاکتور تجمع زیستی کروم در گیاه گوجه‌فرنگی
Fig. 3- Effect of soil salinity on bio concentration factor of chromium in tomato



شکل ٤- تأثیر شوری بر غلظت کروم در خاک
Fig. 4- Effects of salinity on soil chromium concentration

نتیجه‌گیری

مقایسه غلظت کروم در خاک و گیاه و بررسی نسبت تجمع آن در ریشه، بخش هوایی و میوه‌ها نشان داد که گیاه گوجه‌فرنگی توانایی قابل ملاحظه‌ای برای جذب کروم از خاک‌های آلوده به این فلز سنگین در خاک‌های غرب هرمزگان و خاک‌های مشابه آن دارد. غلظت کروم در میوه گوجه‌فرنگی بالاتر از حد مجاز تعیین شده برای

مصرف خوراکی بود که با بررسی وضعیت مکانی مزارع مورد مطالعه، دلیل اصلی آن می‌تواند مجاورت این مزارع با جاده‌های پرتردد و تأسیسات صنعتی منطقه باشد. بنابراین، قویاً پیشنهاد می‌شود به‌منظور پیشگیری از تجمع کروم و سایر فلزات سنگین نظیر سرب که می‌توانند وارد خاک، آب، گیاه و نهایتاً بدن انسان شوند، تلاش شود محل احداث مزارع، تا حد ممکن دور از جاده‌های شلوغ و پرترافیک و کارگاه‌ها و کارخانجات صنعتی باشد. راهکار دیگر، الزام مراکز صنایع فلزی و رنگ‌سازی به تعبیه فیلتر و یا ابزار دیگر در محل‌های خروج ترکیبات حاوی عناصر سنگین و از جمله کروم می‌باشد. همچنین با توجه به اینکه نتایج نشان داد حدود ۴۰ درصد از کروم انباشته شده در میوه، در پوست آن تجمع می‌یابد، پیشنهاد می‌شود جداسازی پوست گوجه‌فرنگی قبل از مصرف، به‌عنوان راهکاری عملی و مؤثر جهت جلوگیری از ورود مقادیر زیاد کروم به بدن انسان، مورد توجه قرار گیرد. با توجه به اینکه غلظت کروم در خاک کشاورزی مناطق مورد بررسی، بالاتر از حد مجاز (دو میلی‌گرم بر کیلوگرم) بود، توصیه می‌شود در این خاک‌ها کشت گیاهانی نظیر گوجه‌فرنگی و سایر سبزیجاتی که تمایل به تجمع کروم در اندام‌های خود دارند، با حساسیت بیشتر و پایش مستمر صورت پذیرد. همچنین برای جلوگیری از افزایش غلظت کروم در خاک، توصیه می‌شود بعد از اتمام زمان برداشت میوه گوجه‌فرنگی، بقایای گیاهی گوجه‌فرنگی از سطح مزارع جمع‌آوری و به مکانی دور از مزرعه منتقل شود.

سپاسگزاری

این مقاله به‌عنوان بخشی از نتایج پروژه پژوهشی مشترک بین "مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی هرمزگان" با "دانشگاه علوم پزشکی هرمزگان" تهیه شده است که بدینوسیله تشکر و قدردانی می‌گردد.

References

Acosta, J.A., Jansen, B., Kalbitz, K., Faz, A., and Martínez-Martínez, S., 2011. Salinity increases mobility of heavy metals in soils. Chemosphere 85: 1318–1324.

Agricultural Statistical Yearbook., 2018. First volume: Crops. Ministry of Agriculture-Jahad. Tehran, Islamic Republic of Iran.

Ali Ehyaei, M., and Behbehanizadeh, A.A., 1993. Description of Soil chemical analysis methods. Technical bulletin No 893. 1st volume. Soil and Water Research Institute. Tehran, Iran. (In Persian)

Ali Ehyaei, M., 1997. Description of Soil Chemical Analysis Methods. Technical bulletin No 1024. 2nd Volume. Soil and Water Research Institute. Tehran, Iran. pp. 72-73. (In Persian)

Andal, F.A., 2016. Assessment of the possible utilization of tomato as a phytoremediant in soils artificially contaminated with heavy metals. International Journal of Applied Environmental Science 11(1): 193-209.

Andal, F.A., and Ching, J.A., 2014. Phytoremediation Potential of Tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill) in Artificially Contaminated Soils. p. 11-16. Proceedings of DLSU Congress, 6-8 Mar. De La Salle University, Manila, Philippines.

APHA, AWWA, WEF., 2005. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 21th Edition, United Book Press, Inc., Baltimore, MdD. pp. 34-35.

Chu, B, Chen, X., Li, Q., Yang, Y., Mei, X., He, B.Y., Li, H., and Tan, L., 2014. Effects of salinity on the transformation of heavy metals in tropical estuary wetland soil. Chemistry and Ecology 31(2): 186-198.

Deepali, and Gangwar, K.K., 2009. Chromium uptake efficiency of *Spinacea oleracea* from contaminated soil. Journal of Applied Science and Environmental Management 13(4): 71-72.

Doumett, S., Lamperi, L., Checchini, L., Azzarello, E., Mugnai, S., and Mancuso, S., 2008. Heavy metal distribution between contaminated soil and *Paulownia tomentosa*, in a pilot-scale assisted phytoremediation study: Influence of different complexing agents. Chemosphere 72: 1481–1490.

Du Liang, G.J., Rinklebe, G.J., Vandecasteele, B., Meers, E., and Tack, F.M.G., 2009. Trace metal behavior in estuarine and riverine floodplain soils and sediments: A review. Science of the Total Environment 407: 3972–3985.

Gautam, M., Pendey, D., and Agrawal, M., 2017. Phytoremediation of metals using lemongrass (*Cymbopogon citratus* (D.C.) Stapf.) grown under different levels of red mud in soil amended with biowastes. International Journal of Phytoremediation 19(6): 555-562.

Guanxing, W, Yan, X., Zhang, F., Zeng, C., and Gao, D., 2014. Traffic-related trace element accumulation in roadside

soils and wild grasses in the Qinghai-Tibet Plateau, China. International Journal of Environmental Research and Public Health 11: 456-472.

Hernandez-Suarez, M., Rodryguez Rodryguez, E.M., and Dyaz-Romero, C., 2007. Mineral and trace element concentrations in cultivars of tomatoes. Food Chemistry 104: 489-499.

James, B.R., Petura, J.C., Vitale, R.J., and Mussoline, G.R., 1995. Hexavalent chromium extraction from soils: A comparison of 5 methods. Environmental Science and Technology 29(9): 2377-2381.

Kozlov, M., Zvereva, E., and Zverev, V., 2009. Impacts of Point Polluters on Terrestrial Biota. Springer, Dordrecht.

Mohanty, M., and Patra, H.K., 2013. Effect of ionic and chelate assisted hexavalent chromium on mung bean seedlings (*Vigna radiata* L. Wilczek var k-851) during seedling growth. Journal of Stress Physiology and Biochemistry 9(2): 232-241.

Norvell, W.A, Wu, J., Hopkins, D.G., and Welch, R.M., 2000. Association of cadmium in durum wheat grain with soil chloride and chelate-extractable soil cadmium. Soil Science Society of America Journal 64: 2162–2168.

Rattan, R.K., Dattan, S.P., Chhonkar, P.K., Suribabu, K., and Singh, A.K., 2005. Long-term impact of irrigation with sewage effluent on the heavy metal content in soil, crops and ground water: A case study. Agriculture, Ecosystems and Environment 109: 310-322.

Roberts, T.L., 2014. Cadmium and phosphorus fertilizers: the issues and the science. Procedia Engineering 83: 52-59.

Rolli, N.M., Karalatti, B., and Gadi, S., 2015. Metal accumulation profile in roadside soils, grass and caesalpinia plant leaves: Bio-indicators. Journal of Environmental and Analytical Toxicology 5(6): 1-4.

Saraswet, S., and Rai, J.P.N., 2009. Phytoextraction potential of six plant species grown in multimetal contaminated soil. Chemistry and Ecology 25(1): 1-11.

Sbratai, H, Sbratai, I, Djebar, M.R., and Berrebbah, H., 2017. Phytoremediation of contaminated soils by heavy metals - "Case Tomato". Acta Horticulturae 1159: 95-100.

Soil and Water Office of Human Environment Bureau, 2013. Standards and guidelines for soil resources quality. Department of Environment, Tehran, Iran. (In Persian)

Verma, V.K., Gupta, R.K., and Rai, J.P.N., 2005. Biosorption of Pb and Zn from pulp and paper industry effluent by water hyacinth (*Eichornia crassipes*). Journal of Scientific and Industrial Research 64: 778-781.

Wang, G., Zhang, S., Xiao, L., Zhong, Q., Li, L., Xu, G., Deng, O., and Pu, Y., 2017. Heavy metals in soils from a typical industrial area in Sichuan, China: spatial distribution, source identification, and ecological risk assessment. Environmental Science and Pollution Research International 24(20): 16618-16630.

WHO/FAO, 2007. Joint FAO/WHO Food Standard Programme Codex Alimentarius Commission 13 Session. Report of the Thirty Eighth Session of the Codes Committee on Food Hygiene. Houston, United States of America.

Zacchini, M., Pietrini, F., Mugnozza, G., and Lori, V., 2008. Metal tolerance, accumulation and translocation in poplar and willow clones treated with cadmium in hydroponics. Water, Air and Soil Pollution 197: 23-34.

Zaidi, M.I., Asrar, A., Mansoor, A., and Farooqui, M.A., 2005. The heavy metal concentrations along roadside trees of quetta and its effects on public health. Journal of Applied Science 5: 708–711.

Zhou, R., Liu, X., Luo, L., Zhou, Y., Wei, J., Chen, A., Tang, L., Wu, H., Deng, Y., Zhang, F., and Wang, Y., 2017. Remediation of Cu, Pb, Zn and Cd-contaminated agricultural soil using a combined red mud and compost amendment. International Biodeterioration and Biodegradation 118: 73-81.

Journal of Agroecology
Vol. 13, No.3, Fall 2021, p. 507-517

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۱۳، شماره ۳، پاییز ۱۴۰۰، ص ۵۱۷-۵۰۷

Evaluation of Chromium Contamination in Tomato Farms (Case study: Western Hormozgan Province)

J. Saleh[1*], Y. Hosseini[1] and I. Saleh[2]
Submitted: 25-01-2020
Accepted: 30-09-2020

Saleh, J., Hosseini, Y., and Saleh, I., 2021. Evaluation of chromium contamination in tomato farms (Case study: western Hormozgan province). Journal of Agroecology 13(3):507-517.

Introduction

Metals and metalloids with a density greater than 5 $g.cm^{-3}$, are recognized as heavy metals. These elements are almost thermally stable and non-biodegradable, resulting in high persistence and accumulation of toxic levels in the environment. Some heavy metals like chromium could be distributed as a result of anthropogenic activities like transportation, mining and industries, which may be toxic to human and plants even at low concentrations. For instance, Chromium may be accumulated in human tissues, resulting in some killing diseases. Modelling and monitoring of heavy metals in soil, water bodies and vegetation are vital techniques to developing remediation strategies. Hormozgan province has more than 14000 ha under tomato cultivation with a total yield production about 630 tons. A relatively large part of these farms are located in Western Hormozgan, adjacent to the busy roads and industrial sites, which makes them important to be evaluated for heavy metals pollution in both soil and plant. The present study was undertaken to investigate some soil physical and chemical properties as well as chromium content in soil and tomato plant tissues in farms of western Hormozgan province in Iran.

Materials and Methods

The study was conducted during 2015-2017 in three main regions of tomato cultivation in western Hormozgan. Some industries including an oil refinery, a gas company and medical hospitals were located relatively near the studied farms. However, traffic activities on the busy roads parallel to the studied farms could be the main reason for soil heavy metals pollution. We studied the soil chromium concentration, as well as the uptake and distribution of chromium in different organs of tomato plants in nine heavy metal polluted farms in western Hormozgan. In addition, two important contamination indices of bio concentration factor (BCF) and translocation factor (TF), were calculated for chromium in all studied farms. All data were subjected to analysis of variance and means comparison was performed by Duncan's Multiple Range Test.

Results and Discussion

The results showed that chromium concentration was higher than the critical level (2 $mg.kg^{-1}$) in almost all examined soils. All the studied farms were adjacent to the factories, hospitals and busy roads. Therefore, the location could be considered as the main reason for soil, water and plant pollution. Plant accumulation of Chromium was also as follows: fruit peel<edible pulp<shoots<roots. Calculating bio concentration factor revealed that this index was greater than one in all nine studied farms, introducing tomato as a suitable plant for phytoextraction. On the other hand, the translocation factor was not smaller than one in any of the studied farms, resulting in that tomato might not be a candidate plant for phytostabilization of chromium from polluted soils. Although the Chromium content in roots and shoots was significantly higher than that of tomato fruits, the concentration of this heavy metal in fruits was still above the allowed level announced by FAO/WHO in edible

1- Assistant Professor, Soil and Water Research Department, Hormozgan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Bandar Abbas, Iran.
2-Assistant Professor, Forests and Rangelands Research Department, Kohgiluyeh and Boyerahmad Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Yasuj, Iran
(*- Corresponding Author Email: jsaleh11@yahoo.com)
DOI:10.22067/jag.v13i3.85252

part of the plant (2.3 $mg.kg^{-1}$ dry weight) that could cause serious health problems in human body. More than one third of fruit chromium content was accumulated in the peel, showing a practical suggestion to reduce chromium entrance into the human body through separating the peel from the pulp before consumption of tomato fruits. The results also showed that increasing soil salinity reduced plant potential for soil chromium extraction, despite of the significant enhancement of soil available chromium concentration resulting from increasing salinity level in soil saturation extract. Furthermore, bio concentration factor declined as a result of soil salinity increasing, because the rate and intensity of chromium uptake by the plant was lower than those of soil chromium content increase in saline conditions.

Conclusion

The results showed that tomato has a considerable potential for chromium uptake in polluted soils. Neighboring industries and roads were recognized to be the main reasons for high chromium contents in the studied soils in fields of Hormozgan province. Thus, it is highly recommended to establish tomato fields far from crowded roads, factories and industrial sites.

Acknowledgment

The present manuscript was prepared as part of a research collaboration between "Hormozgan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center" and "Hormozgan University of Medical Sciences". We are so grateful for the supports.

Keywords: Bio concentration factor, Heavy metal, Toxicity, Translocation factor.