



تأثیر مصرف نفت سفید بر آلودگی هویج به فلزات سنگین در شمال استان خوزستان

سید حسین محمودی نژاد دزفولی^۱، کبرا سادات هاشمی نسب زواره^۲، حامد رضایی^۳، روح اله رضائی ارشد^۴

۱- استادیار بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی صفی آباد، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، دزفول، ایران.

۲- استادیار بخش تحقیقات شیمی و فیزیک خاک و فناوری کود، موسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.

۳- دانشیار بخش پایش و بهسازی منابع خاک و آب، موسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.

۴- کارشناس بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی صفی آباد، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، دزفول، ایران

اطلاعات مقاله	چکیده
نوع مقاله: پژوهشی	در برخی مزارع هویج شمال استان خوزستان از نفت سفید به عنوان علفکش استفاده می‌شود. به منظور ارزیابی اثر نفت سفید بر غلظت فلزات سنگین در گیاه هویج، پروژه‌ای در سال ۱۴۰۰ اجرا گردید. از خاک مزارع نفت پاشی شده از اعماق ۵-۰ و ۱۵-۵ سانتیمتری خاک در زمان‌های ۱۰ روز پس از نفت پاشی (حدود ۳۰ روز پس از کشت) و زمان برداشت (حدود ۱۲۰ روز پس از کشت) نمونه‌برداری و غلظت فلزات سنگین شامل مس، روی، کبالت، آرسنیک، کادمیوم، سرب و نیکل اندازه‌گیری شد. تعیین غلظت روی، مس، سرب، کادمیوم در اندام هوایی (در زمان‌های ۱۰ روز پس از نفت پاشی و برداشت) و ریشه (زمان برداشت) در مزارع نفت پاشی شده انجام شد. نتایج بررسی غلظت عناصر مس، روی، کبالت، آرسنیک، کادمیوم، سرب و نیکل در خاک نشان داد که غلظت عناصر مذکور، ۱۰ روز پس از نفت پاشی در عمق ۵-۰ سانتیمتری خاک به ترتیب ۲۴/۹، ۳۶/۳، ۸/۸، ۸/۴، ۰/۱۷، ۲/۱ و ۵۲/۲ و در عمق ۱۵-۵ سانتیمتری خاک ۲۵/۲، ۳۵/۸، ۸/۶، ۷/۳، ۰/۱۶، ۲/۲ و ۵۲/۲ و در زمان برداشت در عمق ۵-۰ سانتیمتری خاک به ترتیب ۲۶/۴، ۴۸/۳، ۱۰/۹، ۷/۱، ۰/۲۱، ۳/۱ و ۶۶/۱ و در عمق ۱۵-۵ سانتیمتری خاک ۲۸/۵، ۴۷/۷، ۱۱/۶، ۶/۳۵، ۰/۲۲، ۲/۶۸ و ۶۹/۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم بودند که همگی در محدوده مجاز قرار داشتند. در زمان ۱۰ روز پس از نفت پاشی در اندام هوایی غلظت روی و کادمیوم به ترتیب ۷۰/۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم و ۶۱/۵ میکروگرم بر کیلوگرم بودند که به ترتیب ۱۴/۶۵ و ۱۸/۷ درصد بیشتر از حد استاندارد ایران بودند در حالی که در مورد مس " ۲۱/۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم" و سرب " ۴۲/۱ میکروگرم بر کیلوگرم" بودند که هر دو در محدوده مجاز قرار داشتند. همچنین در زمان برداشت غلظت عناصر مس، روی، سرب و کادمیوم در اندام هوایی به ترتیب ۱۳/۱ و ۵۵/۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم و ۴۱/۶ و ۱۳/۱ میکروگرم بر کیلوگرم و در ریشه ۱۱ و ۳۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم و ۶۴/۴ و ۲/۴۶ میکروگرم بر کیلوگرم بودند که همگی در محدوده مجاز قرار داشتند. بطور کلی نتایج این تحقیق نشان داد که نفت سفید باعث افزایش برخی عناصر سنگین در اندام هوایی گردید. البته با توجه به رعایت حد مجاز عناصر سنگین در محصولات کشاورزی در بحث سلامت جامعه و جهت نتیجه‌گیری دقیق‌تر توصیه می‌شود آزمایش با تعداد نمونه‌های بیشتر انجام شود.



Effect of kerosene use on carrot contamination with heavy metals in northern khuzestan province

Seyed Hossein Mahmoodi Nezhad Dezfully^{1✉}, Kobra Sadat Hasheminasab Zavareh²,
Hamed Rezaei³, Ruhollah Rezaei Arshad⁴

1- Assistant Professor, Department of Soil and Water Research, Safiabad Agricultural Research and Education and Natural Resources Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Dezful, Iran.

2- Assistant Professor, Department of Soil Chemistry and Physics Research and Fertilizer Technology, Soil and Water Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran.

3- Associate Professor, Department of Soil and Water Resources Monitoring and Improvement, Soil and Water Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran.

4- Expert, Department of Soil and Water Research, Safiabad Agricultural Research and Education and Natural Resources Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Dezful, Iran.

Article Info

Article type:
Research Article

Article history:

Received:

2024/12/22

Accepted:

2025/04/19

Available online:

2025/05/05

Keywords:

Kerosene,
Khuzestan,
Heavy metals,
Carrot

Abstract

Abstract:

In some carrot farms in the north of Khuzestan Province, kerosene is used as an herbicide. To evaluate the effect of kerosene on the concentration of heavy metals in carrot plants, a study was conducted in 2021. Soil samples were taken from kerosene-sprayed fields at depths of 0–5 cm and 5–15 cm at two intervals: 10 days after spraying (approximately 30 days after planting) and at harvest time (about 120 days after planting). Concentrations of heavy metals including copper (Cu), zinc (Zn), cobalt (Co), arsenic (As), cadmium (Cd), lead (Pb), and nickel (Ni) were measured. The concentrations of Zn, Cu, Pb, and Cd in the aerial parts (at both 10 days after spraying and at harvest) and in the roots (at harvest) were also determined. Results showed that 10 days after kerosene application, the concentrations of Cu, Zn, Co, As, Cd, Pb, and Ni at a depth of 0–5 cm were 24.9, 36.3, 8.8, 8.4, 0.17, 2.1, and 52.2 mg/kg, respectively, and at 5–15 cm were 25.2, 35.8, 8.6, 7.3, 0.16, 2.2, and 52.2 mg/kg. At harvest, the concentrations at 0–5 cm were 26.4, 48.3, 10.9, 7.1, 0.21, 3.1, and 66.1 mg/kg, and at 5–15 cm were 28.5, 47.7, 11.6, 6.35, 0.22, 2.68, and 69.9 mg/kg. All values remained within permissible limits. Ten days after spraying, Zn and Cd concentrations in the aerial parts were 70.3 mg/kg and 61.5 µg/kg, respectively—14.65% and 18.7% above Iranian standards. In contrast, Cu (21.8 mg/kg) and Pb (42.1 µg/kg) were within acceptable limits. At harvest, concentrations of Cu, Zn, Pb, and Cd in the aerial parts were 13.1 mg/kg, 55.1 mg/kg, 41.6 µg/kg, and 13.1 µg/kg, respectively. In the roots, the values were 11.0 mg/kg, 31.0 mg/kg, 64.4 µg/kg, and 2.46 µg/kg, all within permissible limits. Overall, the findings indicated that kerosene application increased the concentration of some heavy metals in the aerial parts of the plant during early growth stages. However, by harvest time, all measured values were within acceptable safety thresholds. Considering the compliance with permissible limits of heavy metals in agricultural products in relation to public health (food safety), it is recommended that future studies use larger sample sizes for more accurate assessments.

* Corresponding author E-mail address: Shmn178@yahoo.com

مقدمه

سبزیجات یکی از مهمترین منابع غذایی بوده و قسمت عمده انرژی، مواد سلولزی و ویتامین‌های مورد نیاز افراد جامعه از این طریق تامین می‌شود. استان خوزستان و بطور ویژه شهرستان دزفول از دیرباز در کشت سبزی و صیفی‌جات دارای استعداد فراوان بوده است. یکی از عوامل موثر بر سلامت انسان، مصرف مواد غذایی سالم و با کیفیت است. سبزی و صیفی‌جات از جمله مواد غذایی با ارزش هستند که سلامت آنها به دلیل مصرف بالای آنها از اهمیت زیادی برخوردار است (Merrington., Alloway, 1997). در بخش‌هایی از استان خوزستان برای مبارزه با علف‌های هرز مزارع سبزی و صیفی، بدلیل ارزانی و دسترسی آسان از نفت سفید استفاده می‌شود. بطوری که می‌توان آلودگی خاک به هیدروکربن‌های نفتی را یکی از مشکلات محیط زیستی در جنوب ایران دانست (بوعذار، ۱۳۹۲). یکی از بزرگترین مشکلات مرتبط با آلودگی نفتی، قرارگرفتن مداوم در معرض غلظت بالای فلزات سنگین در خاک‌های مناطق آلوده به نفت و همچنین هیدروکربن‌های آروماتیک چند حلقه‌ای از طریق آلودگی خاک‌های کشاورزی و محصولات کشاورزی می‌باشد. حضور این آلاینده‌ها در مواد غذایی موضوعی نگران‌کننده است که در سال‌های اخیر تعدادی از مطالعات اپیدمیولوژیک نشان داده‌اند که بخش بزرگی از سرطان‌های انسانی حداقل تا حدی قابل انتساب به عوامل غذایی هستند (Nwaichi et al., 2016). محصولاتی که در خاک‌های آلوده رشد می‌کنند، فلزات سنگین را جذب می‌کنند. حیواناتی که از این گیاهان آلوده می‌خورند و یا آب‌های آلوده می‌نوشند، این ترکیبات را در بافت خود انباشته می‌کنند (Nwaichi et al., 2016). تحقیقات نشان می‌دهد نفت سفید بر روی بقا و بهره‌وری گیاهان زراعی اثر بازدارندگی دارد (Gilyazov., 2003). خاک آلوده به نفت از طریق تاثیر بر گیاهان و میکروارگانیسم‌های خاک می‌تواند صدمات جبران ناپذیری بر محیط زیست وارد سازد که در این بین گیاهان ریشه‌ای که محصول آنها در ارتباط مستقیم با خاک آلوده به نفت است تاثیرپذیری بیشتری دارند (Adam G., Duncan, 2002). از طرفی نفت، خواص فیزیکی و شیمیایی خاک را از طریق کاهش دسترسی به آب، عناصر غذایی و اکسیژن تغییر می‌دهد (Baker, 1970). خداویسی و همکاران (۱۳۹۸) در تحقیق خود گزارش کردند، غلظت فلزات سنگین روی، مس، سرب و کادمیوم در ریشه و اندام هوایی با افزایش غلظت نفت سفید افزایش یافت و ارتباط مستقیمی بین غلظت نفت سفید در خاک و غلظت این عناصر در گیاه وجود داشت. در آن تحقیق مقادیر غلظت عناصر روی، مس، سرب و کادمیوم در ریشه این گیاهان بیشتر از اندام هوایی بود. آکپووتا^۳ (۲۰۱۴) در تحقیق خود، افزایش غلظت فلزات سنگین روی، مس، سرب و کادمیوم در هویج را بدلیل وجود فلزات سنگین در نفت سفید ذکر کرده است. بطور کلی محققین معتقدند همانند سایر تنش‌های زیستی، نفت و هیدروکربن‌های نفتی تشکیل گونه‌های اکسیژن فعال مانند سوپراکسید، پراکسید هیدروژن و هیدروکسیل (ROS) را در سلول‌های گیاهی تحت این تنش القا می‌کنند (میرزایی و همکاران، ۱۳۹۲). فلزات سنگین موجود در نفت سفید با تجمع در اندام گیاه در غلظت‌هایی بیش از حد استاندارد، ضمن فراهم آوردن موجبات کاهش رشد و عملکرد محصولات کشاورزی، آلوده شدن زنجیره غذایی و به خطر افتادن سلامت جوامع انسانی را به همراه دارد (سروی، ۱۳۸۸). قرار گرفتن در معرض آرسنیک منجر به بیماری‌هایی مانند سرطان ریه، سرطان پوست، مشکلات سیستم عصبی می‌شود (Heshmati et al., 2020). فلز کادمیوم می‌تواند در کلیه و استخوان‌ها انباشته شود (Heshmati et al., 2020). مواجهه با کادمیوم و سرب منجر به عوارض جانبی قابل ملاحظه‌ای بر سلامت انسان از جمله اثرات نامطلوب بر کلیه‌ها، سیستم شنوایی، ایجاد عقب‌ماندگی ذهنی در کودکان، فشار خون بالا و سرطان‌زایی می‌شود (Hashemi et al., 2017). مس از جمله فلزات ضروری است که کمبود آن ممکن است مشکلاتی برای سلامت انسان ایجاد کند، اما در صورتیکه به مقدار بیش از حد مجاز بلعیده شود اثرات نامطلوبی بر سلامت انسان داد (Sanaci et al., 2021). با توجه به اینکه مصرف فرآورده‌های نفتی به عنوان علفکش منع گردیده است ولی متأسفانه برخی از کشاورزان منطقه شمال استان خوزستان همچنان اقدام به مصرف نفت سفید برای مبارزه با برخی علف‌های هرز مزارع سبزی و صیفی بویژه هویج می‌کنند. لذا این پژوهش برای اولین بار در قطب تولید هویج شمال استان خوزستان، با هدف بررسی وضعیت عناصر سنگین در مزارع هویجی که نفت در آنها به صورت محلول پاشی استفاده شده است اجرا شد.

³. Akpoveta

مواد و روش‌ها

این تحقیق با هدف بررسی اثر مصرف نفت سفید به عنوان علف‌کش در مزارع هویج شمال استان خوزستان انجام شد. بدین منظور تعداد ۱۰ مزرعه نفت پاشی شده به صورت تصادفی و با پراکندگی مناسب انتخاب شد. از مزارع مذکور از اعماق ۵-۰ و ۵-۱۵ سانتیمتری خاک "در زمان‌های ۱۰ روز پس از نفت پاشی (حدود ۳۰ روز پس از کشت) و زمان برداشت محصول (حدود ۱۲۰ روز پس از کشت)" اقدام به نمونه‌برداری خاک، آماده‌سازی و سنجش غلظت قابل جذب برخی از فلزات سنگین (کادمیوم، روی، سرب، مس، آرسنیک، نیکل و کبالت) به روش عصاره‌گیری با DTPA (Norvell, Lindsay, 1978) با استفاده از دستگاه اسپکترومتری نشری-پلاسمای جفت شده القایی PerkinElmer - Optima 2100D شد. همچنین تعیین غلظت Cu, Zn, Cd, Pb در اندام هوایی (در زمان‌های ۱۰ روز پس از نفت پاشی و زمان برداشت) و ریشه (زمان برداشت) در مزارع به روش اسپکترومتری جذب اتمی کوره گرافیتی (PerkinElmer) مدل PinAAcle900Z پس از هضم با ریز موج، طبق روش استاندارد ملی ایران انجام شد (BS EN 14084, 2003).

به منظور تعیین حد مجاز ورود روزانه فلزات سنگین به بدن انسان^۴ (PTDI) از طریق ریشه هویج که دارای مصرف خوراکی است، ابتدا مقدار تخمینی جذب شده هر عنصر^۵ (EDI) در بدن انسان با توجه به مقدار مصرف آن محصول مشخص و با مقدار PTDI که از طرف موسسه استاندارد ایران گزارش شده است مقایسه شد. EDI از رابطه ذیل بدست آمد:

$$DI = C \times \text{Cons}/Bw \quad (۱)$$

C: غلظت فلز سنگین در نمونه ریشه هویج بر حسب میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن تر
Cons: میزان مصرف روزانه هویج توسط افراد بر حسب گرم که در ایران این میزان بر اساس آمار موسسه استاندارد ۳۹ گرم گزارش شده است.

Bw: وزن متوسط بدن یک فرد بزرگسال که ۶۰ کیلوگرم در نظر گرفته شد.
در پایان، نتایج حاصله با استفاده از نرم افزار SPSS و Excel مورد بررسی و تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت.

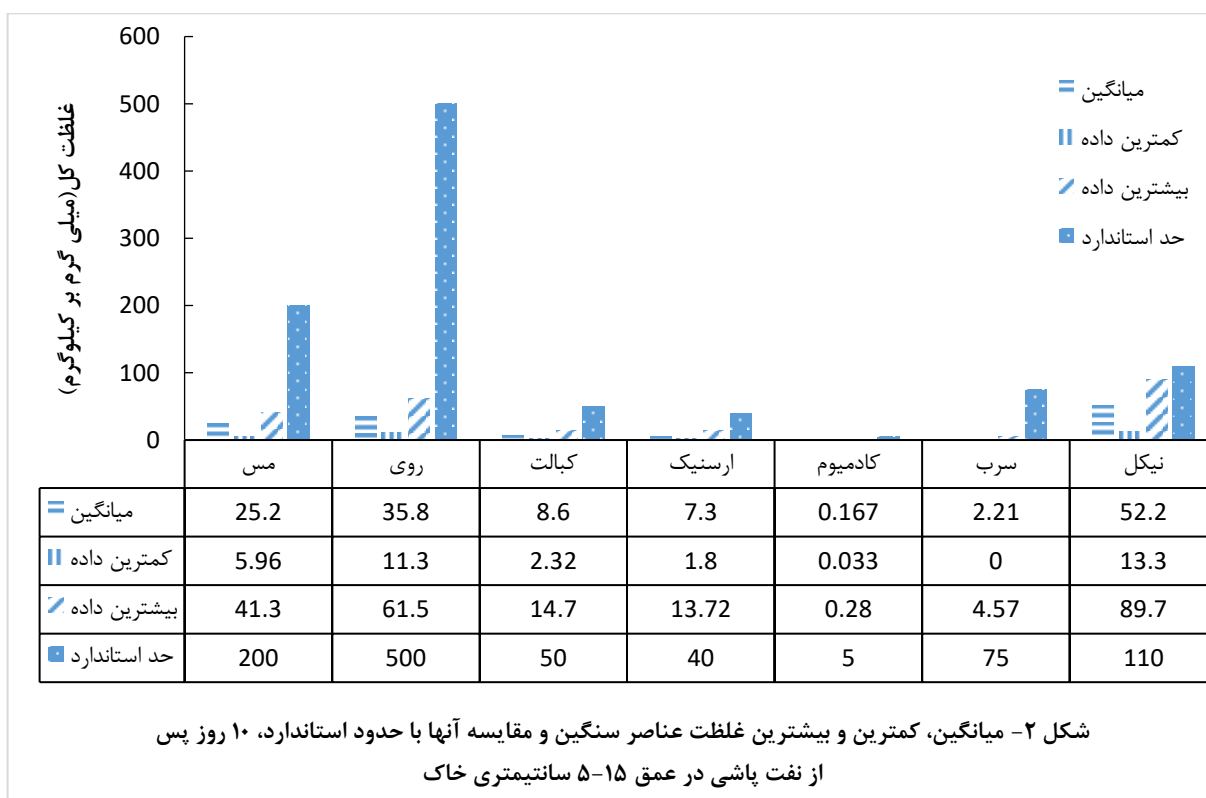
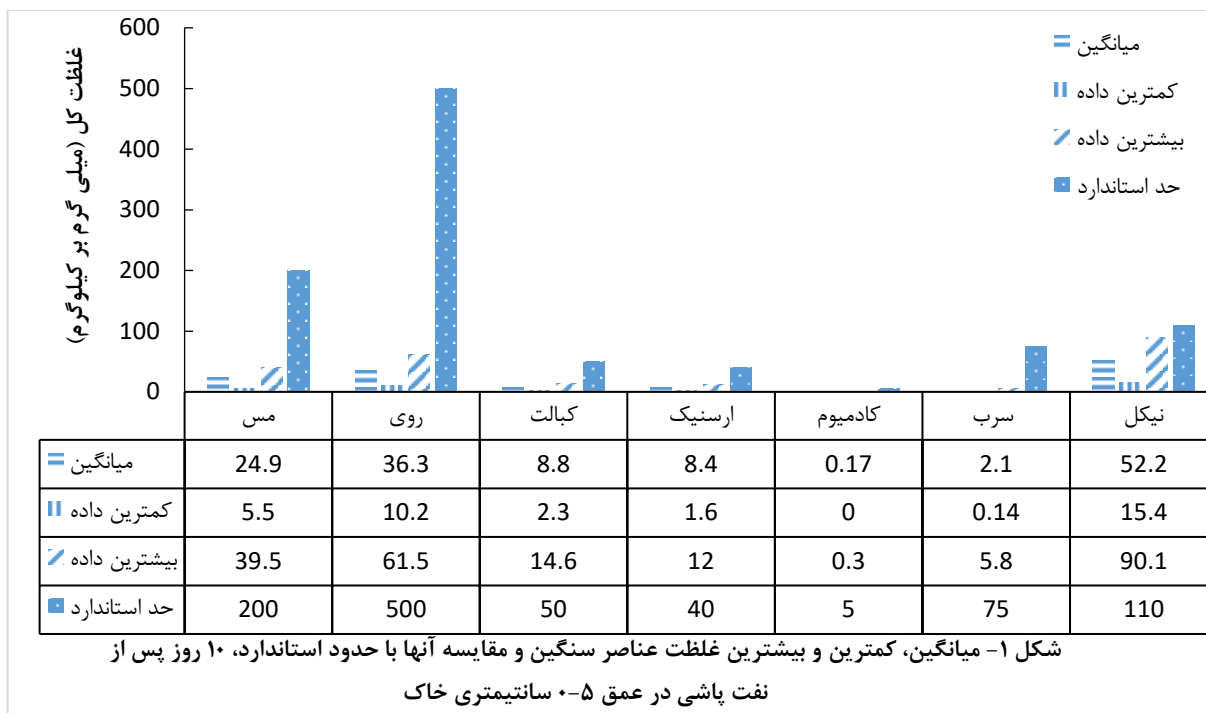
یافته های پژوهش

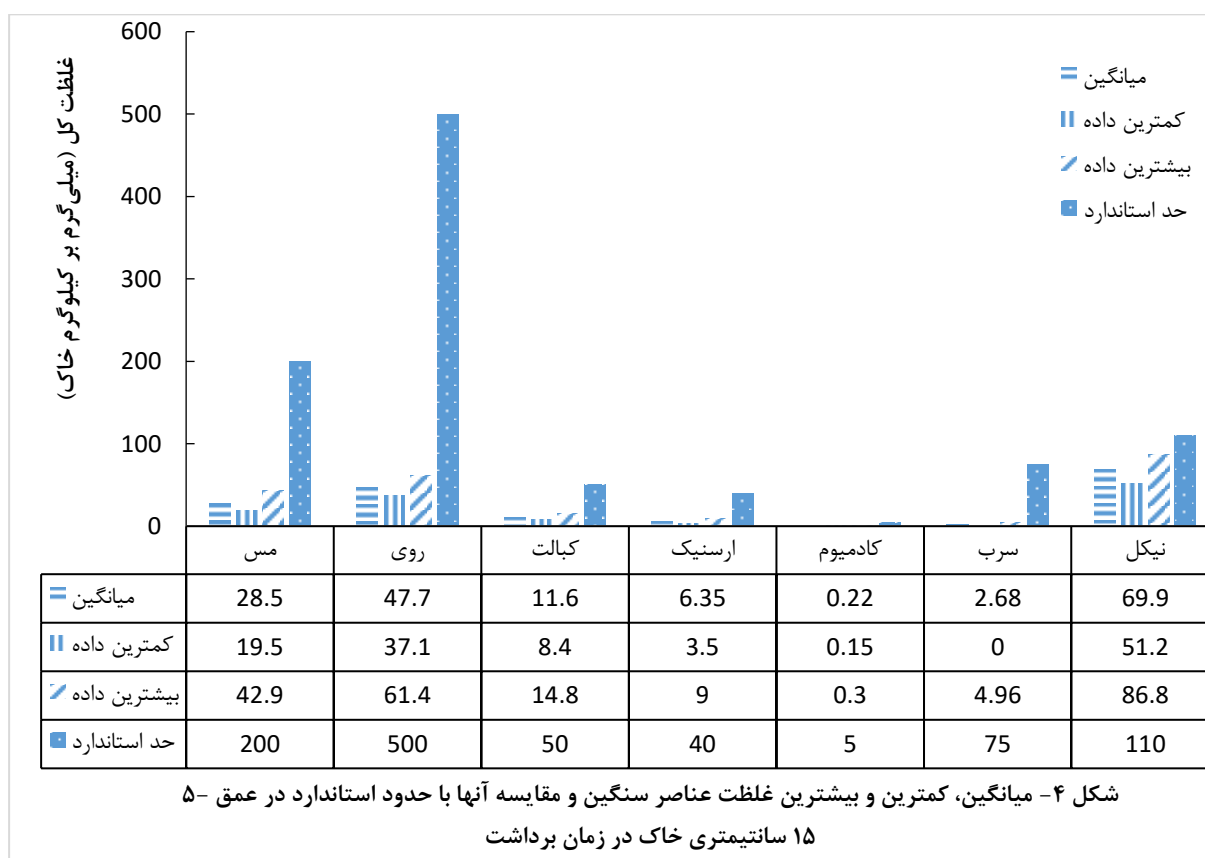
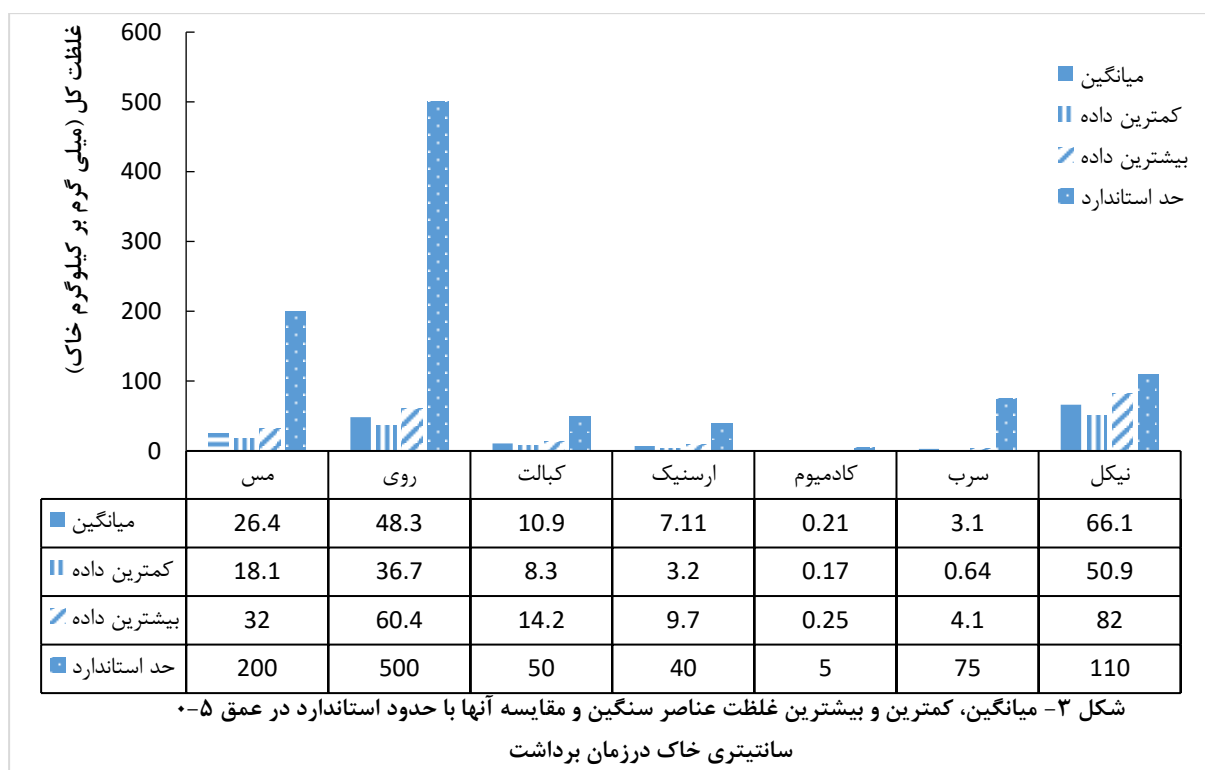
غلظت فلزات سنگین در زمان‌های مختلف پس از نفت پاشی در خاک

نتایج بررسی غلظت عناصر مس، روی، کبالت، آرسنیک، کادمیوم، سرب نشان داد که غلظت عناصر مذکور، ۱۰ روز پس از نفت پاشی و پس از برداشت در محدوده استاندارد ارائه شده توسط سازمان حفاظت محیط زیست (در خاک‌هایی با pH بیشتر از ۷) بود (بی نام، ۲۰۰۱). میانگین، کمترین و بیشترین غلظت عناصر در خاک‌های نمونه‌برداری شده از عمق ۵-۰ و ۵-۱۵ سانتیمتر خاک در شکل‌های ۱ تا ۴ آمده است. مقایسه غلظت عناصر در اعماق مختلف خاک نشان داد که غلظت عناصر در اعماق مختلف خاک از نظم خاصی تبعیت نکرد و در بعضی مزارع مقدار عنصر با افزایش عمق، افزایش و در برخی دیگر از مزارع کاهش یافت که می‌تواند به دلیل اختلاف در تعداد نوبت‌های آبیاری و مقدار آب آبیاری در هر نوبت آبیاری در مزارع مختلف باشد. رنگ زن و لندی (۱۳۸۶) دریافتند در مورد عناصر کم مصرف (شامل آهن، مس، روی و منگنز) از نظر کمی در خاک‌های آلوده به ترکیبات نفتی نسبت به خاک‌های غیر آلوده، اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد، اما به شکل غیر مستقیم با افزایش pH، احتمال دسترسی گیاه به این عناصر کاهش یافت.

^۴. Provisional Tolerable Daily Intake (PTDI)

^۵. Amount of daily intake (EDI)



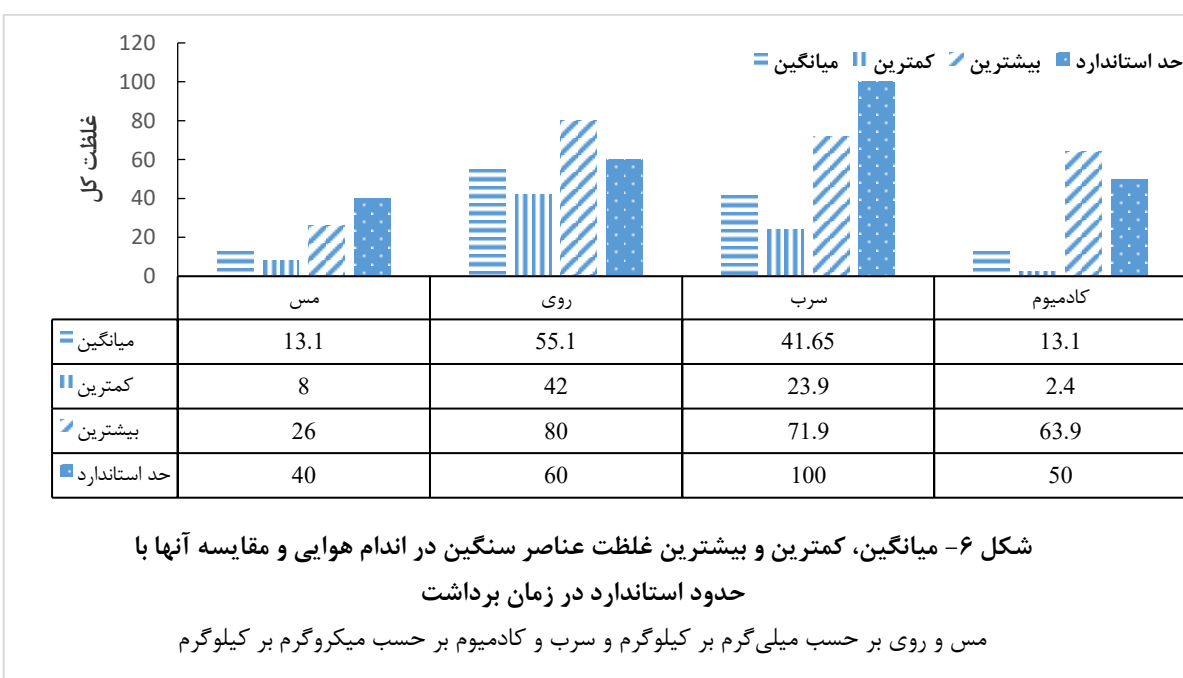
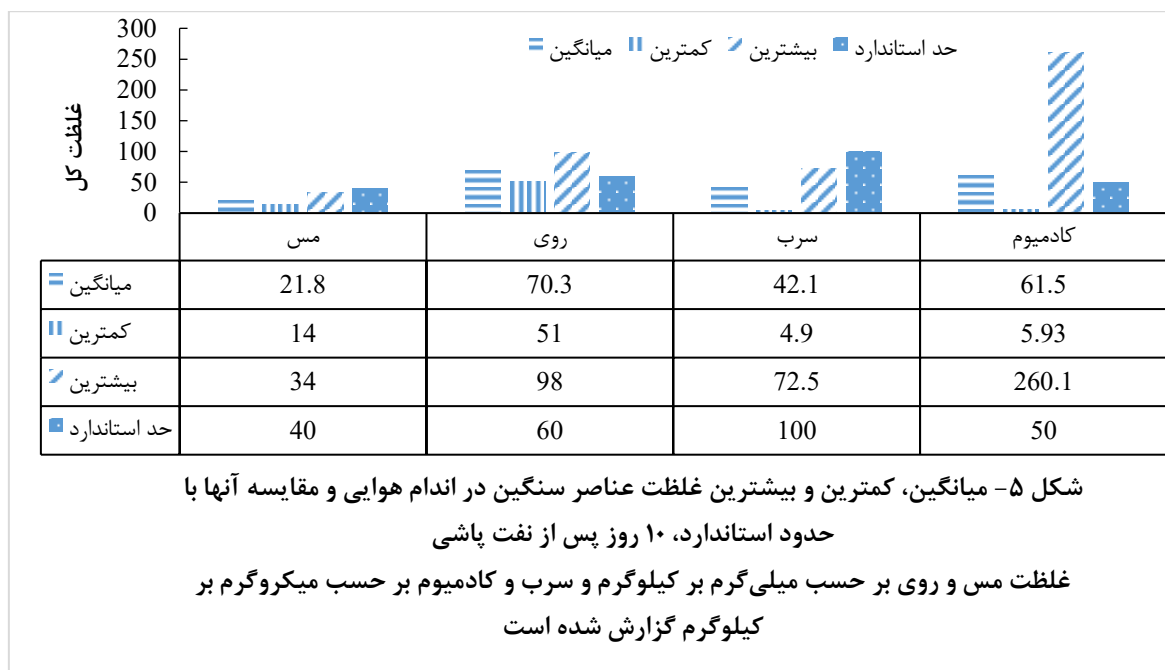


غلظت عناصر سنگین در اندام هوایی هویج در زمان‌های مختلف پس از نفت پاشی

میانگین، کمترین و بیشترین غلظت عناصر سنگین در اندام‌هوایی در زمان‌های ۱۰ روز پس از نفت پاشی و برداشت در اشکال ۵ و ۶ ذکر شده است. حد مجاز روی و مس در هویج به ترتیب ۶۰ و ۴۰ میلی گرم بر کیلوگرم (خداویسی و همکاران، ۱۳۹۸؛ FAO- WHO, 2007) و حد مجاز استاندارد سرب و کادمیوم در ریشه هویج (حد استاندارد عناصر مذکور در اندام‌هوایی هویج در منابع یافت نشد) بر اساس استاندارد ملی ایران به ترتیب ۰/۱ و ۰/۰۵ و بر اساس استاندارد FAO- WHO به ترتیب ۰/۳ و ۰/۱ میلی گرم بر کیلوگرم ذکر شده است (موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران).

۱۰ روز پس از نفت پاشی، از تمام نمونه‌های برداشت شده، از نظر غلظت کادمیوم دو نمونه و در زمان برداشت یک نمونه - دارای غلظت بیش از حد استاندارد ایران بود. همچنین از نظر استاندارد FAO- WHO فقط یک نمونه در زمان ۱۰ روز پس از نفت پاشی دارای غلظت بیش از حد استاندارد بود. در زمان‌های ۱۰ روز پس از نفت پاشی، از شش نمونه برداشت شده از نظر غلظت روی چهار نمونه و در زمان برداشت دو نمونه دارای غلظت بیش از حد استاندارد بود. بررسی داده‌ها نشان داد میانگین غلظت مس و سرب در زمان‌های ۱۰ روز پس از نفت پاشی و در زمان برداشت در تمام نمونه‌های برداشت شده کمتر از حد استاندارد بود. لازم به ذکر است که میانگین غلظت روی و کادمیوم در زمان‌های ۱۰ روز پس از نفت پاشی به ترتیب ۱۴/۶۵ و ۱۸/۷ درصد بیشتر از حد استاندارد ارائه شده توسط ایران بود. افزایش غلظت فلزات سنگین در خاک و گیاه می‌تواند به علت وجود فلزات سنگین در نفت سفید باشد (Akpoveta., Osakwe, 2014). از طرف دیگر باید گفت که استفاده از کودهای ریزمغذی و بعضی از قارچ کش‌ها ممکن است به صورت نگران کننده‌ای مقدار مس و روی در گیاه را افزایش دهد. علاوه بر اینکه استفاده از نفت می‌تواند منجر به افزایش کادمیوم در هویج گردد، به نظر می‌رسد یکی از دلایل آلودگی محصولات به کادمیوم می‌تواند به علت استفاده بیش از حد از کودهای شیمیایی به خصوص کودهای فسفاته باشد چرا که این نوع کودها گاهی ۰/۰۰۵ تا ۰/۵ میلی گرم در کیلوگرم کادمیوم به صورت ناخالصی دارند که این مقدار وارد خاک شده و می‌تواند به مرور زمان جذب گیاه شود (Wang ., Ma, 2004). بررسی مقدار روی و کادمیوم در خاک مزارعی که نمونه ریشه و اندام هوایی آنها غلظت بیش از حد استاندارد این دو عنصر را دارا بودند نشان داد که غلظت روی و کادمیوم در خاک این مزارع اختلاف چندانی با دیگر مزارع مورد تحقیق نداشته و از حد استاندارد تجاوز نکرده است. بررسی داده‌ها در ارتباط با کادمیوم خاک در زمان ۱۰ روز پس از نفت پاشی نشان داد حداقل غلظت کادمیوم خاک مربوط به مزارعی است که نمونه گیاه آنها بیشترین غلظت کادمیوم را داراست. مضاف بر اینکه اطلاعات دریافتی از کشاورزان نشان از مصرف بهینه کودهای روی و فسفر در این مزارع و عدم ورود کادمیوم از طریق کودهای فسفاته به خاک است. این مطالب نشان می‌دهد، فلزات سنگین یا از طریق نفت پاشی وارد خاک شده و یا اینکه نفت سفید با یک سری واکنش‌ها در ترکیبات خاک باعث افزایش حلالیت میزان فلزات سنگین در خاک و در نتیجه هویج گردیده است (Akpoveta., Osakwe, 2014). سینگ^۱ و همکاران (۲۰۱۲) گزارش کردند در خاکی که با مقدار ۲۰ کیلوگرم در هکتار نمک‌های روی، مس و کادمیوم کوددهی شده بود، توزیع عناصر سنگین در برگ و ریشه هویج به ترتیب با نسبت ۶۰ و ۴۰ درصد روی، ۴۹ و ۵۱ درصد مس و ۵۶ و ۴۴ درصد کادمیوم بود.

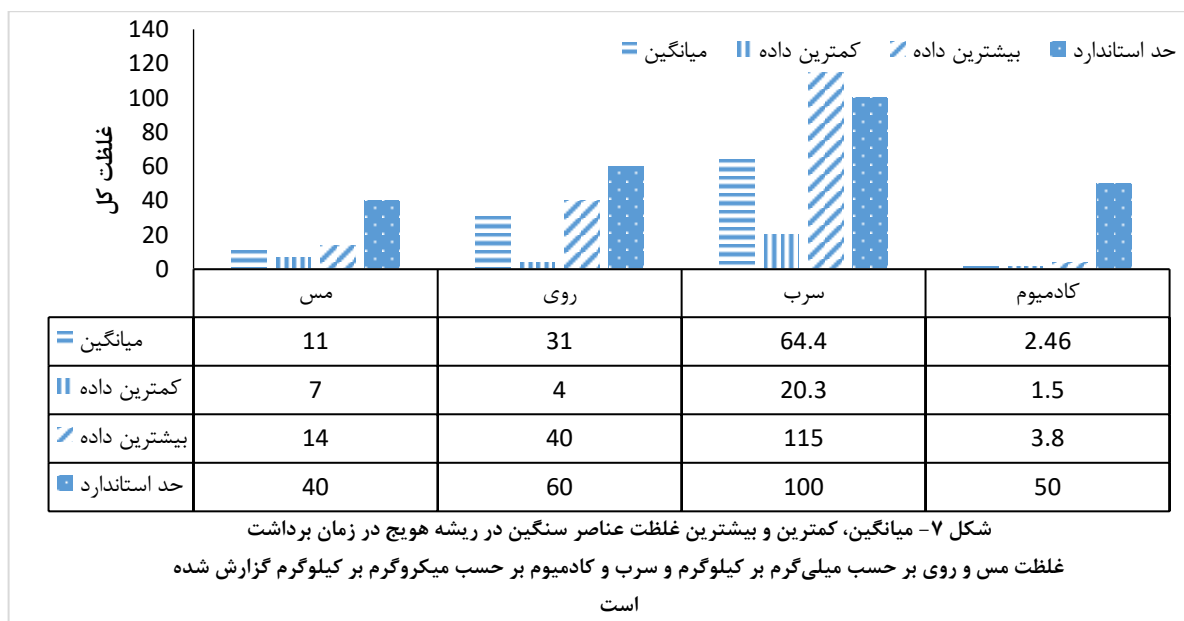
^۱. Singh



غلظت عناصر سنگین در ریشه هویج در زمان برداشت

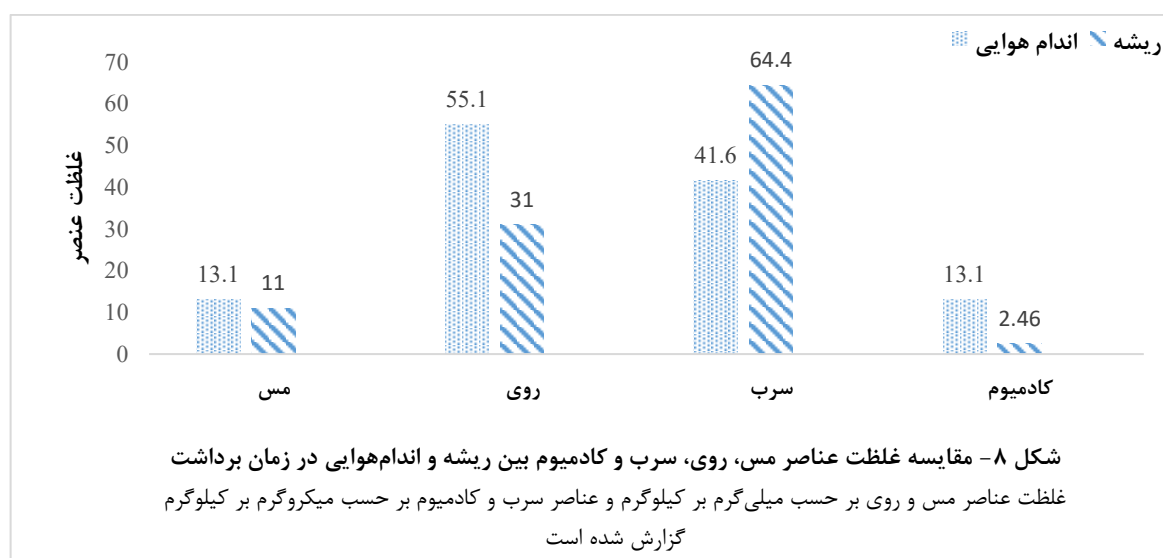
میانگین، کمترین و بیشترین غلظت عناصر سنگین در ریشه هویج در زمان برداشت در شکل ۷ ذکر شده است. حد مجاز استاندارد روی و مس در هویج به ترتیب ۶۰ و ۴۰ میلی گرم بر کیلوگرم (خداویسی و همکاران، ۱۳۹۸؛ FAO- WHO, 2007) و حد مجاز استاندارد سرب و کادمیوم در ریشه هویج بر اساس استاندارد ایران به ترتیب ۰/۱ و ۰/۰۵ و بر اساس FAO- WHO به ترتیب ۰/۳ و ۰/۱ میلی گرم بر کیلوگرم ذکر شده است (موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران). بر اساس نتایج در زمان برداشت، از ۱۰ نمونه ریشه برداشت شده از نظر غلظت سرب فقط یک نمونه (۱۱۵ میکرو گرم بر کیلوگرم) دارای غلظت بیش از حد استاندارد ایران و از نظر استاندارد FAO- WHO غلظت سرب در تمام نمونه‌ها کمتر از حد استاندارد تشخیص داده شد.

میانگین غلظت سرب در نمونه آلوده ۱۳ درصد بیشتر از حد استاندارد بود. بررسی داده‌ها نشان داد، میانگین غلظت مس، روی و کادمیوم در زمان برداشت در تمام نمونه‌ها کمتر از حد استاندارد بود. از دلایل جذب متفاوت فلزات سنگین در ریشه می‌توان به خصوصیات فیزیکی- شیمیایی متفاوت خاک‌ها، دما، رژیم رطوبتی، تنوع در غلظت نفت کاربردی در مزارع، فاصله زمانی بین نفت‌پاشی تا نمونه‌برداری و مرحله رشد گیاه هنگام برداشت اشاره کرد (Sharma et al., 2008). از آنجاییکه بعضی از کشاورزان به صورت لکه‌ای و در نقاطی از مزرعه که علف هرز اویارسلام کنترل نشده اقدام به نفت‌پاشی می‌کنند فرض می‌کنیم در تمام مزارع نفت‌پاشی، غلظت سرب شبیه مزرعه آلوده باشد. حال بر این اساس میزان ورود فلز سرب به بدن انسان را اندازه‌گیری می‌کنیم. طبق آمار موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، میزان دریافت حد مجاز روزانه (PTDI) فلز سرب $0/0036$ میلی گرم بر کیلوگرم است. برای این منظور باید مقدار تخمینی جذب شده هر عنصر (EDI) برای محصول هویج با توجه به مقدار مصرف آن مشخص گردد. قابل ذکر است اگر این مقدار کمتر از مقدار PTDI باشد خطری برای مصرف‌کنندگان آن محصول وجود ندارد. در غیر این صورت آن محصول برای سلامتی خطرناک است. مقدار مصرف روزانه هویج توسط یک فرد بزرگسال با وزن حدود ۶۰ کیلوگرم، ۳۹ گرم در روز است (بر اساس آمار موسسه استاندارد ایران)، بر اساس رابطه (۱)، مقدار $0/0007$ = EDI میلی گرم بر کیلوگرم محاسبه که این مقدار کمتر از مقدار PTDI فلز سرب یعنی $0/0036$ میلی گرم بر کیلوگرم بوده و در نتیجه خطری متوجه مصرف‌کنندگان این محصول نیست (Song et al., 2009). البته باید توجه داشت از آنجاییکه این فلز می‌تواند از طریق سایر محصولات هم وارد بدن شود لذا مجموع EDI هر فلز ممکن است از حد PTDI فراتر رود که این مساله می‌تواند برای سلامتی خطرناک باشد. سرب با تحت تاثیر قرار دادن سیستم خونی و کلیوی باعث ناهنجاری‌های متابولیکی و نقایص عصبی- فیزیکی در کودکان می‌شود. همچنین گزارش شده چنانچه مقادیر زیادی از عناصر سنگین از جمله سرب وارد بدن زنان باردار شود تولد نوزادان نارس و عقب‌ماندگی ذهنی شدید نوزادان را باعث می‌شود (Geneva, 2003). ناظمی و همکاران (۱۳۸۹) در بررسی وضعیت فلزات سنگین در خاک، آب و گیاه اراضی سبزیکاری در شاهرود دریافتند، میزان غلظت کروم، کادمیوم و سرب در انواع سبزیجات بالاتر از مقدار معمول آن است. آنها این آلودگی را به دلیل آبیاری با پساب‌های شهری و صنعتی در منطقه دانستند. خداویسی و همکاران (۱۳۹۸) در تحقیق خود نشان دادند که میزان فلزات سنگین روی، مس، سرب و کادمیوم تحت تاثیر غلظت‌های مختلف نفت سفید در هویج، جعفری و گشنیز به طور معنی‌داری افزایش یافت. اگر چه روی و مس در مقادیر مناسب برای سیستم‌های بیولوژیکی از جمله انسان ضروری است ولی افزایش بیش از حد روی موجب کاهش عملکرد سیستم ایمنی، چگالی بالای لیپوپروتئین (Harmanescu)، افزایش بیش از حد مس و مشکلات کبد و معده در انسان می‌گردد (Rahman et al., 2014). لازم به ذکر است خوشبختانه در این تحقیق غلظت روی و مس در حد مجاز و استاندارد بود. از جمله مضرات کادمیوم در بدن انسان می‌توان ایجاد سرطان‌های مختلف و بیماری‌های قلبی و فشار خون را نام برد. گیاهان می‌توانند بدون اینکه صدمه‌ای ببینند مقادیر زیادی از کادمیوم را در بخش‌های خوراکی خود ذخیره کنند، بدون آنکه علایم بیماری و تاثیرگذاری آشکاری در گیاه رویت شود. تجمع کادمیوم در گیاهان می‌تواند پتانسیل جذب این عنصر توسط انسان را افزایش دهد و این امر در حالتی است که این گیاهان جزو جیره غذایی باشند (Kabata-Pendias, 2011).



مقایسه غلظت عناصر مس، روی، سرب و کادمیوم بین ریشه و اندام هوایی

مقایسه غلظت عناصر مس، روی، سرب و کادمیوم بین ریشه و اندام هوایی در شکل ۸ نشان داده شده است. با توجه شکل می توان دریافت، غلظت عناصر غذایی در اندام هوایی بیشتر از ریشه بوده که البته در مورد سرب این نتیجه برعکس بوده است. سینگ و همکاران (۲۰۱۲) دریافتند، هویج به دلیل جذب بالای سرب و انتقال این فلز سمی به انسان از طریق زنجیره غذایی، گیاه مناسبی برای کاشت در مناطق آلوده به سرب نیست در حالی که به دلیل جذب اندک مس، روی، کادمیوم و نیکل، برای کاشت در مناطق آلوده به این فلزات مناسب است. بر این اساس شاید جذب بیشتر سرب در ریشه نسبت به اندام هوایی مربوط به خصوصیات فیزیولوژیکی این گیاه در تجمع سرب نسبت به دیگر فلزات سنگین در ریشه باشد. در ارتباط با غلظت عناصر سنگین در اندام هوایی و ریشه هویج در منابع، نتایج متفاوتی ذکر شده است. سینگ و همکاران (۲۰۱۲) در تحقیق خود نشان دادند از کل مقدار سرب و کادمیوم جذب شده در هویج در خاک های آلوده (خاک های مورد نظر با نمک سرب و کادمیوم به مقدار ۲۰ کیلوگرم در هکتار آلوده شدند)، به ترتیب ۴۶ و ۴۴ درصد در ریشه هویج و ۵۴ و ۵۶ درصد در برگ هویج توزیع و ذخیره شد.



بحث و نتیجه گیری

نتایج این تحقیق نشان داد غلظت عناصر مس، روی، کبالت، آرسنیک، کادمیوم، سرب و نیکل ۱۰ روز پس از نفت پاشی و زمان برداشت در خاک در محدوده استاندارد بود. میانگین غلظت روی و کادمیوم در زمان های ۱۰ روز پس از نفت پاشی در اندام هوایی به ترتیب ۱۴/۶۵ و ۱۸/۷ درصد بیشتر از حد استاندارد ایران بود در حالیکه در مورد مس و سرب کمتر از حد استاندارد بود. همچنین، در زمان برداشت غلظت عناصر مذکور در اندام هوایی و ریشه هویج کمتر از حد استاندارد بود که دلالت بر کاهش جذب عناصر مذکور بر اثر خروج عناصر از منطقه ریشه و ورود به لایه های پایین تر بر اثر آبیاری یا بارندگی داشته است. با توجه اینکه میزان آبیاری و بارش ها در سال های مختلف ممکن است متفاوت باشد، لذا جهت اطمینان و نتیجه گیری دقیق تر توصیه می شود این تحقیق در چند سال متوالی انجام شود. همچنین در صورت امکان این تحقیق هم در اراضی که برای اولین بار از نفت سفید استفاده شده است و هم در اراضی که برای چندین سال از نفت سفید استفاده کرده اند انجام گیرد تا تاثیر باقیمانده ترکیبات نفتی مشخص شود. توصیه می شود از طریق ارگان های مرتبط آموزش های لازم در مورد اثرات زیانبار مصرف نفت بر خاک و سلامت جامعه همچنین استفاده از سموم مناسب به منظور مبارزه با علف های هرز (خصوصا علف هرز اویارسلام) بجای نفت، به کشاورزان داده شود. تحقیقات اولیه حاکی از افزایش ترکیبات Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) و Total Petroleum Hydrocarbons (TPHs) در نفت است که با توجه به اثرات زیانبار این ترکیبات بر سلامت جامعه لازم است در تحقیقات آتی اندازه گیری این ترکیبات در اولویت بررسی قرار گیرد.

تشکر و قدردانی

نویسندگان مقاله از همکاری صمیمانه مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی صفی آباد دزفول و موسسه تحقیقات خاک و آب کشور کمال تشکر و قدردانی را می کنند.

منابع

استانداردهای کیفیت منابع خاک و راهنماهای آن. معاونت محیط زیست انسانی. دفتر خاک و آب. ۱۶۴ صفحه
 بوعذار، صمد، و تدین، محمودرضا (۱۳۹۲). بررسی اثر آلودگی نفت خام بر برخی صفات شاخصه گیاه هویج رقم (Seminis). همایش ملی آلاینده های کشاورزی و سلامت غذایی، چالش ها و راهکارهای شیوه های نوین در حذف آلاینده ها. <https://sid.ir/paper/888437/fa>

خداویسی، وحید؛ خلیلی مقدم، بیژن؛ نادیان، حبیب الله؛ سلیمانی، محسن (۱۳۹۸). اثر استفاده از نفت سفید به عنوان علفکش بر جذب فلزات سنگین، رشد و شاخص‌های فیزیولوژیکی جعفری، هویج و گشنیز. مجله تحقیقات خاک و آب ایران، ۵۰ (۲)، ۳۸۹-۳۹۹.

رنگ زن، نفیسه و لندی، احمد (۱۳۸۶). بررسی اثر آلاینده‌های هیدروکربنه نفتی (گازوئیل) بر برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک آلوده. مجموعه مقالات دهمین کنگره علوم خاک ایران، ۱۳۵۸-۱۳۵۹.

سروی، وحید (۱۳۸۸). بررسی اثر تغییر ریزوسفر و جمعیت باکتری‌های تجزیه کننده نفت در اطراف ریشه در پالایش آلودگی‌های نفتی خاک. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه شهید چمران اهواز، ص ۲۰-۱۹.

موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، "خوراک انسان- دام- بیشینه رواداری فلزات سنگین"، استاندارد ملی ایران ۱۲۹۶۸، چاپ اول

میرزایی، ملیحه؛ معینی، احمد؛ قناتی، فائزه (۱۳۹۲). اثر تنش خشکی بر میزان پرولین و قندهای محلول گیاهچه‌های کلزا. مجله زیست شناسی ایران، ۲۶ (۱)، ۹۸-۹۰.

ناظمی، سعید؛ عسگری، علیرضا؛ راعی، مهدی (۱۳۸۹). بررسی مقدار فلزات سنگین در سبزیجات پرورشی حومه شهرشاهرود. مجله سلامت و محیط، ۳(۲)، ۲۰۲-۱۹۵.

Adam, G., & Duncan, H J. (2002). Influence on diesel fuel on seed germination. Department of Environmental. Agricultural and Analytical Chemistry. University of Glasgow. Scotland, UK. 125: 363-370.

Akpoveta, O., & Osakwe, S. A. (2014). Determination of Heavy Metals Content in Refined petroleum products. Journal of Applied Chemistry, 6(1-2).

Baker, J. M. (1970). The effects of oils on plants. Environmental Pollution, 1 (27-44).

BS EN 14084. (2003). Foodstuffs -determination of trace elements -determination of lead, cadmium, zinc, copper and iron by atomic absorption spectrometry (AAS) after microwave digestion.

Codex Alimentations Commission (FAO/WHO). (2007). "Food additives and contaminants". Geneva: Joint FAO/WHO Food Standards Program.

Geneva, (2003). "World health organization (WHO). Guidelines for drinking water quality". 3rd ed. World Health Organization.

Gilyazov, M. U., & Gaisin, I. A. (2003). The agroecological characteristic and recultivation ways of the petropolluted chernozems of Tatarstan Republic. Kazan: Phen press.

Harmanescu, M., Alda, L. M., Bordean, D. M., Gogoasa, I., & Gergen, I. (2011). Heavy metals health risk assessment for population via consumption of vegetables grown in old mining area; a case study: Banat County Romania. Chemistry Central Journal, 5(1), 1-10.

Hashemi, M., Salehi, T., Aminzare, M., Rarisi, M., & Afihari, A. (2017). Contamination of toxic heavy metals in various foods in Irane a review. Journal of Pharmaceutical Sciences and Research, 9(10), 1692-1697.

Heshmati, A., Mehri, F., Karami-Momtaaz, J., & Mousavi Khaneghah, A. (2020). Concentration and Risk Assessment of Potentially Toxic Elements, Lead and Cadmium, in Vegetables and Cereals Consumed in Western Iran. Journal of Food Protection, 83(1), 101-107.

Heshmati, A., Mehri, F., Karami-Momtaaz, J., & Mousavi Khaneghah, A. (2020). The concentration and health risk of potentially toxic elements in black and green tea-both bagged and loose-leaf. Quality Assurance and Safety of Crops & Foods, 12(3), 140-150.

Kabata- Pendias, A. (2011). "Trace elements in soils and plants", 4th ed. Boca Raton, Florida: CRC Press.

Lindsay, W. L., & Norvell, W. A. (1978). Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese, and copper. Soil Science Society of American Journal, 42, 421-428.

Merrington, G., & Alloway, B. J. (1997). Determination of the residual metal binding characteristics of soil polluted by Cd and Pb. Water, Air and Soil Pollution, 100, 49-62.

- Nwaichi, E. O., Chuku, L. C., & Igboavwogan, E. (2016). Polycyclic aromatic hydrocarbons and selected heavy metals in some oil polluted sites in Delta state Nigeria. *Journal of Environmental Protection*, 7(10), 1389-1410.
- Rahman, M. A., Rahman, M. M., Reichman, S. M., Lim, R. P., & Naidu, R. (2014). Heavy metals in Australian grown and imported rice and vegetables on sale in Australia: health hazard. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 100, 53–60.
- Sanaci, F., Amin, M. M., Alavijeh, Z. P., Exfahani, R. A., Sadeghi, M., & Bandarrig, N. S. (2021). Health risk assessment of potentially toxic elements intake via food crops consumption: Monte Carlo simulation based probabilistic and heavy metal pollution index. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(2), 1479-1490.
- Sharma, R. K., Agrawal, M., & Marshall, F. M. (2008). Heavy metal (Cu, Zn, Cd and Pb) contamination of vegetables in urban India: a case study in Varanasi. *Environmental Pollution*, 154(2), 254-63.
- Singh, S., Zacharias, M., Kalpana, M., & Mishra, S. (2012). Heavy metals accumulation and distribution pattern in different vegetable crops. *Journal of Environmental Chemistry and Ecotoxicology*, 4(4), 75-81.
- Song, B., Lei, M., Chen, T., Zheng, Y., Xie, Y., Li, X., & Gao, D. (2009). Assessing the health risk of heavy metals in vegetables to the general population in Beijing, China. *Journal of Environmental Sciences*, 21(12), 1702- 1709.
- Wang, Q. C., & Ma, Z. W. (2004). Heavy metals in chemical fertilizer and environmental risks. *Rural Eco-Environment*, 20(2), 62–64.