بررسی اثر کاربرد نفت سفید بر جذب عناصر سنگین در برخی از سبزی‌ها در استان خوزستان

زهرا سرخه و بیژن خلیلی مقدم[1*]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۱۰/۲۷ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۲/۲۵)

چکیده

هدف از این پژوهش بررسی مزرعه‌ای اثر کاربرد نفت سفید بر جذب عناصر سنگین در برخی از سبزی‌ها در استان خوزستان است. بدین‌منظور آزمایشی در پاییز و زمستان سال ۱۳۹۲، به‌صورت آشیانه‌ای در قالب طرح کاملاً تصادفی با عامل‌های شهرستان (شوش، دزفول و باوی)، گیاه (جعفری، شوید، گشنیز و هویج)، نوع مدیریت مزرعه (شاهد، مزرعه آلوده به نفت سفید یک و مزرعه آلوده به نفت سفید دو) در سه تکرار انجام شد. میزان غلظت برخی از عناصر سنگین قابل جذب خاک و نیز غلظت این عناصر در نمونه‌های گیاهی اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد در همه شهرستان‌ها، میانگین غلظت عناصر سنگین در خاک و گیاه مزارع آلوده به نفت سفید نسبت به نمونه شاهد بیشتر بود. همچنین بیشترین و کمترین میزان غلظت عناصر سنگین کادمیم و سرب خاک و گیاه به‌ترتیب در شهرستان باوی (۲۹/ ۱۴ و ۴۰/۴۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم و ۱۱/۹۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم در شوید و ۳۵/۵۳ در گیاه گشنیز) و شوش (۹/۳۳ و ۳۰/۳۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم و ۸/۰۱ و ۲۳/۵۴ میلی‌گرم برکیلوگرم در هویج) حاصل شد. ولی بیشترین و کمترین میزان عناصر روی و مس در خاک و گیاه به‌ترتیب در شهرستان دزفول (۱۰۹/۰۸ و ۴۷/۷۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم و ۸۶/۳۳ و ۳۸/۵۷ میلی‌گرم برکیلوگرم در شوید) و باوی (۳۴/۷۵ و ۲۲/۳۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم و ۲۸/۴۴ و ۱۶/۹۶ میلی‌گرم برکیلوگرم در هویج) به‌دست آمد. با توجه به یافته‌های این پژوهش می‌توان نتیجه گرفت که کاربرد نفت سفید در مزارع سبزی باعث افزایش جذب کادمیم، سرب و مس بیش از حد مجاز در سبزی‌ها شده است و خطر انتقال آلاینده‌های مذکور به زنجیره غذایی را در پی دارد.

واژه‌های کلیدی: نفت سفید، فلزات سنگین، علف هرز، سبزی‌ها، خوزستان

۱. گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان
*: مسئول مکاتبات: پست الکترونیکی: moghaddam623@yahoo.ie

مقدمه

در بخش‌هایی از استان پهناور خوزستان، برای مبارزه با علف‌های هرز مزارع سبزی به‌طور گسترده‌ای از نفت سفید به‌عنوان یک فرآورده نفتی ارزان و قابل دسترس استفاده می‌کنند. نفت سفید علف‌های هرز را نابود کرده، اما به سبزی‌هایی مانند جعفری و هویج آسیبی وارد نمی‌کند. و این امر موجب شده تا کشاورزان به‌دلیل هزینه زیاد سموم کشاورزی، نفت سفید را جایگزین سموم کنند (۱). گای یازو و گایسین (۹)، نشان دادند که نفت سفید بر روی بقا و بهره‌وری گیاهان زراعی اثر بازدارندگی دارد. سالانیترو (۱۴) به این نتیجه رسید که میزان تجزیه هیدروکربن‌های نفتی در سطح خاک خیلی کند می‌شود و موجب انباشته شدن آنها در لایه رویین خاک می‌شود و به‌طور معنی‌داری باعث تغییر شکل ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و میکروبیولوژیکی خاک و همچنین کاهش جوانه‌زنی و رشد شده که در نتیجه آن باعث ایجاد سمیت برای گیاهان می‌شود. شارونوا و برئوس (۱۶)، در مطالعه آزمایشگاهی بر روی خاک چرنوزوم (خاک با هوموس زیاد) آلوده به نفت سفید (۱۵ –۱ درصد وزنی)، درصد جوانه‌زنی ۵۰ گیاه از ۲۱ خانواده (زراعی و وحشی، یک‌ساله و چندساله، تک‌لپه و دولپه) غلات، آفتابگردان و کلم سالانو لگومینوز، براساس نوع نفت سفید، غلظت و شکل گیاه مورد بررسی قرار دادند. با توجه به نتایج به‌دست آمده، گیاهان آزمایش شده در سه گروه مقاوم، کم تحمل و بدون تحمل تقسیم‌بندی شدند که در آن درصد جوانه‌زنی نسبی به‌ترتیب بیش از ۷۰ درصد، ۳۰ تا ۷۰ درصد و کمتر از ۳۰ درصد است. خداویسی (۱) در شرایط آزمایشگاهی اثر غلظت‌های مختلف نفت سفید (در محدوده صفر تا ۱۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک) بر میزان غلظت عناصر سنگین (سرب، کادمیم، روی و مس) در خاک و گیاه (جعفری، گشنیز و هویج) را مورد بررسی قرار دادند. نتایج این پژوهش نشان داده است که با افزایش میزان غلظت نفت سفید به‌طور معنی‌داری میزان غلظت عناصر سرب، کادمیم، روی و مس در خاک و گیاه افزایش یافت. زکوی (۳) نشان داده است در حضور قارچ میکوریزا میزان غلظت عناصر سنگین در سبزی‌هایی مانند جعفری، گشنیز و هویج در خاک آلوده به نفت سفید در محدوده صفر تا ۱۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک به‌طور معنی‌داری کاهش یافته است. شامیان و همکاران (۱۵) گزارش کردند میزان غلظت فلزات سنگین در خاک‌هایی که برای سالیان متمادی به نفت سفید آلوده بودند، در مقایسه با خاک فاقد آلودگی، میزان کادمیم کمتر از حد مجاز بوده ولی عناصر سرب، روی و مس بیشتر از حد مجاز بود. درحالی‌که کادمیم، مس، روی و سرب در خاک غیرآلوده در حد مجاز بود.

هیدروکربن‌ها وقتی‌که در تماس با بافت‌های گیاهی قرار می‌گیرند، به‌طور مستقیم اثرات سمی بر روی گیاهان به‌جا می‌گذارند. با این حال، پاسخ گیاهان به هیدروکربن‌های نفتی متفاوت است. برخی از گیاهان در مقابل این آلودگی مقاوم هستند. بعضی از گیاهان مقاوم می‌توانند باعث پاک‌سازی آلودگی خاک شوند. به‌دلیل تفاوت در روش‌های آزمایشگاهی و مزرعه‌ای، تنوع در گونه‌های گیاهی، نوع خاک، رژیم‌های رطوبتی، تنوع در غلظت هیدروکربن‌های نفتی و مدت زمان آلودگی، نتایج آزمایشگاهی قابل دسترس در مورد تحمل گیاه به آلودگی خاک بوسیله نفت سفید اندک است. علاوه‌بر این، اغلب نتایج ضعیف بنیان بوده و با هم همخوانی ندارند (۱۲). از آنجایی‌که تاکنون هیچ‌گونه مطالعه مزرعه‌ای در زمینه جذب عناصر سنگین در خاک‌های آلوده به نفت سفید در مزارع خوزستان صورت نگرفته است، این پژوهش با هدف بررسی اثر کاربرد متمادی نفت سفید بر میزان غلظت عناصر سنگین قابل جذب خاک و گیاه در مزارع سبزی استان خوزستان انجام شده است.

مواد و روش بررسی

برای انجام این پژوهش نمونه‌های خاک و گیاه از مزارع سبزی (گشنیز، جعفری، شوید و هویج) آلوده به نفت سفید و غیرآلوده به نفت سفید (شاهد) در شهرستان‌های شوش (′۱۴ °۴۸ طول شرقی تا ′۱۱ °۳۲ عرض شمالی)، دزفول (′۲۴ °۴۸ طول شرقی تا

جدول ۱. برخی خصوصیات اولیه خاک مزارع شهرستان‌های شوش، دزفول و باوی

شهرستان	بافت	شوری ($dS\ m^{-1}$)	کربن آلی (٪)	pH	نیتروژن (٪)	فسفر قابل جذب (ppm)	پتاسیم قابل جذب (ppm)	مواد خنثی‌شونده (آهک) (درصد)
شوش	لوم رسی شنی	۲/۵	۰/۱۳	۷/۲	۱/۰۳	۷/۲	۲۲۳	۴۱/۳
دزفول	لوم رسی شنی	۲/۷	۰/۷۶	۷/۲	۲/۵۲	۱۲/۱	۲۵۸	۴۲/۸
باوی	رسی شنی	۳/۶	۰/۰۹	۷/۶	۰/۰۷	۶/۲	۲۱۴	۴۵/۱

′۲۲ °۳۲ عرض شمالی) و باوی (′۵۰ °۴۸ طول شرقی ′۳۶ °۳۱ عرض شمالی) واقع در استان خوزستان جمع‌آوری شده است. در هرکدام از این شهرستان‌ها، دو مزرعه آلوده به نفت سفید (مزرعه یک و دو) و یک مزرعه شاهد در نزدیکی آنها انتخاب شد. این آزمایش در پاییز و زمستان سال ۱۳۹۲، به‌صورت آشیانه‌ای در قالب طرح کاملاً تصادفی با عامل‌های شهرستان (شوش، دزفول و باوی)، گیاه (جعفری، شوید، گشنیز و هویج)، مزرعه (شاهد، مزرعه آلوده به نفت سفید یک و مزرعه آلوده به نفت سفید دو) در سه تکرار انجام شد. کشاورزان هرساله در فصل کشت در هر هکتار از مزرعه حدوداً ۴۰۰– ۳۰۰ لیتر نفت سفید را به‌عنوان علف کش برای از بین بردن علف های هرز استفاده می‌کنند. بنابراین در پایان فصل برداشت هر سبزی، در هر مزرعه به‌صورت تصادفی از اندام خوراکی هر گیاه و خاک ریزوسفر آن نمونه‌برداری شده و برای تجزیه به آزمایشگاه منتقل شد. پس از هوا خشک کردن خاک و عبور از الک دو میلی‌متری، برخی از خصوصیات اولیه خاک به قرار زیر اندازه‌گیری شد، که نتایج آن در (جدول ۱) نشان داده شده است. بافت خاک به روش هیدرومتری، فسفر قابل جذب به روش اولسن به‌وسیله دستگاه اسپکتروفتومتر، نیتروژن کل به روش کجلدال، پتاسیم قابل جذب به روش عصاره‌گیری با استات آمونیوم و قرائت با شعله‌سنج، درصد مواد خنثی شونده (آهک) به روش تیتراسیون با سود، ماده آلی به روش اکسایش مرطوب، قابلیت هدایت الکتریکی در عصاره اشباع (EC_e) به‌وسیله هدایت سنج الکتریکی، پ‌هاش در خمیر اشباع به‌وسیله پ‌هاش متر، و عناصر سنگین قابل جذب (کادمیم، سرب، روی و مس) با محلول DTPA (۱۱) اندازه‌گیری شدند. نمونه‌های گیاه در آزمایشگاه به‌وسیله آب مقطر شسته شده و به دو قسمت ریشه و بخش هوایی تقسیم شدند. سپس نمونه‌ها درون پاکت کاغذی به آون تهویه‌دار انتقال یافته و به‌مدت ۷۲ ساعت در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد خشک شده‌اند. یک گرم ماده خشک گیاهی در کوره الکتریکی در دمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد به‌مدت چهار ساعت به‌صورت خاکستر در آورده شد و سپس خاکستر حاصل در اسید کلریدریک حل شد و پس از صاف نمودن با کاغذ صافی، حجم نهایی محلول به ۵۰ میلی‌متر رسانیده شد. غلظت کادمیم، سرب، روی و مس با استفاده از دستگاه جذب اتمی مدل ContrAA 300 اندازه‌گیری شد. داده‌های جمع‌آوری شده با استفاده از نرم افزارهای SAS و MSTATC طبق آزمون LSD در سطح پنج درصد تجزیه و تحلیل شدند.

نتایج و بحث

تجزیه واریانس غلظت عناصر سنگین (کادمیم، سرب، روی و مس) در خاک ریزوسفر سبزی‌ها و برگ سبزی‌ها (جدول ۲) نشان داد که تأثیر نوع شهرستان و نوع مدیریت مزرعه (میزان آلودگی به نفت سفید) و اثرات متقابل آنها از نظر آماری معنی‌دار بوده است. در بخش‌های بعد تأثیر هر کدام از عوامل مذکور مورد بحث قرار می‌گیرد.

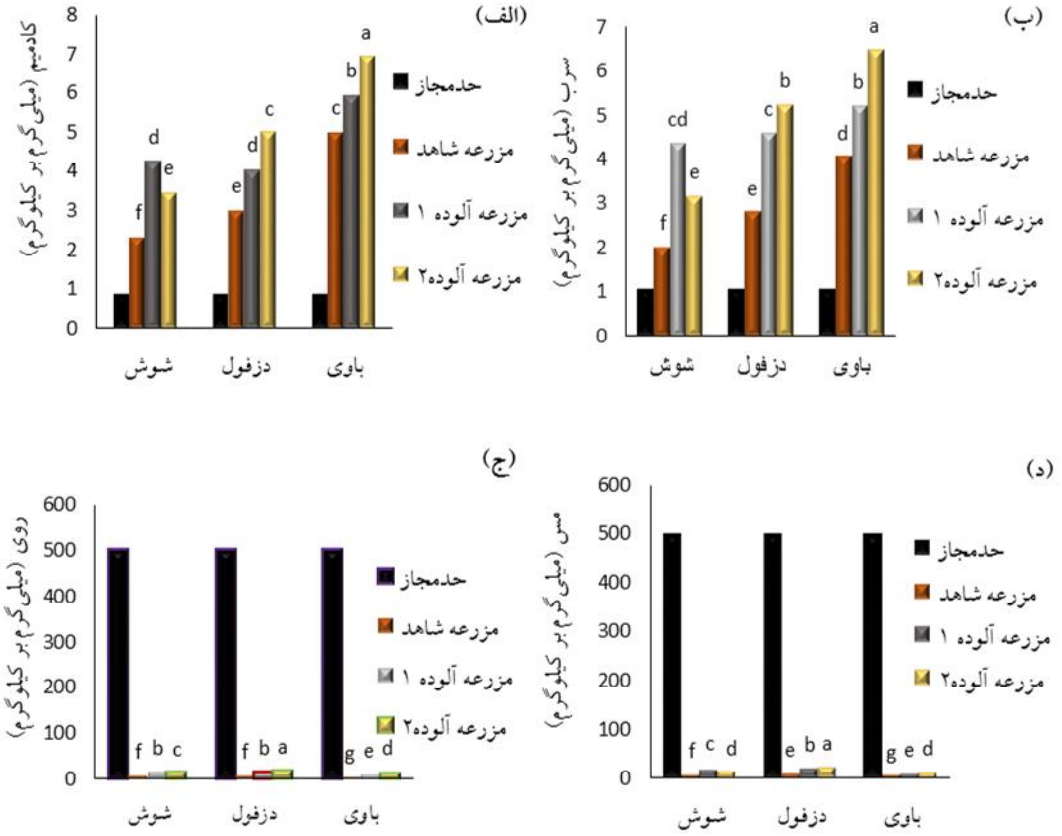
تأثیر میزان نفت سفید بر مقدار غلظت عناصر سنگین خاک ریزوسفر سبزی‌ها

میانگین غلظت کادمیم، سرب، روی و مس در نمونه‌های

جدول ۲. نتایج تجزیه واریانس اثر آلودگی نفت سفید بر عناصر سنگین خاک ریزوسفر سبزی‌ها و برگ سبزی‌ها

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات							
		خاک ریزوسفر				برگ سبزی‌ها			
		کادمیم	سرب	روی	مس	کادمیم	سرب	روی	مس
مکان	۲	۶۶/۱۴**	۳۸/۳۹**	۲۲۸/۲۷**	۵۷۹/۱۶**	۶۶/۲۴**	۵۰۹/۷۷**	۱۶۶۶۰/۲۸**	۲۱۵۶/۰۶**
تکرار × مکان	۶	۰/۰۹	۰/۰۳	۰/۵۶	۰/۳۵	۰/۴۲	۴/۵۲	۹۷/۵۹	۷/۱۷
گیاه	۳	۱۶/۸۱**	۴/۶۴**	۳۳/۵۶**	۶۷/۹۴**	۱۱/۹۲**	۱۹۴/۶۷**	۱۵۲۸/۱۵**	۳۰۶/۱۳**
گیاه × مکان	۶	۰/۸۲**	۰/۲۵**	۰/۳۳*	۴/۸۵**	۰/۳۶**	۸/۰۹*	۶۷/۰۲*	۱۰*
خطا a	۱۸	۰/۰۶**	۰/۰۶	۰/۱۲	۰/۴۱	۰/۱۱	۳/۱۸	۱۸/۲۴	۳/۲۶
مزرعه	۲	۲۸/۷۲**	۴۳/۰۲**	۷۷۴/۲۰**	۸۷۶/۱۴**	۳۴۹/۸۹۶**	۳۹۹۷/۹۶**	۱۹۴۴۷/۳۴**	۳۹۴۴/۴۳**
مکان × مزرعه	۴	۳/۲۴**	۵/۱۴**	۲۸/۱۳**	۷۸/۴۸**	۱۷/۲۲**	۱۸/۷۵*	۳۶۸۵/۱۷**	۲۵۵/۸۵**
گیاه × مزرعه	۶	۰/۱۸*	۰/۲۵**	۱/۸۹**	۴/۹۳**	/۳۶**	۲۳/۴۲**	۱۱۲/۸۹**	۲۹/۰۳**
مکان × گیاه × مزرعه	۱۲	۰/۱۸**	۰/۱۱**	۰/۱۶^{ns}	۰/۷۱^{ns}	۰/۲۵^{ns}	۲/۷۰^{ns}	۶۰/۴۳**	۱۵/۷۸**
خطا b	۴۸	۰/۰۶	۰/۰۵	۰/۲۲	۰/۴۲	۰/۱۳	۶/۰۱	۱۴/۵	۳/۵۸
ضریب تغییرات (٪)		۵/۸۸	۵/۳۳	۴/۸۰	۵/۵۶	۳/۷۶	۸/۳۰	۶/۷۱	۶/۵۱

ns، *و** به‌ترتیب نشان‌دهنده عدم تفاوت معنی‌داری، تفاوت در سطح پنج درصد و تفاوت در سطح یک درصد است.



شکل ۱. مقایسه میانگین حد مجاز و غلظت عناصر سنگین قابل جذب ریزوسفر خاک سبزی‌های مختلف در شهرستان‌های مختلف با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد الف) کادمیم، ب) سرب، ج) روی و د) مس

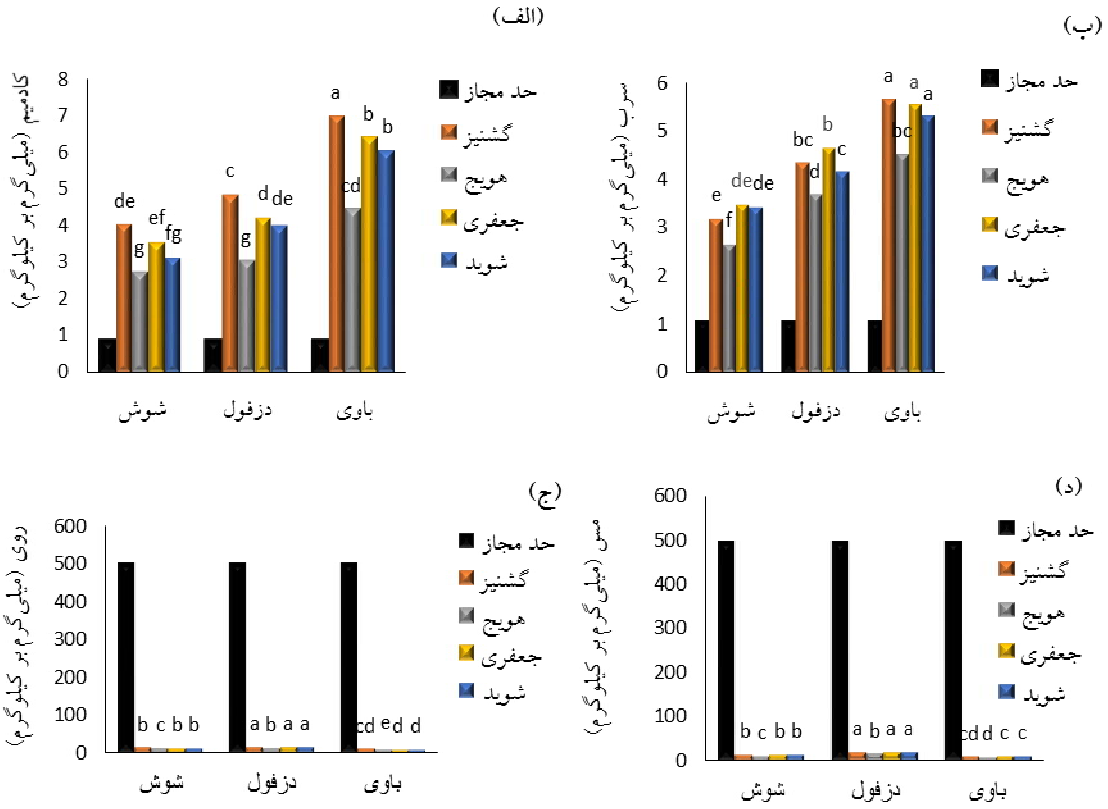
حداقل یک حرف مشترک بیانگر عدم تفاوت معنی‌دار در سطح پنج درصد آزمون LSD است

برداشت شده خاک ریزوسفر مزارع آلوده به نفت سفید نسبت به نمونه شاهد بیشتر بود (شکل ۱).

متوسط غلظت کادمیم و سرب خاک ریزوسفر مزارع شاهد در شهرستان‌های شوش، دزفول و باوی به‌ترتیب ۱/۸–۱/۴، ۱/۶–۱/۳۵، ۱/۶–۱/۲۸ و ۲/۱۸–۱/۵، ۱/۸۶–۱/۶۲، ۱/۶–۱/۸ برابر کمتر از مزارع آلوده بود (شکل ۱– الف و ب). همچنین نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که میانگین غلظت روی و مس سبزی‌ها مزارع شاهد در شهرستان‌های شوش، دزفول و باوی به‌ترتیب ۲/۸–۲/۵، ۲/۸۴–۲/۴۶، ۳/۲۹– ۲/۳۵ و ۲/۵۰–۱/۹۹، ۲/۷۸–۲/۴۷، ۲/۵۱– ۲/۰۷ برابر کمتر از مزارع آلوده بود (شکل۱– ج و د).

مقدار غلظت عناصر سنگین خاک ریزوسفر سبزی‌ها در شهرستان‌های مختلف

میانگین میزان غلظت عناصر سنگین کادمیم و سرب نمونه‌های برداشت شده خاک ریزوسفر سبزی‌ها گشنیز، هویج، جعفری و شوید در شهرستان باوی نسبت به شهرستان‌های دزفول و شوش بیشتر بود (شکل ۲– الف و ب). متوسط غلظت کادمیم در خاک ریزوسفر سبزی‌ها گشنیز، هویج، جعفری و شوید در شهرستان باوی به‌ترتیب ۶/۶۸، ۴/۴۴، ۶/۴۰ و ۶/۰۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم و در شهرستان‌های دزفول و شوش به‌ترتیب ۴/۵۸، ۳/۰۴، ۴/۲۰، ۰۱/ ۴ و ۴/۰۲، ۲/۷۳، ۳/۵۴، ۳/۱۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود (شکل ۲– الف) که نشان می‌دهد میانگین غلظت



شکل ۲. مقایسه میانگین حد مجاز و غلظت عناصر سنگین قابل جذب ریزوسفر خاک سبزی‌های مختلف در شهرستان‌های مختلف با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد الف) کادمیم ، ب) سرب، ج) روی و د) مس.
حداقل یک حرف مشترک بیانگر عدم تفاوت معنی دار در سطح پنج درصد آزمون LSD است

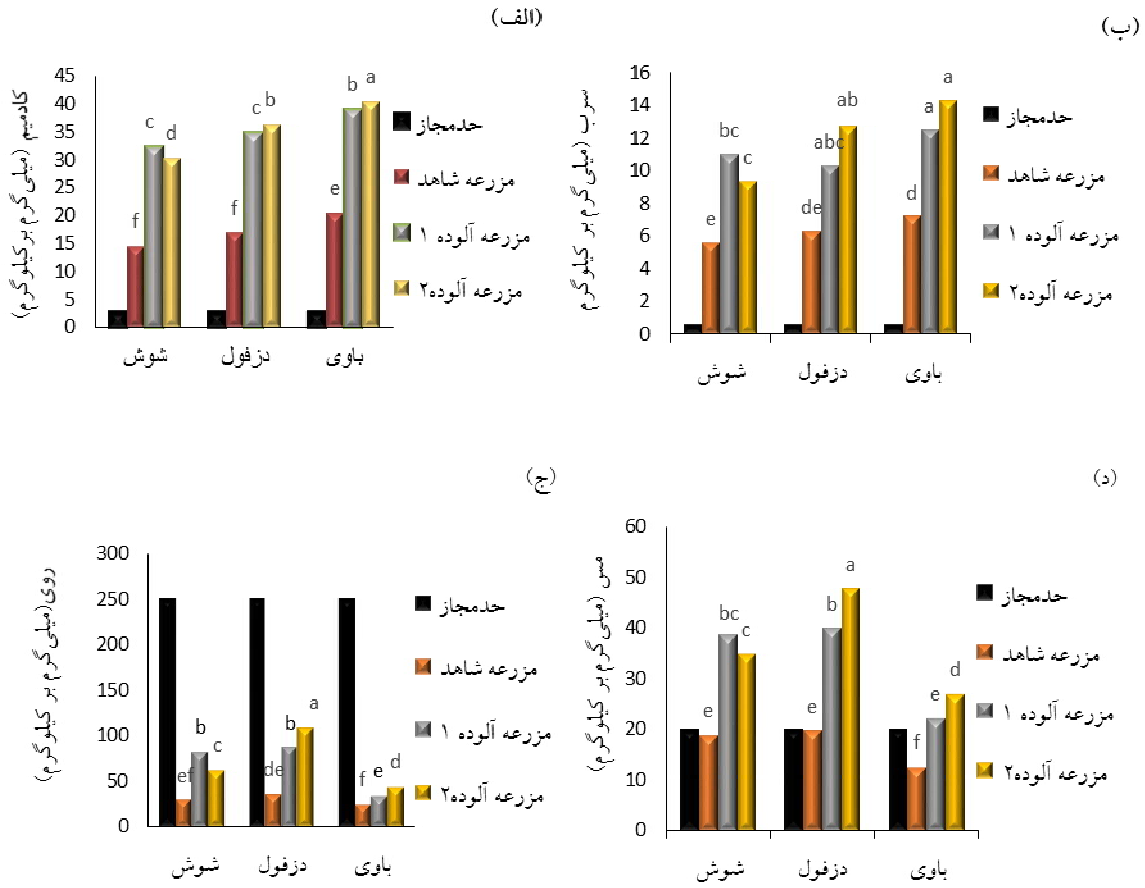
کادمیم نمونه‌های برداشت شده خاک ریزوسفر سبزی‌ها گشنیز، هویج، جعفری و شوید شهرستان باوی به‌ترتیب ۱/۴۵، ۱/۴۶، ۱/۵۲، ۱/۵۰ و ۱/۶۶، ۱/۶۲، ۱/۸۰، ۱/۹۲ برابر بیشتر از شهرستان‌های دزفول و شوش است. غلظت فلز کادمیوم در خاک مزارع آلوده بیش از حد استانداردهای پیشنهادی سازمان بهداشت جهانی (WHO) و سازمان غذا و کشاورزی سازمان ملل متحد (FAO) است. همچنین متوسط غلظت سرب در خاک ریزوسفر سبزی‌ها گشنیز، هویج، جعفری و شوید در شهرستان باوی به‌ترتیب ۵/۶۰، ۴/۵۱، ۵/۵۳ و ۵/۲۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم و در شهرستان‌های دزفول و شوش به‌ترتیب ۴/۳۳، ۳/۶۷، ۴/۶۴، ۴/۱۵ و ۳/۱۸، ۲/۶۴، ۳/۴۷، ۳/۴۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود (شکل ۲- ب). که نشان می‌دهد میانگین غلظت سرب نمونه‌های برداشت شده خاک ریزوسفر سبزی‌ها گشنیز، هویج، جعفری و شوید شهرستان باوی به‌ترتیب ۱/۲۹، ۱/۲۲، ۱/۱۹، ۱/۲۷ و ۱/۷۶، ۱/۷۰، ۱/۵۹، ۱/۵۴ برابر بیشتر از شهرستان‌های دزفول و شوش است. غلظت فلز سرب در خاک مزارع شاهد و آلوده بیش از استانداردهای پیشنهادی سازمان بهداشت جهانی و سازمان غذا و کشاورزی سازمان ملل متحد است. براساس نتایج به‌دست آمده (شکل ۲- ج و د) میانگین میزان غلظت عناصر ریز مغذی روی و مس خاک ریزوسفر سبزی‌های گشنیز، هویج، جعفری و شوید در شهرستان دزفول نسبت به شهرستان‌های شوش و باوی بیشتر بود. متوسط غلظت روی در خاک

جدول ۳ . مقایسه حد مجاز عناصر سنگین در سبزی‌ها و میزان عناصر سنگین در سبزی‌ها مزارع شاهد و آلوده به نفت سفید

عناصر سنگین	حد مجاز(ppm) WHO/FAO	سبزی‌های بدون آلودگی نفت سفید (ppm)	سبزی‌های آلوده به نفت سفید (ppm)
کادمیم	۰/۲-۰/۸	۷ -۵	۹-۱۴
سرب	۰/۱-۱۰	۱۴-۲۰	۳۰-۴۰
روی	۱۰۰-۴۰۰	۲۴-۳۵/۵	۳۴-۱۰۹
مس	۲۰	۱۲-۱۹/۵	۲۲-۴۷

ریزوسفر سبزی‌های گشنیز، هویج، جعفری و شوید در شهرستان دزفول به‌ترتیب، ۱۳/۳۸، ۱۰/۳۲، ۱۲/۶۵ و ۱۲/۴۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم و در شهرستان‌های شوش و باوی به‌ترتیب ۱۱/۲۳، ۸/۹۹، ۱۰/۸۷، ۱۰/۴۲ و ۸/۱۹، ۵/۷۲، ۷/۶۴، ۷/۳۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود (شکل ۲- ج) که نشان می‌دهد میانگین غلظت روی نمونه‌های برداشت شده خاک ریزوسفر سبزی‌های گشنیز، هویج، جعفری و شوید شهرستان دزفول به‌ترتیب ۱/۱۹، ۱/۱۴، ۱/۱۷، ۱/۱۹ و ۱/۶۳، ۱/۸۰، ۱/۶۵، ۱/۶۹ برابر بیشتر از شهرستان‌های شوش و باوی است. متوسط غلظت مس در خاک ریزوسفر سبزی‌های گشنیز، هویج، جعفری و شوید در شهرستان دزفول به‌ترتیب ۱۶/۹، ۱۲/۷۹، ۱/۳۱ و ۱۶/۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم و در شهرستان‌های شوش و باوی به‌ترتیب ۱۱/۵۶، ۸/۴۶، ۱۲/۱۲،۰۵/۵۷ و ۷/۸، ۶/۸۷، ۸/۸۹، ۸/۳۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود (شکل ۲- د). که نشان می‌دهد میانگین غلظت مس نمونه‌های برداشت شده خاک ریزوسفر سبزی‌های گشنیز، هویج، جعفری و شوید شهرستان دزفول به‌ترتیب ۱/۴۶، ۱/۵۱، ۱/۳۷، ۱/۳۹ و ۲/۱۶، ۱/۸۶، ۱/۹۴، ۲/۰۱ برابر بیشتر از شهرستان‌های شوش و باوی است. اما غلظت روی و مس در خاک های مزارع شاهد و آلوده در حد مجاز استانداردهای پیشنهادی سازمان بهداشت جهانی و سازمان غذا و کشاورزی سازمان ملل متحد است. نفت خام ترکیبی پیچیده از هزاران ترکیب هیدروکربنی و غیر هیدروکربنی از جمله فلزات سنگین است (۴). نتایج مذکور نشان می‌دهد استفاده از نفت سفید به‌عنوان علف‌کش باعث افزایش میزان غلظت کادمیم، سرب، روی و مس قابل جذب در خاک شد. خاک‌های آلوده به نفت سفید نسبت به خاک‌های غیرآلوده حاوی مقدار بیشتری از فلزات سنگین هستند. این بدان معنی است که خاک نگهدارنده فلزات سنگین موجود در مواد نفتی است، که این رفتار ناشی از مکانیسم‌های خاص مانند کلاته‌شدن و جذب توسط خاک حاصل می‌شود. همچنین گزارش شده که رابطه بین اتصال آلاینده‌ها و سطوح خاک به علت نیروی جذب سطحی است. فلزات سنگین با بار مثبت از طریق جذب الکترواستاتیکی جذب سطوح ذرات رس خاک با بار منفی می‌شوند (۱۳). فلزات سنگین موجود در نفت خام بستگی به ساختار زمین شناسی مکانی دارد که نفت در آن تشکیل می‌شود. برخی از فلزات موجود در نفت به‌عنوان یک شاخص از فلزت موجود در سنگ منشأ است و این فلزات سنگین ممکن است نقش مهمی به‌عنوان کاتالیزور تبدیل مواد آلی به نفت ایفا کنند (۷). آلودگی هیدروکربن‌های نفتی باعث تغییر خواص فیزیکی، میکروبیولوژیکی و شیمیایی خاک می‌شود، که منجر به ساخت عناصر ضروری (کربن آلی، فسفر، کلسیم و منیزیم) و غیر ضروری (سرب، روی، آهن، کبالت و مس) در خاک و انتقال آنها به بافت‌های گیاهی می‌شود. این عوامل بستگی به شرایط محیطی و نوع ترکیبات محلول در خاک دارد (۱۳).

طبق حد استاندارد (جدول ۳) در خاک مزارع آلوده به نفت سفید، میزان کادمیم و سرب بیشتر از حد مجاز بوده ولی عناصر روی، مس در مزارع کمتر از حد مجاز بود. نتایج این

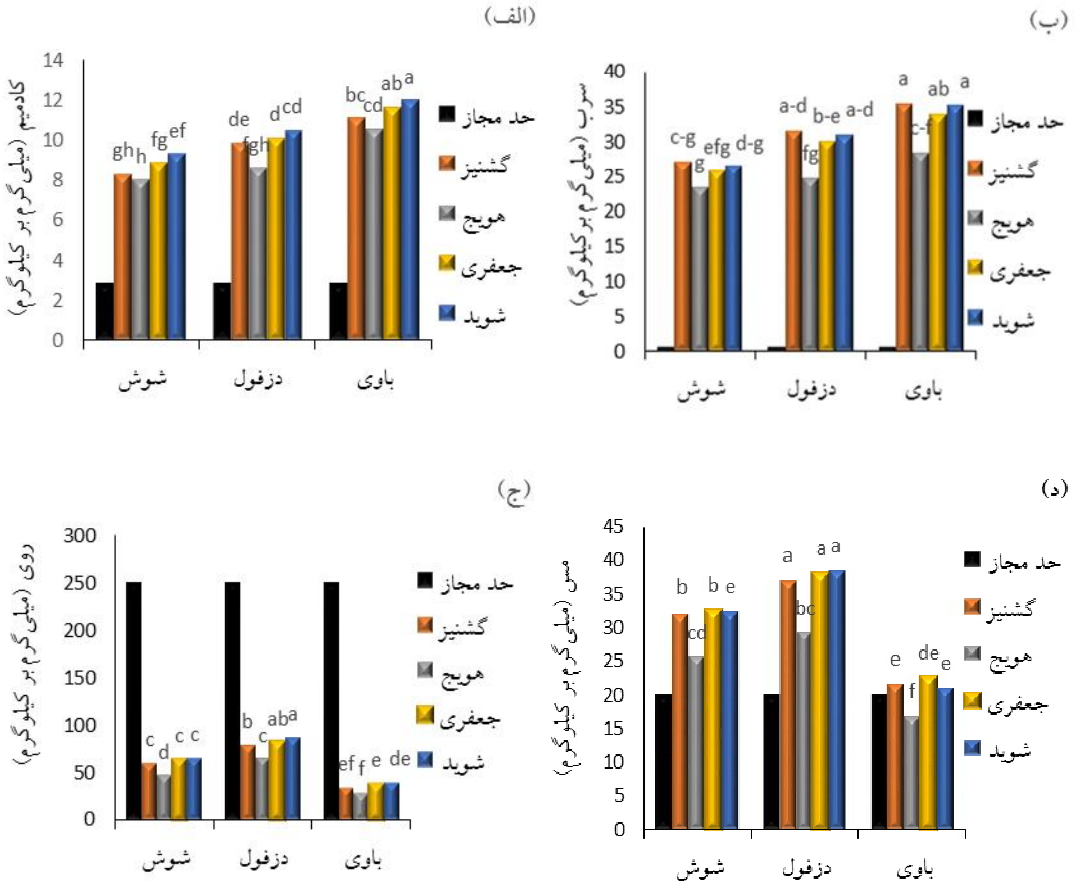


شکل ۳. مقایسه میانگین حد مجاز و غلظت عناصر سنگین قابل جذب در سبزی‌های مختلف در شهرستان‌های مختلف با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد الف) کادمیم، ب) سرب، ج) روی و د) مس
حداقل یک حرف مشترک بیانگر عدم تفاوت معنی‌دار در سطح پنج درصد آزمون LSD است

پژوهش با مطالعه شامیان و همکاران (۱۵) مطابقت ندارد. آنها به این نتیجه رسیدند که میزان غلظت فلزات سنگین در خاک‌هایی که برای سالیان متمادی به نفت سفیدآلوده بودند، در مقایسه با خاک فاقد آلودگی، میزان کادمیم کمتر از حد مجاز بوده، ولی عناصر سرب، روی، مس بیشتر از حد مجاز بود. درحالی‌که کادمیم، مس، روی و سرب در خاک غیر آلوده در حد مجاز بود. افزایش غلظت فلزات سنگین در خاک آلوده به نفت سفید به‌میزان فلزات سنگین موجود در نفت حاصل شده از فرآورده‌های نفتی بستگی دارد (۱۳). خاک‌های آلوده به نفت نسبت به خاک‌های غیر آلوده حاوی مقدار بیشتری از فلزات سنگین هستند. در خاک با آلودگی نفتی به‌ترتیب صفر، یک و سه درصد، میزان کادمیم خاک، ۰/۵۹، ۲/۱۴ و ۴/۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم بوده است (۲).

مقدار غلظت عناصر سنگین سبزی‌ها در شهرستان‌های مختلف

میانگین غلظت کادمیم، سرب، روی و مس در نمونه‌های گیاهی مزارع آلوده به نفت سفید نسبت به نمونه شاهد بیشتر بود (شکل ۳). در شهرستان‌های شوش، دزفول و باوی متوسط غلظت کادمیم و سرب سبزی‌های مزارع شاهد به‌ترتیب ۲- ۱/۶،



شکل ۴. مقایسه میانگین حد مجاز و غلظت عناصر سنگین قابل جذب در سبزی‌های مختلف در شهرستان‌های مختلف با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد الف) کادمیم، ب) سرب، ج) روی، د) مس

حداقل یک حرف مشترک بیانگر عدم تفاوت معنی‌دار در سطح ۵ درصد آزمون LSD است.

۲- ۱/۶، ۱/۹- ۱/۷ و ۲/۷-۲، ۲، ۱/۹ برابر کمتر از مزارع آلوده بود (شکل ۳- الف وب). همچنین نتایج به‌دست آمده نشان می‌دهد که در شهرستان‌های شوش، دزفول و باوی میانگین غلظت روی و مس سبزی‌های مزارع شاهد به‌ترتیب ۲/۷- ۲/۱، ۳-۲/۴، ۱/۵ و ۲-۱/۸، ۲/۴-۲، ۲/۱-۱/۷ برابر کمتر از مزارع آلوده بود (شکل ۳- ج و د).

تأثیر میزان نفت سفید بر مقدار غلظت عناصر سنگین در سبزی‌ها

میانگین میزان غلظت عناصر سنگین کادمیم و سرب نمونه‌های برداشت شده سبزی‌های گشنیز، هویج، جعفری و شوید در شهرستان باوی نسبت به شهرستان‌های دزفول و شوش بیشتر بود (شکل ۴). متوسط غلظت کادمیم در سبزی‌های گشنیز، هویج، جعفری و شوید در شهرستان باوی به‌ترتیب ۱۱/۰۹، ۱۰/۵۲، ۱۱/۵۶ و ۱۱/۹۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم و در شهرستان‌های دزفول و شوش به‌ترتیب ۹/۸۱، ۸/۵۸، ۱۰/۰۹، ۱۰/۴۷ و ۸/۳۰، ۸/۰۱، ۸/۸۴، ۹/۲۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود (شکل ۴- الف). که نشان می‌دهد میانگین غلظت کادمیم نمونه‌های برداشت شده سبزی‌های گشنیز، هویج، جعفری و شوید شهرستان باوی به‌ترتیب ۱/۱۳، ۱/۲۲، ۱/۱۴، ۱/۱۴ و ۱/۳۳، ۱/۳۱، ۱/۳۰، ۱/۲۹ برابر بیشتر از شهرستان‌های دزفول و شوش است. همچنین متوسط غلظت سرب در سبزی‌های

گشنیز، هویج، جعفری و شوید در شهرستان باوی به‌ترتیب ۳۵/۵۳، ۲۸/۵۰، ۳۴/۱۰ و ۳۵/۳۰ گرم بر کیلوگرم در شهرستان‌های دزفول ۳۱/۶۷، ۲۴/۸۳، ۳۰/۲۱، ۳۱/۱۴ و در شهرستان شوش ۲۷/۲۶، ۲۳/۵۴، ۲۵/۸۷، ۲۶/۶۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود (شکل ۴- ب). که نشان می‌دهد میانگین غلظت سرب نمونه‌های برداشت شده سبزی‌های گشنیز، هویج، جعفری و شوید شهرستان باوی به‌ترتیب ۱/۱۲، ۱/۱۴، ۱/۱۲، ۱/۱۳ و ۱/۳۰، ۱/۲۱، ۱/۳۱، ۱/۳۲ برابر بیشتر از شهرستان‌های دزفول و شوش است. این مطلب به‌وضوح در مورد کادمیم و سرب نیز صادق است و نشان‌دهنده زیاد بودن غلظت این دو فلز در گیاه بیش از استانداردهای پیشنهادی سازمان بهداشت جهانی و سازمان غذا و کشاورزی سازمان ملل متحد است. متوسط غلظت روی در سبزی‌های گشنبز، هویج، جعفری و شوید در شهرستان دزفول به‌ترتیب ۷۸/۱۱، ۶۳/۷۷، ۸۱/۵۵ و ۸۶/۳۳ و در شهرستان شوش و باوی به‌ترتیب ۵۸/۸۸، ۴۶/۴۴، ۶۲/۷۷، ۶۴/۸۸ و ۳۳/۳۳، ۲۸/۴۴، ۳۷، ۳۹/۲۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود (شکل ۴- ج) که نشان می‌دهد میانگین غلظت روی نمونه‌های برداشت شده سبزی‌های گشنیز، هویج، جعفری و شوید شهرستان دزفول به‌ترتیب ۱/۳۲، ۰/۷۹، ۱/۲۹، ۱/۳۳و ۲/۳۴، ۲/۲۴، ۲/۲۰، ۲/۵۳ برابر بیشتر از شهرستان‌های شوش و باوی است. غلظت فلز روی در گیاه در حد استانداردهای پیشنهادی سازمان بهداشت جهانی و سازمان غذا و کشاورزی سازمان ملل متحد است. متوسط غلظت مس در سبزی‌های گشنیز، هویج، جعفری و شوید در شهرستان دزفول به‌ترتیب ۳۶/۹۷، ۲۹/۳۸، ۳۸/۱۶ و ۳۸/۵۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم، در شهرستان شوش به‌ترتیب ۳۲/۱۵، ۲۵/۷۶، ۳۲/۷۶، ۳۲/۴۹ و در شهرستان باوی به‌ترتیب ۱۱/۰۹، ۱۰/۵۲، ۱۱/۵۶، ۱۱/۹۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود (شکل ۴- د)، که نشان می‌دهد میانگین غلظت مس نمونه‌های برداشت شده سبزی‌های گشنیز، هویج، جعفری و شوید شهرستان دزفول به‌ترتیب ۱/۱۴، ۱/۱۴، ۱/۱۶، ۱/۱۸ و ۱/۷۱، ۱/۷۳، ۱/۶۷، ۱/۸۳ برابر بیشتر از شهرستان‌های شوش و باوی است. افزایش غلظت فلز مس در گیاهان مزارع آلوده بیش از استانداردهای پیشنهادی سازمان بهداشت جهانی و سازمان غذا و کشاورزی سازمان ملل متحد است. افزایش غلظت نفت مقدار فلزات سنگین را در خاک افزایش می‌هد. نتایج به‌دست آمده نشان می‌دهد با افزایش میزان نفت سفید میزان غلظت عناصر سنگین قابل جذب در خاک افزایش یافته و به تبع آن گیاه مقدار زیادتری از آن عنصر را جذب نموده است. یافته‌های این پژوهش با مطالعات خداویسی (۱) مطابقت دارد. خداویسی نشان داد که افزایش میزان مصرف نفت سفید از دو به ۱۰ میلی‌گرم در کیلوگرم در سبزی‌ها هویج، گشنیز و جعفری میزان غلظت عناصر سنگین کادمیم و سرب به‌ترتیب ۶/۱۸، ۱/۹۹، ۴۷/۵ و ۵/۰۳، ۱/۵۶، ۴/۹۴ برابر و عناصر روی و مس ۳/۶۵، ۱/۹۲، ۴/۳۲ و ۵/۳۸، ۱/۷، ۴/۸۵ افزایش یافت (۱). زکوی در پژوهش دیگر به این نتیجه رسید که حضور قارچ میکوریزا در کشت سبزی‌هایی مانند هویج، گشنیز و جعفری در خاک‌های آلوده به نفت سفید (دو به ۱۲ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک) باعث کاهش میزان غلظت عناصر سنگین کادمیم و سرب به‌ترتیب ۴/۲۵ و ۲/۴۳ میلی‌گرم در کیلوگرم و ۳۵/۴۱ و ۹/۳۴ برابر و باعث افزایش غلظت عناصر روی و مس ۲۲/۹۹ و ۵/۴۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم و ۲/۸۹ و ۱۶ برابر می‌شود (۳). استفاده از نفت خام با غلظت‌های (صفر، ۲/۰۷، ۴/۱۵، ۶/۲۳ و ۸/۳۰ درصد وزنی) بر روی نهال رشد یافته *Albida Gambaya* در نهالستان دانشگاه ایالتی دلتا، پردیس نیجریه نشان داد که آلودگی نفت خام در خاک (در سطح پنج درصد) باعث از افزایش قابل توجه، فلزات سنگین، سرب، کروم، وانادیم، روی و کادمیم، در گیاه شده است (۶). تفاوت در افزایش میزان انباشت عناصر سنگین سرب و کادمیم در خاک و گیاه مزارع سبزی‌های شهرستان باوی نسبت به شهرستان‌های شوش و دزفول می‌تواند مربوط به شدت جذب عناصر سنگین از خاک و یا جذب از شاخ و برگ گیاه باشد. جذب از خاک بستگی به ویژگی‌های خواص فیزیکی، شیمیایی خاک (pH، موادآلی، مواد مغذی، رطوبت و غیره) دارد همچنین تجمع فلزات سنگین در گیاه، به‌میزان غلظت آلاینده‌های اتمسفری، شرایط آب‌وهوایی، سن

گیاه و سطح برگ گیاه نیز بستگی دارد. زیاد بودن شوری خاک در شهرستان باوی دسترسی زیستی کادمیم، در خاک‌های آلوده به فلزات سنگین را افزایش می‌دهد و بر جذب و تجمع کادمیم به‌وسیله گیاهان تأثیر می‌گذارد. نتایج مشابهی در رابطه با افزایش غلظت کادمیم در محلول خاک، ساقه‌های گندم و برگ‌های چغندر سویسی و جذب آن با افزایش غلظت کلر در محلول خاک‌های اصلاح شده با جامد زیستی گزارش شد (۵). عواملی مانند حمل‌ونقل، سوخت‌های فسیلی، کشاورزی و دیگر فعالیت‌های انسانی باعث افزودن فلزات سنگین به محیط‌زیست می‌شود. آلودگی سرب در مقیاس کم توسط گازهای صنعتی و در مقیاس بزرگ‌تر توسط تولید گازهای گلخانه‌ای از جمله وسایل نقلیه موتوری با استفاده از بنزین سرب‌دار ایجاد می‌شود. در سال‌های اخیر تحقیات نشان داد افزایش سطح سرب در خاک و پوشش گیاهی، به‌طور قابل توجهی به آلودگی ترافیک با استفاده از بنزین سرب‌دار و احتراق خروجی از اگزوز بستگی دارد که این نتایج با یافته‌های حاصل از افزایش غلظت عنصر سرب در شهرستان باوی به‌دلیل نزدیک بودن مزارع کشت سبزی‌ها به اتوبان مشابهت دارد (۸). حضور نیروگاه‌های حرارتی در محدوده شهرها تا حد زیادی می‌تواند باعث تشدید وضعیت آلودگی خاک و مزارع واقع در جهت مسیر باد شود. حضور نیروگاه حرارتی در محدوده شهرستان باوی تشدید کننده آلودگی به فلزات سنگین مانند کادمیم و سرب در گیاهان و خاک موجود در این شهرستان است. اوسمان و همکاران (۱۷) گزارش کردند که شوری بر جذب روی و مس تأثیری نداشت ولی فراهمی کادمیم و سرب در گندم را افزایش داد که به علت افزایش غلظت کل کادمیم و سرب در محلول خاک و تمایل بیشتر این دو عنصر به تشکیل کمپلکس با کلر بود. در مورد دو عنصر روی و مس افزایش شوری در شهرستان باوی تأثیر معنی‌داری بر غلظت و مقدار جذب شده نداشت.

نتیجه‌گیری

بررسی غلظت عناصر سنگین در خاک ریزوسفر و بخش خوراکی سبزی‌های گشنیز، هویج، جعفری و شوید مزارع آلوده به نفت سفید در مزارع شهرستان‌های مختلف استان خوزستان نشان می‌دهد، غلظت کادمیم قابل جذب خاک و کادمیم، سرب و مس بخش خوراکی سبزی‌ها بیش از حد مجاز است. میزان غلظت عناصر سنگین کادمیم و سرب در شهرستان باوی بیش از دزفول و شوش است که به وجود منابع آلاینده این عناصر در این منطقه اشاره دارد، اما میزان عناصر روی و مس در شهرستان دزفول بیش از دو شهرستان دیگر است. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد استفاده از نفت سفید به‌عنوان علف‌کش باعث افزایش میزان غلظت عناصر سنگین خاک و سبزی‌ها می‌شود و خطر انتقال آلاینده‌های مذکور به زنجیره غذایی در استان خوزستان را نمایان می‌کند. در پایان توصیه می‌شود خطر انتقال آلاینده‌های آلی به زنجیره غذایی از طریق افزودن نفت سفید در این مزارع نیز بررسی شود.

منابع مورد استفاده

۱. .خداویسی، و. ۱۳۹۱.تأثیر آلودگی خاک به نفت سفید بر خصوصیات فیزیولوژیک و رشد برخی سبزی‌ها. پایانامه دوره کارشناسی ارشد دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان.

۲. .رئیسی اردلی، ط.، چرم، م. و ب. علیزاده. ۱۳۹۱. پالایش کادمیم از خاک آلوده به نفت به‌وسیله کمپوست نیشکر. ششمین همایش ملی و اولین همایش بین‌المللی مدیریت پسماند، سازمان شهرداری‌ها و دهداری‌های کشور، مشهد.

۳. .زکوی، ن. ۱۳۹۳. اثر کلونیزاسیون بر رشد و جذب برخی عناصر توسط هویج، گشنیز و جعفری در غلظت‌های مختلف نفت سفید. پایانامه دوره کارشناسی ارشد دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان.

۴. .عسکری، م.، م. نوری، ف. بیگی و ف. امینی. ۱۳۹۰. ارزیابی گیاه‌پالایی اقاقیا در خاک‌های آلوده به نفت خام با تأکید بر برخی

فلزات سنگین، مجله سلول و بافت (علمی – پژوهشی) ۲: ۴۴۲-۴۳۵.

۵. .فلاحتی مرودست، ع.، ع. حسین‌پور و س. ح. طباطبایی. ۱۳۹۲. اثر شوری و لجن فاضلاب بر فراهمی و جذب فلزات سنگین توسط جو، نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی) ۲۷: ۹۹۷-۹۸۵.

6. Agbogidi, O. M. and E. M. Ilondu. 2012. Heavy metal contents of gambaya albida (Linn.) seedlings grown bin soil contaminated with crude oil. J. of bio. and Chem. Res. 29: 320- 325.
7. Akpoveta, O. V., F. Egharevba and O. W. Medjor. 2011. A pilot study on the hydrocarbon and its kinetics on kerosene simulated soil, Int. J. of Environ. Sci. 2: 54-67.
8. Çelik, A., A. A. Kartal, A. Akdoğan and Y. Kaska. 2005. Determining the heavy metal pollution in Denizli (Turkey) by using Robinio pseudo-acacia L. J. Environ. Int. 31: 105- 112.
9. Gilyazov, M. U. and I. A. Gaisin. 2003. The agroecological characteristic and recultivation ways of the petropolluted chernozems of Tatarstan Republic. Phen Press, Kazan.
10. Khillare, P. S., D. S. Jyethi and S. Sarkar. 2012. Health risk assessment of polycyclic aromatic hydrocarbons and heavy metals via dietary intake of vegetables grown in the vicinity of thermal power plants. J. Food and Chem. Toxic. 50: 1642–1652.
11. Lindsay, W. L. and W. A. Norvell. 1978. Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese, and copper. J. Am. Soil Sci. Soc. 42: 421-428.
12. Newman, L. A. and C. M. Reynolds. 2004. Phytodegradation of organic compounds. Curr. Opin. Biotechnol. 15: 30- 225.
13. Okonokhua, B. O., B. Ikhajiagbe, G. O. Anoliefo and T. O. J. Emede. 2007. The effects of spent engine oil on soil properties and growth of maize (*Zea mays* L.). J. Appl. Sci. Environ. Manage. 11: 147 – 152.
14. Salanitro, J. P. 2001. Bioremediation of PHCs in soil. Adv. Agron. 72: 53-105.
15. Shamiyan, R. K., K. J. I. Nirmal, N. K. Rita and G. P. Jignasha. 2013. An assessment of physicochemical properties, heavy metal enrichment and fungal characterization of refined kerosene impacted soil in an and Gujarat, India. Inter. J. Environ. 2: 174-164.
16. Sharonova, N. and I. Breus. 2012. Tolerance of cultivated and wild plants of different taxonomy to soil contamination by kerosene. J. Sci. of the Total Environ. 424: 121-129.
17. Usman A. R. A., Y. Kuzyakov and L. A. Stahrk. 2005. Effect of immobilizing substances and salinity on heavy metals availability to wheat grown on sewage sludge-contaminated soil. J. Soil and Sediment Contaminat. 14: 329- 344.

J. Water and Soil Sci. (Sci. & Technol. Agric. & Natur. Resour.)
Vol. 22, No. 1, Spiring 2018, Isf. Univ. Technol., Isf., Iran.

The Effects of Kerosene Usage on Heavy Metals Uptake by some Vegetables in Khuzestan Province

Z. Sorkheh and B. Khalilimoghaddam[1*]

(Received: Jan. 17-2016; Accepted: May 15-2017)

Abstract

The purpose of this research was to study the effects kerosene by a factorial experiment in the nested design in three replications. The factors included region (Shush, Dezful and Bavi), plant (parsley, dill, coriander and carrot), and management practice (control, contaminated field with kerosene 1, contaminated field with kerosene 2). Heavy metals concentration (Pb, Zn, Cu and Cd) was measured in soil (DTPA extraction method) and plants samples. The results indicated that the average values of the heavy metals concentration in both soil and plants samples subjected to kerosene contaminated treatments were greater than those of the control treatment in all of the regions. The Bavi region had the highest Cd (14.29 in soil; 11.9 in Dill) and Pb (40.46 in soil; 35.53 in Coriander) and the lowest Zn (34.75 in soil ; 28.44 in Carrot) and Cu(22.30 in soil; 16.96 in Carrot) concentration values in both soil and plants subjected to kerosene contaminated treatments. Also, the lowest concentration values of Cd (9.33 in soil; 8.01 in Carrot) and Pb (30.36 in soil; 23.54 in Carrot) and the highest values of Zn (109.08 in soil; 86.33 in Dill) and Cu (47.71 in soil; 38.57 in Dill) were recorded in Shush and Dezful regions, respectively. Based on these findings, kerosene usage could lead to a significant increase in the heavy metals (Cd, Cu and Pb) uptake, exceeding the critical level for the vegetables. This might increase the transformation risk of the mentioned heavy metals in the food chain

Keywords: Kerosene, Heavy metals, Weeds, Vegetables, Khuzestan.

1. Dept. of Soil Sci., Ramin Agric. and Natural Resour. Univ. of Khuzestan, Ahvaz, Iran.
*: Corresponding Author, moghaddam623@yahoo.ie