

بررسی فلزات سنگین سرب، کادمیوم و آرسنیک در برگ و میوه درختان زیتون مناطق صنعتی و حاشیه بزرگراه‌های اصفهان اکبر گندمکار^۱، حمیدرضا رحمانی^{۲*}، بهمن زمانی کبرآبادی^۳

۱ و ۲* - اعضای هیات علمی بخش تحقیقات خاک و آب مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اصفهان، ایران.

۳- دکترای جنگل شناسی و اکولوژی جنگل، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

*ایمیل نویسنده مسئول : rahmani.hrhr@gmail.com

تاریخ دریافت: ۹۹/۰۲/۳۰ تاریخ پذیرش: ۹۹/۰۴/۲۴

چکیده

درخت زیتون بواسطه همیشه سبز بودن در مناطق صنعتی و شهری بعنوان فضای سبز کشت گردیده است. از این رو احتمال آلودگی میوه زیتون به عناصر سنگین وجود دارد. جهت بررسی وضعیت آلودگی درختان زیتون، مناطق معدن سرب و روی باما، معدن آهنک، حاشیه فولادشهر، پالایشگاه اصفهان، و حاشیه بزرگراه های پرتردد اصفهان انتخاب و از خاک، آب آبیاری، برگ و میوه درختان زیتون نمونه برداری صورت گرفت. نمونه های برگ و میوه از درختان سالم با سن و وارسته یکسان انتخاب و برداشت شد و میزان سرب، کادمیوم و آرسنیک برگ و میوه زیتون در حد تشخیص دستگاه اتمیک اندازه گیری گردید. مابین عناصر سنگین تنها کادمیوم در گوشت میوه ردیابی گردید، که می تواند بدلیل پویایی این عنصر و پتانسیل بالای آن جهت آلوده سازی محصولات غذایی باشد، در تمامی مطالعات توجه به عنصر کادمیوم بایستی بصورت ویژه باشد، مطلب اخیر می تواند حاکی از آلودگی کمتر منابع آب، خاک و گیاه در مناطق با تردد وسایل نقلیه، صنایع و جمعیت بسیار کمتر باشد. به طور کلی می توان نتیجه گرفت جهت ایجاد فضای سبز در مناطق صنعتی، حاشیه راهها و معابر شهری از کاشت درختان زیتون و دیگر درختان مثمر که مصرف خوراکی دارند، خودداری شود.

کلمات کلیدی

"فلزات سنگین"، "میوه"، "زیتون"، "آرسنیک"، "کادمیوم"

Evaluation the Cd, Pb and As content in soil, water, leaves and fruit of olive trees at some of Esfahan industrial zones and highways Akbar Gandomkar¹, Hamid Reza Rahmani^{2*} and Bahman Zamani kebrabadi³

1, 2*. Soil and water Research Department, Isfahan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Isfahan, Iran.

3*. Ph.D Forestry and Forest Ecology, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University.

*Email Address: rahmani.hrhr@gmail.com

Abstract

Olive tree were planted in Esfahan some industrial zones and highways as green space. Therefore fruit pollution by heavy metals will be accrued. Soil, water, leaves and fruit were sampled. Sites were study located in Bama Pb and Zn mine, CaCO₃ mine, Fuladshahr city, Esfahan petroleum refinery, and some of Esfahan highway green space. Arsenic content of fruit and leaves did'nt measured by ATM (not in detect limitation). Only Cd observed in some fruit samples. In Kashan fruit samples did'nt measured any heavy metals. In all studies, attention to cadmium should be given special attention. The latter can indicate less pollution of water, soil and plant resources in areas with much less traffic, industry and population. In general, it can be concluded that in order to create green space in industrial areas, roadsides and urban thoroughfares, the planting of olive trees and other fruit trees that are edible should be avoided.

Keywords

"Heavy metals", "Fruit", "Olive tree", "cadmium", "arsenic"

معمولا در خاک های آلوده به این عناصر صورت می گیرد. آنزفا(۲۰۰۵) حد مجاز آرسنیک ۱ میلی گرم در کیلوگرم، کادمیم و سرب را ۰/۱ میلی گرم در کیلوگرم میوه در استرالیا و نیوزلند گزارش نمود. استاندارد ملی ایران میزان سرب و کادمیم میوه زیتون را به ترتیب ۱ و ۰/۰۵ میلی گرم در کیلوگرم بیان نمود. گونه های درختی همیشه سبز و بومی با نیاز آبی کم و مقاوم به آلودگی که برگ بزرگ، پوست زبر، تنه مستقیم و فرم زیبا دارند برای پالایش آلاینده های جوی مناسب به شمار می آیند (Kumar et al., 2013). همچنین گونه هایی که نسبت به مقدار بالای اسیدیت و قلیائیت، خشکی یا غرقاب بودن محیط مورد نظر مقاوم هستند و تولید زیتوده زیاد (Sarma, 2011) دارند نیز از مثال های گونه های مناسب برای گیاه پالایی محسوب می شوند. حدود ۷۵۰ گونه گیاهی آبی و خشکی زی جاذب مواد آلاینده شناسایی شده اند (Sarma, 2011). از میان گیاهان پهن برگ مناسب برای گیاه پالایی در نقاط مختلف دنیا مانند ایران می توان، به کرچک (*Ricinus communis L*) و استبرق (*Calotropis gigantean R. Br*) (Kumar et al., 2013) اشاره کرد. استفاده از گونه های خانواده صنوبر شامل جنس صنوبر (*Populus L*) و بید (*Salix L*) نیز در مناطقی که مشکل آب وجود نداشته باشد، مفید است. به طوری که صنوبرها برای پاکسازی محیط از گوگرد مورد استفاده قرار گرفته اند (Pilon-Smit, 2005). همچنین گونه زبان گنجشک (*Fraxinus excelsior L*) به عنوان درختی مناسب برای پالایش آلودگی در مناطق شهری مورد استفاده قرار گرفته است (Aksoy and Demirezen, 2006). عناصر فلزی سنگین بیشتر در برگ گیاهان تجمع پیدا می کنند (Subhashini and Swamy, 2013). در بررسی توان جذب کادمیم توسط گونه های جنس صنوبر و بید در محیط کشت آبی، سطح کل برگ گونه های صنوبر تحت تاثیر کادمیم به شدت کاهش می یابد، در حالی که سطح کل برگ برای برخی از هم گروه های (Clone) بید تحت تاثیر کادمیم تغییری نمی کند. همچنین تعداد انشعابات ریشه در گونه های بید در مقایسه با گونه های صنوبر در محیط آلوده به کادمیم نیز تغییر نمی یابد. از طرفی رشد طولی ریشه در برخی هم گروه های صنوبر و بید با کاهش همراه بوده است (Zacchini et al., 2009). سامانی مجد و همکاران به بررسی آلودگی خاک حاشیه خیابان های شهری به سرب و کادمیم پرداختند و دریافته اند که بین میانگین سرب و کادمیم در فاصله ۵۰ متری خیابان ها و مقادیر زمینه اختلاف معنی دار وجود دارد و این اختلاف مربوط به تاثیر عوامل ترافیکی و حمل و نقل بر آلودگی خاک حاشیه خیابان هاست (Samani Majd et al., 2007). در مطالعه خادم حقیقت که توزیع سرب در برگ های چنار مناطق مختلف تهران نسبت به مراکز تردد خودروها بررسی شد، نمونه برداری از میدان ها، خیابان های پر رفت و

فلزات سنگین به طور طبیعی در پوسته زمین وجود دارند و در اثر فعالیت هایی مانند معدن کاوی، صنعت، کشاورزی، ترافیک و... نیز آزاد شده و وارد چرخه حیات گیاهی و جانوری می شوند. فلزات سنگین سرب، روی و مس از طریق مصرف آفت کش ها در کشاورزی وارد گیاهان می شوند (FAO, 2015). سرب یکی از فلزات سنگین بسیار سمی است که از فاضلاب صنعتی یا هوا (Kumar et al., 2013) وارد محیط زیست شده و از طریق گیاهان وارد زنجیره غذایی انسان می شود. کادمیم زیاد در گیاهان سبب ایجاد مشکلاتی در رشد گیاه می شود که آسیب رساندن به اندام فتوسنتز کننده و کاهش مقدار کلروفیل، کاهش رشد و مرگ گیاه را به دنبال دارد. (Sarma, 2011). از طرفی دیگر، نشان داده شده که در برخی موارد وجود کادمیم زیاد در محیط رشد مانع جذب بعضی ترکیبات آهن در گیاهان می شود (Fodor et al., 2005). حداکثر مقدار مجاز سرب ۳ میلی گرم در کیلوگرم و برای کادمیم ۱/۵ میلی گرم در کیلوگرم است (Sharma and Prasad, 2010). حضور آرسنیک در خاک معمولا به دلیل استفاده از فرآورده های شیمیایی مانند علف کش ها، آفت کش ها و کودهای فسفاته می باشد و اگر خاک محل رشد گیاه از لحاظ لیتولوژی آرسنیک باشد در نمونه های گیاهی مقادیری از این فلز یافت می شود، هم چنین آرسنیک موجود در کود، غلظت باقی مانده بیش تری (به نسبت فلزاتی مانند کادمیم) در خاک را سبب می شود (Boudaghi et al., 2012; Sarpong et al., 2011). با گسترش مناطق صنعتی و تاثیر حمل و نقل در پیشبرد اهداف آن، آلودگی های مختلفی وارد محیط زیست می شود. برای کاهش این آلاینده ها روش های گوناگونی اجرا می شود که یکی از آنها، تکیه بر چرخه طبیعت و جنگلکاری در اطراف مناطق صنعتی است. جنگلکاری، گذشته از ذخیره کربن در اندام های هوایی و زمینی درختان، با بهبود ترسیب کربن و مواد آلی در لایه های زیرین خاک، در کاهش انتشار آلاینده هایی مانند فلزات سنگین نیز موثر است، بنابراین شناسایی گیاهان مقاوم به آلودگی اهمیت دارد. درختان به عنوان عناصر زنده در اکوسیستم، از طریق تنفس یا جذب از طریق ریشه و دیگر اعمال حیاتی، بخشی از مواد آلاینده را درون بافت های خود ذخیره می کنند و از تراکم و شدت آن ها در محیط می کاهند. با توجه به اینکه روشهای سنتی برداشت عناصر سنگین از خاک و آب بسیار پرهزینه و دشوار و اغلب ناموفق است، لزوم استفاده از گیاهان کاهش دهنده آلودگی خاک و آب روشن است. از طرفی با توجه به نیاز روز افزون جنگلکاری در ایران، لازم است که تحقیقی جامع بر روی گونه های پهن برگ همیشه سبز مثل زیتون و نقش این گیاه در جذب عناصر سنگین انجام شود. کاشت درختان زیتون به منظور ایجاد فضای سبز و تلطیف هوا در مناطق صنعتی و کارخانه های ذوب فلز و کاستن آلودگی هوا و خاک جایگاه ویژه ای پیدا کرده است. جذب عناصری نظیر کادمیم و آرسنیک توسط درخت زیتون

شش منطقه آلوده به فلزات سنگین شهر اصفهان (شامل: معدن سرب و روی بام، معدن آهک، پالایشگاه اصفهان، فولادشهر(نزدیک به کارخانه فولاد مبارکه و ذوب آهن اصفهان)، اتوبان و بزرگراه، و میدان تره بار اصفهان(نزدیک به اتوبان اصفهان-یزد و تردد زیاد کامیون) در شهر اصفهان انتخاب شدند. در هر منطقه، نمونه گیری ابتدا با استفاده از سامانه موقعیت یابی جهانی (GPS)، مختصات جغرافیایی نقطه مورد نظر ثبت شد (شکل ۱). در هر منطقه نمونه با سه تکرار انتخاب و از هر تکرار ۱۰ برگ و ۱۰ عدد میوه از درختان تقریباً هم سن و هم اندازه و از تمام قسمت های تاج پوشش برداشت شد. جهت اطمینان از هم سن بودن برگ ها، برگ هایی با طول ۱۰-۱۵ سانتی متر جمع آوری گردید. نمونه ها با آب مقطر شستشو و در آتون با دمای ۶۰ الی ۶۵ درجه سلیسیوس خشک و با آسیاب برقی پودر شدند. سپس یک گرم از نمونه های میوه را به صورت مجزا، داخل ظرف ۱۰۰ میلی لیتری ریخته و ۱۵ میلی لیتر از مخلوط سه اسید (اسیدنیتریک با درجه خلوص ۷۰ درصد، اسیدپرکلریدریک ۶۵ درصد و اسید سولفوریک ۷۰ درصد) به نسبت ۱:۱:۵ اضافه شد. آنگاه مخلوط ها در دمای ۸۰ درجه سلیسیوس هضم شده، تا محلول شفافی به دست آمد. محلول حاصله با استفاده از آب مقطر به حجم ۵۰ میلی لیتر رسانده شد و جهت اندازه گیری غلظت عناصر سنگین آماده گردید (۱۴). غلظت عناصر سنگین سرب، کادمیوم و آرسنیک در میوه و برگ تحت مطالعه، با استفاده از دستگاه ICP مدل پرکین المر (Optima 7300 DV) اندازه گیری گردید. غلظت عناصر سرب، کادمیوم و آرسنیک برحسب (mg/kg wet weight) (به جهت سهولت در مقایسه با استاندارد ملی و FAO/WHO) محاسبه گردید، در نهایت اعداد به دست آمده با توجه به میزان فلزات سنگین بر مختصات جغرافیایی نقاط نمونه برداری در سطح شهر اصفهان در نرم افزار اکسل جدول بندی شدند. همچنین مقدار اسیدیته خاک (pH) با استفاده از دستگاه pH متر، قابلیت هدایت الکتریکی (EC) با به کارگیری مخلوط ۱:۵:۵ خاک و آب مقطر با استفاده از دستگاه ECسنج (روآدس، ۱۹۸۲)، ماده آلی به روش (والکلی-پلاک، ۱۹۳۴)، نیتروژن کل به روش کجمدال (برمنر، ۱۹۹۶) و فسفر قابل جذب به روش اولسن (اولسن و همکاران، ۱۹۵۴) و پتاسیم قابل جذب به روش استات آمونیوم نرمال (هلمک و اسپارک، ۱۹۹۶) اندازه گیری گردیدند.



شکل ۱- مکان های نمونه برداری

آمد و بزرگراه ها انجام گرفت. نتایج نشان داد با افزایش ترافیک، مقدار سرب در برگ افزایش می یابد و نتایج حاصل از بررسی غلظت سرب در برگ درخت چنار، در ارتفاعات مختلف از سطح خیابان با ترافیک های مختلف نشان داد که با زیاد شدن ارتفاع، مقدار سرب در تمام نمونه ها کاهش می یابد، بنابراین گیاهانی که در ارتفاع کمتر از سطح زمین قرار دارند، در معرض آلودگی بیشتر سرب هستند (Khadem et al., 1985). در پژوهشی دیگر نقشه آلودگی در ۱۷ ناحیه شهر تهران با کمک دو گونه چنار و توت کاکوزا انجام گرفت. این تحقیق بر روی نمونه های برگ دو گونه فوق جهت اندازه گیری دو فلز سنگین سرب و کادمیم متمرکز بود. از نظر جذب آلودگی سرب، نقشه های درختان چنار، مناطق نارمک و خاوران و در درختان توت، مناطق مصلی و خاوران، آلوده ترین مناطق و خاوران از نظر سرب دارای آلودگی بالایی بود. از نظر جذب کادمیم، آلودگی مناطق ترمینال جنوب و خاوران بیشتر از سایر مناطق مطالعاتی شهر تهران بود. در مطالعه ملاحاهی و حسینی که جهت بررسی میزان آلودگی فلزات آلومینیوم، آرسنیک، آهن، کبالت، کروم و مس و پراکنش همگنی در سطح شهر تهران در گونه توت انجام شد، مقدار فلزات سنگین در هریک از مناطق ۲۲ گانه شهر تهران مورد اندازه گیری قرار گرفت. در نهایت نتایج نشان داد که بیشترین تمرکز انواع فلزات در قسمت های مرکزی، جنوب و جنوب شرق تهران است. همچنین در بین عناصر مختلف، آلومینیوم و آهن، بیشترین آلودگی را داشتند (Mullah Shahi et al., 2013). با توجه به صنعتی بودن شهر اصفهان و وجود صنایع بزرگ، معادن سرب و روی و جمعیت بالای شهری که خود باعث استفاده بیشتر از وسایل نقلیه شخصی می شود، مشکل آلودگی فلزاتی مانند کادمیم، آرسنیک و سرب را در هوا و خاک ایجاد کرده است. به احتمال زیاد جذب بالای این آلاینده ها توسط گیاهان فضای سبز موجود وجود خواهد داشت. باید توجه داشت گیاهانی که در معرض دود و گردو غبار قرار دارند، چنانچه در دسته درختان مثمر نیز باشند، میوه آنها در جذب رسوبات و ریزگردها نقش مهمی دارد. مصرف غذا به عنوان مهم ترین مسیر قرارگیری انسان در معرض فلزات سنگین شناخته شده است که از این طریق می تواند سلامت انسان را مورد تهدید قرار دهد. درخت زیتون بواسطه همیشه سبز بودن در اکثر مناطق صنعتی و شهری بعنوان فضای سبز کشت گردیده است. از این رو احتمال آلودگی میوه زیتون به عناصر سنگین بالا می باشد. از آنجا که سطح وسیعی از فضای مناطق صنعتی و حاشیه بزرگراه ها شهر اصفهان به کاشت زیتون اختصاص یافته و میوه این درختان مصرف خوراکی دارند و امکان آلودگی میوه هم به عناصر سنگین وجود دارد، لازم است مرتب سلامت محصول کنترل گردد. بنابراین مطالعه حاضر با هدف تعیین میزان آلودگی فلزات سنگین در اندام های برگ و میوه درختان زیتون در مناطق مختلف شهر اصفهان انجام گرفته است.

روش انجام تحقیق

این مطالعه توصیفی-مقطعی در مرداد ماه ۱۳۹۸ انجام گرفت. جامعه آماری در این پژوهش، درختان زیتون کشت شده در

1- Walkley and Black
2- Bremner
3- Olsen et al.

نتایج

داشت، که مقادیر کادمیم بیش از حد مجاز بود(جدول ۱). با توجه به غلظت عنصر کادمیم، این آب مناسب آبیاری محصولات و درختان زراعی نمی‌باشد. این امر ناشی از مواد مادری معدن باما با کادمیم بالا می‌باشد. در دیگر نقاط آلودگی عناصر سنگین در آب آبیاری مشاهده نشد(جدول ۲).

در ابتدای پژوهش با توجه به اینکه درختان زیتون کشت شده در سه منطقه آلوده انتخابی(معدن سرب و روی باما، فولادشهر و معدن آهک) به وسیله آب چاه حفر شده در همان منطقه آبیاری می شدند، آب چاه سه منطقه از لحاظ غلظت فلزات سنگین مورد آزمایش قرار گرفت(جدول ۲). نتایج نشان داد، در نمونه آب چاه معدن باما ۰/۳۴ میلی گرم در لیتر کادمیم وجود

جدول ۱- حد مجاز عناصر(غلظت کل) در آب آبیاری و خاک کشاورزی(نشریه فنی سازمان استاندارد و محیط زیست ایران)

| عناصر (mg kg-1) | Cu | Ag | Si | Ni | Cr | Zn | Pb | Cd | As |
|-----------------|-----|------|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|
| آب (mg L) | ۰/۲ | ۰/۰۶ | ۰/۲ | ۰/۲ | ۰/۱ | ۲ | ۵/۰ | ۰/۰۱ | ۰/۱ |
| خاک (mg kg) | ۲۰۰ | ۷ | ۴ | ۱۱۰ | ۱۱۰ | ۲۰۰ | ۷۵ | ۵ | ۴۰ |

جدول ۲- تجزیه شیمیایی آب آبیاری درختان زیتون مناطق مطالعاتی

| محل نمونه برداری | EC dSm-1 | pH | Fe mg l-1 | Zn mg l-1 | Cu mg l-1 | Mn mg l-1 | Cd mg l-1 | Pb mg l-1 | As mg l-1 |
|----------------------------|----------|-----|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| چاه آب معدن سرب و روی باما | ۵/۲ | ۶/۹ | ND* | ۰/۳۱ | ND | ND | ۰/۲۴ | ۱/۴۶ | ND |
| فولاد شهر | ۰/۳۸ | ۷ | ND | ND | ND | ND | ND | ND | ND |
| چاه معدن آهک | ۱/۶۵ | ۷/۸ | ND | ND | ND | ND | ND | ND | ND |

ND* در حد تشخیص دستگاه جذب اتمیک نبود.

منگنز در حد نیاز گیاه و آهن کم بود. تجزیه شیمیایی خاک منطقه میدان تره بار نشان داد شوری زیاد خاک میدان میوه و تره بار عامل اصلی محدودکننده رشد گیاه زیتون این ناحیه بود، همچنین کربن آلی خاک، مقدار روی، منگنز و آهن قابل جذب خاک در وضعیت مناسبی جهت برآورده نمودن نیاز گیاه در طول فصل رشد و نمو قرار داشت. خاک اطراف بزرگراه دارای شوری متوسط، کربن آلی، فسفر و پتاسیم کم بود، ولی مقدار قابل جذب عناصر میکرو مناسب بود(جدول ۳). تجزیه شیمیایی خاک پالایشگاه اصفهان نشان داد شوری خاک کم، فسفر قابل جذب مناسب و پتاسیم قابل جذب خاک پائین بود، در حالیکه میزان میکروالمنتها خاک مناسب بودند (جدول ۳).

در مرحله دوم پژوهش خصوصیات شیمیایی خاک مناطق مورد مطالعه مورد بررسی قرار گرفت. همانطور که در جدول ۳ آمده است، خاک منطقه معدن سرب و روی باما غیرشور، با pH قلیائی، کربن آلی کم و مقادیر پائین فسفر و پتاسیم بود. مقدار روی، منگنز و آهن قابل جذب خاک با توجه به نتایج بالا بود، این امر با توجه به مواد مادری تشکیل دهنده معدن طبیعی بنظر میرسد. تجزیه شیمیایی خاک معدن آهک نشان داد درصد کربن آلی خاک در حد مناسب بود در حالیکه شوری خاک زیاد، فسفر قابل جذب بی اندازه(بدلیل کاربرد زیاد کود فسفره)، پتاسیم قابل جذب کم، آهن، روی، مس و منگنز قابل جذب مناسب بود. خاک منطقه فولاد شهر دارای شوری متوسط، فسفر و پتاسیم زیاد(بخاطر کاربرد بی رویه کود شیمیائی)، مس، روی و

جدول ۳- داده های تجزیه خاک(عمق ۳۰-۰ سانتیمتر) مناطق مورد مطالعه

| مناطق مورد مطالعه | EC dSm-1 | pH | OC % | P mg kg-1 | K | Zn mg kg-1 | Mn mg kg-1 | Cu mg kg-1 | Fe mg kg-1 |
|-----------------------|----------|-----|------|-----------|-------|------------|------------|------------|------------|
| معدن سرب و روی باما | ۲/۶ | ۷/۷ | ۰/۴۳ | ۱/۵ | ۱۶۶/۷ | ۷/۲۵ | ۵/۵۳ | ۰/۸۱ | ۷/۶۳ |
| شرکت آهک | ۵/۷ | ۷/۴ | ۱/۱ | ۳۹ | ۲۱۶/۷ | ۳/۲ | ۱۵ | ۱/۴ | ۳/۸۳ |
| فولادشهر | ۳/۱ | ۷/۴ | ۰/۹ | ۳۶/۷ | ۴۰۰ | ۲/۴ | ۱۵ | ۱/۶۵ | ۲/۲ |
| میدان تره بار | ۷/۸۳ | ۷/۲ | ۱/۲۱ | ۵۶/۳ | ۳۸۳/۳ | ۳/۲ | ۳/۱ | ۲/۷ | ۵/۹ |
| بزرگراه و اتوبان صفحه | ۱/۷ | ۷/۶ | ۰/۳۵ | ۵/۴ | ۱۷۵ | ۱/۹۱ | ۳۳ | ۱/۱۷/۷ | ۳۷/۷ |
| پالایشگاه اصفهان | ۱/۲۲ | ۷/۸ | ۱/۱ | ۲۳/۶ | ۱۸۷ | ۴/۱ | ۴/۶ | ۸/۶ | ۱۱/۷ |

عناصر باشد(با توجه به شرایط زمین شناسی و غنی بودن خاک این منطقه از فلزات روی و سرب)، که انتقال به اندام هوایی و برگ صورت گرفته است. (جدول ۴). غلظت عناصر غذایی روی و مس در میوه درختان زیتون معدن باما نیز از بقیه مناطق مورد مطالعه بالاتر بود (جدول ۵). همچنین در میوه درختان زیتون در معدن سرب و روی باما فلزات سرب و آرسنیک مشاهده نشد(جدول ۴و۵).

نتایج مربوط به تجزیه برگ و میوه درختان زیتون معدن سرب و روی باما نشان داد مقدار فلز سنگین سرب، در برگ درختان زیتون این منطقه از تمامی مناطق آلوده مورد مطالعه بیشتر بود همچنین مقدار عنصر غذایی روی در برگ درختان این منطقه بیشتر از مناطق دیگر بود که این خود می تواند به دلیل بالا بودن مقدار این عنصر و دسترسی بیشتر ریشه گیاه به این

جدول ۴- نتایج تجزیه برگ درختان زیتون مناطق مورد مطالعه

| عناصر غذایی | | | | | | | | | | | فلزات سنگین |
|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|------|--------|------|-----------------------------|-------------|
| As mg kg-1 | Cd mg kg-1 | Pb mg kg-1 | Cu mg kg-1 | Zn mg kg-1 | Mn mg kg-1 | Fe mg kg-1 | K | P % | N | مناطق مورد مطالعه | |
| - | ۰/۱۳ | ۰/۸۵ | ۱ | ۷۹ | ۴۱/۳ | ۱۱۳ | ۰/۹۱ | ۰/۱۳ | ۱/۵۱ | شرکت باما | |
| ND | ۰/۴۶ | ۰/۴ | ۰/۵۳ | ۲۵/۵ | ۴۶/۱ | ۱۱۰/۹ | ۰/۹۱ | ۰/۱۱ | ۱/۹۱ | شرکت اهک | |
| ND | ۰/۶۸ | ۰/۴۷ | ۰/۷۷ | ۱۹/۴ | ۵/۲ | ۱۷۱/۱ | ۰/۹۴ | ۰/۰۸ | ۱/۲۱ | آب فولادشهر | |
| ND | ۰/۰۹ | ND | ۱/۵ | ۱۶/۹ | ۲/۴۳ | ۸۹ | ۱/۰ | ۰/۴۲ | ۱/۷۵ | میدان تره بار | |
| ND | ۰/۱۴۳ | ۰/۴۷ | ۲/۱ | ۲۳/۳ | ۴۵ | ۸۷/۳ | ۰/۸۸ | ۰/۱۲ | ۱/۷۸ | بزرگراه کشوری و اتوبان صفحه | |
| ND | ۰/۰۴۳ | ND | ۵/۳ | ۶ | ۴/۷ | ۹/۶ | ۱/۶۶ | ۰/۲ | ۰/۷۲ | پالایشگاه اصفهان | |

ND* در حد تشخیص دستگاه جذب اتمیک نبود.

جدول ۵- نتایج تجزیه عناصر میوه درختان زیتون مناطق مورد مطالعه

| عناصر غذایی | | | | | | | | | | | فلزات سنگین |
|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|------|--------|------|-----------------------------|-------------|
| As mg kg-1 | Cd mg kg-1 | Pb mg kg-1 | Cu mg kg-1 | Zn mg kg-1 | Mn mg kg-1 | Fe mg kg-1 | K | P % | N | مناطق مورد مطالعه | |
| ND | ۰/۰۹ | ND | ۵/۹ | ۳۲/۵ | ۵/۷ | ۳۱ | ۱/۶۴ | ۰/۱۵ | ۱/۰۲ | شرکت باما | |
| - | - | - | ۳ | ۵/۸ | ۳/۳ | ۱۲/۲ | ۱/۶۴ | ۰/۱۸ | ۰/۶۸ | شرکت اهک | |
| ND | ۰/۰۳۱ | ND | ۱/۵ | ۲ | ۴/۷ | ۸/۶ | ۱/۶۳ | ۰/۱۳ | ۰/۷۲ | آب فولادشهر | |
| ND | ۰/۰۳۵ | ND | ۴/۶ | ۱ | ۶ | ۲۰/۵ | ۱/۸۴ | ۰/۱۷ | ۰/۸۴ | میدان تره بار | |
| ND | ۰/۰۴۳ | ND | ۵/۳ | ۶ | ۴/۷ | ۹/۶ | ۱/۶۶ | ۰/۲ | ۰/۷۲ | بزرگراه کشوری و اتوبان صفحه | |
| ND | ۰/۰۷ | ND | ۵ | ۰/۲۳ | ۳/۴ | ۱۵/۱ | ۱/۸۶ | ۰/۲۱ | ۰/۷ | پالایشگاه اصفهان | |

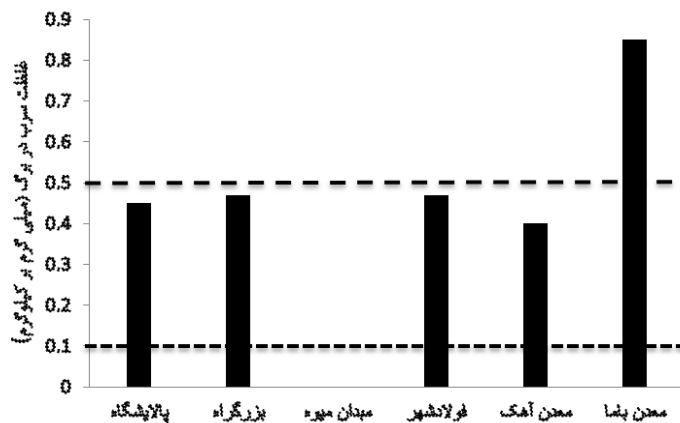
ND* در حد تشخیص دستگاه جذب اتمیک نبود.

فلزات آهن و کادمیم از تمامی مناطق مورد مطالعه بیشتر بود(جدول ۴)، که با توجه به وجود کارخانجات بزرگ فولاد مبارکه و ذوب آهن در نزدیکی این محدوده طبیعی به نظر می رسد، که میتواند در شستشوی عناصر از منطقه رابزوسفر موثر واقع شود. در برگ و میوه درختان زیتون میدان میوه و تره بار اصفهان میزان سرب و آرسنیک در حد تشخیص دستگاه جذب اتمیک نبود. اگر چه مقدار کادمیم کمتر از حد مجاز است ولی وجود این عنصر در برگ و میوه دلیل تحرک زیاد این عنصر در آب ، خاک و گیاه و مخاطراتی است که در آینده می تواند بوجود آورد باشد. با وجود اینکه مقدار سرب قابل جذب خاک بسیار بیشتر از کادمیم است اما ردپایی از این عنصر در برگ و میوه بدست نیامد، بنابر گزارشات دیگر پژوهشگران(هودجی و جلالیان، درویش و همکاران و ...) دلیل این امر تحرک پایین سرب در خاک و گیاه خصوصا در خاکهای آهکی و رسی ایران با ظرفیت بالای تبادل کاتیونی و تثبیت عناصر فلزی باخاطر

اندازه گیری های بعمل آمده در معدن آهک نشان داد، فلز سنگین آرسنیک در برگ درختان زیتون و فلزات سنگین سرب، کادمیم و آرسنیک در میوه درختان زیتون وجود نداشت. بیشترین فلز منگنز در تمامی مناطق مورد مطالعه در برگ درختان زیتون مربوط به معدن آهک بود. نسبت به مناطقی مانند حاشیه بزرگراههای شهر اصفهان غلظت روی در خاک، برگ و میوه زیتون بالا می باشد، که می تواند ناشی از غنی بودن مواد مادری خاک از عناصر سنگین و تشکیلات زمین- شناسی(سازه شیل) منطقه باشد(شرکت آهک و معدن باما فاصله چندانی از همدیگر ندارند). نسبت آرسنیک برگ نیز کمتر از حد تشخیص دستگاه(قسمت در میلیارد) اندازه گیری شد(جدول ۴). در نمونه های میوه زیتون فولاد شهر غلظت آرسنیک و سرب نیز کمتر از حد تشخیص دستگاه(قسمت در میلیارد) بدست آمد و مقدار کادمیم نیز کمتر از حد مجاز اندازه گیری شد(جدول ۵). در برگ درختان زیتون در منطقه فولاد شهر

مانند دیگر مناطق در اینجا هم مابین عناصر سنگین تنها کادمیم در گوشت میوه ردیابی گردید، که می تواند بدلیل پویایی این عنصر و پتانسیل بالای آن جهت آلوده سازی محصولات غذایی باشد، توجه به عنصر کادمیم بایستی بصورت ویژه باشد (سیلانپا و همکاران ۲۰۰۷). به طور کلی با بررسی شش منطقه آلوده به فلزات سنگین که درختان زیتون در آن مناطق کشت شده بود، نتایج نشان داد غلظت فلز آرسنیک در تمامی درختان زیتون در اندام های برگ و میوه در حد ناچیز و قابل تشخیص نبود همچنین غلظت فلز سرب در میوه درختان زیتون در تمامی مناطق مورد مطالعه ناچیز و در حد تشخیص دستگاه نبود، غلظت فلز سرب در برگ درختان زیتون کشت شده در معدن سرب و روی باما بالاتر از حد استاندارد مشاهده شد، در حالیکه در بقیه مناطق مورد مطالعه جز میدان تره بار (ناچیز و قابل تشخیص نبود) غلظت فلز سرب در برگ از حداقل حد استاندارد بالاتر بود (شکل ۲).

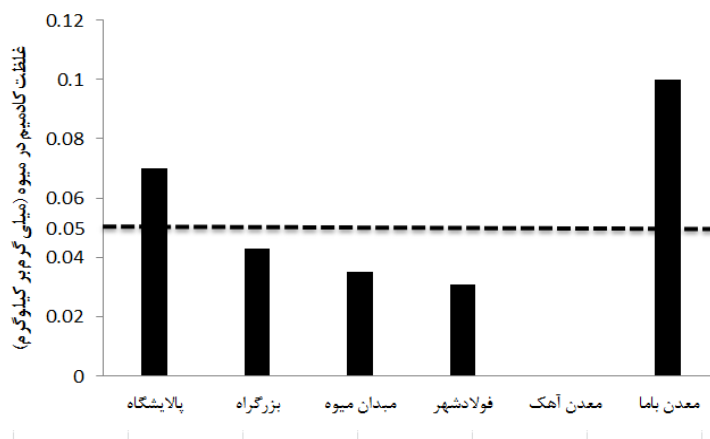
اسیدیته قلیائی محلول خاک و جذب آنها توسط بارهای منفی کلویدهای رس و هوموس خاک است (جداول ۴ و ۵). در برگ و میوه درختان زیتون حاشیه بزرگراه های منتخب اصفهان آلودگی به آرسنیک مشاهده نگردید. در میوه هم اثری از سرب دیده نشد. اگرچه میزان سرب و کادمیم برگ کمتر از حد بحرانی است ولی وجود آنها می تواند نشان دهنده پتانسیل این محل ها جهت آلودگی باشد. بیشترین نسبت کادمیم در نمونه های برگ و میوه در قسمت جنوب اتوبان جایی که بیشترین تردد ماشین آلات سنگین نیز در این منطق وجود دارد، دیده شد (جداول ۴ و ۵). از اینرو کاشت درختانی نظیر زیتون (دارای مصرف خوراکی) در فضای سبز بزرگراهها توصیه نمیگردد (لی ۲۰۰۶، ویارد و همکاران ۲۰۰۴ و ...). رحمانی (۱۳۷۹) در مطالعات خود تجمع و آلودگی خاک و گیاهان حاشیه جاده های قدیمی اصفهان را به عنصر سرب گزارش نمود. در برگ و میوه درختان زیتون پالایشگاه اصفهان آرسنیک دیده نشد. میزان کادمیم و سرب برگ هم کمتر از حد مجاز است (جداول ۴ و ۵).



شکل ۲- مقایسه غلظت فلز سرب در برگ درختان زیتون در شش منطقه مورد مطالعه (خطوط ممتد حداقل و حداکثر حد استاندارد (FAO/WHO) فلز سرب در برگ)

روی باما بیشترین غلظت فلز کادمیم را در میوه درختان زیتون نشان داد که این مقدار نزدیک به دو برابر حد استاندارد غلظت فلز کادمیم در میوه درختان زیتون بود (شکل ۳).

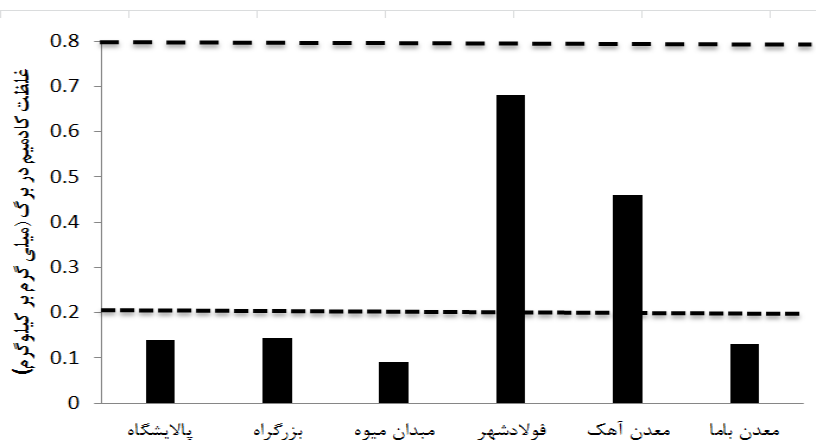
همچنین نتایج نشان داد غلظت فلز کادمیم در میوه درختان زیتون در شش منطقه مورد مطالعه جز معدن سرب و روی باما و پالایشگاه اصفهان از حد استاندارد بالاتر نبود. معدن سرب و



شکل ۳- مقایسه غلظت فلز کادمیم در میوه درختان زیتون در شش منطقه مورد مطالعه (خط ممتد حداکثر حد استاندارد (FAO/WHO) فلز کادمیم در میوه)

غلظت فلز کادمیوم در برگ درختان زیتون کشت شده در مناطق فولادشهر و معدن آهک بالاتر از حداقل غلظت فلز

کادمیوم در برگ مشاهده شد. ود در مناطق دیگر غلظت فلز کادمیوم در برگ کمتر از حد استاندارد مشاهده شد (شکل ۴)



شکل ۴- مقایسه غلظت فلز کادمیوم در برگ درختان زیتون در شش منطقه مورد مطالعه (خطوط ممتد حداقل و حداکثر حد استاندارد (FAO/WHO) فلز کادمیوم در برگ)

بحث

آلودگی غذا در کشورهای در حال پیشرفت ۱۳ درصد بیش تر از کشورهای توسعه یافته می باشد. منابع آلودگی کاملاً متفاوت است، از عوامل صنعتی و مسئله ترافیک گرفته تا خالص سازی و پالایش لجن ها، فعالیت های کشاورزی از قبیل استفاده از کودهای شیمیایی، کودهای حیوانی، کمپوست و آفت کش ها می باشد (Mohajer et al., 2011; Asghari et al., 2007). فلز کادمیوم معمولاً نسبت به میوه در بافت برگ های گیاهان تجمع می یابد، هم چنین به طور کلی غلظت کم کادمیوم در گیاهان به دلیل جذب شدید ارگانسیم های موجود در خاک و قابلیت دسترسی کم تر ریشه گیاه به کادمیوم نسبت به عناصر دیگر می باشد (Sarpong et al., 2011). حضور آرسنیک در خاک معمولاً به دلیل استفاده از فرآورده های شیمیایی مانند علف کش ها، آفت کش ها و کودهای فسفاته می باشد و اگر خاک محل رشد گیاه از لحاظ لیتولوژی آرسنیک باشد در نمونه های گیاهی مقداری از این فلز یافت می شود، هم چنین آرسنیک موجود در کود، غلظت باقی مانده بیش تری (به نسبت فلزاتی مانند کادمیوم) در خاک را سبب می شود (Boudaghi et al., 2012; Sarpong et al., 2011). رسوبات جوی، کاربرد کود، سموم و لجن، مهم ترین منابع سرب در خاک کشاورزی محسوب می شوند. محققین ثابت کردند، اکثر گیاهان علاوه بر ریشه نسبت به جذب عناصری مانند سرب از طریق شاخه، برگ و ساقه خود نیز اقدام می کنند (Rahmani, 2008). نتایج نشان داد در میوه درختان زیتون در و منطقه معدن سرب و روی باما و پالایشگاه غلظت کادمیوم به ترتیب برابر با ۰/۱ و ۰/۰۷۸ مشاهده شد که بالاتر از حد استاندارد غلظت کادمیوم (۰/۵) بود. مطالعه ای در لهستان بر روی میوه سیب انجام شد و میانگین فلز سرب ۰/۰۷۸ میلی گرم بر کیلوگرم بدست آمد (Krejpcio 2005 et al, 2005). در مطالعه ای که بر روی خاک های اطراف شهرک صنعتی زنجان انجام شد، خاک های منطقه آلودگی به فلز روی، سرب و کادمیوم داشته اند ولی غلظت کل نیکل و مس در

خاک های منطقه، کمتر از حد مجاز جهانی این عناصر بوده است (Safari et al., 2016). Tabandeh و همکاران (۲۰۱۶) علت غلظت بالای عناصر سرب، کادمیوم و روی را در بافت گیاهی با وجود پایین بودن این عناصر در خاک در منطقه ای نزدیک به شهرک تخصصی زنجان، گرد و غبار و رسوبات جوی دانستند. در بین فلزات سنگین، کادمیوم از عناصر با تحرک بالا است که به راحتی جذب گیاهان شده و به اندام های هوایی منتقل می شود (Yang et al., 2012). دهقانی و همکاران (۱۳۹۶) نشان دادند میانگین غلظت فلز کادمیوم در میوه سیب و زردآلو به ترتیب ۰/۰۸۸ و ۰/۰۰۳ میلی گرم بر کیلوگرم بود، که میانگین کادمیوم در میوه سیب از استاندارد ملی بالاتر بود، که این نتایج با غلظت فلز کادمیوم در میوه درختان زیتون در دو منطقه معدن سرب و روی باما و پالایشگاه همسو بود. همچنین مقدار کادمیوم در میوه درختان زیتون در معدن آهک از تمامی مناطق کمتر و قابل اندازه گیری نبود که دلیل آن را می توان اثرات رقابتی فسفر با عناصر فلزی خاک دانست که، میتواند مانع جذب فلزات سنگین توسط گیاه گردد. غلظت کادمیوم و سرب برگ در مقایسه با استانداردهای ذکر شده کمتر از حد مجاز بدست آمد. با توجه به نتایج به دست آمده بیشترین غلظت سرب در برگ درختان زیتون معدن سرب و روی باما (۰/۸۵ میلی گرم بر کیلوگرم) و کمترین مقدار که قابل اندازه گیری نبود در میدان تره بار مشاهده شد. Hassan Farid و همکاران (۲۰۱۷)، برای بررسی غلظت سرب، از گرد و غبار فرونشسته شهری بر روی برگ درختان خیابانی در ۲۹ سایت از شهر کرانچی نمونه برداری کردند و نتیجه گرفتند که غلظت سرب، بیشتر در مناطقی است که دارای تعداد بیشتری از مغازه های چاپ، جوشکاری، لحیم کاری و بازیافت باتری است. Rezainejad و همکاران (۲۰۱۷) نیز قابلیت دو گونه کاج را در جذب آلودگی های معدن مس سرچشمه بررسی کردند و نتیجه گرفتند که می توان کاج سیاه (*P. nigra*) را به عنوان شاخص آلاینده ها و کاج تهران (*P. eldarica*) را به عنوان

شهری مانند فلزات سنگین از منابع مختلف ناشی از فعالیت های انسانی از جمله صنعت و سوختن سوخت های فسیلی در ماشین هاست. در میان این منابع، وسایل نقلیه منبع اصلی آلودگی هوا در محیط شهری اند که سبب تولید آلاینده های مهمی از جمله سرب و کادمیوم می شوند (Bargagli, 1998). آلاینده های محیط شهری در اشکال جامد یا مایع در اندازه های مختلف ظاهر می شوند که مبداء آن ها از سوختن ناقص سوخت های فسیلی از وسایل نقلیه دیزلی یا فعالیت های صنعتی است (Sawidis et al., 2011). در برگ و میوه درختان زیتون میدان میوه و تره بار اصفهان (تردد وسایل نقلیه بالا) میزان سرب و آرسنیک در حد تشخیص دستگاه جذب اتمیک نبود. اگر چه مقدار کادمیوم کمتر از حد مجاز است ولی وجود این عنصر در برگ و میوه دلیل تحرک زیاد این عنصر در آب، خاک و گیاه و مخاطراتی است که در آینده می تواند بوجود آورد باشد. با وجود اینکه مقدار سرب قابل جذب خاک بسیار بیشتر از کادمیوم است اما ردپایی از این عنصر در برگ و میوه بدست نیامد، بنابر گزارشات دیگر پژوهشگران (هودجی و جلالیان، درویش و همکاران و ...) دلیل این امر تحرک پایین سرب در خاک و گیاه خصوصا در خاک های آهکی و رسی ایران با ظرفیت بالای تبادل کاتیونی و تثبیت عناصر فلزی بخاطر اسیدیته قلیائی محلول خاک و جذب آنها توسط بارهای منفی کلویدهای رس و هوموس خاک است (جداول ۴ و ۵). Kord et al. (2010) نشان دادند که کاج تهران پتانسیل بالایی از نظر گیاه بالایی دارد، به طوری که در منطقه با ترافیک سنگین وسایل نقلیه، تجمع زیادی از سرب، نیکل، روی، مس و کروم در سوزن های این گونه نسبت به منطقه شاهد مشاهده شده است. آلاینده ها هم از خاک، و هم از هوا جذب گیاه می شوند، ولی مقصد اصلی آلاینده های هوا در گیاهان اندام های هوایی به ویژه برگ است (Baker et al., 2000). در برگ و میوه درختان زیتون حاشیه بزرگراه های منتخب اصفهان آلودگی به آرسنیک مشاهده نگردید. در میوه هم اثری از سرب دیده نشد. اگرچه میزان سرب و کادمیوم برگ کمتر از حد بحرانی است ولی وجود آنها می تواند نشان دهنده پتانسیل این محل ها جهت آلودگی باشد. بیشترین نسبت کادمیوم در نمونه های برگ و میوه در قسمت جنوب اتوبان جایی که بیشترین تردد ماشین آلات سنگین نیز در این منطبق وجود دارد، دیده شد (جداول ۴ و ۵). از اینرو کاشت درختانی نظیر زیتون (دارای مصرف خوراکی) در فضای سبز بزرگراهها توصیه نمیگردد (لی ۲۰۰۶، ویارد و همکاران ۲۰۰۴ و ...). رحمانی (۱۳۷۹) در مطالعات خود تجمع و آلودگی خاک و گیاهان حاشیه جاده های قدیمی اصفهان را به عنصر سرب گزارش نمود. نبی-اللهی (۱۳۹۱) در بررسی توزیع مکانی آرسنیک خاک بیجار کردستان گزارش نمود که منشا آلودگی آرسنیک خاک ژئوژنیک بوده و خاک های با غلظت آرسنیک (۱۴۵۰-۴۸۰ میلی گرم در کیلوگرم) برای انسان و اکوسیستم بسیار خطرناک است و در این خاک ها نباید کشاورزی صورت گیرد. دانکوب و همکاران (۱۳۹۱) گزارش نمودند که غلظت فلزات مس، روی، سرب، آهن و منگنز همبستگی مثبت و معنی داری با پذیرفتاری

گیاه مقاوم تر برای کاشت در نظر گرفت. Hasanvand و همکاران (۲۰۱۸)، با بررسی مقدار جذب فلزات سنگین (سرب، مس و روی) در خاک و برگ بلوط ایرانی (Quercus brantii) در بزرگراه الشتر-خرم آباد، نتیجه گرفتند که غلظت فلزات سنگین در خاک با افزایش فاصله از جاده کاهش می یابد و مقادیر غلظت فلزات سنگین در برگ درختان بلوط ایرانی از مقادیر استاندارد جهانی کمتر است، بنابراین این گونه درختی توانسته است فلزات سنگین را در خود جمع کند. Gochani و همکاران (۲۰۱۸)، با سنجش فلزات سنگین (سرب، کادمیوم، نیکل، آرسنیک و جیوه) در برگ درختان سالم و خشکیده بلوط ایرانی (Quercus brantii) نتیجه گرفتند که دو فلز کادمیوم و سرب اختلاف معنی داری در حد ۱ درصد آماری بین درختان سالم و خشک ایجاد کردند و اظهار داشتند که تنش ناشی از عناصر سنگین موجود در گردوغبار بر سلامت درختان بلوط-چنگل هلن در استان چهارمحال و بختیاری تاثیر بسزایی دارد. آلاینده ها هم از خاک، هم از هوا وارد گیاه می شوند ولی مقصد اصلی آلاینده های هوا در گیاهان اندام های هوایی به ویژه برگ است (Qin, et al., 2014). در میان اندام های مختلف درخت، برگ نقش مهمی در فعالیت های سوخت و ساز دارد که به طور مستقیم تحت تاثیر آلاینده های محیطی است (Leghari and Zaidi., 2013). برگ درختان نقش مهمی در کاهش آلاینده های شهری دارد. برای مثال تجمع معنی دار نیکل در برگ درختان چنار در خیابان های رشت گزارش شده است (۱). رفیعی و همکاران (۳) نشان دادند که شاخص سطح ویژه برگ معیار مناسبی از تماس گیاه چنار با آلاینده های مختلف هوا خصوصا در فصل بهار است. در برگ درختان زیتون در منطقه فولاد شهر فلزات آهن و کادمیوم از تمامی مناطق مورد مطالعه بیشتر بود (جدول ۴)، که با توجه به وجود کارخانجات بزرگ فولاد مبارکه و ذوب آهن در نزدیکی این محدوده طبیعی به نظر می رسد، که میتواند در شستشوی عناصر از منطقه راپزوسفر موثر واقع شود. در مطالعه Rahmani و همکاران (۲۰۰۸) مشاهده شد که با وجود بالا بودن میزان عناصر سنگین از جمله، کادمیوم و روی (آلودگی زیاد) و مس (آلودگی کم) در خاک های آبیاری شده با پساب صنعتی شرکت ذوب آهن اصفهان، غلظت این عناصر در گیاه برگ مو و میوه انگور در محدوده غلظت معمول قرار داشت (۲۴). در بررسی Rahmani و همکاران (۲۰۰۸) غلظت عنصر آهن در نمونه های شسته نشده بالاتر از نمونه های شسته شده بود و برای سایر عناصر در مواردی غلظت عناصر سنگین در نمونه های شسته شده بالاتر بود که علت آن را فرونشست ذرات مواد جامد حاوی این عناصر از هوا بر سطح اندام هوایی گیاه به دلیل نزدیکی به منبع آلاینده (صنعت ذوب آهن) دانست (۲۴). Rafati و همکاران (۲۰۱۲) در مطالعه ای که انجام دادند به این نتیجه دست یافتند که بیشترین مقدار فلزات سنگین کادمیوم، کروم و نیکل در بین اندام های مختلف گونه های گیاهی سپیدار و توت سفید در برگ های گیاه قرار دارند (۲۶). آلودگی های محیطی از معضلات اساسی در محیط های شهری است (Qin et al., 2014). آلاینده های محیط

برخی از نواحی مقادیر نیکل و منگنز در خاک و محصولات کشاورزی نزدیک به مرز آلودگی قرار دارد. در جنوب تهران استفاده از فاضلاب شهری (طی ۷ سال) در آبیاری باغات زیتون، باعث افزایش معنی‌دار غلظت عناصر سنگین سرب و روی در خاک و برگ درخت زیتون شده است اما سبب افزایش غلظت این عناصر در میوه‌های زیتون نشده (آقا براتی و همکاران ۱۳۸۷).

نتیجه‌گیری

در هیچ‌کدام از نمونه‌های میوه اثری از سرب اندازه‌گیری نشد. مقادیر کادمیم میوه به ترتیب ۰/۱، ۰/۰۷، ۰/۰۴۳، ۰/۰۳۵ و ۰/۰۳۱ میلی‌گرم در کیلوگرم برای مناطق معدن سرب و روی باما، پالایشگاه، بزرگراه، میدان میوه و فولادشهر بدست آمد. بنظر میرسد مقدار کادمیم میوه با نوع و گسترش فعالیت‌های صنعتی، همچنین حجم ترافیک و مسائل نقلیه رابطه مستقیمی دارد. در مقایسه نتایج تجزیه شیمیائی برگ و میوه زیتون فضای سبز معدن سرب و روی باما با استانداردهای معتبر ایران، USEPA, UNFAO مشخص گردید با توجه به آلودگی آب و گیاهان معدن باما به عناصر سنگین، از کاشت درختانی نظیر زیتون که میوه آنها مصرف خوراکی دارند لازم است در اطراف معدن خودداری شود. جهت فضای سبز این مناطق از درختان زینتی نظیر آکاسیا، کاج، سرو، زیتون تلخ و ... که در تغذیه انسان و دام بکار نمیروند، می توان استفاده کرد. در مجموع توصیه می شود جهت ایجاد فضای سبز در مناطق صنعتی، حاشیه بزرگراهها و معابر شهری از کاشت درختان زیتون و دیگر درختان مثمر که مصرف خوراکی دارند، خودداری شود.

مغناطیسی دارند که میتواند به دلیل انتشار آلودگیهای حاصل از ترافیک فعالیتهای صنعتی در خاکهای مناطق شهری و صنعتی اصفهان باشد. فعالیت معدن سرب و روی باما (پیربکران اصفهان) باعث افزایش غلظت سرب و روی اندام هوایی و ریشه یونجه در اطراف معدن شده است. تا فاصله هزارمتری معدن سرب، روی و کادمیم در اندام هوایی و ریشه گیاه یونجه در این فاصله تحت تاثیر فعالیت معدن افزایش یافته و در آستانه سمیت قرار دارند. تا فاصله ۳۰۰۰ متری از معدن نیز اگر چه مقدار سرب، روی و کادمیم خیلی کمتر از غلظت آن در فاصله ۱۰۰۰ متری است ولی نسبت به نمونه‌های یونجه‌ای که در فاصله دور تر از معدن برداشت گردیده‌اند. دارای غلظت بالاتری می باشد (شریفی ۱۳۹۰). اضافه نمودن پسماندهای صنعتی، لجن فاضلاب، کودها و سموم شیمیایی نیز می‌توانند باعث تجمع عناصر سنگین در خاک و جذب آنها توسط گیاه شده و آلودگی زنجیره‌های غذایی جانوران و انسانها گردند. غلظت سرب، روی، کادمیم و نیکل موجود در نمونه آب محل حفاری در مرکز معدن سرب و روی باما اصفهان به ترتیب برابر با ۶/۴۲، ۰/۰۶ و ۰/۰۲ میلی‌گرم بر لیتر بوده که این مقدار بسیار فراتر از حد مجاز آن در آب آبیاری است. نتایج نشان داد که عملیات حفاری در معدن باعث آلودگی آب چاه آن منطقه به فلزهای سنگین گردیده و امکان نشت این آلودگی به آب سایر چاه‌های اطراف نیز وجود دارد (شریفی ۱۳۹۰). هودجی و جلالیان (۱۳۸۳) گزارش نمودند، استقرار مجتمع فولاد مبارکه اصفهان در منطقه نزدیک به فولاد شهر میزان آلودگی منابع خاک و محصولات کشاورزی به نیکل، منگنز و کادمیوم در منطقه تحت تأثیر فرآیندهای تولید در مجتمع فولاد مبارکه چندان زیاد نبوده و تنها در

منابع :

- امینی، م. و افرقانی (۱۳۹۴). بررسی آلودگی نیکل در برگ درختان چنار (*Platanus Orientalis L*) حاشیه خیابان ها و خاک های سطح شهر رشت، مجله مدیریت خاک و تولید پایدار، جلد ۵: ۲۶۳-۲۸۱.
- رفیعی، ز. ن. میرغفاری و ح. متین خواه (۱۳۹۳). تعیین معیارهای زیستی نشان دهنده تنش آلودگی هوا بر درخت چنار (*Platanus Orientalis L*)، مجله محیط زیست طبیعی (منابع طبیعی ایران) : جلد ۶۷:۶۵-۷۸.
- آقابرانی ا، مارالیان ح ، اسماعیلی ع، و حسینی م. ۱۳۸۷. تجمع فلزات سنگین سرب و روی در برگ و میوه درختان زیتون و خاک آبیاری شده با فاضلاب شهری، مجله محیط شناسی، ۳۴(۴۷):۵۴-۵۱.
- اولیایی، ح. ر. ۱۳۸۹. تفسیر نتایج آزمون خاک، انتشارات دانشگاه یاسوج ، ایران .
- شریفی، ح و گلچین ا. ۱۳۹۰. تاثیر معدن سرب و روی باما (اصفهان) بر آلودگی خاک و گیاهان اطراف آن به فلزهای سنگین، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه زنجان، ایران.
- سازمان حفاظت محیط زیست ایران، ۱۳۹۴، استانداردهای کیفیت منابع خاک و راهنماهای آن، تهران ، ایران.
- دنکوب ز، خادمی ح و ایوبی ش، ۱۳۹۱، پذیرفتاری مغناطیسی و ارتباط آن با غلظت برخی فلزات سنگین و خصوصیات خاکهای سطحی اطراف اصفهان، ژورنال محیط شناسی، ۳۸(۳):۲۶-۱۷.
- رحمانی ح ر، کلباسی م و حاج‌رسولیه‌ها ش، ۱۳۷۹، آلودگی خاک بوسیله سرب حاصل از وسایل نقلیه در محدوده برخی از بزرگراه‌های ایران، ژورنال علوم آب و خاک، دانشگاه صنعتی اصفهان، جلد ۴، شماره ۴: ۴۲-۳۱.
- هودجی م و جلالیان ا، ۱۳۸۳، پراکنش نیکل، منگنز و کادمیوم در خاک و محصولات کشاورزی در منطقه استقرار مجتمع فولاد مبارکه، ژورنال علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، سال هشتم، شماره سوم.
- موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، ۱۳۹۰، خوراک انسان-دام -بیشینه رواداری فلزات سنگین، استاندارد ملی ایران ۱۲۹۶۸، کرج، ایران.
- ملکوئی م ج ، مشیری ف، غیبی م ن و مولوی ص. ۱۳۸۴. حد مطلوب غلظت عناصر غذایی در خاک و برخی از محصولات زراعی و باغی (بخش دوم : محصولات باغی). انتشارات سنا، تهران، ایران.

- نبی‌اللهی ک، ۱۳۹۱، بررسی تاثیر خصوصیات ژئوفرم‌ها بر توزیع مکانی آرسنیک خاک در منطقه بیجار کردستان، رساله دکتری در مهندسی علوم خاک، دانشکده مهندسی و فناوری کشاورزی دانشگاه تهران، ایران.
- Anzfa.2005. Australia and New Zealand food authority, standards development group. product standards and labelling.standard1.4.1,contaminants and natural toxicants,Canberra,Australia:45-50.
 - Arai S. 2002. Global view on functional foods:Asian perspectives.Brit J Nutr, 88:S139-S143.Codex alimentarius commission, contaminants.FAO/WHO Food standards program,Codex alimentarius, XVII.
 - Berrow, M.L. and J.C. Burridge. 2003. Sources and distribution of trace elements in soils and related crops. PP.206-209. International conference management control, heavy metals environment. London, England.
 - Bingham, F.T., F. J. Perya and W. M. Jarvell. 2006. Metal toxicity to agricultural crops. Metal,Ion, Biol. Sys. 20:119-156.
 - Chaney, R.L.2001. Public health and sludge utilization. Biocycle.31:68-73.
 - Chapman, H.D. and P.F. Pratt.1961. Methods of analysis for soil, plant and water.university of California divison of agriculture science. P. 1188.
 - -Darvishi S, Ardakani M, Vazan S, Ghafourian H, Paknejad F and A Faregh. 2009, Feasibility study on reducing lead and cadmium absorption by spinach (*Spinacia oleracea* L.) in a contaminated soil using nanoporous activated carbon, Journal of radioanalytical and nuclear chemistry, Vol. 274, no.1.
 - EPA.1995. Process design manual land application of sewage sludge and domestic septage, EPA/625/R-95/001. US Environmental protection agency office of research and development national risk management research laboratory Center for Environmental Research Information Cincinnati, Ohio, USA, 301 p.
 - FAO/WHO. 1984. List of contaminants and their maximum levels in foods.Codex alimentarius commission. available at <http://www.codexalimentarius.org>.
 - Gerhardt KE, Xiao-Dong H, Gilck BR, and Greenberg BM .2009. Phytoremediation and rhizoremediation of organic soil contaminants: potential and challenges. Plant Sci 176:20-30.
 - -Giannouli, M., Haan, P., Keller, M and Samaras, Z. 2007. Waste from road transport: Development of a model to predict waste from end-of-life and operation phases of road vehicles in Europe. J. of cleaner Production. 15, 1169-1182.
 - Huang, P. M. and I. K. Iskandar. 2000. Soils and ground water pollution and remediation:Asia, Africa and Oceania. Lewis publishers, Boca Raton, London,New York, Washington DC.
 - James, D. W. and K. L. Wells. 2009. Soil sample collection and handing technique based on source and degree of field variability. PP:25-44. In: R.L. Westerman(Ed.), Soil testing and plant analysis. 3rd ed., Soil science society of America.
 - Kabata- Pendias, A.A. and H. Pendias.2006. Trace elements in soils and plants.4nd ed., CRC Press, Boca Raton, Florida.
 - Kadri velu K, Thamaraiselvi K, Namasivayam C. 2001. Removel of heavy metal from industrial waste-waters by adsorption onto activated carbon prepared from an agricultural solid waste. Bioresource Technology,76:63-65.
 - Li, L.Y.2006. Retention capacity and environmental mobility of Pb in soils along highway corridor. water, air, and soil pollut.170:211-277.
 - Salt DE, Smith RD, and Raskin I, 2003. Phytoremediation. Annual review of plant physiology and

- molecular biology,49: 643-668.
- Sillanpaa, M. and H. Janson. 2007. Status of cadmium, lead, cobalt and selenium in soils and plant of thirty countries. FAO soils Bulletin 66, Romet, Italy.
- McGrath, D., Zhang, C. and Carton, O.T. 2004, Geostatistical analyses and hazard assessment on soil lead in Silverman area, Ireland. Environmental Pollution,127:239-48.
- Soon, Y. K. and S. Abboud. 2009. Cadmium, Chromium, Lead and Nickel. PP.103-107. In: M. R.
- Carter (Ed.), Soil sampling and methods of analysis. Lewis publishers, Chelsea, MI.
- Tiller, K.G. 2000. Heavy metals and their environmental significance. PP.113-42. In: B.A. Steward
- (Ed.), Advances in Soil Science, Vol.4, Springer, Verlage, New York.
- Viard, B., Francios, P., Sanderine, P. and Pihan, J.C. 2004, Integrated assessment of heavy metal (Pb, Zn, Cd) highway pollution: bioaccumulation in soil, Graminaceae and land snails. Chemosphere, 55: 1349-1359.
- Olsen S.R., Cole C.U., Watanabe F.S. and Deen L.A. (1954). Estimation of available phosphorus in soil by extracting with sodium bicarbonate (USDA Circular 939), Washington D.C.: U.S. Government Printing Office, 321 pp.
- Walkley A.J. and Black C.A. (1934). Estimation of organic carbon by chromic acid titration method. Soil Science, 37: 29-38.
- Kumar, S.R., T. Arumugam, C. Anandakumar, S. Balakrishnan & D. Rajavel, 2013. Use of Plant Species in Controlling Environmental Pollution-A.
- Bulletin of Environment, Pharmacology and Life Sciences, 2(2):52:63.
- FAO, 2015. CIFA Technical Paper 25. Available from <http://www.fao.org/docrep/008/v3640e/v3640e00.HTM#TOC>.
- Accessed 11th November 2015. Sarma, H., 2011. Metal hyperaccumulation in plants: A review focusing on phytoremediation technology, Journal of Environmental Science and Technology, 4(2): 118-138.
- Singh, D., A. Tiwari & R. Gupta, 2012. Phytoremediation of lead from wastewater using aquatic plants, Journal of Agricultural Technology, 8(1): 1-11.
- Zacchini, M., F. Pietrini, G.S. Mugnozza, V. Iori, L. Pietrosanti & A. Massacci, 2009. Metal tolerance, accumulation and translocation in poplar and willow clones treated with Cadmium in hydroponics, Water, Air, and Soil Pollution, 197 (1-4): 23-34.
- Subhashini, V. & A.V.V.S. Swamy, 2013. Phytoremediation of Cadmium and Chromium from contaminated soils using Physalis minimalinn, American International Journal of Research in Formal, Applied & Natural Sciences, 3(1):119-122.
- Aksoy, A. & D. Demirezen, 2006. Fraxinus excelsior as a biomonitor of heavy metal pollution, Polish Journal of Environmental Studies, 15(1): 27-33.
- Pilon-Smits, E., 2005. Phytoremediation, Annual Review of Plant Biology, 56, 15-39.
- Krejpcio Z, Sionkowski S, Bartela J. Safety of fresh fruits and juices available on the Polish market as determined by heavy metal residues. Polish Journal of Environmental Studies. 2005;14(6):877.
- Safari Y, Delavar MA, Esfandiarpour Borujeni I, Salehi MH, Oliaie HR. Assessment of heavy metals using pollution load index in Zanjan Zinc Industrial Town Area. Electronical Journal of Soil Management and Sustainable Production. 2016;6(2):119-33(in Persian).
- Tabande L, Taheri M. Assessment of pollution and relationship between heavy metals concentration in soil and leafy vegetables in Zanjan Province. Iranian Journal of Soil Research. 2016;30(1):49-60(in Persian).
- Yang J, Guo H, Ma Y, Wang L, Wei D, Hua L. Genotypic variations in the accumulation of Cd exhibited by different vegetables. Journal of Environmental Sciences. 2010;22(8):1246-52.
- Rahmani HR. Effluent quality of Zob-Ahan Company and its effects on irrigated grape fields. Journal of Environmental Sciences. 2008;5(1):135-44(in Persian).
- Rezanejad, F., Oloumi, H., Gholipour, Z., and Manouchehri Kalantari, Kh. (2017). Response of two pine species (Pinus nigra and P. eldarica) around copper complex of Sarcheshmeh in heavy metals assimilation and some structural characteristics of leaf. Journal of plant Researches (Iranian Journal of Biology), 30(2): 376-390.
- Farid, H., Shams, Z.I., and Khan, F.A. (2017). Lead concentration in urban dust and in leaves of street plants, Karachi. Kuwait Journal of sciences, 44(2): 129-135.
- Hasnvand, H., Ghasemi Aghbash, F., Soilgi, E., and Pazhohan, I. (2018). The distance from road effects on heavy metals accumulation in soil and leaves of Persian oak trees (Quercus

- brantii) in Aleshtar–Khorramabad highway. Journal of Forest Research and Development, 4(1): 29-41.
- Jahanbazy Goujani, H., Iranmanesh, Y., Talebi, M., Shirmardi, H., Mehnatkesh, A., ourhashemi, M., and Habibi, M. (2018). Measuring of heavy elements in leaves of healthy and unhealthy Brant's oak (*Quercus brantii* Lindl.) trees in Helen area of Chaharmahal and Bakhtiari province. Forest and Wood Products, 71(1): 71-81.
 - Rahmani, H.R. (2008). Evaluation of industrial effluent quality of Esfahan Steel Company and its effects on vine cultivated land: Journal of Environmental Sciences, 4: 135-144 [In Farsi].
 - Sarpong, K., Darety, E., Boateng, G.O. and Dapaah, H. (2012). Profile of hazardous metals in twenty selected medicinal plant samples sold at Kumasi central market, Ashanti region, Ghana: Global 28- Leghari, S.K. and Zaidi, M.A., 2013. Effect of air pollution on the leaf morphology of common plant species of Quetta city. Pakistan Journal of Botany, 45: 447-454.
 - Qin, X., Sun, N., Ma, L., Chang, Y. and Mu, L., 2014. Anatomical and physiological responses of Colorado blue spruce to vehicle exhausts. Environmental Science and Pollution Research, 21: 11094-11098.
 - Samani Majd S TA, Afioni M. Contamination of Urban Riverside to Lead and Cadmium. Journal of Environmental Studies. 2007;10(3):1-10(in Persian).
 - Khadem Haghight M GJ. Distribution of lead in Plane leaves relative to the centers of traffic in different parts of Tehran. Jahad University Press. 1985;101 (in Persian).
 - Mullah Shahi M AMH, Hosseini S M, et al. The zoning of Tehran's air pollution to heavy metals using berry leaves. Geography and environmental hazards. 2013{persian};7:69-84.