علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره بیست و دوم، شماره چهار، تیر ماه ۹۹

قابلیت جذب فلزات سنگین توسط برخی گونه‌های درختی و درختچه‌ای مورد استفاده در فضای سبز شهرکرد

فاطمه مصطفوی[۱]

محسن بهمنی[۲*]

bahmani_mohsen_j@yahoo.com

رسول زمانی احمد محمودی[۳]

علی جعفری[٤]

تاریخ دریافت: ۹۶/۰۶/۰۱ **تاریخ پذیرش: ۹۶/۱۲/۲۴**

چکیده

الف-زمینه و هدف: پایش زیستی یکی از روش‌های ارزان و ساده برای بررسی کیفیت محیط‌زیست است. فعالیت‌های ناشی از ترافیک وسایل نقلیه باعث ورود مقادیر فراوانی از فلزات سنگین به اتمسفر می‌شود. استفاده از گونه‌های گیاهی به عنوان شاخص پایش زیستی می‌تواند در ارزیابی و کاهش آلودگی هوا و فلزات سنگین مؤثر باشد. هدف از این مطالعه بررسی انتخاب بهترین گونه‌های چوبی جاذب فلزات سنگین سرب، روی و کادمیوم در برگ گونه‌های درختی و درختچه‌ای سرو خمره‌ای، نارون، زبان‌گنجشک و برگ نو در چهار منطقه با سطوح ترافیکی مختلف در سطح شهرستان شهرکرد است.

ب-روش بررسی: برای این منظور از درختان واقع در خیابان‌های با ترافیک بالا (خیابان کاشانی، خیابان سعدی، ترمینال مسافربری) به عنوان مناطق آلوده و دانشگاه شهرکرد به عنوان منطقه شاهد در دو مقطع زمانی متفاوت (اواخر بهار و اواخر تابستان) اقدام به نمونه‌برداری از برگ-های درختان مذکور شد.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که مقدار تجمع فلزات سنگین در منطقه آلوده (خیابان کاشانی) با اختلاف معنی‌داری در سطح ۹۹ درصد بیش‌تر از مناطق دیگر می‌باشد. همچنین بیش‌ترین مقدار انباشت فلز سرب و روی در برگ گونه‌ی برگ نو با مقادیر ۴۷/ ۵ و ۳۲/۶۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم و کادمیوم با مقدار ۱/۸۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم در برگ گونه‌ی سرو خمره‌ای مشاهده گردید.

۱- کارشناسی ارشد جنگل‌داری، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه شهرکرد

۲- استادیار گروه علوم جنگل، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه شهرکرد*

۳- دانشیار گروه شیلات و محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه شهرکرد

۴- دانشیار گروه شیلات و محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه شهرکرد

بحث و نتیجه‌گیری: بر اساس نتایج به دست آمده، گونه‌های برگ نو، سروخمره‌ای، نارون و زبان گنجشک به عنوان بهترین گونه‌های چوبی جاذب فلزات سنگین، در فضای سبز شهرکرد معرفی می‌شوند.

واژه‌های کلیدی: گونه‌های درختی، پایش زیستی، فلزات سنگین، ترافیک شهری، شهر شهرکرد

J. Env. Sci. Tech., Vol 22, No.4, June, 2020

Potential Uptake of Heavy Metals by Some Tree and Shrub Species Used in Shahrekord Landscape

Fatemeh Mostafavi[1]

Mohsen Bahmani[2*]

bahmani_mohsen_j@yahoo.com

Rasool Zamani-Ahmadmahmoodi[3]

Ali Jafari[4]

Accepted: 2018.03.15 Received: 2017.08.23

Abstract

Background and Objective: Biomonitoring is a simple and inexpensive method for assessment of the quality of the environment. Vehicle emissions introduce high levels of heavy metals into the atmosphere. The use of plant species can be effective in assessing and decreasing air pollution and the levels of heavy metals. This research was conducted to select the best accumulator of lead, zinc and cadmium in the leaves of four tree species, namely *Thuja Orientalis*, *Ulmus umbraculifera*, *Fraxinus Rotundifolia* and *Ligustrum Ovalifolium*, in four areas in the city of Shahrekord, Iran, with different traffic levels.

Method: For this purpose, testing was conducted in areas with high levels of traffic (Kashani Street, Saadi Street and Shahrekord Terminal) as polluted areas, and Shahrekord University served as control area. In two periods, at the end of spring and the end of summer, leaves were sampled.

Findings: Results showed that heavy metal levels in one polluted area, Kashani Street, were higher than in other areas. Also, the highest level of lead and zinc accumulation was observed in the leaves of *Ligustrum Ovalifolium* with levels of 5.47 and 32.68 mg/kg. The highest level of cadmium, 1.84 mg/kg, was observed in the leaves of *Thuja Orientalis*.

Discussion and Conclusions: according to the results, *Ligustrum Ovalifolium*, *Thuja Orientalis*, *Ulmus Umbraculifera* and *Fraxinus Rotundifolia* were introduced as the best wood species for accumulating heavy metals.

Keywords: Tree Species, Biomonitoring, Heavy Metals, Urban Traffic, Shahrekord Township

1 - M.Sc. Student, Forestry, Faculty of Natural Resources and Earth Sciences, Shahrekord University, Shahrekord, Iran

2 - Assistant Prof., Faculty of Forest Science, Department of Natural Resources and Earth Sciences, Shahrekord University, Shahrekord, Iran

3- Associate Prof., Faculty of Fisheries and Environmental Sciences, Department of Natural Resources and Earth Sciences, Shahrekord University, Shahrekord, Iran

4 - Associate Prof., Faculty of Fisheries and Environmental Sciences, Department of Natural Resources and Earth Sciences, Shahrekord University, Shahrekord, Iran

مقدمه

در بین آلاینده‌های مختلف محیط زیست، فلزات سنگین به واسطه‌ی سمیت، ماندگاری بالا، تجزیه‌ناپذیری و همچنین توان تجمع زیستی از مهم‌ترین ترکیبات موجود در بوم سازگان‌های مختلف هستند (۱). آلاینده‌های حاوی فلزات سنگین، از چندین منبع مختلف مانند صنعت، وسایل نقلیه و تولید انرژی آزاد می-شوند (۲). در این بین خودروها به عنوان منابع اصلی تولید آلاینده‌های فلزات سنگین در شهرها به شمار می‌روند که این آلاینده‌ها به صورت ذرات معلق از اگزوز یا دیگر اجزا خودرو وارد محیط‌زیست می‌شوند. این آلاینده‌ها توسط جریان ترافیکی در اطراف راه‌ها توزیع و باعث آلودگی آب، خاک، هوا و گیاهان این نواحی می‌شوند (۳). از جمله فلزات سنگین رایج آلوده‌کننده محیط‌زیست سرب، کادمیوم و روی هستند که مرتبط با منابع متحرک‌اند، زیرا در موتورها، بنزین، تایرها، روغن‌های روغن کاری و بخش‌های گالوانیزه وسایل نقلیه هستند (۴). عنصری همچون روی جزء عناصر مغذی برای گیاه به شمار می‌رود که مقدار ۱۰۰-۱۵ میلی‌گرم در کیلوگرم از این فلز در اندام‌های گیاهی برای فعالیت‌های آنزیمی در گیاه ضروری است. مقادیر بیش از این می‌تواند در سوخت و ساز گیاه مشکل ایجاد می‌کند (۵). در مقابل عناصری همچون کادمیوم و سرب با مقادیر بین ۱/۵ و ۳ میلی‌گرم در کیلوگرم نه تنها برای فعالیت‌های فیزیولوژیکی در گیاه نقشی ندارند، بلکه در بسیاری از موارد سمی و برای حیات گیاه مضر می‌باشند (۶). سرب عموماً در نتیجه استفاده از سوخت-های بنزینی سرب‌دار وارد محیط شهری می‌شود (۷، ۸، ۹) و به دو طریق گیاهان اطراف جاده و خیابان را آلوده می‌کند: ۱- رسوب بر روی شاخ و برگ از راه اتمسفر ۲- رسوب در خاک و جذب آن به وسیله ریشه گیاهان و انتقال آن به اندام‌های فوقانی (۱۰). کادمیوم در تایر خودروها وجود دارد و از طریق استهلاک خودروها و انتشار ترافیکی به محیط شهری اضافه می‌شود (۷، ۸، ۹). کادمیوم از سمی‌ترین فلزها در محیط زیست است که حلالیت و تحرک بسیار بالایی دارد و به راحتی از خاک به گیاه منتقل می‌شود و ازدیاد آن در گیاهان سبب ایجاد مشکلاتی در رشد گیاه می‌گردد که سبب آسیب رساندن به اندام فتوسنتز کننده و کاهش مقدار کلروفیل، کاهش رشد و در نهایت مرگ را به دنبال دارد (۱۱، ۱۲). تعیین غلظت عناصر در نمونه‌های گیاهی و در مراحل مختلف، یک جایگزین آسان و مؤثر برای پایش زیستی آلاینده‌ها در مناطق شهری می‌باشند. با توجه مضرات فلزات سنگین برای موجودات زنده از جمله انسان، همواره بشر به دنبال راه مناسبی برای کاهش آن‌ها در طبیعت بوده است. با توجه به این‌که برگ‌های گیاهان از طریق تعرق در تبادل دایمی با گازهای اتمسفری بوده و در جذب و تجمع آلاینده‌های جوی نقش مهمی دارند، به همین دلیل آن‌ها از عوامل مهم در جهت پایش زیستی و اندازه‌گیری آلودگی هوا در نظر گرفته می‌شوند (۱۳، ۱۴، ۱۵). مطالعات مربوط به تعیین میزان و نوع آلاینده‌های ناشی از ترافیک شهری و صنعتی در برگ درختان می‌تواند راهگشای ارایه راه حل‌های عملی در جهت سالم سازی محیط زیست قرار گیرد. مطالعات متعددی در داخل و خارج از کشور به سنجش فلزات سنگین در برگ‌ها و بافت‌های گیاهی پرداخته‌اند که به برخی از آن‌ها اشاره می‌شود. خادمی و همکاران (۱۳۹۱) در تحقیقی به بررسی میزان جذب سرب در اندام‌های گونه اقاقیا در ملایر پرداختند. نتایج نشان داد که ریشه درختان بیش‌تر از اندام‌های هوایی سرب جذب می‌کنند. جذب سرب در اندام‌های درختان، در رویشگاه آلوده بیش‌تر از سایر رویشگاه‌ها بوده و بالاترین میزان جذب سرب در شهریور ماه و کم‌ترین مقدار آن در تیر ماه مشاهده گردید. شعبانیان و چراغی (۱۳۹۲) در تحقیقی به بررسی توان زیست پالایی گونه‌های چوبی مورد استفاده در جنگل‌داری شهری سنندج و میزان انباشت برخی فلزات سنگین از قبیل سرب، روی، کادمیوم و منگنز در برگ گونه‌های چنار شرقی، نارون، زبان گنجشک، سرو خمره‌ای و کاج سیاه پرداختند. نتایج نشان داد که انباشت سرب، روی و کادمیوم در برگ بیش‌تر گونه-ها در منطقه آلوده بیش‌تر از منطقه شاهد بوده است. در منطقه

آلوده بیش‌ترین مقدار انباشت سرب و کادمیوم در سرو خمره‌ای، روی در زبان گنجشک و منگنز در نارون مشاهده شد. دوگان لار و آتماکا (۲۰۱۱) در مطالعه‌ای تأثیر آلودگی‌های شهری و صنعتی در تجمع فلزات Pb، Cd،Al، Cu و Zn، همچنین بر فعالیت پراکسیداز، رنگدانه‌ها و پروتئین‌ها گونه‌های درختچه‌ای و برگ درختان منطقه Antakya ترکیه پرداختند. نتایج نشان داد که بیش‌ترین میزان آلودگی در گیاهان، ناشی از فعالیت‌های صنعتی و ترافیکی می‌باشد. مقدار فلزات Cu و Al گیاهان در محل‌های پرتردد شهری و در مقابل غلظت فلزات Cd، Pb،Zn در مناطق صنعتی بالا بود. افرای زبان گنجشکی نشان داد که بیش‌ترین تجمع فلزات Pb و Zn در مناطق صنعتی و تجمع Al برای محل‌های پرتردد شهری است. همچنین بیش‌ترین مقدار Cu و Cd در چنار و خرزهره اندازه‌گیری شد. اوگبونا و همکاران (۲۰۱۳) در پژوهشی به تعیین غلظت فلز سرب در برگ درختان کنار جاده‌های شهر Umuahia در دو ایستگاه با ترافیک بالا (SS1) و ترافیک کم (SS2) پرداختند. نتایج نشان داد که میانگین غلظت سرب در SS1 و SS2 به ترتیب ۱۲/۰۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم و ۰/۰۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم می‌باشد. نوروزی و همکاران (۲۰۱۶)، در مطالعه‌ای امکان استفاده از برگ درختان چنار به عنوان یک زیست ردیاب آلودگی هوا مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که برگ درخت چنار پتانسیل بالایی در تعیین شاخص آلودگی هوا برای فلزات سنگین ذکر شده به جز سرب را دارد (۳۲). هدف از انجام این تحقیق بررسی مقادیر فلزات سنگین در مرکز شهر شهرکرد به عنوان یک منطقه با ترافیک نسبتاً بالا و مقایسه آن از این نظر با دیگر مناطق با ترافیک کم‌تر، بررسی و مقایسه مقدار انباشت فلزات سنگین (سرب، کادمیوم و روی) در اندام برگ برخی از گونه‌های درختی مورد استفاده در جنگل‌داری شهری شهرکرد از قبیل زبان گنجشک (*Fraxinus rotundifolia*)، سروخمره‌ای (*Thuja orientalis*)، نارون (*Ulmus umbraculifere*) و برگ نو (*Ligustrum ovalifolium*) و مقایسه میزان غلظت فلزات در برگ گونه‌های مذکور در دو دوره‌ی زمانی نمونه‌برداری در ارتباط با آلودگی‌های محیطی ناشی از وسایل نقلیه به منظور انتخاب بهترین گونه، برای استفاده در فضای سبز شهرکرد و یا در دیگر شهرها با اقلیم و شرایط مشابه می‌باشد.

مواد و روش‌ها

پهنه شهری شهرکرد با مساحت ۲۳/۸۵ کیلومترمربع در ۹۷ کیلومتری جنوب غرب اصفهان بین ۵۰ درجه و۴۹ دقیقه و۲۲ ثانیه تا ۵۰ درجه و۵۳ دقیقه و ۴۴ ثانیه طول و ۳۲ درجه و ۱۸ دقیقه و ۲۲ ثانیه تا ۲۳ درجه و ۲۱ دقیقه و ۵۰ ثانیه عرض جغرافیایی در ارتفاع ۲۰۶۰ متر بالاتر از سطح دریا واقع شده است. آب و هوای حاکم بر این پهنه نیمه مرطوب معتدل با تابستان‌های معتدل و زمستان‌های بسیار سرد است. میانگین سالانه دمای هوا در شهرکرد۱۱/۵ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. در طول ۳۰ سال گذشته حداقل مطلق دما و حداکثر مطلق دمای ثبت شده در شهرکرد به ترتیب ۳۲ درجه سانتی‌گراد زیر صفر و ۴۲ درجه سانتی‌گراد بالای صفر بوده است. سردترین و گرم‌ترین ماه‌های سال در شهرکرد به ترتیب دی و مرداد می‌باشد (۲۱). جهت بررسی پتانسیل گونه‌های چوبی مورد استفاده در فضای سبز شهرکرد، در جذب فلزات سنگین ناشی از ترافیک شهری، چهار منطقه با حجم ترافیکی متفاوت در نقاط مختلف شهر خیابان کاشانی (ترافیک زیاد)، خیابان سعدی (ترافیک متوسط)، ترمینال مسافربری (ترافیک کم) و دانشگاه شهرکرد (ترافیک بسیار کم) انتخاب گردیدند.

روش نمونه‌برداری و آزمایش

به منظور بررسی فلزات سنگین ترافیکی، اقدام به جمع‌آوری نمونه‌های برگ گونه‌های موجود در چهار منطقه‌ی مورد بررسی، در دو نوبت اواخر بهار و تابستان ۱۳۹۵ شد. نمونه‌برداری از قسمت بیرونی تاج پوشش و سمت خیابان، که حجم ترافیک زیاد است به صورت تصادفی انجام پذیرفت. جمع‌آوری نمونه‌های برگ

با استفاده از قیچی باغبانی صورت گرفت (۳۱). در هر خیابان به طور تصادفی ۲۰ درخت و از هر گونه‌ی درختی ۵ نمونه گرفته شد. به منظور آماده‌سازی نمونه‌های برگ، ابتدا نمونه‌ها (شسته نشده) در دمای اتاق خشک و برای رسیدن به وزن ثابت به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد در آون قرار داده شدند. سپس نمونه‌ها آسیاب و پس از همگن‌سازی میزان مشخصی از آن‌ها توزین شد. در ادامه برای هضم اسیدی نمونه‌ها در محلول اسید نیتریک (۶۵ درصد) و هیدروکلریدریک اسید (۳۷ درصد) به نسبت ۳ به ۱ حل و مخلوط به مدت ۲۴ ساعت در دمای اتاق نگه‌داری شد. سپس نمونه‌ها به مدت یک ساعت در دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد بر روی هات پلیت حرارت داده شد و پس از صاف کردن نمونه‌ها با کاغذ صافی واتمن ۴۲ به حجم ۲۵ میلی-لیتر رسانده و غلظت عناصر سنگین (کادمیوم، سرب و روی) در نمونه‌ها با استفاده از دستگاه جذب اتمی Perkin مدل (AA400) اندازه‌گیری شد (۳۳). در این تحقیق به منظور پایش زیستی گونه‌های درختی مورد استفاده در فضای سبز شهرکرد، تأثیر عوامل متغیری شامل گونه‌های درختی، ایستگاه‌های تحقیقاتی و زمان‌های نمونه‌برداری بر غلظت فلزات سرب، کادمیوم و روی موجود در برگ درختان مورد مطالعه قرار گرفت. نمونه-برداری در قالب طرح آماری کاملاً تصادفی در ۵ تکرار انجام و داده‌ها به کمک آزمون تجزیه واریانس دو طرفه و با استفاده از نرم افزار آماری SPSS مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند

نتایج

نتایج آزمون تجزیه واریانس داده‌های مربوط به انباشت فلزات سنگین در برگ گونه‌های مورد مطالعه در جدول (۲) آورده شده است. همان‌طور که جدول (۲) نشان می‌دهد اثر گونه‌ی درختی، مکان جمع‌آوری و اثر متقابل این دو پارامتر بر میزان انباشت فلزات سرب، روی و کادمیوم در سطح یک در صد معنی‌دار بوده است. با توجه به جدول (۲) انباشت سرب، روی و کادمیوم در گونه‌های منطقه آلوده (خیابان کاشانی) به طور معنی‌داری در سطح یک درصد بیش‌تر از مناطق دیگر است. همچنین نتایج مربوط به میانگین و خطای استاندارد میانگین غلظت فلزات سنگین در برگ نمونه‌های (زبان گنجشک، نارون، سروخمره‌ای و برگ نو) در ایستگاه‌های مورد مطالعه طی دو مرحله‌ی نمونه-برداری در جدول (۳ و ۴) آمده است.

جدول ۲- تجزیه واریانس داده‌های مربوط به انباشت فلزات سنگین در برگ گونه‌های درختی

Table 3- Results of the analysis of variance (ANOVA) of metal accumulation in leaves of tree species

	سرب			کادمیوم			روی		
منبع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F	درجه آزادی	میانگین مربعات	F	درجه آزادی	میانگین مربعات	F
گونه	۳	۲۳/۸۲	۲۴/۳۲**	۳	۱/۳۵	۵۰/۴۸**	۳	۱۷۷/۳۱	۴۳/۴**
مکان	۳	۴۴/۴۲	۴۵/۳۵**	۳	۳/۷۴	۱۳۹/۵۸**	۳	۲۱۴۹/۶۴	۵۳/۷۱**
گونه× مکان	۹	۸/۵۰	۸/۶۷**	۹	۰/۲۶	۹/۸۸**	۹	۲۲۹/۲۱	۵/۷۲**
خطا	۱۱۹	۰/۹۷		۱۲۸	۰/۰۲		۱۲۳	۴۰/۰۱	
کل	-								

** اختلاف معنی‌دار در سطح یک درصد

جدول ۳- مقادیر عناصر سنگین میانگین و (خطای استاندارد میانگین) در برگ گونه‌های مورد بررسی بر اساس میلی‌گرم بر کیلوگرم طی مرحله اول نمونه برداری (اواخر بهار)

Table 3- Average value of heavy metals and (Standard mean error) in tree species (mg/ kg) during the first stage of sampling period (late spring)

گونه درختی	Pb(mg/kg)				Cd(mg/kg)				Zn(mg/kg)			
	دانشگاه شهرکرد	ترمینال آزادی	خیابان سعدی	خیابان کاشانی	دانشگاه شهرکرد	ترمینال آزادی	خیابان سعدی	خیابان کاشانی	دانشگاه شهرکرد	ترمینال آزادی	خیابان سعدی	خیابان کاشانی
زبان گنجشک	۰/۰۰ (۰/۰۰)	۰/۰۷ (۰/۰۷)	۰/۶۸ (۰/۴۹)	۰/۲۲ (۰/۱۹)	۰/۲۱ (۰/۰۸)	۰/۲۲ (۰/۰۹)	۰/۱۱ (۰/۰۴)	۰/۲۱ (۰/۰۹)	۰/۸۰ (۰/۸۰)	۰/۰۷ (۰/۰۷)	۰/۶۸ (۰/۴۹)	۰/۲۲ (۰/۱۹)
سروخمره‌ای	۰/۸۵ (۰/۱۷)	۰/۴۰ (۰/۱۰)	۱/۶۷ (۰/۳۶)	۲/۱۵ (۰/۹۳)	۱/۲۵ (۰/۰۸)	۰/۹۹ (۰/۰۲)	۱/۸۴ (۰/۰۹)	۱/۷۵ (۰/۱۴)	۱/۴۴ (۱/۲۶)	۱/۴۴ (۰/۸۶)	۳/۰۶ (۱/۵۱)	۱/۷۳ (۱/۱۱)
برگ نو	۰/۱۱ (۰/۰۶)	۰/۱۰ (۰/۰۶)	۲/۸۷ (۰/۲۷)	۴/۶۵ (۰/۱۵)	۰/۶۸ (۰/۱۷)	۰/۸۵ (۰/۰۷)	۱/۳۱ (۰/۰۳)	۱/۷۰ (۰/۰۳)	۱۴/۹۸ (۴/۵۸)	۴/۶۲ (۱/۷۵)	۱۲/۷۰ (۳/۴۶)	۱۹/۵۳ (۵/۱۴)
نارون	۰/۰۱ (۰/۰۱)	۰/۰۰ (۰/۰۰)	۰/۰۰ (۰/۰۰)	۰/۲۲ (۰/۱۶)	۰/۶۴ (۰/۰۶)	۰/۴۷ (۰/۰۳)	۰/۶۲ (۰/۰۴)	۱/۵۱ (۰/۰۴)	۱/۱۱ (۱/۱۱)	۴/۹۰ (۲/۰۲)	۲/۸۳ (۱/۶۸)	۱/۵۳ (۰/۹۴)
میانگین	۰/۲۴	۰/۱۴	۱/۳۰	۱/۸۱	۰/۶۹	۰/۶۳	۰/۹۷	۱/۲۹	۴/۵۸	۲/۷۵	۴/۸۱	۵/۷۵

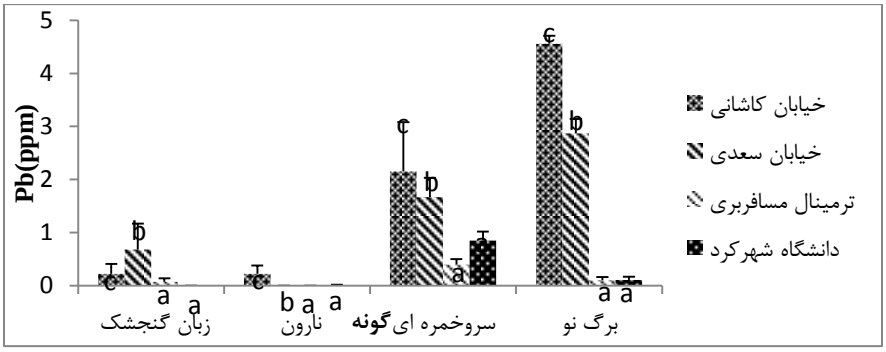
جدول ۴- مقادیر عناصر سنگین میانگین و (خطای استاندارد میانگین) در برگ گونه‌های درختی بر اساس میلی‌گرم بر کیلوگرم طی مرحله دوم نمونه برداری (اواخر تابستان)

Table 4- Average value of heavy metals and (Standard mean error) in tree species (mg / kg) during the second stage of sampling period (late summer)

گونه درختی	Pb(mg/kg)				Cd(mg/kg)				Zn(mg/kg)			
	دانشگاه شهرکرد	ترمینال آزادی	خیابان سعدی	خیابان کاشانی	دانشگاه شهرکرد	ترمینال آزادی	خیابان سعدی	خیابان کاشانی	دانشگاه شهرکرد	ترمینال آزادی	خیابان سعدی	خیابان کاشانی
زبان گنجشک	۰/۰۰ (۰/۰۰)	۰/۴۵ (۰/۱۷)	۱/۱۷ (۰/۷۹)	۰/۷۱ (۰/۴۰)	۰/۵۸ (۰/۰۳)	۰/۸۷ (۰/۰۸)	۰/۸۱ (۰/۰۹)	۰/۸۱ (۰/۰۸)	۰/۹۲ (۰/۸۲)	۷/۳۴ (۳/۴۰)	۳/۲۶ (۲/۱۳)	۵/۴۷ (۲/۲۳)
سروخمره‌ای	۰/۲۷ (۰/۱۷)	۰/۴۳ (۰/۴۱)	۱/۷۲ (۰/۴۰)	۲/۱۸ (۰/۹۱)	۰/۷۹ (۰/۰۴)	۰/۷۳ (۰/۰۳)	۰/۹۴ (۰/۰۸)	۰/۸۶ (۰/۰۶)	۳/۹۵ (۱/۸۰)	۶/۰۵ (۰/۹۹)	۹/۴۰ (۰/۶۸)	۱۱/۷۰ (۲/۴۹)
برگ نو	۳/۸۶ (۰/۹۵)	۰/۰۳ (۰/۰۳)	۳/۵۶ (۰/۹۵)	۵/۴۷ (۰/۹۲)	۱/۰۸ (۰/۰۳)	۰/۸۰ (۰/۰۶)	۰/۹۹ (۰/۰۶)	۱/۱۲ (۰/۰۵)	۳۲/۳۳ (۴/۰۹)	۵/۵۵ (۰/۱۵)	۲۷/۷۸ (۸/۴۴)	۳۲/۶۸ (۶/۹۷)
نارون	۰/۰۱ (۰/۰۱)	۰/۲۳ (۰/۲۳)	۰/۱۷ (۰/۱۷)	۰/۳۴ (۰/۱۲)	۰/۴۳ (۰/۰۱)	۰/۸۳ (۰/۰۶)	۰/۷۰ (۰/۰۶)	۰/۸۱ (۰/۰۳)	۱/۱۳ (۱/۱۳)	۷/۴۶ (۱/۸۵)	۳/۵۲ (۰/۹۶)	۶/۱۵ (۰/۵۱)
میانگین	۱/۰۳	۰/۲۸	۱/۶۵	۲/۱۷	۰/۷۲	۰/۸۰	۰/۸۶	۰/۹۰	۹/۵۸	۶/۶۰	۱۰/۹۹	۱۴/۰۰

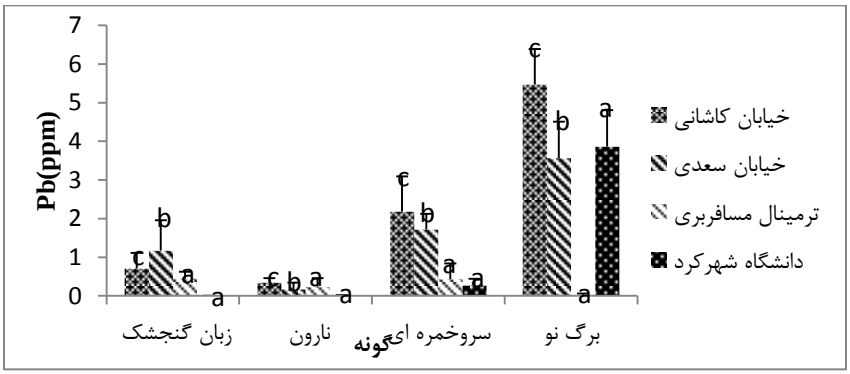
با توجه به جدول (۳ و ۴) حداکثر میزان جذب سرب در برگ گونه‌های چوبی ذکر شده طی دو دوره‌ی نمونه‌برداری مربوط به ایستگاه خیابان کاشانی با میانگین ۲/۱۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم و حداقل آن مربوط به ایستگاه ترمینال آزادی با میانگین ۰/۱۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم می‌باشد. همچنین حداکثر میانگین کادمیوم در برگ گونه‌های نامبرده در ایستگاه‌های مذکور مربوط به ایستگاه کاشانی با میانگین ۱/۲۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم و حداقل آن مربوط به ایستگاه ترمینال آزادی با میانگین ۰/۶۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم تعیین شد. بیش‌ترین مقدار میانگین روی طی دو دوره‌ی زمانی در ایستگاه خیابان کاشانی با میانگین ۱۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم و حداقل آن مربوط به ایستگاه ترمینال آزادی با میانگین ۲/۷۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم به دست آمد.

بر اساس نتایج به دست آمده در جدول (۳ و ۴) از آنالیز برگ گونه‌های چوبی در ایستگاه‌های مورد مطالعه، حداقل میزان فلز سرب در طی دو دوره‌ی نمونه‌برداری مربوط به گونه‌ی درختی زبان گنجشک، واقع در سایت دانشگاه شهرکرد با میانگین صفر (شکل ۱-۲) و حداکثر میزان فلز سرب در هر دو دوره‌ی نمونه-برداری مربوط به گونه‌ی چوبی برگ نو، در خیابان کاشانی با میانگین ۴/۶۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک طی مرحله اول (شکل ۲) و ۵/۴۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک طی مرحله دوم مشاهده شد (شکل ۳). نتایج آنالیز نمونه‌های مورد مطالعه برای عنصر کادمیوم نشان داد که حداقل میزان کادمیوم مربوط به گونه‌ی زبان گنجشک در سایت خیابان سعدی با میانگین ۰/۱۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک در مرحله‌ی اول نمونه‌برداری (شکل ۴) و میانگین ۰/۴۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک مربوط به گونه‌ی نارون در سایت دانشگاه شهرکرد در مرحله‌ی دوم (شکل ۵) و حداکثر میزان فلز کادمیوم در مرحله‌ی اول مربوط به گونه‌ی سروخمره‌ای درسایت خیابان سعدی با میانگین ۱/۸۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک (شکل ۴) و حداکثر میزان فلز کادمیوم در مرحله‌ی دوم مربوط به گونه‌ی چوبی برگ نو، در سایت خیابان کاشانی با میانگین ۱/۱۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک می‌باشد (شکل ۵). نتایج آنالیز نمونه‌ها برای عنصر روی نشان داد که حداقل میزان فلز روی در مرحله‌ی اول نمونه‌برداری مربوط به گونه‌ی زبان گنجشک در سایت ترمینال آزادی با میانگین ۰/۰۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک (شکل ۶) و حداقل میزان این فلز در مرحله‌ی دوم مربوط به ایستگاه دانشگاه شهرکرد با میانگین ۰/۹۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک می-باشد (شکل ۷). حداکثر میزان فلز روی طی دو دوره‌ی نمونه-برداری مربوط به گونه‌ی برگ نو در ایستگاه خیابان کاشانی با میانگین ۱۹/۵۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک در مرحله‌ی اول (شکل ۶) و میانگین ۳۲/۶۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک در مرحله‌ی دوم می‌باشد (شکل ۷).



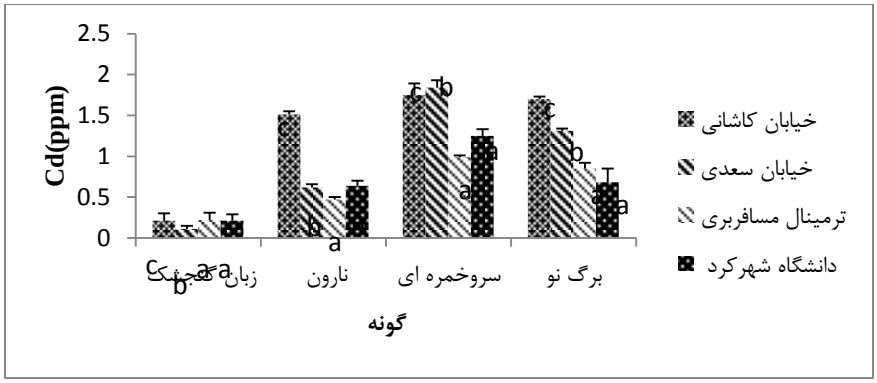
شکل۲ – مقایسه مقدار سرب جذب شده در برگ گونه‌های درختی واقع در سایت‌های مختلف طی مرحله‌ی اول نمونه برداری

Figure 2- Comparison of lead content absorbed in leaves of tree species located at different sites during the first sampling period



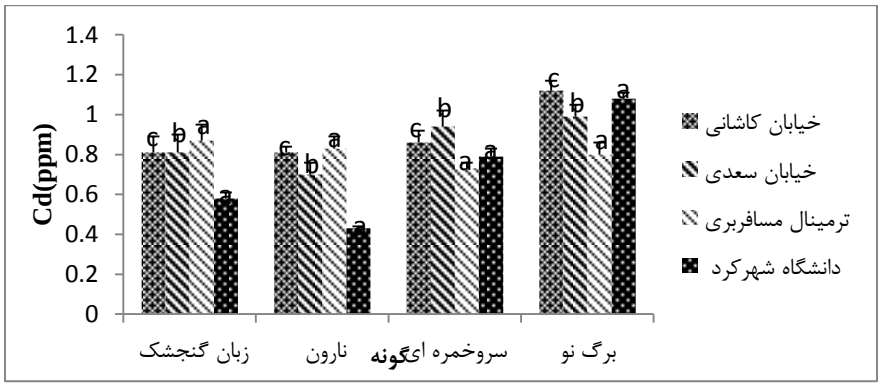
شکل ۳- مقایسه مقدار سرب جذب شده در برگ گونه‌های درختی واقع در سایت‌های مختلف طی مرحله‌ی دوم نمونه برداری

Figure 3- Comparison of lead content absorbed in leaves of tree species located at different sites during the second sampling period



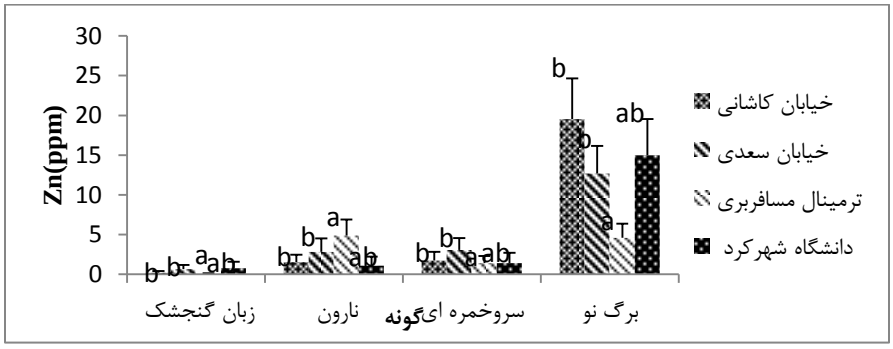
شکل ۴- مقایسه مقدار کادمیوم جذب شده در برگ گونه‌های درختی واقع در سایت‌های مختلف طی مرحله‌ی اول نمونه برداری

Figure 3- Comparison of Cadmium content absorbed in leaves of tree species located at different sites during the first sampling period



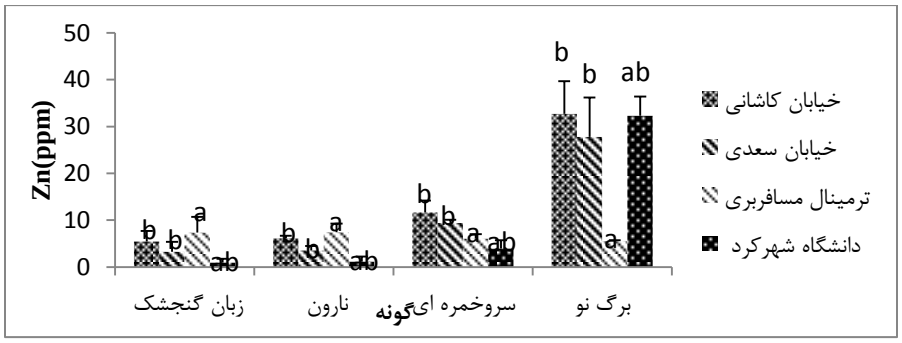
شکل ۵- مقایسه مقدار کادمیوم جذب شده در برگ گونه‌های درختی واقع در سایت‌های مختلف طی مرحله‌ی دوم نمونه برداری

Figure 5- Comparison of Cadmium content absorbed in leaves of tree species located at different sites during the second sampling period



شکل ۶- مقایسه مقدار روی جذب شده در برگ گونه‌های درختی واقع در سایت‌های مختلف طی مرحله‌ی اول نمونه برداری

Figure 6- Comparison of Zinc content absorbed in leaves of tree species located at different sites during the first sampling period



شکل ۷- مقایسه مقدار روی جذب شده در برگ گونه‌های درختی واقع در سایت‌های مختلف طی مرحله‌ی دوم نمونه‌برداری

Figure 7- Comparison of Zinc content absorbed in leaves of tree species located at different sites during the second sampling period

با توجه به نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل آماری، با استفاده از آزمون t-test، در جدول ۵ اختلاف معناداری میان غلظت فلز روی در مرحله اول در مقایسه با مرحله دوم مشاهده شد ($p<۰/۰۵$)، درحالی‌که بین مقادیر عنصر سرب مرحله اول در مقایسه با مرحله دوم اختلاف معناداری مشاهده نشد. همچنین مقدار کادمیوم در مرحله اول در مقایسه با مرحله دوم بیش‌تر می‌باشد ولی از لحاظ آماری این اختلاف معنی‌دار نبود ($p>۰/۰۵$) جدول (۵).

جدول ۵- میانگین میزان عناصر سنگین (میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک) در گونه‌های درختی ایستگاه‌های مختلف

Table 5- The average heavy metal content (mg/kg, dry weight) in different tree species of different stations

فلز / فصل (دوره)	سرب	کادمیوم	روی
اواخر بهار	۰/۸۷ (۱/۴۵)	۰/۸۹ (۰/۶۰)	۴/۳۹ (۷/۱۹)
اواخر تابستان	۱/۲۶(۱/۹۳)	۰/۸۲ (۰/۲۰)	۱۰/۵۰ (۱۲/۵۰)

بحث و نتیجه گیری

نتایج مطالعات حاضر نشان می‌دهد که اثر نوع گونه‌ی درختی، منطقه رویشی و نیز تأثیر متقابل این دو پارامتر بر مقدار انباشت فلزات سنگین سرب، کادمیوم و روی در سطح یک در صد معنی دار بوده است جدول (۱). مقایسه میانگین انباشت فلزات سنگین در گونه‌های درختی جدول (۲) نشان می‌دهد که انباشت سرب، روی و کادمیوم در بیش‌تر گونه‌های مورد بررسی در منطقه آلوده (خیابان کاشانی) با اختلاف معنی‌داری در سطح یک درصد بیش‌تر از سایر مناطق می‌باشد. در مورد فلز سرب، برگ نو در مقایسه با دیگر گونه‌ها توانسته است مقدار بیش‌تری (۵/۴۷ میلی گرم در کیلوگرم) از این فلز را در منطقه آلوده در خودش انباشته کند. از نظر فلز کادمیوم نیز سرو خمره‌ای بیش‌ترین مقدار جذب (۱/۸۴ میلی‌گرم در کیلوگرم) را در منطقه آلوده داشته است. در مورد فلز روی نیز گونه برگ نو در مقایسه با دیگر گونه‌ها توانسته است مقدار (۶۸/ ۳۲ میلی‌گرم در کیلوگرم) از این فلز را در منطقه آلوده در خود انباشته کند، که با مقایسه با میزان استاندارد فلزات، مقدار سرب و کادمیوم بالاتر از حد مجاز ارایه شده و برای فلز روی در حد مجاز بود. با مقایسه مقدار انباشت فلزات در گونه‌های مورد بررسی در مرکز شهر شهرکرد، به طور خلاصه می توان گفت که با اختلاف معنی‌داری در سطح یک درصد، بیش‌ترین مقدار انباشت فلزات سرب و روی در برگ نو و کادمیوم در سرو خمره‌ای اتفاق افتاده است. همچنین نتایج تحقیق نشان می‌دهد که میزان تجمع سرب در برگ گونه‌های درختی مورد مطالعه در طی زمان‌های مورد مطالعه (اواخر بهار و اواخر تابستان) دارای نوسان بوده و روند آن به ترتیب از خرداد به شهریور افزایش نشان می‌دهد. این نتیجه‌ها ضمن به اثبات رساندن وجود مقدار بیش‌تر فلزات سنگین در محیط مرکز شهر شهرکرد نسبت به دیگر مناطق، نشان می‌دهد که اولاً گونه‌های گیاهی در محیط‌های آلوده به فلزات سنگین می‌توانند بخشی از این فلزات را جذب کنند و به این طریق تا حدی از آلودگی محیط بکاهند و ثانیاً قابلیت و توانایی انباشت فلزات سنگین در گونه‌های گیاهی مختلف می‌تواند متفاوت باشد (۲۲). که این پدیده به احتمال زیاد به صفات فیزیولوژیکی گونه‌ها مربوط می‌باشد، به طوری که برخی از گونه‌های گیاهی به عنوان گیاهان سوپر جاذب تا حد زیادی می‌توانند فلزات سنگین را از محیط جذب کنند بدون این‌که خودشان دچار آسیب جدی شوند، درحالی‌که بعضی از گونه‌های گیاهی توانایی جذب پایین‌تری داشته و ممکن است در محیط های آلوده به فلزات سنگین در اثر مسمومیت آسیب دیده و از بین بروند (۲۳، ۲۴). گونه‌های 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 آلاینده‌های جوی مناسب به شمار می‌آیند (۲۵). این نتیجه‌ها در خصوص مقدار انباشت فلزات سنگین در گونه‌های مختلف مورد بررسی با بسیاری از تحقیقات انجام شده در این خصوص همخوانی دارد. بادفر (۱۳۹۱) نشان داد که گونه‌های سوزنی برگ سرو نقره‌ای و کاج تهران بیش‌ترین تراکم فلز سمی کادمیوم را در تمام اندام‌هایشان نشان دادند که با نتایج این مطالعه در مورد انباشت بیش‌تر فلز کادمیوم در گونه‌ی سوزنی برگ سرو خمره‌ای هم خوانی دارد. شعبانیان و چراغی (۱۳۹۲) نشان دادند که انباشت سرب و کادمیوم در سرو خمره‌ای، روی در زبان گنجشک و منگنز در نارون بوده است. خادمی و کرد (۱۳۸۹) در مطالعات خود نقش فصول مختلف را در میزان جذب سرب در گیاهان مورد بررسی قرار دادند و اظهار داشتند که بیش‌ترین میزان جذب سرب در فصل تابستان صورت می‌پذیرد. عطاآبادی و همکاران (۱۳۸۸) در مطالعات خود به این نتیجه رسیدند که از گونه‌های سرو، زبان گنجشک، توت و برگ نو به عنوان شاخص زیستی مناسب فلزات سنگین هوازاد در نواحی خشک می‌توان استفاده نمود. از مهم ترین نتایج تحقیق حاضر توانایی و مقایسه گونه‌های چوبی مورد استفاده در جنگل‌داری شهری شهرکرد از نظر جذب فلزات سنگین بوده است که تاکنون گزارش نشده بود. از نتایج دیگر این تحقیق بیان وجود مقدار قابل توجه فلزات سنگین در محیط مرکز

شهر با ترافیک بیش‌تر در مقایسه با محیط‌های دیگر با ترافیک کم‌تر است. بنابراین با توجه به احتمال توسعه‌ی بیش‌تر شهر و به تبع آن ترافیک بیش‌تر، باید در جنگل‌داری شهری با توجه به نوع آلودگی آن از گونه‌های مناسب استفاده شود. در این تحقیق چند گونه‌ی چوبی که در فضای سبز بیش‌تر شهرهای ایران کاربرد فراوانی دارند با یکدیگر از نظر توانایی جذب فلزات سنگین مقایسه شدند و به ترتیب گونه‌های درختی برگ نو، سرو خمره‌ای، نارون چتری و زبان گنجشک به عنوان بهترین گونه‌های چوبی جاذب فلزات سنگین، در فضای سبز شهرکرد معرفی می‌شوند ولی برای این‌که مشخص شود هر یک از آن‌ها تا چه اندازه برای پاک‌سازی محیط مناسب هستند، نیاز به تحقیق گسترده‌تری در شرایط مختلف می‌باشد.

منابع

1. MacFarlane, G.R ., Burchett, M.D., 2000. Cellular distribution of Cu, Pb and Zn in the Grey Mangrove*Avicennia marina* (Forsk) Vierh. *Aquatic Botany*, 68: 45-59.
2. Bargagli, R., 1998. Trace Elements in Terrestrial Plants: An Ecophyciological Approach to Biomonitoring and Biorecovery. Springer-Verlag, Berlin.
3. Van Bohemen, H.D ., Janssen Van De Laak,W. H., 2003. The influence of road infrastructure and traffic on soil, air and water quality, J. *Environmental Management*, 31(1), 50-68.
4. Saeedi, M., Hosseinzadeh, M., Jamshidi, A., Pajooheshfar, S., 2009. Assessment of heavy metals contamination and leaching characteristics in highway side soils, Iran. *Environmental monitoring and assessment*, 151(1), 41-231 (in Persian).
5. Aksoy, A., Demirezen, D., 2006. *Fraxinus excelsior* as a biomonitor of heavy metal pollution. *Polish Journal of Environmental Studies*, 15(1), 27-33.
6. Sharma, S., Prasad, F.M., 2010. Accumulation of Lead and Cadmium in soil and vegetable crops along major highways in Agra (India). *Electronic Journal of Chemistry*, 7(4), 1174-1183.
7. Sarkar, B., 2002. Heavy metals in environment. New York: Marcel Dekker.
8. Afyuni, M., 2002. Investigation on surface pollution soils in central region of Isfahan, Faculty of Agriculture, Isfahan University of Technology, Scientific Report (In Persian).
9. Amini, M., 2004. Modeling heavy metal accumulation and assessing its uncertainty in agro- ecosystems of Isfahan region. PhD thesis. Isfahan University of Technology. Isfahan. Iran, (In Persian).
10. Wahabi, A., Reza, A. 1986. Distribution of Lead in plant and soils Lahijan tea tree gardens in relation to the axis of the road, Jihad University Press, 127pp (In Persian).
11. Pagotto, C., Remy, N., Legret, M., LeCloirec, P., 2001. Heavy metal pollution of road dust and roadside soil near a major rural highway. *Environmental Technology*, Vol. 22,pp. 307-319.
12. Jia, L., Wang, W., Li, Y., Yang, L., 2010. Heavy metals in soil and crops of an intensively farmed area: A case study in Yucheng City, Shandong Province, China. *Int J Environ Res Public Health*, Vol. 7, pp. 395- 412.

13. KabataPendias, A., Pendias, H., 2000. Trace Elements in Soils and Plants. Boea Raton, Florida. CRC Press.
14. Singh, S.K., Rao, D.N., 1983. Evaluation of plants for their tolerance to air pollution. Proceedings of symposium on air pollution control. IIT Delhi.
15. Lasksmi, P.S., Sravanti, K.L., Sravinas, N., 2008. Air pollution tolerance index of various plant species growing in industrial areas. *The Ecoscan*, 2 (2), 203 – 206.
16. Khademi, A., Kord, B., Fatemitalab., R., 2011. Evaluation of *robinia pseudoacacia* species for reduction of lead contamination. *The first* national *conference on* planning *and environmental* protection, (In Persian).
17. Shabanian, N. and Cheraghi, C., 2013. Comparison of phytoremediation of heavy metals by woody species used in urban forestry of Sanandaj City. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 21*(1). (In Persian).
18. Piczak, K., Lesniewic, A., Zyrnicki, W., 2003. Metal concentration in deciduous tree leaves from urban Arasin Poland. Environmental monitoring and assessment, Vol . 86, pp. 273-287.
19. Doganlar, Z.B., Atmaca, M., 2011. Influence of airborne pollution on cd, zn, pb,cu, and physiological parameters of plant leaves in Antakya (turkey). Water, air and soil pollution,Vol. 214,pp. 509-523.
20. Ogbonna, C.E., Enete, I.C., Egedeuzu, C.S., Ogbochi, E.F., 2013. Heavy Metal Concentration in Leaves of Roadside Trees in Umuahia Urban, Nigeria. *Resources and Environment*, 3(5), 141-144.
21. Chaharmahal va Bakhtiari meteorological administration, 2011 (www.chaharmahalmet.ir).
22. Burken, J., Vroblesky, D., Balouet, J.C., 2011. Phytoforensics, Dendrochemistry and Phytoscreening: New Green Tools forDelineating Contaminants from Past and Present. *Environmental Science and Technology*, 45(15), 6218–6226.
23. Gosh, M., Singh, S.P., 2005. A review on phytoremediation of heavy metals and utilization of its hypoducts. *Applied ecology and environmental research*, 3(1), 1-18.
24. Baycu, G., Ozden, H., Tolunay, D., Gunebakan, S., 2006. Ecophysiological and seasonal variations in Cd, Pb, Zn, and Ni concentrations in the leaves of urban deciduous trees in Istanbul. *Environmental Pollution*,Vol. 143, pp. 545-554.
25. Kumar, S.R., Arumugam, T., Anandakumar, C., Balakrishnan, S., Rajavel,D., 2013. Use of Plant Species in Controlling Environmental Pollution A. *Bulletin of Environment, Pharmacology and life Sciences*, 2(2),52-63.
26. metals in different organs of four tree species (Cupressusarizonica, Morus alba, Robinia pseudacacia, Pinus eldarica) cultivated in Mobarakeh Steel Complex. 2011. M.Sc. thesis, Shahrekord University, Iran, (In Persian).
27. Khademi, A., Kord, B.,2009. The role of broad-leaved tree species in reducing

lead-contamination. *Journal of science and technology of natural resources.* 1:1-12pp, (In Persian).

28. S. Azampoor, S., Pilehvar, B., Shirvany, A., Bayramzadeh, V., Ahmadi, M. 2013. Nickle phytoremediation by leaves of planted species (Fraxinus rotundifolia, Ulmus densa, Salix alba) (Case study: Kermanshah oil refinery area). *Iranian Journal of Forest*, 5(2), 141-150pp, (In Persian).
29. Ebrahimi, M., Jafari, M., Savaghebi, G.R., Azarnivand, H., Tavili, A. and Madrid, F., 2014. Investigation of Heavy Metals Accumulation in Plants Growing in Contaminated Soils (Case Study: Qazvin Province, Iran), journal of rangeland science, 4(2), 91-100 pp. (In Persian).
30. Ataabadi, M., Hoodaji, M.,Najafi, P., 2010. Heavy metals biomonitoring by plants grown in an industrial area of Isfahan' Mobarakeh Steel Company, *Journal of environmental studies*, 35 (52), 83-92pp, (In Persian).
31. Tabibian, S., and Hashemi, S.A., 2017. Survey The Effect of Cadmium on Dry Weight, Growth and Absorbed of Species Tree of Platanus orientalis. Human & Environment, 15(1), 37-44pp, (In Persian).
32. Norouzi, S., Khademi, H., Cano, A.F. and Acosta, J.A., 2016. Biomagnetic monitoring of heavy metals contamination in deposited atmospheric dust, a case study from Isfahan, Iran. Journal of environmental management, 173, pp.55-64.
33. Westerma, R.E.L., 1990. Soil testing and plant analysis, SSSA, Madison wisconsin, USA.