

## ارزیابی غلظت سرب، کادمیوم، روی، مس و آهن در افاقیا و خاک در مکان های

### مختلف اصفهان

حسین امینی<sup>۱</sup>، مهران هودجی<sup>۲</sup>

### چکیده

غلظت فلزات سنگین در برگهای افاقیا و در خاک جمع آوری شده از چهار مکان مختلف در اصفهان مورد ارزیابی قرار گرفت. غلظت فلزات سنگین (Cd و Mn ، Cu ، Pb ، Zn ، Fe) در خاک و برگ های نمونه برداری شده شسته شده و شسته نشده از سایت های چهارگانه (خوراسگان - خیابان هشت بهشت شرقی، محدوده کارخانه ذوب آهن و باغ بهادران) در دو مرحله (اواخر خرداد و شهریور ۱۳۸۴) جمع آوری و پس از آماده کردن مقدماتی توسط دستگاه جذب اتمی اندازه گیری شدند. نتایج تجزیه نمونه های خاک برداشت شده از عمق صفر تا ۱۰ سانتی متری سطح خاک نشان داد که میزان فلزات سنگین در سایت های مورد مطالعه کمتر از حد مجاز بوده است. غلظت فلزات سنگین در برگهای شسته نشده بیشتر از برگهای شسته شده بود و میان برگهای شسته شده و برگهای شسته نشده اختلاف معنی داری نشان داده شد. همچنین نتایج بدست آمده نشان داد به جز در مورد روی زمان نمونه برداری تاثیر معنی داری بر میانگین غلظت فلزات سنگین مورد مطالعه ندارد. همچنین میان فلزات سنگین برگهای شسته شده و این عناصر در خاک همبستگی معنی داری وجود نداشته است. به طور کلی نتایج این تحقیق نشان داد که مناطق صنعتی و پرتراфик شهری عامل اصلی آلودگی هوا به فلزات سنگین در اصفهان بوده و در این منطقه افاقیا می تواند به عنوان یک زیست ردیاب مطمئن در بررسیهای آلودگی هوا و خاک مورد استفاده قرار گیرد.

**کلمات کلیدی:** زیست ردیاب ، درخت افاقیا، فلزات سنگین ، آلودگی هوا، آلودگی خاک، منطقه صنعتی، منطقه پرتراфик

<sup>۱</sup> - کارشناس ارشد دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوراسگان، اصفهان

<sup>۲</sup> - عضو هیأت علمی دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوراسگان، اصفهان

## مقدمه

آلودگی یکی از معضلات زیانباری است که عمدتاً در جریان بهره‌برداری از منابع طبیعی و استفاده از سوخت‌های فسیلی به محیط زیست وارد می‌گردد. این پدیده با صنعتی شدن و نوگرایی جوامع شدت بیشتری یافته است. منظور از آلودگی محیط زیست ایجاد تغییرات نامطلوب در مشخصات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی منابع اصلی حیات یعنی آب، هوا و خاک به مقداری است که بقاء و سلامت انسان و دیگر موجودات را به خطر انداخته و فعالیت آنها را محدود می‌سازد (Markert, 1993). یکی از جدیدترین راه‌های مطمئن جهت دسترسی به تعیین مقدار و نوع بسیاری از آلاینده‌های محیطی استفاده از زیست ردیابی طبیعی است. نظر به این که بسیاری از گیاهان قادرند تعدادی از آلاینده‌ها را از طریق اندام‌های هوایی خود بخصوص برگ‌ها جذب و در خود ذخیره نمایند، لذا زیست ردیابی با گیاهان روشی مفید برای تخمین آلاینده‌ها است. سالهاست از گیاهان برای ارزیابی جذب و انباشتگی آلاینده‌های هوا و به طور کلی محیط زیست استفاده شده است. زیست ردیابی با گیاهان روشی کم هزینه و با ارزش جهت بررسی تاثیر آلاینده‌های مختلف هوا و به طور کلی محیط می‌باشد (Celik et al, 2004, Monaci and Bargali, 2000). غلظت آلاینده‌های هوا و جمع‌آوری اطلاعات در این زمینه روشی کاربردی بوده که می‌تواند ما را در جهت پیدا کردن راهکارهای عملی در زمین‌ه کنترل آلودگی هوا کمک کند (Aksoy and Sahin, 2000, Adel, 2003). به طور کلی زیست ردیاب‌ها را به دو دسته به نام‌های زیست ردیاب‌های فعال و زیست ردیاب‌های غیر فعال طبقه‌بندی کرده‌اند. در زیست ردیابی غیر فعال، از گیاهانی که در نواحی مورد مطالعه به طور طبیعی رشد کرده‌اند یا وجود دارند مانند گیاهان بومی، گیاهان باغی، گیاهان زراعی و گیاهان زینتی استفاده می‌شود. از گیاهان زیست ردیاب غیر فعال که در منابع علمی از آنها استفاده شده است می‌توان به برخی از گیاهان عالی نظیر درختان سپیدار، کاج، نخل خرما، سنجد، انجیر، زبان گنجشک، سیب، غان، عرعر، آقطی، بلوط، تبریزی و اقلایا اشاره کرد. در این

گیاهان از برگ و در برخی از موارد پوست و چوب آنها برای ردیابی آلاینده ها استفاده شده است.

برخی از گیاهان علفی به عنوان زیست ردیاب های غیرفعال نیز مورد استفاده قرار گرفته اند ( Markert et al.,1999). خزه ها، گل‌سنگها نیز برای بررسی آلودگی هوا به طور گسترده مورد استفاده قرار گرفته اند ( Celik and Aslihan,2004). در روش زیست ردیابی فعال گیاهانی که به صورت ژنتیکی نسبت به آلاینده های هوا واکنش نشان می دهند در منطقه مورد مطالعه کشت گردیده و یا از مناطق دیگری که آلوده نیستند جمع آوری و به محیط عرضه می گردد ( Djingova and Kuleff,1993).

در کشور ما نیز با توجه به توسعه صنعتی در نیمه دوم قرن اخیر و برنامه ریزی های آتی و همچنین روند رو به رشد تعداد وسائط نقلیه بنزین سوز، بررسی و بحث بر روی آلاینده ها و اثرات آنها در چرخه زیست محیطی به صورت امری ضروری در آمده است.

بخش اعظم استان و شهر اصفهان نیز به لحاظ استقرار واحدهای صنعتی آلوده ساز، وضعیت ترافیکی خاص و سنگین، موقعیت جغرافیایی، وجود کارگاه های کوچک و بزرگ (که بعضاً با تاکید بر افزایش تولید بدون وجود تجهیزات کافی برای مهار آلودگی مشغول فعالیت اند) در معرض خطر آلودگی هوا، خاک و آب قرار گرفته اند. بنابراین مطالعات مربوط به تعیین میزان و نوع آلاینده های ناشی از ترافیک شهری و صنعتی و غیره موجود در هوا و خاک شهر اصفهان می تواند راهگشای ارائه راه حل های عملی در جهت سالم سازی محیط قرار گیرد. بنابراین اجرای یک طرح تحقیقاتی در جهت تعیین آلودگی هوا و خاک در چند نقطه از

ناطق صنعتی و غیر صنعتی اصفهان با استفاده از روش زیست ردیابی لازم و ضروری به نظر رسید.

هدف از اجرای این طرح بررسی شدت آلودگی هوا و خاک به برخی از فلزات سنگین مانند

(Pb و Zn, Cd, Mn, Fe, Cu) در مناطق پر ترافیک و صنعتی شهر و حاشیه شهر اصفهان با

استفاده از درخت اقاچیا (*Robinia Pseudo acacia L.*) به عنوان یک گیاه زیست ردیاب غیر فعال انجام شد.

## مواد و روشها

### موقعیت و محل اجرای پژوهش

این تحقیق در چهار محل (سایت) واقع در شهرستان اصفهان و حومه آن برای بررسی نوع و غلظت آلاینده‌های خاک و هوا اجرا شد، بشرح ذیل:

- ۱- حاشیه شهر (دارای فضای سبز کافی و ترافیک کمتر - دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوراسگان).
- ۲- محل پر ترافیک شهر اصفهان (خیابان هشت بهشت شرقی).
- ۳- منطقه صنعتی ذوب آهن اصفهان (داخل محوطه ذوب آهن).
- ۴- روستا (دارای ترافیک جزئی و به عنوان شاهد) - قریه باغ بهادران.

### نمونه برداری، آماده سازی و تجزیه نمونه‌های خاک

تعداد ۲۰ نمونه خاک از عمق صفر تا ۱۰ سانتی متری خاک سطحی مناطق چهارگانه با استفاده از اگر نمونه برداری خاک برداشته و در کیسه‌های پلاستیکی به آزمایشگاه تحقیقات خاک‌شناسی دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوراسگان منتقل گردید. در آزمایشگاه، کلیه نمونه‌های خاک هوا خشک، کوبیده و از الک ۲ میلی متری عبور داده شدند. اسیدیته (pH) عصاره اشباع نمونه های خاک به وسیله دستگاه pH سنج متر اهم مدل ۲۶۲، کربن آلی با استفاده از روش والکی و بلاک (*Nelson and Sommers, 1982*) و کربنات کلسیم خاک با اضافه کردن ۲ میلی لیتر اسید کلریدریک یک مولار به یک گرم خاک و تیتره کردن اسید باقیمانده با هیدروکسید سدیم یک مولار اندازه گیری شد (*Sommers, R.E. 1982*). برای تعیین فلزات سنگین نمونه های خاک یک گرم خاک در بشر ۱۰۰ میلی لیتری ریخته شد و به آن ۱۰ میلی لیتر اسید نیتریک غلیظ اضافه و به مدت یک ساعت روی بن ماری حرارت داده شد. پس از سرد شدن به نمونه های خاک آب اکسیژنه اضافه کرده تا نمونه ها بی رنگ شوند، پس از صاف کردن با

کاغذ صافی ، داخل بالن ۱۰۰ میلی لیتری به حجم رسانده ، غلظت عناصر سنگین در آن با استفاده از دستگاه جذب اتمی اندازه گیری گردید (Pydtt et al,1999,Soon and Abboud, 1993 ) .

## زمان و روش نمونه برداری از گیاه

درخت افاقیا به عنوان یک زیست ردیاب غیر فعال انتخاب و نمونه برداری از برگ آن در ۲ نوبت (اواخر خرداد و شهریور) به روش زیر انجام گرفت :

در هر سایت ۵ درخت به طور تصادفی انتخاب و نمونه برداری برگ از ارتفاع حدود یک متری سطح زمین در چهار سمت درخت انجام گردید. سپس نمونه‌های برداشت شده از چهار سمت هر درخت با هم مخلوط و به دو قسمت مساوی تقسیم گردید. یک قسمت شدیداً با آب مقطر شسته شد تا گرد و غبار و مواد نهشته شده روی برگ زدوده شود و قسمت دیگر دست نخورده باقی ماند. این نمونه‌ها برای تجزیه های آزمایشگاهی در نظر گرفته شد . بنابراین تعداد کل نمونه‌های گیاهی آماده شده در دو نوبت برای تجزیه ۸۰ نمونه بود که ۴۰ نمونه شسته شده و ۴۰ نمونه شسته نشده بوده است. نمونه‌های گیاهی شسته شده و شسته نشده ( جمعاً ۸۰ نمونه) را روی ورقه های کاغذ تمیز ابتدا هوا خشک و سپس در داخل پاکت های کاغذی منتقل و تا رسیدن به وزن ثابت در ۶۰ درجه سانتی گراد خشک و سپس با آسیای وایلی به صورت پودر در آورده شده و آماده تجزیه گردید. جهت هضم نمونه های گیاهی یک گرم از هر یک از نمونه های گیاهی به دقت توزین و به ارلن مایر شیشه‌ای ۲۵۰ میلی لیتری منتقل گردید و بر طبق روشی که در مورد خاک در همین مقاله نوشته شد هضم و با استفاده از دستگاه جذب اتمی نسبت به اندازه گیری  $Cd$  ،  $Mn$  ،  $Cu$  ،  $Pb$  ،  $Zn$  ،  $Fe$  اقدام گردید . به منظور بررسی تفاوت معنی دار بین سایت های مورد بررسی از نظر فلزات سنگین از طرح کاملاً تصادفی نامتعادل استفاده شد . برای تعیین اهمیت شستشوی برگها ، آزمون  $t$  جفت شده برای مقایسه محتوای فلزات سنگین گیاهان شسته شده و شسته نشده برای هر سایت به کار گرفته شد . تست  $F$  (ANOVA) برای مقایسه

مکان های مختلف و مقایسه و میانگین مقدار فلزات سنگین در برگهای شسته شده و خاک استفاده گردید. برای تجزیه و تحلیل و پردازش داده ها از برنامه آماری SAS و MINITAB استفاده شد. مقایسه میانگین برخی از مشخصات شیمیایی خاکها و تعدادی از عناصر سنگین اندازه گیری شده در این تحقیق در جدول (۲) منعکس شده است. گرچه همانطور که جدول مزبور نشان می دهد میانگین pH خاک سایت های مورد بررسی از تفاوت زیادی برخوردار نیستند. در نتیجه این میانگین ها از یکدیگر متفاوتند. اما بهر حال کلیه خاک های مورد بررسی در رده خاک های قلیایی قرار می گیرند.

pH خاک بر میزان حلالیت و قابلیت جذب بسیاری از عناصر و شکل گونه های عناصر نادر، از جمله فلزات سنگین، مؤثر است. اشکال مختلف گونه های فلزات سنگین، به سبب دارا بودن حلالیت های متفاوت در pH های مختلف، در روند جذب و حتی انتقال به اندام های هوایی و انباشتگی در این اندام ها و بخصوص برگها دارای الگوهای متفاوتی می باشند (Cook and Sgardelis, 1994, Brady, 1990, Kabata-Pendias and Pendias, 1992).

میانگین مواد آلی نمونه های خاک مورد مطالعه از ۰/۳۷ تا ۰/۷۲ درصد متفاوت بوده است. مواد آلی خاک افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی و ایجاد کمپلکس با فلزات سنگین در محیط خاک را سبب می گردند. تأثیر مواد آلی و pH به طور گسترده ای بر دستیابی زیستی (*Bioavailability*) فلزات سنگین مورد مطالعه قرار گرفته است. نتایج این تحقیقات، حاکی از آن است که افزایش pH و مواد آلی در خاک قابلیت دستیابی زیستی گیاهان به فلزات سنگین را کاهش می دهد (Handreck et al, 1994, Kabata – Pendias and Pendias, 1992). میانگین آهک موجود در خاک سایت های چهارگانه مورد بررسی با یکدیگر از تفاوت زیادی برخوردارند و به ترتیب ۴۷/۵، ۳۸/۶، ۶۰/۴ و ۲۱/۸ درصد می باشند. آهک موجود در خاک می تواند دستیابی زیستی عناصر سنگین را تحت تأثیر قرار دهد و بنابراین از اهمیت زیادی برخوردار میباشد (Kabata – Pendias and Pendias, 1992).

مقدار عناصر سنگین Fe، Cu، Mn، Zn، Cd و Pb موجود در نمونه‌های خاک سایت‌های مورد مطالعه و میانگین مقدار هر سایت بر حسب میکروگرم در گرم وزن خشک خاک ( $\mu\text{g g}^{-1}$ ) در جدول (۲) ارائه شده است. بحث درباره هر یک از این عناصر ارائه شده است. میانگین سرب قابل عصاره‌گیری در نمونه‌های خاک سایت‌های چهارگانه به ترتیب صفر، ۲۴/۵، ۱۰ و صفر میکروگرم در گرم اندازه‌گیری شد که از نوسان قابل توجهی برخوردار بود. مبدأ بخش زیادی از سرب موجود در نمونه‌های خاک می‌تواند به ترافیک شهری مربوط باشد - Kabata (Pendias and Pendias, 1992).

میانگین روی قابل استخراج از خاک سایت‌های چهارگانه مورد مطالعه به ترتیب ۲۳/۸، ۶۶/۷، ۴۱/۳ و ۳۵ میکروگرم در گرم اندازه‌گیری شد. در میان محل‌های مورد بررسی، میانگین مقدار روی در خاک سایت ۲ (خیابان هشت بهشت شرقی) بیشترین و در خاک سایت ۱ (دانشگاه آزاد اسلامی - خوراسگان) کمترین بوده است. زیادی مقدار روی در خاک سایت ۲ را می‌توان به عوارض ناشی از سایش لاستیک و استفاده از سوخت‌های فسیلی نسبت داد. میانگین مقدار کادمیوم قابل استخراج از خاک سایت‌های چهارگانه مورد بررسی به ترتیب ۷، ۶/۹، ۸/۲ و ۵/۳ میکروگرم در گرم خاک بود که این مقادیر برای سایت ۴ (باغ بهادران) کمترین و در سایت ۳ (داخل محدوده کارخانه ذوب آهن اصفهان) بیشترین بوده است. میانگین منگنز در سایت‌های چهارگانه مورد بررسی به ترتیب ۱۹۱، ۲۳۱، ۲۷۶ و ۲۸۶ میکروگرم در گرم خاک اندازه‌گیری شد که این میانگین برای خاک سایت ۱ کمترین و برای خاک سایت ۴ (باغ بهادران) بیشترین بوده است. زیادی مقدار منگنز در خاک سایت ۴ را می‌توان به استفاده احتمالی لجن فاضلاب صنعتی ذوب آهن و یا انتقال گرد و غبار کارخانه از طریق باد به این محل مربوط دانست.

میانگین مقدار مس قابل استخراج در خاک سایت‌های چهارگانه مورد بررسی به ترتیب ۱۳/۸، ۲۵/۳، ۱۵/۴ و ۲۱/۷ میکروگرم در گرم خاک بوده است. از روند بالا چنین استنباط می‌شود که

میانگین میزان مس قابل استخراج در سایت ۱ (خوراسگان) کمترین و در سایت ۲ (هشت بهشت) بیشترین بوده است. زیادی مس در خاک هشت بهشت را می توان به ترافیک وسائط نقلیه در این مکان نسبت داد.

میانگین مقادیر آهن قابل استخراج در خاک این چهار سایت به ترتیب ۷۳۱، ۱۰۱۴، ۱۰۰۶ و ۱۱۷۰ میکروگرم در گرم اندازه گیری و محاسبه شده است. زیادی مقدار آهن در خاک سایت ۴ (باغ بهادران) ممکن است به سبب غبارهای باد آورده از کارخانه ذوب آهن به این محل و استفاده از لجن فاضلاب کارخانه در اراضی رخ داده باشد.

مقادیر مجاز تعدادی از عناصر سنگین در خاک و مقایسه آنها با مقادیر اندازه گیری شده در سایت های چهارگانه در جدول (۳) ارائه شده است. همان گونه که این جدول نشان می دهد در میان عناصر اندازه گیری شده در نمونه های خاک سایت های چهارگانه فقط مقدار کادمیوم از مقدار مجاز بیشتر است که باید مورد توجه دست اندرکاران محیط زیست قرار گیرد. خوشبختانه مقادیر سرب، روی، منگنز و مس اندازه گیری شده در این تحقیق در محدوده مجاز قرار دارند. تجزیه واریانس و مقادیر میانگین فلزات سنگین اندازه گیری شده در خاک سایت های مورد مطالعه به ترتیب در جدول های (۱) و (۲) منعکس شده اند. جدول (۱) گویای آن است که تغییرات آهن و کادمیوم در خاک سایت های چهارگانه معنی دار نبوده در حالیکه تغییرات مس، منگنز، روی، سرب و مواد آلی در سطح ۱ درصد و pH در سطح ۵ درصد معنی دار بوده است. در ارتباط با مطالعات خاکشناسی انجام شده در این بررسی و مراجعه به جدول (۲) چنین نتیجه گیری می شود که منشأ اغلب عناصر سنگین در خاک سایت های چهارگانه مورد مطالعه به گونه ای مستقیم یا غیر مستقیم به فعالیتهای انسانی مربوط می گردد. بنابراین لااقل بخشی از این عناصر اندازه گیری شده در گروه «عناصر با منشأ انسانی» طبقه بندی می گردند، زیرا این عناصر بیشتر به سبب فعالیت انسان در محیط زیست (خاک) نهشته شده اند.



جدول ۱ - تجزیه واریانس غلظت فلزات سنگین در نمونه های خاک مورد مطالعه

Table 1. Analysis of Variance of the Concentration of Some Heavy

pH	O.M	Pb	Cd	Zn	Mn	Cu	Fe	درجه آزادی D.F	منابع تغییرات S.V
0/01	0/001	100/6	0/669	138/3	2675/ 6	35/112	91351/3	4	تکرار R
0/019*	0/131* *	670/9***	7/083 <sup>ns</sup>	1650/02* *	9585/ 1**	144/95 **	150095/ 8 <sup>ns</sup>	3	محل Site
0/003	0/002	62/1	3/67	136/3	1545/ 5	23/013	109434/ 8	12	خطا E

### Metals in Soil Samples

\*, \*\*, و n.s به ترتیب تفاوت معنی دار در سطح ۵٪، ۱٪ و عدم تفاوت معنی دار

\*,\*\* and n.s : Significant at the 5% and 1% levels of probability , respectively and non significant

جدول ۲ - مقایسه میانگین غلظت عناصر سنگین ( میکروگرم در گرم ) و برخی از خصوصیات

دیگر در خاک مناطق مورد مطالعه

Table 2 . Comparison of the Means of Heavy Metals Concentration (µg/g) and Some Other Soil Properties for Investigated Soils

میانگین مربعات M.S									محل Site
CaCO <sub>3</sub> %	O.M %	pH	Pb	Zn	Cd	Mn	Cu	Fe	
47/5	0/37C	7/71B	0/0B	23/77C	7AB	191/2B	13/8C	731/2A	خوراسگان Khorasgan
38/6	0/7A	7/69B	24/5A	66/67A	6/9AB	320/9AB	25/3A	113/8A	هشت بهشت Hashtebehesht
60/4	0/72A	7/83A	9/95B	41/33B	8/2A	276/2A	15/4BC	1005/8A	ذوب آهن Steel mill
21/8	0/63B	7/74B	0/0B	35BC	5/3B	286/1A	21/7AB	1169/8A	باغ بهادران Bagh Bahadoran

میانگین های هر ستون که دارای حرف مشترک هستند از نظر آماری در سطح ۰.۱٪ معنی دار نمی باشند

### Means in Column that Do Not Have Common Alfabets Are Not Significant

جدول ۳ \_ مقادیر توصیه شده تعدادی از فلزات سنگین در خاک و مقایسه آنها با خاک محل های مورد بررسی

**Table 3 . Recommended Values of Several Heavy Metals and their Comparison with the Values Obtained for the Sites under Investigation**

مقادیر توصیه شده Authorized Amounts ( $\mu\text{g/g}$ )	مقادیر اندازه گیری شده Measured Values ( $\mu\text{g/g}$ )	فلز سنگین Heavy Metal
2-200	0-25	سرب (Pb)
0/01-3	5-8	کادمیوم (Cd)
10-300	24-67	روی (Zn)
100-4000	191-286	منگنز (Mn)
2-100	14-25	مس (Cu)

### ب - تجزیه گیاه

میانگین نتایج تجزیه نمونه های برگ گیاه افاقیا مربوط به خرداد ۸۴ (مرحله اول) و شهریور ۸۴ (مرحله دوم) برای عناصر سنگین Fe, Cu, Mn, Zn, Cd و Pb در سایت های چهارگانه در جدول (۵) ارائه شده است. در ذیل به تفکیک به ذکر و ارائه این عناصر می پردازیم.

آهن یکی از عناصر ضروری کم مصرف مورد نیاز گیاهان است که گیاهان بدون وجود آن قادر به تکمیل چرخه حیاتی خود نمی باشند. اما وجود همین عنصر در مقادیر بیشتر می تواند برای گیاه سمی باشد. حد کفایت این عنصر در بیشتر گیاهان ۵۰۰-۵۰ میکروگرم در گرم است و حد بحرانی

آن برای برخی از گیاهان ۵۰ میکروگرم در گرم می باشد(عابدی و هنرجو، ۱۳۸۲). جدول (۵) نمایشگر آن است که غلظت آهن در برگ‌های شسته شده و شسته نشده متفاوت بوده که میانگین این غلظت در برگ‌های شسته نشده بیشتر از برگ‌های شسته شده بود.

این پدیده نشان می‌دهد که تمام آهن نهشته شده روی برگ فرصت جذب توسط این اندام را نداشته و تنها بخشی از آن همراه با آهن محلول موجود در خاک توانسته است جذب گیاه شده و در فرآیندهای مربوط وارد گردد. همچنین جدول فوق نشان می‌دهد که میانگین غلظت آهن در مرحله دوم نمونه برداری مشابه مرحله اول بوده است.

با توجه به جدول تجزیه واریانس جدول (۴) گیاهان مناطق نمونه‌برداری شده از نظر مقدار آهن در سطح یک درصد معنی‌دار می‌باشند. غلظت آهن در همه مناطق از حد زمینه ( $150 \mu g g^{-1}$ ) که توسط مارکرت گزارش شده بالاتر است (Markert, 1993). بیشترین غلظت آهن برگ مربوط به سایت ذوب‌آهن به مقدار ۸۵۶ میکروگرم در گرم و کمترین آن مربوط به سایت (باغ بهادران) ۴۰۵ میکروگرم در گرم می‌باشد. مطالعات انجام شده نیز نشان داد مقدار آهن در خاک و گیاه در مناطق صنعتی و پرترافیک بیشتر از حد زمینه بوده است.

مس نیز در زمره عناصر ضروری کم مصرف برای گیاهان می‌باشد. حد مجاز آن در بافت‌های گیاهی ۳۰-۵ میکروگرم در گرم است. هرگاه غلظت مس در بافت‌های گیاهی از گستره ۳۰-۲۰ میکروگرم در گرم تجاوز نماید گیاه تحت تأثیر سمیت قرار می‌گیرد(عابدی و هنرجو، ۱۳۸۲). با توجه به جدول تجزیه واریانس جدول (۴) مناطق مورد مطالعه از نظر مقدار مس با یکدیگر اختلاف معنی‌داری ندارند. میانگین غلظت مس برگ در مرحله اول و دوم به یکدیگر نزدیک می‌باشند. اما این مقادیر از حد زمینه ۱۰ میکروگرم در گرم ارائه شده توسط مارکرت (۱۹۹۳) بالاتر بوده، که بیشترین آلودگی مربوط به سایت صنعت ذوب‌آهن ۳۹/۸ میکروگرم در گرم) و سپس سایت پرترافیک هشت بهشت (۲۹/۶ میکروگرم در گرم) است. نتایج به دست آمده در این پژوهش با نتایج گزارش شده توسط دیگران که منشأ مس در هوا را به اکسیداسیون روغن، سائیدگی لاستیک و لنت ترمز اتومبیل‌ها و

ضایعات صنعتی مربوط می داند ، همخوانی دارد ( *Celin and Aslihan,2004, Monaci and Bargali, 2000 , Harrison and Chirawi, 1989* ) .

منگنز یکی دیگر از عناصر ضروری گیاهان است. مقدار آن در گیاهان ۵۰۰-۱۰۰ میکروگرم در گرم است. حد کفایت برای اکثر گیاهان ۳۰۰-۲۰۰ میکروگرم در گرم گزارش شده است (عابدی و هنرجو،۱۳۸۲). مطابق جدول تجزیه واریانس جدول (۴) از نظر مقدار منگنز بین سایتها اختلاف معنی داری وجود ندارد. میانگین مقدار منگنز برگ مطابق جدول (۵) زیر حد زمینه می باشد . منشأ اصلی منگنز موجود در هوا و خاک از ترمز اتومبیل ها ناشی می گردد ( *Monaci etal,2000, Celik and Aslihan,2004* ) .

روی نیز یک عنصر کم مصرف ضروری برای گیاهان است. حد مجاز در بافت های گیاهی ۱۰۰-۲۰ میکروگرم در گرم است، حد بحرانی ضروری بودن آن برای اکثر گیاهان ۱۵ میکروگرم در گرم گزارش شده است

( *Kabata – Pendias and Pendias,1992* ) . بر اساس جدول تجزیه واریانس جدول (۴) از نظر غلظت روی، میان سایت های چهارگانه مورد مطالعه در سطح یک درصد اختلاف معنی داری وجود دارد. اما میانگین غلظت روی در دو مرحله نمو نه برداری به هم نزدیک است. مقدار روی در برگ گیاهان مربوط به سایت های مورد مطالعه زیر حد مجاز بوده است، لذا در مناطق اندازه گیری شده آلودگی روی مشاهده نمی شود.

میانگین مقدار کادمیوم در تمام سایت های چهار گانه مورد مطالعه در این پژوهش ، از حد مجاز ارائه شده توسط ( *Kabata etal,1992* ) بیشتر بود جدول (۵) . این محققین مقدار عنصر کادمیوم در گیاهان را ۱-۰/۱ میکروگرم در گرم وزن خشک گیاه گزارش نموده اند و عدم نیاز گیاهان و حیوانات به این عنصر را ذکر کرده اند

( *Celik and Aslihan,2004* ) . نیز در منطقه صنعتی مورد مطالعه خود ، میزان کادمیوم را

بیشتر از حد مجاز گزارش نمودند . کادمیوم موجود در هوا از صنایع فلز کاری ، سایش لاستیک

وسایل نقلیه موتوری و احتراق سوخت های فسیلی منشأ می گیرد (Celin and Aslihan,2004,Pydt, 1999 )

مقدار سرب موجود در اکثر نمونه های برگ مورد مطالعه در این تحقیق در زیر حد تشخیص به وسیله دستگاه بود . این عنصر برای گیاهان و حیوانات ضروری نیست و با گذشت زمان مقدار آن در خون انسان انباشته شده و تا سر حد خطرناک افزایش می یابد . مقدار سرب در خاک ها و گیاه به ترتیب ۱۸۹-۳ و ۳۰۰-۳۰ میکروگرم در گرم گزارش شده است(رحمانی و همکاران، ۱۳۷۹ و Kabata – Pendias and Pendias, 1992). گزارشات متعددی حاکی از آن است که غلظت سرب در خاک ارتباط معنی داری با حجم ترافیک دارد (رحمانی و همکاران،۱۳۷۹و Celik and Aslihan,2004 , Celik, Pydt, 1999 , و بسیاری دیگر)

جدول ۴ \_ تجزیه واریانس برای غلظت فلزات سنگین اندازه گیری شده در برگ درخت افاقیا

**Table 4. Analysis of Variance for the Concentration of Heavy Metals in Acacia Leaves**

Pb	میانگین مربعات M.S					درجه آزادی D.F	منابع تغییرات S.V
	Zn	Cd	Mn	Cu	Fe		
0/00	153/58**	0/45n.s	8817/32n.s	277/279**	167485/9**	3	محل Site
0/00	242/79**	1/49n.s	3029/96n.s	0/032n.s	5217/06	1	زمان نمونه برداری Sampling Time
0/00	242/79**	14/98*	15/02n.s	1994/52*	497505/6**	1	شست و شو Leaching
0/00	0/27n.s	2/63n.s	6548/86n.s	52/28n.s	6150/60	1	اثر متقابل نمونه و شست و شو Sample Intraction Effect and Washed
0/00	11/48	1/9	6044/1	204/01	29503/72	9	خطا Error

\*, \*\*, n.S به ترتیب تفاوت معنی دار در سطح ۰.۵٪، ۰.۱٪ و عدم تفاوت معنی دار

**\*,\*\* and n.s : Significant at the 5% and 1% levels of probability , respectively and non significant**

جدول ۵ \_ مقایسه میانگین غلظت فلزات سنگین اندازه گیری شده در برگهای آکاسیا

**Table 5 . Comparison of the Means of Heavy Metals Concentration ( $\mu\text{g/g}$ ) in Acacia Leaves**

فاکتور Factor						محل Site
Pb	Zn	Cd	Mn	Cu	Fe	
0/000	30/7A	4/8A	133/3A	13/78A	447/7B	خوراسگان Khorasgan
0/000	32/9B	4/5A	166/1A	29/6A	616/0AB	هشت بهشت Hashte Behesht
0/000	44/5A	4/9A	180/9A	39/75A	856/1A	ذوب آهن Steel Mill
0/000	29/98B	4/5A	109/32A	19/3A	405B	باغ بهادران Bagh Bahadoran
						زمان نمونه برداری Sampling Time
						خرداد Jun.
						شهریور Sep.
						تیمار Treatment
						شستن Washed
						عدم شستن Unwashed

میانگین های هر ستون که دارای حرف مشترک هستند از نظر آماری در سطح ۱٪ معنی دار نمی

باشند

**Means in Column that Do Not Have Common Alfabets Are Not Significant**

## نتیجه گیری و پیشنهادات

نتایج نشان داد برگ درخت افاقیا به عنوان یک زیست ردیاب آلودگی هوا مناطق آلوده به فلزات سنگین مانند Fe، Cu، Mn، Zn، Cd و Pb را ردیابی نموده و محللهای آلوده را از محللهای غیر آلوده تفکیک نماید. بنابراین برای ردیابی دقیق تر آلودگی هوا لازم است از پوست درختان نیز همانند برگ استفاده کرد.

نظر به اینکه محتوای عناصر در بخشهای مختلف گیاه به طور قابل توجهی تفاوت دارد لذا پیشنهاد می شود علاوه بر برگ از پوست درخت نیز برای ردیابی فلزات سنگین موجود در هوا استفاده کرد، زیرا این دو بخش از گیاه مستقیماً در معرض هوا قرار دارند. غیر از افاقیا که یک گیاه پهن برگ است ممکن است برخی از سوزنی برگها مانند کاج به سبب داشتن پوست کلفت و زبرتر ردیاب بهتر می باشند که در این رابطه برای رسیدن به پاسخ نیاز به تحقیقات دامنه دار در آینده خواهد بود.

### منابع :

- رحمانی، ح.ر.، کلباسی، م. و حاج رسولیها، ش. ۱۳۷۹. آلودگی خاک به وسیله سرب حاصل از وسایل نقلیه در محدوده برخی از بزرگراه های ایران، علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. جلد چهارم، شماره چهارم، صفحات ۴۲-۳۱.
- عابدی، م.ج. و هنرجو، ن. ۱۳۸۲. عناصر کمیاب (جزئی)، کتاب مرجع. جهاد دانشگاهی دانشگاه مشهد.

**ADEL, MANZALA , A. 2003.** Heavy metal pollution and biomonitoring plants in lake Manala, Egypt. Pakistan of Biological. Science 6 G(13). P:1108 – 11170.

**AKSOY, A., SAHIN,U. 2000.** Robinia pseudo – acacia L.as a possible biomonitor of heavy metal pollution. In :Kayseri. Sci. Total Environ.24.p:279 – 284.

**BRADY, N.C. 1990.** The nature and properties of soils, 10 th edition. Macmilan Publisbing Company New York. p:512 – 546.

- CELIK, A., ASLIHAN, A. 2004.** Determining the heavy metal pollution in Denizli (Turkey) by using *Robinia pseudo acacia*L. Volume 31, Issue 1.p:105 – 112 .
- COOK, C.M., SGARDELIS, S.P. 1994.** Concentration Pb, Zn and Cu in *Taraxacum Spp* in relation to urban pollution. Bull. Environ. Contam.Toxicol.53.p:204 – 210.
- DIATTA, J.B., GRAZEBISZ, W. 2003.** A study of soil pollution by heavy metals in the city of Poland using *Taraxacum Officinale* as a bioindicator. Volume G. Issu 2.p:1-12.
- DJINGOVA, R., KULEFF, I. 1993.** Monitoring of heavy metal pollution by *Taraxacum Officinale*. Plants as biomonitors Indicator for heavy metals in the Terrestrial Environment. Markert , B. , VCH Publisher, Weinheim .p:435 – 460.
- HARRISON, R.M., CHIRAWI, M.B. 1989.** The assessment of air and soil as contributors of some trace metals to vegetable plants.I.Use of a filtered air, growth cabinet. Science of the Total Environment(83):13 – 34 .
- HANDREEK, K.A. 1994.** Effect of pH on the uptake of Cd, Cu and Zn from soil less media containing sewage sludge. Soil and Plant(25)1913-1927.
- KABATA-PENDIAS, A., PENDIAS. H. 1992.** Trace element in soil and plants. Boca Raton, Florida: CRC. 365 p.
- MARKERT, B. 1993.** Plant as biomonitors / Indicators for heavy metals in the terrestrial environment .weinheim VCH.press :670.White poplar (*populus alba*) as a biomonitor of trace elements in contaminated riparian forest. Environ. Pollution 132.p:145 – 155.
- MONACI, F., BARGALI, R. 2000.** Biomonitoring of airborne metals in urban environments:New trace of vehicle emission in place of lead, Environ. Pollut.(107) 321- 327.
- MULGREW, A., WILLIAMS, P. 2004.** Biomonitoring of air quality using plants. Air Hygiene report no 10.P:1-100.
- NELSON, D.W., Sommers, L.E. 1982 .** Methods of soil analysis . Part 2 : Chemical and Microbiological Properties 2nd ed . Soil Sci . Soc . Amer. Inc. Publisher. Madison, wisconsin.pp. 570-573.
- PYDTT, F.B. 1999.** Comparison of foliar and bioaccumulation of heavy metals by Corsican pines in the mount Olympus area of Cyprus, Ecotoxicol. Environ..p:57- 61.
- SOMMERS, R.E. 1982 .** Methods of soil analysis . Part 2. Chemical and Microbiological Properties 2nd ed. Carbonate. Soil . Soc . Amer. Inc. Publisher Madison, Wisconsin , USA, pp. 182-192.
- SOON, Y.K., ABOUD, S. 1993.** Cadmium, chromium, lead and Nickel. Soil sampling and Method of Analysis. Lewis publishers. p: 103 – 107.



**SOYLAK, M., DOGAN, M. 2000.** Lead concentration of dust sample from Nigde city Turkey, Fresenius Environ. Bull.9 . p: 36 – 40.

**Evaluation of Pb,Cu,Zn,Cd and Fe levels in Robinia pseudo acacia.L and soils in selected zones in Esfahan**

**H. AMINI<sup>1</sup>, M. HOODAJI<sup>2</sup>,**

**1-M.Sc. of Soil science Dept., Islamic Azad**

**University Khorasgan, Isfahan , Iran**

**2-Faculty member of Soil science Dept., Islamic Azad**

**University Khorasgan, Isfahan , Iran**

**Abstract**

The concentrations of heavy metals including Pb ,Cu ,Zn,Cd, and Fe in Robinia pseudo acacia.L of leaves and soil samples were collected from different zones in Esfahan were evaluated. We used acacia trees in other to monitor the intensity of soil and air pollution to some heavy metals ( Fe, Zn, Pb, Cu, Mn and Cd ) in the city of Isfahan . Concentration of these heavy metals in soils , washed and unwashed leaves of acacia , for four cites ( Khorasgan , Hashtebesht street , steel mill and Bagh Bahadoran ) were collected in two stages ( Jun and September ) for chemical analysis . Chemical naalysis of soil samples at depth of 0-10cm showed that concentration of most of these elements were lower than the maximum recommended levels . Concentration of measured heavy metals in washed leaves were lower than those of unwashed leaves of acacia and different was significant . The stages of leaf sampling did not show any significant effect on the concentration of the measured heavy metals in leaf samples . There was no significant correlation between the concentration of heavy metals in washed leaves is the concentration of these metals in soil samples . Results of this investigation showed that the industry and traffic were the main source of air heavy metal pollution in Isfahan , and acacia tree is a dependable biomonitor for air and soil pollution investigations .

**Keywords:**Biomonitor, Acacia tree , Heavy metals , Air pollution , Soil pollution , Industrial region , Heavy traffic