زیست ردیابی آلودگی هوا و خاک در منطقه اصفهان[1]

Biomonitoring of Air and Soil Pollution in Isfahan Region

شاپور حاج رسولیها[1]، حسین امینی[2]، مهران هودجی[3]، پیام نجفی[3]

۱. استاد دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوراسگان، پست الکترونیک: Shajrasuliha@yahoo.com

۲. کارشناس ارشد دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوراسگان، اصفهان

۳. استادیار خاکشناسی دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوراسگان، اصفهان

چکیده

توسعه صنعت و گسترش ترافیک شهری و برون شهری در کشورهای پیشرفته و اخیراً ایران، آلودگی خاک، آب و هوا را در پی داشته است. با توجه به اهمیت آلودگی محیط، زیست ردیابی دائمی آلودگی هوا، خاک و آب در نواحی مبتلا به لازم است مورد توجه خاص قرار گیرد. گیاهان و جانوران به عنوان زیست ردیاب در بسیاری از نقاط جهان مورد استفاده قرار گرفته‌اند. در این تحقیق برگ درخت اقاقیا به عنوان یک‌زیست ردیاب آلودگی خاک و هوا به فلزات سنگین در شهر اصفهان مورد ارزیابی قرار گرفت. غلظت فلزات سنگین (Fe، Zn، Pb، Cu، Mn و Cd) در خاک و برگ‌های نمونه برداری شده شسته شده و شسته نشده از سایت های چهارگانه خوراسگان(حومه شهر) ـ خیابان هشت بهشت شرقی (مرکز شهر)، محدودهٔ کارخانه ذوب‌آهن (منطقه صنعتی) و باغ بهادران (روستا) در دو مرحله (اواخر خرداد و شهریور ۱۳۸٤) جمع‌آوری و پس از آماده کردن مقدماتی توسط دستگاه جذب اتمی اندازه‌گیری شدند. نتایج تجزیه نمونه‌های خاک برداشت شده از عمق صفر تا ۱۰ سانتیمتری سطح خاک نشان داد که میزان فلزات سنگین در سایت‌های مورد مطالعه کمتر از حدّ 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 معنی‌داری نشان داده شد. همچنین نتایج بدست آمده نشان داد به جز در مورد عنصر روی زمان

[1] این مقاله بخشی از یک طرح پژوهشی است که نویسندگان تیم تحقیقاتی این طرح بوده اند و حمایت مالی آن توسط دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوراسگان انجام گرفته است .

Archive of SID

www.SID.ir

نمونه‌برداری تاثیر معنی‌داری بر میانگین غلظت فلزات سنگین مورد مطالعه ندارد. همچنین میان فلزات سنگین برگهای شسته شده و این عناصر در خاک همبستگی معنی‌داری وجود نداشته است.

کلمات کلیدی: زیست ردیاب، درخت اقاقیا، فلزات سنگین، آلودگی هوا، آلودگی خاک، منطقه صنعتی، منطقه پرترافیک

مقدمه

آلودگی یکی از معضلات زیانباری است که عمدتاً در جریان بهره‌برداری از منابع طبیعی و استفاده از سوخت‌های فسیلی به محیط زیست وارد گردیده و 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 یا فعالیت آنها را محدود می‌سازد (Markert, 1993).

هرگاه غلظت آلاینده‌ها در محیط از حد معیّنی که به آن غلظت آستانه (Concentratio Threshold) گفته می‌شود تجاوز کند، علاوه بر سلامت انسان و حیوانات می‌توانند برای گیاهان نیز سمّی باشند. این سمّیت ابتدا با کاهش رشد گیاه همراه بوده سپس عملکرد گیاه کاهش یافته و در شرایط شدیدتر ممکن است مرگ گیاه را سبب گردن (Kabata – Pendias and Pendias, 1992). با توجه به خطری که آلاینده‌ها به حیات موجودات زنده وارد می‌سازند، اطلاع کافی از نوع و میزان هر یک از آنها در محیط حائز اهمیت شایانی است. یکی از جدیدترین راه‌های مطمئن جهت دسترسی به تعیین مقدار و نوع بسیاری از آلاینده‌های محیطی استفاده از زیست ردیابی طبیعی است. گرچه در گذشته از زیست ردیابها بیشتر به منظور تخمین آلودگی هوا استفاده شده است، اما امروزه با شدت کمتری از آنها برای تخمین و اندازه‌گیری آلودگی آب و خاک نیز استفاده می‌گردد (Soylak and Dogan, 2000; Mulgrew and Williams, 2004). 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 به وسیله 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

Archive of SID

www.SID.ir

ردیابی با گیاهان روشی کم هزینه و با ارزش جهت بررسی تاثیر آلاینده‌های مختلف هوا و به طور کلی محیط زیست می‌باشد (Celik and Aslihan, 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 زیست ردیاب‌های فعال (Active Biomonitoring) و زیست ردیاب‌های غیر فعال (Passive Biomonitoring) 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 فعّال 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 اقاقیا اشاره کرد. در این گیاهان از برگ و در برخی از موارد پوست و چوب آنها برای ردیابی آلاینده‌ها استفاده شده است (Madegon and Robinson, 2004; Brady, 1990; Djingova and Kuleff, 1993). از میان جانوران ماهی‌ها و بسیاری دیگر (بخصوص جانوران آبزی) جهت زیست ردیابی مورد استفاده قرار گرفته اند (Askoy and Sahin, 2000; Brady, 1990; Madegon and Robinson, 2004). در روش زیست ردیابی فعال گیاهانی که به صورت ژنتیکی نسبت به آلاینده‌های هوا واکنش نشان می‌دهند در منطقه مورد مطالعه کشت گردیده و یا از مناطق دیگری که آلوده نیستند جمع‌آوری و به محیط عرضه می‌گردد مانند خزه‌ها و گلسنگ‌ها (Djingova and Kuleff,1993). آلاینده‌ها به نوبه خود مختل کننده اکوسیستم به شمار می‌روند که از میان آنها فلزات سنگین به دلیل غیرقابل تجزیه بودن و اثرات فیزیولوژیکی بر موجودات زنده، حتی در غلظت‌های کم، حائز اهمیت شناخته شده‌اند. به لحاظ کاربرد فلزات سنگین در صنعت و ضروری بودن تعدادی از آنها، برای گیاهان و دخیل بودن در برخی از فعالیت های فیزیولوژیکی برای گیاهان و حیوانات، ضرورت اطلاعات هر چه بیشتر از آنها در محیط زیست لازم به نظر می‌رسد (Diatta and Grazebisz, 2003). در کشور ما نیز با توجه به توسعه صنعتی در نیمهٔ دوم قرن اخیر و برنامه‌ریزی‌های آتی و همچنین روند رو به رشد تعداد وسائط نقلیه بنزین‌سوز، بررسی

Archive of SID

www.SID.ir

و بحث بر روی آلاینده‌ها و اثرات آنها در چرخهٔ زیست محیطی به صورت امری ضروری در آمده است.

بخش اعظم استان و شهر اصفهان نیز به لحاظ استقرار واحدهای صنعتی آلوده‌ساز، وضعیت ترافیکی خاص و سنگین، موقعیت جغرافیایی، وجود کارگاههای کوچک و بزرگ (که بعضاً با تاکید بر افزایش تولید بدون وجود تجهیزات کافی برای مهار آلودگی مشغول فعالیت‌اند) در معرض خطر آلودگی هوا، خاک و آب قرار گرفته‌اند. روی همین اصل مطالعات مربوط به تعیین میزان و نوع آلاینده‌های ناشی از ترافیک شهری و صنعتی و غیره موجود در هوا و خاک می‌تواند راهگشای ارائه راه حل‌های عملی در جهت سالم سازی محیط زیست قرار گیرد. بنابراین اجرای یک طرح تحقیقاتی در جهت تعیین آلودگی هوا و خاک در چند نقطه از مناطق صنعتی و غیر صنعتی اصفهان با استفاده از روش زیست‌ردیابی لازم و ضروری به نظر رسید. هدف از اجرای این طرح بررسی شدت آلودگی هوا و خاک به برخی از فلزات سنگین مانند Cu، Fe، Mn، Cd، Zn و Pb در مناطق پر ترافیک و صنعتی شهر و حاشیه شهر اصفهان با استفاده از درخت اقاقیا (*Robinia pseudoacacia* 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 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 محوطهٔ ذوب آهن).

٤- روستا دارای ترافیک جزئی ــ به عنوان شاهد (قریه باغ بهادران).

نمونه‌برداری، 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 نمونه‌برداری خاک برداشته و در کیسه‌های پلاستیکی به آزمایشگاه تحقیقات

Archive of SID

www.SID.ir

خاک‌شناسی دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوراسگان منتقل گردید. در آزمایشگاه، نمونه‌های خاک هوا خشک، کوبیده و از الک ۲ میلی متری عبور داده شدند.

اسیدیته (pH) عصاره اشباع نمونه‌های خاک به وسیله دستگاه pH سنج متراهم 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 تیتر کردن اسید باقیمانده با هیدروکسید سدیم یک مولار اندازه‌گیری شد (Sommers, R.E. 1982). برای تعیین غلظت فلزات سنگین در 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 نمونه‌های خاک آب اکسیژنه اضافه کرده تا نمونه‌ها بی‌رنگ شوند، پس از صاف کردن با کاغذ صافی واتمن ۴۲، داخل بالن ۱۰۰ میلی لیتری به حجم رسانده، غلظت عناصر سنگین در آن با استفاده از دستگاه جذب اتمی اندازه‌گیری گردید (Pydtt, 1999, Soon and Abboud, 1993).

زمان، روش نمونه‌برداری، آماده سازی و تجزیه نمونه‌های گیاه

درخت اقاقیا 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 نمونه‌برداری 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 شدهٔ 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.

نمونه های گیاهی ابتداء روی ورقه های کاغذ تمیز هوا خشک و سپس به داخل پاکت‌های کاغذی منتقل و پاکت‌ها در آون الکتریکی تا رسیدن به وزن ثابت در ۶۰ درجه سانتی‌گراد خشک و سپس با آسیای وایلی به صورت پودر در آورده شده و آماده تجزیه گردید. جهت هضم نمونه‌های گیاهی یک گرم از هر یک از نمونه‌های گیاهی خشک و پودر شده، به ارلن شیشه‌ای ۲۵۰ میلی لیتری

Archive of SID

www.SID.ir

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 Fe، Zn، Pb، Cu، Mn و Cd 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 میانگین مقدار فلزات سنگین در برگهای شسته شده و خاک استفاده گردید. برای تجزیه و تحلیل و پردازش داده‌ها از برنامه آماری SAS و MINITAB استفاده شد .

نتایج و بحث

الف - نتایج تجزیه خاک

تجزیه واریانس مقادیر فلزات سنگین اندازه‌گیری شده در خاک سایت‌های مورد مطالعه به ترتیب در جدول ۱. منعکس شده‌اند. جدول ۱.گویای آن است که تغییرات آهن و کادمیوم در خاک سایت های چهارگانه معنی‌دار نبوده در حالیکه تغییرات مس، منگنز، روی، سرب و مواد آلی در سطح ۱ درصد و pH در سطح ۵ درصد معنی‌دار بوده است. همان‌طور که جدول ۲. نشان می‌دهد میانگین pH خاک سایت‌های مورد بررسی از تفاوت زیادی برخوردار نیستند. اما به هر حال این میانگین‌ها از یکدیگر متفاوت بوده و در عین حال کلیه خاک های مورد بررسی در رده خاک های قلیایی قرار می‌گیرند.

pH خاک بر میزان حلالیّت و قابلیّت جذب بسیاری از عناصر و شکل گونه‌های عناصر نادر، از جمله فلزات سنگین، مؤثر است. اشکال مختلف گونه‌های فلزات سنگین، به سبب دارا بودن حلالیّت‌های متفاوت در pH های مختلف، در روند جذب و حتی انتقال به اندام‌های هوایی و انباشتگی در این اندام‌ها و بخصوص برگها دارای الگوهای متفاوتی می‌باشند (Kabata – Pendias and Pendias, 1992, Cook and Sgardelis, 1994, Brady, 1990).

میانگین مواد آلی نمونه‌های 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 می‌گردند. تأثیر مواد آلی و pH به طور گسترده‌ای بر دستیابی زیستی(Bioavailability) فلزات سنگین مورد مطالعه قرار گرفته است. نتایج این تحقیقات، حاکی از آن است که افزایش

Archive of SID

www.SID.ir

pH و مواد آلی در خاک قابلیت دستیابی زیستی گیاهان به فلزات سنگین را کاهش می‌دهد (Handreek, 1994, Kabata – Pendias and Pendias, 1992).

میانگین آهک موجود در خاک سایت‌های چهارگانه مورد بررسی با یکدیگر از تفاوت زیادی برخوردارند و به ترتیب ٤٧/٥، ٣٨/٦، ٦٠/٤ و ٢١/٨ درصد می‌باشند. آهک موجود در خاک می‌تواند 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 ($\mu g\ g^{-1}$) درجدول ۲. ارائه شده است.

میانگین مقدار سرب قابل عصاره‌گیری در نمونه‌های خاک سایت‌های چهارگانه به ترتیب صفر(در خوراسگان)، ٢٤/٥ (در هشت بهشت)، ٩/٩٥ (در منطقه ذوب آهن) و صفر (در باغ بهادران) میکرو گرم 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، رحمانی و همکاران، ۱۳۷۹).

میانگین مقدار روی قابل استخراج از خاک سایت‌های چهارگانه مورد مطالعه به ترتیب ٢٣/٨، ٦٦/٧، ٤١/٣ و ٣٥ 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 می توان به عوارض ناشی از سایش لاستیک و استفاده از سوخت‌های فسیلی نسبت داد.

میانگین مقدار کادمیوم قابل استخراج از خاک سایت های چهارگانه مورد بررسی به ترتیب ۷، ٦/٩، ٨/٢ و ٥/٣ میکروگرم در گرم خاک بود که این مقادیر برای سایت ٤ (باغ بهادران) کمترین و در سایت ۳ (داخل محدوده کارخانه ذوب آهن اصفهان) بیشترین بوده است. زیاد بودن مقدار کادمیوم در سایت ۳ ناشی از ذرات منتشره از دودکش کارخانه و رسوب بر سطح خاک می‌باشد.

میانگین مقدار منگنز در سایت‌های چهارگانه مورد بررسی به ترتیب ۱۹۱، ۲۳۱، ۲۷٦ و ۲۸٦ میکروگرم در گرم خاک اندازه‌گیری شد که این میانگین برای خاک سایت ۱ کمترین و برای

Archive of SID

www.SID.ir

خاک سایت ٤ (باغ بهادران) بیشترین بوده است. زیادی مقدار منگنز در خاک سایت ٤ را می‌توان احتمالاً به مواد مادری نسبت داد.

میانگین مقدارمس قابل استخراج در خاک سایت‌های چهارگانه مورد بررسی به ترتیب ۱۳/۰۸، ۲۵/۳، ۱۵/٤ 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 می‌توان به ترافیک وسائط نقلیه در این مکان نسبت داد.

میانگین مقادیر آهن قابل استخراج در خاک این چهار سایت به ترتیب ۷۳۱، ۱۰۱۳/۸، ۱۰۰٦ و ۱۱۷۰ میکروگرم در گرم اندازه‌گیری و محاسبه شده است. زیادی مقدار آهن در خاک سایت ٤ (باغ بهادران) ممکن است با توجه به عدم وجود منشاء آلوده کنندهٔ منطقه، به سبب مواد مادری باشد. مقادیر مجاز تعدادی از عناصر سنگین در خاک و مقایسه آنها با مقادیر اندازه‌گیری شده در سایت‌های چهارگانه در جدول ۳. ارائه شده است. همان گونه که این جدول نشان می‌دهد در میان عناصر اندازه‌گیری شده در نمونه‌های خاک سایت‌های 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 اندازه‌گیری شده در این تحقیق در محدوده مجاز قرار دارند. در ارتباط با مطالعات خاکشناسی انجام شده در این بررسی و مراجعه به جدول۲. چنین نتیجه‌گیری می‌شود که منشأ اغلب عناصر سنگین در خاک سایت‌های چهارگانه مورد مطالعه به گونه‌ای مستقیم یا غیر مستقیم به فعالیتهای انسانی مربوط می‌گردد. بنابراین لااقل بخشی از این عناصر اندازه‌گیری شده در گروه «عناصر با منشأ انسانی» طبقه بندی می‌گردند، زیرا این عناصر بیشتر به سبب فعالیت انسان در محیط زیست (خاک) نهشته شده‌اند .

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۱ – تجزیه واریانس برای غلظت تعدادی از فلزات سنگین(میکروگرم در گرم وزن خاک خشک) در نمونه های خاک

Table 1. Analysis of Variance for Concentration of Some Heavy Metals (µg/g) in Soil Samples

$CaCO_3$	pH	OM	Pb	Cd	Zn	Mn	Cu	Fe	درجه آزادی d.f	منابع تغییرات SV
59.9	0.01	0.001	100.6	0.669	138.3	2675.6	35.112	91351.3	4	تکرار R
1315.7**	0.019*	0.131**	670.9**	$7.083^{n.s}$	1650.02**	9585.1**	144.95**	$150095.8^{n.s}$	3	محل Site
15.9	0.003	0.002	62.1	3.67	136.3	1545.5	23.013	109434.8	12	خطا Error

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

*, **, n.s : Significant at 5%, 1% levels of probability and nonsignificant, respectively

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

Table 2 . Comparison of the Means of Heavy Metal Concentrations (µg/g) and Some Other Soil Properties

میانگین مربعات MS

$CaCO_3$%	OM%	pH	Pb	Zn	Cd	Mn	Cu	Fe	محل Site
47.58B	0.37C	7.71B	0 .0B	23.77C	7AB	191.2B	13.08C	731.2A	خوراسگان Khorasgan
38.6C	0.7A	7.69B	24.5A	66.67 A	6.9A B	230.9AB	25.3A	1013.8 A	هشت بهشت Hashtebehesht
60.4A	0.72A	7.83 A	9.95B	41.33B	8.2A	276.2A	15.4BC	1005.8 A	ذوب آهن E. S. Co
21.8D	0.63B	7.74B	0.0B	35BC	5.3B	2 86.1A	21.7A B	1169.8 A	باغ بهادران Bagh Bahadoran

میانگین‌های هر ستون که دارای حرف مشترک هستند ازنظر آماری در سطح ۱٪ معنی‌دار نمی‌باشند

Means in each column having common Alfabets are not Significant At 1% Level

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۳- مقایسه مقادیر تعدادی از فلزات سنگین توصیه شده با مقادیر اندازه گیری شده در خاک

Table 3 . Comparison of Measured and Recommended values of several Heavy Metals in Soil

مقادیر مجاز Acceptable Values (µg/g)	مقادیر اندازه گیری شده Measured Values (µg/g)	فلز سنگین Heavy Metal	
2-200	0-25	**(Pb)**	سرب
0.01-3	5-8	**(Cd)**	کادمیوم
10-300	24-67	**(Zn)**	روی
100-4000	191-286	**(Mn)**	منگنز
2-100	14-25	**(Cu)**	مس

ب - تجزیه گیاه

میانگین نتایج تجزیه نمونه‌های برگ گیاه اقاقیا مربوط به خرداد ۸٤ (مرحله اول) و شهریور ۸٤ (مرحله دوم) برای عناصر سنگین Fe، Cu، Mn، Zn، Cd و Pb در سایت‌های چهارگانه در جدول٤. ارائه شده است. در ذیل به تفکیک به ذکر و ارائه این عناصر می‌پردازیم:

آهن یکی از عناصر ضروری کم مصرف مورد نیاز گیاهان است که گیاهان بدون وجود آن قادر به تکمیل چرخه حیاتی خود نمی‌باشند. اما وجود همین عنصر در مقادیر بیشتر از حد نرمال می‌تواند برای گیاه سمّی 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 می‌باشد (عابدی و هنرجو،۱۳۸۲). جدول٤. نمایشگر آن است که غلظت آهن در برگ‌های شسته شده و شسته نشده متفاوت بوده و 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 جدول۵.

Archive of SID

www.SID.ir

گیاهان مناطق نمونه‌برداری شده از نظر مقدار آهن در سطح یک درصد معنی‌دار می‌باشند. همچنین غلظت آهن در همه مناطق از مقدار زمینه ($۱۵۰\ \mu g\ g^{-1}$) 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 درخاک و گیاه در مناطق صنعتی و پرترافیک بیشتر از مقدار زمینه بوده است. نتیجه دیگر از داده‌ها این است که مقادیر زیادی از آهن موجود در گیاه، از طریق اتمسفر و به کمک باد در اختیار گیاه قرار گرفته است و نه از طریق خاک.

مس در زمره عناصر ضروری کم مصرف برای گیاهان است. 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 سمیّت قرارمی گیرد (عابدی وهنرجو،۱۳۸۲). با توجه به جدول تجزیه واریانس جدول(۵) مناطق مورد مطالعه از نظر مقدار مس با یکدیگراختلاف 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 صنعتی ذوب‌آهن (۳۹/۸ میکروگرم در گرم) و سپس سایت پرترافیک هشت بهشت (۲۹/۶میکروگرم 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 می‌دانند، همخوانی دارد (Celik and Aslihan, 2004; Monaci and Bargali, 2000; Harrison and Chirawi, 1989) همچنین نتیجه می شود، مس توسط گرد و غبار جابه جا شده و باعث آلودگی برگ‌های گیاهان منطقه گردیده است.

منگنز یکی دیگر از عناصر ضروری گیاهان است. مقدار آن درگیاهان 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 ۵. از نظر مقدار منگنز بین

Archive of SID

www.SID.ir

سایت‌ها اختلاف معنی‌داری وجود ندارد. میانگین مقدار منگنز برگ مطابق جدول ٤. زیر حد زمینه می‌باشد. منشأ اصلی منگنز موجود در هوا و خاک از ترمز اتومبیل‌ها ناشی می‌گردد (Monaci, 2000; Celik and Aslihan, 2004). روی نیز یک عنصر کم مصرف ضروری برای گیاهان است. حد مجاز در بافت‌های گیاهی ۱۰۰– ۲۰ میکروگرم در گرم است، حد بحرانی ضروری بودن آن برای اکثر گیاهان ۱۵ میکرو گرم در گرم گزارش شده است (Kabata–Pendias and Pendias, 1992). بر اساس جدول تجزیه واریانس جدول۵. از نظر غلظت روی، میان سایت‌های چهارگانه مورد مطالعه در سطح یک درصد اختلاف معنی‌دار وجود دارد. امّا میانگین غلظت روی در دو مرحله نمونه برداری به هم نزدیک است. مقدار روی در برگ گیاهان مربوط به سایت‌های مورد مطالعه زیر حد مجاز بوده است، لذا در مناطق اندازه‌گیری شده آلودگی روی مشاهده نمی‌شود.

میانگین مقدار کادمیوم درتمام سایت‌های چهارگانه مورد مطالعه در این پژوهش، از حد مجاز ارائه شده توسط کاباتا و پندیاس (Kabata and Pendias, 1992) بیشتر بود، جدول٤. این محققین مقدار عنصر کادمیوم در گیاهان را ۱– ۰/۱ میکروگرم در گرم وزن خشک گیاه گزارش نموده‌اند و عدم نیاز گیاهان و حیوانات به این عنصر را ذکر کرده‌اند. سلیک و اسلیحان (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 می‌گیرد.

مقدار سرب موجود در اکثر نمونه‌های 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 می‌یابد. گزارشات رحمانی و همکاران حاکی از آن است که غلظت سرب در خاک ارتباط معنی‌داری با حجم ترافیک دارد (Pydtt, 1999; Celik and Aslihan, 2004; Rahmani et al, 2000).

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ٤ – مقایسه میانگین غلظت فلزات سنگین (میکروگرم در گرم وزن خشک گیاه) اندازه‌گیری شده در برگهای اقاقیا

Table 4 . Comparison of the Means of Heavy Metal Concentrations (µg/g) in Acacia Leaves

MS

Pb	Zn	Cd	Mn	Cu	Fe	محل Site
0.000	30.07B	4.18A	133.3A	13.78A	447.7B	خوراسگان **Khorasgan**
0.000	32.9B	4.35A	166.1A	29.6A	616.0AB	هشت بهشت **Hashte Behesht**
0.000	44.85A	4.59A	180.9A	39.75A	856.1A	ذوب آهن **E. S. Co**
0.000	29.98B	4.95A	109.32A	19.3A	405.0B	باغ بهادران **Bagh Bahadoran**
						زمان نمونه برداری **Sampling Time**
	37.62A	4.82A	188.7A	40.55A	563.14A	خرداد **Jun.**
	32.77B	4.21A	161.18A	40.64A	599.3A	شهریور **Sep.**
						تیمار **Treatment**
	31.3B	3.55B	173.97A	29.43B	404.86B	شستن **Washed**
	39.1A	5.49A	175.90A	51.76A	757.53A	عدم شستن **Unwashed**

میانگین‌های هر ستون که دارای حرف مشترک هستند ازنظر آماری در سطح ۱٪ معنی دار نمی‌باشند.

Means in each Column Having common Alfabets are not significant At 1% Level .

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۵- تجزیه واریانس برای غلظت فلزات سنگین (میکروگرم در گرم وزن خشک گیاه) اندازه‌گیری شده در برگ درخت اقاقیا

Table 5. Analysis of Variance for the Concentration of Heavy Metals (µg/g) in Acacia Leaves

Pb	Zn	Cd	Mn	Cu	Fe	درجه آزادی d.f	منابع تغییرات SV
0.0	153.58**	0.45$^{n.s}$	8817.32$^{n.s}$	277.279$^{n.s}$	167485.9**	3	محل Site
0.0	242.79**	1.49$^{n.s}$	3029.96$^{n.s}$	0.032$^{n.s}$	5217.06$^{n.s}$	1	زمان نمونه برداری Sampling Time
0.0	242.79**	14.98*	15.02$^{n.s}$	1994.52*	497505.6**	1	شست و شو Washing
0.0	0.27$^{n.s}$	2.63$^{n.s}$	6548.86$^{n.s}$	52.28$^{n.s}$	6150.60	1	اثر متقابل نمونه و شست و شو Interaction of Sample and Washing
0.0	11.48	1.9	6044.1	204.01	29503.72	9	خطا Error

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

***, **, n.s : Significant at 5%, 1% levels of probability and nonsignificant, respectively**

نتیجه‌گیری و پیشنهادات

نتایج این تحقیق نشان داد برگ درخت اقاقیا می‌تواند به عنوان یک زیست ردیاب آلودگی هوا در مناطق آلوده به فلزات سنگین مانند Fe، Cu، Mn، Zn، Cd و Pb مورد استفاده قرار گرفته و محل‌های آلوده را از محل های غیر آلوده تفکیک نماید. نظر به اینکه محتوای عناصر در بخشهای مختلف گیاه به طور قابل توجهی تفاوت دارد لذا پیشنهاد می‌شود علاوه بر برگ از پوست درخت نیز برای ردیابی فلزات سنگین موجود در هوا استفاده شود، زیرا این دو بخش از گیاه مستقیماً در معرض هوا قرار دارند. غیر از اقاقیا که یک گیاه پهن برگ است برخی از سوزنی برگان مانند کاج نیز به سبب داشتن پوست کلفت تر و زبرتر ردیاب خوبی برای بررسی‌های آلودگی هوا به شمار می روند که در این رابطه برای رسیدن به پاسخ دقیق نیاز به تحقیقات دامنه‌دار در آینده خواهد بود.

Archive of SID

www.SID.ir

منابع

رحمانی، ح. ر.،کلباسی، م. وحاج‌رسولیها، ش. ۱۳۷۹. آلودگی خاک به وسیله سرب حاصل از وسایل نقلیه در محدوده برخی از بزرگراه‌های ایران، مجله علوم وفنون کشاورزی و منابع طبیعی. جلد چهارم، شماره چهارم، صفحات ٤٢-٣١ .

عابدی، م. ج. و هنرجو، ن. (مترجم). ۱۳۸۲. مرجع عناصر کمیاب (جزئی) ، کتاب مرجع. جهاد دانشگاهی دانشگاه مشهد. ۲۳٦ ص .

ADEL MANZALA , A. 2003. Heavy metal pollution and biomonitoring plants in lake Manala, Egypt. Pakistan. Biological Science 6 (13). P: 1108 – 1170.

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. 621 P.

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 of Pb, Zn and Cu in Taraxacum Spp in relation to urban pollution. Bull. Environ. Contan.Toxical.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 6. 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 soilless 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.

MADEJON, P., ROBINSON, B. 2004. White poplar (*Populus alba*) as a biomonitor of trace elements in contaminated riparion forest. Environ. Pullution (132): 145 – 155.

MARKERT, B. 1993. Plant as biomonitors/Indicators for heavy metals in the terrestrial environment. Weinheim VCH. Press : 670.

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 (10) : 1-100.

Archive of SID

www.SID.ir

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, Wisconsis P: 570-573.

PYDTT, F.B. 1999. Comparison of foliar and stem bioaccumulation of heavy metals by Corsican pines in the Mount Olympus area of Cyprus, Ecotoxicol.Environ (42) : 57- 61.

SOMMERS, R.E. 1982. Methods of soil analysis. Part 2. Chemeical and Microbiological Properties 2nd ed. Carbonate. Soil. Sci. Soc. Amer. Inc. Publisher Madison, Wisconsin, USA, P: 182-192.

SOON, Y.K., ABBOUD, S. 1993. Cadmium, Chromium, Lead and Nickel. Soil sampling and Method of Analysis. Lewis puplishers P: 103 – 107.

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

Archive of SID

www.SID.ir