بررسی غلظت فلزات سنگین در برگ گونه‌های گیاهی اطراف کارخانه سیمان (مطالعه موردی کارخانه سیمان پیوند گلستان)

Survey the Amount of Heavy Metals in species leaf around cement production industries (Case study: Payvand Golestan cement factory)

کیوان صائب*[۱]، سلیمان قربانزاده[۲]، سعید کاردار[۳]، ربابه خادمی[۴]

۱- دانشیار گروه دانشکده محیط زیست و منابع طبیعی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تنکابن، تنکابن- ایران.
۲- استادیار گروه دانشکده محیط زیست و منابع طبیعی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تنکابن، تنکابن- ایران.
۳- استادیارگروه مهندسی محیط زیست- آب و فاضلاب و منابع آب، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران.
۴- دانش آموخته کارشناسی ارشد آلودگی محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تنکابن، تنکابن- ایران.

نویسنده مسوول مکاتبات: keivansaeb@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۴/۷ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۹/۲۰

چکیده

با پیـشرفت روزافـزون صنـایع و کارخانه‌ها، انسـان و دیگر موجـودات زنده در معرض مخاطـرات بیش‌تر قرار می‌گیرند. یکی از عوامل مهم ایجادکننده آلودگی‌ها، فرآیند تولید سیمان در کارخانه‌ها است. این مطالعه با هدف تعیین میزان جذب آلاینده‌های حاصل از گرد و غبار کارخانه سیمان توسط نمونه‌های برگ گونه‌های گیاهی غالب اطراف کارخانه پیوند سیمان گلستان صورت گرفت. برای این منظور هفت ایستگاه در فواصل مختلف مشخص و پس از بررسی منطقه و شناسایی گونه‌های غالب منطقه اقدام به تهیه ۲۴ نمونه با سه تکرار شد. برگ‌ها از ارتفاع یک تا دو متـری از سطـح زمین از قسمت بیرونی تاج پوشش و آن‌هایی که رو به کارخـانه، جمـع‌آوری شدند پس از آماده‌سازی نمونه‌ها از ICP برای تعیین میزان فلزات و از نرم افزار Spss با سطح معناداری پنج درصد برای تجزیه و تحلیل داده‌ها استفاده شد. میانگین غلظت نقره، آرسنیک، کادمیوم، کبالت، کروم، سزیم، بیسموت و باریم با یکدیگر در درخت بلوط و گیاهان سیاه تلو و نی از لحاظ آماری معنی‌دار نشد، به‌عبارت دیگر میزان جذب فلزات در درخت بلوط و گیاهان سیاه تلو و نی یکسان است. میزان کادمیوم گیاه سیاه تلو بیش‌تر از درخت بلوط است، به‌عبارت دیگر سیاه تلو کادمیوم را از سایرین بهتر جذب (۲۰/ ۸۸ $\mu g.gr^{-1}$) می‌کند. غلظت فلزات سمی در برگ‌های گیاهان منطقه مورد مطالعه نشان از ورود فلزات سنگین از هوا و جذب سطحی برگ‌ها دارد.

واژگان کلیدی: فلزات سنگین،کارخانه سیمان ،سیاه تلو، نی، درخت بلوط

مقدمه

آلاینده‌ها از جمله عوامل مختل‌کننده اکوسیستم به‌شمار می‌روند و در این میان "فلزات سنگین" به دلیل اثرات فیزیولوژیکی خاص خود بر موجودات زنده در غلظت‌های کم حایز اهمیت شناخته شده‌اند (Faiz *et al*., 2009). افزایش غلظت فلزات سنگین، زاییده صنعتی شدن جوامع بشری است. آلودگی محیط زیست با فلزات سنگین به‌دلیل تأثیر سو این مواد سمی بر سازواره‌های زنده تبدیل به مساله جهانی شده است (Bollen *et al*., 2010، McCollum *et al*., 2013). هشت مورد از رایج‌ترین فلزات آلوده‌ساز که از سوی آژانس حفاظت محیط زیست آمریکا معرفی شد، به‌ترتیب عبارت است از آرسنیک، کادمیوم، روی، سرب، نیکل، جیوه، مس و کروم (Athar *et al*., 2006، WHO, 2014). سیمان از جمله ترکیباتی است که مصرف آن به موازات توسعه صنعتی و گسترش شهرنشینی رو به افزایش است (Ogbonna *et al*., 2011، Athar *et al*., 2006). در هر یک از مراحل تولید سیمان از جمله پیش حرارت‌دهی، کلینکرسازی، خنک کردن کلینکر، عملیات خردکردن و انبار کردن مقدار زیادی گاز و فلزات سنگین با خصوصیات فیزیکی و شیمیایی متفاوت تولید خواهد شد (Abimbola *et al*., 2007، World Bank, 2008، Bermudez *et al*., 2010، Chehregani, 2004، Gupta *et al*., 2012 و عباسی، ۱۳۸۵). صنعت سیمان دارای پتانسیل‌های نهفته فراوان است که بیش‌ترین رشد و تأثیر را در اقتصاد کشور داشته و روند رو به فزاینده‌ای دارد (Ahmadian *et al*., 2008).

کشور ایران از لحاظ جغرافیا در منطقه‌ای واقع شده که سلسله کوه‌های آهکی آن را احاطه نموده است؛ در نتیجه مواد اولیه برای تولید سیمان در داخل کشور به‌وفور یافت می‌شود. همگام با درآمدزایی این صنعت در کشور، توجه به آلایندگی آن از نظر زیست محیطی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (میرغفاری، ۱۳۸۴). بررسی پوشش گیاهی طبیعی در مناطق آلوده به فلزات سنگین و تعیین غلظت عناصر فلزی در گونه‌های گیاهی از جنبه‌های علمی و کاربردی بسیار حایز اهمیت است.(Ade-Ademilua and Obalola, 2008). مطالعه ایسکیل و همکاران (Isikli, *et al*., 2006) نشان داد که غلظت عنصر کادمیوم در نمونه‌های خاک و برگ موجود در اطراف کارخانه سیمان در ترکیه بالاتر از حد مذکور در مناطق شاهد است. محققان به بررسی میزان غلظت عناصر آلاینده‌هایی چون منگنز، کروم، کادمیوم، روی و آهن در گونه‌های گیاهی اطراف کارخانه سیمان در نیجریه پرداختند و بیان کردند که بین میزان فلزهای سنگین در خاک و رشد گیاهان همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود دارد و غلظت عنصر کادمیوم بالاتر از حد استاندارد است (Ogbonna *et al*., 2011). صادقی‌روش و خراسانی در سال ۱۳۸۷ مطالعاتی در زمینه آثار گرد و غبار ناشی از کارخانه سیمان بر تراکم و تنوع پوشش گیاهی پرداختند و عنوان کردند که بین تنوع و تراکم پوشش گیاهی با رسوب ذرات گرد و غبار خروجی از دودکش‌های کارخانه یک همبستگی معکوس برقرار است. هر قدر منبع انتشار ذرات دورتر شود میزان رسوب ذرات کاهش و تنوع و تراکم پوشش گیاهی افزایش می‌یابد.

هدف این تحقیق بررسی تأثیر غبار سیمان بر روی برگ گونه‌های درختی اطراف کارخانه پیوند سیمان گلستان است. پس از بررسی منطقه و شناسایی گونه‌ها، از میان گونه‌های موجود در کارخانه سه گونه که تقریباً در تمامی سطح کارخانه و محوطه اطراف آن پراکنش دارند، انتخاب شدند. گونه‌های مورد نظر بلوط (*Quercus*) و سیاه تلو (*Paliurus spina*) و نی (*Phragmitesaustralis*) بودند. جهت تعیین کیفیت هوای محیط مورد مطالعه، اطلاعات موجود که به‌صورت نمونه‌برداری مستمر در جهت کنترل، بهره‌برداری و نگهداری سیستم انجام می‌شد، استفاده گردید. فلزات سنگین توانایی تجزیه زیستی ندارند و به بافت گیاهان انتقال و در آن تجمع یافته و در دراز مدت اثرات تخریبی بر

گیاهان و محیط زیست خواهد داشت. با توجه به اهمیت فلزات سنگین در صنعت سیمان، انجام این پژوهش ضروری می‌باشد.

مواد و روش‌ها

کارخانه سیمان پیوند گلستان درشش کیلومتری شهرستان گالیکش از توابع استان گلستان واقع گردید. ظرفیت اسمی کارخانه ۳۳۰۰ تن در روز می‌باشد. شهرستان گالیکش یکی از شهرستان‌های استان گلستان واقع در شمال ایران است. استان گلستان دارای ۲/۲ میلیون هکتار مساحت است که از مجموع مساحت استان گلستان حدود ۱۱۲۶۰۰۰ هکتار را مرتع و ۴۳۰۰۰۰ هکتار را جنگل تشکیل داده و در مجموع حدود ۷۰ درصد از سطح استان را منابع طبیعی تشکیل می‌دهد. با توجه به موقعیت جغرافیایی و شرایط آب و هوایی و جنس خاک‌ها، این استان از پوشش گیاهی متنوعی از قبیل جنگل انبوه چمنزار و استپ برخوردار است. همگام با درآمدزایی صنعت سیمان در استان، توجه به آلایندگی آن از نظر زیست محیطی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشد. این مطالعه با هدف اندازه‌گیری میزان جذب فلزات سنگین حاصل از گرد و غبار کارخانه سیمان توسط نمونه‌های برگ درختان غالب منطقه به‌منظور بررسی آلودگی در فواصل مختلف صورت گرفت. در این پژوهش به‌منظور ارزیابی اثرات زیست محیطی کارخانه سیمان بر گیاهان اطرافش سعی شد که نمونه‌برداری سیستماتیک منظم به صورت شعاعی و به‌مرکزیت کارخانه سیمان طراحی شود تا نمونه‌ها نماینده کاملی از کل منطقه نمونه‌برداری باشد. در ابتدا پس از بررسی منطقه و شناسایی گونه‌ها، از میان گونه‌های موجود در کارخانه سه گونه که تقریباً در تمامی سطح کارخانه و محوطه اطراف آن پراکنش داشته، انتخاب شدند. گونه‌های مورد نظر بلوط (*Quercus*) و سیاه تلو (*Paliurus spina*) و نی (*Phragmitesaustralis*) بودند. نمونه‌گیری در تیر ماه و با انتخاب هفت ایستگاه انجام شد. ایستگاه‌ها به‌نحوی انتخاب شدند که سه گونه گیاهی سیاه تلو (*Paliurus spina*) و بلوط (*Quercus*) و نی (*Hragmitesaustralis*) مورد مطالعه در آن وجود داشته باشند. ایستگاه اول داخل کارخانه و شش ایستگاه خارج از محوطه اطراف کارخانه انتخاب گردید. جدول یک موقعیت جغرافیایی نقاط نمونه‌برداری را نشان می‌دهد. در انتخاب ایستگاه‌ها جهت باد غالب منطقه از اهمیت خاصی برخوردار بود به‌طوری‌که از گونه‌هایی نمونه‌برداری شد که در جهت باد غالب بوده و پشت کارخانه قرار گرفته بودند. بدین صورت که هر ایستگاه سه تکرار و برای هر نمونه برگ سیاه تلو، بلوط و نی ۲۴ نمونه از سراسر منطقه جمع‌آوری گردید برگ‌ها از ارتفاع یک تا دو متری از سطح زمین از قسمت بیرونی تاج پوشش و آن‌هایی که رو به سمت کارخانه بودند جمع‌آوری شدند (Ogbonna *et al*., 2011). جهت اطمینان از همسان بودن برگ‌ها، برگ‌هایی با طول ۵-۱۰ سانتی‌متر جمع آوری شدند. سپس برگ‌ها با حداقل دست زدن به سطح آنها در داخل محافظ پلاستیکی گرفت و بر روی هر کیسه پلاستیکی بر چسب زده و مشخصات نوع نمونه و شماره ایستگاه و تکرار قید گردید. در مجموع تعداد ۲۴ نمونه برگی برداشت شد. نمونه‌گیری در روزهای آفتابی (حداقل ۱۰ روز فاصله از آخرین بارندگی) انجام گرفت برگ‌ها در هوای آزاد و در یک محیط مسقف پهن شده و در طی یک الی دو هفته خشک شدند و بعد از خشک شدن توسط دستگاه خردکن مراحل خردکردن نمونه‌ها صورت پذیرفت. سپس در بخش آزمایشگاه مراحل هضم نمونه‌ها انجام شد و توسط دستگاه (inductively coupled plasma/mass spectroscopy (ICP-MS, Bruker 820, Germany غلظت عناصر نقره، آرسنیک، کادمیوم، کبالت، کروم، سزیم، بیسموت و باریم قرائت گردید. جهت انجام تجزیه و تحلیل‌های آماری از نرم افزار SPSS ver.16 استفاده شد. قبل از انجام آنالیزهای آماری، نرمال بودن داده‌ها توسط آزمون Klomogrov-Smirnov بررسی گردید. شاخص‌های آماری و نتایج آزمون کالموگراف اسمیرنف را برای تعیین نرمال بودن توزیع میزان فلزات نقره، آرسنیک، کادمیوم، کبالت،

کروم، سزیم، بیسموت و باریم، بر حسب $\mu g.gr^{-1}$ در درخت بلوط و گیاه سیاه تلو و نی در جدول سه نشان داده شد. پس از حصول اطمینان از نرمال بودن داده‌ها، تفاوت غلظت هر یک از فلزات در گیاهان بلوط، سیاه تلو و نی توسط آنالیز و از تحلیل واریانس یک طرفه یا One way ANOVA در سطح پنج درصد بررسی شد (جدول دو) و برای جداکردن دسته‌ها از پس آزمون توکی استفاده شد (جدول چهار).

جدول ۱- موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌ها
Table 1. Geolocation stations

ایستگاه Stations	1	2	3	4	5	6	7
X	365543	365562	365856	365622	365600	365224	365510
Y	4129344	4129109	4128912	4127928	4127934	4127573	4128754
ارتفاع (متر) Height(m)	267	268	291	479	642	396	425

نتایج و بحث

فلزهای سنگین منبع اصلی سمی بودن عناصر در محیط زیست‌اند، بسیاری از موجودات زنده در غلظت بیش از حد طبیعی، توانایی سازگاری با این وضعیت را ندارند (Al-Khashman, 2006 و Isikli, 2006). صنعت سیمان یکی از صنایع بزرگ کشور است و با توجه به کاربرد و نقش کلیدی سیمان در بخش‌های گوناگون، اهمیت زیادی دارد (Alizadeh Dakhel *et al*., 2010). کارخانجات سیمان یکی از منابع آلوده کننده محیط زیست به ترکیبات کروم، آرسنیک، کبالت، سزیم، باریم، بیسموت شناخته شده است. با فاصله گرفتن از کارخانه از غلظت فلزات سمی کاسته می‌شود این بدین معناست که بیش‌ترین غلظت این عناصر در نزدیکی کارخانه مشاهده شد (صادقی‌روش، ۱۳۸۸).

کادمیوم فلزی سمی و غیر ضروری برای گیاه است. کادمیوم با افزایش پراکسیداسیون-لیپیدها و تولید گونه‌های فعال اکسیژن زوال غشا را فراهم می‌کند. این فلز با عناصری مانند منیزیم و آهن موجود در کلروفیل رقابت می‌کند و جایگزین آنها می‌شود و مولکول کلروفیل موجود در گیاه را بدین صورت از بین می‌برد. جانوران در اثر مسمومیت کادمیوم دچار فقر آهن خون، بیماری‌های کبدی و آسیب‌های مغذی و عصبی می‌شود. کروم قادر است از طریق تنفس و گوارش جذب شود. کروم شش ظرفیتی در انسان سبب نکروز شدن کبد، التهاب کلیه و نهایتاً مرگ می‌گردد. آژانس حفاظت محیط زیست آمریکا کروم شش ظرفیتی را در گروه A با خطر سرطان‌زایی بالا طبقه‌بندی نمود. مقدار کروم شش ظرفیتی محلول در محصول نهایی کارخانجات سیمان قابل ملاحظه است. آلودگی منابع آب و خاک محیط زیست به ترکیبات کروم به صورت رهاسازی گرد و غبار کوره سیمان از طریق دودکش مشکلات زیست محیطی حادی را به وجود آورد (Semhi *et al*., 2010، Schuhmacher *et al*., 2009). نوعی ذات‌الریه خوش‌خیم را به استنشاق ذرات گرد و غبار حاوی باریم نسبت داده‌اند. در اثر تماس پوست و مخاط با گرد و غبار آرسنیک مشکلات گریبان‌گیر کارگران کارخانجات سیمان می‌شود. سوراخ شدن تیغه بینی در اثر استنشاق آرسنیک در بین کارگران دیده می‌شود. علی‌الرغم ظرفیت و استعدادی که خاک در نگهداری آرسنات‌ها دارد، کاربرد آرسنات‌ها در یک دوره طولانی منجر به ایجاد مسمومیت برای نباتات حساس می‌شود. اگرچه میزان آرسنیک موجود در خاکی که در آن آرسنات زیاد به کار رفته است در

حدی نیست که حیوانات را مسموم سازد ولی باعث شد که گیاهان رشد طبیعی خود را ازدست دهند (اسماعیلی ساری، ۱۳۸۲). غبار سیمان روزنه‌های گیاهان را می‌بندد، از گرده‌افشانی آن‌ها جلوگیری می‌کند و فتوسنتز یا میزان ترشحات سالیانه گیاهان را کاهش می‌دهد. غبار سیمان باروری و غلظت کلروفیل را در برخی از گیاهان غیر خوراکی کاهش داده است (World Bank, 2008).

میانگین غلظت فلزات سنگین اندازه‌گیری شده در نمونه‌های مختلف در جدول سه ارایه شد. به منظور مقایسه میزان جذب کل عناصر فلزی در گونه‌های درختی و درختچه‌ای از آزمون تحلیل واریانس یک راهه ANOVA استفاده گردید (جدول چهار).

همان‌طور که در جدول سه مشاهده شد مقدار z محاسبه شده برای نقره، آرسنیک، کادمیوم، کبالت، کروم، سزیم، بیسموت و باریم در درخت بلوط و گیاهان سیاه تلو و نی کم‌تر از ۱/۹۶ بوده و سطح معنی‌داری آنان هم نیز کم‌تر از ۲۵ درصد برای آزمون‌های دو دامنه است. همچنین فاصله کمی بین میانگین و میانه وجود دارد بنابراین نتیجه گرفته می‌شود که که توزیع میزان نقره، آرسنیک، کادمیوم، کبالت، کروم، سزیم، بیسموت و باریم در درخت بلوط و گیاهان سیاه تلو و نی بر حسب میکروگرم بر گرم نرمال است و می‌توان از آزمون‌های پارامتریک استفاده نمود. برای بررسی تفاوت میزان جذب عناصر فلزی در گونه‌های درختی و درختچه‌ای که در درخت بلوط و گیاه سیاه تلو و نی اندازه‌گیری شد از آزمون تحلیل واریانس یک راهه ANOVA استفاده گردید (جدول دو). بالاترین میانگین غلظت کروم مربوط به سیاه تلو (۲۸/۱۳ $\mu g.gr^{-1}$) و کم‌ترین میانگین غلظت کروم مربوط به نی (۱۷/۵ $\mu g.gr^{-1}$) است اما آزمون آماری نشان می‌دهد (جدول دو) که اختلاف معنی‌داری بین میانگین غلظت کروم در این گونه‌های گیاهی وجود ندارد. حدود طبیعی غلظت کروم در برگ‌های گیاهان ۰/۱ تا ۱/۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم ماده خشک گیاهی است (Bennett *et al*., 2003) غلظت کروم در هیچ کدام از گونه‌های گیاهی با استاندارد ارایه شده مطابقت ندارد، نتایج مربوط به غلظت کروم در برگ‌های گیاهان و مقایسه آنها با غلظت طبیعی این عنصر در برگ‌ها، نشان‌دهنده وجود آلودگی کروم در برگ‌های گیاهان در منطقه است.

بالاترین میانگین غلظت سزیم، در مقیاس $\mu g.gr^{-1}$ (۲۳/۵) در گیاه سیاه تلو و بعد آن به‌ترتیب در درخت بلوط و گیاه نی (۲۱/۷۵ -۱۹/۸۸) است نتایج جدول دو نشان داد که غلظت سزیم در گونه‌های گیاهی مختلف اختلاف معنی‌داری ندارد. سزیم برای گیاهان ضروری نیست و در نتیجه توزیع آن در نمونه‌های گیاهی به‌طور گسترده مطالعه نشد. انتشار سزیم در گیاهان مشابه پتاسیم است که نشان می‌دهد که این فلز می‌تواند رقیب پتاسیم در گیاهان باشد، بنابراین محدوده سزیم در گیاهان مختلف ۰/۱-۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم ارائه شد که در مقایسه با اندازه‌گیری های انجام شده نشان دهنده‌ی آلودگی گیاهان به سزیم است (Isaure *et al*., 2006). مطابق جدول سه بالاترین میانگین غلظت بیسموت، در مقیاس $\mu g.gr^{-1}$، در گیاه نی (۱۷/۵) و بعد آن به ترتیب در درخت بلوط و گیاه سیاه تلو (۱۷/۱۳-۱۵/۸۸) است. محتوای بیسموت در گیاهان به‌طور گسترده مطالعه نشد.

همچنین با توجه به تحقیق صورت گرفته میانگین غلظت بیسموت در گونه‌های گیاهی مختلف اختلاف معنی‌داری ندارد. محققان در برگ‌های Cares lagustris–Agrostis scrabra ۶۵-۹۵ میکروگرم بر کیلوگرم بیسموت گزارش کردند (Fahey *et al.*, 2008). با توجه به نتایج مربوط به غلظت بیسموت در برگ‌های گیاهان مشاهده می‌گردد که غلظت بیسموت در گیاهان در مقایسه با تحقیق سایر محققان بالاتر است. بالاترین میانگین غلظت باریم، در مقیاس $\mu g.gr^{-1}$، در گیاه سیاه تلو (۱۷/۵) و بعد آن به‌ترتیب در درخت بلوط و گیاه نی (۱۴/۵-۱۵/۶۳) است. اگرچه باریم در گیاهان جز ضروری بافت گیاه نیست همچنین گزارشی در رابطه با مسمومیت گیاهان به این عنصر گزارش نشده است. به‌طور میانگین در گیاهان ۲-۱۳ میلی‌گرم بر

کیلوگرم باریم وجود دارد. مقایسه داده‌های حاصل از بررسی نمونه‌های برگ گیاهان مورد تحقیق با میزان طبیعی باریم در گیاهان نشان دهنده‌ی آلودگی گیاهان به باریم است همچنین میانگین غلظت باریم در گونه‌های گیاهی مختلف از نظر آماری با هم اختلاف معنی‌داری ندارند.

بالاترین میانگین غلظت کبالت، در مقیاس $\mu g.gr^{-1}$، در گیاه سیاه تلو (۲۶) و بعد آن به‌ترتیب در درخت بلوط و گیاه نی (۲۳/۷۵-۲۲) است. میانگین کبالت در شبدر ۱۰۰-۵۷۰ میکروگرم بر کیلوگرم و در گیاهان علفی ۶۰ -۲۷۰ میکروگرم بر کیلوگرم است. میانگین غلظت کبالت با حدود استاندارد ارایه شده هم‌پوشانی دارد.

برای فلز نقره نتایج حاصل از نمونه‌ها نشان داد که مطابق جدول سه بالاترین میانگین غلظت نقره، در مقیاس $\mu g.gr^{-1}$، در گیاه سیاه تلو (۲۶/۷۵) و در عین حال کم‌ترین غلظت فلز نقره در گیاه نی و درخت بلوط به‌ترتیب ($19/25 \mu g.gr^{-1}$ و ۲۳/۲۵) اندازه‌گیری شدند. غلظت این فلز در بین گونه‌های درختی و درختچه‌ای تفاوت معنی‌داری نداشت. غلظت نقره تا حد زیادی بین گونه‌های گیاهی متفاوت است. محققان محدوده ۰/۱-۱۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم میانگین غلظت نقره، برای قارچ‌ها و جلبک سبز ارائه دادند اما مقدار میانگین سنجش شده بالاتر از این میزان است و نشان دهنده‌ی آلوده بودن محیط به فلز نقره است.

بیش‌ترین میانگین غلظت آرسنیک، در مقیاس $\mu g.gr^{-1}$، در گیاه سیاه تلو (۱۸/۲۵) و بعد آن به‌ترتیب در گیاه نی (۱۷/۲۵) و درخت بلوط (۱۷) است. مقایسه غلظت فلز آرسنیک در گونه‌های گیاهی مختلف نشان داد که اختلاف معنی‌داری در گونه‌های درختی و درختچه‌ای وجود ندارد. حداکثر غلظت آرسنیک در گیاهان 0.5 to 80 $\mu g.kg$ میکروگرم به ازای هر کیلوگرم تعیین شده است (Salama *et al.*, 2011، Schuhmacher *et al.*, 2009). بنابراین می‌توان گفت آرسنیک اندازه‌گیری شده در این گیاهان اختلافی با حدود استاندارد ارایه شده ندارد.

مطابق جدول سه بیش‌ترین میانگین غلظت کادمیوم، در مقیاس $\mu g.gr^{-1}$، در گیاه نی و بعد آن در گیاه سیاه تلو و درخت بلوط است. تفاوت بین میانگین‌هایِ میزان کادمیوم درخت بلوط و گیاهان سیاه تلو و نی از لحاظ آماری معنی‌دار است (جدول دو). برای تعیین این‌که میانگین میزان کادمیوم در کدام یک از درخت بلوط و گیاهان سیاه تلو و نی بیش‌تر از سایرین است از آزمون توکی استفاده شده است در جدول توکی (جدول چهار)، تفاوت معنی‌دار هر یک از میانگین‌ها با سایر میانگین‌ها در خانه‌های ستون تفاوت میانگین با علامت * و در خانه‌های ستون P-value، با سطح معناداری کوچک‌تر از ۰/۰۵ مشخص شده است. میانگین میزان کادمیوم گیاه نی از سایرین بیش‌تر است، ولی چون تعداد و انحراف معیار نمونه‌های نی بسیار متفاوت است، در آزمون توکی دارای تفاوت معنی‌دار نیست. از روی مقادیر جدول چهار فقط غلظت کادمیوم سیاه تلو با درخت بلوط دارای تفاوت معنی‌دار است (P-value=۰/۰۳۵) که میانگین غلظت کادمیوم گیاه سیاه تلو (۲۰ $\mu g.gr^{-1}$) بیش‌تر از درخت بلوط ($14 \mu g.gr^{-1}$) است، به‌عبارت دیگر سیاه تلو کادمیوم را از سایرین بهتر جذب می‌کند. با توجه به میانگین غلظت کادمیوم اندازه‌گیری شده در سیاه تلو و نی ($14-20 \mu g.gr^{-1}$) بیش‌تر از گونه گیاهی (*Gmelina arborea*) $0/1 \mu g.gr^{-1}$ و گونه گیاهی *Mangifera indica* ۰/۱۳ $\mu g.gr^{-1}$ (Princewill *et al.*, 2011) و همچنین بیش‌تر از گونه‌های علفی محدوده شهرکرد و با ۱/۶۴ $\mu g.gr^{-1}$ (*Gabriela*) و همچنین بیش‌تر از اطراف کارخانه سیمان کونیا ترکیه (Schuhmacher *et al.*, 2009) است. نتایج بررسی حاضر گویای غلظت بالاتر کادمیوم در محدوده کارخانه سیمان گلستان در مقایسه با اطراف است. این نتایج با نتایج حاصل از پژوهش اگبنا و همکاران (Ogbonna *et al.*, 2011) و بترولدی و همکاران (Bertoldi *et al.*, 2012) مطابقت دارد، بنابراین فلز کادمیوم اندازه‌گیری شده دارای غلظتی بیش‌تر از استانداردهای پیشنهادی برای جذب فلزات سنگین از طریق گیاهان می‌باشد. می‌توان گفت که نگرانی در

مورد سمیت کادمیوم (در منطقه صنعتی مورد مطالعه) جدی بوده و باید کنترل‌هایی در این زمینه صورت پذیرد. با توجه به حداکثر غلظت نقره، باریم، بیسموت، سزیم، کروم، کادمیوم در گیاهان به‌نظر می‌رسد که غلظت این فلزات در گیاهان از حداکثر قابل قبول بیش‌تر است با توجه به اثرات سوء فلزات سمی بر سلامت جامعه، تلاش در جهت شناسایی منابع آلاینده و کنترل و پایش مستمر آنها جهت پیشگیری از وقوع آلودگی امری حیاتی است. به‌دلیل تنوع زیاد گونه‌های گیاهی در کشور شناسایی و انتخاب گونه‌های مناسب برای کاشت آنها در مناطق آلوده از اهمیت زیادی برخوردار است که این امر نیازمند بررسی بیش‌تر انواع گونه‌های گیاهی در مناطق و اقلیم‌های متفاوت دارد. با توجه به نتایج به دست آمده از این مطالعه توصیه می‌شودکه به منظور کاهش آلاینده‌های هوا در کاشت و تکثیر گونه سیاه تلو در این منطقه اهتمام ویژه به‌کار گرفته شود.

جدول ۲- نتایج آزمون تحلیل واریانس یک راهه ANOVA برای میانگین میزان عناصر فلزی فلزات نقره، آرسنیک، کادمیوم، کبالت، کروم، سزیم، بیسموت و باریم در درخت بلوط و گیاهان سیاه تلو و نی

Table 2. ANOVA test for the average metal elements Ag, As, Cd, Co, Cr, Cs, Bi, Ba in Quercus and Paliurus spina and Hragmitesaustralis

Elements		SS	df	Ms	F	سطح معناداری significant leve
نقره Ag	بین گروهی intergroup	154.8	2	77.4	0.65	535.0
	درون گروهی Intragroup	75.2025	17	162.119		
آرسنیک As	بین گروهی intergroup	7.6	2	35.3	124.0	884.0
	درون گروهی intragroup	25.458	17	956.26		
کادمیوم Cd	بین گروهی intergroup	575.235	2	788.117	123*.4	035.0
	درون گروهی Intragroup	625.482	17	566.28		
کبالت Co	بین گروهی intergroup	7.46	2	35.23	808.0	0.462
	درون گروهی Intragroup	5.491	17	912.28		
کروم Cr	بین گروهی intergroup	375.54	2	188.27	1.225	0.318
	درون گروهی Intragroup	375.377	17	199.22		
سزیم Cs	بین گروهی intergroup	575.52	2	288.26	0.724	0.499
	درون گروهی Intragroup	617.625	17	36.331		
بیسموت Bi	بین گروهی intergroup	9.45	2	4.725	0.336	0.719
	درون گروهی Intragroup	238.75	17	14.044		
باریم Ba	بین گروهی intergroup	27.675	2	13.838	0.389	0.684
	درون گروهی Intragroup	604.875	17	35.581		

*، **و ns به ترتیب معنی‌دار در سطح پنج درصد، یک درصد و فاقد اختلاف معنی‌دار

*,** and ns significant at 0.05, 0.01 and no significant

جدول ۳- آماره‌های میانگین و میانه و نمره Z کالموگراف اسمیرنف و سطح معناداری برای درخت بلوط و گیاهان سیاه تلوع و نی

Table 3. The mean and median statistics and Kolmogorov-Smirnov and significant level for Quercus and Paliurus spina and Hragmitesaustralis

Variant	متغیر	تعداد Number	میانگین Mean	میانه Median	Z کالموگراف اسمیرنف K-Smirnov	سطح معناداری S. level
	نقره(Ag)	8	25.23	5.22	994.0	956.0
	آرسنیک(As)	8	17	18	571.0	9.0
	کادمیوم (Cd)	8	14	15	723.0	672.0
بلوط Qureus	کبالت (Co)	8	75.23	5.22	791.0	559.0
	کروم(Cr)	8	25.21	21	458.0	985.0
	سزیم(Cs)	8	88.19	22	666.0	766.0
	بیسموت(Bi)	8	13.17	5.16	515.0	953.0
	باریم(Ba)	8	63.15	5.12	792.0	558.0
	نقره(Ag)	8	75.26	25	0.496	0.966
	آرسنیک(As)	8	25.18	20	0.756	0.618
	کادمیوم (Cd)	8	88.20	20	0.542	0.931
سیاه تلو Paliurus spina	کبالت (Co)	8	26	27.5	0.684	0.738
	کروم(Cr)	8	13.18	20	0.803	0.540
	سزیم(Cs)	8	5.23	5.23	0.417	0.995
	بیسموت(Bi)	8	88.15	15	0.758	0.613
	باریم(Ba)	8	5.12	15	0.863	0.446
	نقره(Ag)	4	19.25	20	0.698	0.714
	آرسنیک(As)	4	17.25	17.5	0.349	1
	کادمیوم (Cd)	4	21.25	22.5	0.384	0.999
نی Hragmitesaustralis	کبالت (Co)	4	22	22.5	0.601	0.863
	کروم(Cr)	4	17.5	15	0.883	0.417
	سزیم(Cs)	4	21.75	22	0.538	0.935
	بیسموت(Bi)	4	17.5	17.5	0.614	0.846
	باریم(Ba)	4	14.5	15	0.620	0.837

*، **و ns به ترتیب معنی‌دار در سطح پنج درصد، یک درصد و فاقد اختلاف معنی‌دار

*,** and ns significant at 0.05, 0.01 and no significant

جدول ۴- نتایج آزمون تعقیبی توکی برای تعیین تفاوت معنی‌دار میزان کادمیوم در نمونه‌ها

Table 4.Tukey test to determine significant differences in the amount of cadmium in the samples

مؤلفهi	مؤلفهj	تفاوت میانگین(i-j)	P-value
بلوط Qureus	سیاه تلو Paliurus spina	-6.875*	049.0
	نی Hragmitesaustralis	-7.25	097.0
سیاه تلو Paliurus spina	بلوط Qureus	6.875*	049.0
	نی Hragmitesaustralis	-0.375	993.0
نی Hragmitesaustralis	بلوط Qureus	7.25	097.0
	سیاه تلو Paliurus spina	0.375	993.0

*، **و ns به ترتیب معنی‌دار در سطح پنج درصد، یک درصد و فاقد اختلاف معنی‌دار

*,** and ns significant at 0.05, 0.01 and no significant

منابع References

اسماعیلی ساری، ع.۱۳۸۲. آلاینده‌ها بهداشت و استاندارد در محیط زیست. انتشارات نقش مهر، تهران، ۷۳۴.

صادقی روش، م.ح.، خراسانی، ن. ۱۳۸۸. بررسی آثار گردوغبار ناشی از صنایع سیمان بر تنوع و تراکم پوشش گیاهی مطالعه موردی: کارخانه سیمان آبیک، علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره دهم، شماره یک. ص ۱۱۹-۱۰۷.

عباسی،ج.، سالاری، م. ۱۳۸۵. آلودگی‌های زیست محیطی کارخانجات سیمان، پنجمین کنفرانس دانشجویی مهندسی معدن، اصفهان - دانشگاه صنعتی اصفهان

میرغفاری، ن. ۱۳۸۴. بررسی غلظت سرب در تعدادی از گونه‌های گیاهی طبیعی اطراف معدن سرب و روی ایرانکوه در اصفهان" مجله منابع طبیعی شماره ۳(۵۸)، ۶۴۲-۶۳۵.

Abimbola, A., Kehinde -Phillips, O., Olatunji, A. 2007. The Sagamu cement factory, SW Nigeria: Is the dust generated a potential health hazard?, *Environ Geochem Health*, 29: 163- 167.

Ade-Ademilua, O.E., Obalola, D.A. 2008. The effect of cement dust pollution on Closia Argentea *(Lagos Spinach*) plants. J. Environ. Sci. Technol. 1 (2), 47–55.

Ahmadian, R., Faridzad, A. 2008. Evaluation cement comparative advantage (Case study: behbahan cement factory), Economic modeling, 5: 143-162.

Al-Khashman, O.A., Shawabkeh, A.R. 2006. Metals distribution in soils around the cement factory in southern Jordan Environmental Pollution, 140: 387-394.

Alizadeh Dakhel, A., Ghavidel, A., Panahandeh, M. 2010. CFD Modeling of Particulate Matter Dispersion from Kerman Cement Plant. 3: 67- 74.

Athar, M., and Vahoura, Sh. 2006. Heavy Metals and the Environment. Akbarpour, A., Nasri, F. and Shams, B., Islamic Azad University press, Sanandaj Branch, Iran, pp. 09-21.

Bennett, J.P., Wetmore, C.M. 2003. Elemental chemistry of four lichen species from Apostole Island, Wisconsin, 1987, 1995 and 2001. Sci. Total Environ. 305:77–86.

Bermudez, G.M.A., Moreno, M., Invernizzi, R., Plá, R., Pignata, M.J. 2010. Heavy metal pollution in topsoils near a cement plant: the role of organic matter and distance to the source to predict total and HCl-extracted heavy metal concentrations. Chemosphere 78, 375–381

Bertoldi, M., Borgini, A., Tittarelli, A., Fattore, E., Cau, A., Fanelli, R., Crosignani, P. 2012. Health effects for the population living near a cement plant: An epidemiological assessment, Environment International 41; 1–7

Bollen, J., Van der Zwaan, B., Hers, S. 2010. An Integrated Assessment of Climate Change, Air Pollution, and Energy Security Policy. Energy Policy 38, 4021–4030

Chehregani, H. 2004. Environmental engineering in cement industry, Tehran, Hazegh Publications 2004;

Fahey, N.S.C., Karagatzides, J.D., Jayasinghe, R., Tsuji, L.J.S. 2008. Wetland soil and vegetation bismuth content following experimental deposition of bismuth pellets. *J. Environ. Monit*. 10:951-954

Faiz, Y., Tufail, M., Tayyeb. javed., Chadhurry, M., Siddigu, N. 2009. Road dust pollution of Cd, Cu, Ni, Pb and Zn along Islamabad Expressway Pakistan, Microchemical Journal 92, 186–192

Gupta, R.K., Majumdar, D., Trivedi, J.V., Bhanarkar, A.D. 2012. Particulate matter and elemental emissions from a cement kiln. Fuel Process. Technol. 104, 343e351.

Isikli, B., Demir, T.A., Akar, T., Berber, A., Urer, S.M., Kalyoncu, C., Canbek, M .2006. Cadmium exposure from the cement dust emissions: A field study in a rural residence Chemosphere, 63: 1546-1552

Isaure, M.P., Fraysse, A., Deves, G. 2006. Micro-chemical imaging of cesium distribution in Arabidopsis thaliana plant and its interaction with potassium and essential trace elements. Biochemie 88: 1538–1590.

Kabata-Pendias, Alina. 2011. Trace elements in soils and plants, CRC Press 2011.

McCollum, D., Krey, V., Riahi, K., Kolp, P., Grubler, A., Makowski, M., Nakicenovic, N. 2013. Climate policies can help resolve energy security and air pollution challenges. Clim. Chang. 119, 479–494

Ogbonna, P.C., Nwosu, A.N. 2011. Metal concentration in soil and plant in abandoned cement factory. International conference on biotechnology and environment management. 146-150.

Princewill, C., Adanma, N. 2011. Metal concentration in soil and plants in abandoned cement factory. Int. Conf. Biotechnol. Environ. Manag. 18, 146e150.

Salama, H.M.H., Al-Rumaih, M.M., Al-Dosary, M.A. 2011. Effects of Riyadh cement industry pollutions on some physiological and morphological factors of Datura innoxia Mill. Plant. Saudi Journal of Biological Sciences 18; 227–237.

Semhi, K., Al-Khirbash, S., Abdalla, O., Khan, T., Duplay, J., Chaudhuri, S., Al-Saidi, S. 2010. Dry atmospheric contribution to the plant-soil system around a cement factory: spatial variations and sources—a case study from Oman. Water Air Soil Pollut. 205, 343–357.

Schuhmacher, M., Nadal, M., Domingo, J.L. 2009. Environmental monitoring of PCDD/Fs andmetals in the vicinity of a cement plant after using sewage sludge as a secondary fuel. Chemosphere 74, 1502–1508.

WHO. 2014. Frequently Asked Questions: Ambient and Household Air Pollution and Health [WWWDocument].http://www.who.int/phe/health_topics/outdoorair/ databases/faqs_air_pollution. pdf?ua¼1 (accessed 12.6.14).

World Bank. 2008. Review and Analysis of the Pollution Impacts from Vietnamese Manufacturing Sectors. Available on http://www wds.worldbank. org/servlet/ main?menuPK¼64187510 and page PK¼64193027 and piPK¼64187937 and the SitePK¼ 523679 and entity ID¼000333038_ 20080821231138. Retrieved 10th November, 2008