

پایش غلظت فلزات سنگین در گیاه کنو کارپوس (*Conocarpus*)

erectus در مناطق مختلف شهر صنعتی آبادان

لیلا امیری^۱؛ روبا آزادی^{۲*}؛ سعادت رستگرازاده^۳ و پرژک ذوفن^۴

۱- کارشناس ارشد فیتوشیمی گروه شیمی دانشکده علوم دانشگاه شهید چمران اهواز

۲- استادیار شیمی آلی گروه شیمی دانشکده علوم دانشگاه شهید چمران اهواز

۳- استاد شیمی تجزیه گروه شیمی دانشکده علوم دانشگاه شهید چمران اهواز

۴- دانشیار گروه زیست‌شناسی دانشکده علوم دانشگاه شهید چمران اهواز

(تاریخ دریافت ۹۷/۰۸/۲۰ - تاریخ پذیرش ۹۷/۱۰/۳۰)

چکیده:

این تحقیق در سال‌های ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶ در شهر آبادان به منظور بررسی میزان توانایی قابلیت گونه کنوکارپوس (*Conocarpus erectus*) در تجمع آلاینده های فلزی از مناطق پرترافیک و کم ترافیک و مناطق نزدیک به پالایشگاه شهر آبادان (استان خوزستان) صورت گرفته است. نمونه برداری از ۹ ایستگاه در دو دوره گرما (فصل بهار و تابستان) و دوره سرما (فصل زمستان) انجام شد. غلظت عناصر مس، سرب، کروم، کبالت، کادمیوم و روی در برگ درخت کنوکارپوس اندازه گیری شد. نتایج تحقیق نشان داد که به طور کلی غلظت فلزات سنگین در گیاهان مناطق صنعتی نسبت به مناطق غیر صنعتی پرترافیک و کم ترافیک بیشتر بود. تحلیل های آماری نشان داد که اختلاف مقادیر سنجش شده در مناطق صنعتی با مناطق ترافیکی و مسکونی برای عناصر مس ($p = 0/0001$)، سرب ($p = 0/01$)، کبالت ($p = 0/01$)، کادمیوم ($p = 0/0002$) و روی ($p = 0/0003$) معنی دار بود و فقط عنصر کروم اختلاف معنی داری را نشان نداد ($p = 0/1$). تحلیل نتایج برای اثر متغیر زمان نیز نشان داد فقط پارامتر سرب تحت تاثیر فصل بوده است ($p = 0/009$). با در نظر گرفتن نتایج تحقیق، می توان نتیجه گرفت که در محدوده نواحی صنعتی، آلودگی فلزات سنگین در سطح نسبتا بالایی قرار دارد و درخت کنوکارپوس یک زیست ردیاب قابل اعتماد برای بررسی آلودگی هوا به فلزات است.

کلید واژگان: کنوکارپوس، فلزات سنگین، آلودگی هوا، آبادان

۱. مقدمه

فلزات سنگین فلزاتی هستند که دارای چگالی بالاتر از ۵ گرم بر سانتی متر مکعب باشد. بعضی از فلزات سنگین به عنوان ریزمغذی یا عناصر کمیاب Fe, Mn, Zn, Cu, Co, Cr برای متابولیسم گیاهی با اهمیت هستند و عناصری نیز مانند As, Hg, Cd, Pb وجود دارند که وقتی مقدار آنها در محیط بیشتر از حد نرمال باشد، برای گیاهان مسمومیت زای می باشد (Baycu et al., 2006). اگر چه بسیاری از فلزات برای گیاهان لازم و ضروری هستند اما غلظت های بالای این فلزات برای گیاهان سمی می باشد زیرا باعث ایجاد تنش اکسیداتیو^۱ در گیاه می شوند. تنش حاصل از فلزات سنگین منجر به تغییر در مسیرهای سنتز متابولیت های ثانویه گیاهی شده و باعث افزایش یا کاهش این ترکیبات می شوند. در غلظت های بالای فلزات، جانمایی با فلزات ضروری گیاه رخ می دهد و از آنجایی که فلزات ضروری در تشکیل رنگیزه ها و آنزیم ها نقش مهمی دارند بنابراین تشکیل رنگیزه ها و عملکرد آنزیم ها دچار اختلال می شود (Baycu et al., 2006). عناصر سنگین به طرق مختلفی مثل حمل و نقل، صنعت، سوخت فسیلی، کشاورزی و دیگر فعالیت های انسان در محیط زیست پراکنده می شوند (Aksoy et al., 2000). بسیاری از گیاهان قادرند تعدادی از آلاینده ها را از طریق اندام های هوایی خود به خصوص برگ ها جذب و در خود ذخیره نمایند، لذا زیست ردیابی^۲ به وسیله گیاهان روشی مفید برای تخمین آلاینده ها است (Celik et al., 2005). در ده های اخیر

تحقیقات زیادی بر روی گیاهان مختلف و اثر آن ها بر جذب آلاینده ها انجام گرفته است که به تعدادی از آنها اشاره می شود. Aboal و Fernandez (۲۰۰۴) از برگ های درخت خرزهره (*oleander Nerium*) در ایتالیا نمونه برداری کرده و میزان عناصر سنگین جذب شده بر روی آن را اندازه گیری کرده اند. این گروه تحقیقاتی به این نتیجه رسیده اند که جذب عناصر سنگین در مناطق آلوده در این گیاه افزایش می یابد. Doganlar و Atmaca (۲۰۱۱) در تحقیقی گزارش کردند که مقدار انباشت سرب و روی در افرای سیاه با اختلاف معنی داری بیشتر از چنار شرقی و انباشت کادمیوم در چنار شرقی بیشتر بوده است. Gholami و همکاران (۲۰۱۳) بررسی های گوناگونی در مورد قابلیت جذب فلزات سنگین توسط گیاه کنوکارپوس در ایران انجام داده اند. بر اساس نتایج بدست آمده از این تحقیق، زمان نمونه برداری از برگ ها هیچ تاثیر معنی داری بر غلظت فلزات سنگین اندازه گیری شده در برگ نداشته است. تجزیه و تحلیل شیمیایی نمونه های خاک در عمق ۰-۱۰ سانتی متری نشان می دهد که غلظت بسیاری از این عناصر کمتر از حداکثر غلظت آن ها در سطح می باشد. نتایج این ارزیابی نشان داد که صنعت و ترافیک منبع اصلی آلودگی فلزات سنگین هوایی در اهواز بوده و کنوکارپوس یک زیست ردیاب معتبر برای بررسی آلودگی هوا و خاک است. Kord و همکاران (۲۰۱۰) طی پژوهشی میزان جذب سرب در اجزای مختلف درخت کاج ایرانی (*Pinus Eldarica*) را در شهر تهران مورد بررسی قرار دادند و میزان غلظت سرب را در فصل های گرم و سرد با فواصل مختلف از ایستگاه سنجش آلودگی و مقاطع زمانی متفاوت مورد اندازه گیری قرار دادند. نتایج به

1-Oxidative Stress
2-Biomonitoring

دست آمده نشان داد بیشترین میزان جذب سرب در درختان کاج مربوط به فصل گرم می باشد. Shabanian and Cheraghi (۲۰۱۳) مقایسه‌ی زیست پالایی فلزات سنگین به وسیله‌ی گونه‌های چوبی مورد استفاده در جنگلداری شهر سنندج را انجام دادند. در این گزارش، میزان انباشت برخی فلزات سنگین در برگ گونه‌های چنار شرقی، نارون، زبان گنجشک، سرو خمره‌ای و کاج سیاه کاشته شده در مناطق مختلف شهر سنندج اندازه‌گیری شده است. Dalvand و همکاران (۲۰۱۶) غلظت فلزات سنگین موجود در ریشه گیاه *Artemisia sp.* موجود در زمین‌های طبیعی معدن مس دره زرشک شهر تفت، یزد را بررسی کردند. غلظت فلز مشاهده شده در این گیاه، طبق مقادیر طبیعی و بحرانی است و به طور کلی، با افزایش فاصله از معدن، غلظت فلزات کاهش می‌یابد. Zareh-Reshqueih و همکاران (۲۰۱۸) میزان تجمع فلزات سنگین از طریق خاک و گیاه *Astragalus sp.* در اراضی اطراف کارخانه ذوب مس خاتون آباد را بررسی کردند. نتایج این تحقیق نشان داد که گیاه مورد نظر توانایی جذب عناصر Rb، Si، Zn، Fe، Mg، Ni، Pb و Ba را در اندام‌های هوایی خود و عناصر Cr، Sr، Cu، As، Mn، Al و Mo تجمع بیشتری در ریشه نسبت به اندام‌های هوایی خود دارد. این مساله بیان‌کننده پتانسیل این گیاه در گیاه‌پایایی و گیاه‌پالایی مناطق آلوده می‌باشد. جلبک‌ها، گیاهان و موجودات آبی مثل کرم‌ها نیز برای بررسی آلودگی آب‌ها به فلزات به طور گسترده مورد بررسی قرار گرفته‌اند (Hamidian et al., 2013).

کنوکارپوس درختچه‌ای همیشه سبز است که معمولاً در مناطق گرمسیر و خاک شور کاشته می‌شود. نام

علمی این درخت، *Conocarpus erectus*، نام‌های خارجی آن *Seamulbery*، *Button-tree* و *Button mangrove* و نام محلی آن مانگرو می‌باشد. این درخت بومی آمریکای شمالی است (Tomlinson, 1980). کنوکارپوس درختچه‌ای است که از نظر اندازه متنوع می‌باشد. گاهی به صورت گسترده روی زمین پهن می‌شود اما معمولاً راست و مانند درخت است، ارتفاع آن به ۲۰ متر و قطر تنه اش به ۸۰ سانتی‌متر می‌رسد، و رنگ پوسته این درختچه معمولاً قهوه‌ای تیره ترک‌بردارنده می‌باشد. برگ‌های آن متناوب، تخم‌مرغی شکل و یا بیضوی به طول دو تا ده سانتی‌متر است. این گیاه دارای گل‌آذین انتهایی و دارای گل‌های کروی به رنگ سبز-سفید و با قطری حدود ۳ تا ۵ میلی‌متر می‌باشد. میوه آن کپه‌ای مخروطی، متشکل از شفت‌های کوچک فلس‌مانند، بال‌دار، پهن، سبز مایل به ارغوانی می‌باشند. این گونه واریته‌های مختلفی دارد که بر اساس شکل برگ‌ها، کرک‌دار بودن و نبودن، شکل گرفته‌اند و اغلب گیاه‌شناسان آن را در یک گونه قرار داده و گاهی نیز به صورت دو گونه مجزا دیده شده‌اند. این درختچه متعلق به تیره گیاه‌شناسی *Combretaceae* می‌باشد. درخت کنوکارپوس به علت سازگاری با هوای گرم و خشک، خاک خشک، خاک‌های اسیدی و قلیایی شنی و رسی خشک و مرطوب، آلودگی هوا و نیز خاک‌های فشرده و فقیر (عاری از مواد آلی) اهمیت بسیار زیادی در دهه گذشته در کشور ایران خصوصاً استان خوزستان پیدا کرده است. رشد بسیار سریع این درختچه یکی دیگر از عوامل مهمی است که در اهمیت بالقوه آن نقش داشته است. در دهه‌های اخیر کاشت کنوکارپوس در شهر آبادان به منظور ایجاد

وارده به محیط زیست منطقه افزون تر می شود. بنابراین ضروری است تا با انجام این تحقیق میزان فلزات سنگین در پوشش گیاهی اطراف منطقه مشخص شود.

۲. مواد و روش ها

۱.۲. مواد شیمیایی مورد استفاده

کلیه مواد شیمیایی مورد استفاده در این تحقیق دارای خلوص تجزیه ای و محصولات کارخانه مرک آلمان بوده اند. جهت آماده سازی محلول های استاندارد یون های روی، کبالت، سرب و کادمیم از نمک های نیترات، برای مس از نمک سولفات و برای کروم از نمک کلرید این فلزات استفاده شد. لازم به ذکر است آب مورد استفاده در کلیه مراحل آزمایش آب دوبار تقطیر بوده است.

۲.۲. دستگاه ها

در این تحقیق از دستگاه جذب اتمی مجهز به شعله هوا - استیلن GBC مدل Avanta ساخت کشور استرالیا استفاده شده است. سوخت مورد استفاده، استیلن با سرعت خروج ۲ میلی لیتر بر دقیقه و اکسیدان مورد استفاده، هوا با سرعت خروج ۱۰ میلی لیتر بر دقیقه می باشد. منبع نور مورد استفاده لامپ کاتدی توخالی بود. حد تشخیص دستگاه برای عنصر کادمیوم برابر ۰/۰۰۲، کبالت ۰/۰۲، کروم ۰/۰۰۸، مس ۰/۰۰۲، سرب ۰/۰۲ و روی ۰/۰۰۱ mg L^{-1} باشد (Price, 1972).

۳.۲. روش های آزمایشگاهی

۱.۳.۲. نمونه برداری

برای انجام این پژوهش ابتدا برگ درخت کنوکارپوس از ۹ منطقه مختلف در شهر صنعتی آبادان در استان

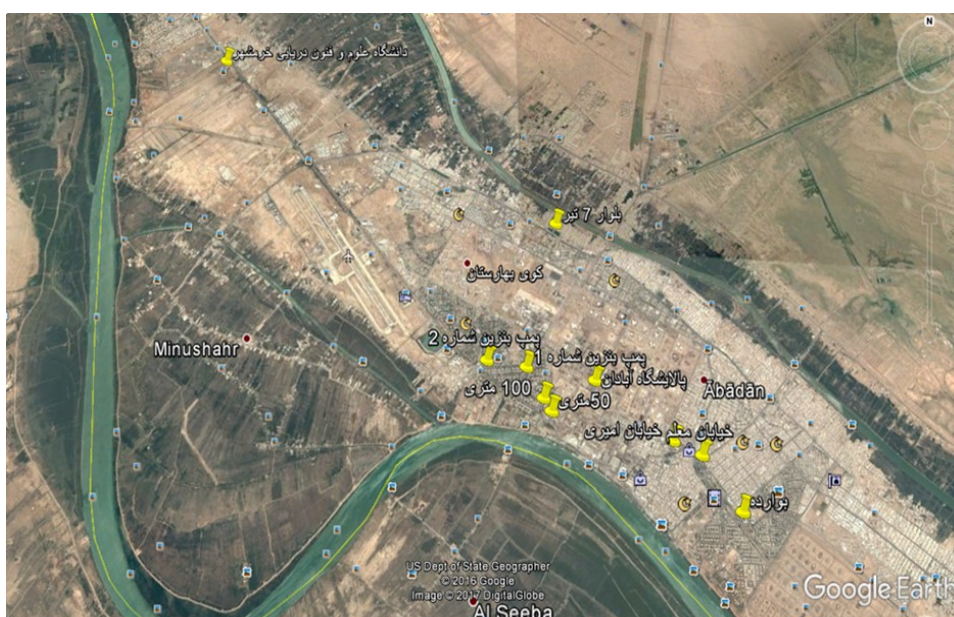
فضای سبز، تلطیف هوا و کاستن آلودگی هوا و خاک، رشد فزاینده ای داشته است. چنانچه پوشش گیاهی این گونه نسبت به گونه های بومی غالب شده است اما تحقیقات چندانی در رابطه با بررسی میزان جذب فلزات سنگین به وسیله ی گونه *C. erectus* رشد یافته در منطقه صنعتی آبادان انجام نشده است. هدف از این تحقیق بررسی میزان توانایی قابلیت این گونه در جذب آلاینده های فلزی از مناطق پرتراپیک و کم تراپیک و مناطق نزدیک به پالایشگاه آبادان در سه فصل مختلف زمستان، بهار و تابستان سال ۹۶-۹۵ می باشد. در شهر آبادان به لحاظ توسعه روز افزون صنایع مختلف از جمله صنایع پتروشیمی و پالایشگاه، موجب بروز مشکلات متنوع در اکثر جنبه های زیست محیطی از قبیل افزایش آلودگی هوا، منابع آب و خاک گردیده است. از طرفی رشد جمعیت و توسعه شهرنشینی در شهر آبادان باعث گردیده است که پالایشگاه آبادان در جوار مناطق مسکونی قرار گیرد و انتشار آلاینده های هوا از سوی آن مشکلات عدیده ای را اطراف منطقه ایجاد نماید. از آنجا که شهر آبادان در بخش جلگه ای استان خوزستان واقع شده است، به طوری که حداکثر ارتفاع آن ۳ متر از سطح دریا می باشد، از تمام جهات در معرض جریان باد قرار گرفته و آلودگی هوای ناشی از پالایشگاه مستقر در شهر توسط جریان باد و به صورت غبار بر روی پوشش گیاهی و خاک اطراف منطقه ته نشست می شود. با توجه به طرح های توسعه ای که شرکت مناطق نفت خیز جنوب در دست اجرا دارد، در صورتی که همگام با آن کنترل آلودگی ها و رعایت استانداردها انجام نگیرد، نشر آلاینده ها خصوصاً گونه های حاوی فلزات سنگین از سوی پالایشگاه آبادان مضاعف شده و خسارت های

دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر با بیشترین فاصله از پالایشگاه به عنوان منطقه کنترل در نظر گرفته شد (جدول ۱ و شکل ۱).

خوزستان جمع آوری گردید. این مناطق از نواحی نزدیک پالایشگاه آبادان، محل‌های پرتراфик و نواحی کم تراфик و دور از پالایشگاه آبادان انتخاب شدند و

جدول ۱- ایستگاه‌های نمونه برداری

ایستگاه	نوع محدوده منطقه
شاهد (دانشگاه علوم و فنون دریایی)	کنترل
خیابان ۷ تیر	ترافیکی
خیابان بوارده	ترافیکی
پمپ بنزین ۲	ترافیکی
خیابان معلم	ترافیکی
خیابان امیری	ترافیکی
پمپ بنزین ۱	ترافیکی
صنعتی-۱۰۰	صنعتی
صنعتی-۵۰	صنعتی



شکل ۱- نقشه موقعیت ایستگاه‌های نمونه برداری بدست آمده توسط نرم افزار Google Earth Pro

ابتدا برگ‌های سالم گیاه کنوکارپوس را از ساقه جدا کرده و توسط آب مقطر شستشو داده تا گرد و غبار و آلودگی آن خارج شود. سپس برگ‌ها روی پارچه نم گیر پهن شده و به دور از نور خورشید و در معرض باد به مدت ۶ روز قرار گرفته تا خشک شود. پس از آن، گیاه خشک شده به مدت زمان ۲ دقیقه و دو بار آسیاب شد تا پودر یکنواخت حاصل شود. در نهایت از

در هر ۹ ایستگاه ۷ درخت که از نظر ظاهر هم اندازه و هم سن می‌باشند به طور تصادفی انتخاب و نمونه برداری از جوانترین برگ‌های کامل در چهار جهت جغرافیایی (از هر طرف ۳۰ گرم) انجام گرفت. سپس نمونه‌های جمع‌آوری شده از چهار سمت درخت با هم مخلوط شد.

۲،۳،۲. آماده‌سازی نمونه گیاهی

نمونه ترکیبی مربوط به هر ایستگاه ۳ نمونه به عنوان تکرار آزمایش برداشته شد. در هر نوبت نمونه برداری، برای ۹ ایستگاه برابر ۲۷ نمونه و برای دو دوره گرما (فصل بهار و تابستان) و دوره سرما (فصل زمستان) نمونه برداری از گیاه به ۸۱ نمونه بالغ شد. بنابراین تعداد کل نمونه برای تجزیه ۸۱ نمونه تعیین شد.

۳،۳،۲. روش عصاره گیری

مقدار ۵ گرم از نمونه‌ی پودر شده در بوته چینی قرار داده و روی حرارت مستقیم شعله سوزانده تا کاملا سیاه شد. سپس در کوره الکتریکی به مدت ۸ ساعت و دمای ۵۰۰ درجه سانتی گراد به منظور ایجاد خاکستر قرار داده شد. پس از سرد شدن مقدار ۱۰ میلی لیتر نیتریک اسید ۴ مولار به بوته چینی افزوده شد به طوری که تمام محتویات خاکستر داخل بوته چینی، به اسید آغشته شود و سپس به بشر منتقل شد و ۲۰ میلی لیتر نیتریک اسید ۴ مولار به آن اضافه و به مدت زمان ۳۰ دقیقه در دمای ۸۰ درجه سانتی گراد همزده شد تا هضم اسیدی صورت گیرد. پس از آن، مخلوط با استفاده از کاغذ صافی واتمن ۴۲ صاف و محلول حاصل در بالن حجمی ۵۰ میلی لیتری توسط آب دوبار تقطیر شده به حجم رسانده شد. در نهایت عصاره های حاصل در یخچال در دمای ۵ درجه سانتی گراد نگه داری شد (Yash, 1998).

۴،۳،۲. تهیه محلول های استاندارد

برای تهیه محلول های استاندارد، ابتدا ۱۰۰ میلی - لیتر از محلول های ذخیره 1000 mg L^{-1} از یون های فلزی با استفاده از حل کردن وزن مشخصی از نمک های نترات سرب، کبالت و روی و نمک های سولفات مس و کادمیوم در آب تهیه شد. سپس محلول های رقیق تر با توجه به محدوده مناسب غلظتی برای دستگاه جذب اتمی شعله برای هر یون

فلزی از رقیق کردن محلول ذخیره تهیه شد.

۵،۳،۲. اندازه گیری فلزات

بدین منظور محلول های استاندارد با غلظت های مناسب در محدوده خطی دستگاه جذب اتمی شعله تهیه شد و منحنی کالیبراسیون برای هر فلز بر اساس مقادیر جذب بر حسب غلظت بدست آمد. سپس مقادیر جذب عصاره ها برای هر فلز توسط دستگاه جذب اتمی خواننده و با استفاده از منحنی کالیبراسیون غلظت یون های فلزی بر حسب mg L^{-1} محاسبه شد. با استفاده از وزن اولیه استفاده شده مقادیر بر حسب mg kg^{-1} تعیین شد.

۶،۳،۲. آنالیز آماری

پس از دریافت نتایج حاصل از سنجش عناصر سنگین در نمونه ها، تحلیل های آماری صورت گرفت. این تحلیل ها به شرح زیر بود:

- استفاده از نرم افزار SPSS^۳ برای بررسی آمارهای توصیفی و آزمون های آماری

- بررسی وضعیت توزیع داده ها از طریق آزمون کولموگروف-اسمیرنوف

- آزمون آنالیز واریانس یک طرفه ANOVA^۴ برای اثبات فرضیه های تحقیق مبنی بر وجود یا عدم وجود اختلاف معنادار بین نتایج در ایستگاه ها و فصول نمونه برداری به کار گرفته شد. این آزمون به منظور مقایسه میانگین های بیش از دو گروه استفاده می شود.

- استفاده از آزمون تعقیبی توکی برای تعیین وجود اختلاف معنی دار بین گروه های مورد سنجش

3-Statistical package for social sciences

4-Analysis of variance

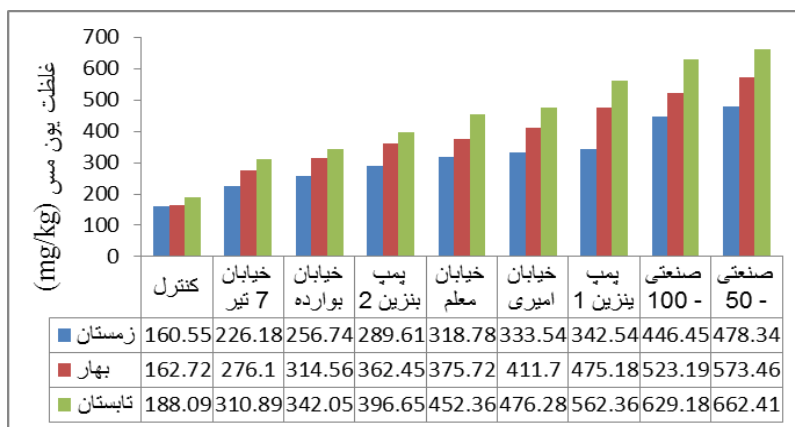
۳. نتایج

۰/۰۵ است لذا فرض صفر مبنی بر توزیع نرمال داده ها تایید می‌شود و می‌بایست از آزمون واریانس یک طرفه استفاده نمود. نتایج حاصل از آزمون واریانس یکطرفه برای عناصر در جداول ۲ تا ۷ و روند تغییرات مقادیر سنجش شده عناصر به ازای تغییرات مکان و زمان نیز در نمودارهای ۱ تا ۶ ارائه شده است.

بر اساس نتایج آزمون کلموگروف-اسمیرنوف مقدار p.value برای عناصر مس، سرب، کروم، کبالت، کادمیوم و روی به ترتیب ۰/۹۵، ۰/۸۷، ۰/۷۸، ۰/۶۲، ۰/۷۳ و ۰/۹۸ می باشد و چون مقدار همگی بیشتر از

جدول ۲- نتایج آزمون واریانس یک طرفه برای مس

p. value	آمار F	میانگین مربعات	درجه آزادی	مجموع	منشاء	
۰/۱	۲/۳	۳۷۹۲۰/۴	۲	۷۵۸۴۰/۸	بین گروهی	بین فصول
		۱۶۸۳۲/۹	۲۴	۴۰۳۹۸۹/۱	درون گروهی	
			۲۶	۴۷۹۸۲۹/۹	مجموع	
۰/۰۰۰۱	۹/۶	۴۸۵۵۸/۸	۸	۳۸۸۴۷۰/۷	بین گروهی	بین ایستگاه ها
		۵۰۷۵/۵	۱۸	۹۱۳۵۹/۲	درون گروهی	
			۲۶	۴۷۹۸۲۹/۹	مجموع	



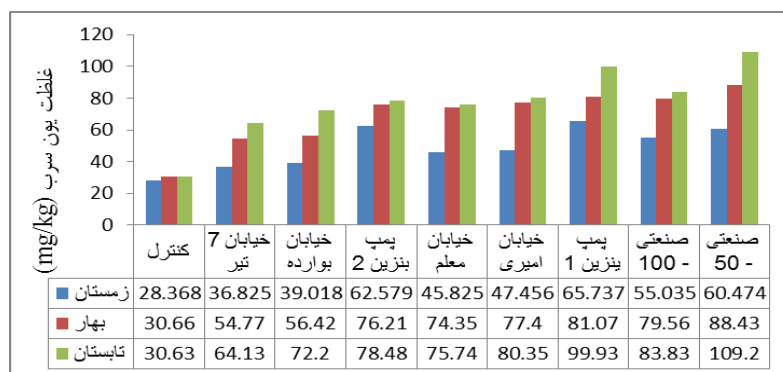
نمودار ۱- روند تغییرات به ازای مکان و دوره‌ی نمونه برداری - مس

۶۶۲/۴ میلی گرم بر کیلوگرم در ایستگاه صنعتی-۵۰ و کمترین میزان تجمع نیز در فصل زمستان در منطقه کنترل به میزان ۱۶۰/۶ میلی گرم بر کیلوگرم اندازه گیری شد (نمودار ۱).

تحلیل های آماری انجام شده بر روی نتایج بدست آمده از اندازه گیری مس در برگ گیاه کنوکارپوس وجود اختلاف معنی دار بین ایستگاه های مورد سنجش را تایید کرد ($p \leq 0/05$) (جدول ۲). بیشترین میزان تجمع مس در فصل تابستان به میزان

جدول ۳- نتایج آزمون واریانس یک طرفه برای سرب

p. value	آمار F	میانگین مربعات	درجه آزادی	مجموع	منشاء	
۰/۰۱	۵/۷	۱۸۷۶/۷	۲	۳۷۵۳/۳	بین گروهی	بین فصول
		۳۲۹/۱	۲۴	۷۸۹۷/۶	درون گروهی	
			۲۶	۱۱۶۵۰/۹	مجموع	
۰/۰۱	۳/۵	۸۸۳/۲	۸	۷۰۶۵/۵	بین گروهی	بین ایستگاه ها
		۲۵۴/۷	۱۸	۴۵۸۵/۴	درون گروهی	
			۲۶	۱۱۶۵۰/۹	مجموع	

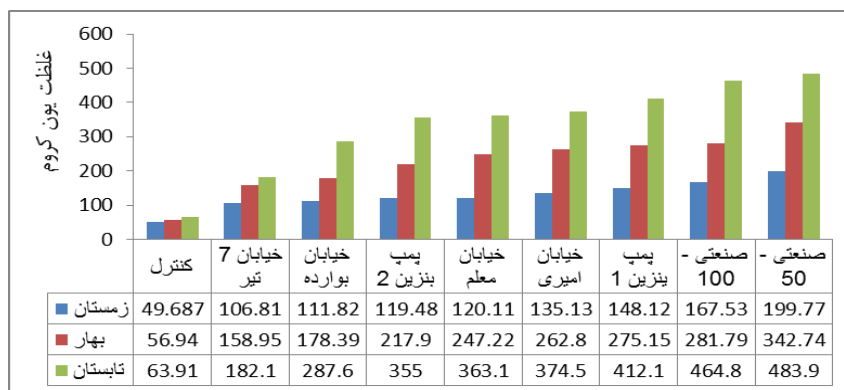


نمودار ۲- روند تغییرات به ازای مکان و دوره‌ی نمونه برداری - سرب

نتایج حاصل برای سنجش عنصر سرب نشان داد که مقدار p برای متغیر فصل ۰/۰۱ و برای متغیر مکان نمونه برداری نیز ۰/۰۱ بوده است (جدول ۳). تحلیل های آماری نشان دهنده تاثیر فصل بر میزان تجمع سرب توسط گیاه کنوکارپوس است (p = ۰/۰۱). بهترین وضعیت تجمع به ترتیب فصل تابستان < بهار < زمستان می باشد. بالاترین میزان تجمع سرب در منطقه صنعتی - ۵۰ در فصل تابستان به میزان ۱۰۹/۲ میلی گرم بر کیلوگرم و کمترین میزان آن نیز در فصل زمستان در منطقه شاهد به میزان ۲۸/۴ میلی گرم بر کیلوگرم ثبت شد (نمودار ۲).

جدول ۴- نتایج آزمون واریانس یک طرفه برای کروم

p. value	آمار F	میانگین مربعات	درجه آزادی	مجموع	منشاء	
۰/۰۰۱	۱۰/۳	۹۲۹۷۳/۷	۲	۱۸۵۹۴۷/۵	بین گروهی	بین فصول
		۹۰۵۱/۶	۲۴	۲۱۷۲۳۸/۶	درون گروهی	
			۲۶	۴۰۳۱۸۶/۰	مجموع	
۰/۱	۱/۸	۲۲۲۴۲/۸	۸	۱۷۷۹۴۲/۳	بین گروهی	بین ایستگاه ها
		۱۲۵۱۳/۵	۱۸	۲۲۵۲۴۳/۷	درون گروهی	
			۲۶	۴۰۳۱۸۶/۰	مجموع	

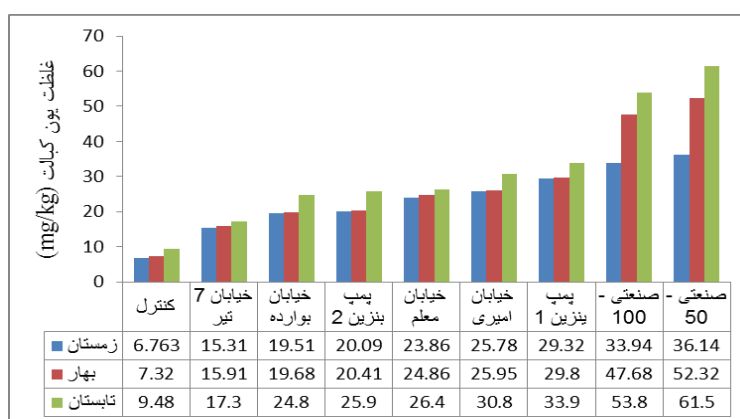


نمودار ۳- روند تغییرات به ازای مکان و دوره‌ی نمونه برداری-کروم

نتایج تحلیل های آماری برای تجمع کروم توسط گیاه کنوکارپوس نیز نشان داد که میزان تجمع در مناطق صنعتی با ایستگاه شاهد دارای اختلاف معنی دار است ($p \leq 0.05$). همچنین میزان تجمع در فصل تابستان در سطح معنی داری بیش از زمستان و بهار بوده است ($p \leq 0.05$) (جدول ۴). بیشترین میزان تجمع کروم در ایستگاه صنعتی-۵۰ در فصل تابستان به میزان ۴۸۳/۹ میلی گرم و کمترین میزان تجمع نیز در فصل زمستان در منطقه شاهد به میزان ۴۹/۷ میلی گرم بوده است (نمودار ۳).

جدول ۵- نتایج آزمون واریانس یک طرفه برای کبالت

p. value	آمار F	میانگین مربعات	درجه آزادی	مجموع	منشاء	
۰/۳	۱/۴	۲۳۵/۳	۲	۴۷۰/۷	بین گروهی	بین فصول
		۱۷۰/۶	۲۴	۴۰۹۴/۹	درون گروهی	
			۲۶	۴۵۶۵/۶	مجموع	
۰/۰۱	۳/۶	۳۵۱/۴	۸	۲۸۱۱/۲	بین گروهی	بین ایستگاه ها
		۹۷/۵	۱۸	۱۷۵۴/۴	درون گروهی	
			۲۶	۴۵۶۵/۶	مجموع	

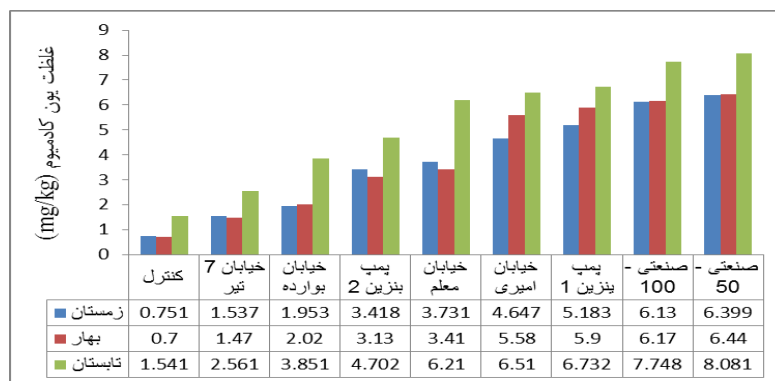


نمودار ۴- روند تغییرات به ازای مکان و دوره‌ی نمونه برداری-کبالت

نتایج سنجش میزان تجمع کبالت توسط گیاه کنوکارپوس نشان داد که بیشترین میزان تجمع در منطقه صنعتی-۵۰ در فصل تابستان 61.5 mg kg^{-1} و کمترین آن نیز در منطقه کنترل در فصل زمستان 6.763 mg kg^{-1} می باشد (نمودار ۴).

جدول ۶- نتایج آزمون واریانس یک طرفه برای کادمیوم

p. value	F آمار	میانگین مربعات	درجه آزادی	مجموع	منشاء	
۰/۳	۱/۵	۶/۹	۲	۱۳/۹	بین گروهی	بین فصول
		۴/۷	۲۴	۱۱۳/۹	درون گروهی	
			۲۶	۱۲۷/۷	مجموع	
۰/۰۰۰۲	۱۵/۶	۱۴/۰	۸	۱۱۱/۶	بین گروهی	بین ایستگاه ها
		۰/۹	۱۸	۱۶/۱	درون گروهی	
			۲۶	۱۲۷/۷	مجموع	



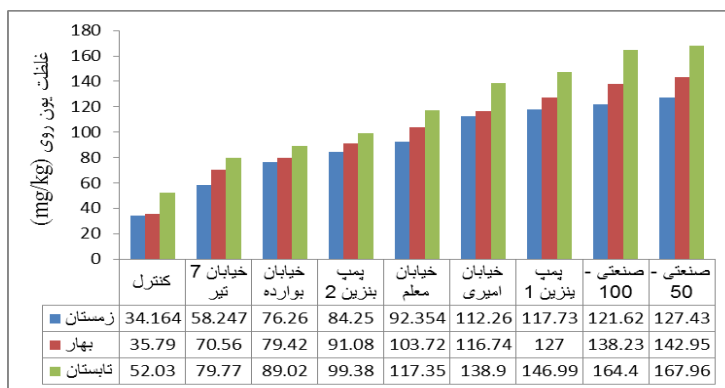
نمودار ۵- روند تغییرات به ازای مکان و دوره‌ی نمونه برداری-کادمیوم

تحلیل های آماری برای عنصر کادمیوم نشان دهنده عدم تاثیر متغیر فصل در تجمع آن توسط برگ گیاه کنوکارپوس می باشد. اما در ایستگاه های مختلف، این اختلاف معنی دار بود ($p = 0/0002$) (جدول ۶). بیشترین میزان تجمع کادمیوم در فصل تابستان به

میزان ۸/۱ میلی گرم بر کیلوگرم در ایستگاه صنعتی - ۵۰ و کمترین میزان تجمع نیز در فصل بهار در منطقه کنترل به میزان ۰/۷ میلی گرم بر کیلوگرم سنجش شد (نمودار ۵).

جدول ۷- نتایج آزمون واریانس یک طرفه برای روی

p. value	F آمار	میانگین مربعات	درجه آزادی	مجموع	منشاء	
۰/۳	۱/۲	۱۵۳۲/۷	۲	۳۰۶۵/۵	بین گروهی	بین فصول
		۱۲۸۰/۷	۲۴	۳۰۷۳۷/۰	درون گروهی	
			۲۶	۳۳۸۰۲/۴	مجموع	
۰/۰۰۰۳	۱۹/۱	۳۷۷۹/۶	۸	۳۰۲۳۶/۸	بین گروهی	بین ایستگاه ها
		۱۹۸/۱	۱۸	۳۵۶۵/۶	درون گروهی	
			۲۶	۳۳۸۰۲/۴	مجموع	



نمودار ۶- روند تغییرات به ازای مکان و دوره‌ی نمونه برداری-روی

میزان اصلی آلودگی، آلودگی های حاصل از وسایل نقلیه و سوخت می باشد. درختان خیابان های بوارده و ۷ تیر بدلیل کم ترافیک بودن و دور بودن از مناطق صنعتی و پالایشگاه میزان تجمع پایینی برای این فلزات از خود نشان دادند و کمترین میزان تجمع مربوط به دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر می باشد که کمترین ترافیک و بیشترین فاصله از پالایشگاه را دارد.

بیشترین میزان تجمع مس در فصل تابستان به میزان ۶۶۲/۴ میلی گرم بر کیلوگرم در ایستگاه صنعتی-۵۰ و کمترین میزان تجمع نیز در فصل زمستان در منطقه کنترل به میزان ۱۶۰/۶ میلی گرم بر کیلوگرم اندازه گیری شد. مقدار مس در اتمسفر معمولاً با تراکم ترافیک مرتبط است، زیرا توسط سایش لاستیک اتومبیل و کفش تولید می شود (Handreck, 1994) و به راحتی توسط هوا جابجا شده و روی سطح گیاهان قرار می گیرد. مقدار مناسب آن در گیاه حدود ۵ تا ۳۰ میلی گرم بر کیلوگرم است و مقدار بیشتر از ۲۰-۳۰ میلی گرم بر کیلوگرم آن اثرات سمی بر گیاهان دارد (Kabta- pendias et al., 1994) که با توجه به آن کنوکارپوس جزء گیاهان آلوده به مس در منطقه مطالعاتی می باشد.

تحلیل های آماری از سنجش مقادیر تجمع شده عنصر روی توسط برگ گیاه کنوکارپوس نشان دهنده عدم تاثیر متغیر زمان بر آن می باشد ($p = 0/3$) (جدول ۷). اما وجود اختلاف معنادار بین مقادیر سنجش شده بین ایستگاه های مختلف، تجمع بیشتر در مناطق آلوده تر را اثبات می کند. مناطق صنعتی مقدار روی بیشتری دارند، که نشان دهنده آلودگی بیشتر نسبت به دیگر مناطق است و همچنین مقدار روی در فصل تابستان < بهار < زمستان می باشد. بیشترین میزان تجمع روی به مقدار ۱۶۸/۰ میلی گرم بر کیلوگرم در فصل تابستان در منطقه صنعتی-۵۰ و کمترین میزان آن به مقدار ۳۴/۲ میلی گرم بر کیلوگرم در منطقه شاهد و در فصل زمستان سنجش شده است (نمودار ۶).

۴. بحث و نتیجه گیری

غلظت عناصر مورد بررسی در برگ درختان کنوکارپوس در فصل های مختلف و مناطق مختلف شهر آبادان اندازه گیری شد. با توجه به یافته های حاصل، میزان تجمع تمام فلزات بررسی شده در برگ درخت کنوکارپوس در مناطق صنعتی بیشتر از بقیه مناطق می باشد که بدلیل فعالیت های صنعتی و تراکم ترافیک می باشد. در خیابان های پرتراکم مثل خیابان امیری، خیابان معلم و پمپ بنزین ۱ و ۲

گزارش شده است (Kabta-pendias *et al.*, 1994)، که با توجه به آن کنوکارپوس جزء گیاهان آلوده به کروم در تمام مناطق مطالعاتی می باشد. نتایج سنجش میزان تجمع کبالت توسط گیاه کنوکارپوس نشان داد که بیشترین میزان تجمع در منطقه صنعتی-۵۰ در فصل تابستان $61/5 \text{ mg kg}^{-1}$ و کمترین آن نیز در منطقه کنترل در فصل زمستان $6/8 \text{ mg kg}^{-1}$ می باشد. با توجه به اینکه میزان تجمع مطلوب گیاهان تجمع دهنده برای عنصر کبالت ۱۰۰۰ میلی گرم بر کیلو گرم در نظر گرفته شده است (Kabta-pendias *et al.*, 1994)، می توان پیش بینی کرد که گیاه کنوکارپوس بیش تجمع کننده مناسبی برای این عنصر محسوب نمی شود.

مقدار کادمیوم تجمع یافته در تمام ایستگاه های مورد بررسی از حد مجاز ارائه شده (Kabta-pendias *et al.*, 1994) بیشتر بود. بیشترین میزان تجمع کادمیوم در فصل تابستان به میزان ۸/۱ میلی گرم بر کیلوگرم در ایستگاه صنعتی-۵۰ و کمترین میزان تجمع نیز در فصل بهار در منطقه کنترل به میزان ۰/۷ میلی گرم بر کیلوگرم سنجش شد. این محققین حد آستانه کادمیوم در گیاه را ۰/۲ تا ۰/۸ میلی گرم و غلظت های بالای ۵ میلی گرم را دوز سمی آن برای گیاه گزارش و عدم نیاز گیاهان و حیوانات به این عنصر را ذکر کرده اند (Celik *et al.*, 2005). در نتیجه می توان نتیجه گرفت که تجمع کادمیوم در گیاه کنوکارپوس در مناطق صنعتی و پرتراфик بخصوص در فصل تابستان بسیار بالا بوده است. کادمیوم موجود در هوا از صنایع فلزکاری، سایش لاستیک وسایل نقلیه موتوری و احتراق سوخت منشاء می گیرد (Celik *et al.*, 2005). در

بالاترین میزان تجمع سرب در منطقه صنعتی-۵۰ در فصل تابستان به میزان ۱۰۹/۲ میلی گرم بر کیلوگرم و کمترین میزان آن نیز در فصل زمستان در منطقه شاهد به میزان ۲۸/۴ میلی گرم بر کیلوگرم ثبت شد. با توجه به اینکه دامنه آلودگی سرب در گیاهان بین ۳۰ تا ۳۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم می باشد (Kabta-pendias *et al.*, 1994) بنابراین گیاه کنوکارپوس در دامنه آلودگی قرار دارد. گزارشات متعددی حاکی از آن است که غلظت سرب در خاک و هوا ارتباط معنی داری با حجم ترافیک دارد (Celik *et al.*, 2005). در گزارشی که Kord و همکاران (۲۰۱۰) بر روی برگ درختان کاج موجود در مناطق مختلف شهر تهران انجام داده اند، میزان تجمع سرب در صنعتی ترین منطقه این شهر، ۴۲/۶ میلی گرم بر کیلوگرم ذکر شده است که در مقایسه با میزان تجمع در مناطق صنعتی شهر آبادان مورد بررسی در این تحقیق کمتر است.

بیشترین میزان تجمع کروم در ایستگاه صنعتی-۵۰ در فصل تابستان به میزان ۴۸۳/۹ میلی گرم و کمترین میزان تجمع نیز در فصل زمستان در منطقه شاهد به میزان ۴۹/۷ میلی گرم بوده که نشان می دهد گیاه کنوکارپوس می تواند در فصل گرم، تجمع کننده خوبی برای این عنصر سنگین باشد. کروم یک عنصر سمی و غیر ضروری برای گیاهان است (Shanker *et al.*, 2005). در مناطق شهری آلودگی کروم ناشی از فرسایش موتور، فرسایش ماشین ها و علامت گذاری های جاده توسط رنگ زرد کرومات-سرب و برخی فعالیت های صنعتی می باشد (Al-Shayeb *et al.*, 1995). حد آستانه کروم برای گیاهان ۰/۲ تا ۱ میلی گرم بر کیلوگرم و غلظت آن در گیاهان آلوده بین ۵ تا ۳۰ میلی گرم بر کیلوگرم

فلزات توسط برگ درخت کنوکارپوس در شهر اهواز در مناطق پرتراфик و اطراف صنایع فولاد خوزستان (Gholami *et al.*, 2013) با میزان تجمع در درختان کنوکارپوس شهر آبادان در تحقیق حاضر نشان می دهد، میزان تجمع در درختان شهر اهواز خیلی کمتر از درختان شهر آبادان می باشد که این احتمالاً نشان دهنده ی آلودگی بیشتر شهر صنعتی آبادان می باشد. در بین فلزات بررسی شده فقط میزان تجمع کبالت کمتر از حد آستانه این فلز برای گیاهان می باشد ولی مقدار فلزات مس، کروم، روی، سرب و کادمیوم خیلی بیشتر از حد آستانه می باشد. در نتیجه گیاه کنوکارپوس یک بیش تجمع دهنده خوب برای این فلزات به حساب می آید. با توجه به موقعیت نمونه برداری گیاهان (اطراف مراکز صنعتی و شهری)، بزرگترین فاکتوری که در افزایش غلظت برخی فلزات در اندام هوایی گیاهان شرکت می کند ته نشست های اتمسفری است (Luo *et al.*, 2011). از طرفی با توجه به اینکه درخت کنوکارپوس هم از طریق ریشه و هم اندام های هوایی قادر به تجمع فلزات سنگین می باشد ولی فلزات سنگین جابجایی کمی داشته و در ریشه باقی می مانند و همچنین این دسته گیاهان با یک سری مکانیسم های فلز را در ریشه خود نگه می دارند و از انتقال بیشتر آن به بخش های هوایی ممانعت می کنند تا از بروز سمیت در آن اندام ها جلوگیری شود (Deng *et al.*, 2004). در نتیجه در مورد این گیاهان فلزات انباشت شده در برگ را می توانیم تنها به آلودگی هوا ربط دهیم. Gholami و همکاران (۲۰۱۳) نیز با تجزیه و تحلیل شیمیایی نمونه های خاک اطراف درخت کنوکارپوس در عمق ۰-۱۰ سانتی متری به این نتیجه رسیدند که غلظت

گزارشی که Gholami و همکاران (۲۰۱۳) بر روی برگ درختان کنوکارپوس شهر اهواز انجام داده اند، میزان تجمع کادمیوم در آلوده ترین منطقه شهر، ۳/۲ میلی گرم بر کیلوگرم و بر روی درختان نارون کرج در صنعتی ترین منطقه آن، ۵/۱ میلی گرم بر کیلوگرم (Gholami *et al.*, 2010) ذکر شده است که در مقایسه با میزان تجمع در آلوده ترین منطقه مورد بررسی در این تحقیق کمتر است. بیشترین میزان تجمع روی به مقدار ۱۶۸/۰ میلی گرم بر کیلوگرم در فصل تابستان در منطقه صنعتی-۵۰ و کمترین میزان آن به مقدار ۳۴/۲ میلی گرم بر کیلوگرم در منطقه شاهد در فصل زمستان سنجش شده است. مقدار توصیه شده روی در گیاه حدود ۲۰ تا ۱۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم است و مقدار بحرانی آن در بیشتر گیاه ها ۱۵ میلی گرم بر کیلوگرم گزارش شده است (Kabta-pendias *et al.*, 1994). نتایج این تحقیق نشان می دهد که میزان تجمع روی در مناطق صنعتی و پرتراфик بیشتر از حد آستانه گیاهان بیش تجمع دهنده ی روی می باشد، لذا می توان پیش بینی کرد گیاه کنوکارپوس تجمع دهنده شاخصی برای این عنصر محسوب می شود. Gholami و همکاران (۲۰۱۳) بیشترین مقدار روی تجمع یافته در برگ درختان کنوکارپوس شهر اهواز را در اطراف صنایع فولاد خوزستان به میزان ۳۸/۵ میلی گرم بر کیلوگرم و Kord و همکاران (۲۰۱۰) بیشترین مقدار تجمع یافته این فلز را در برگ درختان کاج موجود در منطقه صنعتی شهر تهران، ۲۴/۲ میلی گرم بر کیلوگرم گزارش کرده اند، در صورتیکه بیشترین مقدار اندازه گیری شده در این تحقیق در ایستگاه صنعتی-۵۰، ۱۶۸/۰ میلی گرم بر کیلوگرم می باشد. همانگونه که مقایسه میزان تجمع

که برگ های درخت کنوکارپوس زیست ردیاب قابل اطمینانی برای فلزاتی مانند مس، سرب، کادمیوم، کرم و روی در شهر صنعتی آبادان می باشد.

۵. قدردانی

نویسندگان این مقاله مراتب قدردانی و تشکر خویش را از دانشگاه شهید چمران اهواز در پرداخت کلیه هزینه های این پروژه (گرتت سال ۱۳۹۶) اعلام می دارند.

References:

Aboal, J.R., Fernandez, J.A., Carballeira, A., 2004. Oak leaves and pines needles as biomonitors of airborne trace element pollution. *Environmental and Experimental Botany* 51, 215-225.

Aksoy, A., Sahin, U., Duman, F., 2000. *Robinia pseudo-acacia* L. as a possible biomonitor of heavy metal pollution in Kayseri. *Turkish Journal of Botany* 24, 279-284.

Al-Shayeb, S. M., Al-Rajhi, M. A., Seaward, M. R. D., 1995. The date palm (*Phoenix dactylifera* L.) as a biomonitor of lead and other elements in arid environments. *Science of the Total Environment* 168, 1-10.

Atmaca, M., Doganlar, Z.B., 2011. Influence of airborne pollution on Cd, Zn, Pb, Cu, and Al accumulation and physiological parameters of plant leaves in Antakya. *Water Air and Soil Pollution* 214, 509-523.

Baycu, G., Tolunay, D., Ozden, H., 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* 143, 545-554.

Celik, A., Kartal, A.A., Akdoğan, A., Kaska, Y.A., 2005. Determining the heavy metal pollution in Denizli (Turkey) by using *Robinia pseudo-acacia* L. *Environmental International* 31, 105-112.

بسیاری از این عناصر کمتر از حداکثر غلظت آن ها در سطح می باشد. در نتیجه فقط برگ و پوست درخت کنوکارپوس را به عنوان یک زیست ردیاب برای فلزات سنگین معرفی کرده اند.

دلیل اصلی غلظت بالای فلزات سنگین در گیاهان متداول در مناطق صنعتی و در جاده های شهری، فعالیت صنعتی و تراکم ترافیک است و این نشان دهنده نیاز به کنترل آلودگی در محیط شهری می باشد. با این وجود، نتایج این مطالعه نشان می دهد

Dalvand, M., Hamidian, A.H., Zare-Chahouki, M.A., Motesharrezadeh, B., Mirjalili, A.A., Esmaeilzadeh, E., 2015. Determination of the concentration of heavy metals (Cu, Pb, Zn and Mn) in shoots of *Artemisia sp.* in natural lands of Darreh Zereshk copper mine, Taft, Yazd. *Journal of Range and Watershed Management* 8, 219-229.

Deng, H., Ye, Z. H., Wong, M. H., 2004. Accumulation of lead, zinc, copper and cadmium by 12 wetland plant species thriving in metalcontaminated sites in China. *Environmental Pollution Journal*, 132, 29-40.

Gholami, A., Davami, A.H., Panahpour, E., Amini, H., 2013. Evaluation of "*Conocarpus erectus*" plant as biomonitoring of soil and air pollution in Ahwaz region. *Middle-East Journal of Scientific Research* 13, 1319-1324.

Gholami, A., Esteki, Kh., 2010. Biomonitoring of air and soil pollution in Karaj. *Quarterly Geographical Journal of Chashmandaz-E-Zagros* 1, 79-88. In Persian

Gholami, A., Panahpour, E., Rezaei-Mirghaed, H., Ahmadi, S.H., 2011. The effect using compost leachate on absorption of soil Zinc. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences* 10, 935-939.

Hamidian, A.H., Zareh-Reshqueih, M., Poorbagher, H., Vaziri L., Ashrafi, S. 2016. Heavy metal bioaccumulation in sediment, common reed, algae and blood worm from the Shoor River, Iran. *Journal of Toxicology and Industrial Health*; 32, 398-409.

Handreck, 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., 1994. Trace element in soil and plants. Second edition. Boca Raton, Florida: CRC. pp: 365.

Kord, B., Mataji, A., Babaie, S., 2010. Pine (*Pinus Eldarica Medw.*) needles as indicator for heavy metals pollution. *International Journal of Environmental Science and Technology* 7, 79-84.

Luo, C., Liu, C., Wang, Y., Liu, X., Li, F., Zhang, G., Li, X., 2011. Heavy metal contamination in soils and vegetable near an e-waste processing site, south China. *Journal of Hazardous Materials*, 186, 481-490.

Price, W.J., 1972. *Analytical Atomic Absorption Spectrometry*. New York 10017, U.S.A.

Shabanian, H., Cheraghi, Ch., 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, 154-165. In Persian

Shanker, A. K., Cervantes, C., Loza-Tavera, H., Avudainayagam, S., 2005. Chromium toxicity in plants. *Environment International* 31, 739-753.

Tomlinson, P.B., 1980. *The Biology of Trees Native to Tropical, Florida*, 480 p.

Yash, P., 1998. *Handbook of Reference Methods for Plant Analysis*. 2th Edition.

Zareh-Reshqueih, M., Hamidian, A.H., Jabbarian-Amiri, B. 2018. Investigating heavy metal pollution in soil and plant (*Astragalus sp.*) in lands around Khotoun Abad melting plant, *Journal of Natural Environment* 71, 185-195. In Persian.