

Identification and comparison of Heavy Metals in the Wood, Bark and Leaves of Planted Plane Tree and Eldar Pine by Using Flame Atomic Absorption Spectroscopic Method

Ramin Vaysi

- Associate Prof., Dept. of Wood and Paper Science and Technology, Islamic Azad University of Chalous, Chalous, Iran, Email:vaysi_r452@yahoo.com.

Received: February 2024

Revised: May 2024

Accepted: July 2024

Abstract

Background and aim: Every year, large number of species adapted to the semi-arid environment of Tehran are planted. Meanwhile, planted plane tree (*Platanus orientalis*) and eldar pine (*Pinus Halepensis var. Eldarica*) trees in Tehran, in addition to creating green and interesting urban space, can also play a big role in absorbing heavy metals and components in the polluted air of Tehran. The aim of this study was concentrated on identification and comparison of the heavy metals in the wood, bark and leaves of planted plane tree and eldar pine trees by using flame atomic absorption method.

Materials and methods: In this study, 20 separate test samples of leaves, wood, and bark of planted elder pine and plane trees were randomly selected from the 4th district of Tehran. According to the TAPPI standard test procedure, the leaf, wood and bark of the samples were collected and their ash percentage were measured. Then with the help of 63% nitric acid and for one hour, the solution containing heavy metal was separated from the ash. In this research, atomic absorption spectrophotometer was used to determine the type and percentage of metal ions absorbed in the wood, bark and leaves of plane tree and eldar pine tree.

Results: The results showed that the highest amount of ash was found in plane tree bark and the least in plane tree wood. The highest amount of iron ion absorption was found in plane tree leaves, while the lowest amount of iron ion absorption was found in plane tree wood. The amount of iron ion absorption in eldar pine bark is more than its wood and leaves and in oriental plane leaves is more than its wood and bark. The highest amount of potassium ion absorption was observed in eldar pine leaves and the lowest was in eldar pine bark. The amount of potassium ion absorption in eldar pine leaves was higher than its wood and bark, and in plane tree, bark is higher than its wood and leaves. In addition, the absorption of potassium ion is more in plane tree than in eldar pine. The highest amount of copper ion absorption was observed in eldar pine leaves and the lowest amount was observed in plane tree wood. The rate of absorption of copper ions in leaves is higher than the bark and wood of both species. In addition, the absorption of copper ions in eldar pine is more than that of plane tree. The highest amount of lead ion absorption was observed in the bark of eldar pine and the lowest amount was observed in plane tree and eldar pine wood. The amount of lead ion absorption in the bark was more than in the leaves of both species and in eldar pine was more than in plane tree. The highest amount of zinc ion absorption

was found in oriental plant leaves and the least in oriental plant wood. The rate of absorption of zinc ions in the bark of eldar pine is more than its leaves and wood and in oriental plant leaves is more than its bark and wood. The highest amount of nickel ion absorption was found in plane tree and elder pine leaves and the lowest in oriental plant wood. The rate of absorption of nickel ions in oriental plant and eldar pine leaves is higher than in their bark and wood. In addition, between the two species, the rate of absorption of nickel ions in eldar pine is higher than that of plane tree.

Conclusion: So that, the results showed that the leaves and bark of both species have a great role in the absorption of heavy metal in the air. In addition, the importance of the eldar pine species in absorbing heavy metal such as nickel, zinc, lead, iron and copper is more than the plantain species due to its evergreen nature. Eldar pine and plane tree wood showed the least importance in absorbing heavy metal. While the importance of bark in absorbing lead is the highest. In other words, in urban areas like Tehran, where air pollution is very important, planting eldar pine species seems to be more effective than plane tree.

Key words: Plane tree, eldar pine, heavy metal, flame atomic absorption, wood, leaves, bark, air pollution.

شناسایی و مقایسه عناصر فلزی موجود در چوب، پوست و برگ چنار و کاج الداریکا با استفاده از روش طیف‌سنجی جذب اتمی شعله

رامین ویسی

- دانشیار، گروه صنایع چوب و کاغذ، دانشگاه آزاد اسلامی واحد جالوس، جالوس، ایران، پست الکترونیک: vaysi_r452@yahoo.com

تاریخ پذیرش: مرداد ۱۴۰۳

تاریخ اصلاح نهایی: خرداد ۱۴۰۳

تاریخ دریافت: اسفند ۱۴۰۲

چکیده

سابقه و هدف: سالانه مقادیر زیادی گونه‌های دست کاشت سازگار با محیط نیمه‌خشک کلان‌شهر تهران کاشته می‌شود. در این میان، گونه‌های دست کاشت چنار و کاج تهران علاوه بر ایجاد فضای سبز و با نشاط شهری، می‌توانند نقش زیادی در جذب عناصر فلزی و اجزای موجود در هوای آلوده شهر تهران داشته باشند. این تحقیق با هدف شناسایی و مقایسه عناصر فلزی موجود در چوب، پوست و برگ چنار و کاج الداریکا با استفاده از روش جذب اتمی شعله انجام شد.

مواد و روش‌ها: در این تحقیق تعداد ۲۰ نمونه آزمونی جداگانه از برگ، چوب و پوست درخت چنار و کاج الداریکا دست کاشت به صورت تصادفی از منطقه ۴ شهری تهران انتخاب گردید. طبق آزمون‌های استاندارد TAPPI ابتدا آرد برگ، چوب و پوست نمونه‌ها و درصد خاکستر آنها اندازه‌گیری شد. سپس با کمک اسید نیتریک ۶۵ درصد و به مدت یک ساعت، محلول حاوی عناصر فلزی از خاکستر جداسازی شد. در این تحقیق از دستگاه اسپکتروفتومتری جذب اتمی برای تعیین نوع و درصد یون‌های فلزی جذب شده در چوب، پوست و برگ چنار و کاج الداریکا استفاده گردید.

یافته‌های تحقیق: نتایج نشان داد که بیشترین خاکستر در پوست چنار و کمترین آن در چوب چنار مشاهده شد. بیشترین میزان جذب یون آهن در برگ چنار و کمترین آن در چوب چنار وجود داشت. میزان جذب یون آهن در پوست کاج بیشتر از چوب و برگ آن و در برگ چنار نیز بیشتر از چوب و پوست آن است. بیشترین میزان جذب یون پتاسیم در برگ کاج دست کاشت و کمترین آن در پوست کاج الداریکا مشاهده شد. میزان جذب یون پتاسیم در برگ کاج بیشتر از چوب و پوست آن و در پوست چنار بیشتر از چوب و برگ آن است. همچنین جذب یون پتاسیم در چنار بیشتر از کاج الداریکا است. بیشترین میزان جذب یون مس در برگ کاج دست کاشت و کمترین آن در چوب چنار مشاهده شد. میزان جذب یون مس در برگ بیشتر از پوست و چوب هر دو گونه است. همچنین جذب یون مس در کاج الداریکا بیشتر از چنار بود. بیشترین میزان جذب یون سرب در پوست کاج دست کاشت و کمترین آن در چوب چنار و کاج الداریکا مشاهده شد. میزان جذب یون سرب در پوست بیشتر از برگ هر دو گونه و در کاج الداریکا بیشتر از چنار است. بیشترین میزان جذب یون روی در برگ چنار و کمترین آن در چوب چنار وجود داشت. میزان جذب یون روی در پوست کاج دست کاشت بیشتر از برگ و چوب آن و در برگ چنار بیشتر از پوست و چوب آن است. بیشترین میزان جذب یون نیکل در برگ چنار و برگ کاج و کمترین آن در چوب چنار وجود داشت. میزان جذب یون نیکل در برگ چنار و کاج دست کاشت بیشتر از پوست و چوب آنهاست. همچنین بین دو گونه میزان جذب یون نیکل در کاج بیشتر از چنار دست کاشت است.

نتیجه‌گیری: به‌طور کلی، نتایج نشان داد که برگ و بعد پوست در هر دو گونه نقش زیادی در جذب یون‌های فلزی موجود در هوا دارد. همچنین اهمیت گونه کاج در جذب عناصر فلزی مانند نیکل، روی، سرب، آهن و مس به دلیل همیشه سبز بودن بیشتر از گونه چنار است. چوب کاج و چنار کمترین اهمیت را در جذب عناصر سنگین داشتند. در صورتی که اهمیت پوست در جذب سرب بیشترین

مقدار است. به عبارت دیگر، در مناطق شهری مانند تهران که آلودگی هوا اهمیت زیادی دارد، کاشت گونه کاج مؤثرتر از چنار به نظر می‌رسد.

واژه‌های کلیدی: چنار، کاج الداریکا، عناصر فلزی، جذب اتمی شعله، چوب، برگ، پوست، آلودگی هوا.

مقدمه

سالانه مقادیر زیادی گونه‌های دست کاشت سازگار با محیط آلوده و نیمه‌خشک کلان‌شهر تهران و یا سایر شهرها به منظور ایجاد و بهبود فضای سبز شهری کاشته می‌شود. تحقیقات نشان داده که در این کلان‌شهرها، حمل‌ونقل مهمترین منبع آلودگی‌ها با منشأ انسانی است (Petron, 2011). هوای محیط شهری شامل فلزات سنگین سمی مانند کروم، نیکل، سرب، کادمیم و آهن است که هشدار برای سلامت موجودات زنده به‌شمار می‌رود (Celik et al., 2005). آلاینده‌ها باعث کاهش فتوسنتز، کاهش رشد ریشه‌ها، کاهش تعداد روزنه‌ها در سطح رویی و زیرین برگ و کاهش صفات جوانه‌زنی می‌شوند. همچنین میزان قندهای محلول و کربوهیدرات‌ها در مناطق آلوده به مقدار قابل توجهی کاهش می‌یابد (Tzvectova, 1996). بسیاری از گیاهان قادرند تعدادی از آلاینده‌ها را از طریق اندام هوایی خود به‌ویژه برگ‌ها جذب و در خود ذخیره کنند (Sawdis, 2012). درختان به‌عنوان عامل مهم در کاهش آلودگی هوا در نقاط مختلف استفاده شده‌اند. درخت به‌عنوان موجود زنده با طول عمر طولانی و عنصر اصلی فضای سبز شهری می‌تواند مقدار و شدت تجمع آلاینده‌ها را نشان دهد (Oliva et al., 2007). بسیاری از فلزات سنگین برای موجودات زنده مضر هستند و به همین دلیل انسان همواره به دنبال راه‌حل مناسبی برای کاهش این فلزات سنگین در طبیعت است. یکی از مناسب‌ترین، کاربردی‌ترین و ارزان‌ترین روش‌ها، کاهش آلودگی محیط توسط گیاهان است (Burken et al., 2011). در این ارتباط، چنار در کنار سایر گونه‌ها همانند کاج تهران، زبان‌گنجشک و اقاچیا، علاوه بر ایجاد محیطی سبز و با نشاط، در جذب آلودگی‌ها و افزایش طراوت هوای شهر تهران نیز

بسیار مؤثر است و می‌تواند نقش زیادی در جذب عناصر سنگین و اجزای موجود در هوای آلوده شهر تهران داشته باشد. چنار از جمله در افغانستان، آلبانی، آذربایجان، یونان، عراق، ایتالیا، لبنان، سوریه، تاجیکستان، ترکیه، ازبکستان و ایران گسترش دارد. چنار منحصر به جنس چنار پلاتانوس و دارای ۷ گونه است که یک گونه از آن به‌صورت خودرو در جنوب اروپا و سواحل مدیترانه می‌روید، در برخی از کشورهای اروپایی مانند فرانسه به فراوانی کاشته می‌شود. به‌هرحال، تیره چنار بومی اروپای شرقی و جنوبی است و در نیمکره شمالی انتشار دارد. در مناطقی از ایران نیز تک پایه‌ها و بی‌شده‌های طبیعی چنار (*Platanus orientalis*) به‌ویژه در نواحی غربی از قبیل کوه‌های بختیاری لرستان، آذربایجان، خراسان و بلوچستان نیز دیده می‌شود، به‌طوری‌که بیشتر درختان کهن‌سال در ایران شامل چنار هستند. درخت چنار از جمله درختانی است که اگر محیط مناسبی برای آن فراهم شود عمر و رشد زیادی دارد و اساساً درختی زیبا و نسبتاً بلند است. ساقه چنار پوست صاف دارد و هر ساله پوست قدیمی آن به‌صورت قطعات بزرگ و کوچک از تنه جدا می‌شود و جای آن به‌صورت لکه‌های سفید تا مدت‌ها بر سطح پوست تازه باقی می‌ماند. چنار دارای برگ‌های پنجه‌ای با ۷-۵ لب عمیق، جوانه‌ها با طول ۱۲ میلی‌متر و عرض ۷ میلی‌متر و میوه آن در گروه‌های ۲ تا ۶ تایی قرار دارد. برگ‌های آن دارای پهنک پنجه‌ای، دم‌برگ نسبتاً بلند و گوشوارک بزرگ ولی بی‌دوام و زود افت هستند. چنار درختی است یک‌پایه، دارای گل‌های تک‌جنس با گلپوش بسیار تحلیل رفته، سه پر یا پنج پر، به‌صورت پولک‌های پوشیده از کرک، مجتمع در گل‌آذین‌های کروی فشرده و گلپوش نامشخص. چنار دارای چوب همگن، پراکنده آوند و چوب درون

مترشحه صمغی است. عبور از چوب بهاره به تابستانه ناگهانی است. حد دواير سالیانه در این چوب کاملاً نمایان است، تراکئیدهای انتهایی دوره رویش مسطح و دارای دیواره خیلی کلفت می‌باشند. اشعه چوبی دارای تراکئیدهای عرضی بوده و گاهی مجاری مترشحه صمغی را در خود می‌گیرند و حاوی الئورزین هستند (Parsapajouh, 1993).

در این ارتباط، در مورد عناصر فلزی گونه‌های مختلف چوب تحقیقاتی کمتری انجام شده است، اما تاکنون تحقیقی در مورد شناسایی و مقایسه یون‌های فلزی چوب و پوست کاج الداریکای و چنار دست کاشت تهران انجام نشده است، اما مهمترین تحقیقات مشابه عبارت‌اند از: Rahmani و همکاران (۲۰۱۸) تأثیر آلودگی هوا بر غلظت فلزات سنگین (آهن، مس، روی و منگنز) در برگ درختان افرای زینتی و چنار در مناطق شهری ارومیه را بررسی و گزارش کردند که گونه چنار نسبت به گونه افرای زینتی عناصر را از آستانه مجاز تعریف شده به مقدار بیشتری انباشت کرده است و به‌عنوان گونه مقاوم‌تر معرفی می‌گردد. همچنین در این گونه‌ها، میزان انباشت عناصر در منطقه شاهد کمتر از منطقه آلوده بوده، بنابراین از این گونه‌ها می‌توان در تفکیک مناطق آلوده و غیرآلوده نیز استفاده کرد.

Khosropour و همکاران (۲۰۱۸) میزان آلودگی به فلزات سنگین و مقایسه آناتومیکی برگ گیاه چنار را در شهر تهران و منطقه چیتگر (شاهد) بررسی و گزارش کردند که غلظت عناصر کادمیم، سرب، نیکل و کروم در منطقه آلوده بیشتر از پارک چیتگر بود، ولی عنصر روی و مس تفاوت معنی‌داری در بین دو منطقه نشان نداد. تراکم روزنه‌ها و ضخامت اپیدرم بالایی و پایینی برگ در منطقه شهری تهران به‌طور معنی‌داری کمتر از پارک چیتگر بود. همچنین چنار با تغییرات مناسب آناتومیکی به مقدار زیاد تجمع آلاینده‌ها و اکنش مناسبی برای تعدیل تنش آلودگی نشان می‌دهد.

Shabaniyan و همکاران (۲۰۱۳) میزان انباشت برخی فلزات سنگین از قبیل سرب، روی، کادمیم و منگنز در برگ گونه‌های چنار شرقی، نارون، زبان‌گنجشک، سرو خمره‌ای و

مشخصی دارد. حفره‌های آوندی آن متعدد، با اندازه مساوی که در پهنای دواير سالانه تا حدی تمایل به بخش روزنه‌ای شدن را نشان می‌دهند. دواير سالانه نازک‌تر و متخلخل‌تر به نظر می‌رسند. اشعه چوبی آن نامساوی، اغلب پهن و متعددند و در برخورد با دواير سالانه نیز پهن‌تر می‌شوند. اشعه چوبی آن اغلب ناهمگن هستند. پارانشیم‌های چنار فراوان، دور آوندی و پراکنده دیده می‌شوند. آوندها دارای دریچه منفرد و یا دریچه نردبانی شکل می‌باشند. منافذ بین آوندی درشت و به‌طور افقی منظم شده‌اند. بافت فیبری متشکل از فیبر-تراکئید و فیبر لیبری فرم است (Parsapajouh, 1993). از چوب این درخت در مبل‌سازی، تهیه روکش و تخته لایه، کاغذسازی و زیرسازی وسایل چوبی استفاده می‌شود.

در این میان، کاج الداریکا (*Pinus Halepensis* var. *Eldarica*) یا کاج تهران نیز یکی دیگر از درختانی است که برای ایجاد فضاهای سبز شهری، کاهش آلودگی‌های شهری و یا توسعه جنگل‌کاری شهری، حفظ خاک و توسعه جنگل‌های اطراف شهر تهران و یا سایر شهرهای ایران کاشته می‌شود. رویشگاه طبیعی این گونه در یک منطقه محدود در دشت الدار در جنوب شرقی تفلیس گرجستان و در ارتفاع ۲۰۰ تا ۶۰۰ متر از سطح دریا و به وسعت ۵۵۰ هکتار است که شرایط اقلیمی آن تشابه زیادی با بسیاری از مناطق خاورمیانه دارد. تاریخ ورود احتمالی این درخت به ایران، بیش از ۸۰۰ سال پیش تخمین زده می‌شود. منطقه نشتیفان در جنوب شهرستان خواف از جمله مناطقی است که کاج الدار از قدیم در آنجا کاشته می‌شود و به‌خوبی با شرایط محیطی سازگار شده است (Vaysi, 2016). در این منطقه برخی از پایه‌های این کاج از حالت و شکل طبیعی پایه‌های مادری خود فاصله گرفته و دچار تغییراتی از نظر قامت درخت، شکل و تراکم تاج، اندازه مخروط و بذر شده است. امروزه قامت کوتاه و تاج کروی مخروطی آنها سبب شده تا در بسیاری از مناطق به‌عنوان گونه‌ای منحصربه‌فرد در ایجاد فضای سبز کاشته شود. این درخت از درختان بازدانه با رشد سریع در مناطق نیمه‌خشک بوده که اهمیت زینتی و صنعتی قابل توجهی نیز در ایران دارد. کاج الداریکا دارای درون‌چوب مشخص با مجاری

مواد و روش‌ها

تهیه نمونه‌های آزمونی

برای انجام این تحقیق تعداد سه اصله درخت چنار و کاج الداریکای دست کاشت به صورت تصادفی از منطقه ۴ شهر تهران انتخاب، قطع و از هر اصله درخت سه دیسک تهیه شد. سپس نمونه‌های چوب و پوست از هر دیسک تهیه شد و به همراه برگ‌های جمع‌آوری شده از چنار و کاج الداریکای این منطقه در سایه خشک کرده و توسط دستگاه آسیاب خرد گردید.

آماده‌سازی نمونه‌ها برای شناسایی عناصر و یون‌های فلزی برای اندازه‌گیری ترکیبات شیمیایی چوب، پوست و برگ کاج الداریکا و چنار، ابتدا طبق آزمون شماره ۸۵-om - ۲۵۷ T استاندارد TAPPI آرد آنها تهیه شد. به منظور جداسازی اجزاء شیمیایی نمونه‌ها، آرد تهیه شده ابتدا الک شد و نمونه‌های باقی‌مانده بر روی الک مش ۸۰ جمع‌آوری گردید. سپس اندازه‌گیری مقدار خاکستر طبق آزمون شماره ۸۵-om - ۲۱۱ T استاندارد TAPPI انجام شد. برای جداسازی عناصر فلزی آرد نمونه‌های آزمونی برگ، چوب و پوست چنار و کاج الداریکا (جداگانه)، مقدار ۵ گرم خاکستر در یک بشر ۱۰۰ میلی‌لیتر ریخته و ۲۰ میلی‌لیتر اسید نیتریک ۶۵ درصد به خاکستر اضافه شد و هر ۱۵ دقیقه ۲-۳ مرتبه مخلوط محتوای بشر به آرامی هم زده شد، بعد از مدت یک ساعت خاکستر و اسید نیتریک محتوای بشر را از یک صافی گذرانده، سپس انحلال حاصل از خاکستر بر روی کاغذ صافی با ۲۰ میلی‌لیتر آب مقطر شستشو داده شد (TAPPI, 2009, Barzan, 2002, Vaysi, 2017)، عناصر فلزی حل شده در اسید نیتریک به صورت محلول حاصل به دستگاه جذب اتمی منتقل و با کمک سوزاندن محلول مذکور و گذراندن بخارات حاصل در دستگاه و در معرض لامپ‌های کاتدی عناصر فلزی و به کمک آشکارساز، نوع و درصد عناصر به ویژه پتاسیم، نیکل، روی، مس، آهن و سرب شناسایی و معرفی گردید.

کاج سیاه کاشته شده در مرکز شهر سنندج (به‌عنوان منطقه آلوده) و محوطه دانشگاه کردستان (به‌عنوان منطقه شاهد) را اندازه‌گیری و مقایسه کردند. نتایج این تحقیق نشان داد که انباشت سرب، روی و کادمیم در برگ بیشتر گونه‌ها در منطقه آلوده با اختلاف معنی‌داری در سطح ۹۵ درصد بیشتر از منطقه شاهد بوده است. در منطقه آلوده بیشترین مقدار انباشت کادمیم در سرو خمره‌ای، روی زبان‌گنجشک و منگنز در نارون گزارش شده است.

Vaysi و همکاران (۲۰۱۹) شناسایی و مقایسه یون‌های فلزی و ترکیبات آلی موجود در چوب افرا پلت و افرا شیردار با استفاده از فنون جذب اتمی و کروماتوگرافی گازی- طیف سنجی جرمی را بررسی و گزارش کردند که بیشترین میزان جذب یون فلزی مربوط به یون پتاسیم (۲ ppm) در چوب افرا پلت و کمترین آن مربوط به یون فلزی منگنز (۰/۰۹۴ ppm) در چوب افرا پلت مشاهده شد. همچنین نتایج مربوط به یون‌های فلزی نشان داد که چوب افرا شیردار نسبت به چوب افرا پلت دارای منگنز، کبالت، آهن، روی و مس بیشتر ولی دارای پتاسیم کمتری است. مقایسه کروماتوگرام های نمونه‌های مذکور نیز نشان داد که ۲ ترکیب دی- لیمونن و بیس (۲- اتیل هگزیل) فتالات در چوب افرا پلت و افرا شیردار به صورت مشترک وجود دارند.

Piczak و همکاران (۲۰۱۱) با بررسی انباشت عنصر روی در برگ‌های درختان موجود در خیابان مرکزی پایتخت لهستان، گزارش کردند که گونه بید در فصل‌های مختلف سال از ۱۲۲ تا ۳۵۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم و گونه افرا از ۳۷/۵ تا ۵۶/۱ میلی‌گرم در کیلوگرم عنصر روی را از هوا در برگ‌های خود انباشته می‌کنند.

به همین منظور، این تحقیق با هدف شناسایی و مقایسه عناصر فلزی موجود در چوب، پوست و برگ چنار و کاج الداریکا و نقشی که این گونه‌ها می‌توانند در جذب عناصر فلزی و اجزای موجود در هوای آلوده شهر تهران داشته، انجام شد.

الکترونی برای الکترون‌های والانس رخ می‌دهد و طیف حامل شامل خطوط مجزا و باریک (طیف خطی) است.

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

تجزیه و تحلیل داده‌های مربوط به عناصر و یون‌های فلزی برگ، چوب و پوست چنار و کاج الداریکا (جداگانه)، با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS انجام شد. از آزمون تجزیه واریانس یک طرفه برای مقایسه میانگین صفات مورد بررسی و نیز از روش دانکن برای گروه‌بندی میانگین‌ها استفاده شد.

نتایج

مقایسه میانگین مشخصه‌های کمی در بین نمونه‌های آزمون می‌انگین مشخصه‌های خاکستر و عناصر فلزی در بین گونه‌ها براساس آزمون دانکن بررسی شد. نتایج نشان داد که بین میانگین کلیه مشخصه‌های عناصر فلزی (بجز جذب یون نیکل) موجود در چوب، پوست و برگ گونه‌های چنار و کاج دارد (جدول ۱).

شناسایی عناصر فلزی چنار و کاج الداریکا دست کاشت با کمک دستگاه جذب اتمی

پس از آماده کردن دستگاه جذب اتمی، لامپ کاتدی آهن، پتاسیم، مس، سرب، روی و نیکل را به ترتیب در محل قرار داده و جریان بین ۲-۳ ma تنظیم شد. با تنظیم شکاف تک فام سازخط رزونانسی ۲۸۵/۲mm را انتخاب و کپسول‌های استیلن و هوا وصل گردید. محلول‌های استاندارد را به داخل شعله وارد کرده و برای هر یک ۳ بار اندازه‌گیری انجام داده و نتایج یادداشت شد. در پایان جذب محلول نمونه را به‌طور مشابه تعیین و آنقدر محلول رقیق شد تا جذب آنها در محدوده محلول استاندارد قرار گیرد. در این تحقیق از دستگاه اسپکتروفوتومتری جذب اتمی مجهز به تمایزهای شعله و کوره گرافیتی، مدل ۲۰۰ اسپکتاتور شرکت یاریان برای تعیین جذب یون‌های فلزی توسط چوب، پوست و برگ درختان استفاده گردید. عبور تابش UV یا vis از داخل محیطی محتوی ذرات تک اتمی در حالت گازی (بخار) باعث جذب معدودی از فرکانس‌ها شده و انتقال بین ترازهای مجاز الداریکا در سطح اعتماد ۹۵٪ اختلاف معنی‌داری وجود

جدول ۱- تجزیه واریانس عناصر فلزی موجود در اجزاء گونه‌های چنار و کاج الداریکا

Table 1. One-way analysis of variance between heavy metal present in the components of oriented plant and aldar pine species

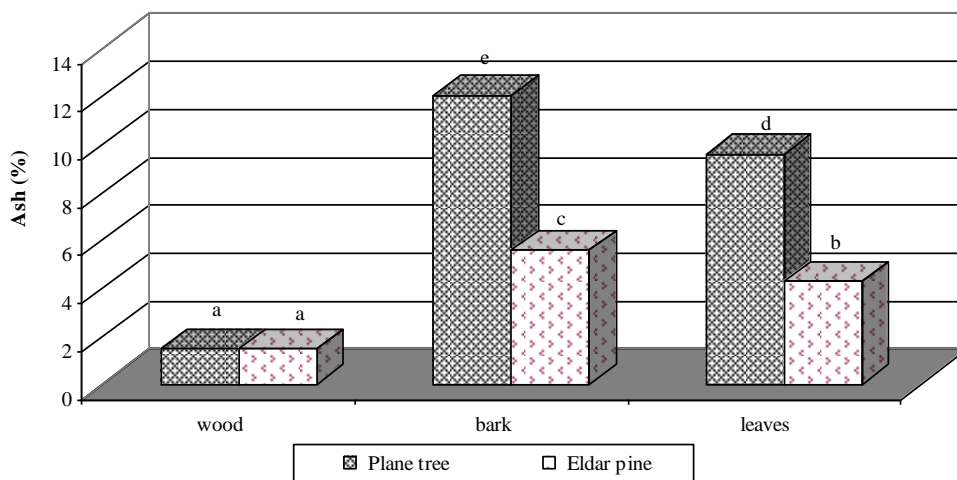
Ni		Zn		Pb		Cu		K		Fe		characteristic Variable
sig	F	sig	F	sig	F	sig	F	sig	F	sig	F	
0.088	2.52	0.0001	3207.8	0.0001	1676.4	0.0001	847.53	0.0001	9132.52	0.0001	14900.19	Test samples

خاکستر کمتری دارد. درصد خاکستر چنار نیز بیشتر از کاج است.

تجزیه و تحلیل نتایج نشان داد که بین میانگین خاکستر نمونه‌های مورد نظر تفاوت معنی‌داری وجود دارد (شکل ۱).

مقایسه میزان خاکستر موجود در چوب، پوست و برگ چنار و کاج الداریکا دست کاشت

نتایج نشان داد که بیشترین درصد خاکستر مربوط به پوست چنار (۱۲/۰۷ درصد) و کمترین آن در چوب چنار (۱/۴۷ درصد) مشاهده شد. همچنین مقدار خاکستر پوست بیشتر از برگ است. چوب در مقایسه با پوست و برگ



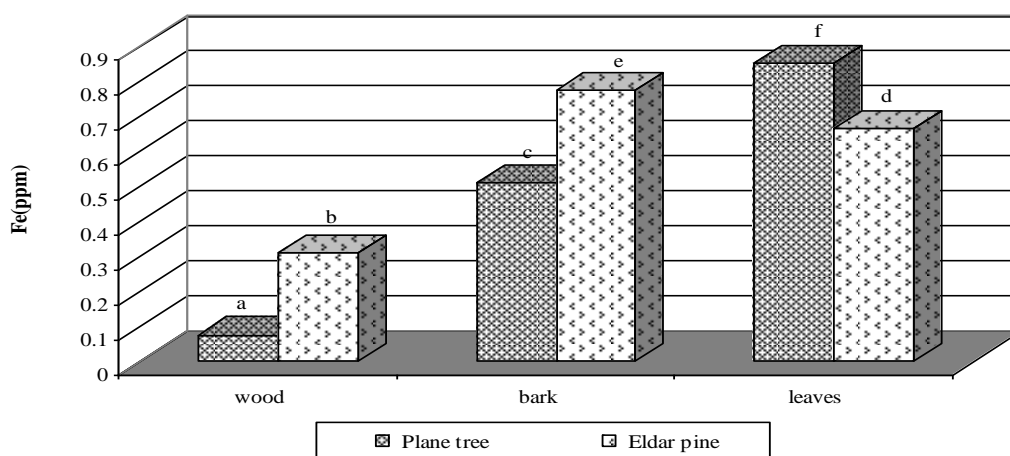
شکل ۱- مقایسه درصد خاکستر موجود در چوب، پوست و برگ چنار و کاج الداریکا دست کاشت

Fig 1. Comparison of ash content in the wood, bark and leaves of planted oriented plant and eldar pine

موجود در چوب و پوست بلوط بلندمازو با استفاده از فنون جذب اتمی، کروماتوگرافی گازی و طیف‌سنجی جرمی نشان داد که چوب بلوط نسبت به پوست آن دارای میزان جذب یون‌های آهن، روی و مس بیشتر و منگنز کمتر است (Vaysi, 2017). تجزیه و تحلیل نتایج نشان داد که بین میانگین جذب یون آهن نمونه‌های مورد نظر تفاوت معنی‌داری وجود دارد (شکل ۲).

مقایسه جذب یون آهن در چوب، پوست و برگ چنار و کاج الداریکا دست کاشت

نتایج نشان داد که بیشترین میزان جذب یون آهن در برگ چنار (۰/۸۵۲ ppm) و کمترین میزان جذب یون آهن در چوب چنار (۰/۰۷۶ ppm) بود. میزان جذب یون آهن در پوست کاج الداریکا (۰/۷۷۸ ppm) بیشتر از چوب و برگ آن و در برگ چنار (۰/۸۵۲ ppm) بیشتر از چوب و پوست آن است. در این ارتباط، مقایسه یون‌های فلزی و ترکیبات آلی

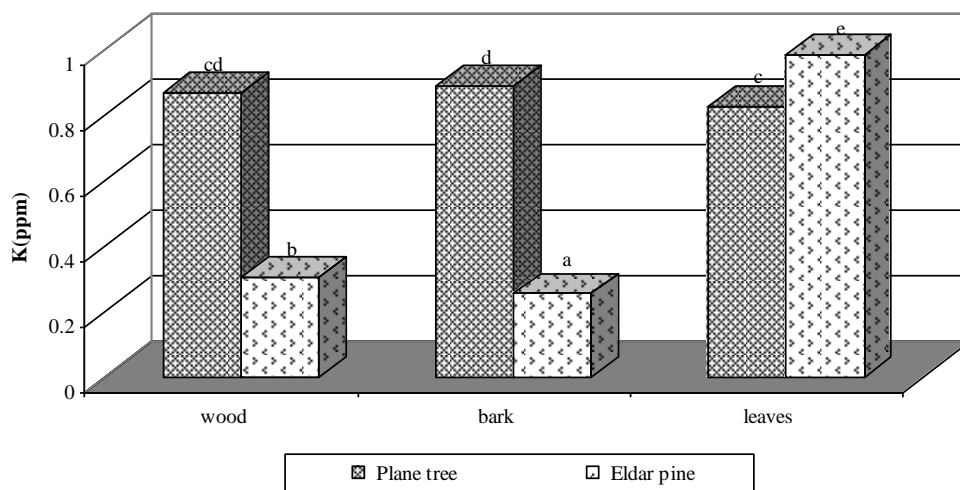


شکل ۲- میزان جذب یون آهن موجود در چوب، پوست و برگ چنار و کاج الداریکا دست کاشت

Fig 2. The amount of absorption of Iron ions in the wood, bark and leaves of planted oriented plant and eldar pine

از کاج است. در این ارتباط، نتایج مربوط به دستگاه جذب اتمی نشان داد که بیشترین میزان جذب یون فلزی مربوط به یون پتاسیم (۲ ppm) در چوب افرا پلت و کمترین آن مربوط به یون فلزی منگنز (۰/۰۹۴ ppm) در چوب افرا پلت بوده است (Vaysi, 2019). تجزیه و تحلیل نتایج نشان داد که بین میانگین جذب یون پتاسیم نمونه‌های مورد نظر تفاوت معنی داری وجود دارد (شکل ۳).

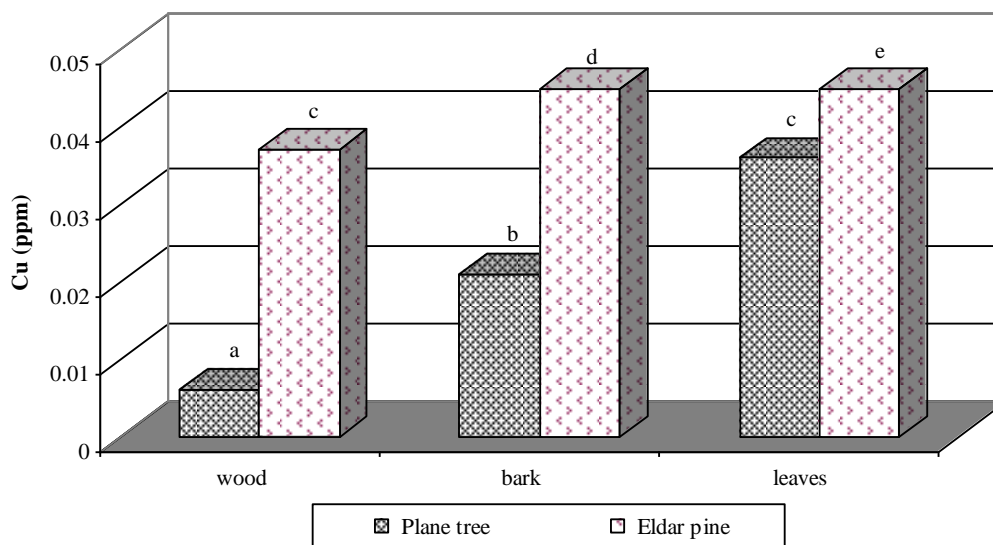
مقایسه جذب یون پتاسیم در چوب، پوست و برگ چنار و کاج الداریکا دست کاشت
بیشترین میزان جذب یون پتاسیم در برگ کاج الداریکا دست کاشت (۰/۹۸۵ ppm) و کمترین میزان جذب یون پتاسیم (۰/۲۵۵ ppm) در پوست کاج دست کاشت مشاهده شد. میزان جذب یون پتاسیم در برگ کاج بیشتر از چوب و پوست آن و در پوست چنار (۰/۸۹۰ ppm) بیشتر از چوب و برگ آن است. همچنین جذب یون پتاسیم در چنار بیشتر



شکل ۳- میزان جذب یون پتاسیم موجود در چوب، پوست و برگ چنار و کاج الداریکا دست کاشت
Fig 3. The amount of absorption of potassium ion in the wood, bark and leaves of planted oriented plant and eldar pine

در این ارتباط، مس عنصری مهم در فعالیت‌های آنزیمی و فیزیولوژی گیاهی است که کمبود این عنصر گیاه را دچار مشکل می‌کند (Quzounidou, 1994). در مناطق آلوده و پرتراپیک شهری، میزان مس به دلیل اکسیداسیون روغن، ساییدگی لاستیک‌ها و نت ترمز اتومبیل‌ها بیشتر است (Celik et al., 2005). تجزیه و تحلیل نتایج نشان داد که بین میانگین جذب یون مس نمونه‌های مورد نظر تفاوت معنی داری وجود دارد (شکل ۴).

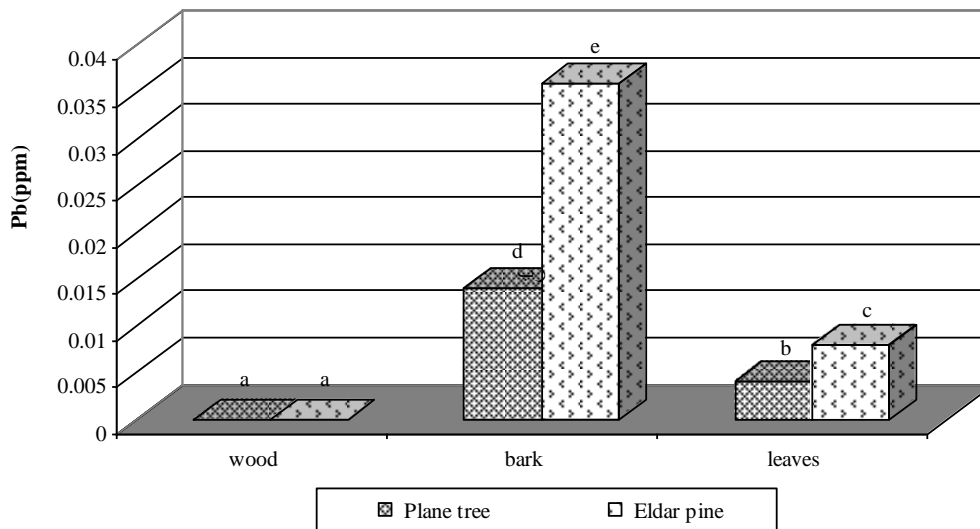
مقایسه جذب یون مس در چوب، پوست و برگ چنار و کاج الداریکا دست کاشت
بیشترین میزان جذب یون مس در برگ کاج الداریکا دست کاشت (۰/۰۴۵ ppm) و کمترین آن در چوب چنار (۰/۰۶ ppm) مشاهده شد. میزان جذب یون مس در پوست و برگ کاج دست کاشت بیشتر از چوب آن و در برگ چنار (۰/۰۳۶ ppm) بیشتر از پوست و چوب آن است. همچنین جذب یون مس در کاج الداریکا بیشتر از چنار است.



شکل ۴- میزان جذب یون مس موجود در چوب، پوست و برگ چنار و کاج الداریکا دست کاشت
Fig 4. The amount of absorption of copper ions in the wood, bark and leaves of planted oriented plant and eldar pine

چنار نسبت به زبان گنجشک باشد. Vahabi و همکاران (۱۹۸۵) در تحقیقات خود اعلام کردند که مقدار سرب موجود در اندام‌های پایه‌های مسن نسبت به پایه‌های جوان نسبتاً بیشتر است. در گونه کاج و چنار از نظر انباشت سرب تفاوت معنی‌داری بین منطقه آلوده و شاهد مشاهده نمی‌شود. در زبان-گنجشک و نارون نیز مقدار انباشت سرب در منطقه آلوده به ترتیب ۳۰ و ۴۶ درصد بیشتر از منطقه شاهد بوده است (Shabaniyan, 2013). تجزیه و تحلیل نتایج نشان داد که بین میانگین جذب یون سرب نمونه‌های مورد نظر تفاوت معنی‌داری وجود دارد (شکل ۵).

مقایسه جذب یون سرب در چوب، پوست و برگ چنار و کاج الداریکا دست کاشت
 بیشترین میزان جذب یون سرب در پوست کاج الداریکا دست کاشت (۰/۰۳۶ ppm) و کمترین آن در چوب چنار و کاج (صفر ppm) بود. میزان جذب یون سرب در پوست کاج دست کاشت (۰/۰۳۶ ppm) بیشتر از چوب و برگ آن و در پوست چنار (۰/۰۱۴ ppm) بیشتر از برگ و چوب آن است. Khademi و همکاران (۲۰۱۰) نشان دادند که انباشت سرب در برگ چنار بیشتر از زبان گنجشک بوده، به نحوی که اظهار داشتند این تفاوت می‌تواند ناشی از مسن بودن پایه‌های گونه



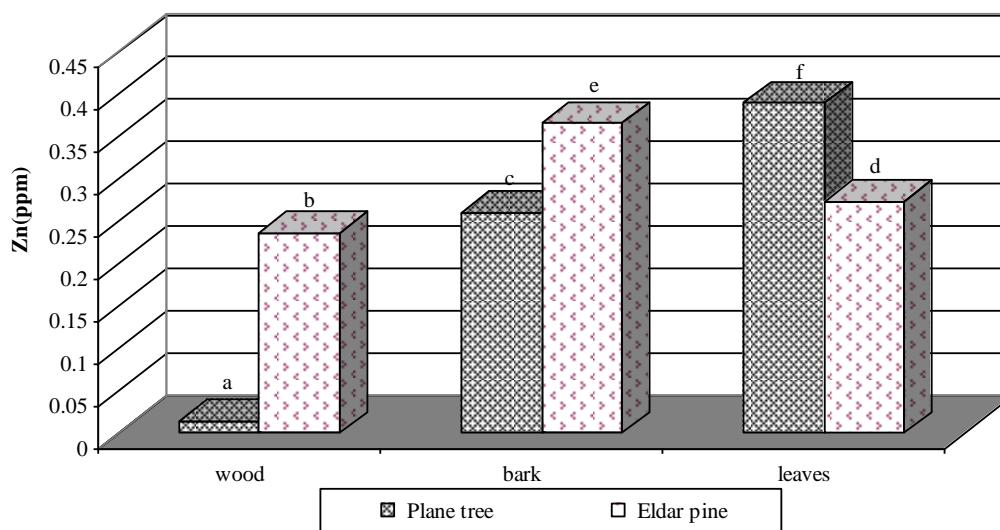
شکل ۵- میزان جذب یون سرب موجود در چوب، پوست و برگ چنار و کاج الداریکا دست کاشت

Fig 5. The amount of absorption of lead ions in the wood, bark and leaves of planted oriented plant and eldar pine

فلز با تفاوت معنی داری در گونه زبان گنجشک (۶۳/۲۳ میلی گرم در کیلوگرم) و پس از آن به ترتیب در گونه های سرو خمره ای، نارون، چنار و کاج سیاه (۲۷/۴۹ میلی گرم در کیلوگرم) اتفاق افتاده است. در گونه زبان گنجشک مقدار انباشت روی در منطقه آلوده ۱/۷۳ برابر بیشتر از منطقه شاهد بوده است (Shabanian, 2013). در تحقیقی دیگر، مشخص شد که مقدار انباشت سرب و روی در افرای سیاه با اختلاف معنی داری بیشتر از چنار شرقی بوده است، ولی انباشت کادمیوم در چنار شرقی بیشتر بوده است (Atmaca & Doganlar, 2011). تجزیه و تحلیل نتایج نشان داد که بین میانگین جذب یون روی نمونه های مورد نظر تفاوت معنی داری وجود دارد (شکل ۶).

مقایسه جذب یون روی در چوب، پوست و برگ چنار و کاج الداریکا دست کاشت

بیشترین میزان جذب یون روی در برگ چنار (۰/۳۹۰ ppm) و کمترین میزان جذب یون روی در چوب چنار (۰/۰۱۴ ppm) بود. میزان جذب یون روی در پوست کاج دست کاشت (۰/۳۶۵ ppm) بیشتر از چوب و برگ آن و در برگ چنار (۰/۳۹۰ ppm) بیشتر از پوست و چوب آن است. نتایج سایر تحقیقات نشان داد که مقدار فلز روی در برگ گونه های مورد بررسی در منطقه شاهد با یکدیگر تفاوت قابل توجهی را نشان نداده، ولی در همه آنها به جز گونه کاج در منطقه آلوده مقدار انباشت این فلز به طور قابل ملاحظه ای بیشتر از منطقه شاهد بوده است و بیشترین مقدار انباشت این

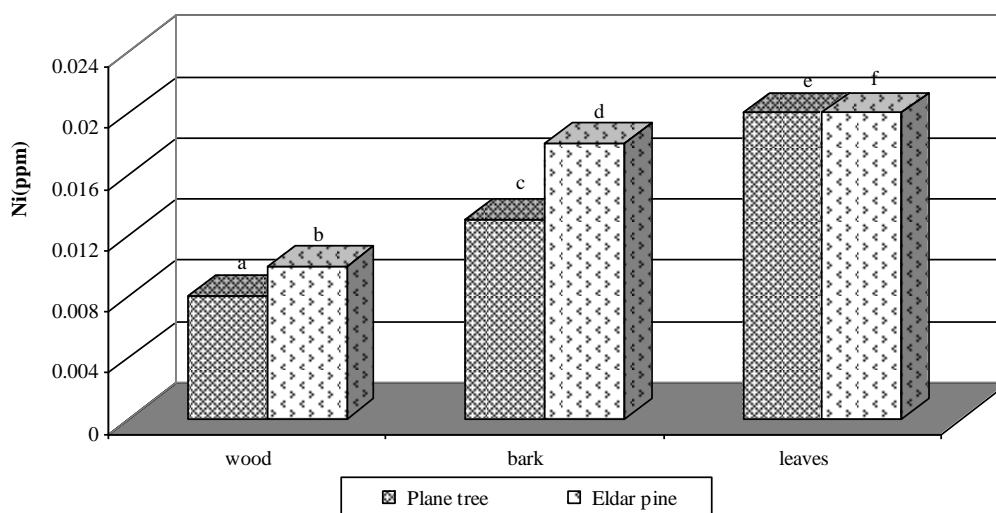


شکل ۶- میزان جذب یون روی موجود در چوب، پوست و برگ چنار و کاج الداریکا دست کاشت
Fig 6. The amount of absorption of zinc ions in the wood, bark and leaves of planted oriented plant and eldar pine

سرب، روی، کادمیوم و نیکل در برگ هفت گونه از درختان خزان‌کننده (شاه‌بلوط هندی، افرا، زبان‌گنجشک، چنار شرقی، صنوبر و اقاچیا) در مناطق شهری استانبول، اندازه‌گیری گردید که بالاترین مقدار انباشت کادمیوم و روی در صنوبر، سرب در شاه‌بلوط هندی و اقاچیا و نیکل در اقاچیا و زبان‌گنجشک گزارش شد (Baycu, 2006). تجزیه و تحلیل نتایج نشان داد که بین میانگین جذب یون نیکل نمونه‌های مورد نظر تفاوت معنی‌داری وجود دارد (شکل ۷).

مقایسه جذب یون نیکل در چوب، پوست و برگ چنار و کاج الداریکا دست کاشت

بیشترین میزان جذب یون نیکل در برگ چنار و برگ کاج الداریکا (۰/۰۲۰ ppm) و کمترین آن در چوب چنار و کاج (۰/۰۰۸ ppm) بود. میزان جذب یون نیکل در برگ چنار و کاج دست کاشت (۰/۰۲۰ ppm) بیشتر از پوست و چوب آن است؛ همچنین بین دو گونه میزان جذب یون نیکل در کاج بیشتر از چنار دست کاشت است. در این ارتباط، غلظت فلزات



شکل ۷- میزان جذب یون نیکل موجود در چوب، پوست و برگ چنار و کاج الداریکا دست کاشت
Fig 7. The amount of absorption of nickel ions in the wood, bark and leaves of planted oriented plant and eldar pine

بحث

این تحقیق با هدف شناسایی و مقایسه عناصر و یون‌های فلزی موجود در چوب، پوست و برگ گونه‌های دست کاشت چنار و کاج الداریکا و معرفی مؤثرترین گونه در جذب آلودگی هوای شهر تهران انجام شد. در این ارتباط، آلودگی محیط به عناصر سنگین در نتیجه فعالیت‌های صنعتی، کاربرد سموم و غیره حاصل می‌شود (Lewandowski, 2005). برخی از گونه‌های گیاهی به‌عنوان گیاهان سوپرچاد تا حد زیادی می‌توانند فلزات سنگین را از محیط جذب کنند، بدون اینکه خودشان دچار آسیب جدی شوند، در حالی که بعضی از گونه‌های گیاهی توانایی جذب پایین‌تری داشته و ممکن است در محیط‌های آلوده به فلزات سنگین در اثر مسمومیت آسیب دیده و از بین بروند (Singh et al., 2005; & Gosh, 2005). نتایج این تحقیق نشان داد که بیشترین خاکستر در پوست چنار و کمترین آن در چوب چنار مشاهده شد. چوب در مقایسه با پوست و برگ خاکستر کمتری دارد. درصد خاکستر چنار نیز بیشتر از کاج الداریکا بوده است. بیشترین میزان جذب یون آهن در برگ چنار و کمترین میزان جذب یون آهن در چوب چنار بود. میزان جذب یون آهن در پوست کاج بیشتر از چوب و برگ آن و در برگ چنار بیشتر از چوب

و پوست آن است. فلزات سنگین از آلاینده‌های خطرناک زیست‌محیطی هستند که بیشتر آنها حتی در مقادیر کم سمی و خطرناک می‌باشند. منابع اصلی ورود فلزات سنگین به بیوسفر شامل سوخت‌های فسیلی، معادن ذوب فلزات، فاضلاب‌ها و ترکیب‌های شیمیایی است (Schroder & Memon, 2009). عناصر سنگین از اجزای مهم آلودگی شهری هستند. در این میان، درختان در جذب آلاینده‌ها خیلی کارا هستند و نقش مهمی در سلامت انسان‌ها دارند (Sawidis et al., 2012). نتایج این تحقیق نشان داد که بیشترین میزان جذب یون پتاسیم در برگ کاج دست کاشت و کمترین آن در پوست کاج دست کاشت مشاهده شد. میزان جذب یون پتاسیم در برگ کاج بیشتر از چوب و پوست آن و در پوست چنار بیشتر از چوب و برگ آن است. همچنین جذب یون پتاسیم در چنار بیشتر از کاج الداریکا است. بیشترین میزان جذب یون مس در برگ کاج دست کاشت و کمترین آن در چوب چنار مشاهده شد. میزان جذب یون مس در برگ بیشتر از پوست و چوب هر دو گونه است. همچنین جذب یون مس در کاج بیشتر از چنار می‌باشد. مس عنصری مهم در فعالیت‌های آنزیمی و فیزیولوژی گیاهی است که کمبود این عنصر گیاه را دچار مشکل می‌کند (Quzounidou, 1994). نتایج این تحقیق نشان

گونه چنار است. چوب کاج الداریکا و چنار کمترین اهمیت را در جذب عناصر سنگین داشتند. حتی جذب عناصر با اهمیت مانند سرب در چوب صفر بوده، در صورتی که اهمیت پوست در جذب سرب بیشترین مقدار است. به عبارت دیگر، در مناطق شهری مانند تهران که آلودگی هوا اهمیت زیادی دارد، کاشت گونه کاج الداریکا مؤثرتر از چنار به نظر می‌رسد. در این ارتباط، گونه‌های گیاهی در محیط‌های آلوده به فلزات سنگین می‌توانند بخشی از این فلزات را جذب کنند و به این طریق تا حدی از آلودگی محیط بکاهند و قابلیت و توانایی انباشت فلزات سنگین در گونه‌های گیاهی مختلف می‌تواند متفاوت باشد که این پدیده به احتمال زیاد به صفات فیزیولوژیک گونه‌ها مربوط است. درختان شهری از اهمیت بالایی برای شهرنشینان برخوردارند، همچنین ممکن است با قرار گرفتن در معرض آلودگی، خود درختان هم در معرض خطر باشند (Burken et al., 2011). نتایج سایر تحقیقات نشان داد که اثر نوع گونه درختی، منطقه رویشی و نیز تأثیر متقابل دو جانبه این دو پارامتر روی مقدار انباشت فلزات سنگین سرب، روی، کادمیوم و منگنز در سطح یک و پنج درصد معنی‌دار بوده است (Shabanian, 2013). با توجه به اینکه جذب عناصر در گیاهان یک پدیده فیزیولوژیک است، بنابراین در ماه‌های گرم سال با افزایش دما و تنفس، میزان جذب عناصر فلزی افزایش می‌یابد. همچنین به دلایل شرایط جوی از جمله وزش باد و بارندگی طی فصل گرم، میزان جذب از طریق گیاه در تابستان بیشتر از بهار است (Pourkhabaze, 2010). گیاهان می‌توانند به طرق مختلف آلاینده‌ها را در محیط‌زیست کاهش دهند. به طوری که توانایی بالای برخی گونه‌ها در جذب انتخابی عناصر و ترکیب‌های آلوده‌کننده، امکان استفاده از گیاهان در پاک‌سازی محیط‌های آلوده را فراهم کرده است (Singh & Gosh, 2005).

منابع مورد استفاده

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

داد که بیشترین میزان جذب یون سرب در پوست کاج دست کاشت و کمترین آن در چوب چنار و کاج مشاهده شد. میزان جذب یون سرب در پوست بیشتر از برگ هر دو گونه و در کاج الداریکا بیشتر از چنار است. نتایج سایر تحقیقات نشان داد که دو گونه کاج و چنار از نظر انباشت سرب تفاوت معنی داری را بین دو منطقه آلوده و شاهد نشان ندادند، اما انباشت سرب، روی و کادمیم در بیشتر گونه‌های مورد بررسی در منطقه آلوده بیشتر از منطقه شاهد بوده است (Shabanian, 2013). در تحقیقی دیگر گزارش شده که مقدار انباشت سرب و روی در افرای سیاه بیشتر از چنار شرقی بوده، ولی انباشت کادمیم در چنار شرقی بیشتر بوده است (Atmaca, 2011). نتایج این تحقیق نشان داد که بیشترین میزان جذب یون سرب در برگ چنار و کمترین آن در چوب چنار بود. میزان جذب یون سرب در پوست کاج دست بیشتر از برگ و چوب آن و در برگ چنار بیشتر از پوست و چوب آن است. مقدار سرب در مناطق شهری تهران حدود ۴ برابر بیشتر از پارک چیتگر گزارش شده است. زیاد بودن کادمیم و سرب به دلیل تعداد زیاد اتومبیل در محیط شهری است. همچنین مقدار نیکل و کروم نیز در منطقه شهری تهران بیشتر از پارک جنگلی چیتگر مشاهده شد که به سبب فعالیت‌های صنعتی و کارگاهی موجود در شهر تهران است (Khosropour, 2018). نتایج این تحقیق نشان داد که بیشترین میزان جذب یون نیکل در برگ چنار و برگ کاج و کمترین آن در چوب چنار بود. میزان جذب یون نیکل در برگ چنار و کاج دست کاشت بیشتر از پوست و چوب آن است؛ همچنین بین دو گونه میزان جذب یون نیکل در کاج بیشتر از چنار دست کاشت می‌باشد. فلزات سنگین نیز از مهمترین آلاینده‌های محیطی به‌شمار می‌آیند که در بین این فلزات می‌توان به سرب، کادمیوم، آهن، مس، روی، نیکل، کبالت و جیوه اشاره کرد (Sawidis et al., 2011). به‌طور کلی نتایج نشان داد که برگ و بعد پوست در هر دو گونه نقش زیادی در جذب یون‌های فلزی موجود در هوا دارند. همچنین اهمیت گونه کاج الداریکا در جذب عناصر فلزی مانند نیکل، روی، سرب، آهن و مس به دلیل همیشه‌سبز بودن بیشتر از

- Piczak, K., Lasaniewicz, A. and Zymicki, W., 2003. Metal concentration in deciduous tree leaves from urban Arasin Poland, Environmental monitoring and assessment, 80:273-287.
- Quzounidou, G., 1994. Copper-induced change on growth, metal content and photosynthetic function of *Ayssum montanum* plants. Environmental and Experiment, Botany, 34:165-172.
- Rahmani, G., Seyedi N., Banj Shafiei A. and Rasouli Sadaghiani M., 2018. Effect of air pollution on leaf heavy metals concentrations (Fe, Cu, Zn and Mn) of Box Ider (*Acer negundo*) and Oriental Plane (*Platanus orientalis*) (case study: Urmia City) . Iranian Journal of Applied Ecology, 2018; 6 (4):97-108.
- Shabaniyan, N. and Cheraghi, C., 2013. Comparison of phytoremediation of heavy metals by woody species used in urban forestry of Sanandaj city, Forest and poplar research, 21(1), 154-165.
- Sawdis, T., Breuste, T., Mitrovic, M., Pavlovic P. and Tsigaridas, K., 2011. Trees as bioindicator of heavy metal pollution in three European cities, Environmental Pollution, 159: 3560-3570.
- Sawdis, T. and Krystalidis, P., 2012. A study of air pollution with heavy metals in Athens city and Attica basin using evergreen trees as biological indicator, Biologic trace Element, 148:396-408.
- Tzvetkova, N. and Kolarov, 1996. Effect of air pollution on carbohydrate and nutrient concentration in some deciduous tree species, Plant Physiology, 22:53-63.
- Technical Association of Pulp and Paper Industry (TAPPI), 2009. Standard Test Methods. Tappi Press , Atlanta, GA. USA.
- Vaysi, R., 2017. A study on the possibility of identification and comparison of metallic ions and chemical components in wood and bark of oak by atomic adsorption and GC-MS, Iranian J. of Wood and Paper Sci. and Technology 32(2), 275-286. (in Persian).
- Vaysi, R., 2019. A study on the possibility of identification and comparison of metallic ions and chemical components in wood of persian maple and caucasian maple wood by atomic absorption and GC-MS methods, Iranian J. of Wood and Paper Sci. and Technology 34(3), 361-371, (in Persian).
- Vaysi, R., 2016. A study on the possibility of extraction, identification and comparison of the resins in wood and bark of planted elder pine tree GC-MS methods, J. of Wood and Forest Sci. and Technology 23(3), 229-242, (in Persian).
- Vahabi, A. and Ghodsi, J., 1985. Distribution of lead in the plant and soil of the Lahijan tea fields in relation to distance of the Road. Jihad of Tehran University, 127p. (in Persian)
- 214:509-523.
- Barzan A. and Soraki, S., 2002. Procedure of experimental for pulp and paper, Mazandaran Wood and Paper Industries, Sari, Iran, 111-121, (in Persian).
- Baycu, G., Ozden, H., Tolunay, D. and 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.
- Burken, J., Vroblesky, D. and Balouet, J.C., 2011. Phytoforensics, Dendrochemistry and Phytoscreening: New Green Tools for Delineating Contaminants from Past and Present. Environmental Science & Technology, 45(15): 6218-6226.
- Celik, A., Kartal A.A., Akdogan, A. and Kaska Y. 2005. Determining the heavy metal pollution in Denizli (Turkey) by using Robinio *Pseudoacacia L.*, Environment International, 31(1):105-112.
- Gosh, M. and Singh, S.P., 2005. A review on phytoremediation of heavy metals and utilization of its hypoducts. Applied ecology and environmental research, 3(1): 1-18.
- Khademi, A. and kord, B., 2010. The role of Broad Leaf tree species (the Plane tree and the ash) in reducing pollution from lead. Journal of Sciences and Techniques in Natural, 1:1-12.
- Khosropour, E. and P. Atarod, 2018. Heavy metal accumulation and anatomical responses of plane plant to urban pollutions in two areas of Tehran, Journal of Plant Research, 31(4), 791-800.
- Lewandowski, I., Schmidat, V. and Londo, A., 2005. The economic value of the phytoremediation function by the example of cadmium remediation by willow (*Salix spp.*), Agricultural system, 89: 68-89.
- Memon, A.R. and Schroder, P., 2009. Metal accumulation in plants and its implication in phytoremediation. Environmental Science and Pollution Research International, 16(2): 162-175.
- Olive, S.R. and Espinosa A.F., 2007. Monitoring of heavy metals in topsoils, atmospheric particles and plant leaves identify possible contamination sources, Microchemical journal, 86(1),131-139.
- Pourkhabbaz, A., Rastin, N., Olbrich, A., Langenfeld-Heyser, R. and Polle, A., 2010. Influence of environmental pollution of leaf properties of urban plant tree, *Platanus orientalis L.*, Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology, 85:
- Petron, T.S. 2011. Biomonitoring study of air pollution with *Betula Pendula* from Plovidiv. Bulgaria, Ecologia Balkanica, 3:1-10.
- Parsapajouh, D., 1993. Atlas of Iranian northern woods. Tehran Univ. Press, 48 and 106 p. (In Persian).