

## مقایسه میزان تجمع سرب و کادمیوم در برگ درختان کاج تهران در فصول سرد و گرم سال

سارا نظرپور<sup>۱</sup>

شهرزاد خرم نژادیان<sup>۲\*</sup>

[khoramnejad@damavandiau.ac.ir](mailto:khoramnejad@damavandiau.ac.ir)

سید علی جوزی<sup>۳</sup>

کیوان صائب<sup>۴</sup>

### چکیده

این تحقیق با هدف بررسی میزان جذب سرب و کادمیوم در گونه‌ی درختی کاج تهران در سطح شهر تهران صورت پذیرفت. برای این منظور در رویشگاه آلوده (آزادی، طرشت، فرودگاه، میمنت) و رویشگاه شاهد (چیتگر) در طی دو فصل تابستان و زمستان (تیر ماه و دی ماه) اقدام به نمونه‌برداری از برگ‌های درختان گردید و میزان غلظت سرب و کادمیوم موجود در برگ درختان گونه کاج تهران با استفاده از دستگاه کوره گرافیتی مدل GBC savant AA اندازه‌گیری شد. نمونه‌برداری در قالب طرح آماری بلوک کامل تصادفی در ۳ تکرار انجام و داده‌ها با استفاده از آزمون‌های تجزیه واریانس و دانکن در سطح اطمینان ۹۵ درصد به کمک نرم افزار SPSS مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. نتایج نشان داد که حداکثر میزان جذب سرب در فصل گرم با میزان (۱۱۳۶/۶۰ نانوگرم بر گرم) و حداقل میزان جذب سرب در فصل گرم مربوط به ایستگاه چیتگر (شاهد) با میزان (۱۵۵/۱۳ نانوگرم بر گرم) مربوط به ایستگاه طرشت می‌باشد. هم‌چنین حداکثر میزان جذب سرب در فصل سرد مربوط به ایستگاه طرشت با میزان (۶۰۳ نانوگرم بر گرم) و حداقل میزان جذب سرب در فصل گرم مربوط به ایستگاه چیتگر (شاهد) با میزان (۱۰۱/۷ نانوگرم بر گرم) می‌باشد. هم‌چنین حداکثر میزان جذب کادمیوم در فصل گرم مربوط به ایستگاه طرشت با میزان (۵۹/۱۰ نانوگرم بر گرم) و حداقل میزان جذب کادمیوم مربوط به ایستگاه چیتگر (شاهد) (۲۴/۲۶ نانوگرم بر گرم) می‌باشد. حداکثر میزان جذب کادمیوم در فصل سرد مربوط به ایستگاه آزادی (۷۰/۲۰ نانوگرم بر گرم) و حداقل میزان جذب کادمیوم مربوط به ایستگاه چیتگر (شاهد) (۵/۴ نانوگرم بر گرم) می‌باشد. از آن‌جا که میزان آلودگی در فصول سرد سال در تهران به حداکثر خود می‌رسد و درختان برگ‌ریز فاقد پوشش می‌باشند بنابراین در این تحقیق هدف بررسی میزان تجمع و جذب در فصول سرد که آلودگی بیش‌تری دارند با فصول گرم که پدیده وارونگی هوا و به طبع آن با شدت آلودگی کم‌تر می‌باشد. گونه کاج می‌تواند به‌عنوان یک شاخص جذب عناصر سنگین سرب و کادمیم استفاده شود.

**واژه های کلیدی:** آلودگی هوا، سرب و کادمیوم، کاج تهران، شهر تهران، فلزات سنگین.

۱- دانش آموخته گروه محیط زیست، واحد دماوند، دانشگاه آزاد اسلامی.

۲\* - استادیار گروه محیط زیست، واحد دماوند، دانشگاه آزاد اسلامی. (مسوول مکاتبات).

۳- دانشیار گروه مهندسی منابع طبیعی محیط زیست، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال.

۴- دانشیار گروه محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تنکابن.

## مقدمه

طبیعت و محیط زیست موهبتی خداوندی است که از مجموعه موجودات، منابع و عوامل و شرایط هماهنگی که در اطراف هر موجود زنده وجود دارد و ادامه حیات به آن وابسته است به وجود می‌آید. محیط زیست محل زندگی و تأمین کننده اصلی‌ترین نیازهای انسان و پدیده‌ای می‌باشد که هر روز بر اهمیت آن افزوده می‌گردد اما متأسفانه انسان در دوران سلطه-اش بر این کره خاکی به استفاده بی رویه و بدون برنامه ریزی از منابع طبیعی، ایجاد آلودگی‌های خطرناک در خاک، آب و هوا و از بین بردن توان زیست آن، پرداخته است (۱). فاجعه زیست محیطی نه تنها آرامش و امنیت را از زندگی انسان می‌رباید که موجودیت بشر را تهدید می‌کند، به همین دلیل در محافل علمی و سیاسی بحث زیست محیطی پر سر و صداترین و جدی‌ترین بحث روز است (۲). آلودگی یکی از معضلات زیان-باری است که به طور عمده در جریان بهره برداری از منابع طبیعی و استفاده از سوخت‌های فسیلی به محیط زیست وارد گردیده و این پدیده با صنعتی شدن و نوگرایی جوامع شدت بیش تری یافته است. منظور از آلودگی محیط زیست ایجاد تغییرات نامطلوب در مشخصات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی منابع اصلی حیات یعنی آب، هوا و خاک به مقداری است که بقا و سلامت انسان و دیگر موجودات را به خطر انداخته و یا فعالیت آن‌ها را محدود می‌سازد (۷).

فلزات سنگین مثل سرب و کادمیوم به واسطه تحریک و خاصیت تجمع پذیری، سرطان زایی و جهش زایی، حتی در غلظت‌های پایین نیز برای موجودات زنده تهدید جدی به شمار می‌روند (۸). این فلزات غیر قابل تجزیه بوده و نسبت به تجزیه بیولوژیکی بسیار مقاومند. از عوارض نامطلوب حضور آن‌ها در بدن می‌توان به اسهال، شکم درد و استفراغ شدید، شکستگی استخوان، عقیم شدن و آسیب احتمالی به DNA و سرطان اشاره کرد (۹، ۱۰).

بسیاری از گیاهان قادرند تعدادی از آلاینده‌ها را از طریق اندام-های هوایی خود به خصوص برگ‌ها جذب و در خود ذخیره نمایند، لذا زیست ردیابی به وسیله گیاهان روشی مفید برای تخمین آلاینده‌ها است. سال‌هاست از گیاهان برای ارزیابی

جذب و انباشتگی آلاینده‌های هوا و به طور کلی محیط زیست استفاده شده است. زیست ردیابی با گیاهان روشی کم هزینه و با ارزش جهت بررسی تاثیر آلاینده‌های مختلف هوا و به طور کلی محیط زیست می‌باشد (۱۱، ۱۲).

مواد آلاینده هوا، نخست باید از منابع آلوده کننده هوا، وارد محیط شوند در یک محیط شهری تهران را می‌توان به صورت زیر طبقه‌بندی نمود:

۱- منابع خانگی ۲- منابع تولیدی و صنعتی ۳- ترافیک وسایل نقلیه موتوری (۱۱).

در واحد های صنعتی نیز مانند واحد های مسکونی از مواد سوختی استفاده منطقی به عمل نمی‌آید، به همین دلیل میزان تلفات انرژی در ایران بسیار بالاست. در ایران شاخص شدت انرژی بسیار بالا بوده و بالا بودن این شاخص نشان دهنده عدم استفاده مطلوب از انرژی می‌باشد.

به ترافیک وسایل نقلیه موتوری به عنوان مهم‌ترین منبع آلودگی هوای شهرها به خصوص در شهر تهران توجه نمود. وسایل نقلیه موتوری می‌توانند به روش‌های زیر هوا را آلوده سازند.

۱- ریخت و پاش سوخت به هنگام سوخت‌گیری ۲- تبخیر ماده سوخت از باک ۳- نقص فنی و وجود روغن سوزی ۴- پخش آلاینده‌های مختلف از اگزوز

بنزین‌های حاوی سرب (تترائیل و تترا متیل سرب) به طور معمول دارای ترکیبات پاک کننده از نوع دی کلرو اتان و دی برم متان می‌باشند. تاثیر سرطان‌زایی این دو ترکیب نیز بر جانوران به اثبات رسیده است. خودروهای دیزلی (گازوییل سوز) از خود هیدروکربورهای چند حلقه‌ای معطر انتشار می‌دهند که دارای اثرات سرطان‌زا می‌باشند هم‌چنین هیدروکربورهای مذکور قادرند بر عوامل ژنتیک تاثیر گذارده و ساختمان ژن‌ها را به نحوی منفی دگرگون سازند. این شرایط مانند آن‌چه که در مورد اکثر کامیون‌ها، اتوبوس‌ها و مینی‌بوس‌های دیزلی صدق می‌کند (۵).

کاج تهران (*Pinus eldarica*): درخت سوزنی برگ همیشه سبز با ارتفاع ۲۴-۹ متر، قطر تاج ۹-۷/۵ متر، تاج هرمی شکل

این تحقیق با هدف مطالعه گیاه پالایی و بررسی جذب سرب و کادمیوم در برگ درختان کاج تهران در شهر تهران انجام شده است.

#### روش بررسی

مکان نمونه برداری: مکان‌های نمونه برداری با ذکر GPS در جدول زیر نشان داده شده است.

(با افزایش سن به فرم گرد تبدیل می‌گردد) و قائم، سرعت رشد متوسط تا زیاد، دارای ریشه‌های عمیق، مقاوم به ورتی سیلیوم و پوسیدگی ریشه تگزاسی، گرما، باد و خاک‌هایی با کیفیت نه چندان خوب و دارای مقاومت کم به هرس بوده، آب و هوای مرطوب و معتدل را ترجیح می‌دهد و جزو بهترین کاج‌های بیابانی به حساب می‌آید (۵).

جدول ۱- موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌های مورد مطالعه

موقعیت	ایستگاه مورد مطالعه
N=۳۵°۴۱'۵۷/۹۱" E=۵۱°۱۹'۳۷/۵۸"	آزادی
N=۳۵°۴۲'۲۰/۳۱" E=۵۱°۲۱'۱۱/۷۵"	طرشت
N=۳۵°۴۱'۵۵/۵۳" E=۵۱°۲۱'۲۵/۲۵"	میمنت
N=۳۵°۴۱'۲۴/۴۶" E=۵۱°۱۸'۴۰/۴۰"	فرودگاه
N=۳۵°۴۳'۴۷/۶۴" E=۵۱°۱۲'۲۳/۹۹"	چیتگر

تهویه‌دار به مدت ۴۸ ساعت در حرارت ۷۵ درجه سانتی‌گراد خشک گردید. سپس نمونه‌های خشک شده به وسیله آسیاب برقی پودر شد. جهت هضم ابتدا یک گرم نمونه گیاه با دقت ۰/۰۰۰۱ گرم توزین در لوله هضمی ریخته شد. ۱۰ میلی‌لیتر از اسید نیتریک به نمونه اضافه شد. سپس نمونه‌ها ۱۲ ساعت در همین حالت باقی ماندند. نمونه‌ها به مدت ۶۰ دقیقه تا ۹۰ درجه سانتی‌گراد حرارت داده شدند تا هضم اولیه صورت بگیرد. سپس درجه حرارت به ۱۶۰ درجه سانتی‌گراد افزوده شد تا باقی‌مانده اسید نیتریک تقطیر شود. ۳ میلی‌لیتر اسید پرکلریدریک به لوله اضافه شد و در دمای ۱۶۰ درجه سانتی-گراد قرار گرفت تا مراحل پایانی هضم صورت بگیرد.

سپس محتویات لوله پس از عبور دادن از کاغذ صافی واتمن ۴۲ با آب مقطر به بالون ژوزه ۲۵ میلی‌لیتری انتقال یافت. پس از هضم نمونه‌ها غلظت سرب و کادمیوم در نمونه‌ها با دستگاه کوره گرافیتی مدل GBC savant AA اندازه‌گیری شدند (۱۳). هم‌چنین جهت تعیین حد تشخیص دستگاه هریک از

نحوه نمونه‌برداری و تعداد نمونه‌ها: ابتدا منطقه آزادی که شامل مناطق (۲، ۵، ۹، ۱۰) می‌باشد، منطقه آزادی دارای ترافیک و تراکم وسایل نقلیه می‌باشد از این رو در این پژوهش این منطقه شهری مد نظر قرار گرفت. هم‌چنین جنگل‌های چیتگر (منطقه ۲۲) به دلیل پاکی هوا نسبت به سایر نقاط به عنوان شاهد جهت مقایسه با مناطق آلوده انتخاب شد. از منطقه ۲ (طرشت)، منطقه ۵ (ورودی کرج-تهران)، منطقه ۹ (فرودگاه)، منطقه ۱۰ (میمنت) انتخاب شد. از مناطق فوق برگ درختان کاج در دو فصل سرد و گرم (زمستان و تابستان) از هر منطقه ۳ نمونه به صورت تصادفی نمونه برداری انجام گرفت. در این بررسی ۳۰ نمونه برگ درخت کاج در ۲ فصل (سرد و گرم) به طور تصادفی از منطقه‌های (۲، ۵، ۹، ۱۰) و چیتگر برداشت گردیده است. سپس نمونه‌های مورد نظر کدگذاری شده و درون پاکت‌های کاغذی قرار داده شد و به آزمایشگاه انتقال یافت.

روش کار آزمایشگاهی: در آزمایشگاه برگ‌های درختان به دقت از دم‌برگ جدا شده و نمونه‌ها با آب مقطر شسته شده و در آن

## یافته‌ها

در این تحقیق تأثیر عوامل متغیری شامل ایستگاه‌های تحقیقاتی و مقاطع زمانی نمونه‌برداری بر میزان غلظت سرب و کادمیوم موجود در برگ درختان مورد مطالعه قرار گرفت. نمونه‌برداری در قالب طرح آماری بلوک کامل تصادفی در ۳ تکرار انجام و داده‌ها به کمک آزمون تجزیه واریانس و با استفاده از نرم افزار آماری SPSS مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. همچنین از آزمون دانکن در سطح اطمینان ۹۵ درصد جهت مقایسه میانگین‌ها استفاده شد. رسم نمودارها و گراف‌ها نیز به وسیله نرم افزار Excel صورت پذیرفت.

نتایج مربوط به داده‌های به‌دست آمده از اندازه‌گیری غلظت فلزات سنگین (سرب و کادمیوم) با استفاده از نرم‌افزار SPSS مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. نتایج مربوط به میانگین و انحراف معیار غلظت فلزات سنگین در برگ نمونه‌های کاج در ایستگاه‌های مورد مطالعه منطقه ۲۲ تهران در فصول گرم و سرد در (جدول ۲-۴) آمده است.

عناصر و فلزات سنگین، جذب اندازه‌گیری شده، تکراری نمونه‌های شاهد توسط دستگاه خوانده شد. سپس با محاسبه انحراف معیار جذب شاهدها بر اساس رابطه (۳-۱) حد تشخیص برای همه عناصر و فلزات سنگین محاسبه گردید که مقادیر اندازه‌گیری شده در نمونه‌ها از حد تشخیص دستگاه بالاتر بود.

$$LOD\left(\frac{\mu g}{l}\right)=\frac{3(SD\ Blank)}{m} \quad (I)$$

که در اینجا LOD: حد تشخیص دستگاه بر حسب میکروگرم بر لیتر

SD Blank: انحراف معیار جذب شاهدها

M: شیب خط معادله منحنی کالیبراسیون برای هر فلز است.

جدول ۲- میزان غلظت مشاهده شده سرب و کادمیوم در برگ گونه‌های کاج شهر تهران فصل سرد و گرم

شماره نمونه	فصل	سرب	کادمیوم	شماره نمونه	فصل	سرب	کادمیوم
۱	آزادی گرم	۱۰/۱	۱/۲	۱	آزادی سرد	۲۲/۸	۲/۸
۱	آزادی گرم	۱۷/۲	۱/۳	۱	آزادی سرد	۲۰/۶	۲/۷
۱	آزادی گرم	۱۸/۶	۱/۵	۱	آزادی سرد	۱۴/۵	۲/۵
۲	فرودگاه گرم	۴۵/۴	۱/۲	۲	فرودگاه سرد	۱۷/۱	۰/۹
۲	فرودگاه گرم	۱۸/۲	۲/۵	۲	فرودگاه سرد	۱۴/۸	۰/۵
۲	فرودگاه گرم	۱۶/۹	۱/۴	۲	فرودگاه سرد	۲۵/۴	۰/۸
۳	طرشت گرم	۳۳/۶	۱/۹	۳	طرشت سرد	۲۹/۹	۱/۵
۳	طرشت گرم	۴۱/۱	۲/۹	۳	طرشت سرد	۲۴/۴	۱/۴
۳	طرشت گرم	۵۸/۷	۲/۱	۳	طرشت سرد	۱۲/۷	۱/۲
۴	میمنت گرم	۵۸/۶	۲/۲	۴	میمنت سرد	۱/۷	۰/۹
۴	میمنت گرم	۳۰/۷	۱/۹	۴	میمنت سرد	۹/۸	۰/۵
۴	میمنت گرم	۲۷/۳	۲/۴	۴	میمنت سرد	۱۴/۴	۱/۱
۵	چیتگر گرم	۵/۹	۰/۸	۵	چیتگر سرد	۴/۵	۰/۲
۵	چیتگر گرم	۵/۷	۰/۹	۵	چیتگر سرد	۲/۲	۰/۱
۵	چیتگر گرم	۶/۳	۱/۱	۵	چیتگر سرد	۴/۶	۰/۳

همچنین نتایج آنالیز نمونه‌های مورد مطالعه برای عنصر کادمیوم نشان داد که حداقل میزان فلز کادمیوم در هر دو فصل گرم و سرد مربوط به ایستگاه شاهد (چیتگر) با میانگین ۵/۴۰ نانوگرم بر گرم وزن خشک در فصل سرد و میانگین ۲۴/۲۶ نانوگرم بر گرم وزن خشک در فصل گرم و حداکثر میزان فلز کادمیوم در فصل سرد مربوط به ایستگاه آزادی با میانگین ۷۰/۲۰ نانوگرم بر گرم وزن خشک در فصل سرد و حداکثر میزان فلز کادمیوم در فصل گرم مربوط به ایستگاه طرشت ۵۹/۱۰ نانوگرم بر گرم وزن خشک در فصل گرم می‌باشد.

براساس نتایج به‌دست آمده در جدول ۲ از آنالیز برگ نمونه‌های کاج در ایستگاه‌های مورد مطالعه، حداقل میزان فلز سرب در هر دو فصل گرم و سرد مربوط به ایستگاه شاهد (چیتگر) با میانگین ۱۰۱/۷۰ نانوگرم بر گرم وزن خشک در فصل سرد و میانگین ۱۵۵/۱۳ نانوگرم بر گرم وزن خشک در فصل گرم و حداکثر میزان فلز سرب در هر دو فصل گرم و سرد مربوط به ایستگاه طرشت با میانگین ۶۰۳/۰۰ نانوگرم بر گرم وزن خشک در فصل سرد و ۱۱۳۶/۶۰ نانوگرم بر گرم وزن خشک در فصل گرم می‌باشد.

جدول ۳- میانگین و انحراف معیار کادمیوم و سرب در برگ نمونه کاج فصول گرم و سرد

ایستگاه‌ها	میانگین و انحراف معیار سرب در برگ نمونه کاج (نانوگرم بر گرم)		میانگین و انحراف معیار کادمیوم در برگ نمونه کاج (نانوگرم بر گرم)	
	فصل سرد	فصل گرم	فصل سرد	فصل گرم
آزادی	۵۰۷/۳۷ ± ۱۱۲/۲۴	۴۰۷/۳۷ ± ۱۱۹/۸۲	۷۰/۲۰ ± ۴/۶۷	۳۵/۵۶ ± ۴/۳۲
فرودگاه	۵۱۵/۷۰ ± ۱۵۰/۵۴	۶۸۲/۵۳ ± ۳۹۲/۲۱	۱۹/۸۰ ± ۵/۶۲	۴۳/۸ ± ۱۸/۶۳
طرشت	۶۰۳/۰۰ ± ۲۳۷/۱۷	۱۱۳۶/۶۰ ± ۳۰۲/۷۲	۳۶/۹۰ ± ۴/۱۲	۵۹/۱۰ ± ۱۴/۲۰
میمنت	۲۳۳/۱۰ ± ۱۷۳/۶۰	۱۰۱۰/۵۰ ± ۴۴۶/۵۲	۲۲/۵۰ ± ۸/۲۴	۵۶/۳۳ ± ۶/۵۴
چیتگر (ایستگاه شاهد)	۱۰۱/۷۰ ± ۳۶/۶۵	۱۵۵/۱۳ ± ۷/۹۴	۵/۴۰ ± ۲/۷	۲۴/۲۶ ± ۳/۹۷

پارامتریک ابتدا داده عناصر کادمیوم و سرب در هر دو فصل از لحاظ توزیع نرمال مورد بررسی قرار گرفته‌اند و همان‌طور که در جدول ۳ و ۴ نشان داده شده است تمام داده‌های مورد بررسی از توزیع نرمال پیروی می‌کردند.

به منظور مقایسه غلظت عناصر سنگین مورد مطالعه در نمونه‌های برگ کاج در ایستگاه‌های مورد مطالعه در فصول گرم و سرد از آزمون آنالیز واریانس یک طرفه و آزمون دانکن (Duncan) استفاده شد. همچنین جهت انجام آزمون‌های

جدول ۴- تست نرمالیتت عنصر کادمیوم (فصول گرم و سرد)

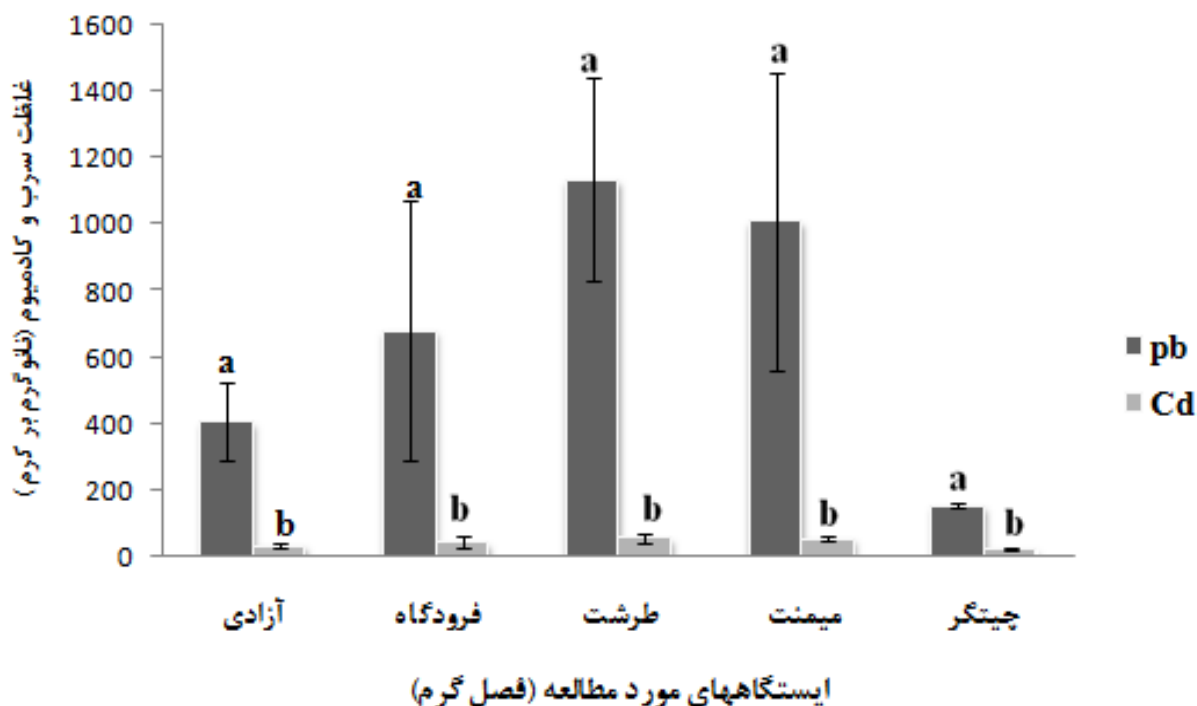
Shapiro-Wilk			Kolmogorov-Smirnova			
Sig.	df	Statistic	Sig.	df	Statistic	
۰/۰۶۰	۳	۰/۷۵۰	.	۳	۰/۳۸۵	آزادی (سرد)
۰/۳۱۰	۳	۰/۸۷۵	.	۳	۰/۳۲۵	آزادی (گرم)
۰/۴۶۳	۳	۰/۹۲۳	.	۳	۰/۲۹۲	فرودگاه (سرد)
۰/۳۳۰	۳	۰/۸۸۲	.	۳	۰/۳۲۱	فرودگاه (گرم)
۰/۶۳۷	۳	۰/۹۶۴	.	۳	۰/۲۵۳	طرشت (سرد)
۰/۲۰۹	۳	۰/۸۳۸	.	۳	۰/۳۴۶	طرشت (گرم)
۰/۶۳۷	۳	۰/۹۶۴	.	۳	۰/۲۵۳	میمنت (سرد)
۰/۷۸۰	۳	۰/۹۸۷	.	۳	۰/۲۱۹	میمنت (گرم)
۱/۰۰۰	۳	۱/۰۰۰	.	۳	۰/۱۷۵	چیتگر (سرد)
۰/۶۳۷	۳	۰/۹۶۴	.	۳	۰/۲۵۳	چیتگر (گرم)
۰/۰۶۰	۳	۰/۷۵۰	.	۳	۰/۳۸۵	آزادی (سرد)
۰/۳۱۰	۳	۰/۸۷۵	.	۳	۰/۳۲۵	آزادی (گرم)

جدول ۵- تست نرمالیتت عنصر سرب (فصول گرم و سرد)

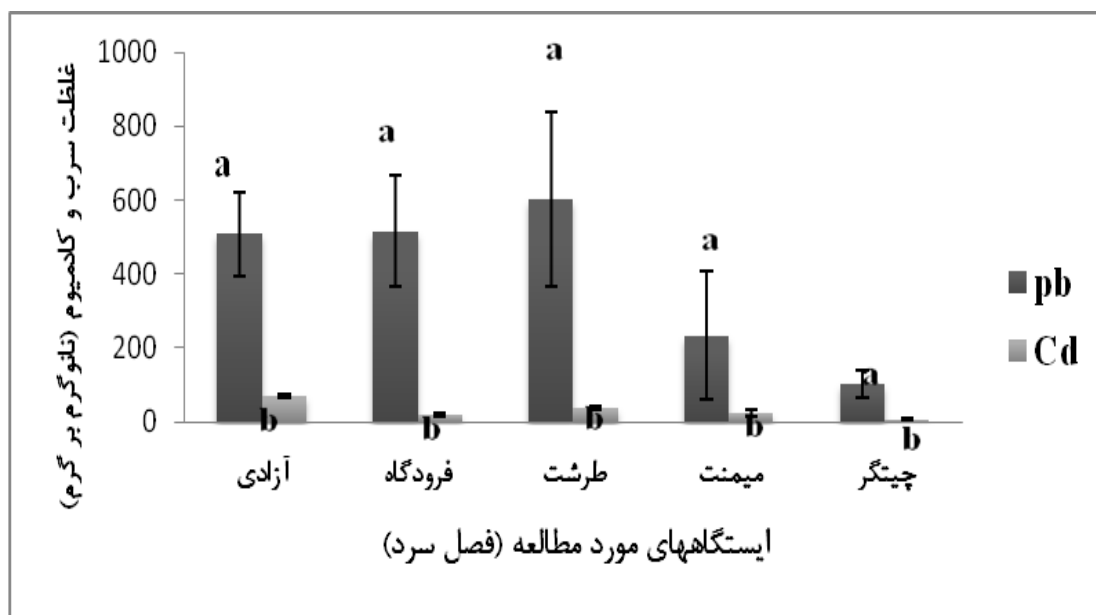
Shapiro-Wilk			Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			
Sig.	df	Statistic	Sig.	df	Statistic	
۰/۸۸۷	۳	۰/۹۹۷	.	۳	۰/۱۹۴	آزادی (سرد)
۰/۴۴۲	۳	۰/۹۱۷	.	۳	۰/۲۹۷	آزادی (گرم)
۰/۳۹۷	۳	۰/۹۰۴	.	۳	۰/۳۰۷	فرودگاه (سرد)
۰/۰۸۲	۳	۰/۷۸۶	.	۳	۰/۳۷۰	فرودگاه (گرم)
۰/۶۰۸	۳	۰/۹۵۸	.	۳	۰/۲۶۰	طرشت (سرد)
۰/۶۲۶	۳	۰/۹۶۲	.	۳	۰/۲۵۵	طرشت (گرم)
۰/۶۹۹	۳	۰/۹۷۵	.	۳	۰/۲۳۹	میمنت (سرد)
۰/۱۸۹	۳	۰/۸۳۰	.	۳	۰/۳۴۹	میمنت (گرم)
۰/۰۷۰	۳	۰/۷۸۱	.	۳	۰/۳۷۲	چیتگر (سرد)
۰/۶۳۷	۳	۰/۹۶۴	.	۳	۰/۲۵۳	چیتگر (گرم)
۰/۸۸۷	۳	۰/۹۹۷	.	۳	۰/۱۹۴	آزادی (سرد)
۰/۴۴۲	۳	۰/۹۱۷	.	۳	۰/۲۹۷	آزادی (گرم)

آمده از این آزمون در نمودارهای ۱ و ۲ آورده شده است. براساس نتایج به دست آمده میزان سرب در هر دو فصل مورد مطالعه در تمام ایستگاهها از میزان کادمیوم بیشتر است ( $p < ۰/۰۵$ ).

مقایسه غلظت سرب و کادمیوم در ایستگاههای مورد مطالعه (فصل گرم و سرد): از آزمون t-test جهت مقایسه غلظت فلزات سنگین سرب و کادمیوم در هر یک از ایستگاههای مورد مطالعه به طور جداگانه در فصول گرم و سرد استفاده شد. نتایج به دست



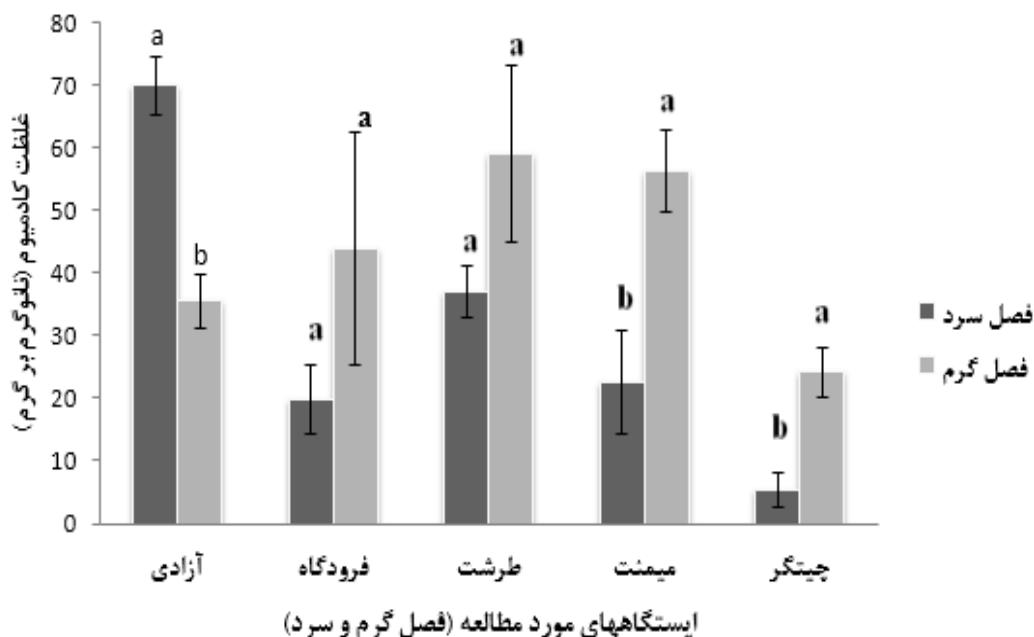
نمودار ۱- مقایسه غلظت سرب و کادمیوم در ایستگاه‌های مورد مطالعه (فصل گرم)



نمودار ۲- مقایسه غلظت سرب و کادمیوم در ایستگاه‌های مورد مطالعه (فصل سرد)

معنادار مشاهده نشد (حروف مشابه a) و بین ایستگاه‌های آزادی و چیتگر بین دو فصل اختلاف معنادار مشاهده شد (حروف متضاد). ولی به طور کلی بیش‌ترین مقادیر کادمیوم در برگ نمونه‌های کاج در تمام ایستگاه‌ها به جز آزادی مربوط به فصل گرم می‌باشد.

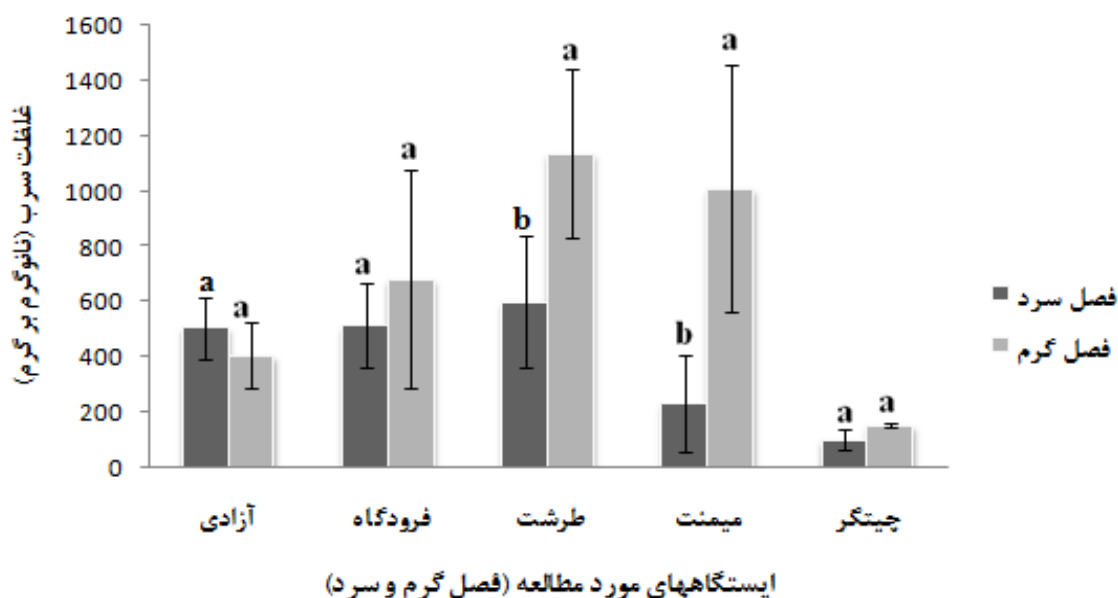
مقایسه غلظت سرب و کادمیوم در فصول سرد و گرم در ایستگاه‌های مورد مطالعه: از آزمون t-test جهت مقایسه غلظت سرب و کادمیوم در فصول سرد و گرم در ایستگاه‌های مورد مطالعه (نمودار ۳) به‌طور جداگانه استفاده شد. نتایج به‌دست آمده از این آزمون برای عنصر کادمیوم نشان داد که بین ایستگاه‌های فرودگاه و طرشت در فصل گرم و سرد اختلاف



نمودار ۳- مقایسه غلظت کادمیوم در فصول سرد و گرم در ایستگاه‌های مورد مطالعه

نتایج به دست آمده از آزمون t-test برای عنصر سرب در فصول سرد و گرم در ایستگاه‌های مورد مطالعه (نمودار ۴) نشان داد که بین ایستگاه‌های فرودگاه، آزادی و چیتگر در فصل گرم و سرد اختلاف معنادار مشاهده نشد (حروف مشابه a) و بین ایستگاه-

های میمنت و طرشت بین دو فصل اختلاف معنادار مشاهده شد (حروف متضاد). ولی به طور کلی بیشترین مقادیر عنصر سرب در برگ نمونه‌های کاج در تمام ایستگاه‌ها به جز آزادی مربوط به فصل گرم می‌باشد.



نمودار ۴- مقایسه غلظت سرب در فصول سرد و گرم در ایستگاه‌های مورد مطالعه

#### بحث و نتیجه گیری

در این تحقیق تأثیر عوامل متغیری شامل رویشگاه مقاطع زمانی و فواصل مختلف از ایستگاه‌های سنجش آلودگی هوا بر میزان جذب سرب و کادمیوم در درختان کاج تهران مورد بررسی قرار گرفت که نتایج زیر حاصل گردید: در رویشگاه

میزان جذب سرب و کادمیوم در درختان کاج تهران مورد بررسی قرار گرفت که نتایج زیر حاصل گردید: در رویشگاه



Majdi و Persson در سال ۱۹۸۹، با هدف بررسی آلودگی- های ناشی از ترافیک جاده ای بر روی خاک و ریشه درختان، به این نتیجه رسیدند که بیشترین میزان تجمع سرب در افق‌های سطحی خاک اتفاق افتاده است. همچنین میزان تجمع سرب و کادمیوم در ریشه‌های گیاهان مجاور جاده بیش‌تر بوده است. از طرفی میزان غلظت این فلزات در ریشه- های درختان با میزان آن در خاک دارای رابطه مستقیم می باشد (۱۷).

در پژوهشی که علی احمد کروری و شیروانی در سال ۱۳۹۰ بر روی میزان تجمع فلز کادمیوم بر درختان کاج دو منطقه مفتوح و آزادی در فصل سرد بررسی کردند تعداد ۱۲ پایه کاج را به عنوان نمونه انتخاب کردند. نتایج به‌دست آمده، نشان داد حداکثر میزان کادمیوم در منطقه آزادی در فصل سرد می‌باشد (۶).

یکی از دلایل بالابودن عنصر کادمیوم در درختان کاج، وجود کادمیوم در اتمسفر آن منطقه و جذب از طریق فرونشست جوی می‌باشد (۱۸).

#### منابع

۱. ازدری ا. توسعه فرهنگی و محیط زیست. فصلنامه علمی سازمان حفاظت محیط زیست. ۱۳۸۲. شماره ۲.
۲. ولایی ع. الگوهای رفتار با طبیعت (محیط زیست) از دیدگاه قرآن و سنت. رشته علوم قرآن و احادیث، دانشگاه آزاد واحد علوم و تحقیقات. پایان نامه دکتری. استاد راهنما دکتر محمد علی لسانی فشارکی. ۱۳۸۴.
۳. پور فرهادی ک. بررسی میزان جذب سرب هوای تهران توسط پیاهان همیشه سبز و تعیین پهنه‌های مقاومتر. پایان‌نامه کارشناسی ارشد رشته محیط زیست. ۱۳۷۳. دانشگاه تهران. صفحه ۱۳۳.
۴. حیدری رضا. اثرهای فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی ناشی از آلودگی سرب در دانه رست‌های ذرت مجله زیست شناسی ایران. ۱۳۸۴؛ ۱۸(۳): ۲۳۶-۲۲۸.
۵. خالصی ع. بهداشت و محیط زیست. انتشارات بعثت تهران. ۱۳۷۹.

آلوده میزان جذب سرب و کادمیوم در درختان کاج تهران بیش‌تر از رویشگاه شاهد بوده است.

در این تحقیق حداکثر میزان جذب سرب در مناطق آلوده در فصل گرم مربوط به گونه کاج (طرشت ۱۱۳۶/۶۰) مشاهده گردید که با نتایج متاجی و خادمی و کرد مطابقت داشت بنابراین با توجه به نتایج به دست آمده بیش‌تر بودن غلظت سرب موجود در اتمسفر در رویشگاه آلوده سبب افزایش میزان جذب در درختان گردیده است (۴).

متاجی و همکاران در سال ۱۳۸۹ طی پژوهشی میزان جذب سرب در اجزای مختلف کاج الداریکا (*Pinus Eldarica*) در شهر تهران مورد بررسی قرار دادند و میزان غلظت سرب را در فصل‌های گرم و سرد با فواصل مختلف از ایستگاه سنجش آلودگی و مقاطع زمانی متفاوت مورد بررسی قرار داد نتایج به دست آمده نشان داد بیش‌ترین میزان جذب سرب در درختان کاج مربوط به فصل گرم می‌باشد (۱۴).

Merry و همکاران در سال ۱۹۸۶ در تحقیقات خود بیان نمودند که میزان جذب سرب توسط گیاهان با غلظت آن در محیط دارای رابطه معناداری می‌باشد (۱۵).

افزایش میزان جذب سرب طی ماه‌های گرم سال را می‌توان با جذب عناصر در گیاهان که نوعی پدیده فعال فیزیولوژیک است مرتبط دانست. در فصل زمستان با کاهش دما و تنفس میزان جذب سرب کاهش می‌یابد (۳).

پژوهشی که توسط Afanasieva و همکاران در سال ۲۰۰۷ انجام شد غلظت فلزات سنگین (جیوه، کادمیوم، سرب و مس و روی) در کاج‌های سوزنی اطراف منطقه آلوده رودخانه Selenga مورد بررسی قرار گرفت. وابستگی بین فلزات سنگین و خاک نشان داده شد. با استفاده از ضرایب غلظت برای مناطق آلوده مختلف ردیفی از تجمع فلزات در کاج‌های سوزنی وجود داشت و این پدیده در جنگل‌هایی که در نزدیکی آن مناطق آلوده وجود داشتند هم دیده می‌شد. در منطقه‌ای که آلودگی شدید داشت بالاترین همبستگی بین غلظت سرب و کادمیوم و پارامترهای مورفومتریک در درختان سوزنی شناسایی شد (۱۶).

- new tracers of vehicle emission, in place of lead. *Environmental Pollution*. 2000;107(3):321-7.
13. Gupta PK. *Soil, Plant, Water And Fertilizer Analysis*. Agrobios, New Delhi India. 2000:483.
  14. Kord B, Mataji A, Babaie S. Pine (*Pinus Eldarica* Medw.) needles as indicator for heavy metals pollution. *International Journal of Environmental Science & Technology*. 2009;7(1):79-84.
  15. Merry RH, Tiller KG, Alston AM. The effects of contamination of soil with copper, lead and arsenic on the growth and composition of plants. *Plant and Soil*. 1986;91(1):115-28.
  16. Afanasieva VK, Kashin TA, Mikhailova NS. Effect Of The Industry-Related Air Pollution On The Accumulation Of Heavy Metals In The Pine Needles In The Basin Of The Selenga River chemistry For Sustainable Development 2007;15:25-31.
  17. Majdi H, Persson H. Effects of road-traffic pollutants (lead and cadmium) on tree fine-roots along a motor road. *Plant and Soil*. 1989;119(1):1-5.
  18. Sharma RK, Agrawal M, Marshall FM. Heavy metal (Cu, Zn, Cd and Pb) contamination of vegetables in urban India: A case study in Varanasi. *Environmental Pollution*. 2008;154(2):254-63.
  ۶. کروری ا. تجمع زیستی فلزات سنگین سرب و کادمیوم در درختان چنار پایتخت ۱۳۹۰.
  7. Martin MH. BERND MARKERT (ED.) *Plants as Biomonitors: Indicators for Heavy Metals in the Terrestrial Environment* VCH, Weinheim, FRGermany, 1993, DM 298.00, xxxiii + 644 pp. ISBN 3- 527-30001-5 (Weinheim) and ISBN 1-56081-272-9 (New York). *Phytochemical Analysis*. 1995;6(2):112-.
  8. Holan ZR, Volesky B. Biosorption of lead and nickel by biomass of marine algae. *Biotechnology and Bioengineering*. 1994;43(11):1001-9.
  9. Sarı A, Tuzen M. Biosorption of cadmium(II) from aqueous solution by red algae (*Ceramium virgatum*): Equilibrium, kinetic and thermodynamic studies. *Journal of Hazardous Materials*. 2008;157(2-3):448-54.
  10. Zeid AAA, Hassanein WA, Salama HM, Fahd GAA. Biosorption of Some Heavy Metal Ions Using Bacterial Species Isolated from Agriculture Waste Water Drains in Egypt. *J of Appl Sci Research*. 2009;5(4):372-83.
  11. Çelik A, Kartal AA, Akdoğan A, Kaska Y. Determining the heavy metal pollution in Denizli (Turkey) by using *Robinio pseudo-acacia* L. *Environment International*. 2005;31(1):105-12.
  12. Monaci F, Moni F, Lanciotti E, Grechi D, Bargagli R. Biomonitoring of airborne metals in urban environments: