

## ترکیب شیمیایی تاج بارش توده‌های کاج تهران و سرو نقره‌ای در منطقه آلوده شهری (مطالعه موردی: پارک جنگلی چیتگر)

اسماعیل خسروپور<sup>۱</sup>، پدram عطارد<sup>۲\*</sup>، انوشیروان شیروانی<sup>۳</sup>، محمد متینی‌زاده<sup>۴</sup> و آناهیتا شریعت<sup>۵</sup>

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج

۲- نویسنده مسئول، دانشیار، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، پست الکترونیک: attarod@ut.ac.ir

۳- استادیار، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج

۴- استادیار، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، تهران

۵- کارشناس ارشد پژوهش، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، تهران

تاریخ دریافت: ۹۰/۸/۱۰ تاریخ پذیرش: ۹۱/۲/۳۰

### چکیده

این مطالعه با هدف اندازه‌گیری و مقایسه pH، هدایت الکتریکی (EC)، سرب و کادمیم تاج‌بارش توده‌های خالص کاج تهران و سرو نقره‌ای در پارک جنگلی چیتگر انجام شد. در مجموع سه بارندگی برای آنالیز ترکیب شیمیایی تاج‌بارش اندازه‌گیری شد. باران فضای باز با استفاده از ۱۰ جمع‌آوری کننده و تاج‌بارش با استفاده از ۳۰ جمع‌آوری کننده در هر توده که به صورت تصادفی زیر تاج‌پوشش درختان کاج تهران و سرو نقره‌ای قرار داده شدند، جمع‌آوری شد. pH و EC نمونه‌ها بلافاصله بعد از انتقال به آزمایشگاه اندازه‌گیری گردید. همچنین غلظت عناصر سرب و کادمیم توسط دستگاه ICP اندازه‌گیری شد. سرب و کادمیم EC دارای اختلاف معنی‌داری بین سه تیمار تاج‌بارش کاج تهران، سرو نقره‌ای و باران فضای باز بودند و مقدار آنها به ترتیب ppb ۷۴/۰۴، ۱۳/۲۵ و ۲۹۸  $\mu\text{m}$  برای تاج‌بارش کاج تهران، ۴۹/۹۸ ppb، ۱۰/۷۵ و ۲۵۱  $\mu\text{m}$  برای تاج‌بارش سرو نقره‌ای و ۲۷/۲۲ ppb، ۸/۵۵ و ۹۰/۵  $\mu\text{m}$  برای باران فضای باز اندازه‌گیری شد. PH تاج‌بارش کاج تهران دارای اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد با pH باران فضای باز بود، در حالی که pH تاج‌بارش سرو نقره‌ای با pH باران فضای باز اختلاف معنی‌داری نشان نداد. با توجه به تغییر عناصر سرب و کادمیم در تاج‌بارش کاج تهران و سرو نقره‌ای نسبت به آب باران، به نظر می‌رسد در کنار سایر عوامل برای انتخاب گونه در جنگلکاریهای مناطق آلوده شهری، این ویژگی نیز می‌تواند بسیار حائز اهمیت باشد.

واژه‌های کلیدی: سرو نقره‌ای، کاج تهران، تاج‌بارش، سرب، کادمیم.

### مقدمه

جنگلکاری به‌طور اصولی و منظم در سطوح عاری از پوشش گیاهی با گونه‌های درختی مناسب می‌تواند به کاهش گسترش سریع بیابان‌ها کمک کند و همچنین باعث کاهش فرسایش خاک یا جلوگیری از پیشرفت آن، کاهش آلودگی هوا، افزایش تثبیت دی‌اکسیدکربن و حاصلخیزی خاک می‌گردد (Hüttel et al., 2000). به‌علاوه جنگلکاری

تأثیر مهمی بر روی چرخه هیدرولوژیک دارد (Zhou et al., 2002; Hanson et al., 2004). در مناطق خشک و نیمه‌خشک از سوزنی‌برگان بیشتر از پهن‌برگان برای جنگلکاری استفاده می‌شود که از دلایل آن می‌توان مقاومت بالاتر سوزنی‌برگان نسبت به پهن‌برگان در برابر شرایط سخت محیطی از جمله کمبود آب و خشکی، گرمای بالا و سرمای سخت زمستان را نام برد

(Motahari, 2010).

کارخانه‌ها و پوشش کائوچویی سطح تایر ماشین‌ها می‌باشد که این عنصر ایجاد ترکیبات شیمیایی خیلی خطرناکی می‌نماید. همچنین منبع اصلی برای سرب از سوختن بنزین موجود در وسایل نقلیه ناشی می‌شود (Pacyna & Pacyna, 2001) که هر دو عنصر می‌توانند به مناطق دورتر از منبع تولید خود انتقال یابند و سایر اکوسیستم‌ها را نیز تحت تأثیر قرار دهند (Steinnes & Friedland, 2005).

Chiwa et al. (2004) در تحقیقی که روی جنگلکاری

*Picea sitchensis* در جنوب اسکاتلند انجام دادند به این نتیجه رسیدند که ترکیب شیمیایی آب باران پس از برخورد با تاج پوشش به‌طور معنی‌داری تغییر می‌کند. در فرانسه (Gandois et al., 2010) در تحقیقی که روی تاج بارش سه گونه *Picea abies*، *Abies alba* و *Fagus sylvatica* در شش رویشگاه مختلف انجام دادند، نتیجه‌گیری کردند که غلظت سرب در تاج بارش سه گونه در تمام رویشگاه‌ها دارای افزایش معنی‌داری بوده و مقدار افزایش کادمیم به‌نسبت پایین و حتی در بعضی رویشگاه‌ها کمتر از غلظت آن در فضای باز بوده است.

با توجه به این که منطقه مورد مطالعه در این تحقیق منطقه‌ای آلوده به سرب و کادمیم می‌باشد (Razaghi, 2007) و تاکنون تحقیقی در خصوص تأثیر جنگلکاریهای کاج تهران و سرو نقره‌ای بر عناصر سرب و کادمیم جو از طریق باران انجام نگرفته است، تحقیق حاضر با هدف اندازه‌گیری و مقایسه سرب (Pb) و کادمیم (Cd) و نیز هدایت الکتریکی (EC) و اسیدیته (pH) موجود در تاج بارش کاج تهران و سرو نقره‌ای انجام شد.

## مواد و روشها

### منطقه مورد مطالعه

این تحقیق در پارک جنگلی چیتگر (مختصات

هنگامی که بارندگی در جنگل رخ می‌دهد آب باران یا مستقیماً از طریق فضاها یا در پوشش تاجی به کف جنگل می‌رسد یا پس از آن که میزان نگهداری آب تاج پوشش درختان یعنی مقدار آب مورد نیاز برای مرطوب کردن برگها و شاخه‌ها تکمیل گردید و تاج اشباع شد، به‌صورت ریزش‌های تاجی به کف جنگل می‌رسد، به مجموع بارانی که از دو طریق ذکر شده به کف جنگل می‌رسد، تاج بارش اطلاق می‌گردد (Shachnovich et al., 2008; Wullaert et al., 2009).

ترکیب شیمیایی آب باران قبل از رسیدن به کف جنگل توسط اتمسفر و تاج پوشش درختان تغییر می‌کند، بنابراین اتمسفر نقش مهمی در توزیع عناصر در سطح زمین ایفا می‌کند (Rauch & Pacyna, 2009). همچنین پس از برخورد با تاج پوشش قسمت عمده این ترکیب از طریق تاج بارش و قسمت جزئی آن از طریق ساقاب به کف جنگل می‌رسد (Douglas et al., 1988).

ترکیب شیمیایی تاج بارش به‌وسیله نوع و ترکیب شیمیایی بارندگی و همچنین ساختار و فیزیولوژی درخت تحت تأثیر قرار می‌گیرد (Aussenac, 1970; Kellman, 1979). سه فرایندی که ترکیب شیمیایی آب باران را تغییر می‌دهند عبارتند از: ۱- تجمع مواد موجود در اتمسفر بر روی سطح شاخه و برگ درختان ۲- ترشح مواد داخل بافت گیاهی به سطح بیرونی شاخه و برگ درختان ۳- جذب عناصر شیمیایی از طریق بافت‌های گیاهی به‌ویژه برگ (Parker, 1983).

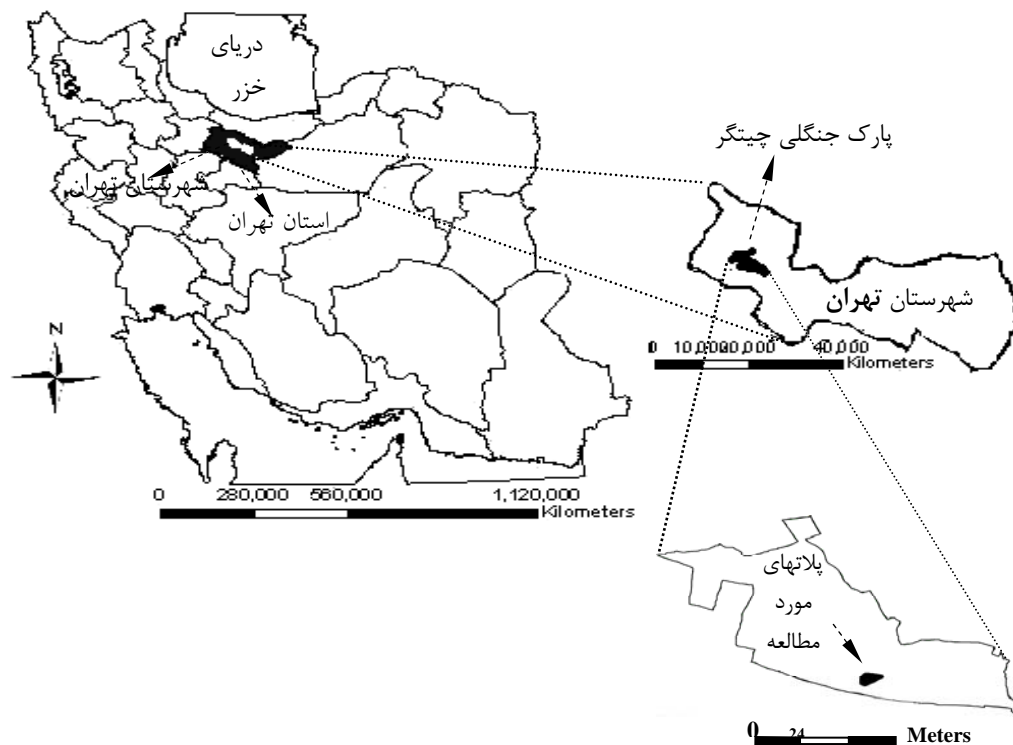
ترکیب شیمیایی تاج بارش از جمله کادمیم (Cd) و سرب (Pb) که منشأ آنها اتمسفر می‌باشد، هم از طریق فرایندهای طبیعی (Nriagu, 1989) و هم از طریق فعالیت‌های انسانی به‌وجود می‌آید (Pacyna & Pacyna, 2001). منشأ اصلی تولید کادمیم موجود در هوا، پسماند

جغرافیایی: ۵۱ درجه و ۱۰ دقیقه طول شرقی و ۳۵ درجه و ۴۵ دقیقه عرض شمالی) واقع در شمال غرب تهران با وسعتی برابر ۹۲۴/۵ هکتار (بخش شرقی، ۲۵۷/۵ هکتار و بخش غربی، ۶۶۷ هکتار) انجام شد. این پارک از شمال به اراضی دانشگاه امام حسین و اراضی زراعی کن، از غرب به پیکان شهر و مؤسسه تحقیقات جنگلها، مراتع و آبخیزداری کشور، از شرق به جاده کوهک و از جنوب به اتوبان تهران- کرج محدود می‌شود. حداکثر ارتفاع پارک از سطح دریا ۱۳۱۳ متر، حداقل آن ۱۲۲۵ متر و متوسط ارتفاع از سطح دریا ۱۲۶۹ متر است (Motahari, 2010).

### مشخصات توده‌های مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه در دو توده خالص جنگلکاری شده چهل ساله کاج تهران و سرو نقره‌ای در نزدیکی یکدیگر (در فاصله حدود ۲۰۰ متری یکدیگر) واقع در فاز شرقی پارک جنگلی انتخاب شد و اندازه‌گیریها در پلاتهائی به مساحت ۲۵۰ مترمربع انجام شد. نقشه پارک و توده‌های مورد مطالعه در شکل ۱ و مشخصات پلاته‌های مطالعه شده در جدول ۱ آورده شده است.

میانگین بارندگی سالانه براساس آمار بدست آمده ۱۵ ساله (۱۳۸۹-۱۳۷۴) ۲۶۷/۶ میلی‌متر می‌باشد که مرطوب-ترین ماه سال اسفند با میانگین بارش ماهانه ۴۵/۴ میلی-متر و خشک‌ترین ماه سال مرداد با میانگین بارش ماهانه ۰/۹ میلی‌متر ثبت شده است. میانگین دمای سالانه نیز



شکل ۱- موقعیت پارک جنگلی چیتگر و پلاته‌های مورد مطالعه از گونه‌های کاج تهران و سرو نقره‌ای

جدول ۱- مشخصات پلات‌های مورد مطالعه در پارک جنگلی چیتگر

سرو نقره‌ای	کاج تهران	مشخصات توده
۹۵۵	۱۱۸۵	تراکم درختان (اصله در هکتار)
۵۸/۵	۶۳/۵	سطح مقطع درختان (مترمربع در هکتار)
۹	۱۱	میانگین ارتفاع درختان (متر)
۱۸	۲۳/۵	میانگین قطر برابرسینه درختان (متر)

## روش تحقیق

برای آنالیز شیمیایی آب باران در فضای باز و تاج بارش، سه رخداد باران در بین رخدادهای باران اردیبهشت، آبان و دی ماه جمع‌آوری و اندازه‌گیری شدند. باران در فضای باز با استفاده از ۱۰ جمع‌آوری کننده (از جنس پلاستیک) با قطر دهانه ۹ سانتی‌متر و ارتفاع حدود ۳۰ سانتی‌متر در مجاورت توده‌های مورد نظر جمع‌آوری شد. برای جمع‌آوری تاج‌بارش، تعداد ۳۰ جمع‌آوری‌کننده تاج‌بارش (مشابه جمع‌آوری‌کننده‌های باران)، به‌صورت تصادفی زیر تاج‌پوشش درختان کاج تهران و سرو نقره‌ای در توده‌های مورد نظر قرار داده شدند. جمع‌آوری‌کننده‌های تاج‌بارش به‌طور عمودی داخل زمین مستقر و ثابت گردیدند. توزیع این جمع‌آوری‌کننده‌ها به‌نحوی بود که تمام سطح توده را به‌صورت یکنواخت پوشش دهند. به‌دلیل مقدار کم آب بارانی که در جمع‌آوری‌کننده‌های تاج‌بارش جمع می‌شود، از تعداد بیشتری جمع‌آوری‌کننده تاج‌بارش استفاده شد تا بتوان آب مورد نیاز برای آزمایشات را جمع‌آوری کرد.

برای اندازه‌گیری pH، هدایت الکتریکی و مقدار سرب و کادمیم آب باران در فضای باز، آب جمع‌آوری‌کننده‌ها

با هم ترکیب و در نهایت ۳ نمونه به آزمایشگاه انتقال یافتند. دلیل ترکیب کردن جمع‌آوری‌کننده‌ها این بود که هر کدام از این نمونه‌ها به‌تنهایی دارای مقدار آب لازم برای آنالیز شیمیایی توسط دستگاه ICP نبودند. برای اندازه‌گیری عناصر مذکور تاج‌بارش، آب جمع‌آوری‌کننده‌ها با هم ترکیب شد، به‌طوری که برای هر نمونه آب باران ۷ تا ۸ جمع‌آوری‌کننده نزدیک به هم با همدیگر ترکیب شدند و در نهایت ۴ نمونه‌ی تاج‌بارش از هر کدام از توده‌ها برای آنالیز شیمیایی به آزمایشگاه انتقال یافتند.

pH و EC نمونه‌ها بلافاصله بعد از انتقال به آزمایشگاه اندازه‌گیری شد. pH نمونه‌ها با محلول ۰/۵ مولار  $\text{HNO}_3$  به زیر ۲ آورده شد تا ترکیب شیمیایی نمونه‌ها تا ۶ ماه بدون تغییر باقی بمانند. خواندن غلظت عناصر سرب و کادمیم توسط دستگاه ICP (مدل OES، شرکت GBC کشور استرالیا) انجام گرفت.

## نتایج

نتایج آزمون تجزیه واریانس معنی‌دار بودن EC، pH، و مقادیر سرب و کادمیم را در سه تیمار باران، تاج بارش کاج تهران و سرو نقره‌ای نشان داد (جدول ۲).

جدول ۲- آزمون تجزیه واریانس برای EC، pH، و مقادیر سرب و کادمیم در سه تیمار باران، تاج‌بارش کاج تهران و سرو نقره‌ای

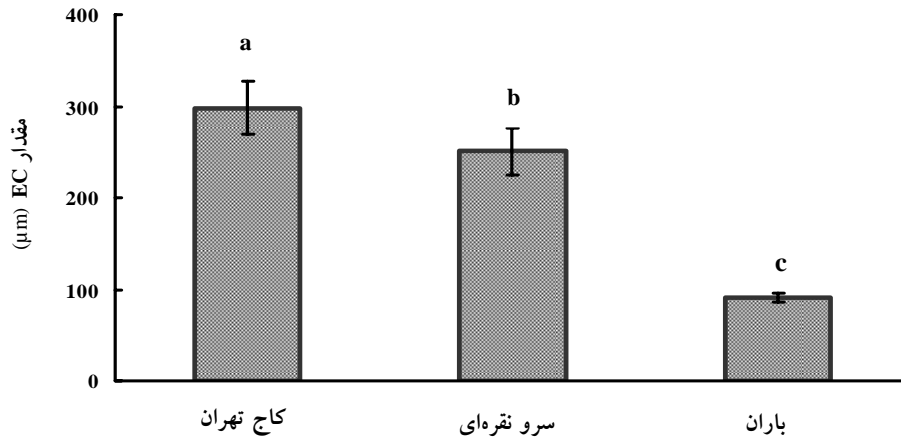
کادمیم (Cd)	سرب (Pb)	اسیدیته (pH)	هدایت الکتریکی (EC)	درجه آزادی	منبع تغییرات
**۵۷/۵۸	**۵۰۹۸/۶۰	**۱/۱۷	**۱۱۶۹۶۰/۵۹	۲	تیمار
۷/۶۲	۵۹۹/۱۸	۰/۰۹	۶۵۹۷/۸۵	۳۰	تکرار
۲۴/۹۶	۴۵/۹۳	۵/۳۳	۳۶/۲۴		ضریب تغییرات

\*\* معنی‌داری در سطح ۱ درصد

## مقایسه هدایت الکتریکی و pH تاج بارش و باران

کمترین و بیشترین مقدار EC به ترتیب در باران با  $90/5 \mu\text{m}$  و در تاج بارش کاج تهران با  $298 \mu\text{m}$  مشاهده

گردید. نتایج آزمون دانکن نشان داد که مقدار EC باران، با مقدار EC تاج بارش کاج تهران و سرو نقره‌ای اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد دارد (شکل ۲).

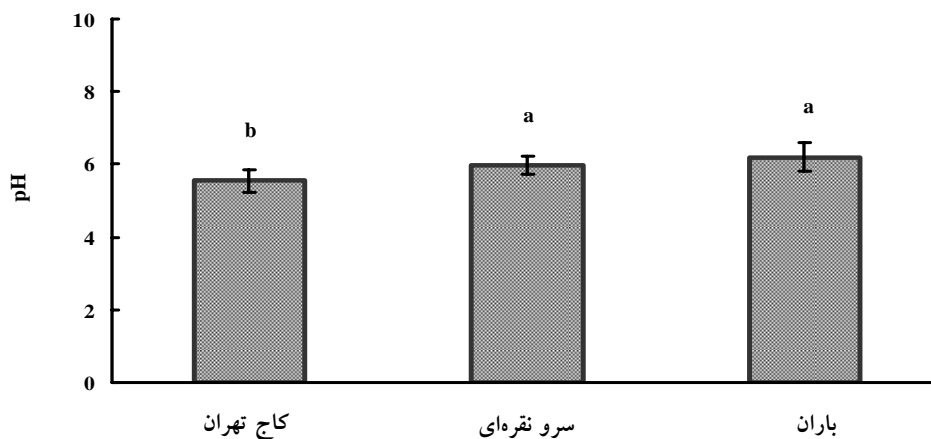


شکل ۲- مقایسه هدایت الکتریکی تاج بارش کاج تهران، سرو نقره‌ای و باران

(میله‌ها نشان‌دهنده اشتباه معیار میانگین هستند. حروف غیر مشابه معنی‌داری در سطح ۵ درصد با آزمون دانکن را نشان می‌دهند).

که فقط بین دو تیمار باران و تاج بارش کاج تهران اختلاف معنی‌دار وجود دارد (شکل ۳).

بیشترین مقدار pH مربوط به باران و کمترین مقدار آن در تاج بارش کاج تهران مشاهده شد که مقدار آنها به ترتیب  $6/2$  و  $5/5$  می‌باشد. نتایج آزمون دانکن نشان داد



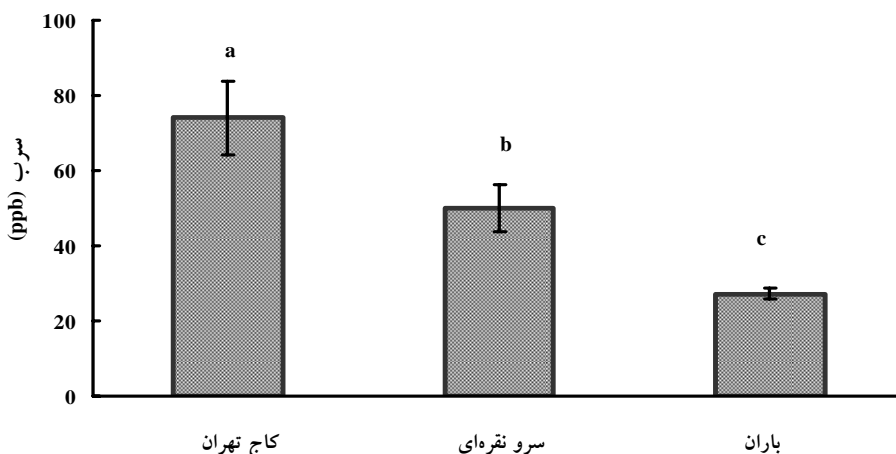
شکل ۳- مقایسه pH تاج بارش کاج تهران، سرو نقره‌ای و باران

(میله‌ها نشان‌دهنده اشتباه معیار میانگین هستند. حروف غیر مشابه معنی‌داری در سطح ۵ درصد را با آزمون دانکن نشان می‌دهند).

آزمون دانکن معنی‌دار بودن مقدار سرب را در باران با تاج‌بارش کاج تهران و سرو نقره‌ای نشان می‌دهد (شکل ۴).

#### مقایسه سرب و کادمیم تاج‌بارش و باران

تاج‌بارش کاج تهران با  $74/07$  ppb بیشترین و باران با  $30$  ppb کمترین مقدار سرب را به خود اختصاص دادند.

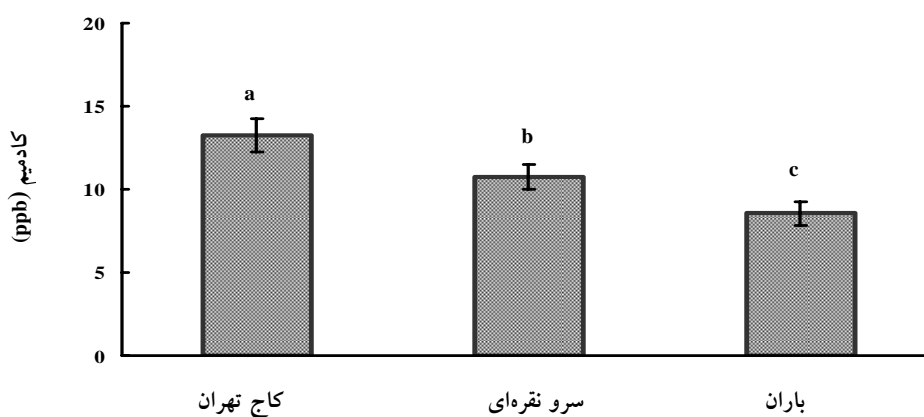


شکل ۴- مقایسه سرب تاج‌بارش کاج تهران، سرو نقره‌ای و باران

(میل‌ها نشان‌دهنده اشتباه معیار میانگین هستند. حروف غیر مشابه معنی‌داری در سطح ۵ درصد را با آزمون دانکن نشان می‌دهند).

کاج تهران و سرو نقره‌ای اختلاف معنی‌داری در ارتباط با مقدار کادمیم وجود دارد (شکل ۵).

کمترین و بیشترین مقدار کادمیم به ترتیب در باران  $8/55$  ppb و در تاج‌بارش کاج تهران  $13/25$  ppb مشاهده شد. نتایج آزمون دانکن نشان داد که بین باران و تاج‌بارش



شکل ۵- مقایسه کادمیم تاج‌بارش کاج تهران، سرو نقره‌ای و باران

(میل‌ها نشان‌دهنده اشتباه معیار میانگین هستند. حروف غیر مشابه معنی‌داری در سطح ۵ درصد را با آزمون دانکن نشان می‌دهند).

## بحث

مقدار EC در تاج بارش کاج تهران بیشتر از سرو نقره-ای و در تاج بارش سرو نقره‌ای بیشتر از باران می‌باشد که دلیل این امر را می‌توان به جمع شدن گرد و خاک و عناصر افزاینده‌ی EC همچون سدیم روی شاخ و برگ درختان و یا ترشح چنین موادی از بافت‌های داخلی درخت نسبت داد (Chiwa et al., 2004). مقدار EC در تاج بارش کاج تهران بیشتر بود، این بدین معنی است که این گونه بهتر می‌تواند گرد و خاک هوا را بگیرد و آلودگی هوا را کاهش دهد. به علاوه EC خاک مناطق جنگلکاری شده را بالا برده و باعث تغییر در فون و فلور منطقه گردد. سرو نقره‌ای هم به نسبت ضعیف‌تری از کاج تهران می‌تواند باعث تغییرات مزبور شود. اختلاف در مقدار EC در تاج بارش دو گونه با فضای آزاد همسو با نتایج Chiwa et al. (2004) روی جنگلکاری *Picea sitchensis* در جنوب اسکاتلند می‌باشد. این محققان نشان دادند که مقدار EC در تاج بارش بیشتر از فضای باز بوده است.

مقدار pH در تاج بارش کاج تهران و سرو نقره‌ای کمتر از باران بوده است که علت چنین رخدادی را می‌توان به ترشح مواد اسیدی از بافت‌های درخت به بیرون و یا نشست مواد اسیدی کننده بر روی سطوح خارجی شاخ و برگ گیاه نسبت داد. این امر باعث افزایش pH خاک در منطقه جنگلکاری شده با این دو گونه می‌گردد و میکروارگانیسم‌هایی که خاک قلیایی را ترجیح می‌دهند در چنین موقعیتی با مشکل مواجه می‌شوند. نتایج مربوط به pH مشابه نتایج Hou Bao et al. (2004) روی گونه *Cunninghamia laceolata* در چین می‌باشد. این محققین نشان دادند که اختلاف در مقدار pH بیشتر از نشست مواد اسیدی کننده بر روی سطوح خارجی شاخ و برگ گیاه ناشی می‌شود.

مقدار سرب و کادمیم در تاج بارش کاج تهران بیشتر از سرو نقره‌ای و در تاج بارش سرو نقره‌ای بیشتر از باران می‌باشد. این امر می‌تواند ناشی از نشست سرب و کادمیم

بر روی تاج پوشش درخت باشد. به دلیل اینکه منطقه مورد مطالعه نزدیک اتوبان تهران- کرج، یعنی منبع تولید سرب و کادمیم، می‌باشد سرب ناشی از سوخت وسایل نقلیه در هوا، بر روی تاج پوشش درختان می‌نشیند. طبیعتاً نه فقط وسایل نقلیه موجود در اتوبان، بلکه وسایل نقلیه داخل شهر تهران و کرج و حتی مناطق دورتر هم بر مقدار سرب تجمع یافته روی تاج پوشش درختان در پارک چیتگر مؤثر می‌باشند. به دلیل وجود کارخانه‌های متعدد و شلوغی منطقه، چنین اتفاقی برای کادمیم هم رخ می‌دهد یعنی پسماند کارخانه‌ها و برخورد تیر ماشین‌ها با سطح جاده باعث افزایش کادمیم هوا شده و کادمیم بر تاج پوشش درختان می‌نشیند. منبع سرب و کادمیمی که روی سطح تاج پوشش درختان می‌نشیند سرب و کادمیم هوا می‌باشد که احتمالاً مقداری از آن جذب و مقداری هم روی سطح تاج پوشش باقی می‌ماند و با باران می‌تواند شسته شود. نظر به اینکه تاج بارش وارد خاک می‌شود، می‌توان گفت که افزایش مقدار این دو عنصر در تاج بارش منتج به افزایش آنها در خاک می‌گردد و این عناصر ممکن است در خاک باعث ایجاد ترکیبات خطرناکی شوند و چرخه‌ی بسیاری از ماکرو و میکروارگانیسم‌های خاک را تحت تأثیر قرار دهند. این موضوع می‌تواند در تحقیقات تکمیلی مورد توجه قرار گیرد.

از طرف دیگر، با جمع شدن این عناصر در تاج پوشش درختان مقدار آنها در هوا کاهش می‌یابد و باعث تمیز شدن هوا می‌گردند. نتایج مربوط به مقدار سرب در این تحقیق با نتایج Gandois et al. (2010) روی سه گونه *Fagus sylvatica* و *Abies alba*، *Picea abies* در شش رویشگاه مختلف مورد مطالعه آنها در فرانسه در یک راستا و نتایج مربوط به کادمیم در بعضی رویشگاه‌ها مشابه و در بعضی رویشگاه‌ها غیر مشابه بوده است. دلیل غیر مشابه بودن غلظت کادمیم بعضی رویشگاه‌های نامبرده با تحقیق حاضر را می‌توان این گونه بیان کرد که مقدار کادمیم در آن رویشگاه‌ها هنگام برخورد با تاج پوشش جذب آن می-

و کادمیم تاج‌بارش کاج تهران و سرو نقره‌ای در مقایسه با آب باران، توجه به این خصوصیت گونه‌های مذکور را در کنار سایر عوامل برای انتخاب گونه در جنگلکاری مناطق شهری ضروری می‌نماید.

گردد. در مجموع چون مقدار این دو عنصر در هوا برای انسان و سایر موجودات زمینی خیلی خطرناک می‌باشد، جنگلکاری با گونه‌های کاج تهران و سرو نقره‌ای باعث کاهش آلودگی هوا می‌گردد. وجود تغییر در عناصر سرب

### منابع مورد استفاده

### References

- Aussenac, G., 1970. Action du couvert forestier sur la distribution au sol des precipitations. *Annals of Forest Science*, 27: 383-399.
- Chiwa, M., Crossley, A., Shepard, L.J., Sakugawa, H. and Cape, J.N., 2004. Throughfall chemistry and canopy interactions in a Sitka spruce plantation sprayed with six difference simulated polluted mist treatments. *Environmental Pollution*, 127: 57-64.
- Douglas, A., Schaefer, A., William, A. and Richard, K., 1988. Factors controlling the chemical alteration of throughfall in a subalpine balsam fir canopy. *Environmental and Experimental Botany*, 3: 175-189.
- Gandois, L., Tipping, E., Dumat, C. and Probst, A., 2010. Canopy influence on trace metal atmospheric inputs on forest ecosystems: speciation in throughfall. *Atmospheric Environment*, 44: 824-833.
- Hanson, D.L., Steenhuis, T.S., Walter, M.F. and Boll, J., 2004. Effects of soil degradation and management practices on the surface water dynamics in the Talgua river watershed in Honduras. *Land Degradation & Development*, 15: 237-251.
- Hou Bao, F., Wei, H., Zhuang, M. and Kosuke, W., 1999. Acidity and chemistry of bulk precipitation, throughfall and stemflow in Chinese fir plantation in Fujian, China. *Forest Ecology and Management*, 122: 243-248.
- Hüttel, R.F., Schneider, B.U. and Farrell, E.P., 2000. Forests of the temperate region: gaps in knowledge and research needs. *Forest Ecology and Management*, 132: 83-96.
- Kellman, M., 1979. Soil enrichment by neotropical savanna trees. *Journal of Ecology*, 67: 565-577.
- Motahari, M., 2010. Interception loss and throughfall of a *Pinus eldarica* plantation in a semi-arid area (Case study: Chitgar Forest park). M.Sc. thesis, Tehran University, 81 p.
- Nriagu, J.O., 1989. A global assessment of natural sources of atmospheric trace metals. *Nature*, 338: 47-49.
- Pacyna, J. and Pacyna, E., 2001. An assessment of global and regional emissions of trace metals to the atmosphere from anthropogenic sources worldwide. *Environmental Reviews*, 17: 269-298.
- Parker, G.G., 1983. Throughfall and stemflow in the forest nutrient cycle. *Advanced Ecological Research*, 13: 58-121.
- Rauch, J.N. and Pacyna, M., 2009. Earth's global Ag, Al, Cr, Cu, Fe, Ni, Pb, and Zn cycles. *Global Geochemical Cycles*, 23: 1-16.
- Razaghi, 2007. Research of Carbon Monoxide according to climate factors in Tehran Province. Tarbiat Modares University, 206 p.
- Shachnovich, Y., Berliner, P.R. and Bar, P., 2008. Rainfall interception and spatial distribution of throughfall in a pine forest planted in an arid zone. *Journal of Hydrology*, 349: 168-177.
- Steinnes, E. and Friedland, A.J., 2005. Metal contamination of natural surface soils from long-range atmospheric transport: existing and missing knowledge. *Environmental Reviews*, 14: 169-186.
- Wullaert, H., Pohlert, T., Boy, J., Valarezo, C. and Wilcke, W., 2009. Spatial throughfall heterogeneity in a Montana rain forest in Ecuador: Extent, temporal stability and drivers. *Journal of Hydrology*, 377: 71-79.
- Zhou, G.Y., Wei, X.H. and Yan, J.H., 2002. Impacts of *Eucalyptus (Eucalyptus exserta)* plantation on sediment yield in Guangdong Province, Southern China, A kinetic energy approach. *Catena*, 49: 231-251.



## Chemical composition of throughfall in *Pinus eldarica* and *Cupressus arizonica* plantations in a polluted area (Case study: Chitgar forest park)

E. Khosropour<sup>1</sup>, P. Attarod<sup>2\*</sup>, A. Shirvany<sup>3</sup>, M. Matinizadeh<sup>4</sup> and A. Shariat<sup>5</sup>

1- M.Sc. student of forestry, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, I.R. Iran

2\*- Corresponding author, Associate prof., Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, I.R. Iran.

Email: attarod@ut.ac.ir

3- Assistant prof., Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, I.R. Iran

4- Assistant prof., Research Institute of Forests and Rangelands, Tehran, I.R. Iran

5- Senior Research Expert, Research Institute of Forests and Rangelands, Tehran, Iran

Received: 31.10.2011 Accepted: 19.05.2012

### Abstract

This research was carried out to compare the chemical composition of throughfall (TF), i.e., lead (Pb) and cadmium (Cd) as well as electrical conductivity (EC) and acidity (pH) beneath *Pinus eldarica* and *Cupressus arizonica* plantations with open field rainfall in the Chitgar Forest Park. The open field rainfall and TF were collected by 10 and 60 manual cylindrical plastic collectors, respectively. ICP was used in order to measure the concentrations of Pb and Cd. Three rainfall events were measured for chemical analysis. Pb and Cd concentrations as well as EC of TF were significantly different among *Pinus eldarica*, *Cupressus arizonica*, and the open field rainfall (*P. eldarica*: 74.07 ppb, 13.25 ppb, and 298 mμ; *C. arizonica*: 49.98 ppb, 10.75 ppb, and 251 mμ; open field rainfall: 27.22 ppb, 8.55 ppb, and 90.5 mμ). pH showed a significant difference between *Pinus eldarica* and the open field rainfall. Concerning the efficiency of plantation canopy for cleaning Pb and Cd concentrations of the atmosphere, changes in the amount of chemical compositions will provide an insight into the multiple criteria of selecting species for plantation projects in polluted urban areas.

**Keywords:** *Cupressus arizonica*, *Pinus eldarica*, throughfall, chemical composition, lead, cadmium.

