بررسی تأثیر نزولات اسیدی بر درختان کاج تهران در شرق تهران (پارک جنگلی قوچک)

پژمان رودگرمی[۱] و علی صلاحی[۲]

چکیده

در این تحقیق تأثیر نزولات اسیدی (نزولات تر و خشک) روی کاج تهران در پارک جنگلی قوچک مورد بررسی قرار گرفت. ابتدا وضعیت کمی و کیفی باران، برف و نزولات خشک تجزیه شد. همچنین وضعیت کیفی و کمی بافت گیاهی (برگ درختان کاج تهران) و خاک پارک از نظر آنیونها و کاتیونها مورد بررسی قرار گرفت. در مورد وضعیت بارش به نحو عمده pH در حالت خنثی بود، ولی در زمان ابتدای بارش حالت اسیدی (pH= ۵) مشاهده گردید. عامل اصلی اسیدی کننده NO_2 موجود در باران بود، ولی به علت وجود مقدار زیاد فلزات قلیایی در باران، pH در حد خنثی باقی مانده و با افزایش فاصله از شهر تهران از غلظت آنیونها، کاتیونها (Cl^-, So^{4--}, No^{3-}, NH^{4+} Ca^{2+}, Na^+, K^+) و فلزات سنگین (Pb, Zn, Mn, Al, Fe) کاسته شد. با تجزیهٔ اندامهای گیاهی مشخص گردید که مقادیر Pb که از فلزات خطرناک است در حد سمی در کاج تهران وجود دارد و در مقدار بعضی از عناصر ضروری در کاج تهران کمبود دیده شد. در رابطه با خاک، تجزیهٔ تمامی آنیونها و کاتیونهای ضروری صورت گرفت و در خاک منطقه به دلیل pH بالا مقدار Al^{3+} که از فلزات سمی است و در شرایط اسیدی آزاد می‌گردد در حد کمیاب بود.

واژه‌های کلیدی: رسوبهای خشک و تر، باران اسیدی، فلزات سنگین، کاج تهران

۱- مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان تهران، تهران، صندوق پستی ۱۴۶-۱۶۵۷۵، (مکاتبه کننده)
E-mail: roudgarmi@yahoo.com
۲- مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع، تهران، صندوق پستی ۱۱۶-۱۳۱۸۵.

تاریخ دریافت: فروردین ۱۳۸۱ تاریخ پذیرش: اسفند ۱۳۸۲

مقدمه

در کشورهای توسعه یافته تحقیقات بسیاری در زمینهٔ تأثیر آلودگیهای زیست محیطی روی پوشش گیاهی صورت گرفته است و برخی کشورها از جمله سوئد و آلمان خسارات بسیاری از آلودگی هوا به ویژه از بارانهای اسیدی بر بخش منابع طبیعی دیده‌اند. به طوری که کشور آلمان تا به حال چندین میلیارد دلار ضرر به دلیل نابودی جنگلهای کشور بر اثر بارانهای اسیدی متحمل شده است (مجنونیان، ۱۳۶۹).

مطالعات در مورد تأثیر آلودگی هوا بر روی پوشش گیاهی دارای پیچیدگی خاصی است. در این خصوص تحقیقات مختلفی در شهر تهران صورت گرفته است که براساس مشاهدات صورت گرفته بارانهای اسیدی (بارشی با pH کمتر از ۵/۷) وجود داشته است (صلاحی کجور، ۱۳۷۳). همچنین در تحقیق دیگری که توسط صلاحی کجور در پارک چیتگر انجام شد میزان آلاینده‌های هوا و عناصر موجود در بارش در منطقهٔ فوق بررسی گردید (صلاحی کجور، ۱۳۷۸).

عوامل اسیدی جو به دو شکل کلی رسوب خشک (Dry deposition) که بر اثر جاذبه بر روی زمین می‌نشینند و رسوب تر (Wet deposition) که مشتمل بر باران، برف و مه می‌شوند بر سطح زمین می‌نشینند (آموروسو، ۱۳۷۰). با توجه به وضعیت خشکیدگی درختان در پارکهای جنگلی شرق تهران و وضعیت خاص منطقه تا به حال تحقیقی در زمینهٔ تأثیر آلودگی هوا بر پوشش گیاهی صورت نگرفته بود. بنابراین در تحقیق حاضر خشکیدگی و ضعف کاج تهران (*Pinus eldarica* Medw.) در ارتباط با نزولات اسیدی، مطالعهٔ وضعیت کیفی و کمی باران و مطالعهٔ میزان تجمع آلودگی در گیاه و خاک مورد بررسی قرار گرفت. بدین منظور پارک جنگلی قوچک در شرق تهران با توجه به موقعیت خاص آن انتخاب گردید. کاج تهران حدود ۸۰ درصد پوشش گیاهی پارک جنگلی قوچک را تشکیل می‌دهد.

مواد و روشها

۱- نمونه‌برداری از نزولات جوی: جهت نمونه‌برداری از نزولات جوی دستگاهی طراحی و ساخته شد که فقط در زمان بارندگی دریچهٔ آن باز و نمونه‌های باران جمع‌آوری می‌گردید (برای اینکه نزولات تر به طور دقیق از رسوبهای زمان بدون بارندگی جدا باشد). دستگاه مذکور به تایید سازمان حفاظت محیط زیست رسیده و به عنوان اختراع ثبت گردیده است.

طی مدت یک سال از تاریخ ۷۶/۸/۱۰ تا ۷۷/۸/۱۰ از تمامی نزولات تر شامل برف و باران نمونه‌برداری صورت گرفت و از نظر کاتیونها، آنیونها، pH و EC تجزیه شدند. کاتیونها شامل Na^+ ,$CaCO_3$, Pb, Ca^{2+}, NH_4^+, K^+ و آنیونها شامل SO_4^{2-} NO_3^- و Cl^- بوده است.

تغییرات ارتفاع در این پارک بین ۱۵۷۰ تا ۱۹۵۰ متر از سطح دریا و میزان بارندگی یک سال از تاریخ ۷۶/۸/۱۰ تا ۷۷/۸/۱۰ به میزان ۳۲۲ میلیمتر بوده است. محیط پارک ۱۲۲۶۷ متر و مساحت آن حدود ٤۱۱ هکتار می‌باشد.

۲- اندازه‌گیری میزان رسوبهای خشک: ذرات ریز معلق در هوا که براساس نیروی ثقل روی سطح زمین و پوشش گیاهی رسوب می‌کنند با استفاده از روش برگشویی (Leaf washing) جمع‌آوری و میزان آن برآورد گردید (Baba, 1994). بدین منظور در فواصل ۵۰۰ متر از ابتدای ضلع جنوبی جنگل (مرز اتوبان شهید بابایی) تا فاصله ۲۰۰۰ متری از ضلع جنوبی پنج درخت انتخاب و نمونه‌برداریها انجام شد. زیرا براساس اطلاعات موجود فرض بر آن بود که با افزایش فاصله از منبع آلودگی میزان نزولات خشک جوی کاهش می‌یابد (Hicks, 1986). برای نمونه‌برداری از هر درخت یک دسته برگ انتخاب و علامت‌گذاری شده و به طور کامل با آب مقطر شستشو گردید. سپس بعد از گذشت ۳۰ روز دسته برگهایی که شسته شده بودند دوباره توسط ۵۰۰

میلی‌لیتر آب مقطر به طور کامل شسته شدند. بدین روش آنیونها و کاتیونهایی که در طی یک ماه گذشته روی برگ رسوب کرده بودند (Bredemeier, 1998) با شسته شدن در آب مقطر در ظرفهای پلی‌اتیلینی جمع‌آوری و برای تعیین غلظت به آزمایشگاه منتقل شدند. در این روش سطح برگ بر حسب متر مربع اندازه‌گیری شد.

۳- نمونه‌برداری از بافت گیاه: از برگهای درختان کاج تهران در پنج ایستگاه تعیین شده از ابتدای ضلع جنوبی جنگل (مرز منبع آلودگی) به فاصلهٔ ۵۰۰ متر از هم تا فاصلهٔ ۲۰۰۰ متری نمونه‌گیری صورت گرفت. برای این منظور از تمام قسمتهای تاج درخت، پایین، وسط و در جهت‌های مختلف برگ برداشت شده و پس از خشک کردن، آنها را مخلوط و خرد کرده و جهت انجام تجزیه به آزمایشگاه سازمان انرژی اتمی فرستاده شد.

٤- نمونه‌برداری از خاک: از آنجایی که وضعیت کاتیونها و آنیونهای خاک متأثر از عوامل اسیدی کننده است و میزان محلولیت فلزات به pH خاک بستگی دارد (Watmough, 1994) نمونه‌برداری از خاک انجام گردید. دو مکان شامل فضای باز (منظور محوطه‌ای است که خارج از زیر درخت می‌باشد) و دو ایستگاه زیر درخت (آب چکه) در نظر گرفته شد تا بدین وسیله بتوان به بررسی تأثیر اثرات ساقه آب و تاج آب (Throughfall) پرداخت (Radzi, 1992).

برای بررسی وضعیت خاک، نمونه‌ها از اعماق ۱۰ - ۰ و ۲۰ - ۱۰ سانتیمتر از فضای باز (بین درخت) و ۱۰ - ۰، ۲۰ - ۱۰، ۳۰ - ۲۰ و ٤۰ - ۳۰ سانتیمتر در فضای زیر درخت برداشته شدند. در تجزیهٔ خاک آنیونها و کاتیونهای موجود در خاک اندازه‌گیری شده تا تأثیر عوامل اسیدی کننده و قلیایی مشخص شود (Hicks,1986).

۵- بررسی خصوصیات کمی و کیفی کاج تهران: برای بدست آوردن رابطهٔ کیفیت کاج تهران و دور شدن از بزرگراه (با کاهش غلظت آلاینده‌ها) ابتدا تعداد و محلهای

نمونه‌برداری از پوشش گیاهی تعیین شد. حجم نمونه با حداکثر خطای معادل ۰/۱ برابر ۱۰۰ در نظر گرفته شد.

برای انتخاب تصادفی ۱۰۰ محل برای نمونه‌برداری به روش نمونه‌گیری سیستماتیک تصادفی عمل کرده و با توجه به مساحت منطقه و حداقل برآورد هر کرت (یعنی حداقل نمونه در هر کرت یا مربع مربوطه) منطقه به ۵۰ مربع تقریباً یکسان تقسیم شد. سپس در هر مربع ۲ نقطهٔ تصادفی مشخص گردید (Moore, 1998). در عمل تعداد درختان بررسی شده ٦۰ عدد بود که به دلیل وجود گونه‌های متفاوت و یا بایر بودن منطقه بوده است. محلهای نمونه‌برداری روی نقشه مشخص گردیده و سپس عوامل مربوط به کیفیت درختان کاج تهران در جدول شمارهٔ ۵ جمع‌آوری شد. تغییرات هر عامل در برابر غلظت آلاینده‌ها در نزولات خشک سنجیده شد. قابل ذکر است که کلیهٔ درختان کاج تهران در یک محدودهٔ زمانی یکسان کاشته شده بودند.

از آنجایی که ریزش نزولات اسیدی به وسیلهٔ باران در سطح پارک دارای تغییرات مشخص نبود استفادهٔ آماری از آلاینده‌های همراه باران جهت تعیین اثر آنها بر کیفیت گیاهان امکان‌پذیر نشد.

نتایج

با بررسی کمی و کیفی بارندگی در طی یکسال در پارک جنگلی قوچک نتایجی مطابق با جدول شمارهٔ ۱ بدست آمد. براین اساس pH باران در اکثر مواقع در حد خنثی بوده است (۶/۳ تا ۷/۳) ولی در ابتدای بارندگی pH اسیدی (pH =۵) مشاهده گردید. همچنین غلظت عامل اسیدی کنندهٔ باران (NO_3^-) در حد بالایی است ولی به دلیل وجود غلظت بالای عوامل قلیایی کننده چون کلسیم (۳ تا ۲۷ میلی‌گرم در لیتر) و NH_4^+ (۰/۴۷ تا ۲ میلی‌گرم در لیتر) در باران، pH در حد خنثی می‌ماند.

میزان کاتیونها و آنیونهایی که براساس نیروی جاذبهٔ زمین، بر سطح زمین نشست می‌کنند (رسوبات خشک) مورد بررسی قرار گرفت (جدول شمارهٔ ۲). براساس بررسیهای مذکور به جز در مورد NH_4^+ بقیهٔ کاتیونها و آنیونها با افزایش فاصله از بزرگراه از میزان غلظت آنها به طور محسوسی کاسته می‌شود. این وضعیت در مورد آنیونهای SO_4، NO_3 و Cl که باعث کاهش pH می‌شوند و در افزایش اسیدیته نقش دارند، به‌طور واضح مشخص است.

از طرف دیگر تجزیهٔ بافت گیاهی کاج تهران (برگ درختان) صورت گرفت تا وضعیت آلاینده‌های اسیدی و سایر کاتیونها متأثر از این آلاینده‌ها در بافت گیاهی بررسی شود (جدول شمارهٔ ۳). براساس نتایج بدست آمده، به غیر از موارد منگنز، نیتروژن و گوگرد، از مقدار عناصر و ترکیبها با افزایش فاصله از بزرگراه کاسته می‌شود.

نتایج بررسی وضعیت کاتیونها و آنیونها در خاک نشان می‌دهد که pH خاک بین ۷/۴۳ تا ۷/۶۸ متغیر است. این مقدار pH بیانگر وضعیت خنثی در خاک است و نشان می‌دهد که به رغم اینکه مقدار زیادی عوامل اسیدی کننده از جو وارد خاک می‌شوند، به دلیل وجود عوامل قلیایی خاک حالت خنثی را حفظ می‌کند (جدول شمارهٔ ۴). عوامل اسیدی کننده (SO_4، NO_3) و اغلب کاتیونها و آنیونهای خاک با افزایش عمق خاک و فاصله از بزرگراه از میزان آنها کاسته می‌شود. تمرکز بیشتر آنیونها و کاتیونها در لایهٔ سطحی خاک به علت جذب سطحی کلوییدهای خاک و ورود این مواد از جو به خاک است. در جدول شمارهٔ ۵ نتایج حاصل از بررسی خصوصیات کیفی کاج تهران ارائه شده است. وضعیت کیفی کاج تهران براساس ۶ شاخص بیان گردیده که عبارتند از: پیرامون تنه در ارتفاع برابر سینه، قطر تاج، طول برگ، درصد خشکیدگی، ارتفاع کل و ارتفاع تاج. در قسمت بحث روابط این شاخصها با فاصله از بزرگراه مورد بررسی قرار گرفته‌اند. بدین ترتیب که همبستگی خصوصیات کیفی کاج تهران با افزایش فاصله

از بزرگراه مورد تجزیه قرار گرفته است. در این مورد شاخصهای ارتفاع تاج و ارتفاع کل با افزایش فاصله از بزرگراه رابطه‌ای مستقیم و قوی دارند یعنی با افزایش فاصله میزان این شاخصها افزایش می‌یابند و درصد خشکیدگی با افزایش فاصله از بزرگراه رابطه‌ای معکوس و منفی دارد. شاخصهای ارتفاع اولین شاخه و طول برگ رابطهٔ همبستگی نیرومندی با فاصله از بزرگراه را نشان نمی‌دهند.

بحث

با توجه به نتایج بدست آمده در بررسی نزولات خشک (Dry deposition) در پارک و این که با دور شدن از بزرگراه و شهر تهران میزان آلاینده‌ها کاهش می‌یابد، رابطهٔ خصوصیات کیفی کاج تهران و دور شدن از بزرگراه مطالعه گردید (Heck,1987). بدین منظور ابتدا تعداد و محلهای نمونه‌برداری از پوشش گیاهی تعیین شد. حجم نمونه با حداکثر خطای معادل ۰/۱ برابر ۱۰۰ در نظر گرفته شد. برای انتخاب تصادفی ۱۰۰ محل برای نمونه‌برداری به روش نمونه‌گیری سیستماتیک تصادفی عمل کرده و با توجه به مساحت منطقه و حداقل برآورد هر کرت (یعنی حداقل نمونه در هر کرت یا مربع مربوطه) منطقه به ۵۰ مربع تقریباً یکسان تقسیم شد. سپس در هر مربع ۲ نقطهٔ تصادفی مشخص گردید(Moore,۱۹۹۸).

تغییرات هر عامل کیفیت درختان در برابر غلظت آلاینده‌ها در نزولات خشک سنجیده شد. همچنین قابل ذکر است که براساس اطلاعات جمع‌آوری شده کلیهٔ درختان کاج تهران در یک محدودهٔ زمانی یکسان کاشته شده‌اند.

چون ریزش نزولات اسیدی به وسیلهٔ باران در سطح پارک دارای تغییرات مشخص نبود، استفادهٔ آماری از آلاینده‌های همراه باران جهت تعیین اثر آنها بر کیفیت گیاهان امکان‌پذیر نشد. براساس داده‌های بدست آمده مبنی بر کاهش مقادیر آنیونها و کاتیونها

و مواد آلایندهٔ اسیدی و فلزات سنگین با دور شدن از بزرگراه، رابطهٔ کیفیت کاج تهران و فاصله از بزرگراه مشخص شده است.

بدین منظور ضریب همبستگی اسپیرمن در رابطه با اجزای کیفیت پوشش گیاهی و فاصله از بزرگراه تهیه شد. ضریب همبستگی اسپیرمن یک معیار عددی از تداوم و استحکام رابطه را ایجاد می‌کند. از این ضریب از این جهت استفاده شد که رابطهٔ بین متغیرها غیر خطی بوده و توزیع آنها نرمال نبود. انجام محاسبات این دو ضریب توسط نرم‌افزار آماری SPSS صورت گرفته است. در ادامه نتایج آماری همبستگی فاصله از بزرگراه و شاخصهای کیفیت کاج تهران ارائه می‌گردد.

در مورد دو متغیر فاصله از بزرگراه و ارتفاع اولین شاخه مقدار ضریب همبستگی اسپیرمن ۰/۲۵۲٤ـ است که دو متغیر رابطه‌ای معکوس دارند، ولی براساس جدول شمارهٔ ۵ نقاط درصدی ضریب همبستگی رتبه‌ای اسپیرمن این مقدار رابطه‌ای قوی را نشان نمی‌دهد ودر سطوح ۱٪ و ۵٪ معنی‌دار نمی‌باشد. در رابطه با ارتفاع تاج و ارتفاع کل در برابر فاصلهٔ ضریب همبستگی اسپیرمن به ترتیب مقدار ۰/٦٦۲۰+ و ۰/٦۲٤۵+ می‌باشد که ملاکی قوی برای رابطه می‌باشد و در واقع در هر دو سطح ۱٪ و ۵٪ ضریب معنی‌دار است.

در مورد درصد خشکیدگی ضریب همبستگی اسپیرمن مقدار ۰/۵۵۹۵ـ است که بیانگر رابطهٔ معکوس قوی است. یعنی با افزایش فاصله از بزرگراه از مقدار خشکیدگی کاسته می‌شود و در هر دو سطح ۵٪ و ۱٪ معنی‌دار است. در رابطه با همبستگی مقادیر طول برگ و فاصله از بزرگراه مقدار ضریب اسپیرمن ۰/۱٦۲+ است که ملاکی مستحکم برای یک رابطه نیست و یک ملاک بی‌معنی برای هر همبستگی است. در رابطه با ضریب همبستگی قطر تاج و پیرامون تنه با فاصله مقادیر ۰/٦٤۵٤+ و ۰/٦۹۳۵+ را داریم که هر دو مورد یک ملاک مستحکم از رابطه را بین دو متغیر بیان می‌کند. بدین معنی که میان متغیرها همبستگی بالایی وجود دارد و ضریب در سطوح ۵٪ و ۱٪

معنی‌دار است. در رابطه با دو متغیر فاصله از بزرگراه و ارتفاع اولین شاخه مقدار ضریب همبستگی اسپیرمن ۰/۲۵۲٤ـ است که دو متغیر رابطه‌ای معکوس دارند، ولی براساس جدول نقاط درصدی ضریب همبستگی رتبه‌ای اسپیرمن این مقدار رابطه‌ای قوی را نشان نمی‌دهد ودر سطوح ۱٪ و ۵٪ معنی‌دار نمی‌باشد. در رابطه با ارتفاع تاج و ارتفاع کل در برابر فاصلهٔ ضریب همبستگی اسپیرمن به ترتیب مقدار ۰/٦٦۲۰+ و ۰/٦۲٤۵+ می‌باشد که ملاکی قوی برای رابطه می‌باشد و در واقع در هر دو سطح ۱٪ و ۵٪ ضریب معنی‌دار است.

بنابراین به صورت آماری و کمی نیز ثابت می‌شود که آلاینده‌های جوی و اسیدی در کاهش مؤلفه‌های کمی و کیفی کاج تهران نقش دارند. این حالت می‌تواند در سایر مناطق استانی و شهری حادث شود و حتی می‌تواند در سطح کشور نیز مصداق یابد و از آنجایی که هزینهٔ زیادی صرف کاشت درختان می‌شود بدین ترتیب ضررهای اقتصادی بسیاری نیز حاصل می‌شود، همچنین این آلاینده‌ها می‌توانند بر پوشش گیاهان مرتعی نیز تأثیرگذار باشند و حتی می‌توانند دامها را نیز متأثر سازند.

بنابراین راه اساسی، جلوگیری از پراکنش آلودگی از منابع آلاینده (شهری، خودرو و صنایع) می‌باشد.

همچنین در این تحقیق مشخص شد که در رابطه با عناصر و ترکیبهایی که ذکر شد در گیاه کمبود وجود دارد و بنابراین نیاز است با توجه به داده‌های به دست آمده از این تحقیق مسئولان اجرایی نسبت به کوددهی مناسب به درختان اقدام نمایند و در زمان درختکاری برای خاک منطقه تجزیهٔ عناصر خاک صورت گیرد تا کمبودها شناسایی شده و نسبت به رفع آن اقدام شود. در رابطه با مسمومیت فلزات سنگینی چون سرب جهت کاهش جذب آنها توسط گیاه استفاده از کود آهکی با مطالعه جمیع جوانب قابل توصیه است.

همچنین در بسیاری از کشورهای جهان شبکه‌های پایش باران، برف و رسوبهای خشک جوی وجود دارد و بدین ترتیب آگاهی مناسبی از وضعیت کمی و کیفی این پدیده‌ها دارند و بنابراین می‌توانند عملیات مناسبی را جهت حمایت و حفاظت از منابع طبیعی اعمال کنند. بنابراین ایجاد چنین تشکیلاتی در کشور توصیه می‌شود.

همچنین پایش آلودگی خاکهای کشور با توجه به وضعیت زیست‌محیطی بحرانی کشور به ویژه در استانهای توسعه یافته توصیه می‌شود، چرا که این موارد موجب کاهش کیفیت پوشش گیاهی و ضعف آنها می‌گردد و همچنین اثرات نامناسبی بر دامهای تغذیه کننده از علوفه می‌گذارد.

جدول شمارهٔ ۱- نتیجهٔ تجزیه بارش و مقدار آلاینده‌ها در پارک جنگلی قوچک.

تاریخ	مقدار (میلیمتر)	pH	EC10	NO_3^- (mg/l)	Na^+(mg/l)	Cl^-(mg/l)	$CaCO_3$(mg/l) Alkalinity	Pb(mg/l)	Ca^{2+}(mg/l)	SO_4^{2-} (mg/l)	K^+(mg/l)	NH_4^+(mg/l)
۷۶/۸/۱۰	۹/۰	۶/۶	۷۷	۱۱		۶		trace	۲۷	trace	trace	
۷۶/۸/۱۳	۱۷/۰	۷	۴۵	۴/۹		۲/۶		trace	۱۹/۵	trace	trace	
۷۶/۸/۱۵	۵/۰	۷/۳		۵		۴/۴	۱۵	۰		۰	۰	
۷۶/۸/۲۳	۱۵/۰	۶/۵	۳۷	۳/۳۲	۰/۴	۴	۱۲/۵	۰	۴/۵	۰	۰	۰/۴۷
۷۶/۹/۴	۱/۰	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
۷۶/۹/۹	۶/۰			۵/۱		۵/۴		۰		۰	۰	—
۷۶/۹/۱۱	۱۱/۰	۶/۸	۳۰	۲/۶		۲/۷	۵	۰	۱/۵	۰	۰	۰/۷
۷۶/۹/۲۰	۲۷/۰	۶/۳	۳۳/۳	۳/۶		۳/۳	۱۰	۰	۱۱	۰	۰	۰/۹
۷۶/۹/۲۹	۲۰/۰			۶/۱		۴		۰	۱۲/۲	۰	۰	
۷۶/۱۰/۶	۲/۰	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
۷۶/۱۰/۹	۳/۰	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
۷۶/۱۰/۱۴	۲۸/۰	۶/۴۴	۷۴	۱۱/۹۶		۳/۳۵	۲۰	۰	۱۰/۱	۰	۰	۲
۷۶/۱۰/۲۰	۲۰/۰	۷/۳	۳۶	۲		۱۱	۱۰	کمتر از ۰/۰۲	۳	۰	۰	۰/۸۶

جدول شمارهٔ ۲- میزان رسوب خشک به میلی‌گرم در هر متر مربع.

فاصله از بزرگراه	Ca	Mg	K	NH_4^+	NO_3^-	Cl^-	SO_4^{2-}	Pb	Mn	Fe	Zn	Na
۰	٥٤٠١/٨	١٥٨٨/٨	١١١/٢	٣٧/٥	/٧ ١٤٤٣	١٨٥٠/٣	١٣٤٠/٢	١/٩	٠/٥	٨٧/٢	٥٨/	٢٤٢٨/١
٥٠٠	٨٧٦	٢٧٣/٥	٢٣٢/٧	١٤/٧	٢٦٤/٣	٢٧١/٥	٣٢٣/٣	٠	٠	٢١	١٣/٩	٣٣٨/٣
١٠٠٠	٦١٢/٥	١٨٨/٥	١٠٦	٢٥/٤	٢٧٥/٦	١٨٤/٣	٢٥٣/٥	٠	٠	١٤/٤	٣/٣	٣٠٥/٧
١٥٠٠	١٠٦٢/٢	٥٩٧/٥	١٤٩/٤	١٠/٦	١٨٨/٥	٢٤٢/٣	٢٦٦	٠	٠	٢٣/٣	٤/٥	٤٥١/١
٢٠٠٠	٧٣٤/٧	٧٠	١٤	٨/٥	١٩٠/٧	١٧٠/٣	٢٨٧/٨	٠	٠	١٦	٥/٣	١٧٥
	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠

جدول شمارهٔ ۳- نتایج تجزیه بافت گیاهی در نمونه‌های برداشت شده.

فاصله از بزرگراه	Zn	Pb	Fe	Mn	Al	Mg	Ca	K	S	N	ایستگاه
۰	۳۲	۱۹	۳۲۰	۳۵	۳۰	۱/۱۲	۱/٤	۰/٤۲	۰/٤٦۸	۰/۹۳۸	۱
۵۰۰	۳۲	۱۳	۲٤۰	٤۹	۲۲	۰/۷٤	۱/۳٦	۰/۵٤	۱/۰۲۹	۱/۱۳۲	۲
۱۰۰۰	۲۵	۱٤	۲۱۰	٤۳	۲۱	۰/٤۵	۱/۲۵	۰/۳۳	۰/۹۲٦	۰/۹۱	۳
۱۵۰۰	۲۱	۱۱	۲۲۰	۵۸	۲٤	۱/۳۵	۱/۱۷	۰/۳۹	۰/۳۹۷	۱/۱۲۷	٤
۲۰۰۰	۲٦	۱۱	۲۳۰	۳٦	۲۱	۰/۷	۰/۸۸	۰/۳٦	۰/٦۰٤	۱/۰۱۷	۵

جدول شمارهٔ ٤- مقدار آلاینده‌ها و نتیجهٔ تجزیه بارش در پارک جنگلی قوچک.

مشخصات	عمق (Cm)	pH	EC	Clay (%)	بافت	SO_4^{2-}	Ca+Mg (meq/lit)	NO_3^- (ppm)	Total N(%)	K (P.P.m)	Fe (P.P.m)	Mn (P.P.m)	Zn(P.P.m)
ایستگاه یک، فضای باز	۱۰ـ۱	۷/۵٤	۰/۷۲۸	۲۱	لوم	٤/۷۵	۱۳	۸	۰/۲	۳۵٦	۷/۰۲	۱۵/٤٦	۹/۱۱
ایستگاه یک، فضای باز	۲۰ـ۱۰	۷/٤٦	۰/۵٦۱	۲۱	لوم	٦/٤۵	۱۳	۱٤	۰/۰٦	۳۱۲	۳/۲٤	۵/۲	۱/۱۲
ایستگاه یک، زیر درخت	۱۰ـ۱	۷/۵۰	۰/٦۹۳	۲۵	لوم	۳/۵	۱۳	۱۲	۰/۰۸	۳۷۲	٤/۵۸	۷/۹۳	۲/۳۱
ایستگاه یک، زیر درخت	۲۰ـ۱۰	۷/٤۳	۰/٦۲۹	۲۹	لوم رسی شنی	۲/۲۵	۸	۱۱	۰/۰۷	۲۸٤	۳/٦۳	۵/۸۵	۰/۷۳
ایستگاه یک، زیر درخت	۳۰ـ۲۰	۷/٦۸	۰/۵۸۱	۲۹	لوم رسی شنی	۱/۱۵	٤	۷	۰/۰٦	۲۰۸	۳/۷٦	۷/۰٤	۱۲/٦٦
ایستگاه یک، زیر درخت	٤۰ـ۳۰	۷/۵۳	۰/٦٤۳	۲۹	لوم رسی شنی	۳/۲	۱۰۰	۱۳	۰/۰۵	۱۷۲	۳/۲٤	٦/٤	۰/۷۸
ایستگاه ۵، فضای باز	۱۰ـ۱	۷/۵٤	۰/٦۸۹	۲۵	لوم رسی شنی	۱/٦۵	۵	۷	۰/۱۱	۲۹۲	٤/۷۷	٦/۰۵	۱/۵۲
ایستگاه ۵، فضای باز	۲۰ـ۱۰	۷/٦۱	۰/۵۹۰	۲۵	لوم رسی شنی	۱/۲	۵	۱۰	۰/۱۵	۲۸٤	٤/۱۳	٦/۳۵	۱/٤٦
ایستگاه ۵، زیر درخت	۱۰ـ۱	۷/۵٤	۰/۵٤۷	۲۵	لوم رسی شنی	۱/۹٤	۷	۸	۰/۰۸	٤٦۰	۵/۱	۷/۸۵	۲/٤۲
ایستگاه ۵، زیر درخت	۲۰ـ۱۰	۷/٤۳	۰/۳۱۱	۲۵	لوم رسی شنی	۱/۷۵	۷	۱۰					
ایستگاه ۵، زیر درخت	۳۰ـ۲۰	۷/۵۰	۰/٤٤۱	۲۵	لوم رسی شنی	۱	٦/۵	۹	۰/۰٦	۲۸٤	٤/٤	٦/۸۳	۰/۸
ایستگاه ۵، زیر درخت	٤۰ـ۳۰	۷/٤۸	۰/٤۷۱	۲۵	لوم رسی شنی	۱/۵	۷	۱۱	۰/۰٦	۲۹٦	۵/۲۷	۱٤/٦٤	۳/٦۹

جدول شمارهٔ ۵- نتایج بررسی شاخصهای مربوط به کیفیت در کاج تهران.

فاصله از بزرگراه (m)	ارتفاع تاج (Cm)	ارتفاع کل (Cm)	درصد خشکیدگی	طول برگ (Cm)	قطر تاج (Cm)	پیرامون تنه در ارتفاع برابر سینه (Cm)
٦٥	٥١٥	٦٠٠	٤٠	٦	٢٠٨	٣٧/٥
٥٠٠	٧٢٠	٨٥٠	٣٥	٦/٥	٢٤٠	٣٩
٩٨٥	٦٠٠	٧٠٠	٢٥	٦	٣٠٨	٣٩/٨
١٤٩٥	٦٦٠	٧١٠	٢٥	٦/١	٣١٠	٤٠
٢٠٠٠	٧٥٠	٨٠٠	٢٥	٦/٥	٤٠٠	٥٩/٢
٥٥	٥٠٠	٥٥٠	٣٠	٥/٥	٢٦٥/٥	٤٥
٩٠	٥٨٠	٦٠٠	١٠	٦/٠٢	٣٢٠/٥	٣٨
١٢٥	٣٣٠	٥٠٠	٢٠	٥	٢٨٣	٠
٢٦٥	٥٠٠	٧٠٠	٢٥	٧/٢	٤١٥	٤٧
٩٥٠	٧٤٠	٨٠٠	٢٥	٥/٩	٣٦٠	٥١
٨٥٠	٥١٠	٥٥٠	٠	١٠/٧	٢٦٠	٣٧
٥٥٥	٧٦٠	٩٠٠	٣٠	٦/٤٧	٤١٠/٥	٦٣
٨٥٤	٧٥٠	٨٠٠	٤٠	٥/٥٧	٣٣٠	٤٥
٧٨٠	٣٥٠	٦٠٠	١٥	٦/٧٤	٣٧٠	٥٥
٩٨٠	٦٠٠	٦٠٠	٢٥	٦/١	٣٤٠	٤٥
١٢٩٦	٥٥٠	٦٠٠	٢٠	٥/٦	١٤٧	٣٤
٢٠٢٥	٦٠٠	٧٠٠	١٥	٧/٦	٤٦٥	٥١
٢٠١٥	٤٥٠	٥٠٠	١٠	٦/٩٥	٣٧٠	٤٦
٢٣٣٥	٤٥٠	٥٠٠	٥	٦/٥	٥١٧/٥	٥٤
٣٩٧٥	٦٣٠	٧٥٠	١٠	٧/٦	٥٦٢/٥	٧١
٢٤٢٥	٧٠٠	٧٥٠	٣٥	٧	٤٠٥	٥٠
١٦٤٠	٦٥٠	٧٠٠	٢٥	٧/٥٥	٢٩٣/٥	٥٥
١١٣٥	٣٧٥	٥٠٠	٤٠	٦/٦	٢٩٥	٣٤
٢٠٠	٢٠٠	٣٥٠	٢٥	٤	١٥٠	٢٨
٤٧٥	٢٠٠	٤٠٠	٤٠	٥	٢٠٠	٤٠
٤٦٠	٣٠٠	٥٠٠	٥٠	٥	١٨٠	٤٥
٧٢٥	٣٥٠	٥٠٠	٣٥	٥	٢٣٠	٤٥
٢٧٧٥	٨٠٠	٨٥٠	٥	٦	٥٥٠	٧٠
٢٨٥٠	٨٥٠	٩٠٠	٥	٦	٦٠٠	٧٠
٤٢٥	٣٠٠	٤٥٠	٢٠	٥/٥	٢٦٠	٣١
٧٥٠	٣٥٠	٥٥٠	٥٠	٣	٢٠٠	٣٩
٣٩٢٥	٦٠٠	٨٠٠	٥	٦	٤٥٠	٦٠
٣٩٧٥	٦٠٠	٧٠٠	٥	٥	٣٥٠	٦٠

ادامهٔ جدول شمارهٔ ۵- نتایج بررسی شاخصهای مربوط به کیفیت در کاج تهران.

فاصله از بزرگراه (m)	ارتفاع تاج (Cm)	ارتفاع کل (Cm)	درصد خشکیدگی	طول برگ (Cm)	قطر تاج (Cm)	پیرامون تنه در ارتفاع برابر سینه (Cm)
۲۷۲۵	۶۰۰	۷۰۰	۱۰	۵	۴۵۰	۷۰
۲۹۰۰	۸۵۰	۹۰۰	۵	۵	۴۰۰	۵۵
۳۷۵۰	۸۰۰	۱۱۰۰	۵	۶	۷۰۰	۱۰۰
۳۳۷۵	۷۰۰	۸۰۰	۱۰	۷	۵۰۰	۵۵
۳۴۰۰	۶۵۰	۷۰۰	۵	۵	۵۰۰	۵۰
۳۴۷۵	۷۵۰	۸۰۰	۱۰	۶	۵۰۰	۶۰
۱۰۰۰	۵۰۰	۷۰۰	۱۰	۶	۳۴۰	۴۹
۸۵۰	۴۳۰	۶۰۰	۱۰	۷	۱۵۰	۴۲
۱۲۷۵	۵۵۰	۸۰۰	۲۰	۵	۴۲۰	۵۵
۲۰۵۰	۷۰۰	۷۵۰	۱۰	۶	۴۵۰	۵۰
۳۳۰	۴۰۰	۵۵۰	۳۰	۵	۱۷۰	۳۵
۲۸۰	۴۰۰	۶۰۰	۲۰	۶	۳۵۰	۵۲
۳۰۰	۲۰۰	۳۵۰	۳۰	۴	۳۰۰	۲۳
۳۰۰	۳۰۰	۵۰۰	۲۰	۶	۳۰۰	۴۶
۶۷۰	۴۰۰	۵۵۰	۱۵	۶	۳۵۰	۵۰
۸۲۵	۴۰۰	۵۰۰	۱۰	۱۰	۲۷۰	۴۰
۱۲۵	۳۵۰	۵۰۰	۲۰	۵	۲۸۵	۳۵
۸۶۵	۷۶۰	۸۰۰	۳۵	۶	۳۵۰	۴۷
۱۰۲۷	۳۵۰	۴۹۰	۳۵	۶	۲۹۰	۳۳
۱۳۰۰	۵۵۰	۶۰۰	۲۵	۵/۶	۱۵۰	۳۵
۱۶۵۰	۶۳۰	۷۳۰	۲۵	۷	۲۹۰	۵۶
۲۴۵۰	۷۰۰	۷۲۵	۳۰	۷	۴۰۰	۵۰
۲۹۲۵	۸۵۰	۸۸۰	۵	۵	۳۹۰	۵۷
۳۲۰	۵۵۰	۶۵۰	۲۵	۷	۴۲۰	۴۲
۳۰۰	۵۰۰	۶۵۰	۲۵	۷	۴۰۰	۴۰
۳۷۷۰	۸۰۰	۱۱۵۰	۵	۶	۷۲۰	۹۵
۳۶۰۰	۷۵۰	۱۰۰۰	۵	۶/۵	۷۰۰	۹۰

سپاسگزاری

از مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع و مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان تهران که امکان اجرای تحقیق حاضر را فراهم نمودند سپاسگزاری می‌شود.

منابع مورد استفاده

۱- آموروسو، ج.، ۱۳۷۰. فرسودگی سنگ و حفاظت از آن. انتشارات سازمان میراث فرهنگی، تهران، ۵۹٦ صفحه.

۲- صلاحی کجور، ع.، ۱۳۷۳. ترکیب و تناوب بارانهای اسیدی در جنوب تهران و شدت و غلظت آنها. پایان‌نامه کارشناسی ارشد مدیریت محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم تحقیقات، ۱۹۹ صفحه.

۳- صلاحی، ع.، ۱۳۷۸. بررسی تاثیر آلودگی هوا و فشارهای زیست محیطی حاصله (عوامل غیر زنده) بر روی پوشش گیاهی پارک جنگلی چیتگر. گزارش نهایی طرح تحقیقاتی مؤسسهٔ تحقیقات جنگلها و مراتع، ۱۱۰ صفحه.

٤- مجنونیان، هـ.، ۱۳٦۹. درختان و محیط زیست. انتشارات دفتر آموزش زیست محیطی، تهران، ۵۸۳ صفحه.

5- Baba, M., 1994. Effect of acidic deposition on forested andisols in the TAMA hill region of Japan. Environmental Pollution Journal, 89: 97-106.

6- Bredemeier, M., 1998. Forest canopy transformation of atmospheric deposition. New York, john Wiley, 235 pp.

7- Heck, W., 1987. Assessment of crop loss from air pollutants. Elsevier, 552 pp.

8- Hicks, B. B., 1986. Measuring dry deposition. Water, air and soil pollution Journal, 30: 75-90.

9- Moore, H., 1998. Introductory statistics for environmentalist. Prentice hall publication, 196 pp.

10- Radzi A. M., 1992. Fluxes of ions in precipitation, through fall and stem flow in an urban forest in Kuala Lumpur, Malaysia. Environmental pollution Journal, 75: 209-213.

11- Watmough, A., 1994. Dispersal and mobility of heavy metals in relation to tree survival in an aerially contaminated woodland soil. Environmental pollution Journal, 90 (2): 135-142.