نشریه فیزیولوژی محیطی گیاهی، سال یازدهم، شماره ۴۳، پاییز ۱۳۹۵ / صفحات: ۷۵-۶۶

اثر آلودگی هوای شهر تهران بر برخی خصوصیات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی برگ چنار (*Platanus orientalis* L.)

سیده‌مهدخت مداح

گروه زیست شناسی، دانشکده علوم پایه ،دانشگاه آزاد اسلامی واحد یادگار امام خمینی (ره) شهرری، تهران ، ایران

تاریخ دریافت: ۹۵/۶/۳۰ تاریخ پذیرش: ۹۵/۸/۱۵

چکیده

درخت چنار یکی از درختان مهم در فضای سبز شهر تهران است که در سال‌های اخیر تحت تاثیر آلودگی شدید هوای تهران دچار خزان زود هنگام شده است. در پژوهش حاضر به‌منظور مشخص شدن علت این پدیده صفاتی نظیر سطح برگ وزن خشک، هدایت روزنه، مقاومت روزنه، رطوبت نسبی برگ، غلظت نسبی کلروفیل، مقادیر عناصر کلسیم، منیزیوم، سرب و کادمیوم مورد سنجش قرار گرفت. برگ درختان چنار در اواخر بهار از سه منطقه شهر تهران با مقادیر متفاوت آلودگی هوا، پارک صدرا (منطقه پاک)، پارک المهدی (منطقه آلوده ۱) و پارک اوستا (منطقه آلوده ۲) جمع‌آوری شد. نتایج نشان داد آلودگی هوا موجب کاهش معنی‌دار سطح برگ و افزایش هدایت روزنه در منطقه آلوده پارک المهدی گردید. همچنین بیشترین مقدار منیزیم و سرب در برگ‌های چنار منطقه آلوده ی پارک اوستا مشاهده شد. بیشترین مقدار کادمیوم نیز به برگهای پارک صدرا تعلق داشت. در مورد سایر صفات نیز اختلاف معنی‌داری بین مناطق مختلف مشاهده نشد. با توجه به نتایج کسب شده در تحقیق حاضر به نظر می‌رسد درخت چنار توان جذب فلزات سنگین را دارد.

واژه‌های کلیدی: آلودگی هوا ، تغییرات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی، چنار (*Platanus orientalis* L.)

مقدمه

آلودگی محیط زیست یکی از بزرگترین و حادترین معضل‌های جهان امروز است. آلودگی هوا عبارت است از وجود هر نوع آلاینده اعم از جامد، مایع و گاز در هوا به مقدار و در مدت زمانی که کیفیت زندگی را برای انسان و دیگر جانداران به خطر اندازد و یا به آثار باستانی و اموال خسارت وارد آورد (Joodi, 2005).

با توجه به جمعیت زیاد و موقعیت جغرافیایی شهر تهران و نیز افزایش روز افزون خودروها در آن، سالیانه بر آلودگی این شهر افزوده شده است. انتخاب گیاهان متناسب با محیط، در طراحی فضای سبز، بسیار کارامد است. درختان با توجه به عمر طولانی خود به‌عنوان موجودات زنده، می‌توانند بهترین و دقیق‌ترین شاخص برای تحقیق روی تنش‌های محیطی باشند (Aliahmad Koroori, 1999). بهترین و سازگارترین درخت در تهران قدیم، درخت چنار بود، اما امروزه آلودگی شدید هوای تهران سبب شده است که درختان چنار به‌تدریج از بین بروند و محیط برای زیست این‌گونه زیبا که روزگاری سمبل تهران بود، نامساعد شود (Pourkhabbaz et al., 2010).

*نویسنده مسئول: s.m.maddah@iausr.ac.ir

چنار درختی است از سرده *Platanus* که بومی نیم‌کره شمالی است. درخت چنار از جمله درختانی است که اگر شرایط محیط برای آن مناسب باشد عمر و رشد زیادی دارد. درختی زیبا که پوست آن به‌صورت نامنظمی از ساقه جداشده ودر نتیجه تنه درخت سفید به نظر می‌رسد برگ‌ها پنجه‌ایی شکل ودارای ۷-۵ لوب است میوه‌های فندقه آن در دستجات کروی شکل اجتماع یافته‌اند (Sabeti, 1994; Mozaffarian, 1994 and 2004).

آلودگی هوا موجب صدمه و آسیب به برگ و روزنه‌ها و پیری زود رس برگ‌ها می‌گردد (Seyyednejad et al., 2011). پژوهش‌های متنوع بر روی گیاهان مختلف نشان داده است آلودگی هوا موجب کاهش سطح برگ، وزن خشک و غلظت انواع کلروفیل‌ها ، کاروتنوئیدها و پروتئین برگ‌ها می‌گردد(Doganlar et al., 2011; Govindaraju et al., 2010; Kapoor et al., 2012; Salama et al., 2011; Kumar, 2015; Seyyednejad et al., 2011).

در مطالعه‌ای که Ghorbanli و همکاران (۲۰۰۷) برروی اثر آلاینده‌های هوای شهر تهران بر دو گونه خرزهره و اقاقیا انجام دادند، مشخص گردید که آلودگی هوا باعث کاهش معنی‌دار وزن تر و خشک در اقاقیا و خرزهره گردیده و باعث افزایش تعداد سلول‌های روزنه بطور معنی‌داری کاهش یافت.

دو عنصر ضروری منیزیوم و کلسیم در فعالیت آنزیم‌ها نقش دارند، همچنین منیزیوم در مولکول کلروفیل و کلسیم در دیواره اسکلتی وجود دارند. دو عنصر سنگین و سمی کادمیوم و سرب در آلاینده‌های محیط زیست وجود دارند که موجب کاهش فتوسنتز و رشد گیاهان می گردند (Gisbert et al., 2003; Chibuike et al., 2014 Ebrahimzadeh, 2000;).

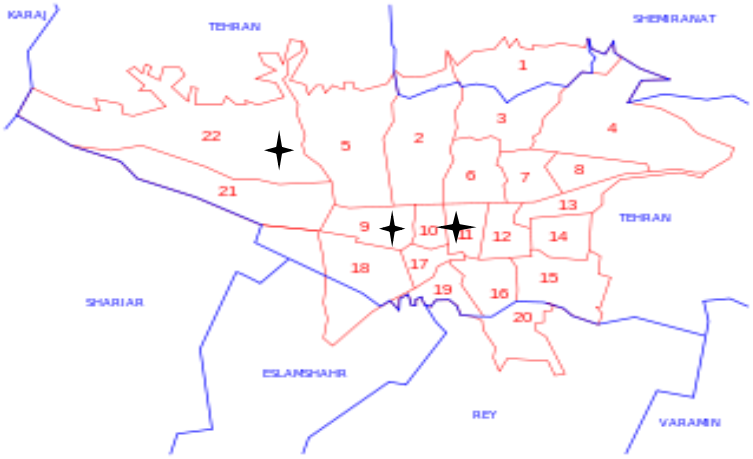
Kaya و همکارانش (۲۰۱۰) نشان دادند، که غلظت سرب برگ در گیاهان اقاقیا و خرزهره واقع در منطقه صنعتی گازیانتپ ترکیه ۲۰۰۰ برابر بیشتر از نواحی شاهد بود و غلظت کادمیوم در برگ گیاه اقاقیا مناطق آلوده ٤٠ برابر بیشتر از نواحی پاک بوده است. به این ترتیب برای پایش سرب می‌توان از خرزهره استفاده نمود. در مطالعه صورت گرفته روی *Acer* ،*Queacus robur*،*Fraxinus exelsiore pseudoplatanus* و *Popolus robusta* توسط Martens و Van Nevel (۲۰۰۳)، توانایی جذب کادمیوم، مس، کروم و سرب توسط اندام‌های این گیاهان بررسی گردید و معلوم شد که درختان زبان گنجشک، بلوط و افرا دارای مقادیر معمولی از این فلزات در بافت‌های خود بوده اما صنوبر ۵ تا ۸ برابر بیشتر از بقیه گونه‌ها کادمیوم و روی را در اندام‌های خود بخصوص برگ‌ها جمع می‌کند.

Naidoo & Chirkoot (۲۰۰٤) بیان داشتند که در اثر آلاینده‌های هوا، مبادله گازها در سطح برگ کم می‌شود و سرعت فتوسنتز با مسدود شدن روزنه‌ها کاهش می‌یابد. همچنین Kurteva (۲۰۰٤) با بررسی صفات مورفولوژیکی در ۵ درخت و درختچه تحت تأثیر انواع آلودگی‌های صنعتی بین سال‌های ۱۹۸٦ تا ۱۹۸۹ نشان داد صفت مورفولوژیکی "سطح برگ" می‌تواند به عنوان مهم‌ترین شاخص اندیکاتور آلودگی هوا مورد استفاده قرارگیرد.

با توجه به افزایش الودگی هوای شهر تهران، خزان زودرس و از بین رفتن درختان چنار که به فراوانی در این شهر کاشته شده است، در پژوهش حاضر به بررسی برخی خصوصیات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی درخت چنار در مناطق مختلف تهران با میزان آلودگی‌های متفاوت در اواخر بهار پرداخته شد تا ضمن مشخص شدن صفاتی که موجب مقاومت این گیاه شده است صفات آسیب‌پذیر آن نیز مشخص گردد.

مواد و روش‌ها

مناطق مورد مطالعه: به منظور یکسان بودن نسبی شرایط جغرافیایی، آب و هوا و ارتفاع، مناطقی از غرب تهران به سمت مرکز آن انتخاب گردید. با استفاده از نقشه روزانه آلودگی هوای شهر تهران که در سایت شرکت کنترل کیفیت هوای تهران منتشر می‌شد و نیز از بررسی اطلاعات ٦ ایستگاه این شرکت در غرب تهران از بین ۲۲ ایستگاه آن در سطح شهر، مناطق آلوده و پاک یا با آلودگی کم شهر تهران از نظر آلاینده‌هایی مانند (SO_2O_3 ,NO_2, CO_2, PM_{10}) در غرب تهران تعیین گردید. در این مناطق سه پارک انتخاب شد زیرا آبیاری و رسیدگی به گیاهان در پارک‌ها، برخلاف حاشیه خیابان‌ها، به‌طور مرتب انجام می‌شود. پارک صدرا در شهرک صدرا بالای استادیوم آزادی (منطقه۲۲) به‌عنوان منطقه پاک یا با آلودگی کم، پارک المهدی به عنوان منطقه آلوده ۱ خارج از طرح ترافیک، واقع درشرق میدان آزادی (منطقه ۹)، پارک اوستا واقع در خیابان انقلاب بین خیابان توحید و جمالزاده (منطقه ۱۱)، به‌عنوان منطقه آلوده ۲ داخل طرح ترافیک انتخاب شدند.



شکل ۱: مناطقی که نمونه‌برداری از آنها انجام شده است.

جدول ۱: موقعیت ایستگاه‌های سنجش غلظت آلاینده‌های شرکت کنترل کیفیت هوا در غرب شهر تهران

ردیف	نام ایستگاه	آدرس ایستگاه	منطقه شهرداری	نوع ایستگاه	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی
۱	پارک رز	انتهای اتوبان شهید حکیم پارک رز جنب نگهبانی	۲۲	ترافیکی	۳۵ ٤٤ ۲۳ .٥٩٩	٥١ ١٦ ٤ .٣٩
۲	شهرداری منطقه۱۰	تقاطع یادگار امام و آزادی داخل ورزشگاه یادگار امام پشت فنس آتش نشانی	۱۰	ترافیکی	۳٥ ٤١ ٥٠ .٩٤	٥١ ٢١ ٢٨ .٩١
۳	شهرداری منطقه۱۱	خیابان قزوین شهرداری منطقه ۱۱ جنب پارکینگ	۱۱	مسکونی	۳٥ ٤٠ ٢٢ .٧٢	٥١ ٢٣ ٢٣ .٠٤
٤	تهرانسر	تهرانسر بلوار گلها اداره کل هواشناسی استان تهران	۲۱	مسکونی	۳٥ ٤٢ ٤٦ .٦٧٣	٥١ ١٢ ٥٢ .١٥٢
٥	دانشگاه صنعتی‌شریف	دانشگاه صنعتی شریف، جنب کارگاه‌های آموزشی	۲	مسکونی	۳٥ ٤٢ ٢١ .٣٩١	٥١ ٢٠ ٤٤ .٨٦١
٦	میدان فتح	فتح م.آزادی،م.فتح، ستاد مدیریت بحران جنب ساختمان اداری	۹	ترافیکی	۳٥ ٤٠ ٤٣ .٧٥	٥١ ٢٠ ١٥ .١٢

جمع آوری نمونه‌ها: برگ‌های درخت چنار (*Platanus orientalis* L.)، در تاریخ ۵ خرداد ماه ۱۳۹۲، قبل از تنش خشکی ناشی از هوای گرم تابستان از سه پارک در مناطق مختلف تهران جمع‌آوری شد. در هر منطقه ۵ پایه درخت چنار تقریبا مشابه از نظر قطر و محل استقرار انتخاب شد. برگ‌های تقریباً بالغ و سالم، از ارتفاع ۱/۵ متری درختان انتخاب گردید. پس از سنجش صفات فیزیولوژیکی هدایت روزنه، مقاومت روزنه، رطوبت برگ و غلظت کلروفیل SPAD آنها بر روی درخت، برگ‌ها برای انجام سایر سنجش‌ها جمع آوری گردید.

روش سنجش صفات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی: سطح ۱۰ برگ از هر منطقه با دستگاه area meter cl-203 (CID Bio-Science) اندازه گیری شد. به کمک دستگاه هدایت سنج روزنه (leaf prometer Model SC-J Eijkelkamp هلندی)، هدایت روزنه، مقاومت روزنه، و رطوبت نسبی ۵ برگ بر روی درخت مورد سنجش قرار گرفت. همچنین با استفاده از دستگاه کلروفیل‌متر (SPAD-502plus,Konica Minolta) غلظت نسبی کلروفیل همان برگ‌ها بر روی درخت سنجش گردید. این دستگاه بر اساس مقدار نور عبور کرده از برگ، در دو طول موجی که جذب کلروفیل در آن‌ها متفاوت هست غلظت را نشان می‌دهد، باید توجه داشت که عدد SPAD به هیچ عنوان مقدار کلروفیل را مشخص نمی‌کند بلکه تخمینی از غلظت کلروفیل را نشان می‌دهد. این عدد همبستگی بالایی با مقدار کلروفیل برگ دارد (Azizi et al., 2011). ۱۰ گرم از برگ‌های تازه، توزین و به مدت ۷۲ ساعت در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد در آون قرار داده شد سپس وزن خشک آنها تعیین گردید.

سنجش مقدار عناصر گیاه و خاک: از برگ‌های خشک شده که در بالا به آن اشاره شد و نیز نمونه خاک‌های سه منطقه با استفاده از دستگاه Digesdahl به روش Pichtel Bradway (۲۰۰۸) به کمک اسید سولفوریک ۹۸ درصد و آب اکسیژنه ۳۰ درصد عصاره‌گیری انجام شد. و در نهایت با استفاده از روش اسپکتروفوتومتری به کمک دستگاه ICP (Atomic Absrption/AAS/England/PG-990) غلظت عناصر سنگین سرب و کادمیوم و عناصر ضروری کلسیم و منیزیوم در هر یک از عصاره‌ها ی حاصل از برگ‌ها و خاک تعیین گردید. همچنین با انتقال خاک به آزمایشگاه خاکشناسی مشخصات فیزیکوشیمیایی و بافت خاک‌های برداشت شده از ۱۰ سانتی‌متری سطح خاک سه منطقه به شرح جدول ۲ گزارش شد.

جدول ۲: خصوصیات فیزیکی خاک و مقدار عناصر سرب و کادمیوم برحسب ppm در خاک سه منطقه در سه منطقه

منطقه	رس	ماسه	سیلت	pH	EC	Ca ppm	Mg ppm	Pb ppm	Cd ppm
پارک صدرا	٪۳۸	٪۲۸	٪۲٤	۷/٤	۰/۷۳	٤/۹۰۲	۳/۹۱	۱/۲۰٤	۰/۱۹۷
پارک المهدی	٪۲٤	٪٤۰	٪۳٦	۷/۷	۰/۸۰	٤/۰۰۲	۳/۸٦	۱/۳۳	۰/۰۲۰۵
پارک اوستا	٪۱٦	٪٦٤	٪۲۰	۷/٦	۰/۷٦	۵/۹۰۵	۳/۲۱	۰/٦٤۹	۰/۰۷٦

آزمایش در قالب طرح به‌طورکامل تصادفی در ۵ تکرار به اجرا درآمد و تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS) version 9.1) انجام گرفت. تجزیه واریانس داده‌ها با روش Two Way Anova و مقایسه میانگین‌ها بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام شد.

بر اساس جدول تجزیه واریانس شماره ۳، تحت تأثیر آلودگی هوا مقادیر صفات سطح برگ و هدایت روزنه درختان چنار در مناطق مختلف با یکدیگر اختلاف معنی دار در سطح ۱ درصد داشتند و صفات وزن خشک، مقاومت روزنه، رطوبت نسبی برگ و غلظت نسبی کلروفیل به روش SPAD معنی‌دار نبود.

نتایج

جدول ۳: جدول تجزیه واریانس صفات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی برگ درختان چنار در سه منطقه

منابع تغییرات	درجه آزادی	سطح برگ	وزن خشک	هدایت روزنه	مقاومت روزنه	رطوبت برگ	غلظت کلروفیل
تیمار	۲	۸۲/۰۳**	۰/۵۵۸۲ns	۱۱۲٤٤**	۲/۹۹ ns	۱۹۷/۱ ns	٤/۹۸۲ ns
خطا	۹	٤/۵۹۷	۰/۳٦٤۹	٦۳۱/٤	۲/۲۲	۱۹۷/۱	۵/٤۲۹
CV	–	۱۵/۹۸	۱۸/٤	۲۳/۱۲	۲۷/٦۹	۳۰/۰	٦/۵۹

** و *: میانگین مربعات به‌ترتیب در سطح ۱و۵ درصد معنی‌دار هستند. ns =اختلاف میانگین‌ها معنی‌دار نیست.

براساس جدول ٤، مقایسه میانگین‌های صفات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی برگ نشان داد، برگ چنارها در پارک المهدی (منطقه آلوده ۲) دارای کمترین سطح به میزان ۸/۱۹ سانتی‌مترمربع بودند. از طرفی بیشترین میزان هدایت روزنه به میزان ۱۸۷/۲۷ mmol/m²s مربوط به پارک المهدی بود که با دو منطقه دیگر اختلاف معنی‌دار داشت و کمترین مقدار هدایت روزنه مربوط به برگ چنارهای پارک صدرا به میزان ۹۲/۷ mmol/m²s بود. بین میانگین وزن خشک، مقاومت روزنه، رطوبت نسبی برگ و غلظت کلروفیل گیاهان در مناطق مختلف اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (جدول ٤).

جدول٤: مقایسه میانگین‌های صفات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی برگ درختان چنار در سه منطقه

مناطق	سطح برگ Cm^2	وزن خشک g	هدایت روزنه $mmol/m^2S$	مقاومت روزنه m^2S/mol	درصد رطوبت برگ	غلظت‌کلروفیل SPAD
صدرا(پاک)	۱۵/۸ ±۰/۲۲۳a	۳/٤٤±۰/۰۷۷ a	۹۲/۷±٦/۹۵ b	۱۰/۲٦±۱/۰۰۷ a	٤٦/٤ ±۳/۷۲۷a	۳٤/۸۷±۰/٤۷۳ a
المهدی(آلوده۱)	۸/۱۹±۱/٤٤۸ b	۲/۸۵ ±۰/۵۱۳a	۱۸۷/۲۷ ±۵/۲۸a	٦/۷۸ ±۰/۷٦۳a	۵۲/۸ ±۳/۱۵۷a	۳٦/٦ ±۱/۰٤۱ a
اوستا(آلوده۲)	۱٦/۲٤ ±۱/۱٤a	۳/۵۵ ±۰/۰٦ a	۱۲۹/۸۹±۱۹/۹ b	۱۱/٤۸ ±۰/۲۷۲a	۳۸/۸ ±۱۱/۲ a	۳٤/۵ ±۱/٦٦۲ a

میانگین تیمارهایی که دارای حروف مشابه می‌باشند، براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد دارای تفاوت معنی‌داری نیستند. میانگین ± انحراف معیار

بررسی جدول تجزیه واریانس مقدار عناصر (جدول۵) نشان می‌دهد بین مناطق مختلف اختلاف غلظت عنصر منیزیوم در سطح ۱ درصد و غلظت سرب و کادمیوم در سطح ۵ درصد معنی‌دار بود. در حالی که مقادیر عناصر کلسیم معنی‌دار نبود.

مقایسه میانگین غلظت‌های عناصر در جدول ٦ نشان داد از بین عناصر پرمصرف کلسیم و منیزیم تنها غلظت منیزیوم به‌طور معنی‌دار در برگ‌های چنار پارک اوستا با مقدار ۰/۱٦ ± ۲/۳۲ ppm بیشترین مقدار را داشت و کمترین میانگین غلظت منیزیوم مربوط به برگ‌های چنار پارک صدرا به میزان ۰/۱۰۸±۱/۰۵ ppm است.

ضمن بررسی غلظت فلزات سنگین سرب و کادمیوم، بیشترین میانگین غلظت سرب به میزان ppm ۰/۱۲٤±۱/۰۷ به برگ‌های درخت چنار در پارک اوستا تعلق داشت که به‌طور معنی‌داری نسبت به برگ‌های چنار پارک المهدی با کمترین مقدار سرب به میزان ۰/۱۱۷±۰/۹۷۲ ppm بیشتر بود. بیشترین مقدار کادمیوم به میزان ۰/۱۲٤ ±۰/۱۷ ppm در پارک صدرا مشاهده شد که با مقدار آن در پارک المهدی به میزان ۰/۱۲۸ ±۰/۱۵۷ppm در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌دار داشت (جدول ٦-٤).

جدول ۵: تجزیه واریانس عناصر برگ درختان چنار در سه منطقه

منابع تغییرات	درجه آزادی	Ca	Mg	Pb	Cd
تیمار	۲	۰/۱۹۱۲۷ ns	۱/۸۹۸**	۰/۰۰۹۸۵*	۰/۰۰۰۱۷۵*
خطا	۹	۰/۱۲۷	۰/۰۰٦۸۲	۰/۰۰۱۸٤۱	۰/۰۰۰۰۵۲
ضریب تغییرات	-	۹/۷۹	٤/٤۸۷	٤/۲۲	٤/٤۷

**و* : میانگین مربعات به‌ترتیب در سطح ۱ و ۵ درصد معنی‌دار هستند.

Ns: اختلاف میانگین‌ها معنی‌دار نیست.

جدول ٦: مقایسه میانگین عناصر برگ درختان چنار در سه منطقه

فاکتور	Ca	Mg	Pb	Cd
صدرا (پاک)	۳/٤± ۰/۰۱٤a	۱/۰۵±۰/۰۱۰۸c	۱/۰۰۵±۰/۲۵٦ab	۰/۱۷۰±۰/۱۲٤a
المهدی (آلوده۱)	۳/۸۳±۰/۰٤٦a	۲/۱٤±۰/۱۳۵b	۰/۹۷۲±۰/۱۱۷b	۰/۱۵۷±۰/۱۲۸b
اوستا (آلوده۲)	۳/٦۷±۰/۰۵۲a	۲/۳۲±۰/۱٦۲a	۱/۰۷±۰/۱۲٤a	۰/۱٦۰±۰/۰٦۵ab

میانگین تیمارهایی که دارای حروف مشابه می‌باشند، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد دارای تفاوت معنی‌داری نیستند. میانگین ± انحراف معیار

بحث

نتایج بررسی برخی صفات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی برگ در این پژوهش نشان داد تنها میانگین صفات هدایت روزنه و سطح برگ تفاوت معنی‌داری را بین مناطق مختلف نشان دادند. تحقیقات نشان داده است آلودگی هوا در مناطق صنعتی بیشتر از مناطق شهری است. در بسیاری از پژوهش‌ها مانند بررسی Doganlar و همکاران (۲۰۱۱)، Kapoor و همکاران (۲۰۱۲) و Govindaraju و همکاران (۲۰۱۰)، که مناطق آلوده صنعتی و شهری با مناطق پاک مورد مقایسه قرار دادند شاهد تغییرات بیشتر برخی صفات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی بودند. به نظر می‌رسد در پژوهش حاضر تا اواخر بهار آلودگی هوا تأثیر چندانی بر میزان کلروفیل برگ سنجش شده با روشSPAD نداشته است که با نتایج Kapoor و همکاران (۲۰۱۲) بر روی گیاه *Holoptelea integrifolia* L. و Govindaraju و همکاران (۲۰۱۰) در گیاهان *Cassia siamea* Lamk و *Polyalthia longifolia* Sonn و *Acacia longifolia* Wild که به کاهش میزان کلروفیل اشاره نمودند مغایر می‌باشد. البته این مغایرت می‌تواند به سبب تفاوت روش سنجش کلروفیل باشد چون در این پژوهش از روش-

های استخراج و سنجش با اسپکتروفتومتری استفاده نشده است. همچنین به احتمال زیاد زرد شدن برگ-های این گیاه در اواخر مرداد و شهریور ماه در سال-های اخیر پس از مواجه شدن با تنش‌های کم آبی تابستان به همراه آلودگی هوا است.

Leghari و Zaidi (۲۰۱۳) ضمن بررسی ریخت‌شناسی برگ ۱۳ گیاه معمولی رشد یافته در مناطق آلوده شهری و غیر آلوده اطراف شهر کویته پاکستان نشان دادند که مساحت برگ در همه گونه‌های گیاهی مورد بررسی در مناطق آلوده نسبت به مناطق غیرآلوده کاهش معنی‌داری داشته‌اند. هم‌چنین آنها مشخص نمودند که این کاهش‌ها در طی فصل‌های مختلف متفاوت بوده و بیشترین کاهش در تابستان و سپس پاییز و کمترین کاهش در بهار دیده شد. در بررسی حاضر نیز که در آخر بهار انجام شد کاهش سطح برگ فقط در منطقه آلوده ۱ پارک المهدی به‌طور معنی‌دار مشاهده شد. ممکن است اعمال طرح ترافیک در مناطق مرکزی شهر مانند منطقه آلوده ۲ پارک اوستا توانسته در کاهش اثرات مخرب آلودگی هوا در این منطقه نسبت به میدان آزادی(منطقه آلوده۱) که خارج از محدوده طرح ترافیک بوده ولی منطقه‌ای پر رفت وآمد است، موثر بوده باشد.

در بررسی Wuytack و همکاران (۲۰۱۰)، نشان داده شد درختان بید سفید که در محیط‌های بسیار آلوده رشد کرده‌اند، توسط تشکیل روزنه‌های بیشتر ولی کوچک‌تر سازش یافته‌اند که موجب افزایش مقاومت روزنه‌ای می‌شود که مغایر با نتایج این پژوهش است. همچنین بررسی‌های آنها نشان داد که زی‌توده برگ و زی‌توده ساقه بید سفید بین دو منطقه آلوده و پاک مورد مطالعه، اختلاف معنی‌داری نداشتند که با نتایج این تحقیق همسو است. همچنین در تحقیق Neufeld و همکاران (۱۹۸۵) مشخص گردید تخریب برگ چنار تحت تأثیر باران‌های اسیدی در برگ‌های جوان بیشتر از برگ‌های پیر است و مقدار زی‌توده برگ و هدایت روزنه تحت تأثیر باران‌های اسیدی قرار نگرفت. در پژوهش حاضر نیز وزن خشک برگ چنار تحت تأثیر آلودگی هوا قرار نگرفت ولی هدایت روزنه افزایش یافت.

Salama و همکاران (۲۰۱۱) ضمن بررسی اثر هوای آلوده بر روی گیاه *Datura innoxia* Mill. نشان دادند آلودگی هوا موجب کاهش سطح برگ، وزن خشک و غلظت کلروفیل در این گیاه شد که کاهش سطح برگ همسو و بقیه یافته‌های تحقیق فوق مغایر با نتایج این تحقیق است.

Robinson و همکاران (۱۹۹۸) نیز بیان کردند بسیاری از آلودگی‌های اتمسفری حتی وقتی در غلظت‌های نسبتا کم باشند، ممکن است در کنترل دستگاه روزنه ایی دخالت کنند بنابراین توانایی بهم ریختن تعادل آب برگ وگیاه را دارند. اگرچه غلظت‌های بالای آلاینده‌هایی مانند SO_2 و O_3 معمولا موجب بسته شدن روزنه‌ها می‌شود اما در غلظت‌های پایین اغلب هدایت روزنه کاهش می‌یابد. نتایج پژوهش حاضر نشان داد آلودگی هوا در پارک المهدی باعث افزایش معنی‌دار هدایت روزنه در برگ‌های چنار شده است.. در این راستا به نظر می رسد آلودگی هوا موجب افزایش از دست رفتن آب گیاه گردیده است. شاید یکی از دلایل زود زرد شدن این گیاه نیز ادامه این روند در تابستان است که چون با کم آبی همراه می‌شود شدت از دست دادن آب بیشتر شده و فعالیت‌های فیزیولوژیکی گیاه تحت تأثیر قرار می‌گیرد. در مطالعه Robinson وهمکاران (۱۹۹۸) مشخص شد هدایت روزنه و میزان خشکی برگ‌های *Fagus sylvatica* در محیط با CO_2 افزایش یافته به‌طور معنی‌داری بیشتر از محیط‌های با CO_2 محدود است. احتمالاً بالا بودن غلظت CO_2 در منطقه آلوده

پارک المهدی موجب افزایش هدایت روزنه گردیده است. همچنین Abeyratnn و Ileperuma (۲۰۰۶) نشان دادند پهنا و طول منافذ روزنه‌های برگ‌های بالغ گیاه *Argyreia populifolia* در مناطق آلوده کاهش یافتند.

طبق نتایج بدست آمده بیشترین مقدار منیزیوم در برگهای چنار پارک اوستا وجود دارد. با توجه به اینکه این عنصر در مرکز مولکول کلروفیل قرار دارد. احتمال دارد کلروفیل‌ها در این گیاه تجزیه شده و منیزیوم آنها در برگ انباشته شده است و یا آلودگی مانع ساخت مولکول‌های کلروفیل شده و موجب تجمع منیزیم گردیده باشد.

همچنین در این تحقیق مشخص شد در برگ‌های چنار پارک اوستا بیشترین مقدار سرب و در برگ‌های چنار پارک صدرا بیشترین مقدار کادمیوم انباشته شده است در حالی که کمترین مقادیر این دو عنصر در پارک المهدی وجود داشت. بیشترین مقدار سرب و کادمیوم در برگ‌های اقاقیای پارک صدرا و کمترین مقادیر آنها در پارک المهدی مشاهده شد. بارزترین مورد مصرف کادمیوم در ترمز ماشین‌ها می باشد با توجه به این‌که پارک صدرا در حاشیه خروجی اتوبان ازادگان و خروجی به شهرک قرار گرفته احتمالاً در این محل به علت تغییر سرعت، ماشین‌ها مجبور به ترمز شدید می باشند. این موضوع می‌تواند دلیل توجیه مقدار کادمیوم بالاتر در درختان این پارک باشد.

Aftabtalab در سال ۱۳۸۷، توان زیست پالایی سرب و کادمیوم در نهال‌های دو ساله‌ی چنار(*Platanus orientalis*) را مورد بررسی قرار داد. نتایج نشان‌دهنده بردباری این درختان در برابر غلظت‌های بالای آلاینده و توانایی برگ‌ها در جذب این آلاینده‌ها بود. میزان جذب سرب و کادمیوم در برگ چنار در آخر خرداد کمتر از آخر مهر بود که دلیل این امر می‌تواند کرکدار بودن برگ‌ها باشد که با نتایج این تحقیق همسو است. در تحقیقی دیگر Doganlar و همکاران (۲۰۱۱) به مطالعه اثرات آلودگی هوا در مناطق شهری و صنعتی بر میزان برخی فلزات سنگین در برگ چندین درخت و درختچه در آنتالیای ترکیه پرداختند. نتایج این بررسی نشان داد مقدار آلومینیوم و مس در برگ گیاهان شهری و مقدار سرب، کادمیوم و روی در برگ گیاهان مناطق صنعتی بیشتر بود. با توجه به نتایج این محققین این احتمال وجود دارد که نواحی غربی تهران تحت تاثیر مناطق صنعتی خارج شهر واقع در غرب تهران قرار داشته باشند. در بررسی Havhannisyan و Nersisyan (۲۰۰۹) نیز نشان داده شد که از میان شش گونه درختی مورد بررسی در ایروان ارمنستان، برگ‌های سه گونه‌ی اقاقیا، صنوبر و زبان گنجشک بیشترین جذب سرب را از هوا داشتند و نسبت به سرب مقاوم بودند. نتایج تحقیق حاضر نشان داد برگ‌های درخت چنار نیز توان جذب سرب را دارند اما این که این توان تا چه میزان می‌باشد نیاز به بررسی‌های بیشتر و دقیق‌تر دارد.

نتیجه‌گیری نهایی

در پژوهش حاضر مشخص گردید آلودگی هوا تا اواخر بهار تاثیر کمتری بر برخی خصوصیات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی دارد اما این مورد تغییرات زمینه را برای آسیب‌های بعدی فراهم می‌کند و با ادامه آلودگی هوا، تغییرات و آسیب‌ها مانند کاهش سطح برگ بیشتر می‌گردد. به طوری که در این پژوهش آلودگی هوا موجب کاهش معنی‌دار سطح برگ و افزایش هدایت روزنه شد ولی تاثیری بر وزن خشک، مقاومت روزنه، رطوبت نسبی برگ، مقدار کلسیم و غلظت کلروفیل نداشت. بیشترین مقدار منیزیوم و سرب در برگ‌های چنار منطقه الوده پارک

اوستا مشاهده شد. اما بیشترین مقدار کادمیوم مربوط به برگ‌های چنار منطقه پاک، پارک صدرا بود. به نظر می‌رسد درخت چنار توان جذب فلزات سنگین را دارد. به این ترتیب بهتر است به منظور درک بهتر تاثیرات آلودگی هوا بر این گیاه بررسی‌های جامع تر در فصول مختلف صورت گیرد تا راه‌های مناسب جهت حفظ پوشش گیاهی شهرها اتخاذ گردد.

تشکر و قدردانی

تحقیق فوق با حمایت مالی دانشگاه آزاد اسلامی واحد شهرری به اجرا در آمده است، بدین‌وسیله از آن واحد دانشگاهی، تقدیر و تشکر به‌عمل می‌آید. همچنین از جناب آقای دکتر فرهنگ مراقبی و آقای مهندس ساسان فرهنگیان و سرکار خانم مهندس فرناز افدیده که ما را در انجام این تحقیق یاری نمودند کمال تشکر را داریم.

References

Abeyratne, V.D.K. and Ileperuma, O.A .(2006). Impact of ambient air pollutants on the stomatal aperture of *Argyreia populifolia.* Ceylon Journal of Science (Biological Sciences). 35(1):9-15.

Aftabtalab, N. (1387). Evaluation of phytoremediation of lead and cadmium in sycamore and cypress, MA thesis, Natural Resources Faculty of Tehran University, Department of Forestry and Forest Economics, Degree in Forest Science and Forest Ecology.

Aliahmad Koroori, S. (1999). Proceedings of the study of the enzyme reaction to changes in environmental factors in forest trees. Research Institute of Forests and Rangelands Publication. p 333.

Azizi, g., Alimoradi, L. and Syahmargovi, A. (2011). The relationship between chlorophyll meter number with the content of chlorophyll, photosynthesis and leaf Nitrozhen in Soya. (*Glycine max* L.). Journal of Plant Research. 23 (3):211-215.

Chibuike, G.U. and Obiora, S.C. (2014). Heavy metal polluted soils: Effect on plants and bioremediation methods. Applied and Environmental Soil Science. 2014:1-12.

Ebrahimzadeh, H. (2000). Plant physiology, Vol. 1 (feeding and absorption). Tehran University Press, 23, Issue 3.

Doğanlar, ZB. and Atmaca, M. (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. 214:509–523.

Gisbert, C., Ros, R., De Haro, A., Walker, D.J., Bernal, M.P., Serrano, R. and Navarro-Avino, J. (2003). "A plant genetically modified that accumulates Pb is especially promising for phytoremediation", Biochemical and Biophysical Research Communications. 303: 440–445.

Ghorbanli, M., Khaniki, GH. and Baknd, Z. (2007). The effect of air pollutants in Tehran on fresh and dry weight, proline, soluble carbohydrates, the number of stomata, hairs and epidermal cells in two oleander plant *Nerium oleander* L. and Acacia ,*Robinia pseudoacacia* L. Pajohesh and Sazandegi. 20(4):77.

Govindaraju, M., Ganeshkumar, RS, Suganthi, P., Muthukumaran, VR. And Visvanathan, P. (2010). Impact assess.ment of air pollution stress on plant species through biochemical estimations. World Academy of Science, Engineering and Technology. 4: 784-787.

Hovhannisyan, H.A. and Nersisyan, G.S. (2009). A Study of lead pollution of vegetation in Yerevan (ARM,ENIA). B,ook of proceedings from the 5th international conference. Environmental accounting-sustainable development indicators. Jan Evangelista Purkyne University in Usti nad Labem.

Joodi, SM. (2005). Conference Procedia "of information and services in terms of air pollution". The Bulletin of Scientific Research Institute of Climatology. 5:3-4.

Neufeld, H.S., Jeprnsteat, J.A. and Haines, B.L. (1985). Direct foliar effects of simulated acid rain .I. Damage, growth and gas exchenge. New Phytologist. 99(3): 389-405.

Pitchel, J. and Bradway, D.J. (2008). Conventional crops and organic amendments for Pb, Cd and Zn treatment at a severely contaminated site. Bioresource Technology. 99(5):1242-1251.

Pourkhabbaz, A., Rastin, N., Olbrich, A., Langenfeld-Heyser, R. and Polle, A. (2010). Influence of environmental pollution on leaf properties of urban plane trees, *Platanus orientalis* L. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology.8 5:251-255.

Sabeti, H. (1994). Forest trees and shrubs of Iran, Yazd University. p 810.

Salama, HMH., Al-Rumaih, MM. and Al-Dosary, MA. (2011). Effects of *Riyadh cement* industry pollutions on some physiological and morphological factors of *Datura innoxia* Mill. Plant Saudi Journal of Biological Sciences. 18:227–237.

Seyyednejad, SM., Niknejad, M., Koochak, H. (2011). A Review of some different effects of air pollution on plants. Research Journal of Environmental Sciences. 5:302-309.

Robinson, M.F., Heath, J. and Mansfield, T.A. (1998). Disturbances in stomatal behaviour caused by air pollutants. Journal of Experimental Botany. 49:461–469.

Wuytack, T., Verheyen, K., Wuyts, K., Kardel, F., Adriaenssens, S. and Samson, R. (2010). The potential of biomonitoring of air quality using leaf characteristics of white willow (*Salix alba* L.). CLIMAQS Workshop 'Local Air Quality and its Interactions with Vegetation' January 21-22, Antwerp, Belgium.

Kapoor, CS., Bamniya, BR. and Kapoor, K. (2012). Natural and effective control of air pollution through plants- studies on a tree species:*Holoptelea integrifolia* L. Mitig Adapt Strateg Glob Change. 17: 793–803.

Kaya, G., Okumus, N. and Yaman, M. (2010). Lead, Cadmium and Copper concentration in leaves of *Nerium oleander* L. and *Robinia pseudoacacia* L. as biomonitors of atmospheric pollution. Fresenius Environmental Bulletin. 19(4a):98-103.

Kumar Rai, P. (2015). Biodiversity of roadside plants and their response to air in an pollution Indo-Burma hotspot region: implications for urban ecosystem restoration. Journal of Asia-Pacific Biodiversity. 9(1): 47–55.

Kurteva, M. (2004). Bioindication ability of tree and shrub species under industrial environmental pollution. Nature montenegrina, Podgric.7(2): 485-503.

Leghari, S.K. and Zaidi, M.A. (2013). Effect of air pollution on the leaf morphology of common plant species of QUETTA city. Pakistan Journal of Botany. 45(1): 447-454.

Mertens, J., Van Nevel, L., Schrijver, A.D. and Piesschaert, F. (2007). Tree species effect on the redistribution of soil metals. Environmental Pollution. 149:173-181.

Mozaffarian, V. (1994). Vegetation Classification Volume II: Dicotyledons . Nashr-e-Danesh Emrooz Publications. P 610.

Mozaffarian, V. (2004). Trees and shrubs of Iran. Farhang-e-Moaser Publications.p 991.

Naidoo, G. and chirkoot, D. (2004). The effects of coal dust on photosynthetic performance of the mangrove. *Avicennia marina* in Richards bay, South Africa. Enviromental Pollution. 127:359-366.