Archive of SID

نشریه فیزیولوژی محیطی گیاهی، سال دهم، شماره ۳۸، تابستان ۱۳۹۴ / صفحات: ۵۶-۴۸

بررسی پاسخ‌های فیزیولوژیک و علل مقاومت درخت اقاقیا (*Robinia pseudoacacia* L.) تحت تاثیر آلودگی هوای شهر تهران

سیده مهدخت مداح*[۱]، فرهنگ مراقبی[۲]، ساسان فرهنگیان کاشانی[۳]، فرناز افدیده[٤]

[۱] استادیار،گروه زیست‌شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد یادگار امام خمینی (ره) شهرری، تهران

[۲] استادیار، گروه زیست‌شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد یادگار امام خمینی (ره) شهرری، تهران

[۳] کارشناس‌ارشد، گروه کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد یادگار امام خمینی (ره) شهرری، تهران

[٤] کارشناس، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد یادگار امام خمینی (ره) شهرری، باشگاه پژوهشگران جوان، تهران

تاریخ دریافت: ۹٤/۳/۲۷ تاریخ پذیرش: ۹٤/۵/۳۰

چکیده

آلودگی محیط زیست یکی از بزرگترین معضلات جهان است. گیاهان از عوامل مهم کاهش آلودگی هوا به شمار می‌آیند ولی افزایش مقدار و غلظت آلوده کننده‌ها در سال‌های گذشته موجب شده است تا گیاهان نیز آسیب ببینند. یافتن مکانیزم‌های مقاومت گیاهان به آلودگی مهم است. درخت اقاقیا به دلیل زیبایی و مقاومت نسبی آن کاربرد فراوانی در فضای سبز و پارک‌ها دارد. در پژوهش حاضر میزان تغییرات کلروفیل، کاروتنوئید، آنتوسیانین، فعالیت آنزیم پراکسیداز و غلظت عناصر سنگین سرب، کادمیم، عناصر ضروری کلسیم و منیزیوم در این گیاه بررسی شد. سه منطقه از شهر تهران با مقادیر متفاوت از آلودگی هوا مقایسه گردید. مقایسه میانگین رنگیزه‌های فتوسنتزی اختلاف معنی‌داری را بین سه منطقه نشان نداد. بیشترین مقدار میانگین جذب آنتوسیانین و فعالیت آنزیم پراکسیداز در اقاقیا مربوط به نمونه‌های واقع در مناطق آلوده شهر و کمترین آن مربوط به نمونه‌های حاشیه شهر در پارک صدرا بود. برعکس بیشترین غلظت سرب و کادمیوم به پارک صدرا تعلق داشت.

واژه‌های کلیدی: اقاقیا (*Robinia pseudoacacia* L.)، آلودگی هوا، آنزیم پراکسیداز، رنگیزه‌ها، عناصر

مقدمه

تهران حدود دویست سال قبل به‌عنوان پایتخت ایران انتخاب شده و در ۵۰ سال گذشته روند گسترش آن بسیار سریع بوده است. در سالیان اخیر افزایش محدوده شهر تهران و شهرک‌های پیرامون آن، مهاجرت وسیع جمعیت ازاقصی نقاط کشور، افزایش وسایل نقلیه و واحدهای مختلف آلوده کننده، مشکل آلودگی این شهر را به‌صورت یک چالش عمیق و اساسی تبدیل کرده است. درصد این آلودگی نه تنها ثابت نبوده، بلکه هر ساله بر شدت آن نیز افزوده شده است. از طرف دیگر لزوم احداث بوستان‌های شهری و تنوع گونه‌ای و از طرف دیگر حذف برخی از گونه‌های موجود به علت عدم سازگاری، موجب شده هر از گاهی گونه‌های جدیدی به فلور گیاهی تهران افزوده شود (Moraghebi, 2014).

با اینکه گیاهان از عوامل مهم کاهش آلودگی هوا به شمار می‌آیند ولی افزایش مقدار و غلظت آلوده کننده‌ها در بیست سال گذشته موجب شده است تا گیاهان نیز آسیب ببینند. به این ترتیب تعیین گونه‌های مقاوم گیاهان و یافتن علت مقاومت آنها ، کمک بزرگی در انتخاب گیاهان برای فضای شهری می‌نماید

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

www.SID.ir

Archive of SID

تا ضمن حفظ زیبایی شهر با کمترین آسیب موجب کاهش آلودگی گردند. آلاینده‌ها می‌توانند سبب کاهش فتوسنتز، کاهش بهره‌وری از آب و کاهش گل و میوه درگیاه شوند. آلودگی هوا منجر به کوتاهی قد درختان نیز می‌شود (مراقبی و همکاران، ۱۳۹۱).درختان با توجه به عمر طولانی خود به عنوان موجودات زنده، می‌توانند بهترین و دقیق‌ترین شاخص برای تحقیق روی تنش‌های محیطی باشند (علی احمد کروری و همکاران ۱۳۷۸).

اقاقیا (*Robinia pseudoacacia* L.) درخت یا درختچه‌ای است گل‌دار و زینتی از تیره پروانه آسا که در بیشتر مناطق ایران می‌روید. این درخت خزان دیررس دارد. برگ‌های آن مرکب و به رنگ سبز نزدیک به آبی است. درخت اقاقیا از جمله درختان مقاومی است که با انواع آب و هوا سازگاری یافته و به منظور زیباسازی فضای سبز و کنترل فرسایش خاک و احیای اراضی کشت می‌شود (ثابتی، ۱۳۷۳؛ مظفریان، ۱۳۷۳و۱۳۸۳).

Celik و همکاران (۲۰۰۵) در مطالعه‌ای بر روی برگ‌های اقاقیا (*Robinia pseudoacacia* L.) آن را به‌عنوان نشانگرهای زیستی آلاینده‌هایی از جمله فلزات سنگین در شهر Denizli ترکیه ارزیابی کردند. همبستگی قوی بین درجه‌ی آلودگی و غلظت در همه برگ‌های گیاه نشان داد که برگ‌های اقاقیا به‌طور دقیق منعکس‌کننده تغییرات محیطی بوده و به نظر می‌رسد که آنها نشانگرهای زیستی مؤثری از کیفیت محیطی در مناطق در معرض آلودگی صنعتی و ترافیکی هستند.

Havhannisyan و Nersisyan (۲۰۰۹) نشان دادند که از میان ٦ 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.

Doganlar و همکاران (۲۰۱۱) به مطالعه اثرات آلودگی هوا در مناطق شهری و صنعتی بر میزان برخی فلزات سنگین و میزان فعالیت آنزیم پراکسیداز 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. همچنین افزایش فعالیت آنزیم پراکسیداز در هر دو منطقه آلوده شهری و صنعتی در مقایسه با منطقه پاک مشاهده شد.

علی‌احمد کروری (۱۳۷۸) نشان داد که غلظت گرد و غبار حاوی آلومینیوم، باریم، آهن، سرب، فسفر، سلنیوم، منگنز و استرانسیوم روی شاخ و برگ در منطقه شهری به‌طور قابل توجهی بالاتر از منطقه روستایی بودند. اندازه‌گیری میزان گرد و غبار روی برگ‌ها به عنوان یک روش نظارت بر آلودگی‌ها بسیار مفید است. همچنین از اندازه‌گیری فعالیت پراکسیداز به‌عنوان شاخصی تحت شرایط استرس می‌توان استفاده کرد.

Govindaraju و همکاران (۲۰۱۰) در مطالعه‌ای تغییرات رنگدانه‌های فتوسنتزی (کلروفیل a، کلروفیل b و کاروتنوئیدها) و تغییرات آنزیم روبیسکو را مورد بررسی قرار دادند و مشاهده نمودند رنگدانه‌های فتوسنتزی گیاهان در حال رشد در سایت آلوده و همچنین آنزیم روبیسکو در *Azadirachta indica* به شدت کاهش یافت. Salama و همکاران (۲۰۱۱) نشان دادند آلودگی هوا موجب کاهش غلظت کلروفیل در گیاه *Datura innoxia* Mill شد.

Ghorbanli و همکاران (۲۰۰۷) ضمن بررسی فعالیت آنزیم‌های پراکسیداز در اقاقیا در دو منطقه آلوده (آزادی) و پاک (پارک سرخه حصار) گزارش نمودند فعالیت آنزیم پراکسیداز درمنطقه آلوده در مقایسه با گروه شاهد به‌طور معنی‌داری بیشتر بود.

www.SID.ir

Archive of SID

با توجه به مقاوم بودن درخت اقاقیا و نیز نظر به این که کاربرد آن بعنوان یک نشانگر زیستی تایید شده است، در پژوهش حاضر ضمن بررسی برخی علل فیزیولوژیکی مقاومت این گیاه، به بررسی وضعیت میزان آلودگی فلزات سنگین در مناطق مختلف شهر تهران پرداخته شد.

مواد و روش‌ها

جمع آوری نمونه: در تاریخ ۵ خرداد ماه ۱۳۹۲ قبل از تنش خشکی ناشی از هوای گرم تابستان برگ‌های سالم درختان اقاقیا از سه پارک در مناطق مختلف تهران جمع‌آوری شد. با استفاده از اطلاعات اداره کنترل کیفیت هوای تهران مناطق آلوده و پاک شهر تهران از نظر آلاینده‌هایی مانند (O_3, NO_2, CO_2, SO_2) (PM_{10}) تعیین گردید. به منظور یکسان بودن نسبی شرایط جغرافیایی، آب و هوا و ارتفاع، این مناطق از غرب تهران به سمت مرکز آن انتخاب گردید. پارک صدرا در شهرک صدرا بالای استادیوم آزادی به‌عنوان منطقه پاک یا با آلودگی کم، پارک المهدی به‌عنوان منطقه آلوده ۱ واقع درشرق میدان آزادی، پارک اوستا واقع در خیابان انقلاب بین خیابان توحید و جمالزاده به‌عنوان منطقه آلوده ۲ انتخاب شدند. در هر منطقه برگ‌ها از ۵ پایه درخت اقاقیا تا حد امکان مشابه و تقریباً از ارتفاع ۱/۵ متری انتخاب و جمع‌آوری شدند.

سنجش رنگیزه‌ها: سنجش میزان کلروفیل و کاروتنوئید به روش Porra (۲۰۰۲) انجام شد. ۰/۲۵ گرم برگ در ۱۰ میلی‌لیتر استون ۸۰٪ هموژن گردید. سپس عصاره حاصل به‌مدت ۱۰ دقیقه در ۱۵۰۰ g سانتریفوژ گردید و جذب رو مایع حاصل در طول موجهای ٦٦٣,٦، ٦٤٦,٦ و ٤٤٠,٥ نانومتر به کمک دستگاه اسپکتروفتومتر مدل Cary 100Bio خوانده شد. مقدار رنگیزه‌ها با استفاده از روابط Porra (۲۰۰۲) بر اساس میکروگرم بر گرم وزن تر محاسبه گردید.

سنجش میزان آنتوسیانین به روش Mancinelli و همکاران (۱۹۸۸) انجام شد. ۰/۲۵ گرم از برگ پودر شده با ۲۰ میلی‌لیتر متانول اسیدی (1% V/V HCL) سرد به‌مدت یک شبانه روز عصاره‌گیری گردید. عصاره‌ها به‌مدت ۱۵ دقیقه در ٦۰۰۰ rpm سانتریفیوژ شد. جذب عصاره‌های صاف شده در ۵۳۰ نانومتر و ٦٥٧ نانومتر به کمک دستگاه اسپکتروفتومتر مدل Cary 100Bio سنجش شد. میزان جذب آنتوسیانین در عصاره توسط فرمول زیر محاسبه شد.

$A=A_{530}- 0.25\ A_{657}$

سنجش فعالیت کمی آنزیم پراکسیداز: ۰/۵ گرم برگ ساییده شده با ۱۰۰۰ میکرولیتر بافر فسفات ۵۰ میلی‌مولار در pH ۷ مخلوط شد و در ۱٤۰۰۰ rpm به‌مدت ۱۵ دقیقه در ٤ درجه سانتی‌گراد سانتریفیوژ گردید. سپس منحنی جذب، ۱۰۰ میکرولیتر از عصاره آنزیمی در محلول واکنش شامل ۱۲۰۰ میکرولیتر بافرفسفات پتاسیم، ۵۰ میکرولیتر گایاکول و ۵۰ میکرو لیتر پراکسید هیدروژن، در طول موج ٤۷۰ نانومتر در دستگاه اسپکتروفتومتر shimadzu مدل UV-1800 در مدت ۱۳۰ ثانیه رسم گردید. فعالیت آنزیم در یک گرم برگ تازه برحسب میکرومول بر دقیقه بر سی‌سی µmol/min/cc گزارش گردید.

سنجش مقدار عناصر گیاه و خاک: ۱۰ گرم از برگ‌های تازه هر یک از درختان اقاقیا توزین به‌مدت ۷۲ ساعت در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد در آون قرار داده شد، از برگ‌های خشک شده و نیز نمونه خاک‌های سه منطقه با استفاده از دستگاه Digesdahl به روش Pichtel و Bradway (۲۰۰۸) به کمک اسید سولفوریک ۹۸ درصد و آب اکسیژنه ۳۰ درصد عصاره‌گیری انجام شد. در نهایت با استفاده از روش اسپکتروفوتومتری به کمک دستگاه ICP (Atomic Absrption/AAS/England/PG-990) غلظت عناصر سنگین سرب و کادمیم و عناصر

www.SID.ir

Archive of SID

ضروری منیزیوم و کلسیم در هر یک از عصاره‌های 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 ۱ گزارش شد.

جدول ۱: خصوصیات فیزیکی خاک و مقدار عناصر برحسب ppm در خاک سه منطقه

منطقه	رس	ماسه	سیلت	pH	EC	Ca ppm	Mg ppm	Pb ppm	Cd ppm
پاک (پارک صدرا)	٪۳۸	٪۲۸	٪۲٤	۷/٤	۰/۷۳	٤/۹۰۲	۳/۹۱	۱/۲۰٤	۰/۱۹۷
آلوده ۱ (پارک المهدی)	٪۲٤	٪٤۰	٪۳٦	۷/۷	۰/۸۰	٤/۰۰۲	۳/۸٦	۱/۳۳	۰/۰۲۰۵
آلوده ۲ (پارک اوستا)	٪۱٦	٪٦٤	٪۲۰	۷/٦	۰/۷٦	۵/۹۰۵	۳/۲۱	۰/٦٤۹	۰/۰۷٦

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

نتایج

نتایج مقایسه غلظت رنگیزه‌ها و فعالیت آنزیم پراکسیداز برگ اقاقیا در سه منطقه: بررسی اثر آلودگی هوا بر مقدار رنگیزه‌های برگ و فعالیت آنزیم پراکسیداز درخت اقاقیا در جدول ۲ نشان داد غلظت آنتوسیانین در سطح ۵ درصد معنی‌دار بوده و فعالیت آنزیم پراکسیداز در سطح ۱ درصد معنی‌دار است. مقدار کلروفیلb,a، کل، کاروتنوئید اختلاف معنی‌داری نداشت. بررسی اثر آلودگی هوا بر میانگین غلظت رنگیزه‌ها و میانگین میزان فعالیت آنزیم پراکسیداز در درختان اقاقیای سه منطقه در جدول ۳ نشان داد، بیشترین مقدار کلروفیل a به میزان mg/gFW ۲۹۳±۳٤/۰۳ مربوط به برگ‌های اقاقیای پارک‌المهدی است و کمترین مقدار آن به میزان mg/gFW ۲٤۸±۱۳/۵ مربوط به پارک اوستا بود. در حالی که این منطقه بیشترین مقدار کلروفیل b را به میزان mg/gFW ۱۰۰٦±۱۰۰ داشت و برعکس کمترین مقدار کلروفیل b به میزان mg/gFW ٦۸٤±۵۳/۵ مربوط به پارک‌المهدی بود. اما هیچیک از این اختلافات معنی‌دار نبود. مقایسه میانگین کلروفیل کل نیز اختلاف معنی‌داری را بین سه منطقه نشان نداد. علی‌رغم اینکه مقدار کاروتنوئیدها در پارک صدرا به مقدار mg/gFW ۲۷٤۱±٤۰۷ بیشتر از دو منطقه دیگر بود اما این اختلاف معنی‌دار نبود (جدول ۳).

بیشترین مقدار میانگین جذب آنتوسیانین در اقاقیا به میزان ۰/۰۲۹±۰/۰۰۳ مربوط به نمونه‌های واقع در پارک اوستا و کمترین آن مربوط به نمونه‌های پارک صدرا به میزان ۰/۰۱٦±۰/۰۰۲ بود که با یکدیگر اختلاف معنی‌دار داشتند (جدول ۳).

بیشترین میانگین فعالیت آنزیم پراکسیداز در اقاقیا مربوط به مناطق آلوده بود .برگ‌های اقاقیای پارک المهدی بیشترین فعالیت پراکسیدازی به میزان µmol/min/cc ۰/۰۰٤ ± ۰/۱۰۷ و کمترین فعالیت مربوط به برگ‌های اقاقیا در پارک صدرا به میزان µmol/min/cc ۰/۰۱ است (جدول ۳).

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۲: جدول تجزیه واریانس رنگیزه‌های برگ درختان اقاقیا در سه منطقه

منابع تغییرات	درجه آزادی	کلروفیل a	کلروفیل b	کلروفیل کل	کاروتنوئید	آنتوسیانین	فعالیت پراکسیداز
تیمار	۲	۲۵/۵^{ns}	۱۲/۱۱^{ns}	۱۴۴۵۴^{ns}	۱۶۹۰۰۵^{ns}	۰/۰۰۰۲۱۲*	۰/۰۱۲۸**
خطا	۹	۴۵۲۷	۵۲۰۹۴	۳۲۹۴۳	۲۹۳۷۲۴	۰/۰۰۰۰۳۲	۰/۰۰۱۲۵
ضریب‌تغییرات	–	۲۵/۳	۲۸/۲	۱۲/٤	۲۳/۵	۲٦/۵	۲۵/۲

** و * میانگین مربعات به‌ترتیب در سطح ۱و۵ درصد معنی‌دار هستند.

جدول ۳: مقایسه میانگین رنگیزه‌های برگ درختان اقاقیا در سه منطقه

مناطق	کلروفیل a mg/grFW	کلروفیل b mg/grFW	کلروفیل کل mg/grFW	کاروتنوئید mg/grFW	آنتوسیانین جذب	فعالیت پراکسیداز µmol/min/cc
پاک صدرا	۲۵۳±۴۵/۳۳a	۷۳۴±۱۶۱a	۱۴۸۸±۲۸/۱۸a	۲۷۴۱±۴۰۷a	۰/۰۱۶±۰/۰۰۲۹b	۰/۰۱±۰b
آلوده۱ المهدی	۲۹۳±۳۴/۰۳a	۶۸۴±۵۳/۵۵ a	۱۳۸۸±۸۰a	۲۰۷۲±۱۲۵a	۰/۰۱۸±۰/۰۰۲۲b	۰/۱۰۷±۰/۰۰۴a
آلوده۲ اوستا	۲۴۸±۱۳/۵۱a	۱۰۰۶±۱۰۰a	۱۴۹۶±۱۳۲a	۲۳۵۷±۱۹۷a	۰/۰۲۹±۰/۰۰۳۲a	۰/۰۸۵±۰/۰۳a

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

جدول ٤: جدول تجزیه واریانس عناصر برگ درختان اقاقیا در سه منطقه

منابع تغییرات	درجه آزادی	Ca	Mg	Pb	Cd
تیمار	۲	۰/۰۹۸۴^{ns}	۰/۰۱۸۳^{ns}	۰/۱۰۱۵**	۰/۰۰۰۹*
خطا	۹	۰/۴۰۳۵	۰/۰۲۱۵	۰/۰۰۵۸	۰/۰۰۰۲۵
ضریب تغییرات	–	۱۳/۹	۶/۵۲	۷/۴۳	۱۰/۳

**و*: میانگین مربعات به‌ترتیب در سطح ۱و۵ درصد معنی‌دار هستند.

جدول ۵: مقایسه میانگین عناصر برگ درختان اقاقیا در سه منطقه

منطقه	Ca	Mg	Pb	Cd
پاک صدرا	۴/۳۷۲±۰/۴۴a	۲/۱۷۷±۰/۰۴۶a	۱/۲۱۰±۰/۰۰۷a	۰/۱۷۰±۰/۰۰۴a
آلوده۱ المهدی	۴/۶۷۰±۰/۲۷a	۲/۳۱۲±۰/۰۳۴a	۰/۹۱۲±۰/۰۶۲b	۰/۱۴۰±۰/۰۱۲b
آلوده۲ اوستا	۴/۶۰۷±۰/۱۶a	۲/۲۵۲±۰/۱۱۳a	۰/۹۶۲±۰/۰۲۰۹b	۰/۱۵۲±۰/۰۰۴ab

میانگین تیمارهایی که دارای حروف مشابه می‌باشند، بر اساس آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال ۵٪ دارای تفاوت معنی‌داری نیستند.

نتایج مقایسه غلظت عناصر در برگ‌های اقاقیا در سه منطقه: در بررسی جدول ٤، نتایج تجزیه واریانس مقدار عناصر در گیاه اقاقیا در سه منطقه نشان داد بین مناطق مختلف اختلاف غلظت عنصر Pb در سطح ۱ درصد و غلظت Cd در سطح ۵ درصد معنی‌دار است. در حالی که مقادیر عناصر Mg, Ca معنی‌دار نیست.

بررسی غلظت فلزات سنگین سرب و کادمیوم، در جدول ۵ نشان داد بین میانگین غلظت‌های این عناصر در سه منطقه اختلاف معنی‌داری وجود دارد. بیشترین غلظت سرب مربوط به پارک صدرا به میزان ppm ۱/۲۱±۰/۰۰۷ است که با هر دو منطقه دیگر با غلظت تقریبی ppm ۰/۹ اختلاف معنی‌داری دارد. برگ‌های درخت اقاقیا پارک صدرا همچنین حاوی

www.SID.ir

Archive of SID

مقادیر بالایی از فلز کادمیوم به میزان ppm ۰/۱۷۰±۰/۰۰٤ است که به‌طور معنی‌داری از منطقه آلوده ۱ پارک‌المهدی با ppm ۰/۱٤۰±۰/۰۱ بیشتر است.

بحث

نتایج این تحقیق نشان داد اختلاف مقادیر کلروفیل a، b ، کلروفیل کل و کاروتنوئید در برگ‌های درختان اقاقیا در سه منطقه اختلاف معنی‌داری را بین سه منطقه نشان نداد بنابراین تحت تاثیر آلودگی هوا این رنگیزه‌ها کاهش نیافتند که با نتایج Kapoor و همکاران (۲۰۱۲) و Doganlar و همکاران (۲۰۱۱) مغایر است. بیشترین مقدار آنتوسیانین در برگ‌های اقاقیای واقع در پارک اوستا و کمترین آن در برگ‌های اقاقیا در پارک صدرا مشاهده گردید. شاید درختان اقاقیای پارک اوستا با افزایش مقدار آنتوسانین در برگ خود مانع کاهش رنگیزه‌های فتوسنتزی شده است. آنتوسیانین‌ها و فنل‌ها متابولیت‌های ثانویه گیاهی است که از گیاه در برابر واکنش‌های فتودینامیک آسیب رساننده، با سرکوب کردن گونه‌های فعال اکسیژن، حفاظت می‌کنند (قناتی وهمکاران، ۱۳۸۹). ممکن است تفاوت پاسخ گیاه در دو منطقه آلوده مربوط به تفاوت مقدار و نوع آلاینده‌ها در دو منطقه آلوده میدان آزادی و خیابان انقلاب باشد. Salama و همکاران (۲۰۱۱) نشان دادند آلودگی هوا موجب کاهش غلظت کلروفیل در گیاه .*Datura innoxia* Mill شد.

فرزامی سپهر و همکاران (۱۳۹۳)، ضمن بررسی اثر تغییرات فصلی بر برخی فرایندهای فیزیولوژیکی گیاه صنوبر نشان دادند که در برگ‌ها و در فصل تابستان، همزمان با افزایش دما و خشکی هوا، میزان کلروفیل a، b، قندهای محلول و فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و پلی فنل اکسیداز افزایش معنی داری نسبت به فصل بهار نشان دادند در حالیکه در مورد فعالیت آنزیم پراکسیداز، این افزایش معنی‌دار نبود. به همین دلیل در پژوهش حاضر نیز برای آنکه تاثیر تنش خشکی و دمایی تابستان با آلودگی هوا همراه نباشد سنجش‌ها در اواخر بهار انجام گرفت.

در بررسی فعالیت آنزیم پراکسیداز در برگ‌های اقاقیا افزایش فعالیت این آنزیم فقط در برگ‌های اقاقیای واقع در مناطق آلوده به‌ویژه در پارک المهدی مشاهده شد که با نتایج Doganlar و همکاران (۲۰۱۱)، Klumpp و همکاران (۲۰۰۰) و Ghorbanli و همکاران (۲۰۰۷) همسو می باشد. پراکسیدازها نقش مهمی در شرایط تنش اکسیداتیو و جاروب‌گری پراکسید هیدروژن ایفا می‌کنند. آنها مسئول کاهش آسیب‌های اکسیداتیو بر غشای پلاسمایی می‌باشند، که این کار را با خنثی کردن رادیکال‌های پراکسید انجام می‌دهند (رهبری بیله‌سوار و همکاران، ۱۳۹۳). پس می‌توان یکی دیگر از دلایل مقاومت این گیاه را توان افزایش به موقع فعالیت آنزیم پراکسیداز در برابر تنش دانست.

کلسیم با کاهش قابلیت نفوذ دیواره سلولی مانع نفوذ بسیاری از یون‌ها می‌شود و در واقع نقش ماده ضد سمی را دارد و در پایداری غشا و افزایش فعالیت‌های متابولیسمی نیز نقش دارد (ابراهیم‌زاده، ۱۳۷۹؛ تایز وزایگر، ۱۳۷۹). عدم تغییر مقدار کلسیم در برگ‌های اقاقیا شاید به‌دلیل زمان بررسی باشد، زیرا در اواخر بهار برگ‌ها جوان بوده و مدت زمان کمتری تحت تاثیر آلودگی قرار داشتند و با توجه به مقاوم بودن گیاه و استفاده از روش‌های مقابله با تنش، آلودگی تا این زمان نتوانسته تاثیری بر میزان کلسیم داشته باشد. از آنجایی‌که منیزیم در ترکیب ساختمانی کلروفیل شرکت می‌کند، کمبود آن باعث ظهور کلروز شده که با ظهور لکه‌های متمایل به زرد در روی برگ‌ها تشخیص داده می‌شود (ابراهیم‌زاده، ۱۳۷۹؛ تایز وزایگر، ۱۳۷۹). در بررسی حاضر تغییری در مقدار

www.SID.ir

Archive of SID

این عنصردیده نشد به نحویکه از نظر ظاهری نیز برگ‌ها زرد نبودند. ضمن اینکه نتایج پژوهش حاضرکاهش کلروفیل را نشان نداد.

از بررسی مقدار عناصر سنگین چنین به نظر می‌رسد اقاقیا در منطقه پاک پارک صدرا مقادیر بیشتری از این دو فلز سنگین را در برگ‌های خود انباشته است که نشان از آلودگی این منطقه از نظر فلزات سنگین دارد. نتایج مربوط به کادمیوم مغایر با نتایج Pourkhabbaz و همکاران (۲۰۱۱) و Doganlar و همکاران (۲۰۱۱) می‌باشد. با مقایسه مقدار سرب برگ‌ها با مقدار آن در خاک به نظر می رسد با توجه به کم تحرکی سرب (French و همکاران، ۲۰۰۶) مقدار نسبتا بالای سرب در برگ اقاقیا در پارک صدرا که تقریبا معادل مقدار آن در خاک پای این گیاهان است مربوط به مقادیر این عنصر بر روی سطح برگ‌ها و یا جذب آن از سطح برگ باشد. مقدار کادمیوم در خاک منطقه پارک صدرا بیشتر از دو منطقه دیگر بود اما مقدار این فلز در برگ‌های گیاه در منطقه پارک صدرا کمتر از خاک است ولی در دو منطقه دیگر بسیار بیشتر از خاک است که احتمال دارد به علت متحرک بودن این عنصر باشد. French و همکاران (۲۰۰۶) نشان دادند که جذب سرب در گیاه بید به نسبت پایین و کادمیوم بالا بود که به‌دلیل کم‌تحرکی سرب و متحرک بودن کادمیوم در خاک است.

بالا بودن سرب در پارک صدرا می‌تواند به‌دلیل توزیع بنزین بدون سرب در داخل تهران و عدم توزیع آن در مناطق اطراف تهران باشد. مشخص‌ترین 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 احتمالا در اینجا به علت تغییر سرعت ماشین‌ها مجبور به ترمز شدید می‌باشند. این موضوع می تواند دلیل توجیه مقدار کادمیوم بالاتر در درختان این پارک باشد. حتی ممکن است این منطقه تحت تاثیر بخش صنعتی در غرب تهران قرار داشته باشد. در واقع شاید میزان گازهای آلاینده مناطق حاشیه شهر کمتر از مناطق مرکزی باشد اما از نظر فلزات سنگین این مناطق جز مناطق پاک محسوب نمی‌شوند.

Nawazzish و همکاران (۲۰۱۲) با بررسی اثر آلودگی فلزات سنگین سرب و کادمیوم ناشی از اتومبیل‌ها بر چند گونه گیاهی حاشیه کنار جاده تا فاصله ۵۰ متری از آن در پاکستان مشخص گردید غلظت این فلزات در برگ گیاهان و خاک با افزایش فاصله از کنار جاده کاهش یافته همچنین نسبت فتوسنتزی نیز تحت تاثیر آلودگی سرب و کادمیوم کاهش می یابد.

آفتاب طلب در سال ۱۳۸۷، توان زیست پالایی سرب و کادمیوم در نهال‌های دو ساله‌ی چنار (*Platanus orientalis*) را مورد بررسی قرار داد. نتایج نشان‌دهنده‌ی 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. Kim و Kang (۲۰۱۱) ثابت کردند که افزایش میزان CO_2 هوا در مقایسه با افزایش محتوای سرب خاک تأثیر بیشتری بر کاهش فعالیت‌های متابولیکی *Pinus densiflora* دارد. در بررسی حاضر نیز علی‌رغم آنکه غلظت سرب و کادمیوم در اقاقیای پارک صدرا زیاد بود اما موجب کاهش مقدار رنگیزه‌های فتوسنتزی نشد.

نتیجه‌گیری نهایی

نتایج این پژوهش نشان داد در اواخر بهار سطح آلودگی هوا در تهران در حدی نیست که بر روی درختان مقاوم اقاقیا اثر منفی بگذارد و این گیاه با

www.SID.ir

Archive of SID

مکـانیزیم‌هـای فیزیولـوژیکی خـود ماننـد افـزایش آنتوسیانین و افزایش فعالیت آنزیم پراکسیداز می‌تواند پاسخ مناسبی به تنش آلودگی هوا بدهـد و زرد شـدن برگ‌ها در اواخر تابستان احتمالاً ناشی از همراه شدن مدت زمان بیشتر آلودگی همـراه بـا تـنش خشـکی و افزایش دمای تابستان است. پـر واضـح اسـت کـه در گیاهان مقاومی ماننـد اقاقیـا آلـودگی سـبب تحریـک مکانیزم‌های دفاعی آن می‌شود. به نظر می‌رسد کـه از این گونه برای سال‌ها به عنـوان یـک گیـاه زینتـی در پارک‌ها می‌توان استفاده کرد.

سپاسگزاری

پـژوهش حاضـر بـا حمایـت مـالی دانشـگاه آزاد اسلامی واحد یادگار امام خمینی (ره) شهرری به اجرا در آمـده اسـت، بدینوسـیله از مسـوولان آن واحـد دانشگاهی، تقدیر و تشکر به‌عمل می‌آید.

منابع

ابراهیم‌زاده، ح. (۱۳۷۹). فیزیولوژی گیـاهی جلـد ۱ (تغذیه و جذب). انتشارات دانشگاه تهران

آفتاب‌طلب، ن. (۱۳۸۷). بررسی توان زیسـت پـالایی سـرب و کـادمیم در چنـار و سـرو، پایـان‌نامـه کارشناسی‌ارشد، دانشکده منـابع طبیعـی دانشـگاه تهران، گروه جنگلداری و اقتصـاد جنگـل، رشـته جنگلشناسی و اکولوژی جنگل.

تایزو زایگـر. (۱۳۷۹). فیزیولـوژی گیـاهی، ترجمـه: کافی، م و زند، ا. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد جلد اول.

ثابتی،ح. (۱۳۷۳). جنگل‌ها درختـان و درختچـه‌های ایران، دانشگاه یزد، ۸۱۰ ص.

رهبری پیله‌سوار، م. و قربـانلی، م. و اربابیـان، ص. (۱۳۹۳). بررسـی تغییـرات فصـلی آنـزیم‌هـای آنتـی‌اکسـیدان درسـه گونـه گلسـنگ *Lecanora Xanthoria muralis* (Schaerer) Rebenh. *Ramalina farinacea* و *parietina* (L.) Th.fr. (L.) Ach. از منطقه مغـان. نشـریه پـژوهش‌هـای اکوفیزیولوژی گیاهی ایـران. جلـد ۳٤. شـماره ۲. صفحات ۱۱-۲۱.

فرزامـی سـپهر، م. و محمـدی، م. و قربـانلی، م. (۱۳۹۳). اثر تغییرات فصلی بر برخی فراینـدهای فیزیولـوژیکی گیـاه صـنوبر *Populus deltoides* Marsh. نشریه پژوهش‌های اکوفیزیولوژی گیاهی ایران، جلد ۵۳. شماره ۵. صفحات ۱۲-۲٤.

قنـاتی، ف. و بختیاریـان،س. و عبـدالملکی، پ. (۱۳۸۹). تأثیر متیل جاسمونات بـر متابولیت‌هـای ثانویه گیاه همیشه بهار (*Calendula officinalis* L). مجله علوم و فناوری زیستی مدرس، دوره ۱، شماره ۱، صفحات ۲۱-۳۱ .

علی احمد کروری، س. (۱۳۷۸). مجموعـه مقـالات بررسی نحوه پاسخ آنزیم‌ها در درختان جنگلی بـه تغییرات عوامل زیست محیطی. انتشارات مؤسسـه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع.

مراقبی، ف. و کوهی‌نژاد، ح. و میزاپـور مغـانلو، ا. (۱۳۹۱). آلـودگی هـوا و تـاثیر آن بـر گیاهـان. انتشارات دانشگاه آزاد اسلامی شهرری. صـفحات ۸۸-۹۱.

مظفریان، و.ا. (۱۳۷۳). رده بندی گیـاهی جلـد دوم : دولپه‌ای‌ها. انتشارات نشر دانش امروز.

مظفریان، و.ا. (۱۳۸۳). درختان و درختچه‌های ایـران، انتشارات فرهنگ معاصر، ۹۹۱ صفحه.

Celik, A., Kartal, A.A., Akdogan, A. and Kaska, Y. (2005). Determining the heavy metal pollution in Denizli (Turkey) by using *Robinio pseudo-acacia*. Environment International. 31: 105–112.

Doğanlar, Z.B. and Atmaca M. (2011). Influence of airborne pollution on Cd, Zn, Pb, Cu, and al accumulation and physiological parameters of plant leaves in

www.SID.ir

Archive of SID

antakya (Turkey). Water Air Soil Pollut. 214:509–523

French, C.J., Dickinson N.M. and Putwain Ph.D. (2006). Woody biomass phytoremediation of contaminated brownfield land. Pollution. 141: 387-395.

Ghorbanli, M., Bakand, Z., Bakhshi khaniki, G. and Bakand, S. (2007). Air pollution effects on the activity of antioxidant enzymes in *Nerium oleander* and *Robinia pseudo acacia* plants in Tehran. Iran Journal Environmental Health Science & Engineering 4(3): 157-162.

Govindaraju, M., Ganeshkumar, R.S., Suganthi, P., Muthukumaran, V.R. and Visvanathan, P. (2010). Impact assessment of air pollution stress on plant species through biochemical estimations. World Academy of Science, Engineering and Technology. 4: 784-787.

Klumpp, G., Furlan, C.M., Domingos, M. and Klumpp, A. (2000). Response of stress indicators and growth parameters of *Tibouchina pulchra* Congn. Exposed to air and soil pollution near the industrial complex of Cubatao, Brazil. Science Total Environment. 246(1): 79-91.

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

Mancinelli, A., Hoff, A. and Cottrell, M. (1988). Anthocyanin production in chl-rich and chl-poor seedlings. Plant Physiology. 86: 652-654.

Moraghebi, F. (2014). The comparison of allergenicity *Eucalyptus camaldulensis* and *Platanus oriantalis*. International Journal of Biosciences. 4(5): 64-74

Nawazish, SH., Hussain, M., Ashraf, M., Ashraf, M.Y. and Jamil, A. (2012). Effect of automobile related metal pollution (Pb^{2+}& Cd^{2+}) on some physiological attributes of wild plants. International Journal of Agriculture and Biology 14(6): 953–958.

Nersisyan, G.S. and Hovhannisyan, H.A. (2009). Application of plants for controlling air pollution with chlorine-containing compounds in Yerevan, Armenia. Bio techniques for air pollution control, proceedings of 3rd international congress on Bio techniques for air pollution control Delft,The Netherlands, September 28-30.

Porra, RJ. (2002). The cheered history of the development and use of simultaneous equations for the accurate determination of chlorophylls *a* and *b.* Photosynthesis Research 73: 149–156.

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.85: 251-255.

Pichtel, 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.

Kim, S. and Kang, H. (2011). Effect of elevated CO_2 and Pb on phytoextraction and enzyme activity. Water Air Soil Pllut. 219: 365-375.

Salama, H.M.H., Al-Rumaih, M.M. and Al-Dosary, M.A. (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.

www.SID.ir