Archive of SID

مقایسه پاسخ های فیزیولوژیکی گیاه افرا پلت (*Acer velutinum* Bioss.) تحت تاثیر آلاینده های هوا در مازندران و سه منطقه از تهران

سیده حمیده طاهری اطاقسرا، طاهره السادات آقاجانزاده* و ناصر جعفری

ایران، بابلسر، دانشگاه مازندران، دانشکده علوم پایه، گروه زیست شناسی

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۱۰/۲۶ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۵/۲۲

چکیده

آلاینده های هوا یکی از مشکلات زیست محیطی مهم در جهان به شمار می آیند. درخت ها و درختچه ها از مهم ترین عوامل در رفع آلاینده های هوایی می باشند و از طریق مکانیزم های مختلفی به اثرات مخرب آن ها پاسخ می دهند. در مطالعه حاضر پاسخ افرا پلت (*Acer velutinum* Bioss.) به آلاینده های مونواکسید کربن، دی اکسید نیتروژن و ازن از طریق برخی شاخص های فیزیولوژیکی نظیر رنگدانه های فتوسنتزی، آنتوسیانین، پروتئین کل، فنل کل و عناصر معدنی نظیر نیتروژن و فسفر مورد ارزیابی قرار گرفت. همچنین پارامتر های خاکی و پارامترهای اقلیمی اندازه گیری شد. گیاه افرا پلت در سه منطقه در تهران شامل تجریش، پارک لاله، پارک شهر و یک منطقه در مازندران شامل چالوس جمع آوری گردید. میزان اسیدیته، هدایت الکتریکی و دما اختلاف معنی داری در مناطق مختلف نمونه برداری نشان نداد. بررسی آمارهای موجود نشان دهنده بالاتر بودن میزان آلاینده های هوایی در مناطق مختلف تهران در مقایسه با چالوس بود. البته میزان بارندگی و رطوبت نسبی نیز در مناطق مختلف تهران کاهش یافته که می تواند از عواقب افزایش آلاینده های هوایی باشد. نتایج نشان داد که میزان کلروفیل a، کلروفیل b، کاروتنوئیدها و همچنین غلظت پروتئین، میزان فسفر و محتوای آنتوسیانین در گیاه افرا پلت رشد یافته در مناطق مختلف تهران به طور معنی داری بیشتر از پارامترهای فیزیولوژیک یاد شده در گیاه افرا پلت رشد یافته در چالوس بوده است. در واقع پاسخ های فیزیولوژیکی گیاه افرا حکایت از مقاومت این گیاه در برابر آلاینده های هوایی دارد.

واژه های کلیدی:

آلودگی، افرا، پاسخ فیزیولوژیکی، تهران، مازندران

* نویسنده مسئول، تلفن: ۰۹۱۱۳۱۳۰۷۰۵، پست الکترونیکی: t.aghajanzadeh@umz.ac.ir

مقدمه

آلودگی اعم از جامد، مایع و گاز در هوای آزاد بر اساس مقدار و مدت اثر برای انسان ها، حیوانات و یا گیاهان مضر می باشد و باعث اختلال در محیط زیست می گردد. بطورکلی آلودگی ها ی محیطی شامل آلودگی های مختلف در هوا، خاک و آب می باشد (۹). آلاینده های اصلی هوایی به دو دسته آلاینده های اولیه از قبیل مونواکسید کربن، دی اکسید نیتروژن، دی اکسید گوگرد، ذرات معلق با قطر کمتر از ۱۰ میکرون، سرب و آلاینده ثانویه مانند ازن تقسیم شده اند (۱۵). ذرات معلق کوچکتر از ۱۰ میکرون، منواکسید کربن، دی اکسید نیتروژن، دی اکسید گوگرد و ازن پنج آلاینده اصلی هوای شهرهای بزرگ بویژه تهران می باشند (۱).

آلودگی هوا هنگامی که از حد آستانه تجاوز کند، می تواند موجب تغییر در مورفولوژیکی، آناتومیکی و پارامترهای بیوشیمیایی و فیزیولوژیکی در گیاهان گردد (۹۱،۵). اگر چه برخی گیاهان از طریق مکانیسم های دفاعی می توانند

www.SID.ir

Archive of SID

شانس خود را برای بقا افزایش دهند (۱۱). برگ ها نسبت به دیگر قسمت های گیاه مانند ساقه و ریشه به آلاینده های هوا حساس تر می باشند (۵۸). آلاینده های هوایی از طریق روزنه ها وارد برگ های گیاهان می شوند. تحقیقات نشان داده است که کاهش هدایت روزنه ای در برگ های کاج به عنوان یک مکانیزم مقاومتی مهم نسبت به آلاینده ازن محسوب می شود و بدین ترتیب باعث کاهش آسیب به گیاه می شود (۲۶، ۴۴، ۵۲). تعداد، اندازه، تراکم و فراوانی روزنه ها نشان دهنده پاسخ مقاومتی برگ ها به آلودگی می باشند (۳۹). در تحقیقی در گیاهان تحت تنش گاز CO_2، افزایش تراکم کرک در برگ ها تا ۵۷ درصد گزارش شده است (۵۰).

به دنبال بررسی اثر آلودگی های هوایی بر پارامترهای فیزیولوژیکی درختان مشخص گردید که فعالیت آنزیم پراکسیداز و غلظت رنگدانه آنتوسیانین در اقاقیا در مناطق آلوده آزادی و پارک سرخه حصار بطور معنی داری بیشتر از گیاهان رشد یافته در مناطقی با آلودگی کمتر بوده است (۱۲). در تحقیقی دیگر اثر آلودگی هوا بر اکالیپتوس در دو منطقه آلوده و پاک در جنوب غربی ایران نشان داد که غلظت کربوهیدرات های محلول و میزان پرولین موجود در برگ در منطقه آلوده افزایش یافته و آلودگی هوا سبب آسیب برگ ها، روزنه ها و پیری زودرس گردیده است (۱۶). همچنین تجمع پرولین در برگ گیاهانی که در معرض تنش گاز دی اکسید گوگرد قرار داشته اند، مشاهده شد (۸۸). آلودگی های هوایی باعث تغییر در محتوای عناصر در گیاهان نیز می گردد. مشخص شده است که در بسیاری از گیاهان مقاوم به آلودگی های هوایی میزان عنصر کلسیم و فسفر بطور معنی داری افزایش یافته است (۱۸، ۹۲). اثرات ازن در گیاهان حساس بصورت دخالت در تولید اسمولیت ها و آسیب به برگ آن ها است. از مهم ترین علامت مسمومیت گیاهان به ازن تغییر رنگ عمومی برگ های پیر است که غالبا به خزان زودرس مشهور بوده و در سطح شهر های بزرگ به خوبی مشاهده می شوند (۷۶، ۸۵).

مطالعات نشان داد که از سه دهه پیش تاکنون، تهران به عنوان یک شهر صنعتی مطرح و با افزایش میزان آلاینده ها همراه بوده که البته افزایش میزان آلاینده ها، باعث کاهش بارش های محلی، رطوبت نسبی و همچنین افزایش دما در تهران شده است (۷). تغییرات آب و هوایی نیز موجب به هم خوردن مسیر رشد طبیعی گیاهان می گردد (۳۶). وقوع پدیده های کم آبی و افزایش دما بر خصوصیات فیزیولوژیکی، مورفولوژیکی و عملکرد گیاهان اثر می گذارد (۲۷). مطالعات نشان داده است که کاهش بارندگی و به دنبال آن تنش خشکی باعث ایجاد ضعف فیزیولوژیک درختان بلوط شده که این مسئله زمینه را برای عوامل و یا تنش های ثانویه مانند هجوم آفات و بیماری های گیاهی فراهم کرده است (۶۸). در پاسخ درختان به تنش کم آبی ناشی از کاهش بارندگی، مقدار بعضی از عناصر مانند ازت و پتاسیم کاهش و مقدار بعضی عناصر دیگر مانند فسفر در جهت کمک به مکانیسم های دفاعی درخت از جمله افزایش تنفس و افزایش کارایی مصرف آب در برخی بافت ها یا اندام ها افزایش یافته است (۶۸). کیایی ضیابری و جعفری (۱۳۹۳) نیز واکنش درختان جنگلی پارک جنگلی لویزان را نسبت به تغییرات اقلیمی و محیطی بررسی کردند و عنوان نمودند که رشد رویشی درختان مختلف نسبت به تغییرات محیطی و اقلیمی از جمله تغییر دما متفاوت است (۵۴). بررسی ارتباط دمای سالانه و مجموع بارندگی ماهانه و سالیانه با پهنای حلقه های سالیانه کاج الدار (*Afghan Pine*) در پارک جنگلی تهران نشان داد که تغییر دما بیشتر از میزان بارندگی بر گیاه تاثیر گذاشته و باعث افزایش رشد رویشی و پهنای حلقه های سالیانه شده است (۷۹).

درخت افرا از تیره Aceraceae دارای حدود ۱۵ گونه در ایران می باشد. ارتفاع این گیاه به بیش از ۲۰ متر می رسد. دارای شاخه های جوان اغلب ارغوانی بی کرک، برگ های

www.SID.ir

Archive of SID

متنوع با لوب های کم و بیش کوتاه، پهنک با قائده ای قلبی و میوه های فندقه بالدار می باشد (۱۳). افرا پلت یکی از درختان با اهمیت از نظر اکولوژیکی و اقتصادی در جنگل های شمال ایران است که از نظر سازگاری، از جلگه تا ارتفاعات بالا پراکنش دارد. گیاه افرا پلت در ایجاد فضای سبز با نقش سایه انداز کاربرد دارد و از طرفی دارای ویژگی های زیبا شناختی شکل برگ و میوه است (۸۱). از نظر اکولوژی دارای خصوصیاتی چون نورپسندی، و در عین حال قابلیت تحمل سایه در جوانی و ریشه دوانی نسبتا عمیق است (۱۶). درخت افرا پلت با توجه به رشد سریع، بذردهی فراوان، سهولت زادآوری و تاثیر بر ویژگی های فیزیکوشیمیایی خاک مورد توجه قرار گرفته است (۵۳، ۸۰).

درختان با توجه به طول عمر طولانی خود می توانند به عنوان یکی از بهترین شاخص ها برای تحقیق بر روی تنش های محیطی باشند (۱۰). همچنین تعیین گونه های گیاهی مقاوم و یافتن علت مقاومت آن ها کمک بزرگی در انتخاب گیاهان برای فضای شهری آلوده می باشد. گیاهان مخصوصا درختان پهن برگ احتمالا از طریق ارائه مساحت بزرگ برگی توانایی جذب گسترده آلاینده های هوایی مختلف را دارند (۴۲). بنابراین جهت بررسی مقاومت درخت افرا پلت و توصیه احتمالی برای کشت این گیاه در مناطقی با آلودگی بالا، در تحقیق حاضر پاسخ های فیزیولوژیک برگ درخت افرا پلت رشد یافته در مازندران و سه منطقه از تهران که از نظر میزان آلاینده های هوایی متفاوت می باشند، مورد مطالعه و مقایسه قرار گرفته است.

مواد و روشها

پس از شناسایی گیاه افرا پلت (*Acer velutinum* Bioss.) بر اساس کلید شناسایی (۱۳) جمع آوری نمونه از یک منطقه در مازندران شامل چالوس (۱)، منطقه ای با آلودگی نسبتا پایین و سه منطقه در تهران شامل تجریش (۲)، پارک لاله (۳) و پارک شهر (۴)، مناطقی با آلودگی هوایی نسبتا بالا و همچنین متفاوت، انجام شد. برگ های میانی درخت افرا از ۵ پایه به صورت تصادفی در هر چهار منطقه به طور هم زمان در خرداد سال ۱۳۹۵جمع آوری گردید. برگ ها در دمای ۴ درجه سانتی گراد به آزمایشگاه منتقل گردیده، وزن تر آن ها برای تعیین پارامترهایی از قبیل رنگیزه های فتوسنتزی (کلروفیل a، b و کاروتنوئیدها)، آنتوسیانین‌ها و پروتئین تعیین شد و تا زمان سنجش به فریزر ۸۰- درجه سانتی گراد منتقل گردیدند. همچنین تعدادی از نمونه های برگی برای سنجش درصد ماده خشک گیاهی، فسفر و ازت کل درون آون (Memert-Germany) در دمای ۸۰ درجه سانتی گراد قرار داده شدند. برای سنجش فنل، نمونه های برگی در دمای ۲۵ درجه سانتی گراد خشک شدند. نمونه های خاک نیز از پایه هر درخت در مجاورت ریشه گیاه برای سنجش پارامترهای خاک جمع آوری گردید.

سنجش کلروفیل ها و کاروتنوئیدها: سنجش میزان کلروفیل ها و کاروتنوئیدها با استفاده از روش Lichtentaler (۱۹۸۷) صورت گرفت (۶۰). برای استخراج رنگدانه ها به ازای هر گرم از نمونه برگی از ۱۰ میلی لیتر استون ۸۰ دزصد استفاده شد. سپس با همزن برقی (Gastroback, Gmbl-Germany) به مدت ۵۰ ثانیه هموژن شده، با استفاده از کاغذ صافی برای حذف نمونه های بزرگ برگی صاف گردیده و در لوله های آزمایش قرار داده شدند. جهت جلوگیری از تاثیر نور بر محلول هموژن شده فوق، لوله های آزمایش با فویل آلومینیومی پیچانده شدند. بعد از اتمام سانتریفیوژ (Hermle, Z 206 A) برای حذف نمونه های ریز برگی به مدت ۲۰ دقیقه با دور g ۳۰۰۰، جذب نمونه ها با دستگاه اسپکتروفتومتر (Spectrum, sp-2100) در طول موج های ۴۷۰، ۶۴۶ و ۶۶۳ نانومتر تعیین شد. میزان رنگدانه ها بر حسب میلی گرم بر گرم وزن تر گیاه با استفاده از فرمولهای زیر محاسبه گردید.

www.SID.ir

Archive of SID

$$Chl\ a = [12.7\ (A_{663}) - 2.69\ (A_{645})]\ (\frac{V}{1000 \times W})$$

$$Chl\ b = [12.7\ (A_{663}) - 4.78\ (A_{645})]\ (\frac{V}{1000 \times W})$$

$$Carotenoids = [7.60\ (A_{663}) - 1.49\ (A_{510})]\ (\frac{V}{1000 \times W})$$

V، حجم حلال بر حسب میلی لیتر و W وزن تر نمونه گیاهی را بر حسب میلی گرم نشان می دهد.

سنجش آنتوسیانین: سنجش میزان آنتوسیانین با استفاده از روش Masukasu و همکارانش (۲۰۰۳) صورت گرفت (۶۴). برای استخراج آنتوسیانین به ازای هر ۰/۲ گرم از نمونه برگی ۳ میلی لیتر متانول اسیدی (V/V HCL 1%) استفاده شده و پس از هموژن شدن کامل با همزن برقی، عصاره حاصل با استفاده از کاغذ صافی صاف شد. سپس با دور g ۶۰۰۰ به مدت ۲۵ دقیقه سانتریفیوژ گردید. محلول رویی صاف شده و در لوله های شیشه ای به مدت یک شب در تاریکی و در دمای ۴ درجه سانتی گراد قرار گرفتند، سپس جذب آن ها در طول موج ۵۵۰ نانومتر با دستگاه اسپکتروفتومتر اندازه گیری و برای محاسبه غلظت آنتوسیانین از فرمول زیر استفاده شد که در آن ۳۳۰۰۰ ضریب خاموشی بر حسب سانتی متر بر مول در نظر گرفته شد. عدد ۱۰۰۰ جهت تبدیل گرم به میلی گرم و عدد ۰/۶ حاصل ضرب وزن نمونه گیاهی (۰/۲ گرم) در حجم حلال (۳ میلی لیتر) بوده است.

$$Antocyanin = (A_{550}/_{3300})(1000)/0.6$$

سنجش پروتئین: سنجش میزان پروتئین با استفاده از روش Bradford(۱۹۷۶) صورت گرفت (۲۵). جهت سنجش پروتئین مطابق با وزن نمونه به ازای هر گرم نمونه تازه گیاهی، ۱۰ میلی لیتر بافر استخراج فسفات پتاسیم ۰/۱ مولار استفاده گردیده، عصاره صاف شده به مدت ۲۵ دقیقه با دور g ۱۶۰۰۰ سانتریفیوژ شد. پس از افزودن ۰/۴ میلی لیتر معرف Bradford با گذشت زمان ۱۰ دقیقه، جذب نمونه با اسپکتروفتومتر در طول موج ۵۹۵ نانومتر تعیین شد (تمامی مراحل آزمایش در سرما انجام شده است). میزان غلظت پروتئین در بافت های گیاهی بر حسب میلی گرم بر گرم وزن تر گیاه با استفاده از منحنی استاندارد آلبومین سرم گاوی محاسبه شد.

سنجش فنل: جهت سنجش فنل، استخراج با ۰/۴ گرم از نمونه خشک برگی پودر شده به همراه ۱۰ میلی لیتر ترکیب متانول و آب (به نسبت ۳۰:۷۰) که به مدت ۲۰ دقیقه در حمام اولتراسونیک با بسامد ۴۰ کیلو هرتز قرار داده شده و به مدت دو ساعت با دور ۹۰ rpm در دستگاه شیکر (Fan azma gostar, Mod 1: TM52A) قرار داده شده بود، انجام شد. سپس به مدت ۲۰ دقیقه با دور rpm ۶۰۰۰ سانتریفیوژ گردید. ارزیابی فنل کل در عصاره های استخراجی با استفاده از روش Singleton و همکارانش (۱۹۹۹) صورت گرفت (۸۴). ۲/۵ میلی لیتر معرف فولین ۱۰درصد به عصاره متانولی اضافه شده و پس از گذشت ۶ دقیقه ۲ میلی لیتر کربنات سدیم ۷/۵ درصد به مخلوط حاصل اضافه شد. سپس جذب نمونه ها پس از ۹۰ دقیقه نگهداری در شرایط بدون نور در طول موج ۷۶۵ نانومتر به وسیله دستگاه اسپکتروفتومتر اندازه گیری شد. در نهایت مقدار کل فنل با استفاده از منحنی استاندارد اسید گالیک بر حسب میلی گرم اسید گالیک در یک گرم ماده خشک محاسبه گردید.

سنجش فسفر گیاه: پس از هضم یک گرم از نمونه خشک برگی پودر شده به مدت ۶-۵ ساعت در کوره با دمای ۵۵۰ درجه و اضافه نمودن چند قطره آب مقطر و ۵ میلی لیتر اسیدکلریدریک ۲ نرمال، نمونه ها تا دمای ۸۰-۷۰ درجه سانتی گراد حرارت داده شده و در نهایت صاف شدند. پس از افزودن معرف بارتن (آمونیوم وانادات، آمونیوم مولیبدات، اسید نیتریک غلیظ و آب مقطر) به عصاره گیاهی، نمونه ها به حجم ۵۰ میلی لیتر رسانده شدند. سپس جذب محلول با دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۴۷۰ نانومتر تعیین گردید. در نهایت غلظت فسفر بر اساس

www.SID.ir

Archive of SID

منحنی استاندارد KH_2PO_4 بر حسب میلی گرم بر گرم محاسبه شد (۳۳).

سنجش ازت کل گیاه: سنجش ازت گیاه به روش Kjeldahl انجام گردید. پس از اضافه کردن اسید سولفوریک غلیظ و اسید سالیسیلیک به ۰/۳ گرم نمونه خشک و پودر شده گیاهی، نمونه ها از ۸۰-۷۰ درجه تا ۲۸۰ الی ۳۰۰ درجه سانتی گراد حرارت داده شده و به محض مشاهده بخارات سفید با افزودن ۵ قطره آب اکسیژنه عمل هضم انجام شد. در نهایت با استفاده از محلول استاندارد میزان ازت در نمونه گیاهی بر حسب میلی گرم بر گرم بیان گردید (۵۱، ۷۰).

سنجش فسفر خاک: برای سنجش فسفر خاک به ۲/۵ گرم از خاک پودر و الک شده (الک با قطر منفذ ۲ میلی متر)، ۵۰ میلی لیتر از محلول بی کربنات سدیم (۴۲ گرم در یک لیتر) اضافه شده و به مدت ۳۰ دقیقه در دستگاه شیکر قرار داده شده و با استفاده از کاغذ واتمن صاف شد. به ۲۵ میلی لیتر از محلول صاف شده، ۲۵ میلی لیتر معرف آبی (اسید سولفوریک، مولیبدات آمونیوم، تارتارات، آب مقطر و اسید آسکوربیک) افزوده و پس از یک ساعت جذب نمونه ها با دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۷۲۰ نانومتر خوانده شد و با استفاده از نمودار استاندارد KH_2PO_4 بر حسب ppm محاسبه گردید (۶۹).

آلاینده های هوایی: داده های مربوط به آلاینده های هوایی از قبیل مونواکسید کربن، دی اکسید نیتروژن و ازن با استفاده از گزارشات اداره کنترل کیفیت هوا طی پنج سال اخیر (۱۳۹۵-۱۳۹۰) با توجه به نزدیک ترین ایستگاه گزارش به مکان نمونه برداری در مازندران- چالوس و سه منطقه در تهران شامل تجریش، پارک لاله و پارک شهر جمع آوری گردید.

نمونه برداری خاک: نمونه های خاک از پایه هر درخت در مجاورت ریشه گیاه برای سنجش پارامترهای خاک انجام گردید.

سنجش ازت خاک: برای سنجش ازت خاک به روش Kjeldahl از یک گرم خاک خشک شده در دمای ۶۵ درجه سانتی گراد که از الک با قطر منفذ ۰/۵ میلی متر عبور داده شده، استفاده گردید. پس از کامل شدن عمل هضم و افزودن معرف و در نهایت با استفاده از محلول استاندارد درصد ازت خاک تعیین شد (۵۱، ۷۰).

سنجش اسیدیته و هدایت الکتریکی خاک: نمونه های خاکی پودر شده و با استفاده از الک با قطر منفذ دو میلی متر صاف شدند. سپس ۸۰ گرم از نمونه خاک در ۸۰ میلی لیتر آب مقطر حل شده و به مدت ۱۲ ساعت بدون حرکت رسوب داده شدند. برای ارزیابی اسیدیته از دستگاه مولتی متر پورتابل مدل ۸۶۰۳ استفاده شد. برای ارزیابی هدایت الکتریکی خاک نیز، از محلول آبی جمع شده بر روی نمونه های خاکی استفاده و از طریق کاغذ واتمن صاف شد و هدایت الکتریکی خاک با استفاده از دستگاه مولتی متر پورتابل تعیین گردید.

تحلیل آماری: اندازه گیری پارامترهای فیزیکوشیمیایی خاک و پارامترهای فیزیولوژیکی افرا پلت در ۵ تکرار انجام شد. تجزیه و تحلیل داده ها از طریق نرم افزار آماری SPSSو جهت ترسیم نمودارها از نرم افزار Microsoft Office Excel استفاده شد. برای مقایسه میانگین تیمارها، از طرح اماری تصادفی و آزمون واریانس یک سویه و پس آزمون توکی در سطح احتمال یک درصد استفاده شده است.

نتایج

نتایج حاصل از مقایسه میانگین غلظت سه آلاینده مونواکسید کربن، دی اکسید نیتروژن و ازن طی پنج سال اخیر (۱۳۹۵-۱۳۹۰) نشان داد چالوس(۱) در مقایسه با مناطق مختلف تهران دارای کمترین میزان آلاینده و مناطق تجریش (۲)، پارک لاله (۳) و پارک شهر (۴) بترتیب با افزایش غلظت هر سه آلاینده همراه بوده است. به طوری

www.SID.ir

Archive of SID

که غلظت مونواکسید کربن، دی اکسید نیتروژن و ازن در پارک شهر بترتیب ۲/۵، ۴ و ۲ برابر میزان غلظت این سه آلاینده در چالوس بوده است (جدول ۱).

جدول ۱- میانگین ۵ سال (۱۳۹۵-۱۳۹۰) غلظت آلاینده ها در چهار منطقه مورد بررسی شامل چالوس (۱)، تجریش (۲)، پارک لاله (۳) و پارک شهر (۴). غلظت آلاینده ها ی مونواکسید کربن، دی اکسید نیتروژن و ازن بر حسب ppb می باشد. میانگین های دارای حروف غیر مشترک در هر ستون بر اساس آزمون واریانس یک سویه در سطح احتمال یک درصد معنی دار هستند.

مناطق جمع آوری گیاه و مختصات جغرافیایی آن ها	مونواکسیدکربن (ppb)	دی اکسید نیتروژن (ppb)	ازن (ppb)
مازندران- چالوس (۱) N ۳۶/۶۷۰۶۷ و E ۵۱/۲۴۰۶۴	۱۱۹۹± ۱۷۲ c	۱۵± ۴ c	۱۱ ± ۲ b
تهران- تجریش (۲) N ۳۵/۷۹۵۲ و E ۵۱/۴۳۲۳	۲۲۸۰± ۱۴۰ b	۳۵± ۱۴ b	۱۵ ± ۲ b
تهران- پارک لاله (۳) N ۳۵/۷۱۰۱ و E ۵۱/۳۹۳۶	۲۰۶۰± ۱۶۴ b	۶۹ ± ۹ a	۱۶ ± ۳ ab
تهران- پارک شهر (۴) N ۳۵/۶۸۳۰ و E ۵۱/۴۱۴۱	۲۸۱۰± ۲۰۳ a	۷۷± ۱۲ a	۲۲± ۳ a

اسیدیته و هدایت الکتریکی خاک مناطق مورد مطالعه اختلاف معنی داری را نشان نداد (جدول ۲). درصد ازت خاک نشان دهنده بیشترین میزان ازت در منطقه چالوس بود. درصد ازت خاک در سه منطقه در تهران بسیار کمتر و تقریبا نصف درصد ازت خاک در چالوس بوده است (جدول ۲). در حالی که میزان فسفر خاک در منطقه ۴ بیشترین میزان را در بین مکان های مختلف نمونه برداری شده نشان داد. در منطقه ۳ و ۲ بترتیب میزان فسفر به نصف و یک چهارم کاهش یافته است و در نهایت کمترین میزان فسفر مربوط به چالوس بوده که ۷ برابر کمتر از پارک شهر (۴) بوده است (جدول ۲).

جدول ۲- اسیدیته، هدایت الکتریکی، میزان ازت و فسفر موجود در خاک های چهار منطقه نمونه برداری شده.میانگین های دارای حروف غیر مشترک در هر ستون بر اساس آزمون واریانس یک سویه در سطح احتمال یک درصد معنی دار هستند.

منطقه	اسیدیته	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر)	ازت (درصد)	فسفر (میلی گرم بر کیلوگرم)
چالوس (۱)	۷/۶ ± ۰/۱ a	۱/۳۶ ± ۰/۰۱ a	۰/۴۴ ± ۰/۰۱۰ a	۲۳ ± ۰/۳ d
تجریش (۲)	۷/۶ ± ۰/۱ a	۱/۱۹ ± ۰/۰۱ a	۰/۲۱ ± ۰/۰۱۰ b	۴۲ ± ۱/۳ c
پارک لاله (۳)	۷/۶ ± ۰/۰۱ a	۱/۲۸ ± ۰/۰۲ a	۰/۲۲ ± ۰/۰۱۷ b	۸۰ ± ۰/۹ b
پارک شهر (۴)	۷/۸ ± ۰/۱ a	۱/۲۴ ± ۰/۰۱ a	۰/۲۳ ± ۰/۰۱۵ b	۱۷۷± ۱/۵ a

نتایج حاصل از مقایسه میانگین دما، بارندگی و رطوبت نسبی طی پنج سال اخیر (۱۳۹۵-۱۳۹۰) نشان داد که میانگین دما اختلاف معنی داری در بین مناطق مختلف تهران و چالوس نداشته است. در حالی که میزان بارندگی در چالوس بطور بسیار چشمگیری بیشتر از مناطق مختلف تهران بوده است. به همین ترتیب بیشترین درصد رطوبت نسبی مربوط به چالوس بوده که تقریبا دو برابر میزان رطوبت نسبی در مناطق مختلف تهران بوده است (جدول ۳).

نتایج ارزیابی های فیزیولوژیکی صورت گرفته بین نمونه های برگی جمع آوری شده از مناطق مختلف نشان داد که میزان کلروفیل a و b در برگ افرای رشد یافته در مناطق مختلف تهران بطور معنی داری بیشتر از میزان رنگیزه های یاد شده در برگ افرای رشد یافته در چالوس با میزان آلودگی کمتر بوده است.

www.SID.ir

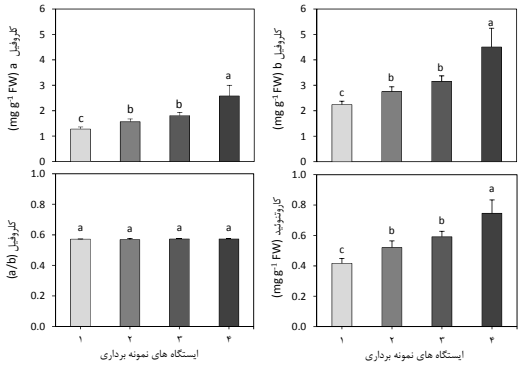
Archive of SID

جدول ۳- میانگین ۵ سال (۱۳۹۵-۱۳۹۰) میزان دما (درجه سانتیگراد)، بارندگی (میلی متر) و رطوبت نسبی (درصد) در چهار منطقه مورد بررسی شامل چالوس (۱)، تجریش (۲)، پارک لاله (۳) و پارک شهر (۴). میانگین های دارای حروف غیر مشترک در هر ستون بر اساس آزمون واریانس یک سویه در سطح احتمال یک درصد معنی دار هستند.

منطقه	دما (درجه سانتیگراد)	بارندگی (میلی متر)	رطوبت نسبی (درصد)
چالوس (۱)	۱۸/۴ ± ۱/۶ a	۷۵۶ ±۸۶ a	۷۷ ± ۸ a
تجریش (۲)	۱۵/۶ ± ۱/۹ a	۱۴ ± ۱۱ b	۳۴ ± ۹ b
پارک لاله (۳)	۱۶/۴ ± ۱/۴ a	۳۰ ± ۶ b	۴۰ ± ۵ b
پارک شهر (۴)	۱۷/۹ ± ۰/۷ a	۲۷ ± ۱۶ b	۳۵ ± ۷ b

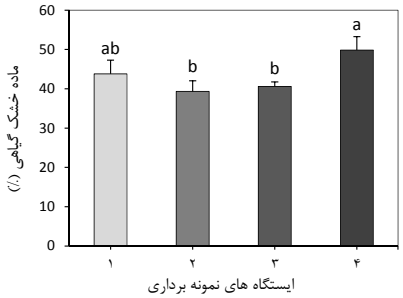
به طوری که میزان کلروفیل a و b در منطقه ۴ بترتیب تقریبا دو و یک و نیم برابر این میزان در منطقه ۱ بوده است. همچنین روند افزایشی در میزان کلروفیل a و b در مناطق ۲ و ۳ نسبت به منطقه ۱ مشاهده شد (نمودار ۱). اگرچه نسبت کلروفیل a به b در برگ افرای رشد یافته در مناطق مختلف نمونه برداری از لحاظ آماری اختلاف معنی داری نداشته که حاکی از تغییرات تقریبا یکسان کلروفیل a و کلروفیل b بوده است.

همچنین میزان کاروتنوئیدها در مناطق با آلودگی بالاتر، بیشتر از چالوس با آلودگی هوایی کمتر بوده است بطوری که غلظت این رنگیزه در منطقه ۴ تقریبا به دو برابر منطقه ۱ رسیده بود (نمودار ۱).



نمودار ۱- اثر آلودگی هوا بر میزان کلروفیل a، b، نسبت کلروفیل a به b (a/b) و کاروتنوئیدهای برگ افرا پلت در چهار منطقه نمونه برداری شده شامل چالوس (۱)، تجریش (۲)، پارک لاله (۳) و پارک شهر (۴). میانگین های دارای حروف غیر مشترک بر اساس آزمون واریانس یک سویه در سطح احتمال یک درصد معنی دار هستند.

میانگین میزان درصد ماده خشک برگ افرا پلت تحت تاثیر آلودگی هوا تغییر معنی داری نشان نداده است (نمودار ۲).

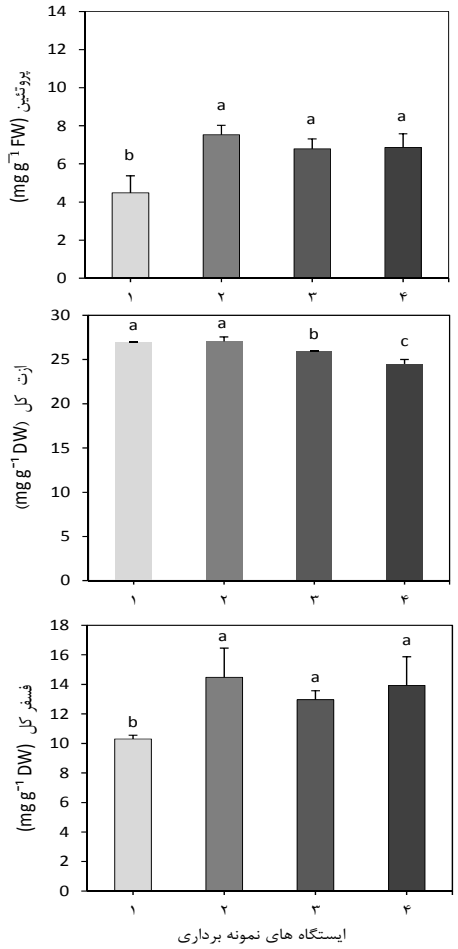


نمودار ۲- اثر آلودگی هوا بر میزان درصد ماده خشک برگ افرا پلت در چهار منطقه نمونه برداری شده شامل چالوس (۱)، تجریش (۲)، پارک لاله (۳) و پارک شهر (۴). میانگین های دارای حروف غیر مشترک بر اساس آزمون واریانس یک سویه در سطح احتمال یک درصد معنی دار هستند.

محتوای ازت کل گیاه با افزایش میزان آلاینده ها بصورت معنی داری در سطح احتمال یک درصد کاهش یافته است، به طوری که در منطقه ۳ و ۴ تقریبا ۴ و ۱۰ درصد کمتر از منطقه ۱ بود (نمودار ۳). این در حالی است که میزان پروتئین در مناطق ۲، ۳ و ۴ در حد تقریبی ۵۰ درصد بیشتر از منطقه ۱ بود (نمودار ۳). میزان فسفر برگ گیاه از منطقه ۱ به منطقه ۴ به صورت معنی داری افزایش یافته است. بطوری که می توان گفت ذخیره این عنصر در گیاه با توجه به افزایش میزان آلاینده ها افزایش معنی داری را از لحاظ آماری نشان داده است (نمودار ۳).

www.SID.ir

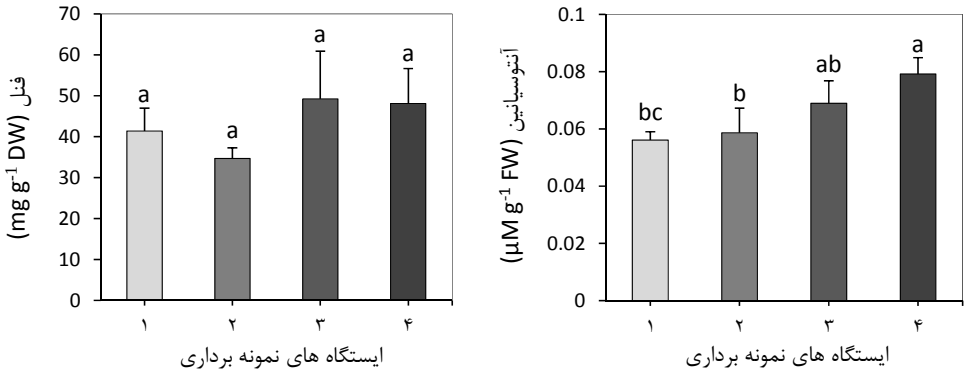
Archive of SID



نمودار ۳- اثر آلودگی هوا بر میزان پروتئین، ازت و فسفر کل برگ افرا پلت در چهار منطقه نمونه برداری شده شامل چالوس (۱)، تجریش (۲)، پارک لاله (۳) و پارک شهر (۴). میانگین های دارای حروف غیر مشترک بر اساس آزمون واریانس یک سویه در سطح احتمال یک درصد معنی دار هستند.

اگر چه میزان غلظت فنل کل در برگهای گیاهان جمع آوری شده از مناطق مختلف اختلاف معنی داری نشان نداد، مقدار رنگدانه آنتوسیانین با افزایش میزان آلاینده ها، افرایش یافت (نمودار ۴).

نتایج نشان داد که میزان آنتوسیانین در برگهای گیاهان جمع آوری شده از مناطق ۳ و ۴ به ترتیب ۱۵ و ۳۰ درصد بیشتر از برگهای گیاهان منطقه ۱ بود که این اختلاف در منطقه ۴ از لحاظ آماری در سطح احتمال یک درصد معنی دار بود (نمودار ۴).



نمودار ۴- اثر آلودگی هوا بر میزان فنل و آنتوسیانین برگ افرا پلت در چهار منطقه نمونه برداری شده شامل چالوس (۱)، تجریش (۲)، پارک لاله (۳) و پارک شهر (۴). میانگین های دارای حروف غیر مشترک بر اساس آزمون واریانس یک سویه در سطح احتمال یک درصد معنی دار هستند.

بحث و نتیجه گیری

کاهش آلاینده های زیست محیطی توسط گیاهان از اهمیت بالایی برخوردار است. اگرچه افزایش میزان آلوده کننده های محیطی ممکن است باعث ایجاد خساراتی در گیاهان گردد، گیاهان دارای پاسخ های مقاومتی متفاوتی نسبت به آلودگی های محیطی می باشند که بر حسب جنس و گونه

www.SID.ir

Archive of SID

گیاهی متفاوت می باشد. بنابراین شناخت پاسخ های مقاومتی فیزیولوژیکی گیاهان به آلودگی از مسائل مهم زیست- محیطی محسوب می شود (۱۲، ۴۹، ۴۶، ۵۴). درخت افرا بدلیل پهن برگ بودن در جذب آلاینده های هوایی حائز اهمیت می باشد. بهمین ترتیب برگ ها نسبت به دیگر قسمت های گیاه مانند شاخه ها، تنه و ریشه به آلاینده های هوا حساس تر می باشند (۶۱). در بررسی انجام شده در مطالعه حاضر مشخص گردیده است که رنگدانه های فتوسنتزی (کلروفیل a و b) در برگ افرای رشد یافته در مناطق مختلف مورد مطالعه از لحاظ آماری تفاوت معنی داری داشته و با افزایش میزان آلودگی های هوایی مقدار این رنگیزه ها بیشتر شد. اگر چه در بعضی از گیاهان، آلودگی های محیطی باعث کاهش میزان رنگدانه های فتوسنتزی می گردد و بدنبال آن باعث کاهش کارایی فتوسنتز می گردد (۳۷)، ولی با توجه به حساسیت گونه های مختلف گیاهی، افزایش میزان رنگدانه های فتوسنتزی نیز دیده شده است. همانطوری که افزایش میزان رنگدانه های فتوسنتزی در گیاه افرا دیده شده است و این مسئله احتمالا حکایت از مقاومت این گیاه در مقابل آلودگی های محیطی داشته است. نتایج بررسی های Gratani و همکاران در سال ۲۰۰۰ نشان داد که در مناطق آلوده ضخامت برگ افزایش یافته و به دنبال آن پتانسیل فتوسنتزی این برگ های ضخیم بیشتر شده است (۴۰ و ۶۷) که این مسئله به نوبه خود مستلزم افزایش میزان رنگدانه های فتوسنتزی از قبیل کلروفیل a و b می باشد. بنابراین امکان وجود یک رابطه مستقیم بین افزایش میزان کلروفیل a و b و افزایش میزان آلودگی محتمل می باشد. به همین ترتیب محتوای کلروفیل a و b در گیاه *Callistemon Citrinus* که در منطقه پتروشیمی در جنوب ایران با میزان بالایی از عوامل آلاینده رشد یافته، بیشتر شده است (۸۳). بدنبال افزایش میزان رنگدانه های فتوسنتزی، افزایش درصد ماده خشک گیاهی به عنوان محصول فرایند فتوسنتزی در برابر شرایط تنش ناشی از آلودگی قابل انتظار خواهد بود (۵۲).

اگرچه ممکن است افزایش تراکم رنگدانه های فتوسنتزی در واحد سطح برگ به دلیل کاهش اندازه برگ در مناطقی با آلودگی بالا را بتوان دلیلی برای افزایش میزان رنگدانه های فتوسنتزی در نظر گرفت ولی تحقیق حاضر نشان داده است که میزان پروتئین برگ در مناطقی با آلودگی بالاتر، بیشتر بوده است و درصد ماده خشک گیاهی در مناطق مختلف مورد بررسی از نظر آماری در سطح احتمال یک درصد تغییر معنی داری نداشته و حتی به میزان جزئی در منطقه ۴ با آلودگی هوایی بالا، بیشتر از منطقه مازندران با میزان آلودگی پائین بوده است. این مسئله به این معنی است که افزایش پروتئین و درصد ماده خشک گیاهی به کارایی نسبتا بالای فتوسنتزی مرتبط می باشند که لازمه آن افزایش محتوای رنگیزه های فتوسنتزی و افزایش جذب پرتوهای نوری می باشد. بنابراین افزایش میزان رنگیزه ها ی فتوسنتزی در مناطقی با آلودگی بالاتر بدلیل کاهش اندازه برگ محتمل به نظر نمی رسد.

کاروتنوئیدها گروه بزرگی از مولکول های ایزوپرونوئیدی هستند که توسط تمامی اندام های فتوسنتزی و بسیاری از اندام های غیر فتوسنتزی ساخته می شوند (۲۱). علاوه بر این که کاروتنوئیدها به عنوان رنگدانه کمکی عمل می کنند، به عنوان آنتی اکسیدانت در حفاظت از بازدارندگی نوری مؤثر هستند و با تأثیر مثبت بر روی سیالیت غشاهای تیلاکوئیدی باعث کاهش نفوذپذیری غشاها در برابر گونه های فعال اکسیژن درتیلاکوئیدها می گردند (۴۳، ۶۶). بنابراین با توجه به نقش حفاظتی کاروتنوئیدها، احتمالا گیاه با افزایش میزان کاروتنوئیدها صدمات تنشی ناشی از افزایش غلظت ازن، مونواکسید کربن و دی اکسید نیتروژن را کاهش داده است.

آنتوسیانین‌ها از گروه فلاونوئیدها متعلق به ترکیب های فنلی از متابولیت های ثانویه بوده که دارای نقش محافظتی و آنتی اکسیدانی می باشند (۲۸، ۷۳، ۷۴، ۸۷). آنتوسیانین‌ها با از بین بردن گونه های فعال اکسیژن، گیاهان را در برابر

www.SID.ir

Archive of SID

تنش های نوری آسیب رساننده محافظت می کنند (۹۳). در بسیاری موارد آلاینده ها سبب تولید رادیکال های آزاد اکسیژن می شود (۳۰، ۳۲، ۳۴). رادیکال های آزاد اکسیژن باعث ایجاد آسیب به ماکرومولکول های آلی مانند پروتئین ها می شوند (۶۵). آنها همچنین عامل اصلی پراکسیداسیون لیپیدها، غیرفعال کردن آنزیم ها و آسیب های اکسیداتیو به DNA می باشند (۲۳). بنابراین افزایش معنی دار آنتوسیانین در برگ افرا در منطقه پارک شهر با بیشترین مقدار آلاینده را می توان به عنوان یک پاسخ مقاومتی در برابر رادیکال های آزاد اکسیژن در نظر گرفت. در تحقیقی نشان داده شده است که میزان آنتوسیانین در اثر آلودگی هوای تهران در گیاه اقاقیا افزایش یافت که در واقع می تواند پاسخ مناسبی به تنش آلودگی هوا باشد (۱۲). نتایج تحقیقی دیگر نیز نشان داد که آلودگی هوای تهران باعث افزایش ۱/۴ برابری آنتوسیانین در گیاه پیراکانتا در منطقه آلوده نسبت به منطقه پاک گردید (۸).

پروتئین ها به صورت مستقیم یا غیر مستقیم در مقاومت در برابر عوامل استرس زا نقش دارند (۲۹، ۳۵، ۷۷، ۸۹). تنش ها ممکن است باعث سنتز پروتئین های متعددی در گیاهان مختلف شوند. پروتئین های تجمع یافته در گیاه در شرایط تنشی شدید ممکن است در تنظیم فشار اسمزی ایفای نقش کرده و یا اینکه بعنوان منبعی از نیتروژن عمل کرده که تجدید شدنی است (۲۲). افزایش مقدار پروتئین ها می تواند به دلیل سنتز آنزیم هایی مانند کاتالاز، پراکسیداز، سوپراکسید دیسموتاز و دهیدروآسکوربات ردوکتاز باشد(۳۸) که باعث کاهش اثرات سوء و سمی آلاینده ها بر گیاهان می گردند. افزایش محتوای پروتئین در برگ کاج سیاه در منطقه آلوده، در تطابق با نتایج حاضر می باشد (۹). همچنین مقایسه میزان پروتئین برگ گیاه *Pyracanha crenulata* در منطقه آلوده نسبت به منطقه پاک نشان داد که آلودگی هوا با افزایش معنی دار میزان پروتئین برگ همراه بوده است (۸). در تحقیق حاضر نیز بیشترین میزان پروتئین با غلظت ۶ میلی گرم بر گرم وزن تر گیاه مربوط به منطقه پارک شهر (۴) با بیشترین میزان آلودگی بوده است.

با توجه به نتایج به دست آمده از مطالعه حاضر، خاک کلیه مناطق نمونه برداری از نظر میزان اسیدیته خنثی و تا حد کمی قلیایی و از نظر هدایت الکتریکی در محدوده غیر شور (دسی زیمنس بر متر۲> هدایت الکتریکی) قرار داشت (۷۸). به طور کلی، اسیدیته و هدایت الکتریکی نشان دهنده شرایط فیزیکو-شیمیایی خاک مناطق رشد گیاه می باشند. در خاک های قلیایی با میزان اسیدیته بالاتر از ۷، حضور بالای بی کربنات و همچنین آهک زیاد گزارش شده است. همچنین با قلیایی شدن محیط رشد گیاه قابلیت جذب یون های کلسیم، منیزیم، ازت و گوگرد توسط گیاه افزایش می یابد (۱۴). در حالی که در خاک های اسیدی قابلیت جذب عناصری مانند آهن، روی، منگنز و آلومنیوم توسط گیاه بالا می رود (۴۵، ۶). هدایت الکتریکی نشان دهنده مقدار یون های موجود در محلول خاک و اثرات آن ها بر ساختار خاک و رشد گیاهان از طریق تاثیر بر فشار اسمزی می باشد (۸۶). با توجه به اینکه که میزان اسیدیته و هدایت الکتریکی در بین مناطق مختلف تهران و چالوس اختلاف معنی داری از نظر آماری نشان نداد، می توان احتمالا نتیجه گیری کرد که مناطق مختلف مورد مطالعه از شرایط نسبتا یکسان بافت خاک و همچنین عناصر قابل دسترس ریشه برخوردار بوده اند. اگر چه محتوای نیتروژن و فسفر در نمونه خاکی مناطق مختلف مورد مطالعه با افزایش آلودگی تغییر کرده است. بنابراین تفاوت در محتوای نیتروژن و فسفر در نمونه خاکی ممکن است که به سایر عوامل محیطی مرتبط باشد. آلودگی های هوائی را می توان از عوامل موثر بر تغییر در محتوای نیتروژن و فسفر خاک در نظر گرفت که به تبع آن احتمالا میزان این عناصر را در نمونه های گیاهی تغییر می دهد. آلاینده های هوایی مانند دی اکسید گوگرد، اکسید های نیتروژن و همچنین ذرات فسفردار ناشی از انواع سوخت ها که به صورت رسوب های خشک و یا محلول وارد خاک شده،

www.SID.ir

Archive of SID

می توانند باعث تغییر در میزان عناصر خاک گردد (۲۰، ۲۴، ۵۵، ۵۶، ۵۷، ۷۵، ۹۴). سپس تحت تاثیر عوامل مختلف محیطی قابلیت دسترسی و جذب عناصر توسط گیاهان می تواند دستخوش تغییر قرار گیرد.

ازت خاک عموما توسط فرآیند های مختلفی مانند تصعید آمونیاک، آبشویی و نیترات زدایی از دسترسی گیاهان خارج می شود. گیاهان اغلب تمایل به جذب نیتروژن به صورت نیترات دارند. یون نیترات دارای بار منفی است که جذب ذرات رس خاک که آن ها هم دارای بار منفی هستند، نمی شود و در نتیجه توسط باران شسته شده و به لایه های پایین تر خاک فرو رفته و از دسترس ریشه دور می شود (۳۱). در نتیجه در تحقیق حاضر میزان ازت گیاه با کاهش میزان ازت خاک منطقه رویش گیاه کاهش یافته است.

بر خلاف ازت، ترکیبات فسفاتی نسبتا غیر محلولند و به راحتی از پروفیل خاک شسته نمی شوند. هنگامی که ذرات فسفردار در مناطق آلوده به خاک اضافه می شود، بلافاصله بعد از انحلال در محلول خاک با یون های کلسیم، آهن و آلومینیوم موجود در محلول واکنش داده و بصورت ترکیبات نامحلول در می آید و یا جذب سطحی ذرات رس می گردد. قابلیت جذب فسفر تابع عوامل بسیاری است. در خاک های اسیدی این عنصر به صورت فسفات های آهن و آلومینیم و در خاک های خنثی و آهکی به صورت فسفات های کلسیم رسوب می کند (۹۰). ذخایر فسفر از شاخص های مهم در ارزیابی اثر گونه های درختی بر عملکرد اکوسیستم است (۶۲). فسفر عنصری ضروری برای گیاهان است و در فرایند بیوسنتز پروتئین اهمیت دارد (۶۳). همچنین فسفر دارای نقش های متعددی در ساختار سلول و عملکرد کاتالیتیک آنزیم های دخیل در متابولیسم می باشد (۱۷). با توجه به انباشتگی بالای فسفر در گیاه که به تبع افزایش میزان فسفر خاک در مناطقی با آلودگی جوی بالاتر رخ داده است، احتمالا می توان نتیجه گیری کرد که فسفر ذخیره شده در گیاه عامل تحریک سنتز بیشتر پروتئین در شرایط تنشی برای افزایش مقاومت بیشتر گیاه نسبت به آلاینده ها می باشد. Imsande در سال ۱۹۹۷ نشان داد که سنتز پروتئین در سویا تحت تاثیر عناصری مانند پتاسیم و فسفر قرار داشته و استفاده بهینه از این عناصر مقدار پروتئین ذخیره ای را افزایش داده است (۴۷). در بررسی اثر سطوح فسفر در دو رقم کلزا با افزودن ۲۵ میلی گرم فسفر در کیلوگرم خاک، جذب و غلظت فسفر و عملکرد پروتئین، افزایش معنی داری نسبت به تیمار شاهد نشان داده است (۳). در مطالعه انجام شده بر روی گونه های گیاهی *Carpinus betulus* و *Phaseoulus vulgaris* افزایش تجمع فسفر در منطقه ای با آلودگی بیشتر مشاهده شده است (۲ و ۹۲).

لازم به ذکر است که اختلافات در پارامترهای فیزیولوژیک افرای رشد یافته در مازندران و تهران تنها به دلیل آلاینده ها و عوامل فیزیکو- شیمیایی خاک مناطق مورد مطالعه نمی باشد، بلکه گیاهان تحت تاثیر تغییرات آب و هوایی مانند دما، بارندگی و رطوبت نسبی که به نوبه خود از عواقب آلاینده های هوایی می باشند، قرار می گیرند (۷). نتایج نشان داده است که با کاهش میزان بارندگی و به دنبال آن کاهش میزان رطوبت نسبی در مناطق مختلف تهران با آلودگی هوایی بالاتر نسبت به چالوس، میزان رنگدانه های فتوسنتزی (کلروفیل a، b و کاروتنوئیدها)، آنتوسیانین و فسفر کل گیاه بطور معنی داری بیشتر شده است (جدول ۳). در پژوهشی در اسپانیا مشخص شد که الگوی تغییرات غلظت عناصر در گونه های درختی مختلف و در هر گونه در اندام های مختلف تحت تاثیر خشکی ناشی از کاهش بارندگی، متفاوت است. در گونه *Quercus ilex* خشکی، فسفر برگ را افزایش و فسفر تنه و ریشه را کاهش داد که احتمالا بیانگر حرکت فسفر از چوب و تنه به سمت برگ ها بوده است. همچنین تنش کم آبی الگوی غلظت و انباشتگی فسفر را در گونه های درختی *Q.ilex* و *Arbutus unedo* بیشتر از *Phillyrea Latifolia* تغییر داد (۸۲). آنتوسیانین ها نیز که در شرایط

www.SID.ir

Archive of SID

تنش کم آبی از ساختارهای حساس مانند غشا ها حفاظت کرده و از زوال رنگیزه های فتوسنتزی مانند کلروفیل ها جلوگیری می کنند (۵۹)، در گیاهان مقاوم به خشکی دارای تجمع بالاتری هستند (۷۱). چنانکه در گیاه دارویی همیشه بهار با نام علمی *Calendula officinalis* L. میزان آنتوسیانین و رنگدانه های فتوسنتزی (کلروفیل a و b و کاروتنوئید) با افزایش شدت تنش کم آبی افزایش پیدا کرد (۴). از جمله نقش های مهم کاروتنوئیدها محافظت از غشاهای تیلاکوئیدی و جلوگیری از فتواکسیداسیون کلروفیل‌ها می باشد. گریکسن و هولم (۲۰۰۷) بیان کردند که ارقام دارای محتوی کلروفیل بالاتر، مقاومت بیشتری در شرایط تنش خشکی از خود نشان داده اند (۴۱). همچنین مشخص شده است که دوام فتوسنتز و حفظ کلروفیل برگ تحت شرایط تنش خشکی از جمله شاخص های فیزیولوژیک مناسب جهت مقاومت به تنش خشکی هستند (۷۲).

نتیجه گیری کلی

مقایسه پاسخ های فیزیولوژیکی برگ درخت افرای رشد یافته در مناطق مختلف تهران با آلودگی هوایی بالا نسبت به افرای رشد یافته در چالوس با آلودگی نسبتا پایین نشان داد که محتوای رنگدانه های فتوسنتزی مانند کلروفیل a، b و سنتز پروتئین با افزایش میزان آلودگی هوایی بطور معنی داری بیشتر شده است. همچنین سنتز بیشتر میزان کاروتنوئیدها و آنتوسیانین، بعنوان عوامل آنتی اکسیدانت در مناطقی با میزان آلودگی بیشتر (مناطق مختلف تهران) مشاهده گردیده است. علاوه بر این نتایج نشان داده است بسیاری از پارامترهای فیزیولوژیک مانند محتوای رنگیزه های فتوسنتزی، کاروتنوئیدها و انتوسیانین در گیاه افرای رشد یافته در مناطق مختلف تهران که شرایط اقلیمی نسبتا یکسانی داشته ولی از نظر میزان آلاینده ها متفاوت بوده اند، با افزایش میزان آلاینده ها بیشتر شده اند. در واقع پاسخ های فیزیولوژیک درخت افرا به آلاینده ها نشان دهنده مقاومت این گیاه به تنش ناشی از آلاینده ها بوده است. با توجه به نقش مهم درختان پهن برگی مانند افرا که قابلیت بالایی در جذب آلاینده های اتمسفری به واسطه وسعت نسبتا بالای اندام هوایی به ویژه برگ ها دارند و آسیب های پایین این گیاه نسبت به آلاینده ها و همچنین سازگاری بالا و رشد این گیاه در مازندران و مناطق مختلف تهران، کاشت این گیاه به عنوان یک درخت زینتی و همچنین در فضا سازی های شهری در مناطقی با آلودگی جوی بالا مانند تهران توصیه می گردد.

منابع

۱- اجتهادی، م. ۱۳۸۶. بررسی آلودگی هوای شهری ناشی از سامانه حمل و نقل با تاکید بر ذرات معلق و ارائه راهکار های مدیریتی (مطالعه موردی تهران)، دهمین همایش ملی بهداشت محیط همدان، ۸-۱.

۲- امینی، ف.، حسین آبادی، س.، و عسکری، م. ۱۳۹۳. بررسی اثر آلاینده های اتمسفری بر پرولین، پروتئین و برخی از عناصر گیاهان یونجه و لوبیا (مطالعه موردی: پالایشگاه شازند اراک)، فرایند و کارکرد گیاهی، شماره ۱۱، ۴: ۸۵-۷۹.

۳- توجه، م.، کریمیان، ن. ع.، رونقی، ع. م.، یثربی، ج.، حمیدی، ر.، و علما، و. ۱۳۹۳. اثر سطوح فسفر و بور بر عملکرد، اجزای عملکرد و کیفیت دانه دو رقم کلزا در شرایط کشت گلخانه ای، علوم و فنون کشت های گلخانه ای، ۶، ۲۴: ۱۱۱-۹۹.

۴- جعفرزاده، ل.، امیدی، ح. و بستانی، ع.الف. ۱۳۹۱. بررسی تنش خشکی و کود زیستی نیتروژنه بر برخی ویژگی های بیوشیمیایی گیاه دارویی همیشه بهار *Calendula officinalis* L. ، مجله پژوهش های گیاهی (مجله زیست شناسی ایران)، ۲۷، ۲: ۱۹۳-۱۸۰.

۵- حاج رسولی ها، ش.، امینی، ه.، هودجی، م.، و نجفی، پ. ۱۳۸۵. زیست ردیابی آلودگی هوا و خاک در منطقه اصفهان، پژوهش در علوم کشاورزی، ۲: ۵۴-۳۹.

www.SID.ir

Archive of SID

۶- خادم، ا.، گلچین، ا.، مشهدی جعفرلو، ا.، زارع، ا.، و ناصری، ا. ۱۳۹۴. تأثیر اسیدی شدن شدید خاک بر قابلیت جذب عناصر غذایی خاک و رشد ذرت (*Zea mays* L.). پژوهش وسازندگی- نشریه زراعت، ۱۰۷: ۷-۱.

۷- صادقی حسینی، ع. و راحلی سلیمی، ج. ۱۳۸۱. تأثیر توسعه شهر نشینی بر روی فرایند بارش در تهران، مجله فیزیک زمین و فضا، ۲۸، ۲: ۱۱-۵.

۸- ظفری، ط.، بی خوف تربتی، م.، مراقبی، ف.، و رضوی زاده، ر. ۱۳۹۵. بررسی اثرات آلودگی هوا بر برخی از شاخص های فیزیولوژیکی گیاه *Pyracanha crenulata* واریته *kansuensis* در دو منطقه پاک و آلوده تهران، نشریه فیزیولوژی محیطی گیاهی، ۱۱، ۴۲: ۸۴-۷۵.

۹- علومی، ح.، رضا نژاد، ف.، و کرامت، ب. ۱۳۹۴. مقایسه ویژگی های بیوشیمیایی دو گونه *Pinus nigra* و *Pinus eldarica* در خاک های آلوده اطراف مجتمع مس سرچشمه کرمان و خاک های کمتر آلوده منطقه کنتوئیه، نشریه فیزیولوژی محیطی گیاهی، ۱۰، ۴۰: ۱۲-۱.

۱۰- علی احمدی کروری، س. ۱۳۷۸. مجموعه مقالات بررسی نحوه پاسخ آنزیم ها در درختان جنگلی به تغییرات عوامل زیست محیطی. انتشارات مؤسسه تحقیقات جنگل ها و مراتع.

۱۱- قربانلی، م.، بخشی خانیکی، غ.، و باکند، ز. ۱۳۸۶. بررسی اثر آلاینده های هوای شهر تهران بر وزن تر و خشک، غلظت پرولین، کربوهیدرات های محلول، تعداد روزنه، کرک و سلول های اپیدرمی در دو گیاه خرزهره *Nerium oleander* L. و اقاقیا *Robinia pseoudoacacia* L.. پژوهش و سازندگی، زراعت و باغبانی، ۷۷: ۳۴-۲۸.

۱۲- مداح، س. م.، مراقبی، ف.، فرهنگیان کاشانی، س.، و افدیده، ف. ۱۳۹۴. بررسی پاسخ های فیزیولوژیک و علل مقاومت درخت اقاقیا (*Robinia pseudoacacia* L.) تحت تاثیر آلودگی هوای شهر تهران، نشریه فیزیولوژی محیطی گیاهی، ۱۰، ۳۸: ۵۶-۴۸.

۱۳- مظفریان، و. ۱۳۸۳. درختان و درختچه های ایران، انتشارات فرهنگ معاصر، چاپ اول، تهران، ۱۲-۲ و ۹۶۴-۹۵۲.

۱۴- ملکوتی، م.، و نفیسی، م. ۱۳۷۳ . مصرف کود در اراضی فاریاب و دیم. انتشارات دانشگاه تربیت مدرس. جلد دوم.

۱۵- میرزایی، م.، و بابالو، ف. ۱۳۸۷. بررسی ساختار تشریحی عشقه (*Hedere helix* L.) و تاثیر آلودگی هوا بر آن، فصل نامه زیست شناسی تکمیلی، ۱: ۴۷-۴۲.

16- Agbaire, P.O and E. Esiefarienrhe. 2009. Air pollution tolerance indices (apti) of some plants around Otorogun gasplant in Delta State, Nigeria. Journal of Applied Sciences and Environmental Management, 13(1): 11-14.

17- Akhtar, M.S., Y. Oki and T. Adachi. 2009. Mobilization and Acquisition of Sparingly Soluble P-Sources by *Brassica* Cultivars under P-Starved Environment I. Differential Growth Response, P-Efficiency Characteristics and P-Remobilization. Journal of integrative plant biology, 51(11): 1008-1023.

18- Akram, A and M. El-yemeni. 2010. Atmospheric air pollution effects on some exhibited plants at aljubail industrial city, Ksa. Australian Journal of Basic and Applied Sciences, 4:1251-1263.

19- Amani, M., G.h. Ekhlasi, M. Esmailnia, M. Hasani, S.h. Yazdani and H. Beheshti. 1996. Preliminary results of qualitative, quantitative and silvicultural investigations in young plantation of Maple (*Acer velutinum* Boiss.). Research and Reconstruction, 31: 6-21.

20- Anderson, K.A. and J.A Downing. 2006. Dry and wet atmospheric deposition of nitrogen, phosphorus and silicon in an agricultural region. Water, Air, and Soil Pollution, 176: 351–374.

21- Andrew, J.S., H. Moreau, M. Kuntz, G. Pagny, C. Lin, S. Tanksley and J. McCarthy. 2008. An investigation of carotenoid biosynthesis in *Coffea canephora* and *Coffea arabica*. Plant Physiology, 165:1087-1106.

22- Ashraf, M.P.J.C and P.J.C. Harris. 2004. Potential biochemical indicators of salinity tolerance in plants. Plant science, 166(1): 3-16.

23- Athar, H.R., A. Khan and M. Ashraf. 2008. Exogenously applied ascorbic acid alleviates salt-induced oxidative stress in wheat. Environmental and Experimental Botany, 63: 224-231.

24- Bouwman, A.F., D.P. Van Vuuren, R.G. Derwent and M. Posch. 2002. A global analysis of acidification and eutrophication of terrestrial ecosystems. Water Air Soil Pollution, 141: 349–382.

www.SID.ir

Archive of SID

25- Bradford, M.M. 1976. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. Analytical biochemistry, 72(1-2): 248-254.

26- Chappelka, A.H and B.I. Chevone. 1992. Tree responses to ozone. In surface level ozone exposures and their effects on vegetation, ed. A.S Lefohn, Chelsea, MI: Lewis. 271-324 pp.

27- Chaudhuri, U.N., and E.T. Kanemasu. 1982. Effect of water gradient on sorghum growth, water relations and yield. Canadian Journal of Plant Science, 62(3): 599-607.

28- Dai, L.P., Z.T. Xiong, Y. Huang and M.J. Li. 2006. Cadmium-induced changes in pigments, total phenolics, and phenylalanine ammonialyase activity in fronds of *Azolla imbricate*. Environmental Toxicology, 21(5): 505-512.

29- Demirevska-Kepova, K., L. Simova-Stoilova, Z. Stoyanova, R. Hölzer and U. Feller. 2004. Biochemical changes in barley plants after excessive supply of copper and manganese. Environmental and Experimental Botany, 52 (3):253-266.

30- Doke, N. 1997. The oxidative burst: roles in signal transduction and plant stress. Oxidative stress and the molecular biology of antioxidant defenses.

31- Ying-Hua, D., Z. Ya-Li, S. Qi-Rong and W. Song-Wei. 2006. Nitrate Effect on Rice Growth and Nitrogen Absorption and Assimilation at Different Growth. Pedosphere, 16(6): 707-717.

32- Elstner, E.F., H. Schempp, G. Preibisch, S. Hippeli and W. Oßwald. 1994. Biological sources of free radicals. Free Radicals in the Environment, Medicine and Toxicology, 13-45.

33- Emami, A. 1996. Methods of Plant Analysis, Soil and Water Research Institute, Agricultural Research and Education Organization, Ministry of Agriculture, Tehran, Iran. 1: 982.

34- Foyer, C.H., M. Lelandais and K.J. Kunert. 1994. Photooxidative stress in plants. Physiologia Plantarum, 92(4): 696-717.

35- Gao, S., C. Ouyang, S. Wang, Y. Xu, L. Tang and F. Chen. 2008. Effects of salt stress on growth, antioxidant enzyme and phenylalanine ammonia-lyase activities in *Jatropha curcas* L. seedlings. Plant Soil Environment, 54(9): 374-381.

36- Garrett, K.A., S.P. Dendy, E.E. Frank, M.N. Rouse and S.E. Travers. 2006. Climate change effects on plant disease: genomes to ecosystems. Annuual Review Phytopathology, 44: 489-509.

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

38- Gossett, D.R., S.W. Banks and M.C. Lucus. 1996. Antioxidant response to NaCl stress in a control and a Nacl tolerance cotton cell line grown in the presence of paraquat. Plant Physiology. 12: 803-809.

39- Gostin, I.N. 2009. Air pollution effects on the leaf structure of some Fabacea species. Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca, 37(2): 57-63.

40- Gratani, L., M.A. Crescente and M. Petruzzi. 2000. Relationship between leaf life-span and photosynthetic activity of *Quercus ilex* in polluted urban areas (Rome). Environmental pollution, 110(1): 19-28.

41- Gregersen, P.L and P.B. Holm. 2007. Transcriptome analysis of senescence in the flag leaf of wheat. Plant Biotecnology, 5: 192-206.

42- Grote, R., R. Samson, R. Alonso, J.H. Amorim, P. Cariñanos, G. Churkina and E. Paoletti. 2016. Functional traits of urban trees: air pollution mitigation potential, the ecological society of America, Frontiers in Ecology and the Environment, 10.1002/fee.1426.1.

43- Havaux, M. 1998. Carotenoids as membrane stabilizers in chloroplasts. Trends in Plant Science, 3: 147–151.

44- Heath, R.L. 1980. Initial events in injury to plants by air pollutants. Annual review of plant physiology, 31: 395-431.

45- Hollier, C and M. R. Rutherglen. 2005. Acid soils. Agricultural Notes, AG 1182.

46- Honour, S.L., J.N.B. Bell, T.W. Ashenden, J.N. Cape and S.A. Power. 2009. Responses of herbaceous plants to urban air pollution: effects on growth, phenology and leaf surface characteristics. Environmental pollution, 157(4): 1279-1286.

47- Imsande, J. 1997. Nitrogen deficiency during soybean pod fill and increase plant biomass by rapid N2 fixation. European Journal of Agronomy, 8: 1-11.

www.SID.ir

Archive of SID

48- Jeyaramraja, P.R., S.N. Meenakshi, R.S. Kumar, S.D. Joshi and B. Ramasubramanian. 2005. Water deficit induced oxidative damage in tea (*Camelia sinensis*) plants. Plant Physiology, 162: 413-419

49- Kardel, F., K. Wuyts, M. Babanezhad, T. Wuytack, S. Adriaenssens and R. Samson. 2012. Tree leaf wettability as passive bio-indicator of urban habitat quality. Environmental and Experimental Botany, 75: 277-285.

50- Karowe D.N and C.H Grubb. 2011. Elevated CO_2 increases constitutive phenolics and Ttrichomes, but decreases inducibility of phenolics in *Brassica rapa* (Brassicaceae). Journal of Chemical Ecology, 37(12):1332–1340.

51- Kjeldahl, J. 1883. New method for the determination of nitrogen in organic substances. Zeitschrift für analytische Chemie, 22 (1) : 366-383.

52- Khalid, K. A. 2006. Influence of water stress on growth, essential oil, and chemical composition of herbs (Ocimum sp.). International Agrophysics, 20(4): 289-296.

53- Khorankeh, S., 2004. Determination of diameter growth for maple (*Acer velutinum* Boiss.) in Mazandaran east forest-Neka Zalemroud section 2. M.Sc. Thesis, Natural Resources Faculty of Mazandaran University, 125.

54- Kiaee, M. and M. Jafari. 2014. Investigation and consideration of forest tree reaction to climate and environmental changes (Case study: Lavizan forest park). Journal of Plant Researches (Iranian journal of biology). 27: 130-141. (In Persian)

55- King, H.B., M.K. Wang, S.Y. Zhuang, J.L. Hwong, C.P. Liu and M.J. Kang. 2006. Sorption of sulfate and retention of cations in forest soils of Lien-Hua-Chi watershed in central Taiwan. Geoderma, 13: 143-153.

56- Kita, I., T. Sato, Y. Kase and P. Mitropoulos. 2004. Neutral rains at Athens, Greece: a natural safeguard against acidification of rains. Science of the Total Environment, 327: 285-294.

57- Kumar, A.J., W.A. Gough, J.D. Karagatzides, K.A. Bolton and L.J.S. Tsuji. 2001. Testing the validity of a critical sulphur and nitrogen load model in Southern Ont., Canada, using soil chemistry data from MARYP. Environmental Monitoring and Assessment, 69: 221-230.

58- Laghari, S.K and M. Asrar Zaidi. 2013. Effect of air pollution on the leaf morphology of common plant species of Quetta city. Pakistan Journal of Botany, 45: 447-454.

59- Leng, P., H. Itamura, H. Yamamura, H. and X.M. Deng. 2000. Anthocyanin accumulation in apple and peach shoots during cold acclimation. Scientia Horticulturae 83: 43-50.

60- Lichtenthaler, H. K., 1987. Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes. Methods in enzymology, 148: 350-382.

61- Ling, T., R. Jun and Y. Fangke. 2011. Effect of cadmium supply levels to cadmium accumulation by Salix. International Journal of Environmental Science and Technology, 8 (3): 493-500.

62- Lovett, G. M., K.C. Weathers and M.A. Arthur. 2002. Control of Nitrogen Loss from Forested Watersheds by Soil Carbon: Nitrogen Ratio and Tree Species Composition. Ecosystems, 5(7): 0712-0718.

63- Mankovska, B., B. Godzik, O. Badea and Y. Shparyk. 2004. Chemical and morphological characteristics of key tree species of the Carpathian Mountains. Environmental Pollution, 130: 41-54.

64- Masukasu, H., O. Karin and H. Kyoto. 2003. Enhancement of anthocyanin biosynthesis by sugar in radish (*Raphanus sativus*) hypocotls. Plant Science, 164:2:259-265.

65- Mecord, J.M. 2000. The evolution of free radicals and oxidative stress. American Journal of Medicine, 108: 652-659.

66- Misra, A.N., D. Latowski and K. Strzalka. 2006. The xanthophyll cycle activity in kidney bean and cabbage leaves under salinity stress. Russian Journal of Plant Physiology, 53(1): 102-109.

67- Niinemets, Ü. 1999. Research review. Components of leaf dry mass per area–thickness and density-alter leaf photosynthetic capacity in reverse directions in woody plants. The New Phytologist, 144(1): 35-47.

68- Niinemets, U. 2010. Responses of forest trees to single and multiple environmental stresses from seedlings to mature plants: Past stress history, stress interactions, tolerance and acclimation. Forest Ecology and Management, 260(10): 1623-1639.

69- Olsen, S.R. 1954. Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. United States Department of Agriculture; Washington.

www.SID.ir

Archive of SID

70- Page, A. 1986. Methods of Soil Analysis. Part: 2, Chemical Methods. 2nd Edition. Soil Science Society of America, 1188.

71- Paine, T.D., C.C. Hanlon, D.R. Pittenger, D.M. Ferrin, and M.K. Malinoski. 1992. Consequences of water and nitrogen management on growth and aesthetic quality of drought-tolerant woody landscape plants. Journal of Environmental Horticulture, 10:94-99.

72- Pessarkli, M. 1999. Hand book of Plant and Crop Stress. Marcel Dekker Inc, 697 pp.

73- Posmyk, M.M., A. Dobranowska and K.M. Janas. 2005. Role of anthocyanins in red cabbage seedlings response to copper stress. Ecological Chemistry and Engineering 12(10): 1107-1112.

74- Posmyk, M.M., R. Kontek and K.M. Janas. 2007. Effect of anthocyanin-rich red cabbage extract on cytological injury induced by copper stress in plant and animal tissues. Environmental Protection of Natural Soures, 33: 50-56.

75- Prihatin, J., A.D. Corebima and A. Abdul Gofur. 2015. The Effect of exposure of mulberry to acid rain on the defects cocoon of *Bombyx mori* L. Procedia Environmental Sciences 23: 186-191.

76- Reich, P.B. 1987. Quantifying plant response to ozone: A unifying theory. Tree Physiology, 3:63-91.

77- Rezanejad, F. 2009. Air pollution effects on structure, proteins and flavonoids in pollen grains of *Thuja orientalis* L. (Cupressaceae). Grana, 48(3): 205-213.

78- Richards, L.A. (Ed.) 1954. Diagnosis and Improvement of saline and alkaline soil, USDA Handbook No. 60 Washington, DC.

79- Safdari, V.R., D. Parsapazhouh and A.H. Hemasi. 2005. A Dendroclimatological evalution of *Pinus eldarica* at three sites in Tehran. Journal of Agricultural Sciences, 11(2): 217-232.

80- Sagheb-Talebi, Kh. 2000. Site demands and Lifestyle of maple (*Acer velutinus* Boiss.) in Kheiroudkenar forest. Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 212: 79-150.

81- Salehi, M and R. Fotouhi Ghazvini. 2016. Effect of Acid Rain on Morphological and Physiological Characteristics of Persian Maple (*Acer velutinum* Boiss). Journal of Plant Process and Function, 5(15): 23-32.

82- Sardans, J., and J. Penuelas. 2007. Drought changes phosphorus and potassium accumulation patterns in an evergreen Mediterranean forest. Functional Ecology, 21: 191-201.

83- Seyyednejad, S.M., M. Niknejad and M. Yusefi. 2009. The Effect of Air Pollution on Some Morphological and Biochemical Factors of *Callistemon citrinus* in Petrochemical Zone in South of Iran. Asian Journal of Plant Sciences, 8: 562-565.

84- Singleton, V.L., R. Orthofer and R.M. Lamuela-Raventós. 1999. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of folin-ciocalteu reagent. Methods in enzymology, 299: 152-178.

85- Sivasakthivel, T and K.K. Siva Kumar Reddyrnational. 2010. Ozone Layer Depletion and Its Effects, Journal of Environmental Science and Development, 2(1): 2010-2064.

86- Suddutha, K. A., N.R. Kitchena., W.J. Wieboldb., W.D. Batchelorc., G.A. Bollerod., D.G. Bullockd., D.E. Claye., H.L. Palmb., F.J. Piercef., R.T. Schulerg and K.D. Thelenh. 2005. Relating apparent electrical conductivity to soil properties across the north-central USA. Computers and Electronics in Agriculture, 46: 263–283.

87- Skorzynska-Polit, E., M. Drazkiewicz, D. Wianowska, W. Maksymiec, A.L. Dawidowicz and A. Tukiendorf. 2004. The influence of heavy metal stress on the level of some flavonols in the primary leaves of *Phaseolus coccineus*. Acta Physiologiae Plantarum, 26(3): 247253.

88- Tankha, K and R.K Gupta. 1992. Effect of water deficit and SO_2 on total soluble protein, nitrate reductase activity and free proline content in sun flower leaf. Biologia Plantarum, 34: 305-310.

89- Timperio, A. M., M.G. Egidi and L. Zolla. 2008. Proteomics applied on plant abiotic stresses: role of heat shock proteins (HSP). Journal of proteomics, 71(4): 391-411.

90- Tisdale, S.L., W.L. Nelson James, D. Beaton and J.L. Havlin. 2002. Soil Fertility and Fertilizers. 5th ed., Prentice Hall of India Private Ltd., New Delhi.

91- Thomas, M. D. 1958. Air pollution with relation to agronomic crops: I. General status of research on the effects of air pollution on plants. Agronomy Journal, 50(9): 545-550.

92- Tzvetkova, N and D. Kolarov. 1996. Effect of air pollution on carbohydrate and nutrient

www.SID.ir

Archive of SID

concentration in some deciduous tree spicies. Bulgarian Journal of Plant Physiology 22: 53-63.

93- Wang, S. Y., L. Bowman and M. Ding. 2008. Methyl jasmonate enhances antioxidant activity and flavonoid content in blackberries (Rubus sp.) and promotes antiproliferation of human cancer cells. Food Chemistry, 107(3): 1261-1269.

94- Zhang, J. E., Y. Ouyang and D.J. Ling. 2007. Impact of simulated acid rain on cation leaching from the Latosol in south China. Chemospher, 67: 2131-2137.

Comparison of physiological responses of *Acer Velutinum* Bioss. to air pollutants in Mazandaran and three areas of Tehran

Taheri Otaghsara S.H., Aghajanzadeh T.A.* and Jafari N.

Dept. of Biology, Faculty of Basic Science, University of Mazandaran, Babolsar, I.R. of Iran

Abstract

Air pollutants are one of the most important environmental problems in the world. Trees and shrubs are the most important agents to reduce air pollutants, which through various mechanisms can respond to the destructive effects of air pollutants. In current study, the resistance of *Acer velutinum* Bioss. to air pollutants like carbon monoxide, nitrogen dioxide and ozone contaminants through some physiological parameters such as photosynthetic pigment, anthocyanin, total protein, total phenol and mineral elements such as nitrogen and phosphorus were evaluated. Soil parameters and climate factors were also measured. *A. velutinum* was collected in three areas in Tehran including Tajrish, Laleh Park, Shahr Park and one area in Mazandaran including Chaloos. Acidity, electrical conductivity and temperature has been hardly changed in any areas. The results indicated that the content of air pollutants in in three areas of Tehran was higher than Chaloos. Likewise, the rainfall and relative humidity have also decreased in different parts of Tehran which can be considered as the consequences of increasing air pollutants. The results showed that the content of chlorophyll a, b and carotenoids, protein, phosphorus and anthocyanin in plant grown in three areas of Tehran with higher content of air pollutants were higher than those in plant grown in Chaloos. In deed, physiological resposes of Acer indicates its resistance to above-mentioned air pollutants.

Key words: Acer, Mazandaran, Physiological response, Pollution, Tehran

www.SID.ir