Archive of SID

علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره بیست و دوم، شماره یازده، بهمن ماه ۹۹

اثر آلاینده‌های هوا بر صفات مورفولوژیکی برگ درختان چنار (Platanus orientalis)

سارا عباسی [۱]
سید محسن حسینی [۲*]
hosseini@modares.ac
نعمت اله خراسانی [۳]
عبدالرضا کرباسی [٤]

تاریخ دریافت: ۹۶/۵/۲۰ تاریخ پذیرش:۹۷/۱۲/۱۵

چکیده

زمینه و هدف: مطالعه سازگاری‌های برگ درختان در مواجهه با آلاینده‌های هوا شاخص خوبی برای عملکرد گیاه در محیط‌های آلوده است. در مطالعه حاضر اثر آلاینده‌های فلزی بر تغییر صفات مرفولوژیکی برگ چنار (*Platanus orientalis*) در دو ناحیه چیتگر و میدان آزادی در تهران بررسی شد.

روش بررسی: دو ناحیه برای نمونه برداری انتخاب شد. ناحیه یک از محیط کم ترافیک (از فضای داخلی پارک چیتگر) و محیط پرترافیک (میدان آزادی) بود. در هر ناحیه پنج پایه درختی سالم و فاقد بیماری از گونه‌چنار (*Platanus orientalis*) در کم‌ترین فاصله از خیابان به‌صورت تصادفی انتخاب شد. برگ‌های کاملا سالم از خارجی‌ترین قسمت تاج پوشش هر درخت از سمت خیابان، در نیمه دوم شهریورماه جمع‌آوری شد. برای اطمینان از بازبودن روزنه‌ها، برگ‌ها در ساعت ۱۰ الی ۱۱صبح جمع‌آوری شد. برگ‌ها در نایلون‌های لفافه‌دار در مخزن یخ با حداقل تماس دست قرار داده شد و در کوتاه‌ترین زمان به آزمایشگاه منتقل شد. صفات مرفولوژیکی برگ و روزنه چنار اندازه گیری شد. غظت فلزات نیز اندازه گیری شد.

یافته‌ها: آلایندگی سرب، جیوه، آهن، مس، کروم، کبالت، کادمیوم و نیکل نسبت به دیگر فلزات بیشتر و سمیت این فلزات در آزادی بیشتر از چیتگر بود. در حضور آلاینده‌های فلزی طول، عرض، مساحت، وزن تر و خشک و محتوی آب نسبی برگ کاهش و دندانه در واحد سطح، توزیع رگبرگ در سطح پهنک و مساحت ویژه برگ افزایش داشت. با افزایش مس، مساحت برگ کاهش یافته و علایم کلروز بروز می کند، تجمع فلزات کادمیوم و سرب و نیکل باعث کاهش اندازه بافت مزوفیل و اندازه سلول‌های اپیدرمی شد. وزن تر و خشک برگ چنار

۱- دانشجوی دکتری محیط‌زیست. دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران. ایران.
۲- استاد گروه جنگلداری، دانشکده منابع‌طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس، ایران * (مسوول مکاتبات)
۳- استاد گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران.
۴- دانشیار گروه محیط زیست. دانشکده محیط زیست، دانشگاه تهران

www.SID.ir

Archive of SID

در آزادی نسبت به چیتگر کاهش یافت. کاهش وزن‌خشک از عوارض سمیت کادمیوم است. طول و عرض روزنه، سایز روزنه کاهش و تراکم‌روزنه افزایش یافت. مقاومت روزنه‌ای، تراکم روزنه، سایز روزنه در سطح فوقانی برگ افزایش داشت.

بحث و نتیجه گیری: چنار با کاهش سطح تماس با آلاینده و تغیر در سایز و تراکم روزنه تبادلات گازی با محیط را تنظیم می‌نماید. بروز این سازگاری‌های مرفولوژیکی سبب افزایش پایداری چنار نسبت به تنش آلاینده‌های هوا می‌شود.

واژه های کلیدی: فلزات، مرفولوژی برگ، چنار، تهران.

www.SID.ir

Archive of SID

J. Env. Sci. Tech., Vol 22, No.11, February, 2021

The effect of air pollution on the morphological traits of the leaves of *Platanus orientalis*

Sara Abbasi [1]
Seyed Mohsen Hosseini [2*]
hosseini@modares.ac
Nematollah Khorasani [3]
Abd al-Reza Karbasi[4]

Admission Date:March 9, 2018 Date Received: August 11, 2017

Abstract

Background and Objective: The study of the response and adaptation of the trees' leaves exposed to air pollutants is a good indicator of plant yield in contaminated environments. In this study, the effect of metal contaminants on changing the morphological traits of *platanus orientalis* leaves in Chitgar and Azadi Square in Tehran was investigated.

Method: Two areas were selected for sampling. Area one was a low-traffic environment (from the interior space of Chitgar Park) and a high-traffic environment (Azadi Square). In each area, five healthy and disease-free tree base of plantain type (Platanus orientalis) were randomly selected at the shortest distance from the street. Completely healthy leaves were collected from the outermost part of each tree canopy from the street side in the first half of September. The leaves were collected at 10 to 11 am. To ensure that the stomata were open. The leaves were put in wrapped nylons in an ice tank with minimal hand contact and transported to the laboratory in the shortest time. Morphological traits of plantain leaves and stomata were measured. Metal concentration was also measured.

Findings: Pb, Hg, Fe, Cu, Cr, Co, Cd, and Ni were more polluted than other metals and their toxicity in Azadi was more than Chitgar. The results of the study indicated that in the presence of heavy metal contaminants in the environment, the leaf length, width, area, fresh and dry weight, and the relative water content decreased while the dent per area unit, vein distribution per blade area, and special area of the leaf increased. As Cu increases, the leaf area decreases and the symptoms of Cholosis appear. The accumulation of cadmium, lead and nickel will reduce the size of Mesophile tissue and epidermal cells. Dry and fresh weight of *platanus orientalis* leaves in Azadi reduced in comparison to Chitgar. The decrease of dry weight is a complication of cadmium toxicity. Stomatal length, width, and size decreased while stomatal density increased. Stomatal strength, stomatal density, and stomatal size increased in upper leaf area.

1- PhD. Student, Faculty of Environment and Energy, Science and Research Branch of Tehran Islamic Azad University.
2- Professour, Faculty of Natural Resources & Marine Sciences, Tarbiat Modares University (TMU), Noor, Mazandaran, Iran. * (Corresponding Author)
3- Professour, Faculty of Environmental Studies, Tehran University, Iran.
4- Assosiate Professour, Faculty of Environment University of Tehran, University of Tehran, Iran

www.SID.ir

Archive of SID

Discussion and Conclusion: By decreasing the contact surface with the pollutant and changing the stomatal size and density, *platanus orientalis* adjusts gas exchanges with the environment. The occurrence of these morphological adaptations increases the stability of *platanus orientalis* to the air pollutants stress.

Keywords: heavy metals, leaf morphology, *platanus orientalis*, Tehran.

مقدمه

گیاهان مختلف نسبت به آلودگی هوا حساسیت و عملکرد متفاوتی دارند(1). واکنش گیاهان به شرایط محیطی و تغییرات آن ارتباط زیادی با ویژگی‌های ساختاری و عملکردی آنها دارد(2). آلاینده‌های گازی و ترکیبات شیمیایی ویژگی‌های فیزیولوژیکی و آناتومیکی برگ گیاهان را تحت تاثیر قرار می‌دهند و منجر به تغییرات آناتومیکی و مرفولوژیکی در اندام-های گیاه می‌شوند(1). در شرایط تنش آلودگی هوا گیاهان با بروز پاسخ‌های جبرانی مقاومت خود را در برابر تاثیرات مخرب آلاینده‌های هوا افزایش داده و درچنین شرایطی به رشد خود ادامه می‌دهند. گروهی از گیاهان ذاتا واجد ویژگی‌های ساختاری و فیزیولوژیکی هستند که آنها را در برابر آلودگی هوا مقاوم می‌سازد. ازجمله این ویژگی‌ها می‌توان به وجود کرک در اندام‌های گیاهان به‌ویژه برگ گیاهان، سطوح برگ ناصاف و کوتیکول ضخیم اشاره کرد(3). در مطالعات متعددی تاثیر ذرات معلق و فلزاتی که در آن‌ها وجود دارد در محیط‌های آلوده بر گیاهان بررسی شده است(2,3,4,5). اطلاع از قابلیت و عملکرد گونه‌ها و تعیین توانایی گونه‌های مختلف برای مواجهه با آلودگی هوا، اولین اقدام برای کسب حداکثر بهره‌مندی از مزایای درختان در محیط‌های شهری و مناطق صنعتی است (6). و مبنای مناسبی را برای انتخاب گونه‌های گیاهی و بهبود کیفیت هوا فراهم می‌کند.

ساختار و ریخت‌شناسی پهنه برگ در تعیین پاسخ درخت به هوای آلوده نقش اساسی دارد. برگ‌ها در مقابل استرس‌های محیطی حساس‌تر هستند زیرا عمده فرایندهای فیزیولوژیکی گیاه نظیر فتوسنتز از طریق برگ‌ها در گیاه انجام می شود و در عین‌حال برگ‌ها از انعطاف‌پذیری بیشتری برای سازگاری با شرایط محیطی برخوردار هستند(7). مطالعه پاسخ و سازگاری‌های برگ درختان در مواجهه با آلاینده‌های هوا شاخص خوبی برای عملکرد گونه‌های گیاهی در محیط‌های آلوده است. در مطالعه حاضر اثر آلاینده‌های فلزی در امتداد خیابان‌های شهری بر تغییرات صفات مرفولوژیکی برگ چنار (*Platanus orientalis*) در تهران بررسی شد.

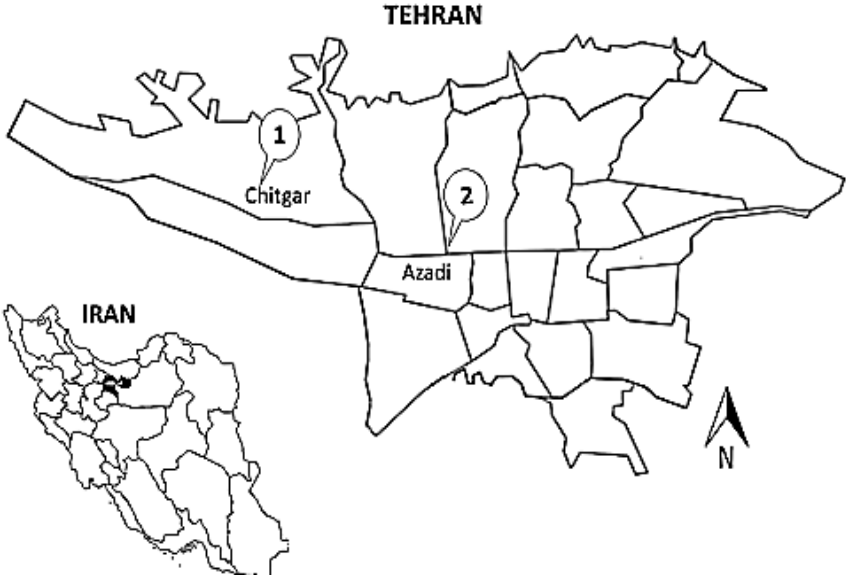
روش بررسی

منطقه مطالعه

شهر تهران (۳۵ درجه و ۳۶ دقیقه عرض شمالی تا ۵۰ درجه و ۵۳ دقیقه طول شرقی) پایتخت ایران است. تهران در ارتفاع متوسط ۱۱۹۱ متر از سطح دریا قراردارد. حداکثر دما ۲۲/۵ و حداقل آن ۱۱/۲ درجه سانتی‌گراد است. جریان باد غالب در تهران جهت غربی شرقی است و بیشتر صنایع در زمین‌های غرب تهران و حومه مستقر هستند. در تهران شدت و میزان آلودگی از سمت شرق به غرب و از شمال به جنوب افزایش می‌یابد. در غرب و جنوب‌غرب تراکم واحدهای صنعتی بالا است. برای انجام این پژوهش دو ایستگاه در غرب تهران انتخاب شد (شکل ۱).

www.SID.ir

Archive of SID



شکل۱- نقاط نمونه‌برداری در مطالعه حاضر

Figure 1. Sampling Points in the Present Study

سایت شماره یک در مناطق درون فضای سبز متراکم پارک جنگلی چیتگر تهران در ارتفاعات چیتگر در غرب تهران در خارج محدوده شهری قرار داشت. با توجه به کاربری پارک جنگلی چیتگر، در این سایت تردد خودروها در محدوده‌های نمونه‌برداری بسیار کم است. فاصله افقی محل نمونه‌برداری در این سایت تا بزرگراه تهران کرج (از پرترددترین بزرگراه‌های ایران) بالغ بر ۱۰۰۰ متر بود با این‌وجود به علت قرارگیری در غرب تهران و وفور صنایع کوچک و بزرگ و شرایط خاص توپوگرافی و وزش باد در تهران این منطقه نیز از تبعات آلاینده‌های هوا متاثر است. ازآنجایی‌که بخش عمده‌ای از ذرات تولید شده از تردد خودروها در کوتاه‌ترین فاصله از منبع تولید رسوب می‌نماید لذا نمونه‌های برگ درختان در سایت۱ از درون پوشش متراکم فضای‌سبز حاشیه معابر درون پارک جمع‌آوری شد. سایت شماره یک به‌عنوان ناحیه کم ترافیک و با آلودگی کمتر در نظر گرفته شد. سایت شماره دو محدوده پرترافیک بود. نمونه‌ها در سایت شماره دو در محدوده میدان آزادی در غرب و جنوب‌غربی تهران از حاشیه خیابان جمع‌آوری شد. میدان آزادی از مناطق پرتردد ترافیکی در تهران است.

- نمونه‌برداری برگ

در هر ناحیه پنج پایه درختی سالم و فاقد بیماری از گونه‌چنار (*Platanus orientalis*) در کم‌ترین فاصله از خیابان به‌صورت تصادفی انتخاب شد. جهت قرارگیری درختان نسبت به خیابان و نور خورشید و جهت وزش باد یکسان در نظرگرفته شد. درختان از طبقات قطری و سنی یکسان انتخاب شدند. نمونه‌برداری از درختان در اواخر فصل رویش در نیمه دوم شهریورماه انجام‌گرفت. برگ‌های کاملا سالم از خارجی‌ترین قسمت تاج پوشش هر درخت از سمت خیابان جمع‌آوری شد. برای اطمینان از بازبودن روزنه‌ها، برگ‌ها در ساعت ۱۰ الی ۱۱صبح جمع‌آوری شد. برگ‌ها در نایلون‌های لفافه‌دار در مخزن یخ با حداقل تماس دست قرار داده شد و در کوتاه‌ترین زمان به آزمایشگاه منتقل شد.

- اندازه‌گیری صفات ماکرومورفولوژیکی برگ‌ها

از هر پایه درختی۵۰ برگ به کمک اسکنر Canon تصویر با فرمت jpg تهیه شد. با استفاده از نرم‌افزار Image J ویژگی‌های ماکروموفولوژیکی برگ‌ها در این تصاویر اندازه‌گیری شد. ویژگی‌های ماکرومورفولوژیکی شامل طول برگ (cm) و عرض برگ (cm) نسبت طول برگ به عرض برگ(شکل پهنک)، مساحت‌برگ (cm^2)، طول‌دمبرگ (cm)، تعداد دندانه

www.SID.ir

Arch

در واحد سطح، عدم تقارن‌پهنک (Fa) از فرمول۱(8) و رگبرگ در واحد سطح، نسبت طول برگ به دمبرگ، سطح ویژه برگ (SLA) از فرمول۲ اندازه‌گیری شد.

$$Fa = |Wl-Wr| / (Wl+Wr) \quad (۱)$$

اندازه نیمه چپ پهنک برگ (Wl) و اندازه نیمه راست پهنک برگ (Wr)

برای اندازه‌گیری مساحت‌ویژه‌برگ از هر درخت۳۰ برگ تهیه شد. از هر برگ قطعات چهار سانتی‌متر مربعی پانچ شد و به مدت ۲۴ساعت در دمای۶۰ درجه سانتی گراد خشک شد و وزن خشک قطعات با ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۰۱ گرم اندازه‌گیری شد و از فرمول ۲ محاسبه شد.

SLA = وزن‌خشک قطعات پانچ شده / مساحت قطعات پانچ شده (Cm2g) (۲)

برای اندازه‌گیری محتوی آب نسبی برگ (RWC) از ۲۰ برگ از هر پایه درخت قطعات ۴ سانتی‌متر مربعی از برگ پانچ شد و وزن تر آنها اندازه‌گیری‌شد. این قطعات به‌مدت ۴ ساعت در شدت نور کم در آب مقطر قرار داده شدند و وزن تورژسانس اندازه‌گیری شد و سپس این قطعات در دمای۶۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت خشک و وزن شدند (فرمول۳) (9).

RWC =((وزن‌تر (وزن‌خشک − وزن‌اشباع)/) × ۱۰۰ (۳)

- اندازه‌گیری صفات میکرومورفولوژیکی برگ‌ها

برای مشاهده روزنه‌های سطح پهنک برگ در نمونه‌ها، سطح پهنک با لایه نازکی از لاک ناخن پوشانده شد. پس از خشک شدن لاک، لایه نازک لاک از سطح برگ جدا و روی یک لام قرار گرفت و با لامل پوشانده شد. تصویر روزنه‌ها روی لام قرار گرفت(10). از این لام‌ها با میکروسکوپ نوری در میدان‌های ۴۰ و ۱۰۰ تصویر تهیه شد. پارامترهای میکرومورفولوژی برگ شامل طول و عرض روزنه (µm)، تراکم‌روزنه، شکل روزنه (نسبت طول به عرض‌روزنه)، سایز روزنه (فرمول۴)، تراکم کرک و مقاومت روزنه‌ای تئوریک (فرمول۵) اندازه‌گیری شد. با فرض بیضی شکل بودن روزنه‌ها، سایز روزنه‌ها (SPS) از فرمول ۴ اندازه‌گیری شد(2). حداقل مقاومت روزنه‌ای تئوریک (Rs) از فرمول۵ محاسبه شد (2).

$$SPS = (Sl \times Sw \times \pi) / 4 \quad (۴)$$

$$Rs=(4l/n\ \pi\ Sl\ Sw\ D)+(Sl+Sw/4n\ \ Sl\ Sw\ D) \quad (۵)$$

در فرمول ۴ sps = سایز روزنه، SL طول و SW عرض روزنه می‌باشند. در فرمول ۵ RS (Sm^{-1}) مقاومت روزنه‌ای، l عمق روزنه(m)،D ضریب همبستگی تبخیر آب در هوا ($m2\ s^{-1}$ ۲۴/۲×۱۰$^{-۶}$ در دمای بیست درجه سانتی گراد) عمق‌روزنه ۱۰ میکرومتر در نظرگرفته شد.(2, 11)

- اندازه‌گیری غلظت فلزات

۰/۵ گرم از هر نمونه در۱۲ سی‌سی اسیدنیتریک در ظرف تفلون پلیمری با پوشش فویل آلومینیومی به‌مدت یک ساعت در حرارت اتاق قرار داده شد. سپس روی هیتر آزبستی با حرارت غیرمستقیم قرارگرفت. پس از خشک شدن با کاغذ در بالن ۵۰ سی‌سی به حجم رسیده و با صافی ۴۲ واتمن صاف شد و در دستگاه ICP- MS قرائت شد. جهت کالیبره‌کردن اعداد از رفرنس متریال استفاده شد و غلظت عناصر بر حسب ppm قرائت شد. شدت و درجه آلودگی مناطق و کیفیت آلاینده‌ها و سطح آلایندگی هر عنصر آلاینده تعیین شد (فرمول۶). از مقادیر پیشنهادی Hakanson. (1980) به‌عنوان مقدار زمینه برای محاسبه شاخص‌ها استفاده شد. مقادیر غلظت عناصر پیشنهادی در جدول ۱ آمده است(12).

$$CF = Cn / Cb \quad (۶)$$

$CF < ۱$ کم , $۱ \le CF < ۳$ متوسط , $۳ \le$ بسیار شدید ۶ , $CF <$ ۶ شدید ,

www.SID.ir

Archive of SID

جدول۱- مقادیر زمینه (ppm) برای محاسبه درجه آلودگی فلزات در گیاهان خشکی‌زی(12)

Table 1. Baseline Values (ppm) for Calculating the Degree of Metal Contamination in Drought Plants (12)

	Al	Cd	Co	Cr	Cu	Hg	Mn	Mo	Ni	Pb	Zn	V	Fe
Land Plant	۵۰۰	۰/۶	۰/۵	۰/۲۳	۱۴	۰/۰۱۵	۶۳۰	۰/۹	۳	۲/۷	۱۰۰	۱/۶	۱۴۰

نتایج

تغییرات صفات ماکرومورفولوژیکی برگ چنار در چیتگر و آزادی

مقایسه میانگین‌آماری صفات ماکرومورفولوژیکی برگ‌چنار در نواحی مورد مطالعه در جدول ۲ ارائه شده است.

تغییرات صفات میکرومورفولوژیکی چنار در چیتگر و آزادی

میانگین طول، عرض، نسبت طول به عرض (شکل روزنه)، تراکم، سایز روزنه‌ها و مقاومت روزنه‌ای تئوریک در سطوح فوقانی و تحتانی برگ چنار اندازه‌گیری و مقایسه شد(جدول۳).

جدول ۲- مقایسه میانگین آماری صفات ماکرومورفولوژیکی برگ چنار در نواحی چیتگر و آزادی

Table 2. Comparison of Statistical Mean of Macromorphological Traits of Plantain Leaves in Chitgar and Azadi Areas

پارامتر	مکان	میانگین	Std. Er	Sig,	تفاوت معنی‌دار
طول‌برگ (سانتی‌متر)	چیتگر	۱۶/۱۷	۰/۴۴	۰/۰۰	**
	آزادی	۱۲/۷۴	۰/۴۵		
عرض برگ (سانتی‌متر)	چیتگر	۱۹/۲۷	۰/۵۳	۰/۰۰	**
	آزادی	۱۴/۶۷	۰/۵۹		
نسبت طول به عرض	چیتگر	۰/۸۴	۰/۱۰۲	۰/.۷۹۰	ns
	آزادی	۰/۸۸	۰/۱۵		
مساحت‌برگ (سانتی‌مترمربع)	چیتگر	۱۵۱/۶	۷/۷۱	۰/۰۰	**
	آزادی	۹۵/۰۰	۶/۸۲		
عدم تقارن پهنک	چیتگر	۰/۰۵	۰/۰۴	۰/۲۲	ns
	آزادی	۰/۰۵	۰/۰۶		
دندانه در واحد سطح	چیتگر	۰/۲۰۴	۰/۰۶	۰/۰۰۴	**
	آزادی	۰/۲۷	۰/۱۲۵		
طول‌دمبرگ (سانتی‌متر)	چیتگر	۲/۶۶	۰/۴۶	۰/۳۰۵	ns
	آزادی	۳/۰۵	۱/۱۹		
Mdv	چیتگر	۱/۱۳	۰/۰۵۸	۰/۳۹	ns
	آزادی	۱/۲۰	۰/۰۵۴		
طول‌دمبرگ/ طول‌برگ	چیتگر	۵/۵۹	۰/۳۵	۰/۰۲۵	*
	آزادی	۴/۱۳	۰/۳۸		

www.SID.ir

سطح / تعداد رگبرگ	چیتگر	۰/۰۵	۰/۰۰۹	۰,۰۴۸	*
	آزادی	۰/۱۲	۰/۰۲		
مساحت ویژه برگ (Cm^2g^{-1})	چیتگر	۱۵۵/۳۰	۳/۶۸	۰/۰۱۶	*
	آزادی	۱۸۸/۵۳	۶/۹۰		
محتوی‌آب نسبی	چیتگر	۸۳/۲۶	۲/۳۰	۰/۰۴۱	*
	آزادی	۷۵/۵۷	۱/۹۵		
وزن ویژه برگ gcm-2	چیتگر	۰/۰۰۶	۰/۰۰	۰/۱۱۶	ns
	آزادی	۰/۰۰۵	۰/۰۰		
وزن تر تک برگ (گرم)	چیتگر	۲/۴۰	۰/۳۱	۰/۰۰۱	**
	آزادی	۱,۴۷	۰/۱۷		
وزن خشک تک برگ (گرم)	چیتگر	۰/۹۵	۰/۱۰	۰/۰۰۱	**
	آزادی	۰/۴۰	۰/۰۴۱		

ns= عدم تفاوت‌آماری معنی‌دار *= تفاوت‌آماری معنی‌دار به احتمال ۹۵٪ **= تفاوت‌آماری معنی‌دار به احتمال ۹۹٪

جدول۳- مقایسه میانگین آماری صفات میکرومورفولوژیکی روزنه در سطوح فوقانی و تحتانی برگ چنار در نواحی چیتگر و آزادی

Table 3. Comparison of the Statistical Mean of Stomata Micromorphological Traits in Upper and Lower Levels of Plantain Leaves in Chitgar and Azadi Areas

پارامتر		مکان	میانگین	Std.Er	Sig	تفاوت معنی‌دار
طول روزنه (µm)	تحتانی	چیتگر	۱۲/۶۷	۰/۸۵	۰/۰۰	**
		آزادی	۹/۱۳	۰/۴۱		
	فوقانی	چیتگر	۹/۳۴	۰/۲۹	۰/۰۰	**
		آزادی	۱۱/۳۸	۰/۲۴		
عرض روزنه (µm)	تحتانی	چیتگر	۱۰/۹۳	۰/۷۲	۰/۰۰	**
		آزادی	۷/۳۶	۰/۲۹		
	فوقانی	چیتگر	۴/۹۸	۰/۱۶	۰/۰۰	**
		آزادی	۶/۱۳	۰/۱۲		
سایزروزنه (µm2)	تحتانی	چیتگر	۱۲۷/۱۵	۱۷/۸۸	۰/۰۰	**
		آزادی	۵۸/۷۳	۴/۷۸		
	فوقانی	چیتگر	۳۷/۴۰	۲/۱۴	۰/۰۰	**
		آزادی	۵۸/۷۱	۲/۳۶		
تراکم‌روزنه (mm2)	تحتانی	چیتگر	۲۵۴/۳۱	۳۳/۰۷	۰/۰۰	**
		آزادی	۳۷۶/۹۱	۱۸/۵۷		

www.SID.ir

Archive of SID

	فوقانی	چیتگر	۴۴۵/۰۸	۹/۰۷	۰/۰۰	**
		آزادی	۳۰۹/۶۷	۷/۴۲		
مقاومت روزنه‌ای (sm-1)	تحتانی	چیتگر	۲۳۶/۴۵	۴۶/۶۴	۱/۰۰	ns
		آزادی	۲۳۶/۶۳	۳۱/۴۴		
	فوقانی	چیتگر	۷۷/۱۳	۳/۰۰۰	۰/۰۰	**
		آزادی	۱۰۱/۱۶	۲/۱۱		
نسبت طول به عرض روزنه	تحتانی	چیتگر	۱/۱۸	۰/۰۳	۰/۱۴	ns
		آزادی	۱/۲۷	۰/۰۴		
	فوقانی	چیتگر	۱/۹۲	۰/۰۶	۰/۹۲	ns
		آزادی	۱/۹۱	۰/۰۳		

ns = عدم تفاوت‌آماری معنی‌دار * = تفاوت‌آماری معنی‌دار به احتمال ۹۵٪ ** = تفاوت‌آماری معنی‌دار به احتمال ۹۹٪

میانگین صفات روزنه‌های تحتانی و فوقانی با یکدیگر جمع و میانگین صفات میکرومورفولوژیکی برگ تعیین شد و در دو ناحیه چیتگر و آزادی مقایسه شد (جدول۴).

جدول۴- مقایسه میانگین آماری صفات میکرومورفولوژیکی برگ چنار در نواحی چیتگر و آزادی

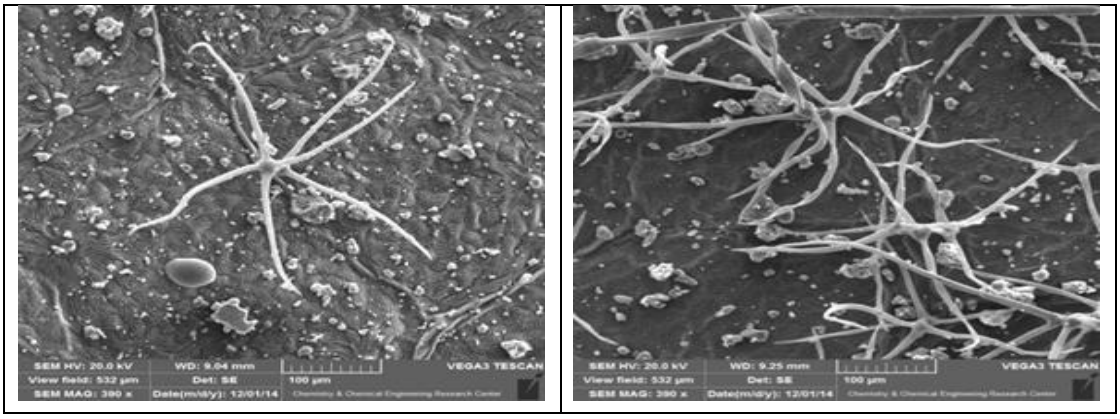
Table 4. Comparison of the Statistical Mean of Micromorphological Traits of Plantain Leaves in Chitgar and Azadi Areas

پارامتر	مکان	میانگین	Std. Er	Sig	سطح معنی‌داری
طول روزنه (µm)	چیتگر	۱۰/۹۲	۰/۴۴	۰/۰۰	**
	آزادی	۹/۴۷	۰/۲۴		
عرض روزنه (µm)	چیتگر	۷/۹۷	۰/۳۶	۰/۰۰	**
	آزادی	۶/۳۸	۰/۱۷		
سایزروزنه (µm2)	چیتگر	۸۲/۰۷	۹/۰۲	۰/۰۰	**
	آزادی	۵۰/۶۸	۲/۶۴		
تراکم‌روزنه (mm2)	چیتگر	۳۴۷/۴۷	۲۰/۵۵	۰/۱۸	ns
	آزادی	۳۶۷/۳۹	۱۱/۲۲		
مقاومت روزنه‌ای (sm-1)	چیتگر	۱۵۷/۴۲	۲۳/۶۱	۰/۸۵	ns
	آزادی	۱۶۲/۸۰	۱۵/۶۰		
نسبت طول به عرض روزنه	چیتگر	۱/۵۳	۰/۰۳	۰/۳۷	ns
	آزادی	۱/۵۸	۰/۰۴		

ns* = عدم تفاوت‌آماری معنی‌دار - * = تفاوت‌آماری معنی‌دار به احتمال ۹۵٪- ** = تفاوت‌آماری‌معنی‌دار به احتمال ۹۹٪

www.SID.ir

سطوح فوقانی و تحتانی برگ چنار از کرک پوشیده شده است. ازآنجایی‌که نمونه‌گیری از روزنه‌های پهنک با استفاده از لاک انجام‌شد ممکن است این امر باعث آسیب به کرک‌ها شده باشد از این‌رو شمارش و مقایسه تعداد کرک در واحد سطح در تصاویر میکروسکوپ نوری توام با خطا است. تصاویر میکروسکوپ الکترونی از پهنک فوقانی نشان می‌دهد که کرک‌های ستاره‌ای در آزادی نسبت به چیتگر افزایش یافته است. افزایش کرک به ترسیب و نگهداری بیشتر آلاینده‌ها کمک می‌کند و هم‌چنین با افزایش کرک مسیر انتقال ذرات به روزنه‌ها محدود می‌شود و نیز با افزایش کرک احتمال آسیب فیزیکی و پارگی بافت‌ها ناشی از ترسیب برخی ذرات کاهش می‌یابد (شکل۴).



شکل۴- تصویر میکروسکوپ الکترونی از کرک های سطح پهنک فوقانی برگ چنار A آزادی B چیتگر

Figure 4. Electron Microscope Image of Cracks on the Upper Surface of Lamina of Plantain Leaves (A: Azadi B: Chitgar)

اثر غلظت فلزات بر صفات مرفولوژیکی برگ چنار

نتایج مقایسه میانگین غلظت هریک از فلزات نشان داد که آلایندگی فلزات در آزادی تشدید می‌شود. غلظت همگی فلزات مورد مطالعه به‌جز عنصر بور در آزادی افزایش می‌یابد (جدول۵) و این افزایش تفاوت‌آماری معنی‌داری نشان می‌دهد (جدول۵).

جدول۵- مقایسه میانگین آماری غلظت فلزات در برگ‌چنار

Table 5. Comparison of the Statistical Mean of Metal Concentration in Plantain Leaves

فلز	مکان	میانگین	Std. Er	sig	فلز	مکان	میانگین	Std. Er	sig
آلومینیوم	چیتگر	۱۰۹/۹۱	۱/۱۶	۰/۰۰۱	مولیبیدن	چیتگر	۰/۰۲	۰/۰۰	۰/۰۰۹
	آزادی	۱۲۸/۶۷	۱/۴۵			آزادی	۰/۰۶	۰/۰۱	
بور	چیتگر	۲۰۲/۸۶	۲/۳۵	۰/۲۹	نیکل	چیتگر	۱/۶۲	۰/۱۲	۰/۰۰
	آزادی	۱۹۶/۳۲	۴/۸۶			آزادی	۳/۶۴	۰/۱۲	
باریوم	چیتگر	۲/۶۹	۰/۱۷	۰/۰۰۳	سرب	چیتگر	۴/۶۹	۰/۱۰	۰/۰۰
	آزادی	۲/۸۳	۰/۰۴			آزادی	۱۲/۶۹	۰,۱۰	
کادمیوم	چیتگر	۰/۴۰	۰/۰۳	۰/۰۷	روبیدیوم	چیتگر	۴۲/۲۴	۰/۲۸	۰/۰۰
	آزادی	۰/۲۳	۰/۰۷			آزادی	۵۰/۱۵	۰/۱۳	

www.SID.ir

Archive of SID

۰/۰۰۷	۰/۰۰	۰/۱۰	چیتگر	سلنیوم	۰/۰۰۹	۰/۰۵	۱/۴۷	چیتگر	کبالت
	۰/۰۰	۰/۱۴	آزادی			۰/۰۸	۱/۰۰	آزادی	
۰/۰۰	۱/۸۸	۲۷/۳۵	چیتگر	سیلیس	۰/۰۰۱	۰/۲۲	۵/۷۸	چیتگر	کروم
	۲/۶۴	۸۰/۲۱	آزادی			۰/۱۶	۸/۲۹	آزادی	
۰/۰۰	۰/۴۰	۲۳۹/۷۸	چیتگر	استرانسیوم	۰/۰۰	۰/۳۱	۱۶/۶۷	چیتگر	مس
	۰/۳۶	۲۸۰/۳۲	آزادی			۰/۵۷	۳۰/۰۱	آزادی	
۰/۰۰۱	۰/۱۰	۰/۵۹	چیتگر	توریوم	۰/۰۰	۲/۱۱	۵۸۷,۴۶	چیتگر	آهن
	۰/۰۶	۱/۷۵	آزادی			۱۰/۳۵	۱۸۰۲,۸	آزادی	
۰/۰۰۶	۰/۰۰	۰/۰۲	چیتگر	اورانیوم	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۴	چیتگر	جیوه
	۰/۰۰	۰/۰۵	آزادی			۰/۰۰	۰/۱	آزادی	
۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۱۰	چیتگر	وانادیوم	۰/۰۰	۲۸/۷۲	۲۴۴۶/۰	چیتگر	منیزیوم
	۰/۰۱	۰/۱۴	آزادی			۱۱/۰۷	۲۹۷۰/۴	آزادی	
۰/۰۰	۰/۱۴	۳۰/۰۷	چیتگر	روی	۰/۰۰	۰/۵۱	۷۹/۸۶	چیتگر	منگنز
	۰/۰۱۷	۵۶/۹۱	آزادی			۰/۹۹	۱۸۱/۴۶	آزادی	

تردد خودروها و افزایش آلاینده‌های محیطی در آزادی و تفاوت غلظت فلزات در دو ناحیه باعث بروز تغییرات در مرفولوژی برگ می‌شود. طیف تغییرات درجه آلودگی عناصر در جدول۶ آمده است.

جدول ۶- طیف تغییرات درجه‌آلودگی فلزات براساس مقادیر زمینه (12)

Table 6. Range of Changes in the Degree of Metal Contamination Based on Baseline Values (12)

گونه	طبقه ۱	طبقه ۳-۱	طبقه۶ - ۳	طبقه ۶
منطقه	کم	متوسط	شدید	بسیار شدید
چنار چیتگر	Al, Cd, Mn, Mo, Zn, Ni, Va	Co, Cu, Hg, Pb	Fa	Cr
چنار آزادی	Al, Cd, Mn, Mo, Zn, Va	Cu, Ni, Co		Cr, Hg, Pb, Fe

آلایندگی فلزات سرب، جیوه، آهن، مس، کروم، کبالت، کادمیوم، نیکل در آزادی و چیتگر نسبت به دیگر فلزات بیشتر بود (جدول۵ و۶). حضور برخی فلزات در یک محیط سبب هم‌افزایی و تشدید سمیت دیگر فلزات همراه می‌شود. برای مثال حضور کادمیوم و سرب در یک محیط سبب تشدید سمیت ناشی از این دو فلز خواهد شد. از اینرو تغییرات این فلزات در محیط سبب بروز تغییرات درصفات مرفولوژیکی برگ می‌شود. بنابراین مشاهده تغییرات جبرانی در برگ گیاه در آزادی دور از انتظار نیست و در این شرایط گیاه درصدد مقابله و مقاومت در برابر عوامل آلاینده و استرس محیط بر می‌آید. تغییرات ساختاری و جبرانی در برگ گیاه برای دستیابی به پایداری و بقا است. برای مطالعه اثر فلزات بر صفات مرفولوژیکی برگ چنار، همبستگی بین فلزات آلاینده سرب، کروم، کبالت، آهن، نیکل و صفات مرفولوژیکی (آن‌دسته صفاتی که مقایسه میانگین آنها تفاوت‌آماری معنی‌داری نشان‌داد) بررسی شد (جدول۷ و جدول۸).

www.SID.ir

جدول۷- همبستگی غلظت فلزات و صفات ماکرومورفولوژیکی برگ چنار آزادی

Table 7: Correlation between Metal Concentration and Macromorphological Traits of Azadi Plantain Leaves

		عرض برگ	طول برگ	نسبت	مساحت	دندانه	SLA	RWC	وزن تر	وزن خشک
کبالت	Pc	-۰/۹ **	-۰/۹۷ **	-۰/۹**	-۰/۹۶ **	-۰/۹۸ **	-۰/۹ **	-۰/۹ **	-۰/۵ **	-۰/۳۲
	Sig.	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰۱	۰/۰۸
کروم	Pc	-۰/۹ **	-۰/۹۵ **	-۰/۹۷ **	-۰/۹۳ **	-۰/۹۹ **	-۰/۹۹ **	-۱/۰۰ **	-۰/۴۸ **	-۰/۲۲
	Sig.	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰۶	۰/۲۲
مس	Pc	-۰/۸۷**	-۰/۸۸**	-۰/۹۳**	-۰/۸۶**	-۰/۹۹**	-۰/۹**	-۰/۹۸**	-۰/۳۴	-۰/۰۶
	Sig.	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۶	۰/۷۱
آهن	Pc	-۰/۸۸**	-۰/۹**	-۰/۹۴**	-۰/۸۸**	-۰/۹۹**	-۱/۰**	-۰/۹۹**	-۰/۳۷*	-۰/۱
	Sig.	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۴	۰/۵۹
نیکل	Pc	-۰/۳۲	-۰/۳۵	-۰/۴۵*	-۰/۳	-۰/۶۶**	-۰/۷**	-۰/۶۱**	۰/۳۷*	۰/۶۱**
	Sig.	۰/۰۸	۰/۰۵	۰/۰۱	۰/۱۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۴	۰/۰۰
سرب	Pc	-۰/۷۲**	-۰/۷۴**	-۰/۸۱**	-۰/۷۱**	-۰/۹۳**	-۰/۹۵**	-۰/۹۱**	-۰/۰۹	۰/۱۸
	Sig.	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۶۱	۰/۳۳

- Pearson Correlation= PC

**. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

جدول ۸- همبستگی غلظت فلزات و صفات میکرومورفولوژیکی برگ چنار آزادی

Table 8. Correlation of Metal Concentrations and Micromorphological Traits of Azadi Plantain Leaves

		عرض روزنه	طول روزنه	سایز روزنه	تراکم روزنه
کبالت	P C	-۰/۹۸ **	-۰/۹۹ **	-۰/۹۳ **	-۰/۹۶ **
	Sig.	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰
کروم	P C	-۰/۹۶ **	-۱/۰۰**	-۰,۹۶ **	-۰/۹۸ **
	Sig	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰
مس	P C	-۰/۹۱ **	-۰/۹۸**	-۰/۹۹ **	-۱,۰۰ **
	Sig.	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰
آهن	P C	-۰/۹۲ **	-۰/۹۹ **	-۰/۹۹ **	-۱/۰۰ **
	Sig.	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰
نیکل	P C	-۰/۴۱ *	-۰/۶۱۶ **	-۰/۸۱ **	-۰/۷۱ **
	Sig.	۰/۰۴	۰,۰۰۱	۰,۰۰	۰/۰۰
سرب	P C	-۰/۷۸ **	-۰/۹۱ **	-۰/۹۸ **	-۰/۹۶**
	Sig	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰

PC= همبستگی پیرسون **معنی دار در سطح ۹۹٪ *معنی دار در سطح ۹۵٪

www.SID.ir

Archive of SID

بحث

در مطالعه حاضر طول و عرض و مساحت برگ چنار آزادی در مقایسه با چیتگر کاهش یافت. در مطالعات متعددی به کاهش طول و عرض و سطح برگ در سایت‌های آلوده اشاره شده است(2,5). سطح برگ *Platanusorientalis L* در نواحی شهری در مقایسه با نواحی روستایی در مطالعه Pourkhabbaz et al. (2010) کاهش داشت (4). در مطالعه حاضر مساحت برگ با شدت بیشتری در مقایسه با دو مولفه طول و عرض برگ، نسبت به آلاینده‌ها واکنش نشان داد. ذرات خروجی از اگزوز خودروها روی برگ‌ها ته‌نشین می‌شود و رشد گیاه را مختل می‌کند(13). گرد و غبار خیابانی با تاثیر بر مرفولوژی برگ گیاهان سبب کاهش در اندازه برگ می‌شود(14). یکی از بارزترین اثرات کاهش رشد گیاه، کاهش سطح برگ است. افزایش مس رشد گیاه را محدود و با فرآیندهای سلولی مهم مانند فتوسنتز و تنفس تداخل می‌کند(15). با افزایش مس، مساحت برگ کاهش یافته و علایم کلروز بروز می‌کند و گسترش سلول‌های برگ کاهش می‌یابد(15). ورود سرب به بافت برگ سبب کاهش تقسیم سلولی در برگ می‌شود. تجمع فلزات کادمیوم و سرب و نیکل باعث کاهش اندازه بافت مزوفیل و اندازه سلول‌های اپیدرمی می‌شود. نیکل باعث کاهش رشد گیاه می‌شود. وزن تر و خشک برگ چنار در آزادی نسبت به چیتگر کاهش‌داشت. از بارزترین واکنش‌های گیاهان در برابر آلاینده‌های هوا کاهش وزن تر و خشک برگ گیاهان است. Ali. (1993) با مطالعه *clover* و *Egyptian*، کاهش رشد و کاهش وزن خشک برگ‌ها را در مناطق آلوده در مصر گزارش کرد (16). تحقیقات متعددی نشان داده‌اند که وقتی گیاهان در معرض غلظت‌های بالای فلزات‌سنگین قرار می‌گیرند وزن تر و وزن خشک و طول برگ آنها کاهش می‌یابد(17). کاهش کلی سطح برگ و وزن برگ ناشی از آلودگی‌های اگزوز است(14). کادمیوم سبب کاهش رشد نسبی اندام هوایی می‌شود. نیکل باعث کاهش رشد گیاه و کاهش وزن تر و خشک می‌شود. مساحت ویژه برگ چنار در آزادی در مقایسه با چیتگر افزایش یافت. Balasooriya et al. (2009) با مطالعه (*Taraxacunofficinalis Asteraceae*) نشان داد که مساحت ویژه برگ در محیطهای آلوده شهری و فضای سبز شهری در قیاس با مراتع خارج شهر افزایش یافته است اما در بین کاربری‌های درون شهر، مساحت ویژه برگ سایت‌های شهری در قیاس با فضای سبز شهری کاهش داشته است(2). در مطالعه Gratani et al. (2000) مساحت ویژه برگ *Quercus ilex* در مناطق با ترافیک بالا بیست و پنج درصد افزایش نسبت به محیط‌های کنترل داشت(18). در تضاد با این مطالعات، Nikula et al., 2011 با مطالعه *Populustremula P. tremuloides* نشان داد که مساحت ویژه برگ با فاصله از خیابان‌های پرترافیک افزایش می‌یابد(3). Wuatack et al., 2010 تغییری در مساحت ویژه برگ در گونه *Salix alba* در نواحی پرترافیک مشاهده نکردند(19). پاسخ مساحت ویژه برگ در مواجهه با آلاینده‌های فلزی و در گونه‌های متفاوت، متغیر است. در برخی از مطالعات با افزایش سرب و کادمیوم، مساحت ویژه برگ کاهش نشان می‌دهد(20). برخی از مطالعات بر روی گیاهان علفی نشان داده است که از ابتدای فصل رویش با فعال‌شدن آنزیم‌های رشد، مساحت ویژه کاهش می‌یابد و سپس در اواخر فصل رویش مجددا رو به افزایش می‌گذارد. با کاهش مساحت ویژه ضخامت برگ افزایش می‌یابد، با افزایش ضخامت برگ مقدار کلروپلاست در واحد سطح افزایش می‌یابد(18). برگ ضخیم‌تر آب کمتری را از طریق تعرق از دست می‌دهد(21). در مطالعه حاضر نمونه‌ها در پایان فصل رویش جمع‌آوری شد و در محیط عواملی نظیر کادمیوم و مس که باعث کلروز و نکروز در برگ می‌شوند به‌وفور وجود داشت و نیز نیکل و سرب و کادمیوم که باعث کاهش مزوفیل برگ می‌شوند در محیط وجود داشت، بنابراین نازک شدن برگ‌ها و افزایش مساحت ویژه برگ قابل انتظار بود. نتایج مقایسه مساحت ویژه برگ و وزن ویژه برگ و محتوی آب نسبی نشان می‌دهد که در آزادی علایمی مشابه بروز تنش آبی در برگ‌ها وجود دارد. در مطالعه حاضر همگام با افزایش مساحت ویژه برگ، محتوی آب نسبی در برگ‌ها

www.SID.ir

کاهش یافت این امر نیز موید پیری زودرس در برگ‌ها است. فلزات‌سنگین سبب کاهش آب نسبی می‌شوند(22). سرب باعث تنش آبی در گیاه شده و وزن خشک پایین می‌آید(23). افزایش فلزاتی نظیر مس باعث کاهش محتوی آب نسبی در برگ‌ها می‌شوند. فلزات سنگین با کاهش انتقال آب به برگ‌ها و در نتیجه اختلال در سرعت تعرق برگ منجر به بروز تغییرات ساختاری اندامک‌های سلول و تغییر در رفتار آنزیم‌ها می‌شوند. در مطالعه حاضر محتوی نسبی آب کاهش و مقاومت روزنه‌ای در روزنه‌های سطح برگ افزایش یافته است. افزایش مقاومت روزنه‌ای و به دنبال آن کاهش تعرق و درنتیجه کاهش جذب و انتقال آب و نیز کاهش کشسانی دیواره سلول از علل مهم کاهش محتوی نسبی آب برگ‌ها است. بررسی‌ها نشان می‌دهد که کاهش سطح انتقال موثرتر از افزایش مقاومت روزنه‌ای است. فلزات سبب کاهش رشد گیاه و کاهش فتوسنتز می‌شوند. کبالت و کروم و مس باعث کاهش میزان تعرق ، کاهش در هدایت روزنه و کاهش فعالیت فتوسنتزی می‌شوند(24). رسوب ذرات سرب و دوده بر روی سطح برگ به‌صورت فیزیکی باعث گرفتگی روزنه و این گرفتگی در نهایت به کاهش سرعت فتوسنتز منجر می‌شود. انسداد روزنه‌ها باعث کاهش فتوسنتز است(4). قرارگرفتن برگ در معرض ترافیک بالا باعث کاهش محتوی کلروفیل برگ و استرس آلودگی در گیاه می‌شود. چنانچه میزان فتوسنتز در واحد سطح برگ تغییر نکند، رشد گیاه به دلیل کاهش میزان فتوسنتز (که حاصل کاهش سطح برگ فتوسنتز کننده است) کاهش خواهد یافت. تراکم روزنه یک پارامتر مهم سازگاری گیاه با محیط زیست است و با ایجاد تغییرات فیزیولوژیکی بر تبادلات گاز و فتوسنتز اثر می‌گذارد(25). کشیدگی برگ‌ها می‌تواند تحت تاثیر آلاینده‌های محیط در برگ رخ دهد(8,26). طول دمبرگ در آزادی نسبت به چیتگر افزایش نشان می‌دهد. نسبت طول‌برگ/ طول‌دمبرگ در آزادی در مقایسه با چیتگر کاهش نشان داد. هم‌چنین نسبت طول به عرض برگ اندکی افزایش نشان داد هر چند این افزایش به لحاظ آماری معنی‌دار نبود. از مجموع این نتایج می‌توان اذعان نمود که برگ‌های چنار در آزادی ضمن اینکه کشیده‌تر شده‌اند با افزایش طول دمبرگ احتمال پژمردگی و خمیدگی آنها بالاتر است. برگ‌ها در آزادی سریع‌تر پژمرده شده و ریزش برگ تشدید می‌شود. در مطالعه حاضر سن و واریته ژنتیکی پایه‌ها یکسان بود. گستردگی رگبرگ پیامدهای فیزیولوژیکی مهمی برای برگ دارد. برگ با رگبرگ بیشتر و گسترده‌تر فتوسنتز بالاتری دارند(27). افزایش فتوسنتز سبب مقاومت بیشتر برگ می‌شود. نتایج نشان داد که با افزایش تعداد دندانه در واحد سطح و افزایش تراکم رگبرگ در سطح برگ، توزیع شبکه رگبرگ‌ها بهبود یافته است و مقاومت برگ در محیط آلوده افزایش می‌یابد.

براساس نتایج در مطالعه حاضر در شرایط آلودگی هوا و حضور فلزات‌سنگین در محیط طول، عرض، مساحت، وزن تر و خشک و محتوی آب نسبی برگ کاهش و دندانه در واحد سطح، توزیع رگبرگ در سطح پهنک و مساحت ویژه برگ افزایش داشت. هم‌چنین طول و عرض روزنه، سایز روزنه کاهش و تراکم روزنه افزایش یافته است. از آنجایی‌که فرونشست ثقلی و وزنی ذرات آلاینده در سطح رویی برگ بیشتر است به‌طور قطع سطح رویی برگ بیشتر در معرض آلاینده‌ها قرار دارد. در برخی از مطالعات اشاره شده است که تنها هفده درصد از ذرات گرد و غبار در سطح تحتانی پهنک برگ ترسیب می‌شوند(6) و از اینرو نقش فیزیکی سطح فوقانی برگ در ترسیب ذرات بیشتر است. هم‌چنین تنفس و فتوسنتز در سطح فوقانی بیشتر اتفاق می‌افتد. در تحلیل سازگاری‌های گونه گیاهی نسبت به ذرات آلاینده باید به تغییرات سطح فوقانی برگ توجه ویژه شود. در مطالعه حاضر مقاومت روزنه‌ای، تراکم روزنه، سایز روزنه در سطح فوقانی برگ افزایش یافت. بنابر نتایج می‌توان اذعان نمود که چنار با کاهش سطح تماس با آلاینده و تغیر در سایز روزنه و افزایش تراکم روزنه تبادلات گازی با محیط را تنظیم می‌نماید. بروز این سازگاری‌های مرفولوژیکی سبب افزایش پایداری گونه نسبت به تنش آلاینده‌ها هوا می‌شود.

Reference

1. Stevovi, S., Mikovilovi, V. S. & Dragosavac, D. A. (2010). ***Environmental impact on morphological and anatomical***

www.SID.ir

Archive of SID

structure of Tansy. African Journal of Biotechnology, Vol.9 (16), pp. 2413-2421

2. Balasooriy, B. L., Samson, R., Mbikwa, F., Vitharana, W. A. U., Boeckx, P. & Van Meirvenne, M. (2009). ***Biomonitoring of urban habitat quality by anatomical and chemical leaf characteristics.*** Environmental and Experimental Botany, Vol.65,pp. 386–394
3. Nikula, S., Manninen, S., Vapaavuori, E. & Pulkkinen, P. (2011). ***Growth, leaf traits and litter decomposition of roadside hybrid aspen (Populus tremula L. and P. tremuloides Michx.) clones***. Environmental Pollution,Vol.159 ,pp. 823 -1830
4. Pourkhabbaz, A., Rastin, N., Olbrich, A., Langenfeld-Heyser, R. & Polle, A. (2010). ***Influence of Environmental Pollution on Leaf Properties of Urban Plane Trees, Platanus orientalis L.*** Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology,Vol, 85(3), pp.251–255.
5. Arriaga, M. O., Stampacchio. M. L. & Fernández Pepi, M. G. (2014). ***Use of epidermal characters as bioindicators of environmental pollution***. Multequina, Vol, 23,pp. 41-53
6. Saebo, A. R., Popek. B., Nawrot. H. M., Hanslin. H., Gawronska. S. & Gawronski, W. (2012). ***Plant species differences in particulate matter accumulation on leaf surfaces.*** *Science of The Total Environment*, Vol,427-428(15), pp.347 – 354
7. Rani, M., Naresh Pal. R., & Sharma, K. (2006). ***Effect of railway engines emission on the micromorphology of some field plants.*** Journal of Environmental Biology, Vol, 27(2). pp. 373-376
8. Kovacic, S. & Nokolic, T. (2005). ***Relations between Betula Pendula (Betulaceae)leaf morphology and environmental factorsin five region of Croatia.*** Acta Biologica Cracoviensia. Series Botanica, Vol, 47(2), pp. 7-13.
9. Ritchie, S. W. & Nguyen, H. T. (1990). ***Leaf water content and gas exchange parameters of two wheat genotypes differing in drought resistance.*** Crop Science, Vol, 30, pp.105 -111.
10. Kardel, F. k., Wuyts, M., Babanezhad, u. w. A., Vitharana, T., Wuytack, G. & Samson, R. (2010). **Assessing urban habitat quality based on specific leaf area and stomatal characteristics of Plantago lanceolata L.** Environmental Pollution, Vol,158, pp.788 –794.
11. Olyslaegers, G., Nijs, I., Roebben, J., Kockelbergh, F., Vanassche, F., Laker,M., Verbelen, J.P., Samson, R., Lemeur, R. & Impens, I. (2002). **Morphological and physiological indicators of tolerance to atmospheric stress in two sensitive and two tolerant tea clones in South Africa.** Experimental Agriculture, Vol,38, pp.397–410.
12. Hakanson, L. (1980). ***Ecological risk index for aquatic pollution control. A sedimentological approach.*** Water Research, Vol, 14(5), pp.97- 1001.
13. Kulshreshtha, K., Rai, A., Mohanty, C. S., Roy, R. K. & Sharma, S. C. (2009). ***Particulate Pollution Mitigating Ability of Some Plant Species.*** International Journal of

www.SID.ir

Environmental Research, Vol,3(1), pp.137-142.

14. Tiwari, S. S., Sikka, K. J. & Joshi, O. P. (2008). ***Air Pollution induced changes in foliar morphology of two species of classia at Indore City India***. Journal of Environmental Research and Development, Vol,2 , pp.3.
15. Prasad, M. N. V. & Strzalka, K. (1999). ***Impact of heavy metals on photosynthesis. In heavy metal stress in plants: from molecules to ecosystems (EDS)***. Heavy Metal Stress in Plants. From Molecules to Ecosystems. Springer, Berlin, Heidelberg.
16. Ali, E. A (1993). ***Damage to plants due to industrial pollution and their use as bioindicators in Egypt.*** Environmental Pollution, Vol,81, pp. 251–255.
17. Souza, J. F. & Rauser, W. E.(2003). ***Maize and radish sequester excess cadmium and zinc in different ways***. Plant Science, Vol, 165(5), pp.1009 – 1022.
18. Gratani, L., Crescente, M. F. & Petruzzi, M. (2000). ***Relationship between leaf life-span and photosynthetic activity of Quercus ilex in polluted urban areas (Rome)***. Environmental Pollution, Vol, 110, pp.19 -28.
19. Wuytack, T., Verheyen,K., Wuyts, K., Kardel, F., Driaenssens, S., & Samson, R. (2010). ***The potential of biomonitoring of air quality using leaf characteristics of white willow (Salix alba L.)***. Environmental Monitoring and Assessment, Vol 171(1), pp197-204.
20. Vollenweider, S., Cosio, C., Gunthardt-Georg, M. & Keller, C. (2006). ***Localization and effects of cadmium of cadium-tolerant willow (Salix viminalis) II. Microlocalization and cellular effects of cadmium***. Environmental and Experimental Botany, Vol,58, pp.25-40.
21. Kulkarni, M. B., Schneider, E. & Raveh, T. N. (2010). ***Leaf anatomical characteristics and physiological responses to short-term drought in Ziziphus mauritiana(Lamk)***. Scientia Horticulturae, Vol,124, pp.316-322.
22. Subbaro, G., Nam, N. H., Chauhan, Y.S. & Johansen, C. (2000). ***Oosmotic adjustment, water relation and carbohydrate remobilization in pigeonpea under water deficits***. *Journal of Plant Physiology*, Vol,157 (6), pp.651- 659.
23. Azmat, R., Haider, S. & Askari, S. (2006). ***Phyotoxicity of Pb:I Effect of Pb on germination, growth, morphology and histomorphology of Phaseolus mungo and Lens culinaris***. Pakistan Journal Biological Sciences, Vol, 9, pp.979 - 984.
24. Raina, A. k. & Bala, C. (2011). ***Effect of vehicular pollution on Duranta repens L. in Jammu City***. Journal of Applied and Natural Science, Vol,3(2), pp.211-218.
25. Pompelli, M.F., Martins, S.C.V., Celin, E.F., Ventrella, M C., & DaMatta, F.M. (2010). ***What is the infuence of ordinary epidermal cells and stomata on the leaf plasticity of coffee plants grown under full-sun and shady conditions?***. Brazilian journal of biology, Vol,70(4), pp.1083-1088.

www.SID.ir

Archive of SID

26. Erofeeva, E. A. (2015). ***Hormesis and Paradoxical Effects of Drooping Birch(Betula pendula Roth) Parameters Under Motor Traffic Pollution***. Dose-Response: An International Journal, Vol,13(2), pp.1-12.

27. Xu, F., Guo, W., Xu, W. & Wang, R. (2008). ***Habibtat effects on leaf morphological plasticity in Quercus Acutissima.*** *Acta Biological Cracoviensia*. Series Botanica, Vol,50 (2), pp.19 – 26.

www.SID.ir