

واکنش آناتومی برگ درخت زبان گنجشک (*Fraxinus rotundifolia* Mill.) در مقابل گازهای آلاینده و عوامل اقلیمی

فرحناز رشیدی^{۱*}، عادل جلیلی^۲، ساسان بابایی کفاکی^۳ و خسرو ثاقب‌طالبی^۴

^۱ دانشجوی دکتری دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، گروه جنگلداری

^۲ استاد پژوهش، بخش تحقیقات گیاه‌شناسی، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور

^۳ استادیار دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، گروه جنگلداری

^۴ دانشیار پژوهش، بخش تحقیقات جنگل، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور

(تاریخ دریافت: ۸۹ / ۱۰ / ۲۷، تاریخ پذیرش: ۸۹ / ۱۱ / ۲۶)

چکیده

یکی از عوامل تهدیدکننده پوشش گیاهی در مناطق شهری، آلودگی هوا و گازهای آلاینده است که با غلظت‌های مختلف در فضای شهرها پراکنده‌اند و به همراه عوامل اقلیمی و انسانی آثار مخربی را بر روی پوشش گیاهی ایجاد می‌کنند. در مقابل، پوشش گیاهی نیز با توجه به کارکردهای زیست‌محیطی تأثیر زیادی در کاهش اثر گازهای آلاینده دارند. این تحقیق با هدف بررسی اثر گازهای آلاینده شهری شامل NO_2 ، SO_2 ، O_3 و اقلیم (دما و بارندگی) بر واکنش‌های آناتومی گیاه زبان گنجشک در شهر تهران انجام گرفت. به منظور این بررسی خصوصیات آناتومی مانند ضخامت، مزوفیل و آوند پهنک، ضخامت و تعداد سلول‌های نردبانی و اسفنجی، ضخامت کوتیکول، ضخامت اپیدرم، ضخامت و تعداد کلانشیم و پارانیشیم رگبرگ اصلی برگ گیاه در مقابل گازهای آلاینده و عوامل اقلیمی با استفاده از آنالیز همبستگی بررسی شد. نتایج حاکی از آنست که با افزایش آلودگی ضخامت پهنک، ضخامت مزوفیل پهنک و ضخامت پارانیشیم نردبانی پهنک افزایش یافته و شاخص نسبت پارانیشیم نردبانی به پارانیشیم اسفنجی (Rp/RS) در مقابل افزایش دما، افزایش پیدا کرده است.

واژه‌های کلیدی: آلودگی، اقلیم، آناتومی، زبان گنجشک، پوشش گیاهی.

مقدمه و هدف

آلودگی هوا معمولاً یکی از مشکلات اساسی در کلان شهرها بوده و کیفیت هوای شهر تحت تاثیر خروج گازهای آلاینده از منابع متحرک و ثابت است که باعث تاثیر منفی بر روی سلامت انسان، حیوانات و گیاهان می شود. این آثار منفی خود را با اشکال مختلف تغییرات آناتومی، مورفولوژی و فیزیولوژی در گیاه نشان می دهد. پژوهشگران زیادی درباره آناتومی برگ گیاهان تحقیق کرده اند که برای نمونه می توان به Mudd & Kozlowski (1975), Zobel & Nighswander (2008), Alves et al. (2008), Silva et al. (2005), (1991) اشاره کرد.

محققان زیادی نیز تاثیر گازهای آلاینده دی اکسید نیتروژن، دی اکسید گوگرد و ازن را بر روی گیاهان بررسی کرده اند که قربانلی و همکاران (۱۳۸۶) و Winner et al. (1989), Tripathi et al. (1999), Bolea & Chira (2001), Kardel et al. (2010) از آن جمله اند. مطالعات نشان می دهد آنست که گیاهان در مقایسه با انسانها نسبت به ازن حساس ترند (Anon, 1996) و یکی از واکنش های گیاه به آلودگی ازن به صورت کاهش فتوسنتز نمود پیدا می کند (Heath, 1980; Reich, 1987; Dann & Pell, 1989).

در محیط های شهری دی اکسید نیتروژن (NO_2) از مهم ترین آلودگی های سمی برای گیاهان به شمار می آید. NO رهشده در فضاهای شهری نیز در حضور ازن اکسید شده و به NO_2 تبدیل می شود (Honour et al., 2009). از طرفی دی اکسید گوگرد بیشترین تاثیر را در کاهش رشد گیاه دارد (Winner et al., 1985; Treshow & Anderson, 1989; Heber et al., 1995). تحقیقات Savu & Bolea (1977) نشان داد که SO_2 سازوکار باز بودن روزنه ها را کنترل و آنها را مسدود می کند و سبب کاهش فعالیت های فتوسنتزی می شود.

این پژوهش با هدف تعیین شدت و نوع خسارت آلودگی آلاینده های دی اکسید گوگرد، دی اکسید نیتروژن و ازن بر گیاهان (گونه زبان گنجشک) از نظر صفات آناتومی اجرا شد. با توجه به اینکه منطقه مطالعاتی، دارای تفاوت ارتفاعی (۱۷۰۰-۱۰۰۰ متر) بوده و از طرفی این اختلاف ارتفاع سبب ایجاد تفاوت های اقلیمی (درجه حرارت، تعداد روزهای یخبندان و بارندگی) بین این نقاط شده است، در این تحقیق در کنار بررسی اثر آلودگی هوا، تأثیرات تفاوت های اقلیمی نیز بررسی شد. گونه مورد بررسی *Fraxinus rotundifolia* Mill. از تیره زیتون *Oleaceae* است (مظفریان، ۱۳۸۳). این گونه پراکنش گسترده ای در پارک های شهر تهران دارد و با توجه به همین پراکنش، تفاوت های رفتار رویشی به ویژه مشخصات آناتومی برگ گیاه زبان گنجشک را در واکنش به آلودگی و تفاوت اقلیمی نشان می دهد.

مواد و روش ها

- منطقه مورد بررسی

منطقه مطالعاتی شهر تهران واقع در ۵۱ درجه و ۱۷ دقیقه تا ۵۱ درجه و ۳۳ دقیقه طول شرقی و ۳۵ درجه و ۳۶ دقیقه تا ۳۵ درجه و ۴۲ دقیقه عرض شمالی قرار دارد. هفت منطقه مطالعاتی بر اساس اطلاعات ارتفاعی (جدول ۱)، هواشناسی و ایستگاه های سنجش آلودگی هوا به منظور پوشش سطوح مختلف آلودگی شهر تهران انتخاب شد (شکل ۱). در هر منطقه، مناسب ترین پارک که در فاصله حداکثر ۱ کیلومتری از ایستگاه های سنجش آلودگی هوا قرار داشت، طوری انتخاب شد که تعداد کافی پایه مناسب بر اساس صفاتی مانند سن برابر، سلامت، تاج متقارن و بدون آفت داشته باشد.

جدول ۱- ارتفاع مناطق مطالعاتی در شهر تهران

نام منطقه	تجریش	شهرزاد	آزادی	بهمن	پردیس	کریم خان	سرخه حصار
ارتفاع از سطح دریا (متر)	۱۶۱۵	۱۴۰۸	۱۱۸۰	۱۱۰۳	۱۳۸۲	۱۲۳۸	۱۴۴۴



شکل ۱- نقشه مناطق مطالعاتی در شهر تهران

-روش جمع‌آوری اطلاعات

اطلاعات هواشناسی از نزدیک‌ترین ایستگاه‌های هواشناسی از پنج منطقه (مهرآباد، شمال تهران، دوشان‌تپه، ژئوفیزیک و امین‌آباد) تهیه شد. شاخص‌های هواشناسی مورد بررسی عبارت بودند از میانگین کمترین دما، میانگین بیشترین دما، میانگین متوسط دما، میانگین روزهای یخبندان، میانگین حداقل مطلق دما، میانگین حداکثر مطلق دما و میانگین بارندگی سالانه.

اطلاعات آلودگی هوا از اطلاعات ایستگاه‌های پایش آلودگی هوا (مربوط به دامنه زمانی ۲۰۰۸-۲۰۰۲) تهیه شد که شامل اطلاعات ساعتی مربوط به گازهای آلاینده دی‌اکسید نیتروژن (NO_2)، دی‌اکسید گوگرد (SO_2) و ازن (O_3) است (جدول ۲). شایان ذکر است که در آنالیزهای آماری از میانگین هفت ساله آلودگی هوا (۲۰۰۸-۲۰۰۲) و میانگین سال ۲۰۰۸ به‌عنوان آخرین سال در دسترس استفاده شد.

جدول ۲- داده‌های آلودگی هوا در مناطق مطالعاتی (۱=۲۰۰۸ و ۲=۲۰۰۸-۲۰۰۲)

مناطق مطالعاتی	میانگین NO_2 (ppm)		میانگین SO_2 (ppm)		میانگین O_3 (ppm)		Max O_3 (ppm)
	(۱)	(۲)	(۱)	(۲)	(۱)	(۲)	
تجربش	۰/۰۴	۰/۰۵	۰/۰۲	۰/۰۴	-	-	-
شهرزاد	۰/۰۴	۰/۰۴	۰/۰۵	۰/۰۴	۰/۰۲	۰/۱۰	۰/۱۰
آزادی	۰/۰۶	۰/۰۶	۰/۱۳	۰/۰۶	۰/۰۲	۰/۰۹	۰/۰۹
بهمن	۰/۰۹	۰/۰۸	۰/۰۲	۰/۰۲	-	-	-
پردیسان	۰/۰۸	۰/۰۵	۰/۰۴	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۲۰	۰/۳۲
کریم‌خان	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۴	۰/۰۴	۰/۰۱	۰/۰۹	۰/۰۷
سرخه‌حصار	-	۰/۰۲	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۴	۰/۱۰	۰/۱۲

خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک با حفر سه پروفیل در هر منطقه مطالعاتی بررسی شد. شاخص‌های اندازه‌گیری شامل بافت خاک، هدایت الکتریکی، درصد آهک، درصد مواد آلی و مقدار پتاسیم، فسفر و نیتروژن است.

پنج پایه به‌صورت تصادفی از میان درختان با صفات حتی‌الامکان هم‌سن، سالم، دارای تاج متقارن و بدون آفت در مناطق مطالعاتی انتخاب شد و نمونه‌برداری از برگ درختان در تابستان ۱۳۸۷ انجام گرفت. به‌منظور انجام مطالعات آناتومی ۱۰ برگ مرکب با بزرگ‌ترین سطح برگ

- عوامل آلودگی

ضخامت پهنک، مزوفیل پهنک و ضخامت لایه نردبانی با میانگین دی‌اکسید نیتروژن، همبستگی مثبت دارند و نسبت مزوفیل پهنک به آوند بدون اتصال با میانگین دی‌اکسید گوگرد رابطه منفی دارد. ضخامت نردبانی با میانگین دی‌اکسید گوگرد (سال ۲۰۰۸) رابطه مثبت دارد ($r=0.90, p<0.05$). در نتیجه ضخامت پهنک، مزوفیل پهنک، ضخامت لایه پارانشیم نردبانی با افزایش آلودگی، افزایش و نسبت مزوفیل پهنک به آوند بدون اتصال پهنک با افزایش آلودگی، کاهش نشان می‌دهد. تعداد کلانشیم تحتانی و آوند رگبرگ میانی با میانگین دی‌اکسید گوگرد (میانگین سال ۲۰۰۸) رابطه مثبت دارد. پس با افزایش آلودگی در مناطق مطالعاتی، بر تعداد لایه کلانشیم تحتانی و ضخامت رگبرگ میانی برگ درختان افزوده خواهد شد.

- عوامل اقلیمی

نسبت مزوفیل نردبانی به اسفنجی با عوامل اقلیمی میانگین بیشترین دما و حداکثر مطلق دما رابطه مثبت دارد. اپیدرم فوقانی نیز با میانگین بیشترین دما، میانگین متوسط دما و میانگین حداقل مطلق دما، رابطه مثبت و با میانگین بارندگی، رابطه منفی دارد. نسبت مزوفیل نردبانی به اسفنجی و ضخامت اپیدرم فوقانی با گرم شدن منطقه افزایش می‌یابد و از ضخامت اپیدرم پهنک با افزایش بارندگی، کاسته می‌شود ($r=-0.92, P<0.01$). ضخامت رگبرگ میانی و مزوفیل رگبرگ میانی با میانگین بیشترین دما، میانگین حداکثر مطلق دما و حداکثر مطلق دما، رابطه مثبت و با میانگین بارندگی، رابطه منفی دارد. با گرم شدن منطقه ضخامت رگبرگ میانی، مزوفیل رگبرگ میانی افزایش و با افزایش بارندگی کاهش پیدا می‌کند. طول روزنه تحتانی با میانگین حداکثر مطلق دما ارتباط مثبت دارد، بدین مفهوم که در مناطق گرم‌تر طول روزنه تحتانی بلندتر است ($r=0.81, P<0.05$).

از سمت جنوب و وسط تاج هر پایه جمع‌آوری شد. سپس از میان برگ‌های مرکب، سه برگچه از هر پایه در هر منطقه مطالعاتی در مخلوط آب و الکل (۷۰ درصد الکل) قرار داده شد. از برگ‌های جمع‌آوری شده به‌منظور برش عرضی به‌صورت دستی برای مطالعات آناتومی برگ (ضخامت پهنک، مزوفیل پهنک، آوند پهنک، ضخامت و تعداد سلول‌های نردبانی و اسفنجی، ضخامت کوتیکول، ضخامت اپیدرم، ضخامت و تعداد کلانشیم و پارانشیم رگبرگ اصلی، ضخامت رگبرگ میانی، مزوفیل و آوند رگبرگ میانی) و تهیه اپیدرم به‌منظور اندازه‌گیری تعداد و طول روزنه‌های سطح فوقانی و تحتانی برگ استفاده شد (جدول ۳). شایان ذکر است که این تحقیق با استفاده از میکروسکوپ نوری Olympus مدل BH2-RFCA اجرا شد.

- آنالیز داده‌ها

اطلاعات جمع‌آوری شده در نرم‌افزار EXCEL وارد شد و با آنالیز آماری همبستگی بین خصوصیات آناتومی و عوامل محیطی (آلودگی، اقلیم و خاک) با استفاده از نرم‌افزار Minitab 14 انجام گرفت. شایان ذکر است که پارامترهای ادافیکی به‌منظور مشخص کردن شاخص‌های آناتومی که به طور انحصاری تحت تأثیر اقلیم و آلودگی هستند، بررسی شد.

نتایج

نتایج همبستگی شاخص‌های آناتومی برگ با عوامل آلودگی، اقلیم و خاک‌شناسی طبق جدول ۴ به‌دست آمد. بر اساس اطلاعات جدول، عوامل آناتومی پهنک برگ (ضخامت پهنک، مزوفیل پهنک، نسبت مزوفیل پهنک به آوند بدون اتصال پهنک و ضخامت نردبانی) و مشخصه‌های رگبرگ اصلی (تعداد کلانشیم تحتانی و ضخامت آوند رگبرگ میانی) فقط با عوامل آلودگی و مشخصه‌های نسبت مزوفیل نردبانی به اسفنجی، اپیدرم فوقانی و طول روزنه تحتانی از پهنک برگ و ضخامت رگبرگ میانی و مزوفیل آن (رگبرگ اصلی) نیز فقط با عوامل اقلیمی، ارتباط معنی‌دار نشان می‌دهند.

جدول ۳- اطلاعات آناتومی برگ زبان گنجشک در مناطق مطالعاتی

ضخامت (μ)	مزوفیل پهنک (μ)	مزوفیل بدون آپدوم / آوند پهنک بدون اتصال (μ)	تعداد پارانشیم تختانی	تعداد تختانی	ضخامت پارانشیم تختانی (μ)	ضخامت کلانشیم تختانی (μ)	تعداد آوند پهنک بدون اتصال	مزوفیل پهنک (μ)	مزوفیل بدون آپدوم / آوند پهنک بدون اتصال (μ)	ضخامت کلانشیم تختانی (μ)	تعداد تختانی	ضخامت کلانشیم تختانی (μ)	تعداد تختانی	ضخامت کلانشیم تختانی (μ)	تعداد تختانی	مناطق مطالعاتی
۳۱۲/۰۰	۲۸۰/۸۰	۷۰/۸۰	۴/۳۳۴	۱۲۱/۶۰	۳/۰۰۰	۱۶۲/۵۰	۳/۸۰۰	۰/۸۲	۴/۰۰۰	۱۷/۷۳	۳/۸۴۰	۱۵/۵۱	۸۵۲/۸۰	۱۴۹/۶۰	۵/۸۰	تجربش
۲۵۱/۲۰	۲۲۱/۶۰	۵۹/۶۰	۳/۷۸۷	۱۰۸/۰۰	۳/۰۰۰	۱۱۲/۴۰	۳/۶۰۰	۰/۹۸	۳/۲۰۰	۱۵/۶۰	۳/۳۶۰	۱۶/۰۸	۸۳۶/۸۰	۱۲۵/۶۰	۶/۰۰	شهرزاد
۳۳۲/۸۰	۲۸۳/۲۰	۸۴/۴۰	۳/۳۵۳	۱۷۴/۸۰	۲/۷۵۰	۱۳۷/۵۰	۳/۷۵۰	۱/۱۴	۴/۸۰۰	۱۹/۷۴	۴/۴۰۰	۱۹/۸۲	۹۳۷/۶۰	۱۳۲/۰۰	۶/۴۰	آزادی
۳۳۴/۰۰	۳۰۱/۲۰	۶۸/۴۰	۴/۵۶۲	۱۷۰/۸۰	۳/۰۰۰	۱۳۴/۴۰	۳/۰۰۰	۱/۳۰	۴/۲۴۰	۱۸/۰۰	۴/۰۸۰	۱۹/۳۴	۹۵۲/۰۰	۱۶۸/۸۰	۷/۸۰	بهمن
۲۸۲/۴۰	۲۵۱/۲۰	۶۴/۰۰	۳/۷۷۹	۱۷۴/۰۰	۲/۵۰۰	۱۳۶/۸۰	۳/۴۰۰	۰/۹۰	۳/۷۶۰	۱۶/۰۱	۴/۱۶۰	۱۸/۵۲	۸۵۶/۰۰	۱۴۱/۶۰	۶/۴۰	پردیسبان
۲۷۰/۸۰	۲۳۶/۸۰	۶۴/۰۰	۳/۷۲۲	۱۲۶/۰۰	۲/۶۰۰	۱۱۴/۸۰	۳/۲۰۰	۱/۱۱	۳/۴۸۰	۱۵/۸۶	۳/۳۳۲	۱۸/۴۵	۸۱۹/۲۰	۱۴۴/۰۰	۷/۰۰	کریم‌خان
۲۶۰/۶۷	۲۲۹/۳۳	۶۲/۶۷	۳/۷۹۳	۱۱۴/۶۷	۳/۰۰۰	۱۲۰/۰۰	۳/۵۰۰	۰/۹۹	۳/۶۶۷	۱۸/۳۷	۳/۹۳۳	۱۸/۱۳	۸۷۷/۳۳	۱۴۶/۰۰	۶/۸۳	سرخه‌حصار

ادامه جدول ۳- اطلاعات آناتومی برگ زبان گنجشک در مناطق مطالعاتی

مناطق مطالعاتی	طول روزنه سطح تختانی (μ)	طول روزنه سطح فوقانی (μ)	طول روزنه سطح فوقانی (μ)	پراکنش روزنه سطح تختانی (N/mm ²)	پراکنش روزنه سطح فوقانی (N/mm ²)	پراکنش روزنه سطح فوقانی (N/mm ²)	تعداد دسته- جات آوندی	مزوفیل رگبرگ میانی/آوند رگبرگ میانی	تعداد رگبرگ	آوند رگبرگ میانی یا غلاف (μ)	مزوفیل رگبرگ میانی (μ)	تعداد کلانشیم تختانی	ضخامت کلانشیم تختانی (μ)	تعداد پارانشیم تختانی	تعداد تختانی	مناطق مطالعاتی
تجربش	۲۱/۶۱	۲۴/۳۶	۲۴/۳۶	۳۶۱/۷۰	۱۲۹/۷۱	۱۲۹/۷۱	۱/۰۰	۱/۸۲	۴۵۴/۴۰	۸۲۴/۰۰	۲/۰۰	۲/۰۰	۳۶/۴۰	۵/۸۰	۱۵۶/۴۰	تجربش
شهرزاد	۲۰/۳۰	۲۲/۸۵	۲۲/۸۵	۲۹۷/۲۳	۱۰۴/۵۱	۱۰۴/۵۱	۱/۰۰	۱/۸۵	۴۳۸/۴۰	۸۰۶/۴۰	۲/۶۰	۲/۶۰	۴۴/۰۰	۷/۸۰	۱۷۷/۶۰	شهرزاد
آزادی	۲۱/۲۰	۲۳/۸۱	۲۳/۸۱	۳۷۲/۶۱	۱۲۶/۳۲	۱۲۶/۳۲	۱/۰۰	۱/۶۹	۵۵۰/۴۰	۹۰۲/۴۰	۵/۴۰	۵/۴۰	۴۴/۰۰	۶/۰۰	۱۶۰/۸۰	آزادی
بهمن	۲۱/۹۹	۲۴/۰۷	۲۴/۰۷	۳۱۹/۰۴	۱۰۱/۰۱	۱۰۱/۰۱	۱/۰۰	۱/۹۱	۴۷۸/۴۰	۹۰۲/۴۰	۳/۰۰	۳/۰۰	۶۸/۸۰	۷/۰۰	۱۹۹/۲۰	بهمن
پردیسبان	۱۹/۸۵	۱۹/۸۵	۱۹/۸۵	۴۱۰/۲۶	۱۶۸/۵۹	۱۶۸/۵۹	۱/۰۰	۱/۷۳	۴۷۳/۶۰	۸۱۶/۰۰	۲/۴۰	۲/۴۰	۴۵/۶۰	۶/۲۰	۱۶۸/۸۰	پردیسبان
کریم‌خان	۱۹/۸۲	۲۲/۱۹	۲۲/۱۹	۴۱۹/۸۶	۱۶۳/۹۰	۱۶۳/۹۰	۱/۰۰	۱/۸۲	۴۴۸/۰۰	۸۱۶/۰۰	۲/۲۰	۲/۲۰	۴۴/۰۰	۷/۶۰	۱۷۶/۸۰	کریم‌خان
سرخه‌حصار	۲۱/۶۶	۲۳/۸۷	۲۳/۸۷	۳۵۳/۴۹	۱۰۹/۷۷	۱۰۹/۷۷	۱/۰۰	۱/۸۶	۴۵۲/۰۰	۸۴۰/۰۰	۲/۶۷	۲/۶۷	۶۶/۰۰	۶/۱۷	۱۶۵/۳۳	سرخه‌حصار

جدول ۴- ضرایب همبستگی بین خصوصیات آناتومی برگ زبان گنجشک (*Fraxinus rotundifolia* Mill.) با عوامل اقلیمی و گازه‌های آلاینده ($P < 0.05$, $P < 0.01$, $P < 0.001$) *، خانه‌های خالی بیانگر معنادار نبودن ارتباطات است.

شاخص‌های آناتومی عوامل محیطی	تعداد کلانشیم فوقانی	ضخامت رگبرگ میانی (۱۱)	اپیدرم پهنک فوقانی (۱۱)	ضخامت مزوفیل نردبانی / سفنجی	تعداد لایه استفنجی	ضخامت نردبانی (۱۱)	تعداد لایه نردبانی	مروفل پهنک / اوند بدون اتصال پهنک	مروفل پهنک (۱۱)	ضخامت پهنک (۱۱)	طول روزنه سطح فوقانی (۱۱)	پراکنش روزنه سطح تختی (Nmm ²)
میانگین بیشترین دما (°C)	۰/۱۸۷*	۰/۱۸۹*	۰/۱۸۳*	۰/۱۸۴*								
میانگین متوسط دما (°C)			۰/۱۸۷*									
میانگین حداقل مطلق دما (°C)			۰/۱۸۵*									
میانگین حداکثر مطلق دما (°C)		۰/۱۸۲*										
حداکثر مطلق دما (°C)	۰/۹۳**	۰/۹۱*		۰/۰۹*								
میانگین بارندگی سالانه (mm)	-۰/۱۸۸*	-۰/۱۸۷*	-۰/۹۳**									
درصد کربن آلی							۰/۷۷*				۰/۱۸۷*	
مواد آلی							۰/۷۷*				۰/۱۸۷*	
درصد نیتروژن							۰/۸۱*				۰/۱۸۶*	
پتانس (ppm)							۰/۸۴*					-۰/۹۱**
اسیدیته	۰/۱۸۷*				-۰/۹۴**							-۰/۱۸۷*
درصد سیلیت					-۰/۱۸۱*							
میانگین دی‌اکسید نیتروژن (ppm)						۰/۷۶*			۰/۱۸۷**	۰/۱۸۵*		
میانگین دی‌اکسید گوگرد (ppm)								-۰/۹۴**				
میانگین دی‌اکسید گوگرد (ppm) (۳۰۰۸)						۰/۹۰*						
حداکثر وزن (۳۰۰۸) (ppm)							۰/۹۸**					

ادامه جدول ۴- ضرایب همبستگی بین خصوصیات آناتومی برگ زبان گنجشک (*Fraxinus rotundifolia* Mill.) با عوامل اقلیمی و گازهای آلاینده ($P < 0.01$ $P < 0.05$ **, *) خانه‌های خالی بیانگر معنادار نبودن ارتباطات است.

شاخص‌های آناتومی		عوامل محیطی				
پراکنش روزنه سطح فوقانی (Nmm ⁻²)	مزوفیل رگبرگ میانی/آوند رگبرگ میانی با غلاف	آوند رگبرگ میانی با غلاف(μ)	مزوفیل رگبرگ میانی (μ)	تعداد کلانشیم تحتانی	ضخامت کلانشیم تحتانی(μ)	ضخامت پارانشیم تحتانی(μ)
			۰/۸۶*			میانگین بیشترین دما (°C)
			۰/۸۳*			میانگین حداکثر مطلق دما
			۰/۸۶*	۰/۸۳*		حداکثر مطلق دما (°C)
			-۰/۸۳*			میانگین بارندگی سالانه
				۰/۷۸*	۰/۷۶*	درصد آهک
						درصد کربن آلی
						مواد آلی
						درصد نیتروژن
						پتاس (ppm)
						فسفر (ppm)
						درصد شن
						درصد رس
						درصد سیلت
				۰/۹۹**		بیشترین مقدار ازن (ppm)
				۰/۹۳*		میانگین ازن (ppm)
						میانگین دی‌اکسید نیتروژن (۲۰۰۸) (ppm)
				۰/۹۲**		میانگین دی‌اکسید گوگرد (۲۰۰۸) (ppm)

بحث

به صورت معمول روزنه‌ها هستند، وارد گیاه می‌شوند. بعد از گذر از روزنه‌های اپیدرم تحتانی، گازهای سمی به مزوفیل اسفنجی برخورد می‌کنند (Nikolaevski, 1963; Ilkun, 1978; Ilkun, 1971). مزوفیل اسفنجی به دلیل اندازه بزرگتر سلول‌های اسفنجی در مقایسه با لایه‌های مزوفیل نردبانی، مقاومت کمتری به تبدلات گازی دارد. در برگ‌های ژنوتیپ گیاه حساس به ازن، دارای مزوفیل اسفنجی با فضای بین سلولی بزرگتر و مزوفیل نردبانی کوتاه‌تر است که سبب مقاومت کمتر برگ به ورود ازن به لایه‌های مزوفیل نردبانی می‌شود (Evans & Ting, 1974). نتایج بررسی‌های Gratani et al. (2000) نشان از افزایش ضخامت برگ در مناطق آلوده دارد. مزوفیل ضخیم‌تر،

بر اساس نتایج این پژوهش، بین افزایش ضخامت پارانشیم نردبانی و افزایش آلودگی هوا، رابطه مثبت و قوی وجود دارد و نتایج تحقیقات Iqbal (1985), Jahan & Iqbal (1992), Ferdinand et al. (2000), Dineva (2004), Reig-Arminana et al. (2004) مؤید این موضوع است. این محققان به مسطح شدن پارانشیم اسفنجی در مقابل افزایش بافت نردبانی اشاره دارند. به نظر می‌رسد که تغییر در ساختار پهنک برگ و افزایش ضخامت پارانشیم نردبانی، پاسخ به آلودگی هوا باشد. ساختار پهنک برگ مهم‌ترین قسمت در تعیین واکنش درخت به آلودگی هواست. هوای آلوده از میان بازشدگی‌های طبیعی که

که همبستگی مثبت با آلودگی دارند، مانند ضخامت مزوفیل، ضخامت برگ و پارانشیم نردبانی با افزایش آلودگی، افزایش می‌یابند. از این‌رو تغییر در عملکرد گیاه مانند افزایش شدت فعالیت فتوسنتزی دور از انتظار نخواهد بود. از طرفی تحقیقات بیشتر به‌منظور اثبات نتایج این تحقیق در محیط آزمایشگاهی پیشنهاد می‌شود. بررسی شاخص‌های مشترک تحت تاثیر استرس‌های آلودگی و اقلیم حاکی از آن‌ست که گیاه با افزایش طول پارانشیم نردبانی، ارتباط مشابهی را در مقابل استرس‌های ذکر شده از خود نشان می‌دهد.

سپاسگزاری

بجا و شایسته است از دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات به‌منظور پشتیبانی‌های مالی و از مسئولان مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور به‌دلیل مساعدت در اجرای این پروژه تشکر کنیم. از همکاری بی‌شائبه خانم‌ها مهندس عظیمی، قاسمی، سلطانی و خزائی در انجام آزمایش‌های آناتومی، آقایان مهندس عباسی، خاکساریان و نظرزاده در انجام مطالعات خاک‌شناسی بی‌نهایت سپاسگزاریم و از جناب آقای مهندس درگهی برای همکاری خستگی‌ناپذیرشان در انجام این پروژه کمال تشکر را داریم.

منابع

قربانلی، مه‌لقا، غلامرضا بخشی خانیکی و زینب باکند، ۱۳۸۶. بررسی اثر آلاینده‌های هوای شهر تهران بر وزن تر و خشک، غلظت پرولین، کربو هیدرات‌های محلول، تعداد روزنه، کرک و سلول‌های اپیدرمی در دو گیاه خرزهره *Nerium oleander* L. و اقاچیا *Robinia pseudoacacia* L. فصلنامه پژوهش و سازندگی در زراعت و باغبانی، ۷۷(۴): ۲۸-۳۴.

مظفریان، ولی اله، ۱۳۸۳. درختان و درختچه‌های ایران، انتشارات فرهنگ معاصر. چاپ اول، تهران، ۹۹۱ ص.

Alves, E.S., M. Baêso Moura & M. Domingos, 2008. Structural analysis of *Tillandsia usneoides* L. exposed to air pollutants in São Paulo City–Brazil, *Water Air and Soil Pollution*, 189 (1-4): 61-68.

Anonymus, 1996. Air Quality Criteria for Ozone and Related Photochemical Oxidants. Vol. 2.

توانایی بیشتری در سم‌زدایی دارد (Gerosa et al., 2003) و از طرف دیگر برگ‌های ضخیم، پتانسیل فتوسنتزی زیادی دارند (Niinemets, 1999)، که ممکن است بیانگر ارتباط مثبت بین ضخیم‌شدن برگ و آلودگی به‌منظور جبران کاهش فتوسنتز در اثر آلودگی باشد.

ارتباط مثبت و همسوی ضخامت اپیدرم پهنک با مناطق گرم‌تر و بارندگی کمتر از نتایج این تحقیق است. افزایش ضخامت اپیدرم در ارتباط با مقاومت به‌خشکی را Ashton & Berlyn (1994) در سه گونه بلوط (*Q. velutina*, *Q. rubra*, *Q. coccinea*) و Bacelar et al. (2003) در *Olea europaea* گزارش کرده‌اند. آنها علت این افزایش را ایجاد مانعی برای محافظت بافت داخلی برگ گیاه بیان کرده‌اند. Kulkarni et al. (2010) نیز بر افزایش ضخامت اپیدرم پهنک و رابطه منفی آن با مقدار از دست دادن آب اشاره دارند. اپیدرم ضخیم در مقایسه با اپیدرم نازک‌تر، آب کمتری از دست می‌دهد.

از ویژگی‌های گونه‌های مناطق خشک، نسبت بیشتر پارانشیم نردبانی به پارانشیم اسفنجی است (Fahn, 1990). برگ گونه‌های خشکی دوست با تغییراتی مانند توسعه مزوفیل نردبانی سبب، افزایش این نسبت می‌شود. Shields (1950) دلیل توسعه بافت نردبانی را شدت نور خورشید و کند کردن جریان آب می‌داند. Fahn (1990) افزایش شدت فعالیت فتوسنتزی را در دوره‌های مطلوب از لحاظ وجود آب در دسترس، دلیل توسعه این بافت ذکر می‌کند و این توسعه را سبب افزایش عملکرد فتوسنتز و کاهش هدر رفتن آب می‌داند.

در میان پژوهش‌های انجام‌گرفته، تحقیقی که تأثیر عوامل محیطی بر مشخصات رگبرگ اصلی را بررسی کرده باشد، به‌دست نیامد. از آنجا که در این تحقیق، مشخصات رگبرگ اصلی، دارای روابط همبستگی معنی‌دار با آلودگی و اقلیم است، بررسی شاخص‌های ذکرشده در تحقیقات بعدی پیشنهاد می‌شود. بررسی ارتباطات مشخصه آلودگی و اقلیم با خصوصیات ساختاری و عملکردی گیاه نشان از وجود پتانسیل معنادار برای مقاومت و سازگاری با تنش‌های محیطی آلودگی و اقلیم دارد. با توجه به نتایج این تحقیق، تعدادی از شاخص‌های آناتومی برگ درخت زبان گنجشک

- Heber, U., W. Kaiser, M. Luwe, G. Kindermann, S. Veljovic- Javonovic, Z. Yin, H. Pfanz, S. Slovik, 1995. Air pollution, photosynthesis and forest decline: interactions and consequences. In: Schulze, E.D. & M.M. Caldwell, (Eds.), *Ecophysiology of Photosynthesis*, Springer-Verlag, Berlin, 279-296.
- Honour, S. L., J.N.B. Bell, T.W. Ashenden, J.N. Cape & S.A. Power, 2009. Responses of herbaceous plants to urban air pollution: Effects on growth, phenology and leaf surface characteristics, *Environmental Pollution*, 157: 1279 -1286.
- Ilkun, G.M., 1971. Gazousto chivost' rastenij, Naukova dumka, Kijev, 240 pp.
- Ilkun, G.M., 1978. Zagriazniteli atmosfery i rastenija, Naukova dumka, Kijev, 246 pp.
- Iqbal, M. Z., 1985. Cuticular and anatomical studies of white clover leaves from clean and air polluted areas, *Pollution Research*, 4:59-61.
- Jahan S. & M.Z. Iqbal, 1992. Morphological and anatomical studies of leaves of different plants affected by motor vehicles exhaust, *Journal of Islamic Academy of Sciences*, 5(1): 21-23.
- Kardel, F., K. Wuyts, M. Babanezhad, U.W.A. Vitharana, T. Wuytack, G. Potters & R. Samson, 2010. Assessing urban habitat quality based on specific leaf area and stomatal characteristics of *Plantago lanceolata* L., *Environmental Pollution*, 158: 788 -794.
- Kulkarni, M., B. Schneider, E. Raveh, & N. Tel-Zur, 2010. Leaf anatomical characteristics and physiological responses to short-term drought in *Ziziphus mauritiana* (Lamk.), *Scientia Horticulturae*, 124: 316-322.
- Mudd, J.B. & T.T. Kozlowski, 1975. Responses of plants to air pollution, Academic Press, INC, NY, 546 pp.
- Niinemets, U., 1999. Components of leaf dry mass per area –thickness and density– alter leaf photosynthetic capacity in reverse directions in woody plants, *New Phytologist*, 144: 35-47.
- Nikolaevski, V.S., 1963. O pokazateliakh gazousto chivosti drevesnykh rastenij, INTA Biologii UFAN, Vyp. 31, Svredlovsk, 74 pp.
- Reich, P.B., 1987. Quantifying plant response to ozone: a unifying theory, *Tree Physiology*, 3: 63-92.
- Reig -Armiñana, J., V. Calatayud, J. Cervero', F.J. Garcia-Breijo, A. Ibars & M.J. Sanz, 2004. Effects of ozone on the foliar histology of the mastic plant (*Pistacia lentiscus* L.), *Environmental Pollution*, 132: 321-331.
- EPA/600/P-93/004bF. U.S. Environmental Protection Agency, Office of Research and Development, Research Triangle Park, North Carolina, 185 pp.
- Ashton, M.S. & G.P. Berlyn, 1994. A comparison of leaf physiology and anatomy of *Quercus* (section *Erythrobalanus*) species in different light environment, *American Journal of Botany*, 81: 589-597.
- Bacelar, E.A., C.M. Correia, J. M. Mount inho-Pereira, B.C. Goncalves, J.I. Lopes & J.M.G. Torres-Pereira, 2003. Sclerophylly and leaf anatomical traits of five field grown olive cultivars growing under drought conditions, *Tree Physiology*, 24: 233-239.
- Bolea, V. & D. Chira, 2001. Resistance of chestnut (*Castanea sativa* Mill.) to SO₂ in comparison with other tree species, *Journal Forest Snow and Landscape Research*, 76(3): 420-424.
- Dann, M.S. & E.J. Pell, 1989. Decline of activity and quantity of ribulose isophosphate carboxylase/oxygenase and net photosynthesis In ozone-treated potato foliage, *Plant Physiology*, 91:427-432.
- Dineva S.B., 2004. Comparative studies of the leaf morphology and structure of white ash *Fraxinus americana* L. and London plane tree *Platanus acerifolia* Willd. growing in polluted area, *Dendrobiology*, 52: 3-8.
- Evans, L.S. & I.P. Ting, 1974. Ozone sensitivity of leaves: relationship to leaf water content, gas transfer resistance and anatomical characteristics, *American Journal of Botany*, 61: 592-597.
- Fahn, A., 1990. Plant anatomy, 4rd edn. Pergamon Press, Oxford, 588 pp.
- Ferdinand, J.A., T.S. Fredericksen, K.B. Kouterick & J.M. Skelly, 2000. Leaf morphology and ozone sensitivity of two open pollinated genotypes of black cherry (*Prunus serotina*) seedlings, *Environmental Pollution*, 108 (2): 297-302.
- Gerosa, G., R. Marzuolib, F. Bussottic, M. Pancrazic & A.B. Dentid, 2003. Ozone Sensitivity of *Fagus sylvatica* and *Fraxinus excelsior* young trees in relation to leaf structure and foliar ozone uptake, *Environmental Pollution*, 125: 91-98.
- Gratani, L., M.F. Crescente & M. Petruzzi, 2000. Relationship between leaf life-span and photosynthetic activity of *Quercus ilex* in polluted urban areas (Rome), *Environmental Pollution*, 110: 19-28.
- Heath, R.L., 1980. Initial events in injury to plants by air pollutants, *Annual Review of Plant Physiology*, 31: 395-431.

Savu, G. & V. Bolea, 1977. Forest ecosystem conservation in Baia Mar polluted zone, *Maramures Nature Protection* (in Romanian), 78: 61-73.

Shields, L. M., 1950. Leaf Xeromorphy as related to physiological and structural influents, *Botany Review*, 16: 399-447.

Silva, L.C., A.A. Azevedo, E. A. M. Silva, & M. A. Oliva., 2005. Effects of simulated acid rain on the growth and anatomy of five Brazilian tree species, *Australian Journal of Botany*, 53: 789-796.

Treshow, M. & F.K. Anderson, 1989. Effects of sulphur dioxide and heavy metals. In: Treshow, M. & F.K. Anderson, (Eds.), *Plant Stress from Air Pollution*, John Wiley, Chichester, 44-60.

Tripathi, A., D. S. Tripathi & V. Prakash, 1999. Phytomonitoring and NOx pollution around silver refineries, *Environment International*, 25: 403-410.

Winner, W.E., A.S. Lefohn, I.S. Cotter, C.S. Greitner, J. Nellessen, L.R. McEvoy, Jr., R.L. Olson, C.J. Atkinson & L.D. Moore, 1989. Plant responses to elevational gradients of ozone exposures in Virginia, *Proceedings National Academy of Sciences*, 86: 8828-8832.

Winner, W.E., H.A. Mooney & R.A. Goldstein, 1985. *Sulphur Dioxide and Vegetation, Physiology, Ecology and Policy Issues*, Stanford University, Stanford, CA. 593 pp.

Zobel, A. & J.E. Nighswander, 1991. Accumulation of phenolic compounds in the necrotic areas of Austria and red pine needles after spraying with sulphuric acid: a possible bioindicator of air pollution, *New Phytologist*, 117: 565- 574.

Response of leaf anatomy in Ash (*Fraxinus rotundifolia* Mill.) to pollutant gases and climatic factors

F. Rashidi^{*1}, A. Jalili², S. Babaie Kafaki³ and Kh. Sagheb Talebi⁴

¹Ph.D student, Department of Forestry, Science and Research Branch, Islamic Azad University, I. R. Iran.

²Prof., Botany Research Division, Research Institute of Forest and Rangelands, I. R. Iran.

³Assistant Prof., Department of Forestry, Science and Research Branch, Islamic Azad University, I. R. Iran.

⁴Associate Prof., Forest Research Division, Research Institute of Forest and Rangelands, I. R. Iran.

(Received: 17 January 2011, Accepted: 15 February 2011)

Abstract

Air pollution is a factor threatening the green areas and vegetation in urban zones. Pollutant gases spreading with different density in urban spaces have destructive effects on vegetation along with climatic and antropogenic factors. On the other side, green spaces decrease noticeably the effects of pollutant gases on human society due to their ecological function. This study was carried out to find the effects of urban pollutant gases (SO₂, NO₂ and O₃) and climatic factors (temperature and precipitation) on *Fraxinus rotundifolia* Mill. In Tehran. For this purposes, anatomical characteristics including leaf blade and cuticle thicknesses, epidermis thickness, blade mesophyll thickness, thickness and number of layers of spongy and palisade parenchyma mesophyll, blade vascular bundle thickness, number and thickness of collenchyma and parenchyma of main vein of *Fraxinus rotundifolia* Mill. leaves were studied by using correlation analysis. The results demonstrated an increase in leaf blade thickness, blade mesophyll thickness and palisade parenchyma thickness in response to increase in urban air pollution. Furthermore, the ratio of palisade parenchyma to spongy parenchyma (RP/RS) increased as the temperature rose.

Key words: Pollution, Climate, Leaf anatomy, Ash, Urban green areas.