



Available online: <http://ijhe.tums.ac.ir>

مقاله پژوهشی



تأثیر آلودگی هوای ناشی از خودروها بر ویژگی‌های آناتومیکی برگ انواعی از درختان مثمر (مطالعه موردی: باغ‌های سنتی قزوین)

مریم قنادنیا، محمد مهدی ضرابی*، نیما حبیبی
گروه مهندسی علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره)، قزوین، ایران

اطلاعات مقاله: چکیده

زمینه و هدف: آلودگی هوا به‌ویژه بخش ناشی از وسایل نقلیه موتوری، مشکل عمده‌ای در سراسر جهان بوده و می‌تواند سلامتی انسان‌ها را به‌خطر اندازد. این پژوهش جهت بررسی تأثیر آلودگی هوا بر ساختار آناتومیکی برگ برخی درختان مثمر باغستان‌های سنتی قزوین انجام شد. **روش بررسی:** ۷۲ نمونه برگ از گیاهان مناطق آلوده و شاهد در شهریور سال ۱۳۹۶ جمع‌آوری شده و پس از مخلوط کردن کامل برگ‌ها از هر نمونه، ۳ عدد به شکل کاملاً تصادفی انتخاب و در فیکساتور مناسب تثبیت شدند. نمونه‌ها پس از قالب‌گیری در پارافین توسط میکروتوم برش‌گیری و با رنگ‌های هماتوکسیلین و ائوزین رنگ شدند. اندازه‌گیری‌ها در سطح سلولی با میکروسکوپ نوری توسط نرم‌افزار Image J انجام شد. بررسی‌داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS، ۱۶ تجزیه و تحلیل شده و مقایسه میانگین‌ها توسط آزمون دانکن انجام شد. نمودارها با استفاده از نرم‌افزار Excel رسم شدند.

تاریخ دریافت: ۹۸/۰۸/۲۰
تاریخ ویرایش: ۹۸/۱۱/۰۸
تاریخ پذیرش: ۹۸/۱۱/۱۴
تاریخ انتشار: ۹۸/۱۲/۲۸

یافته‌ها: آلودگی ضخامت کوتیکول تحتانی رگبرگ اصلی در برگ پسته و گردو را افزایش داد. ضخامت برگ و طول پارانشیم نردبانی تحت تأثیر آلودگی در برگ گردو افزایش و در برگ پسته کاهش یافت. کاهش قطر مجاری رزین در برگ درختان پسته تحت تأثیر آلودگی قابل توجه بود. **نتیجه‌گیری:** نتایج این پژوهش تأثیرات منفی آلاینده‌های هوا بر ساختار برگ‌های گیاهان و همچنین مکانیسم‌های مقاومتی متفاوت در آنها را مشخص نمود. به هر حال متابولیسم گیاه می‌تواند تحت اثر آلودگی متاثر شده و نهایتاً سلامتی مصرف‌کنندگان آنها را در معرض خطر قرار دهد.

واژگان کلیدی: آلودگی هوا، بررسی آناتومیکی، برگ، درختان مثمر، وسایل نقلیه موتوری

پست الکترونیکی نویسنده مسئول:
mehdimzz@gmail.com,
zarrabi@eng.ikiu.ac.ir

مقدمه

امروزه ایمنی مواد غذایی به دلیل افزایش جمعیت، صنایع مختلف آلاینده و موارد مشابه یکی از مشکلات عمده جوامع است (۱). شدت آلودگی هوا به دلیل خروج گازهای آلاینده از منابع متحرک و ثابت افزایش قابل ملاحظه‌ای یافته که سبب تأثیرات منفی بر موجودات زنده از جمله گیاهان به عنوان اولین حلقه از زنجیره حیات داشته است (۲). بنزن، مونواکسید کربن، اکسیدهای نیتروژن، دی اکسید گوگرد، انواع فلزات مختلف (مانند Pb, Cu, Co, Cd) از ترکیبات مهمی هستند که توسط وسایل نقلیه تولید شده و می‌تواند با سایر مواد ترکیب شده و ترکیبات مضر ثانویه‌ای را نیز تولید کند (۳). تحقیقات زیادی تأثیر آلودگی هوا بر گیاهان و ذخیره شدن فلزات سنگین در میوه‌ها را نشان داده است (۴). ترکیباتی مانند NO_2 , SO_2 , O_3 و ذرات معلق به‌عنوان ترکیبات عمده آلاینده‌های هوا می‌توانند بر فتوسنتز، ساختار و عملکرد گیاهان و نهایتاً محصول موثر بوده و سبب ایجاد بیماری‌های مختلف در انسان شوند (۵، ۶). ورود سموم (آلودگی هوا، آفت کش‌ها و موارد مشابه) به گیاهان و استفاده انسان از آنها به‌صورت مستقیم یا غیر مستقیم (فراورده‌های دامی)، نهایتاً سلامتی انسان‌ها که در انتهای زنجیره غذایی هستند را با مخاطره مواجه می‌سازد (۷، ۸). بسیاری از تحقیقات موثر بودن سموم وارد شده به بدن انسان در ایجاد بیماری‌هایی مانند پارکینسون، آسم، برونشیت مزمن و بیماری‌های پوستی را نشان داده است (۹). اهمیت گیاهان از جنبه‌های مختلف بر زندگی انسان کاملاً مشهود است. باغ‌های سنتی قزوین تا قبل از سال ۱۳۰۷ یکی از مراکز مهم اشتغال اهالی بوده و در سال‌های مختلف تغییر و تحولات زیادی در آن ایجاد شده و نکته قابل توجه کاهش پوشش گیاهی آن در ۳۰ سال اخیر است که آلاینده‌های جوی ناشی از خودروها هم در آن نقش داشته‌اند (۱۰).

بررسی تغییرات آناتومیکی گیاهان تحت تأثیر آلاینده‌ها می‌تواند به‌عنوان روشی آگاه‌کننده و نشانگر آلودگی‌های محیط زیستی باشد (۱۱). برگ‌های گیاهان نسبت به عوامل

خارجی، از جمله آلاینده‌های هوا، از سایر قسمت‌های گیاه حساس‌تر بوده با داشتن سطح وسیع، مقدار بیشتری از آلاینده‌ها را جذب و انباشته می‌کنند (۱۲). از جهت دیگر برگ‌ها با داشتن روزنه فراوان، مستعدترین قسمت گیاه برای آسیب حاد هستند که اجازه نفوذ آلاینده‌های هوا را به بافت‌های حساس می‌دهند. مقاومت لایه سطحی برگ‌ها اولین مانع نفوذ آلاینده‌های گازی به گیاه بوده که نسبت به نوع گیاه و شرایط محیطی متغیر است (۱۳). برخی نتایج تحقیقات قبلی تأثیرات مضر آلاینده‌های هوا را بر ساختار پهنک برگ مشخص نموده است (۱۴). ضخامت و ساختار کوتیکول، اندازه و تعداد روزنه‌ها و کرک‌ها در واحد سطح از اولین ویژگی‌های ساختار برگ است که مواد آلاینده بر آنها تأثیر می‌گذارد (۱۵). ورود آلاینده‌های جوی از طریق روزنه‌های برگ بر حجم اتاق زیر روزنه موثر بوده بر ساختار برگ، طول سلول‌های پارانشیم نردبانی و همچنین بر شکل و اندازه سلول‌های پارانشیم اسفنجی تأثیرات مضر دارد (۱۶).

گردوی ایرانی با نام علمی *Juglans regia* گیاهی درختی از خانواده *Juglandacea* و پسته نیز با نام علمی *Pistacia vera* از خانواده *Anacardiaceae* بوده و هر دو از لحاظ اقتصادی بسیار مهم هستند (۱۷). در این پژوهش بررسی بر روی گونه‌ای از پسته با ویژگی‌های خاص به نام پسته قزوین انجام شده است. متأسفانه اخیراً باغستان‌های قزوین مورد بی‌توجهی قرار گرفته و عوامل مختلف به ویژه احداث مسیرهای مختلف ارتباطی با شهرها و استان‌های مجاور، سبب تأثیر آلاینده‌های ناشی از آنها بر گیاهان این مناطق شده که می‌تواند اثرات نامطلوبی را از جهات مختلف به‌ویژه محیط زیستی ایجاد کند (۱۸). هدف از انجام این مطالعه بررسی تأثیر آلاینده‌های هوا به ویژه انواع ناشی از وسایل نقلیه موتوری بر آناتومی برگ (بخش رویشی) گیاهان انتخابی بوده تا اطلاعات مقدماتی جهت بررسی تأثیر آلاینده‌ها بر محصولات خوراکی گیاهان مذکور و میزان مجاز انباشتگی آلاینده‌ها در آنها در

پژوهش‌های بعدی فراهم گردد.

مواد و روش‌ها

مشخصات منطقه مورد مطالعه: در این پژوهش، نمونه برداری از دو منطقه در باغ‌های سنتی قزوین: اول با مختصات $36^{\circ}16'$ عرض شمالی و $50^{\circ}01'$ طول شرقی با فاصله تقریبی ۱۷۶ m از جاده و موقعیت دوم با حدود ۱۲۰۰ m دورتر از ناحیه اول (شاهد) انجام شد. حداکثر و حداقل دما در منطقه مورد بررسی در زمان نمونه برداری (شهریور ماه ۱۳۹۶) به ترتیب $40^{\circ}C$ و $19^{\circ}C$ ، بارندگی سالانه ۲۱۰ mm در مناطق شرقی و ۵۵۰ mm در شمال شرقی با میانگین سالانه رطوبت نسبی ۵۱ درصد و شاخص آلودگی هوا ۱۷۲ و عامل آلاینده ازن بوده است (۱۹).

نمونه برداری از برگ گیاهان و تثبیت بافت‌ها: شش نمونه از برگ درختان گردو و پسته از مناطق آلوده و شاهد با سه تکرار (۷۲ عدد) با شرایط مشابه تقریبی از لحاظ سن و مرحله رویشی به شکل هم‌زمان در دهم شهریور ماه سال ۱۳۹۶ برداشت شده پس از انتقال به آزمایشگاه هر یک جداگانه مخلوط و سپس ۳ عدد از هر یک به شکل کاملاً تصادفی انتخاب شدند. پس از شستشو با آب و گرفتن رطوبت سطحی آنها، توسط تیغ از محل رگبرگ اصلی آنها برش 1×1 cm جدا و در فیکساتور فرمالدئید-استو-الکل (FAA)، به نسبت ۱، ۲ و ۱۷ mL به مدت ۱۲-۲۴ h قرار داده شدند.

آماده سازی نمونه‌ها جهت برش‌گیری: جهت آماده سازی و رنگ آمیزی نمونه‌ها از روش Jafarian و همکاران با اندکی تغییرات استفاده شد (۲۰). نمونه‌ها از فیکساتور خارج شده پس از شستشو با آب جاری، جهت آب‌گیری توسط الکل‌های ۲۵، ۵۰، $70^{\circ}C$ با زمان ۱۰-۱۵ min شستشو داده شدند. جهت شفاف سازی نمونه‌ها از ترکیب تولوئن و الکل اتیلیک خالص استفاده شد که در نهایت تولوئن جایگزین الکل گردید. سپس تولوئن به تدریج با پارافین در بافت‌ها جایگزین شد.

تهیه بلوک‌های پارافینی از نمونه‌ها: جهت برش‌گیری میکروسکوپی از بافت برگ‌ها، نمونه‌ها در ظروف کوچک شیشه‌ای مخصوص در پارافین بلوک‌گیری شده و تا زمان برش‌گیری در یخچال نگهداری شدند.

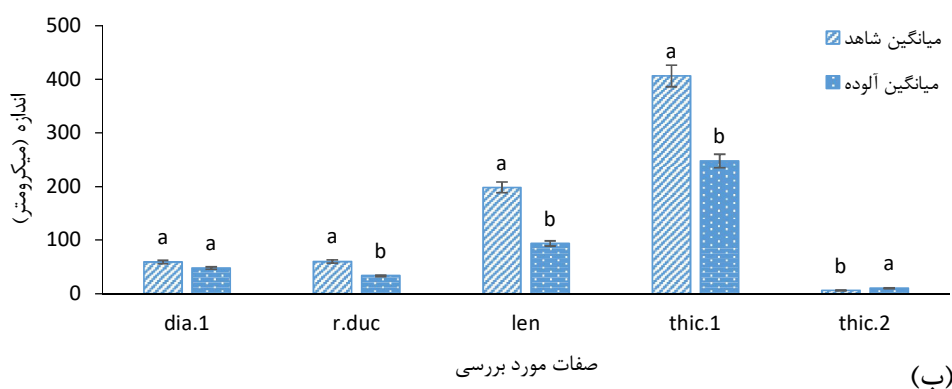
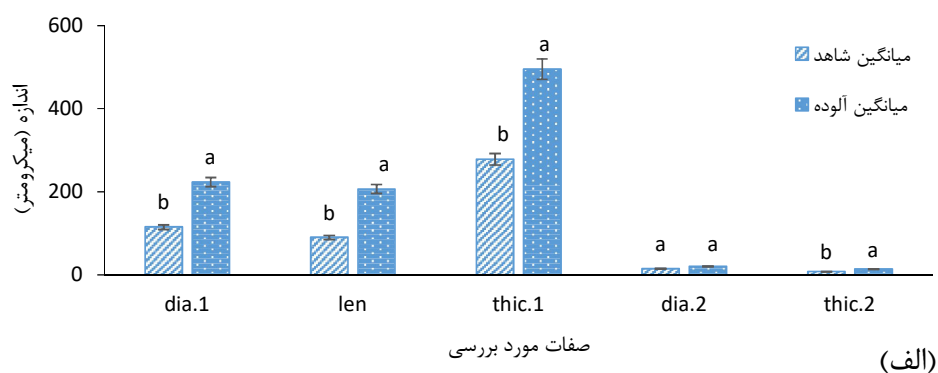
تهیه مقاطع بافتی توسط میکروتوم: بلوک‌های پارافینی به شکل جداگانه در محل مخصوص بلوک در میکروتوم (MICRO DS-4055, Iran) نصب و برش‌های $10-7 \mu m$ از آنها تهیه شد. مقاطع بافتی بر روی لام قرار داده شده و جهت باز شدن چروکیدگی نمونه‌ها، به مدت ۳۰ روی درجه حرارت حدود $45^{\circ}C$ قرار داده شدند. پس از خشک شدن در محیط آزمایشگاه، لام‌ها جهت مراحل تکمیلی در جعبه‌های مخصوص نگهداری شدند.

رنگ آمیزی با هماتوکسیلین-انوزین: جهت حذف پارافین، لام‌ها به مدت ۱۵-۱۰ min درون ظروف مخصوص رنگ آمیزی دارای تولوئن خالص قرار داده شدند. سپس جهت آبدهی، نمونه‌ها به ترتیب از الکل ۱۰۰، ۹۶، ۷۰، ۵۰، ۳۵ و آب مقطر (هر کدام ۱۰ min) عبور داده شدند. نمونه‌ها سپس در محلول هماتوکسیلین (حدود ۱۵ min) و انوزین الکلی (۲۰-۱۵ min) قرار داده شده و در نهایت با تولوئن خالص به مدت زمان ۵-۳ min شفاف سازی انجام شد. نمونه‌ها توسط چسب یا گلیسرین و لامل آماده سازی نهایی شده و ساختار برگ‌ها از جنبه‌های مختلف توسط میکروسکوپ (NIKON YS 100-Japan) مورد مشاهده و عکس برداری قرار گرفتند. جهت اندازه‌گیری‌های میکروسکوپی در سطوح سلولی، از نرم افزار Image J استفاده شد.

آنالیز داده‌ها: نمونه برداری و آزمایش‌ها با سه تکرار در طرح کاملاً تصادفی انجام شده و برای آنالیز واریانس از روش آنالیز آماری ANOVA، مقایسه میانگین‌ها از آزمون دانکن (Duncan's Test) و نرم افزار SPSS, 16 در سطح احتمال $(p \leq 0.01)$ استفاده شد. نمودارها توسط نرم افزار Excel رسم شدند. اختلاف معنی‌دار آماری در نمودارها و جدول‌ها با حروف متفاوت (a, b, ...) نشان داده شدند.

یافته‌ها

نتایج حاصل از بررسی تغییرات ایجاد شده در اثر آلودگی هوا بر ساختار برگ گردو و پسته، در نمودار ۱ (الف و ب) و جدول‌های ۱ و ۲ نشان داده شده است.



نمودار ۱- تأثیر آلودگی هوا بر آناتومی برگ درختان گردو (الف) و پسته (ب) (قطر اتاق زیر روزنه (dia.1)، قطر سلول پارانشیم اسفنجی (dia.2)، طول پارانشیم نردبانی (len)، قطر مجرای رزین (r. duc)، ضخامت برگ (thic.1) و ضخامت کوتیکول تحتانی در محل رگبرگ اصلی (thic.2))

جدول ۱- تجزیه واریانس صفات آناتومیکی بررسی شده در ساختار برگ درختان گردو در مناطق شاهد و آلوده (قطر اتاق زیر روزنه (dia.1)، قطر سلول پارانشیم اسفنجی (dia.2)، طول پارانشیم نردبانی (len)، ضخامت برگ (thic.1) و ضخامت کوتیکول تحتانی در محل رگبرگ اصلی (thic.2))

میانگین مربعات صفات					درجه آزادی	منابع تغییرات
thic.2	dia.2	thic.1	len	dia.1		
۴۸/۱۶۷ *	۴۸/۱۶۷ ns	۷۰۴۱۶/۶۶ **	۲۰۴۱۶/۶۶ **	۱۷۴۹۶ **	۱	تیمار
۳/۶۶۷	۱۲/۸۳۳	۶۲۹/۱۶۷	۱۱۶/۶۶۷	۳۸/۵۰۰	۴	خطا
۱۷/۶۸	۲۰/۴۷	۶/۴۸	۷/۲۸	۳/۶۷	-	ضریب تغییرات (cv)

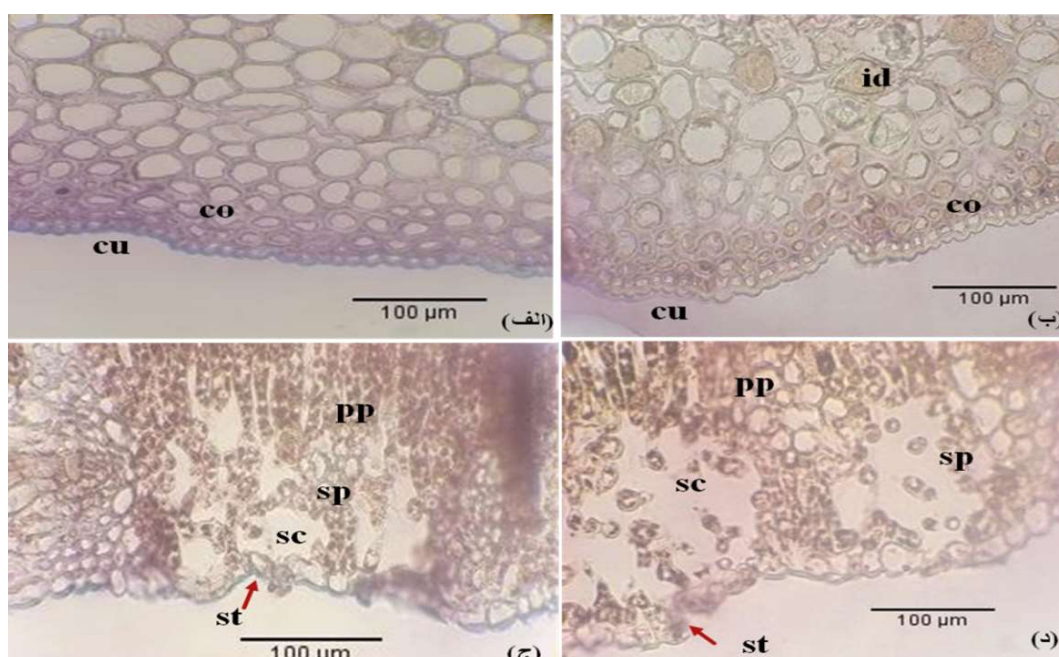
NS غیر معنی‌دار

* و ** به ترتیب نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطوح ۵ و ۱ درصد است.

جدول ۲- تجزیه واریانس صفات آناتومیکی بررسی شده در ساختار برگ درختان پسته در مناطق شاهد و آلوده (قطر اتاق زیر روزنه (dia.1)، طول پارانشیم نردبانی (len)، قطر مجرای رزین (r. duc)، ضخامت برگ (thic.1) و ضخامت کوتیکول تحتانی در محل رگبرگ اصلی (thic.2))

میانگین مربعات صفات					درجه آزادی	منابع تغییرات
thic.2	thic.1	len	r. duc	dia.1		
۲۸/۱۶۷ *	۳۷۷۶۲/۶۶۷**	۱۶۴۳۲/۶۶۷*	۱۰۶۶/۶۶۷**	۱۹۲/۶۶۷ ^{ns}	۱	تیمار
۱/۶۶۷	۲۳۸/۳۳	۲۵۷/۳۳۳	۴۵/۶۶۷	۱۹۴/۶۶۷	۴	خطا
۱۵/۸۶	۴/۷۲	۱۰/۹۸	۱۴/۴۸	۲۶/۱۶	-	ضریب تغییرات (CV)

NS غیر معنی‌دار، * و ** به ترتیب نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطوح ۵ و ۱ درصد است.



شکل ۱- مقایسه ضخامت کوتیکول و ایدیوبلاست‌ها در منطقه شاهد (الف) نسبت به منطقه آلوده (ب) در محل رگبرگ اصلی و تاثیر آلودگی هوا بر قطر سلول‌های پارانشیم اسفنجی، تراکم آنها و حجم فضای اتاق زیر روزنه در منطقه شاهد (ج) نسبت به منطقه آلوده (د) در برش عرضی برگ گردو (co): سلول‌های کلانشیمی، cu: کوتیکول، id: ایدیوبلاست‌ها، pp: سلول‌های پارانشیم نردبانی، sc: اتاق زیر روزنه، sp: سلول‌های پارانشیم اسفنجی، st: محل روزنه.

شاهد (شکل ۱-الف) شده بود که این اختلاف در سطح ۵ درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). علی‌رغم افزایش ضخامت کوتیکول، شدت رنگ نشان‌دهنده کاهش تراکم آن بود (شکل ۱-ب).

اثرات آلودگی هوا بر ویژگی‌های آناتومیکی برگ درخت گردو ضخامت کوتیکول تحتانی در محل رگبرگ اصلی: آلودگی سبب افزایش ضخامت کوتیکول تحتانی برگ گردو در محل رگبرگ اصلی (شکل ۱-ب) نسبت به منطقه

قطر سلول‌های پارانشیم اسفنجی و فضای اتاق زیر روزنه: آلودگی هوا قطر سلول‌های پارانشیم اسفنجی برگ گردو را افزایش داد ولی اختلاف معنی‌داری با نمونه‌های مناطق شاهد وجود نداشت (شکل ۱-ج و د). از جهت دیگر تراکم سلول‌های پارانشیم اسفنجی در برگ مناطق آلوده کاهش نشان داد (شکل ۱-د). قطر اتاق زیر روزنه در اثر آلودگی افزایش قابل توجهی داشت که در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). تراکم سلول‌های پارانشیمی در مناطق آلوده بسیار کم، ارتباط آنها سست و فضای سلولی در بین آنها افزایش قابل ملاحظه‌ای نشان داد (شکل ۱-د).

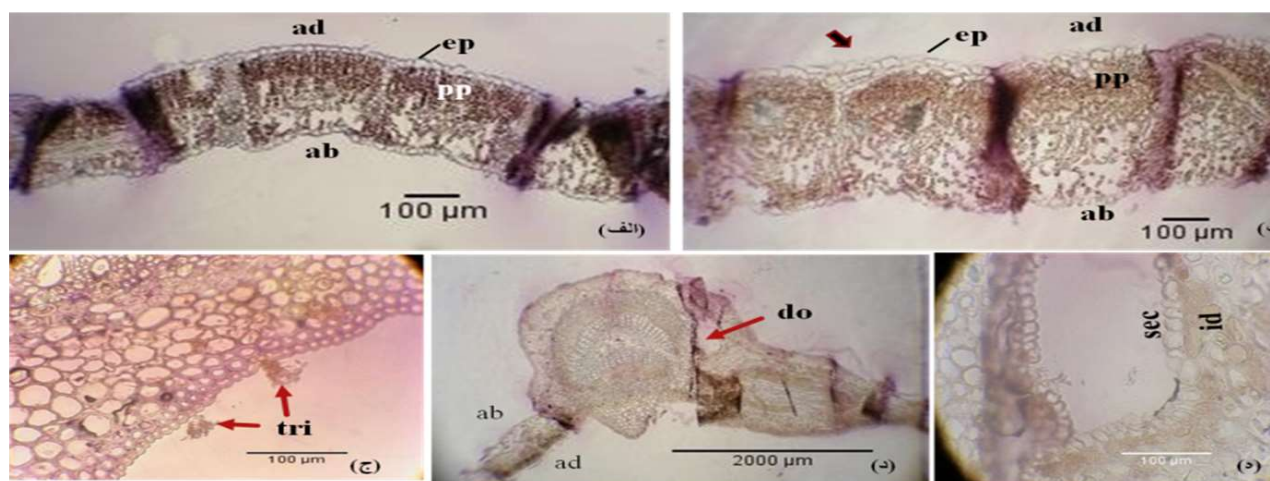
طول پارانشیم نردبانی، اپیدرم و ضخامت برگ: آلودگی هوا سبب افزایش طول پارانشیم نردبانی و ضخامت برگ شد که اختلاف معنی‌داری را در سطح ۱ درصد نشان داد (جدول ۱). همچنین آلاینده‌های هوا در برخی نقاط تعداد لایه‌های اپیدرم و تراکم آنها را افزایش داد (شکل ۲-ب).

کرک و دوماتیوم: در برش عرضی برگ‌ها، کرک‌ها در محل سطح زیرین رگبرگ میانی و دوماتیوم در سطح زیرین برگ و در مجاورت رگبرگ اصلی قابل مشاهده بودند (شکل ۲، ج-ه). البته کرک‌ها بیشتر در نمونه‌های مناطق شاهد و دوماتیوم‌ها در نمونه‌های برگ آلوده مشاهده شدند.

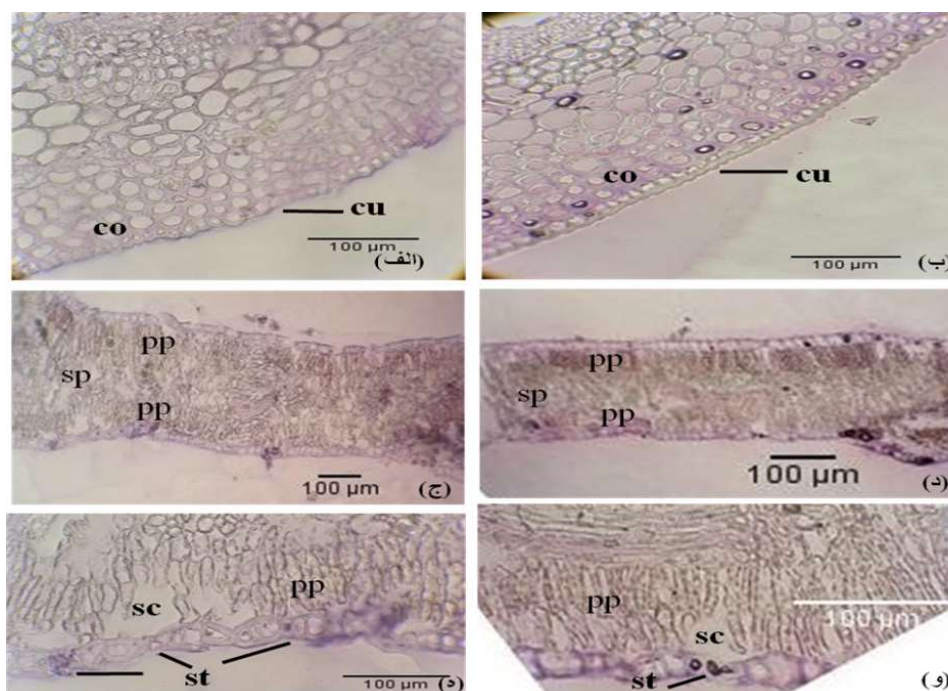
- اثرات آلودگی هوا بر ویژگی‌های آناتومیکی برگ درخت پسته

ضخامت کوتیکول تحتانی در محل رگبرگ اصلی: آلودگی سبب افزایش ضخامت کوتیکول تحتانی برگ پسته در محل رگبرگ اصلی نسبت به منطقه شاهد شده بود (نمودار ۱-ب و شکل ۳-ب) که این اختلاف در سطح ۵ درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). علاوه بر افزایش ضخامت کوتیکول، شدت رنگ نشان دهنده افزایش تراکم آن بود.

ضخامت برگ: ضخامت برگ در مناطق آلوده نسبت به شاهد کاهش یافته (نمودار ۱-ب و شکل ۳-د) که اختلاف معنی‌داری در سطح ۱ درصد نشان داد (جدول ۲).



شکل ۲- طول پارانشیم نردبانی و تعداد لایه‌های اپیدرمی در مناطق شاهد (الف) و آلوده (ب) (کرک‌ها در محل رگبرگ اصلی در نمونه‌های مناطق شاهد (ج)، وجود دوماتیوم در محل رگبرگ اصلی در نمونه مناطق آلوده (د)، ساختار داخلی یک دوماتیوم (ه). (ab): سطح پشتی برگ، ad: سطح رویی برگ، do: دوماتیوم، ep: سلول‌های اپیدرمی، id: ایدیوبلاست، pp: سلول‌های پارانشیم نردبانی، sec: سلول‌های ترشچی داخلی حفره دوماتیوم، tri: کرک، فلش محل افزایش تعداد لایه‌های سلول‌های اپیدرمی در برش عرضی برگ در مناطق آلوده را نشان می‌دهد.)



شکل ۳- مقایسه ضخامت کوتیکول در منطقه شاهد (الف) نسبت به منطقه آلوده (ب) در سطح زیرین رگبرگ اصلی برگ پسته، ضخامت برگ در منطقه شاهد (ج) و آلوده (د) و طول پارانشیم نردبانی سطح تحتانی برگ، حجم اتاق زیر روزنه، تعداد روزنه‌ها و تراکم سلول‌های پارانشیم نردبانی و کلروپلاست‌های داخل آنها در منطقه شاهد (ه) نسبت به منطقه آلوده (و) (co: سلول‌های کلانشیمی، cu: کوتیکول، pp: سلول‌های پارانشیم نردبانی، sc: اتاق زیر روزنه، sp: سلول‌های پارانشیم اسفنجی، st: روزنه).

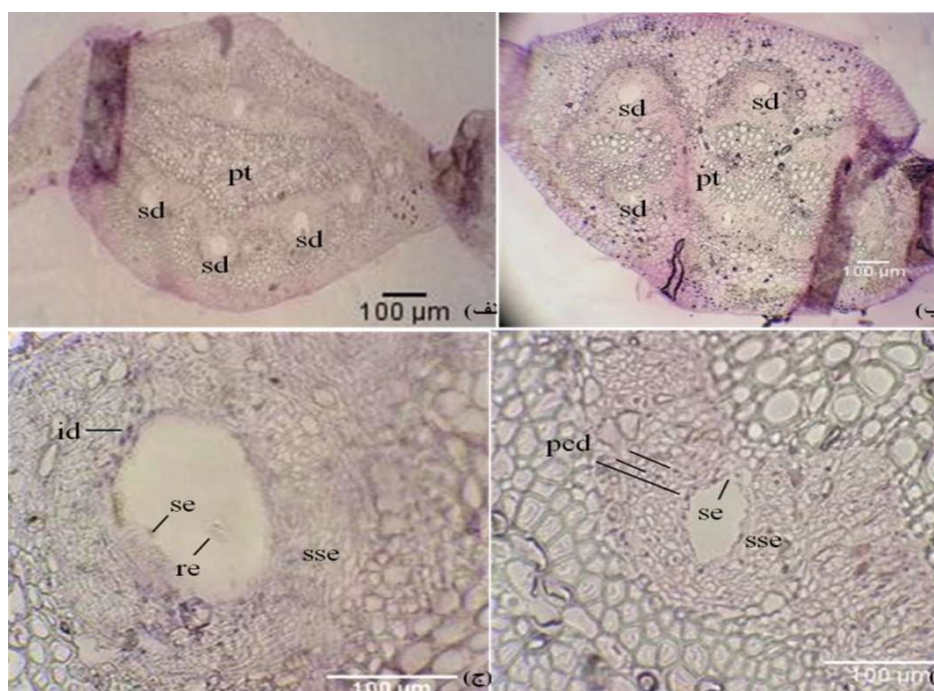
نمونه‌های مناطق آلوده قابل مشاهده بودند. کاهش تعداد مجاری رزین و قطر آنها در نمونه‌های مناطق آلوده نسبت به شاهد اختلاف معنی‌داری در سطح ۱ درصد نشان داد (جدول ۲ و شکل ۴-الف و ب). ترکیبات رزینی در مجاری ترشی در نمونه‌های شاهد قابل مشاهده بودند (شکل ۴-ج و د).

بحث

با توجه به نتایج حاصل از بررسی سامانه کیفی هوای کشور (۱۹)، در زمان نمونه برداری از برگ گیاهان، از آن به‌عنوان آلاینده هوا در منطقه بوده که می‌تواند به هنگام افزایش دما از ترکیب اکسید نیتروژن و هیدروکربن‌های نسوخته حاصل از خروجی خودروها در مجاورت نور حاصل شده و بر گیاهان اثرات منفی داشته باشد (۲۱).

طول پارانشیم نردبانی و قطر اتاق زیر روزنه: طول پارانشیم نردبانی در مناطق آلوده کاهش نشان داد (نمودار ۱-ب و شکل ۳-و) که در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌داری داشت (جدول ۲). همچنین قطر اتاق زیر روزنه در مناطق آلوده کاهش یافته بود که با نمونه‌های منطقه شاهد اختلاف معنی‌دار نبود (جدول ۲). سلول‌های پارانشیم نردبانی و تراکم کلروپلاست در آنها در مناطق آلوده نسبت به شاهد بیشتر بوده و ظاهراً تراکم روزنه‌ها در اپیدرم تحتانی برگ‌ها در مناطق آلوده نسبت به شاهد کاهش یافته بود (شکل ۳-ه).

مجاری رزین در برگ درختان پسته: سلول‌های اپیتلیومی داخل مجاری رزین (در مجاورت آوندهای آبکش) در نمونه‌های مناطق شاهد نسبت به آلوده دارای ترکیبات ترشی بیشتری بوده و سلول‌های ایدیوبلاستی زیادی در



شکل ۴- برش عرضی برگ پسته در محل رگبرگ اصلی در گیاهان منطقه شاهد (الف) و آلوده (ب)، برش عرضی ساختار یک مجرای رزین نمونه شاهد (ج) نسبت به آلوده (د). **id**: ایدیوبلاست، **pt**: پارانشیم مغزی، **pcd**: سلول‌های آسیب دیده، **re**: باقیمانده رزین در مجرای ترشچی، **sd**: مجرای رزین، **se**: سلول‌های ترشچی داخل مجرا، **sse**: سلول‌های زیر لایه ترشچی.

یافته و سبب مقاومت بیشتر نسبت به نفوذ آلاینده‌ها شود (۱۴). افزایش ایدیوبلاست‌ها که معمولا ترکیبات روغنی یا موسیلاژی ترشح می‌کنند (۲۷) می‌توانند تاثیر تنش‌های محیطی بر متابولیسم گیاه را نشان دهند (۲۸).

قطر سلول‌های پارانشیم اسفنجی و فضای اتاق زیر روزنه: افزایش قابل ملاحظه قطر اتاق زیر روزنه، کاهش تراکم این سلول‌ها و ارتباط سست بین آنها در مناطق آلوده نسبت به شاهد، از علائم تاثیر آلاینده‌های هوا بر ساختار برگ به ویژه سلول‌های پارانشیم اسفنجی است که هوای آلوده پس از ورود به برگ با آنها برخورد می‌کند (۲۹). اندازه بزرگ‌تر این سلول‌ها، مقاومت کمتر آنها نسبت به سلول‌های مزوفیل نردبانی در مواجهه با آلاینده‌ها را نشان می‌دهد که یکی از دلایل آن، افزایش سطح تماس با آلاینده و تاثیر منفی بیشتر آن بر پکتات کلسیم بین سلولی است که با برخی نتایج مشابه در سایر گیاهان مطابقت دارد

ضخامت کوتیکول تحتانی در محل رگبرگ اصلی:

بسیاری از پژوهش‌های محققان ایجاد تغییرات ریخت‌شناسی و آناتومیکی در گیاهان تحت شرایط آلاینده‌ها را نشان داده‌اند (۲۲). با توجه به تعداد محدود تحقیقات قبلی در رابطه با تاثیر عوامل محیطی بر مشخصات رگبرگ اصلی (۲۳)، تاثیر آلاینده‌ها بر این بخش مورد بررسی قرار گرفت. افزایش ضخامت اپیدرم تحتانی برگ در محل رگبرگ اصلی و همچنین نفوذ لایه کوتیکولی به فضای بین سلولی در سلول‌های اپیدرمی برگ در نمونه‌های آلوده نسبت به شاهد در هر دو گیاه، یکی از مکانیسم‌های مقاومتی گیاهان نسبت به نفوذ آلودگی در بافت‌های داخلی گیاه است (۲۴). موم روی کوتیکول اولین محل تاثیر آلاینده‌ها بوده و شاخصی از اثرات آنها است (۲۵). بسته به شرایط مختلف مانند نوع گیاه و آلودگی هوا، این بخش می‌تواند آسیب دیده (۲۶) یا مانند نتایج این پژوهش، افزایش ضخامت

برگ آفاقیا (۳۲) و همچنین در مطالعات مشابهی در رابطه با گیاهانی از خانواده شبدر می‌تواند نشانه سمیت باشد (۲۲). کاهش تعداد روزنه‌ها و همچنین قطر اتاق زیر روزنه در نمونه‌های آلوده بدون اختلاف معنی‌دار با نمونه‌های مناطق شاهد می‌تواند روشی جهت کاهش تاثیر آلاینده‌ها بر بافت‌های گیاه باشد (۱۶، ۳۵) که در تطابق با برخی از مطالعات قبلی (۱۴، ۳۲) و در تضاد با برخی پژوهش‌های انجام شده در این رابطه است (۳۳). تغییر تراکم روزنه‌ای به عنوان مکانیسمی در رابطه با تنش‌های محیطی بوده و یک روش مهم جهت کنترل جذب آلاینده‌ها است (۳۵). افزایش تراکم کلروپلاست‌ها در پارانشیم‌های نردبانی مناطق آلوده می‌تواند مکانیسمی جهت جبران فتوسنتز کاهش یافته به دلیل کاهش طول پارانشیم نردبانی، حجم اتاق زیر روزنه و تعداد روزنه‌ها باشد (۳۶).

ضخامت برگ: افزایش ضخامت در برگ گردو با نتایج تحقیقات مشابه بر روی درخت عرعر و کاهش آن در برگ پسته با نتایج تحقیقات انجام شده در درخت آفاقیا مشابهت داشت (۳۲) افزایش ضخامت برگ با افزایش طول پارانشیم نردبانی در برگ نمونه‌های مناطق آلوده گردو در این پژوهش مطابقت داشت که این رابطه قوی و مثبت را برخی از تحقیقات قبلی نیز تایید می‌کند (۳۲). از جهت دیگر آلودگی سبب افزایش قابل ملاحظه‌ای در قطر اتاق زیر روزنه در این نمونه‌ها شده بود که ورود بیشتر آلاینده‌ها و تاثیر بیشتر آنها بر سلول‌ها را باعث می‌شود. ظاهراً این افزایش‌ها می‌تواند تغییر در عملکرد گیاه مانند افزایش مقدار فتوسنتز را نشان دهد که در اثر آلودگی هوا کاهش می‌یابد (۳۷). ضخامت برگ پسته در نمونه‌های مناطق آلوده کاهش یافته بود که با کاهش طول پارانشیم نردبانی در همین تحقیق مطابق بود. ظاهراً کاهش ضخامت برگ و طول پارانشیم نردبانی می‌تواند از اثرات آلاینده‌ها بر این نوع ساختارهای برگی باشد (ایزوبایلترال) که برخی از نتایج تحقیقات مشابه به‌دست آمده در گونه‌هایی از گیاهان خانواده پروانه واران مطابقت دارد (۲۲).

(۱۶). عدم تغییر قطر سلول‌های پارانشیم اسفنجی در برگ گردو در این تحقیق با تحقیقات مشابه در رابطه با گیاهان *T. pretense* و *T. montanum*, *Trifolium repense* مطابقت نشان داد که نشان دهنده مقاومت بیشتر پارانشیم اسفنجی برگ گردو و شبدر بوده ولی با نتایج در مورد گیاه *Lotus repense* که آلودگی سبب کاهش و در گیاه *Plantago lanceolata* سبب افزایش قطر این سلول‌ها شده بود، عدم تطابق داشت (۲۲). همچنین نتایج این تحقیق با بررسی‌های مشابه بر گیاه *Quercus ilex* تشابه داشت (۳۰). هر دو روش افزایش و یا کاهش حجم اتاق زیر روزنه می‌توانند راهی جهت افزایش مقاومت گیاه در مقابل آلودگی هوا باشند. در حالت اول آلودگی سبب کاهش دی اکسید کربن هوا شده و گیاه با این مکانیسم حجم بیشتری از هوا را جهت فتوسنتز به برگ‌ها وارد می‌سازد. در حالت دوم گیاه با کاهش حجم اتاق زیر روزنه مقدار کمتری از هوای آلوده را جذب کرده و اثرات سمیت آن را کاهش می‌دهد. این مکانیسم‌ها در گیاهان مختلف و بسته به شرایط محیطی متفاوت هستند (۲۹).

طول پارانشیم نردبانی، اپیدرم و قطر اتاق زیر روزنه: برگ درخت گردو ساختار پستی-شکمی دارد. افزایش طول سلول‌های پارانشیم نردبانی در این تحقیق که ظاهراً جهت ممانعت از کاهش فتوسنتز (۳۱) در اثر آلودگی هواست، با برخی از پژوهش‌های مشابه مطابقت دارد (۲۳، ۳۲). افزایش اندازه سلول‌های اپیدرمی، تعداد لایه‌های آنها و حتی نفوذ آنها به میان سلول‌های مزوفیلی در برگ گیاهان آلوده گردو که می‌تواند راهی جهت ممانعت از نفوذ آلودگی به بافت‌های داخلی باشد نیز با تحقیقی که بر گیاه *Pongamia pinnata* انجام شده مطابقت نشان می‌دهد (۳۳).

برگ درخت پسته دارای ساختار ایزوبایلترال (isobilateral) بوده و پارانشیم نردبانی در دو طرف برگ قابل مشاهده است (۳۴). تشابه کاهش طول سلول‌های پارانشیم نردبانی در اثر آلودگی در این تحقیق با نتایج Amini و همکاران در

نشانه‌ای از تأثیر تنش محیطی باشد (۲۸). افزایش مقدار ترشحات موجود در داخل مجاری رزین در این تحقیق با نتایج بررسی‌ها بر روی گیاهان دیگر از خانواده پسته تحت تنش نور و وزن مغایرت نشان داد که بسته به نوع تنش متفاوت بوده می‌تواند کم یا زیاد شود (۴۴). از آنجا که هوا می‌تواند توسط چندین ماده آلوده شود نتایج حاصل از این پژوهش، در تایید برخی از نتایج قبلی مشابه در رابطه با تقویت اثرات چندین آلاینده در تشدید تنش‌ها است (۴۴).

نتیجه‌گیری

نتایج کلی این تحقیق نشان داد که آلودگی ایجاد شده از خودروها به ویژه ازن در هوای گرم، یکی از عوامل مهم در ایجاد تأثیرات منفی بر ساختار برگ درختان گردو و پسته بوده و این گیاهان نیز مکانیسم‌های مقاومتی متفاوت در مقابل آلاینده‌ها دارند. با توجه به تأثیرپذیری فاز زایشی از فاز رویشی در گیاهان و احتمال انباشته شدن آلاینده‌های مضر سلامتی انسان در بخش‌های خوراکی آنها، این تحقیق اطلاعات اولیه جهت انجام پروژه‌های تکمیلی را ایجاد نمود. با توجه به محدودیت زمانی و کمبود منابع مالی، بررسی تأثیر این نوع آلاینده‌ها بر گل و میوه و به‌ویژه مقدار ترکیبات سمی تجمع یافته در بخش‌های خوراکی این گیاهان توصیه می‌شود.

ملاحظات اخلاقی

نویسندگان کلیه نکات اخلاقی شامل عدم سرقت ادبی، انتشار دوگانه، تحریف داده‌ها و داده‌سازی را در این مقاله رعایت کرده‌اند.

تشکر و قدردانی

نویسندگان مقاله از معاونت پژوهشی و دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره)، قزوین، جهت در اختیار قرار دادن برخی امکانات لازم برای انجام این پژوهش، نهایت تقدیر و تشکر را دارند.

کرک و دوماتیوم در برگ درخت گردو: وجود کرک‌های بیشتر در نمونه‌های مناطق شاهد و همچنین دوماتیوم‌های بیشتر (Domatia) در مناطق آلوده، که ساختارهای حفره مانند ترشح کننده شهد در خارج از گل بوده (۳۸) و در سطح داخلی خود دارای کرک‌های غده‌ای (۳۹) هستند، اثرات تنش آلودگی هوا را نشان می‌دهد. در شهد ترشحي این ساختارها ترکیباتی غنی از قندها، آمینواسیدها، و سایر ترکیبات آلی وجود داشته (۴۰) و برخی مطالعات نشان داده که دوماتیوم‌ها نقش مهمی در حفاظت گیاهان در تنش‌های محیطی به واسطه جذب حشرات داشته‌اند (۴۱).

مجاری رزین در برگ درختان پسته: کاهش تعداد و قطر مجاری رزین در نمونه‌های مناطق آلوده نسبت به شاهد و همچنین وجود باقیمانده رزین در مجاری نمونه‌های مناطق شاهد نشان دهنده تأثیر آلاینده‌های هوا بر گیاهان است. معمولاً مجاری رزین در گیاهان خانواده پسته به شکل پیوسته به آوندهای آبکش وجود داشته (۴۲) و به روش شیزوژنی تشکیل می‌شوند (۴۳). کاهش تعداد، اندازه، قطر و ترشحات مجاری رزین در مناطق آلوده نشانه‌ای از تأثیر منفی آلاینده‌ها بر این ساختارها است (۴۴) که نقاط تیره در سلول‌های اپیتلیومی در مجاری نمونه‌های مناطق آلوده نشان دهنده مرگ برنامه ریزی شده سلولی (programed cell death) در اثر آلودگی هوا بوده که پیام‌های ناشی از آن سبب تأخیر در ترشح ترکیبات رزینی می‌گردد (۴۵). سلول‌های زیر اپیتلیومی دارای مواد ترشحي، بیشتر در نمونه‌های مناطق شاهد قابل مشاهده بودند زیرا تانن‌ها که از ترکیبات رزین‌ها هستند مواد سمی بوده که یا در واکنش‌ها ذخیره شده و یا به داخل مجاری رزین ترشح می‌گردند (۴۶). در برخی موارد، سلول‌های اپیتلیومی تحت تأثیر تنش‌ها ترشحات خود را به روش لیزوژنی به جای شیزوژنی آزاد می‌کنند که خود نشانه‌ای از سمیت آلاینده بر ساختار سلول است (۴۴). وجود مجاری ترشحي که در لایه‌های زیر اپیتلیومی خود تعداد ایدیوبلاست‌های ترشحي زیادی را نشان می‌دهند می‌تواند

References

1. Radwan MA, Salama AK. Market basket survey for some heavy metals in Egyptian fruits and vegetables. *Food and Chemical Toxicology*. 2006;44(8):1273-78.
2. Wei X, Lyu S, Yu Y, Wang Z, Liu H, Pan D, et al. Phylloremediation of air pollutants: exploiting the potential of plant leaves and leaf-associated microbes. *Frontiers in Plant Science*. 2017;8:1318.
3. Ahmadi Orkomi A, Kamkar A, Aghajani Z. Spatial and temporal variations of air pollutants from motor vehicles using MOVES software: case study of Beheshti and Modarres boulevards in Rasht. *Iranian Journal of Health and Environment*. 2019;12(2):203-16 (in Persian).
4. Dehghani M, Jahed Khaniki G, Fallah R, Khodamradi Vatan N, Tabande L. Determination of heavy metals in apples and apricots in Zanjan and Mahneshan gardens in 2016. *Iranian Journal of Health and Environment*. 2018;10(4):523-34 (in Persian).
5. Graff Zivin J, Neidell M. The impact of pollution on worker productivity. *American Economic Review*. 2012;102(7):3652-73.
6. Alloway BJ. Sources of heavy metals and metalloids in soils. In: Alloway B, ed., *Heavy metals in soils*. Dordrecht: Springer; 2013.
7. Kőszegi M, Bottlik Z, Telbisz T, Mari L. Human-environment relationships in modern and postmodern geography. *Hungarian Geographical Bulletin*. 2015;64(2):87-99.
8. Ghorani-Azam A, Riahi-Zanjani B, Balali-Mood M. Effects of air pollution on human health and practical measures for prevention in Iran. *Journal of Research in Medical Sciences*. 2016;21(1):65.
9. Matthews G. *Pesticides: Health, Safety and the Environment*. London: Blackwell; 2006.
10. Andaroodi E, Sahrakaran B. Vernacular cultural landscape of Qazvin's traditional gardens: A review of basic concepts and analysis of elements and features within the scope of built environment. *Bagh-e Nazar*. 2017;14(50):39-48 (in Persian).
11. Omosun G, Markson A, Mbanasor O. Growth and anatomy of *Amaranthus hybridus* as affected by different crude oil concentrations. *American-Eurasian Journal of Scientific Research*. 2008;3(1):70-74.
12. Ling T, Jun R, Fangke Y. Effect of cadmium supply levels to cadmium accumulation by *Salix*. *International Journal of Environmental Science & Technology*. 2011;8(3):493-500.
13. Heath RL, Lefohn AS, Musselman RC. Temporal processes that contribute to nonlinearity in vegetation responses to ozone exposure and dose. *Atmospheric Environment*. 2009;43(18):2919-28.
14. Pourkhabbaz A, Rastin N, Olbrich A, Langenfeld-Heysen R, Polle A. Influence of environmental pollution on leaf properties of urban plane trees, *Platanus orientalis* L. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*. 2010;85(3):251-55.
15. Ghorbanli M, Bakhshi Khaniki GR, Bakand Z. Air pollution effects on fresh and dry weight, amount of proline, number of stomata, trichome and epidermal cells in *Nerium oleander* and *Robinia pseudoacacia* in Tehran city. *Pajouhesh and Sazandegi*. 2008;20(4):28-34 (in Persian).
16. Tomer R, Bhatia A, Kumar V, Kumar A, Singh R, Singh B, et al. Impact of elevated ozone on growth, yield and nutritional quality of two wheat species in Northern India. *Aerosol and Air Quality Research*. 2015;15(1):329-40.
17. Khorasani M, Nosrati H, Haghighi AR, Kelij S. Study of morphological differentiation of leaf in males and females of *Pistacia atlantica* desf species in Arasbaran forests. *Journal of Plant Research*. 2015;27(4):605-12 (in Persian).
18. Dizani E. Traditional orchard in Qazvin, An Urban Edge with Efficient Nature. *Manzar*. 2017;8(37):40-47 (in Persian).
19. DOE. Air pollution monitoring system. Tehran: Department of Environment; 2019 [cited 2019 Jul 9]. Available from: <https://aqms.doe.ir> (in Persian).
20. Jafarian T, Maghsoudi Moud A, Saffari VR. Water stress effects on winter and spring leaves anatomy of different wheat (*Triticumaestivum* L.) Genotypes. *Journal of Plant Physiology & Breeding*. 2012;2(2):23-34 (in Persian).
21. Derwent R, Jenkin M, Saunders S, Pilling M, Simmonds P, Passant N, et al. Photochemical ozone formation in north west Europe and its control. *Atmospheric Environment*. 2003;37(14):1983-91.
22. Gostin IN. Air pollution effects on the leaf struc-

- ture of some Fabaceae species. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*. 2009;37(2):57-63.
23. Rashidi F, Jalili A, Babaie Kafaki S, Sagheb Talebi K. Response of leaf anatomy in Ash (*Fraxinus ro-tundifolia* Mill.) to pollutant gases and climatic factors. *Iranian Journal of Forest*. 2011;3(2):133-43 (in Persian).
 24. Suganthi P, Ganeshkumar R, Govindaraju M, Sel-varaj M, Kumar P. Estimation of biochemical char-acters of plants in response to vehicular air pollu-tion stress in tiruchirappalli City Corporation, Tamil nadu, India. *International Journal of Recent Scien-tific Research*. 2013;4(8):1282-89.
 25. Günthardt-Goerg MS, Vollenweider P. Linking stress with macroscopic and microscopic leaf re-sponse in trees: New diagnostic perspectives. *Envi-ronmental Pollution*. 2007;147(3):467-88.
 26. Kupčinskienė E, Dailidienė D, Krasauskas A. The investigation of needle surface characteristics of *Pinus sylvestris* trees near the sources of industrial pollution. *Baltic Forestry*. 2000;6(1):37-46.
 27. Evert RF. *Esau's Plant Anatomy: Meristems, Cells, and Tissues of the Plant Body: Their Structure, Func-tion, and Development*. 3rd ed. New Jersey: John Wiley & Sons; 2006.
 28. Kivimäenpää M, Riikonen J, Sutinen S, Holo-painen T. Cell structural changes in the mesophyll of Norway spruce needles by elevated ozone and ele-vated temperature in open-field exposure during cold acclimation. *Tree Physiology*. 2014;34(4):389-403.
 29. Naidoo G, Chirkoot D. The effects of coal dust on photosynthetic performance of the mangrove, *Avi-cennia marina* in Richards Bay, South Africa. *Envi-ronmental Pollution*. 2004;127(3):359-66.
 30. Paoletti E, Manes F. Effects of elevated carbon di-oxide and acidic rain on the growth of holm oak. In: Karnosky DF, Percy KE, Chappelka AH, Simpson G, editors. *Air pollution, global change and forests in the new millennium*. Italy: Elsevier Science; 2003.
 31. Afas NA, Marron N, Ceulemans R. Variability in *Populus* leaf anatomy and morphology in relation to canopy position, biomass production, and varietal taxon. *Annals of Forest Science*. 2007;64(5):521-32.
 32. Amini F, Faffah Ravandi N, Askary Mehrabadi M. Anatomical study of the air pollution effect on Robo-nia *Pseudoacacia* and *Ailanthus altissima* leaves near to Iran Aluminium Co. (IRALCO). *Journal of Cell & Tissue*. 2016;6(4):501-11 (in Persian).
 33. Rai P, Mishra R. Effect of urban air pollution on epidermal traits of road side tree species, *Pongamia pinnata* (L.) Merr. *Journal of Environmental Science, Toxicology and Food Technology*. 2013;2(6):2319-402.
 34. Al-Saghir MG, Porter DM, Nilsen ET. Leaf anat-omy of *Pistacia* species (Anacardiaceae). *Journal of Biological Sciences*. 2006;6(2):242-44.
 35. Verma RB, Siddiqi TO, Iqbal M. Foliar response of *Ipomea pes-tigridis* L. to coal-smoke pollution. *Turkish Journal of Botany*. 2006;30(5):413-17.
 36. Khalid S. Phytomonitoring of air pollution around brick kilns in Balochistan province Pakistan through air pollution index and metal accumulation index. *Journal of Cleaner Production*. 2019;229:727-38.
 37. Rashidi F, Jalili A, Kafaki SB, Sagheb-Talebi K, Hodgson J. Anatomical responses of leaves of Black Locust (*Robinia pseudoacacia* L.) to urban pollutant gases and climatic factors. *Trees*. 2012;26(2):363-75.
 38. Marazzi B, Bronstein JL, Koptur S. The diversity, ecology and evolution of extrafloral nectaries: cur-rent perspectives and future challenges. *Annals of Botany*. 2013;111(6):1243-50.
 39. Lacchia APS, Tölke EEAD, Demarco D, Carm-ello-Guerreiro SM. Presumed domatia are actually extrafloral nectaries on leaves of *Anacardium humile* (Anacardiaceae). *Rodriguésia*. 2016;67(1):19-28.
 40. Nicolson SW, Thornburg RW. Nectar chemistry. In: Nicolson SW, Nepi M, Pacini E, editors. *Nectar-ies and Nectar*. Dordrecht: Springer; 2007.
 41. Rudgers JA, Gardener MC. Extrafloral nectar as a resource mediating multispecies interactions. *Ecology*. 2004;85(6):1495-502.
 42. Royo VdA, Mercadante-Simões MO, Ribeiro LM, de Oliveira DA, Aguiar MMR, Costa ER, et al. Anat-omy, histochemistry, and antifungal activity of *Ana-cardium humile* (Anacardiaceae) leaf. *Microscopy and Microanalysis*. 2015;21(6):1549-61.
 43. Lacchia APS, Guerreiro SMC. Aspectos ultra-es-truturais dos canais secretores em órgãos vegetativos e reprodutivos de Anacardiaceae. *Acta Botanica Bra-silica*. 2009;23(2):376-88.

44. Fernandes FF, Cardoso-Gustavson P, Alves ES. Synergism between ozone and light stress: structural responses of polyphenols in a woody Brazilian species. *Chemosphere*. 2016;155:573-82.
45. Agati G, Azzarello E, Pollastri S, Tattini M. Flavonoids as antioxidants in plants: location and functional significance. *Plant Science*. 2012;196:67-76.
46. Castro M, Demarco D. Phenolic compounds produced by secretory structures in plants: a brief review. *Natural Product Communications*. 2008;3(8):1273-84.



Available online: <http://ijhe.tums.ac.ir>

Original Article



The effect of vehicular air pollution on leaf anatomical characters of some fruit-bearing trees (Case study: traditional Qazvin gardens)

M Ghannadnia, MM Zarrabi*, N Habibi

Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Imam Khomeini International University, Qazvin, Iran

ARTICLE INFORMATION:

Received: 11 November 2019

Revised: 28 January 2020

Accepted: 03 February 2020

Published: 18 March 2020

Keywords: Air pollution, Anatomical investigation, Leaf, Fruit-bearing trees, Motor vehicles

*Corresponding Author:

mehdimzz@gmail.com,
zarrabi@eng.ikiu.ac.ir

ABSTRACT

Background and Objective: Air pollution, especially the portion related to Motor vehicles, is a serious problem in many heavily polluted areas in the world. This investigation was conducted to study the effects of the air pollution on the anatomical structure of leaf in some valuable fruit-bearing trees in Traditional Qazvin gardens.

Materials and Methods: In this study, 72 leaf samples were randomly collected from the contaminated and control areas from traditional Qazvin gardens in 2018. Three leaves of each sample were selected randomly and were submerged into the fixative solution. Then the samples were sliced using a microtome after embedding in the paraffin. Staining was carried out with hematoxylin and eosin. Measurements at cellular levels were performed by Image J. Data were analyzed by SPSS 16 software. Comparison of the means was done by Duncan's test and the charts were drawn using Excel.

Results: The thickness of the lower cuticle of the main leaf's vein was significantly increased in both plants. The leaf thickness and length of palisade parenchyma in the polluted areas were increased in *Juglans regia* in comparison to *Pistacia vera*. In addition, the resin duct's diameter of the leaves of the *P. vera* was significantly decreased as compared with those of the control areas.

Conclusion: The results revealed some of the negative effects of air pollution on the anatomical structure of the leaves, and on several various resistance mechanisms of them. In conclusion, the metabolism of the plants can be affected by air pollution and consequently their consumers health may be at risk.