



## رابطه آلودگی هوا و ساختار تشریحی و تکوینی گیاه برگ بو (*L. Laurus nobilis*) و دو آنزیم موثر بر این ارتباط

حمیده سنائی راد<sup>۱\*</sup>، احمد مجد<sup>۲</sup>، حسین عباسپور<sup>۱</sup>، مریم پیوندی<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup> گروه زیست شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد دامغان، ایران  
<sup>۲</sup> گروه زیست شناسی، دانشکده علوم زیستی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران شمال، ایران

\* E-mail: h.sanaerad@yahoo.com

تاریخ پذیرش: ۹۵/۰۹/۲۴

تاریخ دریافت: ۹۵/۰۷/۳۰

### چکیده

هدف از این پژوهش، بررسی اثر آلاینده های هوا که از عوامل تنش زا و با دخالت انسان می باشند، بر برخی ویژگی های تشریحی و تکوینی گیاه برگ بو و ارتباط آن با دو آنزیم پراکسیداز و پلی فنل اکسیداز بود. بنابراین نمونه های کاملا همسان از نظر سن و شرایط نگهداری از دو منطقه پاک (بوستان جمشیدیه واقع در شمال تهران) و منطقه آلوده (بوستان بعثت واقع در جنوب شرقی تهران و مجاور ترمینال جنوب) انتخاب و در یک روز و در هر منطقه از ۴ درختچه به عنوان ۴ تکرار برداشت انجام شد. سطح برگ، نوع و تعداد روزنه، برشگیری از برگ، ساقه و ریشه انجام و میزان فعالیت آنزیم های پراکسیداز و پلی فنل اکسیداز بررسی شد. فعالیت آنزیم ها، تعداد روزنه در هر میلیمتر مربع برگ و سطح برگ در نمونه های منطقه آلوده افزایش قابل توجهی یافت ( $P < 0.01$ ) و ساختار تشریحی و تکوینی تغییراتی را بروز داد، که نشان دهنده فعال شدن مکانیسم های حفاظتی در این گیاهان تحت تنش آلودگی هوا است و همچنین واکنش های مشاهده شده بعنوان واکنش های تطبیقی و جبرانی در برابر عوارض نامطلوب آلودگی هوا در نظر گرفته می شوند.

**کلیدواژه ها:** آلودگی هوا، آنزیم، برگ بو، تشریحی، تکوینی

### مقدمه

میلادی مورد توجه مجامع علمی جهان قرار گرفت. امروزه نیز همراه با رشد جمعیت، توسعه صنعتی و مصرف هر چه بیشتر منابع انرژی زای فسیلی، زیان های حاصل از هوای آلوده در سرتاسر جهان در حال

بیش از یک قرن است که عوارض ناشی از تنش هوای آلوده روی گیاهان و انسان های شهر نشین شناخته شده است ولی اهمیت آن از سال ۱۹۴۵



تصویر ۱- درختچه برگ بو (پارک جمشیدیه تهران)



تصویر ۲- درختچه برگ بو (پارک بعثت تهران)

افزایش بوده و مخصوصاً در کشورهای صنعتی گسترش بیشتری دارد. افزایش جمعیت و تراکم آن در پاره ای از شهرهای بزرگ هم زمان با پیشرفت فناوری و استفاده فراوان و بیش از حد سوخت‌های فسیلی (که موجب آلوده شدن هوای شهرها می‌گردد). برای سلامتی جوامع بشری، یک تهدید جدی است. این تهدید زمانی اهمیت می‌یابد که مخاطرات و زیان‌های ناشی از آلودگی هوا را بر جوامع گیاهی از قبیل مزارع و فضای سبز نیز در نظر داشته باشیم بطوریکه کاهش تولیدات کشاورزی، بهم خوردن تعادل زیست محیطی و بروز بحرانهای اقتصادی و اجتماعی از نتایج مصیبت بار آن خواهد بود. آلوده کننده هایی که موجب ایجاد تنش در گیاهان می‌گردد شامل ذرات جامد، گرد و خاک و گازها می‌باشد که مهمترین آنها طیف وسیع گازها است. در محیط های شهری درختان با جذب گازها و ذرات ریز، نقش مهمی در بهبود کیفیت هوا ایفا می‌کنند [۳۶]. برگ‌های گیاهان سطح وسیعی برای تماس، جذب، تجمع آلاینده های هوا و کاهش سطح آلودگی در هوا هستند که البته این سطح در گیاهان مختلف فرق می‌کند. آنها برای بسیاری از ذرات موجود در هوا مانند جاذب عمل می‌کنند [۱۸]. برگ بو (*Laurus nobilis* L.) گیاهی همیشه سبز معطر و دارویی است که به صورت درخت و درختچه می‌باشد (تصویر ۱ و ۲). در شرایط مساعد ارتفاع آن به ۲۰-۱۵ متر هم می‌رسد ولی معمولاً ۷-۸ متر می‌باشد. گیاهی است پلی گام و در عین حال ممکن است گل‌های نر و ماده و همچنین گل‌های هر مافرودیت روی یک درخت دیده شود. برگ‌ها متناوب، سبز تیره، بیضی شکل، نوک تیز و معطر و زیبا هستند گل‌های آن کوچک به رنگ زرد و میوه آن کوچک به رنگ ارغوانی تیره و به اندازه دانه انگور می‌باشد [۴].

تهران با وسعتی حدود ۱۲۹۸۱ کیلومتر مربع بین ۳۴ تا ۳۶/۵ درجه عرض شمالی و ۵۰ تا ۵۳ درجه طول شرقی واقع شده است. تهران از شمال به دامنه های جنوبی البرز و از جنوب به حاشیه شمالی کویر مرکزی ایران می‌رسد. شیب استان شمالی جنوبی و ارتفاع متوسط آن ۱۲۰۰ متر از سطح دریاست. در نواحی مختلف استان تهران به علت موقعیت ویژه جغرافیایی، آب و هوای متفاوتی شکل گرفته است. بوستان جمشیدیه تهران (منطقه ۱) در دامنه های البرز جای گرفته، این بوستان با کوه های کلکچال همجوار است. این پارک با مساحتی حدود ۱۰ هکتار در ابتدای مسیر اصلی صعود به پناهگاه کلکچال و در جوار

با استفاده از صفحه‌ی شطرنجی، سطح برگ نمونه‌ها اندازه‌گیری شد.

#### محاسبه تعداد روزنه:

برگ‌های همسن نمونه‌های گیاهی مورد نظر جدا و توسط آب به دقت شستشو شده و لایه‌های اپیدرمی پایین برگ‌های همسن جدا شده و هر لایه در گلیسرین بر روی لام قرار گرفت و با بزرگنمایی  $40\times$  مشاهده گردید. مشاهدات در نواحی بالا، پایین و وسط لامینای برگ صورت گرفت. و تعداد روزنه در هر میلی متر مربع برگ محاسبه شد.

#### بررسی فعالیت آنزیم‌ها [۱۹]:

۵ / ۰ گرم از برگ در ۵ میلی‌لیتر بافر تریس گلايسين به مدت ۱۰ دقیقه و درون ظرف پر از یخ سائیده تا محلول هموژن به دست آمد. عصاره در دور  $13000g$  به مدت ۲۰ دقیقه در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد، سانتریفوژ شد. محلول رویی را به آهستگی جدا کرده و بین چند اپندورف با قید مشخصات توزیع گردید و به عنوان عصاره آنزیمی استفاده شد.

#### اندازه‌گیری میزان فعالیت آنزیم پراکسیداز:

بافراستات  $pH = 4/8$  ۰/۲ مولار ۲ میلی لیتر  
آب اکسیژنه ۳٪ ۰/۲ میلی لیتر  
بنزیدین ۰/۰۴ مولار محلول در متانول ۰/۵۰  
۰/۲ میلی لیتر

را در حمام یخ به دور از نور با یکدیگر مخلوط کرده و بلافاصله ۰/۱ میلی لیتر عصاره آنزیمی به لوله‌های آزمایش اضافه شد و برای چند ثانیه لوله‌ها ورتکس شدند. میزان فعالیت آنزیم براساس تغییرات جذب در ۵۳۰ نانومتر در دقیقه به ازای هر گرم وزن تر

بوستان فردوسی واقع شده که ارتفاع از سطح دریا ۱۸۲۰ تا ۲۱۰۰ متر است. بوستان بعثت در جنوب تهران (منطقه ۱۶) و مجاور ترمینال جنوب، با مساحتی حدود ۵۳ هکتار و ارتفاع ۱۰۰۰ متر از سطح دریا می‌باشد (سازمان بوستان‌ها و فضای سبز شهر تهران).

#### مواد و روش کار

##### بررسی ساختار تشریحی و تکوینی [۶]:

پس از جمع‌آوری اندام‌های ریشه و ساقه و برگ و از درختچه‌های همسن از دو منطقه، به قطعاتی تقسیم و به مدت دو هفته در محلول اتانول و گلیسرین به نسبت ۱:۱ برای برش‌گیری دستی قرار داده شدند. پس از تهیه برش‌های عرضی از نمونه‌ها به ضخامت ۲۵ تا ۳۰ میکرون و شستشو با آب مقطر، برش‌ها به مدت ۱۰ دقیقه در آب ژاول ۵ درصد قرار گرفتند. پس از دو بار شستشو با آب مقطر، به مدت ۱۰ دقیقه در اسید استیک ۵ درصد قرار گرفتند. تا شفاف‌سازی نمونه‌ها صورت گیرد در پایان، بار دیگر عمل شستشو انجام گرفت. برش‌های دستی با روش رنگ آمیزی مضاعف رنگ‌آمیزی شدند. و در انتها مشاهده برش‌ها و تهیه عکس از نمونه‌ها با فتو میکروسکوپ Nikon - ECLIPSE - E200 انجام شد.

#### اندازه‌گیری سطح برگ:

برای اندازه‌گیری سطح برگ، برگ‌های همسن از شاخه‌های ارتفاع یک متری از سطح زمین و پنجمین برگ از انتهای ساقه نمونه برداری شدند. برگ‌ها از نواحی دارای آلودگی و پاک جمع‌آوری و در کیسه‌هایی از جنس پلاستیک نگهداری شده و برای اندازه‌گیری به آزمایشگاه ارسال شدند. در آزمایشگاه

برگ، بیان گردید.

۱). میزان آلاینده‌ها در منطقه شانزده، یعنی پارک

اندازه گیری میزان فعالیت آنزیم پلی فنل اکسیداز:

بافرتریس ۷/۶ pH ۰/۲ مولار ۱/۵ میلی لیتر

پیروگال ۰/۲ مولار ۰/۴ میلی لیتر

مواد فوق را در حمام یخ با یکدیگر مخلوط کرده بلافاصله ۰/۰۵ میلی لیتر عصاره آنزیمی بدان افزوده شد. منحنی تغییرات در ۴۲۰ نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر خوانده شد. فعالیت آنزیمی برحسب تغییرات واحد جذب در دقیقه به ازای هر گرم وزن تر برگ، محاسبه شد.

نتایج مربوط به بخش تشریح و تکوین:

برگ‌ها متناوب و رگبرگ‌ها منشعب هستند (تصویر ۷)

در برش عرضی رگبرگ اصلی برگ هر دو نمونه از خارج به داخل بافت‌های اپیدرم، کلانشیم، پارانشیم زمینه، اسکلرانشیم، بافت آبکش و بافت چوبی (تصویر ۳ و ۴) و در برش عرضی پهنک برگ از بالا بافت‌های اپیدرم فوقانی، پارانشیم نردبانی، پارانشیم اسفنجی، اپیدرم تحتانی مشاهده شد (تصویر ۵ و ۶).

نمودارها با استفاده از نرم افزار EXCEL رسم شد و محاسبات آماری با استفاده از نرم افزار SPSS انجام شد و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه دانکن انجام شد.

در برش عرضی ساقه نمونه‌های جمع‌آوری شده از دو منطقه از خارج به داخل بافت‌های اپیدرم، کلانشیم، پارانشیم پوستی، حلقه ممتد اسکلرانشیمی، بافت آبکش پسین، کامبیوم چوب آبکش، بافت چوب پسین، اثری از دسته‌های چوب نخستین و در وسط سلول‌های پارانشیم مغز مشخص هستند (تصویر ۸ و ۹). بین ساختار تشریحی ساقه دو ناحیه مورد آزمایش تفاوت ویژه ای دیده نشد.

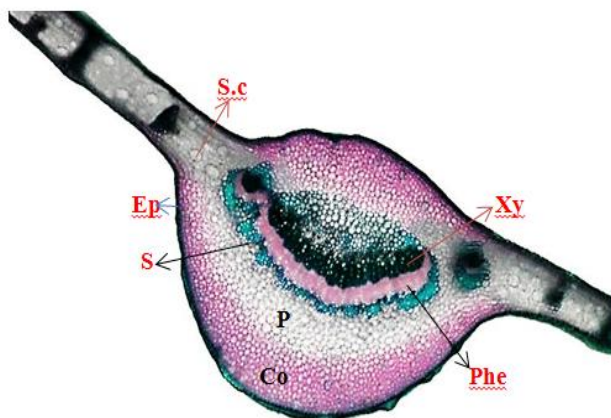
## نتایج

میزان آلاینده‌های هوا در دو منطقه:

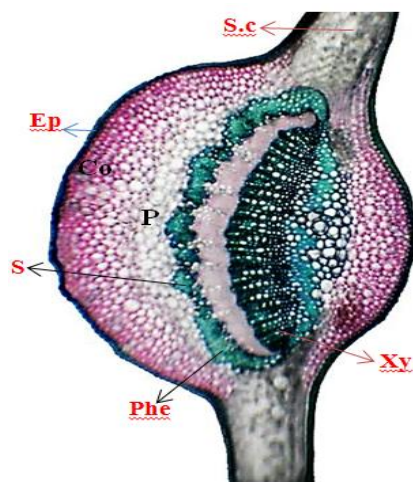
با استفاده از اطلاعات مرکز کنترل کیفیت هوای تهران، میزان آلاینده‌های دو منطقه در سه ماه تیر، مرداد و شهریور سال‌های ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴ مقایسه شد (جدول

جدول ۱- مقایسه غلظت میانگین آلاینده ایستگاه‌ها در ماه‌های تیر، مرداد و شهریور سال ۹۴ و ۹۳

PM <sub>2.5</sub> µg/m <sup>3</sup>	PM <sub>10</sub> µg/m <sup>3</sup>	So <sub>2</sub> ppb	No <sub>2</sub> ppb	O <sub>3</sub> ppb	Co ppm	تاریخ	ایستگاه
۱۴	۳۷	۱۱	۳۶	۱۰	۱/۴	۱۳۹۴/۴	منطقه ۱
۱۳	۲۶	۱۶	۴۷	۱۲	۱/۶	۱۳۹۴/۵	منطقه ۱
۱۶	۴۲	۲۰	۴۴	۱۴	۱/۵	۱۳۹۴/۶	منطقه ۱
۱۸	۴۴	۱۰	۲۸	۱۵	۱/۷	۱۳۹۳/۴	منطقه ۱
۱۷	۴۳	۱۸	۲۷	۱۳	۱/۱	۱۳۹۳/۵	منطقه ۱
۱۲	۳۷	۲۱	۱۹	۱۲	۱/۴	۱۳۹۳/۶	منطقه ۱
۷۶	۱۴۱	۲۸	۷۳	۳۸	۴/۷	۱۳۹۴/۴	منطقه ۱۶
۷۳	۱۱۹	۳۴	۸۱	۴۱	۳/۹	۱۳۹۴/۵	منطقه ۱۶
۸۲	۱۳۶	۳۲	۷۸	۳۵	۳/۷	۱۳۹۴/۶	منطقه ۱۶
۶۹	۱۱۴	۲۹	۷۰	۳۵	۴/۱	۱۳۹۳/۴	منطقه ۱۶
۷۴	۱۳۵	۳۶	۸۵	۳۳	۴/۵	۱۳۹۳/۵	منطقه ۱۶
۷۱	۱۲۳	۳۳	۷۷	۴۳	۴/۶	۱۳۹۳/۶	منطقه ۱۶

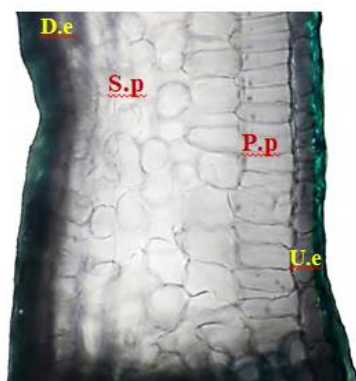


تصویر ۳- برش عرضی رگبرگ اصلی از نمونه بعثت

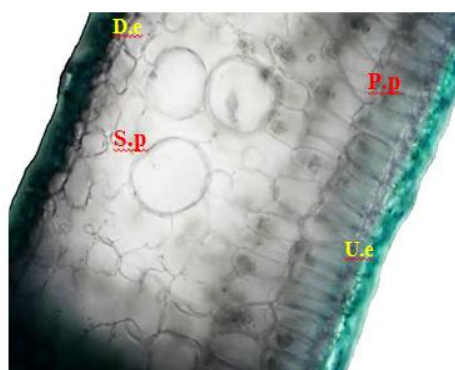


تصویر ۴- برش عرضی رگبرگ اصلی از نمونه جمشیدیه

رنگ آمیزی با کارمن زاجی و سبز متیل (بزرگنمایی  $\times 4$ ). Ep: اپیدرم، Co: کلانشیم، P: پارانشیم، S.c: سلول ترشیحی، S: اسکلرانشیم، Phe: بافت آبکش، Xy: بافت چوب.



تصویر ۶- برش عرضی پهنک برگ از نمونه بعثت

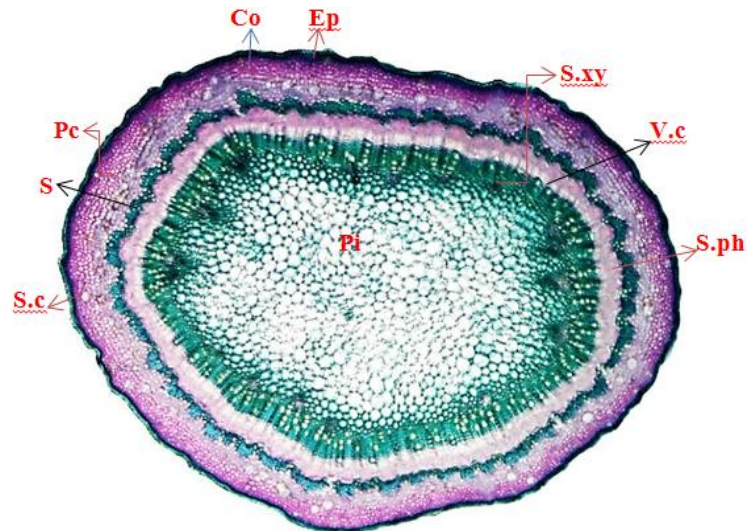


تصویر ۵- برش عرضی پهنک برگ از نمونه جمشیدیه

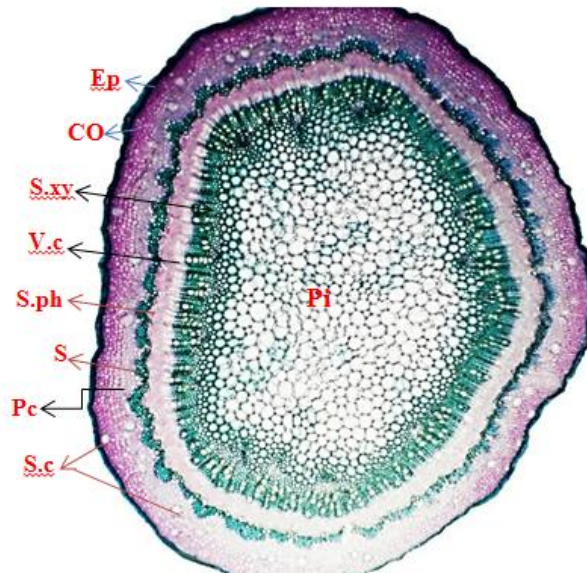
رنگ آمیزی با کارمن زاجی و سبز متیل (بزرگنمایی  $\times 10$ ). D.e: اپیدرم تحتانی، S.p: پارانشیم اسفنجی، P.p: پارانشیم نردبانی، U.e: اپیدرم فوقانی.



تصویر ۷- شاخه ها و برگ های گیاه برگ بو

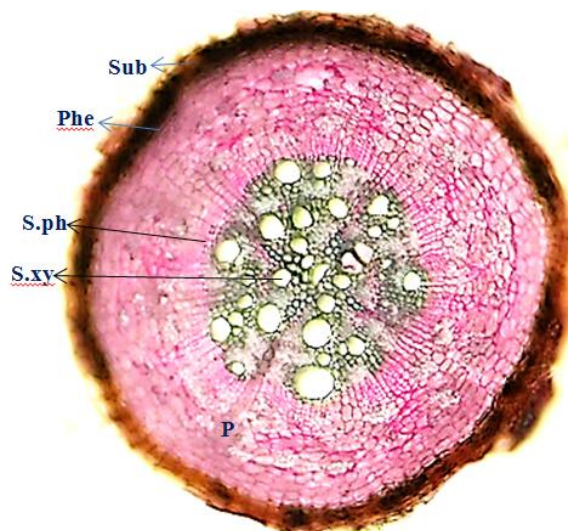


تصویر ۸- برش عرضی ساقه از نمونه بعثت

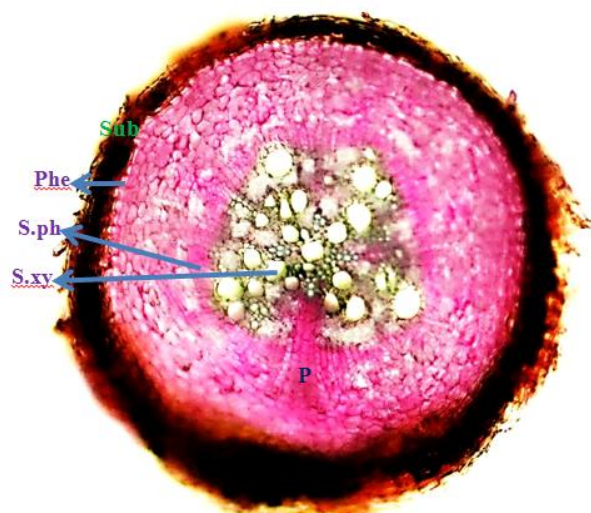


تصویر ۹- برش عرضی ساقه از نمونه جمشیدیه

رنگ آمیزی با کارمن زاجی و سبز متیل (بزرگنمایی ۴×). Ep: اپیدرم، Co: کلانشیم، Pc: پارانشیم پوست، S.c: سلول ترشچی، S: اسکیرانشیم، S.ph: بافت آبکش ثانویه، S.xy: بافت چوب ثانویه، V.c: کامبیوم آوندی، P.i: پارانشیم مغز



تصویر ۱۰- برش عرضی ریشه از نمونه بعثت

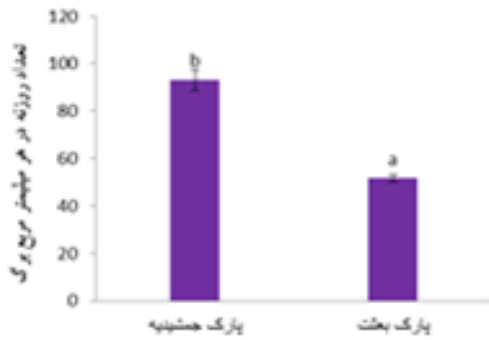


تصویر ۱۱- برش عرضی ریشه از نمونه جمشیدیه

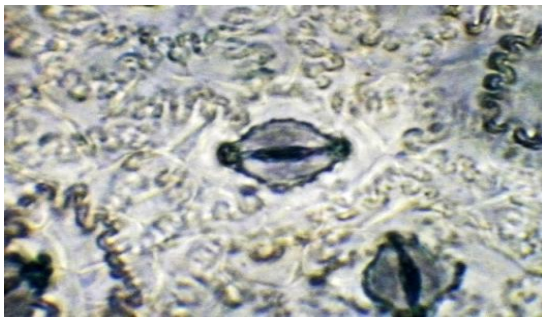
رنگ آمیزی با کارمن زاجی و سبز متیل (بزرگنمایی  $\times 4$ ). Sub: چوب پنبه، Phe: فلوژن، P: پارانشیم، S.ph: بافت آبکش ثانویه، S.xy: بافت چوب ثانویه.

می‌سازد. در درون پوست، استوانه مرکزی شامل دایره محیطیه، دسته‌های متناوب چوب - آبکش دیده می‌شوند. آندودرم به دلیل رشد ثانویه زیاد ریشه که ناشی از فعالیت کامبیوم می‌باشد، به راحتی قابل تشخیص نمی‌باشد. در نمونه منطقه آلوده نسبت به شاهد (منطقه پاک) تعداد آوندهای چوب افزایش یافته و همچنین گسترش بافت آبکش و چوب پنبه را مشاهده کردیم. به طور کلی قطر ریشه در

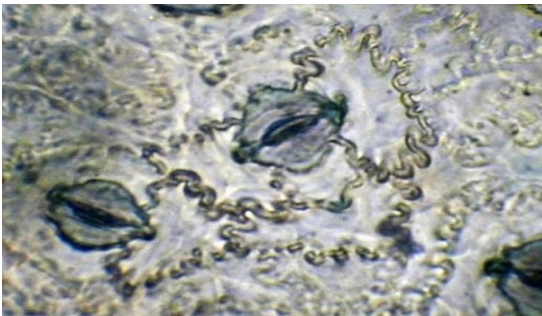
در برش عرضی ریشه‌های مورد آزمایش که از دو منطقه جمشیدیه (پاک) و بعثت (آلوده) تهیه شده بود (تصویر ۱۰ و ۱۱)، در برخی نواحی اثر باقیمانده ریزودرم و در زیر آن لایه‌های چوب پنبه ای دیده می‌شود که بیرونی‌ترین بخش پوست را تشکیل می‌دهد. این بافت در اثر فعالیت فلوژن ساخته می‌شود. فلوژن به طرف داخل سلول‌های پارانشیم پوستی پسین و به طرف خارج سلول‌های چوب پنبه ای را



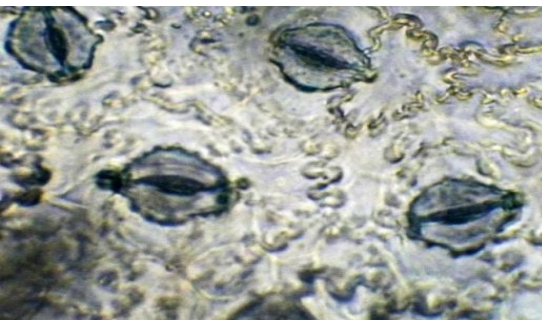
نمودار ۲- مقایسه تعداد روزانه در هر میلی متر مربع سطح برگ در دو منطقه



تصویر ۱۲- نوع روزنه آنموسیتیک در نمونه های دو منطقه (بزرگنمایی ۴۰×)



تصویر ۱۳- تعداد روزنه برگ نمونه پارک بعثت (بزرگنمایی ۴۰×)

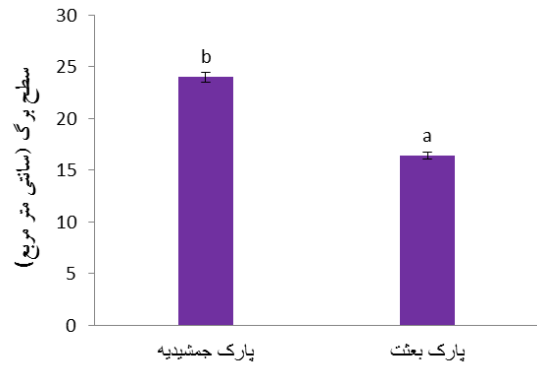


تصویر ۱۴- تعداد روزنه برگ نمونه پارک جمشیدیه (بزرگنمایی ۴۰×)

نمونه‌های منطقه آلوده (بعثت) نسبت به شاهد (جمشیدیه) افزایش نشان داد.

**نتایج مربوط به سطح برگ:**

سطح برگ در نمونه‌های منطقه ی آلوده کاهش یافت و این کاهش در سطح ۱٪ ( $pr < 0/01$ ) معنی دار بود (نمودار ۱). کوچک‌ترین سطح برگ ۱۵/۷ سانتی متر مربع بود که مربوط به نمونه ای در پارک بعثت (منطقه آلوده) بوده و بزرگترین سطح برگ ۲۵/۲ سانتی متر مربع بود که مربوط به نمونه ای در پارک جمشیدیه (منطقه پاک) بوده است.



نمودار ۱- مقایسه سطح برگ در دو منطقه

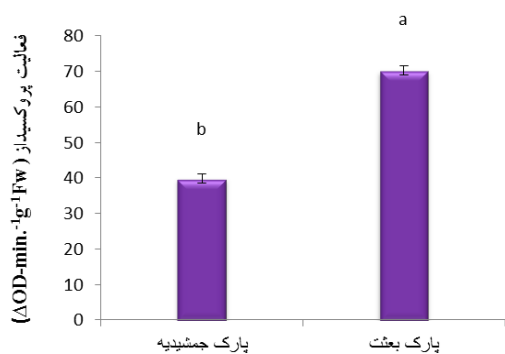
**نتایج مربوط به تعداد روزنه در هر میلی متر مربع سطح برگ:**

نوع روزنه آنموسیتیک بود (تصویر ۱۲). تعداد روزنه در هر میلی متر مربع در نمونه‌های منطقه ی آلوده کاهش یافت و این کاهش در سطح ۱٪ ( $pr < 0/01$ ) معنی دار بود (نمودار ۲) و (تصاویر ۱۳ و ۱۴). کمترین تعداد روزنه ۴۷/۱۱ در هر میلی متر مربع برگ بود که مربوط به نمونه ای در پارک بعثت (منطقه آلوده) بوده و بیشترین تعداد روزنه ۱۰۳/۵۸ در هر میلی متر مربع برگ بود که مربوط به نمونه‌ای در پارک جمشیدیه (منطقه پاک) بوده است.



## فعالیت آنزیم پلی فنل اکسیداز:

میزان فعالیت آنزیم پلی فنل اکسیداز (PPO) در نمونه‌های منطقه ی آلوده بیشتر بود و این مقدار در سطح ۱٪ ( $p < 0/01$ ) معنی دار بود (نمودار ۳). کمترین میزان فعالیت آنزیم پلی فنل اکسیداز بر اساس تغییرات جذب در دقیقه به ازای هر گرم وزن تر برگ ۷۰ بود، که مربوط به نمونه‌ی پارک جمشیدیه (منطقه پاک) بوده و بیشترین میزان فعالیت آنزیم پلی فنل اکسیداز براساس تغییرات جذب در دقیقه به ازای هر گرم وزن تر برگ ۱۴۵/۴ بود، که مربوط به نمونه ی پارک بعثت (منطقه آلوده) بوده است.



نمودار ۴- مقایسه میزان فعالیت آنزیم پراکسیداز در دو منطقه

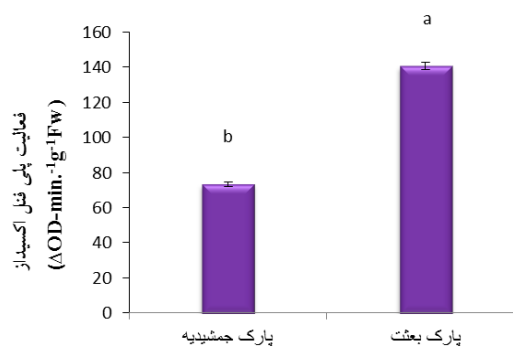
## بحث

## میزان آلاینده های هوا در دو منطقه:

تهران واقع در شبه دره و توسط کوه‌ها از سه طرف احاطه شده و جهت وزش بادهای، هوا را رو به پایین تهویه می‌کند. مقدار زیادی از تنظیمات صنعتی و منابع ساکن آلوده کننده های هوا در جنوب و جنوب غربی تهران واقع است. گستره جوی که معمولاً از غرب به شرق اتفاق می افتد و آلوده کننده‌های هوای شهر را که ناشی از منابع ساکن و متحرک آلوده کننده می‌باشد را به شرق و جنوب شرقی منتقل می‌کند. از این رو و با توجه به اطلاعات بدست آمده از آژانس حمایت زیست محیطی تهران و اداره‌ی کنترل کیفیت هوا، پارک جمشیدیه واقع در شمال (منطقه یک) و پارک بعثت واقع در جنوب شرقی (منطقه شانزده) و مجاور ترمینال جنوب تهران، به عنوان دو منطقه که به ترتیب بیانگر مناطق پاک و آلوده می باشند، انتخاب شدند.

## میزان فعالیت آنزیم‌ها:

میزان فعالیت پلی فنل اکسیداز (PPO) و پراکسیداز (POX) در نمونه‌های منطقه‌ی آلوده افزایش یافت و این افزایش در سطح ۱٪ ( $p < 0/01$ ) معنی دار بود. نتایج ما با نتایج پژوهشگرانی مانند



نمودار ۳- مقایسه میزان فعالیت آنزیم پلی فنل اکسیداز در دو منطقه

## فعالیت آنزیم پراکسیداز:

میزان فعالیت آنزیم پراکسیداز (POX) در نمونه های منطقه ی آلوده افزایش یافت و این افزایش در سطح ۱٪ ( $p < 0/01$ ) معنی دار بود (نمودار ۴). کمترین میزان فعالیت آنزیم پراکسیداز (POX) براساس تغییرات جذب در دقیقه به ازای هر گرم وزن تر برگ ۳۶/۳ بود، که مربوط به نمونه‌ی پارک جمشیدیه (منطقه پاک) بوده و بیشترین میزان فعالیت آنزیم پراکسیداز براساس تغییرات جذب در دقیقه به ازای هر گرم وزن تر برگ ۷۲/۹ بود، که مربوط به نمونه ی پارک بعثت (منطقه آلوده) بوده است.

منحصر به فرد دارد تا گیاهان را بر علیه این استرس‌های اکسیداتیو حمایت کند [۲۵]. مکانیسم تاثیر آلاینده‌های مختلف در ارگانیزم گیاهی با آسیب اکسیداتیو در سطح سلولی همراه است و گیاهان پاسخ به این تنش اکسیداتیو را توسط تغییرات در فعالیت‌های آنزیم و مهار ROS نشان می‌دهند [۲۳]. بنابراین در برگ افزایش فعالیت آنزیم‌های ضد اکسیداتیو به شدت با مقاومت به آلودگی هوا همراه است [۳۶]. اما حساسیت به آلاینده‌های مختلف بین گیاهان از همان گونه متفاوت است [۲۳]. آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان به عنوان سریع‌ترین واحدهای مقابله کننده در برابر حمله اکسیژن‌های فعال به شمار می‌آید [۱۲]. آنزیم پراکسیداز (POX) در شکستن هیدروژن پراکسید نقش دارد و در دیواره سلولی، شبکه آندوپلاسمی، دستگاه گلژی و واکوئل یافت می‌شوند [۲۹]. در میان آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان، فعالیت پراکسیداز در گیاهان به عنوان یک شاخص حساس قرار گرفتن در معرض آلاینده‌ها معرفی شد و به عنوان یک نشانگر برای ارزیابی آلودگی هوای شهری پیشنهاد شده است [۲۱]. افزایش فعالیت پراکسیداز در سلول‌های گیاهی تحت انواع تنش‌ها مانند آسیب مکانیکی، پاتوزن و یا نفوذ آلودگی محیط زیست گزارش شده است. افزایش فعالیت پراکسیداز با گونه‌های گیاهی و غلظت آلاینده متفاوت است. گزارش شده است که برگ گیاهان مقاوم ممکن است فعالیت پراکسیداز بالا داشته باشد [۳۳]. در مطالعات مختلف نشان داده شده است که فعالیت پراکسیداز ممکن است به عنوان یک شاخص خاص از آلاینده هوا و به عنوان یک شاخص کلی از تنش اکسیداتیو در نظر گرفته شود [۱۷]. آنزیم پلی فنل اکسیداز (PPO)، تبدیل مونوفنل‌ها را به دی‌فنل‌ها و همچنین

[۲۸، ۳۲، ۳۵، ۳۶، ۳۷، ۳۹] همسویی داشت. همه انواع تنش‌های غیرزیستی تنش اکسیداتیو را القا می‌کنند [۸]. در شرایط تنش عدم توازن بین فرآیند جذب انرژی و مصرف آن توسط اندام فتوسنتزی باعث تولید انواع اکسیژن فعال (ROS) و ناتوانی گیاه در مهار آن می‌گردد که در نهایت منجر به بروز تنش در غشاء سلول و بروز علائم ناشی از صدمات اکسیداتیو می‌شود [۹]. تحت تنش مقدار جذب و ترکیب  $\text{CO}_2$  به علت منع باز شدن روزنه‌ها کاهش می‌یابد، انرژی داخلی افزایش یافته، ظرفیت انتقال الکترون فتوسنتز به طرف تجمع می‌رود و به دنبال آن افزایش غلظت ROS را خواهیم داشت. انواع اکسیژن‌های فعال مثل  $\text{H}_2\text{O}_2$ ،  $\text{OH}^\circ$ ،  $\text{O}_2^\circ$  تحت شرایط تنش و فعالیت‌های اکسیداتیو قوی تولید می‌شوند و به طور معمول می‌توانند همه انواع ملکولهای زیستی را مورد هجوم قرار دهند، به عنوان مثال باعث پراکسیداسیون لیپیدها، تخریب پروتئینها و اکسیداسیون DNA شوند [۸].

اکسید نمودن اسیدهای آمینه مهمی نظیر تریپتوفان، هیستیدین و متیونین، ناشی از اثرات مخرب رادیکال سوپراکسید است [۱۱]. همچنین دلیل سمیت زیستی پراکسید هیدروژن را به اکسید نمودن گروه‌های تیول نسبت می‌دهند [۳۸]. رادیکال هیدورکسیل سمی‌ترین شکل فعال احیای ناقص اکسیژن است که از میل ترکیبی شدیدی با ماکرومولکول‌های حیاتی سلول، برخوردار می‌باشد. این فرم از احیای بیشتر اکسیژن و از طریق واکنش‌ها بر- ویز به وجود می‌آید. مکانیسم‌های دفاعی آنتی‌اکسیداتیو متعددی در سلول‌های گیاهی شناخته شده است مثل: توکوفرل، کاروتنوئیدها، گلوکاتایون و آنزیم‌های گلوکاتایون ردوکتاز، سوپر اکسید دیسموتاز، کاتالاز، اسکوربات پراکسیداز، پلی فنل اکسیداز و پراکسیدازهای ویزه و

اکسیداسیون دی فنل‌ها را به کوئینون‌ها که در پلیمریزاسیون رنگدانه نقش دارند، کاتالیز می‌کند. فعالیت این آنزیم در پاسخ به تنش‌های زیستی و غیر زیستی افزایش می‌یابد [۱۰]. مطالعات نشان داده است که آنزیم پلی فنل اکسیداز در لیگنینی شدن، سوبریزه شدن، کاتابولیسم اکسین، دفاع در برابر پاتوژن‌ها، تنش و پیری ایفای نقش می‌کند [۱۰]. از جمله اثرات دیگر پراکسیداز و پلی فنل اکسیداز، تغییراتی در ترکیبات پروتئینی هیدروکسی پرولین موجود در دیواره سلولی است که باعث مقاوم‌سازی آن در مقابل عوامل بیماری‌گر می‌گردد [۱۶].

#### اثر آلاینده‌های هوا بر تشریح و تکوین گیاه:

فیلوتاکسی برگ‌ها روی ساقه برگ بو به صورت متناوب می‌باشد به این صورت که در هر گره یک برگ وجود دارد و رگبرگ‌ها از نوع منشعب است. برگ از نظر ریخت‌شناسی و تشریح، متنوع‌ترین اندام است. در برخی گیاهان سلول‌های مزوفیل دارای کیسه‌های ترشحی، لعاب دار و یا واجد اکسالات کلسیم هستند، در برگ بو سلول‌های اسانس دار وجود دارند پس به همین علت دارای بوی معطر و خوبی است [۵]. در میان اندام‌های گیاهی، برگ‌ها در مقابل استرس‌های محیطی حساس‌تر می‌باشند، اما در عین حال از انعطاف‌پذیری بیشتری برای سازگاری با شرایط محیطی نیز برخوردارند. تغییرات محیطی به طور عمده منجر به تغییرات آناتومیکی از قبیل تغییر در ضخامت برگ، سلول‌های اپیدرمی، مزوفیل نردبانی و اسفنجی و فضاهای بین سلولی می‌گردد [۲۲]. ضخامت پارانشیم نردبانی در نمونه‌های باعث بیشتر بود. گزارش شده که در گیاهان تحت تنش افزایش ضخامت پارانشیم نردبانی به دلیل بیشتر بودن تعداد

کلروپلاست‌ها و در نتیجه، افزایش محتوای کلروفیل در این نوع پارانشیم می‌تواند بر ظرفیت فتوسنتزی گیاهان تحت تنش، اثر مثبت گذارد [۲۶]. تعداد دستجات آوندی در نمونه‌های باعث بیشتر بود، در اطراف آوندها فیبر دیده می‌شود. آلاینده‌های هوا باعث افزایش فیبر برگ و بافت اسکلوئیدی می‌شود [۱۴]. آلاینده‌های هوا باعث افزایش دسته‌های آوندی و قطر آنها می‌شوند [۷]. آلودگی PM بر میزان فیبر تاثیر دارد [۷]. آلاینده‌ها باعث افزایش ضخامت کوتیکول می‌شوند [۳ و ۳۴]. فضاهای بین سلولی از مکان‌های عمده تجمع فلزات سنگین در گیاهان هستند [۳۴]. به نظر می‌رسد که افزایش فضاهای بین سلولی در نمونه‌های منطقه آلوده (پارک بعثت) نیز به همین دلیل باشد.

ساقه برگ بو هوایی است. در ساقه برخی گیاهان ممکن است سلول‌های ترشحی وجود داشته باشد که تیره برگ بو از این دسته گیاهان می‌باشد و پارانشیم پوست دارای سلول‌های اسانس دار است [۵]. در برش عرضی از ساقه، در خارج‌ترین لایه اپیدرم دیده می‌شود، سلول‌های اپیدرم به صورت منظم و مکعبی شکل هستند که در این مورد با سایر دولپه‌ای‌ها مطابقت می‌کنند. زیر اپیدرم، پارانشیم پوستی یا کورتکس قرار دارد که به رنگ صورتی مشخص می‌شود. در قسمت داخلی تر پارانشیم پوست، ردیفی از سلول‌های بافت اسکلرانشیم به رنگ سبز دیده می‌شود زیرا این بافت دارای مواد و ترکیباتی همچون بافت چوبی است به همین دلیل مانند بافت آوند چوب، رنگ سبز متیل را به خود می‌گیرد. عملکرد بافت اسکلرانشیم استحکام بخشیدن و محافظت از گیاه می‌باشد [۱ و ۲]. ایجاد این بافت می‌تواند برای سازگاری بهتر و هر چه بیشتر با محیط و عامل تنشی

و تغییرات شرایط محیطی باشد. لایه آندودرم در ساقه برگ بو قابل تشخیص نبود و این امر ممکن است در اکثریت دولپه ایها صدق کند. پس از اسکله‌رانشیم، دستجات آوندی استوانه مرکزی (استل) را داریم که دستجات آوندی به صورت کلاترال قرار گرفته اند. آبکش در سمت خارج و به رنگ صورتی در تصاویر مشاهده می شود و در زیر آن لایه زرد رنگی است که بین آوند آبکش و آوند چوب واقع شده است که همان کامبیوم می باشد و آوند چوب زیر لایه کامبیوم به رنگ سبز مشاهده می شود. دستجات آوندی مانند تمام دولپه ایها بر روی یک حلقه واقع شده اند که این یکی از مهمترین شاخصه و تفاوت دولپه ایها و تمایزشان از تک لپه ایها می باشد [۲]. در ساقه پرتوزایلیم به سمت داخل و متازایلیم به سمت خارج قرار می گیرد و به همین دلیل می گویند که در ساقه، چوب درون گرا است و این یکی از تفاوت های اساسی ریشه و ساقه می باشد [۵ و ۲]. در مرکز، سلول های پارانشیمی مغز وجود دارند که بسیار وسیع است برخلاف ریشه که اصلاً بافت مغز را نداشت و کاملاً از بین رفته بود و توسط آوند چوب پر شده است. تمایز آوند های آبکشی ساقه همانند ریشه روبه مرکز است در حالی که رشد آوند های چوبی در جهت گریز از مرکز است. ساختار کامبیوم بر خلاف ریشه از همان ابتدا بصورت حلقه ای منظم است [۲]. ساختار تشریحی ساقه نمونه های منطقه پاک (پارک جمشیدیه) و آلوده (پارک بعثت) تفاوت چشمگیری نداشتند.

ساختار تشریحی ریشه در گیاهان مورد آزمایش با گزارش های فان [۲] در مورد ریشه دولپه ای ها، گزارش میرزایی و بابالو [۷] در مورد گیاه عشقه هم سویی دارد. ما نیز در ساختار ریشه گیاه برگ بو، لایه

آندودرم که یکی از لایه های شاخص است و سلول های معبر که ویژه تک لپه ای است را نیافتیم. قرار گرفتن دسته های آوندی بر روی یک حلقه نیز که از دیگر ویژگی های ساختار ریشه در دو لپه ای ها است در ریشه برگ بو دیده شد. ریشه برگ بو بسیار سریع به ساختار پسین تبدیل می شود. در ساختار نخستین ریشه، آوند ها به صورت متناوب مشاهده می شوند و حلقه مریستم پسین یا همان کامبیوم به شکل ستاره می باشد که بعدها به حلقه منظمی تبدیل می شود و این عمل با ساخته شدن چوب و آبکش پسین انجام می شود. بدین صورت که در فرورفتگی های این حلقه با تقسیمات و ساخته شدن آبکش، آبکش نخستین به سمت بیرون رانده می شود و حلقه شکل منظم پیدا می کند [۲]. در ساختار نخستین در قسمت مرکز ستاره هنوز سلول های پارانشیمی وجود دارند و چوبی نشده اند ولی در ساختار پسین دیده می شود که با بافت آوند چوب پر می شود. به طور کلی باید بیان کرد در برش هایی که از قسمت های مختلف ریشه بدست آمد ساختار پسین مشاهده گردید و این مسئله شاید بدان علت باشد که این گیاه به صورت درختچه وجود دارد و دارای ساقه های ضخیم است و باید به درختی تنومند تبدیل شود، پس نیاز دارد که ریشه محکمی با بافت های محکمی همچون بافت چوبی شده را داشته باشد تا به آن استحکام بخشد. در مورد آوند ها لازم به ذکر است که ابتدا بافت فلوئم ایجاد می شود که دارای پرتوفلوئم و متافلوئم و پس از آن زایلیم ایجاد می شود [۲]. در تصاویر هم مشاهده می شود که در ریشه چوب برون گرا است زیرا پرتوزایلیم در خارج و متازایلیم به سمت داخل قرار می گیرد [۲]. از دیگر ویژگی های آن فعالیت لایه فلورژن است که به خارج بافت چوب پنبه حقیقی را می سازد

نظیر لیگنین‌ها و کوپینون‌ها می‌شوند [۱۴]. در برش عرضی ریشه نمونه‌های منطقه آلوده میزان چوب پنبه بیشتر بود و این با افزایش فعالیت آنزیم پلی‌فنل اکسیداز همسو بود زیرا این آنزیم در لیگنینی شدن و سوبریزه شدن ایفای نقش می‌کند [۱۰]. همچنین تعداد دسته‌های آوندی در نمونه‌های منطقه آلوده (بعثت) افزایش یافت.

سطح برگ در نمونه‌های منطقه ی آلوده کاهش یافت و این کاهش در سطح ۱٪ ( $p < 0.01$ ) معنی‌دار بود. آلودگی هوا باعث کاهش سطح برگ، کاهش شاخص و اندازه روزنه‌ها می‌شود [۳۱]. نشان داده شده که گیاهان در حال رشد نزدیک به جاده‌های شلوغ شهر به شدت تحت تأثیر قرار می‌گیرند. کاهش سطح برگی از یک سو مربوط به کاهش رشد سلول‌ها و از طرفی برای کاهش جذب و ورود آلاینده‌ها به گیاه می‌باشد [۳۱]. آلودگی هوا باعث کاهش سطح برگی ۱۳ گونه گیاهی رایج سنجد، اکالیپتوس، انجیر، زبان گنجشک، خربزه، توت سفید، شاتوت، پسته، به، گوجه سبز، انار، اقاچیا، رز، انگور می‌شود [۲۰]. کاهش در سطح برگ در حال رشد در مجاورت آلاینده‌های سنگین نیز در بسیاری از گیاهان توسط محققان دیگر مشاهده شد [۱۵]. برگ حساس‌ترین قسمت گیاه در برابر آلاینده‌های هوا می‌باشد. کاهش در طول، پهنا و مساحت برگ گیاهان کنار جاده‌ای شاهد اثرات بد محیط زیست شهر می‌باشند.

نوع روزنه آموسیتیک بود و تعداد روزنه در هر میلی‌متر مربع در نمونه‌های منطقه‌ی آلوده کاهش یافت و این کاهش در سطح ۱٪ ( $p < 0.01$ ) معنی‌دار است. نتایج مشابه در گیاهانی که در معرض آلودگی هوا قرار گرفتند بدست آمد [۳۰ و ۳۱]. برگ‌ها و روزنه‌ها نقش مهمی در زندگی گیاه ایفا می‌کنند و به

و به سمت داخل فلودرم را می‌سازد [۵ و ۲]. در ریشه نخستین، بافت پارانشیم پوست چند لایه و ضخیم است که بتدریج با فعالیت لایه فلوژن در ساختار پسین جای خود را به بافت‌های پسین می‌دهد. پوست ریشه معمولاً وسیع‌تر از پوست ساقه است و این بخاطر نقش ذخیره‌سازی ریشه است [۲]. کامبیوم یا مریستم پسین استوانه مرکزی به سمت بیرون آبکش پسین و به سمت داخل چوب پسین را می‌سازد و این عمل تا جایی پیش می‌رود که مغز نیز چوبی می‌شود. مریستم پسین باعث رشد قطری می‌شود. علت اصلی تشکیل ساختار پسین برای نقش‌های استحکامی، حفاظتی و ذخیره‌ای است زیرا وقتی گیاه به حدی از رشد رسید باید قطورتر و مستحکم‌تر شود تا نقش‌هایش را بهتر ایفاء کند [۵]. لیگنین در دیواره‌های سلول، پشتیبانی مکانیکی و شیمیایی و بیولوژیکی را فراهم می‌کند. تولید لیگنین توسط پراکسیداز کاتالیز می‌شود که نقش قابل توجهی در مکانیسم مقاومت در برابر تنش خارجی دارند [۱۰]. آنزیم پلی‌فنل اکسیداز در تمایز سلولی و همچنین بیوستتزی لیگنین نقش داشته، لذا افزایش فعالیت آن احتمالاً با دخالت آن در بیوستتزی لیگنین و چوبی شدن سلول‌های ریشه‌ای که مرحله نهایی تمایز است رابطه دارد. آنزیم پراکسیداز و پلی‌فنل اکسیداز از جمله آنزیم‌هایی هستند که در اکسیداسیون فنل‌ها به کینون‌ها و تشکیل لیگنین در سلولهای گیاهی در طول تنش‌ها نقش مهمی دارند [۲۷ و ۱۳]. نشان داده شده که فعالیت آنزیم پراکسیداز و فرایند لیگنینی شدن ارتباط زیادی با پراکسیدازهای آنیونی دارند که در دیواره سلول‌های گیاهان موجود است و در دفاع اهمیت دارند [۴۰]. آلاینده‌های هوا باعث تحریک آنزیم‌های درگیر در متابولیسم فنل‌ها شده و سبب اکسیداسیون فنل‌ها و تجمع پلیمرهای آنها

*Pinuseldarica* بر جوانه زنی بذرها و دانه‌های گرده، رشد و تکوین دانه رست‌های برخی گیاهان تک لپه و دولپه، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه خوارزمی، دانشکده علوم زیستی.

[۷] میرزائی م، بابالو ف. ۱۳۸۷. بررسی ساختار تشریحی عشقه (*Hedera helix.L*) و تاثیر آلودگی هوا بر آن. فصلنامه زیست‌شناسی تکوینی سال اول، ۱: ۴۷-۴۱.

- [8] Apel K, Hirt H. 2004. Reactive oxygen species: metabolism, oxidative stress, and signal transduction. *Annual Review of Plant Biology*, 55: 373-399.
- [9] Blokhinan O, Virolainen E, Fagestedt KV. 2003. Antioxidants, oxidative damage and oxygen deprivation stress: A review. *Annals of Botany*, 91:179-194.
- [10] Bogdanovic J, Dikanovic D, Maksimovic V, Tufegdžic S, Dokovic D, Isajev V, Radotic K. 2006. Phenolics, lignin content and peroxidase activity in *Picea omorika* lines. *Biologia Plantarum*, 50(3): 461-464.
- [11] Breusegem FV, Vranova E, Dat JF, Inze D. 2001. The role of active oxygen species in plant signal transduction. *Plant Sci*, 161: 405-414.
- [12] Dirk I, Montago MV. 2002. Oxidative stress in plants. *Journal of Research Science*, 14:177-186.
- [13] Flottet BE, Moerschbacher BM, Resener H.1990. Peroxidase isoenzyme patterns of resistant and susceptible wheat leaves following stem rust infection. *New Phytologist*, 111: 413-421.
- [14] Furlan CM, Salatino A, Domingos M. 2004. Influence of air pollution on leaf chemistry, herbivore feeding and gall frequency on *Tibouchina pulchra* leaves in Cubatao (Brazil). *Biochemical Systematics and Ecology*, 32: 253-263.
- [15] Gielwanowska I, Szczuka E, Bednara J, Gorecki R. 2005. Anatomical features and ultra-structure of *Deschampsia antarctica* (*Poaceae*) leaves from different growing habitats. *Ann. Bot.*, 96: 1109-1119.
- [16] Hammerschmidt R, Kuc J.1995. Induced resistance to disease in plants. Kluwer Academic Publishers, American, 183 Pp.
- [17] Hiraga S, Sasaki K, Ito H, Ohashi Y, Matsui H. 2001. A large family of class III plant peroxidases. *Plant Cell Physiol* 42: 462-468.
- [18] Joshi PC, Swami A. 2009. Air pollution induced changes in the photosynthetic pigments of selected plant species. *J. Environ. Boil*, 30: 295-298.

منظور درک رفتار و طبیعت گیاهان در مقابل آلودگی هوا مطالعه روزه‌ها ضروری است. افزایش آلودگی هوا تغییرات بارزی را بر فیزیولوژی طبیعی روزه‌ها ایجاد می‌کند که باعث تغییرات در تعداد روزه و فراوانی و اندازه‌ی دهانه روزه می‌شود. رسوب گرد و غبار در برگ سبب کاهش در تعداد و اندازه روزه و مسدود شدن دهانه روزه می‌شود و با انتشار گازها و انرژی‌های نگهدارنده گیاهان مداخله می‌کند [۳۱]. آلاینده‌های هوا از طریق روزه‌ها راهشان را به بافت گیاه باز کرده و باعث تخریب جزئی کلروپلاست و کاهش میزان رنگدانه‌ها در سلول‌های برگ در منطقه آلوده می‌گردند. با کاهش تعداد روزه‌ها، نفوذ آلاینده‌ها کاهش می‌یابد [۳۰]. بنابراین در گیاه برگ بو با کاهش تعداد روزه‌ها راهیابی آلاینده‌ها و تخریب کلروپلاست کاهش می‌یابد.

## منابع

- [۱] تاز و زایگر. ۱۳۷۹. فیزیولوژی گیاهی، ترجمه م کافی، جهاد دانشگاهی مشهد.
- [۲] فان. ۱۳۸۳. آناتومی گیاهی، ترجمه آ جعفری، انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد.
- [۳] قلیچ س، زرین کمر ف، لباسچی م. ۱۳۹۲. تغییرات ساختار برگ گونه *Hypericum perforatum L*. تحت تیمار سرب، مجله پژوهش‌های گیاهی (مجله زیست شناسی ایران)، جلد ۲۶، ۴: ۱۵-۱۲.
- [۴] قهرمان ا. ۱۳۷۲. کروموفیت‌های ایران (سیستماتیک گیاهی).
- [۵] گی دیسون. ۱۳۸۵. ساختار و رده‌بندی گیاهان آوندی، ترجمه م صانعی شریعت پناهی، ح لسانی، مرکز نشر دانشگاهی تهران.
- [۶] مجد ا، جنوبی پ، رحمانی فرد ف. ۱۳۹۱. مطالعه خواص آللوپاتی برگ‌های گیاه کاج نهران

- [19] Kar M, Mishra D. 1976. Catalase, peroxidase, and polyphenoloxidase activities during rice leaf senescence. *Plant Physiology*, 57: 315-319.
- [20] Keskin N, Ili P. 2012. Investigation of particular matters on the leaves of *Pinus nigra* arn. Subsp. *Pallasiana* (Lamb.) Holmboe In Denizli (Turkey), *Pak. J. Bot*, 44: 1369-1374.
- [21] Li MH. 2003. Peroxidase and superoxide dismutase activities in fig leaves in response to ambient air pollution in a subtropical city. *Arch. Environ. Contam. Toxicol*, 45: 168-176.
- [22] Li Q, Yu L, Deng Y, Li W, Li M, Cao J. 2007. Leaf epidermal characters of *Lonicera japonica* and *Lonicera confuse* and their ecology adaptation. *J. For. Res*, 18: 103-108.
- [23] Marschner H. 1995. Mineral nutrition of higher plants (2nd Ed.). Academic Press Inc, London, UK.
- [24] Mittler R. 2002. Oxidative stress, antioxidant and stress tolerance. *Trends in Plant Science*, 7 (9): 405-415.
- [25] Noctor G, Foyer C H. 1998. Ascorbate and glutathione: Keeping active oxygen under control, *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, 49: 249-276.
- [26] Parida AK, Das AB. 2005. Salt tolerance and salinity effects on plants a review. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 60 (11): 324-349.
- [27] Robb J, Powell DA, Street PFS . 1988. Time course of wall-coating secretion in *Verticillium*-infected tomatoes. *Physiology and Plant Pathology*, 31: 217-226.
- [28] Ruuhola T, Rantala LM, Neuvonen S, Yang S, Rantala MJ. 2009. Effects of long-term simulated acid rain on a plant-herbivore interaction. *Basic and Applied Ecology*, 10: 589-596.
- [29] Schloss P, Walter C, Mader, M. 1987. Basic peroxidases in isolated vacuoles of *Nicotiana tabacum* L. *Planta*, 170: 225-229.
- [30] Sukumaran D. 2014. Effect of air pollution on the anatomy some tropical plants, *Applied Ecology and Environmental Sciences*, 2: 32-36.
- [31] Tiwari Sh. 2013. Air pollution induced changes in foliar morphology of two shrub species at Indore city, India, *Research Journal of Recent Sciences*, 2: 195-199.
- [32] Tomas F, Kuijpers M, Renske H, Deborah L, Willem J, Van Berkel H. 2015. Potato and mushroom polyphenol oxidase activities are differently modulated by natural plant extracts. *J. Agric. Food Chem*, 62 (1): 214-221.
- [33] Tripathi AK, Gautam M. 2007. Biochemical parameters of plants as indicators of air pollution. *J. Environ. Biol*, 28: 127-132.
- [34] Vollenweider MA. 2006. Structural changes and permeability of ivy (*Hederahelix*) leaf cuticles in relation to leaf development and after selective chemical treatments, 12: 337-348.
- [35] Wang F, Zeng B, Sun Z, Zhu C. 2009. Relationship between proline and Hg<sup>2+</sup>-induced oxidative stress in a tolerant rice mutant. *Arch Environ Contam Toxicol*, 56: 723-731.
- [36] Woo SY, Je SM. 2006. Photosynthetic rates and antioxidant enzyme activity of *Platanus occidentalis* growing under two levels of air pollution along the streets of Seoul. *J. Plant Biol*, 49: 315-319.
- [37] Woo S.Y, Lee DK, Lee YK. 2007. Net photosynthetic rate, ascorbate peroxidase and glutathione reductase activities of *Erythrina orientalis* in polluted and non-polluted areas. *Photosynthetica*, 45: 293-295.
- [38] Yamazaki J, Ohashi A, Hashimoto Y, Negishi E, Kumagai S, Kubo T, Oikawa T, Maruta, E, Kamimura Y. 2003. Effects of high light and low temperature during harsh winter on needle photodamage of *Adies mariestii* growing at the forest limit on Mt. Norikura in Central Japan. *Plant Sci*, 165: 257-264.
- [39] Yannarelli GG, Gallego SM, Tomaro ML. 2006. Effect of UV-B radiation on the activity and isoforms of enzymes with peroxidase activity in sunflower cotyledons. *Environmental and Experimental Botany*, 56: 174-181.
- [40] Zacheo G, Bleve-Zacheo T, Pacoda D, Orlando C Durbin RD. 1995. The association between heat-induced susceptibility of tomatoes to *Meloidogyne incognita* and peroxidase activity. *Physiological and Molecular Plant Pathology*, 46: 491-50.
- [41] Zhang LZ, Wei N, Wu QX, Ping ML. 2007. Anti-oxidant response of *Cucumis sativus* L. to fungicide carbendazim. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 89: 54-59.





