بررسی اثر آلاینده‌های هوای شهر تهران بر سطح برگی، غلظت پرولین، کربوهیدرات‌های محلول و رنگیزه‌های فتوسنتزی (کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل و کاروتنوئیدها) در دو گیاه خرزهره (*Nerium oleander* L.) و اقاقیا (*Robinia pseudo acacia* L.)

*مه‌لقا قربانلی[۱]، غلامرضا بخشی خانیکی[۲] و زینب باکند[۳]

۱. گروه زیست شناسی دانشگاه آزاد اسلامی واحد گرگان
۲. گروه زیست‌شناسی، دانشگاه پیام نور، تهران
۳. آموزش و پرورش منطقه ۹ تهران

چکیده

اثرات آلاینده‌های هوای شهر تهران بر سطح برگی، غلظت پرولین، کربوهیدرات‌های محلول و رنگیزه‌های فتوسنتزی (کلروفیلa، کلروفیل b، کلروفیل کل و کاروتنوئیدها) در اقاقیا و خرزهره موضوع این تحقیق بوده است. درابتدا با استفاده از اطلاعات سازمان حفاظت محیط زیست و اداره کنترل کیفیت هوا، پارک سرخه حصاربه عنوان محیط پاک و منطقه آزادی به عنوان محیط آلوده انتخاب و گیاهان مورد نظر از این دو منطقه برداشت شد. سطح برگی در ماه آبان (۸٤) و خرداد (۸۵) و غلظت پرولین، کربوهیدرات‌های محلول و میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی (کلروفیل a و کلروفیل b و کلروفیل کل و کاروتنوئیدها) در تیرماه (۸۵) با روش اسپکتروفتومتری تعیین و مقایسه شد. نتایج این تحقیق نشان داد که آلودگی هوا باعث کاهش معنی‌دار سطح برگی در اقاقیا و خرزهره شد. همچنین آلودگی هوا باعث افزایش غلظت پرولین در دو گیاه اقاقیا و خرزهره شد. غلظت کربوهیدرات‌های محلول در اثر آلودگی هوا در اقاقیا کاهش و در خرزهره افزایش یافت و این تغییرات از نظر آماری معنی‌دار بود. نتایج این تحقیق نشان داد که در اثر آلودگی هوا میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی شامل (کلروفیل a وb و کلروفیل کل و کارو تنوئیدها) در خرزهره بطور معنی‌داری افزایش یافت و در اقاقیا کلروفیل a و کلروفیل کل و کاروتنوئیدها کاهش یافت که این کاهش در مورد کاروتنوئیدها معنی‌دار نبود و میزان کلروفیل b تغییر چندانی نکرد.

واژه‌های کلیدی: آلاینده‌های هوای تهران، اقاقیا، پرولین، خرزهره، رنگیزه‌های فتوسنتزی،کربوهیدرات‌های محلول

*e.mail: ghorbanli@yahoo.com

مقدمه

مسئله آلودگی هوا یکی ازبزرگترین مشکلات زیست محیطی شهرهای توسعه یافته و در حال توسعه می‌باشد. و گیاهان نیز ضمن اینکه می‌توانند تا اندازه‌ای در کاهش آلودگی هوا موثر باشند تحت تاثیر آلاینده‌ها قرار گرفته و آسیب می‌بینند.گیاهان مختلف نسبت به آلودگی هوا حساسیت‌های متفاوتی نشان می‌دهند (Breusgem et al. 2001; Larcher 2003) و تحت تاثیر سوء آلاینده‌ها دچار کمبود رشد و اختلال در رفتارهای بیولوژیکی می‌شوند و در برابر تنش‌های محیطی با مکانیسم‌های دفاعی شانس خود را برای بقاء افزایش می‌دهند. بطور کلی بیشترین توصیف از آلودگی هوا مربوط به صفا ت ظاهری روی سطح برگ می‌باشد که می‌توان از آسیبهای مرئی در مقابل آسیبهای پنهان استفاده کرد. آسیبهای مرئی شامل کاهش سطح برگی و تغییرآن نسبت به شکل مورفولوژیکی طبیعی و همچنین نکروز (مرگ موضعی) و کلروز (رنگ پریدگی) می‌باشد (Heath,1980). مطالعات نشان دادند که رابطه ای بین مقدا ر ازون در گیاهان لوبیا خال خال (Pinto, bean) و مقدار قندهای محلول در برگ وجود دارد و مقدار بیشتر و یا کمتر قندهای برگ بطورمثبتی بامحافظت دربرابرازون ارتباط دارد (Dugger et al. 1970).در بسیاری از گیاهان پرولین آزاد در پاسخ به تاثیر تنش‌های زیستی و غیر زیستی انباشته می‌شود پرولین در گیاهان جو تحت تنش خشکی افزایش می‌یابد (Kovar et al. 2001 Laurence و Weistein در سال ۱۹۸۱ گزارش کردند که مرکباتی که برای چندین ماه در معرض ترکیبات فلوئور بوده اند به پریدگی رنگ، ایجاد برگهای کوچکتر، کاهش محصول و ضعیف شدن درخت دچا ر گردیده‌اند.

مواد و روش‌ها

گسترش افقی و عمودی بیش از ظرفیت توان زیست محیطی و افزایش روز افزون وسایل نقلیه موتوری و رها شدن آلاینده‌های مختلف در هوای شهر تهران و قرار گرفتن آن در یک منطقه گود و دره مانند که از سه طرف توسط کوههای اطراف احاطه شده و واقع بودن در کمربند ۳۰ درجه عرض شمالی که جریانهای نزولی از صعود هوا جلوگیری می‌کنند و عواملی مانند وارونگی دمایی که حدود ۲٤۰ روز در سال در تهران وجود دارد، میزان ناچیز باران و وجود کارخانه‌ها و منابع آلوده کننده هوا در سمت جنوب و جنوب غربی تهران و وزش باد از غرب به شرق باعث ورود هوای آلوده به تهران مخصوصا در سمت غرب و جنوب غربی آن می‌شود. شهر تهران از نظرجغرافیایی در۵۱ درجه و ۱۷ دقیقه تا ۵۱ درجه و ۳۳ دقیقه طول شرقی و ۳۵ درجه و ۳٦ دقیقه تا ۳۵ درجه و ٤۲ دقیقه عرض شمالی قرار گرفته است.

با استفاده ازاطلاعات سازمان حفاظت محیط زیست و اداره کنترل کیفیت هوای شهر تهران مناطق آلوده و پاک شهر تهران از نظر آلاینده هایی مانند (PM_{10}, CO, O_3, NO_2, SO_2) تعیین و گیاهان مورد نظر از این مناطق انتخاب و مورد بررسی قرار گرفتند.با توجه به میانگین ٤ ساله این آلاینده‌ها و شاخص آلودگی هوا (PSI) یکی ازمناطق آلوده در غرب و جنوب غربی تهران واقع در منطقه آزادی و یکی از مناطق پاک در شرق تهران در پارک سرخه حصار می‌باشد.و با توجه به اینکه این دو منطقه از نظر عرض جغرافیایی و ارتفاع نسبت به نقاط دیگر تهران تفاوت کمتری دارند و در هر دو منطقه اقاقیا و خرزهره کاشته شده است این دو منطقه به عنوان منطقه شاهد و آلوده انتخاب شده‌اند.

جمع‌آوری نمونه

نمونه‌های برگ از دو گیاه خرزهره (برگ پنجم هر شاخه) و اقاقیا (برگ‌های شاخه‌های میانی درخت) از دو منطقه بطور همزمان به صورت ٤ تکرار برای هر گیاه برداشت شد و به آزمایشگاه انتقال داده شد.

تعیین سطح برگی

مساحت برگ‌های هر دو گیاه برحسب Cm2 به وسیله ورقه شطرنجی تعیین و مورد مقایسه قرار گرفت.

اندازه‌گیری میزان کربوهیدرات‌های محلول

کربوهیدراتهای محلول از بافت تر برگ با استفاده از اتانول ۸۰٪ استخراج شدند رسوبات حاصل از صاف کردن عصاره‌ها در آب مقطر حل شدند و با استفاده از معرف آنترون جذب آنها با اسپکتروفتومترمدل (UNICAM 8625) در ٦٢٥ نانومتر خوانده شد و سپس غلظت هر نمونه با استفاده از منحنی استاندارد گلوکز و بر اساس میلی گرم وزن تر برگ محاسبه گردید. (Fales et al. 1951; Jindal et al. 1993).

اندازه‌گیری میزان پرولین

پس از سائیدن بافت تر برگ،در اسید سولفوسالیسیلیک ۳٪ و صاف کردن عصاره و افزودن معرف نین هیدرین و اسید استیک خالص مدت یک ساعت در دمای ۱۰۰ درجه قرار گرفت. سپس محلول‌ها خنک شد و به آن تولوئن اضافه شد و مدت ۱۵-۲۰ ثانیه به شدت هم زده شد فاز رویی که تولوئن و پرولین بود از فاز آبی جدا شد و جذب آن با دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۵۲۰ نانومتر تعیین گردید. غلظت پرولین بر حسب میلی گرم بر گرم وزن تر برگ محاسبه گردید (Bates et al. 1973).

اندازه‌گیری میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی (کلروفیل‌ها و کاروتنوئیدها)

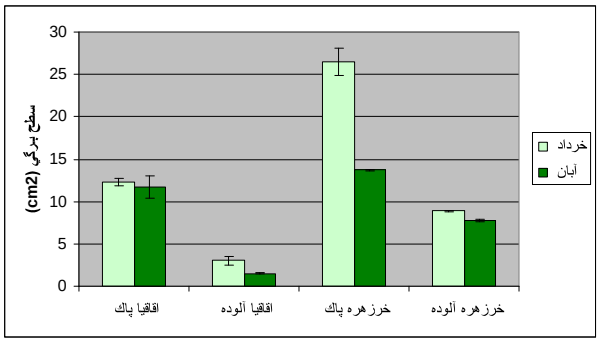
بر اساس این روش بافت تازه برگی درهاون چینی حاوی استون ۸۰٪ خوب سائیده شد. محتوای هاون بوسیله کاغذ صافی صاف شد. سپس حجم محلول با استون به ۱۵ میلی‌لیتر رسانده شد. این محلول حاوی کلروفیل a وb و کاروتنوئیدها است. ۳ میلی‌لیتر از این محلول را در کووت ریخته و شدت جذب آن در طول موج‌های ٦٦٣، ٦٤٦، و ٤٧٠ با استفا ده از اسپکتروفتومتر (UNICAM 8625) خوانده شد. غلظت رنگیزه‌ها با استفاده از فرمول برحسب گرم وزن تر محاسبه شد (Lichtenthaler, 1987).

بررسی‌های آماری

کلیه داده‌ها ی حاصل از اندازه گیری‌ها بر اساس ٤ تکرار به کمک نرم‌افزار SPSS (Version 12) و با استفاده از آنالیز واریانس مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. برای مقایسه و طبقه بندی میانگین‌ها از آزمون ANOVA و Multiple Comparisons و Duncan استفاده شد. محاسبه احتمال معنی‌دار بودن تفاوت‌ها در سطح P<0/05 انجام شد. رسم نمودارها به کمک نرم افزار Excel صورت گرفت.

نتایج

همانگونه که در شکل ۱ نشان داده شده است میانگین سطح برگی در گیاهانی که تحت تاثیر آلودگی بوده‌اند کاهش پیدا کرده است.و این کاهش در سطح ۰/۰۵ معنی دار بوده است

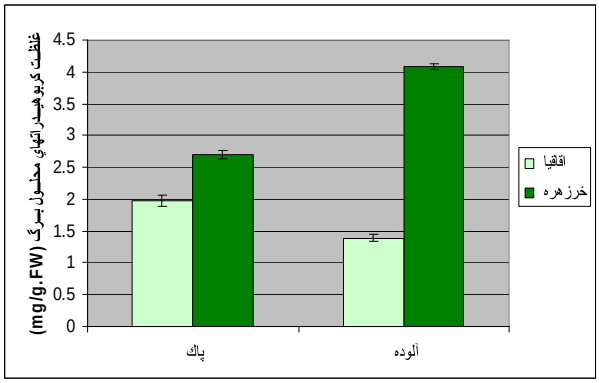


شکل ۱: تغییرات میانگین سطح برگی اقاقیا و خرزهره در اثر آلودگی هوا (برحسب سانتی‌متر مربع در ماه‌های خرداد و آبان)

مقایسه غلظت کربوهیدرات‌های محلول تحت تاثیر آلودگی هوا

همانگونه که در شکل ۲ مشاهده می‌شود میانگین کربوهیدراتهای محلول در اقاقیا تحت تاثیر آلودگی هوا کاهش یافته و میانگین میزان کربوهیدراتهای محلول در گیاه

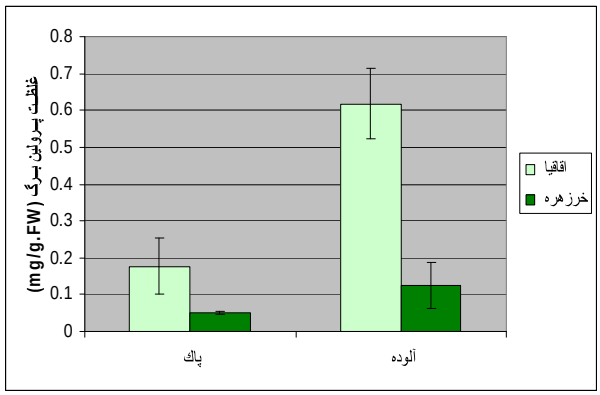
خرزهره نحت تاثیر آلودگی هـوا افـزایش یافتـه اسـت.وایـن تغییرات در سطح ۰/۰۵ معنی‌دار بوده است



شکل ۲: تغییرات میا نگین میزان کربوهیدرات‌های محلول برگ اقاقیـا و خرزهره در اثر آلودگی هوا (برحسب میلی گرم بر وزن تر برگ)

تغییر غلظت پرولین تحت تاثیر آلودگی هوا

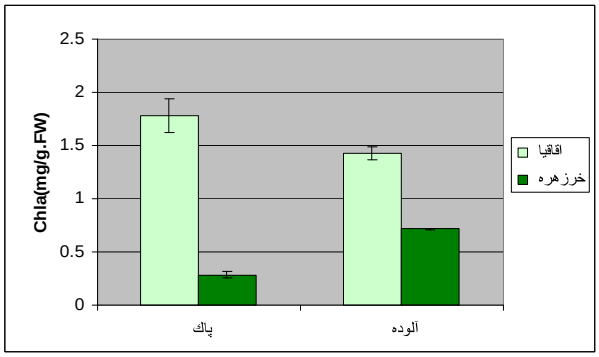
همانگونه که در شکل ۳ مشاهده می‌شود میانگین غلظت پرولین در دو گیاه اقاقیا و خرزهره تحت تـاثیر آلـودگی هـوا افزایش یافته است.



شکل ۳: تغییرات میانگین غلظت پرولین برگ اقاقیـا و خرزهـره در اثـر آلودگی هوا (برحسب میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ)

تغییرات مقدار کلروفیل a

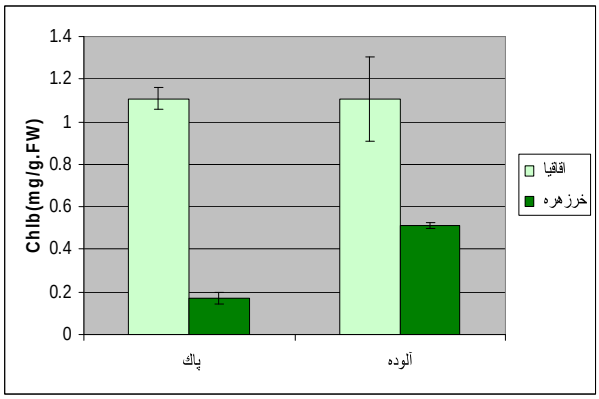
همانگونه که در شکل٤ نشان داده شـده اسـت میـانگین مقدار کلروفیلa تحت تاثیر آلودگی هوا در گیاه اقاقیا کـاهش و در مورد خرزهره افزایش یافته است. و ایـن تفـاوت‌هـا در هر دو مورد از نظـر آمـاری در سـطح ۰/۰۵ معنـی دار بـوده است.



شکل ٤: تغییرات میا نگین مقدار کلروفیل a در برگ اقاقیا و خرزهره در اثر آلودگی هوا (برحسب میلی گرم در گرم وزن تر برگ)

تغییرات مقدار کلروفیل b

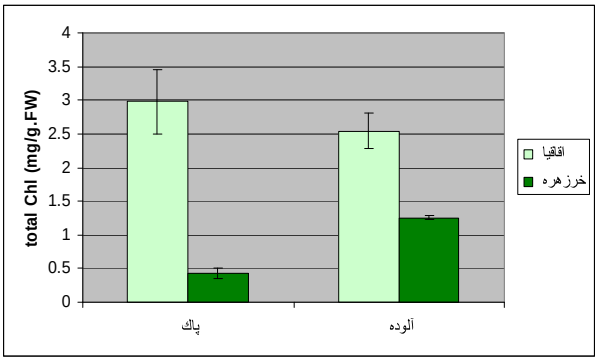
همانگونه که در شکل ۵ نشان داده شده است، میـانگین مقدار کلروفیل b در گیاهانی که تحت تاثیر آلودگی بوده‌انـد، تغییر کرده است و این تغییر در گیاه اقاقیا در جهـت افـزایش بوده است. این تفاوت‌ها در گیاه اقاقیا از نظر آماری معنی‌دار نبوده، ولی در گیاه خرزهره در سطح ۰/۰۵ معنی‌دار است.



شکل ۵: تغییرات میا نگین مقدار کلروفیل b در برگ اقاقیا و خرزهره در اثر آلودگی هوا (برحسب میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ)

تغییرات مقدار کلروفیل کل

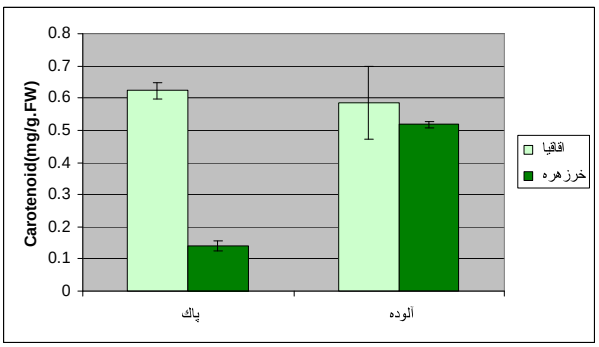
همانگونه که در شکل ٦ نشان داده شده است. میـانگین مقدار کلروفیل کل در گیاهانی که تحت تاثیر آلودگی بوده‌اند، تغییر کرده است. این تغییرات در مورد گیاه اقاقیـا در جهـت کاهش و در مورد گیاه خرزهره در جهت افزایش بوده است. این اختلاف‌ها در مورد هر دو گیاه از نظـر آمـاری در سـطح ۰/۰۵ معنی دار بوده است.



شکل ٦: تغییرات میانگین مقدار کلروفیل کل در برگ اقاقیا و خرزهره در اثر آلودگی هوا (برحسب میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ)

تغییرات مقدار کاروتنوئیدها

همانگونه که در شکل ۷ نشان داده شده است.میانگین مقدار کارتنوئیدها در گیاهانی که تحت تاثیر آلودگی قرار داشته اند تغییرکرده است این تغییرات در مورد اقاقیا در جهت کاهش و در مورد خرزهره در جهت افزایش بوده است.



شکل ۷: تغییرات میانگین مقدار کاروتنوئید در برگ اقاقیا و خرزهره در اثر آلودگی هوا (برحسب میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ)

بحث و تفسیر

در تحقیق حاضر مشخص شد که در حضور آلاینده‌های هوا سطح برگی در هر دو گیاه اقاقیا و خرزهره بطور معنی‌داری کاهش می‌یابد.

Jager و همکاران در سال ۱۹۹۳ گزارش کردند که آلودگی هوا توانایی تولید محصول و کیفیت غذایی در محصول گیاهان را کاهش می‌دهد.

Reinert در سال ۱۹۸٤، Mansfieldو McCune در سال ۱۹۸۸، Kohut در سال ۱۹۸٤، Runeckle در سال ۱۹۸٤، Ormrod در سال ۱۹۸۲ و Dammgen و Weigel در سال ۱۹۹۸ در مطالعات خود تاثیر آلاینده‌های گازی را بر کاهش رشد گیاه اثبات کردند.

Kulshreshtha و همکاران در سال ۱۹۹٤ گزارش کردند که ذرات خروجی از اگزوز ماشین‌ها روی برگها ته‌نشین می‌شوند و رشد گیاه را کاهش می‌دهند.

Naidoo و Chirkoot در سال ۲۰۰٤ بیا ن داشتند که در اثر آلاینده‌های هوا مبادله گازها در سطح برگ کم می‌شود و کاهش سرعت فتوسنتز بوسیله مسدود شدن روزنه‌ها اتفاق می‌افتد.

Laurence و Weistein در سال ۱۹۸۱ گزارش کردند که مرکباتی که برای چندین ماه در معرض ترکیبات فلوئور بوده اند به پریدگی رنگ، ایجاد برگهای کوچکتر، کاهش محصول و ضعیف شدن درخت دچا ر گردیده اند.

تاثیر آلودگی هوا بر میزان کربوهیدرات‌های محلول

در تحقیقات اولیه درآزمایشگاه Earhart مشخص شد که قندهای محلول در گیاهان گوجه فرنگی، چغندر و اسفناج در محافظت در برابر دود ایجاد می‌شوند. بعداً مشخص شد که رابطه ای بین مقدار ازون درگیاهان لوبیا خال خال (*Pinto bean*) و مقدار قندهای محلول در برگ وجود دارد و مقدار بیشتر و یا کمتر قندهای برگ بطور مثبتی با محافظت در برابر ازون ارتباط دارد (Dugger et al, 1970).

با واریته Pinto از گیاهان bean مشخص شد وقتی که گیاهان در معرض اکسیدانت قرار می‌گیرند اگر مقدار قندهای برگ بین ۱ تا ٤ میلی‌گرم در هر گرم وزن تر برگ باشد آسیب ازون مشاهده می‌شود.

در این تحقیق مقدار کربوهیدرات‌های محلول در اقاقیا از ۱/۹٦۸ میلی‌گرم در هر گرم وزن تر برگ به ۱/۳۹۳

میلی‌گرم کاهش یافت واین مسئله می‌تواند آسیب پذ یر بودن اقاقیا را نشان دهد. ولـی میـزان کربوهیـدراتهای محلـول در خرزهره از ۲/۷۰۲ میلی گرم در هـر گـرم وزن تـر بـرگ در محیط پاک به ٤/۰۸۵ میلی گرم افـزایش یافتـه اسـت و ایـن مسئله می‌تواند مربوط به مقاوم بودن گیاه خرزهـره در برابـر آلودگی هوا نسبت به اقاقیا باشد.

Ashmore درسال ۲۰۰۰ با مطالعه چنـد گونـه درختـی نشان داد که ازون می‌تواند میزان کربن در برگهـا را افـزایش دهد و این کار را یا به علت نیاز به جذب بالاتر برای جبـران فرایندها یا به دلیل کاهش هدایت آوند آبکش انجام می‌دهد.

مطالعات Kameli و همکاران در سال ۱۹۹۳و Keller و Ludlow در سال ۱۹۹۳ بر روی گیاهان مختلـف نـشان داده است که انواع مقاومتر نـسبت بـه انـواع حـساس از افـزایش هیدراتهای کربن محلول بیشتری برخوردارربوده اند.و در ایـن مطالعه هم خرزهره با افزایش قند خود توانسته است نـسبت به اقاقیا مقاومت بیشتری در برابر آلودگی هوا نشان دهد.

تاثیر آلودگی هوا بر میزان پرولین

پرولین بعنوان پاک کننده رادیکال‌های هیدروکسیل عمل می‌نماید (Rhodes, 1987). در این تحقیق مشخص شـد کـه میزان پرولین در گیاه اقاقیا تحت تاثیر آلـودگی ۳/٤۷ برابـر و در گیاه خرزهره ۲/٤۸ برابر افزایش یافته است.

Kovar و همکاران در سال ۲۰۰۱ بیـان داشـتند کـه در بسیاری از گیاهان پرولین آزاد در پاسخ بـه تـاثیر تـنش‌هـای زیستی و غیرزیستی انباشته می‌شود پـرولین در گیاهـان جـو تحت تنش خشکی افزایش می‌یابد.

نقشهای فیزیولوژیکی متعددی بـرای تجمـع پـرولین در واکنش به تنش گزارش شده است که مهمترین آنها تاکید بـر نقش پرولین به عنوان یک ماده تنظیم کننده اسـمزی و عامـل حفاظت کننـده آنـزیم‌هـای سیتوپلاسـمی و سـاختمان غـشا می‌باشد. تجمع پرولین هنگامی صورت می‌گیرد کـه پتانـسیل آب برگ به زیر حد آستانه لازم رسـیده باشـد و بـالای ایـن محدوده تغییرات پرولین اندک است (Levitt, 1980).

Marzoak و همکاران در سال ۱۹۹۰ گزارش کردند کـه تجمع پرولین عموما وقتی شروع می‌شود کـه تـنش آبـی بـه حدی شدید باشد که موجب جلوگیری از رشـد و همچنـین بسته شدن روزنه‌ها می‌شود.

افزایش پرولین در تنش‌های دیگر نظیر تنش شوری نیـز دیده شده است بطوریکه با افزایش شوری در دو رقـم کلـزا PF و Hyola پـرولین افـزایش مـی‌یابـد (قربـانلی و مقیـسه، ۱۳۸۱).

تاثیر آلـودگی هـوای محـیط بـر روی رنگیـزه‌هـای فتوسنتزی

در این تحقیق مشاهده شد کـه در میـزان کلروفیـل a و کلروفیل کل و کاروتنوئیدهـا بـر اثـر آلـودگی هـوا در اقاقیـا کاهش معنی داری ایجاد می‌شود و میزان کلروفیل b تغییـری نمی‌کند.

همچنین در میزان کلروفیل a و کلروفیـل b و کلروفیـل کل و کاروتنوئیدها در اثر آلودگی هـوا در گیاهـان خرزهـره افزایش معنی داری ایجاد می‌شود. پس به نظـر مـی‌رسـد کـه میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی تحت تاثیر آلودگی هوا در اقاقیـا کاهش یافته و این خود موجب شـده اسـت کـه گیـاه اقاقیـا نتواند سایر فعالیتهای متابولیسمی خـود را انجـام دهـد و در برابر آلودگی هـوا آسـیب بیـشتری ببینـد، ولـی خرزهـره بـا افزایش رنگیزه‌های فتوسنتزی در برابر آلودگی هـوا مقاومـت کرده و ظاهراً سالم بماند.

Sanderman در سال ۱۹۹۸ و Langebartels وهمکاران در سـال ۱۹۹۱ مـشاهده کردنـد کـه پیگمانهـای فتوسـنتزی کلروپلاست تحت تاثیر ازون تا حد زیادی بی اثر مـی‌شـوند صنوبر نوروی دچار فقدان پیگمان و کلروزیس و کـاهش در ظرفیت فتوسنتزی در ماه می(اردیبهشت و خرداد) می‌شود.

Oka و همکاران در سال ۲۰۰۳ مشاهده کردند که تحت تاثیرپر اکسی استیل نیترات (PAN) وزن تر و مقدار پیگمان‌های فتوسنتزی در دو واریته گلهای آبی و سفید اطلسی (Petunia hybrida) کاهش می‌یابد.

Larcher در سال ۲۰۰۳ بیان داشت که در اثر فتواکسیداسیون (اکسایش نوری) سولفیت به سولفات در کلروپلاست‌ها مقدار رادیکال‌های سوپر اکسید افزایش می‌یابد که اگر سریعا به وسیله سوپر اکسید دیسموتاز (SOD) مهار نشوند موجب تخریب کلروفیل‌ها خواهند شد.

Fleschin و همکاران در سال ۲۰۰۰ بیان داشتند که کاروتنوئیدها در پلاست‌های بافت‌های گیاهی اعم از فتوسنتزی و غیرفتوسنتزی وجود دارند. عملکرد کاروتنوئیدها در کلرو پلاست‌ها به عنوان رنگدانه‌های ضمیمه در گرفتن نور می‌باشد. اما احتمالاً نقش مهمتر آنها حفاظت از سلولها و ارگانیسم‌های زنده در مقابل رادیکال‌های آزاد آسیب‌های اکسیداتیو می‌باشد.

Pell و همکاران در سال ۱۹۹۷ بیان داشتند که یکی از علامتهای آسیب ازون کاهش در مقدار روبیسکو همزمان با کاهش سطح رونوشت mRNA برای زیر واحدهای کوچک روبیسکو و کلروفیل a/b می‌باشد.

این نتایج نشان می‌دهد که بعضی از عکس‌العمل‌های این دو گیاه در برابر آلودگی هوا یکسان و بعضی متفاوت بوده است. پس می‌توان گفت گیاهان مختلف با بکار گیری مکانیسم‌های دفاعی متفاوت با شرایط موجود سازگاری یافته و به رشد خود ادامه می‌دهند، بطور کلی هر دو گونه گیاهی توانسته‌اند در برابر تنش آلودگی هوا مقاومت نسبی از خود نشان دهند، ولی چون خرزهره از نظر ظاهری در برابر آلودگی هوا تغییر چندانی نمی کند و ظاهرا سالم می‌ماند شاید در برابر آلودگی مقاوم تر و اقاقیا حساس تر باشد.

اگر گیاه خرزهره به عنوان یک گیاه مقاوم در برابر آلودگی هوا در نظرگرفته شود می‌توان گفت عواملی مانند وجود کریپت در اپیدرم تحتانی برگ باعث نفوذ کمتر آلاینده‌ها در این گیاه شده است و همچنین این گیاه با افزایش کربوهیدرات‌های محلول و میزان کلروفیل و کارتنوئیدها و افزایش اندک پرولین توانسته در برابر آلودگی هوا مقابله کند ولی اقاقیا با کاهش کربوهیدراتهای محلول و کلروفیل و کارتنوئیدها و افزایش بیش از حد پرولین مقاومت کمتری نسبت به آلودگی هوا نشان داده و آسیب دیده است.

منابع

مقیسه.ا، (۱۳۸۰) بررسی اثر شوری بر چند جنبه فیزولوژیکی دو رقم کلزا پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال به راهنمایی دکتر مه لقا قربانلی

Ashmore, MR (2000) Effects of oxidants at the whole plant and community level, In: Air pollution and plant life. Bell,J.N.B.Treshow. M, John Wiley &sons, Ltd.

Battes. S, Waldren. RP, Teare. ID (1973) Rapid determination of free proline for water stress studies, Plant and Soil, 29:205-207

Breusgem. FV, Vranova.E,Dat.JF, Inze.D (2001) The role of active oxygen species in plant signal transduction. plant science. 161,405-414

Dammgen. U, Weigel. HJ (1998) Trends in atmospheric composition (nutrients and pollutants) and their interaction with agroecosystems. In Sustainable Agriculture for food. Energy and Industry:Strategy towards Achievement. El Bassam. N Behl. R. Prochnow. B, eds. (James and James), 85- 93

Dugger. WM, Ting. IP (1970) Air pollution oxidants –their effects on metabolic processes in plants. Annu. Rev. Plant Physiol. 21:215-34

Fales.FW (1951) The assimilation and degradation of carbohydrates by yeast cells. Journal of Biological Chemistry. 193:113-124

Fleschin. S, Fleschin. M, Nita. S, Pavel. E, Mageara. V (2000) Free radicals mediated Protein oxidation in biochemistry.Roum Biothechnol, Lett. 5(6), 479-495

Heath. RL (1980) Initial events in injury to Plants by air pollutants.Annu. Rev. Plant Physiol. 31: 395-431

Jindal. V, Atwal. A, Sekhon. BS, Singh. R (1993) Effects of vesicular-arbuscular mycorrhizae on metabolism of plant under NaCl salinity. Plant Physiology and Biochemistry , 31:475-481

Jager. HJ, Unsworth. MH, De Temmerman. L, and Mathy. P (eds) (1993) Effects of Air Pollution on Agricultural Crops in Europe. Air Pollution Research Report 46, Commission of the European Communities

Kameli. A, Losel. DM. (1993) Carbohydrates and water stress in wheat plants under water stress. New pytologist 125(3). 609-614

Keller.F, Ludlow (1993) Carbohydrates metabolism in drought – stressed leaves of pigeonpea (Cajanus cajana).J. of Experimental Botany, Vol. 44. NO. 265. 1351-1359

Kovar. M.O. Lsovska. K, Dragunova. M,D anko. J, Brestic. M (2001) Genotypic variation in proline content and osmotic adjustment for drought tolerance in Barley plants Journal Central European Agriculture, September.

Kohut.RJ (1984) The effects of SO2 and O3 on plant In : Sulfur Dioxie and Vegetation , Winner. W.E Mooney ,H.A. Goldsterin. R.A. eds (Stanford : Stanford University Press).296-312

Kulshreshtha.K, Srivastava. K, and Ahmad. KJ (1994) Effect of automobile exhaust pollution on leaf surface structures of Calotropis procera L. and Nerium indicum L. Feddes Repertorium 105:185-189

Langebartels. C, Kerner.K, Leonardi. S, Schraudner. M, Trost. M (1991) Biochemical plant responses to ozone. I. Differential induction of polyamine and ethylene biosynthesis in tobacco. PlantPhysiol.95:882-89

Larcher. W. (2003) Physiological Plant Ecology and stress physiology of Functional Groups. Spriger-Verlag, 513

Laurence. JA, Weinstein. LH (1981) Effects of air pollutants on plant productivity. Annu. Rev. Phytopathol. 19:257-71

Levitt. J (1980) Salt and ion stresses respons of plant to environmental stresses Academic press New york vol II P:365-488

Lichtenthaler. H.K (1987) Chlorophylls and Carotenoids :Pigments of Photosynthetic biomembranes Methods in Enzymology 148:350-380

Mansfield. TA, McCune. D.C. (1988) Problems of crop loss assessment when thre is exposure to two or more gaseous pollutants In: Assessment of Crop loss from Airpollutants Heck, W.W, Taylor. O.C. Tingey. D.T.eds (London :Elsevier Applied Science), 317-344

Marzoak.B M, Zarro. uk, Cheri.A (1990) Glycerolipid biosynthesis in eipening Olive frats. P 228-230 In P.j. Quinn and G.L.

Naidoo. G and Chirkoot. D (2004) The effects of coal dust on photosynthetic performance of the mangrove, Avicennia marine in Richards Bay, South Africa. Environmental Pollution 127:359-366.)

Oka. E, Yuko. T, Takeshi. O, Noriaki. K (2003) A Physiological and morphological study on the injury caused by exposure to the air pollutant , peroxyacetyl nitrate (PAN),Based on the quantitative assessment of the injury. the Botanical Society of Japan and Springer Verlag Tokyo

Ormrod.DP (1982) Air pollutant interaction in mixture In: Effects of Gaseous Air pollutants in Agriculture and Horticulture. Unsworth, M. H. Ormrod. DP. Eds (Butterworth: London). 307-311

Pell. EJ, Schlagnhaufer. C.D, Arteca. RN (1997) Ozone-induced oxidative stress:Mechanisms of action and reaction, physiologia plantarum.100:264-273

Rhodes. D (1987) Metabolic responses to stress. In the biochemistry of Plant (Davies ed) vol:12 Academic press. New York 201-241

Reinert. R.A. (1984) Plant response to air pollutant mixtures. Annu. Rev.Phytopathol. 22:421-42

Runeckles V. C (1984) Impact of air pollutant combinations on plants In: Air polution and plant life, Treshow, M, ed , (NewYork:John Wiley &sons), 239-285

Sandermann.Jr H, Ernst. D, Heller.W, Langebartels. C. (1998) Ozone: an abiotic elicitor of plant defence reactions. -Trends Plant Sci. 3: 47-50.