نشریه فیزیولوژی محیطی گیاهی، سال یازدهم، شماره ۴۲، تابستان ۱۳۹۵ / صفحات: ۸۴-۷۵

بررسی اثرات آلودگی هوا بر برخی از شاخص‌های فیزیولوژیکی گیاه *Pyracantha crenulata* واریته kansuensis در دو منطقه پاک و آلوده تهران

طاهره ظفری[۱]، مریم بی‌خوف تربتی*[۲]، فرهنگ مراقبی[۲]، رویا رضوی‌زاده[۱]

[۱]گروه زیست‌شناسی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران

[۲]گروه زیست‌شناسی، دانشکده علوم پایه، واحد یادگار امام خمینی (ره) شهرری، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۹۵/٤/۲۸ تاریخ پذیرش: ۹۵/٦/۲۵

چکیده

آلودگی هوا بر موجودات زنده اثرات متنوعی می‌گذارد. گیاهان به‌دلیل اینکه براساس تغییرات شرایط محیطی امکان جابجایی ندارند، ناگزیرند جهت سازش با شرایط سخت، یکسری تغییرات فیزیولوژیکی و مورفولوژیکی را متحمل شوند. بر این اساس تحقیق حاضر به‌منظور مطالعه تأثیر آلودگی هوا بر برخی شاخص‌های فیزیولوژیکی نظیر مقدار رنگیزه‌های کلروفیلی، ترکیبات کاروتنوئیدی آنتوسیانین، میزان پروتئین و نیز فعالیت دو آنزیم آنتی‌اکسیدانی گیاه *P.kansuensis* انجام گردید. نتایج این تحقیق نشان داد میزان رنگیزه‌های کلروفیل a، کلروفیل b، کاروتنوئیدها و نیز میزان پروتئین در منطقه پاک نسبت به‌منطقه آلوده به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. ولی میزان آنتوسیانین در منطقه پاک نسبت به منطقه آلوده تغییر چندانی نداشت. همچنین در بررسی فعالیت آنزیم کاتالاز و سوپراکسید دیسموتاز مشخص شد در منطقه آلوده فعالیت این آنزیم نسبت به منطقه پاک افزایش معنی‌داری داشت. این نتایج نشان می‌دهد آلودگی هوای تهران می‌تواند بر بازده فتوسنتز گیاهان و تصفیه هوا که علاوه بر زیبایی فضای شهری یکی از اهداف گسترش فضاهای سبز در شهرهای بزرگ می‌باشد اثرات سوء داشته باشد.

واژه‌های کلیدی: آلودگی هوا، آنتوسیانین، پروتئین، پیراکانتا، کاروتنوئید، کلروفیل

مقدمه

آلودگی عبارت است از وجود یک یا چند آلوده کننده اعم از جامد، مایع، گاز و تشعشعات پرتوزا در هوای آزاد که بر حسب مقدار، مدت و ویژگی‌ها برای انسان ، حیوان یا گیاه مضر باشد و باعث اختلال در زیست موجودات زنده گردد (Olumi et al., 2016) بنابراین نوع، کمیت، ویژگی‌ها و زمان تماس بر میزان تأثیر آلوده کننده‌ها بر انسان و محیط اهمیت پیدا می‌کند (Mansur, 1999). به‌طورکلی آلودگی‌های محیطی شامل آلودگی‌های مختلف در هوا، خاک، آب می‌باشد. با توجه به این موضوع اهمیت کشف روش‌های کارآمد به‌منظور جلوگیری از ورود این آلودگی‌ها به پیکره گیاهان خصوصاً در مناطق آلوده ضرورت پیدا می‌کند (Nezami et al., 2008). گیاهان سبز اولین حلقه از زنجیره اکوسیستم می‌باشند، هر گونه تأثیر زیان‌باری بر گیاهان، حیات و سلامت سایر حلقه‌های این زنجیره را به خطر می‌اندازد، در نتیجه توجه به حفظ سلامت گیاهان از اهمیت بالایی برخوردار می‌باشد. از جمله عمده‌ترین آلاینده‌های موجود در هوا را می‌توان به دی‌اکسید سولفور (SO_2)،

*نویسنده مسئول: maryam.bikhof@gmail.com

Archive of SID

www.SID.ir

دی اکسید نیتروژن (NO_2)، سرب (Pb)، ازن (O_3)، ترکیبات فلورین، دوده و ذرات معلق کمتر از ۱۰ میکرون (PM10) اشاره نمود (Nezami et al., 2008).

گیاهان، خصوصاً گیاهان ساکن در محیط‌های آلوده، در پاسخ به آلاینده‌های محیطی از طریق مکانیسم‌های خاص تا حد زیادی از خود مقاومت نشان می‌دهند. آلودگی هوا می‌تواند موجب تغییر در مقدار یک سری پارامترهای بیوشیمیایی و فیزیولوژیکی گیاهان گردد. برای مثال اگر غلظت SO_2 در گیاه به بیش از حد استاندارد افزایش یابد، سلول‌ها ابتدا غیر فعال شده و سپس می‌میرند (Thomas,1985).

Pyracantha گیاهی است که رویشگاه اصلی آن جنوب شرقی اروپا و جنوب شرق آسیا می‌باشد و دارای گونه‌های متعددی از جمله *Pyracantha crenulata* است. این گیاه در خانواده گیاهان Rosaceae طبقه‌بندی می‌شود. ویژگی‌های مورفولوژیکی و ریخت‌شناسی آن عبارتند از: درختچه‌ای همیشه سبز و دارای برگ‌های بیضوی است، ارتفاع آن ۱ تا ٦ متر، قطر تاج آن ۲ تا ۵ متر، فرم تاج آن مدور و گلدانی شکل و سریع‌الرشد است، در محیط آفتابی یا نیمه سایه کاشته می‌شود و در اوایل تابستان و اواخر بهار گلدهی می‌کند. *Pyracantha*دارای ترکیبات فلاونوئیدی و پرو-آنتوسیانیدین مختلف از جمله لوتئولین، آپی ژنین گلوکوزیدها، روتین و مایتانسین می‌باشد. مطالعات نشان داده است که متابولیت‌های مختلف مانند مایتانسین و هیدروژن سیانید موجود در این گیاه دارای خاصیت ضد سرطانی می‌باشند (Arzu ucar turker et al., 2012). مایتانسین ماده سایتوتوکسیک است که با اتصال به توبولین از تجمع میکروتوبول‌ها جلوگیری می‌کند و از گیاهان جنس مایتنوس استخراج شده است. بنابراین آلودگی هوا با تغییر متابولیت‌های گیاه ممکن است بر خواص دارویی این گیاه نیز تأثیر گذار باشد (Lopus et al., 2010).

تاکنون تحقیقات متعددی در رابطه با اثر آلودگی‌های محیطی بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و مورفولوژیکی گیاهان مختلف انجام گرفته است. به‌عنوان مثال در تحقیقاتی اثر آلودگی هوا بر اکالیپتوس در دو منطقه آلوده و پاک در جنوب غربی ایران بررسی و نتایج نشان دادند در منطقه آلوده غلظت کربوهیدرات‌های محلول و میزان پرولین موجود در برگ افزایش یافته و آلودگی هوا سبب آسیب برگ‌ها، آسیب روزنه، پیری زودرس، کاهش فعالیت‌های فتوسنتز و کاهش رشد گردیده است (Agbaire and Esiefarienrhe, 2009). Oka و همکاران (۲۰۰۳) در مطالعه‌ای نشان داد که وزن تر برگ‌های اطلسی در شرایط آلودگی هوا تحت تاثیر پراکسی استیل نیترات کاهش می‌یابد. همچنین Hui Yun (۲۰۰۷) نشان داد آلودگی هوا در تنباکو باعث کاهش رنگیزه‌های فتوسنتزی و اختلال در عملکرد فتوسیستم II می‌شود.

Olumi و همکاران (۲۰۱٦) با بررسی اثر آلودگی‌های محیطی منطقه اطراف کارخانه مس سرچشمه بر ویژگی‌های بیوشیمیایی و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی گونه‌های کاج *P. nigra* و *P. elderica* نشان دادند آلودگی محیطی این منطقه بر فرایندهای زیستی گیاهان موثر است. به‌طوری‌که باعث کاهش رنگیزه‌های فتوسنتزی در هر دو گونه گردید.

با توجه به میانگین آلاینده‌ها و شاخص آلودگی هوا مطابق اطلاعات سازمان حفاظت محیط زیست و اداره کنترل کیفیت هوای شهر آلودگی هوای تهران ۲/۸ برابر استاندارد جهانی است، در تهران، یکی از مناطق آلوده در جنوب غربی وغرب تهران منطقه پارک لاله و یکی از مناطق پاک در شرق تهران، پارک سرخه حصار می باشد. بنابراین در این تحقیق هدف

Archive of SID

www.SID.ir

آن است که این مناطق به عنوان مناطق پاک (شاهد) و آلوده برای بررسی اثر آلودگی هوای تهران بر برخی شاخص‌های فیزیولوژیکی نظیر رنگیزه‌ها، پروتئین و فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدانی نظیر آنزیم کاتالاز و آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز برگ گیاه *Pyracantha crenulata* Var. kansuensis مورد ارزیابی قرار گیرد.

مواد و روش‌ها

جمع آوری نمونه‌ها: طبق گزارشات سازمان کنترل کیفیت هوای تهران، منطقه ۱۳ (فضاهای سبز) به‌عنوان منطقه پاک و منطقه ٦ (پارک لاله) به‌عنوان منطقه آلوده جهت جمع‌آوری نمونه در این تحقیق انتخاب گردید. پس از شناسایی واریته Kansuensis گیاه *Pyracantha crenulata*، برگ گیاه از تعداد ۲۰ پایه تقریباً مشابه به‌صورت تصادفی در هر دو منطقه پاک و آلوده با ویژگی‌های جغرافیایی و ارتفاع تقریباً یکسان به‌طور هم‌زمان جمع‌آوری گردید.

سنجش میزان کلروفیل و کاروتنوئیدها (Lichtenthaler, 1987): براساس این روش ۲ گرم برگ تر وزن شد و در هاون چینی که حاوی ۵ میلی‌لیتر استن ۸۰ درصد بود سائیده شد. محتوای هاون روی کاغذ صافی واتمن شماره ۱ که در قیف شیشه‌ای قرار داشت ریخته و صاف گردید. سپس ۱۰ میلی‌لیتر دیگر استن به آن اضافه شد. این محلول حاوی کلروفیل a و b و کاروتنوئیدها است. ۳ میلی‌لیتر از این محلول در کووت ریخته شد و شدت جذب آن در طول موج‌های ۲,٦٦۳ و ۸,٦٤٦ و ٤۷۰ نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر خوانده شد. برای تنظیم دستگاه اسپکتروفتومتر خوانده شد. برای تنظیم دستگاه اسپکتروفتومتر از استن ۸۰ درصد به‌عنوان شاهد استفاده شد. غلظت این رنگیزه‌ها با استفاده از فرمول‌های زیر محاسبه گردید:

$Chl.a\ (mg.ml^{-1})=(12.25A_{663.2})-(2.79A_{648.8})$
$Chl.b(mg.ml^{-1})=(21.51A_{646.8})-(5.1A_{668.2})$
$Ch.T(mg.ml^{-1})=Chl.a+Chl.b$
$Car(mg.ml^{-1})=(100A_{470}-1.8Chl.a-85.02\ Chl.b)/198$

که در این فرمول Car, Chl.T, Chl.b, Chla به‌ترتیب از راست به چپ معرف غلظت کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل و کاروتنوئیدها (شامل کاروتن‌ها و گزانتوفیل‌ها) می‌باشد.

سنجش آنتوسیانین (Wagner, 1979): جهت اندازه‌گیری این رنگیزه دیسک‌های برگی تهیه شده از گیاه را در هاون چینی با مقداری متانول اسیدی (متانول خالص و اسیدکلریدریک خالص به نسبت حجمی (۱:۹۹) کاملاً ساییده و عصاره در لوله‌های آزمایش سرپیچ دار ریخته شد و به‌مدت ۲٤ ساعت در تاریکی و دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت. سپس جذب در طول موج ۵۵۰ نانومتر خوانده شد.

سنجش پروتئین کل (Bradford, 1976): برای اندازه‌گیری پروتئین کل از روش برادفورد استفاده شد. روش مذکور بر اساس اتصال ماده رنگی کوماسی بریلیانت بلو G250 به اسید آمینه‌های آرژینین، تریپتوفان، تیروزین، هیستیدین و فنیل آلانین در مولکول‌های پروتئین استوار است. این اتصال تولید یک ماده رنگی می‌کند که حداکثر جذب نوری آن در ۵۹۵ نانومتر می‌باشد.

سنجش فعالیت آنزیم کاتالاز (Aebi,1984): جهت اندازه‌گیری فعالیت آنزیم کاتالاز محلول واکنش حاوی H_2O_2 با غلظت ۵ میلی‌مولار و بافر فسفات ۵۰ میلی‌مولار با pH برابر با ۷ تهیه شد. ۱۵۰ میکرولیتر عصاره آنزیمی با ۱۳۵۰ میکرولیتر از محلول واکنش ترکیب شدند. با شروع تجزیه H_2O_2 در محیط، میزان کاهش جذب در طول موج ۲٤۰ نانومتر با دستگاه اسپکتروفتومتری اندازه گیری و فعالیت کاتالاز محاسبه گردید.

سنجش فعالیت آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز: اندازه‌گیری فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز طبق روش (Giannopolitis and Reis, 1977) صورت گرفت. مخلوط واکنش حاوی بافر فسفات سدیم با غلظت ۵۰ میلی‌مولار (pH=10.2)، ۰/۱ EDTA

Archive of SID

www.SID.ir

میلی‌مولار، ریبوفلاوین با غلظت ۱/۳ میکرومولار، متیونین با غلظت ۱۳ میلی‌مولار، نیتروبلوتترازولیوم ۶۳ میکرومولار همراه با ۱۰۰ میکرولیتر عصاره آنزیمی تهیه گردید و با آب مقطر به حجم ۳ میلی‌لیتر رسانده شد. واکنش پس از تابش نور (5000 LUX) به‌مدت ۱۵ دقیقه آغاز گردید و جذب نمونه در ۵۶۰ نانومتر با دستگاه اسپکتروفتومتری اندازه‌گیری و فعالیت سوپر اکسید دیسموتاز محاسبه شد. مقدار آنزیمی که سبب مهار ۵۰ درصد احیای نیترو بلو تترازولیوم در طول موج ۵۶۰ نانومتر گردد معادل یک واحد فعالیت آنزیمی می‌باشد که بر حسب یک واحد در دقیقه به ازای میلی‌گرم پروتئین محاسبه گردید.

آزمایش‌ها به‌صورت تصادفی با ۷ بار تکرار انجام شده و تجزیه وتحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری (SPSS version 16) انجام گرفت. آنالیز واریانس داده‌ها با روش one way ANOVA و آزمون Tukays براساس ($p\leq0.05$) محاسبه شد.

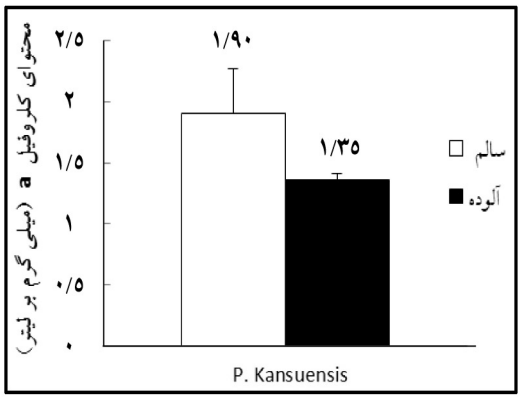
نتایج

نتایج سنجش رنگیزه‌ها در گیاه *Pyracantha crenulata* Var. kansuensis در دو منطقه پاک و آلوده: بررسی اثر آلودگی هوا بر میزان رنگیزه‌های برگ گیاه *Pyracantha crenulata* در منطقه آلوده نشان داد میزان کلروفیل a، b، کلروفیل کل و کارتنوئیدها در سطح ۵ درصد ($p\leq0.05$) نسبت به منطقه پاک کاهش معنی‌داری داشت ولی در مورد میزان آنتوسیانین در سطح ۵ درصد ($p\leq0.05$) تغییر معنی‌داری در منطقه آلوده نسبت به منطقه پاک مشاهده نشد. در جدول ۱ میانگین میزان رنگیزه‌ها و پروتئین در برگهای واریته *P. kansuensis* در دو منطقه پاک و آلوده همراه با انحراف معیار بدست آمده در محاسبات آماری آورده شده است.

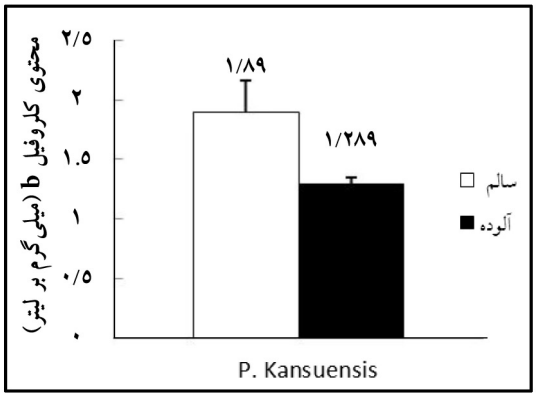
جدول ۱: مقایسه میانگین پارامترهای مورد سنجش در برگ‌های *P. cernulata* واریته kansuensis را در دو منطقه پاک و آلوده.

فاکتورها	کلروفیل a mg/lit	کلروفیل b mg/lit	کلروفیل کل mg/lit	کاروتنوئید mg/lit	آنتوسیانین mg/gfw	پروتئین mg/g fw	کاتالاز U/mg protein	سوپراکسید دیسموتاز U/mg protein
منطقه پاک	۱/۹۰±۰/۳۷۲	۱/۸۹۶±۰/۲۶۲	۳/۷۹۶±۰/۶۱۰	۰/۵۷۰±۰/۱۳۳	۰/۰۶۳۹±۰/۰۱۱۶	۰/۰۵۰۹±۰/۰۰۰۱	۱۴۰/۲۲±۲۰/۶۵	۱۵،۳۶±۱،۳۴۱
منطقه آلوده	۱/۳۵±۰/۰۵۶*	۱/۲۸۹±۰/۰۵۵*	۲/۶۴۷±۰/۰۳۸۷*	۰/۳۲۲±۰/۰۴۱۱*	۰/۰۷۲۹±۰/۰۱۵۷	۰/۰۵۶±۰/۰۰۰۱*	۲۹۶/۹۶±۵۲/۵۷*	۳۶،۲۱±۲،۴۱۱*

میانگین تیمارهایی که با علامت * در منطقه آلوده نشان داده شده است، نسبت به آن فاکتور در منطقه پاک در سطح احتمال ۵ درصد دارای تفاوت معنی‌داری هستند.

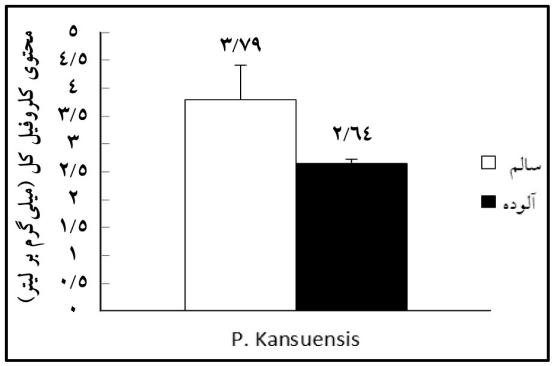


شکل ۱: اثر آلودگی هوا بر میزان کلروفیل a در گیاه *P. cernulata* واریته kansuensis در دو منطقه پاک و آلوده تهران

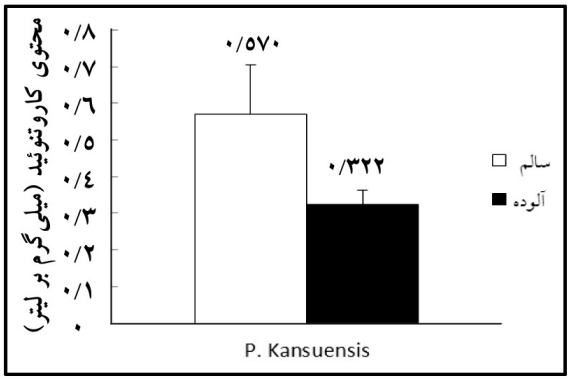


شکل ۲: اثر آلودگی هوا میزان کلروفیل b در گیاه *P. cernulata* واریته kansuensis در دو منطقه پاک و آلوده تهران.

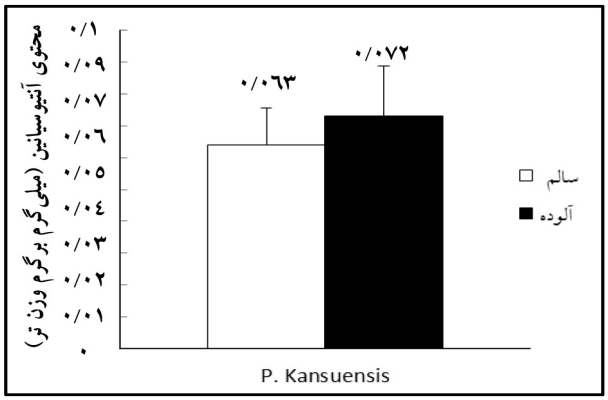
www.SID.ir



شکل ۳: اثر آلودگی هوا بر کلروفیل کل در گیاه *P. cernulata* واریته kansuensis در دو منطقه پاک و آلوده تهران

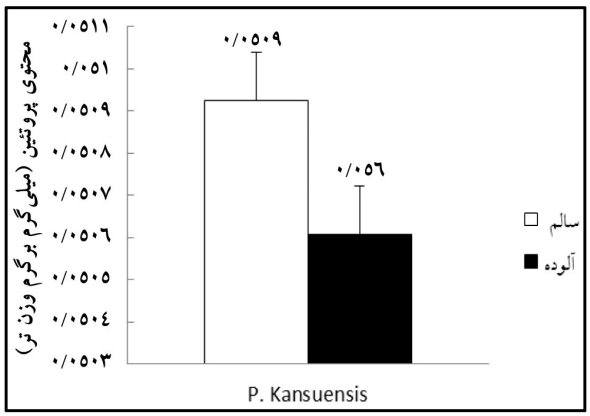


شکل ٤: اثر آلودگی هوا بر میزان کاروتنوئیدها در گیاه *P. cernulata* واریته kansuensis در دو منطقه پاک و آلوده تهران



شکل ۵: اثر آلودگی هوا بر میزان آنتوسیانین در گیاه *P. cernulata* واریته kansuensis در دو منطقه پاک و آلوده تهران

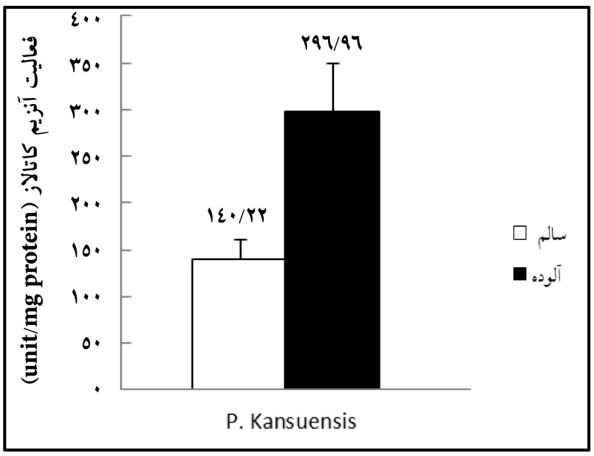
نتایج سنجش پروتئین در گیاه *Pyracantha crenulata* Var. kansuensis در دو منطقه پاک و آلوده: نتایج جدول ۱ نشان می‌دهد میانگین میزان پروتئین برگ در منطقه پاک ۰/۰۰۰۱۱٦±۰/۰۵۰۹ و در منطقه آلوده ۰/۰۰۰۱۱۵±۰/۰۵٦ می‌باشد. مطابق شکل ٦ مقدار پروتئین برگ در منطقه آلوده نسبت به منطقه پاک کاهش معنی‌داری در سطح ۵ درصد ($p\leq0.05$) نشان می‌دهد.



شکل ٦: اثر آلودگی هوا بر میزان پروتئین در گیاه *P. cernulata* واریته kansuensis در دو منطقه پاک و آلوده در شهر تهران

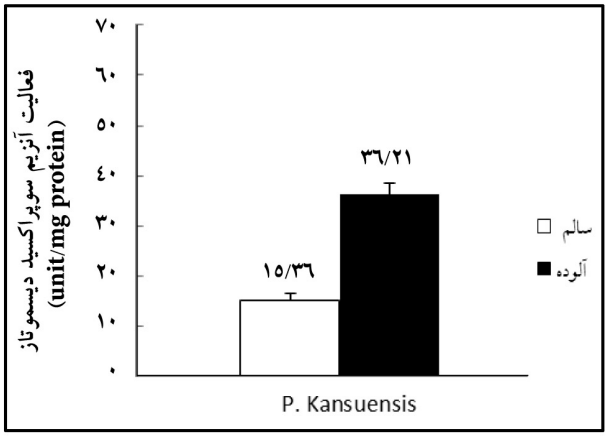
Archive of SID
www.SID.ir

نتایج سنجش فعالیت آنزیم کاتالاز در گیاه *Pyracantha crenulata* Var. kansuensis در دو منطقه پاک و آلوده: همان‌طور که در شکل ۷ مشاهده میگردد میزان فعالیت آنزیم کاتالاز در منطقه آلوده نسبت به منطقه پاک، تفاوت معنی‌داری را در سطح ۵ درصد ($p\leq0.05$) نشان می‌دهد.



شکل ۷: اثر آلودگی هوا بر فعالیت آنزیم کاتالاز در گیاه *P. cernulata* واریته kansuensis در دو منطقه پاک و آلوده تهران

نتایج سنجش فعالیت آنزیم سوپراکسیددیسموتاز در گیاه *Pyracantha crenulata* Var. kansuensis در دو منطقه پاک و آلوده: مطابق نتایج در شکل ۸، میزان فعالیت آنزیم سوپراکسیددیسموتاز در منطقه آلوده نسبت به منطقه پاک، تفاوت معنی‌داری را در سطح ۵ درصد ($p\leq0.05$) نشان می‌دهد.



شکل ۸ : اثر آلودگی هوا بر میزان فعالیت آنزیم سوپراکسیددیسموتاز در گیاه *P. cernulata* واریته kansuensis در دو منطقه پاک و آلوده تهران

بحث

آلودگی هوا بر میزان اغلب رنگیزه‌های عصاره برگ گیاه *Pyracantha crenulata* واریته kansuensis در دو منطقه پاک و آلوده تاثیر داشته، به‌طوری‌که میزان کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل و کاروتنوئیدها (شکل‌های ۱-٤) در منطقه آلوده نسبت به منطقه پاک در سطح ۵ درصد ($p\leq0.05$) کاهش معنی‌داری داشت. همان‌طور که در شکل ۱ نشان داده

www.SID.ir

شده آلودگی هوا باعث کاهش ۱/٤ برابری میزان کلروفیل a در منطقه آلوده نسبت منطقه پاک بوده است. همچنین میزان کلروفیل b و کلروفیل کل مطابق شکل‌های ۲ و ۳ در منطقه آلوده نسبت به منطقه پاک ۱/٤٦ برابر کاهش معنی‌داری نشان داده. مقدار کاروتنوئیدها نیز مشابه کلروفیل‌ها طبق شکل ٤ در منطقه آلوده ۱/۷۷ برابر منطقه پاک کاهش معنی‌داری یافت. نتایج این تحقیق حاکی از آن است که آلودگی هوا می‌تواند با کاهش رنگیزه‌های فتوسنتزی باعث کاهش فتوسنتز در گیاه گردد. این نتایج تاییدی بر نتایج تحقیقاتی است که توسط Joshi (۲۰۰۹) و همچنین Oka و همکاران (۲۰۰۳) انجام گرفت. به‌طوری‌که Joshi (۲۰۰۹) نشان داد آلودگی هوا باعث کاهش غلظت رنگدانه‌های فتوسنتزی در ٦ گونه درختی گردید. همچنین Oka و همکاران (۲۰۰۳) اثر پراکسی استیل نیترات) به‌عنوان یکی از آلاینده‌های هوا را بررنگیزه‌های فتوسنتزی گل‌های واریته آبی و سفید اطلسی را بررسی و نشان دادند این آلاینده باعث کاهش رنگیزه‌های فتوسنتزی در این گیاهان می‌گردد.

طی تحقیقاتی که در مورد تأثیر دو زغال بر ترکیبات کلروفیل و آناتومی و لایه‌های کوتیکولی روی گیاه *Euphobia hirta* انجام گرفت نشان داده شد که وزن خشک ساقه، ریشه و برگ در درجات مختلف کاهش یافته و نسبت وزن خشک اندام هوایی ریشه افزایش ودر مناطق آلوده به دود زغال، اندازه روزنه‌ها و مقدار آنها در سطح کاهش یافت. همچنین تأثیر آلودگی روی میزان کلروفیل a نسبتاً بسیار بیشتر از تأثیر مخرب آلودگی روی کلروفیل b بود. به عبارت دیگر غلظت کلروفیل a به میزان آلودگی هوا حساس تر می باشد و در نهایت طبق نتایج بدست آمده مقدار کلروفیل کل کاهش یافته است (Gupta, 1987).

مطالعات نشان داده یکی از دلایل کاهش میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی نظیر کلروفیل وجود فلزات سنگین در تنش آلودگی می‌باشد. از آنجا که ازجمله آلاینده‌های موجود در هوای تهران، فلزات سنگین نظیر سرب می‌باشد یون منیزیم مرکزی کلروفیل می‌تواند به‌وسیله فلزات سنگین جایگزین گردد. این امر باعث جلوگیری از به دام انداختن نور فتوسنتزی و در نتیجه ازبین رفتن کلروفیل و کاهش فعالیت فتوسنتزی گیاه می‌گردد (Prasad and Strazalka, 1999). همچنین رادیکال‌های آزاد تولید شده در طی تنش آلودگی می‌تواند باعث تجزیه رنگیزه‌های فتوسنتزی و در نتیجه کاهش رنگیزه‌ها گردد (Sairam et., 1998).

در پژوهشی اثر آلودگی هوای تهران بر گیاه اقاقیا نشان داد که اقاقیا با مکانیزیم‌های فیزیولوژیکی خود مانند افزایش آنتوسیانین و افزایش فعالیت آنزیم پراکسیداز می‌تواند پاسخ مناسبی به تنش آلودگی هوا بدهد (Maddah, 2015). نتایج تحقیق حاضر نیز نشان داد آلودگی هوای تهران بر گیاه پیراکانتا واریته kansuensis سبب افزایش ۱/۱٤ برابر میزان آنتوسیانین در منطقه آلوده نسبت به منطقه پاک مطابق شکل ۵ گردیده که البته درسطح ۵ درصد معنی‌دار نمی‌باشد.

آنتوسیانین‌ها در پاسخ به تنش‌های مختلف ازجمله فلزات سنگین موجود در آلودگی‌های محیطی، در گیاهان افزایش می‌یابد (Khavari-Nejad, 2015). علت افزایش میزان رنگیزه آنتوسیانین تحت تنش عناصر سنگین آن است که این ترکیبات با فعالیت آنتی اکسیدانی خود، اثرات تخریبی رادیکال‌های آزاد اکسیژن را در گیاهان کاهش می‌دهد (Neil, 2002).

Archive of SID

www.SID.ir

عـلاوه بـر ایـن آنتوسـیانین‌هـا گیاهـان را در برابـر ویروس‌ها، باکتری‌هـا و قـارچ‌هـا محافظـت مـی‌کنـد (Konczak et al., 2004).

تنش‌ها باعث القاء پروتئین‌های متعددی در گیاهان مختلف می‌شود. پروتئین‌های تجمع یافتـه در گیـاه در چنین شرایطی در صورت شدید بـودن تـنش ممکـن است در تنظیم اسمزی ایفای نقش کـرده و یـا اینکـه شـکلی از نیتـروژن را فـراهم کننـد کـه دوبـاره قابـل استفاده باشـد (Ashraf and Harris, 2004). مقایسـه میزان پروتئین برگ گیاه پیراکانتـا واریتـه kansuensis در منطقه آلوده نسبت به منطقـه پـاک در ایـن تحقیـق همان‌طور که در شکل ٦ مشاهده می‌شود حاکی از آن است که در تنش آلودگی هـوا میـزان پـروتئین بـرگ کاهش معنی‌داری یافته است. به‌طوری‌کـه ایـن نتیجـه تایید کننده نتایج تحقیقات پیشین در کـاهش پـروتئین گیاهان در تنش‌های محیطی می‌باشد، به‌طـوری‌کـه در این تحقیق نشان داده شـده میـزان پـروتئین‌هـای کـل متناسب با افزایش تنش خشکی در گیاه نخود کـاهش یافته است (Shinde and Thakur, 2015).

گیاهان برای مقابله بـا تـنش اکسـیداتیو ناشـی از رادیکال‌های فعال اکسیژن که باعث تخریب اسیدهای آمینه، پروتئین‌ها، اسیدهای نوکلئیک و پراکسیداسـیون لیپیـدهای غشـایی مـی‌شـوند، دارای مکانیسـم‌هـای آنتی‌اکسیدانی آنزیمی و غیرآنزیمی متعددی می‌باشند. سیستم دفـاع آنتـی‌اکسـیدانی سـلول در محافظـت از سلول‌های گیاهی در برابر رادیکال‌های فعال اکسـیژن در شرایط تنش‌های محیطی نظیر شـوری، خشـکی و آلـودگی نقـش مهمـی برعهـده دارد. آنـزیم‌هـای آنتی‌اکسیدان شـامل کاتـالاز، سوپراکسـید دیسـموتاز، آسکوربات پراکسیداز، پراکسیداز و گلوتاتیون ردوکتاز می‌باشد (Amini and haddad, 2013). آنزیم کاتـالاز مهمترین آنزیم برای مقابله با تنش اکسیداتیو ناشـی از آلاینده‌ها می‌باشد و برای پاکسازی رادیکـال‌هـای آزاد در گیـاه کـاربرد دارد (Qureshi et al., 2007). نتـایج این تحقیق نیز نشان داد میزان آنزیم کاتالاز در شرایط آلودگی مطابق شکل ۷ نسبت به محیط پاک ۲/۱ برابر افزایش یافته است. همچنـین بررسـی فعالیـت آنـزیم سوپراکسیددیسـموتاز نیـز بـه‌عنـوان یـک آنـزیم آنتی‌اکسیدانی دیگر نشان داد در منطقه آلـوده فعالیـت این آنزیم نسبت به منطقـه پـاک ۲/۳٦ برابـر افـزایش معنی‌داری داشته است. احتمـالاً افـزایش آنـزیم‌هـای کاتالاز و سوپراکسیددیسموتاز در شرایط آلودگی هـوا بـه‌دلیـل ایجـاد مقاومـت گیـاه kansuensis در برابـر استرس اکسیداتیو ناشی از آلودگی می‌باشد.

نتیجه‌گیری نهایی

نتایج این تحقیق نشان داد تـنش‌هـای محیطـی از جمله تنش آلودگی هوا سبب تغییرات فیزیولوژیکی از جمله تغییر در میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی و پـروتین در بـــرگ گیـــاه *P.crenulata* واریتـــه kansuensis به‌عنوان یک گیاه زینتی در پارک‌ها و معابر مـی‌گـردد بنابراین گیاهان با وجود آنکه در کاهش آلـودگی هـوا تا اندازه‌ای موثرند ولی آلودگی هوا اغلـب بـا کـاهش میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی، می‌تواند بازده فتوسـنتز و ظرفیت تصفیه هوای آنها را که علاوه بر زیبایی فضای شهری یکی از اهداف توسعه فضاهای سـبز در کـلان شهرها می‌باشد را تقلیل دهد. از طرفی میزان رنگیزه‌ها در برگ گیاه ممکن است متاثر از زمان برداشت نمونه باشد که بر این اساس پیشنهاد می‌گـردد در تحقیقـات آینده تاثیر آلاینده‌های هوای تهران بر میزان رنگیزه‌هـا و سـایر فاکتورهـای فیزیولـوژیکی گیـاه در فصـول مختلف در صورت امکان بررسی گردد.

Reference

Aebi, H. (1984). Catalase in vitro. Methods Enzymology. 105: 121–126.

Amini, Z. and Haddad, R. (2013). Role of photosynthetic Pigments and antioxidant enzymes against oxidative stress. Journal of Cellular and Molecular Researches. 26 (3): 251-265.

Agbaire, P.O. and Esiefarienrhe, E. (2009). Air pollution tolerance indices (apti) of

Archive of SID

www.SID.ir

some plants around Otorogun gasplant in Delta State, Nigeria. Journal of Applied Sciences and Environmental Management, 13(1): 11-14.

Ashraf, M. and Harris, P.A.C. (2004). Potential biochemical indicators of salinity toleranc in plants. Plant Science. 166: 3- 16.

Bradford, M.M. (1976). A rapid sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of proteindye binding. Analytical Biochemistry. 72: 248-254.

Giannopolitis, C.N. and Ries, S.K. (1977). Superoxide dismutase I. occurrence in higher plants. Plant Physiology. 59: 309-314.

Gupta, M.C. (1987). Effects of coal- smoke pollutant from different sources on the growth chlorophyll, stem anatomy and cuticular traits of *Euphorbia hirta* L. Environment Pollution. 47: 221-229.

Nezami, A. Khazaeia, H.R. Boroumand Rezazadeh, Z. and Hosseini, A. (2008). Effects of drought stress and defoliation on sunflower (*Helianthus annulus*) in controlled conditions. Desert. 12:99-104

Hui Yun, M. (2007). Effect of ozone on CO_2 assimilation and PSII function in plants with Contrasting pollutant Sensitivities. Ph.D Thesis, University of Virginia.

Joshi, PC. Swami, A.(2009). Air pollution induced changes in the photosynthetic pigments of selected plant species. Journal of Environmental Biology. 30(2):295-8.

Khavari-Nejad, R.A., Najafi, F. and Aslani, F. (2015) The effect of different concentrations of potassium dichromate on growth and some antioxidants contents and growth in *Zea mays* L. Journal of Plant Researches (Iranian Journal of Biology). 28(2): 285-296.

Konczak, I. and Zhang, W. (2004). Anthocyanins– more than nature's colours. Journal of Biomedicine and Biotechnology, 5: 239–240.

Lichtenthaler, H.K. (1987). Chlorophylls and carotenoids: Pigments of photosynthetic biomembranes. Methods Enzymology. 148: 350-382.

Lopus, M. Oroudjev, E. Leslie Wilson, E. Wilhelm, S. Widdison, W., Chari, R. and Ann Jordan, M. (2010). Maytansine and cellular metabolites of antibody-maytansinoid conjugates strongly suppress microtubule dynamics by binding to microtubules. Molecular Cancer Theraputics. 9(10): 2689–2699.

Maddah, S.M., Moraghebi, F., Kashani, Q., Farhangiyan, S. and Afdideh, F. (2015). Physical, physiological responses and resistance of acacia tree (*Robinia pseudoacacia* L.) under the influence of air pollution in Tehran, Environmental Plant Physiology Journal. 38: 56-48.

Mansur, G. (1999). Air pollution translations from Perkins, Tehran University Press P: 8-6.

Neill, S.O., Gould, K.S., Kilmartin, P.A., Mitchell, K.A. and Markham, K.R. (2002). Antioxidant activities of red versus green leaves in Elatostema reugosum. Plant Cell and Environment, 25: 539-547.

Oka, E., Yuko, T., Tkeshi, O. and 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.

Olumi, H., Rezanejad, F. and Keramat, B. (2016) Comparative study of biochemical parameters of *Pinus nigra* and *P. elderica* cultivated in the area around Sarcheshmeh Copper Complex and Kantuyeh. Environmental Plant Physiology Journal. 10(40): 1-12.

Prasad, M. and Strzalka, A. (1999). Impact of heavy metals on photosynthesis. Journal of Experimental Botany. 41:314-320.

Qureshi, M.I., Abdin, M.Z., Qadir, S. and Iqbal, M. (2007) Lead induced oxidative stress and metabolic alterations in *Cassia angustifolia* Vahl. Biology Plant. 51:121-128.

Sairam, R.K., Deshmukh, P.S. and Saxena, D.C. (1998). Role of antioxidant systems in wheat genotype tolerance to water stress. Biologia Plantarum. 41: 387-394.

Shinde, B.P. and Thakur, J. (2015). Influence of *Arbuscular mycorrhizal* fungi on chlorophyll, proteins, proline and total carbohydrates content of the pea plant under water stress condition. International Journal of Current Microbiology and Apply Sciences. 4(1): 809-821.

Thomas, M.D. (1985). Air pollution with relation to agronomic crops: I. general status if research on the effects of air pollution on plants. Agronomy Journal, 50: 545-550

Ucar Turker, A., Birinci Yildirim, A. and Pehlivan Karakas, F. (2012). Antibacterial and antitumor activities of some wild fruits grown in Turkey. Biotechnology and Biotechnology. 26 (1): 2765-2772.

Wagner G.J. (1977). Intracelular localization of vacuolar and cytosol components of protoplasts after vacuole isolation. Plant Physiology. 59: S-104.

Archive of SID

www.SID.ir