

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

طاهره ظفری<sup>۱</sup>، مریم بی‌خوف تربتی<sup>۲\*</sup>، فرهنگ مراقبی<sup>۲</sup>، رویا رضوی‌زاده<sup>۱</sup>

<sup>۱</sup>گروه زیست‌شناسی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران

<sup>۲</sup>گروه زیست‌شناسی، دانشکده علوم پایه، واحد یادگار امام خمینی (ره) شهرری،

دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۹۵/۴/۲۸ تاریخ پذیرش: ۹۵/۶/۲۵

### چکیده

آلودگی هوا بر موجودات زنده اثرات متنوعی می‌گذارد. گیاهان به دلیل 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 به منظور 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 به منطقه آلوده به طور 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

محیطی شامل آلودگی‌های مختلف در هوا، خاک، آب می‌باشد. با توجه به این موضوع اهمیت کشف روش‌های کارآمد به منظور 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 ( $SO_2$ )،

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). به‌طور کلی آلودگی‌های

\*نویسنده مسئول: maryam.bikhof@gmail.com

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 فیزیوشیمیایی و مورفولوژیکی گیاهان مختلف انجام گرفته است. به‌عنوان مثال در تحقیقاتی اثر آلودگی هوا بر اکالپتوس 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 Esiefarierhe, 2009). Oka و همکاران (۲۰۰۳) در مطالعه‌ای نشان داد که وزن تر برگ‌های اطلسی در شرایط آلودگی هوا تحت تأثیر 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 (۲۰۱۶) 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. به طوری که 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 و غرب تهران منطقه پارک لاله و یکی از مناطق پاک در شرق تهران، پارک سرخه حصار می باشد. بنابراین در این تحقیق هدف

دی اکسید نیتروژن ( $\text{NO}_2$ )، سرب (Pb)، ازن ( $\text{O}_3$ )، 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  $\text{SO}_2$  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 ۶ 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 مایتانسنین می‌باشد. مطالعات نشان داده است که متابولیت‌های مختلف مانند مایتانسنین و هیدروژن سیانید موجود در این گیاه دارای خاصیت ضد سرطانی می‌باشند (Arzu ucar, turker et al., 2012). مایتانسنین ماده سایتوتوکسیک است که با اتصال به توبولین از تجمع میکروتوبول‌ها جلوگیری می‌کند و از گیاهان جنس مایتانوس استخراج شده است. بنابراین آلودگی هوا با تغییر

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

**سنجش آنتوسیانین** (Wagner, 1979): جهت اندازه‌گیری این رنگیزه دیسک‌های برگ‌گی 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 به مدت ۲۴ 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، تریتوفان، 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 ۲۴۰ نانومتر با دستگاه اسپکتروفتومتر اندازه‌گیری و فعالیت کاتالاز محاسبه گردید.

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

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) به عنوان منطقه پاک و منطقه ۶ (پارک لاله) به عنوان 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 به صورت تصادفی در هر دو منطقه پاک و آلوده با ویژگی‌های جغرافیایی و ارتفاع تقریباً یکسان به طور 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،۶۶۳ و ۸،۶۴۶ و ۴۷۰ 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:

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

آزمون Tukeys براساس ( $p \leq 0.05$ ) 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 ( $p \leq 0.05$ ) نسبت به منطقه پاک کاهش معنی‌داری داشت ولی در مورد میزان آنتوسیانین در سطح ۵ درصد ( $p \leq 0.05$ ) 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.

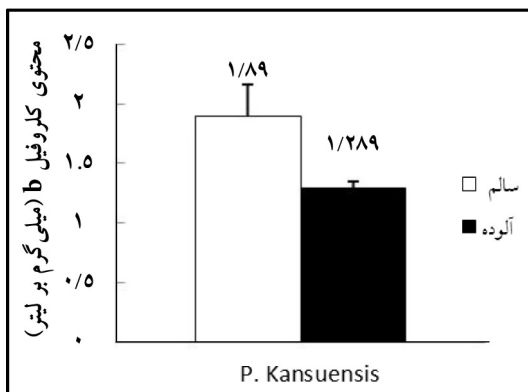
میلی‌مولار، ریپوفلاوین با غلظت ۱/۳ میکرومولار، متیونین با غلظت ۱۳ میلی‌مولار، نیتروبلوتترازولیوم ۶۳ میکرومولار همراه با ۱۰۰ میکرولیتر عصاره آنزیمی تهیه گردید و با آب مقطر به حجم ۳ میلی‌لیتر رسانده شد. واکنش پس از تابش نور (5000 LUX) به مدت ۱۵ دقیقه آغاز گردید و جذب نمونه در ۵۶۰ نانومتر با دستگاه اسپکتروفتومتری 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 به صورت تصادفی با ۷ بار تکرار انجام شده و تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری (SPSS version 16) انجام گرفت. آنالیز واریانس داده‌ها با روش one way ANOVA

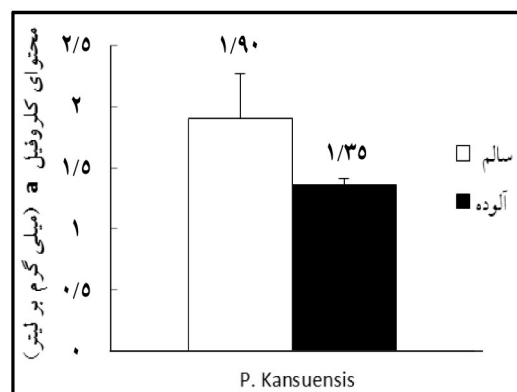
**جدول ۱:** مقایسه میانگین پارامترهای مورد سنجش در برگ‌های *P. cernulata* واریته *kansuensis* را در دو منطقه پاک و آلوده.

فاکتورها	کلروفیل a mg/lit	کلروفیل b mg/lit	کلروفیل کل mg/lit	کارتنوئید mg/lit	آنتوسیانین mg/gfw	پروتئین mg/g fw	کاتالاز U/mg protein	سوپراکسید دیسموتاز U/mg protein
منطقه پاک	۱/۹۰±۰/۲۷۲	۱/۸۹۶±۰/۲۶۲	۳/۷۹۶±۰/۶۱۰	۰/۵۷۰±۰/۱۳۳	۰/۰۳۹±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*

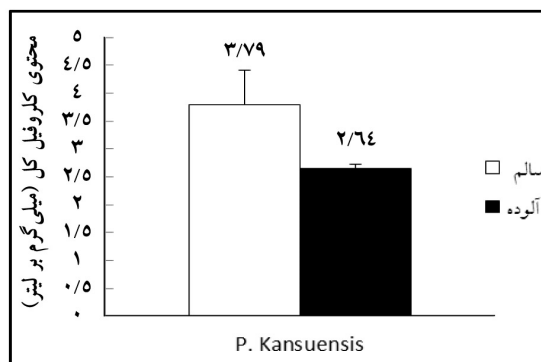
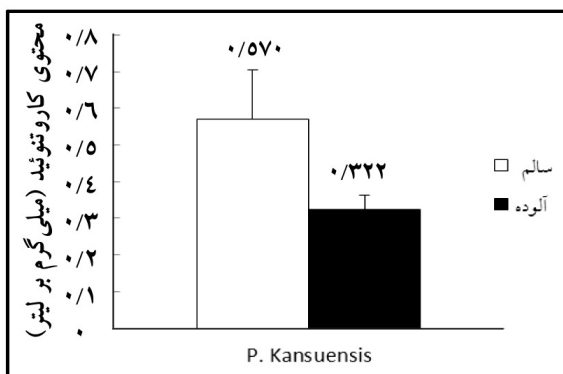
میانگین تیمارهایی که با علامت \* در منطقه آلوده نشان داده شده است، نسبت به آن فاکتور در منطقه پاک در سطح احتمال ۵ درصد دارای تفاوت معنی‌داری هستند.



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



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

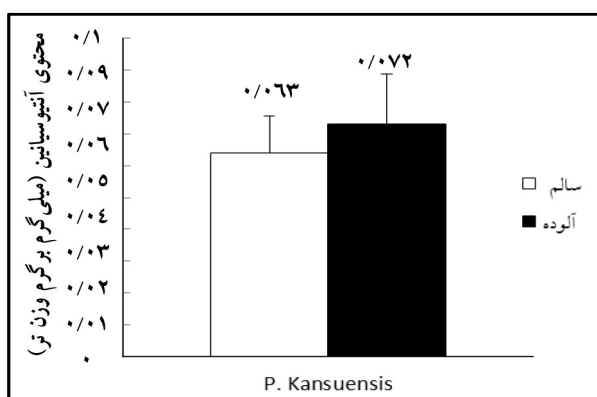


شکل ۴: اثر آلودگی هوا بر میزان کاروتنوئیدها در گیاه

شکل ۳: اثر آلودگی هوا بر کلروفیل کل در گیاه

*P. cernulata* واریته *kansuensis* در دو منطقه پاک و آلوده تهران

*P. cernulata* واریته *kansuensis* در دو منطقه پاک و آلوده تهران

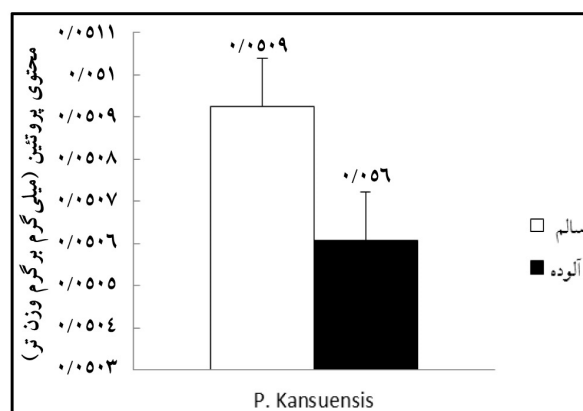


شکل ۵: اثر آلودگی هوا بر میزان آنتوسیانین در گیاه *P. cernulata*

واریته *kansuensis* در دو منطقه پاک و آلوده تهران

در منطقه آلوده  $0.056 \pm 0.00115$  می‌باشد. مطابق شکل ۶ مقدار پروتئین برگ در منطقه آلوده نسبت به منطقه پاک کاهش معنی‌داری در سطح ۵ درصد ( $p \leq 0.05$ ) نشان می‌دهد.

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  $0.0509 \pm 0.000116$  و

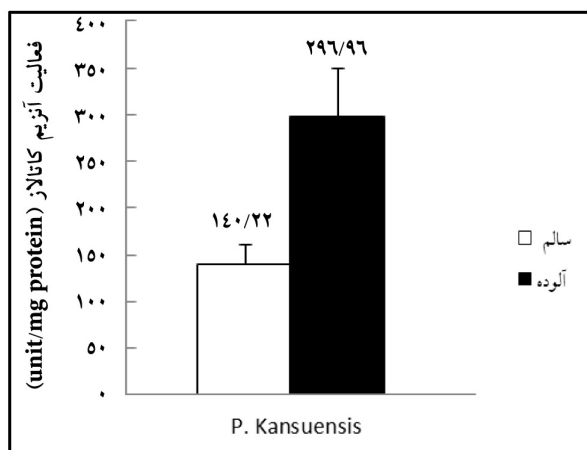


شکل ۶: اثر آلودگی هوا بر میزان پروتئین در گیاه *P. cernulata* واریته

*kansuensis* در دو منطقه پاک و آلوده در شهر تهران

میگردد میزان فعالیت آنزیم کاتالاز در منطقه آلوده نسبت به منطقه پاک، تفاوت معنی‌داری را در سطح ۵ درصد ( $p \leq 0.05$ ) نشان می‌دهد.

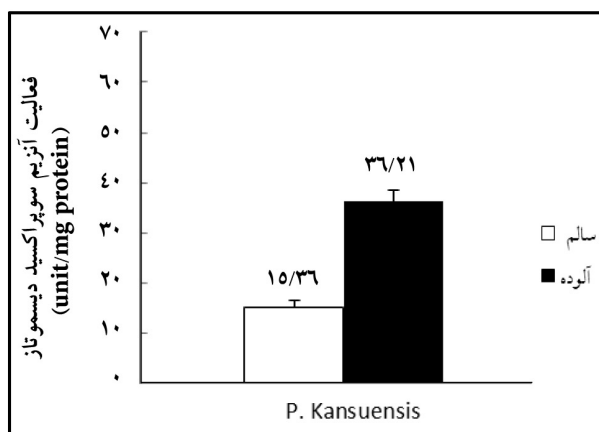
نتایج سنجش فعالیت آنزیم کاتالاز در گیاه *Pyracantha crenulata* Var. *kansuensis* در دو منطقه پاک و آلوده: همان‌طور که در شکل ۷ مشاهده



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

میزان فعالیت آنزیم سوپراکسیددیسموتاز در منطقه آلوده نسبت به منطقه پاک، تفاوت معنی‌داری را در سطح ۵ درصد ( $p \leq 0.05$ ) نشان می‌دهد.

نتایج سنجش فعالیت آنزیم سوپراکسیددیسموتاز در گیاه *Pyracantha crenulata* Var. *kansuensis* در دو منطقه پاک و آلوده: مطابق نتایج در شکل ۸



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

میزان کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل و کاروتنوئیدها (شکل‌های ۱-۴) در منطقه آلوده نسبت به منطقه پاک در سطح ۵ درصد ( $p \leq 0.05$ ) کاهش معنی‌داری داشت. همان‌طور که در شکل ۱ نشان داده

بحث  
آلودگی هوا بر میزان اغلب رنگیزه‌های عصاره برگ گیاه *Pyracantha crenulata* واریته *kansuensis* در دو منطقه پاک و آلوده تاثیر داشته، به‌طوری‌که

شده آلودگی هوا باعث کاهش ۱/۴ 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 ۱/۴۶ برابر کاهش معنی‌داری نشان داده. مقدار کاروتنوئیدها نیز مشابه کلروفیل‌ها طبق شکل ۴ 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 ۶ گونه درختی گردید. همچنین Oka و همکاران (۲۰۰۳) اثر پراکسی استیل نیترات) به‌عنوان یکی از آلاینده‌های هوا را بر رنگیزه‌های فتوسنتزی گل‌های وارپته 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 و در 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 می‌باشد 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 از جمله 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 از بین 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 al., 1998).

در پژوهشی اثر آلودگی هوای تهران بر گیاه افاقیا نشان داد که افاقیا 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 وارپته *kansuensis* سبب افزایش ۱/۱۴ برابر میزان آنتوسیانین در منطقه آلوده نسبت به منطقه پاک مطابق شکل ۵ گردیده که البته در سطح ۵ درصد معنی‌دار نمی‌باشد.

آنتوسیانین‌ها در پاسخ به تنش‌های مختلف از جمله 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).

این تحقیق نیز نشان داد میزان آنزیم کاتالاز در شرایط آلودگی مطابق شکل ۷ نسبت به محیط پاک ۲/۱ برابر افزایش یافته است. همچنین بررسی فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز نیز به عنوان یک آنزیم آنتی اکسیدانی دیگر نشان داد در منطقه آلوده فعالیت این آنزیم نسبت به منطقه پاک ۲/۳۶ برابر افزایش معنی داری داشته است. احتمالاً افزایش آنزیم های کاتالاز و سوپراکسید دیسموتاز در شرایط آلودگی هوا به دلیل ایجاد مقاومت گیاه *kansuensis* در برابر استرس اکسیداتیو ناشی از آلودگی می باشد.

### نتیجه گیری نهایی

نتایج این تحقیق نشان داد تنش های محیطی از جمله تنش آلودگی هوا سبب تغییرات فیزیولوژیکی از جمله تغییر در میزان رنگیزه های فتوسنتزی و پروتئین در برگ گیاه *P. crenulata* واریته *kansuensis* به عنوان یک گیاه زینتی در پارک ها و معابر می گردد بنابراین گیاهان با وجود آنکه در کاهش آلودگی هوا تا اندازه ای موثرند ولی آلودگی هوا اغلب با کاهش میزان رنگیزه های فتوسنتزی، می تواند بازده فتوسنتز و ظرفیت تصفیه هوای آنها را که علاوه بر زیبایی فضای شهری یکی از اهداف توسعه فضاهای سبز در کلان شهرها می باشد را تقلیل دهد. از طرفی میزان رنگیزه ها در برگ گیاه ممکن است متأثر از زمان برداشت نمونه باشد که بر این اساس پیشنهاد می گردد در تحقیقات آینده تاثیر آلاینده های هوای تهران بر میزان رنگیزه ها و سایر فاکتورهای فیزیولوژیکی گیاه در فصول 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

علاوه بر این آنتوسیانین ها گیاهان را در برابر ویروس ها، باکتری ها و قارچ ها محافظت می کند (Koneczak et al., 2004).

تنش ها باعث القاء پروتئین های متعددی در گیاهان مختلف می شود. پروتئین های تجمع یافته در گیاه در چنین شرایطی در صورت شدید بودن تنش ممکن است در تنظیم اسمزی ایفای نقش کرده و یا اینکه شکلی از نیتروژن را فراهم کنند که دوباره قابل استفاده باشد (Ashraf and Harris, 2004). مقایسه میزان پروتئین برگ گیاه پیراکانتا واریته *kansuensis* در منطقه آلوده نسبت به منطقه پاک در این تحقیق همان طور که در شکل ۶ مشاهده می شود حاکی از آن است که در تنش آلودگی هوا میزان پروتئین برگ کاهش معنی داری یافته است. به طوری که این نتیجه تایید کننده نتایج تحقیقات پیشین در کاهش پروتئین گیاهان در تنش های محیطی می باشد، به طوری که در این تحقیق نشان داده شده میزان پروتئین های کل متناسب با افزایش تنش خشکی در گیاه نخود کاهش یافته است (Shinde and Thakur, 2015).

گیاهان برای مقابله با تنش اکسیداتیو ناشی از رادیکال های فعال اکسیژن که باعث تخریب اسیدهای آمینه، پروتئین ها، اسیدهای نوکلئیک و پراکسیداسیون لیپیدهای غشایی می شوند، دارای مکانیسم های آنتی اکسیدانی آنزیمی و غیر آنزیمی متعددی می باشند. سیستم دفاع آنتی اکسیدانی سلول در محافظت از سلول های گیاهی در برابر رادیکال های فعال اکسیژن در شرایط تنش های محیطی نظیر شوری، خشکی و آلودگی نقش مهمی برعهده دارد. آنزیم های آنتی اکسیدان شامل کاتالاز، سوپراکسید دیسموتاز، آسکوربات پراکسیداز، پراکسیداز و گلوکاتایون ردوکتاز می باشد (Amini and haddad, 2013). آنزیم کاتالاز مهمترین آنزیم برای مقابله با تنش اکسیداتیو ناشی از آلاینده ها می باشد و برای پاکسازی رادیکال های آزاد در گیاه کاربرد دارد (Qureshi et al., 2007). نتایج



- 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. Khzaeia, 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<sub>2</sub> 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 Therapeutics*. 9(10): 2689–2699.
- Maddah, S.M., Moraghebi, F., Kashani, Q., Farhangiyani, 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).** Intracellular localization of vacuolar and cytosol components of protoplasts after vacuole isolation. *Plant Physiology*. 59: S-104.