

اثر آلودگی هوا روی برخی شاخص های فیزیولوژیکی گیاهان نارون، افرا و چنار در شهر شیراز

ساسان محسن زاده^{۱*}، اقدس اکبری^۲

*۱- نویسنده مسئول، دانشیار زیست شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه شیراز mohsenzadeh@susc.ac.ir

۲- دانش آموخته کارشناسی ارشد زیست شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه شیراز

yasmin.akbari.88@gmail.com

تاریخ دریافت: ۹۶ تاریخ پذیرش: ۹۶

چکیده

اثر آلودگی هوای شهر شیراز بر برخی پاسخ های فیزیولوژیکی سه گیاه نارون، چنار و افرا مورد بررسی قرار گرفت. نمونه های برگ مناطق پاک و آلوده هوا، ناشی از خودروها به طور همزمان و از گیاهان تقریباً هم اندازه به صورت ۳ تکرار برای گیاهان مورد آزمایش و ۸ برگ برای هر تکرار از برگ سوم شاخه های مختلف برداشت و به آزمایشگاه انتقال داده شدند. پاسخ های فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی مانند مقدار رنگدانه ها، پرولین، آنتی اکسیدان و پراکسیداسیون غشا با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر اندازه گیری شدند. نتایج نشان داد که آلودگی هوا باعث افزایش معنی دار مقدار پرولین در سطح ۵ درصد در برگ گیاهان مناطق آلوده شده است. پتانسیل آنتی اکسیدانی گیاهان در مناطق آلوده و پاک اختلاف معنی داری داشته است. آلودگی هوا باعث کاهش معنی دار میزان کلروفیل، کاروتنوئید و آنتوسیانین و افزایش معنی دار پرولین و پراکسیداسیون غشا در مناطق آلوده شده است. میزان کاهش و یا افزایش برخی شاخص های فیزیولوژیکی مانند کلروفیل، آنتوسیانین و لیپیدپراکسیداسیون غشا برگ در گیاه نارون از نظر مقاومت به آلودگی هوا نسبت به گیاهان افرا و چنار بهتر بوده است که احتمالاً به دلیل خصوصیات مرفولوژیکی و ژنتیکی می باشد. افزایش وسایل نقلیه موتوری و رها شدن آلاینده های مختلف در هوا باعث آلودگی هوای شهر شیراز شده است که در نتیجه روی گیاهان اثر منفی دارد.

واژه های کلیدی

آلاینده های هوا، افرا، پاسخ های فیزیولوژیکی، چنار، شیراز، نارون

۱- مقدمه

بیوشیمیایی و تجمع متابولیت های معین در آنها می شود (Agbaire, 2009). برای مثال آلودگی هوا باعث افزایش اسید آمینه پرولین میشود (Seyyednejad and Koochak, 2011). یکی از خدمات درختان شهری، نقش آنها در تصفیه مواد زائد و جذب آلاینده های هوا است. از جمله مهمترین آلاینده های هوا که توسط درختان جذب می شوند میتوان به CO ، NO_2 ، O_3 و SO_2 اشاره نمود (Beckett et al., 1998). دی اکسید گوگرد به دو طریق توسط درخت جذب می گردد. یکی از طریق روزنه ها و دیگری از طریق رطوبت سطحی موجود در برگ

منظور از آلودگی ورود عناصر و ترکیبات جدید به محیط و یا تغییر نسبت عناصر و ترکیباتی است که به طور طبیعی در محیط وجود دارند (Tripathi and Gautam, 2007). آلودگی هوا بر اساس تعریف عبارتست از وجود هر آلاینده اعم از جامد، مایع و گاز در هوا به مقدار و در مدت زمانی که کیفیت زندگی را برای انسان و دیگر موجودات زنده به خطر اندازد و یا به آثار باستانی و اموال خسارت وارد آورد. میزان حساسیت گیاهان نسبت به آلودگی هوا متفاوت است و موجب تغییراتی مانند تغییر در فرایند های

به شمار می رود (Ashmore and Marshall, 1999; Kulshreshtha *et al.*, 1994). افزایش آلودگی هوا از یک سو با اثر روی ساختار خود گیاه باعث اختلال در عملکرد بخش های مختلف از جمله کلروفیل می شود و غذا سازی گیاه تضعیف می شود و از سوی دیگر از طریق ایجاد باران های اسیدی، روی خاک اطراف ریشه گیاه اثر می گذارد و باعث کاهش اسیدیته خاک می شود و نزولات اسیدی سبب نشت و خروج مواد مغذی قابل ملاحظه ای از داخل خاک می شود و یون هیدروژن را جانشین مواد غذایی قابل جذب برای گیاه می سازند و pH خاک را اسیدی می کنند (Vallero, 2008). شهر شیراز از جمله شهرهای پرجمعیت است که دچار آلودگی هواست. به علت واقع شدن شهر بین دو رشته کوه انتهای جنوبی زاگرس و رشد به نسبت بالای جمعیت و همچنین تعداد و گوناگونی رو به افزایش آلاینده ها، به نظر می رسد که مشکل آلودگی در طول زمان روند صعودی دارد. عمده وسیله ایاب و ذهاب مردم را وسایل نقلیه دودزا تشکیل می دهند. هزاران اتومبیل روزانه با تزریق حجم عظیمی از مواد خطرناک، بخصوص اکسیدهای ازت به هوا، علاوه بر به خطر انداختن سلامتی انسان، موجب بروز خسارت به گیاهان سطح شهر می شوند (Nazhat and Sadeghi, 2013). دی اکسید گوگرد به عنوان یک آلودگی هوا عامل اصلی تولید باران اسیدی است که باعث اسیدی شدن دریاچه ها و نهرها شده و می تواند به پوشش های گیاهی جنگل ها، مراتع، محصولات کشاورزی و گیاهان درختی و درختچه ای موجود در فضای سبز شهرها و اطراف آنها صدمه بزند. دی اکسید گوگرد می تواند تولید گونه های اکسیژن فعال در گیاهان نماید (Bell and Treshow, 2002). آلودگی هوا بر غشاء سلولی و آنزیم ها نیز اثر سوء دارد (Hoseinabadi, 2012). نارون متعلق به خانواده *Ulmaceae* و از جنس *Ulmus* و گونه *Ulmus umbellatus* میباشد. از لحاظ گیاهشناسی درخت خزان کننده به ارتفاع ۳۰-۴۵ متر با پوست شیاردار، برگها متناوب به شکل تخم مرغی پهن، نوک تیز کنگره ای دارای شاخه های یکساله نازک و میوه فندقه بالدار است (Mirzadeh 2008). *vaghefi*، افرا متعلق به خانواده *Aceraceae* و از

(Bell and Treshow, 2002). تحقیقات نشان می دهد که تراکم گاز گوگرد دی اکسید برای چندین ساعت می تواند به برخی از گونه های گیاهی آسیب برساند (Smith, 1990). آلاینده هایی از قبیل ازون بعد از ورود از طریق روزنه به برگ در لایه ای آبی حل می شود و تولید رادیکالهای هیدروکسیل (OH^\cdot) و سوپراکسید (O_2^-) و H_2O_2 می کند و می تواند از خلال غشاء ها عبور کند و باعث پراکسیداسیون لیپید غشاء و آسیب به ماکرومولکولها شود (Loreto and Velikova, 2001). O_3 باعث تغییر در نفوذپذیری و سیالیت غشاء و همچنین اختلال در تبادل پتاسیم و کلسیم و کار پمپ ATPase می شود (Heath, 2008). تحقیقات نشان می دهد که در آلودگی هوا غلظت SO_2 و NO_2 بافت در مراحل اولیه رشد گیاه هویج بیشتر است ولی در مراحل بعدی رشد، غلظت O_3 بافت بیشتر بوده است (Tiwari *et al.*, 2006). آلودگی هوا تولید محصولات و کیفیت غذایی گیاهان را کاهش می دهد (Jager *et al.*, 1993). Ghorbanli و همکاران (۲۰۰۶) گزارش کردند که در اثر آلودگی هوا وزن خشک گیاهان به طور معنی داری کاهش می یابد. در اثر آلاینده های هوا مبادله گازها در سطح برگ کم میشود و سرعت فتوسنتز با مسدود شدن روزنه ها کاهش می یابد (Naidoo and Chirkoot, 2004). پژوهشگران نشان دادند که در مناطق آلوده میزان کلروفیل کاهش یافته است (Giri *et al.*, 2013). گسترش بیش از ظرفیت توان زیست محیطی شهر و افزایش روز افزون وسایل نقلیه موتوری و رها شدن آلاینده های مختلف در هوای شهر شیراز و میزان باران ناچیز و وجود کارخانه ها و منابع آلوده کننده هوا باعث آلودگی هوای شهر شیراز شده است که در نتیجه روی سلامت انسان و گیاهان اثر منفی دارد (Nazhat and Sadeghi, 2013). دی اکسیدسولفور، اکسیدهای نیتروژن و آلاینده های مانند O_3 به عنوان تهدید بزرگی برای محصولات زراعی شناخته می شوند و این گازهای فیتوتوکسیک اهمیت زیادی در افزایش خطر برای سلامت تولید کننده ها و مصرف کنندگان اکوسیستم در مناطق شهری و حومه شهری دارد و این آلاینده ها به عنوان یک عامل بالقوه برای کاهش محصول دهی و کیفیت غذایی گیاهان زراعی

شهر موجود است و از هر سه گیاه در همه مناطق انتخاب شده وجود داشت. نمونه های برگ از شش منطقه به طور همزمان و از گیاهان تقریباً هم اندازه به صورت ۳ تکرار برای هر گیاه و ۸ برگ برای هر تکرار از برگ سوم شاخه های مختلف برداشت و به آزمایشگاه انتقال داده شدند. سطوح برگ ها ابتدا با آب معمولی از خاک و دیگر آلودگی ها تمیز و سپس برای رفع آلودگی احتمالی آب لوله کشی با آب مقطر شسته و خشک گردیدند. برای اندازه گیری شاخص های فیزیولوژیک نمونه ها ابتدا در نیتروژن مایع فریز و سپس به فریزر منتقل شدند. غلظت کلروفیل و کاروتنوئیدها با استفاده از روش آرنون تعیین شد (Arnon, 1959). غلظت آنتوسیانین ها با استفاده از روش وانگر اندازه گیری شد (Wanger, 1979). برای اندازه گیری پرولین از معرف نین هیدرین و روش Bates استفاده شد (Bates et al., 1973). تعیین پتانسیل آنتی اکسیدانی با استفاده از رادیکال پایدار DPPH (1, 1-diPhenyl-2-picryl-hydrazyl) انجام شد (Shimada et al., 1992). محلول ها به مدت یک ساعت در تاریکی قرار گرفتند و پس از صفر کردن دستگاه اسپکتروفتومتر (مدل Spekol شرکت Analytic Jena آلمان) توسط متانول خالص در طول موج ۵۱۵nm جذب محلول های استاندارد در این طول موج قرائت شد و با استفاده از مقادیر جذب بدست آمده، منحنی استاندارد رسم گردید. با استفاده از منحنی استاندارد پتانسیل آنتی اکسیدانی گیاهان معادل ترولکس بر حسب میکرومول ترولکس بازا گرم وزن خشک تعیین گردید. هم چنین درصد مهار رادیکال های DPPH توسط نمونه گیاهان با استفاده از فرمول زیر تعیین گردید. در این معادله A_{blank} میزان جذب کنترل و A_{sample} میزان جذب نمونه است.

$$\% \text{ inhibition} = (A_{blank} - A_{sample}) / A_{blank} \times 100$$

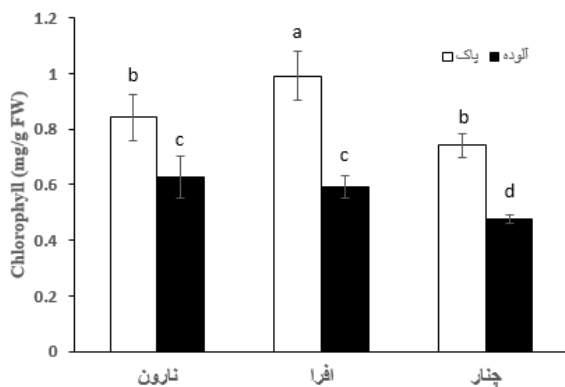
به منظور تعیین غلظتی از عصاره متانولی برگ گیاهان که ۵۰ درصد رادیکال های DPPH را مهار می کند (IC_{50})، از نمودارهای مربوط به جذب محلول DPPH در غلظت های مختلف عصاره متانولی هر نمونه گیاهی استفاده گردید. سنجش میزان پراکسیداسیون لیپیدهای غشاء بر اساس تشکیل کمپلکس مالون دی آلدئید صورت پذیرفت (Draper and Hadley,

جنس *Acer* و گونه *Acer velutinum* می باشد و از لحاظ گیاهشناسی درختی خزان کننده که حدود ۲۰ متر ارتفاع دارد. پوست تنه درختان جوان خاکستری روشن و صاف ولی بعدها تیره شده و ترکهای مشبک سطحی و تقریباً "منظم طولی در آن ظاهر می شود. برگها پنجه ای شکل با ۷-۳ لوب پهن نوک تیز، گل آذین پانیکول با گلپه های معطر به رنگ سبز مایل به زرد که در اواخر فروردین تا اردیبهشت قبل یا همزمان با برگها ظاهر می شود. میوه فندقه بالدار است (Mirzadeh vaghefi, 2008). چنار متعلق به خانواده Platanaceae و از جنس *Platanus* و گونه *Platanus orientalis* می باشد. از لحاظ گیاهشناسی درخت خزان کننده به ارتفاع تا ۵۰ متر، برگها متناوب و پنجه ای شکل، میوه فندقه کرکدار که در زمستان به شاخه ها آویزان است. چنار درختی است یک پایه با گلپه های تک جنس و شبیه هم که بر روی گل آذین های فشرده کروی شکل قرار دارند. زمان گلدهی آن در ماههای فروردین و خرداد است (Noori, 2004). هدف از این پژوهش بررسی اثر آلودگی هوا روی برخی شاخص های فیزیولوژیکی درختان در سطح شهر شیراز با مطالعه موردی گیاهان افرا، نارون و چنار که به فراوانی در سطح شهر شیراز در فضای سبز شهری و باغات پراکنده هستند بوده است.

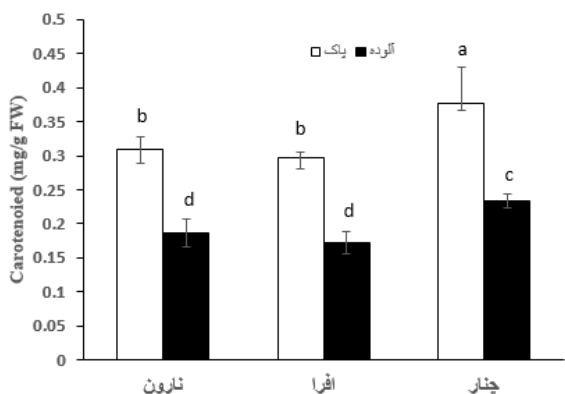
۲- مواد و روش ها

در شیراز دو ایستگاه سنجش آلودگی هوا مربوط به سازمان حفاظت محیط زیست وجود دارد که وظیفه سنجش پارامتر های مونوکسید کربن، ذرات معلق و اکسید های گوگرد و برخی آلاینده های دیگر را بر عهده دارند. این ایستگاه ها در ستاد (میدان امام حسین) و دروازه کازرون می باشند که دو منطقه آلوده انتخاب شده در این پژوهش است. مناطق آلوده و پاک با استفاده از اطلاعات سازمان حفاظت محیط زیست شهر شیراز و مشاهدات ترافیک شهری تعیین و گیاهان مورد نظر از این مناطق انتخاب و مورد بررسی قرار گرفتند. ۳ منطقه دروازه کازرون، ستاد (میدان امام حسین) و میدان نمازی به عنوان مناطق آلوده و ۳ منطقه گلخون قصرالدشت، باغ ارم و باغ ناری چمران به عنوان مناطق پاک انتخاب شدند. سه گیاه نارون، افرا و چنار به فراوانی در

ترتیب ۴۵/۰ و ۵۱/۴ درصد در مناطق آلوده کاهش یافته است. در شرایط آلوده مقدار کلروفیل و آنتوسیانین گیاه چنار از دو گیاه دیگر کمتر است. همچنین در شرایط آلوده مقدار آنتوسیانین گیاه نارون از دو گیاه دیگر بیشتر بود.



شکل ۱- میانگین مقدار کلروفیل برگ گیاهان مناطق آلوده و پاک در هر سه گیاه. مقادیر میانگین این نمودار، میانگین سه منطقه هر کدام با سه تکرار \pm خطای معیار است. حروف یکسان بیانگر عدم اختلاف معنی دار با استفاده از آزمون دانکن است.



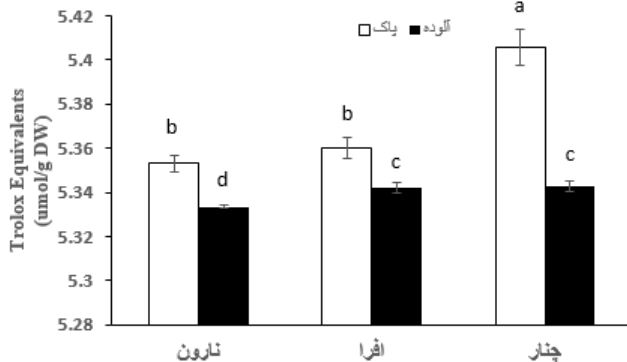
شکل ۲- میانگین مقدار کاروتنوئید برگ گیاهان مناطق آلوده و پاک در هر سه گیاه. مقادیر میانگین این نمودار، میانگین سه منطقه هر کدام با سه تکرار \pm خطای معیار است. حروف یکسان بیانگر عدم اختلاف معنی دار با استفاده از آزمون دانکن است.

(1990). ۰/۳ گرم از بافت برگ در ۱۰ میلی لیتر TCA ۰/۱ درصد هموزن شده و سپس به مدت ۱۵ دقیقه در ۱۰۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ گردید. به ۱ میلی لیتر از محلول رویی، ۴ میلی لیتر TCA بیست درصد که حاوی TBA ۰/۵ درصد بود، افزوده شد و پس از هم زدن با همزن لرزاننده، لوله های آزمایش در حمام آب جوش با حرارت ۹۵ درجه سانتی گراد قرار گرفت. پس از ۳۰ دقیقه لوله های آزمایش در یخ خرد شده قرار داده شدند. پس از سرد شدن محلول ها، به مدت ده دقیقه در ۱۰۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ گردید. سپس جذب نور در طول موج ۵۳۲ نانومتر اندازه گیری شد جهت تصحیح جذب در طول موج ۵۳۲ نانومتر، جذب ترکیبات تداخل کننده در طول موج ۶۰۰ نانومتر اندازه گیری و از جذب در طول موج ۵۳۲ نانومتر کسر گردید. میزان پراکسیداسیون لیپیدهای غشا با استفاده از معادله $A = \epsilon bc$ محاسبه گردید که ضریب خاموشی کمپلکس TBA-MDA برابر $1/56 \times 10^5$ در نظر گرفته شد. بررسی حاضر به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۳ تکرار انجام شد. تجزیه و تحلیل داده ها با استفاده از برنامه آماری SPSS 21 به وسیله آزمون چند دامنه ای دانکن برای مقایسه بین درختان و بین شرایط پاک (شاهد) و آلوده در سطح $\alpha = 0.05$ و ترسیم نمودارها و منحنی استاندارد با استفاده از برنامه Excel 2013 صورت گرفت.

۳- نتایج

اثر آلودگی هوا بر میزان کلروفیل، کاروتنوئید و آنتوسیانین
همانطور که در شکل ۱، ۲ و ۳ مشاهده میشود تحت تاثیر آلودگی هوا به ترتیب میزان کلروفیل و کاروتنوئید و آنتوسیانین در برگ هر سه درخت کاهش یافت و این کاهش در سطح ۵ درصد معنی دار بود. میزان کلروفیل در گیاه نارون به طور میانگین ۲۶/۱ درصد و در گیاه افرا و چنار به طور میانگین به ترتیب ۴۱/۰ و ۳۵/۵ درصد در مقایسه با مناطق آلوده کاهش یافته است. میزان کاروتنوئید در گیاه نارون به طور میانگین ۴۱/۹ درصد و در گیاه افرا و چنار به طور میانگین به ترتیب ۴۳/۳ و ۳۵/۱ درصد در مناطق آلوده کاهش یافته است. میزان آنتوسیانین در گیاه نارون به طور میانگین ۲۲/۲ درصد و در گیاه افرا و چنار به طور میانگین به

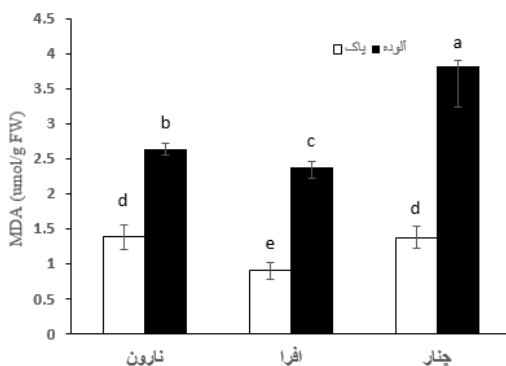
والان ترولکس می باشد ولی آلودگی هوا پتانسیل آنتی اکسیدان را به طور معنی داری کاهش داده است.



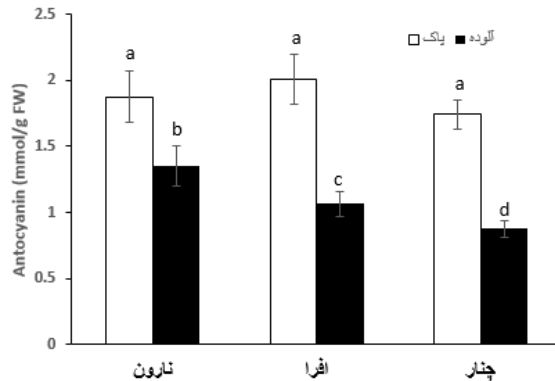
شکل ۵- میانگین پتانسیل آنتی اکسیدان برگ گیاهان مناطق آلوده و پاک در هر سه گیاه. مقادیر میانگین این نمودار، میانگین سه منطقه هر کدام با سه تکرار \pm خطای معیار است. حروف یکسان بیانگر عدم اختلاف معنی دار با استفاده از آزمون دانکن است.

اثر آلودگی هوا بر میزان لیپید پراکسیداسیون

همانطور که در شکل ۶ مشاهده میشود تحت تاثیر آلودگی هوا میزان پراکسیداسیون لیپید در برگ هر سه درخت افزایش یافت و این افزایش در سطح ۵ درصد معنی دار بود. میزان پراکسیداسیون لیپید غشا بر اساس میزان مالون دی آلدئید در گیاه نارون به طور میانگین ۹۲/۴ درصد و در گیاه افرا و چنار به طور میانگین به ترتیب ۱۳۰/۰ و ۱۲۹/۰ درصد نسبت به گیاهان مناطق پاک افزایش یافته است. میزان پراکسیداسیون لیپید در برگ درخت چنار از دو گیاه دیگر بیشتر بود.



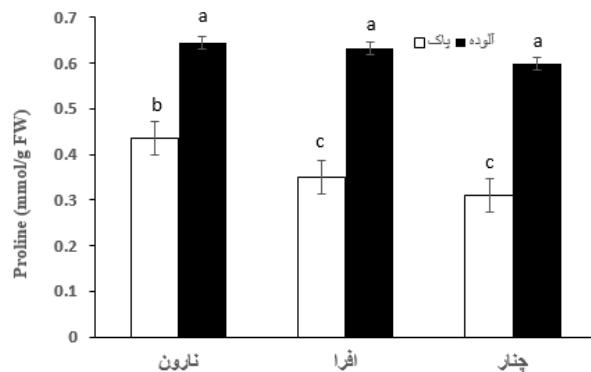
شکل ۶- میانگین لیپیدپراکسیداسیون غشا برگ بر اساس میزان مالون دی آلدئید در گیاهان مناطق آلوده و پاک در هر سه گیاه. مقادیر میانگین این نمودار، میانگین سه منطقه هر کدام با سه تکرار \pm خطای معیار است. حروف یکسان بیانگر عدم اختلاف معنی دار با استفاده از آزمون دانکن است.



شکل ۳- میانگین مقدار آنتوسیانین برگ گیاهان مناطق آلوده و پاک در هر سه گیاه. مقادیر میانگین این نمودار، میانگین سه منطقه هر کدام با سه تکرار \pm خطای معیار است. حروف یکسان بیانگر عدم اختلاف معنی دار با استفاده از آزمون دانکن است.

اثر آلودگی هوا بر میزان پرولین

همانطور که در شکل ۴ مشاهده میشود تحت تاثیر آلودگی هوا میزان پرولین در برگ هر سه درخت افزایش یافت و این افزایش در سطح ۵ درصد معنی دار بود. میزان پرولین در گیاه نارون به طور میانگین ۵۰/۸ درصد و در گیاه افرا و چنار به طور میانگین به ترتیب ۸۷/۰ و ۱۰۰ درصد افزایش یافته است.



شکل ۴- میانگین مقدار پرولین برگ گیاهان مناطق آلوده و پاک در هر سه گیاه. مقادیر میانگین این نمودار، میانگین سه منطقه هر کدام با سه تکرار \pm خطای معیار است. حروف یکسان بیانگر عدم اختلاف معنی دار با استفاده از آزمون دانکن است.

اثر آلودگی هوا بر میزان پتانسیل آنتی اکسیدان

همانطور که در شکل ۵ مشاهده میشود تحت تاثیر آلودگی هوا میزان پتانسیل آنتی اکسیدان برگ هر سه درخت در سطح ۵ درصد اختلاف معنی دار داشته است. میانگین پتانسیل آنتی اکسیدان برای سه گیاه نارون، افرا و چنار در منطقه پاک به ترتیب ۵/۳۵، ۵/۳۶ و ۵/۴۰ میکرومول در گرم وزن خشک برحسب کی

۴- بحث

تاثیر آلودگی هوا بر میزان کلروفیل، کاروتنوئید و آنتوسیانین
در این آزمایش اثر آلودگی هوا بر میزان کلروفیل و کاروتنوئید درخت نارون، افرا و چنار مورد بررسی قرار گرفت و مشاهده شد آلودگی هوا باعث کاهش میزان کلروفیل و کاروتنوئید در هر سه درخت شده است. نتایج با تحقیقات روی گیاه خرزهره مطابقت دارد. پژوهش نشان داد که در مناطق صنعتی میزان کلروفیل درختان کاهش یافته است (Giri et al., 2013). ذرات معلق روی سطح برگ نیز مقدار کلروفیل و کاروتنوئید گیاهان مناطق آلوده را کاهش می دهند. این ذرات ممکن است روزه ها را ببندند و در تبادل گازها اختلال ایجاد کند که منجر به افزایش درجه حرارت برگ می شود و سنتز کلروفیل و کاروتنوئید را کاهش می دهد (Hoseinabadi, 2012). نتایج با تحقیقات Lordifard و همکاران در سال 2012 روی گیاه Conocarpus مطابقت دارد. آن ها و به این نتیجه رسیدند که در مناطق آلوده میزان کلروفیل و کاروتنوئید برگ کاهش می یابد (Lordifard et al., 2012). نتایج با تحقیقات روی گیاه *Datura innoxia* مطابقت دارد یعنی وقتی آلاینده ها به طور طبیعی از طریق روزه به وسیله برگ ها جذب می شوند باعث کاهش رنگیزه های فتوسنتزی مانند کلروفیل و کاروتنوئیدها خواهد شد که روی باروری گیاه نیز تأثیر دارد (Joshi and Swami, 2009).

در این آزمایش اثر آلودگی هوا باعث کاهش میزان آنتوسیانین درخت نارون، افرا و چنار گردید. آنتوسیانینها که زیر گروهی از فلاونوئیدها می باشند، مسئول ایجاد رنگهای قرمز، بنفش و آبی در بسیاری از گلها، میوه ها و سبزیجات هستند گیاهانی که به طور دائم در معرض آلاینده های محیطی هستند این آلاینده ها را جذب می کنند و در سلول هایشان تجمع می دهند و چون آلاینده ها مواد سمی هستند که می توانند روی آنزیم ها اثر مخرب داشته باشند، وقتی آلاینده ها به وسیله برگ ها جذب می شوند ممکن است باعث کاهش غلظت رنگیزه ها شود (Hoseinabadi, 2012). نتایج با تحقیقات پژوهشگران در مورد گیاه عرعر مطابقت دارد. آن ها در مطالعات خود نشان دادند که آلودگی هوا باعث کاهش میزان آنتوسیانین ها گردید (Fattah Kavandi et al., 2014). هر چند آنتوسیانین در برخی تنش ها مثل سرما افزایش می یابد ولی به نظر می رسد که آلودگی هوا باعث کاهش میزان آنتوسیانین می گردد.

تاثیر آلودگی هوا بر مقدار پرولین

آلودگی هوا باعث افزایش پرولین برگ درخت نارون، افرا و چنار مورد بررسی شد. به نظر میرسد که بیوستز این اسید آمینه از طریق کنترل بیان ژن، یک پاسخ معمول به شرایط تنش باشد که در سایر تنش ها نیز روی می دهد. اگر گیاهان به مدت طولانی در معرض آلودگی هوا باشند کلروپلاست ها به یک سطح انرژی برانگیختگی بالا می رسند که در جریان گردش انرژی باعث تولید رادیکال های آزاد اکسیژن و تنش اکسیداتیو می شود. پرولین به عنوان جمع کننده رادیکال های آزاد برای حفاظت گیاهان از آسیبهای تنش اکسیداتیو عمل می کند (Woo et al., 2007). نتایج با تحقیقات روی خرزهره واقاقیا در شهر تهران مطابقت دارد. آن ها در مطالعات خود نشان دادند که غلظت پرولین در اثر آلودگی در هر دو گیاه افزایش یافته است (Ghorbanli et al., 2006). همچنین نتایج با تحقیقات پژوهشگران روی گیاه *Albizia lebbek* و *Callistemon citrinu* مطابقت دارد. آنها به این نتیجه رسیدند که آلودگی هوا باعث افزایش اسید آمینه پرولین میشود (Seyyednejad and Koochak, 2011). نتایج با تحقیقات روی آفتابگردان مطابقت دارد در مطالعات آن ها تجمع پرولین در برگ هایی که در تنش های گاز SO_2 و فلزات سنگین بوده اند گزارش شده است (Tankha and Gupta, 1992). بررسی پاسخ های فیزیولوژیکی درخت بادام (*Prunus amygdalus*) به آلودگی هوای منطقه صنعتی شازند استان مرکزی نیز افزایش پرولین برگ را تایید نموده است (Askari Mehrabadi et al., 2016).

تاثیر آلودگی هوا بر پتانسیل آنتی اکسیدان

تحت تاثیر آلودگی هوا میزان پتانسیل آنتی اکسیدان در برگ هر سه درخت در سطح ۵ درصد اختلاف معنی دار داشته است. Ghorbanli و همکاران (۲۰۰۶) در تحقیقات روی *Nerium oleander* و *Robinia pseudoacacia* نشان دادند که در مناطق با آلودگی هوا، آنزیم های پراکسیداز که از جمله آنزیم های آنتی اکسیدان می باشد در برگ های این گیاهان بیشتر از شاهد بوده است. به علاوه در گیاه *Quercus cerris* از زمانی که SO_2 شروع به اکسیداسیون ترکیبات آلی سلول می کند تغییراتی در سطح سلولی آنتی اکسیدانت ها ایجاد می شود که می تواند به طور ویژه در تنش آلودگی هوا نشان دهنده ی عملکرد آلاینده های هوا باشد (Mehlhorn and Mandel, 1986). آنتی اکسیدان اندازه گیری شده در پژوهش حاضر در

تاثیر آلودگی هوا بر لیپید پراکسیداسیون

در این آزمایش اثر آلودگی هوا بر میزان لیپید پراکسیداسیون درخت نارون، افرا و چنار مورد بررسی قرار گرفت و مشاهده شد که آلودگی هوا باعث افزایش لیپید پراکسیداسیون غشاء سلولی و میزان مالون دی آلدئید می شود. به نظر می رسد آلودگی هوا با ایجاد تغییر در اسیدهای چرب غیراشباع بر ساختار و ویژگی های غشاء سلولی اثر گذاشته و موجب ایجاد رادیکال های آزاد و پراکسیداسیون لیپیدها و افزایش نفوذپذیری و تراوایی غشاء سلولی و در نتیجه تراوش اسمولیت ها در گیاهان حساس می شود. پژوهشگران با بررسی پاسخ های فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی بادام (*Prunus amygdalus*) به آلودگی هوای منطقه صنعتی شازند استان مرکزی نیز افزایش لیپید پراکسیداسیون غشاء سلولی و میزان مالون دی آلدئید را گزارش نموده اند (Askari Mehrabadi et al., 2016). در اثر آلاینده هایی چون SO_2 و O_3 در نتیجه ی فعالیت فیتوتوکسیسیته، اکسیداسیون پروتئین ها و لیپیدها ایجاد می شود (Mehlhorn and Mandel, 1986). آلودگی هوا علاوه بر لیپیدهای غشاء سلولی بر پروتئین های غشاء و آنزیم ها نیز اثر سوء دارد برای مثال تیمار ازون روی گیاهان زراعی باعث تغییر و تخریب در ساختمان دوم و سوم پروتئین ها می شود (Hoseinabadi, 2012). نتایج نشان می دهد که میزان کاهش و یا افزایش کلروفیل، کارتنوئید، آنتوسیانین، پرولین و لیپیدپراکسیداسیون در گیاه نارون به طور مشخصی کمتر از گیاهان افرا و چنار بوده است (شکل ۱ تا ۵). این موضوع می تواند به دلیل خصوصیات مرفولوژیک و ژنتیکی گیاه باشد و احتمال دارد که گیاه نارون به آلودگی هوا مقاومتر از دو گیاه دیگر است. به نظر برخی پژوهشگران بر اساس شاخص های بیوشیمیایی، گیاهان را در تنش آلودگی هوا می توان بر اساس پاسخ های فیزیولوژیکی، رشد مناسب و گلدهی به چهار گروه تقسیم بندی نمود شامل متحمل، نیمه متحمل، حساس و خیلی حساس (Seyyednejad et al., 2011). شاید گیاه نارون با توجه به نتایج جزو گیاهان نیمه متحمل به آلودگی هوا باشد البته این ادعا نیاز به پژوهش های بیشتری دارد. پاسخ های گیاهان به آلاینده های هوا ممکن است بسیار گسترده و متفاوت باشد و اختلاف این پاسخ ها می تواند به وسیله عواملی از قبیل اختلاف در غلظت های آلاینده ها و توزیع زمانی آنها، منشأ ژنتیکی، فعالیت فیزیولوژیکی، عوامل هواشناسی و وضعیت تغذیه گیاهان و سایر عوامل محیطی ایجاد شود (Assadi, 2011).

مناطق آلوده در هر سه درخت چنار، افرا و نارون بیش از مقادیر در مناطق پاک بوده است. مکانیسم افزایش آنتی اکسیدان می تواند از طریق بیان ژن آنتی اکسیدان های آنزیمی یا بیوسنتز آنتی اکسیدان های غیر آنزیمی باشد. افزایش آنزیم های آنتی اکسیدانی مانند سوپراکسید دیسموتاز، پراکسیداز، پلی فنل اکسیداز و آسکوربات پراکسیداز برگ گیاه ریحان در اثر سمیت با سرب که از آلاینده های هوا می باشد به دلیل تولید رادیکالهای آزاد اکسیژن گزارش شده است. این رادیکالهای آزاد آسیب های اکسیداتیو و کاهش رشد را به دنبال دارد (Padash et al., 2016). قابل ذکر است که طبق گزارش اداره محیط زیست استان فارس (Department of environment, 2015) از دو منطقه آلوده مورد استفاده در این پژوهش، میانگین غلظت SO_2 شش ماهه اول سال ۱۳۹۴ برحسب ppm برابر با ۰/۱۲ در میدان امام حسین و ۰/۷۹ در دروازه کازرون بوده است. این گزارش مقدار استاندارد غلظت دی اکسید گوگرد را ۱۴/۱ اعلام نموده است. ارقام ارائه شده در این گزارش بیانگر آنست که در زمان های متفاوت سال با توجه به عواملی چون دما، باد، بارندگی و میزان ترافیک خودروها غلظت آلاینده ها تغییرات زیادی دارد ولذا روی پاسخ های گیاهان نیز اثر می گذارد. اما در پژوهش حاضر میزان ترافیک خودروها عامل اصلی بوده است. آنچه مسلم است آنتی اکسیدان ها در پاسخ به تنش ها نقش مهمی ایفا می نمایند و در نتیجه اکثر مواقع مقدار آنها با توجه به شدت و مدت تنش افزایش می یابد. قابل ذکر است که بر طبق این گزارش میانگین غلظت CO شش ماهه اول سال ۱۳۹۴ برحسب قسمت در میلیون ppm برابر با ۲/۲۵ در میدان امام حسین و ۲/۹۳ در دروازه کازرون بوده است. این گزارش مقدار استاندارد غلظت مونو اکسید را ۹ اعلام نموده است. میانگین ذرات معلق کمتر از ۱۰ میکرون (PM_{10}) شش ماهه اول سال ۱۳۹۴ برحسب میکروگرم در متر مکعب نیز برابر با ۴۳/۲ در میدان امام حسین و ۴۵/۸ در دروازه کازرون بوده است. این گزارش مقدار استاندارد ذرات معلق ۱۰ میکرونی را ۱۵۰ اعلام نموده است. آمار نشان می دهد که دروازه کازرون آلوده تر از میدان امام حسین می باشد و دلیل آن احتمالاً ترافیک بیشتر خودروها در آن منطقه است. مقدار آلاینده های هوای شیراز بر اساس میانگین سالانه در سال ۱۳۸۹ بر حسب ppm از ایستگاه های مختلف شیراز به ترتیب برای SO_2 ، NO_2 ، CO و O_3 ۰/۱۱، ۰/۴۶، ۳/۶۰۵ و ۰/۲۷ و برای ذرات معلق کمتر از ۱۰ میکرون (PM_{10}) ۹۲ میکروگرم در متر مکعب بوده است (Ansarizadeh, 2013).

بنابراین توزیع انواع گیاهان در مناطق شهری به وجود آلاینده های هوا و حساسیت گیاهان نسبت به این تنش وابسته است (Seyyednejad and Koochak, 2011). خطرات ناشی از آلاینده های هوا روی رشد و محصول دهی گیاهان، به الگوی انتشار آلاینده ها، انتقال اسمزی و جذب برگی آنها و ظرفیت دفاع بیوشیمیایی گیاه وابسته است (Rai and Kulshreshtha, 2011).

در برگهای جمع آوری شده برای پژوهش حاضر مواردی از نقطه نقطه شدن رویه فوقانی برگ مشاهده شد. اثر آلاینده های هوا بر فرایند های بیوشیمیایی و فیزیولوژیکی نیز وجود دارد که در مقاله حاضر به برخی از آنها اشاره گردید. نحوه تأثیر آلاینده های هوا بر گیاهان شامل مرگ سلولها و خشک شدن برگها، تغییر رنگ مانند رنگ باختگی در اثر دی اکسید گوگرد، زرد شدن در اثر آمونیاک و قهوه ای شدن برگها در اثر فلوراید از جمله اثرات مواد آلاینده می باشد. نقره ای یا برنزه شدن سطح زیرین بعضی از برگها نیز قابل ذکر است. از جمله اثرات دیگر رشد غیرطبیعی یا کاهش رشد می باشد (Gardens and green place organization of Isfahan, 2015).

۵- نتیجه گیری

بر طبق پژوهش حاضر آلودگی هوا روی برخی شاخص های فیزیولوژیکی درختان افرا، نارون و چنار در سطح شهر شیراز اثر منفی دارد. میزان کاهش و یا افزایش برخی شاخص های فیزیولوژیکی مانند کلروفیل، آنتوسیانین و لیپیدپراکسیداسیون غشا برگ در گیاه نارون بهتر از گیاهان افرا و چنار بوده است. با افزایش وسایل نقلیه موتوری و رها شدن آلاینده های مختلف در هوا باعث آلودگی هوای شهرهای بزرگ شده که در نتیجه روی سلامت انسان و گیاهان اثر منفی دارد پیشنهاد می گردد که از دیدگاه آلودگی هوا، گیاه نارون در مناطق آلوده شهر شیراز کاشت شود.

سپاسگزاری

پژوهش حاضر با حمایت مالی دانشگاه شیراز انجام شده است که بدین وسیله از معاونت پژوهشی دانشگاه شیراز سپاسگزاری می گردد.

۶- منابع

1. Agbaire, P. O. (2009) Air pollution tolerance indices (apti) of some plants around Erhoike-Kokori oil exploration site of Delta State, Nigeria. *International Physical Science* 4(6): 366-368.
2. Ansarizadeh, M. (2013) Study of Shiraz air pollution data in 1387 to 1389 and AQI determination. MSc thesis, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran (in Persian).
3. Arnon, D. I. (1959) Photosynthesis by isolated chloroplast.IV.Central concept and comparison of three photochemical reactions. *Biochimica et Biophysica Acta* 20: 440-446.
4. Ashmore, M. R. (2002) Effects of oxidants at the whole plant and community level. *Air pollution and plant life* 17:147-170.
5. Ashmore, M. R. and Marshall, F. M. (1999) Ozone impacts on agriculture an issue of global concern. *Advances in Botanical Research* 29: 32-49.
6. Askari Mehrabadi, M., Amini, F. and Faraji, G. (2016) Some of physiological and biochemical responses of *Prunus amygdalus* to air pollution of the Shazand industrial area. *Iranian Journal of Plant Biology* 8(28): 63-78 (in Persian).
7. Assadi, A., Ghasemi Pirbalouti, A., Malekpoor, F., Teimori N. and Assadi L. (2011) Impact of air pollution on physiological and morphological characteristics of *Eucalyptus camaldulensis* Den. *Food, Agriculture and Environment* 9(2): 676-679.
8. Bates, L. S., Waldern, R. P. and Tear, I. D. (1973) Rapid determination of free proline for water stress studies. *Plant Soil* 39:205-207.
9. Beckett, P. K., Freer-Smith, p. and Taylor. G. (1998) Urban woodlands: their role in reducing the effects of particulate pollution. *Environmental Pollution* 99: 347-365.
10. Bell, J. N. B. and Treshow, M. (2002) *Air pollution and plant life*. 2nd edition, John Wiley & Sons, Chichester.
11. Department of environment. Shiraz air pollutants report. Retrieved from <http://fars.doe.ir>. On 20 December 2015.
12. Draper, H. H. and Hadley, M. (1990) Malondialdehyde determination as index of lipid peroxidation. *Methods Enzymology* 186: 421-31.
13. Fattah Ravandi, N., Amini, F. and Askari, M. (2014) Effect of air pollution on carotenoid, Antocyanine and total carbohydrates in three tree species (robinia and fraxinus) in Arak aluminum industry zone. 2nd National Medicinal Plants Congress, Hamadan, Iran.
14. Gardens and green place organization of Isfahan. Effect of air pollution on plants. Retrieved from <http://www.isfahan.ir>. On 30 December 2015.
15. Ghorbanli, M., Bakhshi khaniki, G. and Bakand, Z. (2006) Air pollution effects on fresh and dry weight, amount of proline , number of stomata ,trichome and epidermal cells in *Nerium oleander* and *Robinia pseudoacacia* in Tehran city. *Journal of Agriculture and Horticulture* 77: 29-33 (in Persian).
16. Giri, S. and Shrivastava, D. (2013) Effect of air pollution on chlorophyll content of leaves. *Current Agriculture Research* 1(2): 93-98.
17. Heath, R. L. (2008) Modification of the biochemical pathways of plants induced by ozone: what are the varied routes of change? *Environmental Pollution* 155: 453-463.
18. Hoseinabadi, S. (2012) Effect of air pollution on crops alfalfa and bean in industrial zone of Arak refinery. MSc thesis, Arak University, Arak, Iran (in Persian).
19. Jager, H. J., Unsworth, M. H., De Temmerman, L. and Mathy, P. (1993) Effects of air pollution on agricultural crops in Europe. *Air Pollution Research Report* 46: 105-109.
20. Joshi, P. C. and Swami, H. (2009) Air pollution induced changes in the photosynthetic pigment of selected plant species. *Environmental Biology* 30: 295-298.
21. Kulshreshtha, K., Farooqui, A., Srivastava, K., Singh, S. N., Ahmad, K. J. and Behl, H. M. (1994) Effect of diesel exhaust pollution on cuticular and epidermal features of *Lantana camara* Linn. and *Syzygium cumini* Linn. (Skeels). *Environmental Science and Health* 29(2):301-308.
22. Lordifard, P., Seyyednejhad, S. M. and Motamedi, H. (2011) The effect of air pollution on some physiological parameters in conocarpus growthed in bidboland gas refinery. National Plant Stress Congress, Isfahan, Iran.

23. Loreto, F. and Velikova, V. (2001) Isoprene produced by leaves protects the photosynthetic apparatus against ozone damage, quenches ozone products, and reduces lipid peroxidation of cellular membranes. *Plant Physiology* 127: 1781-1787.
24. Mehllhorm, I. and Mandel, M. (1986) Physiological changing creation test plants under automobile exhaust pollution. *Environmental Biology* 22:43-47.
25. Mirzadeh vaghefi, S.S., Rajamandand, M. and Khayami, M. (2008) Introduction of the cultivated plants of Tehran city. *Journal of Iranian Biology* 2: 301-308 (in Persian).
26. Mirzaei, M. and Babalu, F. (2008) Effect of air pollution on *Hedera helix* plants. *Developmental Biology Journal* 1: 41-47 (in Persian).
27. Naidoo, G. and Chirkoot, D. (2004) The effects of coal dust on photosynthetic performance of the mangrove, *Avicennia marina* in Richards Bay, South Africa. *Environmental Pollution* 127:359-366.
28. Nazhat, S. and Sadeghi, H. (2013) Study of air pollutants variations and effect of climatology parameter in Shiraz city. First Logal Gas, Technology and Development Congress. Firozabad, Iran.
29. Noori, A. (2004) Ornamental plant breeding for resistance to water, air and soil pollution. 3th Scientific Agricultural Students Congress. Birjand, Iran.
30. Padash, A., Ghanbari, A. and Asgharipour, M. R. (2016) Effect of salicylic acid on Concentration of nutrients, protein and antioxidant enzymes of basil under lead stress. *Iranian Journal of Plant Biology* 8(27): 17-32 (in Persian).
31. Rai, A. and Kulshreshtha, K. (2006) Effect of particulates generated from automobile emission on some common plants. *Food, Agriculture and Environment* 4 (1): 253-259.
32. Seyyednejad, S. M. and Koochak, H. (2011) A Study on air pollution induced biochemical alteration in Eucalyptus. *Basic and Applied Science* 5(3): 601-606.
33. Seyyednjad, S. M., Majdian, K., Koochak, H. and Niknejad, M. (2011) Air pollution tolerance indices of some plants around industrial zone in south of Iran. *Asian Journal of Biological Sciences* 4: 300-305.
34. Shimada, K., Fujikawa, K., Yahara, K., and Nakamura, T. (1992) Antioxidative properties of xanthan on the anti-oxidation of soybean oil in cyclodextrin emulsion. *Journal of Agricultural Food Chemistry* 40: 945-948.
35. Smith, W. H. (1990) *Air pollution and forest*. Springer Verlag, New York.
36. Tankha, K. and Gupta, R. K. (1992) Effect of water deficit and sulphur dioxide on total soluble proteins, nitrate reductase activity and free proline content in sunflower leaves. *Biologia Plantarum* 34(3-4): 305-310.
37. Tiwari, S. Agrawal, M. and Marshal F. M. (2006) Evaluation of ambient air pollution impact on carrot plants at a sub urban site using open top chambers. *Environmental Monitoring and Assessment* 119: 15-30.
38. Tripathi, A. K. and Gautam, M. (2007) Biochemical Parameters of plants as indicators of air pollution. *Environmental Biology* 28(1): 127-132.
39. Vallero, D. (2008) *Fundamentals of air pollution*. 4th edition, academic press, Burlingfan.
40. Wanger, G. J. (1979) Content and vacuole/extra vacuole distribution of neutral sugars, free amino acids and anthocyanins in protoplasts. *Plant Physiology* 64: 88-93.
41. Woo, S. Y., Lee, D. K. and Lee, Y. K. (2007) Net photosynthetic rate, ascorbate peroxidase and glutathione reductase activities of *Erythrina orientalis* in polluted and non-polluted areas. *Photosynthetica* 45(2): 293-295.