مجله سلامت و محیط زیست، فصلنامه‌ی علمی پژوهشی
انجمن علمی بهداشت محیط ایران
دوره سیزدهم، شماره دوم، تابستان ۱۳۹۹، صفحات ۲۹۹ تا ۳۱۸

Available online: http://ijhe.tums.ac.ir
مقاله پژوهشی

تجمع زیستی سرب و کادمیوم و ارزیابی شاخص تحمل تعدادی از گونه‌های درختی، درختچه ای و بوته‌ای به آلودگی هوا در نواحی پرترافیک شهر یزد

بهنام نظری علمدارلو*، اصغر مصلح آرانی، سعید شجاعی برجوئی، حمیدرضا عظیم زاده، بهمن کیانی
گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و کویرشناسی، دانشگاه یزد، یزد، ایران

اطلاعات مقاله:

تاریخ دریافت: ۹۹/۰۳/۱۸
تاریخ ویرایش: ۹۹/۰۶/۰۱
تاریخ پذیرش: ۹۹/۰۶/۰۵
تاریخ انتشار: ۹۹/۰۶/۳۱

واژگان کلیدی: شاخص تحمل به آلودگی هوا، مناطق شاهد و پرترافیک، گل رز و برگ نو، سرب و کادمیوم، شهر یزد

پست الکترونیکی نویسنده مسئول:
b.nazari371@gmail.com

چکیده

زمینه و هدف: ترافیک شهری ضمن تاثیر بر سلامتی انسان باعث تغییرات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی در گیاهان می‌گردد. این مطالعه با هدف بررسی تجمع زیستی Pb و Cd و نیز ارزیابی شاخص تحمل آلودگی هوا (Air Pollution Tolerance Index (APTI)) تعدادی از گیاهان رویش یافته در دو منطقه شاهد و پرترافیک شهر یزد است.

روش بررسی: این مطالعه مقطعی، توصیفی – تحلیلی در دو منطقه شاهد و پرترافیک شهر یزد با نمونه‌برداری تصادفی از ۱۰ گونه درختی، درختچه‌ای و بوته‌ای انجام شد. پس از انتقال نمونه‌ها به آزمایشگاه با استفاده از روش‌های استاندارد میزان محتوای آب نسبی، pH عصاره برگ، کلروفیل کل و اسید آسکوربیک اندازه گیری شد. همچنین غلظت Pb و Cd جهت بررسی همبستگی آنها با شاخص APTI در گیاهان اندازه‌گیری شد. کلیه آنالیزهای آماری از جمله آزمون نرمالیته کلموگروف اسمیرنوف (Kolmogorov–Smirnov test)، آنالیز واریانس یک طرفه (ANOVA)، آزمون تعقیبی دانکن (Duncan) و ضریب همبستگی پیرسون (Pearson Correlation Coefficient) بین پارامترهای مورد بررسی در نرم افزار SPSS ۲۲ نسخه صورت گرفت.

یافته‌ها: بیشترین محتوای آب نسبی (۸۴/۷۳ درصد) و اسید آسکوربیک (۵/۹۸ mg/g.FW) به‌ترتیب در منطقه پرترافیک برای گونه‌های اختر گلی و گل رز اندازه‌گیری شد. همچنین بیشترین pH عصاره برگ (۷/۰۱) و کلروفیل کل (۱/۴۸ mg/g.FW) در منطقه شاهد به‌ترتیب برای شاه پسند و برگ نو اندازه‌گیری شد. بیشترین شاخص تحمل به آلودگی هوا در گیاه گل رز و برگ نو اندازه‌گیری شد. همچنین نتایج نشان داد همبستگی شاخص APTI با Pb، اسید آسکوربیک و محتوای آب نسبی مثبت و معنی‌دار بود.

نتیجه‌گیری: براساس طبقه‌بندی شاخص تحمل آلودگی هوا دو گونه‌ای گل رز و برگ نو مقاومت متوسطی در برابر آلاینده‌ها در نواحی پرترافیک دارند. بنابراین با توجه به شرایط اکولوژیکی مورد نیاز این دو گونه، می‌توان از آنها جهت توسعه فضاهای سبز در نواحی پرترافیک شهر یزد استفاده نمود. این تحقیق نشان داد که Pb باعث افزایش واکنش فیزیولوژیک گیاهان مورد مطالعه می‌گردد، درحالی‌که گیاهان واکنش فیزیولوژیک معنی‌داری به عنصر Cd موجود در گیاهان مورد مطالعه نشان ندادند. از طرف دیگر نتایج این همبستگی نشان داد که محتوای آب نسبی و اسید آسکوربیک نسبت به سایر عوامل تعیین‌کننده، از اهمیت بیشتری برای شاخص تحمل به آلودگی برخوردار هستند.

Please cite this article as: Nazari Alamdarloo B, Mosleh Arany A, Shojaee Barjoee S, Azimzadeh H, Kiani B. Air pollution tolerance index and heavy metals (Pb and Cd) bioaccumulation in selected plant species (trees, shrubs and herbs) in high-traffic areas of Yazd city. Iranian Journal of Health and Environment. 2020;13(2):299-318.

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-11-10]

مقدمه

بر طبق گزارشات سالانه ۳ میلیون نفر در اثر مواجهه با آلاینده‌های هوا جان خود را از دست می‌دهند که ۹۰ درصد آنها در کشورهای در حال توسعه زندگی می‌کنند (۱، ۲). با توجه به روند رو به رشد شهرها، توسعه صنعتی، ازدیاد رشد جمعیت و افزایش روزافزون استفاده از خودروهای شخصی مهمترین مسئله گریبان‌گیر شهرها، افزایش آلودگی‌های ناشی از حمل و نقل است (۳، ۴). امروزه حمل و نقل یکی از مهمترین عناصر ساختاری است که بر توسعه شهرها تاثیرگذار است و از سوی دیگر گسترش شهرها نیز بر شبکه‌ها و سامانه‌های ترابری تاثیر می‌گذارد. مطالعه بر روی گیاهان رشد یافته در فضای شهری که نقش مهمی در پالایش هوای شهر دارند، جهت داشتن اطلاعات کمی و پایه در انجام مدیریت مناسب فضاهای سبز شهری لازم و ضروری است (۵). وسایل نقلیه شهری و جاده‌ای مقادیر قابل توجهی از آلاینده‌های گازی، ذرات و فلزات سنگین را در هوا، آب و خاک آزاد می‌کنند. بنابراین انتشار آلاینده‌های گازی، ذرات و فلزات سنگین از وسایل نقلیه یکی از منابع اصلی آلودگی در محیط‌های شهری حاصل از حجم بالای ترافیک است. فلزات سنگین تولید شده توسط اگزوز خودروها و سایش تایر اتومبیل‌ها می‌توانند در گرد و غبارها و خاک‌های شهری ترسیب شده و وارد پوشش گیاهی شوند (۶). بنابراین استفاده از پوشش گیاهی به‌عنوان نمونه‌بردار ساکن در شاخص زیستی با دقت مکانی و زمانی زیاد به‌دلیل در دسترس بودن گیاه و هزینه‌های پایین نمونه‌برداری اهمیت فراوانی دارد (۷). براساس گزارشات، Pb و Cd از جمله آلاینده‌های مهم در محیط زیست هستند. آلودگی آب، خاک و هوا به Pb و Cd تولید شده توسط خودروها یک مسئله محیط زیستی جدی است. Pb در نتیجه استفاده از سوخت‌های بنزینی سرب‌دار و Cd موجود در تایر خودروها از طریق استهلاک خودروها و ترافیک به محیط وارد می‌شوند (۸). برخلاف تصور درباره حذف Pb از سوخت‌های بنزینی و گازوئیلی، تحقیقات انجام شده در سال‌های اخیر نشان داده‌اند همبستگی مستقیمی بین افزایش حجم ترافیک در منطقه با افزایش غلظت Pb و Cd در خاک و گیاه وجود دارد. به طوری که Baghaie و همکار در بررسی غلظت Pb و Cd در ۱۲ نقطه از خاک‌های شهر اراک، بیشترین غلظت Pb و Cd در خاک‌های مناطق پرتردد خودرودهای سنگین و سبک اندازه گیری نمودند (۹). همچنین Ghanavati و همکاران در تحقیقی غلظت فلزات سنگین در خاک‌های سطحی کنار جاده‌ای تقاطع‌های شهر اهواز بررسی نمودند و نتایج آنها نشان داد، انتشارات ناشی از ترافیک خودروها و انتشارات صنعتی مهمترین منابع Pb در منطقه هستند (۱۰). در پژوهش Salimi و همکاران تغییرات Pb و Cd در خاک و گیاه کلزا در حاشیه جاده ساوه – همدان مورد بررسی قرار گرفت و نتایج نشان داد، مقادیر Pb در خاک و گیاه با افزایش فاصله از جاده کاهش می‌یابد (۱۱). نتایج تحقیقات Tabibian و همکاران نشان داد درخت چنار پتانسیل بسیار زیادی در جذب Pb ناشی از ترافیک در حاشیه خیابان‌ها دارد (۱۲). Pb جز فلزات غیرضروری برای گیاهان است که عملکرد زیستی شناخته شده‌ای ندارد اما با توجه به انحلال‌پذیری این عنصر در آب به راحتی توسط ریشه جذب گیاه می‌شود. افزایش این فلز در محیط باعث اثراتی از قبیل اختلال در جوانه‌زنی دانه، اختلال در میتوز، القای کلروز و نکروز در برگ، کاهش فتوسنتز و تنفس، عدم توازن آبی و تغییر در تعادل هورمونی گیاه می‌شود. Pb همچنین منجر به توقف فعالیت‌های آنزیمی، اختلال در تغذیه معدنی و تغییر در نفوذپذیری غشا می‌گردد (۱۳). Cd یک فلز آلاینده محیطی دیگر است که در طبیعت منتشر می‌شود. اگرچه این فلز برای رشد گیاهان ضروری نیست اما این فلز به‌راحتی از طریق پوست و ریشه جذب می‌شود و سپس از راه سیمپلاستی یا آپوپلاستی وارد بافت چوب می‌گردد. Cd بر تقسیم و رشد سلول‌ها، رشد کلی گیاه، تقسیم سلولی منطقه مریستمی و تنظیم رشد و نمو گیاهان اثر می‌گذارد که تاثیر آن بر حسب نوع گیاه متغیر است (۱۴).

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-11-10]

اگرچه گیاهان تا حدودی در کاهش آلاینده‌ها موثر هستند، اما ممکن است تحت تاثیر آلاینده‌ها نیز قرار گرفته و آسیب ببینند. گیاهان به دو طریق کاهش مستقیم از هوا (جذب مستقیم) و کاهش غیرمستقیم از طریق جلوگیری از انتشار آلاینده‌های هوا می‌توانند آلاینده‌های هوا را کاهش دهند. در کاهش مستقیم، درختان آلاینده‌های گازی از قبیل دی‌اکسید گوگرد (SO_2)، دی اکسید نیتروژن (NO_2) و ازن (O_3) را از طریق روزنه‌هایشان جذب می‌کنند و همچنین می‌توانند آلاینده‌های محلول در آب را در رطوبت سطوح برگ‌هایشان حل نمایند. تاج پوشش درختان نیز می‌تواند ذرات ریز موجود در هوا را جذب کند (۱۵). با این وجود، درخت به عنوان یک موجود زنده با طول عمر طولانی و عنصر اصلی فضای سبز شهری می‌تواند علاوه بر کاهش آلودگی هوا، مقدار و شدت تجمع آلاینده‌ها را نشان دهد (۱۶). در واقع درختان به آلودگی حساس بوده و به‌وسیله تغییر در فرایندهای حیاتی خود مانند رشد و یا میزان فتوسنتز به استرس محیطی واکنش نشان می‌دهند. بسیاری از این تغییرات، پاسخ‌های جبرانی زیستی به تنش‌های محیطی هستند که عکس العملی برای کم کردن آسیب‌های حاصل از تنش و انطباق با شرایط نامناسب مانند آلودگی هوا است (۱۷). به این لحاظ گیاهان به ویژه درختان و درختچه‌ها به‌طور موثری به‌عنوان شاخص زیستی آلودگی محیط شهری استفاده می‌شوند (۱۸). امروزه محققین با استفاده از تعدادی پارامتر فیزیولوژیک و بیوشیمیایی نظیر محتوای آب نسبی، pH عصاره برگ، اسید آسکوربیک و کلروفیل کل توانسته‌اند با تعریف شاخصی به نام شاخص تحمل به آلودگی هوا (Air Pollution Tolerance Index(APTI)) درجه حساسیت و مقاومت گونه‌های گیاهی در برابر آلاینده‌های محیطی را مورد ارزیابی قرار دهند. در واقع شاخص تحمل به آلودگی هوا به عنوان یکی از معیارهای انتخاب گیاهان به منظور توسعه فضای سبز شهری در نظر گرفته شده است. در مقاله مروری Panda و همکاران APTI به عنوان شاخصی جهت انتخاب گونه‌های متحمل به آلودگی هوا و پایشگر آلاینده‌های محیطی معرفی شده است (۱۹). همچنین Ghafari و همکاران توانستند با استفاده از شاخص APTI درخت (*Yucca*) و درختچه زرشک (*Berberis*) را به عنوان گونه متحمل جهت توسعه فضای سبز در مناطق پرترافیک شهر رشت معرفی نمایند (۲۰). Shojaee Barjoee و همکاران با استفاده از APTI گونه‌ای درختی انار (*Punica granatum*) به عنوان گونه متحمل و گونه درمنه به عنوان گونه (*Artemisia*) پایشگر زیستی جهت توسعه فضای سبز اطراف صنایع شیشه، خاک چینی، کاشی و سرامیک اردکان انتخاب نمودند (۱۶). در چند دهه اخیر با افزایش رشد جمعیت و توسعه شهرنشینی در شهر یزد و به دنبال آن افزایش تعداد بزرگراه‌ها، جاده‌ها و خودروهای شخصی سبب افزایش جریان ترافیک و نیز باعث افزایش انتشار آلاینده‌ها در محیط شهر شده است. جریان ترافیک یکی از اصلی‌ترین منابع انتشار آلاینده‌های زیست محیطی است که برای سلامتی انسان زیان‌آور بوده و اثرات زیست محیطی بسیاری بر گیاهان دارد. در چنین شرایطی، انتخاب گونه‌های گیاهی متحمل به آلودگی هوا می‌تواند راهکاری مناسب در راستای کاهش آلاینده‌های محیطی باشد. گیاهانی که بتوانند بین ساختارهای درونی و محیط آلوده بیرون تعادل ایجاد نمایند، می‌توانند در این شرایط دوام آورده و در فراهم آوردن کیفیت و پالایش بهتر هوای شهر یزد موثر واقع شوند. لذا از اهداف این تحقیق بررسی تجمع زیستی Pb و Cd و ارزیابی شاخص تحمل به آلودگی هوا (APTI) در تعدادی از گونه‌های بوته‌ای، درختی و درختچه‌ای رویش یافته در دو منطقه شاهد پرترافیک شهر یزد است. از دیگر اهداف مهم این تحقیق بررسی همبستگی بین شاخص تحمل به آلودگی هوا با تجمع عناصر Pb و Cd در گیاهان است. قطعا نتایج حاصل از این تحقیق می‌تواند معیاری در راستای انتخاب گونه‌های گیاهی مناسب جهت توسعه فضای سبز شهری در اختیار طراحان فضای سبز شهر و شهرداری گزارد.

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-11-10]

مواد و روش‌ها

- معرفی منطقه مورد مطالعه و نمونه برداری از گیاهان

این مطالعه توصیفی – تحلیلی و مقطعی در سال ۱۳۹۷ در شهر یزد صورت گرفت. برای اجرای پژوهش حاضر ابتدا داده‌های کیفیت هوای شهر یزد که با استفاده از دستگاه‌های پایش آنلاین اداره کل حفاظت محیط زیست در ایستگاه‌های بلوار دانشجو و میدان ابوذر اندازه گیری شده بودند، مورد بررسی قرار گرفت (جدول ۱). موقعیت ایستگاه‌های پایش کیفیت هوا در میدان ابوذر به صورت "۳۱°۵۰'۳۱ عرض شمالی و "۲۳°۵۴'۱۹ طول شرقی و در بلوار دانشجو "۳۱°۵۱'۳۲ عرض شمالی و "۵۴°۲۱'۳۹ طول شرقی تعیین گردید.

در ادامه، مناطقی از شهر یزد که بیشترین ترافیک را در اکثر زمان‌ها داشتند به‌عنوان منطقه آلوده و مناطقی که تحت تاثیر شدید آلودگی هوا ناشی از ترافیک و توسعه صنعتی نبودند به عنوان منطقه شاهد مشخص گردید. برای این منظور از داده‌های کارشناسان محیط زیست یزد استفاده شد. براساس داده‌های ترافیک، نواحی مرکزی شهر در طول سه میدان باهنر، آزادی و شهید بهشتی به عنوان منطقه پرترافیک و نواحی محوطه دانشگاه یزد به عنوان منطقه شاهد تعیین گردیدند. فاصله نزدیک‌ترین ایستگاه پایش آنلاین اداره محیط زیست به میادین باهنر، آزادی و شهید بهشتی ۳ km (ایستگاه بلوار دانشجو) و به دانشگاه یزد ۳ km (ایستگاه میدان ابوذر) بود. بعد از انتخاب مناطق آلوده و شاهد برای نمونه‌برداری از گیاهان دو منطقه، ابتدا با یک بررسی جامع، گونه‌های درختی، درختچه‌ای و بوته‌ای مشترک دو منطقه آلوده و شاهد تعیین گردید (شکل ۱). گونه‌های گیاهی شناسایی شده در دو منطقه پرترافیک و شاهد شامل چهار گونه درختی اقاقیا (*Robinia Pseudoacacia*)، نارون (*Ulmus minor*)، سروناز (*Cupressus sempervirens L.*) و کاج موگو (*Pinus Mugo*)، سه گونه درختچه‌ای شامل برگ نو (*Ligustrum latifolium*)، پیراکانتا (*Pyracantha coccinea*) و خرزهره (*Nerium Oleander*) و سه گونه بوته‌ای شامل اخترگلی (*Canna indica*)، گل سرخ (*Rosa damascena*) و شاه پسند (*Verbena hybrida*) بود. از هر گونه گیاهی ۳ نمونه در مناطق آلوده و شاهد برداشت گردید. کل نمونه‌های برداشته شده از دو منطقه پرترافیک و شاهد ۶۰ عدد تعیین شد. برای نمونه‌برداری از برگ گیاهان از قیچی فولادی ضد زنگ استفاده گردید. برای جلوگیری از پژمردگی برگ گیاهان، نمونه‌ها بلافاصله پس از برداشت در یخ خشک قرار داده شد و بعد از min ۳۰ به آزمایشگاه دانشکده منابع طبیعی منتقل گردید.

- اندازه گیری پارامترهای فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی APTI

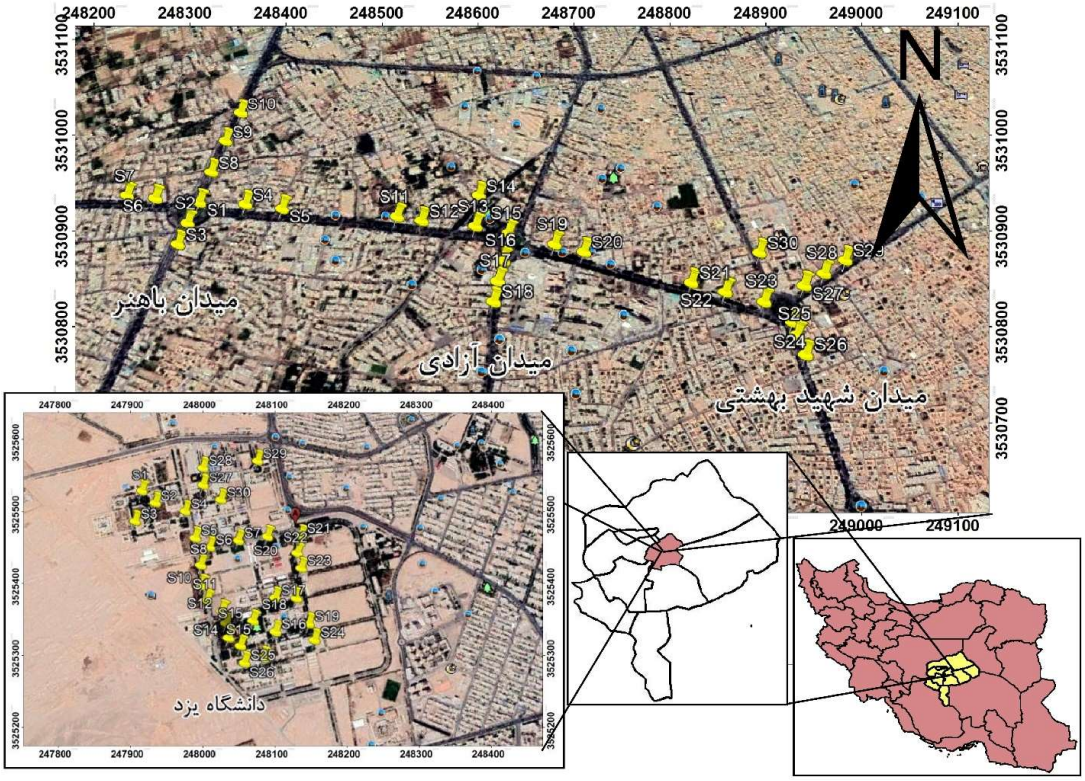
برای تعیین شاخص تحمل گیاهان به آلودگی هوا مطابق معادله ۱، از دو پارامتر فیزیولوژیکی pH عصاره برگ و محتوای آب نسبی و دو پارامتر بیوشیمیایی اسید آسکوربیک و کلروفیل کل استفاده شد.

$$APTI = (AA(TChl + pH) + RWC)/10 \quad (1)$$

جدول ۱- میانگین غلظت آلاینده‌های اندازه گیری شده توسط دستگاه پایش آنلاین اداره کل محیط زیست واقع در ایستگاه‌های میدان ابوذر و بلوار دانشجو

آلاینده / ایستگاه	(ppm) Co	(ppb) O_3	(ppb) NO	(ppb) NO_2	(ppb) NO_X	(ppb) SO_2	($\mu g/m^3$) PM_{10}
میدان ابوذر	۰/۸۹	۳۳/۱۱	۴۳/۷۸	۲۵/۹۸	۶۹/۷۲	۲۵/۹۱	۹۲/۱۵
بلوار دانشجو	۳/۳۶	۱۶/۴۷	۱۷/۹۰	۲۴/۸۲	۳۶/۶۳	۷/۸۳	۱۱۳/۷۱

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-11-10]



شکل ۱- موقعیت مکان‌های نمونه برداری از گیاهان در نواحی پرترافیک (میدان باهنر، آزادی و شهید بهشتی) و شاهد (دانشگاه یزد) شهر یزد

در این معادله منظور از AA اسید آسکوربیک، TChl کلروفیل کل، pH عصاره برگ و RWC محتوای آب نسبی است (۲۱).

برای اندازه گیری محتوای آب نسبی (RWC) ابتدا وزن تر نمونه برگ گیاه با استفاده از ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۰۰۰۱ اندازه گیری شد سپس با ثبت مشخصات، آنها را در پاکت گذاشته و در آون در دمای ۷۰°C به مدت ۲۴ h قرار داده شد. بعد از هوادهی، وزن خشک نمونه‌های اندازه گیری شد و با استفاده از معادله ۲ محتوای آب نسبی نمونه‌ها تعیین گردید.

$$RWC\% = ((Wt - Wd)/Wt) \times 100 \quad (۲)$$

در این معادله Wt وزن تر و Wd وزن خشک نمونه‌های مورد بررسی است (۲۲).

برای اندازه گیری pH عصاره برگ ابتدا ۲ g از وزن تازه برگ گیاه را توزین و به مدت ۲۰min در هاون چینی ساییده شد. با افزودن ۲۰ mL آب دوبار تقطیر به نمونه‌های ساییده شده، نمونه‌های محلول به فالکون‌های ۵۰ mL انتقال داده شد تا با استفاده از دستگاه سانتریفیوژ به مدت ۵min با دور ۴۰۰۰ rpm عصاره خالص آن به‌دست آید. بعد از عصاره گیری، به منظور جلوگیری از ورود باقیمانده‌های گیاهی به ظرف جدید، نمونه‌ها از کاغذ صافی عبور داده شد و به دورن بشر انتقال یافت. در نهایت pH عصاره گرفته شده از نمونه‌ها با استفاده از pH متر دیجیتالی کالیبره شده قرائت شد (۲۳).

برای اندازه‌گیری کلروفیل کل نمونه‌های گیاهی ۰/۵g از وزن تر هر نمونه برگ با ۱۰mL استون ۸۰ درصد در هاون چینی به‌خوبی ساییده شد. سپس عصاره حاصله بعد از ۱۰ min سانتریفیوژ با دور ۴۰۰۰rpm به درون

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-11-10]

کوت‌های مخصوص توسط دستگاه اسپکتروفتومتر در دو طول موج ۶۴۵ و ۶۶۳ nm قرائت گردید. پس از قرائت نمونه‌ها، میزان جذب در دو طول موج مورد نظر در معادلات زیر جایگذاری و مقادیر کلروفیل a (معادله ۳)، کلروفیل b (معادله ۴) و کلروفیل کل (معادله ۵) بر حسب mg/g.FW محاسبه گردید.

(۳) کلروفیل a =((19.3 × A663) -(0.086 × A645)) V /100 W

(۴) کلروفیل b=((19.3 × A645) – (3.6 ×A663)) V /100 W

(۵) کلروفیل کل = کلروفیل a +کلروفیل b

در معادلات فوق پارامترهای V و W به ترتیب بیانگر حجم نهایی نمونه استخراج شده و وزن تر نمونه است (۲۴).

برای اندازه‌گیری اسید آسکوربیک g ۱ از برگ تازه گیاه توزین و در mL ۲۰ محلول ۵ درصد اسید متافسفریک ساییده شد و محلول حاصل به مدت min ۲۰ با دور rpm ۸۰۰۰و در دمای ۴°C سانتریفیوژ گردید. سپس mL ۱ از محلول رویی صاف شده برداشته شده و به آن DCIP ۰/۵mL، Mm ۳ اضافه گردید. در مرحله بعد mL ۱ تیو اوره ۱ درصد به نمونه‌ها اضافه شد و نمونه‌ها به مدت min ۲۰ ساکن ماندند. سپس mL ۱ محلول Mm ۱۰ از DNPH به نمونه‌ها اضافه گردید تا مشتق ۲، ۴- دی نیتروفنیل هیدرازین از اسید دهیدروآسکوربیک تشکیل شود. بعد از طی مراحل فوق، نمونه‌ها به مدت h ۱ در حمام آب ۵۰°C و سپس به مدت min ۲۰ در حمام یخ قرار داده شدند. در زمان ماندگاری نمونه‌ها در حمام یخ به تدریج mL ۲/۵ اسید سولفوریک ۸۵ درصد به نمونه‌ها افزوده شد. سپس به هر نمونه mL ۱ اسید سولفوریک ۲۰ درصد به آرامی افزوده شد. همزمان با تهیه محلول‌ها جهت قرائت اسید آسکوربیک، نمونه‌های شاهد جهت کالیبراسیون دستگاه اسپکتروفتومتر تهیه شدند. در مرحله بعد اقدام به اندازه‌گیری اسید آسکوربیک نمونه‌ها در طول موج nm ۵۲۰ گردید (۲۵).

- اندازه گیری تجمع زیستی Pb و Cd در گیاهان رویش یافته در دو منطقه شاهد و پر ترافیک شهر یزد

برای اندازه‌گیری تجمع زیستی Pb و Cd در گیاهان مورد بررسی، از روش هضم خشک استفاده شد. به این صورت نمونه‌های گیاهی به مدت h ۲۴ در آون قرار داده شد تا کاملا خشک گردند. سپس نمونه‌ها با استفاده از آسیاب برقی استریل کاملا پودر شدند. در مرحله بعد، g ۱ از پودر هر نمونه گیاهی به درون بوته چینی ریخته و در دمای °C ۵۵۰ به مدت h ۴ در کوره قرار داده شد. سپس به نمونه‌های خاکستر، mL ۱۰ اسید کلریک M ۲ افزوده شد و در دمای °C ۸۰ روی هیتر برقی حرارت داده شد تا دو سوم اسید به صورت بخار از محلول‌ها خارج شود. بعد از حرارت دهی، نمونه‌ها به مدت چند دقیقه ساکن ماندند تا به آرامی سرد شوند. سپس نمونه‌های سرد همراه با مقداری آب مقطر از کاغذ صافی عبور داده شد تا به بالن‌های mL ۵۰ انتقال و به حجم رسانیده شوند. در نهایت غلظت Pb و Cd در نمونه‌های گیاهی با استفاده از دستگاه جذب اتمی مدل NOVAA 300 بر حسب mg/kg اندازه‌گیری شد (۲۶).

داده‌های به‌دست آمده در نرم افزار SPSS 22 تجزیه و تحلیل شدند. ابتدا با استفاده از آزمون نرمالیته کلموگروف اسمیرنوف (Kolmogorov–Smirnov test) نرمال بودن داده‌ها بررسی شد. همچنین برای بررسی وجود اختلافات معنی‌دار بین گیاهان مورد بررسی از نظر فاکتورهای فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی شاخص تحمل به آلودگی هوا و همچنین غلظت فلزات سنگین از آنالیز واریانس یک طرفه (ANOVA) و آزمون تعقیبی دانکن (Duncan) استفاده شد. برای بررسی روابط همبستگی بین فاکتورهای فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی با فلزات سنگین موجود در گیاهان، در صورت نرمال بودن از آزمون ضریب همبستگی پیرسون (Pearson Correlation Coefficient) و در غیر این صورت از آزمون اسپیرمن (Spearman

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-11-10]

Correlation) استفاده گردید. کلیه ترسیم نمودارها در نرم افزار اکسل انجام شد.

یافته‌ها

- نتایج ارزیابی پارامترهای فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گیاهان در دو منطقه شاهد و پرترافیک شهر یزد

نتایج آنالیز واریانس نشان داد، بین گونه‌های گیاهی از لحاظ محتوای آب نسبی، pH عصاره برگ، کلروفیل کل، اسید آسکوربیک و شاخص تحمل به آلودگی هوا اختلاف معنی‌داری در سطح ۱ درصد وجود دارد (p =۰/۰۰). همچنین بررسی نتایج نشان داد که اختلاف پارامترهای بررسی شده در دو منطقه مورد نظر، برای پارامترهای pH عصاره برگ (p =۰/۰۲)، کلروفیل کل (p =۰/۰۰)، اسید آسکوربیک (p =۰/۰۰) و شاخص تحمل به آلودگی هوا (p= ۰/۰۰) معنی‌دار است (جدول ۲). از طرف دیگر نتایج آنالیز واریانس برای پارامتر محتوای آب نسبی نشان داد که اختلاف محتوای نسبی آب برگ در دو منطقه پرترافیک و شاهد معنی‌دار نیست (p =۰/۱۸). نتایج دیگر نشان داد در هر یک از مناطق شاهد و پرترافیک گونه‌های گیاهی دارای اختلاف معنی‌داری با یکدیگر هستند (p =۰/۰۰). اگرچه بررسی میانگین محتوای آب نسبی نشان داد میزان پارامتر در منطقه پرترافیک کمتر از منطقه شاهد بود. نتایج آزمون مقایسه میانگین دانکن نشان داد، محتوای آب نسبی در گیاهان اختر گلی و گل رز در دو منطقه شاهد و پرترافیک تفاوت معنی‌داری وجود دارد اما در سایر گونه‌ها این تفاوت معنی‌دار نبود. نتایج آزمون دانکن برای گونه‌های گیاهی رویش یافته در منطقه پرترافیک نشان داد، بیشترین محتوای آب نسبی مربوط به گونه اختر کلی (۸۴/۷۳ درصد) و کمترین آن مربوط به گونه کاج موگو (۵۴/۱۱ درصد) است. محتوای آب نسبی در گونه‌های پیراکانتا، کاج، سرو و نارون اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند. بعد از اختر گلی به ترتیب گونه‌های برگ نو (۷۶/۶۷ درصد)، شاه پسند (۶۵/۴۷ درصد) و خرزهره (۶۲/۰۷ درصد) بیشترین محتوای آب نسبی را دارا بودند. در منطقه شاهد مشابه منطقه پر ترافیک، بیشترین محتوای آب نسبی مربوط به اختر گلی (۸۱/۰۵ درصد) بود که تفاوت معنی‌داری با گونه برگ نو نداشت. کمترین محتوای آب نسبی برای گیاه پیراکانتا (۵۱/۸۵ درصد) به‌دست آمد. تفاوت معنی‌داری از نظر محتوای آب نسبی در گیاهان شاهد اخترگلی و برگ نو، شاه پسند و گل رز، کاج، سروناز، پیراکانتا و نارون مشاهده نشد (نمودار ۱).

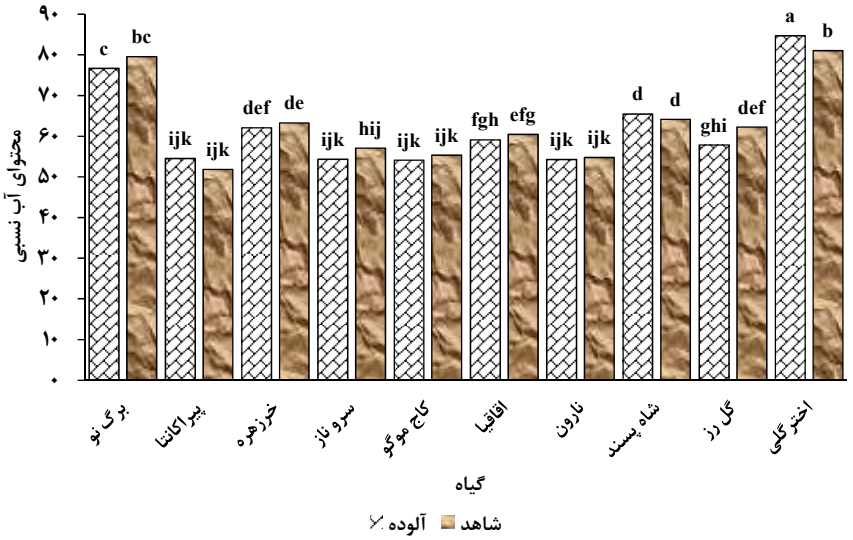
نتایج آنالیز واریانس برای پارامتر pH عصاره برگ گیاهان نشان داد، اختلاف pH عصاره برگ گیاهان در دو منطقه پرترافیک و شاهد در سطح ۱ درصد معنی‌دار است (p =۰/۰۲). به‌طوری‌که محتوای pH عصاره برگ گیاهان در مناطق پرترافیک کمتر از منطقه شاهد بود. نتایج نشان داد بیشترین مقادیر pH عصاره برگ مربوط به گیاه شاه پسند (۷/۰۱) در منطقه شاهد و کمترین آن مربوط به کاج موگو (۵/۰۳) در منطقه پرترافیک شهر یزد است. در منطقه

جدول ۲- آنالیز واریانس گونه‌های گیاهی مورد مطالعه در دو منطقه پرترافیک و شاهد

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات						
		محتوای آب نسبی	pH عصاره برگ	کلروفیل کل	اسید آسکوربیک	شاخص تحمل به آلودگی هوا	Pb	Cd
منطقه	۱	۶/۴۳^{ns}	۰/۴۳*	۶۷/۵۳**	۱۱/۷۵**	۲۲/۸۳**	۴۱۹/۷۶**	۶۰/۴۰**
گونه	۹	۶۲۳/۱۷**	۱/۵۰**	۴۴**	۵/۹۱**	۳۵/۸۶**	۵۰/۲۲**	۱۹/۸۳**
گونه *منطقه	۹	۹/۷۶**	۰/۲۴**	۱/۴۴^{ns}	۰/۵۹**	۳/۶۳**	۲۷/۵۴**	۳/۶۷**
خطا	۴۰	۳/۵۴	۰/۰۷	۱/۴۵	۰/۰۱	۰/۱۰	۸/۳۴	۱/۱۷

* اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد، ** اختلاف معنی‌دار در سطح ۱ درصد، ^{ns} عدم وجود اختلاف معنی‌دار

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-11-10]



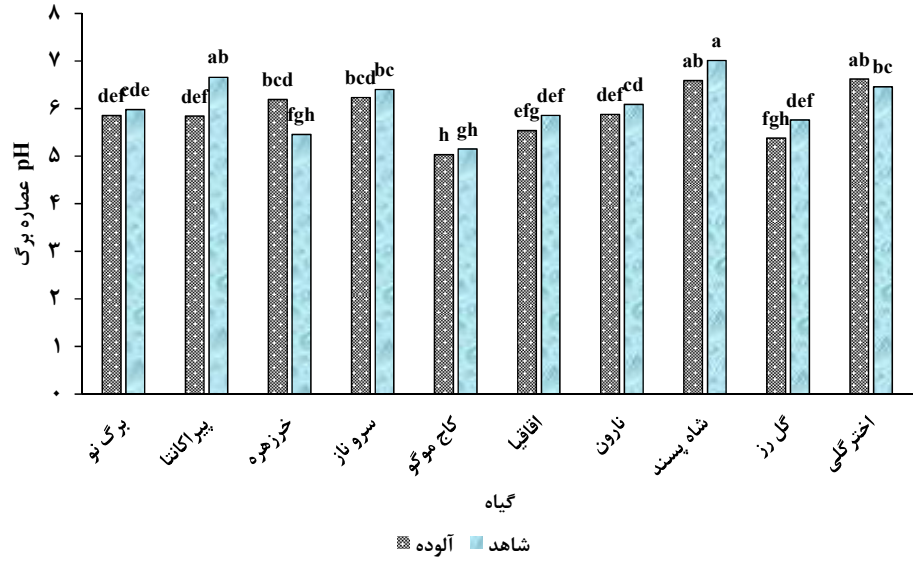
نمودار ۱- مقایسه میانگین محتوای آب نسبی در گونه‌های گیاهی مورد بررسی در دو منطقه آلوده و شاهد. ستون دارای حداقل یک حرف مشابه بیانگر عدم وجود اختلاف معنی‌دار بین گونه‌های گیاهی است.

پرترافیک اخترگلی، شاه پسند، سروناز و خرزهره، همچنین گل رز، نارون، اقاقیا، پیراکانتا و برگ نو اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نداشتند (نمودار ۲).

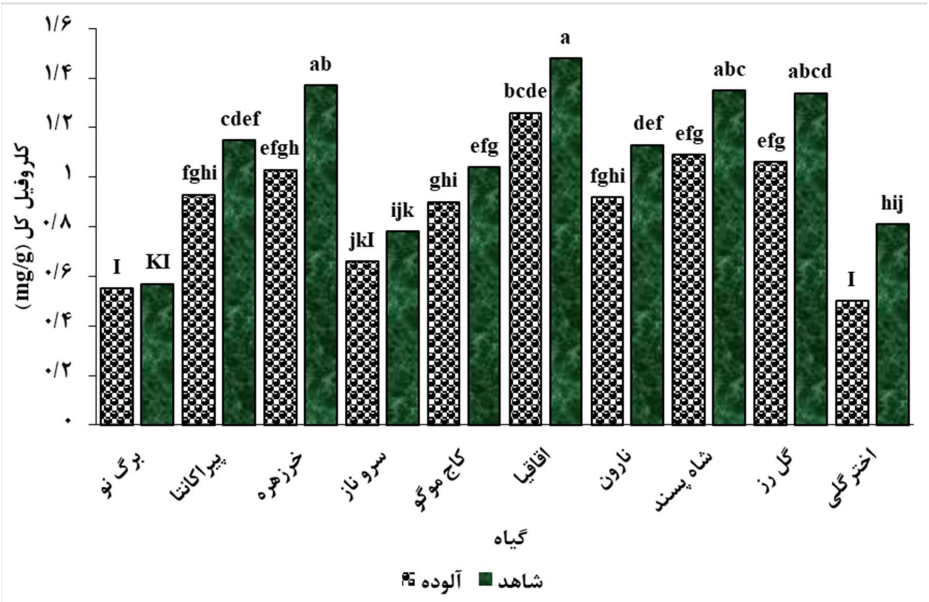
نتایج دیگر آنالیز واریانس نشان داد، محتوای کلروفیل کل در برگ گیاهان منطقه شاهد و پرترافیک به طور معنی‌داری در سطح ۱ درصد متفاوت است ($p =$ ۰/۰۰). نتایج آزمون مقایسه میانگین دانکن نشان داد، گونه‌های برگ نو، پیراکانتا، خرزهره، سرو، کاج، اقاقیا، شاه پسند و گل رز در مناطق پرترافیک و شاهد از نظر کلروفیل کل با یکدیگر اختلاف معنی‌داری ندارند. در منطقه پرترافیک، بیشترین محتوای کلروفیل کل در برگ گیاه اقاقیا اندازه گیری شد. کمترین محتوای کلروفیل برای گیاه اختر گلی به‌دست آمد که تفاوت معنی‌داری با گیاه برگ نو و سروناز نداشت. همچنین نتایج نشان داد گیاه گل رز در مناطق پرترافیک از لحاظ محتوای کلروفیل کل با گیاه خرزهره، پیراکانتا، کاج موگو و شاه پسند تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند. در منطقه شاهد بیشترین محتوای کلروفیل مربوط به اقاقیا بود که اختلاف معنی‌داری با گیاهان خرزهره، شاه پسند و گل رز نداشت. کمترین محتوای کلروفیل در منطقه شاهد مربوط به گیاه برگ نو بود. گیاهان پیراکانتا، خرزهره، نارون، شاه پسند و گل رز در منطقه شاهد از لحاظ محتوای کلروفیل برگ اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نداشتند (نمودار ۳).

نتایج آنالیز واریانس آخرین پارامتر بیوشیمیایی نشان داد، محتوای اسید آسکوربیک در برگ گیاهان منطقه شاهد و پرترافیک به طور معنی‌داری در سطح ۱ درصد متفاوت است ($p =$ ۰/۰۰). نتایج آزمون مقایسه میانگین اسید آسکوربیک در گیاهان رویش یافته در دو منطقه پرترافیک و شاهد نشان داد، در منطقه پرترافیک بیشترین محتوای اسید آسکوربیک (۵/۹۸ mg/g.FW) مربوط به گل رز بوده که اختلاف معنی‌داری با گیاه برگ نو (۵/۳۹ mg/g.FW) نداشت. کمترین میزان اسید آسکوربیک (۰/۲۵ mg/g.FW) برای گیاه اختر گلی به‌دست آمد. همچنین نتایج نشان داد در منطقه پرترافیک، ۴ گونه پیراکانتا، کاج، اقاقیا و نارون و ۲ گونه سرو و خرزهره از لحاظ محتوای اسید آسکوربیک اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند. در منطقه شاهد بیشترین محتوای اسید آسکوربیک (۲/۸۳ mg/g.FW) در گیاه گل رز اندازه‌گیری شد. کمترین محتوای اسید

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-11-10]



نمودار ۲- مقایسه میانگین pH عصاره برگ در گونه‌های گیاهی مورد بررسی در دو منطقه آلوده و شاهد. ستون دارای حداقل یک حرف مشابه بیانگر عدم وجود اختلاف معنی‌دار بین گونه‌های گیاهی است.



نمودار ۳- مقایسه میانگین کلروفیل کل در برگ گونه‌های گیاهی مورد بررسی در دو منطقه آلوده و شاهد. ستون دارای حداقل یک حرف مشابه بیانگر عدم وجود اختلاف معنی‌دار بین گونه‌های گیاهی است.

آسکوربیک (۰/۰۷ mg/g.FW) مربوط به گیاه اختر گلی بود. سه گیاه خرزهره، شاه پسند و سروناز از لحاظ محتوای اسید آسکوربیک در منطقه شاهد اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نداشتند (نمودار ۴).

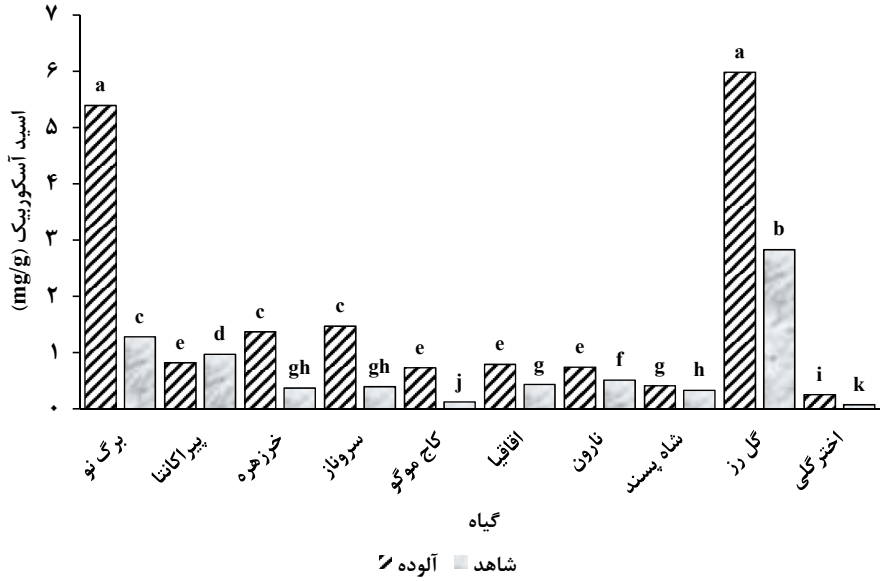
نتایج آنالیز واریانس نشان داد، میزان APTI گیاهان در منطقه شاهد و پرترافیک به‌طور معنی‌داری متفاوت است ($p = ۰/۰۰$). به‌طوری که در منطقه پرترافیک شاخص تحمل آلودگی هوا در گیاهان بیشتر از منطقه شاهد است.

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-11-10]

در منطقـه پرترافیـک بیشـترین شـاخص تحمـل آلودگـی هوا (۱۵/۳۶) در گیـاه گل رز اندازه‌گیـری شـد. کمتریـن شـاخص تحمـل آلودگـی هـوا (۶/۴۴) بـرای گیـاه کاج موگـو بـود کـه اختـلاف معنـی‌داری بـا گونه‌هـای پیراکانتـا و کاج نداشـت. شـاخص تحمـل سـه گونـه‌ای سـرو، شـاه پسـند و اقاقیـا، همچنیـن شـاخص تحمـل آلودگـی هـوا دو گونـه اخترگلـی و خرزهـره، سـه گونـه پیراکانتـا، نـارون و کاج موگـو در منطقـه آلـوده تفـاوت معنـی‌داری بـا یکدیگـر ندارنـد. نتایـج دیگـر نشـان داد، در منطقـه غیرآلـوده گل رز بیشـترین شـاخص تحمـل آلودگـی هـوا (۱۱/۶۶) دارد. درحالی‌کـه کمتریـن مقـدار ایـن شـاخص بـرای گیـاه کاج موگـو (۵/۷۳) به‌دسـت آمـد کـه تفاوت معنـی‌داری با پیراکانتـا، کاج و نارون نداشـت. شـاخص تحمـل آلودگـی هـوا در سـه گونـه گیاهـی پیراکانتا، کاج و نـارون، همچنیـن شـاخص دو گیـاه اقاقیا و شـاه پسـند و شـاخص دو گیـاه گل رز و اختـر گلـی تفـاوت معنـی‌داری با یکدیگـر در منطقـه شـاهد نداشـتند (نمـودار ۵).

- نتایـج بررسـی تجمـع زیسـتی Pb و Cd در گیاهان دو منطقـه شـاهد و پرترافیک شـهر یزد

نتایـج غلظـت فلـزات سـنگین Pb و Cd در گونه‌هـای گیاهی رویـش یافتـه در دو منطقـه پرترافیک و شـاهد در نمـودار (۶ بخـش الـف و ب) نشـان داده شـده اسـت. مطابـق نتایـج در منطقـه پرترافیـک بیشـترین مقـدار Pb (۲۶/۵۰ mg/kg) در گیـاه سـروناز بود. کمتریـن غلظـت Pb (۱۲/۴۰ mg/kg) در گیـاه کاج موگـو انـدازه گیـری شـد. سـایر گونه مـورد مطالعه از نظـر غلظـت Pb تفـاوت معنـی‌داری بـا یکدیگـر نداشـتند. در منطقـه غیرآلـوده بیشـترین میـزان Pb (۱۷/۵۳ mg/kg) در گیـاه بـرگ نـو بـود کـه اختـلاف معنـی‌داری بـا گونه‌هـای پیراکانتـا، سـرو، برگ نـو و کاج ندارد. سـایر گونه‌هـای گیاهی از نظـر غلظـت Pb اختـلاف معنـی‌داری بـا یکدیگـر ندارنـد. نتایـج دیگـر نشـان داد بیشـترین و کمتریـن مقـدار Cd در منطقـه آلـوده بـه ترتیـب در گیـاه نـارون (۸/۳۷ mg/kg) و اقاقیـا (۱/۶۷ mg/kg) اسـت. در منطقـه پرترافیـک میانگیـن غلظـت Cd در ۴ گونـه گیاهـی برگ نـو، پیراکانتـا، کاج موگو و گل رز، همچنیـن در ۵ گونـه اختـر گلـی، خرزهـره، گل رز، سـرو و کاج موگـو اختـلاف معنـی‌داری بـا یکدیگـر ندارنـد. در منطقـه شـاهد بیشـترین مقـدار Cd در گیـاه پیراکانتـا (۶/۴۶ mg/kg) اندازه‌گیـری شـد. کمتریـن میـزان Cd در گیـاه شـاه پسـند بـود که تفـاوت معنـی‌داری بـا گیاهـان گل



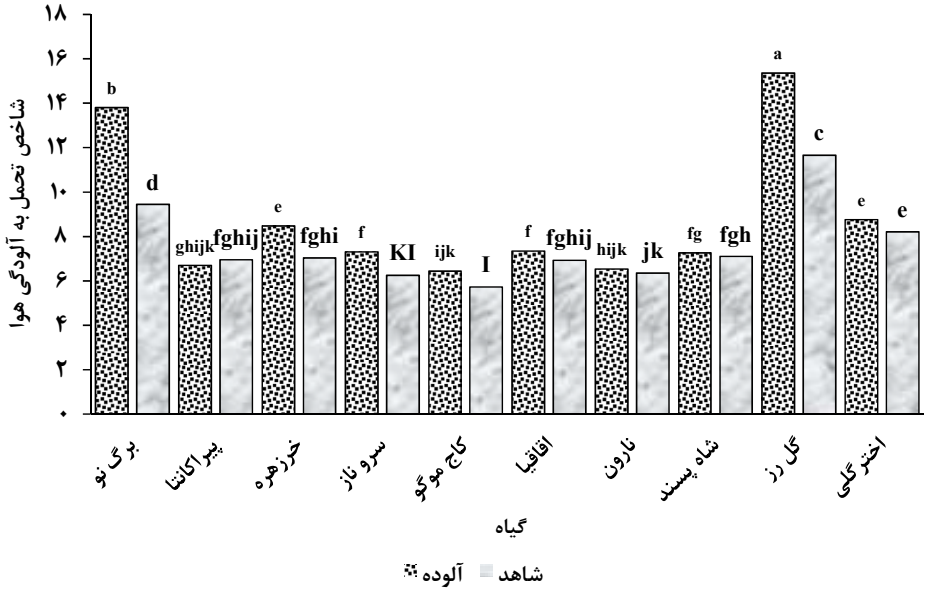
نمودار ۴- مقایسه میانگین اسید آسکوربیک در برگ گونه‌های گیاهی مورد بررسی در دو منطقه آلوده و شاهد. ستون دارای حداقل یک حرف مشابه بیانگر عدم وجود اختلاف معنی‌دار بین گونه‌های گیاهی است.

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-11-10]

رز، اختـر گلـی، اقاقیا، بـرگ نو، پیراکانتا و سـرو نداشـت. قابل ذکـر اسـت، گیاهـان خرزهـره و کاج از نظر غلظـت Cd تفاوت معنـی‌داری بـا یکدیگـر ندارنـد (نمـودار ۶).

- نتایـج همبسـتگی تجمع زیسـتی عناصـر Pb و Cd بـا پارامترهـای فیزیولوژیکـی و بیوشـیمیایی APTI گیاهـان دو منطقـه شـاهد و پرترافیـک شـهر یزد

نتایـج همبسـتگی پارامترهـای فیزیولوژیکـی و بیوشـیمیایی و جـذب فلـزات سـنگین در بـرگ گونه‌هـای گیاهـی مـورد بررسـی نشـان داد، همبسـتگی منفـی بیـن غلظـت کلروفیـل کل و میـزان Pb بـرگ وجـود دارد. به‌طوری‌کـه بـا افزایـش غلظـت Pb میـزان کلروفیـل کل گیاه کاهش یافـت. همچنین میـان غلظت Pb با اسـید آسـکوربیک گیاه همبسـتگی مثبت و معنـی‌داری مشـاهده گردیـد. نتایـج نمایانگر افزایـش میزان اسـید آسـکوربیک گیاه در اثـر افزایش غلظـت Pb در آن بود. همبسـتگی بین Pb، اسـید آسـکوربیک و محتوای آب نسـبی بـا شـاخص تحمـل آلودگـی هـوا مثبـت و معنـی‌دار بـود. بـا افزایـش غلظـت Pb، اسـید آسـکوربیک و محتوای آب نسـبی مقادیـر شـاخص تحمـل آلودگـی هـوا گیاهـان افزایـش یافت (جـدول ۳).



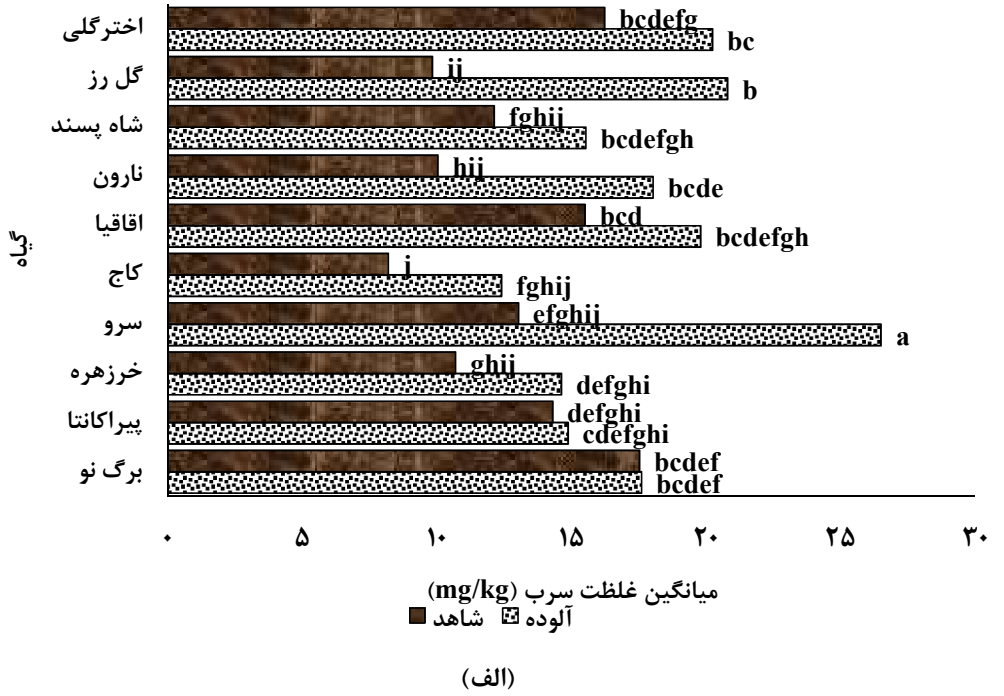
نمودار ۵- مقایسه میانگین شاخص تحمل به آلودگی هوا گونه‌های گیاهی مورد بررسی در دو منطقه آلوده و شاهد. ستون دارای حداقل یک حرف مشابه بیانگر عدم وجود اختلاف معنی دار بین گونه های‌گیاهی است.

جدول ۳- ضریب همبستگی پارامترهای فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی و جذب عناصر سنگین با شاخص تحمل آلودگی هوا

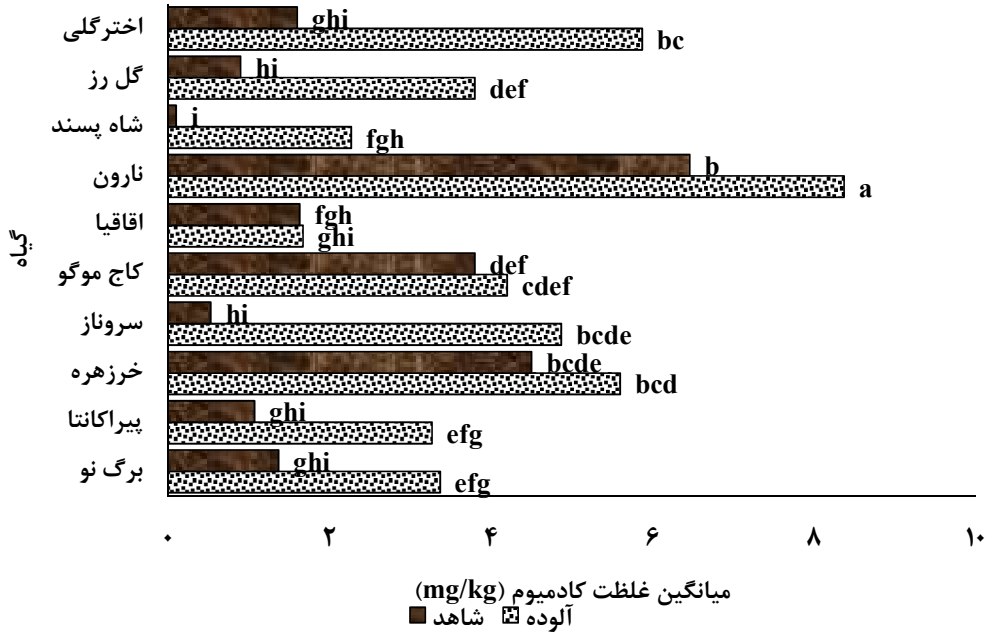
صفت	کادمیوم	سرب	کلروفیل کل	اسید آسکوربیک	pH عصاره برگ	محتوای آب نسبی	شاخص تحمل آلودگی هوا
کادمیوم	۱						
سرب	۰/۱۱	۱					
کلروفیل کل	-۰/۲۵	-۰/۳۴*	۱				
اسید آسکوربیک	۰/۰۹	۰/۳۲*	-۰/۱۲	۱			
pH عصاره برگ	-۰/۲۵	۰/۰۶	-۰/۱۷	-۰/۲۷	۱		
محتوای آب نسبی	-۰/۲۱	۰/۰۸	-۰/۱۱	-۰/۲۱	۰/۲۳	۱	
شاخص تحمل آلودگی هوا	-۰/۱۰	۰/۴۱**	-۰/۱۲	۰/۵۲**	۰/۰۴	۰/۶۳**	۱

*همبستگی بین فاکتورهای مورد بررسی در سطح ۵ درصد معنی‌دار. ** همبستگی بین فاکتورهای مورد بررسی در سطح ۱ درصد معنی‌دار

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-11-10]



(الف)



(ب)

نمودار ۶- مقایسه میانگین غلظت Pb (الف) و Cd (ب) گیاهان مورد بررسی در دو منطقه آلوده و شاهد. ستون دارای حداقل یک حرف مشابه بیانگر عدم وجود اختلاف معنی‌دار بین گونه‌های گیاهی است.

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-11-10]

بحث

- ارزیابی تجمع زیستی Pb و Cd در گیاهان رویش یافته در دو منطقه شاهد و پرترافیک شهر یزد

تجمع زیستی Pb و Cd در گیاهان تهدیدی جدی برای سلامتی انسان است چراکه Cd به راحتی توسط گیاه جذب شده و وارد زنجیره غذایی انسان می‌گردد. وجود غلظت بالای Pb در محیط، تاثیر منفی بر سرعت جوانه زنی، وضعیت آب در گیاه، وزن خشک ریشه و بخش‌های هوایی گیاه، فتوسنتز، جذب عناصر غذایی و فعالیت آنزیمی دارد (۲۷). غلظت این عناصر تحت شرایط محیطی مختلف متفاوت است. Amiri و همکاران طی تحقیقی بر روی تجمع زیستی عناصر سنگین در گیاهان کنوکارپوس (*Conocarpus erectus*) رویش یافته در مناطق صنعتی، غیرصنعتی پرترافیک و کم ترافیک به این نتیجه رسیدند که تجمع سرب و کادمیوم در گیاهان رویش یافته مناطق صنعتی نسبت به مناطق غیر صنعتی پرترافیک و کم ترافیک بیشتر است (۲۸). در مطالعه Rahmani و همکاران تاثیر میزان آلودگی هوا در سال‌های ۱۳۹۲ و ۱۳۹۳ بر غلظت فلزات سنگین در برگ درختان افرای زینتی و چنار شهرستان ارومیه مورد بررسی قرار گرفت. نتایج این تحقیق نشان داد، افزایش آلودگی هوا در سال ۱۳۹۳، نسبت به سال ۱۳۹۲، انباشت اغلب عناصر توسط گونه‌های مورد نظر نیز افزایش داده است. همچنین نتایج این تحقیق نشان داد، در برگ درختان افرای زینتی و چنار انباشت عناصر در منطقه شاهد کمتر و در مناطق آلوده بیشتر است (۲۹). در مطالعه حاضر میزان تجمع Pb و Cd در منطقه پرترافیک شهر یزد بیشتر از منطقه شاهد بود که این نتیجه با نتایج Rahmani و همکاران (۲۹)، Salimi و همکاران (۱۱) و Ghanavati و همکاران (۱۰) همخوانی دارد. در این مطالعه بیشترین تجمع Pb و Cd در منطقه پرترافیک شهر یزد به ترتیب در گیاهان سرو و نارون اندازه گیری شد که این موضوع مبین توانایی این دو گیاه به عنوان گونه‌های انباشگر Pb و Cd در مناطق پرترافیک است.

- ارزیابی پارامترهای فیزیولوژیکی pH عصاره برگ و محتوای آب نسبی گیاهان در دو منطقه شاهد و پرترافیک شهر یزد

محتوای آب نسبی بالا در برگ گیاهان به حفظ تعادل فیزیولوژیکی گیاه تحت شرایط استرس نظیر افزایش آلودگی هوا و تبخیر معمولا بالا کمک می‌کند و همچنین باعث مقاومت گیاه در برابر تنش خشکی می‌شود، بنابراین انتظار می‌رود گیاهانی که از محتوای آب نسبی زیادی برخوردارند در برابر آلودگی هوا مقاوم باشند. در این تحقیق بیشترین محتوای آب نسبی برای گونه اختر گلی و کمترین آن برای کاج موگو به‌دست آمد. بنابراین با توجه به محتوای آب نسبی زیاد در گیاه اختر گلی انتظار می‌رود این گونه تحمل پذیری بیشتری در برابر آلاینده‌ها داشته باشد. از طرفی نتایج این تحقیق نشان داد که همبستگی مثبتی بین این فاکتور با شاخص تحمل به آلودگی وجود دارد، که خود نشان‌دهنده اهمیت محتوای آب نسبی در گیاهان است. نتایج تحقیقات دانشمندان مبین افزایش محتوای آب نسبی گیاهان مقاوم در مناطق آلوده نسبت به شاهد بوده است. در تحقیق حاضر محتوای آب نسبی گیاهان مورد بررسی در مناطق پرترافیک یزد در محدوده ۸۴/۷۳-۵۴/۱۱ درصد و در منطقه شاهد در محدوده ۸۱/۰۵-۵۱/۸۱ درصد قرار گرفت که مشابه نتایج سایر محققین بود. در مطالعه Leghari و همکاران محتوای آب نسبی را در درختان و درختچه‌ها به ترتیب ۸۹/۲-۷۹/۳ درصد و ۸۹/۲-۷۴/۸۹ درصد در مناطق آلوده اندازه‌گیری نمودند. درحالی‌که محتوای آب نسبی گیاهان در منطقه شاهد به ترتیب ۸۸-۸۰ درصد و ۸۷/۴-۷۲/۵ درصد بود. نتایج تحقیقات این محققین نشان داد محتوای آب نسبی گیاهان در منطقه آلوده بیشتر از منطقه شاهد است که خود دلیلی بر سازگاری‌های فیزیولوژیکی گیاهان تحت شرایط آلودگی است (۲۴). Jabeen و همکاران محتوای آب نسبی در ۱۰ گونه *Bougainvillea glabra*، *Ricinus communis*،

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-11-10]

Hibiscus، *Catha ranthusroseus*، *Shinus molle* *rosa-sinensis*، *Myoporum pictum*، *Juniperus procera*، *Phoenix caespitora*، *Tagetestanui folia* و *Vitis vinefera* رویش یافته در مناطق پرترافیک Abha عربستان صعودی بیشتر از منطقه شاهد اندازه‌گیری نمودند (۳۰).

در این تحقیق میانگین pH عصاره برگ گیاهان در مناطق پرترافیک شهر یزد و منطقه شاهد در محدوده ۷/۰۱-۵/۰۳ متغیر بود. بیشترین pH عصاره برگ مربوط به گیاه شاه پسند در منطقه شاهد و کمترین مربوط به کاج موگو در منطقه پرترافیک شهر یزد بود. محتوای pH عصاره برگ اکثر گیاهان در نواحی پرترافیک کاهش یافت که احتمالا به واسطه آلاینده‌های گازی SO_2 و NO_X باشد. Achakzai و همکاران و Sinha و همکاران بیان داشتند در مناطق آلوده با ورود آلاینده‌ها (به‌ویژه SO_2) از طریق روزنه‌ها به برگ گیاهان حساس، وارد فضای بین سلولی شده و با یون‌های مثبت هیدروژن مایع سلولی واکنش داده و باعث تولید H_2SO_4 و کاهش pH عصاره برگ می‌گردد (۳۱، ۳۲). در تحقیقات دیگر گزارش شده است آلاینده NO_X که از روزنه عبور می‌کند و به اتاقک زیر روزنه وارد می‌شود در لایه مرطوب سطح سلول‌ها یعنی آپوپلاست حل شده و به اسید نیتریک و اسید نیترو تبدیل می‌شود. سپس NO^{3-} و NO^{2-} به همراه NO^{3-} که از آوند چوبی می‌آید از غشاء عبور می‌کند و به سیتوپلاسم وارد می‌شود و در آنجا توسط آنزیم نیتریک ریداکتاز به NH^{4+} تبدیل و در ساخت اسیدهای آمینه استفاده می‌شود. این واکنش‌ها موجب تغییر در pH عصاره برگ سلول می‌شوند (۳۳). Bharti و همکاران با بررسی pH عصاره برگ ۲۵ گونه گیاهی رویش یافته اطراف نواحی صنعتی و مناطق شاهد به این نتیجه رسیدند که pH عصاره برگ گیاهان در محدوده ۸/۲-۴/۵ متغیر است. بیشترین pH عصاره برگ در گیاهانی اندازه‌گیری شد که در منطقه شاهد رویش یافته بودند اما در مناطق صنعتی pH عصاره برگ نسبت به منطقه شاهد کمتر بود (۳۴). Skrynetska و همکاران در بررسی pH عصاره برگ عصاره برگ گیاهان *Plantago major* و *Plantago lanceolate* در مناطق پرترافیک و شاهد (پارک) شهر پولاند به این نتیجه دست یافتند که متوسط pH عصاره برگ گیاه *Plantago major* در مناطق پرترافیک برابر ۵ و گیاه *Plantago lanceolate* برابر ۴/۵ است درحالی‌که این مقدار در منطقه شاهد (پارک) به ترتیب برابر با ۵/۶ و ۵/۲ بود (۳۵).

- ارزیابی پارامترهای بیوشیمیایی اسید آسکوربیک و کلروفیل کل در گیاهان دو منطقه شاهد و پرترافیک شهر یزد

زمانی که آلاینده‌ها توسط گیاهان جذب می‌گردند باعث تغییراتی در محتوای رنگیزه‌ها، آنتی اکسیدان‌ها و سایر شاخص‌های بیوشیمیایی می‌شوند که این تغییرات می‌توانند اطلاعات ارزشمندی در مورد وضعیت فیزیولوژیک گیاهان در معرض آلودگی هوا مهیا کنند. عمومی‌ترین اثر آلودگی هوا در گیاهان محو شدن تدریجی کلروفیل و زرد شدن برگ‌هاست که ممکن است با کاهش ظرفیت فتوسنتز مرتبط باشد (۳۶). در طی تنش، کلروفیل در کلروپلاست‌ها تجزیه و ساختارهای تیلاکوئید ناپدید می‌گردند. حفظ غلظت کلروفیل تحت تنش به ثبات فتوسنتز در این شرایط کمک می‌کند. کاهش غلظت کلروفیل‌ها و زرد شدن برگ‌ها بر اثر تنش‌های آلاینده‌ها از دیرباز شناخته شده است (۱۵). کاهش کلروفیل در گیاهان از طریق مکانیسم‌های مختلفی صورت می‌گیرد. آلاینده‌های نظیر Pb و Cd با تولید ROS (گونه‌های اکسیژن فعال) سبب مهار بیوسنتز کلروفیل و تخریب پراکسیداتیو اجزای سلولی می‌شوند. در تحقیق Amari و همکاران گزارش شده است، Pb و Cd با کاهش محتوای رنگیزه‌های فتوسنتزی، مهار زنجیره انتقال الکترون، افزایش فعالیت آنزیم کلروفیلاز و مهار آنزیم‌های سنتز کلروفیل می‌توانند باعث کاهش محتوای کلروفیل گیاهان شوند. از طرف دیگر Pb و Cd می‌توانند با جایگزینی با فلزاتی نظیر Fe، Mn و Zn در

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-11-10]

متالوآنزیم‌ها باعث کمبود این عناصر در گیاه شوند در نتیجه میزان کلروفیل گیاهان کاهش یابد (۳۷). با توجه به نتایج حاصل از این تحقیق، مقادیر کلروفیل کل کلیه گیاهان مورد بررسی در مناطق پرترافیک نسبت به منطقه شاهد کمتر بود، که احتمالا به واسطه تجمع Pb و Cd در گیاهان باشد. کاهش میزان کلروفیل گیاهان در مناطق آلوده نسبت به شاهد در یافته‌های تحقیقاتی نظیر پژوهش Kohan و همکاران (۳۳) و Zafarim و همکاران (۳۸) منعکس شده است که با نتایج مطالعه حاضر همخوانی دارند. اما در مطالعه Amini و همکاران میزان کلروفیل کل گیاه *Fraxinus excelsior* در منطقه آلوده افزایش یافت که با دستاوردهای تحقیق حاضر مطابقت ندارد (۳۶).

اسید آسکوربیک یک ترکیب آنتی اکسیدان قوی با وزن مولکولی کم و محلول در آب است. این آنزیم چندین نقش فیزیولوژیک و اساسی در گیاه دارد. برای مثال در برخی از واکنش‌های فتوسنتزی به عنوان کوفاکتور عمل می‌کند و با احیا غیرمستقیم ترکیباتی مانند آلفا-توکوفرول در دفع رادیکال هیدروکسیل و پراکسید هیدروژن موثر است. علاوه بر این، آسکوربیک اسید به‌طور مستقیم نیز با رادیکال‌های آزاد اکسیژن ناشی از فلزات سنگین واکنش داده و آنها را خنثی می‌کند. این ترکیب آنتی‌اکسیدان به‌طور مستقیم سوپراکسید، اکسیژن یکتایی و رادیکال هیدروکسیل را احیا و برای تبدیل هیدروژن پراکسید به آب در نقش سوبسترای آنزیم آسکوربات پراکسیداز عمل می‌کند (۳۹). در تحقیق حاضر بیشترین محتوای اسید آسکوربیک در منطقه پرترافیک شهر یزد در گیاه گل رز (۵/۹۸ mg/g.FW) و کمترین آن در منطقه شاهد در گیاه اختر گلی (۰/۰۷ mg/g.FW) اندازه‌گیری شد. در اکثر گونه‌های مورد بررسی محتوای آسکوربیک اسید در مناطق پرترافیک بیشتر از منطقه شاهد بود. در مطالعه Lohe و همکاران، میزان اسید آسکوربیک در ۱۲ گونه گیاهی رویش یافته در مناطق آلوده Dehradun هند که شامل *Ficus religiosa*، *Mangifera indica*، *Polyalthia longifolia*، *Eucalyptus globus*، *Phyllanthus emblica*، *Lantana camara* و *Citrus limon* بود در محدوده ۴/۰۴-۲۲/۶۸ mg/g.FW اندازه‌گیری شد که بیشتر از مقادیر اندازه گیری شده در تحقیق حاضر است (۴۰). Walia و همکاران بیشترین محتوای اسید آسکوربیک در گیاهان رویش یافته در اطراف ۲۲ بزرگراه در سولان برای گیاه *Cassia tula* (۱۰/۲۲ mg/g.FW) و کمترین آن برای گیاه *Grewiallia robusta* (۲/۸۵ mg/g.FW) اندازه‌گیری نمودند (۴۱).

- ارزیابی APTI گیاهان در دو منطقه شاهد و پرترافیک شهر یزد

در مطالعات صورت گرفته بر روی شاخص تحمل آلودگی هوا گیاهان حساس و مقاوم به آلودگی هوا را براساس معیار APTI به صورت زیر گروه بندی نموده‌اند. گیاهان با مقدار APTI بین ۱۷-۳۰ مقاوم، بین ۱۳-۱۶ با مقاومت متوسط، بین ۱-۱۳ حساس و با معیار کمتر از یک خیلی حساس معرفی شده‌اند (۲۱). براساس این معیار در منطقه پرترافیک شهر یزد دو گونه گل رز و برگ نو در طبقه متوسط قرار گرفتند و مقادیر شاخص تحمل به آلودگی هوا در آنها به ترتیب برابر با ۱۵/۳۶ و ۱۳/۸۰ بود. سایر گونه‌های مورد مطالعه در طبقه حساس به آلودگی هوا بودند. در یک رتبه بندی شاخص تحمل آلودگی هوا گونه‌های گیاهی حساس در منطقه پرترافیک شهر یزد به صورت اخترگلی (۸/۷۶)> خرزهره (۸/۴۷)> اقاقیا (۷/۳۴)> سرو (۷/۳۱)> شاه پسند (۷/۲۶)> پیراکانتا (۶/۷۰)> نارون (۶/۵۴)> کاج (۶/۴۴) بود. در منطقه شاهد کلیه گونه‌ها در طبقه حساس قرار گرفتند. رتبه‌بندی شاخص تحمل آلودگی هوا گیاهان در این منطقه به صورت گل رز (۱۱/۶۶)> برگ نو (۹/۴۵)> اخترگلی (۸/۲۱)> شاه پسند (۷/۱۰)> خرزهره (۷/۰۳)> پیراکانتا (۶/۹۵)> اقاقیا (۶/۹۳)> نارون (۶/۳۶)> سرو (۶/۲۵)> کاج (۵/۷۳) بود. Agarwal در تحقیقی بر روی شاخص تحمل آلودگی هوا گیاهان *Scindapsus aures*، *Ficus benjamiana*، *Hedera helix*، *Quercue*

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-11-10]

Aglaonema crispum، *leucotrichopora*، *Codiaeum verigatum*، *Dracaena marginata*، *Chlorophytum comosum*، *Sansevieria trifasciata* و *Chrysalidocarpus lutescens* در موسسه دفاعی تحقیقات بیو انرژی (DIBER) هلدوانی توانستند آنها را طبقه حساس به آلودگی هوا کلاس بندی نمایند (۲۳). در مطالعه Skrynetska و همکاران با مطالعه بر روی گیاهان *Plantago major*، *Plantago lanceolata*، *Achillea millefolium* و *Robinia pseudoacacia* در محدوده ۹/۴۲-۴/۴ در کلاس حساس طبقه بندی نمودند (۲۲). همچنین در مطالعه Leghari و همکاران بر روی ۱۰ گونه درختی رویش یافته در کنار جاده در Quetta پاکستان که شامل *Morus alba L.*، *Fraxinus angustifolia Vahl.*، *Morus nigraL.*، *Pinus halepensis*، *Robinia pseudoacacia L.*، *Ficus carica L.*، *Prunus armeniaca L.*، *Miller.*، *Platycladus orientalis L.*، *Malus pumila Miller* و *Pistacia vera L.* بود، محدوده شاخص APTI بین ۲۲/۱۰ تا ۲۶/۷۴ اندازه گیری نمودند (۲۴).

- همبستگی پارامترهای فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی APTI با تجمع زیستی Pb و Cd در گیاهان

در تحقیق حاضر همبستگی مثبت و معنی‌داری بین شاخص تحمل آلودگی هوا با محتوای آب نسبی، اسید آسکوربیک و Pb بدست آمد. این موضوع به‌وضوح نشان داد که عنصر Pb باعث افزایش واکنش گیاهان به اثر سمیت این عنصر شد درحالی‌که گیاهان واکنش فیزیولوژیک معنی‌داری را در برابر عنصر Cd با غلظت موجود در گیاهان نشان ندادند. از طرف دیگر نتایج این همبستگی نشان داد که محتوای آب نسبی و اسید آسکوربیک نسبت به سایر عوامل تعیین‌کننده شاخص تحمل به آلودگی از اهمیت بیشتری برخوردار بودند. در مطالعه Shojaee Barjoee و همکاران گزارش گردید، تجمع زیستی Pb و Cd در گونه‌های گیاهی قلم، پسته، انار، درمنه، نارنج، ابریشم مصری، نخل، اشنان، آکاسیا و زیتون خوراکی همبستگی معنی‌داری با APTI ندارند درحالی‌که دو فاکتور اسید آسکوربیک و کلروفیل کل بیشترین تاثیر را در میزان تحمل پذیری گیاهان داشتند (۱۶). در مطالعه Joshi و همکاران همبستگی بین pH عصاره برگ و APTI تعدادی از گونه‌های گیاهی رویش یافته در ناحیه صنعتی Tarapur مثبت گزارش گردید (۴۲).

از کاستی‌ها و محدودیت‌های اجرایی این پژوهش می‌توان به عدم بررسی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی منابع خاکی و آبی بستر رشد گیاهان (EC (هدایت الکتریکی)، pH، SAR (نسبت جذب سدیم)، ماده آلی، نیتروژن و فسفر) اشاره نمود. چرا که تمامی این فاکتورها ممکن است در تحلیل نتایج تاثیرگذار باشند. لذا جهت دستیابی به نتایج بهتر پیشنهاد می‌گردد در مطالعات آتی تمام این فاکتورها مورد بررسی قرار گیرد. از دیگر محدودیت اجرایی این پژوهش، هزینه‌های زیاد آنالیز فلزات سنگین و همچنین اندازه گیری سایر پارامترهای فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی در نمونه‌های گیاهی نظیر پرولین و قند محلول (از دیگر فاکتورهای موثر در نشان دادن تنش های گیاهی) می‌توان اشاره نمود.

نتیجه‌گیری

در کل نتایج این تحقیق نشان داد که، گونه‌های متحمل به آلودگی هوا نسبت به جذب سرب نیز نسبتا مناسب هستند. بنابراین با کاشت گونه‌های تحمل پذیر به آلودگی هوا در این مطالعه می‌توان غلظت سرب را در محیط شهری نیز کاهش داد و تاثیر احتمالی ترافیک و سایر منابع آلودگی منتشر کننده این عناصر را کاهش داد. در کل در بین ده گونه بررسی شده در این مطالعه، بیشترین و کمترین میزان تحمل پذیری به ترتیب در گونه گل رز و کاج مشاهده شد. علاوه براین، با توجه به نتایج این تحقیق در بین گونه‌های درختی گونه اقاقیا، در بین گونه‌های درختچه‌ای گونه برگ نو و در بین گونه‌های

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-11-10]

بوته‌ای دو گونه گل رز و اختر گلی جهت کاشت در فضای سبز شهری نسبت به سایر گونه‌ها توصیه می‌شود. علاوه بر این گونه‌هایی که میزان APTI آنها کمتر است مانند کاج و نارون جهت پایش آلودگی هوا مناسب هستند. زیرا گونه‌های حساس تاثیر آلاینده‌های هوا و محیط زیست را نسبت به گونه‌های تحمل پذیر، بهتر نشان می‌دهند.

از دیگر نتایج مهم این مطالعه می‌توان، به معنی‌دار بودن تفاوت سه پارامتر اسید آسکوربیک، کلروفیل کل و pHعصاره برگ در دو منطقه شاهد و آلوده اشاره کرد. به‌طوری‌که میزان اسید آسکوربیک برگ در منطقه آلوده افزایش می‌یابد و گیاهان با افزایش اسید آسکوربیک نسبت به آلاینده‌های هوا مقاومت نشان می‌دهند. اما برخلاف سایر پارامترها، محتوای نسبی آب برگ تفاوت معنی‌داری بین دو منطقه نداشت. نتایج دیگر نشان داد، در بین چهار پارامتر شاخص APTI، محتوای نسبی آب برگ بیشترین همبستگی را با APTI نشان داد، که این نتیجه اهمیت این پارامتر را در گیاهان را اثبات می‌کند. محتوای نسبی آب برگ علاوه بر تنش ناشی از آلودگی هوا، شاخصی جهت تعیین تحمل گیاه به تنش خشکی است. علاوه بر این اسید آسکوربیک برگ نیز همبستگی معنی‌دار و مستقیم با APTI داشت. بنابراین این پارامتر نیز اهمیت بالایی در تعیین میزان تحمل پذیری گیاهان به آلودگی هوا دارد. همچنین با توجه به نتایج این مطالعه، دو پارامتر pH عصاره برگ و کلروفیل کل، به طور معنی‌داری در اثر آلودگی هوا کاهش یافته‌اند.

بنابراین با توجه به نتایج به‌دست آمده، سه پارامتر اسید آسکوربیک، کلروفیل کل و pH عصاره برگ به عنوان اندیکاتور جهت پایش زیستی آلودگی هوا و محیط زیست مناسب هستند. با استفاده از این پارامترها، به‌طور نسبی می‌توان وضعیت آلودگی هوا و محیط زیست در مناطق مختلف تعیین کرد. که در این زمینه استفاده از اسید آسکوربیک و کلروفیل مناسب‌تر است.

ملاحظات اخلاقی

نویسندگان کلیه نکات اخلاقی شامل عدم سرقت ادبی، انتشار دوگانه، تحریف داده‌ها و داده‌سازی را در این مقاله رعایت کرده‌اند.

تشکر و قدردانی

این مقاله حاصل پایان نامه با عنوان "بررسی شاخص تحمل به آلودگی هوا (APTI) و میزان تجمع زیستی سرب و کادمیوم در برخی از گونه‌های گیاهی شهر یزد" در مقطع کارشناسی ارشد در سال ۱۳۹۷ است که با حمایت دانشگاه یزد اجرا شده است. نویسندگان از کلیه افرادی که در انجام مراحل انجام این پژوهش یاری نموده‌اند، مراتب تشکر و قدردانی می‌نمایند.

References

1. Shojaee Barjoee S, Azimzadeh H. Comparison of work environment air quality and application of geostatistic technique in the spatial distribution of PM2.5 and PM10 in a number of industrial workshops. Occupational Medicine Quarterly Journal. 2020;11(4):23-35 (in Persian).
2. Shojaee Barjoee S, Azimzadeh HR, Hosseini Sangchi SZ. Study of suspended air particles and health risk assessment of exposure to PM10 and PM2.5 in one of the textile industries. Journal of Health. 2020;11(2):144-55 (in Persian).
3. Shojaee Barjoee S, Azimzadeh H, kuchakzadeh MR, Mosleh Arani A, Sodaiezadeh H. Dispersion and health risk assessment of PM10 emitted from the stacks of a ceramic and tile industry in Ardakan, Yazd, Iran, using the AERMOD model. Iranian South Medical Journal. 2019;22(5):317-32 (in Persian).
4. Shojaee Barjoee S, Azimzadeh H, Mosleh Arani A. Determination of pollution level, carcinogenic and non-carcinogenic risks of heavy metals of falling dust in industrial areas (Case study: Ardakan county industries). Iranian Journal of Health and Environment. 2020;12(4):571-92)in Persian(.
5. Nadrian H, Taghdisi MH, Aghemiri M, Khazaee-

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-11-10]

Pool M, Shojaeizadeh D. Impacts of urban traffic jams on physical health of residents from the inhabitants 'perspective in Sanandaj city (a qualitative study). Iranian Journal of Health Education and Health Promotion. 2017;5(4):345-58)in Persian(.
6. Behravesh F, Mahmudy Gharaie M, Ghassemzadeh F, Avaz Moghaddam S. Determination of heavy metals pollution in traffic dust of Mashhad City, and its origin by using "selective sequential extraction" (SSE) procedure. Journal of Geoscience. 2015;24(95):141-50 (in Persian).
7. Khosropour E, Atarod P. Heavy metal accumulation and anatomical responses of plane plant to urban pollutions in two areas of Tehran. Journal of Plant Research (Iranian Journal of Biology). 2019;31(4):829-41 (in Persian).
8. Behnam V, Gholamalizadeh AA, Rahmanian M, Bameri A. Investigation of contamination and spatial variations of lead and cadmium on the Zabol-Zahedan route. Environment and Water Engineering. 2019;4(4):331-42 (in Persian).
9. Baghaie AH, Aghili F. Evaluation of lead and cadmium concentration of Arak City soil and their non-cancer risk assessment in 2017. Journal of Rafsanjan University of Medical Sciences. 2018;17(8):769-80 (in Persian).
10. Ghanavati N, Nazarpour A, Babaenejad T. Assessing the ecological and health risks of some heavy metals in roadside soil of Ahvaz. Journal of School of Public Health and Institute of Public Health Research. 2019;16(4):373-90 (in Persian).
11. Salimi M, Bahmanyar M, Ghajar SM, Mohammadi A. Lead and cadmium changes in soil and Canola at Saveh-Hamedan roadside. Journal of Water and Soil. 2015;25(2):205-193 (in Persian).
12. tabibian s, Bidarigh S, Torabian SY. Investigation on the adsorption of heavy metal in lead in a plane species in traffic areas in Rasht. Human & Environment. 2019;17(4):39-46 (in Persian).
13. Chehregani rad A, Farzan S, Shirkhani Z. Effect of lead treatment on some morphological and physiological parameters of Petunia hybrida L. Journal of Plant Research (Iranian Journal of Biology). 2017;30(1):47-57 (in Persian).
14. Mosleh Arany A, Mirzaee N, Sovdaeizadeh H, Mirshamsi H. The effect of cadmium and sodium nitroprusside (SNP) on growth and some physiological parameters on Melia azedarach. Journal of Plant Process and Function. 2015;4(11):127-36 (in Persian).
15. Omidi N, Seyedi N, Banj Shafiei A, Abbaspour N. Effect of air pollution stress on proline, carbohydrates and photosynthetic pigments in Box Elder (Acer negundo), Case study: Urmia, Iran. Journal of Plant Research (Iranian Journal of Biology). 2018;31(3):682-93 (in Persian).
16. Shojaee Barjoee S, Azimzadeh HR, Mosleh Arani A. Tolerance of plants to air pollution in the Industrial Complex of Glass, Khak-e-Chini, Tile and Ceramics in Ardakan, Iran. Journal of School of Public Health and Institute of Public Health Research. 2020;18(1):73-92 (in Persian).
17. Papazian S, Blande J. Dynamics of plant responses to combinations of air pollutants. Plant Biology. 2020;22:68-83.
18. Rashidi F. Air pollution tolerant Species in city green area. Journal of Natural Environment. 2019;72(2):251-61 (in Persian).
19. Panda LL, Aggarwal R, Bhardwaj D. A review on air pollution tolerance index (APTI) and anticipated performance index (API). Current World Environment. 2018;13(1):55-56.
20. Ghafari S, Kaviani B, Sedaghathoor S, Allahyari MS. Assessment of air pollution tolerance index (APTI) for some ornamental woody species in green space of humid temperate region (Rasht, Iran). Environment, Development and Sustainability. 2020. doi: 10.1007/s10668-020-00640-1.
21. Salimi A, Dadkhah Aghdash H. Air pollution tolerance index (APTI) of three tree species Morous alba L., Aillanthus altissima (Mill.) Swingle and Salix babylonica L. in different areas of Tehran city, Iran. Journal of Environmental Studies. 2019;45(3):513-24 (in Persian).
22. Skrynetska I, Ciepał R, Kandziora-Ciupa M, Barczyk G, Nadgórska-Socha A. Ecophysiological responses to environmental pollution of selected plant species in an industrial urban area. International Journal of Environmental Research. 2018;12(2):255-67.
23. Agarwal A. Evaluation of indoor plants for their pollution tolerance ability. Research & Reviews: Journal of Ecology and Environmental Sciences. 2017;5(3):21-25.
24. Leghari SK, Akbar A, Qasim S, Ullah S, Asrar M,

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-11-10]

Rohail H, et al. Estimating anticipated performance index and air pollution tolerance index of some trees and ornamental plant species for the construction of green belts. Polish Journal of Environmental Studies. 2019;28(3):1759-69.
25. Molnár VÉ, Simon E, Tóthmérész B, Ninsawat S, Szabó S. Air pollution induced vegetation stress–The air pollution tolerance index as a quick tool for city health evaluation. Ecological Indicators. 2020;113:106234.
26. Tüzen M. Determination of heavy metals in soil, mushroom and plant samples by atomic absorption spectrometry. Microchemical Journal. 2003;74(3):289-97.
27. Valizadeh Kamran R, Vojodi Mehrabani L, Hassanpouraghdam MB. Study of the effects of lead and cadmium on growth and enzymatic activity of Spinacia oleracea in in vitro condition. Genetic Engineering and Biosafety Journal. 2018;6(2):257-68 (in Persian).
28. Amiri L, Azadi R, Rastegarzadeh S, Zoufan P. Monitoring of concentration of heavy metals in Conocarpus erectus in different areas of industrial city of Abadan. Iranian Journal of Natural Resources. 2019;72(2):143-57 (in Persian).
29. Rahmani G, Seyedi N, Banj Shafiei A, Rasouli Sadaghiani M. Effect of air pollution on leaf heavy metals concentrations (Fe, Cu, Zn and Mn) of Box Elder (Acer negundo) and Oriental Plane (Platanus orientalis) (Case study: Urmia City). Iranian Journal of Applied Ecology. 2018;6(4):97-108 (in Persian).
30. Jabeen R. Air pollution tolerance index (APTI) of some plants growing on the roads of Abha, Saudi Arabia. Bioscience Biotechnology Research Communications. 2019;12(3):631-36.
31. Achakzai K, Khalid S, Adrees M, Bibi A, Ali S, Nawaz R, et al. Air pollution tolerance index of plants around brick kilns in Rawalpindi, Pakistan. Journal of Environmental Management. 2017;190:252-58.
32. Sinha S, Tripathi A, Verma N. Air pollution tolerance index of selected tree species of Doon Valley of Uttarakhand (India). Indian Forester. 2017;143(2):149-56.
33. Kohan A, Haghighi M, Ehtemam M, Mirghaffari N. The effect of gasoline exhaust pollution on some anatomical, physiological and morphological characteristics of Spinach. Journal of Environmental Studies. 2018;43(4):683-97 (in Persian).
34. Bharti SK, Trivedi A, Kumar N. Air pollution tolerance index of plants growing near an industrial site. Urban Climate. 2018;24:820-29.
35. Skrynetska I, Karcz J, Barczyk G, Kandziora-Ciupa M, Ciepał R, Nadgórska-Socha A. Using Plantago major and Plantago lanceolata in environmental pollution research in an urban area of Southern Poland. Environmental Science and Pollution Research. 2019;26(23):23359-71.
36. Amini F, Fattah N, Askari M. Effects of air pollutants on the physiology and anatomy of Fraxinus excelsior leaves within the Iran's aluminum plant in Arak City. Journal of Plant Process and Function Iranin Society of Plant Physiology. 2016;5(17):83-94 (in Persian).
37. Amari T, Ghnaya T, Abdelly C. Nickel, cadmium and lead phytotoxicity and potential of halophytic plants in heavy metal extraction. South African Journal of Botany. 2017;111:99-110.
38. Zafarim T, Bikhof Torbati M, Moraghebi F, Razavizadeh R. Evaluation of the effects of air pollution on some physiological parameters of Pyracantha crenulata var. kansuensis in clean and contaminated areas of Tehran. Journal of Iranian Plant Ecophysiological Research. 2016;11(42):75-84 (in Persian).
39. Ghodrati M, Chaparzadeh N, Dilmaghani K. Interactive effects of copper and ascorbic acid on some physiological characters in Allium cepa L. Iranian Journal of Plant Biology. 2014;5(18):37-52 (in Persian).
40. Lohe RN, Tyagi B, Singh V, Kumar TP, Khanna DR, Bhutiani R. A comparative study for air pollution tolerance index of some terrestrial plant species. Global Journal of Environmental Science and Management. 2015;1(4):315-24.
41. Walia K, Aggrawal RK, Bhardwaj SK. Evaluation of air pollution tolerance index and anticipated performance index of plants and their role in development of green belt along national Highway-22. International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences. 2019;8(3):2498-508.
42. Joshi N, Joshi A, Bist B. Evaluation of air pollution tolerance index of some trees species from the industrial area of Tarapur. International Journal of Life Sciences Scientific Research. 2019;8(3):2498-508.

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-11-10]

Available online: http://ijhe.tums.ac.ir

Original Article

Air pollution tolerance index and heavy metals (Pb and Cd) bioaccumulation in selected plant species (trees, shrubs and herbs) in high-traffic areas of Yazd city

Behnam Nazari Alamdarloo*, Asghar Mosleh Arany, Saeed Shojaee Barjoee, Hamidreza Azimzadeh, Bahman Kiani
Department of Environment, School of Natural Resources and Desert Studies, Yazd University, Yazd, Iran

ARTICLE INFORMATION:

Received: 7 June 2020
Revised: 22 August 2020
Accepted: 26 August 2020
Published: 21 September 2020

Keywords: Air pollution tolerance index, Control and high traffic areas, *Rosa damascena* and *Ligustrum vulgar*, Pb and Cd, Yazd city

***Corresponding Author:**
b.nazari371@gmail.com

ABSTRACT

Background and Objective: Urban traffic, while affecting human health, causes physiological and biochemical changes in plants. The aim of this study was to investigate the bioaccumulation potential of Pb and Cd and assess air pollution tolerance index for a number of plants grown high traffic areas of Yazd.

Materials and Methods: This cross-sectional, descriptive-analytical study was performed in both control and high traffic areas of Yazd city by random sampling of trees, shrub and herb species. After transferring the samples to laboratory, relative water content, pH of leaf extract, total chlorophyll and ascorbic acid content (the factors for calculating APTI) in plants were measured using standard methods. Furtheremore, Pb and Cd concentrations were measured to find their relation with APTI index in plants. All statistical analysis, including Kolmogorov–Smirnov test, ANOVA, Duncan test and Pearson correlation coefficient between the studied parameters, were performed in SPSS software version 22.

Results: The highest relative water content (84.73%) and ascorbic acid (5.98 mg/g) were measured in contaminated area for *Canna indica* and *Rosa damascena*, respectively. Also, the highest acidity (7.01) and total chlorophyll (1.48 mg/g) in the control area were measured for *Verbena hybrida* and *Ligustrum vulgar*, respectively. The highest air pollution tolerance values were recorded in *Rosa damascena* and *Ligustrum vulgar*. Moreover, the results obtained showed that APTI index was positively and significantly correlated to Pb, ascorbic acid and relative water content.

Conclusion: According to the classification of air pollution tolerance index, two species of *Rosa damascena* and *Ligustrum vulgar* exhibited moderately tolerant to traffic pollutant. Therefore, based on ecological requirements of these two species, they can be used to develop green spaces in high-traffic areas of Yazd. This study showed that Pb increased physiological response of the studied plants, while the plants did not exhibit a significant physiological response to the Cd element. The results also showed that the relative water content and ascorbic acid were more important in the air pollution tolerance index than other factors.

Please cite this article as: Nazari Alamdarloo B, Mosleh Arany A, Shojaee Barjoee S, Azimzadeh H, Kiani B. Air pollution tolerance index and heavy metals (Pb and Cd) bioaccumulation in selected plant species (trees, shrubs and herbs) in high-traffic areas of Yazd city. Iranian Journal of Health and Environment. 2020;13(2):299-318.

Copyright © 2020 Iranian Association of Environmental Health, and Tehran University of Medical Sciences. Published by Tehran University of Medical Sciences. This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/). Noncommercial uses of the work are permitted, provided the original work is properly cited.

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-11-10]