مجله سلامت و محیط زیست، فصلنامه‌ی علمی پژوهشی
انجمن علمی بهداشت محیط ایران
دوره دوازدهم، شماره اول، بهار ۱۳۹۸، صفحات ۱ تا ۱۶

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

مقاله پژوهشی

ارزیابی ظرفیت گونه‌های درختی و درختچه‌ای در تجمع ذرات معلق هوا (PM_{10}، $PM_{2.5}$ و $PM_{0.2}$)

مسعود حاتمی‌منش[۱]، ثمرمرتضوی[۱،*]، عیسی سلگی[۱]، احمد مهتدی[۲]

۱- گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه ملایر، ملایر، ایران

۲- گروه زیست‌شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه یاسوج، یاسوج، ایران

اطلاعات مقاله:

تاریخ دریافت: ۹۷/۱۲/۲۱
تاریخ ویرایش: ۹۸/۰۳/۰۴
تاریخ پذیرش: ۹۸/۰۳/۰۸
تاریخ انتشار: ۹۸/۰۳/۲۹

واژگان کلیدی: آلودگی هوا، ذرات معلق، سطح برگ، موم‌های اپی‌کوتیکول

پست الکترونیکی نویسنده مسئول:
Mortazavi.s@gmail.com

چکیده

زمینه و هدف: امروزه حضور و افزایش ذرات معلق هوا یکی از عوامل جدی تهدید کننده سلامت انسان‌ها است. در این میان درختان می‌توانند به واسطه شاخ و برگ خود بستری مناسب برای تجمع ذرات معلق هوا باشند. در این مطالعه به ارزیابی توان جذب ذرات معلق مختلف توسط برگ برخی از گونه‌های درختی و درختچه‌ای در شهر اصفهان پرداخته شده است.

روش بررسی: ۱۲ گونه درخت و درختچه در ۸ مکان شهر انتخاب و میزان ذرات معلق کل، PM_{10}، $PM_{2.5}$ و $PM_{0.2}$ سطح و موم‌های کوتیکول برگ با استفاده از روش شستشو با آب و کلروفرم توسط فیلترهای کاغذی ۹۱، ۴۲µm و فیلتر پلی تترا فلوئورواتیلن و ترازوی دیجیتالی اندازه‌گیری شد.

یافته‌ها: نتایج نشان داد بیشترین و کمترین میانگین ذرات معلق مربوط به گونه‌های شاه‌توت و بید به میزان ۲۳/۵±۱۹۰/۳۲ و ۴/۴۲±۱۱/۹ µg/cm^2 است. روند تجمع کل ذرات معلق سطح برگ به‌ترتیب از بیشترین به کمترین به‌صورت شاه‌توت> چنار> نارون> توت> عرعر> افرا> زبان گنجشک> خرزهره>اقاقیا> ارغوان> شمشاد> بید و در موم‌های کوتیکول در شاه‌توت> نارون> چنار> توت> افرا> عرعر> اقاقیا> ارغوان> زبان گنجشک> خرزهره> شمشاد > بید به‌دست آمد.

نتیجه‌گیری: نتایج حاکی از آنست که توانایی گونه‌های مختلف درختی در جذب ذرات به ویژگی‌های مورفولوژیکی، فیزلوژیکی و اکولوژیکی برگ بستگی دارد. درنهایت بین گونه‌های مختلف شاه‌توت دارای بیشترین توانایی جذب ذرات معلق است.

Please cite this article as: Hatami-Manesh M, Mortazavi S, Solgi E, Mohtadi A. Assessing the capacity of trees and shrubs species to accumulate of particulate matter (PM_{10}, $PM_{2.5}$ and $PM_{0.2}$). Iranian Journal of Health and Environment. 2019;12(1):1-16.

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-06-13]

مقدمه

امروزه یکی از مهمترین بحران‌ها و تهدیدات محیط‌زیست جامعه بشـری بویژه در محیط‌های شهری، آلودگی هوا به ذرات معلق و آلاینده‌های همراه آن اسـت. حضـور و افزایش این آلاینده‌ها بـا افزایش خطر بیماری‌های مختلف تنفسـی، قلبی – عروقی، سـرطان و مرگ‌ومیر انسـان‌ها مرتبط اسـت (۱، ۲). با وجود سـابقه طولانی شناسـایی انواع آلاینده هوا، منابع تولید کننده و عوامل موثر بر آن با رشـد سریع جمعیت، توسعه شهرنشینی و انجام فعالیت‌های گسـترده صنعتی و حمل و نقل روز به روز بر شـدت آن افزوده می‌شود (۳). از این‌رو آلودگی هوا به ذرات معلق و فلزات سنگین همراه آنها همچنان یک مشکل جدی در سراسر جهان محسـوب می‌گردد (۴). ذرات معلق شامل ذرات جامـد و مایع معلق در هواسـت که می‌توانـد از منابع اولیه و ثانویه در محدوده وسـیعی از نظر اندازه تولید گردند و براساس قطر آئرودینامکی‌شان شناسایی و طبقه بندی شوند. بر این مبنا آنها به سـه دسـته PM_{10} (ذراتی که قطر آئرودینامیکی آنها کمتـر از ۱۰ µm اسـت)، $PM_{2.5}$ (ذرات با قطر آئرودینامیکی کمتـر از ۲/۵µm) و $PM_{0.1}$ (ذرات با قطر آئرودینامیکی کمتر از ۰/۱ µm) طبقه‌بندی شده‌اند (۵، ۶).

مطالعات گسـترده نشـان می‌دهند که رابطه قوی بین افزایش ذرات معلـق قابـل استنشـاق (PM_{10} و $PM_{2.5}$) و افزایـش بیماری‌هـا و حتی مرگ و میر وجود دارد (۷، ۸). زیرا برخی از آنها دارای اندازه بسـیار کوچکی هسـتند که می‌تواند به داخل ریه نفوذ کنند و حتی وارد سیستم گردش خون شوند (۹، ۱۰). در این راسـتا مطالعات مختلفی به بررسـی تاثیرات در معرض قرارگیری با ذرات معلق و فلزات سنگین هوا در دوره‌های کوتاه مـدت و بلند مدت پرداخته‌انـد، که از جمله می‌توان به مرگ و میر بیش از ۳/۷ میلیون نفر در سـال ۲۰۱۲ در سراسـر جهان کـه عمدتا ناشـی از ذرات معلق با قطر کمتـر از ۱۰µm، ازن، اکسـیدهای نیتروژن و گوگرد اشـاره نمود (WHO، ۲۰۱۲). همچنین آژانس محیط زیسـت اروپا (۲۰۱۶) در پژوهشی بیان داشـت که در دوره زمانی ۲۰۱۴-۲۰۱۲ تقریبا ۶۳-۵۰ و ۹۱-۸۵ درصـد از جمعیت شـهری جامعه اروپا در معرض سـطوح غلظت PM_{10} و $PM_{2.5}$ بالاتر از حد مجاز سـالانه توصیه شده توسـط سازمان بهداشـت جهانی قرار داشـته است (حد مجاز سـالانه PM_{10} و $PM_{2.5}$ بـه ترتیـب برابـر ۲۰ و ۱۰ $\mu g/m^3$ اسـت). همچنین آژانس محیط زیسـت اروپـا ۴۶۷ هزار مرگ و میـر زودرس جامعه اروپا را بـه ذرات معلق کمتر از ۲/۵ µm نسـبت داده است. به‌علاوه در معرض قرارگیری طولانی مدت با ذرات معلق و آلاینده‌های همراه، با افزایش پتانسیل مرگ و میر کودکان و بزرگسالان در جامعه مرتبط است (۱۱). بنابراین لزوم بکارگیـری روش‌ها و تکنولوژی‌های مختلف در کاهش و حذف آنها کاملا ضروری به نظر می‌رسد.

در این راسـتا مسـاله اساسی این اسـت که با وجود بحران‌ها، تهدیدها و گسـتردگی مساله تولید ذرات معلق، چگونه می‌توان این آلاینده‌ها را کاهش و مانع از انتشـار هر چه بیشتر آنها شد. در این میان کاشت و انتخاب گونه‌های مقاوم و مناسب درختی و درختچه‌ای مختلف می‌تواند میزان و تاثیرات محیط‌زیسـتی آلاینده‌های هـوا نظیر ذرات معلق و فلزات سـنگین را کاهش دهد و در بهبود سـلامتی انسـان موثر باشـد (۱۲). پژوهش‌ها نشـان می‌دهـد که درختان و پوشـش جنگلـی موجب حذف ۱۷/۴ میلیون تن از آلودگی هوای آمریکا در سـال ۲۰۱۰ شده که این امر باعث حفظ سـلامتی جامعه بشـری می‌گردد (۱۳). مطالعه‌ای در لندن نشـان داد که یـک ناحیه ۱۰ × ۱۰ km با پوشـش ۲۵ درصـدی درخت موجب برداشـت ۹۰ ton ذرات معلق در طی یک سـال شده است (۱۴). پوشش سبز به عنوان یکـی از ارکان مهـم در برنامه‌ریزی و مدیریت شـهری، اثرات قابل توجهی در کنترل و بهبود هوای شـهرها دارا است. فضای سبز شـهری در زمره زیرسـاخت‌های اجتماعی است و یکی از امتیـازات آن کاهش آلودگی هوا و از بین بردن اثرات نامطلوب آلودگی‌ها نظیر ذرات معلق هوا است (۱۱، ۱۵). امروزه استفاده از پوشش‌های گیاهی در سطوح شهری و ساختمان‌ها به عنوان مهمتریـن عامل تعدیل دما، رطوبت و کاهـش انواع آلودگی‌ها محسوب می‌شود (۱۰، ۱۶). بنابراین ارزیابی و انتخاب گونه‌های درختی مقاوم، سریع‌الرشد و مناسب که توانایی بالایی در تجمع ذرات معلق داشته باشند امری بسیار ضروری است، زیرا مطابق

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-06-13]

شـواهد موجود کاهش یا حذف ذرات معلق از هوا در مقایسـه با سـایر محیط‌ها نظیر آب، خاک، گیاهان، مواد غذایی بسـیار سـخت‌تر بـوده و روش‌ها یا تکنولوژی‌های بـکار گرفته در این خصوص بسـیار کارسـاز نبوده‌اند. به‌علاوه پوشش‌های گیاهی می‌تواند به واسطه تجمع ذرات معلق در برگ‌های خود به عنوان یک فیلتـر بیولوژیکی جهت پایش، جذب ذرات معلق و سـایر آلاینده‌هـای آلی و معدنی با کارایی بالا و مقرون به صرفه به‌کار گرفته شود. از جهت دیگر یافته‌ها حاکی از آن است که آلودگی هوا بویژه ذرات معلق موجود در هوا موجب کاهش رشد یا مرگ درختان می‌شـود (۱۷، ۱۸). بنابراین با توجه به اهمیت و اثرات مخرب آلودگی ذرات معلق همچنین نقش پوشـش‌های گیاهی بخصوص درختان در کاهش میـزان آنها انجام مطالعات علمی دقیـق در خصوص توانایی تجمع ذرات معلق توسـط گونه‌های درختی مختلف به منظور انتخاب گونه‌های مناسـب از اهمیت بسـیار بالایی برخوردار است. به همین جهت در این مطالعه به این امر مهم پرداخته شده است.

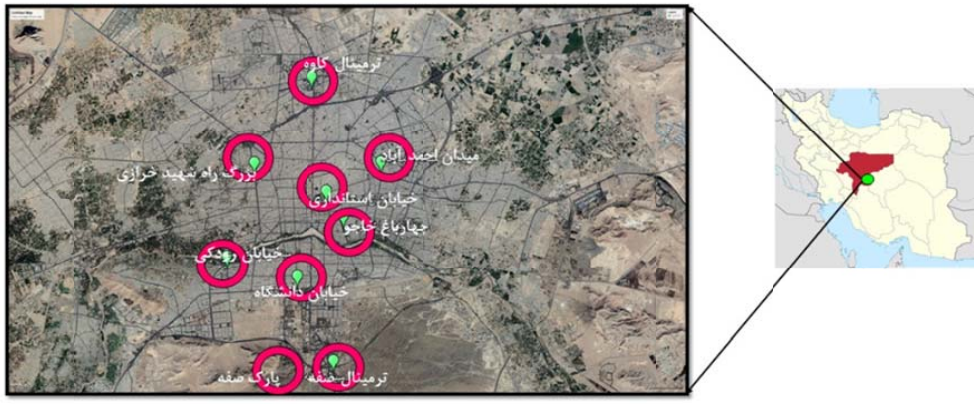
مواد و روش‌ها

الف- منطقه مطالعاتی

منطقه مـورد مطالعه در پژوهش حاضر شـهر اصفهان اسـت. در این راسـتا ایسـتگاه‌های نمونه‌برداری در ۸ ایستگاه، شامل (میـدان احمد آباد، خیابان دانشـگاه، خیابان رودکی (محدوده ترمینـال زاینـده رود)، خیابان اسـتانداری، چهارباغ خواجو، بزرگـراه خرازی، ترمینال کاوه، ترمینـال صفه) انتخاب گردید. همچنین قابل ذکر اسـت پارک کوه صفحه (پارک وحش صفه) به عنوان ایستگاه شاهد (منطقه پاک) انتخاب شد (شکل ۱).

ب- انتخاب گونه‌های درختی و نمونه‌برداری

به منظور بررسـی میـزان تجمع ذرات معلق توسـط گونه‌های درختی و درختچـه‌ای مختلف، ۱۲ گونه درختی و درختچه‌ای پهن‌بـرگ که بـه میزان بیشـتری در سـطح و نواحی مختلف شـهر اصفهان کاشـت شـده، انتخـاب گردیـد. ایـن گونه‌ها شـامل چنـار (*Platanus orientalis*)، اقاقیا (*Robinia pseudoacacia*)، نـارون (*Ulmus Umbraculifera*)، بید (*Salix alba*)، توت (*Morus alba*)، شاه‌توت (*Morus nigra*)، افـرای سـیاه (*Acer negundo*)، زبان گنجشـک (*Fraxinus excelsior*)، عرعر (*Ailanthus altissima*)، ارغوان (*Cercis siliquastrum*)، شمشـاد (*Euonymus japonicus*) و خرزهره (*Nerium oleander*) هسـتند. به منظور نمونه‌برداری، گونه‌های درختی کاشـته شـده در نواحی و محدوده‌های اطراف ایسـتگاه‌های مطالعاتی انتخاب و از برگ آنها در شـهریور ۱۳۹۷ نمونه‌برداری شد. در این پژوهش سعی گردید از برداشـت برگ‌های آفت زده و ناسـالم خودداری شود (در حد امکان از برگ‌های سـالم و بالغ نمونه برداشـت شـد). برای هر گونه در هر ایسـتگاه سه نمونه (سه درخت) به صورت تصادفی انتخـاب و نمونه‌ها از برگ آنها از ارتفاع ۱/۵ تا ۲/۵m سـطح زمین به تعـداد ۳۰ - ۴۰ برگ از هر درخت برداشـت گردیـد و سـپس نمونه‌های بـرگ درختان هر ایسـتگاه با هم ترکیب شد (حجم نمونه‌ها ۶۴). همچنین برگ‌ها از چهار جهت



شکل ۱- موقعیت و محدوده ایستگاه‌های مطالعاتی

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-06-13]

اصلی درختان برداشت شد (شمال، جنوب، مشرق و مغرب). پس از جمع‌آوری برگ درختان موجود در سطح شهر، نمونه‌ها را در بسته‌های کاغذی به آزمایشگاه انتقال و در اسرع وقت جهت تعیین میزان تجمع ذرات معلق آنها اقدام شد. همچنین جهت محاسبه میزان (وزن) ذرات معلق مختلف از ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۰۰۱ استفاده شد.

ج- ارزیابی میزان ذرات معلق تجمع یافته روی برگ گونه‌های مختلف

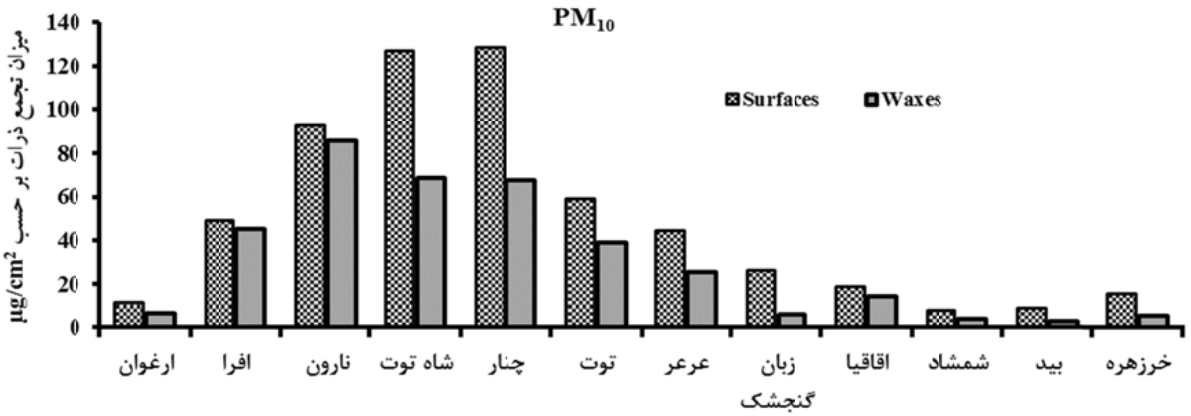
به منظور تعیین اندازه و مقدار ذرات تجمع یافته بر روی نمونه‌های برگ از روش Dzierżanowski و همکاران (۲۰۱۱) استفاده شد (۱۹). در این روش ذرات معلق شامل ذرات با قطر ۱۰، ۲/۵ و ۰/۲μm جداسازی و بررسی شد. ابتدا دیسک‌هایی (قطعات) از برگ درختان به صورت مربعی (۱×۱، ۲×۲ و ۳×۳ متناسب با طول و عرض سطح برگ) تهیه، سپس نمونه برگ‌ها توسط آب و در گام دوم با کلروفرم به صورت آرام شستشو شد. برای جداسازی ذرات معلق با قطر ۱۰، ۲/۵ و μm ۰/۲، محلول به‌دست آمده ابتدا از فیلترهای کاغذی واتمن ۹۱ (برای نگهداری ذرات معلق PM_{10}) سپس فیلتر μm ۴۲ (برای نگهداری ذرات معلق $PM_{2.5}$) و در نهایت از فیلتر سرسرنگی پلی‌تترافلوئورواتیلن (Polytetra Fluorethylene) (جهت نگهداری ذرات معلق $PM_{0.2}$) عبور داده شد و سپس ذرات معلق مختلف بر روی فیلتر جمع‌آوری گردید. همچین قابل ذکر است با توجه به اینکه ذرات معلق شسته شده شامل ذرات موجود در هر دو سطح زیرین و بالایی برگ هستند بنابراین در هنگام محاسبه میزان ذرات معلق بر حسب واحد سطح، به صورت میزان ذرات معلق برای یک سطح برگ بیان خواهند شد (۲۰). این روش امکان محاسبه و تعیین میزان ذرات معلق موجود در موم‌ها و سطح برگ‌ها را نشان می‌دهد. در این مطالعه جهت مقایسه میانگین تجمع ذرات معلق در گونه‌های درختی و درختچه‌ای از آزمون آنالیز واریانس یک‌طرفه (ANOVA) استفاده شد. طی این آزمون در صورت وجود اختلاف معنی‌دار، برای جدا کردن گروه‌های مختلف از آزمون Tukey استفاده گردید. جهت انجام تجزیه و تحلیل آماری تمام داده‌های به‌دست آمده و رسم نمودارها از نرم افزارهای SPSS,21 و Excel استفاده شد. همچنین قابل ذکر است پیش از مقایسه میانگین تجمع ذرات معلق در گونه‌های درختی و درختچه‌ای با استفاده آزمون آنالیز واریانس یک‌طرفه (ANOVA) پیش فرض‌های این آزمون یعنی آزمون نرمالیتی و تست همگی واریانس‌ها بر روی داده‌ها صورت گرفت.

یافته‌ها

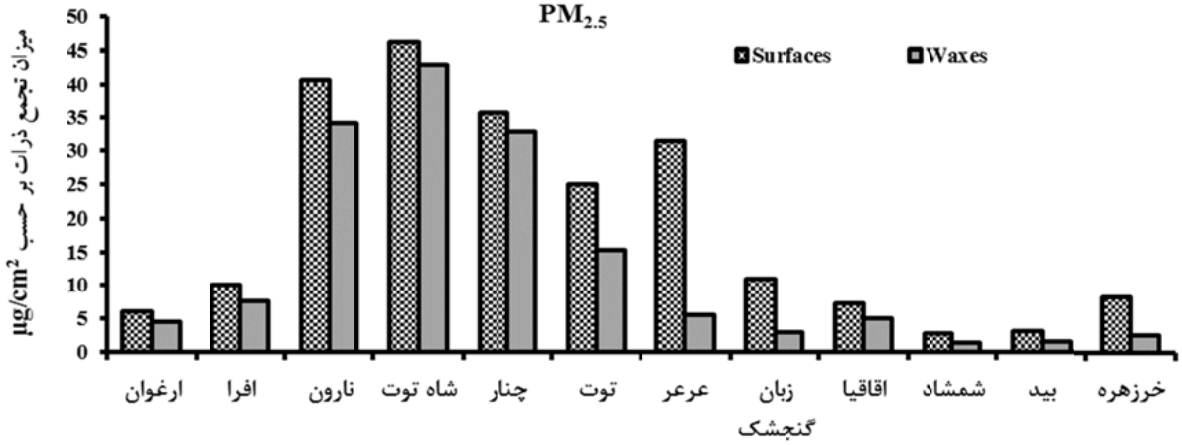
یافته‌های حاصل از اندازه‌گیری میانگین کلی میزان تجمع PM_{10} موجود در سطح برگ گونه‌های مختلف نشان داد بیشترین و کمترین تجمع PM_{10} به ترتیب مربوط به درختان چنار و بید به میزان ۱۳/۵±۱۲۸/۵ و $\mu g/cm^2$ ۳/۹۵±۸/۱۰ بوده، و بیشترین و کمترین میزان ذرات PM_{10} تجمع یافته در موم‌های کوتیکول سطح برگ مربوط به نارون و بید به میزان ۱۵/۲۳± ۸۵/۶۴ و $\mu g/cm^2$ ۰/۴۶± ۲/۷۲ است. نتایج میانگین کلی روند تجمع ذرات معلق PM_{10} سطح برگ و موم‌های کوتیکول آن در گونه‌های مختلف یکسان و به ترتیب به صورت چنار> شاه‌توت > تارون > توت > افرا > زبان گنجشک > اقاقیا > خرزهره > ارغوان > شمشاد > بید به‌دست آمد (نمودار ۱).

نتایج بررسی میانگین تجمع ذرات معلق $PM_{2.5}$ موجود بر روی سطح و موم‌های کوتیکول برگ گونه‌های انتخاب شده نشان داد بیشترین و کمترین میزان تجمع این ذرات به ترتیب مربوط به شاه‌توت $\mu g/cm^2$ (۱۳/۵±۴۶/۰۹ و ۳/۴۹±۴۱/۹۲) و شمشاد $\mu g/cm^2$ (۰/۸۱± ۲/۷۳ و ۰/۷۱± ۱/۰۲) است. همچنین یافته‌های بررسی روند تجمع ذرات معلق $PM_{2.5}$ سطح برگ‌های گونه‌های مختلف به ترتیب از بیشترین به کمترین شاه‌توت > تارون > چنار > توت > افرا > زبان گنجشک > خرزهره > اقاقیا > ارغوان > بید > شمشاد و در بخش موم‌های برگ مربوط به شاه توت> نارون> چنار > عرعر > توت > افرا > اقاقیا > ارغوان> زبان گنجشک > خرزهره > بید > شمشاد بود (نمودار ۲).

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-06-13]



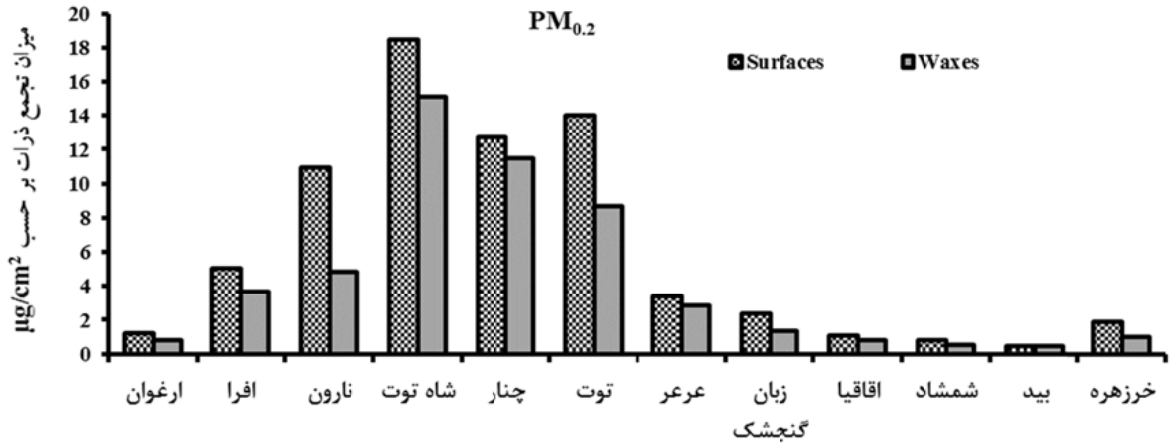
نمودار ۱- نتایج میزان تجمع ذرات PM_{10} در سطح برگ گونه‌های مختلف ($\mu g/cm^2$)



نمودار ۲- نتایج میزان تجمع ذرات $PM_{2.5}$ در سطح برگ گونه‌های مختلف ($\mu g/cm^2$)

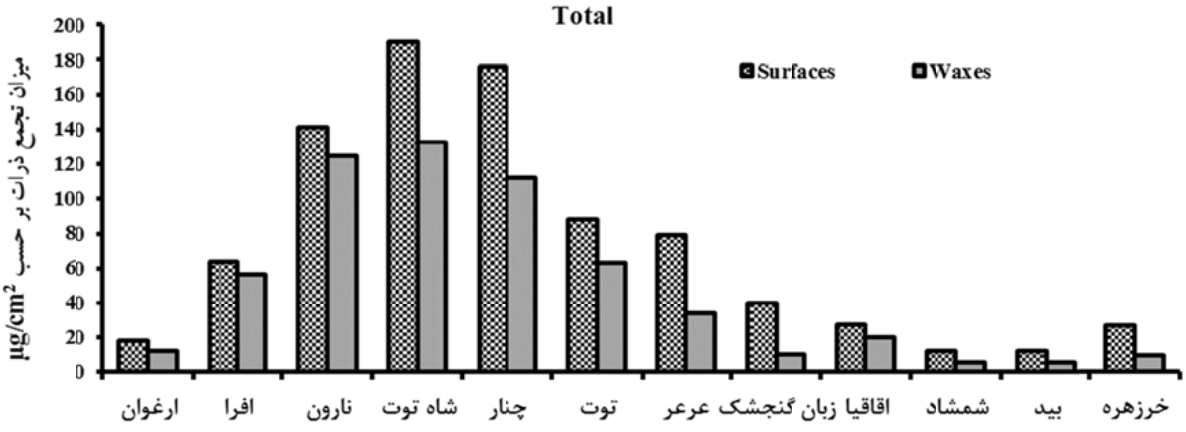
نتایج بررسی میانگین تجمع ذرات معلق $PM_{0.2}$ نشان داد بیشترین و کمترین میزان ذرات تجمع بافته بر روی سطح و موم‌های برگ به ترتیب مربوط به شاه‌توت و بید به میزان $\mu g/cm^2$ (۱۳/۵±۱۸/۵۰ و ۰/۰۹± ۰/۴۶) و $\mu g/cm^2$ (۲/۵۲ ± ۱۵/۱۲ و ۰/۱۲± ۰/۴۲) است. همچنین یافته‌های میانگین روند تجمع ذرات معلق $PM_{0.2}$ سطح برگ گونه‌های مختلف به ترتیب از بیشترین به کمترین به صورت شاه توت> توت> چنار> نارون > افرا > عرعر>زبان گنجشک> اقاقیا > ارغوان > خرزهره > شمشاد > بید و در موم‌های کوتیکول برگ به صورت شاه توت > توت > چنار > نارون > افرا > عرعر> زبان گنجشک > اقاقیا > ارغوان > خرزهره> شمشاد > بید به‌دست آمد (نمودار ۳).

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-06-13]



نمودار ۳- نتایج میزان تجمع ذرات $PM_{0.2}$ در سطح برگ گونه‌های مختلف ($\mu g/cm^2$)

نتایج سنجش مجموع PM_{10}، $PM_{2.5}$ و $PM_{0.2}$ به دام افتاده در سطح و موم‌های برگ گونه‌های مطالعه شده نشان داد بیشترین و کمترین میزان تجمع به ترتیب مربوط به شاه‌توت و بید به میزان $\mu g/cm^2$ (۲۳/۵±۱۹۰/۳۲ و ۴/۴۲±۱۱/۹) و $\mu g/cm^2$ (۸/۸۸±۱۳۲/۵۶ و ۰/۵۰±۴/۷۵) است. به‌علاوه روند تجمع مجموع ذرات معلق (PM_{10}، $PM_{2.5}$ و $PM_{0.2}$) سطح برگ به ترتیب از بیشترین به کمترین به صورت شاه‌توت> چنار> نارون> توت> عرعر > افرا> زبان گنجشک> اقاقیا> ارغوان> شمشاد> بید و در موم‌های کوتیکول برگ به صورت شاه توت> نارون> چنار> توت> افرا> عرعر> اقاقیا> ارغوان> زبان گنجشک> خرزهره> شمشاد > بید بود (نمودار ۴).



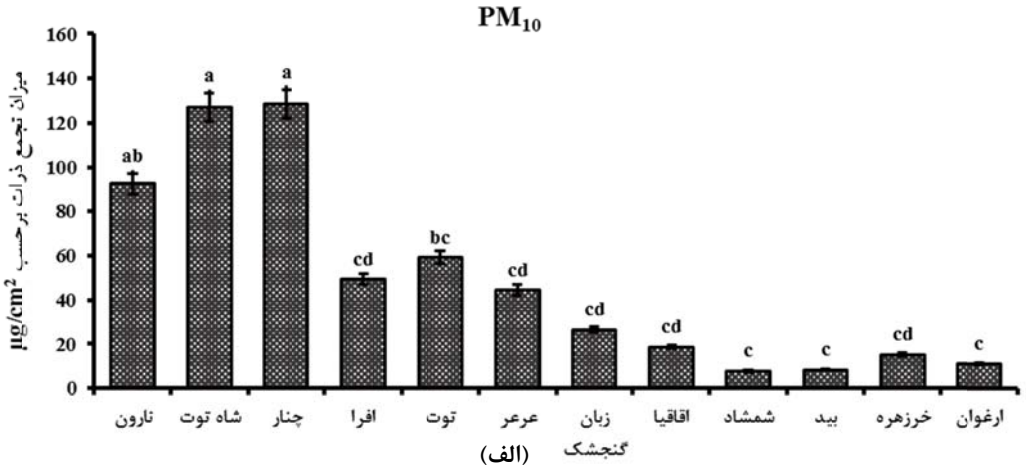
نمودار ۴- نتایج میزان تجمع مجموع ذرات در سطح برگ گونه‌های مختلف ($\mu g/cm^2$)

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-06-13]

نتایج بررسی مقایسه اختلاف بین میزان تجمع ذرات معلق توسط گونه‌های درختی مختلف با استفاده از آزمون آنالیز واریانس یک‌طرفه (ANOVA) در سطح معنی‌داری ۹۵ درصد نشان داد بین میزان تجمع مجموع ذرات معلق (PM_{10}، $PM_{2.5}$ و $PM_{0.2}$)، PM_{10}، $PM_{2.5}$ و $PM_{0.2}$ در گونه‌های مختلف اختلاف معنی‌داری وجود دارد (جدول ۱)، همچنین جهت جدا کردن گروه‌های مختلف و در نتیجه مقایسه وجود اختلاف معنی‌دار بین میزان تجمع گونه‌های مختلف از پس آزمون Tukey استفاده گردید (نمودار ۵).

جدول ۱- نتایج مقایسه میزان تجمع ذرات معلق در سطح برگ گونه‌های مختلف با استفاده از آزمون آنالیز واریانس یک‌طرفه (ANOVA) در سطح معنی‌داری ۹۵ درصد

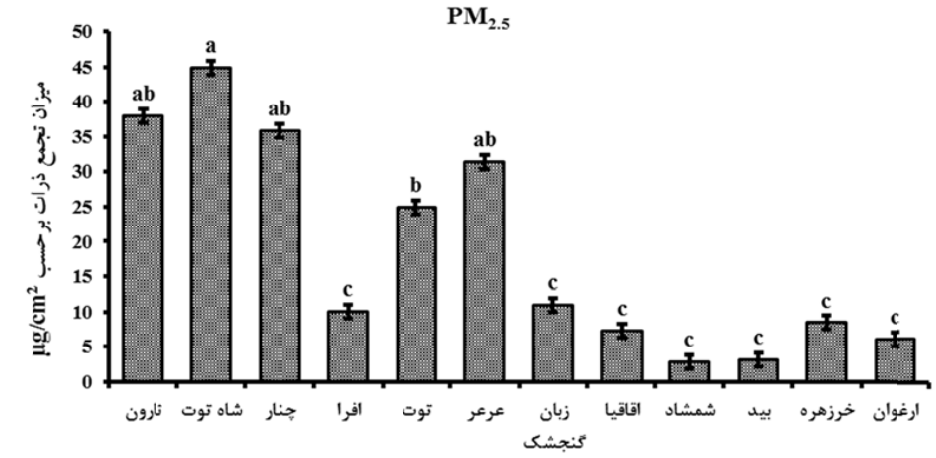
پارامتر / ذرات معلق	منبع تغییرات	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F	سطح معنی داری
PM_{10}	بین گروه‌ها	۱۳۲۰۷۸/۵۵	۱۱	۱۲۰۰۷/۱۴	۱۲/۷۳۰	۰/۰۰۰
	درون گروه‌ها	۴۹۹۶۹/۹۱	۵۳	۹۴۲/۸۲		
	کل	۱۸۲۰۴۸/۴۵	۶۴			
$PM_{2.5}$	بین گروه‌ها	۱۴۳۳۱/۹۳	۱۱	۱۳۹۳/۸۱	۱۴/۳۴	۰/۰۰۰
	درون گروه‌ها	۵۱۵۰/۳	۵۳	۹۷/۱۷		
	کل	۲۰۴۸۲/۲۳	۶۴			
$PM_{0.2}$	بین گروه‌ها	۲۵۶۲/۸۱	۱۱	۲۳۲/۹۸	۶/۸۶	۰/۰۰۰
	درون گروه‌ها	۱۸۰۰/۲۳	۵۳	۳۳/۹۶		
	کل	۴۳۶۳/۰۵	۶۴			
مجموع ذرات	بین گروه‌ها	۲۸۱۷۶۸/۶۲	۱۱	۲۵۶۱۵/۳۳	۱۵/۷۲	۰/۰۰۰
	درون گروه‌ها	۸۶۳۳۳/۴	۵۳	۱۶۲۸/۹۳		
	کل	۳۶۸۱۰۱/۹۹	۶۴			



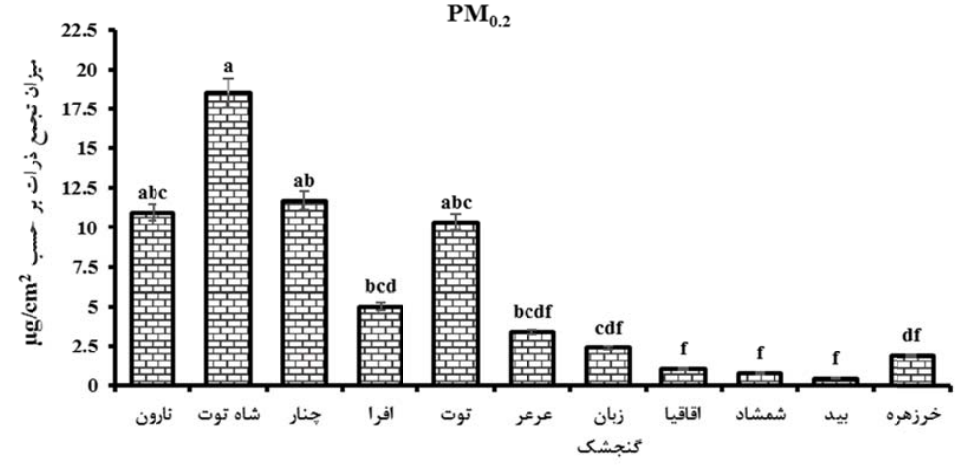
(الف)

نمودار ۵- نتایج مقایسه میزان تجمع ذرات معلق الف) PM_{10}، ب) $PM_{2.5}$، ج) $PM_{0.2}$ و د) مجموع ذرات معلق (PM_{10}، $PM_{2.5}$ و $PM_{0.2}$) در سطح برگ گونه‌های مختلف برحسب ($\mu g/cm^2$) با استفاده از آزمون آنالیز واریانس یکطرفه (ANOVA) در سطح معنی‌داری ۹۵ درصد (حروف یکسان بیانگر عدم وجود اختلاف معنی‌دار آماری بین میزان تجمع ذرات معلق توسط گونه‌های درختی مختلف است)

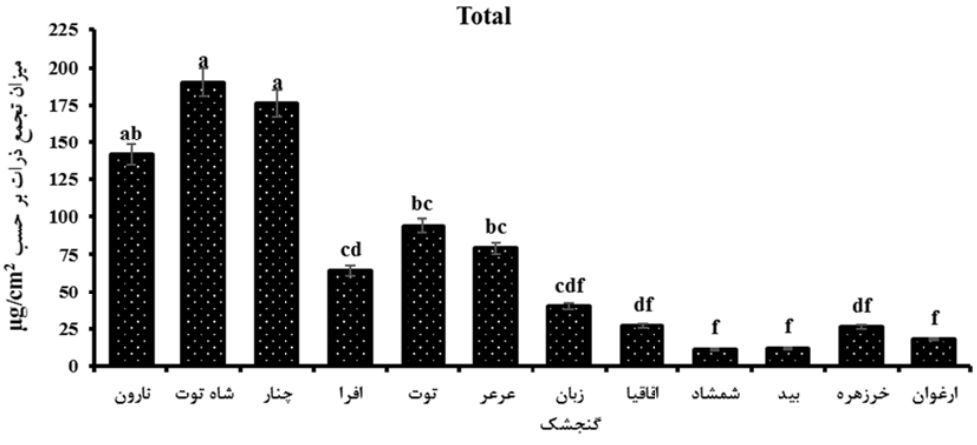
[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-06-13]



(ب)



(ج)



(د)

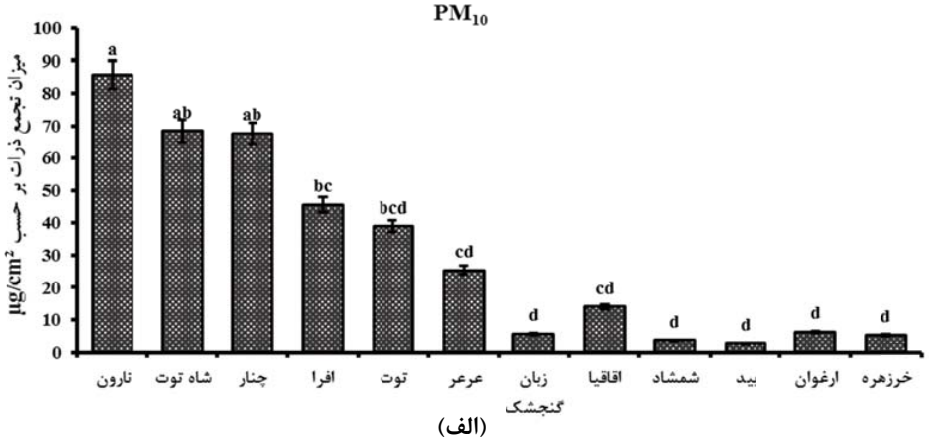
ادامه نمودار ۵- نتایج مقایسه میزان تجمع ذرات معلق الف) PM_{10}، ب) $PM_{2.5}$، ج) $PM_{0.2}$ و د) مجموع ذرات معلق (PM_{10}، $PM_{2.5}$ و $PM_{0.2}$) در سطح برگ گونه‌های مختلف برحسب ($\mu g/cm^2$) با استفاده از آزمون آنالیز واریانس یکطرفه (ANOVA) در سطح معنی‌داری ۹۵ درصد (حروف یکسان بیانگر عدم وجود اختلاف معنی‌دار آماری بین میزان تجمع ذرات معلق توسط گونه‌های درختی مختلف است)

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-06-13]

نتایج بررسی مقایسه اختلاف بین میزان ذرات معلق تجمع یافته در موم‌های سطح برگ توسط گونه‌های درختی مختلف با استفاده از آزمون آنالیز واریانس یکطرفه (ANOVA) در سطح معنی‌داری ۹۵ درصد نشان داد با توجه به سطح معنی‌داری به‌دست آمده بین میزان تجمع ذرات معلق کل، PM_{10}، $PM_{2.5}$ و $PM_{0.2}$ اختلاف معنی‌داری وجود دارد (جدول ۲). همچنین جهت جداکردن گروه‌های مختلف و در نتیجه مقایسه وجود اختلاف معنی‌دار بین میزان تجمع گونه‌های مختلف از پس آزمون Tukey استفاده گردید (نمودار ۶).

جدول ۲- نتایج مقایسه میزان تجمع ذرات معلق در موم‌های برگ گونه‌های مختلف با استفاده از آزمون آنالیز واریانس یکطرفه (ANOVA) در سطح معنی‌داری ۹۵ درصد

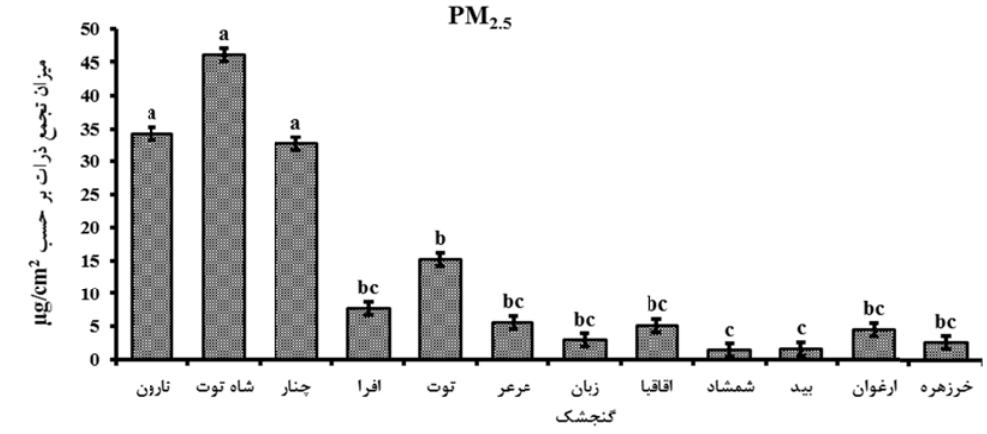
پارامتر / ذرات معلق	منبع تغییرات	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F	سطح معنی‌داری
PM_{10}	بین گروه‌ها	۵۹۰۸۱/۷۳	۱۱	۵۳۷۱/۰۶	۹/۴۱	۰/۰۰۰
	درون گروه‌ها	۳۰۲۵۳/۵۲	۵۳	۵۷۰/۸۲		
	کل	۸۹۳۳۵/۲۶	۶۴			
$PM_{2.5}$	بین گروه‌ها	۱۸۴۳۸/۴۲	۱۱	۱۶۷۶/۲۲	۲۱/۹۹	۰/۰۰۰
	درون گروه‌ها	۴۰۳۹/۷۷	۵۳	۷۶/۲۲		
	کل	۲۲۴۷۸/۲۱	۶۴			
$PM_{0.2}$	بین گروه‌ها	۲۳۶۸/۵۸	۱۱	۲۱۵/۳۲	۶/۷۲	۰/۰۰۰
	درون گروه‌ها	۱۶۹۹/۱۵	۵۳	۳۲/۱		
	کل	۴۰۶۷/۷۳	۶۴			
مجموع ذرات	بین گروه‌ها	۱۶۲۱۴۴/۵۳	۱۱	۱۴۷۴۹/۴۲	۱۴/۹۹	۰/۰۰۰
	درون گروه‌ها	۵۲۱۱۸/۰۷	۵۳	۹۸۳/۳۶		
	کل	۲۱۴۲۶۲/۶	۶۴			



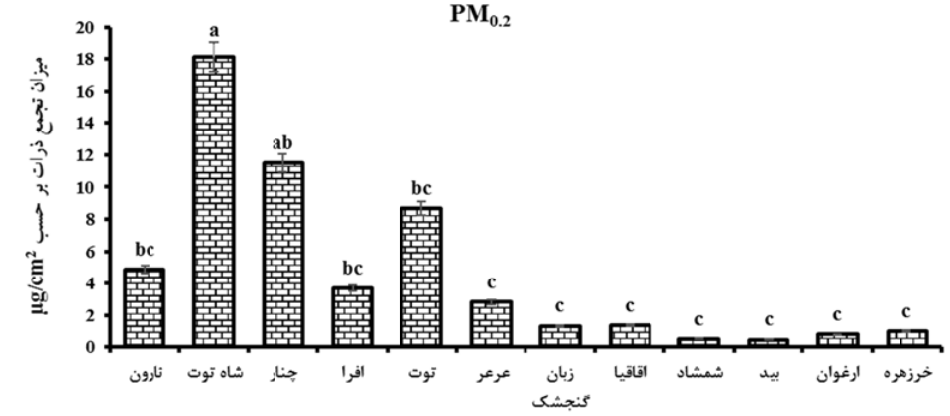
(الف)

نمودار ۶- نتایج مقایسه میزان تجمع ذرات معلق الف) PM_{10}، ب) $PM_{2.5}$، ج) $PM_{0.2}$ و د) مجموع ذرات معلق (PM_{10}، $PM_{2.5}$ و $PM_{0.2}$) در موم‌های کوتیکول سطح برگ گونه‌های مختلف برحسب ($\mu g/cm^2$) با استفاده از آزمون آنالیز واریانس یکطرفه (ANOVA) در سطح معنی‌داری ۹۵ درصد (حروف یکسان بیانگر عدم وجود اختلاف معنی‌دار آماری بین میزان تجمع ذرات معلق توسط گونه‌های درختی مختلف است)

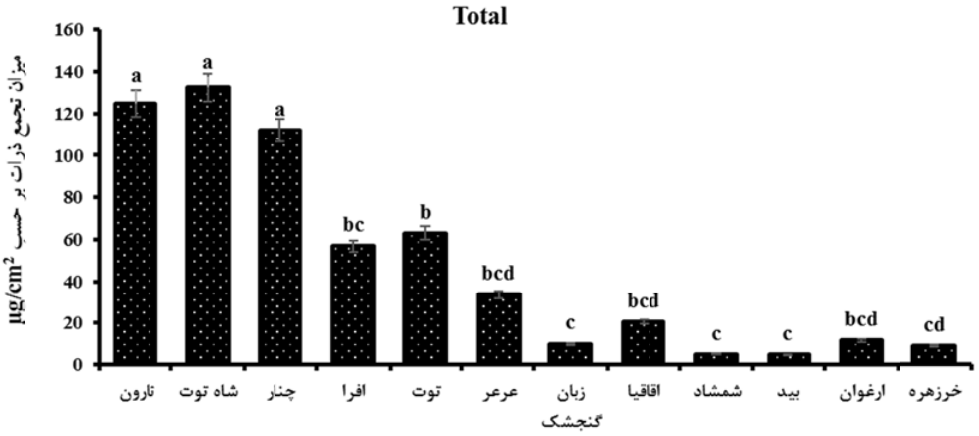
[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-06-13]



(ب)



(ج)



(د)

ادامه نمودار ۶- نتایج مقایسه میزان تجمع ذرات معلق الف) PM_{10}، ب) $PM_{2.5}$، ج) $PM_{0.2}$ و د) مجموع ذرات معلق (PM_{10}، $PM_{2.5}$و $PM_{0.2}$) در موم‌های کوتیکول سطح برگ گونه‌های مختلف برحسب ($\mu g/cm^2$) با استفاده از آزمون آنالیز واریانس یکطرفه (ANOVA) در سطح معنی‌داری ۹۵ درصد (حروف یکسان بیانگر عدم وجود اختلاف معنی‌دار آماری بین میزان تجمع ذرات معلق توسط گونه‌های درختی مختلف است)

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-06-13]

بحث

درختان ابزارهای بسیار موثری برای ته‌نشت و تجمع آلاینده‌های مختلف هوای شهری بویژه ذرات معلق هستند بنابراین گسترش و توسعه آنها می‌تواند موجب بهبود کیفیت هوای شهرها شود (۱۶). گونه‌های مختلف درخت، درختچه‌ای و گیاهی قادر به فیلتر نمودن آلاینده‌های هوا، به دام‌انداختن و نگهداری آنها بر روی سطح برگ خود هستند (۱۵). در این راستا برگ برخی از این گونه‌ها به واسطه داشتن ویژگی‌های مورفولوژیکی مانند کوتیکول (Trichomes) ضخیم، کرک و موم‌های زیاد بر روی سطح برگ خود، قادر به تجمع مقدار زیادی از ذرات معلق هستند. از آنجا که برخی از ذرات معلق می‌توانند به داخل موم‌های اپی‌کوتیکول نفوذ یا رسوب کنند ضخامت و ترکیبات آنها از فاکتورهای بسیار مهم و موثر در تجمع ذرات معلق است. در این راستا در پژوهش حاضر نتایج سنجش میانگین تجمع ذرات PM_{10} نشان داد بیشترین میانگین PM_{10} تجمع یافته در سطح برگ به ترتیب مربوط به چنار و شاه‌توت به میزان ۱۳/۵±۱۲۸/۵ و ۱۰/۵±۱۲۶/۸۸ $\mu g/cm^2$ و در موم‌های کوتیکول سطح برگ مربوط به نارون و چنار به میزان ۸۵/۶۴ و ۶۷/۷ $\mu g/cm^2$ است. Thi و همکاران (۲۰۱۴) بیان داشتند بیشترین میزان تجمع ذرات معلق مربوط به دو گونه *P. orientalis* و *S. japonica* به میزان ۱۶۸/۱۲ و ۱۸۶/۴۲$\mu g/cm^2$ است (۱۶).

بیشترین و کمترین میانگین ذرات معلق $PM_{2.5}$ تجمع یافته در سطح و موم‌های کوتیکول برگ درختان مربوط به شاه‌توت و شمشاد به ترتیب $\mu g/cm^2$ (۱۳/۵±۴۶/۰۹ و ۰/۸۱± ۲/۷۳) و $\mu g/cm^2$ (۳/۴۹±۴۱/۹۲ و ۰/۰۷±۱/۰۲) بود. یافته‌های بررسی میانگین ذرات معلق $PM_{0.2}$ تجمع یافته بر روی سطح برگ و موم‌های کوتیکول حاکی از آن بود که بیشترین ذرات تجمع یافته مربوط به شاه‌توت به میزان ۱۳/۵±۱۸/۵۰ و ۲/۵۲±۱۵/۱۲ $\mu g/cm^2$ است. در نهایت بیشترین و کمترین میزان تجمع کل ذرات معلق (مجموع PM_{10}، $PM_{2.5}$ و $PM_{0.2}$) مربوط به شاه‌توت و بید به میزان ۲۳/۵±۱۹۰/۳۲ و ۴/۴۲±۱۱/۹ $\mu g/cm^2$ به‌دست آمد. چنار (*P. orientalis*)، نارون (*Ulmus Umbraculifera*)، شاه‌توت (*Morus nigra*) به واسطه داشتن برگ‌های پهن، ویژگی‌های مورفولوژیکی نظیر کوتیکول و رگبرگ‌های ضخیم، تراکم زیاد کرک‌های سطح برگ و دارا بودن برگ‌های دندانه‌دار درشت، زبر (Roughness) و زمخت، گونه‌های کارا در جذب ذرات معلق هستند (۱۵، ۱۸). نارون به واسطه دارا بودن برگ‌های تخم مرغی و دندانه‌های اره‌ای، طول و عرض برگ بزرگ، حاشیه برگ با دندانه درشت می‌تواند ذرات معلق را به میزان فراوانی جذب و به دام بیندازد. شاه‌توت نیز دارای برگ‌های بزرگ و بیضی تا قلبی شکل با حاشیه‌ای دندانه‌دار و نوک تیز و کوچک، رگبرگ‌های پرکرک است که به آن اجازه جذب و در نتیجه تجمع ذرات معلق را می‌دهد. از جهت دیگر شواهد حاکی از آن است که برگ‌های نرم و صاف توانایی کمتری در تجمع ذرات معلق دارند (۱۶). اصولا درختان به علت دارا بودن شاخص سطح برگ (Leaf Area Index) نسبت به سایر گونه‌های گیاهی توانایی بیشتری در جذب و تجمع ذرات معلق هوا دارند. Zhang و همکاران (۲۰۱۷) به این نتیجه رسیدند بین میزان زبری سطوح برگ درختان و تجمع ذرات معلق هوا ارتباط مثبت وجود دارد و با افزایش میزان زبری توانایی درخت در تجمع و به دام انداختن ذرات معلق بیشتر می‌شود (۲۱). Sæbø و همکاران (۲۰۱۲) در پژوهشی بیان داشتند بین میزان تجمع ذرات معلق و تراکم کرک سطح برگ رابطه مثبت و معنی‌دار وجود دارد (۲۰).

کمترین میزان تجمع ذرات معلق توسط گونه‌های مختلف، در دو بخش ذرات معلق PM_{10} و $PM_{0.2}$ مربوط به بید (*Salix alba*) به ترتیب به میزان ۱/۰۳± ۸/۱۰ و $\mu g/cm^2$ ۰/۱۶± ۰/۴۶؛ و برای ذرات معلق $PM_{2.5}$ به میزان ۲/۷۳ $\mu g/cm^2$ مربوط به گونه شمشاد (*Euonymus japonicus*) بود. در خصوص کاهش تجمع ذرات معلق توسط گونه بید می‌توان بیان کرد، بید دارای برگ‌های باریک، نیزه‌ای شکل با نوک و قاعده برگ تیز، حاشیه برگ صاف یا با دندانه‌ریز، رگبرگ‌های کوچک، طول دمبرگ کوچک است (۲۲). در

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-06-13]

پهن‌برگان وجود سطح زیاد برگ و ساختارهای آن مانند کرک‌های سطح برگ، شیارهای سطح برگ و رگبرهای زیاد نقش مهمی در تجمع ذرات معلق برگ دارند (۱۸). Chen و همکاران (۲۰۱۷) بیان داشتند بین میزان تراکم کرک‌ها و نسبت سطح برگ و تعداد شیارهای آن با تجمع ذرات معلق کمتر از ۵/۵μm ارتباط مستقیم وجود دارد و با افزایش آنها میزان تجمع ذرات معلق افزایش یافته است (۱۸). اصولا شیارهای عمیق موجود در سطوح برگ می‌تواند ذرات بیشتری را به دام بیندازند و مانع از رهاسازی مجدد آنها گردد در حالی‌که برگ‌های بدون شیار یا با شیارهای کوچکتر تنها می‌تواند یک یا تعداد بسیار محدودی ذره را به‌دام اندازد و رهاسازی ذرات از برگ آنها به راحتی صورت می‌گیرد (۲۳).

مقایسه میانگین تجمع ذرات معلق توسط گونه‌های درختی مختلف با استفاده از آزمون آنالیز واریانس یکطرفه (ANOVA) نشان داد بین توانایی و میزان تجمع مجموع ذرات معلق، PM_{10}، $PM_{2.5}$ و $PM_{0.2}$ در گونه‌های مختلف اختلاف معنی‌داری وجود دارد. این نتایج با یافته‌های Freer-smith و همکاران (۲۰۰۵) (۲۴)؛ Thi و همکاران (۲۰۱۴)؛ Weerakkody و همکاران (۲۰۱۷)، Ozdemir (۲۰۱۹) مطابقت دارد (۱۱). اصولا مورفولوژی، فیزیولوژی و اکولوژی شاخ و برگ گیاهان مانند تراکم روزنه‌ها، بافت، میزان و تراکم پوشش مومی، زبری و رطوبت سطح برگ، از عوامل اصلی موثر بر تجمع و توانایی نگهداری ذرات معلق مختلف هستند (۲۵). در یک منطقه با شرایط یکسان تفاوت در توانایی جذب و نگهداری ذرات معلق در گونه‌های مختلف ناشی از ساختار مورفولوژیکی زبری و رطوبت و آب‌پذیری شاخ و برگ درختان (Wettability) است (۱۵، ۲۵، ۲۶). از دیگر عوامل موثر در تفاوت بین گونه‌های درختی می‌توان به تنوع و اقسام مختلف برگ‌ها (برگ ساده، مرکب، برگ‌های حاشیه‌دار یا بدون حاشیه)، شکل ظاهری برگ‌ها (برگ‌های پهن، برگ‌های باریک) اشاره نمود (۱۰، ۱۶). همچنین Mo و همکاران (۲۰۱۵) بیان داشتند ویژگی‌های متفاوت سطح برگ درختان در به‌دام انداختن و نگهداری ذرات معلق هوا موثر است و عامل مهم در توانایی جذب متفاوت این آلاینده‌ها توسط گونه‌های مختلف است (۲۳).

شواهد حاکی از آن است گونه‌های درختی با برگ‌های بزرگتر، ضخیم‌تر و حاوی رگبرگ‌های زیاد در مقایسه با گونه‌های حاوی برگ‌های نرم و با رگبرگ‌های کمتر به میزان بیشتری قادر به تجمع و یا به دام انداختن ذرات معلق هستند (۱۹). حتی بخش‌های مختلف برگ یک درخت توانایی متفاوت در جذب و تجمع ذرات معلق دارد به‌گونه‌ای که ذرات $PM_{2.5}$ و $PM_{0.2}$ بیشتر در سطح زیرین و ذرات بزرگ (PM_{10}) بیشتر در سطح بالایی (رویی) برگ تجمع می‌یابند (۲۳). Zhang و همکاران (۲۰۱۷) بیان داشتند بین توپوگرافی(Leaf Surface Topography) و ویژگی‌های سطح برگ با میزان تجمع ذرات معلق رابطه وجود دارد و گونه‌های با برگ‌های پهن و ضخیم‌تر میزان ذرات معلق بیشتری را به دام می‌اندازند (۲۱). Song و همکاران (۲۰۱۵)؛ Shao و همکاران (۲۰۱۹) در پژوهشی بیان داشتند درجه زبری و زمختی سطح برگ، تعداد کرک‌های سطح بالایی و پایینی اپیدرم برگ تعیین کننده توانایی جذب و بازداری ذرات معلق توسط برگ و در نتیجه افزایش تجمع آنها توسط گونه درختی است (۲۵، ۲۷).

ذرات معلق تجمع یافته در گونه بید (*Salix alba*) و شمشاد (*Euonymus japonicus*) نسبت به سایر گونه‌ها کمتر بوده است اما تفاوت معنی‌داری بین میزان تجمع ذرات معلق آنها (مجموع کل ذرات معلق) با گونه‌های درختی زبان گنجشک (*Fraxinus excelsior*)، ارغوان (*Cercis siliquastrum*)، خرزهره (*Nerium oleander*)، اقاقیا (*Robinia pseudoacacia*) یافت نشد. این امر را می‌توان ناشی از خصوصیات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی برگ این گونه‌ها نسبت داد. زیرا ویژگی‌های مورفولوژی سطح برگ در این گونه‌ها تقریبا شبیه و دارای خصوصیاتی نظیر تعداد کرک و موم کمتر، حاشیه برگ بدون دندانه یا با دندانه‌ریز، برگ‌های نرم و صاف هستند (۲۱). این یافته‌های با مشاهدات Chen و همکاران (۲۰۱۷) مبنی بر نقش و تاثیر مورفولوژی سطح شاخه و برگ درختان همسو است. زیرا نتایج بررسی میکروسکوپی مورفولوژی سطح برگ گونه‌های درختی و درختچه‌ای مختلف

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-06-13]

توسط آنها حاکی از تاثیر و نقش توپوگرافی و مورفولوژی سطح بـرگ درختان در به دام انداختـن و تجمع ذرات معلق هوا بود (۱۸). همچنین قابل ذکر است مهمترین محدودیت‌های تحقیق حاضر عدم بررسی تاثیر خصوصیات مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و توپوگرافی سـطح برگ نظیر تعـداد و تراکم کرک و موم‌های برگ، تعداد و تراکـم رگبرگ‌های برگ و غیره در میزان تجمع و بـه دام انداختن ذرات معلق هوا اسـت. لذا بـا توجه به نتایج به‌دسـت آمده، اهمیت و نقش گونه‌های درختی و درختچه‌ای در پایش و کاهش ذرات معلق هوا انجام مطالعات گسـترده در ایـن زمینه به منظور انتخاب گونه‌های مناسـب و با توان بالای تجمع ذرات معلق ضروری به نظر می‌رسد.

نتیجه گیری

براسـاس یافته‌های به‌دسـت آمده از پژوهـش حاضر می‌توان نتیجه گرفت در یک محیط یکسان توانایی گونه‌های مختلف در تجمع و به دام انداختن ذرات معلق مختلف بسته به نوع گونه و خصوصیات مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و اکولوژیکی آن متفاوت اسـت. همچنین گونه‌های درختی با سـطح برگ پهن‌تر، زبر و زمخت‌تـر، کرک و موم بیشـتر و رگبرگ‌های بزرگتر و بیشـتر توانایـی بالاتری در جذب، تجمع، بـه دام انداختن و نگهداری ذرات معلـق مختلف دارند. از ایـن‌رو باید در برنامه‌های مربوط به کاهش ذرات معلق هوا به کاشـت درختان مناسب به این امر توجه گردد.

ملاحظات اخلاقی

نویسـندگان کلیه نکات اخلاقی شامل عدم سرقت ادبی، انتشار دوگانـه، تحریف داده‌ها و داده‌سـازی را در ایـن مقاله رعایت کرده‌اند.

تشکر و قدردانی

این مقاله حاصل بخشی از رساله دکتری با عنوان "بررسی نقش باکتری‌های فیلوسـفری و کاربرد زیست نشانگرهای مختلف در ارزیابی تـوان جذب برگی و مقاومت برخـی گونه‌های درختی بـه ذرات معلق و فلزات" در سـال ۱۳۹۷ اسـت که با حمایت دانشگاه ملایر اجرا شده است. همچنین در انجام این پژوهش از آقای مهندس میرشـاولد، خانم مهندس بهاره روزبهانی و خانم مهندس فرناز محمودی به‌ترتیب ریاسـت آزمایشگاه مرکزی و کارشناسان محترم آن در دانشگاه ملایر کمال تشکر را دارد.

References

1. Song C, He J, Wu L, Jin T, Chen X, Li R, et al. Health burden attributable to ambient PM2. 5 in China. Environmental Pollution. 2017;223:575-86.
2. Brignole D, Drava G, Minganti V, Giordani P, Samson R, Vieira J, et al. Chemical and magnetic analyses on tree bark as an effective tool for biomonitoring: A case study in Lisbon (Portugal). Chemosphere. 2018;195:508-14.
3. Su Y, Liang Y. The foliar uptake and downward translocation of trichloroethylene and 1, 2, 3-trichlorobenzene in air–plant–water systems. Journal of Hazardous Materials. 2013;252:300-305.
4. Shahid M, Dumat C, Khalid S, Schreck E, Xiong T, Niazi NK. Foliar heavy metal uptake, toxicity and detoxification in plants: A comparison of foliar and root metal uptake. Journal of Hazardous Materials. 2017;325:36-58.
5. Clements AL, Fraser MP, Upadhyay N, Herckes P, Sundblom M, Lantz J, et al. Source identification of coarse particles in the Desert Southwest, USA using Positive Matrix Factorization. Atmospheric Pollution Research. 2017;8(5):873-84.
6. Weerakkody U, Dover JW, Mitchell P, Reiling K. Quantification of the traffic-generated particulate matter capture by plant species in a living wall and evaluation of the important leaf characteristics. Science of the Total Environment. 2018;635:1012-24.
7. Valavanidis A, Fiotakis K, Vlachogianni T. Airborne particulate matter and human health: toxicological assessment and importance of size and composition of particles for oxidative damage and carcinogenic mechanisms. Journal of Environmental Science and Health, Part C. 2008;26(4):339-62.

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-06-13]

8. Brook RD, Rajagopalan S, Pope CA, Brook JR, Bhatnagar A, Diez-Roux AV, et al. Particulate matter air pollution and cardiovascular disease: an update to the scientific statement from the American Heart Association. Circulation. 2010;121(21):2331-78.
9. Mateos A, Amarillo A, Carreras H, González C. Land use and air quality in urban environments: Human health risk assessment due to inhalation of airborne particles. Environmental Research. 2018;161:370-80.
10. Weerakkody U, Dover JW, Mitchell P, Reiling K. Evaluating the impact of individual leaf traits on atmospheric particulate matter accumulation using natural and synthetic leaves. Urban Forestry & Urban Greening. 2018;30:98-107.
11. Weerakkody U, Dover JW, Mitchell P, Reiling K. Particulate matter pollution capture by leaves of seventeen living wall species with special reference to rail-traffic at a metropolitan station. Urban Forestry & Urban Greening. 2017;27:173-86.
12. Przybysz A, Nersisyan G, Gawroński SW. Removal of particulate matter and trace elements from ambient air by urban greenery in the winter season. Environmental Science and Pollution Research. 2019;26(1):473-82.
13. Speak A, Rothwell J, Lindley S, Smith C. Urban particulate pollution reduction by four species of green roof vegetation in a UK city. Atmospheric Environment. 2012;61:283-93.
14. Nowak DJ, Hirabayashi S, Bodine A, Greenfield E. Tree and forest effects on air quality and human health in the United States. Environmental Pollution. 2014;193:119-29.
15. Ozdemir H. Mitigation impact of roadside trees on fine particle pollution. Science of the Total Environment. 2019;659:1176-85.
16. Thao N, Yu X, Zhang H. Deposition of particulate matter of different size fractions on leaf surfaces and in epicuticular waxes of urban forest species in summer and fall in Beijing, China. International Journal of Sciences. 2014;3(4):12-22.
17. Sinha V, Pakshirajan K, Chaturvedi R. Chromium tolerance, bioaccumulation and localization in plants: An overview. Journal of Environmental Management. 2018;206:715-30.
18. Chen L, Liu C, Zhang L, Zou R, Zhang Z. Variation in tree species ability to capture and retain airborne fine particulate matter (PM 2.5). Scientific Reports. 2017;7(1):3206.
19. Dzierżanowski K, Popek R, Gawrońska H, Sæbø A, Gawroński SW. Deposition of particulate matter of different size fractions on leaf surfaces and in waxes of urban forest species. International Journal of Phytoremediation. 2011;13(10):1037-46.
20. Sæbø A, Popek R, Nawrot B, Hanslin H, Gawronska H, Gawronski S. Plant species differences in particulate matter accumulation on leaf surfaces. Science of the Total Environment. 2012;427:347-54.
21. Zhang W, Wang B, Niu X. Relationship between leaf surface characteristics and particle capturing capacities of different tree species in Beijing. Forests. 2017;8(3):92.
22. Yousefi B. Collection, identification and morphological-phonological evaluation of Willows accessions at Kurdistan province of Iran. Iranian Journal of Forest and Poplar Research. 2013;21(1):184-202.
23. Mo L, Ma Z, Xu Y, Sun F, Lun X, Liu X, et al. Assessing the capacity of plant species to accumulate particulate matter in Beijing, China. PLOS ONE. 2015;10(10):e0140664.
24. Freer-Smith P, Beckett K, Taylor G. Deposition velocities to Sorbus aria, Acer campestre, Populus deltoides× trichocarpa 'Beaupré', Pinus nigra and× Cupressocyparis leylandii for coarse, fine and ultrafine particles in the urban environment. Environmental Pollution. 2005;133(1):157-67.
25. Shao F, Wang L, Sun F, Li G, Yu L, Wang Y, et al. Study on different particulate matter retention capacities of the leaf surfaces of eight common garden plants in Hangzhou, China. Science of the Total Environment. 2019;652:939-51.
26. Liu L, Guan D, Chen Y. Morphological structure of leaves and dust-retaining capability of common street trees in Guangzhou Municipality. Acta Eco-

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-06-13]

logica Sinica. 2013;33(8):2604-14.
27. Song Y, Maher BA, Li F, Wang X, Sun X, Zhang H. Particulate matter deposited on leaf of five evergreen species in Beijing, China: source identification and size distribution. Atmospheric Environment. 2015;105:53-60.

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-06-13]

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

Original Article

Assessing the capacity of trees and shrubs species to accumulate of particulate matter (PM_{10}, $PM_{2.5}$ and $PM_{0.2}$)

M Hatami-Manesh[1], S Mortazavi[1,*], E Solgi[1], A Mohtadi[2]

1- Department of Environmental Science, Faculty of Natural Resources and Environments, Malayer University, Malayer, Iran

2- Department of Biology, Faculty of Sciences, Yasouj University, Yasouj, Iran

ARTICLE INFORMATION:

Received: 12 March 2019

Revised: 25 May 2019

Accepted: 29 May 2019

Published: 19 June 2019

Keywords: Air pollution, Particulate matter, Leaf surfaces, Epicuticular waxes

***Corresponding Author:**

mortazavi.s@gmail.com

ABSTRACT

Background and Objective: Today, the presence and increase of particulate matter is one of the serious factors that threaten human health. In the meantime, trees can accumulate airborne particles by their foliage. In this study, the accumulating ability of various PM by the leaf of some tree and shrub species was evaluated in Isfahan.

Materials and Methods: 12 species of trees and shrubs were selected at 8 locations in Isfahan and the total PM, PM_{10}, $PM_{2.5}$ and $PM_{0.2}$ were measured using paper filters 91, 42 µm, and Polytetra water and chloroform washing methods by Fluorethylene filters and digital balance.

Results: The results showed that the highest and lowest mean total accumulation of total particulate matter was related to *Morus nigra* and *Salix alba*, that were 190.23 ± 23.5 and 11.9 ± 4.42 µg/cm^2. In addition, the trend of accumulation of total PM on the leaf surface from the highest to the lowest was: *Morus nigra> Platanus orientalis> Ulmus umbraculifera> Morus alba> Acer Nerium oleander >Robinia negundo> Ailanthus altissima> Fraxinus excelsior > pseudoacacia> Cercis siliquastrum> Nerium oleander > Euonymus japonicas> Salix alba* and in epicuticular Waxes, *Morus nigra> Ulmus umbraculifera > Platanus orientalis > Morus alba> Ailanthus altissima> Acer negundo > Robinia pseudoacacia>Cercis siliquastrum> Fraxinus excelsior > Nerium oleander > Euonymus japonicas> Salix alba*.

Conclusion: The results indicated that the ability of different tree species to absorb PM depended on the morphological, physiological and ecological characteristics of the leaf. Finally, among the different species the *Morus nigra* had the highest ability to capture various PM.

Please cite this article as: Hatami-Manesh M, Mortazavi S, Solgi E, Mohtadi A. Assessing the capacity of trees and shrubs species to accumulate of particulate matter (PM_{10}, $PM_{2.5}$ and $PM_{0.2}$). Iranian Journal of Health and Environment. 2019;12(1):1-16.

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-06-13]