



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<sup>۱</sup>، ثمرمتضوی<sup>۱\*</sup>، عیسی سلگی<sup>۱</sup>، احمد مهتدی<sup>۲</sup>  
۱- گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه ملایر، ملایر، ایران  
۲- گروه زیست‌شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه یاسوج، یاسوج، ایران

### چکیده

### اطلاعات مقاله:

**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،  $42\mu m$  و فیلتر پلی‌تترافلوئورواتیلن و ترازوی دیجیتال اندازه‌گیری شد.

**یافته‌ها:** نتایج نشان داد بیشترین و کمترین میانگین ذرات معلق مربوط به گونه‌های شاه‌توت و بید به میزان  $190/32 \pm 23/5$  و  $11/9 \pm 4/42 \mu g/cm^2$  است. روند تجمع کل ذرات معلق سطح برگ به ترتیب از بیشترین به کمترین به صورت شاه‌توت < چنار < نارون < توت < عرعر < افرا < زبان گنجشک < خرزهره < آفاقیا < ارغوان < شمشاد < بید و در موم‌های کوتیکول در شاه‌توت < نارون < چنار < توت < افرا < عرعر < آفاقیا < ارغوان < زبان گنجشک < خرزهره < شمشاد < بید به دست آمد.

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

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 اپی کوتیکول

پست الکترونیکی نویسنده مسئول:

Mortazavi.s@gmail.com

## مقدمه

امروزه یکی از مهمترین بحران‌ها و تهدیدات محیط‌زیست جامعه بشری بویژه در محیط‌های شهری، آلودگی هوا به ذرات معلق و آلاینده‌های همراه آن است. حضور و افزایش این آلاینده‌ها با افزایش خطر بیماری‌های مختلف تنفسی، قلبی - عروقی، سرطان و مرگ‌ومیر انسان‌ها مرتبط است (۱، ۲). با وجود سابقه طولانی شناسایی انواع آلاینده هوا، منابع تولید کننده و عوامل موثر بر آن با رشد سریع جمعیت، توسعه شهرنشینی و انجام فعالیت‌های گسترده صنعتی و حمل و نقل روز به روز بر شدت آن افزوده می‌شود (۳). از این رو آلودگی هوا به ذرات معلق و فلزات سنگین همراه آنها همچنان یک مشکل جدی در سراسر جهان محسوب می‌گردد (۴). ذرات معلق شامل ذرات جامد و مایع معلق در هواست که می‌تواند از منابع اولیه و ثانویه در محدوده وسیعی از نظر اندازه تولید گردند و براساس قطر آئرو دینامیکی شان شناسایی و طبقه بندی شوند. بر این مبنا آنها به سه دسته  $PM_{10}$  (ذراتی که قطر آئرو دینامیکی آنها کمتر از  $10 \mu m$  است)،  $PM_{2.5}$  (ذرات با قطر آئرو دینامیکی کمتر از  $2.5 \mu m$ ) و  $PM_{0.1}$  (ذرات با قطر آئرو دینامیکی کمتر از  $0.1 \mu m$ ) طبقه بندی شده‌اند (۵، ۶).

مطالعات گسترده نشان می‌دهند که رابطه قوی بین افزایش ذرات معلق قابل استنشاق ( $PM_{10}$  و  $PM_{2.5}$ ) و افزایش بیماری‌ها و حتی مرگ و میر وجود دارد (۷، ۸). زیرا برخی از آنها دارای اندازه بسیار کوچکی هستند که می‌تواند به داخل ریه نفوذ کنند و حتی وارد سیستم گردش خون شوند (۹، ۱۰). در این راستا مطالعات مختلفی به بررسی تاثیرات در معرض قرارگیری با ذرات معلق و فلزات سنگین هوا در دوره‌های کوتاه مدت و بلند مدت پرداخته‌اند، که از جمله می‌توان به مرگ و میر بیش از  $3/7$  میلیون نفر در سال ۲۰۱۲ در سراسر جهان که عمدتاً ناشی از ذرات معلق با قطر کمتر از  $10 \mu m$ ، ازن، اکسیدهای نیتروژن و گوگرد اشاره نمود (WHO، ۲۰۱۲). همچنین آژانس محیط زیست اروپا (۲۰۱۶) در پژوهشی بیان داشت که در دوره زمانی ۲۰۱۴-۲۰۱۲ تقریباً ۶۳-۵۰ و ۹۱-۸۵ درصد از جمعیت شهری جامعه اروپا در معرض سطوح

غلظت  $PM_{10}$  و  $PM_{2.5}$  بالاتر از حد مجاز سالانه توصیه شده توسط سازمان بهداشت جهانی قرار داشته است (حد مجاز سالانه  $PM_{2.5}$  به ترتیب برابر ۲۰ و  $10 \mu g/m^3$  است). همچنین آژانس محیط زیست اروپا ۴۶۷ هزار مرگ و میر زودرس جامعه اروپا را به ذرات معلق کمتر از  $2.5 \mu m$  نسبت 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 بکارگیری روش‌ها و تکنولوژی‌های مختلف در کاهش و حذف آنها کاملاً ضروری به نظر می‌رسد.

در این راستا مساله اساسی این است که با وجود بحران‌ها، تهدیدها و گستردگی مساله تولید ذرات معلق، چگونه می‌توان این آلاینده‌ها را کاهش و مانع از انتشار هر چه بیشتر آنها شد. در این میان کاشت و انتخاب گونه‌های مقاوم و مناسب درختی و درختچه‌ای مختلف می‌تواند میزان و تاثیرات محیط‌زیستی آلاینده‌های هوا نظیر ذرات معلق و فلزات سنگین را کاهش دهد و در بهبود سلامتی انسان موثر باشد (۱۲). پژوهش‌ها نشان می‌دهد که درختان و پوشش جنگلی موجب حذف  $17/4$  میلیون تن از آلودگی هوای آمریکا در سال ۲۰۱۰ شده که این امر باعث حفظ سلامتی جامعه بشری می‌گردد (۱۳). مطالعه‌ای در لندن نشان داد که یک ناحیه  $10 \times 10 km$  با پوشش ۲۵ درصدی درخت موجب برداشت ۹۰ ton ذرات معلق در طی یک سال شده است (۱۴). پوشش سبز به عنوان یکی از ارکان مهم در برنامه‌ریزی و مدیریت شهری، اثرات قابل توجهی در کنترل و بهبود هوای شهرها دارا است. فضای سبز شهری در زمره زیرساخت‌های اجتماعی است و یکی از امتیازات 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 مهمترین عامل تعدیل دما، رطوبت و کاهش 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

همچنین قابل ذکر است پارک کوه صفحه (پارک وحش صفه) به عنوان ایستگاه شاهد (منطقه پاک) انتخاب شد (شکل ۱).

### ب- انتخاب گونه‌های درختی و نمونه‌برداری

به منظور بررسی میزان تجمع ذرات معلق توسط گونه‌های درختی و درختچه‌های مختلف، ۱۲ گونه درختی و درختچه‌ای پهن‌برگ که به میزان بیشتری در سطح و نواحی مختلف شهر اصفهان کاشته شده، انتخاب گردید. این گونه‌ها شامل چنار (*Platanus orientalis*)، افاقیا (*Robinia pseudoacacia*)، نارون (*Ulmus Umbraculifera*)، بید (*Salix alba*)، توت (*Morus alba*)، شاه‌توت (*Morus nigra*)، افرای سیاه (*Acer negundo*)، زبان گنجشک (*Fraxinus excelsior*)، عرعر (*Ailanthus altissima*)، ارغوان (*Cercis siliquastrum*)، شمشاد (*Euonymus japonicus*) و خرزهره (*Nerium oleander*) هستند. به منظور نمونه‌برداری، گونه‌های درختی کاشته شده در نواحی و محدوده‌های اطراف ایستگاه‌های مطالعاتی انتخاب و از برگ آنها در شهریور ۱۳۹۷ نمونه‌برداری شد. در این پژوهش سعی گردید از برداشت برگ‌های آفت زده و ناسالم خودداری شود (در حد امکان از برگ‌های سالم و بالغ نمونه برداشت شد). برای هر گونه در هر ایستگاه سه نمونه (سه درخت) به صورت تصادفی انتخاب و نمونه‌ها از برگ آنها از ارتفاع ۱/۵ تا ۲/۵m سطح زمین به تعداد ۳۰ - ۴۰ برگ از هر درخت برداشت گردید و سپس نمونه‌های برگ درختان هر ایستگاه با هم ترکیب شد (حجم نمونه‌ها ۶۴). همچنین برگ‌ها از چهار جهت

شواهد موجود کاهش یا حذف ذرات معلق از هوا در مقایسه با سایر محیط‌ها نظیر آب، خاک، گیاهان، مواد غذایی بسیار سخت‌تر بوده و روش‌ها یا تکنولوژی‌های بکار گرفته در این خصوص بسیار کارساز نبوده‌اند. به‌علاوه پوشش‌های گیاهی می‌تواند به واسطه تجمع ذرات معلق در برگ‌های خود به عنوان یک فیلتر بیولوژیکی جهت پایش، جذب ذرات معلق و سایر آلاینده‌های آلی و معدنی با کارایی بالا و مقرون به صرفه به کار 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 می‌شود (۱۷، ۱۸). بنابراین با توجه به اهمیت و اثرات مخرب آلودگی ذرات معلق همچنین نقش پوشش‌های گیاهی بخصوص درختان در کاهش میزان آنها انجام مطالعات علمی دقیق در خصوص توانایی تجمع ذرات معلق توسط گونه‌های درختی مختلف به منظور انتخاب گونه‌های مناسب از اهمیت بسیار بالایی برخوردار است. به همین جهت در این مطالعه به این امر مهم پرداخته شده است.

### مواد و روش‌ها

#### الف - منطقه مطالعاتی

منطقه مورد مطالعه در پژوهش حاضر شهر اصفهان است. در این راستا ایستگاه‌های نمونه‌برداری در ۸ ایستگاه، شامل (میدان احمد آباد، خیابان دانشگاه، خیابان رودکی (محدوده ترمینال زاینده رود)، خیابان استانداری، چهارباغ خواجو، بزرگراه خرازی، ترمینال کوه، ترمینال صفه) انتخاب گردید.



شکل ۱- موقعیت و محدوده ایستگاه‌های مطالعاتی

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 از آزمون آنالیز واریانس یک‌طرفه (ANOVA) پیش فرض‌های این آزمون یعنی آزمون نرمالیتی و تست همگی واریانس‌ها بر روی داده‌ها صورت گرفت.

#### یافته‌ها

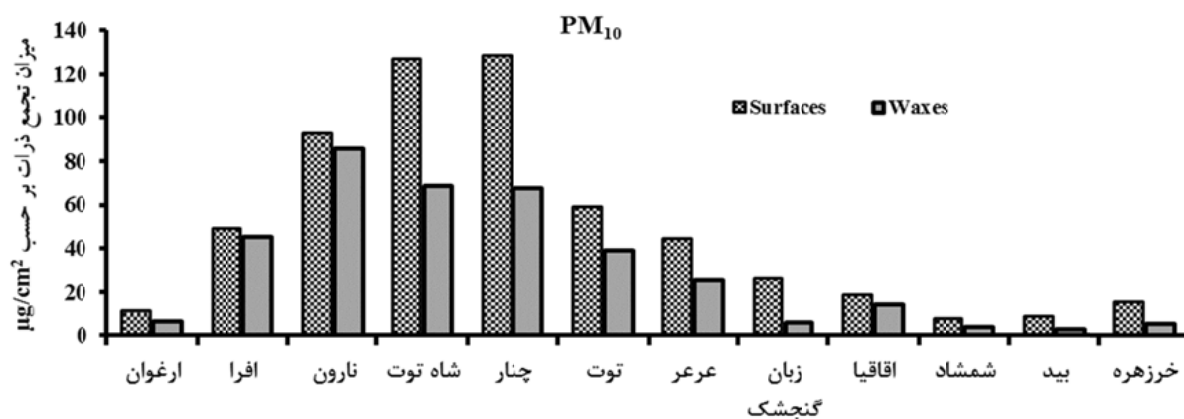
یافته‌های حاصل از اندازه‌گیری میانگین کلی میزان تجمع  $PM_{10}$  موجود در سطح برگ گونه‌های مختلف نشان داد بیشترین و کمترین تجمع  $PM_{10}$  به ترتیب مربوط به درختان چنار و بید به میزان  $128/5 \pm 13/5$  و  $8/10 \pm 3/95 \mu g/cm^2$  بوده، و بیشترین و کمترین میزان ذرات  $PM_{10}$  تجمع یافته در موم‌های کوتیکول سطح برگ مربوط به نارون و بید به میزان  $85/64 \pm 15/23$  و  $2/72 \pm 0/46 \mu g/cm^2$  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 < افاقیا < 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  $46/09 \pm 13/5$  و  $41/92 \pm 3/49$  و شمشاد  $2/73 \pm 0/81$  و  $1/02 \pm 0/71$  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 < افاقیا < ارغوان < بید < شمشاد و در بخش موم‌های برگ مربوط به شاه‌توت < نارون < چنار < عرعر < توت < افرا < افاقیا < ارغوان < زبان گنجشک < خرزهره < بید < شمشاد بود (نمودار ۲).

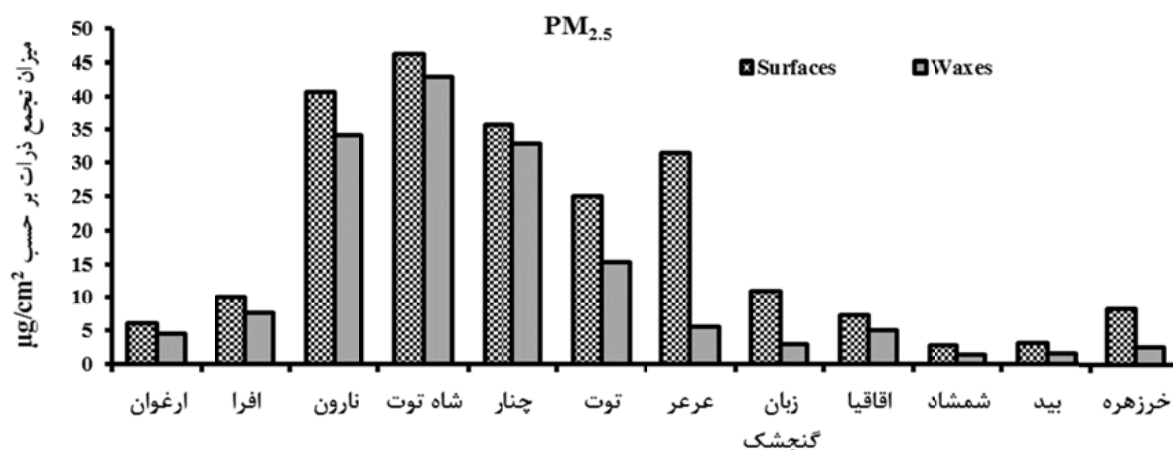
اصلی درختان برداشت شد (شمال، جنوب، مشرق و مغرب). پس از جمع‌آوری برگ درختان موجود در سطح شهر، نمونه‌ها را در بسته‌های کاغذی به آزمایشگاه انتقال و در اسرع وقت جهت تعیین میزان تجمع ذرات معلق آنها اقدام شد. همچنین جهت محاسبه میزان (وزن) ذرات معلق مختلف از ترازوی دیجیتال با دقت  $0/001$  استفاده شد.

#### 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 Dzierzanowski و همکاران (۲۰۱۱) استفاده شد (۱۹). در این روش ذرات معلق شامل ذرات با قطر  $10$ ،  $2/5$  و  $0/2 \mu m$  جداسازی و بررسی شد. ابتدا دیسک‌هایی (قطعات) از برگ درختان به صورت مربعی ( $1 \times 1$ ،  $2 \times 2$  و  $3 \times 3$  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  $10$ ،  $2/5$  و  $0/2 \mu m$  محلول به‌دست آمده ابتدا از فیلترهای کاغذی واتمن ۹۱ (برای نگهداری ذرات معلق  $PM_{10}$ ) سپس فیلتر  $42 \mu m$  (برای نگهداری ذرات معلق  $PM_{2.5}$ ) و در نهایت از فیلتر سرسرنگی پلی‌تترافلورواتیلن (Polytetra Fluorethylene) (جهت نگهداری ذرات معلق  $PM_{0.2}$ ) عبور داده شد و سپس ذرات معلق مختلف بر روی فیلتر جمع‌آوری گردید. همچنین 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



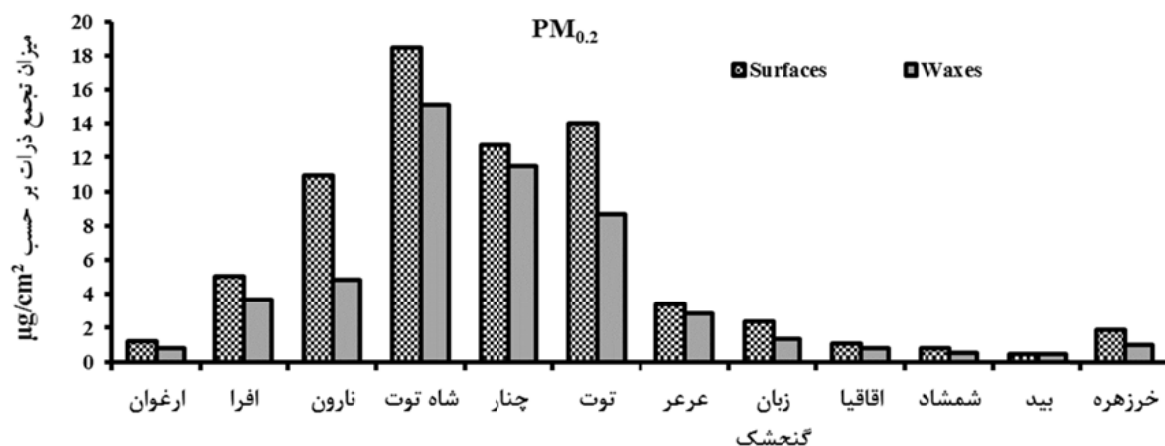
نمودار ۱- نتایج میزان تجمع ذرات PM<sub>10</sub> در سطح برگ گونه‌های مختلف (µg/cm<sup>2</sup>)



نمودار ۲- نتایج میزان تجمع ذرات PM<sub>2.5</sub> در سطح برگ گونه‌های مختلف (µg/cm<sup>2</sup>)

به ترتیب از بیشترین به کمترین به صورت شاه توت < توت < چنار < نارون < افرا < عرعر < زبان گنجشک < افاقیا < ارغوان < خرزهره < شمشاد < بید و در موم‌های کوتیکول برگ به صورت شاه توت < توت < چنار < نارون < افرا < عرعر < زبان گنجشک < افاقیا < ارغوان < خرزهره < شمشاد < بید به دست آمد (نمودار ۳).

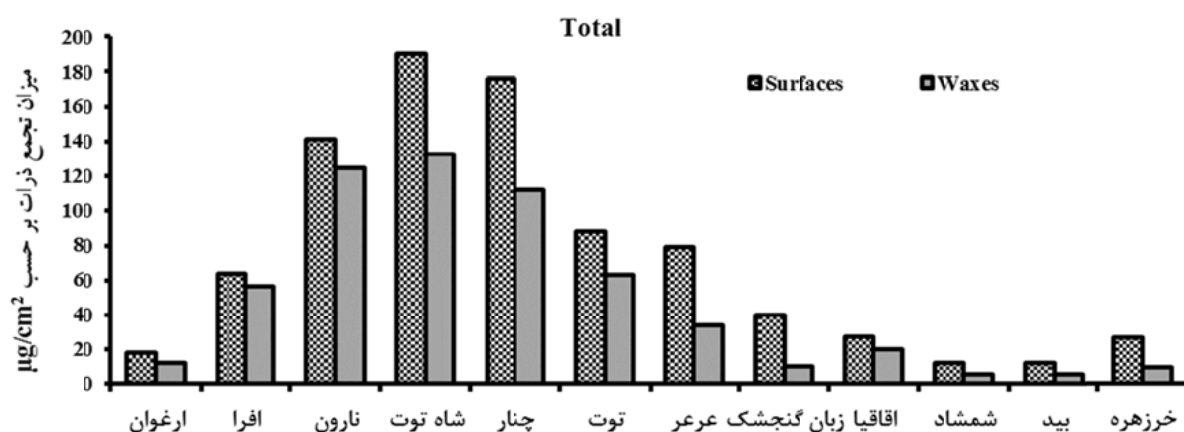
نتایج بررسی میانگین تجمع ذرات معلق PM<sub>0.2</sub> نشان داد بیشترین و کمترین میزان ذرات تجمع یافته بر روی سطح و موم‌های برگ به ترتیب مربوط به شاه توت و بید به میزان  $13/5 \pm 18/5$  و  $0/46 \pm 0/09$   $\mu\text{g}/\text{cm}^2$  است. همچنین یافته‌های میانگین  $15/12$  و  $0/42 \pm 0/12$  است. روند تجمع ذرات معلق PM<sub>0.2</sub> سطح برگ گونه‌های مختلف



نمودار ۳- نتایج میزان تجمع ذرات PM<sub>0.2</sub> در سطح برگ گونه‌های مختلف (µg/cm<sup>2</sup>)

برگ به ترتیب از بیشترین به کمترین به صورت شاه‌توت < چنار < نارون < توت < عرعر < افرا < زبان گنجشک < افاقیا < ارغوان < شمشاد < بید و در موم‌های کوتیکول برگ به صورت شاه توت < نارون < چنار < توت < افرا < عرعر < افاقیا < ارغوان < زبان گنجشک < خرزهره < شمشاد < بید بود (نمودار ۴).

نتایج سنجش مجموع PM<sub>10</sub>، PM<sub>2.5</sub> و PM<sub>0.2</sub> 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  $190/32 \pm 23/5$  و  $11/9 \pm 4/42$  و  $132/56 \pm 8/88$  و  $4/75 \pm 0/50$  است. به‌علاوه روند تجمع مجموع ذرات معلق (PM<sub>10</sub>، PM<sub>2.5</sub>، PM<sub>0.2</sub>) سطح



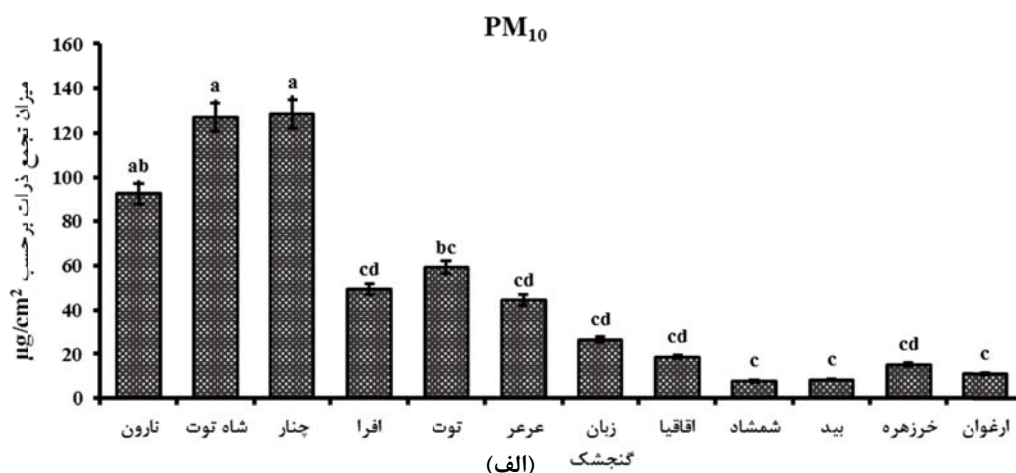
نمودار ۴- نتایج میزان تجمع مجموع ذرات در سطح برگ گونه‌های مختلف (µg/cm<sup>2</sup>)

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).

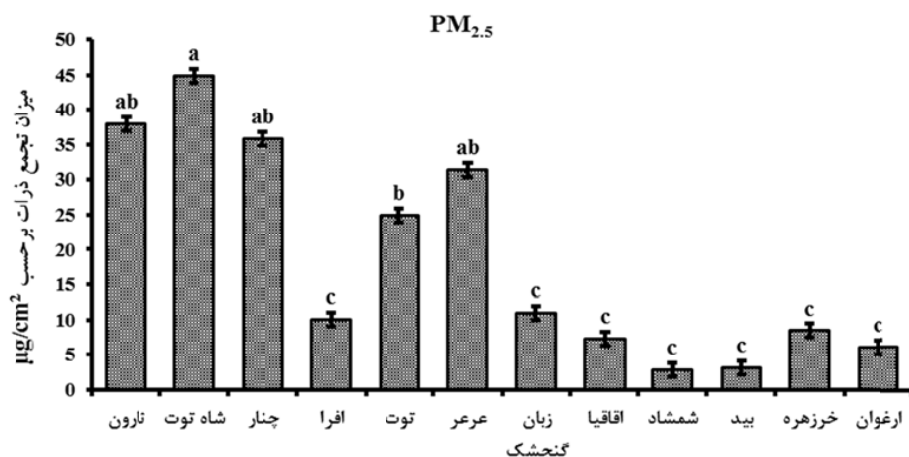
نتایج بررسی مقایسه اختلاف بین میزان تجمع ذرات معلق توسط گونه‌های درختی مختلف با استفاده از آزمون آنالیز واریانس یک‌طرفه (ANOVA) در سطح معنی‌داری ۹۵ درصد نشان داد بین میزان تجمع مجموع ذرات معلق ( $PM_{10}$ ،  $PM_{2.5}$  و  $PM_{0.2}$ )،  $PM_{10}$ ،  $PM_{2.5}$  و  $PM_{0.2}$  در گونه‌های

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

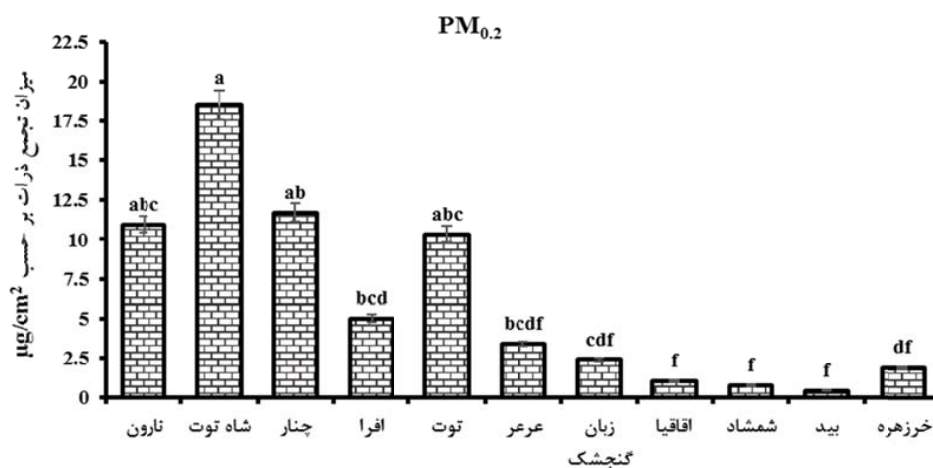
سطح معنی داری	F	میانگین مربعات	درجه آزادی	مجموع مربعات	منبع تغییرات	پارامتر ذرات معلق
۰/۰۰۰	۱۲/۷۳۰	۱۲۰۰۷/۱۴	۱۱	۱۳۲۰۷۸/۵۵	بین گروه‌ها	$PM_{10}$
		۹۴۲/۸۲	۵۳	۴۹۹۶۹/۹۱	درون گروه‌ها	
			۶۴	۱۸۲۰۴۸/۴۵	کل	
۰/۰۰۰	۱۴/۳۴	۱۳۹۳/۸۱	۱۱	۱۴۳۳۱/۹۳	بین گروه‌ها	$PM_{2.5}$
		۹۷/۱۷	۵۳	۵۱۵۰/۳	درون گروه‌ها	
			۶۴	۲۰۴۸۲/۲۳	کل	
۰/۰۰۰	۶/۸۶	۲۳۲/۹۸	۱۱	۲۵۶۲/۸۱	بین گروه‌ها	$PM_{0.2}$
		۳۳/۹۶	۵۳	۱۸۰۰/۲۳	درون گروه‌ها	
			۶۴	۴۳۶۳/۰۵	کل	
۰/۰۰۰	۱۵/۷۲	۲۵۶۱۵/۳۳	۱۱	۲۸۱۷۶۸/۶۲	بین گروه‌ها	مجموع ذرات
		۱۶۲۸/۹۳	۵۳	۸۶۳۳۳/۴	درون گروه‌ها	
			۶۴	۳۶۸۱۰/۱/۹۹	کل	



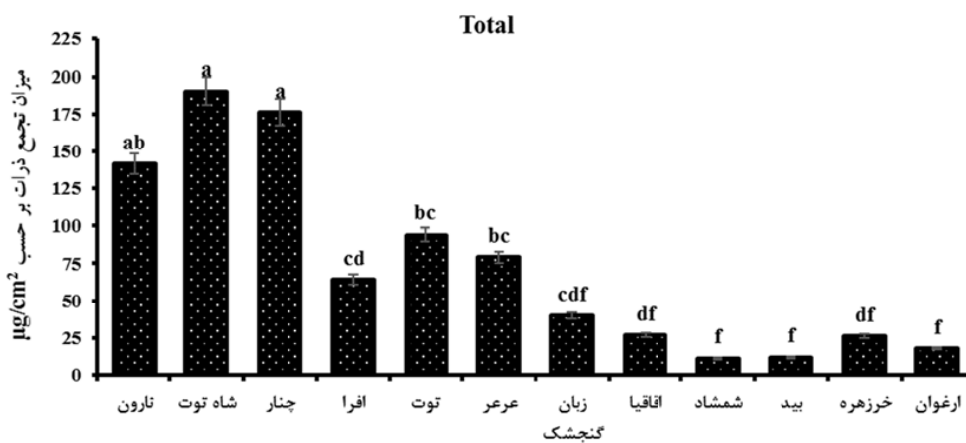
نمودار ۵- نتایج مقایسه میزان تجمع ذرات معلق (الف)  $PM_{10}$ ، (ب)  $PM_{2.5}$ ، (ج)  $PM_{0.2}$  و (د) مجموع ذرات معلق ( $PM_{10}$ ،  $PM_{2.5}$  و  $PM_{0.2}$ ) در سطح برگ گونه‌های مختلف برحسب ( $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ ) با استفاده از آزمون آنالیز واریانس یک‌طرفه (ANOVA) در سطح معنی‌داری ۹۵ درصد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



(ب)



(ج)



(د)

ادامه نمودار ۵- نتایج مقایسه میزان تجمع ذرات معلق (الف) PM<sub>10</sub>، (ب) PM<sub>2.5</sub>، (ج) PM<sub>0.2</sub> و (د) مجموع ذرات معلق (PM<sub>10</sub>، PM<sub>2.5</sub> و PM<sub>0.2</sub>) در سطح برگ گونه‌های مختلف برحسب (µg/cm<sup>2</sup>) 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)

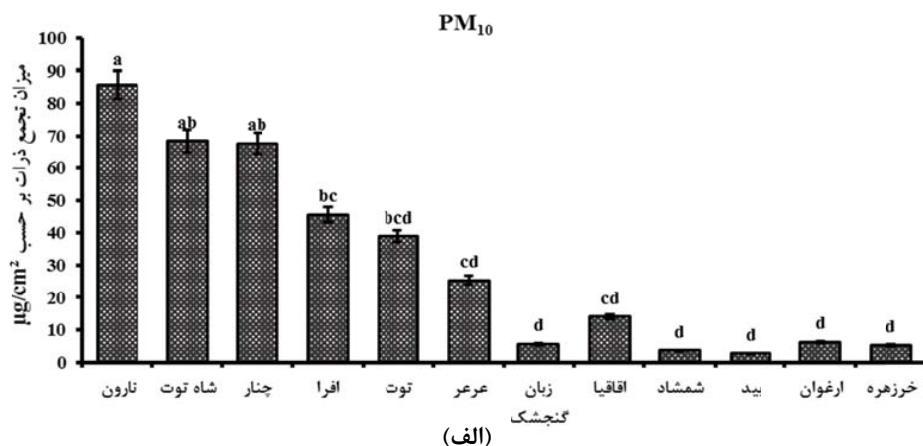


نتایج بررسی مقایسه اختلاف بین میزان ذرات معلق تجمع یافته در موم‌های سطح برگ توسط گونه‌های درختی مختلف با استفاده از آزمون آنالیز واریانس یکطرفه (ANOVA) در سطح معنی‌داری ۹۵ درصد نشان داد با توجه به سطح معنی‌داری به‌دست آمده بین میزان تجمع ذرات معلق کل،  $PM_{10}$ ،

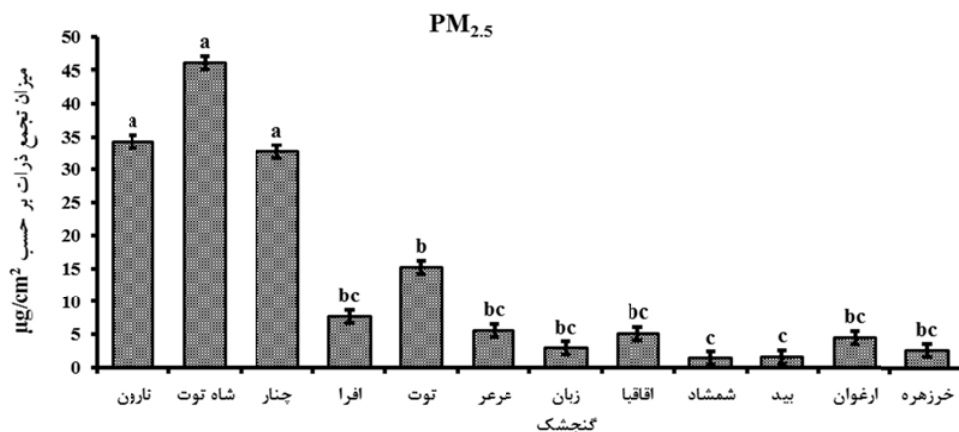
نتایج مقایسه میزان تجمع ذرات معلق در موم‌های برگ گونه‌های مختلف با استفاده از آزمون آنالیز واریانس یکطرفه (ANOVA) در سطح معنی‌داری ۹۵ درصد

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

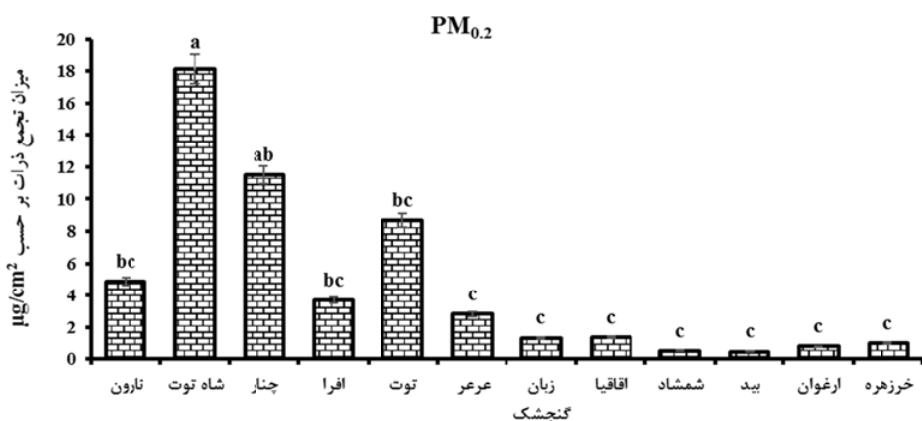
پارامتر ذرات معلق	منبع تغییرات	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F	سطح معنی‌داری
$PM_{10}$	بین گروه‌ها	۵۹۰۸۱/۷۳	۱۱	۵۳۷۱/۰۶	۹/۴۱	۰/۰۰۰
	درون گروه‌ها	۳۰۲۵۳/۵۲	۵۳	۵۷۰/۸۲		
	کل	۸۹۳۳۵/۲۶	۶۴			
$PM_{2.5}$	بین گروه‌ها	۱۸۴۳۸/۴۲	۱۱	۱۶۷۶/۲۲	۲۱/۹۹	۰/۰۰۰
	درون گروه‌ها	۴۰۳۹/۷۷	۵۳	۷۶/۲۲		
	کل	۲۲۴۷۸/۲۱	۶۴			
$PM_{0.2}$	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			



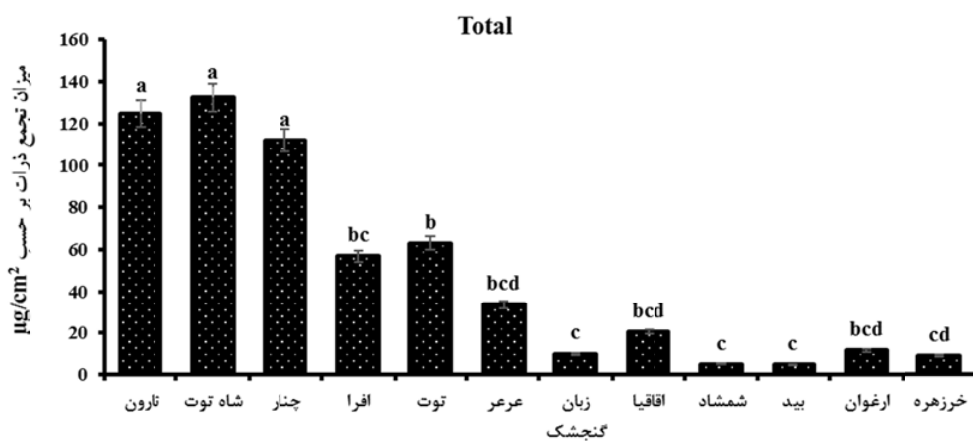
نمودار ۶- نتایج مقایسه میزان تجمع ذرات معلق (الف)  $PM_{10}$ ، (ب)  $PM_{2.5}$ ، (ج)  $PM_{0.2}$  و (د) مجموع ذرات معلق ( $PM_{10}$ ،  $PM_{2.5}$  و  $PM_{0.2}$ ) در موم‌های کوتیکول سطح برگ گونه‌های مختلف برحسب ( $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ ) با استفاده از آزمون آنالیز واریانس یکطرفه (ANOVA) در سطح معنی‌داری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



(ب)



(ج)



(د)

ادامه نمودار ۶- نتایج مقایسه میزان تجمع ذرات معلق (الف) PM<sub>10</sub>، (ب) PM<sub>2.5</sub>، (ج) PM<sub>0.2</sub> و (د) مجموع ذرات معلق (PM<sub>0.2</sub>، PM<sub>2.5</sub>، PM<sub>10</sub>) در موم‌های کوتیکول سطح برگ گونه‌های مختلف برحسب (µg/cm<sup>2</sup>) با استفاده از آزمون 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)

## بحث

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 دنداندار درشت، زبر (Roughness) و زمخت، گونه‌های کارا در جذب ذرات معلق هستند (۱۵، ۱۸). نارون به واسطه دارا بودن برگ‌های تخم مرغی و دندان‌های اره‌ای، طول و عرض برگ بزرگ، حاشیه برگ با دندان 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 دنداندار 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). اصولاً 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). Saebø 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  $۸/۱۰ \pm ۰/۱۶ \mu g/cm^2$  و  $۰/۴۶ \pm ۰/۱۶ \mu g/cm^2$  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 دندان‌ریز، رگبرگ‌های کوچک، طول دم‌برگ کوچک است (۲۲). در

درختان ابزارهای بسیار موثری برای ته‌نشست 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 اپی کوتیکول 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  $۱۲۸/۵ \pm ۱۳/۵ \mu g/cm^2$  و  $۱۲۶/۸۸ \pm ۱۰/۵ \mu g/cm^2$  و در موم‌های کوتیکول سطح برگ مربوط به نارون و چنار به میزان  $۸۵/۶۴ \mu g/cm^2$  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  $۱۶۸/۱۲ \mu g/cm^2$  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  $(۴۶/۰۹ \pm ۱۳/۵ \mu g/cm^2)$  و  $(۲/۷۳ \pm ۰/۸۱ \mu g/cm^2)$  و  $(۴۱/۹۲ \pm ۳/۴۹ \mu g/cm^2)$  و  $(۱/۰۲ \pm ۰/۰۷ \mu g/cm^2)$  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  $۱۸/۵۰ \pm ۱۳/۵ \mu g/cm^2$  و 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  $۱۹۰/۳۲ \pm ۲۳/۵ \mu g/cm^2$  و  $۱۱/۹ \pm ۴/۴۲ \mu g/cm^2$  به‌دست آمد. چنار (*P. orientalis*).

پهن‌برگان وجود سطح زیاد برگ و ساختارهای آن مانند کرک‌های سطح برگ، شیارهای سطح برگ و رگبرگ‌های 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  $5/5\mu\text{m}$  ارتباط مستقیم وجود دارد و با افزایش آنها میزان تجمع ذرات معلق افزایش یافته است (۱۸). اصولاً شیارهای عمیق موجود در سطوح برگ می‌تواند ذرات بیشتری را به دام بیندازد و مانع از رهاسازی مجدد آنها گردد در حالی که برگ‌های بدون شیار یا با شیارهای کوچکتر تنها می‌تواند یک یا تعداد بسیار محدودی ذره را به دام 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،  $\text{PM}_{10}$ ،  $\text{PM}_{2.5}$  و  $\text{PM}_{0.2}$  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). اصولاً 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  $\text{PM}_{2.5}$  و  $\text{PM}_{0.2}$  بیشتر در سطح زیرین و ذرات بزرگ ( $\text{PM}_{10}$ ) بیشتر در سطح بالایی (روی) 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 می‌اندازد (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 تعیین‌کننده 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*)، اقاویا (*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 تقریباً شبیه و دارای خصوصیات نظیر تعداد کرک و موم کمتر، حاشیه برگ بدون دندانه یا با دندانه‌ریز، برگ‌های نرم و صاف هستند (۲۱). این یافته‌ها 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

توانایی بالاتری در جذب، تجمع، به دام انداختن و نگهداری ذرات معلق مختلف دارند. از این‌رو باید در برنامه‌های مربوط به کاهش ذرات معلق هوا به کاشت درختان مناسب به این امر توجه گردد.

### 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 بخشی از رساله دکتری با عنوان "بررسی نقش باکتری‌های فیلوسفری و کاربرد زیست نشانگرهای مختلف در ارزیابی توان جذب برگی و مقاومت برخی گونه‌های درختی به ذرات معلق و فلزات" در سال ۱۳۹۷ است که با حمایت دانشگاه ملایر اجرا شده است. همچنین در انجام این پژوهش از آقای مهندس میرشاولد، خانم مهندس بهاره روزبهانی و خانم مهندس فرناز محمودی به ترتیب ریاست 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 PM<sub>2.5</sub> 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*.

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

### نتیجه گیری

براساس یافته‌های به‌دست آمده از پژوهش حاضر می‌توان نتیجه گرفت در یک محیط یکسان توانایی گونه‌های مختلف در تجمع و به دام انداختن ذرات معلق بسته به نوع گونه و خصوصیات مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و اکولوژیکی آن متفاوت است. همچنین گونه‌های درختی با سطح برگ پهن‌تر، زبر و زمخت‌تر، کرک و موم بیشتر و رگبرگ‌های بزرگتر و بیشتر

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.

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 ultra-fine 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-*

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 ever-green species in Beijing, China: source identification and size distribution. *Atmospheric Environment*. 2015;105:53-60.



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

Original Article



## Assessing the capacity of trees and shrubs species to accumulate of particulate matter (PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub> and PM<sub>0.2</sub>)

M Hatami-Manesh<sup>1</sup>, S Mortazavi<sup>1,\*</sup>, E Solgi<sup>1</sup>, A Mohtadi<sup>2</sup>

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

### 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<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub> and PM<sub>0.2</sub> 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  $190.23 \pm 23.5$  and  $11.9 \pm 4.42$  μg/cm<sup>2</sup>. 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.

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

**\*Corresponding Author:**

mortazavi.s@gmail.com

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<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub> and PM<sub>0.2</sub>). Iranian Journal of Health and Environment. 2019;12(1):1-16.