

رتبه بندی کارایی گونه های درختی در کنترل آلودگی شهری

رضا موسوی فرد^۱، سعیده طوافی^۲، ابراهیم مهر بخش^۳

^۱ دانشجوی دکتری جنگلداری، مسئول برنامه ریزی سازمان سیما منظر و فضای سبز کرج

^۲ دکتری مرتعداری، سازمان سیما منظر و فضای سبز کرج

^۳ کارشناس ارشد توسعه روستایی، سازمان سیما منظر و فضای سبز کرج

چکیده

آلودگی ایجاد شده بوسیله ذرات با قطر آیرودینامیکی کمتر از ۵.۲ میکرومتر در حال حاضر یکی از مسائل عمده آلودگی هوا در بسیاری از کلان شهرها در سرتاسر جهان می باشد. کاشت تعداد بیشتری از درختان به عنوان یک ابزار برای کاهش این مساله مطرح است. از آنجاییکه انتخاب نوع گونه مناسب و سازگار برای رسیدن به این هدف بسیار حائز اهمیت است لذا در این مقاله کاربردی گونه های درختی با بررسی تحقیقات خارجی و داخلی انجام شده، بر اساس روش رتبه بندی ساده تجمعی و با توجه به تاثیراتشان از نظر کارایی کاهش PM_{2.5}، اثرات منفی در کیفیت هوا با توجه به تولید گرده و حساسیت زایی، رتبه بندی شده اند. همچنین از آنجاییکه شرط استقرار موفق گیاه در عرصه سازگار بودن با شرایط منطقه است، از نظر سازگاری با شرایط آب و خاک و مقاومت به آفات نیز رتبه بندی درختان صورت گرفته است.

واژه های کلیدی: کنترل، آلودگی، درخت، PM_{2.5} کلان شهر

۱- مقدمه

تجمع زیاد $PM_{2.5}$ در هوای کلان شهرها خطر جدی برای سلامتی شهروندان می باشد. بررسی های اپیدمی شناسی نشان می دهد در بین آلودگی $PM_{2.5}$ و بیماری های تنفسی و قلبی عروقی و مرگ زود رس شهروندان رابطه مستقیم وجود دارد (Mate et al., 2010; Nawahda et al., 2012). کاهش انتشار از منابع آلوده کننده می باشد (Tucker, 2000; Molder, 2013; pui et al., 2014). اما برای کاهش تجمع $PM_{2.5}$ که در حال حاضر در هوای تنفسی وجود دارد درختان فضای سبز شهری نقش عمده ای دارند (Nowak, et al., 2013). درختان شهری بطور مستقیم و غیر مستقیم در کنترل آلودگی $PM_{2.5}$ موثر هستند. در حالت مستقیم تاج پوشش توسط شاخه ها و برگ ها ذرات را می گیرد (Beckett et al., 1998; Freer-Smith et al., 2004; Saebø et al., 2013). با مطالعه ای که در ده شهر آمریکا توسط Nowak و همکاران (۲۰۱۳) انجام شد مشخص گردید مقدار $PM_{2.5}$ که بطور مستقیم توسط درختان گرفته می شود بین ۵.۶۴ و ۷.۴ تن در سال متغیر است. تاثیر غیر مستقیم گیاهان در کنترل آلودگی از طریق خنک کردن هوا و کاهش مصرف وسایل خنک کننده می باشد. همچنین در دمای پایین عکس العمل های فوتوشیمی در آتمسفر شهری کند تر می شود که خود باعث کاهش تولید آلاینده های ثانویه می گردد (Nowak et al., 2000). ویژگی های بیوفیزیکی در مقیاس گروهی از جمله تراکم کاشت، نظم مکانی، مجموع سطح برگ ها و فنولوژی از مهمترین عوامل تاثیر گذار در گیرش $PM_{2.5}$ توسط گیاهان (Hagler et al., 2012; Nowak et al., 2013; Brantley et al., 2014) و عوامل محیطی موثر شرایط هوا، مورفولوژی شهری و مجموع مقدار $PM_{2.5}$ (Beckett et al., 2000; Reina et al., 2009) می باشد. در یک درخت ابعاد، بافت تاج پوشش، ویژگی های برگ و عادات رشد گیاه کارایی آن را در حذف $PM_{2.5}$ مشخص می کند (Abdollahi, 2000; Fuller et al., 2009. Huang et al., 2013). مطالعات نشان می دهد درختان با مجموع سطح برگ بزرگتر کارایی بیشتری در حذف $PM_{2.5}$ دارند (Lorenz and Murphy, 1989). اختصاصی و همکاران (۱۳۹۰) نتیجه گرفتند درختان با سطح برگ های خشن تر و با پوشش مویی زبر نسبت به گیاهان با برگ های هموارتر و پوشش نمدی و کرکی میزان بیشتری از گردو غبار هوا را جذب نموده و از آلودگی می کاهند. سوزنی برگان همیشه سبز کارایی بالاتری دارند زیرا در تمام طول سال مجموع سطح برگ بالا را حفظ می کنند. در سطح تاج پوشش درختان با تاج پوشش متراکم ریز بافت، راحت تر $PM_{2.5}$ را جذب (Freer-Smith et al., 2004, 2005; Petroff et al., 2008) و در سطح برگ، برگ ها با ساختمان پیچیده و سطح خشن، چسبناک و مومی $PM_{2.5}$ را موثرتر جدا می کنند (Wedding et al., 1975; Little and Wiffen, 1977; Abdollahi, 2000; Saebø et al., 2012). علاوه بر کارایی جدا کردن $PM_{2.5}$ گیاهان انتخابی باید نسبت به شرایط محیطی سازش نشان دهند. رشد درختان تحت تاثیر عوامل زنده و غیر زنده استرس زا مثل خاک فشرده و غرقابی، خشکی، آفات و بیماری ها و آلودگی هوا می باشد (Pauleit, 2003; Nielsen et al., 2007; Jutras et al., 2010). اگر درخت نسبت به این شرایط بردبار نباشد رشد گیاه متوقف گشته و طول زندگی آن کاهش پیدا می کند. از آنجاییکه آفت کش ها منبع دیگری از $PM_{2.5}$ می باشند استفاده از درختان حساس به آفات و بیماری ها در فضای سبز باعث افزایش مشکلات می گردد (Coscolla et al., 2008). درختان از عمده ترین ترکیبات آلرژی زا است که باعث زکام و آسم فصلی می گردد (Mansouritorghabeh et al., 2019). گونه های درختی که کیفیت هوا را مختل می کند باید کمتر در فضای سبز کشت گردند. بنابراین یکی از ابزار های مهم برای ایجاد فضای سبز شهری در راستای توسعه پایدار کلان شهرها، انتخاب شایسته انواع گیاهان توسط طراحان فضای سبز با توجه به تاثیر گیاه در جذب آلودگی ها و

همچنین سازگار بودن با شرایط محیطی و مقاومت به آفات می باشد، لذا به علت عدم وجود چنین رتبه بندی منسجم و کاربردی از گیاهان در منابع داخلی این تحقیق صورت پذیرفت که انتخاب درختان مورد نظر از میان تعدادی گیاهان پرکاربرد در فضای سبز شهری باتوجه به کارایی در جذب $PM_{2.5}$ و مقاوم بودن به آفات، شرایط خاک و خشکی میسر گردد.

۲- روش تحقیق

از آنجاییکه هدف از این مقاله معرفی گونه های درختی مناسب در فضای سبز شهری با اولویت مقاوم بودن به ذرات $PM_{2.5}$ می باشد مقالاتی مورد بررسی قرار گرفت که گونه های گیاهی داخل شهری را مطالعه کرده بودند یعنی گونه هایی که در مکان های انسان ساخت از قبیل خیابان ها، پارک ها، و سکونت گاههای شهری مورد پژوهش قرار گرفته بودند و نکته ی دیگر اینکه در این تحقیق فقط گونه های درختی مد نظر بوده است. با بررسی که انجام گردید مشخص شد منابع داخلی در رابطه با این موضوع انگشت شمار می باشد. همچنانکه با بررسی منابع خارجی نتیجه گیری شد یکی از کامل ترین منابع در این خصوص تحقیقاتی است که *jun yang* و همکاران در سال ۲۰۱۵ انجام دادند (جدول ۱ تا ۵). ایشان با جمع آوری متغیر های بیوفیزیکی و رتبه بندی تجمیعی آن با استفاده از روش افزایشی ساده درختان مورد مطالعه در ۳۲۸ شهر در ۶۰ کشور را رتبه بندی کردند. همچنین بر اساس حضور تمام گونه ها در شهرهای مورد مطالعه که یکی از آن ها تهران بود ۱۰۰ گونه که بیشترین تکرار را در فضای سبز شهری داشتند مشخص نموده اند. پنج ویژگی استفاده شده به منظور ارزیابی سازگاری گونه ها مقاوم بودن به خاک فقیر، خشکی محیط، آفات و بیماری ها SO_2 ، O_3 ، NO_2 می باشد. سپس مطابق همین روش، مطالعات داخلی انجام شده در رابطه با مقاومت درختان به آلودگی های شهری مورد بررسی و واکاوی قرار گرفت.

جدول ۱. روش رتبه بندی گونه های درختی از نظر کارایی حذف $PM_{2.5}$

متغیر ها	رتبه بندی و معیار		
	۳	۲	۱
نوع	سوزنی برگان همیشه سبز	پهن برگ همیشه سبز	گیاهان خزان کننده
اندازه	ارتفاع گیاه بالغ بیش از ۲۰ متر	ارتفاع گیاه بالغ بین ۱۰ تا ۲۰ متر	ارتفاع درخت بالغ بین ۵ تا ۱۰ متر
سرعت رشد	سریع	متوسط	آهسته
ساختمان تاج پوشش	تاج پوشش فشرده، بافت ریز	تاج پوشش با تراکم متوسط، بافت متوسط	تاج پوشش باز، بافت درشت
ترکیب برگ (شکل ۱)	برگ های دو یا سه شانه ای یا مقیاسی شبیه سوزنی برگان	برگ های شانه ای یا پنجه ای که بریدگی های عمیق دارد که با لپ بندی تقسیم شده است.	برگ های سالم و کامل منفرد
اندازه برگ	سایز متوسط مساوی و یا کمتر از ۵ سانتیمتر	سایز متوسط برگ بین ۵ سانتیمتر و ۲۰ سانتیمتر	سایز متوسط برگ بیش از ۲۰ سانتیمتر
شکل سطح برگ (شکل ۲)	خشن، مو دار، صمغی، چسبناک، پوسته پوسته، دسته ای محکم	مژه دار، موج دار، براق و واکس مانند، پرزدار، کمی مودار، دارای کرک های تیره	سطح صاف



برگ مرکب پنجه ای (۲)



برگ کامل (۱)



برگ دو شاننه ای (۳)



برگ های واکسی



برگ های مودار



برگ های مژه دار

شکل ۲- شکل سطح برگ

جدول ۲. روش رتبه بندی اثرات منفی درختان بر روی کیفیت هوا

متغیرها	رتبه بندی و معیار		
	۳	۲	۱
سطح حساسیت زایی گرده ها	زیاد	متوسط	کم
نرخ پراکنش ترکیبات آلی فرار	نرخ پراکنش ایزوپرن و مونوترپن بیش از ۱۰ گرم در روز به ازای هر درخت	نرخ پراکنش ایزوپرن و مونوترپن بین یک گرم تا ده گرم در روز به ازای هر درخت	نرخ پراکنش ایزوپرن و مونوترپن کمتر یا برابر با یک گرم در روز به ازای هر درخت

جدول ۳. روش رتبه بندی تناسب و شایستگی درختان با توجه به ویژگی های محیط شهری

متغیرها	رتبه بندی و معیار		
	۳	۲	۱
مقاومت به خاک فقیر	زیاد	متوسط	مقاومت کم، نیازمند خاک خوب
مقاومت به خشکی	زیاد	متوسط	مقاومت کم، نیازمند آبیاری
مقاومت به آفات و بیماری ها	زیاد	متوسط	حساس به آفات و بیماری ها
مقاومت به SO ₂	زیاد	متوسط	کم تا حساس
مقاومت به O ₃	زیاد	متوسط	کم تا حساس
مقاومت به NO ₂	زیاد	متوسط	کم تا حساس

جدول ۴. ده تا از بیشترین حضور در سطح خانواده، جنس، گونه بین درختان ۳۲۸ شهر

رتبه	خانواده	حضور	جنس	حضور	گونه	حضور
۱	Leguminosae (لگومینوز)	۲۶۰	Acer sp.	۲۱۳	Robinia pseudoacacia	۱۲۵
۲	Rosaceae (رز)	۲۴۱	Fraxinus sp.	۱۷۹	Acer platanoides L.	۱۲۴
۳	Oleaceae (زیتون)	۲۲۹	Pinus sp.	۱۷۶	Platanus acerifolia L.	۹۶
۴	Aceraceae (افرا)	۲۱۳	Prunus sp.	۱۷۰	Gleditsia triacanthos L.	۹۵

۵	Salicacea (بید)	۱۹۸	Populus sp.	۱۶۸	Acer saccharinum L.	۹۳
۶	Pinaceae (کاج)	۱۹۵	Quercus sp.	۱۶۴	Acer negundo L.	۹۲
۷	Malvaceae (پنیرک)	۱۹۱	Ulmus sp.	۱۴۷	Ailanthus altissima	۸۹
۸	Ulmaceae (نارون)	۱۸۶	Tilia sp.	۱۴۳	Tillia cordata	۸۹
۹	Fagaceae (راش)	۱۸۴	Platanus sp.	۱۴۲	Betula pendula	۸۴
۱۰	Betulaceae (توسکا)	۱۷۴	Betula sp.	۱۲۷	Morus alba	۸۳

در این مطالعه ویژگی هایی از گیاه که تاثیر منفی بر کیفیت هوا و شایستگی کاربرد آن در فضای سبز شهری را دارند به صورت ترتیبی از ۱ تا ۳ رتبه بندی شد. چون بیشتر مطالعات انجام شده درختان را به سه حالت مقاوم به آلودگی SO_2 , O_3 , No_2 تحمل متوسط و حساس تقسیم بندی می کنند از این نظر نیز رتبه ۱ تا ۳ داده شد.

جدول ۵- کارایی حذف $PM_{2.5}$ ، اثرات منفی بر کیفیت هوا، و شایستگی برای محیط های شهری بین ۱۰۰ درخت با بیشترین حضور در فضای سبز شهری

حضور	نام گونه	کارایی حذف $PM_{2.5}$							مجموع	اثرات منفی		شایستگی برای فضای سبز شهری					
		تیپ	سرعت رشد	ارتفاع	تراکم و بافت تاج پوشش	پیچیدگی برگ	طول برگ	ویژگی های برگ		پراکنش ترکیبات آلی فرار	گرده های حساسیت زا	مقاوم بودن به نوع خاک	مقاوم بودن نسبت به خشکی	مقاوم بودن به آفات و بیماری	مقاوم بودن به SO_2	مقاوم بودن به O_3	مقاوم بودن به NO_2
۳۵	Juniperus virginiana L. (ارس، سرو کوهی)	۳	۳	۲	۲	۳	۳	۳	۱۹	۱	۳	۳	۳	۲	۳	۳	۳
۳۳	Cupressus sempervirens L. (زربین)	۳	۲	۲	۳	۳	۳	۳	۱۹	۱	۱	۳	۳	۱	۳	۳	۲
۴۵	Juniperus chinensis L. (ارس چینی)	۳	۲	۲	۲	۳	۳	۳	۱۸	۱	۳	۳	۳	۲	۳	۳	۳
۶۹	Thuja occidentalis (نوش آمریکایی)	۳	۱	۲	۳	۳	۱	۳	۱۶		۲	۳	۲	۱	۳	۳	۲
۴۳	Pinus strobus L. (کاج سفید)	۳	۳	۳	۲	۱	۲	۲	۱۶	۲	۱	۲	۲	۱	۱	۲	۱
۳۸	Taxodium distichum (مرداب، دارتالاب)	۱	۳	۳	۳	۱	۳	۲	۱۶	۲	۱	۲	۳	۲	۲	۳	
۳۱	Tsuga Canadensis (کاج کانادایی)	۳	۱	۳	۲	۱	۳	۳	۱۶	۱	۱	۲	۲	۱	۲	۳	
۲۹	Grevillea	۳	۳	۳	۲	۲	۱	۲	۱۶	۱	۲	۲	۳	۲	۲	۲	

robusta (بلوط ابریشمی)																	
---------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

حضور	نام گونه	کارایی حذف PM _{2.5}							مجموع	اثرات منفی		شایستگی برای فضای سبز شهری					
		تیپ	سرعت رشد	ارتفاع	تراکم و بافت تاج پوشش	پیچیدگی برگ	طول برگ	ویژگی های برگ		پراکنش ترکیبات آلی فرار	گرده های حساسیت زا	مقاوم بودن به نوع خاک	مقاوم بودن نسبت به خشکی	مقاوم بودن به آفات و بیماری	مقاوم بودن به SO2	مقاوم بودن به O3	مقاوم بودن به NO2
۷۹	Fraxinus excelsior (زبان گنجشک)	۱	۳	۳	۲	۲	۲	۲	۱۵	۱	۳	۳	۳	۱	۲	۳	
۶۶	Acer rubrum (افرای قرمز)	۱	۳	۳	۲	۲	۲	۲	۱۵	۱	۱	۲	۲	۲	۲	۳	
۶۶	Populus alba (سپیدار)	۱	۳	۳	۱	۲	۲	۳	۱۵	۲	۲	۳	۳	۱	۳	۱	۳
۵۳	Picea abies (کاج نوفل)	۳	۱	۳	۲	۱	۳	۲	۱۵	۲	۱	۲	۲	۱	۲	۳	۲
۵۱	Ulmus pumila (نارون پاکوتاه)	۱	۳	۳	۲	۱	۳	۲	۱۵	۱	۲	۳	۳	۱	۲	۳	
۵۰	Picea pungens (نوفل نقره ای)	۳	۱	۲	۳	۱	۳	۲	۱۵	۲	۱	۳	۲	۱	۳	۳	۲
۴۵	Tilia tomentosa	۱	۳	۳	۲	۱	۲	۳	۱۵	۱		۳	۲	۲	۲	۳	۱

	(نمدار)																
۴۳	Ulmus americana (نارون امریکایی)	۱	۳	۳	۲	۱	۲	۳	۱۵		۲	۲	۳	۱	۲	۳	۲

حضور	نام گونه	کارایی حذف PM _{2.5}							مجموع	اثرات منفی		شایستگی برای فضای سبز شهری					
		تیپ	سرعت رشد	ارتفاع	تراکم و بافت تاج پوشش	پیچیدگی برگ	طول برگ	ویژگی های برگ		پراکنش ترکیبات آلی فرار	گرده های حساسیت زا	مقاوم بودن به نوع خاک	مقاوم بودن نسبت به خشکی	مقاوم بودن به آفات و بیماری	مقاوم بودن به SO ₂	مقاوم بودن به O ₃	مقاوم بودن به NO ₂
۳۸	Salix alba (بید سفید)	۱	۳	۳	۳	۱	۲	۲	۱۵	۲	۳	۳	۳	۲	۱	۲	
۳۵	Jacaranda mimosifolia	۱	۳	۲	۲	۳	۳	۱	۱۵	۱	۲	۲	۳	۲	۱	۳	
۳۳	Metasequoia glyptostroboides	۱	۳	۳	۲	۱	۳	۲	۱۵	۱	۲	۲	۲	۲	۲	۳	۱
۳۲	Tilia×europaea	۱	۲	۳	۳	۱	۲	۳	۱۵		۲	۳	۲	۲	۳		۱
۳۱	Ulmus glabra (ملج)	۱	۳	۳	۲	۱	۲	۳	۱۵		۲	۳	۲	۲	۲	۲	۳
۹۶	Platanus× acerifolia (چنار دورگه)	۱	۳	۳	۲	۲	۱	۲	۱۴	۲		۳	۳	۱	۳	۲	۲
۹۵	Gleditsia triacanthos (لیلی آمریکایی)	۱	۳	۳	۲	۳	۱	۱	۱۴	۱	۱	۳	۳	۱	۲	۱	
۹۳	Acer sacchorinum (افرای قندی)	۱	۳	۳	۲	۲	۲	۱	۱۴	۱	۲	۳	۳	۱	۳	۳	

حضور	نام گونه	کارایی حذف PM _{2.5}							مجموع	اثرات منفی		شایستگی برای فضای سبز شهری					
		تیپ	سرعت رشد	ارتفاع	تراکم و بافت تاج پوشش	پیچیدگی برگ	طول برگ	ویژگی های برگ		پراکنش ترکیبات آلی فرار	گرده های حساسیت زا	مقاوم بودن به نوع خاک	مقاوم بودن نسبت به خشکی	مقاوم بودن به آفات و بیماری	مقاوم بودن به SO ₂	مقاوم بودن به O ₃	مقاوم بودن به NO ₂
۷۳	Acer pseudoplatanus (افرای شبه چناری)	۱	۳	۳	۲	۲	۲	۱	۱۴	۱	۲	۳	۲	۱	۲	۳	
۶۹	Fraxinus pennsylvanica (گنجشک قرمز)	۱	۳	۳	۲	۲	۱	۲	۱۴	۱		۳	۳	۱	۱	۱	۱
۶۴	Uriodendron tulipifera (درخت لاله)	۱	۲	۳	۲	۲	۲	۲	۱۴	۱	۱	۲	۲	۲	۳	۱	
۵۹	Pinus sylvestris (کاج سیلستر)	۳	۲	۲	۲	۱	۲	۲	۱۴	۲	۱	۳	۳	۱	۱	۲	۱
۵۸	Salix babylonica (بید مجنون)	۱	۳	۳	۳	۱	۲	۱	۱۴	۳	۳	۳	۳	۲	۱	۲	۳
۵۶	Acer saccharum Marshall (افرای قندی)	۱	۲	۳	۲	۲	۲	۲	۱۴	۱	۲	۲	۲	۲	۳	۳	
۵۴	Magnolia grandiflora (سفید)	۲	۲	۳	۲	۱	۲	۲	۱۴	۱	۱	۳	۲	۲	۳	۳	
۵۰	Quercus palustris (بلوط باتلاقی)	۱	۲	۳	۲	۲	۲	۲	۱۴		۳	۲	۲	۲	۳	۲	۳

حضور	نام گونه	کارایی حذف PM _{2.5}							مجموع	اثرات منفی		شایستگی برای فضای سبز شهری					
		تیپ	سرعت رشد	ارتفاع	تراکم و بافت تاج پوشش	پیچیدگی برگ	طول برگ	ویژگی های برگ		پراکنش ترکیبات آلی فرار	گرده های حساسیت زا	مقاوم بودن به نوع خاک	مقاوم بودن نسبت به خشکی	مقاوم بودن به آفات و بیماری	مقاوم بودن به SO ₂	مقاوم بودن به O ₃	مقاوم بودن به NO ₂
۴۸	<i>Delonix regia</i> (گل مور)	۲	۳	۲	۲	۳	۱	۱	۱۴	۱		۳	۳	۳	۱	۲	
۴۶	<i>Celtis occidentalis</i> (داغداغان)	۱	۳	۲	۲	۱	۲	۳	۱۴	۱	۲	۳	۳	۱	۳	۳	
۴۶	<i>Pinus nigra</i> (کاج سیاه)	۳	۲	۲	۲	۱	۲	۲	۱۴	۲	۲	۲	۳	۱	۲	۱	۱
۴۰	<i>Sorbus intermedio</i> (بارانک)	۱	۳	۲	۲	۱	۲	۳	۱۴			۲	۲	۱	۳	۳	
۳۹	<i>Prunus serotina</i> (سیاه گیلان)	۱	۳	۳	۲	۱	۲	۲	۱۴	۱	۱	۳	۳	۲	۱	۲	۱
۳۸	<i>Ficus benjamina</i>	۲	۳	۲	۳	۱	۲	۱	۱۴	۲	۲	۲	۲	۲	۱	۱	
۳۷	<i>Cedrus deodara</i> (همالی)	۳	۳	۲	۲	۱	۱	۲	۱۴	۱	۱	۳	۳	۳	۱	۲	
۳۶	<i>Tilia Americana</i> (نمدار آمریکایی)	۱	۲	۳	۲	۱	۲	۳	۱۴	۱	۲	۳	۲	۲	۲	۲	۱

حضور	نام گونه	کارایی حذف PM _{2.5}							مجموع	اثرات منفی		شایستگی برای فضای سبز شهری					
		تیپ	سرعت رشد	ارتفاع	تراکم و بافت تاج پوشش	پیچیدگی برگ	طول برگ	ویژگی های برگ		پراکنش ترکیبات آلی فرار	گرده های حساسیت زا	مقاوم بودن به نوع خاک	مقاوم بودن نسبت به خشکی	مقاوم بودن به آفات و بیماری	مقاوم بودن به SO ₂	مقاوم بودن به O ₃	مقاوم بودن به NO ₂
۳۵	Zelkova serrota (آزاد)	۱	۲	۳	۲	۱	۳	۲	۱۴	۱	۳	۲	۳	۲	۲	۲	۲
۳۲	Platanus occidentalis (آمریکایی)	۱	۲	۱	۳	۲	۳	۲	۱۴	۲	۲	۲	۳	۲	۳	۱	
۳۲	Populus tremula (صنوبر لرزان)	۱	۳	۳	۲	۱	۳	۱	۱۴	۲	۲	۳	۲	۱	۳		
۳۰	Ficus microcarpa (انجیر پرده ای)	۲	۳	۲	۳	۱	۲	۱	۱۴	۲	۲	۲	۲	۱	۳	۳	
۲۸	Cinnomomum camphora (کافور)	۲	۳	۲	۲	۱	۲	۲	۱۴	۱	۱	۳	۳	۲	۳	۲	۱
۱۲۵	Robinia pseudoacacia (ااقیا)	۱	۳	۳	۲	۲	۱	۱	۱۳	۱	۱	۳	۳	۱	۳	۳	۳
۱۲۴	Acer platanoides (افرای برگ چناری)	۱	۳	۲	۲	۲	۲	۱	۱۳	۱	۲	۳	۲	۲	۳	۳	۲
۹۲	Acer negundo (افرای سیاه)	۱	۳	۲	۲	۲	۲	۱	۱۳	۱	۳	۳	۳	۱	۲	۲	۲

حضور	نام گونه	کارایی حذف PM _{2.5}							مجموع	اثرات منفی		شایستگی برای فضای سبز شهری					
		تیپ	سرعت رشد	ارتفاع	تراکم و بافت تاج پوشش	پیچیدگی برگ	طول برگ	ویژگی های برگ		پراکنش ترکیبات آلی فرار	گرده های حساسیت زا	مقاوم بودن به نوع خاک	مقاوم بودن نسبت به خشکی	مقاوم بودن به آفات و بیماری	مقاوم بودن به SO ₂	مقاوم بودن به O ₃	مقاوم بودن به NO ₂
۸۹	Tilia cordata (نمدار)	۱	۲	۳	۲	۱	۲	۲	۱۳	۱	۲	۳	۲	۲	۳	۳	۱
۸۳	Morus alba (توت سفید)	۱	۳	۱	۲	۲	۲	۲	۱۳	۱	۳	۳	۳	۲	۱	۱	
۸۲	Ginkgo biloba (ژنکیو)	۱	۱	۳	۲	۲	۲	۲	۱۳	۱	۱	۳	۳	۳	۳	۳	۳
۸۲	Quercus rubra (بلوط قرمز)	۱	۳	۳	۲	۲	۱	۱	۱۳	۱	۳	۳	۳	۲	۳	۳	۳
۸۰	Aesculus hippocastanum (شاه بلوط هندی)	۱	۲	۳	۲	۲	۱	۲	۱۳	۱	۱	۳	۲	۱	۳	۳	
۷۰	Fagus sylvatica (راش)	۱	۲	۳	۲	۱	۲	۲	۱۳	۲	۱	۲	۲	۲	۳	۳	۳
۶۹	Juglans regia (گردوی ایرانی)	۱	۲	۲	۲	۲	۱	۳	۱۳	۱	۳	۳	۳	۱	۱	۱	
۶۳	Populus nigra (صنوبر سیاه)	۱	۳	۲	۲	۱	۲	۲	۱۳	۲	۲	۳	۳	۱	۲	۱	۱

حضور	نام گونه	کارایی حذف PM _{2.5}							مجموع	اثرات منفی		شایستگی برای فضای سبز شهری					
		تیپ	سرعت رشد	ارتفاع	تراکم و بافت تاج پوشش	پیچیدگی برگ	طول برگ	ویژگی های برگ		پراکنش ترکیبات آلی فرار	گرده های حساسیت زا	مقاوم بودن به نوع خاک	مقاوم بودن نسبت به خشکی	مقاوم بودن به آفات و بیماری	مقاوم بودن به SO ₂	مقاوم بودن به O ₃	مقاوم بودن به NO ₂
۶۲	<i>Sorbus aucuparia</i> (بارانک برگ شانه ای)	۱	۲	۱	۲	۲	۳	۲	۱۳	۱	۱	۱	۲	۱	۲	۲	۱
۶۱	<i>Acer campestre</i> (کرکف)	۱	۱	۲	۳	۲	۲	۲	۱۳	۱		۳	۳	۲	۲	۳	
۵۴	<i>Crataegus monogyna</i> (زالزالک)	۱	۲	۳	۲	۲	۲	۱	۱۳	۲	۱	۳	۲	۱	۱	۱	
۵۳	<i>Fraxinus americana</i> (زبان گنجشک قرمز)	۱	۳	۳	۲	۲	۱	۱	۱۳		۳	۳	۲	۱	۲	۱	۳
۴۹	<i>Liquidomber styraciflua</i> (سائل)	۱	۲	۳	۲	۲	۲	۱	۱۳	۲	۱	۲	۲	۲	۲	۲	۳
۴۸	<i>Melia azedarach</i> (زیتون تلخ)	۱	۳	۲	۲	۳	۱	۱	۱۳	۱	۳	۳	۳	۲	۲	۱	
۴۳	<i>Populus deltoids</i> (صنوبر شرقی)	۱	۳	۳	۱	۱	۲	۲	۱۳	۲	۲	۳	۳	۱	۲	۱	
۳۵	<i>Tilia platyphylla</i> CA. Mey. (ای از نمودار)	۱	۲	۳	۲	۱	۲	۲	۱۳		۲	۳	۲	۲	۳	۱	

حضور	نام گونه	کارایی حذف PM _{2.5}							مجموع	اثرات منفی		شایستگی برای فضای سبز شهری					
		تیپ	سرعت رشد	ارتفاع	تراکم و بافت تاج پوشش	پیچیدگی برگ	طول برگ	ویژگی های برگ		پراکنش ترکیبات آلی فرار	گرده های حساسیت زا	مقاوم بودن به نوع خاک	مقاوم بودن نسبت به خشکی	مقاوم بودن به آفات و بیماری	مقاوم بودن به SO ₂	مقاوم بودن به O ₃	مقاوم بودن به NO ₂
۳۰	Quercus alba L. (بلوط سفید)	۱	۱	۳	۲	۲	۲	۲	۱۳	۱	۳	۲	۲	۲	۲	۱	۲
۲۹	Ficus carica L. (انجیر خوراکی)	۱	۲	۲	۲	۲	۱	۳	۱۳	۲	۲	۲	۲	۱	۳	۳	
۲۸	Ficus elastic Roxb. ex Hornem	۲	۳	۲	۲	۱	۲	۱	۱۳	۲	۲	۲	۳	۲	۳		
۸۹	Ailanthus altissima (عرعر)	۱	۳	۳	۱	۲	۱	۱	۱۲	۱	۱	۳	۳	۲	۳	۲	
۸۴	Betula pendula (توس)	۱	۲	۲	۲	۱	۲	۲	۱۲	۲	۲	۳	۲	۱	۱	۳	۱
۶۶	Quercus robur L. (بلوط قرمز)	۱	۲	۲	۲	۲	۲	۱	۱۲	۲	۳	۲	۳	۱	۳	۳	۳
۶۱	Pyrus calteriana Decne (گلابی چینی)	۱	۳	۲	۲	۱	۲	۱	۱۲	۱	۱	۳	۳	۱		۳	
۵۹	Sophora japonica (سوفورا، تلخ بیان ژاپنی)	۱	۲	۳	۲	۲	۱	۱	۱۲	۱	۱	۳	۳	۲	۳	۳	۳

حضور	نام گونه	کارایی حذف PM _{2.5}							مجموع	اثرات منفی		شایستگی برای فضای سبز شهری					
		تیپ	سرعت رشد	ارتفاع	تراکم و بافت تاج پوشش	پیچیدگی برگ	طول برگ	ویژگی های برگ		پراکنش ترکیبات آلی فرار	گرده های حساسیت زا	مقاوم بودن به نوع خاک	مقاوم بودن نسبت به خشکی	مقاوم بودن به آفات و بیماری	مقاوم بودن به SO ₂	مقاوم بودن به O ₃	مقاوم بودن به NO ₂
۴۱	Mangifera indica L. (انبه)	۲	۳	۲	۲	۱	۱	۱	۱۲	۱	۱	۳	۲	۱	۳	۳	
۴۰	Koelreuteria paniculata (باران طلایی)	۱	۲	۲	۱	۲	۱	۳	۱۲	۲	۱	۳	۳	۲	۲	۲	
۳۳	Populus tremuloides (صنوبر لرزان)	۱	۳	۲	۲	۱	۲	۱	۱۲	۲	۲	۳	۱	۱	۱	۱	
۳۲	Betula papyrifera (توس کاغذی)	۱	۲	۲	۲	۱	۲	۲	۱۲	۱	۲	۳	۲	۱	۱	۱	
۳۲	Hibiscus syriacus L. (ختمی درختی)	۱	۱	۳	۲	۲	۲	۱	۱۲		۱	۳	۲	۲	۲	۱	۱
۳۲	Populus simonii (صنوبر سیمون، صنوبر چینی)	۱	۳	۲	۲	۱	۲	۱	۱۲	۲	۲	۳	۲	۱	۱		
۳۰	Salix copera (بیدمشک)	۱	۳	۱	۲	۱	۲	۲	۱۲		۳	۳	۱	۱	۱	۱	
۳۰	Ulmus parvifolia (نارون چینی)	۱	۲	۲	۲	۱	۳	۱	۱۲	۱	۲	۲	۳	۲	۱	۲	۱

حضور	نام گونه	کارایی حذف PM _{2.5}							مجموع	اثرات منفی		شایستگی برای فضای سبز شهری					
		تیپ	سرعت رشد	ارتفاع	تراکم و بافت تاج پوشش	پیچیدگی برگ	طول برگ	ویژگی های برگ		پراکنش ترکیبات آلی فرار	گرده های حساسیت زا	مقاوم بودن به نوع خاک	مقاوم بودن نسبت به خشکی	مقاوم بودن به آفات و بیماری	مقاوم بودن به SO ₂	مقاوم بودن به O ₃	مقاوم بودن به NO ₂
۲۹	<i>Aesculus ×carnea</i> (شاه بلوط)zeyh.	۱	۱	۲	۲	۲	۲	۲	۱۲		۲	۳	۲	۱	۳		
۲۹	<i>Phellodendron</i> amurense (درخت چوب پنبه)	۱	۲	۲	۲	۲	۲	۱	۱۲	۱	۱	۳	۳	۳			
۲۸	<i>Ligustrum</i> lucidum w. t. Aiton (برگ نو)	۲	۲	۲	۲	۱	۲	۱	۱۲	۱	۳	۳	۲	۲	۲	۳	۲
۷۲	<i>Prunus cerasifera</i> (آلوچه)	۱	۲	۱	۲	۱	۲	۲	۱۱	۱		۱	۲	۱	۲	۲	۱
۵۲	<i>Carpinus betulus</i> (ممرز)	۱	۱	۲	۳	۱	۲	۱	۱۱	۱	۲	۲	۳	۲	۲	۳	۱
۵۱	<i>Molus sylvestris</i> (سیب وحشی)	۱	۲	۱	۲	۱	۲	۲	۱۱		۱	۲	۲	۱	۱		
۴۷	<i>Cercis Canadensis</i> (ارغوان کانادایی)	۱	۳	۱	۲	۱	۲	۱	۱۱	۱	۲	۳	۳	۲	۲	۲	

حضور	نام گونه	کارایی حذف PM _{2.5}							مجموع	اثرات منفی		شایستگی برای فضای سبز شهری					
		تیپ	سرعت رشد	ارتفاع	تراکم و بافت تاج پوشش	پیچیدگی برگ	طول برگ	ویژگی های برگ		پراکنش ترکیبات آلی فرار	گرده های حساسیت زا	مقاوم بودن به نوع خاک	مقاوم بودن نسبت به خشکی	مقاوم بودن به آفات و بیماری	مقاوم بودن به SO ₂	مقاوم بودن به O ₃	مقاوم بودن به NO ₂
۴۴	<i>Acer palmatum</i> (افرای ژاپنی)	۱	۱	۱	۲	۲	۲	۲	۱۱	۱	۲	۳	۳	۲	۲	۳	۱
۴۱	<i>Corylus colurna</i> L.(فندق)	۱	۱	۲	۲	۱	۲	۲	۱۱	۱	۲	۲	۲	۲	۱	۳	
۴۰	<i>Cornus florida</i> (زغال اخته)	۱	۲	۱	۲	۱	۲	۲	۱۱	۱	۲	۲	۲	۱	۳	۲	
۳۶	<i>Catalpa bignonioides</i> Walter(جوالدوزک)	۱	۲	۲	۲	۱	۱	۲	۱۱	۱	1	۲	۲	۱	۱	۱	
۳۴	<i>Prunus serrulata</i> L.(گیلاس زینتی)	۱	۲	۱	۲	۱	۲	۲	۱۱	۱		۳	۳	۱	۲	۲	۱
۳۴	<i>Prunus virginiana</i> (گلوگیر)	۱	۲	۱	۲	۱	۲	۲	۱۱	۱	1	۳	۳	۱	۲	۲	۱

حضور	نام گونه	کارایی حذف PM _{2.5}							مجموع	اثرات منفی		شایستگی برای فضای سبز شهری					
		تیپ	سرعت رشد	ارتفاع	تراکم و بافت تاج پوشش	پیچیدگی برگ	طول برگ	ویژگی های برگ		پراکنش ترکیبات آلی فرار	گرده های حساسیت زا	مقاوم بودن به نوع خاک	مقاوم بودن نسبت به خشکی	مقاوم بودن به آفات و بیماری	مقاوم بودن به SO ₂	مقاوم بودن به O ₃	مقاوم بودن به NO ₂
۳۳	Eriobotrya japonica (ژاپنی)	۱	۲	۱	۲	۱	۱	۳	۱۱	۱	۱	۳	۲	۱			
۳۱	Prunus avium L. (گیلاس)	۱	۲	۲	۲	۱	۲	۱	۱۱	۱	۱	۲	۱	۱	۲	۱	۱
۳۰	Ostrya virginiana	۱	۱	۲	۲	۱	۲	۲	۱۱	۱	۲	۲	۳	۳	۲	۳	
۲۹	Nyssa sylvatica (نیسا-توپلو)	۱	۱	۳	۲	۱	۲	۱	۱۱		۱	۳	۳	۳	۳	۳	
۵۲	Lagerstroemia indica L. (توری)	۱	۲	۱	۲	۱	۲	۱	۱۰	۱	۱	۳	۳	۲	۲	۳	
۳۳	Phoenix canariensis (زینتی)	۲	۱	۲	۱	۲	۱	۱	۱۰	۲	۱	۳	۳	۱	۳	۳	
۳۰	Syringa reticulate (یاس ژاپنی)	۱	۲	۱	۲	۱	۲	۱	۱۰	۱	۱	۲	۲	۲			

بر اساس جداول فوق و بررسی جدیدترین منابع خارجی منابع داخلی و اطلاعات موجود در سازمان سیما منظر و فضای سبز کرج تعدادی از درختان با دارا بودن قابلیت استفاده در فضای سبز شهری کرج با ویژگی اقلیمی (میانگین بارش طی بیست سال اخیر ۲۶۶ میلیمتر، میانگین حداقل دما ۹ درجه سانتیگراد و ماکزیمم دما ۲۳ درجه سانتیگراد) که اطلاعات مربوط به آن موجود بود به صورت ذیل رتبه بندی گردید. خط تیره در خانه های جدول نشان دهنده ی بدون اثر می باشد. در مکان هایی که عددی درج نشده است اطلاعاتی در مورد آن یافت نگردید.

جدول ۶- رتبه بندی درختان قابل استفاده در فضای سبز شهری کرج

نام گونه	کارایی حذف PM _{2.5}							مجموع	اثرات منفی		شایستگی برای فضای سبز شهری					
	تیپ	سرعت رشد	ارتفاع	تراکم و بافت تاج پوشش	پپیچیدگی برگ	طول برگ	ویژگی های برگ		پراکنش ترکیبات آلی فرار	گرده های حساسیت زا	مقاوم بودن به نوع خاک	مقاوم بودن نسبت به خشکی	مقاوم بودن به آفات و بیماری	مقاوم بودن به SO ₂	مقاوم بودن به O ₃	مقاوم بودن به NO ₂
Juniperus virginiana L. (ارس، سرو کوهی)	۳	۳	۲	۲	۳	۳	۳	۱۹	۱	۳	۳	۳	۲	۳	۳	۳
Cupressus sempervirens L. (زربین)	۳	۲	۲	۳	۳	۳	۳	۱۹	۱	۱	۳	۳	۱	۳	۳	۲
Fraxinus excelsior (گنجشک)	۱	۳	۳	۲	۲	۲	۲	۱۵	۱	۳	۳	۳	۱	۲	۳	
Populus alba (سپیدار)	۱	۳	۳	۱	۲	۲	۳	۱۵	۲	۲	۳	۲	۱	۳	۱	۳
Picea abies (کاج نوئل)	۳	۱	۳	۲	۱	۳	۲	۱۵	۲	۱	۲	۲	۱	۲	۳	۲
Ulmus pumila (نارون پاکوتاه)	۱	۳	۳	۲	۱	۳	۲	۱۵	۱	۲	۳	۳	۱	۲	۳	
Picea pungens (نوئل نقره ای)	۳	۱	۲	۳	۱	۳	۲	۱۵	۲	۱	۳	۲	۱	۳	۳	۲

Tilia tomentosa (نمدار)	۱	۳	۳	۲	۱	۲	۳	۱۵	۱		۳	۲	۲	۲	۳	۱
----------------------------	---	---	---	---	---	---	---	----	---	--	---	---	---	---	---	---

نام گونه	کارایی حذف PM _{2.5}							مجموع	اثرات منفی		شایستگی برای فضای سبز شهری					
	تیپ	سرعت رشد	ارتفاع	تراکم و بافت تاج پوشش	پیچیدگی برگ	طول برگ	ویژگی های برگ		پراکنش ترکیبات آلی فرار	گرده های حساسیت زا	مقاوم بودن به نوع خاک	مقاوم بودن به نسبت به خشکی	مقاوم بودن به آفات و بیماری	مقاوم بودن به SO ₂	مقاوم بودن به O ₃	مقاوم بودن به NO ₂
Salix alba (بید سفید)	۱	۳	۳	۳	۱	۲	۲	۱۵	۲	۳	۳	۲	۲	۱	۲	
Jacaranda mimosifolia	۱	۳	۲	۲	۳	۳	۱	۱۵	۱	۲	۲	۳	۲	۱	۳	
Platanus× acerifolia (چنار دورگه)	۱	۳	۳	۲	۲	۱	۲	۱۴	۲		۳	۲	۱	۳	۲	۲
Gleditsia triacanthos (لیلی آمریکایی)	۱	۳	۳	۲	۳	۱	۱	۱۴	۱	۱	۳	۳	۱	۲	۱	
Acer pseudoplatanus (افرای شبه چناری)	۱	۳	۳	۲	۲	۲	۱	۱۴	۱	۲	۳	۲	۱	۲	۳	
Uriodendron tulipifera (درخت لاله)	۱	۲	۳	۲	۲	۲	۲	۱۴	۱	۱	۲	۲	۲	۳	۱	
Salix babylonica (بید مجنون)	۱	۳	۳	۳	۱	۲	۱	۱۴	۳	۳	۳	۲	۲	۱	۲	۳
Magnolia grandiflora (مگنولیای)	۲	۲	۳	۲	۱	۲	۲	۱۴	۱	۱	۳	۲	۲	۳	۳	

سفید)																
Celtis occidentalis (داغداغان)	۱	۳	۲	۲	۱	۲	۳	۱۴	۱	۲	۳	۳	۱	۳	۳	

نام گونه	کارایی حذف PM _{2.5}							مجموع	اثرات منفی		شایستگی برای فضای سبز شهری					
	تیپ	سرعت رشد	ارتفاع	تراکم و بافت تاج پوشش	پیچیدگی برگ	طول برگ	ویژگی های برگ		پراکنش ترکیبات آلی فرار	گرده های حساسیت زا	مقاوم بودن به نوع خاک	مقاوم بودن نسبت به خشکی	مقاوم بودن به آفات و بیماری	مقاوم بودن به SO ₂	مقاوم بودن به O ₃	مقاوم بودن به NO ₂
Pinus nigra (کاج سیاه)	۳	۲	۲	۲	۱	۲	۲	۱۴	۲	۲	۲	۳	۱	۲	۱	۱
Prunus serotina (گیلاس سیاه)	۱	۳	۳	۲	۱	۲	۲	۱۴	۱	۱	۲	۳	۲	۱	۲	۱
Cedrus deodara (سدر هیمالیا)	۳	۳	۲	۲	۱	۱	۲	۱۴	۱	۱	۳	۳	۳	۱	۲	
Zelkova serrota (آزاد)	۱	۲	۳	۲	۱	۳	۲	۱۴	۱	۳	۲	۳	۲	۲	۲	
Platanus occidentalis (چنار آمریکایی)	۱	۲	۱	۳	۲	۳	۲	۱۴	۲	۲	۲	۳	۲	۳	۱	
Populus tremula (صنوبر لرزان)	۱	۳	۳	۲	۱	۳	۱	۱۴	۲	۲	۳	۲		۳		
Robinia pseudoacacia (اقاقیا)	۱	۳	۳	۲	۲	۱	۱	۱۳	۱	۱	۳	۳	۱	۳	۳	۳
Elaeagnus angustifolia	۱	۲	۲	۳	۱	۳	۲	۱۴		۱	۳	۳		۲	۲	۲

(سنجد)																		
Acer platanoides (افرای برگ چناری)	۱	۳	۲	۲	۲	۲	۲	۱	۱۳	۱	۲	۳	۲	۲	۳	۳	۲	
Acer negundo (افرای سیاه)	۱	۳	۲	۲	۲	۲	۲	۱	۱۳	۱	۳	۳	۳	۱	۲	۲	۲	
Tilia cordata (نمدار)	۱	۲	۳	۲	۱	۲	۲	۲	۱۳	۱	۲	۳	۲	۲	۳	۳	۱	

نام گونه	کارایی حذف PM _{2.5}							مجموع	اثرات منفی		شایستگی برای فضای سبز شهری					
	تیپ	سرعت رشد	ارتفاع	تراکم و بافت تاج پوشش	پیچیدگی برگ	طول برگ	ویژگی های برگ		پراکنش ترکیبات آلی فرار	گرده های حساسیت زا	مقاوم بودن به نوع خاک	مقاوم بودن نسبت به خشکی	مقاوم بودن به آفات و بیماری	مقاوم بودن به SO ₂	مقاوم بودن به O ₃	مقاوم بودن به NO ₂
Morus alba (توت سفید)	۱	۳	۱	۲	۲	۲	۲	۱۳	۱	۳	۳	۳	۲	۱	۱	
Ginkgo biloba (ژنکیو)	۱	۱	۳	۲	۲	۲	۲	۱۳	۱	۱	۳	۳	۳	۳	۳	۳
Aesculus hippocastanum (شاه بلوط هندی)	۱	۲	۳	۲	۲	۱	۲	۱۳	۱	۱	۳	۲	۱	۳	۳	
Juglans regia (گردوی ایرانی)	۱	۲	۲	۲	۲	۱	۳	۱۳	۱	۳	۳	۳	۱	۱	۱	
Populus nigra (صنوبر سیاه)	۱	۳	۲	۲	۱	۲	۲	۱۳	۲	۲	۳	۲	۱	۲	۱	۱

Crataegus (زالالک) monogyna	۱	۲	۳	۲	۲	۲	۱	۱۳	۲	۱	۳	۲	۱	۱	۱	
Liquidomber (عنبر) styraciflua (سائل)	۱	۲	۳	۲	۲	۲	۱	۱۳	۲	۱	۲	۲	۲	۲	۲	۳
Melia azedarach (زیتون تلخ)	۱	۳	۲	۲	۳	۱	۱	۱۳	۱	۳	۳	۳	۲	۲	۱	
Quercus alba L. (بلوط سفید)	۱	۱	۳	۲	۲	۲	۲	۱۳	۱	۳	۲	۲	۲	۲	۱	۲

نام گونه	کارایی حذف PM _{2.5}							مجموع	اثرات منفی		شایستگی برای فضای سبز شهری					
	تیپ	سرعت رشد	ارتفاع	تراکم و بافت تاج پوشش	پیچیدگی برگ	طول برگ	ویژگی های برگ		پراکنش ترکیبات آلی فرار	گرده های حساسیت زا	مقاوم بودن به نوع خاک	مقاوم بودن نسبت به خشکی	مقاوم بودن به آفات و بیماری	مقاوم بودن به SO ₂	مقاوم بودن به O ₃	مقاوم بودن به NO ₂
Ficus carica L. (انجیر خوراکی)	۱	۲	۲	۲	۲	۱	۳	۱۳	۲	۲	۲	۲	۱	۳	۳	
Ailanthus (عرعر) altissima	۱	۳	۳	۱	۲	۱	۱	۱۲	۱	۱	۳	۳	۲	۳	۲	
Pyrus sp. (گلابی)	۱	۳	۲	۲	۱	۲	۱	۱۲	۱	۱	۳	۳	۱		۳	
Sophora japonica (سوفورا، تلخ بیان ژاپنی)	۱	۲	۳	۲	۲	۱	۱	۱۲	۱	۱	۳	۳	۲	۳	۳	۳
Koelreuteria (باران) paniculata (طلایی)	۱	۲	۲	۱	۲	۱	۳	۱۲	۲	۱	۳	۳	۲	۲	۲	

Populus tremuloides (صنوبر لرزان)	۱	۳	۲	۲	۱	۲	۱	۱۲	۲	۲	۳	۱	۱	۱	۱	
Hibiscus syriacus L. (درختی)	۱	۱	۳	۲	۲	۲	۱	۱۲		۱	۳	۲	۲	۲	۱	۱
Salix copera (بیدمشک)	۱	۳	۱	۲	۱	۲	۲	۱۲		۳	۳	۱	۱	۱	۱	
Aesculus ×carnea zeyh. (شاه بلوط)	۱	۱	۲	۲	۲	۲	۲	۱۲		۲	۳	۲	۱	۳		

نام گونه	کارایی حذف PM _{2.5}							مجموع	اثرات منفی		شایستگی برای فضای سبز شهری					
	تیپ	سرعت رشد	ارتفاع	تراکم و بافت تاج پوشش	پیچیدگی برگ	طول برگ	ویژگی های برگ		پراکنش ترکیبات آلی فرار	گرده های حساسیت زا	مقاوم بودن به نوع خاک	مقاوم بودن نسبت به خشکی	مقاوم بودن به آفات و بیماری	مقاوم بودن به SO ₂	مقاوم بودن به O ₃	مقاوم بودن به NO ₂
Ligustrum lucidum w. t. (برگ نو)	۲	۲	۲	۲	۱	۲	۱	۱۲	۱	۳	۳	۲	۲	۲	۳	۲
Albizia julibrissin (ابریشم ایرانی)	۱	۲	۱	۲	۳	۲	۱	۱۲		۱	۳	۳	۳			
Caesalpinia gilliesii (ابریشم مصری)	۱	۲	۱	۲	۳	۲	۱	۱۲		-----	۳	۳	۲			
Diospyros sp. (خرمالو)	۱	۳	۲	۱	۱	۲	۲	۱۲		-----	۲	۱	۲		۲	۲

Prunus cerasifera (آلوچه)	۱	۲	۱	۲	۱	۲	۲	۱۱	۱		۱	۲	۱	۲	۲	۱
Carpinus betulus (ممرز)	۱	۱	۲	۳	۱	۲	۱	۱۱	۱	۲	۲	۳	۲	۲	۳	۱
Molus sylvestris (سیب وحشی)	۱	۲	۱	۲	۱	۲	۲	۱۱		۱	۲	۲	۱	۱		
Cercis (ارغوان) Canadensis (کانادایی)	۱	۳	۱	۲	۱	۲	۱	۱۱	۱	۲	۳	۳	۲	۲	۲	
Corylus colurna L. (فندق)	۱	۱	۲	۲	۱	۲	۲	۱۱	۱	۲	۲	۲	۲	۱	۳	
Cornus florida (زغال اخته)	۱	۲	۱	۲	۱	۲	۲	۱۱	۱	۲	۲	۲	۱	۳	۲	
Catalpa bignonioides (جوالدوزک) Walter	۱	۲	۲	۲	۱	۱	۲	۱۱	۱	۱	۲	۲	۱	۱	۱	

نام گونه	کارایی حذف PM _{2.5}							مجموع	اثرات منفی		شایستگی برای فضای سبز شهری					
	تیپ	سرعت رشد	ارتفاع	تراکم و بافت تاج پوشش	پیچیدگی برگ	طول برگ	ویژگی های برگ		پراکنش ترکیبات آلی فرار	گرده های حساسیت زا	مقاوم بودن به نوع خاک	مقاوم بودن نسبت به خشکی	مقاوم بودن به آفات و بیماری	مقاوم بودن به SO ₂	مقاوم بودن به O ₃	مقاوم بودن به NO ₂
Prunus serrulata L. (گیلاس زینتی)	۱	۲	۱	۲	۱	۲	۲	۱۱	۱		۳	۳	۱	۲	۲	۱
Eriobotrya japonica (ژاپنی)	۱	۲	۱	۲	۱	۱	۳	۱۱	۱	۱	۳	۲	۱			
Prunus avium L. (گیلاس)	۱	۲	۲	۲	۱	۲	۱	۱۱	۱	۱	۲	۱	۱	۲	۱	۱
Punica granatum (انار)	۱	۲	۱	۲	۱	۳	۱	۱۱		-----				۲	۲	۲
Lagerstroemia indica L. (توری)	۱	۲	۱	۲	۱	۲	۱	۱۰	۱	۱	۳	۳	۲	۲	۳	
Phoenix canariensis (زینتی)	۲	۱	۲	۱	۲	۱	۱	۱۰	۲	۱	۳	۳	۱	۳	۳	

بحث و نتیجه گیری:

کاشت درختان بعد از کاهش و یا حذف منابع تولید $PM_{2.5}$ ؛ از موثرترین راهکارها برای کنترل کردن $PM_{2.5}$ می باشد. بنابراین آگاهی داشتن از اینکه کدام گونه گیاهی موثرتر عمل می کند اولین قدم برای رسیدن به مقصد می باشد. همچنانکه در جداول مشخص است در بین گونه های گیاهی سوزنی برگان بیشترین کارایی را در حذف $PM_{2.5}$ دارد. عواملی که باعث این برتری می شوند عبارت است از همیشه سبز بودن آن، داشتن بافت متراکم و ریز تاج پوشش و شاخص بالای سطح برگ. در بین پهن برگان زبان گنجشک، نارون و سپیدار کارایی یکسانی در کاهش $PM_{2.5}$ دارند اما مقاومت به خشکی سپیدار نسبت به دو گونه دیگر کمتر می باشد در عین حال که از نظر سایر فاکتورها تقریباً در شرایط یکسانی هستند. بنابر این با توجه به شرایط منطقه از نظر رطوبت می تواند بین این سه گونه، درخت مناسب برای کاشت انتخاب شود. از دیگر گونه های پهن برگ مفید و سازگار و مقاوم به شرایط خاک و آب سنجد، ابریشم ایرانی و ابریشم مصری می باشد این گیاهان علاوه بر کارایی بالا در حذف $PM_{2.5}$ مقاومت بالایی نسبت به خشکی و شرایط غیر مطلوب خاک دارد لذا در فضاهای سبز شهری با شرایط مشابه اقلیم کرج می تواند مورد توجه واقع شود. نکته ی مورد توجه دیگر فاکتور محدود کننده آلرژی زایی گونه ها برای استفاده در فضای سبز شهری است. در صورتیکه این فاکتور برای کاشت این گونه ها در فضای سبز پیرامونی و خارج از شهر محدودیتی ایجاد نکرده و یا کمتر باعث منع استفاده از آن می گردد. در هر صورت طراحان فضای سبز با توجه به ویژگی های محلی و هدف از کاشت، ترکیب مناسبی از سوزنی برگان و پهن برگان را با توجه به کارایی گیاه از نظر حذف $PM_{2.5}$ و داشتن سازگاری مناسب با شرایط محیط شهری انتخاب می کنند. همچنین که ذکر گردید روش مورد استفاده برای انتخاب گیاه مناسب روش رتبه بندی ساده تجمعی می باشد این روش یکی از روش های معرفی شده در سازمان جنگل‌بانی آمریکا برای انتخاب گیاهان مختلف با توجه به مشخصات و هدف از کاشت می باشد. در صورت تاثیر گذار بودن عواملی دیگر در انتخاب گیاه از جمله هزینه های مدیریتی و... با داشتن اطلاعات مربوطه می توان آن را نیز در جدول وارد کرده و با توجه به اولویت ها انتخاب شایسته تری از گیاهان را انجام داد.

منابع:

1. Abdollahi, K. K., 2000. Quantifying the Relative Ability of Tree Species in intercepting and Removing Particle Pollution, Baton Rouge, 10 pages.
2. Anliker, M. D., Reindl, J., Vieths, S. and Wuthrich, B., 2001. Allergy caused by ingestion of Persimmon (*Diospyros kaki*): detection of specific Ige and cross-reactivity to profiling and carbohydrate determinants. *Journal of allergy and clinical immunology*, 107 (4), pp. 718-723.
3. Atalla, A. and Dardona, A., 2019. Poisonous and Narcotic Flora in the Gaza Strip- Palestine/A Review. *European j Med Plants*.
4. Beckett, K. P., Freer-Smith, P. H., Taylor, G., 1998. Urban woodlands: Their role in reducing the effects of particulate pollution. *Environmental pollution* 99, 347-360.
5. Brantley, H. L., Hagler, G. S. W., Deshmukh, P. J., Baldauf, R. W., 2014. Field assessment of the effects of roadside vegetation on near-road black carbon and particulate matter. *Science of the Total Environment* 468, 120-129.

6. Coscolla, C., yusa, V., Marti, P., Pastor, A., 2008. Analysis of currently used pesticides in fine airborne particulate matter (PM_{2.5}) by pressurized liquid extraction and liquid chromatography-tandem mass spectrometry. *Journal of chromatography A* 1200, 100-107.
7. Freer-Smith, P. H., EL-Khatib, A. A., Taylor, G., 2004. Capture of particulate pollution by trees: A comparison of species typical of semi-arid areas (*Ficus nitida* and *Eucalyptus globulus*) with European and North American species. *Water Air and Soil Pollution* 155, 173-187.
8. Freer-Smith, P. H., Beckett, K. P., Taylor, G., 2005. Deposition velocities to *Sorbus aria*, *Acer campestre*, *Populus deltoides*, *Trichocarpa Beaupre*, *Pinus nigra* and *Cupressocyparis leylandii* for coarse, fine and ultra fine particles in the urban environment. *Environmental pollution* 133, 157-167.
9. Fuller, M., Bai, S., Eisinger, D., Niemeier, D., 2009. Practical Mitigation Measures for Diesel Particulate Matter: Near-Road Vegetation Barriers, University of California, Davis, California, 30 pages.
10. Gaig, P., Botey, J., Gutierrez, v., Pena, M., Eserverri, J. L. and Marin, A., 1992. Allergy to pomegranate (*Punica granatum*). *J Investig Allergol Clin Immunol*, 2 (4), PP. 216-218.
11. Hagler, G. S. W., Lin, M. Y., Khlystov, A., Baldauf, R. W., Isakov, V., Faircloth, J., Jackson, L. E., 2012. Field investigation of roadside vegetative and structural barrier impact on near-road ultrafine particle concentrations under a variety of wind conditions. *Science of the Total Environment* 419, 7-15.
12. Huang, C. W., Lin, M. Y., Khlystov, A., Katul, G., 2013. The effects of leaf area density variation on the particle collection efficiency in the size range of ultrafine particles (UFP). *Environmental Science and Technology* 47, 11607-11615.
13. Jun, Y., Yamin Ch., Pengbo Y., 2015. Ranking the suitability of common urban tree species for controlling PM_{2.5} pollution. *Atmospheric Pollution Research* 6, 267-277.
14. Jutras, P., Prasher, S. O., Mehuys, G. R., 2010. Appraisal of key abiotic parameters affecting street tree growth. *Arboriculture & Urban Forestry* 36, 1-10.
15. Little, P., Wiffen, R. D., 1977. Emission and deposition of petrol engine exhaust Pb-I. Deposition of exhaust Pb to plant and soil surfaces. *Atmospheric Environment* (1967) 11, 437-447.
16. Lorenz, R., Murphy, C. E., 1989. Dry deposition of particles to a pine plantation. *Boundary-Layer Meteorology* 46, 355-366.
17. Mate, T., Guaita, R., Pichiule, M., Linares, C., Diaz, J., 2010. Short-term effect of fine particulate matter (PM_{2.5}) on daily mortality due to diseases of the circulatory system in Madrid (Spain). *Science of the Total Environment* 408, 5750-5757.
18. Mansouritorghabeh, H., Jabbari, F., Sankian, M., Varasteh, A., Farid-Hosseini, R., 2019. The Most Common Allergenic Tree Pollen
19. Grains in the Middle East: A Narrative Review. *Iran J Med Sci* 44, 88-98
20. Molders, N., 2013. Investigations on the impact of single direct and indirect, and multiple emission-control measures on cold-season near-surface PM_{2.5} concentrations in Fairbanks, Alaska. *Atmospheric Pollution Research* 4, 87-100.

21. Mukherjee,A. and Agrawal,M. ,2018. Use of GLM approach to assess the responses of tropical trees to urban air pollution in relation to leaf functional traits and tree characteristics. *Ecotoxicology and environmental safety*,152,pp. 42-54.
22. Nawahda,A. ,Yamashita,K. ,Ohara,T. ,Kurokawa,J. ,Yamaji,K. ,2012. Evaluation of premature mortality caused by exposure to PM_{2.5} and ozone in East Asia: 2000 ,2005,2020. *Water Air and Soil Pollution* 223,3445-3459.
23. Nielsen,C. N. ,Buhler,O. ,Kristoffersen,P. ,2007. Soil water dynamics and growth of street and park trees. *Arboriculture & Urban Forestry* 33,231-245.
24. Nowak,K. ,Cherubini,p. ,Saurer,M. ,Fuhrer,J. ,M. ,2007. Ozone air pollution effects on tree-ring growth,visible foliar injury and leaf gas exchange in tree ozone-sensitive woody plant species. *Tree physiology*,27 (7) ,pp. 941-949.
25. Nowak,D. J. ,Hirabayashi,s. ,Bodine, A. ,Hoehn,R. ,2013. Modeled PM_{2.5} removal by trees in ten U. S. cities and associated health effects *Environmental pollution* 178,395-402.
26. Nowak,D. J. ,Civerolo,K. L. ,Rao,S. T. ,Sistla,G. ,Luley,C. J. ,Crane,D. E. ,2000. A modeling study of the impact of urban trees on ozone. *Atmospheric Environment* 34,1601-1613.
27. Pauleit ,S. ,2003. Urban street tree plantings: Identifying the key requirements. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers: Municipal*
28. *Engineer* 156,43-50.
29. Paulsamy,s. and senthilkumar,P. ,2009. Identification of air pollution tolerant tree species for the industrial city ,Tirupur,Tamil Nadu. *Nat Environ Pollut Technol*,8 (3) ,PP. 585-8.
30. Prendez ,M. ,Criollo,C. ,Egas,C. , Farias,I. ,Fuentealba,R. and Gonzalez ,E. ,2019. Urban trees and their relationship with air pollution by particulate matter and ozone in Santiago,Chile. In *Urban climates in Latin America* (PP. 167-206). Springer,Cham.
31. Pui,D. Y. H. ,Chen,S. C. ,Zuo,Z. L. , 2014. PM_{2.5} in china: Measurements,sources,visibility and health effects, and mitigation. *Particuology* 13,1-26.
32. Reinap,A. ,Wiman,B. L. B. ,Svenningsson,B. ,Gunnarsson,S. ,2009. Oak leaves as aerosol collectors: Relationships with wind velocity and particle size distribution. *Experimental results and their implication Tree-Structure and Function* 23,1263-1274.
33. Saebo,A. ,Popek,R. , Nawrot,B. ,Hanslin,H. M. ,Gawronska,H. ,Gawronski,S. W. ,2012. Plant species differences in particulate matter accumulation on leaf surfaces. *Science of the Total Environment* 427,347-354.
34. Tehranizadeh,Z. A. ,Baratian ,A. and Hosseinzadeh,H. ,2016. Russian olive (*Elaeagnus angustifolia*) as a herbal healer. *Bl*,6 (3) ,P. 155.
35. Tucker,W. G. ,2000. An overview of PM_{2.5} Sources and control strategies. *Fuel Processing TECHNOLOGY* 65,379-392.
36. Venkatesh ,P. ,Mukherjee,P. ,Mukherjee,P. K. ,Kumar,N. S. ,Bandyopadhyay,A. ,Fukui,H. ,Mizuguchi ,H. and Islam,N. ,2010. Anti-allergic activity of standardized extract of *Albizia lebeck* with reference to catechin as a phytomarker. *Immunopharmacology and immunotoxicology* ,32 (2) ,PP. 272-276.
37. Wedding,J. B. ,Carlson,R. W. , Stukel ,J. J. ,Bazzaz,F. A. , 1975. Aerosol deposition on plant leaves. *Environmental science & Technology* 9,151-153.

38. Zhang,P. Q. ,Liu,Y. J. ,Chen,X. ,Yang,Z. ,Zhu,M. H. and Li,Y. p. ,2016. Pollution resistance assessment of existing landscape plants on Beijing streets based on air pollution toleranve index method. *Ecotoxicology and Environmental safety*,132,PP. 212-223.

۳۹. اختصاصی، محمد رضا؛ حسیرئی، فاطمه السادات،، ارازی، عبدالقادر؛ ۱۳۹۰. بررسی و مقایسه درختان مختلف در میزان جذب گردو غبار. مجموعه مقالات هفتمین همایش ملی علوم و مهندسی آبخیزداری.

۴۰. رشیدی، فرحناز؛ ۱۳۹۸. بررسی گونه های مقاوم به آلودگی هوا (اقاقیا، زبان گنجشک، چنار) در فضای سبز شهری تهران. محیط زیست طبیعی، منابع طبیعی ایران، ۷۲ (۲) ، ۲۶۱-۲۵۱.

۴۱. سلیم، اعظم؛ داد خواه آغداش، حامد؛ ۱۳۹۸. ارزیابی شاخص مقاومت به آلودگی هوا در سه گونه درختی توت سفید، آسمان دار و بید مجنون در چند منطقه از کلان شهر تهران. محیط شناسی، ۴۵ (۳).

۴۲. مصطفوی، فاطمه؛ بهمنی، محسن؛ ۱۳۹۹. قابلیت جذب فلزات سنگین توسط برخی گونه های درختی و درختچه ای مورد استفاده در فضای سبز شهر کرد. علوم و تکنولوژی محیط زیست، ۲۲ (۴).

۴۳. گزارش پوشش گیاهی طرح جامع فضای سبز شهر کرج (جلد ۱ و ۲). شهرداری کرج، دانشگاه تهران، ۱۳۹۲.

Ranking the Performance of Some Urban Tree Species for Controlling PM_{2.5} Pollution

Reza Mousavifard¹, Saeideh Tavafi², Ebrahim Mehrbakhsh³

1- P. H. D Student in forestry. Karaj Sima-Manzar & Green Area Organization

2- P. H. D in Range Management. Karaj Sima-Manzar & Green Area Organization

3- M. SC in Rural Development. Karaj Sima-Manzar & Green Area Organization

Abstract:

The pollution caused by aerodynamic particles less than 2.5 PM in size, is currently a major part of air pollution in megacities all over the world. To reduce this pollution in part, planting more trees in urban areas is an effective action to be taken. As finding and selecting adaptable tree species is an important part of the job, so the objective of current paper based on results from previous research works inside and outside the country is to group available tree species according to simple cumulative ranking method with considering the positive effects such as efficacy in reducing 2.5 PM particles as well as negative effects like allergic pollen release in environment. Moreover, as a precondition of successful establishment and performance of tree species, they have been ranked based on their adaptability to local water and soil as well as resistance to pests and diseases.

Keywords: Pollution, Control, Megacity, Tree, Pm2.5
