اثرات فلزات آلاینده هوا بر سلامتی و بهزیستی گونه‌های گیاهی در شهرهای صنعتی (مقاله مروری)

فاطمه امیری باغبادرانی [1] *محبوبه چراغی [2]

١*- کارشناس ارشد محیط زیست. کارشناس تولید، بهره وری و اشتغال فرمانداری شهرستان لنجان.

٢- گروه مهندسی محیط زیست، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران

* ایمیل نویسنده مسئول: Fatemeh.amiri.env@gmail.com

تاریخ دریافت :١۴٠١/٠٩/١۶ تاریخ پذیرش: ١۴٠٢/٠٢/٠۴

چکیده

ذرات فلزی آلاینده هوا سبب بروز آسیب بر زیستمندان و گیاهان می‌شوند. گیاهان رشد یافته در محیط پر از گرد و غبار علائم آسیب را نشان می‌دهد. گیاهان در به دام انداختن ذرات جوی بسیار کارآمد هستند. بسته به بار گرد و غبار و مدت زمان و تحمل گیاهان به ذرات ممکن است آسیب و تغییرات منفی در سطح برگ، ساختار برگ و مهار رشد گیاهان کاهش سطح برگ و لذا کاهش کل ذی‌توده روی دهد. بررسی الگوی تغییرات و نحوه سازگاری گونه های گیاهی برای مقاومت و بقا در شرایط استرس ناشی از آلاینده‌های محیطی، در شناخت عملکرد گونه و بهره‌برداری موثر از گونه‌های علی-الخصوص در محیط‌های صنعتی و شهری مفید و کارآمد است. عناصر در دسترس گیاهان در محیط در دو دسته کلی عناصر ضروری برای ادامه حیات و عناصر سمی و غیرضروری دسته‌بندی می‌شوند. فلزات Ni,Co,Zn,MoMn,Fe,cu در زمره عناصر کم مصرف و ضروری برای بقای حیات گیاهان بشمار می‌روند و فلزات Al,Cd,Cr,Hg,Pb عناصر سمی و غیرضروری می‌باشند. حضور کمترین غلظت از عناصر غیرضروری در محیط پیرامون گیاهان باعث ایجاد عارضه و بروز واکنش‌های زیستی در جهت مقابله و سازگاری با عوامل استرس‌زا در گیاه می‌شود.

کلمات کلیدی

" فضای سبز شهری "، " تغییرات مرفولوژیکی "، " ذرات معلق "، " آلاینده های هوا "،

١- مقدمه

شهرنشینی سریع و صنعتی شدن در بسیاری از کشورها و مناطق جهان منجر به انتشار مقادیر زیادی از ذرات معلق به داخل جو شده است. ذرات معلق اتمسفر می‌توانند منابع تولید و نیز اندازه‌های بسیار متغیری داشته باشند. غلظت فلزات در محیط‌های شهری صنعتی ناشی از منابع طبیعی (خاک زاد) و یا انسانی (انسان زاد) است، با اینحال بر اساس بسیاری از مطالعات منابع آلودگی فلزات در گرد و غبار خیابان‌های شهری عمدتا ناشی از فعالیت های انسانی از قبیل ترافیک خودروها و فرسایش لنت و لاستیک ها و استهلاک قطعات اتومبیل‌ها، فرسایش ساختمان، صنایع و احتراق سوخت‌های فسیلی (Addo et al., 2012) گرد و غبار اتمسفری از منابع مهم فلزات سنگین بویژه در محیط‌زیست شهری و صنعتی بشمار می‌رود (boucko., 2010). آلاینده‌های فلزی معمولا از بین نمی‌روند و ساز و کارهای خود پایداری در آنها مشهود است و از اینرو می‌تواند در زنجیره‌های غذایی وارد شده و سبب آسیب به بوم سازگان ها گردند (محمودی و خادمی،، ١٣٩٢). الاینده های هوا و ذرات معلق هوا که شامل ذرات فلزی می باشند سبب بروز آسیب بر زیستمندان و گیاهان می شوند (Sawidis et al.,2011) . گیاهان رشد یافته در محیط پر از گرد و غبار علائم آسیب را نشان می‌دهد (Kulshreshtha et al,. 2009). گیاهان در به دام انداختن ذرات جوی بسیار کارآمد هستند. بسته به بار گرد و غبار و مدت زمان و تحمل گیاهان به ذرات ممکن است آسیب و تغییرات منفی در سطح برگ، ساختار عمل کند. در محیط‌های شهری و مناطق صنعتی درختان نقش پالاینده را در مقابل آلاینده‌های ناشی از صنعتی شدن دارا هستند. گیاهان به دلیل عدم تحرک به طور کامل در معرض آلودگی قرار دارند. گیاهان شهری به طور مداوم با سطوح بالای مختلف در معرض انواع آلاینده‌های هوا قرار دارند که باعث آسیب مزمن به خصوصیات فیزیولوژیکی مورفولوژیکی و آناتومیکی آنها می‌شود. آلودگی هوا در تغییر مرفولوژی بسیار موثر است و آلاینده‌ها نه تنها ساختار را تحت تاثیر قرار می‌دهند بلکه تغییر مرفولوژی گیاهان ضمن اینکه می‌توانند تا اندازه‌ای در کاهش آلودگی هوا موثر باشند تحت تاثیر آلاینده‌ها قرار گرفته و آسیب می‌بینند. برگ و مهار رشد گیاهان کاهش سطح برگ و لذا کاهش کل ذی‌توده روی دهد. از اینرو بررسی الگوی تغییرات و نحوه سازگاری گونه‌های گیاهی برای مقاومت و بقا در شرایط استرس ناشی از آلاینده‌های محیطی، در شناخت عملکرد گونه و بهره-برداری موثر از گونه‌های علی‌الخصوص در محیط‌های صنعتی و شهری مفید و کارآمد می‌باشد. پوشش گیاهی یک ابزار مهم برای حذف ذرات ازاتمسفر است. مطالعات نشان می‌دهند که برگ‌ها حساس‌ترین بخش از یک گیاه است و می‌تواند به جذب و پایداری گرد و غبار در محیط زیست کمک کند. حساسیت برگ‌ها مبتنی بر این واقعیت است که عمده فعالیت‌های فیزیولوژیکی مبتنی بر برگ‌ها می‌باشد. پس برگ در مراحل مختلف توسعه و رشد می‌تواند به عنوان یک شاخص خوب برای آلاینده‌های هوا

٢- روش انجام تحقیق عناصر موجود در هوا در شهرهای صنعتی و منابع تولیدکننده آنها

عناصر در دسترس گیاهان در محیط در دو دسته کلی عناصر ضروری برای ادامه حیات و عناصر سمی و غیرضروری دسته‌بندی می شوند. فلزات Ni,Co,Zn,MoMn,Fe,cu در زمره عناصر کم مصرف و ضروری برای بقای حیات گیاهان بشمار می‌روند و فلزات Al,Cd,Cr,Hg,Pb عناصر سمی و غیرضروری می‌باشند (Rosselli et al., 2006). حضور کمترین غلظت از عناصر

غیرضروری در محیط پیرامون گیاهان باعث ایجاد عارضه و بروز واکنش های زیستی در جهت مقابله و سازگاری با عوامل استرس‌زا در گیاه می شود. در مقابل گیاهان از عناصر کم مصرف به مقدار جزیی اما ضروری استفاده می برند. با این وجود افزایش دوز محیطی مواجهه گیاه با عناصر کم مصرف سبب ایجاد اختلال و بروز استرس در گیاه شده و علایم مقاومت و سازگاری در گیاهان مشاهده خواهد شد و نیز سبب بروز ناهنجاری‌های فیزیولوژیکی، مرفولوژیکی و اناتومیکی در گیاهان می شود (Rubio et al., 2012) در ادامه برخی از مهم‌ترین و فراوان ترین عناصر سمی در هوای شهرهای صنعتی ارائه شده است.

سرب در ذرات خروجی اگزوز وسایل نقلیه وجود دارد (Ellis and Revitt,.1982). در محیط‌های شهری سرب عمدتا ناشی از حمل و نقل می‌باشد (Addo et al., 2012). از دیرباز عمده‌ترین عامل انتشار سرب به هوا احتراق سوخت‌های حاوی ترکیبات سربی بوده است. ترکیباتی مانند تتراتیل سرب[pb(c4h5)] شناخته شده ترین ماده افزودنی در سوخت و روغن موتور خودروها می باشد. این ترکیبات اکسید سرب بالایی به هوا منتشر می‌کنند (Shahar and Majid., 2008). حجم بالای ترافیک وسایل نقلیه سبک و سنگین و سرعت بالای خودروها منجر به سوختن بیشتر بنزین و در نتیجه افزایش انتشار سرب به محیط می‌شود. امروزه مصرف بنزین‌های فاقد ترکیبات سربی افزایش یافته است. عواملی مانندMTBE بنزن و تولوئن قابلیت بالایی برای افزایش عدد اکتان در سوخت دارند، از اینرو جایگزین استفاده از ترکیبات حاوی سرب شده اند(Shahar and Majid, 2008). با این حال انتشارات ناشی از بنزین بدون سرب در خودروها نیز حاوی ذرات سرب و آهن می‌باشد مثلا انتشارات ناشی از مسیر سرشلنگ‌های سوخت مخازن و جرقه‌زن‌ها (Maher et al., 2008) و وزنه‌های بالانس چرخ خودروها و نیز فرسایش تایرها (Shahar and Majid., 2008). ذرات سرب را به محیط منتشر می‌نماید. هم‌چنین در خودروهایی که از مبدل‌ها و کاتالیست‌های نامناسب و نامرغوب استفاده می‌نمایند نیز منبعی جهت انتشار سرب می‌باشند. سرب و گوگرد بر عملکرد مبدل‌های کاتالیزوری اثر نامطلوب می‌گذارند سرب باعث تاخیر در جرقه‌زنی و کاهش بازده حرارتی می‌شود (Shahar and Majid., 2008). از دیگر عوامل انتشار سرب مصالح ساختمانی و سیمان و آجر و چوب و نقاشی (Mandal and Voutchkov., 2011) و سایش آسفالت جاده‌ها و فرسودگی تایر خودروها می‌باشد. **کروم** برای افزایش سختی و مقاومت در برابر سایش مکانیکی آلیاژهای وسایل نقلیه و سطوح فلزی خودروها (Wei and Yang., 2010) و در تجهیزات صنایع سیمان (Banat et al, 2005) استفاده می‌شود. انتشار کروم در محیط می‌تواند ناشی از مواد سردکننده نیروگاه‌های حرارتی با سوخت زغال سنگ و نیروگاه‌های برق و خوردگی فلزات باشد (Shahar and Majid., 2008).

ذرات **مس** از سایش موتور و یاتاقان خودروها و استهلاک فلزات و قطعات منتشر می‌شوند (Shahar and Majid., 2008). در اثر خوردگی پمپ روغن و تماس گریس با قطعات در درجه حرارت بالا ذرات مس منتشر می‌شود و از اگزوز خودرو خارج می‌گردد. مس در شمع خودروها برای افزایش قدرت اشتعال و به عنوان ضد فرسایش در روی سطوح موتور برای کاهش اصطکاک بین قطعات موتور استفاده می‌شود (Shahar and Majid., 2008). ذرات ناشی از روان‌کننده‌های صنعتی (Chakravarty and Patgiri., 2009) و سایش تایر و سایش موتور (Lu et al., 2009) از عمده‌ترین منابع تولید مس در محیط‌های شهری می‌باشد (Lu et al., 2009).

غبار ناشی از سیمان و دود ناشی از اگزوز دو عامل موثر در انتشار **روی** در محیط هستند (Banat et al., 2005). سایش تایر و روان کننده‌های صنعتی و سوزاندن لاستیک‌ها (کرمانی و همکاران، ۱۳۹۲) و فرسایش لاستیک‌ها و صنایع الکتریکی قطعات گالوانیزه صنعت ذوب از دیگر منابع انتشار روی در محیط می‌باشند (Shahar and Majid., 2008).

نیکل در ساخت آلیاژ برای آبکاری رینگ تایر و بخش‌های بیرونی خودرو و آبکاری سطح سیلندر و پیستون موتور خودرو برای مقاومت در برابر تماس طولانی مدت با حرارت بکار می‌رود (Shahar and Majid., 2008). خوردگی قطعات و روغن خودرو و احتراق نفت و فعالیت نیروگاه‌های برق از منابع انتشار نیکل به محیط هستند (Addo et al., 2012). **نیکل** در آلیاژهای ضد زنگ یافت می‌شود. مولیبیدن در صنایع فولاد، ریخته‌گری و رنگ‌سازی کاربرد دارد. ضمنا مولیبیدن یک کاتالیزور در صنعت نفت به‌شمار می‌رود. کروم هم در آلیاژها و صنایع آبکاری و رنگ‌سازی کاربرد دارد. روی در مصالح ساختمانی و اتومبیل‌ساز و آلیاژسازی و لاستیک‌سازی کاربرد دارد و در منابع احتراقی نیز وجود دارد.

کادمیوم به مقدار کمی در پوسته زمین یافت می‌شود و فعالیت-های انسانی باعث افزایش آن می‌شود (Wei and Yang., 2010). مصالح ساختمانی نظیر سیمان و سایش مکانیکی لاستیک تایرخودروها از منابع اصلی انتشار کادمیوم می‌باشند منشا احتراقی کادمیوم کم است (Wei and Yang., 2010).

کبالت از احتراق سوخت‌ها و صنایع هوایی و سرامیک و شیشه تولید می‌شود (Shahar and Majid., 2008). منشا اصلی انتشار جیوه سوخت زغال سنگ و نفت و کوک می‌باشد و مطالعات بسیار کمی روی این فلز در هوا انجام گرفته است

وانادیوم از خوردگی فلزات و قطعات و از افزودنی‌های سوخت و روغن‌های خودروها منشا می‌گیرد. احتراق بنزین و ذرات تایر منشا تولید **منگنز** در گرد و غبارهای شهری و جاده‌ای هستند (Tomasevic and Anicic., 2010).

آلومنیوم و **آهن** از ذرات فراوان در محیط هستند و ضمن داشتن منشا طبیعی، فعالیت‌های صنعتی، روغن‌ها و افزودنی‌های سوخت‌ها و خوردگی قطعات و مصالح ساختمانی و ذرات ناشی از تایر اتومبیل‌ها و سایش قطعات بیرونی خودروها و ذرات منتشر شده حین استفاده متعدد از سیستم ترمز خودروها باعث انتشار ذرات این دو عنصر به محیط می شود. **آهن** فراوان‌ترین عنصر سنگین مرتبط با ذرات ترمز می‌باشد (Adachi and Tainosho., 2004).

ذرات **باریوم** ذرات ناشی ترمز خودروها و لنت اتومبیل‌ها و مواد رنگی و صنایع رنگسازی منتشر می‌شود (Adachi and Tainosho., 2004).

مولیبیدن از ذرات مورد استفاده در روغن‌ها و سوخت‌ها می‌باشد (Tomasevic and Anicic., 2010). **استرانسیوم** از جوشکاری و احتراق مواد نفتی منتشر می‌شود.

از نظر شیمیایی **بور و سیلیس و آلومینیوم** به‌هم شبیه هستند و البته شباهت سیلیس و بور بیشتر می‌باشد. **بور** عنصر کمیابی در پوسته

زمین است. رشته‌های بور دارای مقاومت بالایی هستند و وزن اندکی دارند به همین دلیل در سازه‌های هوانوردی به عنوان مواد ترکیبی به کار می‌روند و همین‌طور می‌توانند از راکتورهای هسته‌ای حاصل شوند.

روبیدیوم عمدتا طبیعی است و در کنار **ید** می‌تواند در برخی از باتری‌ها استفاده شود و هم‌چنین می‌تواند به‌عنوان ماده سیال در توربین های بخار مورد استفاده قرارگیرد.

استرانسیوم در جوشکاری کاربرد دارد و از احتراق مواد نفتی نیز حاصل می‌شود. استرانسیوم در تولید مگنتیت‌های هیدروکسید آهن و پالایش روی نیز کاربرد دارد. سلنیوم در صنایع هوایی و تصفیه مس کاربرد دارد. منشا تولید منگنز فعالیت‌های متالورژیکی و کاربرد آن در تولید فولاد است منگنز برای افزایش مقاومت به آلیاژها بخصوص آلیاژهای مسی افزوده می‌شود. سرب و جیوه و وانادیوم نیز همگی در آلیاژهای ضد زنگ کاربرد دارند.

توریوم به عنوان یک منبع سوخت کاربرد دارد. به عبارتی در این زیر شاخه علاوه منبع احتراقی و غیر احتراقی نظیر خوردگی و فرسایش و زنگ‌زدگی می‌توانند منشا روی و توریوم باشند. باریوم در صنعت سرامیک رنگ‌سازی و لنت ترمز کاربرد دارد هم چنین در ساخت باند فرودگاه هم کاربرد دارد. عمده این منابع قابلیت انتشار آلومنیوم را نیز دارند.

۳- نتایج اثر ذرات آلاینده فلزی بر پوشش گیاهی در محیط‌های شهری و صنعتی

آلاینده‌های تخلیه شده از خودروها عمدتا بر فنولوژی، دوره تناوب باردهی، برگ و پیری سطح برگ، ویژگی‌های موم، تولید بیومس، جوانه‌زنی بذر، رشد گیاهچه، فیزیولوژی و بیولوژی برگ اثر می‌گذارند (Iqbal et al., 2015). کاهش کلی سطح برگ و وزن برگ ناشی از آلودگی‌های اگزوز می‌باشد (Tiwari et al., 2008). et al.,2009 Kulshreshtha گزارش کرد که ذرات خروجی از اگزوز ماشین‌ها روی برگ‌ها ته‌نشین شده و رشد گیاه را کاهش می‌دهد. حساسیت گیاهان مختلف است و بسته به نوع آلاینده و غلظت آن واکنش‌های متفاوتی را نشان می‌دهد. آلاینده‌های ذرات می‌توانند باعث بسیاری از اثرات کشنده در گیاهان مانند گرفتگی روزنه، کاهش فتوسنتز ریزش برگ و بافت مردگی شوند (Younis et al.,2013) بسته به بار گرد و غبار و مدت زمان و تحمل گیاهان به ذرات ممکن است آسیب و تغییرات منفی در سطح برگ، ساختار برگ و مهار رشد گیاهان و در نتجیه کاهش کل ذی‌توده ایجاد استرس ناشی از مواجهه با فلزات منجر به ظهور علایمی شبیه علائم استرس خشکی از قبیل افزایش ضخامت برگ می‌شود. تحقیقات متعددی نشان داده‌اند که وقتی گیاهان در معرض غلظت‌های بالای فلزات سنگین قرار می‌گیرند وزن تر و وزن خشک و طول برگ آنها کاهش می‌یابد (Souza and Rauser., 2003). در حضور فلزات باز بودن روزنه‌ها تحت تاثیر قرار می‌گیرد (Doganlar et al., 2012) انسداد روزنه‌ها باعث کاهش فتوسنتز می‌شود (Pourkhabbaz et al., 2010). قرار گرفتن برگ در معرض ترافیک بالا باعث کاهش محتوی کلروفیل برگ و استرس آلودگی در گیاه می‌شود. آسیب به فتوسنتز اساسا در اثر کاهش کلروفیل و افزایش پراکسیداسیون لیپیدها رخ می‌دهد. تقریبا هر فرآیند گیاهی به‌طور مستقیم و یا غیرمستقیم تحت تاثیر محتوی آب گیاه می‌باشد و می‌توان آب را یک عامل اساسی در تنظیم رشد گیاه محسوب نمود. بنابراین در ارتباط با پاسخ‌های گیاهان به تنش‌های محیطی، توجه ویژه‌ای به روابط آبی از سطح سلولی تا کل گیاه می‌شود. فلزات سنگین سبب کاهش اب نسبی می‌شوند (Subbaro et al., 2000). میزان تولید قندها با محتوی آب نسبی برگ رابطه معکوس دارد که نشان می دهد هر چه محتوی آب نسبی برگ پایین باشد، امکان تولید قندها، افزایش پیدا می‌کند. علت افزایش قندها برای بالا بردن مقاومت گیاه به دلیل تنظیم فشار اسمزی سلول‌ها می‌باشد (Subbaro et al., 2000). فلزات سنگین با کاهش انتقال آب به برگ‌ها و در نتیجه اختلال در سرعت تعرق برگ منجر به بروز تغییرات ساختاری اندامک های سلول و تغییر در رفتار آنزیم‌های کلیدی چند مسیر متابولیسمی از جمله مسیر متابولیسم قند می‌شود. با کاهش انتقال آب به قندها به دنبال تجمع فلزات سنگین درسلول‌ها، محتوی قندهای احیاکننده در گیاه افزایش می‌یابد. این پدیده احتمالا مکانیسم سازشی گیاه برای حفظ پتانسیل اسمزی در شرایط سمیت با فلز سنگین است (خاوری نژاد و همکاران،. ۱۳۸۹) . علاوه بر افزایش قندها در تنظیم فشار اسمزی، با افزایش قندها گیاه می‌تواند ذخیره کربوهیدراتی خود را برای حفظ متابولیسم پایه سلول در شرایط محیطی تحت تنش در حد مطلوب نگه دارد (Verma and Dubey., 2001). با افزایش فلزات سنگین انباشتگی پرولین افزایش می‌یابد. انباشتگی پرولین در بافت‌های گیاهان در نتیجه کاهش تجزیه پرولین و کاهش در استفاده از پرولین می‌شود (خاوری‌نژاد و همکاران،. ۱۳۸۹). پرولین نسبت به تنش بسیار حساس است. افزاشی مقاومت روزنه‌ای و به دنبال آن کاهش تعرق و در نتیجه کاهش جذب و انتقال آب و نیز کاهش کشسانی دیواره سلول از علل مهم کاهش محتوی نسبی آب برگ‌ها است (خاوری‌نژاد و همکاران،. ۱۳۸۹). بررسی‌ها نشان می‌دهد که کاهش سطح انتقال موثرتر از افزایش مقاومت روزنه‌ای می‌باشد. فلزات سبب کاهش رشد گیاه و کاهش فتوسنتز می‌شوند. یکی از بارزترین اثرات کاهش رشد گیاه کاهش سطح برگ است (شریعتمداری و همکاران،. ۲۰۱۱). بنابراین در صورتی‌که میزان فتوسنتز در واحد سطح برگ تغییر نکند، میزان رشد بدلیل کاهش میزان فتوسنتز در کل گیاه (که حاصل کاهش سطح برگ فتوسنتز کننده است) کاهش خواهد یافت (شریعتمداری و همکاران،۲۰۱۱). تراکم روزنه یک پارامتر مهم سازگاری گیاه با محیط‌زیست است و با ایجاد تغییرات فیزیولوزیکی بر تبادلات گاز و فتوسنتز تاثیر اثر می‌گذارد (Pompelli et al,. 2010). در ادامه برخی از اثرات هر یک از فلزات ارائه شده است.

مس

با وجود اهمیت **مس** در رشد و نمو گیاهی، زمانی‌که مس به مقدار اضافی در اختیار گیاه قرار گیرد باعث ایجاد علایم سمیت در گیاه می‌شود. افزایش مس رشد را محدود می‌کند و با فرآیندهای سلولی مهم مانند فتوسنتز و تنفس تداخل می نمایند (Prasad and Strzalka 1999 .,). رشد گیاهان در حضور افزایش مس با کاهش بیومس و علایم کلروز همراه است. گسترش سلول‌های برگ تحت تاثیر سمیت مس کاهش می‌یابد. محتوی نسبی آب برگ‌ها تحت تاثیر سمیت مس کاهش می‌یابد (خاوری‌نژاد و همکاران، ۱۳۸۹). کاهش میزان کلروفیل، تغییر و تبدیل ساختار کلروپلاست، ترکیب غشای تیلاکوئید در برگ‌ها از عوارض فزونی مس می‌باشد (خاوری‌نژاد و همکاران،۱۳۸۹). افزایش مس باعث کاهش آهن در کلروپلاست می‌گردد (حمایت عسگری لجایر و همکاران، ۱۳۹۳). مس اضافی باعث آسیب بر پروتین‌ها و سرکوب

فعالیت‌های آنزیمی می‌گردد (Walker and Webl ,.1981) . افزایش مس موجب تنش اکسیداتیو و در نتیجه ایجاد گونه‌های اکسیژن واکنش‌پذیر می‌شود. گونه‌های اکسیژن واکنش‌پذیر ممکن است به چربی‌ها، اسیدهای نوکلئیک، پروتئین‌ها، اسیدهای آمینه، کربوهیدرات‌ها و ماکرومولکول‌های تولید شده در سلول‌ها، آسیب بزند. افزایش مس سبب افزایش انباشتگی پرولین می‌شود (خاوری‌نژاد و همکاران، ۱۳۸۹).

روی

غلظت‌های بالای مس و روی سبب کاهش جذب سایر عناصرغذایی، کاهش سوخت و ساز و کاهش تنفس می‌شود (Mazzanti et al,. 2008) . روی باعث کاهش میزان تعرق و هدایت روزنه‌ای و محدودیت در فتوسنتز در گیاه می‌شود (Cai,2010).

آهن

آهن در سنتز پروتین‌های همراه کلروفیل موثر است. روی و آهن انتقال از خاک به گیاه بالا است اما تجمع در برگ و قدرت حرکت در گیاه به برگ کم است. مس و آهن از عناصر کم مصرف در گیاهان هستند با این‌حال با افزایش مواجهه جذب افزایش یافته و باعث بروز اختلال می‌شوند (Elkhatib et al.,2012) .

کادمیوم

در تحقیقی که روی Brassica Junceae انجام گرفت نشان داده شد که غلظت کم کادمیوم باعث افزایش پرولین، ولی غلظت‌های بالاتر سبب کاهش پرولین می‌شود. استرس کادمیوم باعث کاهش تعداد روزنه‌ها در سطح‌رویی و زیرین برگ می‌گردد (et al,.1993 Blamey). در حضور کادمیوم طول روزنه و اندازه سلول‌های اپیدرمی فوقانی مانند ضخامت برگ و مزوفیل نردبانی افزایش می‌یابد (Cai.,2010). کادمیوم اثر منفی بر رشد برگ‌ها دارد (et al,. Blamey 1993). هم‌چنین کادمیوم باعث افزایش تعداد سلول‌های مزوفیل زیر روزنه می‌شود (Blamey et al,.1993). در حضور کادمیوم مساحت ویژه برگ افزایش می‌یابد (Elkhatib et al.,2012). غلظت بالای کادمیوم سبب کاهش عمل فتوسنتز و جذب آب و مواد غذایی می‌شود. سمیت کادمیوم در گیاه به طور کلی شامل اختلال در سوخت وساز عناصر کم مصرف، اختلال در فعالیت‌هایی مانند فتوسنتز، تثبیت دی اکسید کربن، تعرق و نیز تغییر نفوذپذیری غشای سلولی می‌باشد (Zhang et al,2002). کاهش وزن خشک از عوارض سمیت کادمیوم است و سبب کاهش رشد نسبی اندام هوایی می شود.

کبالت

کبالت و کروم و مس باعث کاهش میزان تعرق می‌شوند، کاهش در هدایت روزنه و کاهش فعالیت فتوسنتزی می‌شوند (Raina and Bala,2011,). علایم مس و کادمیوم کلروز و نکروز است که بیش از دیگر فلزات بروز می‌کند.

٤- جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

درختان را می‌توان برای بیوموتورینگ تشخیص غلظت‌های کم آلاینده‌های ناشی از جو بکار برد. هرچند افتراق بین بار فلزات بدست آمده از خاک و رسوبات هوا سخت و دشوار و نامشخص می‌نماید اما می‌تواند اثرات تجمعی خاک و هوا را با استفاده از پایش زیستی و بررسی سازگاری‌های اندام‌های گیاهی مطالعه نمود و تغییرات کیفی محیط را تفکیک و بارز و آشکار ساخت. آنالیز عنصری از نمونه‌های گیاهی یک جایگزین ساده و آسان و راه موثر برای انجام تحقیقات محیط‌زیست شهری است (Markert, 1995; Aksoy et al., 2000). مسلما درختان در مقایسه با گیاهان پست‌تر (قارچ و گلسنگ) از پتانسیل کمتری برای پایش زیستی برخوردار هستند اما چون توزیع آنها در شهر بالا است (Kardel et al ,2010. Norouzi and Khademi,2015) در امر پایش زیستی بسیار موثر و کارآمد می‌باشند. بزرگ‌ترین مزیت آنها عمر طولانی آنها و توزیع فضایی گسترده و سادگی و کم هزینه بودن نمونه‌برداری از آنها است بنابراین می‌توانند در دوره زمانی برای توزیع زمانی و مکانی فلزات در محیط-زیست شهری استفاده شوند. از اینرو شناخت تاثیرات فلزات بر گونه-های درختی و پوشش گیاهی و بررسی تغییرات آنها نقش موثری در مدیریت الاینده‌های هوا در مناطق صنعتی دارد.

منابع

- خاوری نژاد، ر. نجفی، ف. ببری بناب. (۱۳۸۹). تاثیر غلظت‌های مختلف سولفات مس بر برخی از پارامترهای فیزیولوژیکی لوبیا. علوم زیستی دانشگاه آزاد اسلامی واحد زنجان.
- محمودی، زهره و خادمی، حسین. (۱۳۹۲). استفاده از پذیرفتاری مغناطیسی در پیش‌بینی آلودگی فلزات سنگین در گرد و غبار اتمسفری اصفهان و شهرهای اطراف. محیط‌شناسی، سال سی و نهم . شماره۲ صفحه ۱۲۳ – ۱۳۲ .
- Addo, M.A.Darko, E. O. Gordon, C.Nyarko, B. J. B. and Gbada go, J. K. (2012). Heavy Metal Concentrations in Road Deposited Dust at Ketu-South District, Ghana. International Journal of Science and Technology, Volume 2 No.1pp 28-39
- Aksoy, A. Sahin, U. Duman, F. (2000). Robinia pseudo-acacia L. as a possible biomonitor of heavy metal pollution in Kayseri. Turk. J. Bot. 24, pp279-284.
- Banat,K.M., F.M.,Howari , A. A., Al-Hamad . (2005). Heavy metals in urban soils of central Jordan: Should we worry about their environmental risks?Environmental Research.V.97.pp:258–273.
- Blamey,F.P.C. Asher,C.J.Edwards .D.C.Kerven, G.L.(1993). Journal of plant nutrition . 555-562
- Bucko, Michal S. Magiera, Tadeusz, Johanson, Bo, Petrovský, Eduard, Pesonen, Lauri J. (2011). Identification of magnetic particulates in road dust accumulated on roadside snow using magnetic, geochemical and micro-morphological analyses . Environmental Pollution 159 .pp 1266 -1276.
- Cai, Y.H., (2010). Study on dust-retention effect and photosynthetic characteristics of urban keynote tree. Fujian Agriculture and Forestry University (in Chinese), Fuzhou, Fujian ,China.
- Chakravarty, M. and Patgiri, A. D. (2009). Metal pollution assessment in sediments of the Dikrong River, NE India.J Hum Ecol , 27 (1),pp: 63-67
- Doganlar,Z,B . Doganlara,O. Erdoganb,S. Onal,Y. (2012). Heavy metal pollution and physiological changes in the leaves of some shrub, palm and tree species in urban areas of Adana, Turkey . Chemical Speciation and Bioavailability . 24(2)
- El Khatib,A.A.D.E.M. Radwan.,A.A.Alramah-Said. (2012).Morpho-Anatomical Characteristics of Olive (Olea europaea L.)Trees Leaf as Bio-indicator of Cement Dust Air Pollution in Libya. Journal of Environmental Studies [JES] .9: pp:65-72
- Ellis,J.B.D.M.,Revitt.(1982) .Incidence of Heavy Metals in Street Surface Sediments: Solubility and Grain Size Studies. Water, Air and Soil Pollution, Vol. 17, pp. 87-100.
- Iqbal, M.Z; Shafig, M .Zaidi, S.Qamar. Athar.M. (2015).Effect of automobile pollution on chlorophyll content of roadside urban trees. Global Journal of Environmental Science and Management" (GJESM).Volume 1, Issue 4, pp: 283-296
- Kardel,F. k. Wuyts, M.Babanezhad ,u.w. A. Vitharana , T. Wuytack , G. Potters, R. Samson.(2010). Assessing urban habitat quality based on specific leaf area and stomatal characteristics of Plantago lanceolata L. Environmental Pollution 158 .788–794
- Kulshreshtha, K . Rai, A. Mohanty, C.S. Roy, R.K. Sharma, S.C.(2009). Particulate Pollution Mitigating Ability of Some Plant Species. Int. J. Environ. Res., 3(1):pp137-142
- Lu, X., Wang, I., Lei, k., Huaing, J. and Zhai, Y. (2009). Contamination assessment of copper, Lead, Zinc, Manganese an Nickel in street dust of Boaji, N. W.china. J hazardous Materials, 161.pp1058-1062
- Maher, B.A. Moore, C. Matzka, J.(2008). Spatial variation in vehicle-derived metal pollution identified by magnetic and elemental analysis of roadside tree leaves. Atmospheric Environment 42 . pp 364–373
- Mandal,A., M.,Voutchkov .(2011). Heavy Metals in Soils around the Cement Factory in Rockfort , Kingston. Jamaica International Journal of Geosciences, V. 2,pp. 48-54 .
- Markert, B. (1995). Sample preparation (cleaning, drying, homogenization) for trace element analysis in plant matrices. Sci. Total Environ. 176 pp 45-61.

- Mazzanti G, Battinelli L, Daniele C, Costantini S, Ciaralli L, Evandri MG. (2008) Purity control of some Chinese crude herbal drugs marketed in Italy. Food. Chem .Toxicol.46 (9) pp 3043-3047.
- Norouzi, Samira & Khademi, Hossein . (2015). Source identification of heavy metals in atmospheric dust using Platanus orientalis L. leaves as bioindicator . Eurasian J Soil Sci, 4 (3)
- Pompelli, MF,.Martins, SCV ,.Celin, EF.,Ventrella, MC.and DaMatta, FM.(2010). What is the infuence of ordinary epidermal cells and stomata on the leaf plasticity of coffee plants grown under full-sun and shady conditions?. Braz. J. Biol, vol. 70, no. 4.pp 1083-1088
- Pourkhabbaz, Alireza. Rastin, Nayerah. Olbrich, Andrea. Langenfeld-Heyser, Rosemarie. Polle, Andrea .(2010). Influence of Environmental Pollution on Leaf Properties of Urban Plane Trees, Platanus orientalis L. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology Volume 85, Issue 3, pp 251–255
- Prasad, M.N.V., Strzalka, K.(1999).Impact of heavy metals on photosynthesis . In heavy metal stress in plants: from molecules to ecosystems (EDS) Prasad M.N.V . and Hagemeyer J. , Springer, Berlin
- Raina,A.k . Bala,C.(2011).Effect of vehicular pollution on Duranta repens L. in Jammu City .Journal of Applied and Natural Science 3 (2) pp 211-218
- Rosselli,W.Rossi,M.Sasu,I.(2006). Cd, Cu and Zn contents in the leaves of Taraxacum officinale . . Snow Landsc. Res. 80, 3 pp 361–366
- Rubio C, Lucas JRD, Gutiérrez AJ, Glez-Weller D,Pérez Marrero B, Caballero JM,Revert C, Hardisson A .(2012). Evaluation of metal concentrations in mentha herbal teas (Mentha piperita L. Mentha pulegium L and Mentha species) by inductively coupled plasma spectrometry. Journal of pharmaceutical and biomedical analysis.71 pp11-17.
- Sawidis,T J.Breuste,M. Mitrovic, P. Pavlovic, K. Tsigaridas . Trees as bioindicator of heavy metal pollution in three European cities . Environmental Pollution . Volume 159, Issue 12pp 3560 – 3570
- Shahar, Hidayah and Majid, Amran Ab.(2008). Comparison of Pt,Rh,Cu,Zn,Pb AND Ni Concentration IN road dust samples of Genting Sempah Tunnel , Pahang . The Malaysian Journal of Analytical Sciences, Vol 12, No 2 pp 291 – 301
- Tiwari, S. Syed, Sikka ,K. J. Joshi, O.P.(2008).Air Pollution induced changes in foliar morphology of two species of classia at Indore City India. Journal of Environmental Research And Development. Vol. 2 No. 3
- Souza JF, Rauser WE .(2003). Maize and radish sequester excess cadmium and zinc in different ways. Plant Sci 165pp 1009–1022
- - Subbaro, G., Nam, N.H., Chauhan Y.S .Johansen, C. (2000). Oosmotic adjustment , water relation and carbohydrate remobilization in pigeonpea under water deficits. J . Plant Physiol, 157pp 651- 659.
- Tomasevic , Milica . Anicic,Mira. (2010).Trace element contentin in uban tree leaves and SEM-EDX characterization of deposited particles . Series: Physics, Chemistry and Technology Vol. 8, No 1.pp1-13
- Walker, C.D., Webl, J. (1981). Copper in plants. Form and behaviours, in: Loneragan J.F., Robson A.D. and Graham R.D (Eds.) , Copper in soils and plants. Academic Press, London.pp 189-212.
- Wei, B. and L. Yang. (2010). A review of heavy metal contaminations in urban soils, urban road dusts and agricultural soils from China. Microchem. J. 94 pp 99-107.
- Younis, Uzma. Tasveer Zahra Bokhari, Muhammad Hasnain Raza Shah. (2013). Dust Interception Capacity And Alteration Of Various BiometricAnd Biochemical Attributes In Cultivated Population Of FicusCarica L. IOSR Journal of Pharmacy and Biological Sciences (IOSR-JPBS). Volume 6, Issue 4. pp 35-42
- Zhang, G. P., M. Fukami and H. Sekimoto.(2002). Influence of cadmium on mineral concentrations and yield components in wheat genotypes differing in Cd tolerance at seedling stage. Field Crop Res. 77: 93-98

Effects of air polluting metals on plant species in industrial cities (review article)

Fatemeh Amiri Baghbadrani [1*] Mahboobeh Cheraghi [2]
1*- Master of Environment. Production, productivity and municipality expert of Lenjan city
2- Department of Environmental Engineering, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran
[*]Email Address: Fatemeh.amiri.env@gmail.com

Abstract
Metal particles polluting the air cause damage to living things and plants. Plants grown in a dusty environment show signs of damage. Plants are very efficient at trapping atmospheric particles. Depending on the dust load and duration and tolerance of plants to particles, damage and negative changes may occur in leaf surface, leaf structure and plant growth inhibition, reduction of leaf surface and therefore reduction of total biomass. Investigating the pattern of changes and adaptation of plant species for resistance and survival in the conditions of stress caused by environmental pollutants is useful and efficient in knowing the performance of species and effective exploitation of species, especially in industrial and urban environments. The elements available to plants in the environment are classified into two general categories: essential elements for survival and toxic and non-essential elements. Metals Ni, Co, Zn, MoMn, Fe, Cu are among the low consumption and essential elements for the survival of plants, and metals Al, Cd, Cr, Hg, Pb are toxic and non-essential elements. The presence of the lowest concentration of unnecessary elements in the environment around plants causes complications and the occurrence of biological reactions in order to deal with and adapt to stressful factors in the plant.

Introduction
Rapid urbanization and industrialization in many countries and regions of the world have led to the release of large amounts of suspended particles into the atmosphere. Atmospheric suspended particles can have very variable production sources and sizes. The concentration of metals in industrial urban environments is caused by natural (soil-generated) or human (man-made) sources, however, according to many studies of the sources of metal pollution in the dust of urban streets, it is mainly caused by human activities from such as car traffic and the erosion of pads and tires and the depreciation of car parts, the erosion of buildings, industries and the combustion of fossil fuels (Addo et al., 2012). Atmospheric dust is one of the important sources of heavy metals, especially in the environment. It is considered urban and industrial (boucko., 2010).
Metal pollutants usually do not disappear and self-sustainability mechanisms are evident in them, and therefore they can enter food chains and cause damage to ecosystems (Mahmoudi and Khademi, 2012). Air pollutants and airborne particles that include metal particles cause damage to living things and plants (Sawidis et al., 2011). Plants grown in a dusty environment show signs of damage (Kulshreshtha et al, 2009).
Plants are very efficient at trapping atmospheric particles. Depending on the dust load and duration and tolerance of plants to particles, damage and negative changes may occur in leaf surface, leaf structure and plant growth inhibition, reduction of leaf surface and therefore reduction of total biomass. Therefore, examining the pattern of changes and adaptation of plant species for resistance and survival in stress conditions caused by environmental pollutants is useful in knowing the species' performance and effective exploitation of these species, especially in industrial and urban environments. And it is efficient.
Vegetation is an important tool for removing nitrogen particles from the atmosphere. Studies show that leaves are the most sensitive part of a plant and can help absorb and stabilize dust in the environment. The sensitivity of leaves is based on the fact that most physiological

activities are based on leaves. Therefore, leaves in different stages of development and growth can act as a good indicator for air pollutants.

In urban environments and industrial areas, trees have a purifying role against pollutants caused by industrialization. Plants are completely exposed to contamination due to lack of movement. Urban plants are constantly exposed to various types of air pollutants with high levels, which causes chronic damage to their physiological, morphological and anatomical characteristics. Air pollution is very effective in changing morphology, and pollutants not only affect the structure, but the change in the morphology of plants, while they can be effective in reducing air pollution to some extent, is affected by pollutants.

2- Elements in the air in industrial cities and their producing sources

Elements available to plants in the environment are classified into two general categories: essential elements for survival and toxic and unnecessary elements. Metals Ni, Co, Zn, MoMn, Fe, Cu are considered among the low consumption and essential elements for the survival of plants, and metals Al, Cd, Cr, Hg, Pb are toxic and unnecessary elements (Rosselli et al, 2006). The presence of the lowest concentration of unnecessary elements in the environment around plants causes complications and the occurrence of biological reactions in order to deal with and adapt to stressful factors in the plant. On the other hand, plants use low consumption elements in a small but necessary amount.

However, the increase in the environmental dose of plant exposure to low consumption elements causes disruption and stress in the plant, and signs of resistance and adaptation will be observed in plants, and it also causes physiological, morphological and anatomical abnormalities in plants (Rubio). et al., 2012) some of the most important and abundant toxic elements in the air of industrial cities are presented below.

3-The effect of metallic pollutant particles on vegetation in urban and industrial environments

Pollutants discharged from cars mainly affect phenology, fruiting period, leaf and leaf surface senescence, wax characteristics, biomass production, seed germination, seedling growth, leaf physiology and biology (Iqbal et al. , 2015). The overall decrease in leaf area and leaf weight is caused by exhaust pollution (Tiwari et al., 2008). Kulshreshtha et al., 2009 reported that the particles from the exhaust of cars settled on the leaves and It reduces plant growth. The sensitivity of plants is different and it shows different reactions depending on the type of pollutant and its concentration. Particulate pollutants can cause many lethal effects in plants, such as stomatal blockage, reduced photosynthesis, leaf fall, and dead tissue (Younis et al., 2013).

Depending on the dust load and the duration and tolerance of plants to particles, there may be damage and negative changes in the leaf surface, leaf structure and inhibition of plant growth and as a result the reduction of the total biomass, causing stress due to contact with metals, leading to the appearance of similar symptoms Symptoms of drought stress such as increased leaf thickness. Several studies have shown that when plants are exposed to high concentrations of heavy metals, their fresh weight, dry weight and leaf length decrease (Souza and Rauser., 2003). In the presence of metals, the opening of stomata is affected (Doganlar et al., 2012).

Clogging of stomata reduces photosynthesis (Pourkhabbaz et al., 2010). Exposure of leaves to high traffic reduces leaf chlorophyll content and pollution stress in plants. Damage to photosynthesis occurs mainly due to the reduction of chlorophyll and the increase of lipid peroxidation. Almost every plant process is directly or indirectly affected by the water content of the plant, and water can be considered an essential factor in regulating plant growth. Therefore, in connection with the responses of plants to environmental stresses, special attention is paid to water relations from the cellular level to the whole plant. Heavy metals cause a decrease in relative water (Subbaro et al., 2000).

Studies show that reducing the transmission level is more effective than increasing the aperture resistance. Metals reduce plant growth and reduce photosynthesis. One of the most obvious effects of plant growth reduction is the reduction of the leaf area (Shariatamdari et

al., 2011). Therefore, if the amount of photosynthesis per unit of leaf area does not change, the growth rate will decrease due to the decrease in the amount of photosynthesis in the whole plant (which is the result of the decrease in the area of photosynthesis leaf will decrease (Shariatamdari et al., 2011). Stomatal density is an important parameter of plant adaptation to the environment and it affects gas exchange and photosynthesis by creating physiological changes (Pompelli et al., 2010). Below are some of the effects of each metal.

Conclusion

Trees can be used for biomotoring to detect low concentrations of atmospheric pollutants. Although the difference between the load of metals obtained from soil and air sediments is hard and difficult and uncertain, but it is possible to study the cumulative effects of soil and air by using biological monitoring and examining the adaptations of plant organs and the qualitative changes of the environment. made it distinct and obvious. Elemental analysis of plant samples is a simple and easy alternative and an effective way to conduct urban environmental research (Markert, 1995; Aksoy et al., 2000).

Of course, compared to lower plants (mushrooms and lichen), trees have less potential for biological monitoring, but because their distribution is high in the city (Kardel et al, 2010. Norouzi and Khademi, 2015), they are very effective in biological monitoring and They are effective. Their biggest advantage is their long life and wide spatial distribution and the simplicity and low cost of their sampling, so they can be used for the temporal and spatial distribution of metals in the urban environment. Therefore, knowing the effects of metals on tree species and vegetation and investigating their changes has an effective role in managing air pollution in industrial areas.

Keywords

Urban green space, morphological changes, suspended particles, air pollutants