

# 园林植物消减大气颗粒物研究进展

孙晓丹<sup>1</sup>, 李海梅<sup>1</sup>, 周春玲<sup>1</sup>, 王小柱<sup>2</sup>

(1. 青岛农业大学 园林与林学院, 山东 青岛 266109; 2. 济南亿禾世纪园林绿化有限公司, 山东 济南 250100)

**摘要:**随着城市的快速发展,空气污染越来越严重,尤其是近年来雾霾在多个城市频繁出现,使人们越来越多的关注更小的  $PM_{2.5}$  等大气颗粒物的作用 and 影响。种植园林植物是有效阻滞粉尘、消减大气颗粒物、改善空气质量、提升居民生活水平的方法之一。该研究介绍了大气颗粒物的污染特征、时空动态及其影响因素,并对不同植物个体和不同绿地结构消减大气颗粒物的能力进行了分析,提出了园林植物消减大气颗粒物研究中存在的问题和发展趋势,旨在为今后人们进行相关研究及利用植物改善城市空气质量提供参考依据。

**关键词:**园林植物;滞尘效益;大气颗粒物

**中图分类号:**S 688 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2015)24-0184-05

近些年来,随着城市建设和经济的快速发展,煤炭燃料燃烧、工业粉尘颗粒物、汽车尾气的排放等污染产生了大量的有害颗粒物,使得城市空气质量不断下降,带来了一系列的环境问题,尤为突出的表现在日益严重的雾霾天气上。自2013年以来,以北京为首的全国中东部地区陷入了严重的雾霾天气中,环境问题成为大家关注的焦点,空气质量亟待改善。雾霾的主要成分是二氧化硫、氮氧化物和可吸入颗粒物,空气中的  $PM_{10}$  可以进入人体上呼吸道,而其成分  $PM_{2.5}$  可直接进入肺部进行气体交换,严重危害人类健康<sup>[1]</sup>,因此,以  $PM_{10}$ 、 $PM_{2.5}$  为代表的大气颗粒物日益受到人们的重视。植物可以通过截取和固定大气尘埃有效阻滞灰尘,提高空气质量,利用园林植物消减大气颗粒物是提高空气质量的有效方法之一。

## 1 大气颗粒物污染特征

### 1.1 区域特征

近些年,世界各地空气质量出现下降的趋势,除了中国,英国、德国等工业国家也出现了严重的雾霾现象。总体而言,学者对天山16个城市  $PM_{10}$  浓度的研究表明,南坡高于北坡<sup>[2]</sup>。在我国,  $PM_{10}$ 、 $PM_{2.5}$  的浓度东部>西部,北方>南方,  $PM_{10}$ 、 $PM_{2.5}$  是大范围雾霾天气的主要

贡献者,  $PM_{10}$  浓度的热点集中在冀南、关中-天水、淮海等经济区,  $PM_{2.5}$  浓度的热点集中在京津冀、长三角、华南沿海等区域<sup>[3]</sup>。而在沿海地区,青岛、长江三角洲、珠江三角洲等地区的污染水平相对较低,这可能与其特殊的地理位置(沿海地区,东南季风空气湿润)有关<sup>[4]</sup>。而如工业地区等污染越严重的地方,其颗粒物浓度越大。

### 1.2 时间变化特征

首先,大气颗粒物的浓度具有日变化特征。北京监测站监测细颗粒物( $PM_{10}$ 、 $PM_{2.5}$ )9年,结果表明,一天中细颗粒物浓度呈现早晚最高、中午最低的趋势<sup>[5]</sup>,朱颖<sup>[6]</sup>对武汉市  $PM_{10}$ 、 $PM_{2.5}$  观测,李新宇等<sup>[7]</sup>对北京市不同主干道绿地群落对大气  $PM_{2.5}$  浓度消减作用的研究得到相似的规律,即颗粒物的日变化特征呈现“双峰单谷”型。对于  $PM_{2.5}$  还具有季节性日变化模式:整体上是冬季夜间质量浓度高于白天,夏季白天质量浓度高于夜晚。

同时,大气颗粒物还具有季节变化特征,但不同学者在不同地区的研究结果不同。2007—2013年天山地区  $PM_{10}$  监测结果显示,在北坡是冬季浓度最高,在南坡则是春季浓度最高,主要受人为、降水等因素的影响<sup>[2]</sup>;段慧玲<sup>[8]</sup>对北方某市区大气颗粒物污染特征的研究中表明, TSP、 $PM_{10}$ 、 $PM_{2.5}$  浓度的季节变化规律为冬季>春季>秋季>夏季,武汉<sup>[6]</sup>、重庆<sup>[9]</sup>、保定<sup>[10]</sup>等城市也得到同样结果;而在陈治宇<sup>[11]</sup>对佛山市城区交通  $PM_{2.5}$  污染特征的研究中,  $PM_{2.5}$  浓度的季节变化规律为秋季>冬季>夏季,张强华<sup>[12]</sup>对南京  $PM_{10}$  的检测结果表明其春季浓度>冬季>秋季>夏季,但是总体上大气颗粒物在冬季浓度>夏季,或者说采暖季>非采暖季。造成差异的原因可能与监测时段的选择有关。当然,  $PM_{2.5}$  浓度

**第一作者简介:**孙晓丹(1991-),女,硕士研究生,研究方向为城市生态。E-mail:sunxiaodan6339@126.com.

**责任作者:**李海梅(1975-),女,博士,教授,现主要从事城市生态学等研究工作。E-mail:lihaimei751@163.com.

**基金项目:**国家自然科学基金资助项目(31100512);山东省青年基金资助项目(BS2012NY005);青岛市科技局资助项目(13-1-4-165-jch)。

**收稿日期:**2015-07-30

季节变化与气象条件季节性变化、监测时段的选取、污染源的排放以及大气光化学反应等因素有关,也受气流输送的影响,牛彧文等<sup>[13]</sup>研究发现深圳  $PM_{2.5}$  浓度值季节性差异较大,当夏季主导风向来自西南或东南海面时,大气环境质量较好,冬季主导风向来自北方内陆时,大气环境质量较差。

### 1.3 空间变化特征

大气颗粒物空间变化特征较复杂,赵宙等<sup>[14]</sup>通过不同粒径颗粒物的分析表明,颗粒物越细,其空间分布差异越大;杨维<sup>[15]</sup>对北京城区颗粒物浓度空间变化研究表明,水平方向上同一时间点,不同粒径的颗粒物浓度分布不同,粒径越小,浓度值越高,竖直方向上,不同高度上  $PM_{2.5}$  浓度随时间变化而变化,随高度增加,  $PM_{2.5}$  浓度先降低再升高;樊文雁等<sup>[16]</sup>观测表明,雾天低层浓度明显偏高。

## 2 大气颗粒物污染的影响因素

不同的大气颗粒物受影响的因素不同。对于不同颗粒物之间的影响,覃国荣<sup>[10]</sup>、王玮<sup>[17]</sup>的研究表明, TSP、 $PM_{10}$ 、 $PM_{2.5}$  质量浓度呈明显的正相关,朱颖<sup>[6]</sup>、王蕾等<sup>[18]</sup>的研究发现,  $PM_{2.5}$  是  $PM_{10}$  中的主要组成部分。

对于外界环境对颗粒物污染的影响,BO 等<sup>[19]</sup>对北京空气可吸入颗粒物的研究表明,气象要素对空气污染有约束作用,空气质量数据和湿度、降水、风速和温度线性相关。吴文<sup>[20]</sup>研究发现,  $PM_{2.5}$  和  $PM_{10}$  浓度与温度呈正相关,与气压和能见度呈负相关,相关性均不显著,与湿度和风速未呈现一定的相关性。而朱颖<sup>[6]</sup>的研究结果中,  $PM_{10}$  和  $PM_{2.5}$  浓度与温度呈负相关。覃国荣<sup>[10]</sup>的研究除了说明  $PM_{10}$  和  $PM_{2.5}$  浓度与降水量成反比、降水能有效地清除大气中的颗粒物外,还指出风速和风向对颗粒物质量浓度的影响:当风速超过 2.0 m/s 时,  $PM_{10}$  和  $PM_{2.5}$  浓度开始下降,超过 5.0 m/s 时,会造成扬尘污染;当主导风向为东风时,颗粒物质量浓度最高,主导风向为西风时,颗粒物质量浓度最低。另外,王玮<sup>[17]</sup>探究了多种颗粒物浓度的影响因素,在 5% 显著水平上, TSP 和  $PM_{10}$  与风速、温度呈负相关, TSP 与相对湿度以及车流量等相关性不大。

总体来看,大气颗粒物浓度或多或少的受一些环境因素的影响,但由于其复杂性及影响因素的多样性,加之各位学者所研究的地区不同,所得结果也存在一定的差异。

## 3 园林植物消减大气颗粒物的研究

园林植物是目前消减大气颗粒物的有效途径,由于空气污染的不断加重,人们对绿化也越来越重视,学者对植物消减颗粒物的研究也较多,主要集中在不同植物个体消减大气颗粒物的比较及机理研究方面,近些年,

人们也开始进行植物群落结构与颗粒物的相关性研究。

### 3.1 植物个体消减大气颗粒物能力分析

不同树种的单位叶面积滞尘能力差异明显,其平均值的最大值与最小值之间相差达 5 倍以上<sup>[21]</sup>。李新宇等<sup>[22]</sup>对北方常见乔木树种滞留颗粒物能力进行研究表明,常绿乔木中,雪松的单位叶面积滞尘量是油松的 5 倍多,落叶乔木中,银杏的单位叶面积滞尘量是绦柳的 20 多倍。江胜利<sup>[23]</sup>对杭州地区常见园林绿化植物滞尘能力的研究中显示,5 种灌木一年平均滞尘能力为:无刺枸骨>紫薇>红叶石楠>金边黄杨>红花檵木。刘霞等<sup>[24]</sup>对青岛市城阳区主要树种滞尘能力研究表明,乔木树种单位叶面积滞尘能力依次为悬铃木>紫叶李>女贞>樱花>白蜡;灌木树种的滞尘能力依次为紫荆>紫薇>连翘>火棘。

国内外对植物个体消减大气颗粒物的研究比较深入,植物叶面滞留大气颗粒物的能力受叶面微形态、叶面倾角、树冠结构等多方面因素的影响,其消减大气颗粒物的能力也不同。

3.1.1 植物叶表面微形态对消减颗粒物的影响 叶片是植物滞留大气颗粒物最主要的载体,由于植物叶表面微形态的差异使不同植物对空气颗粒物的阻滞吸附作用不同。SAEBOE 等<sup>[25]</sup>通过分析不同粒径颗粒物在不同物种叶表面的积累发现,利于植物阻滞  $PM_{2.5-10}$  的重要属性是植物叶表面的毛和蜡质物等;杨佳等<sup>[26]</sup>研究发现,气孔密度大于 217 N/mm<sup>2</sup> 的植物有利于滞留颗粒物,有绒毛的树种滞留  $PM_{2.5}$  能力更强。贾彦等<sup>[27]</sup>对 7 种绿化植物的微观测定结果显示,叶表沟壑较窄的叶片对粒径较小的颗粒表现出较强的滞尘能力。陆锡东等<sup>[21]</sup>研究发现,叶表面结构粗糙、叶片柔软的树种单位叶面积滞尘量较大;李辰<sup>[28]</sup>研究指出,滞留颗粒物能力较好的植物叶片表面会分泌粘性物质且具有更多的气孔和沟状结构;刘璐等<sup>[29]</sup>研究表明,叶表面具有网状结构,形态结构凹凸不平,具有钩状或脊状褶皱、气孔密度较大(20<气孔密度<60 个)且气孔开口较大的植物容易滞留粉尘。此外,叶片接触角的大小也是影响植物叶片滞尘能力的主要因素,李辰<sup>[28]</sup>、刘璐等<sup>[29]</sup>、黄宇轩<sup>[30]</sup>的研究发现接触角越大,滞尘量越小,刘颖等<sup>[31]</sup>在对道路绿地植物滞尘效益研究中表明,叶面接触角对植物滞留颗粒物会产生促进和制约的双重效应。尽管植物的枝干、树皮也具有一定的滞尘能力,在冬季树木落叶以后也能减少空气含尘量的 18%~20%,但植物的叶片仍然是植物滞尘的主要部位<sup>[32]</sup>。

3.1.2 植物枝叶密度、叶片倾角对消减颗粒物的影响 研究表明,因不同植物的树冠结构、枝叶密度以及叶片倾角的不同,其阻滞大气颗粒物的能力也不同,树冠丰满、枝繁叶茂的植物有利于降低风速,更好地阻挡大气

颗粒物的飞扬,也有利于叶片阻滞粉尘,从而使粉尘更快得到沉降。近几年的研究也越来越深入。俞雪如<sup>[33]</sup>对法国冬青 4 个叶片着生角度范围研究发现,60°~90°范围内的滞尘量最大,30°~60°范围内的滞尘量最小。

3.1.3 植物叶绿素含量对消减颗粒物的影响 植物个体自身的叶绿素含量、光合和呼吸作用同样影响其滞尘能力。张放<sup>[34]</sup>对长春市 3 种主要灌木滞尘能力研究表明,植物体内的叶绿素含量与其滞尘量存在负相关关系,植物体内的质膜相对透性与其滞尘量存在正相关关系,蒙尘会对植物的生理产生胁迫。李海梅等<sup>[35]</sup>对城阳绿化道路和校园植物滞尘能力对比研究表明,在大气污染较严重的环境下,植物质膜透性相对较高,叶绿素含量较低。而黄宇轩<sup>[36]</sup>对南方 21 种植物研究表明,夹竹桃、珊瑚、复羽叶栎树的滞尘能力强,其叶绿素含量均较高,这 3 种植物可作为滞尘固碳的首要选择树种。因此,植物在保持自身生长良好的状态下才能更好的阻滞空气颗粒物,所以叶绿素与植物的滞尘能力密切相关。

3.1.4 不同生活型植物对消减颗粒物的影响 苏俊霞等<sup>[37]</sup>的研究表明,不同生活型植物滞尘能力大小为草本>灌木>乔木>藤本;而江胜利等<sup>[38]</sup>的研究表明,对杭州道路绿化植物滞尘能力为灌木>草本>乔木,还指出植物叶片不同高度的滞尘能力为下部>中部>上部。对于植物综合滞尘能力,王蓉丽等<sup>[39]</sup>的研究表明,不同类型园林综合滞尘能力为常绿乔木>常绿灌木>落叶灌木>落叶乔木>草坪植物。乔木由于其高达的树体主要是阻滞大气中的扬尘,灌木则主要是针对空气中的降尘有较好的吸附作用,而地被或草坪则主要是固定地表的尘土,以防止二次扬尘。

### 3.2 不同绿地结构消减大气颗粒物能力分析

不同植物群落对绿地消减大气颗粒物产生重要的作用,阮氏清草<sup>[40]</sup>研究了 5 种城市植被类型和对照点年均对 PM 浓度吸附效率排序是:阔叶林>混交林>灌木林>针叶林>对照>草地(TSP);阔叶林>针叶林>灌木林>混交林>对照>草地(PM<sub>10</sub>)和针叶林>混交林>阔叶林>灌木林>对照>草地(PM<sub>2.5</sub>和 PM<sub>10</sub>)。对于不同绿地结构,郑少文等<sup>[41]</sup>对山西农业大学校园内的 3 种绿地类型研究表明,乔-灌-草型绿地对大气颗粒物的消减作用>灌-草型>单一草坪;罗曼<sup>[42]</sup>对武汉市青山区不同群落结构绿地研究表明,乔-灌-草>乔-草>灌-草>乔木>草坪(PM<sub>2.5</sub>和 PM<sub>10</sub>),乔-灌-草>灌-草>乔-草>乔木>草坪(TSP),因此,除了选择滞尘能力较强的植物种类,还应注意乔、灌、草的搭配,以便更好的消减大气颗粒物。

在道路绿带中,“(乔+灌+草)-乔”的配置结构有利于遮阴,对大气颗粒物的消减效果明显优于为追求美观的“乔-灌-草”的渐次配置类型<sup>[43]</sup>。另外,王月容等<sup>[44]</sup>对

北京市道路绿地对 PM<sub>2.5</sub> 的消减作用的研究指出,其宽度至少要达到 30 m 左右才能取得较好的滞留颗粒物的作用,同时,复层履带要优于单层履带。而对于公园绿地植物配置结构层次,总体为 1~2 层的乔林或“乔+草”结构、群落骨干树种突出、乔木规格较大(一般胸径 20 cm 以上)、建成多年且健康稳定的绿地配置模式对 PM<sub>2.5</sub> 的消减作用明显<sup>[43]</sup>。刘萌萌<sup>[45]</sup>研究表明,其研究样地消减 PM<sub>2.5</sub> 等颗粒物的有效宽度为 18~23 m,并建立了林带有效宽度-林带指标关系模型。

## 4 存在问题及发展趋势

综上所述,对于大气颗粒物的研究在其污染特征、变化规律、植物个体对其消减能力等方面进行了较全面的研究,并取得了相关研究成果,但在某些方面仍需要做进一步研究。首先,现在关于园林植物对大气颗粒物的作用研究多集中在 TSP 和 PM<sub>10</sub>,关于植物吸附更小颗粒物如 PM<sub>2.5</sub>、PM<sub>10</sub> 的研究相对较少,数据资料相对有限。其次目前植物对总颗粒物滞留量的测定方法主要是重量差值法,相比之前常用的滤纸过滤,现在多采用更精确的微孔滤膜过滤<sup>[46-48]</sup>,不同颗粒物的研究主要使用的方法有 2 种,一种是用环境粉尘仪测定叶片在气溶胶再发生装置里产生的不同粒径颗粒物的质量<sup>[49]</sup>。另一种是用环境扫描电镜观察影像后提取颗粒物进行软件统计分析<sup>[50-53]</sup>,但 2 种方法均存在一定的局限性,前者叶片上的部分颗粒物可能无法被完全吹起而造成所测得的颗粒物质量偏小,后者由于有些植物叶表面突起等结构在图像提取过程中影响颗粒物的统计进而影响统计结果,因此,研究方法和技术手段还有待进一步提高。

种植园林植物是消减颗粒物、减少雾霾危害的主要方式之一,但植物种类差异、植物配置方式、绿带结构、园林绿化规模等对治理大气颗粒物污染方面的研究较缺乏。园林植物消减大气颗粒物影响因素的多样化使研究者在设计试验等方面也面临着巨大的挑战,而在影响因素中,哪些特性或特征是影响植物滞尘的主要因素也是未来研究的重要方向。例如,有的学者认为影响滞留大气颗粒物能力的主要结构为蜡质结构(如大叶黄杨、小叶黄杨等),由于其叶表面分泌黏性物质<sup>[28,53]</sup>,而有的学者则认为蜡质结构的疏水性使叶表面与颗粒物的接触角变小,导致植物滞尘力变弱<sup>[21,54]</sup>。另外,受不同区域气候条件、不同污染来源等影响,颗粒物污染的特征也不同,目前研究地区比较局限,多集中在北京、天津、武汉等地。各城市应针对城市颗粒物污染情况及该地区适宜采用的消减方式来进行植物的选择和配置。园林植物对大气颗粒物的消减作用监测工作应长期进行,各地区建立起全面的数据库,为今后植物改善环境等相关工作提供理论依据和技术支持。



## 参考文献

- [1] GHOLAMREZA G, MOHAMMAD S, FATEMEH K, et al. Particulate matter and bacteria characteristics of the Middle East Dust (MED) storms over Ahvaz, Iran[J]. *Aerobiologia*, 2014(30): 345-356.
- [2] WANG S J, ZHANG M J, MARI A C M, et al. PM<sub>10</sub> concentration in urban atmosphere around the eastern Tien Shan, Central Asia during 2007—2013[J]. *Environ Sci Pollut Res*, 2014, 22(9): 6864-6876.
- [3] 潘竞虎, 张文, 李俊峰, 等. 中国大范围雾霾期间主要城市空气污染物分布特征[J]. *生态学杂志*, 2014(12): 3423-3431.
- [4] 古金霞. 天津市区 PM<sub>2.5</sub> 污染特征及灰霾等级评价方法研究[D]. 天津: 南开大学, 2010.
- [5] ZIRUI L, BO H, LILI W, et al. Seasonal and diurnal variation in particulate matter (PM<sub>10</sub> and PM<sub>2.5</sub>) at an urban site of Beijing analyses from a 9-year study[J]. *Environ Sci Pollut Res*, 2015(22): 627-642.
- [6] 朱颖. 武汉市南湖大道南侧 PM<sub>10</sub>、PM<sub>2.5</sub> 及其重金属污染特征[D]. 武汉: 华中农业大学, 2014.
- [7] 李新宇, 赵松婷, 李延明, 等. 北京市不同主干道绿地群落对大气 PM<sub>2.5</sub> 浓度消减作用的影响[J]. *生态环境学报*, 2014(4): 615-621.
- [8] 段慧玲. 北方某市区大气颗粒物污染特征与化学组分解析[D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2012.
- [9] 陈敏. 重庆市主城区大气 PM<sub>10</sub>、PM<sub>2.5</sub> 中 PAHs 分布规律解析[D]. 重庆: 西南大学, 2013.
- [10] 覃国荣. 保定市 PM<sub>10</sub> 和 PM<sub>2.5</sub> 污染特征研究[D]. 保定: 河北大学, 2014.
- [11] 陈治宇. 佛山市城区交通环境 PM<sub>2.5</sub> 污染特征及源解析研究[D]. 广州: 华南理工大学, 2013.
- [12] 张强华. 南京市工业和商业区域可吸入颗粒物的污染特征及控制研究[D]. 南京: 南京理工大学, 2012.
- [13] 牛彧文, 何凌燕, 胡敏, 等. 深圳冬、夏季大气细粒子及其二次组分的污染特征[J]. *中国科学(B辑 化学)*, 2006(2): 173-180.
- [14] 赵宙, 王赞红, 张玉亮, 等. 城市近地面大气颗粒物空间分布的监测与分析[J]. *生态环境*, 2008(3): 980-984.
- [15] 杨维. 北京城区 PM<sub>2.5</sub> 浓度空间变化及对呼吸健康影响[D]. 北京: 首都师范大学, 2013.
- [16] 樊文雁, 胡波, 王跃思, 等. 北京雾、霾天细粒子质量浓度垂直梯度变化的观测[J]. *气候与环境研究*, 2009(6): 631-638.
- [17] 王玮. 马鞍山市道路清扫对空气悬浮颗粒物浓度影响的调查研究[D]. 马鞍山: 安徽工业大学, 2012.
- [18] 王蕾, 高尚玉, 刘连友, 等. 北京市 11 种园林植物滞留大气颗粒物能力研究[J]. *应用生态学报*, 2006(4): 4597-4601.
- [19] BO C, SHAOWEI L, SHAONING L, et al. Impact of fine particulate fluctuation and other variables on Beijing's air quality index[J/OL]. *Environ Sci Pollut Res*, DOI:10.1007/S11356-014-4024-2.
- [20] 吴文. 合肥市大气颗粒物污染特征研究[D]. 合肥: 合肥工业大学, 2014.
- [21] 陆锡东, 李萍娇, 贺庆梅, 等. 宜州城区 5 种行道树叶表面特征及滞尘效果比较[J]. *河池学院学报*, 2014(5): 37-43.
- [22] 李新宇, 赵松婷, 李延明, 等. 北方常用园林植物滞留颗粒物能力评价[J]. *中国园林*, 2015(3): 72-75.
- [23] 江胜利. 杭州地区常见园林绿化植物滞尘能力研究[D]. 杭州: 浙江农林大学, 2012.
- [24] 刘霞, 李海梅. 青岛市城阳区主要园林树种叶片表皮形态与滞尘量的关系[J]. *生态学杂志*, 2008, 27(10): 1659-1662.
- [25] SAEBOE A, POPEK R, NAWROT B, et al. Plant species differences in particulate matter accumulation on leaf surface[J]. *Science of the Total Environment*, 2012, 427-428: 347-354.
- [26] 杨佳, 王会霞, 谢滨泽, 等. 北京 9 个树种叶片滞尘量及叶面微形态解释[J]. *环境科学研究*, 2015(3): 384-392.
- [27] 贾彦, 吴超, 董春芳, 等. 7 种绿化植物滞尘的微观测定[J]. *中南大学学报*, 2012, 43(11): 4547-4553.
- [28] 李辰. 社区散生林木叶片滞留大气颗粒物能力研究[D]. 北京: 北京林业大学, 2014.
- [29] 刘璐, 管东生, 陈永勤. 广州市常见行道树种叶片表面形态与滞尘能力[J]. *生态学报*, 2013(8): 2604-2614.
- [30] 黄宇轩. 6 种公路常绿植物叶面特性对滞尘效果的影响研究[J]. *南方林业科学*, 2015(2): 42-44.
- [31] 刘颖, 李朝炜, 邢文岳, 等. 城市交通道路绿化植物滞尘效应研究[J]. *北方园艺*, 2015(3): 77-81.
- [32] 赵松婷, 李延明, 李新宇, 等. 园林植物滞尘规律研究进展[J]. *北京园林*, 2013(1): 25-30.
- [33] 俞学如. 南京市主要绿化树种叶面滞尘特征及其与叶面结构的关系[D]. 南京: 南京林业大学, 2008.
- [34] 张放. 长春市街道绿化现有灌木调查及 3 种主要灌木滞尘能力研究[D]. 长春: 吉林农业大学, 2013.
- [35] 李海梅, 王珂. 青岛市城阳区 5 种绿化植物滞尘能力研究[J]. *山东林业科技*, 2009(3): 34-36.
- [36] 黄宇轩. 南方地区 21 种绿色植物叶绿素含量与滞尘能力关系试验研究[J]. *湖南交通科技*, 2015(1): 172-173.
- [37] 苏俊霞, 靳绍军, 闫金广, 等. 山西师范大学校园主要绿化植物滞尘能力的研究[J]. *山西师范大学学报(自然科学版)*, 2006(2): 85-88.
- [38] 江胜利, 金荷仙, 许小连. 杭州市常见道路绿化植物滞尘能力研究[J]. *浙江林业科技*, 2011(6): 45-49.
- [39] 王蓉丽, 方英姿, 马玲. 金华市主要城市园林植物综合滞尘能力的研究[J]. *浙江农业科学*, 2009(3): 574-577.
- [40] 阮氏清草. 城市森林植被类型与 PM<sub>2.5</sub> 等颗粒物浓度的关系分析[D]. 北京: 北京林业大学, 2014.
- [41] 郑少文, 邢国明, 李军, 等. 不同绿地类型的滞尘效应比较[J]. *山西农业科学*, 2008, 36(5): 70-72.
- [42] 罗曼. 不同群落结构绿地对大气颗粒物的消减作用研究[D]. 武汉: 华中农业大学, 2013.
- [43] 王国玉, 白伟岚, 李新宇, 等. 北京地区消减 PM<sub>2.5</sub> 等颗粒物污染的绿地设计技术探析[J]. *中国园林*, 2014(7): 70-76.
- [44] 王月容, 李延明, 李新宇, 等. 北京市道路绿地对 PM<sub>2.5</sub> 浓度分布与消减作用的影响[J]. *湖北林业科技*, 2013(6): 4-9.
- [45] 刘萌萌. 林带对阻滞吸附 PM<sub>2.5</sub> 等颗粒物的影响研究[D]. 北京: 北京林业大学, 2014.
- [46] 阿丽亚·拜都热拉, 玉米提·哈力克, 塔依尔江·艾山, 等. 阿克苏市 5 种常见绿化树种滞尘规律[J]. *植物生态学报*, 2014(9): 970-977.
- [47] 阿丽亚·拜都热拉, 玉米提·哈力克, 塔依尔江·艾山, 等. 干旱区绿洲城市主要绿化树种最大滞尘量对比[J]. *林业科学*, 2015(3): 57-64.
- [48] 王会霞, 石辉, 王彦辉. 典型天气下植物叶面滞尘动态变化[J]. *生态学报*, 2015(6): 1696-1705.
- [49] 王兵, 张维康, 牛香, 等. 北京 10 个常绿树种颗粒物吸附能力研究[J]. *环境科学*, 2015(2): 408-414.
- [50] MARC O, HEIN D B, ALEX L A F. Quantifying the deposition of particulate matter on climber vegetation on living walls[J]. *Ecological Engineering*, 2010(36): 154-162.
- [51] YINGSHI S, BARBARA A M, FENG L, et al. Particulate matter deposited on leaf of five evergreen species in Beijing, China; Source identification and size distribution[J]. *Atmospheric Environment*, 2015, 105: 53-60.

DOI:10.11937/bfyy.201524050

# 农作物 EMS 诱变研究进展

黄冬福, 付文婷, 韩世玉, 何建文

(贵州省农业科学院 辣椒研究所, 贵州 贵阳 550006)

**摘 要:**EMS 是一种操作简单、突变频率高、特异性强的典型化学诱变剂。EMS 诱变获得的突变体对作物育种和功能基因组学研究具有非常重要的作用。该文综述了 EMS 化学诱变的原理、诱变效果的影响因素、突变体的筛选与鉴定以及 EMS 在部分农作物中的育种成就等方面的研究进展,同时对未来值得重点关注的研究方向进行了探讨。

**关键词:**甲基磺酸乙酯(EMS);诱变;突变体

**中图分类号:**S 603.6 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2015)24-0188-07

农作物是中国乃至世界上最重要的基本食物来源之一。表现突出的种质资源是作物育种的关键。育种和生产水平的提高,给农作物的种质创新带来机遇的同时也带来了挑战,单纯对地方品种进行提纯复壮、引进品种和简单杂交很难再获得突破性的种质。通过人工诱变分离一些具有利用价值的变异材料成为作物新品

种选育的有效途径。根据突变体的产生方式,人工诱导可分为 DNA 插入突变和物理化学诱变。插入突变需要进行组织培养和农杆菌转化,工作量大、周期长,此外,还存在突变热点,很多突变表型是组培过程引起等缺点;而理化诱变因其技术简单、突变率高,能在短时间内产生大量突变体,可以在一定程度上克服这些缺点<sup>[1]</sup>。甲基磺酸乙酯(EMS)作为最有效和常用的化学诱变剂,被广泛应用于水稻、小麦、大豆和油菜等作物中。

无论是种子,还是愈伤组织、花粉、花药作为诱变对象,EMS 诱发的点突变或染色体缺失均能稳定地遗传给子代<sup>[2]</sup>,产生丰富的变异表型,但诱变种子容易出现嵌合体的缺陷以及植物组织培养技术的日趋完善大力推

**第一作者简介:**黄冬福(1988-),女,福建三明人,硕士研究生,助理研究员,研究方向为作物遗传育种。E-mail:dfh\_881104@126.com

**基金项目:**贵州省农科院专项基金资助项目(黔农科院专项(2014)018);贵州省创新能力建设资助项目(黔科合院所创新(2012)4003)。

**收稿日期:**2015-07-27

[52] 戴斯迪,马克明,宝乐,等.北京城区公园及其邻近道路国槐叶面尘分布与重金属污染特征[J].环境科学学报,2013(1):154-162.

[53] 赵松婷,李新宇,李延明.园林植物滞留不同粒径大气颗粒物的特征

及规律[J].生态环境学报,2014(2):271-276.

[54] 余曼,汪正祥,雷耘,等.武汉市主要绿化树种滞尘效应研究[J].环境工程学报,2009(7):1333-1339.

## Research Progress of Landscape Plants Reducing Atmospheric Particulate Matter

SUN Xiaodan<sup>1</sup>, LI Haimei<sup>1</sup>, ZHOU Chunling<sup>1</sup>, WANG Xiaozhu<sup>2</sup>

(1. College of Landscape Architecture and Forestry, Qingdao Agricultural University, Qingdao, Shandong 266109; 2. Jinan Ehe-century Landscaping Co. Ltd., Jinan, Shandong 250100)

**Abstract:** With the rapid development of cities, air pollution is more and more serious. Especially the fog and haze appear frequently in several cities in recent years, people pay more and more attention on smaller atmospheric particulate matter as PM<sub>2.5</sub>. Planting garden plants that is one of effective ways to block dust, reduce atmospheric particulate matter, improve air quality and residents' living standard. The pollution characteristics, spatial and temporal dynamic and the influence factors of atmospheric particulate matter were introduced firstly, then the abilities of different plant individuals and different plant configurations to reduce atmospheric particulate matter were analyzed. The problems existing in the research of garden plant to reduce atmospheric particulate matter and the developing trends were put forward finally. It was intended to provide reference for people to do relevant studies and use plants to improve the air quality in cities in the future.

**Keywords:** landscape plants; dust-retention effect; atmospheric particulate matter