

三种粉尘条件下草地早熟禾的滞尘效益及光合作用影响

孙西岭¹, 孙峰², 周春玲¹, 王丹丹¹

(1. 青岛农业大学 园林园艺学院, 山东 青岛 266109; 2. 青岛市植物园管理处, 山东 青岛 266071)

摘要:通过不同粉尘(土壤粉尘、水泥粉尘、燃煤飞灰)模拟扬尘和淋洗试验,研究草地早熟禾对不同粉尘的滞尘能力、淋洗滞留率及粉尘对其光合作用的影响。结果表明:草地早熟禾对燃煤飞灰的滞尘能力大于水泥粉尘和土壤粉尘。平均单位视野的饱和滞尘数:土壤粉尘 367.5 个,水泥粉尘 399.7 个,燃煤飞灰 606.2 个;滞尘数随着时间的加长而增加,直到达饱和值,随后会处于一种复杂的动态平衡状态。土壤粉尘和水泥粉尘在第 6 天扬尘后达到饱和滞尘量,燃煤飞灰则在第 7 天达到;充分淋洗不能完全洗掉叶表的粉尘,燃煤飞灰的淋洗滞留率要大于土壤粉尘和水泥粉尘,土壤粉尘、水泥粉尘、燃煤飞灰的平均淋洗滞留率分别为 19.91%、20.73% 和 38.43%;叶片的净光合速率受 3 种粉尘影响均降低,且随着时间的加长而呈降低趋势,一定时间后分别出现不同程度的恢复。

关键词:草地早熟禾;粉尘颗粒;滞尘能力;淋洗滞留率;净光合速率

中图分类号:S 688.4 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2012)15-0074-04

随着我国城市化水平不断提高,工业化水平的急剧增强,导致了我国城市人口的剧增,加剧了城市自然环境的破坏和污染。我国城市大气污染尤为严重,大气粉尘颗粒物为大气中主要污染物之一,是影响城市空气质量的重要因素,其成分复杂,危害较大^[1-2]。

园林植被是城市生态系统中具有重要自净功能的组成部分,能有效地减少空气中的粉尘含量。植物滞尘效益已经作为城市绿化树种选择的一个重要生态指标^[3]。但城市大气粉尘的尘源复杂,城市不同区域的粉尘组成往往具有差异性。因此,加强园林植物对不同粉尘滞尘能力的研究显得尤为重要。现通过模拟扬尘试验,主要研究草地早熟禾对空气中不同粉尘的滞尘能力以及粉尘对植物光合速率的影响,为减少城市大气粉尘污染及城市园林绿化植物选择提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试材为盆栽草地早熟禾(*Poa pratensis*)。盆栽 45 d

第一作者简介:孙西岭(1986-),男,山东济宁人,在读硕士,研究方向为园林植物与园林生态。E-mail:saxil8@163.com.

责任作者:周春玲(1975-),女,山东莱阳人,博士,副教授,研究方向为城市绿地生态效益和园林植物遗传育种。E-mail:zhou_chl@163.com.

基金项目:山东省自然科学基金资助项目(ZR2010CQ018)。

收稿日期:2012-04-09

后修剪 1 次,修剪 1 周后开始扬尘试验。

1.2 试验方法

试验于 2011 年 4~9 月在青岛农业大学进行。

1.2.1 模拟扬尘方法 将盆栽草地早熟禾移入人工设计的扬尘箱(长×宽×高为 60 cm×60 cm×90 cm)的置物区,进行不同粉尘(土壤粉尘、水泥粉尘、燃煤飞灰)的扬尘,不同粉尘的来源及 pH 值见表 1。扬尘分为土壤粉尘、水泥粉尘和燃煤飞灰 3 个处理。每处理每天扬尘 1 次,每次 3 种粉尘各称取 5 g^[4]。每处理 3 次重复,每重复 6 盆。空白对照不做扬尘处理。

表 1 粉尘来源

类型	土壤粉尘	水泥粉尘	燃煤飞灰
pH 值	9.16	10.69	8.72
来源	308 国道两侧	青岛恒基水泥厂	青岛华为电厂

1.2.2 滞尘测定方法 叶片滞尘数饱和前,每次扬尘后第 2 天选择生长均匀一致、叶倾角相似的叶片置于显微镜放大 400 倍(奥林巴斯 CX41)读取单位视野微粒数(A)。以视野(S)中微粒粒径 $\geq 2.5 \mu\text{m}$ 的粒子数为准,连续观测 15 个视野值,计算单位视野的滞尘数:单位视野滞尘数(M)=A/S。然后,进行人工淋洗,淋洗降雨量大于 15 mm^[5-6](强度 10 mm/h),对叶片进行充分淋洗,再置于显微镜下同样方法算出残留的粒子数(B),算出单位视野的滞留率:微粒淋洗滞留率(R)=B/A×100%^[7]。每处理测定 3 次重复。滞尘数饱和后,每周测量 1 次,测量 5 次。

1.2.3 光合速率测定方法 选取生长均匀一致、叶倾角相似的成熟叶片,测量其光合速率。每周测量1次,每次测定3次重复,连续测量6周。每次测量都选取在上午11:00~12:00。观测仪器为LICOR-6400便携式光合仪测定。

1.3 数据分析

试验数据分析采用Excel软件整理和计算,采用DPS v7.5软件进行差异显著性分析。

2 结果与分析

2.1 扬尘时间对滞尘量的影响

由图1可知,在未达到饱和滞尘量之前,草地早熟禾对3种粉尘的滞留数,随着扬尘时间的增加而增大。其对土壤粉尘和水泥粉尘的滞尘数均在6 d扬尘后增加不显著,而对燃煤飞灰则在7 d扬尘后滞尘数的增加不显著。由此可知,草地早熟禾对土壤粉尘和水泥粉尘在6 d扬尘后到达饱和滞尘量,对燃煤飞灰则在7 d扬尘后达到饱和滞尘量。草地早熟禾叶片的滞尘量不是随扬尘时间无限增长的数量,有一定的饱和滞尘量。在达到饱和滞尘量之后,草地早熟禾对3种粉尘的饱和单位视野滞尘数有一定的变化,但变化不显著。表明草地早熟禾对3种不同粉尘的滞留量在饱和滞尘量之前随着扬尘时间的推移逐渐增加,到一定时间叶片滞留的粉尘量会达到一个动态平衡^[8],即叶片滞尘与粉尘的脱落同时存在,且滞留量与脱落量基本等量。

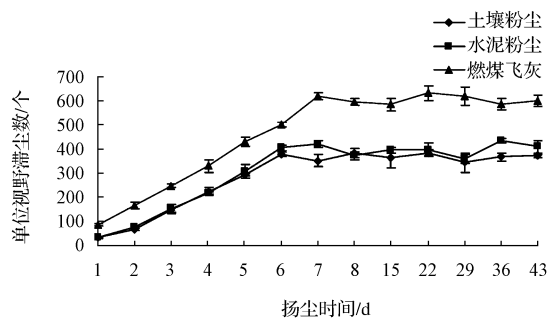


图1 滞尘数随时间的变化

2.2 不同粉尘对滞尘量的影响

由表2可知,草地早熟禾对燃煤飞灰的单位视野滞尘数与其对土壤粉尘和水泥粉尘的差异均达到极显著水平,除36 d外,水泥粉尘与土壤粉尘滞尘数差异均不显著,其与不同粉尘颗粒物自身的理化特性有关。草地早熟禾对3种粉尘的平均单位视野的饱和滞尘数为:土壤粉尘367.5个,水泥粉尘399.7个,燃煤飞灰606.2个。说明在实验室可控条件下,草地早熟禾对燃煤飞灰滞尘能力显著高于土壤粉尘和水泥粉尘。燃煤飞灰的平均单位视野饱和滞尘数分别为土壤粉尘和水泥粉尘的1.6倍和1.5倍。除1、3 d扬尘外,草地早熟禾对水泥粉尘的单位视野滞尘数均大于土壤粉尘。

表2 不同尘源微粒滞尘数比较

扬尘时间/d	不同处理滞尘数/个·单位视野 ⁻¹		
	土壤粉尘	水泥粉尘	燃煤飞灰
1	34.2Bb	31.6Bb	83.5Aa
2	65.2Bb	74.9Bb	164.2Aa
3	144.8Bb	152.7Bb	248.0Aa
4	223.5Bb	218.2Bb	329.5Aa
5	293.9Bb	307.8Bb	429.5Aa
6	378.7Bc	405.0Bb	501.1Aa
7	352.2Bb	420.4Bb	621.3Aa
8	381.1Bb	371.9Bb	595.9Aa
15	364.1Bb	395.4Bb	585.1Aa
22	381.2Bb	398.6Bb	632.3Aa
29	344.1Bb	361.5Bb	620.3Aa
36	367.7Cc	435.2Bb	587.5Aa
43	371.3Bb	409.8Bb	601.0Aa

注:小写字母表示每行数据差异($P<0.05$),大写字母表示每行数据差异($P<0.01$)。下同。

2.3 不同处理淋洗滞留率

由表3可知,草地早熟禾对3种粉尘淋洗滞留率范围:土壤粉尘14.46%~26.03%,平均滞留率为19.91%;水泥粉尘16.27%~24.83%,平均滞留率为20.73%;燃煤飞灰29.34%~46.03%,平均为38.43%。草地早熟禾对不同粉尘的淋洗滞留率是有差异的,对燃煤飞灰的淋洗滞留率均高于土壤粉尘和水泥粉尘。除4 d外燃煤飞灰淋洗滞留率对土壤粉尘均达到显著或极显著水平;除43 d外,燃煤飞灰淋洗滞留率对水泥粉尘均达到显著或极显著水平。而水泥粉尘与土壤粉尘差异性除4和43 d外均不显著。造成此种差异的原因同样与不同粉尘颗粒物自身的理化特性有关。在整个淋洗试验中3种不同粉尘的淋洗滞留率均呈现无规律波动性。

表3 不同尘源微粒淋洗滞留率比较

扬尘时间/d	不同处理淋洗滞留率/%		
	土壤粉尘	水泥粉尘	燃煤飞灰
1	16.05Ab	18.46Ab	29.34Aa
2	14.46Ab	16.27Ab	32.67Aa
3	20.37Bb	20.95Bb	42.87Aa
4	21.39ABb	18.67Bb	34.73Aa
5	17.56Bb	20.88Bb	42.93Aa
6	19.61Ab	18.46Ab	38.05Aa
7	22.68Bb	21.42Bb	43.49Aa
8	18.81Ab	23.59Ab	39.56Aa
15	26.03Ab	23.64Ab	46.03Aa
22	21.59Ab	21.53Ab	37.09Aa
29	20.92Bb	22.82Bb	40.37Aa
36	18.78Ab	17.97Ab	33.38Aa
43	20.69Ab	24.83Aab	39.10Aa

在外界环境下,降雨和大风是影响植物叶片滞尘的主要外界因素。植物叶片滞留的粉尘会因雨水或大风而淋洗掉或再次扬起。草坪植物作为地被植物,叶片上的粉尘被雨水淋洗后会直接落入大地,能很好地防止粉尘的二次扬尘。但雨水不能淋洗掉叶片上所有的

灰尘^[9]。

2.4 粉尘对净光合速率影响

由图2可知,3种粉尘处理对草地早熟禾的净光合速率普遍都有抑制作用。随着时间的增加而逐渐降低。土壤和燃煤处理在21 d达到最小值,水泥处理在第28 d达到最小值,随后3种处理的净光合速率都有一定的恢复。到试验42 d土壤粉尘、水泥粉尘和燃煤飞灰3种处理的净光合速率分别恢复到对照的71.14%、52.30%、62.08%。7 d扬尘处理后,草地早熟禾的净光合速率降低分别为:土壤粉尘17.08%,水泥粉尘34.83%,燃煤飞灰30.41%,说明3种粉尘处理对草地早熟禾净光合速率的短时间内影响是明显的。

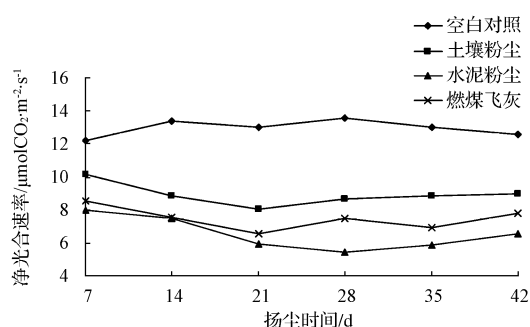


图2 不同尘源微粒对草地早熟禾净光合速率影响

水泥粉尘对草地早熟禾净光合速率的影响最大,燃煤飞灰次之,而土壤粉尘最小。粉尘覆盖叶表,在一定程度上遮闭阳光;一部分细小的粉尘颗粒会阻塞气孔。而水泥粉尘滞留在叶表面会形成坚硬的外壳限制边界层的气体交换^[10],从而抑制植物光合速率。另外一方面,水泥粉尘是一种特殊的碱性颗粒^[11],发生水合作用后能释放氢氧化钙,使叶片表面呈现碱性环境,对叶片造成生理迫害,从而影响叶片的光合作用。

3 讨论

草地早熟禾对3种不同尘源微粒都有一定的滞降作用,而且对不同尘源微粒的滞尘能力是有差异的。这与李媛媛等^[12]的研究结果是一致的。叶片的滞尘量是有一定极限值的,在达到这一极限值之前随扬尘时间的增加而增加。而达到极限值后,会处于一种滞留与脱落同时存在的动态平衡。与刘倩卉等^[13]、高金晖等^[14]、姜红卫等^[8]、李海梅等^[15]研究结果一致。在自然环境中,大风、雨水等外界因素影响较大。而该试验在人工微环境中受外界因素影响较小,能够对植物滞尘能力以及滞尘量的变化进行较为精确的研究。

该试验中采用显微镜观察叶表面粉尘数量作为滞尘量大小的依据,与杨士军等^[16]将叶片上的尘粒拓印到胶带上,在显微镜下观察计算尘粒数,从而获得植被的滞尘量,有相同之处。说明采用此方法测定叶片滞尘量具有一定的科学性。叶片滞尘量的测定目前尚无统一

的标准方法。常见的叶片滞尘量测定方法有:如冯采芹^[17]、吴中能等^[18]的蒸馏水洗、蒸干、称残留物重量;如柴一新等^[3]、刘倩卉等^[13]的蒸馏水浸洗、过滤、烘干、称滤纸重量差;如张秀梅等^[19]、李寒娥等^[20]的毛刷清扫或棉纱擦拭叶片,称叶片重量差;如栗志峰等^[21]用TPS采样器对不同绿化覆盖率的区域空气含尘情况进行采样,间接分析园林植被的滞尘量。但这些研究方法都比较简单和粗糙。随着科学技术的发展,滞尘量精确测量方法还有待于进一步研究。

颗粒物在植物叶表面主要通过沉降、扩散、湍流、降水以及隐形沉降沉积5种机制进行沉降^[22]。草地早熟禾对粉尘颗粒滞尘能力应与不同粉尘颗粒物自身的理化特性有关。燃煤飞灰主要由灰白的球形粒子和不整齐且多洞的薄片组成^[7],本身带有油性,比较容易被植物叶片吸附。因此其滞尘数和淋洗滞留数均较高。但颗粒物的粒径大小、结构和形状等因素是否影响以及如何影响粉尘颗粒的滞留,多种理化特性中哪种因素占主导还有待于深入研究。

植物滞尘通常以滞留或停着、附着和粘附3种方式来进行,并且3种方式往往同时进行^[9,23],其中停着的粉尘易被风吹走,附着的尘粒当有较大的风或雨时可被带走,粘着的尘粒在大雨情况下则有部分可被带走。据研究,一般情况下降雨对粒径介于20~30 μm的微粒最具淋洗效果,而对5 μm以下的粉尘微粒则不太有作用^[6]。该试验中对植物进行了充分淋洗仍不能去除叶片滞留的粉尘。说明草地早熟禾可以过滤大气中的可吸入颗粒物,有利于改善环境。而植物叶表面滞留的颗粒通过何种机制离开植物有待于进一步研究。

目前研究,粉尘污染对植物光合作用造成的影响有3个方面的原因:一是粉尘颗粒对植物叶片气孔不同程度的堵塞,限制了叶片气体交换而使叶内氧气浓度降低^[24],二氧化碳浓度相对升高,造成光合作用降低;二是由于粉尘在叶表面结成硬壳,在一定程度上阻挡了光线,从而抑制光合作用^[25];三是长期的植物蒙尘覆盖导致叶片叶绿素含量下降,叶片温度升高^[26],从而降低植物光合作用。由此看来,粉尘对光合作用的影响是多原因共同作用的结果。但各因素的影响机制,以及具体是哪方面原因占主导并不十分清楚,还有待进一步的研究。

参考文献

- [1] Alzevedo D A, Moreirados Santos C Y, Radlerde Quino F. Identification and seasonal variation of atmospheric organic pollutants in Campos dos Goytacazes, Brazil[J]. Atmospheric Environment, 2002, 36(14): 2383-2395.
- [2] 王平利, 戴春雷, 张成讲. 城市大气中颗粒物的研究现状及健康效应[J]. 中国环境监测, 2005, 21(1): 84-87.
- [3] 柴一新, 祝宁, 韩焕金. 城市绿化树种的滞尘效应——以哈尔滨为例[J]. 应用生态学报, 2002, 13(9): 1121-1126.

- [4] Van Haut S, Darley E F. Studies on the effect of cement kiln dust on vegetation[J]. Air Pollution Control Association Journal, 1966, 165(3): 33-39.
- [5] Pal A, Kulshreshtha K, Ahmad K J, et al. Do leaf surface characters play a role in plant resistance to auto-exhaust pollution[J]. Flora, 2002, 197: 47-55.
- [6] Ingold C T. Fungal Spores[M]. Oxford, U. K: Clarendon Press, 1971.
- [7] 蔡志明, 王亚男, 孙岩章. 人工降雨对四种微粒在植物叶表淋洗效率之比较[J]. 中华民国环境保护学会会刊, 2004, 27(2): 232-241.
- [8] 姜红卫, 朱旭东, 孙志海. 苏州高速公路绿化滞尘效果初探[J]. 福建林业科技, 2003, 33(4): 95-99.
- [9] 王赞红, 李记标. 城市街道常绿灌木植物叶片滞尘能力及滞尘颗粒物形态[J]. 生态环境, 2006, 15(2): 327-330.
- [10] Singh S N, Rao D N. Certain responses of wheat plants to cement dust pollution[J]. Environ Pollut, 1981, 24: 75-81.
- [11] Lerman S L, Darley E F. Particulates [M]. New York: Academic Press, 1975.
- [12] 李媛媛, 周春玲. 不同尘源微粒条件下高羊茅的滞尘能力及其生理活性变化[J]. 中国园林, 2010, 26(12): 25-28.
- [13] 刘倩卉, 王竞红, 王瑞江, 等. 哈尔滨市三种冷季型草坪草滞尘能力的研究[J]. 森林工程, 2011, 27(3): 24-26.
- [14] 高金晖, 王冬梅, 赵亮, 等. 植物叶片滞尘规律研究—以北京为例[J]. 北京林业大学学报, 2007, 29(2): 94-99.
- [15] 李海梅, 刘霞. 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.
- [16] 杨士军, 罗峙停, 李科煌. 不同植物滞尘能力的初步研究[J]. 上海环境科学, 2005(1): 43-46.
- [17] 冯采芹. 绿化环境效应研究(国内篇)[M]. 北京: 中国环境出版社, 1992.
- [18] 吴中能, 于一苏, 边艳霞. 合肥主要绿化树种滞尘效应研究处报[J]. 安徽农业科学, 2001, 29(6): 780-783.
- [19] 张秀梅, 李景平. 城市污染环境中适生树种滞尘能力研究[J]. 环境科学动态, 2011(2): 27-30.
- [20] 李寒娥, 王志云, 谭家得, 等. 佛山市主要城市园林植物滞尘效益分析[J]. 生态科学, 2006, 25(5): 395-399.
- [21] 粟志峰, 刘艳, 彭倩芳, 等. 不同绿地类型在城市中的滞尘作用研究[J]. 干旱环境监测, 2002(9): 162-163.
- [22] Beckett K P, Freer-smith P H, Taylor G. Urban woodlands: their role in reducing the effects of particulate pollution[J]. Environmental Pollution, 1998, 99: 347-360.
- [23] Sharma S C, Roy R K. Green belt-an effective means of mitigating industrial pollution[J]. Indian Journal of Environmental Protection, 1997, 17: 724-727.
- [24] Naidoo G, Chirkoot D. The effects of coal dust on photosynthetic performance of the mangrove, *Avicennia marina* in Richards Bay, South Africa[J]. Environ Poll, 127: 359-366.
- [25] Prusty B A K, Mishra P C, Azeez P A. Dust accumulation and leaf pigment content in vegetation near the national highway at Sambalpur, Orissa, India[J]. Ecotoxicology and Environmental Safety, 2005, 60(2): 228-235.
- [26] Hirano T, Kiyota M, Aiga I. Physical effects of dust on leaf physiology of cucumber and kidney bean plants [J]. Environmental Pollution, 1994, 89: 255-261.

Dust-detaining Capability and the Effect of Photosynthesis of *Poa pratensis* to Three Dusts

SUN Xi-ling¹, SUN Feng², ZHOU Chun-ling¹, WANG Dan-dan¹

(1. Department of Landscape and Horticulture, Qindao Agricultural University, Qingdao, Shandong 266109; 2. Botanical Garden of Qingdao City, Qingdao, Shandong 266071)

Abstract: The effect dust-detaining capability, rinsing residual rate and net photosynthetic rate of *Poa pratensis* were studied by using three sources of dust, including soil dust, cement dust and coal fired fly. The results showed that dust-detaining capability of *Poa pratensis* to coal fired fly was higher than to soil dust and cement dust. The average of dust-detaining amount per sight-linked unit was: 367.5 soil dust, 399.7 cement dust, 606.2 coal fired fly; Dust-detaining amount was to be more with time, and it was going to be a state of complicated and dynamic balance until arriving at maximum. The maximum of soil dust and cement dust was arrived at sixth day, coal fired fly at seventh day; The average of rinsing residual rate of coal fired fly was 38.43%, was higher than soil dust 19.91% and cement dust 20.73%; Net photosynthetic rate of *Poa pratensis* was decreased by the effect of three dusts with days, and it respectively recovered at a certain extent later.

Key words: *Poa pratensis*; dust; dust-detaining capability; rising residual rate; net photosynthetic rate