

草地早熟禾对叶面尘与土壤重金属的吸收作用

刘 将, 周春玲, 宋慧慧

(青岛农业大学 园林与林学院, 山东 青岛 266109)

摘 要:选择青岛市4条主干道和青岛农业大学校园路段作为具有不同交通流量的采样地区,以草地早熟禾为试材,研究了草地早熟禾的叶片、根和相应的叶面尘、土壤的Pb、Zn、Cu、Cd重金属含量的关系。结果表明:随着距道路边缘水平距离的增加,叶面尘Pb、Zn、Cd含量呈减少趋势,其中Pb含量在0.5 m和10.5 m处差异显著($P<0.05$),Zn、Cd含量在0.5 m处显著高于5.5 m和10.5 m处($P<0.05$);Cu含量随距离的增加无明显变化规律;随水平距离的增加草地早熟禾叶片的Pb、Zn、Cu、Cd含量均呈减少趋势,其中Pb、Zn、Cu含量在0.5 m处与10.5 m处差异显著($P<0.05$);叶面尘Pb、Zn、Cd含量与滞尘量极显著或显著相关;叶片Pb、Zn、Cu含量与滞尘量呈极显著或显著相关关系,Cd含量与滞尘量相关性不明显;不同道路叶面尘Pb、Zn、Cd含量与叶片Pb、Zn、Cd含量极显著或显著相关,叶面尘Pb、Zn、Cu、Cd含量与根重金属含量无显著相关关系;不同道路土壤Pb含量与根Pb含量极显著相关,土壤Cd含量与根Cd含量呈负极显著相关关系;土壤Pb、Zn、Cu、Cd含量与叶片重金属含量无显著相关关系。

关键词:草地早熟禾;叶片;根;叶面尘;土壤;重金属含量

中图分类号:S 688.4 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2014)15-0081-04

伴随城市化进程的不断加快,由人类活动造成的污染加剧,其中大气颗粒物污染成为我国面临的一个新的大气环境问题^[1]。在工业、交通和生活等不同污染源的共同作用下,沉降颗粒物中的重金属含量不断增加^[2]。美国EPA强调21种有毒物质与道路交通有关,一些重金属如Pb、Cu、Cd、Zn等^[3]也列入了其中,也有相关研究表明^[4-6],这4种元素存在于机动车辆排放物、柴油机、润滑油以及车闸释放物等中。居民的身体健康受大气颗粒物直接影响^[7],这就需要植物的生态效应来保护环境问题。植物因其特殊的叶表面结构可以截取和固定大气颗粒污染物而成为消减城市大气污染的重要过滤体^[8]。由于富集了大量金属元素的空气粉尘以及地面扬尘被植物叶片捕获^[7],因而分析叶面尘重金属含量与叶片重金属含量的关系对研究植物的滞尘效应具有重要意义。目前,国内外一些学者研究了不同植物叶片的滞尘能力、滞尘累积量和作用机理^[7,9],但具体对植物叶片、根与叶面尘、土壤的相关关系研究尚鲜见报道。该试验通过分析青岛市不同交通流量道路草地早熟禾的叶面尘、土壤和草坪植物草地早熟禾叶片、根重金属含

量,讨论了草地早熟禾对叶面尘、土壤重金属的吸收作用。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

该试验选取青岛市长城路、重庆北路、崇阳路、民航路4条城市主干道路段和对照区青岛农业大学校园路段为采样区,不同道路平均车流量从多到少依次为长城路1398次/h,重庆北路1308次/h,崇阳路984次/h,民航路456次/h,校园60次/h。

1.2 试验材料

以道路两侧的草地早熟禾为试验材料,在重庆北路分别距道路缘石0.5、5.5、10.5 m处设置3个采样区,在长城路、崇阳路、民航路、青岛农业大学校园路段分别距道路缘石5.5 m处设置采样区。于2013年4月雨后1周,选择晴朗无风的天气进行取样。对每个采样区的草地早熟禾叶片、根以及3~8 cm土壤进行取样,保存于自封袋中,每次采样3个重复。

1.3 试验方法

1.3.1 滞尘量的测定 取适量叶片浸泡于蒸馏水中,超声清洗20 min后,将清洗的叶片晾干,用叶面积仪测量其面积,同时将浸洗液用已烘干称重(W_1)的滤纸过滤,过滤后将滤纸放入70℃烘箱中烘24 h,烘干后称重(W_2),单位面积滞尘量= $(W_2 - W_1)/$ 叶面积。

第一作者简介:刘将(1989-),女,硕士研究生,研究方向为园林植物与生态效益。E-mail:469558234@qq.com。

基金项目:山东省自然科学基金资助项目(6210a5)。

收稿日期:2014-03-14

1.3.2 重金属含量的测定 将采集的植物叶片分成两部分,一部分叶片用去离子水清洗,洗脱液转至蒸发皿,经烘箱烘干得到叶面尘干样^[10],另一部分叶片同根一起清洗干净,晾干后于 105℃ 杀青 30 min,研磨成粉末放于密封袋中备用。将叶面尘、土壤晒干后过 100 目尼龙筛子,密封保存。采用 $\text{HNO}_3\text{-HF-HClO}_4$ 法消解样品,用 ICP-OES-Optima 8x00 光谱仪测定 Pb、Zn、Cu、Cd 含量^[11-15]。

2 结果与分析

2.1 草地早熟禾叶片的滞尘效应

2.1.1 不同水平距离草地早熟禾叶面尘的重金属含量分布特征 对距重庆北路道路边缘 0.5、5.5、10.5 m 3 处水平距离的叶面尘重金属含量进行多重比较,由表 1 可知,重庆北路叶面尘的 Pb、Zn、Cd 含量随距离的增加呈减少趋势,其中 Pb 含量在 0.5 m 和 10.5 m 处差异显著($P<0.05$),这表明离道路越远,Pb 含量的减少量越明显,Zn、Cd 含量在 0.5 m 处均显著高于 5.5 m 和 10.5 m 处,而在 5.5 m 和 10.5 m 处之间差异不明显,这表明在道路边缘 0.5 m 处叶面尘的 Zn、Cd 含量积累较多;叶面尘的 Cu 含量随距离的增加无明显变化规律。

表 1 不同水平距离叶面尘重金属质量分数

Table 1 The contents of heavy metals in foliar dust of different distance

距离 Distance/m	叶面尘重金属 Heavy metals in foliar dust/mg · kg ⁻¹			
	Pb	Zn	Cu	Cd
0.5	63.877±4.883a	258.053±5.182a	56.233±2.515b	0.722±0.010a
5.5	58.847±3.494ab	227.367±11.683b	64.020±3.217a	0.673±0.008b
10.5	51.368±0.936b	218.383±3.002b	53.823±3.083b	0.673±0.005b

注:同列不同小写字母表示差异显著($P<0.05$),下同。

2.1.2 不同水平距离草地早熟禾叶片的重金属含量分布特征 由表 2 可知,重庆北路草地早熟禾叶片的 Pb、Zn、Cu、Cd 含量随水平距离的增加均呈减少趋势,这表明草地早熟禾叶片重金属的含量与交通污染有关,距道路不同水平距离的草地早熟禾叶片积累重金属污染物的量有所不同,其中 Pb、Zn、Cu 含量在 0.5 m 处与 10.5 m 处呈显著减少趋势,证明离道路越远,植物的 Pb、Zn、Cu 含量减少趋势越明显;草地早熟禾叶片吸收 Cd 含量较少,减少趋势不明显。

表 2 不同水平距离草地早熟禾叶片重金属质量分数

Table 2 The contents of heavy metals in *Poa pretensis* leaves of different distance

距离 Distance/m	叶片重金属 Heavy metals in leaves/mg · kg ⁻¹			
	Pb	Zn	Cu	Cd
0.5	1.462±0.150a	16.233±1.206a	7.937±0.953a	0.080±0.005a
5.5	1.246±0.037a	13.183±0.558b	7.117±0.596ab	0.07±0.009a
10.5	0.961±0.059b	12.2±1.026b	5.703±0.270b	0.066±0.005a

2.1.3 不同水平距离叶面尘重金属含量、叶片重金属含量与滞尘量的相关关系 用 SPSS 17.0 对重庆北路不同水平距离的叶面尘重金属含量与滞尘量做 Pearson 相关分析,由表 3 可知,叶面尘中的 Pb、Zn、Cu、Cd 含量均与滞尘量呈正相关关系,其中 Pb、Cd 含量与滞尘量显著相关,Zn 含量与滞尘量极显著相关,说明草地早熟禾叶片的单位叶面积滞尘量越多,叶面尘的 Pb、Zn、Cd 重金属质量分数明显增多,这证明汽车尾气排放物对叶面尘的含量影响显著。对叶片重金属含量与滞尘量做 Pearson 相关分析,由表 4 可知,叶片的 Pb、Cu 含量与滞尘量呈极显著相关关系,叶片的 Zn 含量与滞尘量呈显著相关关系,表明叶片的 Pb、Zn、Cu 含量受单位叶面积滞尘量的影响显著,叶片的 Cd 含量与单位面积滞尘量无显著相关性。

表 3 叶面尘重金属含量与滞尘量的相关系数

Table 3 Correlation coefficients between the contents of heavy metals in foliar dust and adsorbing dust quantity

叶面尘重金属含量 Contents of heavy metals in foliar dust	Pb	Zn	Cu	Cd
滞尘量 Adsorbing dust quantity	0.753 *	0.803 * *	0.159	0.788 *

注: * 在 0.01 水平上显著相关, * 在 0.05 水平上显著相关,下同。

表 4 叶片重金属含量与滞尘量的相关系数

Table 4 Correlation coefficients between the contents of heavy metals in leaves and adsorbing dust quantity

叶片重金属含量 Contents of heavy metals in leaves	Pb	Zn	Cu	Cd
滞尘量 Adsorbing dust quantity	0.881 * *	0.791 *	0.880 * *	0.526

2.2 叶面尘重金属含量与叶片、根的重金属含量的相关关系

2.2.1 不同道路叶面尘的重金属含量的分布特征 对不同道路同一水平距离 5.5 m 处的叶面尘重金属含量进行多重比较,由表 5 可知,不同道路叶面尘各重金属含量不同,车流量最低的校园路叶面尘的 Pb、Cu、Cd 含量均显著低于车流量高的长城路、重庆北路、崇阳路($P<0.05$);车流量较高的长城路与重庆北路的叶面尘 Pb、Zn、Cu、Cd 含量差异不显著,由于这 2 条道路的车流量相近所致;不同道路叶面尘的 Zn 含量与车流量无

表 5 不同道路叶面尘各重金属质量分数

Table 5 The contents of heavy metals in foliar dust of different roads

道路 Road	叶面尘重金属 Heavy metals in foliar dust/mg · kg ⁻¹			
	Pb	Zn	Cu	Cd
长城	60.341±4.030a	258.793±26.16ab	61.482±0.875b	0.628±0.079c
重北	58.847±3.494a	227.367±11.683b	64.020±3.218b	0.673±0.008bc
崇阳	50.032±1.475ab	300.098±38.783a	74.405±1.712a	0.744±0.025ab
民航	41.702±2.240bc	272.572±25.454ab	51.581±1.312c	0.807±0.020a
校园	31.222±7.108c	318.724±23.769a	52.171±0.428c	0.205±0.006d

明显变化规律,这是由于叶面尘的 Zn 含量除了受交通影响外,还可能受其它因素影响。

2.2.2 不同道路叶面尘重金属与植物叶片、根的重金属含量的相关关系 对不同道路叶面尘的 Pb、Zn、Cu、Cd 含量与草地早熟禾的叶片、根的 Pb、Zn、Cu、Cd 含量进行 Pearson 相关分析,由表 6 可知,叶面尘的 Pb、Cd 含量与叶片相应重金属含量极显著相关,叶面尘的 Zn 含量与叶片 Zn 含量显著相关,叶面尘的 Pb、Zn、Cu、Cd 含量与根相应重金属含量无显著相关关系。

表 6 叶面尘各重金属与叶片、根的相关分析

Table 6 Correlation analysis between the contents of heavy metals in foliar dust and leaves, roots

叶面尘 Foliar dust	Pb	Zn	Cu	Cd
叶片 Leaves	0.918 **	0.540 *	-0.479	0.761 **
根 Roots	-0.175	-0.275	-0.068	0.046

2.3 土壤重金属含量与叶片、根的重金属含量的相关关系

2.3.1 不同道路土壤的重金属分布特征 由表 7 可知,不同道路土壤各重金属含量不同,车流量最小的校园的土壤 Pb、Zn、Cu、Cd 含量与其它道路没有明显差异性,证明土壤的重金属含量与车流量无明显关系;重庆北路土壤的 Zn、Cd 含量明显高于其它样方,表明重庆北路土壤 Zn、Cd 污染严重。

表 7 不同道路土壤各重金属质量分数

Table 7 The contents of heavy metals in soil of different roads

道路 Road	土壤重金属 Heavy metals in soil/mg · kg ⁻¹			
	Pb	Zn	Cu	Cd
长城	28.502±4.734a	85.286±3.343b	22.478±0.903c	0.453±0.070b
重北	16.058±2.136c	145.683±6.313a	37.187±3.224a	0.685±0.045a
崇阳	24.783±1.308ab	76.196±3.785b	31.073±0.727b	0.322±0.013c
民航	23.705±1.241ab	74.986±2.414b	33.516±0.585ab	0.276±0.018c
校园	19.159±0.899bc	62.319±1.819c	22.842±0.971c	0.219±0.001c

2.3.2 不同道路土壤重金属含量与叶片、根的重金属含量的相关关系 由表 8 可知,草地早熟禾根部的 Pb 含量与土壤极显著相关,表明草地早熟禾根的 Pb 含量受土壤 Pb 含量影响极显著;根部 Cd 含量与土壤 Cd 含量呈负极显著相关关系,表明随着土壤中 Cd 含量的增多根部对 Cd 的吸收受到抑制;根部 Cu、Zn 含量与土壤 Cu、Zn 含量无显著相关关系,叶片 4 种重金属含量与土壤无显著相关关系。

表 8 土壤各重金属含量与叶片、根的相关分析

Table 8 Correlation analysis between the contents of heavy metals in soil and leaves, roots

土壤重金属 Heavy metals in soil	Pb	Zn	Cu	Cd
叶片 Leaves	0.213	-0.359	-0.030	-0.087
根 Roots	0.723 **	0.496	0.012	-0.736 **

3 讨论

由于人类活动大大增加了大气降尘量以及二次扬尘,致使距道路不同水平距离的草地早熟禾滞尘量不同,距道路越近,滞尘量越高,这与植物作为城市大气污染物的过滤体截取和固定大气颗粒污染物有关。汽车轮胎磨损和排放废气中含有 Pb、Zn、Cu、Cd 等金属元素,富集了大量金属元素的空气粉尘以及地面扬尘被植物叶片捕获,从而导致叶面尘污染,因而离道路最近的叶面尘 Pb、Zn、Cd 含量均高于其它水平距离的叶面尘 Pb、Zn、Cd 含量。距道路 5.5 m 处的叶面尘 Cu 含量高于 0.5 m 处,可能在 5.5 m 处叶面尘的 Cu 含量受其它因素影响,有待于进一步研究。离道路越近,草地早熟禾叶片 Pb、Zn、Cu、Cd 重金属含量越高,表明草地早熟禾叶片重金属含量受交通环境的影响,这与李寒娥等^[16]研究一致。

该研究中不同道路叶面尘的重金属含量不同,车流量高的地区,相应的叶面尘 Pb、Cu、Cd 含量较高,而 Zn 含量与交通流量无明显变化规律,庞博等^[10]研究表明 Pb 含量在商业交通区最高,王会霞等^[17]研究表明, Cu、Cd 含量也以交通枢纽区最高, Zn 含量以工业区最高。证明叶面尘中的 Zn 来源不一,除了受汽车尾气排放影响外,还受房屋建设、废弃物、包装物、建筑物的金属、涂料等的腐蚀剥落等其它方面影响^[18]。

该研究中叶面尘的 Pb、Cd 含量与叶片 Pb、Cd 含量极显著相关,叶面尘的 Zn 含量与叶片 Zn 含量显著相关,这与王丹丹等^[19]、邱媛等^[20]研究趋同,叶面尘的 Pb、Zn、Cu、Cd 含量与根无显著相关关系,证明叶片的 Pb、Zn、Cd 含量主要受叶面尘重金属含量的影响^[19];叶片的 Cu 含量与叶面尘的 Cu 含量无显著相关关系,这可能由于 Cu 是植物生长必需元素,是植物体内许多辅酶的组成成分,春季草地早熟禾生长势旺盛,叶片吸收 Cu 含量与植物自身的生长需要和所处环境等因素有关,其具体原因有待于进一步研究。

土壤的 Pb 含量与草地早熟禾根部的 Pb 含量呈极显著相关关系,证明草地早熟禾根部的 Pb 含量受土壤 Pb 含量影响显著;土壤 Zn、Cu 含量与根无显著相关关系,这与梁爽等^[21]研究一致;土壤的 Cd 含量与根部的 Cd 含量呈极显著负相关关系,这可能过高的土壤 Cd 含量影响了根系对 Cd 的吸收^[22]。土壤的 Pb、Zn、Cu、Cd 含量与草地早熟禾叶片 Pb、Zn、Cu、Cd 含量相关性不显著,可能是大气重金属污染对叶片的贡献超过了土壤所致^[23]。

参考文献

- [1] 唐孝炎,王如松,宋豫秦.我国典型城市生态问题的现状与对策[J].国土资源,2005(5):4-10.

- [2] 杜佩轩,田晖,韩永明,等.城市灰尘粒径组成及环境效应[J].岩石矿物学杂志,2002,21(1):93-98.
- [3] Government U S. Control of emissions of hazardous air pollutants from mobile sources; final rule. Federal Register 40, CFR parts 80 and 86[M]. Washington, DC: US Government Printing Office, 2001.
- [4] Onianwa P C. Monitoring atmospheric metal pollution; a review of the use of mosses as indicators[J]. Environmental Monitoring and Assessment, 2001, 71: 13-50.
- [5] Weckwerth G. Verification of traffic-emitted aerosol components in the ambient air of Cologne (Germany) [J]. Atmospheric Environment, 2001, 35: 5525-5536.
- [6] Garg B D, Cadle S H, Mulawa P A, et al. Brake wear particulate matter emissions[J]. Environmental Science and Technology, 2000, 34, 4463-4469.
- [7] 王会霞, 石辉, 李秧秧. 城市大气环境下绿化植物叶片比叶重和光合色素含量[J]. 中国环境科学, 2011, 31(7): 1134-1142.
- [8] 王会霞, 石辉, 李秧秧. 城市绿化植物叶片表面特征对滞尘能力的影响[J]. 应用生态学报, 2010, 21(12): 3077-3082.
- [9] 冯朝阳, 高吉喜, 田美荣, 等. 京西门头沟区自然植被滞尘能力及效益研究[J]. 环境科学研究, 2007, 20(5): 155-159.
- [10] 庞博, 张银龙, 王丹. 城市不同功能区区内叶面尘与地表灰尘的粒径和重金属特征[J]. 生态环境学报, 2009, 18(4): 1312-1317.
- [11] 赵爱红, 王建华, 宋志刚, 等. ICP-AES法测定丹参中的镉和铅[J]. 光谱学与光谱分析, 2006, 26(11): 2137-2139.
- [12] 张胜帮, 孙培龙. ICP-AES法测定吴茱萸中多种微量元素的研究[J]. 浙江工业大学学报, 2006, 34(1): 43-44.
- [13] Rossini Oliva S, Mingorance M D. Assessment of airborne heavy metal pollution by aboveground plant parts[J]. Chemosphere, 2006, 65(2): 177-182.
- [14] Beccaloni E, Coccia A M, Musmeci L, et al. Chemical and microbial characterization of indigenous topsoil and mosses in green urban areas of rome[J]. Microchemical Journal, 2005, 79(1-2): 271-289.
- [15] Irena B, Hanna Barchan'ska, Ewa P. Procedures of trophic chain samples preparation for determination of triazines by HPLC and metals by ICP-AES methods[J]. Environmental Pollution, 2006, 143(2): 206-211.
- [16] 李寒娥, 李秉滔. 交通环境与城市行道树重金属铅和镉的关系[J]. 交通环保, 2001, 22(5): 10-14.
- [17] 王会霞, 石辉, 李秧秧, 等. 城市植物叶面尘粒径和几种重金属 (Cu、Zn、Cr、Cd、Pb、Ni) 的分布特征[J]. 安全与环境学报, 2012, 12(1): 170-174.
- [18] De Miguel E, Llamas J F, Chacon E, et al. Origin and patterns of distribution of trace elements in street dust; unleaded petrol and urban lead[J]. Atmospheric Environment, 1997, 31(17): 2733-2740.
- [19] 王丹丹, 孙峰, 周春玲, 等. 城市道路植物圆柏叶片重金属含量及其与滞尘的关系[J]. 生态环境学报, 2012, 21(5): 947-951.
- [20] 邱媛. 城市植被的滞尘功能和植物监测重金属与大气 SO₂ 的研究[D]. 广州: 中山大学, 2007.
- [21] 梁爽, 李立平, 邢维芹, 等. 郑州市城市大叶黄杨叶片重金属含量研究[J]. 西北林学院学报, 2011, 26(3): 50-54.
- [22] 杨卓, 王伟, 李博文, 等. 高羊茅和黑麦草对污染土壤 Cd, Pb, Zn 的富集特征[J]. 水土保持学报, 2008, 22(2): 83-87.
- [23] 庄树宏, 王克明. 城市大气重金属 (Pb, Cd, Cu, Zn) 污染及其在植物中的富积[J]. 烟台大学学报, 2000, 13(1): 31-37.

Effect of *Poa pretensis* on Absorption of Heavy Metals in Foliar Dust and Soil

LIU Jiang, ZHOU Chun-ling, SONG Hui-hui

(Garden and Forest College, Qingdao Agricultural University, Qingdao, Shangdong 266109)

Abstract: Choosing the mainroads of Qingdao and Qingdao Agricultural University campus roads as different region of the different traffic sample, used *Poa pretensis* as test material, the contents of Pb, Zn, Cu, Cd heavy metals relationship between *Poa pretensis* leaves, roots and the corresponding of foliar dust and soil were researched. The results showed with the increasing of the horizontal distance from the road edge, the contents of Pb, Zn, Cd heavy metals in foliar dust tended to decrease, there were significant differences between the contents of Pb in 0.5 m and 10.5 m ($P < 0.05$), the contents of Zn, Cd in 0.5 m were significantly higher than 5.5 m and 10.5 m ($P < 0.05$); the contents of Cu was no significant variation with the increasing of the horizontal distance from the road edge. With the increasing of the horizontal distance from the road edge, the contents of Pb, Zn, Cu, Cd heavy metals in leaves tended to decrease, there were significant differences between the contents of Pb, Zn, Cu in 0.5 m and 10.5 m ($P < 0.05$). The contents of Pb, Zn, Cd between in foliar dust and absorbing dust positively and significantly related, the contents of Pb, Zn, Cu between in leaves and absorbing dust positively and significantly related, while the contents of Cd was no obvious correlation between in leaves and absorbing dust. The contents of Pb, Zn, Cd between in foliar dust and in leaves of different roads positively and significantly related, while there were no obvious correlations of heavy metals between in foliar dust and roots. The contents of Pb between in soil and roots in different roads was positively related, while the contents of Cd between in soil and roots was negatively related; while there were no obvious correlations of heavy metals between in soil and leaves.

Key words: *Poa pretensis*; leaves; roots; foliar dust; soil; contents of heavy metals