

广州城市公园若干森林群落 重金属的贮存与分布^{*}

陈玉娟 管东生

(中山大学环境科学系, 广州 510275)

摘 要 研究了广州城市公园若干森林群落的植物重金属含量、贮量及群落中植物和土壤的重金属累积和分配, 并讨论了它们的环境和生态意义。

关键词 森林群落, 重金属, 贮存与分布, 广州城市公园

分类号 X 171

由于重金属, 特别是铅对人体具有很大的潜在危害. 自从 80 年代以来, 国内外对于城市中植物和土壤重金属的研究日益增多, 但这些研究主要集中在利用植物和土壤重金属含量的变化来监测大气重金属污染及其影响^[1,2], 对城市中植物群落的重金属累积和分布以及它们的环境和生态意义研究较少. 森林是城市植被的主体, 它具有生物量大, 有巨大的根、茎、叶面积作用于环境; 生物生产力高, 对环境中的重金属吸收、积累量大, 且其生命周期长, 大量的重金属可长期贮存于植物体内, 不重新返回环境中等特点. 因此, 森林对提高城市环境质量, 维护城市的可持续发展具有重要作用。

1 群落概况和研究方法

研究的群落分别为海珠区晓港公园的樟树 (*Cinnamomum camphora*) + 湿地松 (*Pinus elliottii*) 群落, 荔湾区流花湖公园的细叶榕 (*Ficus microcarpa*) 群落, 东山区黄花岗公园的细叶桉 (*Eucalyptus tereticornis*) 群落, 广州起义烈士陵园的马尾松 (*Pinus massoniana*) 群落 (1), 越秀区越秀公园的马尾松群落 (2), 台湾相思 (*Acacia confusa*) 群落和阴香 (*Cinnamomum burmannii*) 群落. 研究的 7 个植物群落除了阴香群落为次生自然林外, 其余为人工林, 群落的优势种较为突出. 样方中的树木除细叶榕外, 胸径很少超过 50 cm.

乔木地上部生物量的估算利用维量分析方法. 在每个群落 1 000 m² 样地每木调查的基础上, 根据树木的相关生长式: $Y = a(D^2H)^b$ (D 为胸径, cm; H 为树高, m), 利用不同森林类型和器官的相关参数^[3], 估算样地乔木层地上部生物量. 下木草本层的地上部生物量采用收割法. 植物地下部生物量根据不同植物种类地上部 地下部生物量的比率获得^[4].

* 国家自然科学基金 (49571064) 资助项目

收稿日期: 1998-07-10 陈玉娟, 女, 32 岁, 工程师

植物样品根据优势种按不同器官分别采集. 土壤样品按 1 m 深剖面分层采集, 同时用环刀测定土壤容重. 植物和土壤样品的重金属分别用 $\text{HNO}_3\text{-HClO}_4\text{-H}_2\text{O}_2$ 消化, 然后用 ICP 进行测定. 土壤有机质的测定用 $\text{H}_2\text{SO}_4\text{-K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 法.

2 结果与讨论

2.1 植物的重金属含量

由于生物的多样性和复杂性, 各种植物在生物学特性上存在较大的差异, 这种差异直接反映在植物体内元素的含量上. 由表 1 可见, 由不同的植物组成的群落其植物体重金属含量有一定差异, 阴香群落植物体的重金属含量较高, 而细叶榕群落植物体的重金属含量较低. 对于不同重金属来说, 铜和锌在群落间的差异较小, 其变异系数分别为 14.4% 和 27.7%, 而镍和铬的差异相对较大.

表 1 森林群落植物体重金属含量 mg/kg

群落名称	Cu	Ni	Zn	Pb	Cr
樟树+ 湿地松群落	14.9	4.6	58.7	10.1	140.1
细叶榕群落	17.6	6.6	54.9	5.3	66.1
细叶榕群落	11.0	2.9	35.2	4.2	142.4
马尾松群落 (1)	14.5	4.6	72.6	11.8	102.4
马尾松群落 (2)	16.0	3.0	76.0	13.5	244.9
台湾相思群落	13.2	2.1	62.7	11.3	180.3
阴香群落	15.6	5.2	90.2	22.2	265.2
平均	14.6	4.1	64.3	11.2	163.0
标准差	2.1	1.6	17.5	5.9	72.4
变异系数 %	14.4	39.0	27.2	52.7	44.4

表 2 森林群落不同器官的重金属含量 mg/kg

器官	Cu	Ni	Zn	Pb	Cr
叶	27.8 (2.4) ¹⁾	9.7 (4.0)	180.5 (57.2)	26.1 (9.6)	254.5 (86.0)
枝	20.9 (5.1)	3.5 (2.4)	91.2 (18.3)	15.9 (12.4)	180.9 (41.0)
干材	9.2 (2.8)	3.2 (2.6)	32.7 (15.6)	4.8 (4.5)	181.0 (84.2)
干皮	21.8 (8.2)	5.8 (2.3)	123.7 (43.5)	26.9 (11.5)	250.2 (167.5)
根	21.6 (2.9)	5.6 (2.1)	99.2 (27.2)	16.4 (8.9)	137.9 (85.6)

1) 括号内的数字为标准差

植物各器官在植物生长过程中所起的作用不同, 因而在元素含量上也有明显的差异, 其重金属含量的一般顺序为叶 > 干皮 > 根 > 枝 > 干材. 叶子作为同化器官, 其生命活动最为活跃. 此外, 叶子具有较大的表面积, 对大气中的重金属具有一定的吸收和截留作用. 所以, 植物叶子通常有较高的重金属含量. 树皮作为连接根和树冠的重要输导器官, 加上表皮对大气重金属的吸收, 其重金属含量也高. 根虽然是植物吸收土壤中重金属的主要器官, 但根的主要部分是起贮藏作用的木质部, 因此, 其与枝和干材这些起贮藏作用的器官一样, 重金属含量较叶和干皮为低.

环境中的重金属含量对植物体的重金属含量也有较大的影响. 据报道, 位于香港城市交通繁忙路段旁边的公园洋紫荆 (*Bauhinia variegata*) 植物叶子的 Cu, Zn, Pb 含量分别为

43, 296和 74 mg/kg; 鼎湖山 7种乔木叶片的 Cu, Ni, Zn, Pb平均含量为 14.3, 0.7, 27.7 和 12.5 mg/kg^[5]. 广州城市公园植物叶片的重金属含量比香港城市路旁公园的植物叶片低, 但比远离城市污染的鼎湖山植物叶片高, 说明了广州城市公园存在一定程度的重金属污染.

2.2 植物体的重金属贮量

植物体对重金属的贮存作用, 可降低大气或土壤中重金属的含量, 从而达到净化环境的目的. 7个森林群落植物体的重金属贮量为 Cr> Zn> Cu> Pb> Ni. 群落间植物体的重金属贮量有较大的差异, 这种差异主要决定于植物的生物量和植物体的重金属含量. 马尾松群落 (1) 的生物量最小, 重金属的贮量也最低; 细叶榕群落的植物生物量最大, Cu, Ni, Zn的贮量也最高. 由于阴香群落植物体的 Pb和 Cr含量分别是细叶榕群落的 4.2倍和 4.0倍, 虽然阴香群落的植物生物量只相当于细叶榕的 50%, 但其 Pb和 Cr的贮量仍比细叶榕群落大 1倍.

不同植物器官的重金属贮存为干材最大, 叶子最小. 树干、树枝和树根的重金属贮量占植物总贮量的 88.4%~92.7%, 表明森林将重金属吸收贮存在寿命长又不易被动物消耗的部位, 从而减轻重金属在环境中的流动和通过食物链富集而引起的危害. 不过, 叶子的生物量只占植物总生物量的 4%, 而重金属贮量占植物总贮量的 7.3%~11.6%, 可见叶子仍是重金属元素相对富集的器官.

表 3 森林群落植物的生物量和重金属贮量

群落名称	生物量 (t·hm ⁻²)	重金属贮量/(kg·hm ⁻²)				
		Cu	Ni	Zn	Pb	Cr
樟树+ 湿地松群落	132.6	1.98	0.61	7.78	1.34	18.58
细叶榕群落	374.1	6.60	2.49	20.55	1.99	24.74
细叶桉群落	216.7	2.38	0.62	7.63	0.91	30.87
马尾松群落 (1)	45.6	0.66	0.21	3.31	0.54	4.67
马尾松群落 (2)	177.1	2.84	0.54	13.47	2.39	43.38
台湾相思群落	155.7	2.05	0.33	9.76	1.76	28.07
阴香群落	187.3	2.92	0.97	16.89	4.16	49.68
平均	184.2	2.78	0.82	11.34	1.87	28.57

表 4 森林群落植物不同器官平均生物量和重金属贮量

器官	生物量 (t·hm ⁻²)	重金属贮量/(kg·hm ⁻²)				
		Cu	Ni	Zn	Pb	Cr
叶	7.4(4.0) ¹⁾	0.20(7.2)	0.06(7.3)	1.32(11.6)	0.20(10.7)	1.95(6.8)
枝	28.6(15.5)	0.64(23.0)	0.08(9.8)	2.46(21.7)	0.39(20.9)	5.27(18.4)
干材	105.0(57.0)	0.94(33.8)	0.43(52.4)	3.72(32.8)	0.40(21.4)	15.27(53.5)
干皮	15.1(8.2)	0.39(14.0)	0.10(12.2)	1.25(11.0)	0.44(23.5)	2.35(8.2)
根	28.1(15.3)	0.61(22.0)	0.15(18.3)	2.59(22.9)	0.44(23.5)	3.73(3.1)
合计	184.2(100)	2.78(100)	0.82(100)	11.34(100)	1.87(100)	28.57(100)

1) 括号内的数字为该项占总量的百分率, %

2.3 土壤和死地被物的重金属贮量及植物富集系数

土壤和死地被物也是森林生态系统的重要组成部分, 对于大多数群落来说, 土壤有机质贮

量与植物生物量差别不大,但对重金属来说,土壤的贮量远大于植物的贮量.由于本文测定的土壤重金属为元素全量,其值主要决定于土壤母质的性质,存在于土壤母质矿物中的重金属在元素循环中通常是无效的.死地被物是连接植物和土壤化学元素循环的转换库,因而是森林生态系统中较为活跃和重要的组分.在广州城市公园,由于人为清扫和地表冲刷等原因,林下的死地被物相对较少或几乎没有,这将影响森林生态系统功能的正常运转.

富集系数可反映植物对土壤元素的富集能力,它是指植物体内某元素的含量与该种元素在土壤中含量的比值.7个森林群落的重金属富集系数对于 Ni, Zn, Pb, Cr 元素来说,是阴香群落最大,细叶桉群落最小(Cr是细叶榕群落最小).Cu为细叶榕群落最大,樟树+湿地松群落最小.5个重金属元素的富集系数通常是 Cr最大, Pb最小.富集系数的大小与元素在土壤和植物的含量有关,植物体的 Cr含量最高,因而富集系数最大.不过,虽然植物体中的 Pb含量比 Ni高,富集系数却相反,这是因为土壤中 Pb的含量远高于 Ni的含量.重金属的富集系数在某种程度可反映植物群落对环境中的重金属的净化能力,从这点上来看,阴香群落的净化能力较强,细叶桉群落较弱.

表 5 森林群落中土壤和死地被物的重金属贮量

群落名称	组分	干物质 ¹⁾ (t ^o hm ⁻²)	重金属贮量 / (kg ^o hm ⁻²)				
			Cu	Ni	Zn	Pb	Cr
樟树+ 湿地松群落	死地被物	0	0	0	0	0	0
	土壤	166.4	320.3(19.4) ²⁾	321.5(19.5)	1 415.3(85.8)	814.7(49.4)	2 009.6(121.8)
细叶榕群落	死地被物	0	0	0	0	0	0
	土壤	227.7	93.2(5.8)	102.0(6.4)	704.6(44.0)	387.8(24.2)	1 147.2(71.7)
细叶桉群落	死地被物	0.96	0.02(22.7)	0.004(4.20)	0.08(78.8)	0.03(29.6)	0.01(12.2)
	土壤	272.2	197.3(12.8)	193.2(12.6)	1 177.3(76.7)	992.3(64.7)	1 475.1(96.1)
马尾松群落(1)	死地被物	0.80	0.02(36.6)	0.01(19.4)	0.18(247.8)	0.02(75.3)	0.01(17.6)
	土壤	144.3	241.3(15.6)	81.8(5.3)	1 302.3(84.0)	737.7(47.6)	544.3(99.6)
马尾松群落(2)	死地被物	1.22	0.04(30.2)	0.01(12.1)	0.30(225.6)	0.09(26.8)	0.02(16.5)
	土壤	272.9	168.5(10.8)	61.6(3.9)	1 054.1(67.3)	1 111.2(71.0)	1 289.5(82.3)
台湾相思群落	死地被物	1.05	0.04(36.3)	0.01(7.5)	0.25(238.4)	0.07(63.5)	0.02(23.8)
	土壤	197.4	154.5(10.2)	63.6(4.2)	808.3(53.5)	1 051.0(69.6)	1 378.8(91.3)
阴香群落	死地被物	1.48	0.05(31.6)	0.02(10.4)	0.20(138.5)	0.06(41.4)	0.03(17.8)
	土壤	341.7	277.8(18.5)	65.1(4.3)	905.0(60.4)	778.3(51.9)	996.1(66.4)

1) 土壤为有机质贮量,按 1 m 深土层计; 2) 括号内的数字为重金属含量 (mg/kg)

表 6 森林群落植物对土壤的重金属富集系数

群落名称	Cu	Ni	Zn	Pb	Cr
樟树+ 湿地松群落	0.768	0.236	0.640	0.204	1.150
细叶榕群落	3.034	1.031	1.248	0.219	0.922
细叶桉群落	0.859	0.230	0.459	0.065	1.482
马尾松群落(1)	0.923	0.868	0.864	0.248	1.028
马尾松群落(2)	1.481	0.769	1.129	0.190	2.975
台湾相思群落	1.294	0.500	1.172	0.162	1.974
阴香群落	0.843	1.209	1.493	0.428	3.994

参 考 文 献

- 1 黄会一, 张有标, 张春兴, 等. 木本植物对大气重金属污染物耐性的研究. 植物生态学与地植物学丛刊, 1984, 8 (2): 124- 132
- 2 Onasanya L O, Ajewole K, Adeyeye A. Lead content in roadside vegetation as indicators of atmospheric pollution. *Envir Intern*, 1993, 19 615- 618
- 3 管东生. 流溪河水库林区四个林分类型的生物量与生产力. 生态科学, 1986 (2): 45- 52
- 4 方精云, 刘国华, 徐嵩岭. 我国森林植被的生物量和净生产量. 生态学报, 1996, 16 (5): 497- 508
- 5 林植芳, 李双顺, 孙谷畴, 等. 鼎湖山南亚热带地区植物的叶片矿质元素. 生态学报, 1989, 9 (4): 320- 323

The Storage and Distribution of Heavy Metals of Some Forests in Guangzhou Urban Park

*Chen Yujuan** *Guan Dongsheng*

Abstract The paper deals with the concentrations and content as well as the accumulation and distribution of heavy metals in plants and soil of forest. Their environmental and ecological implication is discussed.

Keywords forests, heavy metals, storage and distribution, Guangzhou urban park

* Department of Environmental Science, Zhongshan University, Guangzhou 510275, China