

应用小羽藓 - 藓袋法研究上海地区 2006 ~ 2011 年间的 5 种重金属污染变化及区域分异

吴继明

(上海市静安区环境监测站, 上海 200042)

摘要:以细叶小羽藓(*Haplocladium microphyllum*)为材料的藓袋法和原子吸收光谱法,测定了上海地区不同样地 2006 和 2011 年间 Cu、Pb、Zn、Cd、Cr 5 种重金属元素含量。按照综合污染指数,污染最严重的地段有宝山钢研所等重工业区域和市中心交通流量大的地段,松江佘山、上海动物园、崇明东平国家森林公园等郊外地段的重金属污染明显较轻。基于藓袋法所得的 5 个重金属元素含量数据的聚类分析和主成分分析表明:20 个样地分成 3 个类型,反映出上海地区 5 种重金属污染存在明显的区域分化,这一结果与基于综合污染指数反映出的区域污染差异有很好的对应性。与 2006 年相比,2011 年 5 种重金属元素在上海地区的 16 个样地的变化差异明显,Cu、Zn、Pb、Cd 和 Cr 含量有显著或极显著增加的样地数分别占了测定样地数的 93.75%、87.5%、68.75%、50.00% 和 43.75%,没有显著变化的样地数分别为 6.25%、6.25%、31.25%、50% 和 50%,仅宝山区钢研所样地的 Zn 和卢湾高级中学样地的 Cr 含量有显著或极显著减少,反映出 2006 ~ 2011 年间上海地区的大气质量没有得到改善,部分还在进一步恶化。虽然宝山区的钢研所污染最为严重,但是与 2006 年相比,环境恶化的趋势相对较弱,而闵行莘庄莘凌路等近郊新开发区的环境恶化却更为明显。讨论了金山石化、中山公园、佘山公园等代表性地段 2006 ~ 2011 年间的大气环境变化特点。

关键词:藓袋;小羽藓;生物指示;重金属污染;上海

中图分类号: X-513 文献标识码: A 文章编号: 1000-5137(2012)04-0410-09

0 引言

苔藓植物形态、结构和生理独特,被广泛地用于监测环境污染^[1-2]。苔藓植物作为环境污染监测器可分为主动和被动 2 种方式^[3]。藓袋法(moss-bag method)是将清洁区采集的苔藓植物制成藓袋(moss bag),暴露于污染环境中一定时间进行监测,属于主动监测的一种技术^[4]。自从 1971 年 Goodman 等人首次采集灰藓(*Hypnum cupressiforme*)制成藓袋,测定了威尔士西南某工业区重金属含量以来^[5],藓袋法逐步显现了在监测环境污染的特色和优点,技术也日趋成熟,在世界范围内得到广泛应用。

上海是国际大都市,城市化程度高,人为活动对环境的干扰强度大,开展上海地区大气质量的生物指示研究能够为环境治理提供基础数据和技术指导。基于历史采集的标本,曹同等以小羽藓为材料研究了上海地区 1965 ~ 2005 年间上海地区主要重金属污染的变化历史,发现 Cu、Pb、Zn、Cd、Cr 元素的含量在 2005 年以前的 40 年中增加显著,大气环境明显恶化,发现上海地区 16 个区县在大气环境质量上存

收稿日期: 2012-05-30

基金项目: 上海市科委重点项目(08390513800)

作者简介: 吴继明(1958 -),男,上海市静安区环境监测站工程师。

在明显区域分化,表现出郊区环境质量优于市中心、工业区污染重于生活区的特点^[6]。近年来,人们开始重视环境质量,各级政府部门也在采取措施遏制大气质量的恶化,上海地区的大气环境质量近年来的变化情况如何?不同区域的环境质量是否还存在明显差异?在上海地区什么样的环境下大气质量相对较好,仍然需要进一步的研究。

1 材料与方法

1.1 实验材料与样点

以细叶小羽藓(*Haplocladium microphyllum*)植物配子体为材料制作藓袋进行大气重金属的监测。细叶小羽藓材料采自浙江省天目山自然保护区相同环境。采集时间分别为2006年4月和2011年4月。将细叶小羽藓洗净、去杂、自然风干,用尼龙网做成12 cm×6 cm的矩形袋子,一端开口,装入2 g风干的材料,封住袋口,在制作藓袋的过程中,应戴胶皮手套,以避免污染。装好的藓袋放入密封袋中备用。细叶小羽藓藓袋布于上海地区的20个样点,样点情况见表1,其中17~20号为2011年新增加样地。

1.2 藓袋的悬挂及取样

于各区监测站内楼顶悬挂小羽藓藓袋(每站点3个),暴露时间为3个月(2006年4~6月、2011年4~6月)。在各区监测站内悬挂小羽藓藓袋,两个年份的藓袋暴露地点和条件相同,每个处理设置3个重复。

1.3 样品处理

1.3.1 样品预处理

苔藓样品先后用自来水及蒸馏水洗净、烘干、研磨后放入干燥、干净的塑封袋内密封保存。注意研磨时不能使用金属球磨机,以上操作严格禁止金属物质进入。

1.3.2 样品硝化处理

准确称取植物体样品1.000 g,用1:4优级纯的HClO₄与HNO₃混合溶液浸泡,“湿法灰化”48 h。然后通风橱内过滤,将滤液在调温电热板上烧至净干,呈白色粉末状,加二次蒸馏水溶解,得无色透明溶液,定容于25 mL容量瓶。

每一样品均做平行双样,以期平均和比较,同时按样品硝化过程配制试剂空白作为对照。

表1 上海地区20个样点的分布情况

样点号	样点名	样点号	样点名
1	松江区佘山	11	杨浦区水丰路
2	长宁区中山公园	12	宝山区钢研所
3	徐汇区漕溪公园	13	闵行区莘庄镇莘凌路
4	黄浦区人民公园	14	松江区景德路
5	卢湾区高级中学	15	青浦区盈贺路
6	徐汇区上海植物园	16	金山石化
7	静安区茂名路	17	上海动物园
8	普陀区梅川路	18	嘉定区汇龙潭公园
9	闸北区共和新路1900号	19	崇明东平国家森林公园
10	虹口区中山北一路212号	20	川沙公园(川沙镇烈士墓)

1.3.3 重金属含量的测定

采用原子吸收光谱法对样品中的Cu、Pb、Zn、Cd、Cr 5种重金属元素含量进行测定,仪器为Thermo Elemental SOLAAR S4原子吸收分光光度计^[7-8]。

1.4 数据分析

应用单因素方差分析,比较2006年和2011年16个对应样地相同方法获得的5种重金属元素的含量.基于暴露3个月的5种重金属元素含量数据,应用下式计算各样地的综合污染指数和环境恶化指数:

$$\bar{x}_i = \sum_{j=1}^{20} x_{ij} / 20, P_j = \sum_{i=1}^5 \frac{(x_{ij} - \bar{x}_i)}{x_i}$$

式中 P_j 为 j 个地区的综合污染指标 $j=1, 2, 3, \dots, 20$, x_{ij} 为第 i 个元素在第 j 个样地的含量, $i=1, 2, 3, \dots, 5$.

如果 x_{ij} 为第 i 个元素在第 j 个样地中2011年比2006年的增长百分比,则 P_j 为环境恶化指数.

为了解环境污染的区域分异特点,以5种重金属元素含量数据为指标,对包括中山公园等在内的20个检测点为对象,应用PC-ORD中的主成分分析和聚类分析模块,探讨上海地区20个样地5种重金属污染的区域分异情况.运算前对原始数据进行最大值标准化;聚类分析采用欧氏距离作为样地重金属污染差异的测度,采用离差平方和法(Ward's method)作为聚类策略;主成分分析时,采用variance/covariance (centered) 计算 cross-products matrix.

2 结果与分析

2.1 上海地区2006、2011年5种重金属污染的变化分析

表2为2006年4~6月、2011年4~6月藓袋暴露3个月后的5种重金属元素含量浓度.表2中,上海动物园、嘉定区汇龙潭公园、崇明东平国家森林公园和川沙公园(川沙镇烈士陵园)4个样地仅有2011年度的数据.

表2 每千克藓袋暴露3个月后测定的2006、2011年不同样地5种重金属含量

样地	Cu/mg				pb/mg				Cd/mg			
	2006年	2011年	P值	增长(%)	2006年	2011年	P值	增长(%)	2006年	2011年	P值	增长(%)
松江佘山	17.53 ± 0.18	21.83 ± 0.29	0.000	24.52	17.83 ± 0.32	20.53 ± 0.15	0.002	15.14	1.56 ± 0.02	1.79 ± 0.04	0.007	14.99
长宁中山公园	46.40 ± 0.21	49.47 ± 0.26	0.001	6.60	27.53 ± 0.48	37.13 ± 0.52	0.000	34.87	1.78 ± 0.04	1.86 ± 0.03	0.184	4.49
徐汇漕溪公园	16.77 ± 0.20	26.00 ± 0.21	0.000	55.09	35.03 ± 0.67	39.13 ± 0.70	0.013	11.70	1.69 ± 0.01	1.84 ± 0.03	0.009	9.29
黄浦人民公园	19.87 ± 0.22	34.27 ± 0.20	0.000	72.48	36.93 ± 0.55	41.60 ± 0.47	0.003	12.64	1.79 ± 0.04	1.84 ± 0.03	0.361	2.80
卢湾高级中学	23.43 ± 0.20	29.30 ± 0.23	0.000	25.03	34.90 ± 0.46	38.27 ± 0.81	0.022	9.65	1.84 ± 0.04	1.90 ± 0.03	0.306	3.25
徐汇上海植物园	23.77 ± 0.20	29.67 ± 0.30	0.000	24.82	33.37 ± 0.18	40.17 ± 0.43	0.000	20.38	1.93 ± 0.03	1.95 ± 0.04	0.687	1.04
静安茂名路	34.57 ± 0.24	44.47 ± 0.26	0.000	28.64	30.30 ± 0.44	42.33 ± 0.85	0.000	39.71	1.60 ± 0.12	1.81 ± 0.02	0.163	12.68
普陀梅川路	26.77 ± 0.18	28.90 ± 0.21	0.001	7.97	38.23 ± 0.61	37.27 ± 0.45	0.272	-2.53	1.50 ± 0.03	1.62 ± 0.02	0.031	8.00
闸北共和新路	22.93 ± 0.32	33.60 ± 0.32	0.000	46.51	34.80 ± 0.80	36.67 ± 0.90	0.197	5.36	1.50 ± 0.03	1.56 ± 0.02	0.214	3.99
虹口中山北一路	24.43 ± 0.18	31.60 ± 0.32	0.000	29.33	35.00 ± 0.87	36.43 ± 0.55	0.234	4.10	1.48 ± 0.03	1.61 ± 0.02	0.017	8.76
杨浦区水丰路	24.63 ± 0.26	31.93 ± 0.23	0.000	29.63	23.63 ± 0.27	25.87 ± 0.23	0.003	9.45	1.64 ± 0.01	1.66 ± 0.04	0.682	1.22
宝山区钢研所	34.60 ± 0.36	40.13 ± 0.26	0.000	15.99	56.63 ± 0.93	66.20 ± 1.54	0.006	16.89	1.59 ± 0.03	1.58 ± 0.02	0.766	-0.63
闵行莘庄莘凌路	28.87 ± 0.32	28.67 ± 0.35	0.695	-0.69	28.07 ± 0.23	33.67 ± 0.39	0.000	19.95	1.79 ± 0.02	1.98 ± 0.04	0.010	11.01
松江区景德路	24.63 ± 0.35	27.20 ± 0.21	0.003	10.41	26.70 ± 0.32	34.77 ± 0.20	0.000	30.21	1.57 ± 0.03	1.92 ± 0.03	0.001	22.51
青浦区盈贤路	20.53 ± 0.15	23.37 ± 0.26	0.001	13.79	33.27 ± 0.27	34.77 ± 0.49	0.056	4.51	1.98 ± 0.04	2.28 ± 0.03	0.003	14.96
金山石化	20.47 ± 0.20	24.43 ± 0.27	0.000	19.38	17.37 ± 0.29	17.77 ± 0.35	0.427	2.30	1.06 ± 0.03	1.17 ± 0.02	0.033	10.69
上海动物园	-	15.97 ± 0.18	-	-	-	23.00 ± 0.42	-	-	-	1.89 ± 0.03	-	-
嘉定汇龙潭公园	-	15.50 ± 0.26	-	-	-	29.10 ± 0.57	-	-	-	1.82 ± 0.03	-	-
崇明东平森林公园	-	12.27 ± 0.12	-	-	-	12.20 ± 0.21	-	-	-	1.18 ± 0.02	-	-
川沙公园	-	27.47 ± 0.41	-	-	-	34.81 ± 0.33	-	-	-	1.66 ± 0.03	-	-

续表2 每千克藓袋暴露3个月后测定的2006、2011年不同样地5种重金属含量

样地	Zn/mg				Cr/mg			
	2006年	2011年	P值	增长(%)	2006年	2011年	P值	增长(%)
松江佘山	532.87 ± 3.67	565.13 ± 8.17	0.023	6.06	1.55 ± 0.01	1.79 ± 0.05	0.008	15.45
长宁中山公园	482.80 ± 8.84	571.23 ± 5.34	0.001	18.32	1.83 ± 0.04	1.86 ± 0.02	0.495	1.82
徐汇漕溪公园	409.27 ± 4.94	429.93 ± 4.17	0.033	5.05	1.40 ± 0.04	1.63 ± 0.04	0.023	15.91
黄浦人民公园	353.77 ± 4.19	542.93 ± 5.54	0.000	53.47	1.66 ± 0.03	1.88 ± 0.03	0.012	12.83
卢湾高级中学	281.57 ± 2.92	417.67 ± 30.79	0.012	48.34	1.93 ± 0.03	1.47 ± 0.02	0.000	-24.14
徐汇上海植物园	344.40 ± 2.89	433.70 ± 3.44	0.000	25.93	1.55 ± 0.03	1.51 ± 0.02	0.340	-2.58
静安茂名路	451.37 ± 1.98	552.97 ± 4.89	0.000	22.51	1.47 ± 0.04	1.48 ± 0.02	0.694	1.14
普陀梅川路	334.70 ± 3.04	446.03 ± 4.15	0.000	33.26	1.41 ± 0.02	1.40 ± 0.02	0.926	-0.24
闸北共和新路	341.00 ± 5.65	367.03 ± 5.13	0.027	7.63	1.52 ± 0.02	1.50 ± 0.02	0.646	-0.88
虹口中山北一路	388.63 ± 31.64	414.63 ± 3.61	0.460	6.69	1.48 ± 0.04	1.44 ± 0.03	0.484	-2.71
杨浦区水丰路	241.13 ± 2.07	292.53 ± 4.25	0.000	21.32	1.53 ± 0.06	1.56 ± 0.03	0.669	1.96
宝山区钢研所	550.13 ± 6.60	422.97 ± 7.36	0.000	-23.12	2.73 ± 0.06	2.62 ± 0.06	0.227	-4.27
闵行莘庄莘凌路	318.50 ± 3.10	471.37 ± 8.81	0.000	48.00	2.39 ± 0.03	3.60 ± 0.14	0.001	50.28
松江区景德路	375.73 ± 4.35	533.10 ± 11.04	0.000	41.88	2.27 ± 0.18	2.87 ± 0.15	0.060	26.25
青浦区盈贺路	357.17 ± 2.94	423.43 ± 6.78	0.001	18.55	1.35 ± 0.01	1.57 ± 0.04	0.005	16.58
金山石化	449.10 ± 4.74	572.00 ± 8.88	0.000	27.37	1.41 ± 0.02	1.60 ± 0.02	0.004	13.24
上海动物园	-	486.97 ± 3.79	-	-	-	1.97 ± 0.04	-	-
嘉定汇龙潭公园	-	473.23 ± 5.27	-	-	-	2.11 ± 0.07	-	-
崇明东平森林公园	-	694.40 ± 9.39	-	-	-	1.81 ± 0.03	-	-
川沙公园	-	486.00 ± 8.32	-	-	-	2.00 ± 0.06	-	-

从表2可以发现,Cu元素在所有测定的样点中,除了闵行莘庄莘凌路的2011年与2006年的Cu含量没有显著差异($P=0.695$)外,其余15个样地Cu含量均呈极显著的增加.在检测的16个样地中,黄浦人民公园、徐汇漕溪公园、闸北共和新路这些位于市中心区域的样地,2011年检测的Cu元素含量比2006年的分别增加了72.48%、55.09%和46.51%,这些区域铜的污染日益严重.

Pb的含量在普陀梅川路、闸北共和新路、虹口中山北一路和金山石化4个样地2个测定年份中没有显著的变化,其余的2011年的污染均极显著地重于2006年,其中以静安茂名路、长宁中山公园和松江区景德路的含量增长最快,Pb的含量在这3个样地分别增长了39.71%、34.87%和30.21%.

Cd的含量在检测的16个样地中,与2006年相比,有一半左右的样地没有显著的增加,这些样地有宝山区钢研所、徐汇上海植物园、杨浦区水丰路、黄浦人民公园、卢湾高级中学、闸北共和新路、长宁中山公园和静安茂名路,而其他样地的污染则有显著的加重,其中以松江区景德路、松江佘山和青浦区盈贺路的增加稍重,与2006年相比,分别增加了22.51%、14.99%和14.96%.

Zn的含量在虹口中山北一路样地没有显著的增加,宝山区钢研所2011年的Zn含量比2006年有极显著的下降,而其他14个样地呈现显著或极显著的加剧,其中以黄浦人民公园、卢湾高级中学、闵行莘庄莘凌路和松江区景德路4个样地的增加最为迅速,分别为2006年的53.47%、48.34%、48.00%和41.88%.

在检测的16个样地中,与2006年相比,有10个样地Cr含量没有显著的增加,甚至略有极显著的减轻,这些样地有普陀梅川路、静安茂名路、杨浦区水丰路、闸北共和新路、长宁中山公园、虹口中山北一路、徐汇上海植物园、宝山区钢研所、松江区景德路和卢湾高级中学.Cr污染加重最强烈的是闵行莘庄莘凌路,与2006年相比,2011年增长了50.28%,其次是松江区景德路,增长了26.25%,青浦区盈贺路、徐汇漕溪公园、松江佘山、金山石化和黄浦人民公园也有不同程度的加重,增长率在12.83%~16.58%

之间.

总体上讲,与2006年相比,2011年5种重金属元素在上海地区16个样地的变化差异明显,Cu、Zn、Pb、Cd和Cr含量有显著或极显著增加的样地数分别占了测定样地数的93.75%、87.5%、68.75%、50.00%和43.75%,没有显著变化的样地数分别为6.25%、6.25%、31.25%、50%和50%,仅宝山区钢研所样地的Zn和卢湾高级中学样地的Cr含量有显著或极显著减少,反映出2006~2011年间上海地区的大气质量没有得到改善,部分还在进一步恶化.

以与2006年相比的5种重金属污染增加率为基础,基于综合指数公式,计算得到16个样地环境改善综合指数,见表3.

表3 与2006年相比2011年上海地区16个样地的环境恶化指数

样地	环境恶化指数	样地	环境恶化指数
宝山区钢研所	-4.8904	金山石化	0.2078
卢湾高级中学	-4.0208	青浦区盈贺路	0.7220
虹口中山北一路	-2.5511	松江佘山	1.1678
普陀梅川路	-2.4282	徐汇漕溪公园	1.4369
闸北共和新路	-2.1009	静安茂名路	1.5507
杨浦区水丰路	-1.8416	黄浦人民公园	3.1119
徐汇上海植物园	-1.7035	松江区景德路	5.5966
长宁中山公园	-0.7518	闵行莘庄莘凌路	6.4946

表3表明,宝山钢研所、卢湾高级中学、虹口中山北一路、普陀梅川路、闸北共和新路、杨浦区水丰路、徐汇上海植物园和长宁中山公园的环境恶化趋势相对较平缓,而闵行莘庄莘凌路、松江区景德路等由于近年来人口的大量导入,交通流量剧增,使大气环境质量明显变差.

2.2 上海地区重金属污染情况及其区域分异

以中山公园等20个样地2011年藓袋暴露3个月的5种重金属元素含量为基础,计算得到它们的综合污染指数(表4).

表4 2011年20个样地藓袋暴露3个月后的5种重金属综合污染指标

样地	综合污染指标	样地	综合污染指标
12. 宝山钢研所	1.5094	15. 青浦区盈贺路	-0.1471
2. 长宁区中山公园	1.0537	10. 虹口区中山北一路212号	-0.2832
13. 闵行区莘庄镇莘凌路	1.0109	9. 闸北区共和新路1900号	-0.2993
7. 静安区茂名路	0.7604	8. 普陀区梅川路	-0.3009
14. 松江区景德路	0.7006	18. 嘉定区汇龙潭公园	-0.4613
4. 黄浦区人民公园	0.5899	1. 松江区佘山	-0.4846
6. 徐汇区上海植物园	0.0307	17. 上海动物园	-0.6295
20. 川沙公园(川沙镇烈士墓)	0.0023	11. 杨浦区水丰路	-0.7458
5. 卢湾区高级中学	-0.1210	16. 金山石化	-0.9187
3. 徐汇区漕溪公园	-0.1339	19. 崇明东平国家森林公园	-1.1324

表4表明,环境条件相对较好的样地均位于郊外,例如嘉定区汇龙潭公园、松江区佘山、上海动物园、金山石化和崇明东平国家森林公园;而污染严重的区域或是重工业基地,例如宝山区钢研所,或是位于市中心交通流量大的区域,例如长宁区中山公园.

基于20个样地2011年5种重金属元素含量进行的聚类分析和主成分分析结果分别见图1和2.主

成分分析前二维排序轴累积信息贡献率达 70.6% ,反映出排序图较好地反映了 20 个样地在 5 种重金属元素含量上的分异情况.

聚类分析和主成分分析均反映出 20 个样地的重金属污染情况可以分成 3 个样地组:

组 1: 包括宝山区钢研所(12)、长宁区中山公园(2)、闵行区莘庄镇莘凌路(13)、静安区茂名路(7)和松江区景德路(14)共 5 个样地. 这一组的重金属污染严重,综合污染指标在 0.7 以上,位于前 5 位.宝山区由于是大型钢铁企业所在地,污染自然严重,长宁区中山公园、静安区茂名路等位于市中心地段,交通流量大,污染也比较严重.

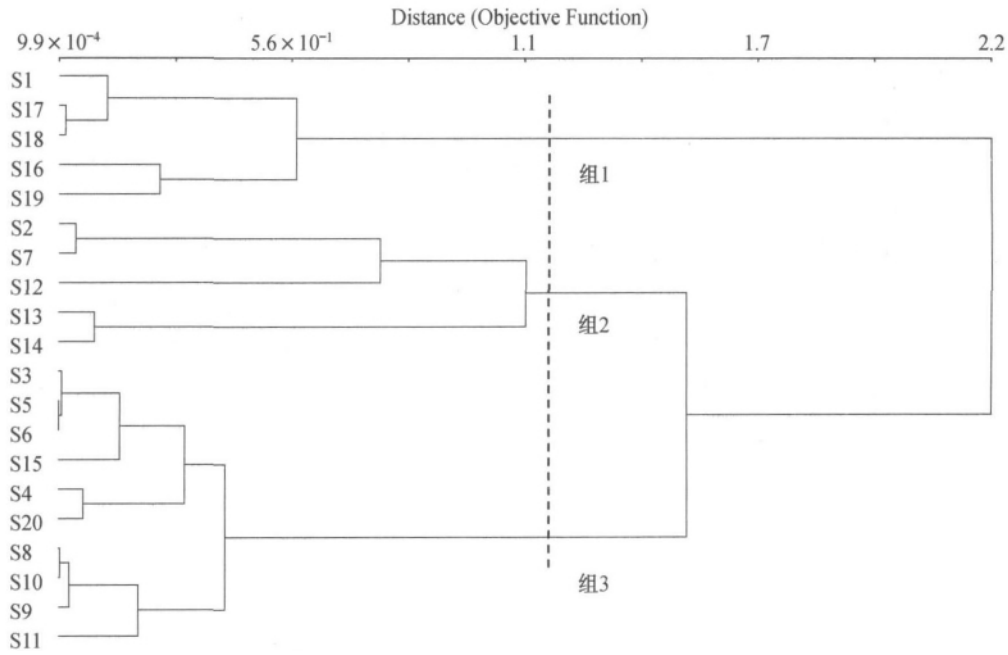


图 1 上海地区 20 个样点环境污染区域分异的系统聚类图(图中 1 ~ 20 所代表的样点见表 1)

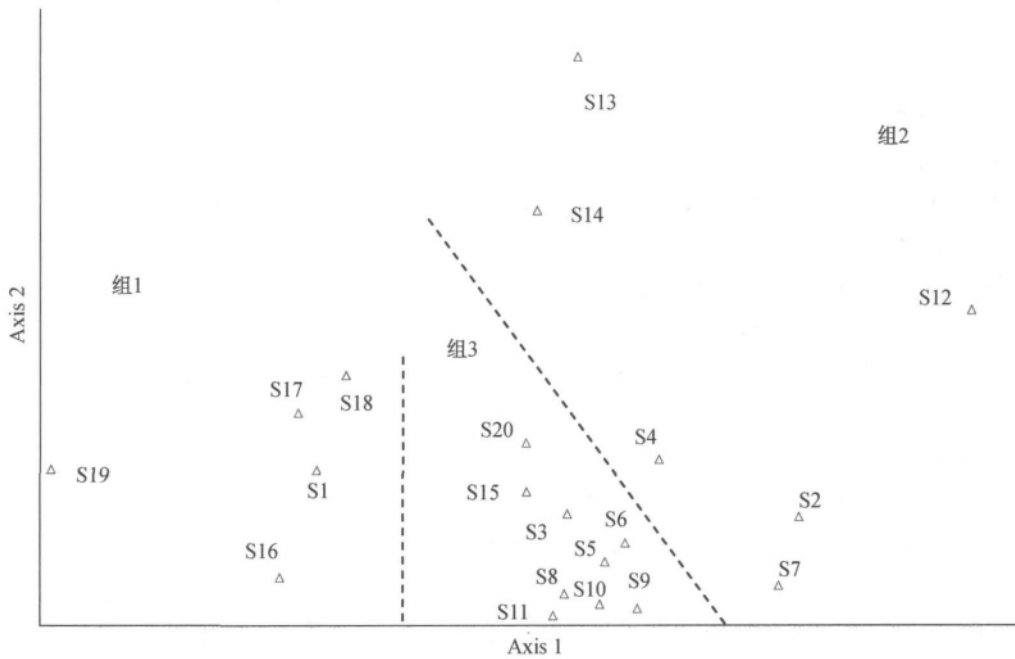


图 2 上海地区 20 个样点环境污染区域分异的主成分分析 (图中 1 ~ 20 所代表的样点见表 1)

组2:包括黄浦区人民公园(4)、徐汇区上海植物园(6)、川沙公园-川沙镇烈士墓(20)、卢湾区高级中学(5)、徐汇区漕溪公园(3)、青浦区盈贺路(15)、虹口区中山北一路212号(10)、杨浦区水丰路(11)、闸北区共和新路1900号(9)和普陀区梅川路(8)共9个样地。除杨浦区水丰路外,这些样地的综合污染指标在0.5899~ -0.3009之间,10个样地的位置除川沙公园-川沙镇烈士墓和青浦区盈贺路外,其余8个均位于市中心,是20个样地中污染程度中等的区域。

组3:包括嘉定区汇龙潭公园(18)、松江区佘山(1)、上海动物园(17)、金山石化(16)和崇明东平国家森林公园(19),均处于效外,是20个检测样地中环境污染最轻的区域,综合污染指数在-0.4613以下。

表5反映出图2中第1排序轴主要反映了Cu和Pb两种重金属污染的梯度变化。沿第1轴由左向右,样地中Cu和Pb的含量增加,Zn的含量减少,而Cr的变化趋势不明显;第2轴主要反映了Cr的污染梯度,沿第2轴由下向上,Cr的污染加剧,即位于第2轴上方的样地,Cr的污染相对较重,位于第2轴下方的则污染相对较轻。由此可以发现,位于排序图右侧的样地(S12、S2和S7),Pb的污染相对较重,上方(S13、14)的样地则Cr的污染较重。相反方向,位于第一排序轴左侧的S1、S16、S17、S18、S19 5个样地Pb的污染较弱,而S19和S16则Pb、Cu、Cr的污染是相对最弱的。从表4中也可以发现这些特点。例如崇明东平国家森林公园(S19)、金山石化其综合污染指数是最小的,而宝山钢研所(S12)、闵行区莘庄镇莘凌路(13)、静安区茂名路(7)、长宁区中山公园(2)和松江区景德路(14)的综合污染指数是最高的。根据总的信息负荷量,5种重金属元素在20个样地中的相对差异幅度接近,只是Cu和Pb的大些,而Zn和Cr的小些。

表5 5种元素在前3维主成分中的负荷量

元素	第1主成分	第2主成分	第3主成分	总负荷量
Cu	0.6943	-0.1990	-0.4874	2.0419
Pb	0.6568	0.1299	0.1501	1.9141
Cd	0.1672	0.2035	0.4434	1.779
Zn	-0.2348	0.1564	-0.7304	1.5042
Cr	0.0593	0.9368	-0.0987	1.536

2.3 典型样点小羽藓植物体2011年重金属含量与2006年的比较分析

2.3.1 松江区佘山镇

佘山是上海地区唯一一片保存较好的山林地带,以其为代表研究2011年与2006年度环境质量的变化,具有一定代表性。

基于表2中佘山样地的藓袋法数据,发现除了2011年度Zn的含量比2006年表现出显著增长外,其余的Cu、Pb、Cd和Cr 4种重金属污染增均呈极显著的增加。佘山虽然环境质量总体偏好,但是近年来大气质量在下降,这与所处佘山镇地区此期间的工业、交通及旅游业的开发建设带来的环境重金属污染加剧有关。

2.3.2 金山石化

金山石化位于上海西南郊东海边,60年代后期投产,主要生产石油化工产品,现为上海市的一个主要工业区。研究其近年来大气环境中重金属含量的变化,可以在一定程度上说明上海市化工区的环境质量和变化趋势。

尽管金山区是石化工业区,但是综合的污染指数在20个检测的样地中几乎是最底的,仅为-0.9187,比环境质量最好的崇明东平国家森林公园略高一些,这可能与该金山区重视环境保护工作,样地又处于上海西南远郊,大气污染容易受海风吹而稀释有关。不过,除了Pb元素外,与2006年该区域

的测定数据相比,2011年的大气的4种其他重金属污染也有较明显的恶化趋势。分析原因可知,对于重金属Pb是汽车排放尾气中的重要污染元素,但是西南远郊交通流量增加相对较缓;Cr在自然界中的本底含量就相对很低,化纤工业生产是Cr元素的一个主要的污染排放源,在此情况下,随着工业的生产必将带来Cr元素在工厂区域环境中的富集,因此Cr在金山石化地区有一定量的增长。

2.3.3 中山公园

中山公园位于市中心地段,交通流量特别大,从表4中可以发现,与2006年相比,中山公园pb、Zn和Cu呈极显著的增长,其中以Pb的增长最快,达34.87%,其次是Zn,也增长了18.32%,Cu的增长幅度相对较低,为6.6%;Cr和Cd则没有明显的变化。Cu、Pb和Zn是汽车排放和街道灰尘中的主要重金属污染源,因此在交通流量特别大的中山公园地区,其污染程度也相对较高。

2.3.4 宝山钢研所

就2011年20个调查的样地而言,地处宝山区的钢铁研究所的综合污染指标是最高的,特别是该地区中大气环境中Pb和Cd的含量是20个测定样地中最高的,其次Cu的含量也不低。不过,该地区在近年来环境的恶化却在减缓,环境恶化指数在16个样地中是最低的,反映出该地区近年来的环保工作得到了加强,并初显成效。

3 结 论

(1) 与2006年相比,上海地区2011年多数测定的样点中Cu、Zn、Pb、Cd和Cr含量有显著或极显著增加,2006~2011年间上海地区的大气质量没有得到改善,而且有进一步恶化的趋势。Cu和Zn、Pb的污染加剧明显,建议进一步加强对这3种元素的监测与治理,也反映出汽车尾气中的重金属污染是上海地区最重要的污染源^[6]。

(2) 上海地区大气重金属污染存在明显的区域分化,郊区和郊县大气中重金属元素的含量总体上低于市中心,这种重金属污染的分布格局与2005年度基于小羽藓野外采集样品的测定结果相同^[6]。

(3) 基于藓袋法获得的重金属含量数据,结合聚类分析和主成分分析,能够比较有效地展示大气环境质量的区域分异特点。

参考文献:

- [1] 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.
- [2] WOLTERBEEK H T H. Biomonitoring of trace element air pollution: principles, possibilities and perspectives [J]. *Environmental Pollution* 2002, 120: 11 - 21.
- [3] STEINNES E, RAMBAEK J P, HANSEN J E. Large scale multielement survey of atmospheric deposition using naturally growing moss as biomonitor [J]. *Chemosphere* 1992, 25: 735 - 752.
- [4] WEGENER J W M, VAN S M J M, AIKING H. Active biomonitoring of polycyclic aromatic hydrocarbons by means of mosses [J]. *Environmental Pollution* 1992, 76: 1 - 15.
- [5] GOODMAN G T, ROBERTS T M. Plants and soil as indicators of metal in the air [J]. *Nature* 1971, 231: 287 - 292.
- [6] CAO T, AN L, WANG M et al. Spatial and temporal changes of heavy metal concentrations in mosses and its indication to the environments in the past 40 years in the city of Shanghai, China [J]. *Atmospheric Environment* 2008, 42: 5390 - 5402.
- [7] 瞿丽雅, 林齐维, 李梅, 等. 苔藓植物含硫量与大气SO₂间对应关系的应用研究 [J]. *贵州师范大学学报: 自然科学版* 1994, 12(1): 45 - 48.
- [8] 中国土壤学会农业化学专业委员会. 土壤农业化学常规分析方法 [M]. 北京: 科学出版社, 1984.

Applying moss bags with *Haplocladium microphyllum* plant to indicate variation of the five heavy metals pollution in Shanghai area during the period of 2006 – 2011

WU Ji-ming

(Environmental Monitoring Station of Jinan District ,Shanghai 200042 ,China)

Abstract: By means of AAS method the concentrations of Cu ,Pb ,Zn ,Cd and Cr in the plants of moss *Haplocladium microphyllum* in moss bags located in 16 sites in Shanghai during the period of 2006 – 2011 were determined. Based on an integrated pollution index the most serious pollution areas were Institute of Steel Science in Baoshan district with heavy industry and Zhongshan Park with heavy traffic ,while Dongping national forest park in Chongming island in the suburb of Shanghai were slightly polluted. Cluster analysis and Principal component analysis (PCA) showed that 20 sites could be divided into three site groups to reveal the variation of five heavy metal elements. The pollution states of 20 sites based on the integrated pollution index were similar to those resulted from Cluster analysis and PCA. Compared with those in 2006 the changes of five heavy elements in 16 sites in 2011 varied much. The sites with distinct concentration increase for Cu ,Zn ,Pb ,Cd and Cr account for 93.75% ,87.5% ,68.75% ,50.00% and 43.75% of the total determined sites respectively ,while those without distinct increase or decrease for Cu ,Zn ,Pb ,Cd and Cr account for 6.25% ,6.25% ,31.25% ,50% and 50% . Only Zn in Institute of Steel Science of Baoshan district and Cr in Luwan higher school in 2011 decreased distinctly compared with those in 2006. Though the pollution of the five metal elements in the institute of steel science in Baoshan was heaviest ,compared with those of 2006 ,the increase rate of five metal elements was lower and the trend of environmental degradation in the site were relatively weak ,while the trend of environmental degradation were distinct in the newly developing area along Xinlin road in Minghang district. The atmospheric environment changes in typical areas such as Mount Sheshan ,JinShan Petrochemical Plant and Zhongshan Park were also compared and discussed.

Key words: Moss – bag; *Haplocladium microphyllum*; bio-monitoring; heavy metal; pollution; Shanghai

(责任编辑: 顾浩然)