

# 武汉东湖降水中磷酸盐及其他 化学组分的研究\*

刘衢霞 惠加玉 卢奋英

(中国科学院水生生物研究所, 武汉)

**提要** 根据作者在湖北省武汉市东湖测定降水中化学组分含量的资料, 总结了东湖降水中磷酸盐的含量、周年变化和降水的主要离子组成。降水中磷酸盐的含量, 一年中以秋季最高, 冬季次之, 春夏季最低。降水主要离子组成, 阴离子以  $\text{SO}_4^{2-}$  占优势, 阳离子以  $\text{K}^+ + \text{Na}^+$  占主要部分, 属于硫酸盐类钾钠组第II型。

根据降水中磷酸盐的含量及降雨量, 计算了周年由降水通过湖面输入东湖及流域的磷酸盐量。

降水中的磷酸盐含量曾有文献报道, Ruttner<sup>[5]</sup> 指出, 在 Lunz 的降水中,  $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$  含量为  $0.01\text{mg/l}$ , 其极小值低于  $0.001\text{mg/l}$ <sup>[2]</sup>。Вотинизив<sup>[7]</sup> 测得贝加尔湖降水中磷的含量介于  $0.002\text{—}0.045\text{mg P/l}$ , 而 Агасв<sup>[6]</sup> 在阿塞拜疆测得磷的含量为零。由于磷酸盐在降水中的含量很低, 因而就不如氮那样被人们所重视, 有关这方面的工作报告也很少。作者于 1962—1963 年间, 曾对武汉东湖降水中的磷酸盐进行过观测, 降水的收集及处理已另文报道<sup>[1]</sup>。磷酸盐测定采用钼蓝法。样品于收集后 0.5—2.0 小时内测定完毕, 结果列于表 1。

表 1 武汉东湖降水中磷酸盐的含量  
(单位:  $\text{mg PO}_4^{3-}/\text{l}$ )

观测年、月	个别水样		平均值
	极大值	极小值	
1962. 4.			0.052
6.	0.013	0.001	0.007
7.			0.048
8.	0.452	0.015	0.104
9.	0.209	0.008	0.074
10.	0.430	0.048	0.116
11.	0.178	0.044	0.099
12.	0.141	0.039	0.082
1963. 2.	0.095	0.004	0.062
3.	0.264	痕量	0.079
周年值	0.452	痕量	0.072

\* 本文蒙丘昌强副教授修改; 湖北省水文总站、东湖蒸发实验站热情提供降水资料, 作者在此一并表示谢忱。  
收稿日期: 1984年2月17日。

从表 1 中可以看到:

1. 东湖降水中磷酸盐的含量介于痕量— $0.452\text{mg PO}_4^{3-}/\text{l}$ , 月平均值变动在  $0.007$ — $0.116\text{mg PO}_4^{3-}/\text{l}$ , 年平均值为  $0.072\text{mg PO}_4^{3-}/\text{l}$ , 较 Вотинизив 所测得的平均值  $0.017$  为高。

2. 降水中磷酸盐的含量具有季节变化。在一年中以秋季最高, 平均含量为  $0.096\text{mg PO}_4^{3-}/\text{l}$ ; 冬季次之, 含量为  $0.072$ ; 春、夏季为低, 含量分别为  $0.065$  和  $0.053$ 。关于降水中磷的来源, Ruttner 曾指出主要是来自被风携带至大气中的地面尘粒和灰物。我们认为除了上述来源外, 通过工业生产过程散发到大气中的含磷物也是降水中磷酸盐的重要来源。至于降水中磷酸盐含量的季节差异, 可解释为: 在秋季, 天气晴朗干燥, 气压高, 地面上的尘粒、灰物和各种工业生产散发物易随风直上, 当降水时, 这些含可溶性磷的颗粒随降水挟带返回地面, 导致了降水中磷含量稍高的结果; 春季到来时, 万物丛生, 地面上的植被覆盖面积达一年中的最大值, 扬尘相对减少, 因而出现春、夏季降水中磷含量的低值。

3. 从降水中主要离子组成(表 2)来看, 阴离子以  $\text{SO}_4^{2-}$  占优势, 达主要离子毫克当

表 2 降水中主要离子组成

(1962 年 6—8 月)

离子名称	个别水样 (mg/l)		平均值 (mg/l)	毫克当量/升	毫克当量%	水样测定数目
	极大值	极小值				
$\text{Ca}^{2+}$	3.53	0.40	1.34	0.07	3.89	8
$\text{Mg}^{2+}$	1.69	0.05	0.78	0.07	3.89	8
$\text{K}^+ + \text{Na}^{++}$			7.60	0.31	42.22	8
$\text{HCO}_3^-$	9.15	0.06	3.85	0.06	3.33	8
$\text{CO}_3^{2-}$	0	0	0	0	0	8
$\text{SO}_4^{2-}$	38.87	2.46	16.53	0.34	43.89	8
$\text{Cl}^-$	2.18	0.05	1.44	0.05	2.78	8

\*  $\text{K}^+ + \text{Na}^+$  系用计算法求得。

量总和的 43.89%。阳离子则以  $\text{K}^+ + \text{Na}^+$  占主要部分, 达主要离子毫克当量总和的 42.22%;  $\text{Ca}^{2+}$  和  $\text{Mg}^{2+}$  都为 3.89%;  $\text{HCO}_3^-$  为 3.33%。故  $\text{HCO}_3^- < \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} < \text{HCO}_3^- + \text{SO}_4^{2-}$ , 属于硫酸盐类钾钠组第 II 型,  $\text{S}_{\text{II}}^{\text{K}^+\text{Na}^+}$ 。Drischel<sup>[2]</sup> 曾观测过距海岸不同距离的观测点处降水时所含的  $\text{Cl}^-$  和  $\text{SO}_4^{2-}$ , 得出的结论是前者与海岸距离的远近成负相关, 后者则成正相关。Sugawaru 指出, 降水中  $\text{SO}_4^{2-}/\text{Cl}^- > 0.139$  是降水起源于大陆性的标志; 若为 0.139, 则属起源于海洋。Conway 认为降水中  $\text{K}^+$  和  $\text{Na}^+$  含量高的原因, 是工业生产过程中的(如化肥工业)将含  $\text{K}^+$  和  $\text{Na}^+$  的灰物排入大气中所造成的。我们的结论是: 武汉东湖降水属  $\text{S}_{\text{II}}^{\text{K}^+\text{Na}^+}$  型, 主要含  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{K}^+$  和  $\text{Na}^+$ ;  $\text{SO}_4^{2-}/\text{Cl}^-$  比值为 11.48, 远大于 0.139。因此, 降水受到工业污染源严重污染, 但尚不能如 Sugawaru 所认为的那样说它源于大陆。

4. 连续降雨时观测到降水中磷的含量在不同时间间隔中有明显的变动(表 3)。这可能是降水与迅速交换的含有不同磷含量的气流相接触的结果。

5. 降水中 pH 值变动在 6.1—7.8 之间, 平均为 6.99; 总固体为  $76.4\text{mg/L}$ 。降水中无

表 3 东湖上空连续降水时  $PO_4^{3-}$  含量的变动

观测日期(月、日、时、分)	mg $PO_4^{3-}$ /l	观测日期(月、日、时、分)	mg $PO_4^{3-}$ /l
1962.6.1.23:00— 1962.6.2.10:00	0.001	1962.10.31. 8:00— 13:45	0.118
10:00— 12:00	0.013	13:45— 16:00	0.095
12:00— 1962.6.3. 8:00	0.004	16:05— 17:20	0.054
1962.8.9. 2:00— 6:20	0.107	17:20— 18:20	0.048
6:35— 7:35	0.173	18:20— 19:50	0.056
7:35— 8:35	0.043	19:50— 21:50	0.060
8:35— 12:00	0.452	1962.11.1 21:50— 7:40	0.072
12:00— 14:30	0.015	7:40— 10:50	0.044

机氮<sup>[1]</sup>含量达 0.447mg N/l, 磷酸盐为 0.072mg  $PO_4^{3-}$ /l, N/P 值为 6.2:1。

6. 根据降水中磷的含量及降雨量计算, 周年由降水通过湖面输入东湖的磷酸盐含量为 2.93t, 以含  $P_2O_5$  为 17% 的过磷酸钙计算, 从降水中补给东湖的磷量为 4.8kg/ha·a。相当于目前从东湖渔获物(高产条件下)中帶出磷含量的 31%, 而由降水输入流域的磷酸盐量为 19.63t。这对东湖富营养化治理途径的研究是很有参考价值的(表 4)。

表 4 由降雨输入东湖和流域的磷酸盐

观测年、月	降雨量 (mm)	降雨中磷 酸盐含量 (mg $PO_4^{3-}$ /l)	由降雨通过湖面 输入的磷酸盐 (kg)	由降雨输入流域 的磷酸盐 (kg)
1962. 4.	124.4	0.052	180.5	1209.7
6.	194.2	0.007	37.9	254.2
7.	120.5	0.048	161.4	1081.6
8.	580.7	0.104	1684.9	11293.5
9.	109.9	0.074	226.9	1520.8
10.	43.8	0.116	141.7	950.1
11.	46.9	0.099	129.5	868.3
12.	52.5	0.082	120.1	805.0
1963. 2.	24.5	0.062	42.4	284.1
3.	92.4	0.079	203.7	1365.0
			2929.0	19632.3

## 参 考 文 献

- [1] 刘衢霞、卢奋英、惠加玉, 1983。武汉东湖湖区降水中的氮含量及其变化的研究。海洋与湖沼 14(5): 454—459。
- [2] Drischel, H., 1940. Chlorid-, Sulfat- und Nitratgehalt der atmosphärischen Niederschläge in Bad Reinerz und Oberschreibernau im Vergleich zu bisher bekannten Werten anderer Orte. *Der Baineologe* 7(11): 321—334.
- [3] Hutchinson, G. E., 1957. A Treatise on Limnology. vol. 1. Geography, physics, and chemistry. New York, John Wiley and Sons, Inc. 1015 pp.

- [4] Rankama, K. and Th. G. Sahama, 1949. *Geochemistry*, The Univ. Chicago Press (Reprint), 911 pp.
- [5] Ruttner, F., 1962. *Grundriss der Limnologie*, 3 Auflage, Berlin, Walter de Gruyter and Co., 332 pp.
- [6] Агаев, Ш. М. и Н. Степанов, 1964. О химическом составе, атмосферных осадков Азербайджана. *ДАН СССР* **154** (6): 1359—1360.
- [7] Вотинцев, К. К., 1961. Гидрохимия оз. Байкал. *Тр. Байкальской станции*, **20**:24—30.

## A STUDY ON PHOSPHATE AND OTHER CHEMICAL COMPONENTS IN PRECIPITATION IN DONGHU LAKE, WUHAN

Liu Quxia, Hui Jiayu and Lu Fenyng  
(*Institute of Hydrobiology, Academia Sinica, Wuhan*)

### ABSTRACT

The paper summed up the content, annual variation and main ion composition of phosphate in precipitation in Donghu Lake, Wuhan. The annual input of phosphate into the lake by precipitation and inflows were calculated.

The content of phosphate in precipitation in Donghu Lake, Wuhan was in trace—0.452 mg  $\text{PO}_4^{3-}/\text{l}$ . The average annual value for 1962—1963 was 0.072 mg  $\text{PO}_4^{3-}/\text{l}$ . The highest was in autumn (averaging 0.096 mg  $\text{PO}_4^{3-}/\text{l}$ ), lower in winter (0.072), and the lowest in spring and summer (0.065 and 0.053). The abundant anion in the precipitation was  $\text{SO}_4^{2-}$ , amounting 43.98% of the total volume of the main ion milliequivalents. Among the cation the main ions were  $\text{K}^+\text{+Na}^+$ , amounting 42.22% of the total volume of the main ion milliequivalents. The precipitation belonged to the second form in  $\text{K+Na}$  of sulphate class,  $\text{S}_{\text{II}}^{\text{K}^+\text{+Na}^+}$ . The pH value varied between 6.1 and 7.8. The total solid was 76.4 mg/l and the N/P value was 6.2:1. The annual input of phosphate through lake surface by precipitation was 2.93 ton, and the input into its basin was 19.62 ton.