

武汉东湖湖区降水中的氮含量 及其变化的研究*

刘衢霞 卢奋英 惠嘉玉

(中国科学院水生生物研究所)

东湖位于长江中游的湖北省武汉市市区,其北面为重工业区。在水位高程为20.5m时,湖的面积为27.899km²(合41,850亩)。总汇水面积为187km²[2]。根据东湖蒸发实验站提供的资料,1962—1980年的平均年降水量为1182mm,主要集中在4—9月。年平均气温约为16.9℃。

降水不仅影响东湖水位的变化,降水中所含的化学组成,特别是氮化合物对于东湖湖水的化学组成、水体生物生产力以及水生态系统中氮的平衡都有一定的影响。为了研究东湖降水中的氮含量及其变化,作者曾于1962年4月到1963年3月对降水中的无机氮进行了周年测定。但近年来,由于湖水富营养化的迅速发展,水中总无机氮含量已由1956—1957年平均值的0.176mgN/l上升到1978—1980年平均值的0.342mgN/l^[1]。氮含量的增加,主要是由于城市污水的影响,但降水的影响也是不可忽视的因素。为此,作者于1980年6—8月,再次对东湖降水中的无机氮和总氮进行了测定,以期反映东湖降水氮的变化和评价降水在东湖氮收支平衡中的作用。

关于这方面的研究,国外已有较多报道,但在国内却尚少,特别是六十年代初期的测定资料更少。为有利于我国的降水化学的研究,现作如下报道。

一、工作方法

收集降水的地点在东湖畔我所实验大楼三楼露天坪台,用45×32cm白瓷盘承接降水。由于水样中常有黑色的颗粒,故将其倾注入玻璃瓶中静置,待上层水样清澈后,用已处理过的无铵、无磷的滤纸过滤,备用。为观察连续降水对氮含量的影响,分别在1962年8月18日、10月31日和11月20日进行了连续的采样和分析。铵氮测定用直接纳氏比色法,亚硝酸氮用格里氏法,硝酸氮用酚二磺酸法。水样通常在采样后2—6小时内测定完毕。

二、结果和讨论

1. 各种无机氮的含量及其周年变化

从1962年4月至1963年3月对降水中各种无机氮的测定资料表明(表1),NH₄-N

* 本文承丘昌强副教授修改;湖北省水文总站,东湖蒸发实验站热情提供降水资料,在此一并致谢。

收稿日期:1982年9月8日。

1) 刘衢霞等,1981。武汉东湖水化学的演变(1956—1980年)。中国海洋湖沼化学学术讨论会论文摘要汇编,3—24页。

表 1 1962—1963 年东湖降水中各种无机氮化合物的含量

观测年月	降雨量 (mm)	平均值 (mg N/l)			TIN (mg N/l)	通过湖面输入东湖的氮量 (Kg)			
		NH ₄ -N	NO ₂ -N	NO ₃ -N		NH ₄ -N	NO ₂ -N	NO ₃ -N	TIN***
1962.4	124.4	0.373			0.373	1294.5			1294.5
5*	152.1	0.302			0.302	1281.5			1281.5
6	194.2	0.231	0.051	0.502	0.784	1251.6	276.3	2719.8	4247.7
7	120.5	0.333	0.006	0.117	0.456	1119.5	20.2	393.3	1533.0
8	580.7	0.203	0.003	0.040	0.246	3288.8	48.6	648.0	3985.4
9	109.9	0.437	0.006	0.039	0.482	1339.9	18.4	119.6	1477.9
10	43.8	0.481	0.020	0.120	0.621	587.8	24.4	146.6	758.8
11	46.9	0.445	0.002	0.035	0.482	582.3	2.6	45.8	630.7
12	52.5	0.313	0.001	0.050	0.364	458.5	1.5	73.2	533.2
1963.1**	0.4	0.729	0.063		0.792	8.2	0.7		8.9
2	24.5	1.145	0.125		1.270	782.7	58.5		868.2
3	92.4	0.858	0.007	0.235	1.100	2211.8	18.1	605.8	2835.7
合计	1677					14234.1	469.3	4752.1	19455.5

* 1962 年 5 月未取样测定, 计算时用 4, 6 两个月含量的平均值推算而得。

** 1963 年 1 月未进行测定, 用 1962 年 12 月和 1963 年 2 月含量的平均值推算而得。

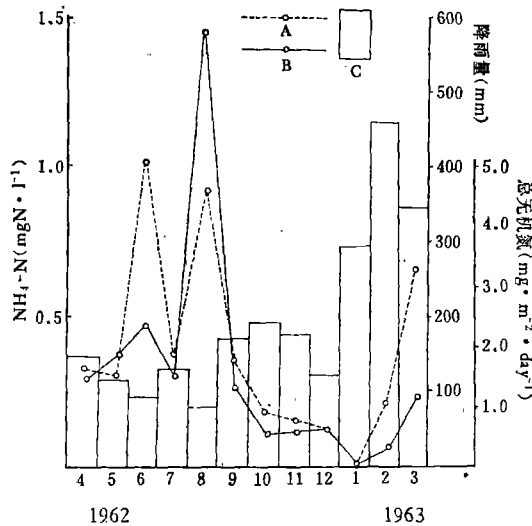
*** 总无机氮。

含量的全年变幅为痕量—1.938mgN/l, 平均值为 0.326mgN/l, 占总无机氮量的 73.03%。NH₄-N 含量有明显的季节变化, 在冬末春初(1—3 月)时的含量最高, 平均为 0.911, 极大值为 1.938; 秋季(9—11 月)的含量次之, 平均为 0.454, 极大值为 1.476; 夏季(6—8 月)的含量最低, 平均为 0.256, 极小值为痕量。在观察期间 NH₄-N 含量均高于 NO₃-N 和 NO₂-N, 仅 6 月份例外, 低于 NO₃-N。这种以 NH₄-N 为无机氮存在的主要形式, 与许多资料报道是一致的^[5-7]。降水中 NO₃-N 含量的全年变幅在痕量—0.928 mgN/l, 平均值为 0.109, 占总无机氮量的 24.42%, 最大值出现在 3 月。降水中 NO₂-N 含量的全年变幅在 0—0.258mgN/l, 平均值为 0.011mgN/l, 占总无机氮量的 2.55%, 最大值出现在 2 月。上述三种形态的无机氮合计为总无机氮, 全年的变幅在 0.012—2.860mgN/l, 平均值为 0.447mgN/l。总无机氮含量的季节变化是明显的, 从每升水中所含的量来看, 冬末春初时的含量最高, 夏、秋时较低, 但夏季由降水输入到单位面积上的绝对量最高。造成降水中氮含量季节变化的原因是复杂的, 不仅与自然条件有关, 与地区的工农业生产水平及其所用的能源种类等都有关系, 其中应特别指出的是: 降水量的大小对降水中氮的含量有很大的影响(图 1)。从图中看出冬季降水量最小, 此时每升水中的氮含量最高; 夏季降水量最大, 此时每升水中的氮含量最低, 但由降水输入到单位面积上的量高。这与霞浦湖的变化相似^[4]。

降水中 NH₄-N/NO₃-N 的比值, 除 6 月份外, 其变幅在 2.9—12.7, 平均为 3.65。降水的 pH 值变幅在 6.1—7.4, 对 NH₄-N 的吸收尚有利。

2. 连续降水过程中氮含量的变化

在 1962 年 8 月、10 月和 11 月进行了三次连续降水中氮含量变化的测定, 结果表明



A——总无机氮 B——降水量 C——铵氮

图1 东湖的降水量与降水中氮含量的关系

随着降水时间的延长,其中各种氮化合物的含量呈减少趋势(表2和图2)。10月和11月

表2 连续降雨时氮含量的变化

单位: mgN/l

采样时间(年、月、日、时、分)	NH ₄ -N	NO ₂ -N	NO ₃ -N	TIN
1962. 8.18. 6:30—6:50	0.338	0.004	0.012	0.354
6:51—7:21	0.248	0.003	0.009	0.260
7:22—8:10	0.242		0.008	0.250
10.31. 8:00—13:45	0.472	0.007	0.055	0.534
13:50—16:00	0.384	0.004	0.052	0.440
16:05—17:20	0.338	0.003	0.050	0.391
17:20—18:20	0.377	0.003	0.051	0.431
18:20—19:50	0.346	0.003	0.050	0.399
19:50—21:50	0.307	0.003	0.027	0.337
11.1. 21:50—7:40	0.146	0.003	0.021	0.170
11.20. 10:00—13:00	0.846	0.007	0.059	0.912
13:20—14:20	0.346	0.002	0.025	0.373
14:20—20:28	0.246	0.005	0.028	0.279
20:28—21:40	0.200	痕量	0.017	0.217
11.21. 21:40—8:05	0.179	痕量	0.017	0.196

的两次测定,总无机氮含量在降水初期为最高,分别为0.534mgN/l和0.912mgN/l,约经20小时后,其含量分别下降为0.170和0.196,即为降水初期的32%和21%。NH₄-N含量的下降也是明显的,为降水初期的31%和21%。NO₃-N含量的下降,分别为降水初期的38%和29%。因此,虽然降水是清除大气中氮化合物和其它污染物的一个途径,但大气中的氮化合物和其它污染物则由此转移到了地面,流入东湖,对东湖的水质产生影响。

3. 1962年和1980年降水中含氮量的比较

将1962年和1980年测定的资料进行比较(表3),就可以看出降水中的总无机氮和

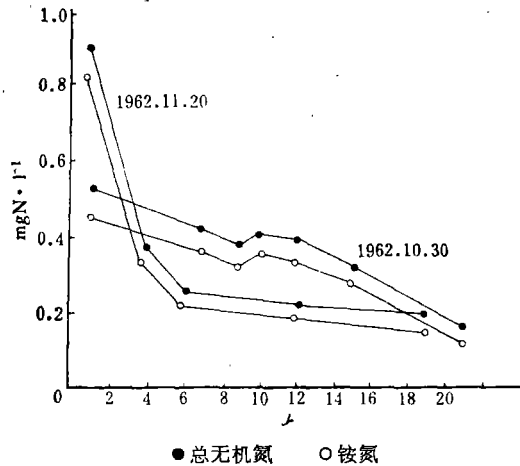


图2 连续降水过程中氮化合物含量的变化

表3 1962年与1980年降水中各种氮化合物含量的比较

观测年月	降雨量 (mm)	平均值 (mgN/l)				T-N (mgN/l)	由降水通过湖 面输入东湖的 无机氮量 (Kg)
		NH ₄ -N	NO ₂ -N	NO ₃ -N	TIN		
1962.6.	194.2	0.231	0.051	0.502	0.784		4247.7
7.	120.5	0.333	0.006	0.117	0.456		1533.0
8.	580.7	0.203	0.003	0.040	0.246		3985.4
合计							9766.1
1980.6.	201.0	1.900	0.0002	0.057	1.957	2.030	10975.4
7.	285.9	0.816	0.001	0.032	0.849	0.940	6768.7
8.	357.1	0.200	0.00	0.028	0.228	0.486	2271.5
合计							20015.6

NH₄-N的含量都有明显的增加,但 NO₃-N 和 NO₂-N 的含量则明显地减少。总无机氮含量在1980年6月和7月,分别为1.957mgN/l 和0.849mgN/l,与1962年同时期相比则分别要高1.5倍和0.9倍,若以降到东湖单位面积中的量来比较,则分别要高1.6倍和3.4倍。但1980年8月份的总无机氮量则要比1962年同期低些。其中NH₄-N的含量在1980年6月和7月,分别为1.900和0.816mgN/l,与1962年相比分别高7.2和1.5倍;按降水输入到单位面积中的NH₄-N含量比较,则分别高7.5倍和4.8倍。但8月份则低些。

4. 降水中氮化合物对东湖湖水的影响

根据1962—1963年和1980年对降水中各种氮化合物含量的测定资料以及降水量资料,我们计算出了通过湖面降到东湖的各种氮化合物量,计1962年4月至1963年3月全年通过湖面降到东湖中的总无机氮量约为19.5吨,其中NH₄-N量为14.2吨,占总无机氮量的73.16%;NO₂-N量约为4.8吨,占24.42%;NO₃-N为469.3公斤,占2.42%。

据表3资料可计算1980和1962两个年份6—8月间降至东湖湖面的各种氮化合物量。1980年6—8月间降到湖中的总无机氮量平均为7.86mg·m⁻²·day⁻¹,全湖约为20吨,为1962年同时期的3.82mg·m⁻²·day⁻¹(或全湖的9.8吨)的2倍;为日本霞夕浦湖

1978年和1979年同时期的(分别为 1.2 和 $3.5\text{mg}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{day}^{-1}$) $6.5\text{--}2.2$ 倍。其中 $\text{NH}_4\text{-N}$ 为 19.2 吨,相当于1962—1963年全年的 $\text{NH}_4\text{-N}$ 量或为1962年同时期量(5.7 吨)的 3.4 倍。1980年6—8月的 $\text{NO}_3\text{-N}$ 和 $\text{NO}_2\text{-N}$ 量分别是 853.6 和 9.1 公斤,与1962年同时期的 3.7 吨和 0.3 吨相比则要少得多。从1980年的结果来看,仅6—8月由降水通过湖面输入的总无机氮量(20 吨)已超过了目前全年从鱼获物所带出的氮量(1.5 吨)^[2],这点是值得研究的。

近年来,东湖湖水已严重富营养化,据我们的测定,1980年通过污水、地表径流和湖面降水等途径输入东湖的总氮量(包括无机和有机)约为 488.4 吨,其中通过湖面降水输入东湖的总氮量估计为 36.1 吨,占总氮输入量的 7.4% 。

今后在东湖污染治理中,如将进湖污水量的 $70\text{--}80\%$ 截断,那时通过降水输入到东湖的氮量在总输入的氮中所占的比例将大大提高,并且将在湖泊生物生产中起着越来越重要的作用。

从上述所述,足见研究降水中的氮化合物等化学组成及其变化,对于东湖地区的大气污染、东湖湖水的氮平衡以及水生生态系统的结构和功能都有着重要的意义。

三、小 结

1. 1962年4月至1963年3月降水中总无机氮含量的年平均值为 0.447mgN/l ,其季节变化明显,从每升水中的含量来看,冬末春初时含量最高,夏、秋时较低,而通过降水输入湖泊的氮量则为夏季高,冬季低。

2. 在连续降水过程中,随着降水时间的延长,其中各种氮化合物的含量呈减少趋势。

3. 比较了1962年和1980年6—8月降水中氮化合物含量的变化,讨论了降水对东湖湖水氮化合物含量的影响,认为研究城市上空降水的化学组成及其变化对于城市湖泊的生态平衡有着重要的意义。

参 考 文 献

- [1] 丘昌强、卢奋英、邓冠强等,1964。武昌东湖的水化学特征。中国海洋湖沼学会1963年学术年会论文摘要汇编。科学出版社,46—47页。
- [2] 龚伦杰,1965。武昌东湖底质的类型及其分布。海洋与湖沼 7(2): 181—194。
- [3] 饶钦止、章宗涉,1980。武汉东湖浮游植物的演变(1956—1975年)和富营养化问题。水生生物学集刊 7(1): 1—16。
- [4] 相崎守弘,大槻晃,海老瀬潜一等,1981。霞夕浦高浜入における栄養塩收支。国立公害研究所研究报告,第22号。环境庁国立公害研究所,281—307。
- [5] Balasubramaniam, C., M. V. Jayaraman, 1952. Review of literature on rainfall as fertilizers. *Soils and Fertilizers* 16: 1854.
- [6] Jensen, J. T., 1962. Plant nutrients in rain. *Chem. Abstr* 57: 9589a.
- [7] Максимович, Г. А., 1955. Химическая география вод суши. Москва. стр. 23—47.

VARIATION IN THE CONTENTS OF NITROGENOUS COMPOUNDS IN PRECIPITATION OVER LAKE DONGHU, WUHAN

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

ABSTRACT

The present paper reports the contents and variation of nitrogenous compounds in precipitation water over Lake Donghu, Wuhan, from April 1962 to March 1963, and June to August, 1980.

The average value of the total inorganic nitrogenous compounds in precipitation water from 1962 to 1963 was 0.447 mg N/l; $\text{NH}_4\text{-N}$ comprised 73.03% of the total of inorganic nitrogenous compounds, $\text{NO}_2\text{-N}$ and $\text{NO}_3\text{-N}$ were 2.55% and 24.42% respectively. $\text{NH}_4\text{-N}$ was the main form in precipitation water with pronounced seasonal variation: high at the end of winter and the beginning of spring, low in autumn and the lowest in summer. During continuous precipitation, the content of nitrogenous compounds was high in the initial phase and then reduced gradually.

The content of $\text{NH}_4\text{-N}$ in precipitation water increased 2.5 to 8 times during the summer of 1980 as compared with that in summer of 1962. However, $\text{NO}_3\text{-N}$ was reduced 7.5 to 9 times.

During the summers of 1962 and 1980, the total amount of inorganic nitrogenous compounds transmitted through lake surface into the lake by precipitation were 9.8 tons and 20 tons respectively. That transmitted into the drainage basin of the lake by precipitation water in 1980 was 134.0 tons, doubling the amount in 1962, 65.4 tons.