

武汉东湖的轮虫*

黄祥飞 胡春英 伍焯田

(中国科学院水生生物研究所)

提 要

本文根据1973—1975、1979—1982年在武汉东湖进行的调查资料,并与1962—1963年他人的研究结果对比,总结了20年来,在东湖2个采样站上轮虫的种类演替和数量的变动。轮虫的种类明显地减少。I站由1962—1963年的68种至1982年减为44种;II站由56种减为49种。由原来I站种类多于II站演变为II站多于I站。轮虫的数量急剧增加。I站轮虫的年平均值由1962—1963年的687个/升至1982年上升为3,555个/升;II站由332个/升上升为1,538个/升。轮虫总数的变动曲线呈夏季和秋季二个高峰,冬、春季轮虫的数量均很低。

本文从生态学的角度,对轮虫种类演替及其数量的发展趋势进行了探讨。

轮虫是淡水浮游动物中一个重要组成部分,据测定,东湖I站轮虫的生物量占浮游动物总量的25.25%,II站为15.24%^[6]。由于它发育时间快,生命周期短,它的生产力较甲壳动物要高。所以它在水生态系统的结构、功能和生物生产力的研究中受到重视。轮虫又是各种经济鱼类的良好食料,我国的青、草、鲢、鳙在其鱼苗阶段均以轮虫作为适口食料,它数量多少决定着鱼苗生长快慢和成活率的高低。

我国有关轮虫的生态研究只有过零星的报道。王家楫(1959, 1965)^[4,5]调查了中国淡水轮虫的生态分布和观察了东湖轮虫种类与数量的季节变动。20年来,东湖的形态、水质和生物状况,在各种因素的作用下发生了明显的变化。轮虫的变动也极明显。作者通过长期定点观察,分析了种类演替和数量的季节变动,为研究东湖优势轮虫种群变动和产量提供了背景资料;也可供生态系结构、功能和生物生产力研究的参考。

工 作 方 法

设站、采样及计数与1962—1963年基本相同^[3,4]。1979—1982年采水层次, I站为0.00, 1.00, 2.00米;II站为0.00, 1.00, 2.00, 3.00, 4.00米。各层取等量水样加以混合并取出其中1升作为沉淀样品。

种类组成与演替

(一) 种类组成

* 参加工作的还有陈雪梅同志;林婉莲同志、王建同志提供沉淀有机碎屑碳和叶绿素a的数据,特此致谢。
1984年3月20日收到。

[illegible]

续表 1 Tab. 1 (continued)

| 轮虫种类 | I 站 | | | | II 站 | | | |
|--------------------------------------|-----------|---|---|---|-----------|---|---|---|
| | 1962—1963 | | | | 1962—1963 | | | |
| | 春 | 夏 | 秋 | 冬 | 春 | 夏 | 秋 | 冬 |
| 眼镜柱头轮虫 <i>Eosphora najas</i> | | | | | | | | |
| 小链巨头轮虫 <i>Cephalodella catellina</i> | | | | | | | | |
| 小巨头轮虫 <i>C. exigna</i> | | | + | | | | | |
| 凸背巨头轮虫 <i>C. gibba</i> | + | | | | + | + | | |
| 细长肢轮虫 <i>Monomma longiseta</i> | | + | | + | | | | |
| 一种巨头轮虫 <i>Cephalodella sp.?</i> | + | | | | | | | + |
| 腹尾轮科 Gastropodidae | | | | | | | | |
| 腹足腹尾轮虫 <i>Gastropus hyptopus</i> | | + | | + | | | | |
| 柱足腹尾轮虫 <i>G. stylifer</i> | | | | | | | | |
| 卵形彩胃轮虫 <i>Chromogaster ovalis</i> | | + | + | + | | + | + | |
| 没尾无柄轮虫 <i>Ascomorpha erandis</i> | | | | | | | | |
| 异尾轮科 Trichoecidae | | | | | | | | |
| 双齿同尾轮虫 <i>Diurella bidenis</i> | | + | | | | | | |
| 对棘同尾轮虫 <i>D. stylata</i> | | + | + | + | | + | + | |
| 瓷甲同尾轮虫 <i>D. porcellus</i> | + | + | | | | + | | |
| 特异同尾轮虫 <i>D. insignis</i> | + | + | + | | | | | |
| 罗氏同尾轮虫 <i>D. rousseleti</i> | | | | | | | | |
| 瓣状同尾轮虫 <i>D. brachyura</i> | | | | | | | | |
| 田奈同尾轮虫 <i>D. dixon-nuttalli</i> | | | + | | | + | | |
| 一种异尾轮虫 <i>Trichoerca sp.</i> | | + | + | + | | + | + | + |
| 圆筒异尾轮虫 <i>T. cylindrica</i> | | | | | | | | |

[illegible]

* 1962—1963 年的资料引自王家楫等(1965)。

1982年从定性及定量样品中共发现轮虫57种,出现在I站的有44种,出现在II站的有49种。I站有8种是II站没有的,II站有13种是I站所没有的。I、II站相同种类为36种(表1)。在这57种轮虫中绝大多数是广温性的世界种。

臂尾轮科所占的种类百分比值最高,I站为31.82%,II站为30.60%(表2)。它们的数量消长对轮虫总数的季节变动影响极大。异尾轮科所占的百分比值在I、II站依次为11.36%和16.33%。出现在东湖的以异尾轮虫属中的浮游性种类为主。它们的数量变动对东湖轮虫总数的季节变动也有较大的作用。疣毛轮科所占的种类百分比值在I站仅为6.82%,但它们构成该湖区的最优势种群,左右着该湖区轮虫总数的季节变动。

表2 东湖轮虫种类演替

Tab. 2 Species succession of rotifers in Lake Donghu

| 科 别 | I 站 | | | | II 站 | | | |
|-------|-----------|----------------|------|----------------|-----------|----------------|------|----------------|
| | 1962—1963 | | 1982 | | 1962—1963 | | 1982 | |
| | 属数 | 种 数 (占总种数%) | 属数 | 种 数 (占总种数%) | 属数 | 种 数 (占总种数%) | 属数 | 种 数 (占总种数%) |
| 旋 轮 科 | 2 | 2(2.94) | 2 | 2(4.55) | 2 | 2(3.57) | 2 | 2(4.09) |
| 臂尾轮科 | 11 | 24(35.29) | 7 | 14(31.82) | 9 | 17(30.36) | 7 | 15(30.60) |
| 腔 轮 科 | 2 | 8(11.77) | 2 | 3(6.82) | 2 | 4(7.14) | 2 | 2(4.09) |
| 晶囊轮科 | 1 | 1(1.47) | 1 | 2(4.55) | 1 | 2(3.57) | 1 | 2(4.09) |
| 疣毛轮科 | 2 | 3(4.41) | 2 | 3(6.82) | 3 | 4(7.14) | 2 | 4(8.16) |
| 镜 轮 科 | 6 | 8(11.77) | 4 | 8(18.18) | 5 | 7(12.56) | 3 | 5(10.20) |
| 椎 轮 科 | 2 | 3(4.41) | 2 | 2(4.55) | 3 | 4(7.14) | 3 | 4(8.16) |
| 腹尾轮科 | 3 | 3(4.41) | 1 | 2(4.55) | 2 | 2(3.57) | 2 | 2(4.09) |
| 异尾轮科 | 2 | 12(17.65) | 2 | 5(11.36) | 2 | 10(17.86) | 2 | 8(16.33) |
| 聚花轮科 | 1 | 1(1.47) | 1 | 1(2.27) | 1 | 1(1.79) | 2 | 2(4.09) |
| 胶鞘轮科 | 1 | 3(4.41) | 1 | 2(4.55) | 1 | 3(5.36) | 1 | 3(6.12) |
| 总 计 | 33 | 68(100) | 25 | 44(100) | 31 | 56(100) | 27 | 49(100) |

(二) 种类演替

从表2中可以看出,20年来东湖轮虫种类的减少十分明显,I站减少1/3以上,II站也减少了1/8。在I、II站特有种类减少的同时,2个站共有种类所占的百分比却从1962—1963年的51.22%增加到63.16%。1962—1963年I站轮虫有68种,II站有56种,二者比值为1.21:1.00;1982年I站为44种,II站为49种,二者比值变为0.90:1.00;由I站种类多于II站演变为II站多于I站的分布形式。

1962—1963年I、II站均以螺形龟甲轮虫为最优势种群,其次为对棘同尾轮虫,再次为针簇多肢轮虫。据1979—1982年的4年平均数,I站以针簇多肢轮虫为最优势种群,次为暗小异尾轮虫,再次为角突臂尾轮虫;II站依次为螺形龟甲轮虫,暗小异尾轮虫,对棘同尾轮虫。

兼性浮游种类显著减少,污水性种类有所增加。在1962—1963年I站特有的盘状鞍甲轮虫、三翼鞍甲轮虫、截头鬼轮虫、腹棘管轮虫、三角棘管轮虫、节趾腔轮虫等这些以底栖为主兼营浮游的种类,在1982年的样品中均未看到。前额犀轮虫是武汉郊区许多污水湖塘冬、春季的优势种群,在1962—1963年的样品中没有它的踪迹。1974—1975年在

I 站的定性样品中偶而见到, 而到 1979 年 12 月的定量样品中数量很多, 竟达 525 个/升; 在 1980 年 1, 2, 3 月均有出现, 平均数量为 135 个/升, 为该站冬、春季的优势种群。不但 I 站数量逐年增加而且逐渐扩布到 II 站。II 站在 1979 年之前的定量中未见该种, 可是到 1980 年 12 月居然达到 240 个/升。

在这里有两点要指出: 首先, 我们取样没有遍及整个东湖, 定性观察 1 个月仅有 2 次, 因此东湖的轮虫不会只有本文所记载的 57 种; 其次, 本文仍按王家楫(1961)^[2]《中国淡水轮虫志》为依据进行种类鉴定, 而目前国际上已普遍采用 Koste (1978)^[6]提出的新的分类系统, 根据后者则可从 1 种派生出许多不同的型或变种。

当然, 随着水体富营养化, 轮虫种类的减少, 数量的增加应该是无疑的。

数 量 的 变 动

(一) 数量变动的一般规律

东湖轮虫总数的季节变动历年具有类似的趋势, 夏、秋季高, 冬、春季低(图 1, 表 3)。图 1 描述了 1962—1963, 1973—1975, 1979—1982 年 8 个周年轮虫总数的逐月变动。可以看出, 20 年来, 轮虫总数的增长极为显著。若取上述 1973—1975, 1979—1982 年轮虫总数的年平均值并设 1962—1963 年的比值为 1, 则轮虫总数的增长比值 I 站为 1:3.03:3.90; II 站为 1:2.43:3.72。I 站的增长速度略高于 II 站。

据 8 个周年统计(表 3), I 站夏、秋季轮虫的数量占全年总数的 86.66%, II 站为 90.33%。如果再把 1979—1982 年 4 年 6—10 月 5 个月的轮虫数量占全年总数的百分比作一分析, 则可发现, 虽然 I、II 站轮虫总数的季节变动在各个年度有所不同, 但 6—10 月轮虫的数量占全年总数的百分比却十分接近。I 站为 $84.91 \pm 4.58\%$, II 站为 $86.55 \pm 2.06\%$, I、II 站平均为 $85.73 \pm 3.64\%$ 。

(二) 主要种群数量的季节变动

图 2 描述了东湖主要轮虫种群的季节变动; 表 4, 5 则统计了 I、II 站 13 种主要轮虫年平均数及其占轮虫总数的百分比。I 站 13 种主要轮虫中有 9 种年平均数超过 100 个/升, 其中以针簇多肢轮虫的密度最高, 达 460 个/升。II 站种群密度超过 100 个/升的仅为 5 种, 其中以螺形龟甲轮虫密度最高, 达 165 个/升。在 I、II 站 13 种主要轮虫中, 有 10 种是相同的, 仅有 3 种不同。

1. 针簇多肢轮虫 它是 I 站第一优势种, 全年分布, 高峰一般出现在夏、秋季, 偶尔也在冬季出现。它既可在水温 31°C (1982 年 8 月 15 日) 出现夏季高峰(1,620 个/升); 又可在水温 8°C (1982 年 12 月 15 日) 形成冬季高峰(225 个/升), 足见它是一种广温性种群, 它的数量季节变动受食料的影响颇大。因此, 它在各个年度中季节分布很不稳定。1979 年 6、10 月分别陡然出现夏季和秋季高峰; 1980 年季节变动虽然较平稳, 但高峰不够突出; 1981 年冬季高峰最为突出; 1982 年种群密度很高, 特别 9、10 月超过 3,000 个/升, 年平均值为 1979—1981 年 3 年之总和。

II 站 1979—1982 年针簇多肢轮虫的平均数量仅为 I 站的 1/5, 它的季节变动与 I 站有类似之处。

表3 东湖轮虫数量的季节平均数及其占全年总数的百分比

Tab. 3 The seasonal mean number and the percentage in total number of rotifers in Lake Donghu

| 年 度 | I 站 | | | | | | II 站 | | | | | | | | | |
|-----------|----------------|-------------|----------------|-------------|------------------|-------------|-----------------|-------------|----------------|-------------|----------------|-------------|------------------|-------------|-----------------|-------------|
| | 春 (3, 4, 5) | | 夏 (6, 7, 8) | | 秋 (9, 10, 11) | | 冬 (12, 1, 2) | | 春 (3, 4, 5) | | 夏 (6, 7, 8) | | 秋 (9, 10, 11) | | 冬 (12, 1, 2) | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 数量 (个/升) | 占全年总 数的% | 数量 (个/升) | 占全年总 数的% | 数量 (个/升) | 占全年总 数的% | 数量 (个/升) | 占全年总 数的% | 数量 (个/升) | 占全年总 数的% | 数量 (个/升) | 占全年总 数的% | 数量 (个/升) | 占全年总 数的% | 数量 (个/升) | 占全年总 数的% |
| 1962—1963 | 83 | 3.02 | 1,476 | 53.71 | 780 | 28.38 | 409 | 14.88 | 66 | 4.97 | 500 | 37.62 | 631 | 47.48 | 132 | 9.93 |
| 1973 | 1,900 | 15.76 | 6,030 | 50.00 | 3,050 | 25.29 | 1,080 | 8.96 | 890 | 30.43 | 1,625 | 55.56 | 320 | 10.94 | 90 | 3.08 |
| 1974 | 630 | 8.12 | 1,125 | 14.51 | 5,830 | 75.18 | 170 | 2.19 | 75 | 1.83 | 470 | 11.44 | 3,435 | 83.58 | 130 | 3.16 |
| 1975 | 95 | 1.62 | 3,250 | 55.46 | 2,005 | 34.22 | 510 | 8.70 | 40 | 1.48 | 1,865 | 68.95 | 740 | 27.36 | 60 | 2.22 |
| 1979 | 260 | 2.76 | 5,055 | 53.61 | 3,610 | 38.28 | 505 | 5.36 | 85 | 2.26 | 1,615 | 42.84 | 2,035 | 53.98 | 35 | 0.92 |
| 1980 | 666 | 6.60 | 4,955 | 49.08 | 3,460 | 34.27 | 1,015 | 10.05 | 85 | 1.77 | 2,635 | 54.95 | 1,585 | 33.06 | 490 | 10.22 |
| 1981 | 440 | 4.83 | 4,127 | 45.27 | 4,040 | 44.31 | 510 | 5.59 | 125 | 2.47 | 2,455 | 48.52 | 2,055 | 40.61 | 425 | 8.40 |
| 1982 | 1,060 | 7.45 | 7,735 | 54.40 | 5,245 | 36.89 | 180 | 1.27 | 130 | 2.11 | 3,235 | 52.60 | 2,660 | 43.25 | 125 | 2.03 |
| 平均 | 642 | 7.21 | 4,219 | 47.35 | 3,503 | 39.31 | 547 | 6.14 | 187 | 4.85 | 1,800 | 46.68 | 1,683 | 43.65 | 186 | 4.82 |

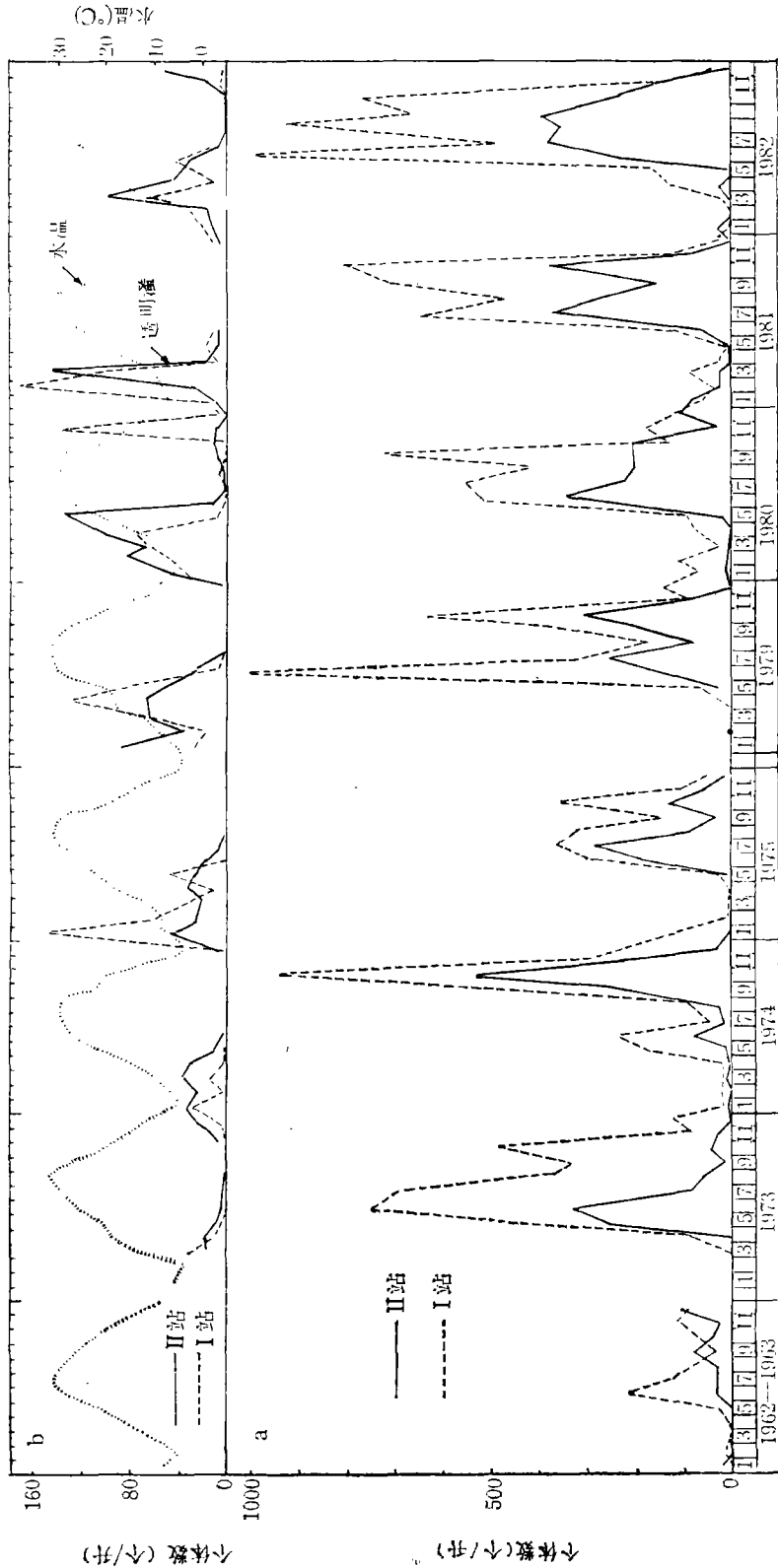


图 1 东湖轮虫(a)和透明溞现存量和水温(b)的季节变动(注: 下半图左侧个体数(个/升) 1000 应为 10000, 500 应为 5000)

Fig. 1 The seasonal changes of abundance of rotifers (a) and of *Daphnia hyalina* in relation to water temperature (b) in Lake Donghu.

表4 东湖I站主要轮虫数量及其占总数的百分比(1979—1982) 单位: 个/升

Tab. 4 Average population density of the dominant rotifers
at station I in Lake Donghu. Unit: ind./l

| 主要种类 | 年度总数 年平均 | | 2,358(1979) | | 2,524(1980) | | 2,279(1981) | | 3,555(1982) | | 2,679 (1979—1982) | |
|--------|-------------|-----------|-------------|-----------|-------------|-----------|-------------|-----------|-------------|-----------|----------------------|-----------|
| | 数量 | 占总数的 % | 数量 | 占总数的 % | 数量 | 占总数的 % | 数量 | 占总数的 % | 数量 | 占总数的 % | 数量 | 占总数的 % |
| 针簇多肢轮虫 | 464 | 19.68 | 330 | 13.08 | 119 | 5.22 | 925 | 26.02 | 460 | 17.15 | | |
| 暗小异尾轮虫 | 210 | 8.91 | 149 | 5.90 | 345 | 15.14 | 254 | 7.14 | 240 | 8.94 | | |
| 角突臂尾轮虫 | 296 | 12.55 | 250 | 9.91 | 25 | 1.10 | 338 | 9.51 | 227 | 8.48 | | |
| 螺形龟甲轮虫 | 21 | 0.89 | 176 | 6.97 | 490 | 21.50 | 205 | 5.77 | 223 | 8.32 | | |
| 裂痕龟纹轮虫 | 163 | 6.89 | 253 | 10.02 | 53 | 2.33 | 424 | 11.93 | 223 | 8.32 | | |
| 较大三肢轮虫 | 213 | 9.03 | 178 | 7.05 | 79 | 3.47 | 226 | 6.36 | 174 | 6.50 | | |
| 对棘同尾轮虫 | 101 | 4.28 | 54 | 2.14 | 161 | 7.06 | 179 | 5.04 | 124 | 4.62 | | |
| 一种异尾轮虫 | 71 | 3.01 | 60 | 2.38 | 48 | 2.11 | 243 | 6.84 | 106 | 3.94 | | |
| 沟痕泡轮虫 | 29 | 1.23 | 26 | 1.03 | 544 | 23.87 | 81 | 2.28 | 170 | 6.35 | | |
| 曲腿龟甲轮虫 | 85 | 3.61 | 64 | 2.54 | 63 | 2.76 | 176 | 4.95 | 97 | 3.62 | | |
| 一种前翼轮虫 | 15 | 0.63 | 226 | 8.96 | 25 | 1.10 | 44 | 1.24 | 78 | 2.89 | | |
| 萼花臂尾轮虫 | 31 | 1.32 | 39 | 1.55 | 40 | 1.76 | 26 | 0.73 | 34 | 1.27 | | |
| 前额犀轮虫 | 44 | 1.87 | 58 | 2.30 | 24 | 1.05 | 13 | 0.37 | 35 | 1.30 | | |

表5 东湖II站主要轮虫数量及其占总数的百分比 单位: 个/升

Tab. 5 Average population density of the dominant rotifers
at station II in Lake Donghu. Unit: ind./l

| 主要种类 | 年度总数 年平均 | | 943(1979) | | 1,199(1980) | | 1,265(1981) | | 1,538(1982) | | 1,236 (1979—1982) | |
|--------|-------------|-----------|-----------|-----------|-------------|-----------|-------------|-----------|-------------|-----------|----------------------|-----------|
| | 数量 | 占总数的 % | 数量 | 占总数的 % | 数量 | 占总数的 % | 数量 | 占总数的 % | 数量 | 占总数的 % | 数量 | 占总数的 % |
| 螺形龟甲轮虫 | 23 | 2.44 | 114 | 9.51 | 309 | 24.43 | 214 | 13.91 | 165 | 13.35 | | |
| 暗小异尾轮虫 | 100 | 10.60 | 178 | 14.85 | 218 | 17.23 | 139 | 9.04 | 159 | 12.84 | | |
| 沟痕泡轮虫 | 25 | 2.65 | 55 | 4.59 | 230 | 18.18 | 124 | 8.06 | 109 | 8.78 | | |
| 一种异尾轮虫 | 163 | 17.29 | 98 | 8.17 | 31 | 2.45 | 134 | 8.71 | 107 | 8.62 | | |
| 针簇多肢轮虫 | 66 | 7.00 | 95 | 7.92 | 95 | 7.51 | 106 | 6.89 | 91 | 7.32 | | |
| 对棘同尾轮虫 | 101 | 10.71 | 85 | 7.09 | 135 | 10.67 | 231 | 15.02 | 138 | 11.16 | | |
| 曲腿龟甲轮虫 | 54 | 5.73 | 61 | 5.09 | 16.3 | 1.29 | 98 | 6.37 | 57 | 4.64 | | |
| 裂痕龟纹轮虫 | 73 | 7.74 | 50 | 4.17 | 28 | 2.21 | 73 | 4.75 | 56 | 4.53 | | |
| 较大三肢轮虫 | 45 | 4.77 | 35 | 2.92 | 29 | 2.29 | 34 | 2.21 | 36 | 2.87 | | |
| 小连巨头轮虫 | 18 | 1.91 | 68 | 5.67 | 20 | 1.58 | 0 | 0 | 27 | 2.14 | | |
| 尖趾单趾轮虫 | 65 | 6.89 | 84 | 7.06 | 48 | 3.79 | 5 | 0.33 | 51 | 4.09 | | |
| 角突臂尾轮虫 | 21 | 2.23 | 10 | 0.83 | 24 | 1.90 | 19 | 1.24 | 19 | 1.50 | | |
| 长圆疣毛轮虫 | 20 | 2.12 | 23 | 1.92 | 0 | 0 | 9 | 0.59 | 13 | 1.05 | | |

2. 螺形龟甲轮虫 本种变异类型十分丰富,后棘的有无、长短,在不同的水体、不同的时间均有所不同。这种轮虫常常在6月开始出现,9、10月形成高峰,冬季数量一般在100个/升以下。螺形龟甲轮虫在各年的季节分布也极不均匀。1979年只在8、10、11月3个月出现,峰值也不突出,年平均值仅为23个/升。1980年不但6—10月均有分布,而

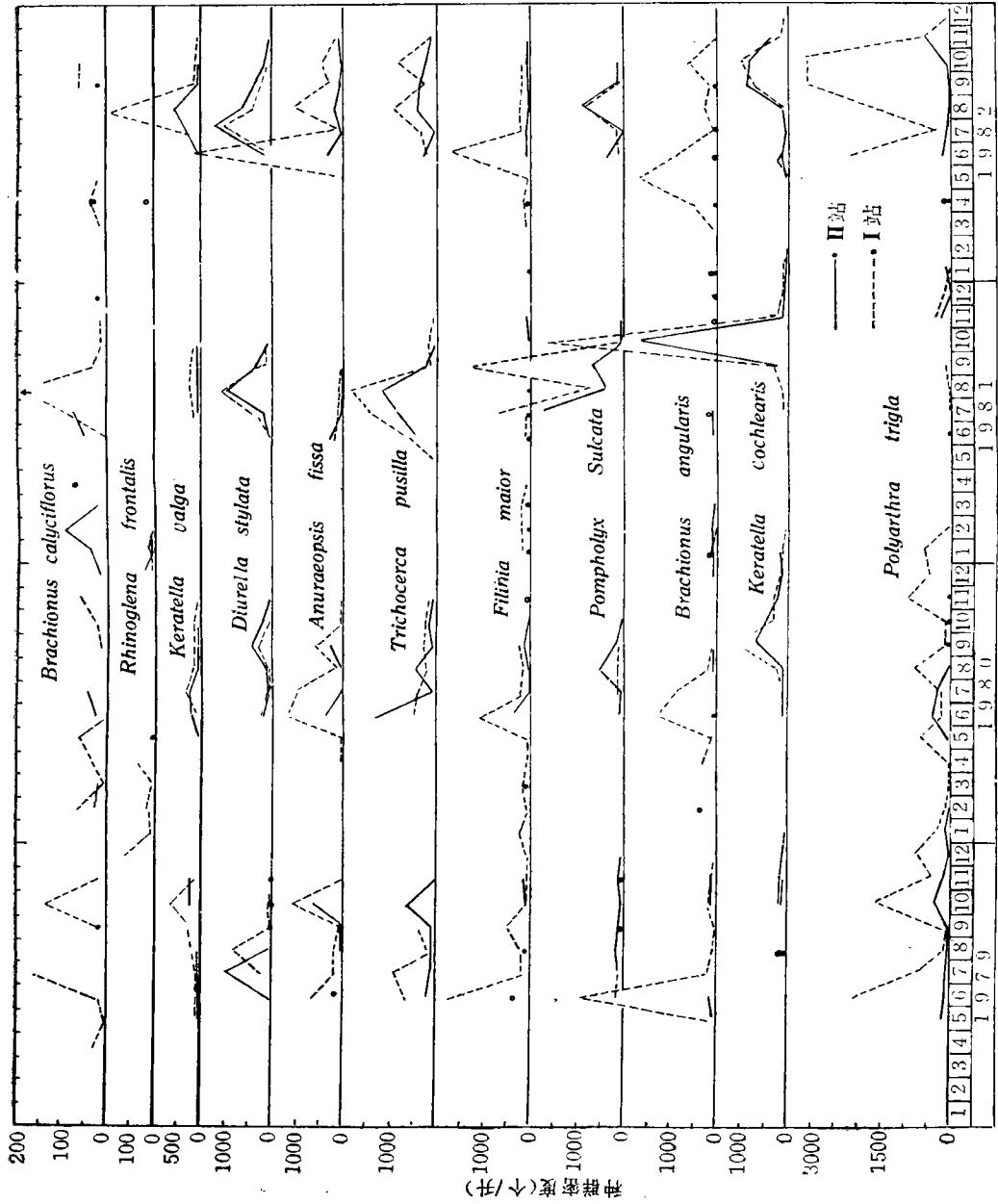


图 2 东湖优势轮虫种群密度的季节变动
Fig. 2 The seasonal changes of population density of the dominant rotifers in Lake Donghu.

且数量也较多。1981年的季节变动的幅度很大,虽然6—12月均有出现,但其中5个月的数量在100个/升以下,而10月15日陡然上升到3,285个/升,因此使年平均值为1979—1982年4年之冠。

螺形龟甲轮虫在I站虽为第四优势种,但它的数量仍然超过II站。这种轮虫在I站的分布与II站基本相同。1979年不但出现频率低,而且数量也少;1980年在1年的7个月中出现,秋季高峰也较突出。1981年变动幅度大,秋季高峰十分明显,年平均值达490个/升。

3. 暗小异尾轮虫 本种在I、II站均为第二优势种,主要出现在夏、秋季,冬、春季一般消失。高峰出现的时间及峰值在各年均有所不同。II站1979年6月种群出现,至10月形成秋季高峰(630个/升)。1980年6月数量陡然达到1,335个/升为全年之冠,8月形成小高峰(450个/升)。1981年高峰推迟至8月出现(1,170个/升)。1982年变动幅度较小,高峰也不甚明显。I站的季节变动与II站基本相同,但数量要高于II站。

4. 角突臂尾轮虫 这是一种广温性种群,终年可见,即使湖面已结冰,水体中仍有它的踪迹。不过它的数量高峰常常出现在夏季。I站在1979年5月出现,6月水温29℃时达到高峰(2,940个/升)。1980年2月14日水温为6℃时,数量仍可达288个/升;6月水温23℃时,达到高峰(1,260个/升)。1981年仅在1、2、7、11月4个月出现而且数量很低。1982年除2、12月外,各月均有分布,高峰出现在5月(1,620个/升)。II站的出现频率及数量均远远低于I站。

角突臂尾轮虫虽能在各种水体中存在,但它最适于生活在富营养型水体中,有时可达到很高的密度。据Sláděcek(1983)报道^[12],该种轮虫的夏季高峰可达5,100个/升。在东湖1962—1963年它虽是I站主要轮虫之一,但年平均数量只有15个/升,夏季高峰也仅为48个/升;II站数量则更少了。1979年6月15日角突臂尾轮虫在I站的峰值高达2,940个/升,1979—1982年4年平均,I站为227个/升,II站为19个/升。它的增长速度极为迅速。

讨 论

1. 水温与 pH 对轮虫的影响 从8年轮虫的数量季节变动来看,虽然有个别种类的高峰出现在冬季(如1981年的针簇多肢轮虫),但轮虫总数的高峰一般出现在20℃以上的水温(图2)。8年来,轮虫总数达10,000个/升左右的3次最高峰出现时的水温依次是29℃(1979年6月15日),25℃(1982年6月15日)和22℃(1974年10月15日)。大量的试验表明,温度增加,卵的发育时间缩短,周转加快。作者以针簇多肢轮虫为实验材料,观察了温度对卵发育时间的影响。这种轮虫的卵在5,10,15,20,25和30℃的温度下,卵的发育时间依次为4.51,2.31,1.50,1.00,0.75,0.60天。可见,在一定的温度范围内,温度上升,卵的发育时间缩短,在丰富食物供给的条件下,使种群周转加快,导致种群密度的迅速增加,形成轮虫总数的高峰。

根据在不同温度下出现的种类,把东湖轮虫分为以下3种类型:冷水性种类,这些轮虫一般在冬季或早春出现,如前额犀轮虫。广温性种类,这些轮虫全年分布,但一般在温

度较高的夏季出现高峰,如针簇多肢轮虫,角突臂尾轮虫等。暖水性种类,它们仅分布于温度较高的夏、秋季,如裂痕龟纹轮虫。东湖广温性种类十分普遍,约占东湖轮虫总种数的 80% 以上,它们左右着东湖轮虫数量的季节变动。

根据 pH 的不同,轮虫亦可分为碱水性种类,兼性种类和酸水性种类。东湖轮虫的种类与 1962—1963 年相比,显著地减少,尤其是酸水性种类如单趾轮虫、腔轮虫几近消失。这与近几年东湖 pH 值的增加,尤其在夏、秋季蓝藻“水华”严重季节, pH 达 8.5 以上有一定的关系。

高的 pH 值对臂尾轮虫属的种类生长有利并引起数量的增加^[9]。东湖近几年来,角突臂尾轮虫和萼花臂尾轮虫的数量大幅度增加与湖水 pH 值的增加有一定的关系。

2. 叶绿素 a 及有机碎屑的含量与轮虫的关系 东湖轮虫以滤食性种类为主,它们以水体中的藻类、碎屑和细菌作为主要食物。因此,食物的质和量对轮虫的种类和数量无疑有密切的关系。据测定,1982 年东湖 I 站叶绿素 a 和沉淀有机碎屑碳的含量均以夏季最高,秋季次之,春季再次,冬季最少。就百分比组成来说,I 站叶绿素 a 在夏、秋季的含量占全年总量的 78.76%,沉淀有机碎屑碳占 80.15%; II 站夏、秋季叶绿素 a 和沉淀有机碳的含量依次为 90.16%、85.78%。由于夏、秋季在水体中有丰富的藻类和碎屑为轮虫夏、秋季高峰提供了足够的食物。

在此值得一提的是,东湖中许多大型藻类并不能直接为轮虫所利用,而是通过细菌的作用形成碎屑后才能被轮虫所滤食。东湖的浮游植物由 1956—1957 年的甲藻和硅藻占优势逐步演变为以绿藻和蓝藻占优势,蓝藻中的大型藻类明显增加。年数量变动曲线由春、秋两个高峰,已变为一个夏、秋季的蓝藻高峰,数量大,延续时间长。近来,春末已形成的蓝藻“水华”已延续到冬初。这些蓝藻对轮虫而言,不但无食物意义而且有毒害作用。据林婉莲等(1984)^[5]研究,这些“水华”在细菌的作用下,很快形成碎屑。一些以碎屑作为主要食物的轮虫(如裂痕龟纹轮虫、长三肢轮虫、沟痕泡轮虫和独角聚花轮虫等)因有丰富的食物而得到大量发展;同时,另一些以藻类、碎屑作为主要食物的种类(如螺形龟甲轮虫和角突臂尾轮虫)也得到相应的发展^[11]。

东湖优势枝角类透明蚤(*Daphnia hyalina*)与轮虫在数量上的相反关系,在东湖表现得尤为明显(图 1)。透明蚤的高峰正是轮虫的低峰。这是因为它们都是滤食性动物又选择同样大小(1—15 微米)的食物颗粒。根据 Brooks 和 Dodson (1965) 的摄食理论,透明蚤是强有力的摄食者,故排斥了轮虫^[7]。

3. 东湖轮虫的发展趋势 东湖位于武汉市东郊,是一个供水、游览、养鱼多用途的水体。在各种因素的影响下,使整个湖区人为富营养化作用突出了,正迅速向高度富营养化发展,这必然对轮虫产生影响。根据 1962—1982 年轮虫种类的演替和数量季节变动的分析,对东湖轮虫的发展趋势作一预测,为对东湖富营养化程度的评价和发展渔业提供参考。

(1) 群落结构将趋向简单。我们用 Margalef (1951) 的计算公式:

$$d = \frac{S - 1}{\log_e N}$$

式中 S ——轮虫的属数; N ——轮虫的个体数。计算了 I、II 站 1962、1982 年的 d

值。I 站的 d 值由 1962 年的 4.90 至 1982 年降至 2.94; II 站由 5.61 降至 3.54。这说明随着水体富营养化,轮虫群落多样性指数下降了。东湖如不有效治理,在多种因素的压迫下,多样性指数将继续下降。这是因为群落对污染的压迫的反应首先是降低群落的复合性。在轮虫群落结构中,臂尾轮虫属的种类占的比值将有所增加,而异尾轮虫属的种类进一步减少。

$Q_{B/T}$ ($= \frac{\text{臂尾轮虫属种数}}{\text{异尾轮虫属种数}}$) 将由目前 1—2 之间上升到大于 2。

(2) 轮虫的数量将进一步增加。从 1962 年以来,东湖轮虫数量的增加极为迅速。Pennak (1953)^[10] 通过大量的调查,发现大多数水体中浮游性轮虫的数量在 50—500 个/升之间。在没有污染的水体中轮虫的最高数量可达 5,800 个/升;在污染或富营养型水体中可高达 23,900 个/升,东湖位于亚热带,夏、秋季水温在 30℃ 左右,最高可达 35℃,比温带同期水温要高,因此有可能突破 23,900 个/升的峰值。目前东湖轮虫总数的峰值为 10,290 个/升,1982 年 I 站平均为 3,555 个/升,II 站为 1,538 个/升,虽已达到较高的水平,但仍有进一步增加的可能。由于轮虫群落结构趋向简单,使少数适于富营养型水体中的种类,如以有机碎屑、细菌为食的轮虫因有丰富的食物而得到高度繁殖。臂尾轮属中某些种类也将大量发展,使轮虫的总数继续增长。

参 考 文 献

- [1] 王家楫, 1958. 中国淡水轮虫的生态分布. 水生生物学集刊, 1958 (1): 26—40.
- [2] 王家楫, 1961. 中国淡水轮虫志. 288页. 科学出版社.
- [3] 王家楫、伍焯田、戈敏生, 1965. 武昌东湖轮虫种类与数量季节变动的初步观察. 水生生物学集刊, 5(2): 183—201.
- [4] 沈祖芬、陈受忠, 1965. 武昌东湖浮游动物数量季节变动的初步观察. 水生生物学集刊, 5(2): 133—145.
- [5] 林婉莲、刘鑫洲、刘建康, 1984. 四种浮游生物的碎屑形成过程. 水生生物学集刊, 8(2): 1—8.
- [6] 黄祥飞、陈雪梅、伍焯田、胡春英, 1984. 武汉东湖浮游动物数量和生物量变动的研究. 水生生物学集刊, 8(3): 349—362.
- [7] Brooks, J. L. and S. I. Dodson, 1965. Predation, body size and composition of plankton. *Science*, 150: 28—35.
- [8] Koste, W., 1978. Rotatoria. Vol. 2, pp. 673 pl. 234. Berlin.
- [9] O'brien, J. and F. Denoyelles, 1972. Photosynthetically elevated pH as a factor in zooplankton mortality in nutrient enriched ponds. *Ecology*, 53: 605—614.
- [10] Pennak, R. W., 1953. Freshwater invertebrates of the United States. Ronald Press, pp. 769 New York.
- [11] Pourriot, R., 1977. Food and feeding habits of Rotifers. *Arch. Hydrobiol. Ergebn. Limnol.*, 8: 243—260.
- [12] Sládeček, V., 1983. Rotifers as indicators of water quality. *Hydrobiologia*, 100: 169—201.

ROTIFERS IN LAKE DONGHU, WUHAN

Huang Xiangfei, Hu Chunying and Wu Zhuotian

(*Institute of Hydrobiology, Academia Sinica*)

Abstract

Summarizing the data of rotifers obtained in 1973—1975 and 1979—1982, and comparing with the results of Wang et al. (1965), the authors analyse the species succession and the change in the abundance for the past two decades at two sampling stations, station I and station II, which are representative of the bay region and the pelagic zone, respectively.

The number of species decreased markedly from 68 species in 1962—1963 to 44 species in 1982 for station I, and from 56 species to 49 species for station II. Therefore, in the 1960s the species number at station I was larger than station II, but now the situation has been reversed.

In general, the standing crop of rotifers at station I is far much greater than at station II throughout the year. In the pattern of seasonal fluctuation of abundance, the maximum population in each year is usually recorded in summer and in autumn, while the minimum is found in winter and in spring.

From the angle of ecology, the authors discuss the species succession as well as the seasonal change in abundance of rotifers in Lake Donghu and probe into the trend of development of rotifers in the lake.

Key words: Rotifers, species succession, standing crop, abundance.