

武汉东湖短尾秀体溞的种群变动和生产量

黄祥飞

(中国科学院水生生物研究所, 武汉)

摘 要

测定浮游动物的生产量是水生态系统结构、功能和生物生产力研究中的一个重要环节, 通过生产量的测算可客观地评价不同种群对系统作用的大小。短尾秀体溞在我国广为分布, 但其生产量在我国尚未见报道, 为此笔者测定研究了东湖夏季的优势枝角类——短尾秀体溞 (*Diaphanosoma brachyurum*) 的种群变化和生产量。在 1983—1985 年间, 这种秀体溞在 I 站的平均种群密度依次为 7.57 ± 12.39 , 11.15 ± 20.58 和 10.14 ± 11.19 个/升; II 站则分别为 7.36 ± 11.07 , 7.37 ± 16.16 和 9.69 ± 14.65 个/升, 最高种群密度 I 站可达 95.7 个/升, II 站为 70.6 个/升。

短尾秀体溞体长与体重 (干重) 的回归方程为: $\log W = 2.0411 \log L + 0.6462$

用累计总增长法测定了这种溞在 1983—1985 年 5—10 月的总生产量, I 站依次为 1.193, 1.120 和 1.692 毫克/升·年; II 站则分别为 1.029, 0.976 和 1.402 毫克/升·年。

短尾秀体溞 (5—10 月) 的 P/B 系数, 1983 年 I 站为 77.54, II 站为 59.37; 1984 年 I、II 站分别为 63.20 和 50.17; 1985 年 I 站达 78.29, II 站为 71.59。

关键词: 东湖, 短尾秀体溞, 种群变动, 生产量。

一、材料和方法

1. 取样 在东湖设 2 个采样站 (图 1)。

I 站位于西部湖湾, 水深 1.7—2.6 米, 有大量生活污水流入, 水质肥沃; II 站位于湖中心, 水深 3.8—4.6 米, 湖面开阔, 环境较稳定。以容量为 2.5 升的有机玻璃采水器, 每隔 3—4 天取样一次。采样水层: I 站为 0.00、1.00、2.00 米; II 站为 0.00、1.00、2.00、3.00、4.00 米。每层各采 10 升水样加以混合, 用 25 号浮游生物网过滤并加福尔马林固定。在夏季“水华”严重季节, 所采的样品水入 Eosin-Y 染色, 以便于计数。

2. 计数 全部计数。测量样品中仔卵的个体数、每窝的卵数。随机取样测定 50—100 个个体的体长。

3. 生物量的测算 根据体长—体重回归方程式^[1]:

$$\log W = 2.0411 \log L + 0.6462$$

L—体长 (毫米); W—体重微克 (干重)

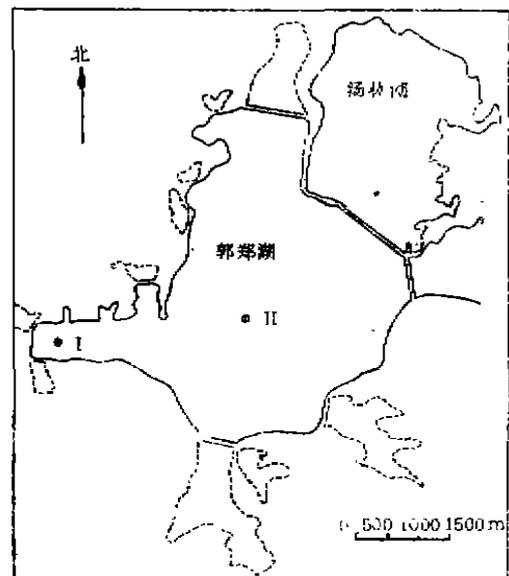


图 1 东湖浮游动物取样站的分布
Fig. 1 The distribution of the sampling stations in the Donghu Lake

4. 不同发育阶段发育时间的测定 根据作者在25、30、35℃实验室恒温培养获得的各龄的发育时间, 并用Taylor的简化公式^[1]:

$$L_x = L_{max} - (L_{max} - L_0)e^{-kx}$$

获得k值。

式中 L_{max} 为某一培养温度下最大体长, L_0 为第一幼龄的体长, L_x 为某一龄的体长。获得k值后, 即可计算任一体长组所需的发育时间。

5. 生产量的计算 本文根据累计总增长的方法, 应用Edmondson提出的公式^[3]:

$$P = \frac{N_I \Delta W_I}{T_I} + \frac{N_{II} \Delta W_{II}}{T_{II}} + \frac{N_{III} \Delta W_{III}}{T_{III}} + \dots$$

式中, P 为每天的生产量(微克/升·天), T_I 、 T_{II} 、 T_{III} 为各体长组的发育时间。 ΔW_I 、 ΔW_{II} 、 ΔW_{III} 为各体长组的增重。 N_I 、 N_{II} 、 N_{III} 为各体长组的个体数。

累计生产量的计算公式为:

$$P_T = \frac{P_1 + P_2}{2} (t_2 - t_1) + \frac{P_2 + P_3}{2} (t_3 - t_2) + \dots + \frac{P_{n-1} + P_n}{2} (t_n - t_{n-1})$$

P_T 为累计生产量, P_1, P_2, \dots, P_n 为不同日期的生产量, t_1, t_2, \dots, t_n 为采样间隔。

东湖秀体蚤的体长在0.40—1.50毫米之间, 为此, 把该种蚤分成五个体长组, 即: 卵, <0.70毫米(I), 0.71—0.90毫米(II), 0.91—1.20毫米(III), >1.21毫米(IV)。某日生产量的计算公式为:

$$P = \frac{N_e \Delta W_e}{T_e} + \frac{N_I \Delta W_I}{T_I} + \frac{N_{II} \Delta W_{II}}{T_{II}} + \frac{N_{III} \Delta W_{III}}{T_{III}} + \frac{N_{IV} \Delta W_{IV}}{T_{IV}}$$

式中: N_e 、 ΔW_e 、 T_e 分别为卵的个体数、增重及发育时间。

二. 结 果

短尾秀体蚤仅次于透明蚤(*Daphnia hyalina*)和隆线蚤一亚种(*D. carinata* ssp.)是东湖的第三优势种, 虽是一种广温性种类, 但在东湖出现的时间仅限于每年的5—11月。

1. 种群密度 据观察, 当东湖水温上升到20℃左右时, 短尾秀体蚤开始出现, 随着水温的上升, 种群密度亦随之增加, 30℃左右时达到高峰, 尔后随着水温的下降, 种群密度亦开始减少, 到20℃以下时便出现雄体和怀卵鞍的雌体。11月中、下旬种群消失。I站先出现先消失; II站后出现后消失(图2, 3)。据1983—1985年统计, I站短尾秀体蚤在东湖出现的时间是 155.33 ± 11.59 天, II站为 176.67 ± 15.82 天; I站平均种群密度为9.62个/升, 最高密度为95.7个/升(1984, 8, 14); II站分别为8.14个/升和70.6个/升。

实验室培养和天然水体中观察表明, 这种枝角类体长在0.90毫米左右时才成熟。从表1看出, 短尾秀体蚤的幼体在水体中占绝对优势。历年的5、6月份成熟个体很少, 到7、8月份才逐渐增加。

短尾秀体蚤与透明蚤和隆线蚤不同, 它的怀卵量很少, 通常每胎怀卵2—3枚, 最高不超过8枚。因此, 卵的密度很低, 7月开始增加, 8月达高峰, 最高密度也不过7.33个/升。

2. 体长—体重回归方程

用直接称重法获得不同体长组的干重, 并用统计方法建立体长—体重回归方程:

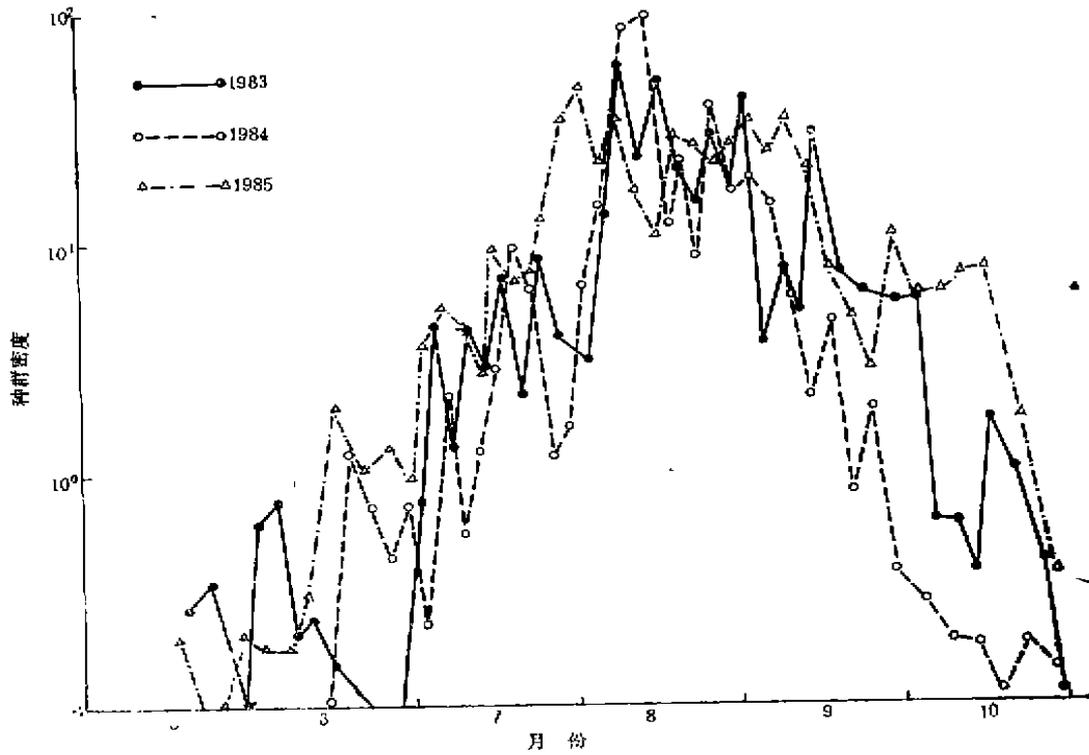


图 2 东湖 I 站短尾秀体溞种群密度的季节变动
 Fig. 2 Seasonal variation of *D. brachyurum* at station I in Lake Donghu

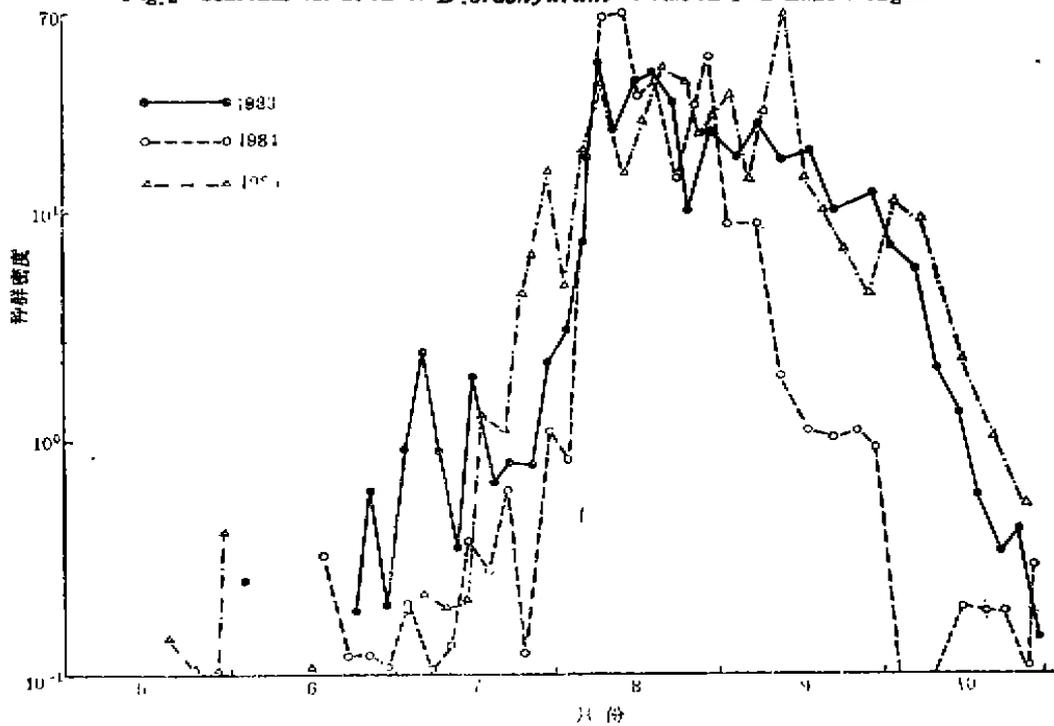


图 3 东湖 II 站短尾秀体溞种群密度的季节变动
 Fig. 3 Seasonal variation of *D. brachyurum* at station II in Lake Donghu

表 1 I、II 站短尾秀体溞的体长分布 (%)

Table 1 *Diaphanosoma brachyurum* size composition (percent in each mm size class) at stations I, II

| 年 | 体长组 | 1983 | | | | 1984 | | | | 1985 | | | |
|----|-----|-------|-------------------|-------------------|-------|-------|-------------------|-------------------|-------|-------|-------------------|-------------------|-------|
| | | <0.70 | 0.71 0.90 | 0.91 1.20 | >1.21 | <0.70 | 0.71 0.90 | 0.91 1.20 | >1.21 | <0.70 | 0.71 0.90 | 0.91 1.20 | >1.21 |
| 5 | I | 24.3 | 58.5 | 17.2 | 0.0 | 41.7 | 38.1 | 20.2 | 0.0 | 66.2 | 0.0 | 33.8 | 0.0 |
| | II | — | — | — | — | — | — | — | — | 43.0 | 57.0 | 0.0 | 0.0 |
| 6 | I | 32.2 | 61.4 | 3.3 | 3.1 | 61.5 | 28.9 | 9.1 | 0.5 | 71.2 | 24.6 | 4.2 | 0.0 |
| | II | 25.7 | 49.1 | 25.2 | 0.0 | 71.6 | 27.8 | 0.6 | 0.0 | 50.9 | 41.8 | 7.3 | 0.0 |
| 7 | I | 62.2 | 26.8 | 10.0 | 1.0 | 48.0 | 31.9 | 14.0 | 6.1 | 46.8 | 35.1 | 15.0 | 3.1 |
| | II | 54.4 | 32.9 | 12.7 | 0.0 | 60.8 | 27.2 | 10.9 | 1.1 | 60.4 | 36.7 | 2.9 | 0.0 |
| 8 | I | 58.7 | 29.1 | 11.2 | 1.0 | 37.6 | 34.1 | 22.2 | 6.1 | 45.0 | 30.2 | 19.7 | 5.1 |
| | II | 52.2 | 26.7 | 19.8 | 1.3 | 32.2 | 37.2 | 26.0 | 4.6 | 36.9 | 28.4 | 28.4 | 6.3 |
| 9 | I | 41.8 | 33.1 | 21.0 | 4.1 | 53.5 | 36.2 | 9.2 | 1.1 | 47.5 | 30.3 | 20.1 | 2.1 |
| | II | 43.0 | 27.2 | 23.7 | 6.1 | 34.8 | 30.6 | 29.6 | 7.0 | 40.2 | 30.8 | 25.4 | 3.6 |
| 10 | I | 52.6 | 29.2 | 17.1 | 1.1 | 31.2 | 35.4 | 11.2 | 22.2 | 37.8 | 35.1 | 18.0 | 9.1 |
| | II | 50.3 | 30.1 | 14.9 | 4.7 | 54.8 | 33.6 | 11.6 | 0.0 | 33.9 | 27.1 | 26.6 | 12.4 |
| 11 | I | 66.7 | 33.0 | 0.3 | 0.0 | — | — | — | — | 50.0 | 50.0 | — | — |
| | II | 18.0 | 68.0 | 14.0 | 0.0 | 70.0 | 30.0 | 0.0 | 0.0 | 13.0 | 41.3 | 27.3 | 18.4 |
| 平均 | I | 48.8 | 38.7 | 11.4 | 1.5 | 45.6 | 34.1 | 14.3 | 6.0 | 52.1 | 29.3 | 15.8 | 2.8 |
| | II | 40.6 | 39.0 | 18.4 | 2.0 | 64.0 | 31.0 | 12.9 | 2.1 | 39.8 | 37.6 | 16.8 | 5.8 |

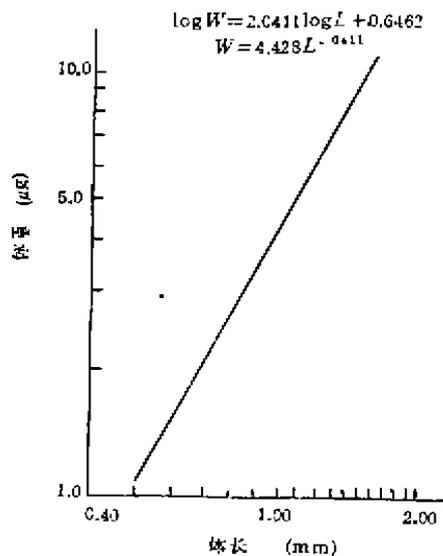


图 4 秀体溞体长与体重的回归关系
Fig. 4 Regression relationship of the body length-body weight for *Diaphanosoma*

$$\log W = 2.0411 \log L + 0.6462$$

将不同级体长代入方程, 可获相应体重。

3. 不同发育阶段发育时间的测定

在实验室恒温条件下, 观测了短尾秀体溞在 20、25、30、35℃ 的温度下卵的发育时间 (D), 求 D—T 回归方程:

$$\log D = 2.0195 - 1.3784 \log T$$

D: 天 T: °C

根据上述方程可获得 20—35℃ 温度下卵的发育时间。

根据某一培养温度下各龄的发育时间, 用 Taylor 提出的公式获得 k 值。

4. 生物量、生产量及 P/B 系数

短尾秀体溞生物量的季节变动与数量变动完全一致。从 5 月起逐渐增加, 8 月达高峰, 尔后下降。具体见表 2。短尾秀体溞的数量 I

表 2 东湖短尾秀体溞月生物量, 总生产量和P/B系数 (微克/升)
Table 2 Monthly biomass, total production and P/B coefficient of *Diaphanosoma brachyurum* in lake Donghu. ($\mu\text{g/l}$)

| 月份 | I 站 | | | | | | | | |
|----|-----------|--------|--------|----------------------|----------|----------|--------|-------|-------|
| | 平均生物量 (B) | | | 累计生产量 (Σ_p) | | | P/B 系数 | | |
| | 1983 | 1984 | 1985 | 1983 | 1984 | 1985 | 1983 | 1984 | 1985 |
| 5 | 0.768 | — | 0.205 | 6.120 | — | 2.247 | 7.97 | — | 10.96 |
| 6 | 0.724 | 1.765 | 1.267 | 9.283 | 22.110 | 27.369 | 12.82 | 12.53 | 21.60 |
| 7 | 7.270 | 6.176 | 22.753 | 114.473 | 110.177 | 285.830 | 15.75 | 17.84 | 12.56 |
| 8 | 47.963 | 84.020 | 70.449 | 698.836 | 855.704 | 718.279 | 14.57 | 10.54 | 10.17 |
| 9 | 32.043 | 13.728 | 44.615 | 328.607 | 127.703 | 512.902 | 10.25 | 9.30 | 11.50 |
| 10 | 3.548 | 0.422 | 11.111 | 35.73 | 4.294 | 141.282 | 10.07 | 10.17 | 12.71 |
| 11 | — | 0.214 | 0.902 | — | — | 6.286 | — | — | 6.96 |
| 平均 | 15.386 | 17.721 | 21.614 | 1193.050 | 1119.988 | 1692.194 | 77.54 | 63.20 | 78.29 |

| 月份 | II 站 | | | | | | | | |
|----|-----------|---------|--------|----------------------|---------|----------|--------|-------|-------|
| | 平均生物量 (B) | | | 累计生产量 (Σ_p) | | | P/B 系数 | | |
| | 1983 | 1984 | 1985 | 1983 | 1984 | 1985 | 1983 | 1984 | 1985 |
| 5 | — | — | 0.400 | — | — | 1.548 | — | — | 3.87 |
| 6 | 0.396 | 0.231 | 0.140 | 3.217 | 4.993 | 1.534 | 8.12 | 21.61 | 10.96 |
| 7 | 2.731 | 0.853 | 7.034 | 38.674 | 10.269 | 134.950 | 14.16 | 12.04 | 19.08 |
| 8 | 60.049 | 105.158 | 71.395 | 610.962 | 852.138 | 735.041 | 10.17 | 8.10 | 10.29 |
| 9 | 34.733 | 9.745 | 61.855 | 317.823 | 101.901 | 577.372 | 9.15 | 10.46 | 9.33 |
| 10 | 5.867 | 0.740 | 14.770 | 56.455 | 7.816 | 144.677 | 9.62 | 10.56 | 9.79 |
| 11 | 0.221 | 0.188 | 1.037 | 1.872 | 0.557 | 6.772 | 8.47 | 5.40 | 6.53 |
| 平均 | 17.333 | 19.486 | 22.376 | 1029.003 | 977.674 | 1601.894 | 59.37 | 50.17 | 71.59 |

站高于 II 站, 生物量 II 站略高于 I 站。

P/B 系数的大小是反映种群周转的快慢或生产力的高低, 它主要受食物、种群年龄结构和温度的影响。统计结果表明: I 站的 P/B 系数高于 II 站, 这是因 I 站有大量生活污水流入, 水体中微型藻类很多, 食物丰富所致。

从表 1 分析可知, P/B 系数高低亦受种群年龄结构的影响。I 站 1985 年 6 月, 短尾秀体溞种群中, <0.70 毫米的幼体占种群总数的 71.2%, 0.71—0.90 毫米者占 24.6%, II 站分别占 50.9% 和 41.8%, 幼体生长快, P/B 系数较高 (图 5)。

P/B 系数亦受温度的影响。一般因 7 月份温度较高, 所以系数也较高。

8 月份温度虽然很高, 但由于水体中蓝藻占优势, 食物低劣, 故 P/B 系数较低。

东湖短尾秀体溞 I 站 1983—1985 年, 5—10 月三年平均 P/B 系数为 73.01; II 站为 60.38。

三 讨 论

武汉东湖由于受人类经济活动的影响, 水质肥沃, 浮游植物大量繁殖, 特别在夏、秋季节藻类孳生形成蓝藻“水华”, 水质浊浑, 枝角类中溞属种类的数量锐减。隆线溞—亚种本是夏秋季的优势枝角类, 但八十年代以来, 数量逐年下降。II 站由 1980 年的年平均值的 3.79 个/升,

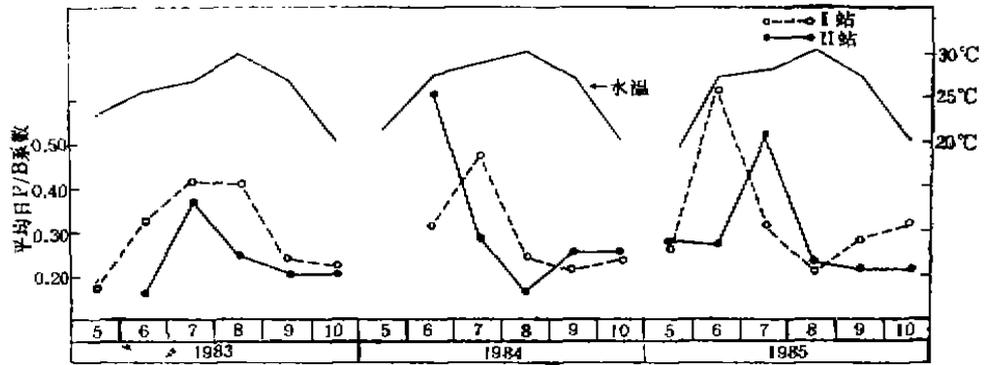


图 5 东湖短尾秀体溞平均日P/B系数和水温的季节变动 (○—○ I站, □—□ II站)
Fig.5 Seasonal variation of mean daily P/B coefficients for *D. brachyurum* and water temperature in lake Donghu

至 1985 年下降为 0.21个/升。但值得注意的是秀体溞的数量不但不下降，反而逐年增加。II站由1980年6.76个/升（5—10月平均）至1985年增加为9.69个/升。为什么隆线溞—亚种的数量减少，而秀体溞的数量却增加？虽然目前尚无实验数据加以证明，但可以估计水生动物的捕食作用和这两种枝角类在食物上的差别可能是主要的原因。

Brooks指出：在捕食作用强烈的水体中，大型浮游动物数量减少，而小型浮游动物数量增加^[4]。东湖是全国闻名的鱼类高产湖泊，其中鲢、鳙的产量占鱼产量的90%左右。刘伏泉等研究指出，东湖I、II龄的鲢、鳙鱼种从4月份开始增长，8月份为高峰期，10月份以后生长速度明显下降，冬季生长停止^[5]。可见，历年的5—10月，也是东湖“水华”时期，鲢、鳙必然大量捕食浮游动物，体型较大的隆线溞则首当其冲，致使这种枝角类的数量下降。而东湖的短尾秀体溞是一种体型较小，白色透明而又行动敏捷的枝角类，它容易逃避捕食者的袭击^[6]，由此形成秀体溞数量的增加。另有学者研究结果表明：短尾秀体溞单独依靠有机碎屑便可发育、生长^[7]。东湖颗粒有机碎屑变化情况表明：II站规律性较强，冬春两季量少，夏秋两季量多，与该水体中浮游植物的生长季节变动相符^[8]。水体中丰富的有机碎屑为短尾秀体溞提供了足够的食物，于是形成了夏秋季高峰。

表4为不同营养类型湖泊中，短尾秀体溞平均日P/B系数的比较。可见，东湖的P/B系数要高于其它水体。因此可以认为东湖已属高度富营养型的水体。

表 3 不同类型湖泊中短尾秀体溞平均日P/B系数（5—10月平均）
Table 3 Mean daily P/B ratio of *Diaphanosoma brachyurum* (mean for May—October) from different lakes

| 湖 名 | 纬度 | 营养类型 | P/B | 参 考 文 献 |
|----------------------|----|------|-------|---------------------------------|
| Krasnoe | 66 | 中营养 | 0.128 | Andronikova et al. 1972 |
| Warniak | 54 | 富营养 | 0.185 | Hillbricht-Ilkowska et al. 1973 |
| Warniak | 54 | 富营养 | 0.288 | Hillbricht-Ilkowska et al. 1973 |
| Mikolajskie | 54 | 富营养 | 0.240 | Weglenska 1971 |
| Neusiedlersee | 47 | 中营养 | 0.143 | Herzig |
| 武汉东湖 I 站1983—1985平均 | 33 | 富营养 | 0.459 | 本 文 |
| 武汉东湖 II 站1983—1985平均 | 33 | 富营养 | 0.342 | 本 文 |

参 考 文 献

- [1] 黄祥飞、胡春英, 1986, 淡水常见枝角类体长-体重回归方程式。甲壳动物学论文集, 第一辑, 147—157。
- [2] Taylor, C.C., 1962, Growth equations with metabolic parameters, *J. cons. Int. Explor. Mer.* 27: 270—286.
- [3] Edmondson, W.T., 1974, Secondary production, *Mitt. Int. Ver. Limnol.* 20:229—272.
- [4] Brooks, J.L. et al. 1965, Predation, body-size and composition of plankton, *Science* 150:28—35.
- [5] 刘伏泉等, 1982, 略论武昌东湖鲢鱼种的年轮形成及湖泊放养的规格问题。水产学报6(2): 129—138。
- [6] Drenner, R. W. et al., 1982, Feeding behaviour of the cichlid *Sarotherodon galilaeus*: Selective predation on Lake Kinneret zooplankton, *Hydrobiologia* 87(1):17—20.
- [7] Herzig, A., 1978, The zooplankton of the open lake. In Löffler, H. (ed.) *Neusiedlersee. The Limnology of shallow lake in central Europe*. Junk, The Hague, 281—335.
- [8] 林婉莲等, 1984, 武汉东湖颗粒有机碎屑现存量的测定。水生生物学集刊 8(3): 323—329。
- [9] Patalas, K. 1970, Primary and secondary production in a lake heated by a thermal power plant, 1257—1271 in Proceedings, 16th Annual Technical Meeting, Institute of Environmental Sciences, Mount Prospect Illinois, USA.

Junk, The Hague:281—335.

POPULATION DYNAMICS AND PRODUCTION OF *DIAPHANOSOMA BRACHYURUM* (CLADOCERA: SIDIDAE) IN LAKE DONGHU, WUHAN

Huang Xiangfei

(Institute of Hydrobiology, Academia Sinica)

Diaphanosoma brachyurum is a predominant cladoceran in season of summer-autumn in the Lake Donghu. The population densities from May to October were 7.57 ± 12.39 ind./l in 1983, 11.15 ± 20.58 ind./l in 1984 and 10.14 ± 11.19 ind./l in 1985 at station I. The abundances in corresponding periods at station II were 7.36 ± 11.07 ind./l, 7.37 ± 16.16 ind./l and 9.69 ± 14.65 ind./l, respectively. Maximum population densities for the cladocera were 95.70 ind./l at station I, 70.60 ind./l at station II. Regression equation of the body length to body weight for the *Diaphanosoma* may be expressed as,

$$\log W = 2.0411 \log L + 0.6462$$

The total productions estimated from May to October in 1983 for the *Diaphanosoma* were 1.193mg/l at station I, using the summation increment methods, 1.120mg/l in 1984 and 1.692mg/l in 1985. The productions in corresponding periods were 1.027mg/l, 0.978mg/l, and 1.602mg/l at station II, respectively.

The P/B (production/biomass) coefficients of *Diaphanosoma brachyurum* were 77.54 in 1983 at station I, 59.37 at station II. The values were 63.2 and 50.17 in 1984 at station I and station II, respectively. The P/B ratios were relatively high, reaching 78.29 in 1985 at station I and 71.59 at station II.

Key words: population dynamics, production, *Diaphanosoma brachyurum*.