

淀山湖三种枝角类种群动态初步研究

赖伟 林汉刚 堵南山

(华东师范大学,上海)

提要 透明水蚤 (*Daphnia (Daphnia) hyalina* Leydig)、脆弱象鼻水蚤 (*Bosmina fatalis* Burckhardt) 及短尾秀体水蚤 (*Diaphanosoma brachyurum* (Liéven)) 是淀山湖敞水区的主要优势种, 该湖枝角类数量的季节变动, 受制于这三个优势种, 并构成了枝角类的春季高峰及秋季高峰。温度模拟试验所得到的各项参数与现场采集的标本计算测量后的参数相一致, 测出透明水蚤适应 15°C 左右低温, 脆弱象鼻水蚤及短尾秀体水蚤适应 20°C 左右温度。在食物量模拟试验中, 仅有怀卵量(个/窝)受食物量多少的影响, 如培养于 30 万小球藻细胞/ml 中的水蚤比 7.5 万藻细胞/ml 中的水蚤有较多的怀卵量(个/窝)。模拟试验所得的参数, 皆不能作为监测水质的参数。

1981年9月到1982年9月, 调查了淀山湖的枝角类, 共发现49种, 在敞水区有31种, 包括8个常见优势种, 其中透明水蚤 (*Daphnia (Daphnia) hyalina* Leydig)、脆弱象鼻水蚤 (*Bosmina fatalis* Burckhardt) 及短尾秀体水蚤 (*Diaphanosoma brachyurum* (Liéven)) 等三种枝角类种群的数量显著多于其他种类。为了解淀山湖枝角类季节变动的原因与规律、种群数量变动以及环境对种群数量变动的影响, 对这三个优势种进行了温度、食物模拟试验。

一、方 法

1981年9月到1982年9月的13个月中, 在淀山湖近上海的湖区内, 设三个采样点, 1号点在湖中心, 2号点近岸, 3号点在离最大出水河口约500m处(图1), 三点水深均在2m左右。约半个月采集一次, 在采集日的10—12时左右, 于水深1m处采取水样6.625L, 浓缩为定量标本, 同时也采集了定性标本, 25个采集日共得定量及定性标本各75号。此外, 又在淀山湖附近的大小水域内, 不定期采集了263号定性标本。除将标本鉴定计数外, 并分析了敞水区三个优势种(透明水蚤、脆弱象鼻水蚤及短尾秀体水蚤)的数量。又计算测量了1982年3—6月份采到的透明水蚤体长分布百分比。将三个优势种经驯化后再进行模拟试验。水温模拟试验有25°C, 20°C, 12°C三个组, 一次投喂30万蛋白核小球藻 (*Chlorella pyrenoidosa*) 细胞/ml。食物量试验分为每毫升30万藻细胞、15万藻细胞及7.5万藻细胞, 一次投喂, 温度为20°C。试验在散射光下进行, 定期观测生长发育状况。

二、结 果

1. 透明水蚤 为淀山湖敞水区的优势种之一, 几乎为终年有头盔 (*var. galeata* forma) 种群。计算三点定量标本均值, 发现种群在3月开始出现, 5月上旬达到最高



图1 淀山湖采样点示意图

Fig. 1 Sampling stations in Dianshan Lake

峰(31.5个/L), 此时期的种群中孤雌生殖与两性生殖同时进行; 5月下旬种群数量突然下降(1.8个/L), 6月两性生殖也停止了, 种群数量极少; 8月下旬种群消失(图2)。它的变动规律与武昌东湖的种群变动相似。8月以后到第二年3月, 在定性标本中, 有时也能发现透明水蚤。

对淀山湖3—6月透明水蚤定性标本进行体长分布百分比分析(图3)。图中现出了3月份种群内大个体数量多, 高峰值位于右方。以后数月种群内个体体长逐渐变短, 6月下旬最大个体尚不足1.2mm; 种群内无论是哪一个月份, 不足1mm(0.85—0.95mm)的个体就已达性成熟。在3—6月份的标本中, 最大成龄个体为1.1—1.6mm。未成熟个体逐月减少, 如3月份为50.0%; 4月份占40.3%; 6月份未成熟个体为37.0%(35.5—43.5%)。

在水温为20℃、食物量不同的条件下进行的模拟试验结果(表1), 显示了各组间多种生物学参数差异不大, 仅平均怀卵量(个/窝)有较大差异, 食物量多怀卵量也多。这组试验中的最大体长也稍有差异。

在三个温度变换组所作的模拟试验中, 各生物学参数差异较大, 不同于食物量各组的试验。但三个试验组中的成龄数皆为12龄左右; 幼龄数在4龄左右, 各组差异不显著(表2)。

2. 脆弱象鼻水蚤 在淀山湖的敞水区全年可见。一年内有两次数量高峰, 第一次在4—5月, 第二次在10月, 冬季数量甚少(图2)。周年内进行孤雌生殖, 但10月底到12月底孤雌生殖与两性生殖同时存在于种群中, 1月两性生殖停止。

脆弱象鼻水蚤在食物量不同的条件下, 模拟试验所得的参数值, 其规律与透明水蚤相

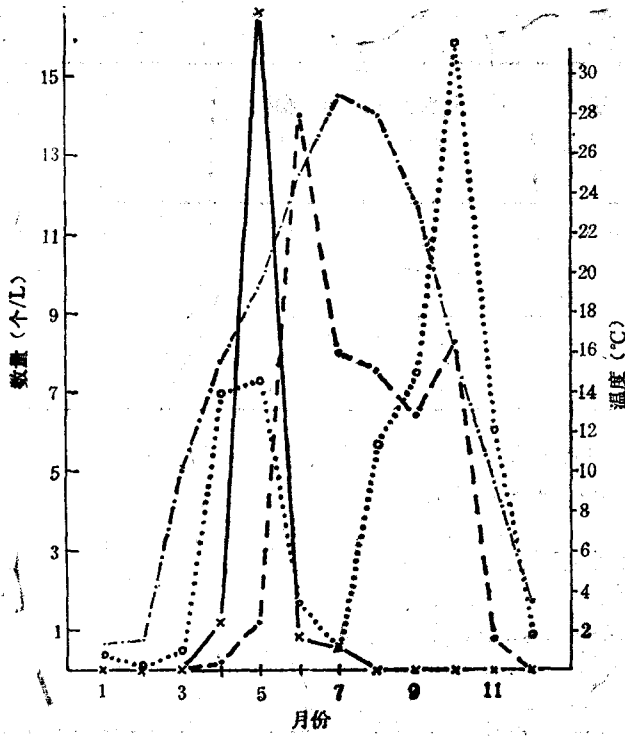


图2 透明水蚤、短尾秀体水蚤及脆弱象鼻水蚤的数量季节变动及温度季节变化

Fig. 2 Quantitative seasonal dynamics of *Daphnia hyalina*, *Diaphanosoma brachyurum* & *Bosmina fatalis* and seasonal Temperature change

— *D. hyalina* - - *D. brachyurum*
 *B. fatalis* - · - · 温度

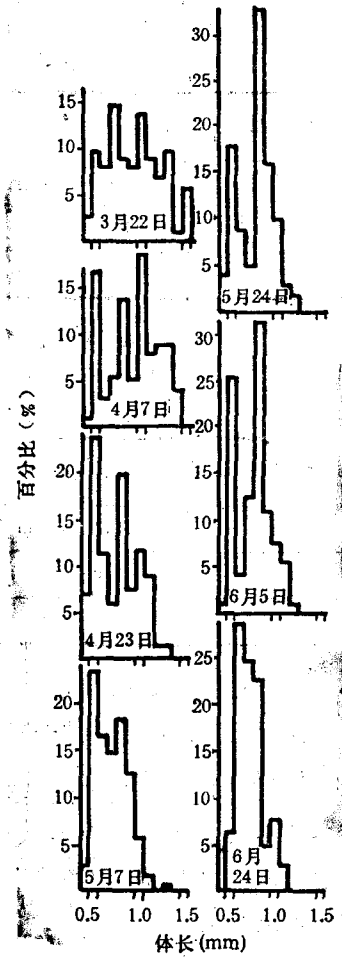


图3 透明水蚤 (*D. hyalina*) 3—6 月体长百分比

Fig. 3 Percentage of body length of *Daphnia hyalina* in March to June

表1 不同食物量模拟试验中透明水蚤的生物学参数(20°C)

Tab. 1 The biological parameters of *D. hyalina* in simulative experiment of different food concentrations (20°C)

藻细胞数/ml	寿命 (d)	幼龄期 (d)	成熟期 (d)	最大体长 (mm)	卵发育天数	怀卵量 (个/窝)
30 万	35.7±4.7	5.3±0.8	30.4±5.0	2.12±0.08	2.6±0.5	11.2±4.6
15 万	36.0±9.1	5.6±1.4	30.2±8.4	2.02±0.12	2.7±0.7	9.0±4.1
7.5 万	37.7±7.2	5.6±1.1	31.9±7.3	1.93±0.10	2.7±0.6	5.2±2.9

表 2 不同温度模拟试验中透明水蚤的生物学参数 (30 万藻细胞/ml)

Tab. 2 The biological parameters of *D. hyalina* in simulative experiment of different temperature (300 thousand alga cells/ml)

温度(°C)	寿命 (d)	幼龄期 (d)	成熟期 (d)	成龄体长 (mm)	最大体长 (mm)	卵发育天数	怀卵量 (个/窝)
25	25.7±4.3	3.1±0.1	22.6±4.4	1.38±0.04	1.99±0.05	1.8±0.4	7.6±3.9
20	35.7±4.3	5.3±0.8	30.4±5.0	1.37±0.11	2.12±0.08	2.6±0.5	11.2±4.6
12	77.3±9.1	9.3±0.5	68.0±9.0	1.49±0.07	2.24±0.08	5.6±0.5	19.2±9.6

表 3 不同食物量模拟试验中脆弱象鼻水蚤的生物学参数 (20°C)

Tab. 3 The biological parameters of *Bosmina fatalis* in simulative experiment of different food concentration (20°C)

藻细胞数/ml	寿命 (d)	幼龄期 (d)	成熟期 (d)	卵发育天数	怀卵量(个/窝)
30 万	12.1±3.9	3.1±0.4	9.0±3.9	2.1±0.2	4.6±2.9
15 万	11.0±4.2	3.1±0.4	7.9±4.3	2.0±0.4	3.0±1.9
7.5 万	12.0±4.1	3.4±0.5	8.6±4.0	2.0±0.3	2.8±2.2

似。怀卵量(个/窝)也有显著差异,孵化率与成熟天数也略有差异(表 3)。

进行不同温度试验所得结果如表 4,水蚤的寿命、成熟期、幼龄期及发育天数等各生物学参数随温度升高而减。惟怀卵量只在 20°C 中数量最多,温度升高或降低都减少怀卵量。

表 4 不同温度模拟试验中脆弱象鼻水蚤的生物学参数 (30 万藻细胞/ml)

Tab. 4 The biological parameters of *Bosmina fatalis* in simulative experiment of different temperature (300 thousand alga cells/ml)

温度(°C)	寿命 (d)	幼龄期 (d)	成熟期 (d)	卵发育天数	怀卵量(个/窝)
25	6.9±1.3	2.0±0.0	4.9±1.3	1.2±0.4	3.2±2.2
20	12.1±3.9	3.1±0.4	9.0±3.9	2.1±0.2	4.6±2.9
12	30.4±6.6	7.1±0.6	23.3±6.8	5.4±0.6	3.1±1.7

3. 短尾秀体水蚤 亦为敞水区种类,4月开始形成种群,在适温环境中,水温上升数量也上升,整个6月及7月上旬间形成了周年中的种群高峰。高温(28—29°C)的夏季数量又稍稍下降,到9月(23.5°C)及10月(16.0°C)出现第二次高峰。高峰之后,开始了两性生殖。在12月及第二年的1—3月的4个月内种群消失(图2)。

变动食物量所作的模拟试验,显示各组间的多数生物学参数差异不显著,与前述两种相似,惟有怀卵量参数随食物减少而减少(表5)。

对短尾秀体水蚤仅作了25°C及20°C两个不同温度模拟试验,从多数项目所得参数中可以看出,温度对孵化天数、怀卵量、体长及卵发育天数等都有明显的影响。温度升高各参数值减低(表5)。

表 5 不同食物量及不同温度模拟试验中短尾秀体水蚤的生物学参数

Tab. 5 The biological parameters of *Diaphanosoma brachyurum* in simulative experiment of different food concentration and temperature

温度与食物浓度	寿命 (d)	幼龄期 (d)	成熟期 (d)	最大体长 (mm)	卵发育天数	怀卵量 (个/窝)
25°C 30 万藻细胞数/ml	12.6±2.3	4.1±0.6	8.5±2.7	0.99±0.03	1.3±0.4	1.8±1.1
20°C 30 万藻细胞数/ml	21.9±3.9	4.9±1.0	17.0±3.7	1.10±0.05	2.3±0.5	2.6±1.7
20°C 15 万藻细胞数/ml	20.2±3.1	4.6±0.5	15.6±2.9	1.09±0.04	2.3±0.5	2.4±1.6
20°C 7.5 万藻细胞数/ml	20.3±4.1	5.4±1.1	15.1±3.9	1.05±0.05	2.3±0.5	1.5±1.8

温度对三种枝角类的生物学特性有最强烈的影响。在饲喂 30 万藻细胞的丰足食物条件下,在一定的适温范围内,水温升高促进了枝角类的生长与发育,缩短了寿命。食物量变动,仅影响了枝角类的怀卵量。以现场采到的标本及模拟试验所得参数进行分析对比,可以看出枝角类种群数量变动,在足够的食物量条件下与温度有密切关系。

三、讨 论

1. 温度对枝角类生物学特性的影响 枝角类的生长与发育,是互相促进又相互制约的一对生物学特性,生长为发育准备了物质基础;发育成熟的枝角类,为种群的扩大与分布及延续物种的生命而生殖,因此,生殖成为主要的,生长则转换为次要的,处于被抑制的时期。经过对模拟试验所得参数及现场采集到的标本分析,都证实了温度制约枝角类的生长与发育。高温中生长快,发育也快,发育成熟后就抑制了生长,个体体长变小。低温中生长与发育皆慢,但有充分的生长时间,所以个体大、寿命长(表 2, 4, 5)。

温度对怀卵量(个/窝)及总怀卵量的影响,因枝角类种类不同对温度的适应性而不同,如表 6 所示。表中总怀卵量最多的一项,可能是该种的最适温度。脆弱象鼻水蚤最适温度是 20°C,透明水蚤最适温度为 12°C(?),短尾秀体水蚤可能是 20°C。

表 6 三种枝角类在温度模拟试验中的总怀卵量(个/个体)

Tab. 6 The number of eggs per individual of 3 species of Cladocera in simulative experiment of different temperature

温度(°C)	脆弱象鼻水蚤	短尾秀体水蚤	透明水蚤
25	13	12	94
20	21	21	132
12	15	—	246

现场温度中所得枝角类的数量变动(图 2)与模拟试验所得参数比较,两者的趋势相吻合。如脆弱象鼻水蚤的两个高峰值,处于现场水温 15—20°C, 23°C 及 16°C 范围内;短

尾秀体水蚤在淀山湖中的高数值, 出现于现场水温 21—26℃ 之间; 5 月上旬现场水温达 18℃ 时, 透明水蚤种群中出现了雄性个体, 种群数量从高峰经半个月后下降为最低量 (1.8 个/L) (图 2), 幼体逐月减少 (图 3), 种群表现为老龄化。这些表现都是不适应 18℃ 温度的生物学特性; 由于试验温度仅限于 12℃, 虽与现场温度并不一致, 但从 4 月淀山湖平均水温 (15.5℃) (图 2) 分析, 5 月上旬的高峰是在 4 月下旬到 5 月初形成的, 这时的温度约在 15℃ 左右, 这一温度可以认为是最适温度, 所以透明水蚤应属于喜低温种类。

3—6 月, 透明水蚤种群内的体长分布也与水温的变化有关。3—4 月, 淀山湖水温在 16℃ 左右, 大个体较多; 随水温升高, 大个体也减少。图 3 中的高峰值逐月向左移动, 6 月份 0.8mm 以下的个体约占 55—60%。因温度升高而使体长下降这一规律与模拟试验所得参数相吻合, 所不同的是实验室内的个体大于湖中采到的个体。

2. 食物对枝角类生物学特性的影响 食物为枝角类提供能量, 丰足的食物可以使枝角类生长、发育速度加快, 产仔次数多, 寿命长, 如堵南山等^[2,3]的研究。淀山湖三种枝角类食物模拟试验所得各个参数的趋向差异多不显著, 仅怀卵量一项随食物量增加而增加。枝角类动物性成熟以后, 过多的营养不用于生长, 而转移于生殖腺, 致使其种群的个体数增加, 这可能是枝角类的基本属性。食物模拟试验所得的各个参数除怀卵量外, 多数参数差异不显著, 与堵南山等^[2,3]试验结果不同, 可能因模拟试验时的食物浓度阈值 (threshold of food concentration) 已达到枝角类生长的基本需要所致。

3. 温度作用与食物作用的比较 模拟试验条件下, 温度制约了枝角类的生长、发育与种群数量变动; 在现场温度测定中也得到证实。在淀山湖中, 温度随季节而变, 但月平均相对稳定, 使枝角类形成了周年内两次数量季节高峰 (图 2)。在湖泊中, 枝角类的食物量, 常因人类倾放有机物造成污染而改变。淀山湖污染度的分布呈湖中区低于沿岸区的状态。因此淀山湖枝角类群落也依这个规律呈现小区域梯状差异分布。如净生种类透明薄皮水蚤 (*Leptodora kindtii* (Focke))、短尾秀体水蚤、长肢秀体水蚤 (*Diaphanosoma leuchtenbergianum* Fischer)、透明水蚤及兴凯裸腹水蚤 (*Moina chankensis* Uéno) 等在标本中出现的频次, 敞水区远高于湖周沿岸区 10 倍以上。若从食物模拟试验所得参数分析, 并不能出现上述现象, 所以, 在食物模拟试验条件下的各参数, 不能作为预报或监测湖泊有机污染的变化与发展用。对于脆弱象鼻水蚤的食物浓度阈值, 可能最低为 15 万藻细胞, 因此时的若干参数值均已下降。

四、小 结

1. 透明水蚤、脆弱象鼻水蚤及短尾秀体水蚤为淀山湖中三个优势种, 其种群数量的季节变动, 影响了淀山湖枝角类群落的数量与生物量变动。

2. 透明水蚤 5 月数量最多; 脆弱象鼻水蚤 4—5 月及 10 月数量最多, 有两次高峰; 短尾秀体水蚤 6—7 月及 9—10 月有两次数量高峰。三者构成了淀山湖枝角类数量季节变动中的两次高峰。

3. 温度模拟试验所得参数, 与测量计算现场所采标本参数比较, 获得了透明水蚤最适温度 15℃ 左右; 脆弱象鼻水蚤为 20℃; 短尾秀体水蚤可能为 20℃。

4. 温度与食物两种模拟试验中, 温度影响枝角类生长及发育。温度不同, 所得生物学

参数不同。食物量变动仅影响怀卵量变动。

5. 两种模拟试验所得参数, 不能作为监测水体有机污染的指数。食物量试验中食物浓度阈值已超出基本阈值, 除脆弱象鼻水蚤外, 7.5 万藻细胞/ml 已能满足枝角类生长与发育所需的营养。

参 考 文 献

- [1] 何志辉, 1983. 温度对多刺裸腹水蚤 (*Moina macrocopa* (Straus)) 的繁殖力和内禀增长能力 (rm) 的影响. 大连水产学院学报 1: 1—8。
- [2] 堵南山、赖 伟、邓雪怀等, 1982. 食物多少对拟老年低额水蚤 (*Simoccephalus vetuloides* Sars) 生殖量的影响, 华东师范大学学报(自然科学版) 1: 103—109。
- [3] 堵南山、赖 伟、邓雪怀等, 1983. 隆线水蚤 (*Daphnia carinata* King) 生长与生殖力. 华东师范大学学报(自然科学版) 1: 83—91。
- [4] 黄祥飞, 1983. 温度对近亲裸腹水蚤发育、生长和卵的生产量影响. 水生生物学集刊 8(1): 105—112。
- [5] 黄祥飞, 1985. 三种淡水枝角类生物学研究. 海洋与湖沼 16(3): 188—195。
- [6] 赖 伟、邓雪怀、陈炳良等, 1983. 太湖秀丽白虾 (*Palaemon modestus* Heller) 种群及生殖习性研究. 华东师范大学学报(自然科学版) 3: 81—87。
- [7] Christic, P., 1983. A taxonomic reappraisal of the *Daphnia hyalina* complex (Crustacea: Cladocera): an experimental and ecological approach. *J. Zool. (Lond)*, 199: 75—100.
- [8] Crossetti, D. and F. G. Margaritora, 1985. Morphological, Ecological and Biological data for a better knowledge of *Alona nuragica* Margaritora (Cladocera). *Crustaceana* 49(3): 268—276.
- [9] John Carins, Jr. (editor), 1977. Aquatic microbial communities (Competition and predation in relation to species composition of freshwater zooplankton, mainly Cladocera). Garland Publishing, Inc. New York and London, pp. 307—353.
- [10] Richard, S. Stemberger and John, J. Gilbert, 1985. Body size, food concentration, and population, growth in rotifers. *Ecol.* 66(4): 1151—1159.

PRIMARY STUDIES ON POPULATION-DYNAMICS OF 3 SPECIES OF CLADOCERA (WATERFLEA) IN DIANSHAN LAKE

Lai Wei, Lin Hangang and Du Nanshan

(East China Normal University, Shanghai)

ABSTRACT

Of the 31 species of Cladocera (waterflea) in the Dianshan Lake, 8 are superior ones in the Cladocera community.

Daphnia (*Daphnia*) *hyalina* Leydig, *Bosmina fatalis* Burckhardt and *Diaphanosoma brachyurum* (Liéven) dominate the seasonal dynamic of the Cladocera community as indicated in Figure 2.

Simulation experiments were carried out in two groups: One at the temperatures of 12°C, 20°C and 25°C with *Chlorella pyrenoidosa* (300 thousand cells/ml) as food, another one at the temperature of 20°C with alga (75, 150 and 300 thousand cells/ml) as food.

Shown in Table 1—5 are the results of experiment.

1. High food concentration increases the number of eggs per brood chamber without affecting other biological parameters.
2. Higher temperature decreases all of biological parameters.
3. The temperature of 12°C, will increase sum number of eggs *Daphnia hyalina* 2.5 times than at 25°C.
4. The experiment of simulation of temperature and analysis on percentage of samples of population of *Daphnia hyalina* indicate that the animals adapts better to low temperature.
5. The 2 peaks of seasonal dynamics are exhibited by 3 species of Cladocera.