

南京玄武湖微型裸腹溞和短尾秀体溞的种群变动和生产量

王如平* 徐家铸

(南京师范大学生物系, 210024)

提 要

本文报道了南京玄武湖微型裸腹溞和短尾秀体溞的种群变动和生产量的研究结果, 并分析了影响它们的生态因子。计算了种群的瞬时出生率(b), 瞬时增长率(r)和瞬时死亡率(d)。观察了微型裸腹溞怀卵量的季节变化。

微型裸腹溞生长季节平均生物量为 $87.51 \mu\text{g/L}$ (干重), 生产量为 $8292.36 \mu\text{g/L}$ (干重), P/B 系数为 94.76; 短尾秀体溞生长季节平均生物量为 $9.58 \mu\text{g/L}$ (干重), 生产量为 $480.02 \mu\text{g/L}$ (干重), P/B 系数为 50.52。

关键词 种群动态, 生产量, 微型裸腹溞, 短尾秀体溞, 玄武湖

玄武湖既是南京著名的风景区, 又是具有经济价值的生产性湖泊, 全湖水域面积约 5 000 亩, 平均水深 1.3—1.4 m。有关玄武湖浮游动物群落和数量的变化以及它们与水污染的关系, 徐家铸做过许多工作^[1]。然而关于浮游动物生产量的研究迄今未做。怀卵的浮游动物很适合次级生产的研究, 有人已经对桡足类和轮虫进行了研究, 而枝角类中虽以溞属作为实验材料的研究较多, 但对微型裸腹溞和短尾秀体溞的研究很少^[2], 国内对这两个种生产量的研究未见报道。

为更好地开发, 利用玄武湖水体提供依据及建立数学生态模型提供资料, 本文对玄武湖枝角类主要优势种: 微型裸腹溞 (*Moina micrura*) 和短尾秀体溞 (*Diaphanosoma brachyurum*) 的生产量作了一些研究。

研 究 方 法

设两个采样站(图 1) I 站、II 站分别选择在湖的边缘和湖心, 从 1987 年 4 月至 1988 年 4 月的一年中, 每半个月取样一次, 采样水层两个站都为表层和 1 m 深处, 收集到的枝角类不仅要计数, 而且还要记录孵育囊中的卵数并测量所有个体的体长。

根据 Edmondson (1974)^[3] 和 Paloheimo (1974)^[4] 的方法, 确定了枝角类种群的

* 现在扬州教育学院生物系工作。
1988年9月8日收到。

瞬时出生率(b)、瞬时增长率(r)和瞬时死亡率(d)。

生产量是根据 Adalsteinsson (1979)^[3] 提出的公式:

$$\bar{P} = \bar{B}_t - \bar{B}_{t-1} + \left(N_{t-1} + \frac{E_{t-1} + E_t}{2} \cdot \frac{T}{D} - N_t \right) \cdot \left(\frac{W_{t-1} + W_t}{2} \right)$$

P 前一次采样至后一次采样时的生产量; B_t 采样时间 t 时的生物量; N_t 采样时间 t 时的种群数量; E_t 采样时间 t 时的卵数; W_t 采样时间 t 时的个体平均重量; T 前一次采样至后一次采样的间隔天数; D 卵的发育天数;

为了获得优势种种群的生物量, 使用体长-干重回归公式^[4]来估算。

微型裸腹溞: $W = 6.61L^{2.57}$ L (mm)

短尾秀体溞: $W = 3.7628L^{2.11}$ W (μ g 干重)

根据 Nanazata (1985)^[5] 和黄祥飞(1986)^[6]结果, 确定枝角类卵与胚胎发育时间。

微型裸腹溞: $\ln D = 4.522 - 0.399(\ln T)^2$

短尾秀体溞: $\log D = 2.0195 - 1.3784 \log T$

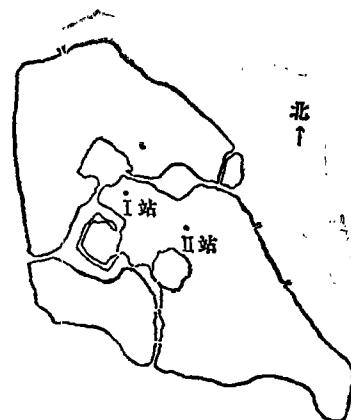


图 1 玄武湖浮游动物取样站分布
Fig. 1 The distribution of the sampling stations in the Xuanwu Lake

结果与讨论

1. 种群密度 微型裸腹溞和短尾秀体溞观存量的季节变化见图 2。微型裸腹溞是玄武湖种群密度最大的枝角类, 其密度高峰在 5 月, 短尾秀体溞虽也是优势种, 但就其数量

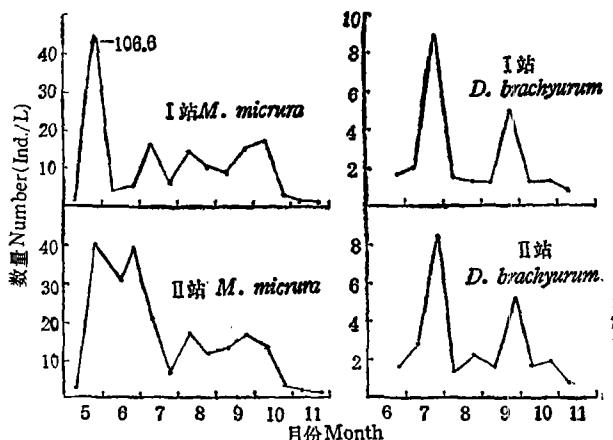


图 2 I、II 站微型裸腹溞和短尾秀体溞种群密度的季节变动
Fig. 2 Seasonal variation in population densities (ind./l) of *M. micrura*, and *D. brachyurum* at stations I and II.

而言远远低于微型裸腹溞，在水中出现的月份也短于微型裸腹溞。短尾秀体溞是一种典型的夏季喜温种，据报道^[6]，它在13.8℃以下不产夏卵；如把夏卵放入13.8℃水中，有47%—86%孵化，其余的胚胎死亡；在11.9℃下没有幼体能发育到成体，在13.4℃和14℃下分别有0—20%、0—38%的幼体可发育成熟，并随温度上升，而成活率增高。短尾秀体溞的密度高峰一般出现在水温较高的夏季，与此相反，夏季微型裸腹溞的种群密度相对较低。以I站为例，微型裸腹溞1987年5月25日的密度最高为106.6个/L，6月16日的密度较低为4.2个/L；而短尾秀体溞7月25日密度达到最大为8.9个/L，一般在1—5个/L之间波动。水温的变化对微型裸腹溞和短尾秀体溞种群密度有重要影响，从实验结果看：微型裸腹溞培养在30℃时，发育生长就受到了一定的影响，不但生殖量下降，从25℃时的累计产卵数103.67个下降到30℃时的80.08个，而且死亡率也上升。而30℃时的水温对短尾秀体溞的生殖相对来讲还有利一点，25℃下累计产卵数为65.63个，30℃下累计产卵数上升到69.09个。玄武湖7月下旬的水温变动在28—30℃之间，这样持续的高温已经抑制了微型裸腹溞的生长发育，但短尾秀体溞还处在它的适温范围内。

2. 种群参数(b, r, d)： b 值、 r 值和 d 值表示在图3。以I站为例：微型裸腹溞的 b 值在5—8月份有升有降，但总的趋势是逐渐增加的，至8月31日达到最高为1.60，这是由于8月份水温较高，使卵发育时间缩短，每窝卵数(E 值)增高，但此时的 r 值和种群密度却很低，据推测，主要是由蓝藻“水华”和鱼大量摄食所致，9—11月 b 值逐渐减小，至10月25日降到最低为0.14，这与水温降低有关。短尾秀体溞的 b 值波动情况与微型裸腹溞相似。

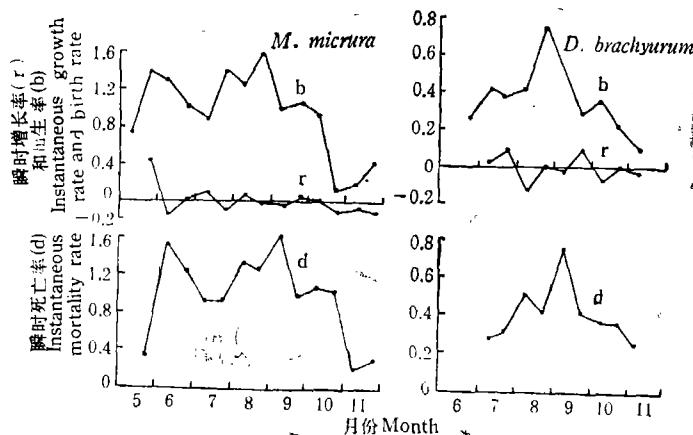


图3 I站微型裸腹溞和短尾秀体溞种群参数(b, r, d)的季节变动

Fig. 3 Seasonal changes in population parameters (b, r, d) of *M. micrura* and *D. brachyurum* at station I.

r 值有正有负，它与种群密度波动较为一致，微型裸腹溞的 r 值在5月份最大，此时的种群密度也最高，5月下旬至6月初， r 值陡降，种群数量在大量减少。

d 值的季节变动与 b 值的变化是一致的，微型裸腹溞的 d 值变动在0.21—1.62之间，平均为0.988，6月初达到第一个高峰(d 值为1.55)，9月初形成第二个高峰(d 值为

1.62); 短尾秀体溞的 d 值变动在 0.24—0.78 之间, 平均为 0.414, 仅在 9 月初形成一个高峰(d 值为 0.78)。

3. 微型裸腹溞每窝卵数 \bar{E} 以及与成体体长 L_A 的关系

微型裸腹溞的平均每窝卵数 \bar{E} (总卵数/怀卵雌体数)在春、秋季较高 (1987 年 5 月 25 日为 20.0 个, 10 月 12 日为 13.4 个), 夏季降到了较低的水平(7 月 9 日为 9.2 个)。怀卵雌体百分比和卵密度与 \bar{E} 一样也是反映繁殖强度的指标, 它们和 \bar{E} 的曲线波动趋于相同(图 4)。

一般情况下, L_A 越大, \bar{E} 值越大。现以 1987 年 5 月 25 日第 4 次采集的微型裸腹溞为材料, 用统计方法获得了 \bar{E} 与 L_A 之间的回归线:

$$\bar{E} = -7.2812 + 27.3077 L_A$$

或

$$L_A = 0.3245 + 0.0325 \bar{E} \quad (r = 0.942)$$

通过 t 检验得到: $t = 8.416 \therefore t_{11,0.01(双侧)} = 3.106 \therefore t > t_{0.01}$ 故应拒绝 r 来自 $\rho = 0$ 的假设, 即 \bar{E} 和 L_A 之间存在极显著的关系。

一个微型裸腹溞的 \bar{E} 是由各种内外因素所影响的, 比如: 个体大小、温度以及可用食物量等等, 一个小个体自然地限制了怀卵能力, \bar{E} 随个体增大而潜在增加; 温度对产卵量的影响已做过很多研究, 在合适温度范围外会限制卵的生产, 而在最适温度范围内, 温度较低时的产卵数大于温度较高者; 在适温范围内溞的产卵数与可用食物量是成正比的, 春天的卵产量与水中叶绿素含量成正比, 但在夏季蓝藻“水华”时, 尽管藻的生物量增加了, 但平均每窝卵数仍然很低。

4. 生物量、生产量和 P/B 系数

微型裸腹溞和短尾秀体溞生物量、生产量的曲线波动基本相同(图 5)。以 I 站为例: 微型裸腹溞 5—11 月生物量变动在 3.85—345.71 μg 干重/L 之间, 平均为 93.69 μg 干重/L, 最大值是 5 月下旬达 683.09 μg 干重/L, 6—8 月下降幅度较大; 日生产量全年最高峰为 5 月下旬达 340.86 μg 干重/L·天, 6—7 月较低。短尾秀体溞 6—11 月生物量变动在 3.10—20.90 μg 干重/L 之间, 平均为 8.65 μg 干重/L, 7 月份形成的高峰为 34.44 μg 干重/L; 日生产量全年最高峰为 7 月下旬达 11.52 μg 干重/L·天。微型裸腹溞生物量、生产量的高峰期是和短尾秀体溞错开的, 前者在 5 月, 其生物量占全年总生物量的 52.71%, 生产量占全年总生产量的 55.22%, 后者

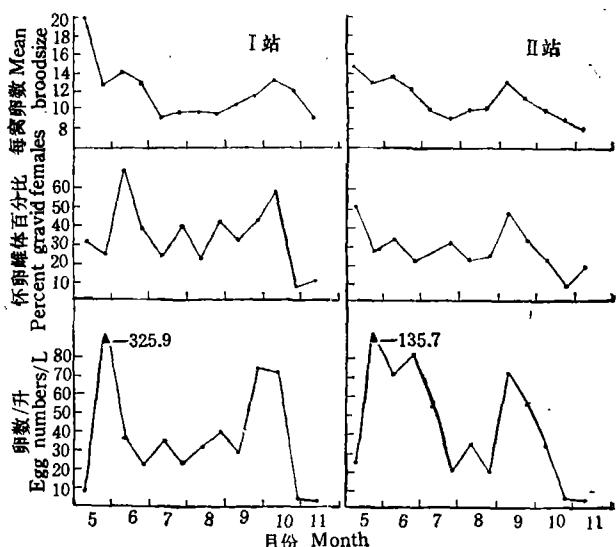


图 4 I、II 站微型裸腹溞每窝卵数、怀卵雌体百分比和卵密度的季节变动

Fig. 4 Seasonal variations in mean broodsize (\bar{E}), percent gravid females and egg density of *M. micrura* at stations I and II.

在7月,其生物量占全年总生物量的40.29%,生产量占全年总生产量的48.61%(表1,2)。

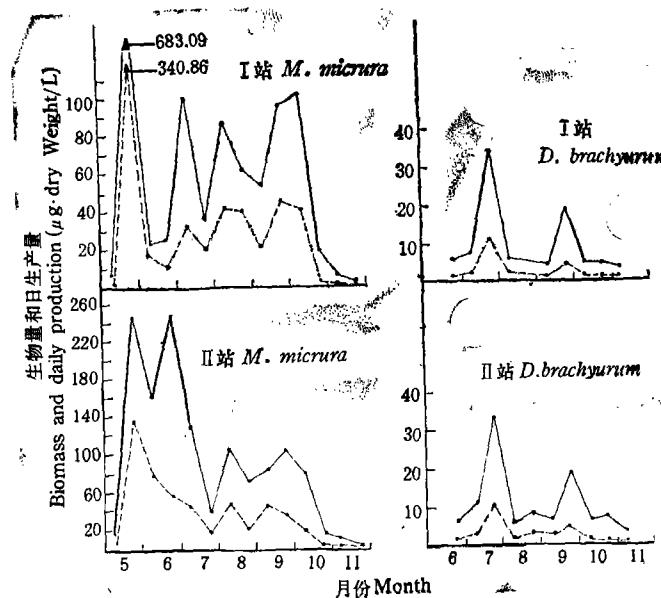


图5 I、II 站微型裸腹溞和短尾秀体溞生物量和日生产量的季节变动
——生物量 ---生产量

Fig. 5 Biomass (B) and daily production (P) by *Moina micrura*, and *D. brachyurum* at stations I and II.
—Biomass ---Production

表1 微型裸腹溞月和生长季节平均生物量、累计生产量和P/B系数

Tab. 1 Monthly and growing-season biomass, production and P/B ratio for *M. micrura*. Biomass is expressed as μg dry weight/l.

月份 Month	I 站			II 站		
	生物量 Biomass	生产量 Production	P/B	生物量 Biomass	生产量 Production	P/B
5	345.71	5333.71	15.43	135.53	2267.65	16.73
6	25.31	455.40	17.99	148.62	2113.35	14.22
7	69.53	846.77	12.18	84.91	1035.56	12.20
8	75.60	1297.35	17.16	91.64	1191.02	13.00
9	74.98	1029.15	13.73	95.48	1304.55	13.66
10	60.88	680.92	11.18	50.30	362.08	7.20
11	3.85	14.85	3.86	6.09	18.15	2.98
生长季节 Growing season	93.69	9658.15	103.09	87.51	8292.36	94.76

水温与每日P/B值之间的关系表示在图6,在适温范围内,温度越高,P/B值越大。短尾秀体溞的月P/B系数的变动较为典型,6—8月的P/B值随水温的升高而增大,9—11月的P/B值随水温的降低而减小。

玄武湖I站微型裸腹溞的生产量是日本Kasumigaura湖A站微型裸腹溞生产量的

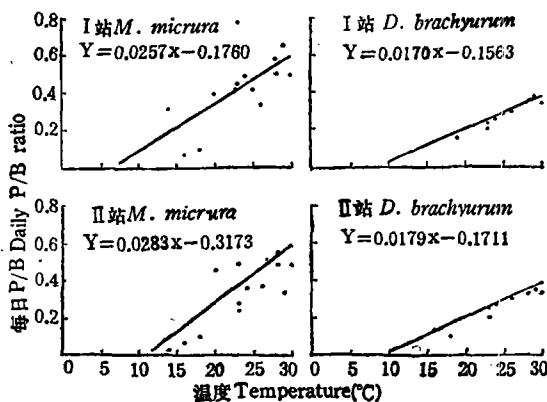


图 6 水温与每日 P/B 的关系

Fig. 6 Relationship between daily P/B ratio and water temperature

2.8 倍,前者的 P/B 系数(103.09)也高于后者的 P/B 系数(56.2),这是由于玄武湖微型裸腹溞的卵密度比 Kasumigaura 湖高得多(从 b 值可看出),使得玄武湖卵的生产量要大于 Kasumigaura 湖的卵生产量。而 Kasumigaura 湖 A 站短尾秀体溞的生产量是玄武湖 I 站的 9.2 倍,前者的 P/B 值(112.20)高于后者的 P/B 值(50.47),这与 Kasumigaura 湖短尾秀体溞有较高的生物量是分不开的,当然还与其它因素有关,因为即使在同一湖泊的不同点,某一种类的生产量、P/B 值都可能不一样。

表 2 短尾秀体溞月和生长季节平均生物量、累计生产量和 P/B 系数

Tab. 2 Monthly and growing-season biomass, production and P/B ratio for *D. brachyurum*. Biomass is expressed as μg dry weight/l.

月 份 Month	I 站			II 站		
	生 物 量 Biomass	生 产 量 Production	P/B	生 物 量 Biomass	生 产 量 Production	P/B
6	6.19	37.80	6.11	6.19	37.80	6.11
7	20.90	212.20	10.15	22.06	213.59	9.68
8	5.23	57.04	10.91	6.78	70.06	10.33
9	11.81	89.70	7.60	12.77	115.15	8.70
10	4.64	26.04	5.61	6.58	37.82	5.75
11	3.10	13.80	4.45	3.10	9.60	3.10
生长季节 growing season	8.65	436.58	50.47	9.58	480.02	50.52

参 考 文 献

- [1] 徐家铸等,1980。浮游动物群落和数量的变化与水质污染的关系。南京师范学院学报(自然科学版)(2): 77—90。
- [2] 黄祥飞, 1986。短尾秀体溞的发育与生长。水生生物学报 10(1): 52—59。
- [3] Adalsteinsson, H., 1979. Zooplankton and its relation to available food in Lake Myvatn. *Oikos*, 32: 162—194.
- [4] Dumont, H. J., Van de Velde, I. and Dumont, S., 1975. The dry weight estimate of biomass in selection

- of cladocera, copepoda and rotifera form the plankton, periphyton and benthos of continental waters. *Oecologia*, 19: 75—97.
- [5] Edmondson, W. T., 1974. Secondary production. *Mitt. Int. Verein. Limnol.*, 20: 229—272.
- [6] Herzig, A., 1984. Temperature and life cycle strategies of *Diaphanosoma brachyurum*: An experimental study on development, growth, and survival. *Arch. Hydrobiol.*, 101(1/2): 143—178.
- [7] Nanazata, T. and Yasuno, M., 1985. Population dynamics and production of cladoceran zooplankton in the highly eutrophic Lake Kasumigaura. *Hydrobiologia*, 124: 13—22.
- [8] Paloheimo, J. F., 1974. Calculation of instantaneous birth rate. *Limnol. Oceanogr.*, 19: 692—694.

POPULATION DYNAMICS AND PRODUCTION OF *MOINA MICRURA* AND *DIAPHANOSOMA BRACHYURUM* IN XUANWU LAKE, NANJING.

Wang Ruping and Xu Jiazhui

(Biology Department, Nanjing Normal University 210024)

Abstract

This paper reports the results of estimations of population dynamics and production of *Moina micrura* and *Diaphanosoma brachyurum* in Xuanwu Lake in Nanjing. The ecological factors affecting the population dynamics and production of these two species are analyzed.

The instantaneous birth rate(*b*), the instantaneous growth rate(*r*) and the instantaneous death rate(*d*) of the cladocera were calculated. Seasonal variations in egg density, mean brood-size and proportion of gravid adults were recorded.

The mean growing-season biomass was 87.51 μg dry weight/l for *Moina micrura* and 9.58 μg dry weight/l for *Diaphanosoma brachyurum*. The average growing-season production was 8 292.36 μg dry weight/l for *Moina micrura* and 480.02 μg dry weight/l for *Diaphanosoma brachyurum*. The average growing-season P/B ratio was 94.76 for *Moina micrura* and 50.52 for *Diaphanosoma brachyurum*.

Key words Population dynamics, production, *Moina micrura*, *Diaphanosoma brachyurum*, Lake Xuanwu