

虾池实验生态系浮游纤毛虫种群 增长和生产量估测*

卢敬让 张鸿雁 李德尚 类彦立 徐奎栋
(青岛海洋大学, 266003)

摘 要 本文报道了1995年6-9月间对海水施肥鱼虾混养受控围隔生态系中浮游纤毛虫的种群增长和生产量估测结果。纤毛虫的种群增长率和世代时间是通过原位试验所得。养殖期间(温度为22.6-29.7℃)优势种具沟急游虫(*Strombidium sulcatum*)世代时间为6.54-19.80h 其种群增长率为0.035-0.106h⁻¹;其种群增长受温度和食物量的影响。该围隔浮游纤毛虫累计日均产量为1 006.34mg·m⁻³·d⁻¹。按月计算的日P/B为0.54-2.48。

关键词 纤毛虫, 种群增长, 生产量, 虾池

在虾池生态系的物流和能流中, 浮游生物群落作用重大, 原生动物作为浮游生物群落中的主要组成成分之一, 其功能不可忽视, 因此有必要研究原生动物优势种群在生态系中的增长、生产情况, 以便进一步估测其生态效率和在能流中的作用。目前, 关于原生动物的种群增长和生产力估测的资料极少, 尤其是在海水养殖生态系中尚未见报道, 即使有这方面的研究^[2-8], 其参数的估测也都是在室内培养条件下进行的, 所测定到的参数与野外现场结果相比偏差较大, 很难直接引用。为了得到较准确而符合实际的浮游动物生长和生产的动态数据, 我们建立了一套现场原位测定(包括细菌、浮游动物和浮游幼虫)的方法, 并用以研究虾池浮游纤毛虫优势种群的增长与生产量。类似研究尚未见有报道。

1 材料和方法

1.1 实验地点、时间和围隔 实验于1995年6-9月在一受控围隔生态系中进行, 围隔设置于山东省海阳县黄海水产集团公司养虾场19号虾池中。围隔内施肥(鸡粪和化肥的混合肥)养殖红罗非鱼(8 000 ind. ha⁻¹)和中国对虾(24 000 ind. ha⁻¹)。围隔结构和设置、施肥方法、围隔管理同文献^[1]。

1.2 测定试验 纤毛虫种群增长率和世代时间是在现场原位测定的。考虑到养殖期间各

收稿日期: 1996-03-01。

* 国家攀登计划(B PD-B6-7-3 专题)和国家自然科学基金(39430102)部分成果。

月温度变化范围很小, 围隔生态系状态也较稳定, 所以每月试验一次, 每次连续培养和测定 30–36h。方法是先用有机玻璃半自动采水器采上下二层水混合, 用孔径为 $64\mu\text{m}$ (25 号) 筛绢过滤(镜检得知桡足类和沙蚕幼虫等已除去), 滤液分装入 1 000ml 广口瓶(数量为 $2 \times$ 连续培养时间(h)/12h + 2(个瓶))中, 留下 2 瓶先固定, 余者用孔径 $20\mu\text{m}$ 筛绢封口, 置于 1/2 透明度处, 每隔 12h 取平行水样二瓶, 用 Rodhe 氏碘液固定、定容、浓缩和计数。种类鉴定和体积测定是镜检活体得到, 另外还分离了优势种进行室内培养试验。方法是, 在盐度 31、pH8.3、温度为 25°C 的恒温培养箱中, 以米粒繁殖细菌为饵料, 按不同密度分组, 每隔 8h 计数, 然后计算无性繁殖的种群增长率和世代时间。以与原位试验相对照。根据试验数据计算种群增长率 r 。假定培养期间种群死亡率可忽略, 则 r 为种群自然增长率, 计算公式为

$$r = (\ln N_t - \ln N_0) \times t^{-1}$$

N_0 、 N_t 为实验起始 0 到 t 的该种个体数。由计算出的 r 得到该种群自然增长方程。再按式 $G = \ln 2 / r$, 计算世代时间(G)。应用 Badlock 等提出的公式^[3]计算生产量。每次试验还测定原水样的其它纤毛虫生物量, Chla 及细菌总数, 方法同[1]。

2 结果和讨论

2.1 纤毛虫种群增长

该虾池中浮游纤毛虫种类组成较简单。本试验中常见种有具沟急游虫(*Strobidium sulcatum*)、丁丁虫(*Tintinnidium* sp.)、根状拟铃虫(*Tintinnopsis radix*)和侠盗虫(*Strobidium* sp.)。具沟急游虫为实验期间浮游纤毛虫的绝对优势种, 因此也是原位试验瓶培养中的主要或唯一动物种群, 其次出现在瓶中的是丁丁虫。这 2 个种的种群生长见图 1。

6 月和 7 月试验瓶中仅有具沟急游虫出现, 8 月和 9 月出现具沟急游虫和丁丁虫。绝对优势种具沟急游虫呈极显著的指数式增长; 丁丁虫在 8 月也呈显著的正增长, 但增长率明显地低于具沟急游虫, 而在 9 月则为显著的负增长。这一结果表明, 2 个种群间存在竞争, 8 月食物量较高, 竞争抑制还不明显; 9 月的食物量最低, 丁丁虫的生长完全被抑制, 呈现负增长。纤毛虫的种群增长率受各种因素的影响, 但对于适应了一定生境的种类而言, 温度和饵料是最主要的影响因素, 这已为许多研究所证实^[2,4,7,8]。本研究的结果(图 2)也表明种群增长率与温度相关($r = 0.89 > r_{0.05} = 0.88$), 8 月温度最高, 增长率也最大, 但 9 月增长率最低, 可能与本月的食物量(Chla 和浮游细菌总数)最低产生的限制作用有关。关于食物因素的影响, 室内培养试验表明, 投喂小球藻充足的单培养急游虫组生长最快, 存活 114 天; 而混合培养纤毛虫组急游虫生长次之, 存活 37 天; 不投饵单独培养急游虫的对照组生长最慢, 存活 75 天。这一结果可以对原位测定中食物量与 2 种纤毛虫生长率之间的关系以及 2 个种之间生长率的差异作一补充解释。

2.2 纤毛虫生产力的估测

由每月现场试验测定出的种群增长率 r , 求出世代时间 G (表 1)。为了评价本试验结果, 下面与室内培养的一些结果加以比较。

由本试验现场取回水样, 室内分离出具沟急游虫, 控制在 25°C 条件下, 分组培养。所得数据计算出的 r 值为 0.121 ± 0.011 , $G_0 = 5.70 \pm 0.56\text{h}$; 将 G_0 与在该温度下原位培养得到的 $G_1 = 7.26\text{h}$ 进行 X^2 -检验, 结果差异不显著。根据徐润林^[2]室内培养淡水纤毛虫所得到的

世代时间与温度(6-28℃)和体积关系式计算得出的 $G_2 = 8.41h$, G_1 与 G_2 进行 X^2 -检验结果差异亦不显著。尽管差异不显著,但还是存在的。考虑到因每种动物世代时间的较小误差会引起纤毛虫总生物量的较大的误差,因此本研究对优势种生产量参数的估测按照现场测定的数据,而对其它未在实验瓶中出现的纤毛虫的世代时间的估测则按照关系式计算^[2]。

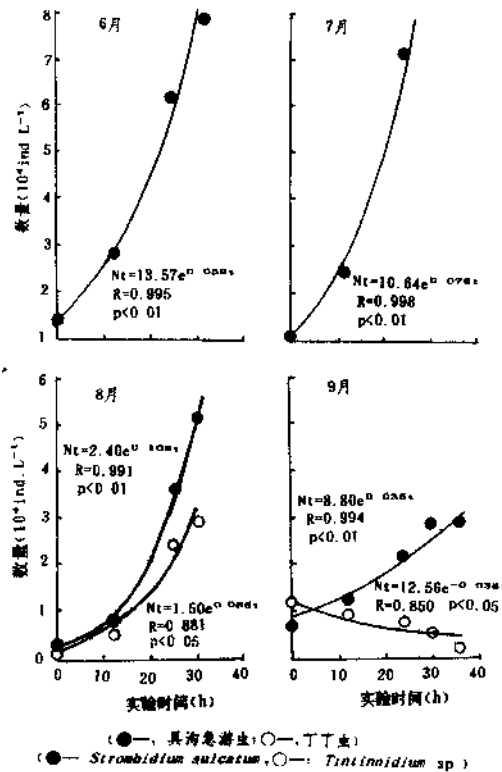


图1 原位测定试验瓶中浮游纤毛虫种群增长

Fig. 1 Population growth of planktonic ciliates of *in situ* experiment

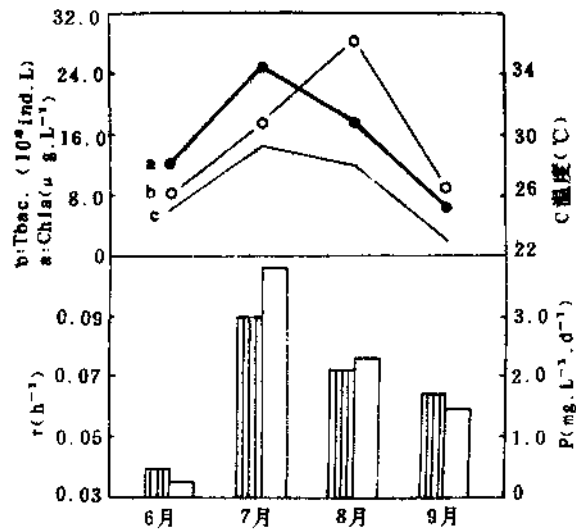


图2 原位测定试验中浮游纤毛虫种群增长率(白柱)和日生产量(黑柱)与温度、Chla及浮游细菌总数的关系

Fig. 2 Relationships between the population growth rate (white) and the daily production (black) of planktonic ciliates of *in situ* experiment

表1 浮游纤毛虫生产量及参数的估测

TABLE 1 The Estimates of production and parameters of planktonic ciliates of *in situ* experiment

日期 Date	种类 Species	平均生物量 Average biomass (mg. m^{-3})	世代时间 Generation time (h)	生产量 Production ($\text{mg. m}^{-3} \text{ d}^{-1}$)
6.23	具沟急游虫 <i>Strombidium sulcatum</i>	903	11.75	1.68
7.22	具沟急游虫 <i>Strombidium sulcatum</i>	794	9.12	2.10
8.19	具沟急游虫 <i>Strombidium sulcatum</i>	652	6.54	2.296
	丁丁虫 <i>Tritoniidum sp.</i>	40	13.8	0.12
9.13	具沟急游虫 <i>Strombidium sulcatum</i>	554	19.8	0.44
	丁丁虫 <i>Tritoniidum sp.</i>	19	21.41	0.09

原位测定的各月日生产量(表1)以7~8月最高,而9月最低,这与9月种群增长率低是一致的。这可能是由于温度下降所致,也可能是因为受食物限制生物量较低的关系(图2)。

2.3 施肥鱼虾混养实验生态系纤毛虫的生物量、生产量和 P/B 系数

对养殖期间(6月19日-9月16日)围隔中出现的4种浮游纤毛虫的测算结果如表2。

表 2 原位试验所在围隔浮游纤毛虫各月的生物量、生产量和 P/B 值
Table 2 Biomass, production and P/B of planktonic ciliates calculated by month
in the enclosure bearing the *in situ* experiment

月份 Month	平均生物量 Average biomass (mg. m ⁻³)	按月计算的日生产量 Daily production by month (mg. m ⁻³ d ⁻¹)	P/B
6	136.33 ± 160.78	287.77	0.69
7	150.75 ± 160.55	95.47	0.87
8	961.18 ± 568.89	2 383.43	2.48
9	441.25 ± 490.22	425.43	0.54

8 月生物量、生产量和 P/B 系数最高, 9 月生产量最低。由于此类结果在虾池生态系中属首次报道, 无法进行同类比较。在淡水生态系中进行的同类研究也为数不多: 德国萨勒河中纤毛虫的日均生产量是 $1.38 \text{ kJ} \cdot \text{m}^{-3} \text{d}^{-1}$ [8]; 苏格兰阿西湖是 $0.29 \text{ kJ} \cdot \text{m}^{-3} \text{d}^{-1}$ [5]; Madoni [6] 研究稻田中纤毛虫的生产量是 $7.39 - 19.35 \text{ kJ} \cdot \text{m}^{-3} \text{d}^{-1}$; 我国东湖是 $1.56 - 2.01 \text{ kJ} \cdot \text{m}^{-3} \text{d}^{-1}$ [1]。尽管各作者研究的水体环境以及研究方法存在着很大的差异, 但纤毛虫生产量相对地高低还是可见一斑。作为一般原则纤毛虫的生产量在静水中大于流水, 而且在有机质丰富的水体大于贫营养水体。在本研究中的受控围隔生态系属封闭式、静水、有机质输入高(施鸡粪)的水体, 浮游纤毛虫的生产量 $0.09 - 2.25 \text{ kJ} \cdot \text{m}^{-3} \text{d}^{-1}$ 低于上述例子的平均水平。原则上本研究中的生产量应高于、起码不低于上述生态系的生产量。出现这一结果的原因可能是: ①该生态系中大部分纤毛虫是以附着生活存在(悬挂海绵观察到附着其中的种类和数量都非常高), ②室内培养得到的生长率由于无食物和竞争因子的影响而高于原位测定的结果, 而后者更符合实际, ③由于综合养殖生态系中罗非鱼对腐屑和浮游动物消耗的关系。这可从该围隔有机物未有积累(COD 值自 8 月至 9 月下降)得到证实。但这些都仅仅是推论, 尚待经过进一步的验证。

参 考 文 献

- [1] 卢敬让等, 1996. 施不同肥料虾池围隔浮游动物生产量研究. 华东师范大学学报(自然科学版), 动物学专辑: 67 - 72.
- [2] 徐润林等, 1991. 武汉东湖浮游原生动物的生产量. 第四次中国海洋与湖泊学会会议论文集, 164 - 172. 科学出版社.
- [3] Badlock, B. M., J. H. Baker, M. A. Sleign, 1983. Abundance and productivity of protozoa in Chalk stream. *Holarct. Ecol.*, 6: 238 - 246.
- [4] Finlay, B. J., 1977. The dependence of reproductive rate on cell size and temperature in freshwater ciliated protozoa. *Oecologia.*, 30: 75 - 81.
- [5] Finlay, B. J., 1978. Community production and respiration by ciliated protozoa in the benthos of a small eutrophic lake. *Freshwater Biology.*, 8: 327 - 341.
- [6] Madoni, P., 1986. Abundance, productivity and energy flow of population of *Coleps hirtus* during the first stage of colonization in an experimental ricefield. *Arch. Protistenk.*, 123: 43 - 51.
- [7] Madoni, P., 1987. Estimation of production and respiration rates by the ciliated protozoa community in an experimental ricefield.

Hydrobiologia, 144:113 – 120.

[8] Schonbon, W., 1977. Production studies on protozoa. Oecologia, 27:171 – 184.

POPULATION GROWTH AND PRODUCTION ESTIMATION OF PLANKTONIC CILIATES IN A EXPERIMENTAL ECOSYSTEM OF A SHRIMP POND

Lu Jingrang Zhang Hongyan Li Deshang Lei Yanli Xu Kuidong

(Ocean University of Qingdao, 266003)

ABSTRACT This paper is reported the results of population growth and production estimation of planktonic ciliates in a controlled enclosure ecosystem rearing tilapia and shrimp with fertilizer from June to September 1995. Population growth rate and generation time was obtained through *in situ* experiment. During the culture season (temperature 22.6 – 29.7°C), the generation time of the dominant species *Strombidium sulcatum* was 6.54 – 19.80h, population growth rate 0.035 – 0.106h⁻¹. The population growth of *S. sulcatum* was affected by temperature and amount of food. Average daily production of total planktonic ciliates in the enclosure was 1 006.34mg·m⁻³d⁻¹, the value of daily P/B calculated monthly 0.54 – 2.48.

KEY WORDS Ciliate, Population growth, Production, Shrimp pond