

盐碱池塘围隔生态系统浮游原生动物 种群增长和生产量*

赵文 董双林 张兆琪 李德尚

(青岛海洋大学教育部水产养殖开放实验室, 山东青岛 266003)

摘要 1998年5~9月用原位测定法研究了盐碱池塘无鱼和单养鲢围隔生态系统浮游原生动物的种群增长和生产量。结果表明, 原生动物主要优势种团焰毛虫、瓜形膜袋虫、旋回侠盗虫、绿色前管虫和拟急游虫的世代时间分别为6.93~23.10、6.30~18.73、9.90、9.90~14.75和7.62 hr, 其种群增长率分别为0.030~0.100、0.037~0.110、0.070、0.047~0.070和0.091/hr。5~8月份无鱼和有鱼围隔原位试验瓶中原生动物累积日均产量分别为1070.25和944.25 mg/m³·d, 而相同时间两围隔中原生动物按月计算的日均生产量分别为1.79和9.72 mg/m³·d, 日P/B系数分别为2.50和2.03。无鱼围隔原生动物生物量和生产量均比有鱼围隔的低。

关键词 原生动物 种群增长 生产量 盐碱池塘

1 引言

在水域生态系统中, 原生动物是浮游动物群落的重要组成部分, 是次级生产者之一, 在水体的能量流动和物质循环中具有重要作用。因此, 研究各种类型水体原生动物的生产量对深入了解水域生态系统中生物群落的结构与功能十分必要。近年来, 关于浮游原生动物在各类水体中的区系分布已得到很好的阐述(王家楫, 1977; Stephens, 1990; 赵文等, 1995; 沈韞芬, 1999), 且其在这些水体微型生物食物网中的重要性业已证明(Pace *et al.*, 1990; Hansen *et al.*, 1995; Simek *et al.*, 1996; Marchessault *et al.*, 1997)。而关于浮游原生动物的种群增长和生产量的资料较少。Macek等(1996)研究了富营养化的雷莫水库(Rimov reservoir)和中富营养型皮伯格湖(Piburge see lake)优势纤毛虫的生长率, 测得两水体浮游纤毛虫的种群增长率范围分别为0.014~0.30/hr和0.005~0.116/hr。Madoni(1986, 1987)报道稻田中纤毛虫的日均生产量为7.39~19.35 kJ/m³·d, 德国萨勒河(Saale river)中纤毛虫的日均生产量为1.38(Schonborn, 1977)和0.55 kJ/m³·d(Schonborn, 1982); 苏格兰阿西湖(Lake airthey)为0.29~

9.45 kJ/m³·d(Finlay, 1978); 我国东湖则为444.58~572.30 mg/m³·d(徐润林等, 1991), 虾池实验生态系统为1 006.34 mg/m³·d(卢敬让等, 1997)。盐碱池塘这方面的工作尚未见报道。本文研究了无鱼和单养鲢围隔中浮游原生动物的种群增长和生产量, 旨在探讨盐碱池塘浮游原生动物的种群生产特点和养鱼与否对原生动物的影响。

2 研究方法

2.1 实验围隔

实验于1998年5~9月在山东省高青县大芦湖水产养殖公司的盐碱池塘中进行。以双面涂塑高密度聚乙烯编织布为围幔, 以青竹为支架, 将围隔架设于池塘中。两个围隔(即养鲢围隔S1和无鱼对照围隔S0)面积均为4 m×5 m。围幔上部超出水面0.3 m, 下部埋入池底0.5 m。养殖过程中不施肥。设置实验围隔的池塘面积为100 m², 水深为1.40 m。实验期间水温为22~32℃, 电导率为1 050~2 400 μs/cm, 总碱度为3.02~5.64 mmol/L。

2.2 实验鱼

鲢(*Hypophthalmichthys molitrix*)取自山东省滨州地区水产鱼种场, 平均规格为33.2 g/ind.。围隔S1鲢放养量为1 ind./m²。实验期间通过把地

1999-06-14收稿, 2000-10-26修回

* 国家九五攻关项目(No. 96 008.04 01)和国家杰出青年基金资助项目(No. 39725023)

第一作者简介 赵文, 36岁, 男, 博士, 副教授。主要研究方向: 水生生物学和水产养殖生态学。现工作单位: 大连水产学院养殖系, 大连116023, 辽宁。E-mail: zhaowen@mail.dlptt.ln.cn

下井水注入池塘以补充水的蒸发和渗漏损失,保持围隔内水深为1.4 m左右。

2.3 工作方法

原生动物种群增长率和世代时间是在现场原位测定的。实验期间每月试验一次,每次连续培养48或60 hr。具体方法是用水生80-型采水器采集实验围隔的表、中、底三层水样等量混合均匀,用25号浮游生物网(孔径为64 μm)过滤,滤除了大型浮游动物。将滤液分装入1 000 ml玻璃瓶[数量为 $2 \times$ 连续培养时间(hr)/12 hr + 2],实验开始时固定2瓶,其它各瓶用10 μm 筛绢封口,悬挂于相应围隔1/2透明度处,每隔12 hr取出2瓶用Lugol碘液固定,按常规法进行浓缩、计数。种类鉴定和体积测定是通过镜检活体进行的。根据下式计算原生动物的种群增长率 r (假定培养期间种群死亡率可忽略):

$$r = (\ln N_t - \ln N_0) / t$$

式中 N_0 、 N_t 分别为实验开始时和 t 时某种原生动物的个体数。由计算的 r 值便可得出该种原生动物种群的自然增长方程。再按 $G = \ln 2 / r$ 计算世代时间。原生动物种群按Badlock等(1983)的公式和Galkovkaya [1965(白章宗涉等,1991)]的公式计算,Badlock等(1983)公式为:

$$P_t = 24 / G \times (B_t - B_0) \times t / \ln(B_t / B_0)$$

P_t 为 t 时间内某种原生动物的生产量, G 为该种的世代时间(hr), t 为间隔时间(d), B_t 、 B_0 分别为间隔时间为 t 的两次连续采样时该种的生物量。 \ln 为自然对数,总生物量(P)为:

$$P = P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_i$$

式中 P_1 、 P_2 、 P_3 、...、 P_i 为1~ i 次采样中各次采样日计算的生产量。

Galkovkaya公式为:

$$P = NW / T_{e+p}$$

式中 P 为原生动物的生产量, N 为采样期间原生动物的平均数, W 为平均体重, T_{e+p} 为世代时间(d),同时测定围隔水样的叶绿素a(Chl·a)含量、浮游生物生物量。

3 结果

2.1 实验围隔原位试验瓶中原生动物种类组成

本实验两个围隔生态系统原位试验瓶中浮游纤毛虫的种类组成不同,有鱼围隔实验瓶中原生动物种类组成比无鱼对照围隔的复杂得多。养鱼的S1

围隔原位实验期间共见到原生动物24种,主要种类是团焰毛虫(*Askenasia volvox*)、旋回狭盗虫(*Strobilidium gyrans*)、小口钟虫(*Vorticella microstoma*)、拟急游虫(*Strombidinopsis* sp.)、瓜形膜袋虫(*Cyclidium citrullus*)、腔裸口虫(*Holophrya actra*)、绿色前管虫(*Prorodon viridis*)、锥瓶口虫(*Lagynophrya conifera*)、绿急游虫(*Strombidium viride*)。其它种类如双环栉毛虫(*Didinium nasutum*)、钝漫游虫(*Litonotus obtusus*)、尾草履虫(*Paramecium caudatum*)、车轮虫(*Trichodina* sp.)、阔口游仆虫(*Euplotes eurystoma*)、纺锤半眉虫(*Hemiohrysa pleurosigma*)、咽拟斜管虫(*Chilodontopsis vorax*)、环靴纤虫(*Cothurnia annulata*)、片状漫游虫(*Litonotus fasciola*)、小长吻虫(*Lacrymaria minima*)、絮枝虫(*Epistylis* sp.)、变形虫(漂浮型)[*Amoeba* (floating-type)]、长圆砂壳虫(*Difflugia oblonga*)和一种纤毛虫仅在培养的中后期偶见。S0围隔4次测定的试验瓶中仅出现原生动物12种,常见种有焰毛虫、旋回狭盗虫、瓜形膜袋虫和绿色前管虫,小口钟虫、双环栉毛虫、腔裸口虫、变形虫(*Amoeba* sp.)、车轮虫、尾草履虫、锥瓶口虫和土生游仆虫(*Euplotes terricola*)。总之,两个试验围隔试验瓶中最常见的主要优势种均是团焰毛虫。

自5~9月份对两个围隔18次采样的测定结果表明,两个围隔原生动物出现的种类数均为10种,两围隔共有的种类为团焰毛虫、小口钟虫、车轮虫、无稜累肢虫、瓜形膜袋虫,此外S0围隔还出现锥瓶口虫、绿色前管虫、尾草履虫、拟急游虫和中华拟铃壳虫(*Tintinnidium fluviatile*)、S1围隔则还出现有双环栉毛虫、旋回狭盗虫、腔裸口虫、钝漫游虫和纺锤半眉虫。

2.2 原位试验瓶中浮游纤毛虫的种群增长

两围隔试验瓶中团焰毛虫均呈现显著地正增长,一般在培养48 hr后种群增长缓慢或开始负增长(表1,2)。如8月份S0围隔在原地培养36 hr后团焰毛虫种群由正增长转为负增长,而此时瓜形膜袋虫种群开始正增长,表明这两种纤毛虫种群竞争较剧烈。S1围隔,7月份拟急游虫种群在培养24 hr后由正增长转为负增长,随后团焰毛虫种群持续增长,表明这两种纤毛虫种群也存在着竞争。该围隔其余3次测定试验瓶中始终是以团焰毛虫占优势,在培养36 hr之前均呈显著地正增长,表现出较明显的逻辑斯谛增长。

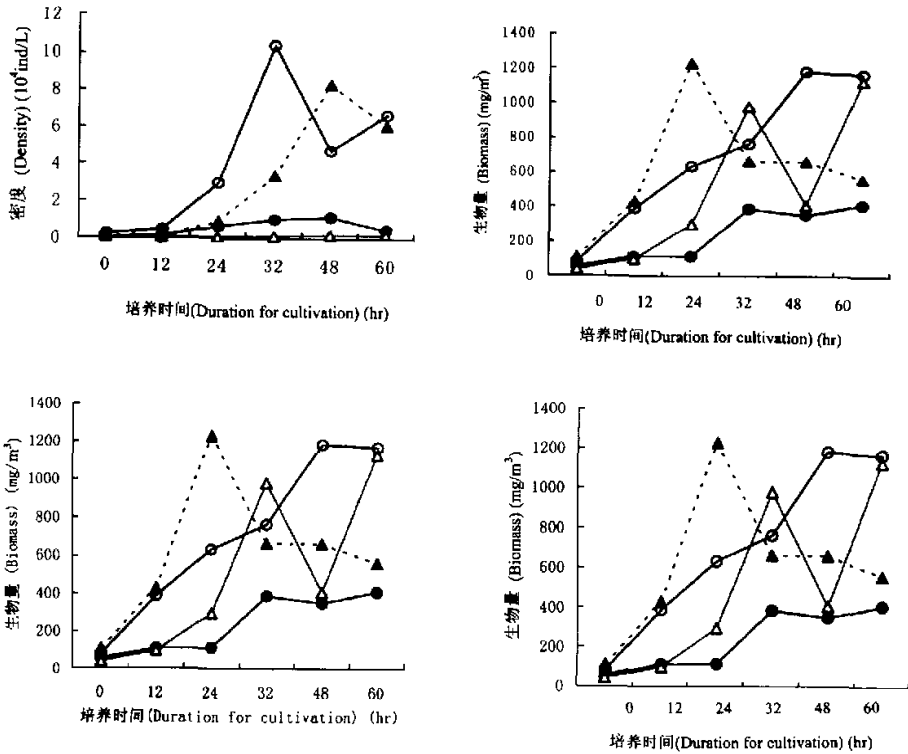


图 1 盐碱池塘围隔生态系统试验瓶中原生动物密度和生物量变化

Fig. 1 The dynamics of density and biomasses of protozoan communities in the experimental enclosure

—●—: 5月 (May) -△-: 6月 (June) ···▲···: 7月 (July) —○—: 8月 (August)

从图 1 和图 2 可见, 原生动物种群增长与围隔水温 and 叶绿素 a 含量 (Chl·a) 密切相关, 7 月份水温最高, 两围隔原生动物混合种群增长率也最高。群落生产量、生物量也较高。6 月份 Chl·a 含量最低, 两围隔原生动物混合种群增长率、生产量、总密度均最低, 8 月份 Chl·a 含量最高, 原生动物总密度也最高。表明本实验条件下浮游纤毛虫的种群增长主要受温度和营养水平的影响。

2.3 原生动物生产量及有关参数

原位测定的浮游原生动物优势种各月生产量及相关参数列于表 1 和表 2。从表 1 和表 2 中可见, 原位试验瓶中浮游纤毛虫生产量按 Badlock 等的公式 (P_B) 和 Galkovskaya 公式 (P_G) 计算的结果差异不显著。有鱼和无鱼围隔试验瓶中原生动物累积生产量以 7~8 月份最高, 5~6 月份较低。表明原生动物生产量受温度和营养水平的双重影响。本实验测得的盐碱池塘围隔浮游原生动物主要优势种团焰毛虫、瓜形膜袋虫、旋回侠盗虫、绿色前管虫和

拟急游虫, 其种群增长率分别为 0.030~0.100、0.037~0.110、0.070、0.047~0.070 和 0.091/hr, 世代时间分别为 6.93~23.10、6.30~18.73、9.90、9.90~14.75 和 7.62 hr。依表 1 和表 2 原生动物优势种累积生产量和次要种总生物量乘以 P/B 系数 (取 2.5) 得出的生产量计算得出, 5~8 月份无鱼和有鱼围隔原位试验瓶中原生动物累积日均产量分别为 1070.25 和 944.25 mg/m³·d。

2.4 有鱼、无鱼围隔生态系统原生动物生物量、生产量和 P/B 系数

实验期间 (5~9 月) 两实验围隔中原生动物平均生物量、按月计算的日生产量和 P/B 系数的测算结果见表 3。两围隔系统生物量、生产量和 P/B 系数均以 7 月份最高。有鱼围隔 S1 的原生动物生物量和生产量均高于无鱼的 S0 围隔。根据表 3 数据计算得出 5~8 月份 S0 和 S1 两围隔中原生动物按月计算的日均生产量分别为 1.79 和 9.72 mg/m³·d, 日 P/B 系数分别为 2.50 和 2.03。这些结果

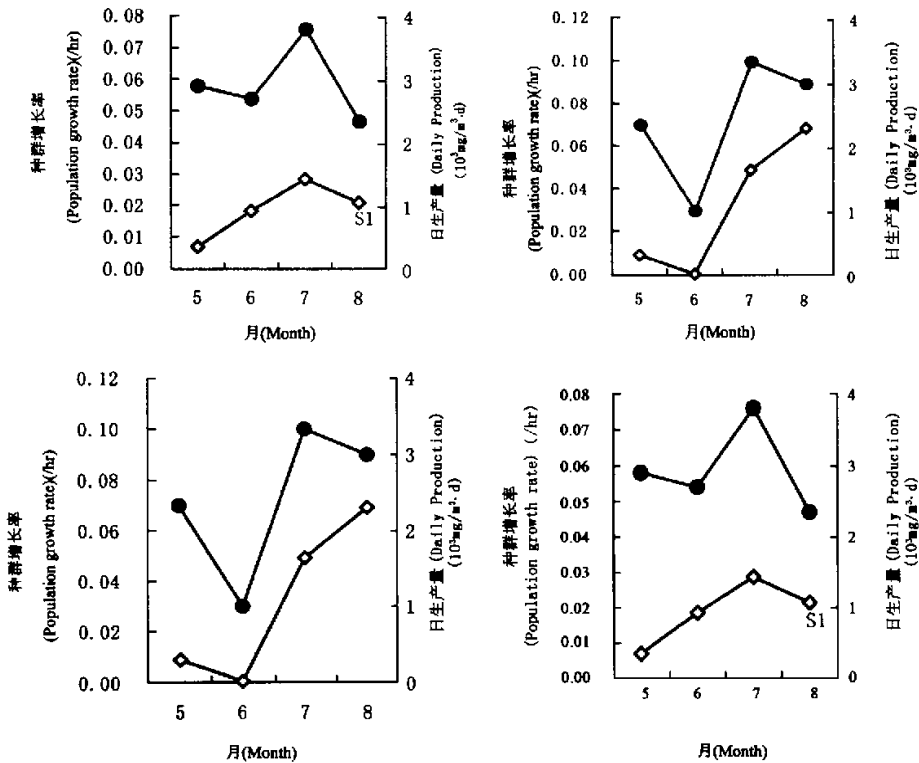


图2 原位测定试验瓶中浮游纤毛虫混合种群增长率和日生产量与水温及Chl·a含量的关系

Fig.2 Relationship between the population growth rate and the daily productivity of planktonic ciliates of *in situ* experimental bottles

—▲—: 叶绿素 a 含量 (Chl·a) —○—: 水温 (Water temperature)
 —●—: 种群增长率 (Population growth rate) —◇—: 日生产量 (Daily Production)

表1 无鱼围隔(S0)原位试验瓶中浮游原生动物优势种群增长、生产量及其有关参数

Table 1 The population growth, productivity and relative parameters of dominant planktonic ciliates species *in situ* experimental bottles in S0-enclosures without fish

日期 Date	种类 Species	种群增长方程 Equation of population growth	R ²	平均 生物量 Mean biomass (mg/m ³)	世代 时间 Generation time (hr)	生产量 Productivity (mg/m ³ ·d)		P/B 系数 P/B ratio	种群增长率 Population growth rate (/hr)
						P _B	P _C		
5.07 (7 May)	团焰毛虫 <i>Askenasia volvox</i>	$N_t = 0.0306e^{0.0738t}$	0.8634	50	9.90	125.21	121.21	2.50	0.070
	旋回快蚕虫 <i>Strobilidium gyrans</i>	$N_t = 0.0257e^{0.0729t}$	0.9342	75	9.90	193.12	181.82	2.57	0.070
6.07 (7 June)	团焰毛虫 <i>Askenasia volvox</i>	$N_t = 0.0575e^{0.0236t}$	0.9331	19	23.10	18.33	19.74	0.96	0.030
7.07 (7 July)	团焰毛虫 <i>Askenasia volvox</i>	$N_t = 0.0728e^{0.0879t}$	0.8996	473	6.93	1556.00	1638.10	3.29	0.100
8.18 (18 Aug.)	团焰毛虫 <i>Askenasia volvox</i>	$N_t = 0.1937e^{0.1057t}$	0.9717	477	6.93	1458.00	1651.95	3.06	0.100
	瓜形膜袋虫 <i>Cyclidium citrullus</i>	$N_t = 176.8e^{-0.0848t}$	0.9922	99	6.30	234.52	377.14	2.37	0.110
	绿色前管虫 <i>Prorodon viridis</i>	$N_t = 0.0066e^{-0.1171t}$	0.9008	116	9.90	381.40	281.21	3.29	0.070

N_t: t时种群密度 (10⁶ind./L) t: 时间 (hr)

表 2 养鲢鱼围隔 (S1) 原位试验瓶中浮游原生动物优势种群增长、生产量及其有关参数

Table 2 The population growth, productivity and relative parameters of dominant planktonic ciliates species *in situ* experimental bottles in S1-enclosures with Silver carp

日期 Date	种类 Species	种群增长方程 Equation of population growth	R^2	平均 生物量 Mean biomass (mg/m^3)	世代 时间 Generation time (hr)	生产量 Productivity ($\text{mg}/\text{m}^3 \cdot \text{d}$)		P/B 系数 P/B ratio	种群增长率 Population growth rate (/hr)
						P_B	P_C		
5.07 (7 May)	团焰毛虫 <i>Askenasia volvox</i>	$N_t = 0.1714e^{0.4238t}$	0.8543	145	19.25	180.73	180.74	1.25	0.036
	小口钟虫 <i>Vorticella microstoma</i>			25	9.37	63.17	64.06	2.53	0.074
	双环栉毛虫 <i>Didinium nasutum</i>			22	14.44	34.82	36.56	1.58	0.048
	绿急游虫 <i>Strombidium viride</i>			14	17.77	19.25	18.91	1.38	0.039
	车轮虫 <i>Trichodina</i> sp.			16	7.53	64.01	50.97	4.00	0.092
6.07 (7 June)	团焰毛虫 <i>Askenasia volvox</i>	$N_t = 0.3824e^{0.0582t}$	0.8926	494	12.84	797.60	923.65	1.61	0.054
7.07 (7 July)	团焰毛虫 <i>Askenasia volvox</i>	$N_t = 0.0066e^{0.1171t}$	0.9008	232	11.18	474.90	498.04	2.05	0.062
	拟急游虫 <i>Strombidinopsis</i> sp.	$N_t = 0.1937e^{0.1057t}$ $N_t = 176.8e^{0.0848t}$	0.9717 0.9922	297	7.62	998.70	935.80	3.36	0.091
	团焰毛虫 <i>Askenasia volvox</i>	$N_t = 0.2552e^{0.6523t}$	0.8704	265	12.38	523.72	513.83	1.98	0.056
8.18 (18 Aug.)	瓜形膜袋虫 <i>Cyclidium citrullus</i>			8	18.73	9.92	10.25	1.24	0.037
	绿色前管虫 <i>Prorodon viridis</i>			252	14.75	428.68	410.09	1.70	0.047
	锥形口虫 <i>Lagynophryxa conifera</i>			63	18.24	119.60	82.89	1.90	0.038
	腔裸口虫 <i>Holophryxa actra</i>			26	12.38	54.52	50.41	2.10	0.056

N_t : t 时种群密度 ($10^6 \text{ ind.}/\text{L}$) t : 时间 (hr)

表 3 原位实验围隔中浮游纤毛虫的生物量、生产量和 P/B 值

Table 3 Biomass, productivity and P/B ratio of planktonic ciliates in the *in situ* experimental enclosures

月份 Month	S0			S1		
	平均生物量 Mean biomass (mg/m^3)	日生产量 Daily productivity ($\text{mg}/\text{m}^3 \cdot \text{d}$)	P/B ratio P/B 系数	平均生物量 Mean biomass (mg/m^3)	日生产量 Daily productivity ($\text{mg}/\text{m}^3 \cdot \text{d}$)	P/B ratio P/B 系数
5 (May)	0.60	1.45	2.42	4.11	8.26	2.01
6 (June)	0.37	0.38	1.03	4.82	9.01	1.87
7 (July)	1.00	3.45	3.45	7.65	20.13	2.63
8 (Aug.)	0.60	1.87	3.12	0.90	1.46	1.62
9 (Sep.)	786.50	1906.26	2.42	858.00	2079.56	2.42

表明养鱼促进了水体的富营养化,使原生动物得以发展。9 月份两围隔与池塘水连通,浮游植物 Chl·a 含量大增,原生动物生物量和生产量剧增,充分证明了上述推论。

3 讨论

研究表明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 (Madoni, 1987; 徐润林

等, 1991; 卢敬让等, 1997; 沈熹芬, 1999)。本试验结果充分证明了上述结论。此外,我们采用原位试验测得的盐碱池塘围隔生态系统优势浮游纤毛虫种群增长率范围为 0.030~0.110/hr, 与 Macek 等 (1996) 报道的皮伯格湖优势纤毛虫的生长率 (0.005~0.116/hr) 是相近的。

由于本研究在盐碱池塘生态系统中属首次报道,无法进行同类水体间比较。淡水和海水生态系统中这类研究也较少。按 1g 浮游动物鲜重 =

2.299kJ (张觉民等, 1991), 这样, Madoni (1986, 1987) 报道的稻田中纤毛虫的日均生产量 ($7.39 \sim 19.35 \text{ kJ/m}^3 \cdot \text{d}$) 可换算为 $3\,214.44 \sim 8\,416.70 \text{ mg/m}^3 \cdot \text{d}$; 德国萨勒河中纤毛虫的日均生产量分别换算为 600.26 和 $239.23 \text{ mg/m}^3 \cdot \text{d}$; 苏格兰阿西湖为 $126.14 \sim 4\,110.48 \text{ mg/m}^3 \cdot \text{d}$ (Finlay, 1978); 我国东湖则为 $444.58 \sim 572.30 \text{ mg/m}^3 \cdot \text{d}$ (徐润林等, 1991), 虾池实验生态系统为 $1\,006.34 \text{ mg/m}^3 \cdot \text{d}$ (卢敬让等, 1997)。比较而言, 本试验中无鱼和有鱼的盐碱池塘围隔原位试验瓶中原生动物累积日均产量是不低的。本实验条件下系封闭、静水和有机质没有输入 (不施肥不投饵) 的水体, 围隔大型浮游动物如枝角类和桡足类生物量较大。特别是无鱼围隔枝角类生物量较大, 主要种类为隆线螯 (*Daphnia carinata*)、透明螯 (*D. hyalina*) 和微型裸腹螯 (*Moina micrura*)。桡足类有大型中

镖水蚤 (*Sinocalanus tenellus*)、透明温剑水蚤 (*Thermocyclops hyalinus*), 这些甲壳类均可通过捕食或滤食原生动物或摄食浮游细菌、浮游植物与原生动物竞争营养, 因此, 无鱼围隔 Chl·a 含量较低, 原生动物受甲壳类的摄食压力很大。有鱼围隔受鲢鱼滤食的影响, 枝角类仅有微型裸腹螯, 桡足类中丰度较大的有大型中镖水蚤和透明温剑水蚤。这些甲壳类动物对原生动物的摄食较强烈, 加上鱼类的滤食, 原生动物生物量和生产量均较低。本实验结束后, 9月份两围隔浮游动物生物量均大降, 水与池塘水连通, 水较前期肥, 原生动物生物量和生产量均很高。5~9月份围隔原生动物生产量范围仅为 $0.38 \sim 2\,079.56 \text{ mg/m}^3 \cdot \text{d}$, 5~8月两围隔原位试验瓶中由于消除了鱼类或大型甲壳动物的竞争或捕食, 原生动物累积生产量较围隔内的大些, 其范围为 $19.74 \sim 2\,310.2 \text{ mg/m}^3 \cdot \text{d}$ 。

参 考 文 献 (References)

- Badlock, B. M., J. H. Baker and M. A. Sleign 1983 Abundance and productivity of protozoa in Chalk stream. *Holarct. Ecol.* 6: 238 - 246.
- Finlay, B. J 1978 Community production and respiration by ciliated protozoa in the benthos of a small eutrophic lake. *Freshwater Biology* 8: 327 - 341.
- Hansen, B. and K. Christoffersen 1995 Specific growth rates of heterotrophic plankton organisms in a eutrophic lake during a spring bloom. *J. Plankton Res.* 95: 413 - 430.
- Lu, J. R., H. Y. Zhang, D. S. Li, Y. L. Lei and K. D. Xu 1997 Population growth and production estimation of planktonic ciliates in an experimental ecosystem of a shrimp pond. *Journal of Fishery Sciences of China* 4 (5): 50 - 54. [卢敬让, 张鸿雁, 李德尚, 类颜立, 徐全栋 1997 虾池实验生态系统浮游纤毛虫种群增长和生产量估测. *中国水产科学* 4(5): 50 - 54.]
- 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.
- Madoni, P. 1987 Estimation of production and respiration rates by the ciliated protozoa community in an experimental ricefield. *Hydrobiologia* 144: 113 - 120.
- Macek, M., K. Simek, J. Pernthaler, V. Vyhnalek and R. Psenner 1996 Growth rates of dominant planktonic ciliates in two freshwater bodies of different trophic degree. *J. Plankton Res.* 18(4): 463 - 481.
- Marchessault, P. and A. Mazumder 1997 Grazer and nutrient impacts on epilimnetic ciliate communities. *Limnol. Oceanogr.* 42(5): 893 - 900.
- Pace, M. L., G. B. McManus and S. E. G. Findlay 1990 Planktonic community structure determines the fate of bacterial production in a temperate lake. *Limnol. Oceanogr.* 35: 795 - 808.
- Schonborn, W. 1977 Production studies on protozoa. *Oecologia* 27: 171 - 184.
- Schonborn, W. 1982 Die Zilienproduktion in der mittleren Saale. *Limnologica* 14: 329 - 346.
- Shen, Y. F. 1999 Protozoology. Beijing: Science Press. [沈耀芬 1999 原生动物学. 北京: 科学出版社.]
- Simek, K., M. Macek, J. Pernthaler, V. Straskrbova and R. Psenner 1996 Can freshwater planktonic ciliates survive on a diet of picoplankton? *J. Plankton Res.* 18: 597 - 614.
- Stephens, D. W. 1990 Changes in lake level, salinity and the biological community of Great Salt Lake (Utah, USA), 1847 - 1987. *Hydrobiologia* 197: 139 - 146.
- Wang, J. J. 1977 Protozoa from some districts of Tibetan plateau. *Acta Zool. Sin.* 23(2): 131 - 160. [王家楫 1977 西藏高原部分地区的原生动物. *动物学报* 23(2): 131 - 160.]
- Xu, R. L., Y. F. Shen and M. R. Gu 1991 Production of planktonic protozoan in Donghu Lake, Wuhan. In: Chinese Oceanograph and Limnology Association ed. Posum of The Fourth Chinese Oceanograph and Limnology Association. Beijing: Science Press, 164 - 172. [徐润林, 沈耀芬, 顾曼如 1991 武汉东湖原生动物的生产量. 见: 中国海洋湖沼学会主编. 第四次中国海洋与湖沼学会会议论文集. 北京: 科学出版社, 164 - 172.]
- Zhang, Z. S. and X. F. Huang 1991 Study Methods of Freshwater Plankton. Beijing: Science Press. [章宗涉, 黄祥飞 1991 淡水浮游生物

研究方法. 北京:科学出版社.]

Zhang, J. M. and Z. H. He 1991 Handbook of Fishes and Natural Resources Investigation in Inland Waters. Beijing: Agricultural Press. [张觉民, 何志辉 1991 内陆水域渔业自然资源调查手册. 北京:农业出版社, 57.]

Zhao, W. and Z. H. He 1995 Protozoa from inland saline waters in north China. *Acta Hydrobiologica Sinica* 19(3):193~202.[赵 文, 何志辉 1995 三北地区内陆盐水的原生动物. 水生生物学报 19(3):193~202.]

外 文 摘 要(Abstract)

POPULATION GROWTH AND PRODUCTIVITY OF THE CILIATED PROTOZOA COMMUNITY IN THE ENCLOSURES OF SALINE-ALKALINE PONDS*

ZHAO Wen DONG Shuang-Lin ZHANG Zhao-Qi LI De-Shang

(Ocean University of Qingdao, Qingdao 266003, Shandong, China)

We studied the population growth and productivity by the ciliated protozoa community in the enclosures with and without Silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) of saline-alkaline ponds productivity, during April-September in 1998. The experimental enclosure was a land-based enclosure with an area of 0.10 hm² in ponds. The enclosure was 20 m²(4m×5m) in area, 2.0 m in height (1.5 m in water depth), and is made of plastic-coated polyethylene woven cloth with a frame composed of wood and bamboo poles. During the experiment, water temperature of experimental enclosures were 22~32°C, conductivity ranged from 1 050~2 400 μs/cm, total alkalinity were 3.02~5.64 mmol/L. Population growth rate and generation times were obtained through *in situ* experiment. During the culture season, the generation time of major species of protozoa: *Askenasia volvox*, *Ciclidium citrullus*, *Strobilidium gyrans*, *Prorodon viridis* and *Strombidinopsis* sp. was 6.93~23.10, 6.30~18.73, 9.90, 9.90~14.75 and 7.62 hr, respectively; population growth rates were 0.030~0.100, 0.037~0.110, 0.070, 0.047~0.070 and 0.091/hr, respectively. The mean daily productivity of total planktonic ciliates in *in situ* experimental bottles of the enclosures with and without fish were 1 070.25 and 944.25 mg/m³·d, respectively, during May-August, the productivity of the both enclosures at the same times were 1.79 and 9.72 mg/m³·d, and the ratio of daily P/B calculated by month were 2.50 and 2.03, respectively.

The species composition, biomasses, productivity of planktonic ciliated protozoa were influenced by Silver carp and other environmental factors. It is concluded that the biomass and productivity of ciliated protozoa in the enclosures without fish were lower than those of the enclosure with Silver carp. The population growth of ciliated protozoa was subjected to water temperature and trophic status.

Key words Protozoa, Population growth, Productivity, Saline-alkaline ponds

* National Key Projects for Ninth Five Years (No. 96-008-04-01) and Projects of Science Foundation in China for Talent Youth (No. 39725023)