



S963.211

吐尔吉山水库养殖季细菌数量动态 及其鱼产力的研究

278-282

刘国才

(青岛海洋大学水产学院 青岛 266003)

摘要 对吐尔吉山水库养殖季细菌数量测定表明:细菌数波动在 $0.26 \times 10^6 \sim 18.63 \times 10^6$ cells/ml, 高峰期出现在8~10月。水库有草区细菌数明显高于无草区。浮游生物、COD、 NH_4^+-N 及 $\text{PO}_4^{3-}-\text{P}$ 与细菌数之间均无明显相关性。细菌数在水库表、底水层未见显著差异。养殖季细菌的平均世代时间为52h, 日生长常数(k) 0.38, 细菌生产量 $1.59 \text{ mg/l} \cdot \text{d}$, 占浮游植物初级产量的27%。养殖季细菌可提供 4.76 g/m^3 的鱼产量。

关键词 吐尔吉山水库, 细菌, 数量动态, 鱼产力。

A STUDY ON BACTERIA POPULATION DYNAMICS IN CULTURAL PERIOD AND FISH PRODUCTIVITY IN TUERJISHAN RESERVOIR

LIU Guo-Cai

(Fisheries College of Oceanography University of Qingdao, Qingdao, 266003, China)

Abstract A study on bacteria population dynamics in the cultural period and fish productivity in Tuerjishan reservoir was carried out. The results showed that the amount of bacteria was $0.26 \times 10^6 \sim 18.63 \times 10^6$ cells/ml, peaked in the period from August to October. The bacteria population in the water body with macrophyte grow was notably larger than that in the water body without macrophyte grow. There were not significant correlation between bacteria numbers and plankton biomass, COD, NH_4^+-N and $\text{PO}_4^{3-}-\text{P}$ concentrations. There were not significant differences between the amount of bacteria in the upper and bottom water layer. The average generation time of bacteria in the cultural period was 52h. the daily growth constant was 0.38. The bacterial production was $1.59 \text{ mg/L} \cdot \text{d}$, which was 27 percent of the phytoplankton primary production, and could provide 4.76 g/m^3 fish product.

Key words reservoir, bacteria, population dynamics, fish productivity.

细菌在水域生态系统的物质循环和能量流动中发挥着巨大作用。一方面,水生细菌起着降解许多养殖动物无法利用的有机质的作用;另一方面,它们能有效地把溶解有机质(DOM)转化成菌体蛋白,直接或间

收稿日期:1996-10-17,修改稿收到日期:1997-06-08。

接地提供给养殖动物,在食物链中发挥着重要作用。随着水域生态系统营养结构理论研究的深入及渔业生产的发展,水生细菌的研究愈加显示其重要意义。

国外水库、湖泊水域细菌的研究已有许多报道^[1-4]。国内研究尚处起步阶段,缺乏深入系统的工作。为完善水域生态系统研究的理论,同时为湖库渔业生产发展提供微生物学方面的指导,1993年5~10月对吐尔吉山水库的细菌进行了初步的研究,本文报道有关细菌数量动态及其鱼产力方面的结果。

1 材料与方法

1.1 水库概况

吐尔吉山水库位于内蒙古哲里木盟通辽市境内,属西辽河流域教来河水系清河支流。始建于60年代初期,面积1440hm²,平均水深2.5m,是一座以防洪灌溉为主的平原型水库。库中水生大型植物(菹草 *Potamogeton crispus*)覆盖率占全库面积的50%~80%。

1.2 细菌数量及其密度分布测定

1.2.1 采样点 根据水库几何形状共设4个采样点。采样点I水深1.5m,无水草生长;采样点II、III、IV均为有草区,其中II、III两点水深相近,约2.5m,采样点IV水深1.5m。

1.2.2 水样采集 在北方鱼类养殖季的5~10月逐月进行水样采集。各采样点均取0.5m深处水样,用冰瓶带回实验室,在2h内进行处理。

1.2.3 细菌定量 采用直接镜检计数^[5]。在洁净无脂在盖玻片(22×22mm²)上滴加0.1ml水样,用接种环涂抹均匀,自然蒸发干燥,以无水酒精固定,染色后做油镜镜检,计数10个视野,根据标本面积、液量、稀释度和视野面积计算每ml水中的细菌数。

1.2.4 细菌密度分布 采样期(5~10月)共进行两次细菌密度表、底水层(分别距水面及底泥0.5m处。采样区水深2.5m)分布的昼夜变化测定。每次测定均选无风天,从9:00开始,每隔4h取样一次,分别采集表、底层水样,测定细菌数。

根据1.2.1中各采样点细菌数差异视水库细菌密度水平分布情况。

1.3 细菌的生产力 根据滤去浮游动物后水样中细菌数量增加速度确定。将滤去浮游动物的水样注入灭菌的150ml玻璃瓶中,悬挂于水库水面下0.5m处,1天后取瓶测定细菌数量增加值,求出水库细菌的世代时间、生长速度常数及生产量。

细菌的鱼产力 实测的细菌生产量,结合有关参数资料进行推算。

2 结果及讨论

2.1 细菌数量动态

细菌数量在养殖季各次采样时间呈现较大波动($0.60 \times 10^6 \sim 18.63 \times 10^6$ cell/ml,表1,2),此数量波动与水库理化、生物因子密切相关,是水库水温、营养盐、浮游生物等诸多因子综合作用的结果。由于细菌是典型的基质限制性(substrate-limited)生物,个体微小,繁殖、死亡速度很快,必然对处于经常变动之中的上述理化、生物因子产生快速反应,造成细菌数量的较大波动。

从表1看出,5~8月间细菌数量呈现上升趋势,8月之后虽然有所降低,但直到养殖季末的10月中旬仍能维持在较高水平。8~10月是吐尔吉山水库养殖季细菌数量的高峰期。

2.2 细菌密度的分布及昼夜波动

2.2.1 水层分布(表2) 对表2中的细菌数统计分析可知,细菌数在夏季(7月)一天中水层分布无显著差异($t=0.16 < t_{0.05}$),在秋季(10月)一天中亦无显著差异($t=0.04 < t_{0.05}$)。据杨颐康^[6]研究,在较深和较大的平静淡水水域中,微生物有一定的垂直分布和平面分布规律,垂直分布以5~20m最多,以后随水深增加而下降,到湖底沉积物表层又再次升高。由于吐尔吉山水库水位很浅(平均水深仅2.5m),加之经常受风力混和作用影响,细菌数量的水层分布未能呈现相应的规律。

2.2.2 水平分布(表1) 从表1中各采样点细菌数可以看出,II、III、IV3个采样点的细菌数明显多于I采样点。说明有水草区细菌数量多于无水草区。此结果与Иркина Г. А^[7]的在高等植物丛生带表征出细菌生命活动的高指标的结论及Henebry^[8]的有植物区细菌生物量高于其它区的结论是一致的。另据李永函等^[9]

研究,菹草型水体草密区浮游植物生物量比无水草水体高出 1 倍多。从上述有草区的 I、II、IV 采样点细菌数多于无草区的 I 采样点看,菹草的存在可能也为细菌的大量繁殖提供了有利条件,其原因是,有草区泥沙含量少,加之高温季菹草集中死亡使水体丰富了有机质,在此有利条件下,细菌才得以大量繁殖并显著多于无水草区的。

表 1 采样期逐月细菌数量波动情况

Table 1 The fluctuation of the amount of bacteria in sampling months

采样时间 Sampling time	细 菌 数 量 The amount of bacteria ($\times 10^6$ cell/ml)			
	采样点 I	采样点 II	采样点 III	采样点 IV
	Sampling point I	Sampling point II	Sampling point III	Sampling point IV
1993-05-24	0.60	1.16	1.13	2.13
06-15	1.14	3.22	3.95	2.64
07-20	1.62	5.62	6.92	4.31
08-15	6.74	10.21	11.30	11.26
09-16	3.97	8.61	6.94	10.13
10-15	3.16	8.94	8.76	9.84
平 均	2.87	6.29	6.50	6.72
Average				

表 2 细菌数量的水层分布

Table 2 Vertical fluctuation of the amount of bacteria

采样时间 Sampling time (O'clock)	细 菌 数 量 The amount of bacteria ($\times 10^6$ cell/ml)			
	夏季(1993-7-20~21)		秋季(1993-10-15~16)	
	Summer		Autumn	
	表水层 Upper water layer	底水层 Bottom water layer	表水层 Upper water layer	底水层 Bottom water layer
9:00	6.20	7.63	8.51	9.01
13:00	8.46	8.17	9.61	10.62
17:00	18.63	7.96	7.41	8.46
21:00	9.46	7.84	8.69	9.64
1:00	8.96	9.36	7.62	10.87
5:00	2.78	8.12	11.46	9.64
9:00	7.06	10.36	14.15	8.94
标准偏差 Deviation	4.89	1.00	2.41	0.89
变异系数 Fluctuating coefficient	55.57	11.76	25.02	9.26

2.2.3 细菌数量的昼夜波动 从表 2 看出,夏秋两季表水层细菌数昼夜波动明显高于底水层。

2.3 细菌数与浮游生物及主要水化学因子的关系(表 3)

对表 3 中细菌数与浮游生物量进行统计分析可见,细菌数与浮游植物、浮游动物量均无显著相关性。此结果与刘国才等^[10]对池塘细菌研究的结论是一致的。

有关水体细菌与浮游生物间相互关系的研究已有较多报道,综合这些资料,可得出浮游生物对细菌的影响既有促进作用也有抑制作用的结论。分析浮游生物对细菌数量的影响可能有 3 种情况:①浮游生物的分泌物及死亡分解产物可作为营养源促进了细菌增长;②浮游生物分泌物、死亡分解产物及浮游动物的滤食作用直接刺激了细菌的增长,由浮游生物量的增加,细菌数也趋增加;③这些分泌物、分解产物及浮游动

物的滤食作用抑制了细菌数量增加,二者增长呈现相反趋势。值得指出的是,上述影响的程度还可能会依浮游生物种类、数量等的不同而有很大差别。此外,还必然受到水温、pH 等诸多因子的影响。由于水库中生物、水化学因子是经常变化的,就使得二者间在数量上很难出现较好的相关性。

细菌数与水温、 NH_4^+-N 、 $\text{PO}_4^{3-}-\text{P}$ 及 COD 均未呈现显著相关性。

表 3 逐月主要水质因子状况

Table 3 Main water factors each month in sampling time

采样时间 (年-月-日) Sampling time	水温(°C) Temperature	浮游植物 Phytoplankton (mg/l)	浮游动物 Zooplankton (mg/l)	细菌数* Bacteria ($\times 10^6$ cell/ml)	COD (mg/l)	NH_4^+-N (mg/l)	$\text{PO}_4^{3-}-\text{P}$ (mg/l)
1993-05-24	17.2	5.78	2.34	1.256	1.90	0.220	0.007
06-15	21.0	6.90	3.73	2.736	5.22	0.127	0.016
07-20	23.6	10.74	3.58	4.615	8.21	0.249	0.011
08-15	23.4	10.05	4.03	9.878	8.66	0.434	0.009
09-16	18.6	8.41	1.58	7.411	10.10	0.304	0.009
10-15	10.3	5.31	3.28	7.674	4.30	0.210	0.012

* 细菌数为表 1 中各采样点细菌数的逐月平均值。

2.4 细菌的生产力

水库细菌生产力各参数计算采用 Кузнецов Е. А.^[31] 推荐公式:

细菌世代时间(g)= $24\log 2/(\log B_f - \log b)$

细菌生长速度常数(K)= $24\ln 2/g$

培养前后细菌生产量(P_B)= $B_f - b$

将挂瓶时瓶内细菌数(b)、培养 24h 后细菌数(B_f)及细菌生产力各参数计算结果列于表 4。

表 4 挂瓶 24h 前后瓶内细菌数量及细菌生产力参数

Table 4 Bacteria numbers of initial and after 24h culture in bottle and parameters of bacterial productivity

时间(月) Time (month)	5	6	7	8	9	10	平均 Average
原初细菌数(b) Initial bacteria numbers	1.58	1.91	4.45	7.53	7.15	7.58	
24h 后瓶内菌数(B_f) Bacteria numbers after 24h culture in bottle	1.89	2.76	6.83	13.49	11.46	9.64	
世代时间(g) Gereration time(h)	93	45	39	29	35	69	52
日生长常数(K) Daily growth constant	0.18	0.37	0.43	0.57	0.48	0.24	0.38
细菌生产量(P_B) Bacterial production ($\times 10^6$ cells/ml · d) (mg/l · d)	0.31 0.19	0.85 0.51	2.38 1.43	5.96 3.58	4.31 2.59	2.06 1.24	2.65 1.59
浮游植物生产量(P_f) Primary production ($\text{mgO}_2/\text{L} \cdot \text{d}$) (mg/L · d)	0.72 4.39	0.64 3.90	—	1.57 9.58	1.07 6.53	0.52 3.17	0.90 5.51
$P_B/P_f(\%)$	4	13	—	37	40	39	27

由表 4 看出,养殖季细菌的生产量为 $1.59\text{mg}/\text{L} \cdot \text{d}$,生产量是浮游植物初级生产量的 27%。

2.5 细菌的鱼产力

水库细菌的鱼产力尚未见报道。现就细菌生产力的测定结果及有关参数资料进行估测。

2.5.1 养殖季细菌的生产量 养殖季细菌的生产量为 $1.59\text{mg/L} \cdot \text{d}$, 本地区鱼类生长期 150d, 则吐尔吉山水库养殖季细菌总生产量为 238.5g/m^3 。

2.5.2 细菌的利用率 据陈少莲^[12]观察, 东湖鲢鳙鱼肠内食物中细菌的百分含量及年细菌消耗量均高于浮游植物。另有例证, 水中细菌多数集聚成絮状、膜状或块状聚合体, 可为鲢鳙鱼及浮游动物直接摄食, 细菌生物量平均有 22% 聚成 $21\sim 60\mu\text{m}$ 大小的聚合体为白鲢适口饵料, 约有 23% 聚成大于 $60\mu\text{m}$ 聚合体为花鲢适口饵料^[12]。这里将可能被鲢鳙鱼直接利用的 22%、23% 的细菌聚合体的规格看作是浮游植物、浮游动物的平均规格, 分别取水库中鲢对浮游植物的利用率 (20%)^[14]、鳙对浮游动物的利用率 (50%)^[14] 相同数值计算, 则鲢鳙鱼对水库细菌的利用率分别是: 鲢 $22\% \times 20\% = 4\%$ 、鳙 $23\% \times 50\% = 12\%$ 。

2.5.3 细菌的鱼产力 细菌的饵料系数取与浮游动物相同的 10 计算^[10], 则水库细菌的鱼产力为:

$$238.5 \times 4\% \div 10(\text{鲢}) + 238.5 \times 12\% \div 10(\text{鳙}) \approx 0.95 + 2.86 = 3.81\text{g/m}^3$$

以上估算仅包括被鲢、鳙鱼直接滤食的部分, 实际上, 水库中浮游动物还可大量滤食细菌, 通过浮游动物再为鲢、鳙鱼所摄食。附着于颗粒腐质上的细菌还将促进鱼类对颗粒腐质的消化吸收。其它鱼类如鲤、鲫等也会直接吞食细菌聚合体。暂将上述细菌的鱼产力按直接被鲢、鳙鱼摄食部分的细菌鱼产力 $1/4$ 计算, 则水库细菌所提供的总鱼产力为 4.76g/m^3 。

参 考 文 献

- 1 Дробан А. Н. Микрофлора и деструкция органического вещества в воде и донных отложениях Пертозера. Гидробиол. журн., 1986, 22(3): 40~44
- 2 Голова т в. Потребление планктонных бактерий некоторыми группами зоопланктона в киевском водохранилище. Гидробиол. журн., 1988, 24(2): 52~58
- 3 Jurgen Overbeck. 浮游植物和异养水生细菌的代谢偶联——了解湖泊物质循环的关键. 微生物学通报, 1990, 17(3): 158~164
- 4 Jurgen Overbeck. 水域生态系的结构和功能. 微生物学通报, 1990, 17(6): 351~361
- 5 刘建康主编. 东湖生态学研究(一). 北京: 科学出版社, 1990. 53
- 6 杨颐康主编. 微生物学. 北京: 高等教育出版社, 1986. 167~171
- 7 Иккина Г. А. Микрофлора в обрастаниях высших водных растений. Гидробиол. журн., 1989, 25(4): 54~57
- 8 Henebry M S. Summer bacterial populations in Mississippi river pool 19: implications for secondary production. Hydrobiol., 1989, 182(1): 15~23
- 9 李永函, 金迭笛, 刘国才. 菹草型水体的理化因子及水生生物. 大连水产学院学报, 1991, 6(2): 1~11
- 10 刘国才, 包文仲, 刘振奇等. 鱼塘内细菌数量消长与季节变动. 水产学报, 1992, 16(1): 24~31
- 11 Кузнецов Е. А. Вопросы ихтиологии. 1980, 20, No. 1(120): 109~120
- 12 陈少莲. 鲢鳙对鱼粪消化利用的研究. 水生生物学报, 1989, 13(3): 250~258
- 13 何志辉主编. 淡水养鱼. 沈阳: 辽宁科技出版社, 1983. 84
- 14 何志辉, 李永函. 清河水库的浮游生物. 水生生物学集刊, 1983, 8(1): 71~83