

61-67  
低湿洼地鱼塘中异养细菌的矿化作用

高 光

(中国科学院南京地理与湖泊研究所, 南京 210018)

提 要 对黄淮海平原低湿洼地鱼塘中异养细菌的矿化作用进行了初步研究, 结果表明:

(1) 鱼塘水体中异养细菌的呼吸强度与鱼塘水体中的有机物质含量及温度密切相关。(2) 鱼塘水体中异养细菌的生物量表现出明显的季节性变化, 异养细菌的生物量在表层水及底层水之间的差异不明显。(3) 鱼塘水体中异养细菌分解有机物质的动力学特点如下: 开始时, 鱼塘水体中有机物质的转化较少, 随温度的增高及异养细菌生物量的增加, 水体中的矿化作用逐渐增强, 并在秋季达到最大值, 然后随水温的逐渐降低, 分解过程逐渐停滞。(4) 在不同养殖类型的鱼塘中, 由于鱼类对水体中异养细菌数量的影响, 使得其有机物质的矿化作用强度不同。

关键词 鱼塘, 异养细菌, 矿化作用  
分类号 Q938.1

低湿洼地鱼塘

在鱼塘生态系统的水生生物中, 微生物的数量极多, 代谢能力极强, 因而微生物作为消费者和分解者, 在鱼塘系统的物质循环和能量转化过程中起着重要的作用。任何鱼塘水体的生产力首先取决于水体中有机物的聚集过程。无论是自然地, 还是随着施用有机肥、投饵一起进入鱼塘的外源性物质, 对鱼塘水体中有机物的聚集来说, 微生物数量与浮游植物的产量一样具有重要的意义。确定细菌的总矿化作用可以作为从数量上评价水体中形成的以及外源性有机物总量的方法之一。国外在80年代对此进行了一些研究<sup>[1,2]</sup>, 而我国在这方面的研究尚少见。本文尝试对低湿洼地鱼塘中异养细菌的矿化作用进行了一些研究, 以便对低湿洼地台田-鱼塘生态系统的物质循环及能量流动的研究提供一些基础资料。

## 1 材料和方法

### 1.1 试验鱼塘

黄淮海平原禹城试区的辛店洼低湿洼地鱼塘, 鱼塘面积为1/3hm<sup>2</sup>, 平均水深约1.5m, 其中3-1塘主养鲢鳙鱼, 4-1塘主养草鱼。

### 1.2 样品采集

样品均用灭过菌的无菌采水瓶分别采自鱼塘的表层(水面下0.2m)及底层(塘底上0.2m)。样品采集完毕, 立即送入实验室中进行分离测定。

### 1.3 样品测定<sup>[3-7]</sup>

异养细菌总数采用营养琼脂培养基(BPA), 以平皿法测定; TN, TP用过硫酸钾氧化法测定; Chla用比色法测定; 测定浮游细菌呼吸率时, 将水样先用孔径为0.8μm的微孔滤膜过滤, 除去浮游藻类及浮游动物后, 用溶氧法测定。

· 国家“八五”攻关课题(85-006-01-01)的部分内容。收稿日期: 1997-05-29; 收到修改稿日期: 1997-07-05。

## 1.4 计算方法

1.4.1 细菌的生物量( $B$ )<sup>[6-10]</sup> 根据文献,计算细菌生物量时,每一细菌的体积取  $0.5\mu\text{m}^3$ ,比重为  $1\text{g}/\text{cm}^3$ ,干重约为湿重的 15%。细菌干重中 C:N:P 为 106:16:1,而其中碳的含量占干物质的 50%。

1.4.2 细菌的生产量( $P$ )<sup>[8]</sup>

$$P=0.08D(\text{mgC}/(\text{L}\cdot\text{d}))$$

其中, $D$  为  $\text{O}_2$  的消耗速率。

1.4.3 细菌矿化有机物强度<sup>[2]</sup>

$$M=amct+bmt$$

其中, $M$  为完全矿化的有机物总量( $\text{mg}/\text{L}$ ); $a$  为营养系数,即单位细菌生物量增长消耗的能量(有机物); $b$  为基础代谢系数,即单位时间内、单位细菌生物量基础代谢需消耗的能量; $c$  为生长系数或叫 PB 系数; $m$  为细菌生物量(干重)( $\text{mg}/\text{L}$ ); $t$  为时间( $\text{d}$ )。计算时系数取以下值: $a=3$ , $b=0.5$ , $t=1\text{d}$ 。

## 2 结果与分析

### 2.1 实验鱼塘的基本水化学状况

实验期间,实验鱼塘的基本水化学状况如表 1 所示。

表 1 实验鱼塘的基本水化学状况<sup>1)</sup>

Tab. 1 The water chemical situation of the tested fish ponds

项 目	3-1 塘		4-1 塘	
水深(m)	1.74-1.90		1.42-2.15	
水色	14-18		14-16	
透明度(m)	0.19-0.50		0.18-0.40	
pH	7.89(表层)	7.86(底层)		
溶解氧( $\text{mg}/\text{L}$ )	3.75(表层)	3.46(底层)	3.88(表层)	2.98(底层)
TN( $\text{mg}/\text{L}$ )	3.45(表层)	3.71(底层)	2.97(表层)	3.19(底层)
TP( $\text{mg}/\text{L}$ )	0.214(表层)	0.222(底层)	0.191(表层)	0.107(底层)
Chla( $\text{mg}/\text{L}$ )	181.63(表层)	157.89(底层)	128.74(表层)	112.27(底层)
水温( $^{\circ}\text{C}$ )	22.2(表层)	21.4(底层)	22.3(表层)	21.4(底层)

1) 表中所列数据均为鱼类生长期间的平均值。

### 2.2 鱼塘水体中异养细菌呼吸率的测定

由于水体中异养细菌在分解、矿化有机物质的过程中,需要消耗水体中大量的溶解氧,通过测定水体中溶解氧的消耗,即可求出异养细菌的呼吸率。

表 2 不同温度条件下鱼塘水体中异养细菌的呼吸率<sup>1)</sup>

Tab. 2 The respiration rate of heterotrophic bacteria in the tested fish ponds at different temperatures

水温(°C)	起始菌数(个/L)	终止菌数(个/L)	耗氧量(mg/L)	呼吸率[mgl <sub>2</sub> (个/L)]
10	$6.4 \times 10^5$	$5.8 \times 10^6$	0.0215	$1.533 \times 10^{-6}$
20	$2.1 \times 10^5$	$3.3 \times 10^7$	0.1712	$5.307 \times 10^{-6}$
25	$6.4 \times 10^5$	$8.1 \times 10^7$	0.6330	$7.642 \times 10^{-6}$
30	$6.4 \times 10^5$	$6.8 \times 10^7$	0.6222	$8.851 \times 10^{-6}$
35	$6.0 \times 10^5$	$9.7 \times 10^7$	0.1216	$6.645 \times 10^{-6}$

1) 表中所列数据均未多次平行实验的平均值。

表 2 表明,鱼塘水体中异养细菌的呼吸强度与水体中的温度密切相关。在实验条件下,当水温达到 30°C 时,其呼吸强度为最大。在 10—30°C 的范围内,鱼塘水体中异养细菌的呼吸率,随温度的升高而逐渐增大,表明其代谢活动强度也逐渐增加。当水温达到 35°C 时,水体中异养细菌的代谢活动受到抑制,呼吸率逐渐降低。与 30°C 相比,其呼吸强度减少了 23%。

### 2.3 鱼塘水体中异养细菌的生物量及生产量的测定

鱼塘水体中异养细菌的生物量及生产量是鱼塘生态系统中重要的生产性能参数,它决定着水体中有机物质的分解及矿化作用。实验过程中,1993 年分别测定了鱼类生长期间(3—10 月),鱼塘水体中异养细菌的生物量及生产量,其结果如表 3 及图 1 所示:

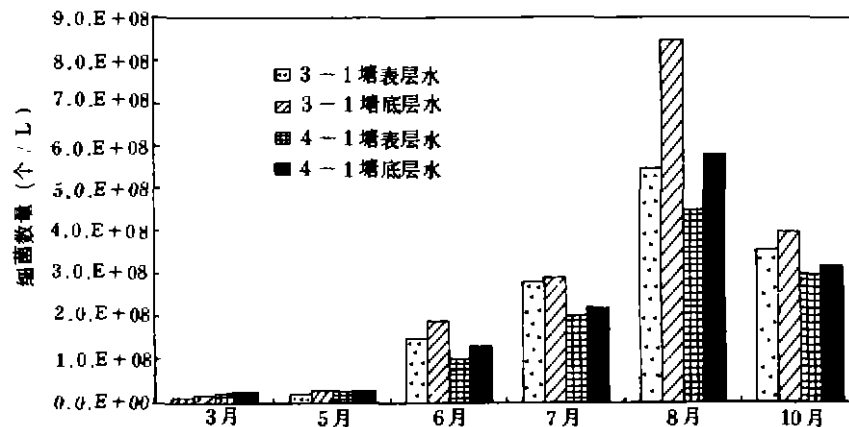


图 1. 实验鱼塘中异养细菌的数量分布

Fig. 1 The distribution of heterotrophic bacteria number in the tested fish ponds

结果表明:(1) 在鱼类的生长期间,鱼塘水体中异养细菌的生物量表现出明显的季节性变化,其中以 8 月份的生物量为最大,3 月为最小,这一趋势与 Kato<sup>[11]</sup>及刘国才等<sup>[12]</sup>的结果,以及作者等在“七五”期间所获得的结果<sup>[13]</sup>基本上是一致的。造成这种数量上变化的主要因素是温度。(2) 在鱼塘水体中,异养细菌的生物量在表层水以及底层水之间的差异不明显,底层水中的生物量略大于表层水。这主要由于鱼塘中水较浅,再加上鱼类的密度较大,鱼类活动使得鱼塘表、底层能够充分混合,因而使得异养细菌生物量的垂直分布差异基本消失。但由于底泥

中异养细菌的数量要远大于水体中异养细菌的数量,鱼类活动使得底泥中的部分异养细菌进入底层水中,故底层水中异养细菌的生物量略大于表层水.这种情况与湖泊中的分布情况不一样.湖泊中,在静水期间,随着温度分层的逐渐形成,异养细菌的数量分布在表层多,而底层少.但在循环期间,由于湖水的上下循环,异养细菌数量的垂直分布上的差异基本消失.(3) 鱼塘水体中异养细菌的生产量、生物量的分布及变化特征具有一致性.

表 3 实验鱼塘中异养细菌的生物量及生产量

Tab. 3 The biomass and production of heterotrophic bacteria in tested fish ponds

水层	月份	水温 (C)	生物量 [mgC/(L·d)]	生产量 [mgC/(L·d)]	P/B 系数
3-1 塘 表 层 水	3 月	12.8	0.0003	0.0012	4.00
	5 月	23.6	0.0006	0.0089	14.83
	6 月	26.6	0.0054	0.0921	17.06
	7 月	29.2	0.0103	0.1850	17.96
	8 月	28.4	0.0206	0.3640	17.67
	平均	22.9	0.0085	0.1287	15.14
3-1 塘 底 层 水	3 月	12.2	0.0005	0.0029	5.80
	5 月	22.6	0.0009	0.0127	14.11
	6 月	26.0	0.0070	0.1170	16.71
	7 月	27.6	0.0107	0.1850	17.29
	8 月	28.2	0.0319	0.5610	17.59
	平均	22.1	0.0110	0.1678	15.34
4-1 塘 表 层 水	3 月	12.4	0.0007	0.0040	5.71
	5 月	23	0.0009	0.0127	14.11
	6 月	26.6	0.0038	0.0642	16.89
	7 月	29.0	0.0073	0.1310	17.59
	8 月	29.2	0.0169	0.3040	17.99
	平均	22.7	0.0068	0.1019	14.99
4-1 塘 底 层 水	3 月	11.6	0.0008	0.0040	5.00
	5 月	22.2	0.0009	0.0127	14.11
	6 月	26.0	0.0048	0.0802	16.71
	7 月	27.4	0.0083	0.1420	17.11
	8 月	28.6	0.0218	0.3860	17.71
	平均	22.0	0.0120	0.1600	13.33
			0.0081	0.1208	14.91

#### 2.4 鱼塘水体中异养细菌对有机物质及氮、磷等物质的矿化作用

根据鱼塘水体中异养细菌的生物量、生产量等生产性能数据,得到被完全矿化的有机物质的总量以及还原氮、磷等营养物质的量(以干重计),如图 2 所示.结果表明,在鱼类生长期(3--10 月间),鱼塘水体中被完全矿化的有机物质总量 3-1 塘比 4-1 塘高 32% (平均);其中 3-1 塘表层水比 4-1 塘表层水高 26%;3-1 塘底层水比 4-1 塘底层水高 37%.开始时(3 月份)由于水温较低,再加上投饵的不断进行以及水温逐渐增高,水体中异养细菌的数量大增,鱼塘水体中的矿化作用逐渐加强,有机物质的转化也逐渐增加,并在秋季(8 月份)达到最大值,然后随着水温的逐渐降低,分解过程逐渐停滞,有机物质的转化也逐渐减少.氮、磷等营养物质的还原的动力学过程也呈现相似规律性.

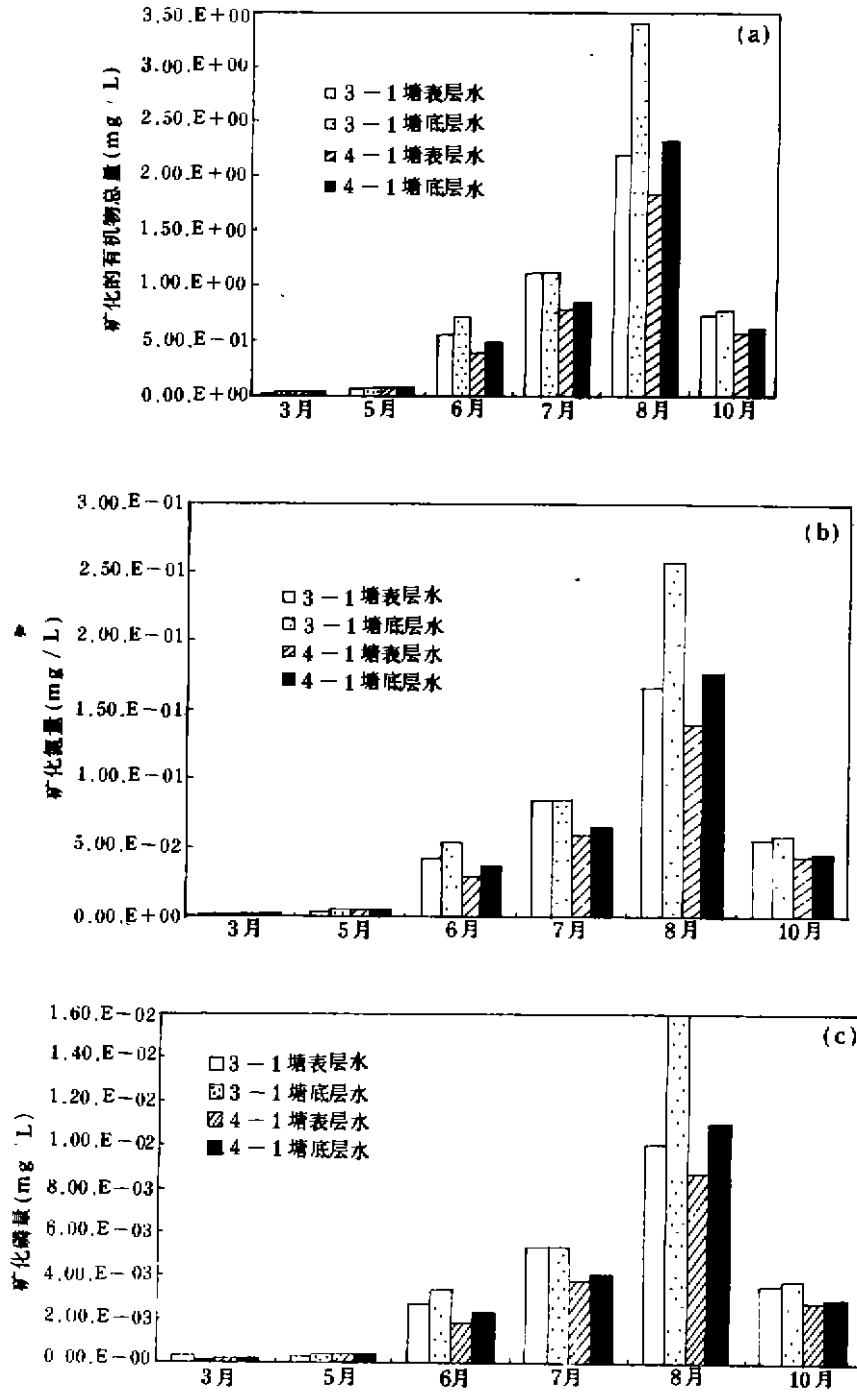


图 2 实验鱼塘中被完全矿化的有机物(a)、氮(b)和磷(c)的总量

Fig. 2 The quantity of mineralized organic matter(a), nitrogen(b) and phosphorus(c)

### 3 讨论

(1) 鱼塘作为一个半人工的生态系统,水体中除了自然地或随着施用有机肥料、投饵等一起进入鱼塘的外源性有机物质以外,鱼塘中由于浮游藻类的生长、浮游动物以及鱼类的代谢活动过程也会产生大量的有机物质,通过水体中微生物的代谢,这些有机物质或迟或早地要分解及矿化,重新进入鱼塘生态系统的物质循环,因而,水生微生物的代谢活性直接或间接地影响着其他水生生物的生产力,异养细菌的分解、矿化作用强度除了取决于水体中的温度外,还与水体中的有机物质含量以及所养殖的鱼类密切相关,实验表明<sup>①</sup>:在有鲤鱼存在的情况下,细菌的数量急剧波动,细菌衰亡过程占优势;而在有白鲢存在时,由于鲢鱼对浮游细菌的吞食,刺激了浮游细菌的繁殖,使浮游细菌数量增加,并稳定在一定的水平上,从而加速了鱼的代谢产物及水体中其他有机物的矿化,这与作者的实验结果是一致的。

(2) 在测定水体中异养细菌的数量时,用显微镜直接计数与平板计数的差异很大,它取决于所研究水体的性质以及所选用的培养基的类型,实验表明<sup>[1,4,5]</sup>:能在营养琼脂培养基(BPA)上生长的异养细菌一般只占湖水中异养细菌总数的 1/1000 至 1/10000 左右,因此,实际上鱼塘水体中异养细菌的数量、生物量及生产力将大大高于实验中所测定的数值,鱼塘水体中被细菌完全矿化的有机物质的量以及还原氮、磷等营养物质的量也将大大增加,故可以这样认为:鱼塘水体中的浮游细菌对水体中有机物质的矿化将起重要的作用。

### 4 小结

(1) 鱼塘水体中,异养细菌的呼吸强度除了与鱼塘水体中有机物的含量有关外,还与水体中的温度密切相关,在实验条件下,当水温达到 30℃ 时,其呼吸强度为最大。

(2) 在鱼类的生长期间,鱼塘水体中异养细菌的生物量表现出明显的季节性变化特征;但在垂直分布上的差异不明显。

(3) 鱼塘水体中异养细菌的生产量的分布及变化特征与水体中异养细菌的生物量的分布及变化特征是一致的。

(4) 鱼塘水体中异养细菌分解有机物质的动力学过程,呈现如下特点:开始时,鱼塘水体中有机物质转化较少;随温度的增高及异养细菌生物量的增加,水体中的矿化作用逐渐增强,并在秋季达到最大值;然后,随水温的逐渐降低,分解过程逐渐停滞。

(5) 不同养殖类型的鱼塘中,由于鱼类对水体中异养细菌的数量影响,从而影响其中的有机质的矿化作用强度,在主养鲢鳙鱼的鱼塘中,其完全转化的有机质的量大于主养草鱼的鱼塘。

致谢 在实验过程中得到组里其他同志的大力协助,此外,胡文英同志也提供了部分数据,在此一并致谢。

① E. A. 库兹佐夫:各种营养型的塘鱼对浮游细菌发育的影响,国外淡水渔业资料,1981,2:12-30.

## 参 考 文 献

- 1 Nell M Rami, Ofer Zur and Yoram Avnimelech. Microbial changes occurring at the sediment-water interface in an intensively stocked and fed fish pond. *Aquaculture*, 1982, 27: 63-72
- 2 (Sieratna H), 集约化养鱼池中浮游细菌的矿化作用. 国外水产, 1982, 3: 42-44
- 3 陈绍铭, 33 福寿编著. 水生微生物学实验法. 北京: 海洋出版社, 1985. 198-247
- 4 刘建康主编. 东湖生态学研究(一). 北京: 科学出版社, 1990. 52-76
- 5 金相灿, 屠青琳主编. 湖泊富营养化调查规范(第二版). 北京: 中国环境科学出版社, 1990. 138-316
- 6 Fry J C. Determination of biomass. In: B. Austin ed. *Method in aquatic bacteriology*. England: John Wiley & Sons, 1985. 27-72
- 7 Jones J G. A guide to methods for estimating microbial number and biomass in fresh water. *Freshwater Biological Association Scientific Publication No 39*. Kendal: Titus Wilson & Son Ltd, 1979. 51-89
- 8 Sorokin Y I et al. Techniques for the assessment of microbial production and decomposition in fresh water. *IBP Handbook No 23*. Blackwell Scientific Publications, 1972. 15-76
- 9 Fry J C. Direct method and biomass estimation. In: R Grigorova & J R Norris eds. *Methods in microbiology*, Vol 22. New York: Academic Press Ltd, 1990. 41-87
- 10 Herbert R A. Methods for enumerating microorganisms and determining biomass in natural environments. In: R Grigorova & J R Norris eds. *Methods in Microbiology*. Vol 22. New York: Academic Press Ltd, 1991. 2-35
- 11 Kato K. Ecology of aquatic organisms. 1: Microbes (continued), a concept on the structure and function of bacterial community in aquatic ecosystems. *Verh Internat Verein Limnol*, 1985, 22: 2739-2743
- 12 刘国才, 包文仲, 刘振奇. 鱼塘内细菌数量消长和季节变动. 水产学报, 1992, 16(1): 24-31
- 13 高 光. 新开鱼塘中异养细菌的类群分布与季节变化. 见: 程维新主编. 河间浅平洼地综合治理配套技术研究. 北京: 科学出版社, 1993. 84-89

## The Mineralization of Heterotrophic Bacteria in Low-wetland Fish Ponds

Gao Guang

(Nanjing Institute of Geography & Limnology, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008)

### Abstract

The mineralization of heterotrophic bacteria in low-wetland fish pond of the Huang-Huai-Hai plain was studied in 1993. The results were obtained as follows: (1) The respiration rate of heterotrophic bacteria were related with the content of organic matter and the water temperature of fish ponds. (2) The bacteria biomass of fish ponds showed a clearly seasonal change, but the distribution of heterotrophic bacteria biomass showed no difference in surface and bottom water. (3) The dynamic characteristics of heterotrophic bacteria decomposition organic matter were as follows: At first, the transferred organic matter was little, following the temperature and the bacteria biomass, the mineralization increased and reached the maximum in autumn, and then stopped with decrease in the temperature. (4) The intensities of mineralization organic matter varied in fish ponds to stock different fishes.

**Key Words** Fish pond, heterotrophic bacteria, mineralization