

# 细菌絮凝体对滤食性鱼类 饵料效果的研究\*

朱学宝

(上海水产大学)

**提 要** 本文叙述以放射性核素  $^{14}\text{C}$  为指标,测定滤食性鱼类对饵料消化吸收率的方法。用此方法测得的白鲢和罗非鱼对细菌絮凝体的消化吸收率平均分别为 45.1% 和 81.4%。用不同培养基培养出的细菌絮凝体的蛋白质含量在 36.5~50.1% 之间,而且均含有对鱼类生长必需的氨基酸。平均体重为 338.1mg 的白鲢鱼种和 252.7mg 的罗非鱼鱼种,用细菌絮凝体饲养 13 天后平均增重率为 67.3% 和 104.1%。结果表明,水生细菌对滤食性鱼类具有良好的饵料效果;且水生细菌不仅是水体生态系物质循环过程中的分解者,而且它还通过食物链发挥着重要的生产者的作用。

**关键词** 滤食性鱼类,  $^{14}\text{C}$ , 细菌絮凝体, 消化吸收率, 食物链

自然水体中存在着数量巨大、种类繁多的细菌生物体。尤其是在高产鱼池中,大量地投饵和施肥为细菌的增殖创造了良好的条件。水中细菌通过絮凝化作用,互相絮凝成颗粒状,有足够大小可供某些鱼类、浮游动物和原生动物等摄食。有关学者越来越明确地指出,水生细菌不仅是水体物质循环过程中的分解者,而且是水体食物网中的重要生产者。小川(1977)以海洋动物为材料,进行了有关方面的一系列试验。结果表明,种种海洋动物粪细菌均能形成絮凝体,海洋浮游动物能摄取絮凝体,细菌絮凝体对浮游动物的生长和繁殖均有良好的营养效果。然而,关于它们对鱼类的饵料效果的专门报导尚为少见。

开展这方面的研究,对于认识细菌在水体生态系中的作用、评价细菌絮凝体的营养价值、阐明细菌在鱼类食谱中的地位、开发鱼类饵料来源、挖掘鱼池生产潜力均有一定的理论和实际意义。

本研究以  $^{14}\text{C}$  为指标,应用液体闪烁测量技术测定了白鲢和罗非鱼对细菌絮凝体的消化吸收率;分析了不同培养基所形成的细菌絮凝体的蛋白质含量和氨基酸组成;观测了用细菌絮凝体饲养的白鲢和尼罗罗非鱼的生长情况。

本文归纳了上述三方面的结果并论述细菌絮凝体的饵料效果。

## 材 料 和 方 法

### 一、消化吸收率的测定

#### 1. 细菌絮凝体的培养与标记

取鱼池底泥加水搅拌,静置沉淀后,将上清液用 NX100 筛绢过滤。滤液作为菌源,放入液体培养

\* 张跃进等同志参加部份工作,特致谢意。

收稿年月:1988年11月;1989年4月修改。

基(牛肉膏 4.5g、蛋白胨 15g、可溶性淀粉 10g、氯化钠 15g、蒸馏水 3000ml、pH 7.4)中,然后再加入 50 $\mu$ C 的  $^{14}$ C-葡萄糖。在培养温度为 26~28 $^{\circ}$ C 的条件下,曝气 3~4 天后即形成大量  $^{14}$ C-细菌絮凝体。停止曝气,让絮凝体沉淀,再用自来水将絮凝体洗 3~4 次,备用。

## 2. 试 鱼

白鲢(*Typopthalmichthys molitrix*): 平均体重 5.2g, 平均体长 6.9cm。试验中无对照组; 尼罗罗非鱼(*Oreochromis niloticus*): 平均体重 9.2g, 平均体长 6.6cm。试验前在 5000ml 的容器中将试鱼驯养一周。

## 3. 代谢装置

装置参照岩田(1977)的资料(图 1)设计制成。我们所用代谢瓶的容量约 1000ml, 其中放有 800ml

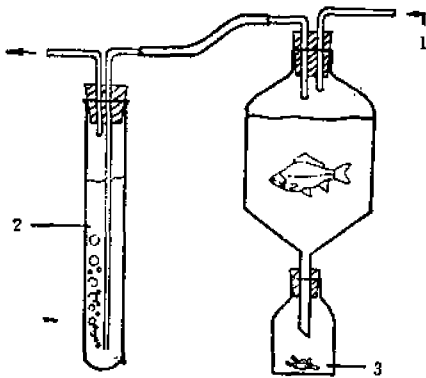


图 1 代谢装置图(依岩田)

Fig. 1 Metabolism apparatus  
(K. IWATA, 1977)

1. 除去二氧化碳的空气 2. 乙醇胺  
3. 粪便

二氧化碳(R): 从代谢瓶中取出试鱼后,立即向瓶中加入 2NHCl 2ml, 并密封整个装置。不时摇动, 5 小时后自二氧化碳吸收管中取出部分乙醇胺制样。

粪便(E): 将各粪便收集管中的粪便和水经微孔滤膜(孔径 0.45 $\mu$ )过滤, 将全部粪便集中于滤膜上。再将粪便烘干, 称取其部分燃烧制样。

溶解有机物(D): 将去除了 CO<sub>2</sub> 的水和滤除了粪便的水混合, 定容至 1000ml。取 250ml 减压蒸馏至干, 加 4 ml 蒸馏水仔细溶解粘附于蒸馏瓶壁上的有机物。吸 3 ml 逐滴滴于滤纸片上, 烘干。燃烧制样。

鱼体、粪便和溶解有机物燃烧后产生的 CO<sub>2</sub>, 全部用乙醇胺吸收。

用于各样品放射性强度测量的闪烁液均为二甲苯闪烁液。根据液闪仪测得各样品放射性强度, 计算出鱼体、二氧化碳、粪便和溶解有机物的总放射性强度。

## 6. 消化吸收率的计算

$$\text{消化吸收率(\%)} = \frac{F + R}{F + R + E + D} \times 100\%$$

式中: F—鱼体总放射性强度(DPM)

R—二氧化碳总放射性强度(DPM)

E—粪便总放射性强度(DPM)

D—溶解有机物总放射性强度(DPM)

经微孔滤膜(孔径 0.45 $\mu$ )抽滤的池水。图中的粪便收集瓶改为粪便收集管, 管内放有 0.5mg 的氯霉素。二氧化碳捕捉剂改用乙醇胺。整个代谢装置置于恒温水槽中, 白鲢组为 25 $^{\circ}$ C, 罗非鱼为 28 $^{\circ}$ C。

## 4. 鱼类的摄食与代谢

在容量为 5000ml 的容器内放入 2000ml 去氯自来水和一定量的  $^{14}$ C-细菌絮凝体。再将试鱼放入其中, 任其摄食一个半小时。然后, 取出试鱼, 清洗体表至无放射性, 立即将试鱼一尾一尾地放入代谢瓶中并密封整个系统。不时向代谢瓶内充入除去了二氧化碳的空气。每隔 6 小时更换粪便收集管一次。24 小时后取出试鱼分别制样。

## 5. 放射性样品的制备和测定

鱼体(F): 将鱼体置于 90 $^{\circ}$ C 下烘干, 磨碎以后称取部分样品燃烧制样。

## 二、细菌絮凝体主要营养成分含量的分析

### 1. 用于营养成分分析的细菌絮凝体的培养

用牛肉膏-蛋白胨、凤眼兰(*Eichhornia sp.*) 叶汁(草浆)、和含粪肥的池水分别培养细菌絮凝体,并分别分析各絮凝体的蛋白质含量和主要氨基酸的组成与含量。三种培养液的 COD 在 100—300mg/l 之间。

### 2. 分析方法

蛋白质含量用凯氏法测定。氨基酸含量用柳本 L-7 型氨基酸分析仪测定。

## 三、养鱼效果的观测

### 1. 养鱼用细菌絮凝体的培养

用含粪肥的池水培养细菌絮凝体。

### 2. 试 鱼

白鲢鱼种: 平均体重 338.1mg, 体长 28.3mm。罗非鱼鱼种: 平均体重 252.7mg, 体长, 20.8mm。

### 3. 养鱼用水

去氯自来水。

### 4. 饲养条件

饲养条件如表 1 所示。饲养期间进行常规水质监测。罗非鱼用微流水饲养, 水交换量约为 2.3 升/小时。白鲢池曝气增氧。每天投饵 4 次, 投饵量的控制以翌晨排污时略有残饵为依据。每隔 3—4 天取样测定生长情况。

表 1 试鱼饲养条件

Table 1 The feeding conditions of tested fish

鱼别	组别	饵 料	尾数	放养密度 (尾·米 <sup>2</sup> )	饲 养 环 境				饲养容器
					水温(℃)	pH	DO (mg/l)	NH <sub>3</sub> -N (mg/l)	
罗非鱼	试验	细菌絮凝体	88	188	24.5—26.0	8.2	4.87—6.86	0.80—1.20	塑料水箱 85 × 55 × 50 (cm)
	对照	豆 粉	88	188	24.5—26.0	8.2	1.77—6.57	0.80—1.20	
白鲢	试验	细菌絮凝体	250	128	25.5—28.0	6.7	6.00—11.00	—	水池地 300 × 85 × 80 (cm)

## 结 果

### 一、白鲢和罗非鱼对细菌絮凝体的消化吸收率

以 <sup>14</sup>C 为指标, 用液体闪烁法测得的白鲢对细菌絮凝体的消化吸收率平均为 45.9%, 罗非鱼平均为 81.6%(表 2)。

### 二、不同培养基培养出的细菌絮凝体的蛋白质含量和主要氨基酸的组成和含量

用牛肉膏-蛋白胨、凤眼兰草浆和池水溶解有机物培养出的细菌絮凝体的粗蛋白含量分别为 53.02%、36.52% 和 36.79%。它们均含有鱼类生长所必需的九种氨基酸(色氨

酸仪器测不出)。各种絮凝体氨基酸之间的比例尽管较接近,但含量以牛肉膏—蛋白胨培养的絮凝体为高,草浆培养的次之,池水溶解有机物培养的最低(表3)。

表2 白鲢和罗非鱼对细菌絮凝体的消化吸收率

Table 2 The digestion rate of bacteria floccule by *H. molitrix* and *O. niloticus*

鱼 别	编 号	各部分的总活性(DPM)				消化吸收率(%)	
		鱼 体	二氧化碳	溶解有机物	粪 便	个 体	平 均
白 鲢	1	16026	2498	4045	10888	55.29	45.9
	2	11701	1421	5094	13682	41.11	
	3	11089	1475	1980	15898	41.27	
罗非鱼	1	34906	1196	2766	912	90.76	81.6
	2	51445	15958	4640	5958	84.41	
	3	24345	1154	2624	9502	67.77	

表3 不同培养基培养出的细菌絮凝体的蛋白质含量和必需氨基酸的组成和含量

Table 3 The contents of protein and necessary amino acids in different bacteria floccules obtained by different culture mediums

组成与含量(%)	培养基	牛肉膏—蛋白胨	凤眼兰草浆	池水溶解有机物
粗 蛋 白		53.02	36.52	36.79
精 氨 酸		1.65	1.37	0.97
组 氨 酸		0.48	0.40	0.28
异亮氨酸		1.19	0.94	0.59
亮 氨 酸		2.87	1.74	1.13
蛋 氨 酸		0.76	0.58	0.46
赖 氨 酸		1.47	1.34	0.93
苯丙氨酸		1.44	1.18	0.71
苏 氨 酸		1.88	1.38	0.85
缬 氨 酸		1.81	1.42	0.85

注:表中数据为该物质占样品干重的百分比。

表4 细菌絮凝体饲养罗非鱼和白鲢的效果

Table 4 The effect of bacteria floccules on feeding *O. niloticus* and *H. molitrix*

组 别	生长情况	体长方面			体重方面			测定尾数
		放养(cm)	收获(cm)	增长率(%)	放养(mg)	收获(mg)	增重率(%)	
罗非鱼	试验组	20.8	24.9	19.71	252.7	515.8	104.1	30
	对照组	20.8	23.9	14.90	252.7	440.0	74.1	30
白 鲢	试验组	28.3	32.7	15.55	398.1	555.7	67.3	35

### 三、细菌絮凝体的养鱼效果

从表4和图2中可以看出,罗非鱼经13天饲养后,对照组增重率为74.12%;试验组

为 104.11%。试验组明显优于对照组。白鲢用絮凝体饲养 13 天后,增重率为 67.32%。

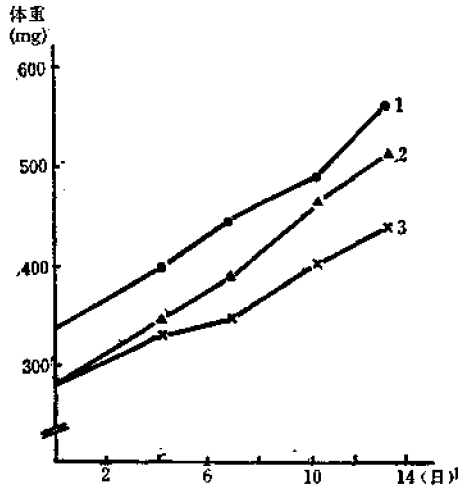


图 2 细菌絮凝体饲养罗非鱼和白鲢的生长效果

Fig. 2 The effects of bacteria floccules on growth of *O. niloticus* and *H. molitrix*

1. 白鲢试验组 2. 罗非鱼试验组 3. 罗非鱼对照组

## 讨 论

### 一、细菌絮凝体对鱼类的营养作用

在自然湖泊中,白鲢鱼种摄取的细菌数量可占食物总量的 31.68% (刘建康等)。不言而喻,在高产鱼池中,细菌在白鲢等鱼类的食谱中更应占有相当的比例。

本试验是在试验室条件下,仅以细菌絮凝体为饵,通过 13 天饲养,白鲢鱼种增重 67.32%,体长增长 15.55%;罗非鱼增重 104.11%,体长增长 19.71% (表 4、图 2)。从试鱼的生长情况看,细菌絮凝体的直接饵料作用是无疑的,营养效果是良好的。结果提出了一个重要问题:在白鲢等鱼类的食物中,除了早被人们重视的浮游生物外,细菌絮凝体在白鲢等鱼类的饵料组成和营养上所占的地位和作用是不容忽视的。结果还提示了另一个重要问题。在鱼池生态系中,无疑存在着细菌—原生动物—浮游动物—鱼类、细菌—浮游动物—鱼类、细菌—鱼类这样一些有机物的流动过程。看来,也只有重视并研究这些有机物的流动过程,才能较全面地阐述我国传统养鱼技术所具有的成本低,产量高的原因,才能较完整地建立起我国池塘养鱼高产理论体系。

培养基中有机源不同时,培养出的细菌絮凝体的蛋白质和氨基酸的含量均有一定差异 (表 3)。草浆和池水有机物培养出的细菌絮凝体的蛋白质含量较低 (36.52—36.79%),而牛肉膏—蛋白胨培养出的细菌絮凝体的蛋白质含量较高 (53.02%)。显然这主要是由于细菌在形成絮凝体过程中吸附了含氮量不同的溶解有机物所致, H. W. Pearl (1974) 用  $^3\text{H}$  示踪法,证实了溶解有机物的吸附在细菌的生物学聚集上起着重要作用。吸附促进了细菌的增殖,增殖引取了更大的吸附,最终形成有一定大小的絮凝体。这既解释了用不同有机源培养出的细菌絮凝体的蛋白质和氨基酸含量不同的原因,也给我们提出了一个重要的启示,即鱼类在水中摄取这些絮凝体时,也同时摄入了大量的溶解有机物。可以推

断,这是水域食物网中能量传递的一条“捷径”。今后进一步研究这种“捷径”,对于水体生态学和水产养殖学均是十分有意义的。

## 二、白鲢和罗非鱼对细菌絮凝体的消化吸收能力

试验结果表明,白鲢和罗非鱼对细菌絮凝体的消化吸收率有明显差异。罗非鱼对细菌絮凝体的消化吸收率比白鲢高 77% 左右。看来,这是由于这两种鱼的消化系统的结构与功能的不同所致。

岩田(1977)将白鲢和银鲫粪便中叶绿素的吸收光谱和饵料藻体叶绿素的吸收光谱进行了比较,没有发现两者之间的变化,这一结果表明像白鲢、银鲫这样的无胃鱼类不能像罗非鱼那样对摄取的饵料进行酸处理。三浦等(1986)测定了同属于植食性鱼类的罗非鱼、白鲢和银鲫的消化道的 pH 值,发现罗非鱼胃部的 pH 值呈强酸性,而白鲢和银鲫的整条消化道均呈中性。并论述了罗非鱼胃部分泌出的胃酸在分解藻体叶绿素,促进藻体死亡过程中的作用。

Moriarty (1973, a, b)以  $^{14}\text{C}$  为指标,测定了罗非鱼对微囊藻(*Microcystis* sp.)、鱼腥藻(*Anabaena* sp.)和菱形藻(*Nitzschia* sp.)的消化吸收率,罗非鱼对这些藻类的消化吸收率均较高,均在 70~80% 之间。而岩田(1977)以  $^{14}\text{C}$  为指标,测定的白鲢对新月藻(*Closterium moniliferum*)和月芽藻(*Selenastrum* sp.)的消化吸收率则较低。其值分别为 59.73% 和 14.68%。

本试验的结果和上述试验结果是一致的,和上述的论述是吻合的。结果进一步证实,罗非鱼分泌的胃酸不仅在消化食物中的藻类过程中,而且在消化食物中的细菌絮凝体的过程中也发挥了重要的作用。

## 三、关于消化吸收率的测定方法

试验中,我们对岩田的方法做了以下两方面的改进:

1. 粪便收集方法:岩田在漏斗状代谢瓶下方安装广口瓶收集粪便,防止鱼类重摄食。我们在试验中发现,粪便在水中浸泡时间稍久,仍有被鱼类重复摄食而引起较大试验误差的可能。中山大学同位素室的资料表明,在存在重摄食的条件下,白鲫鱼种对水绵的消化吸收率将提高 10%。此外,粪便分散后,在进行减压蒸馏时悬浮物粘附在蒸馏瓶壁上,溶解困难,影响测定结果的准确性。为了避免上述情况,我们将广口瓶改为小试管并采用更换粪便收集管的方法“随取”粪便。整个试验过程更换三次收集管,损失水量小于 1 毫升,不到总水量的 0.13%,不致引起测定结果的明显误差。

2. 溶解有机物的制样方法:本试验养鱼用水硬度较高,在将含有溶解有机物的水进行减压蒸馏时,矿物质也随之浓缩,甚至呈过饱和状态。用此浓缩液直接制备液闪测量样品时,难于制成均相样品,故改用燃烧法制样。另外,还由于将鱼体、粪便、溶解有机物样品均燃烧制样测其放射性强度,从而可使四种放射性样品全部采用二甲苯闪烁液测量,有利于保证试验的准确度。

碳元素在生物体内分布广泛,因而以  $^{14}\text{C}$  为指标,运用液体闪烁测量技术测得的消化吸收率能较准确地反映鱼类对饵料的消化吸收情况。此外,液闪测量方法可以对各种样品进行淬灭校正测得各样品的绝对放射性强度,较之于以往我国水产工作者在应用同位素示踪技术时多采用的相对测量法所获得的结果准确。显而易见,本法不仅可以测定滤

食性鱼类而且可以测定虾类以及其它滤食性水生动物对饵料的消化吸收率,是在鱼、虾饵料研究中一种准确、可靠的研究方法。

### 参 考 文 献

- [1] 中山大学同位素实验室(1979)白鲫鱼种对水绵消化吸收率的研究。水生生物学集刊,6(4):409~418。  
 [2] 小川数也,1977,动物プランクトン饵料とにこのバクテリアフロックの効果。日本水产学会志,43(4):395-407。  
 [3] 三浦泰藏,1986,湖沼における植物食動物の藻類に及ぼす影响とその水质动态への関わり。水资源研究センター第6号:21-26。  
 [4] 岩田胜哉,1977,藻类食性コイ科魚類の形态学的、生理学的研究——(二)。カワチブナ、ハクレンおよびニゴロブナの发育に伴う消化吸收率の変化。陆水学杂志,38(1):19-32。  
 [5] Hans W. Paerl, 1974. Bacterial uptake of dissolved organic matter in relation to detrital aggregation in marine and freshwater systems. *Limnol. Oceanogr.*, 19(6): 966-972.  
 [6] Moriarty, D. J. W. et al, 1973a. The physiology of digestion of blue-green algae in the cichlid fish, *Tilapia nilotica*. *J. Zool Lond*, 171: 25-39.  
 [7] ———, 1973b. The assimilation of carbon from phytoplankton by two herbivorous fishes, *Tilapia nilotica* and *Haplochromis nigripinnis*. *Ibid.* 171:41-55

## BACTERIA FLOCCULE AS DIET OF FILTER-FEEDING FISHES

Zhu Xuebao

(Shanghai Fisheries University)

**ABSTRACT** Bacteria are abundant and form floccule by agglutination in fertile fish ponds, most of them can be fed by freshwater animals. However, their roles as fish feed and nutrition remain obscure. The liquid scintillation technique with  $^{14}\text{C}$  was used to investigate the digestion and absorption rate of bacteria floccules. Results obtained were 45.1% and 81.4% by *Hypophthalmichthys molitrix* and *Oreochromis niloticus* respectively. Beef extract-peptone, leaf extract of *Eichhornia* sp. and organic residue of pond as organic source were used to culture bacteria. The floccules thus analysed contained 50.1%, 36.5% and 36.7% crude protein respectively and all necessary amino acids for fish larva growth. Floccules were employed to feed fish larva successfully. After 13 days of feeding, the weight of *H. molitrix* (338.1 mg) and *O. niloticus* (252.7 mg) increased by 67.3% and 104.1% respectively. The above results show the satisfactory effects of floccule as fish feed and confirm its role as an important producer in pond ecosystem. They also suggest that apart from the generally conception of phytoplankton-zooplankton-fish food chain, there may be other processes of organic mass flow beginning from bacterium such as bacterium- protozoan-fish, bacterium-zooplankton-fish and bacterium-fish in pond ecosystem, which are ignored at present

**KEYWORDS** filter-feeding fishes,  $^{14}\text{C}$ , bacteria floccule, digestion and absorption rate, food chain