

研究简报

# 光合细菌固定化及其净化养鱼水质的研究

## A STUDY ON THE PHOTOSYNTHETIC BACTERIA IMMOBILIZATION AND ITS PURIFICATION OF REARING FISH WATER QUALITY

战培荣 王丽华 于沛芬 李怀明  
(中国水产科学研究院黑龙江水产研究所, 哈尔滨 150070)

屈延阳  
(哈尔滨市鱼苗繁育试验场, 150040)

ZHAN Pei Rong, WANG Li Hua, YU Pei Fen and LI Hua Ming  
(Heilongjiang River Fisheries Research Institute, CAFS, Harbin 150070)

QU Yan Yang  
(Harbin Fish Hatchery, 150040)

关键词 固定化光合细菌, 净化水质, 鱼类饲养

KEYWORDS Immobilized photosynthetic bacteria, Purified water quality, Fish Rearing

光合细菌的应用研究在国内外已有许多报道[Sawada 等 1977, 小林 1978]特别是在水产养殖业取得的成果引人注目, 净化池塘水质、防治病害和做为饵料生物均取得一定的效果[张文重 1979, 张道南等 1988, 王绪娥等 1994]。迄今, 光合细菌的应用主要集中在游离细胞, 游离细胞在流水条件下易被水流冲走, 在静水条件下也易被其它生物所食, 难以稳定地长期发挥功能。近年来, 固定化细胞技术的兴起, 为微生物的应用增添了新的活力, 桥本[1986]对活性污泥固定化的研究, 周定等[1987]对固定化微生物脱酚的研究, 都认为固定化细胞能够克服游离细胞的不足之处, 性能也更加优越, 具有良好的发展前景。鉴此, 我们于 1991~1993 年对光合细菌的固定化及其功能特性进行了研究。

## 1 材料与方 法

### 1.1 供试菌种及菌体的收集

一株为本组分离得到, 与中国科学院上海植物生理研究所提供的标准株性质比较, 鉴定为球形红假单胞菌(*Rh. sphaeroides*), 另一株是从中国科学院上海植物生理研究所购得荚膜红假单胞菌(*Rh. capsulatus*), 混合富集培养采用 Weaver 等[1975]方法, 4 000~ 8 000r/min 离心浓缩, 菌液湿重达 40~ 50mg/L, 低温贮存备用。

### 1.2 化学试剂

用琼脂、海藻酸钠、聚乙烯醇(Polyvingol alcohol PVA)、硼酸、氯化钙、活性炭和沸石粉等。

### 1.3 固定化细胞的制备

取等量的浓缩贮备菌液,分别用琼脂、海藻酸钠[周定等 1987]、PVA[桥本 1986],采用包埋法,制成 PVA、PVA+沸石粉(1%)、PVA+活性炭粉(1%)、海藻酸钠、海藻酸钠+沸石粉(0.5%)和琼脂 6 种球形固定化光合细菌,并使固定化光合细菌含湿细胞最终浓度保持在 8~10mg/L。

### 1.4 固定化光合细菌的活性测定

取含有 1.05g 湿细胞或相当于此菌量的固定化细胞,分别放入 1 000mL 三角瓶中,加入已测氮浓度的养鱼污水 800mL,于 70 r/min,水温 25℃,中午光照强度为 800~1 400 lx 的摇床上反应,随着反应的进行,取一定量的水样,采用纳氏试剂比色法测定氨氮变化。

### 1.5 鱼的饲养

在 50cm×30cm×30cm 的水槽分别做了鱼载量和低溶解氧试验,固定化光合细菌的用量均为 170g,游离光合细菌用量与固定化光合细菌的含菌量相当。固定化光合细菌组鱼载量试验,视水质状况适当增加放鱼量,保证溶解氧,水温 18~20℃,在水中氨氮持续接近 0.5mg/L 时,视为适宜载量。低溶氧试验,每组放鱼均为 20 尾,总重量 225g,分为对照组,固定化光合细菌组和游离光合细菌组。上述试验采用鲤为材料,体长 6.8~7.2cm,体重 9.3~11.5g。每日投喂 2~4 次,投喂量约占体重的 1%~2%。

用 200cm×100cm×80cm 的水泥池(有效容水 1.5 吨)培育鱼种,同时分析了水中氨氮等水质因子的变化,固定化光合细菌用量 2kg,游离菌用量与固定化光合细菌的含菌量相当,分为对照组、固定化光合细菌组和游离光合细菌组,每日投喂 4~6 次,投喂量约占鱼体重的 2%~3%,水温 22~25℃,溶解氧 3~6mg/L。

## 2 结果

### 2.1 光合细菌固定化载体及其活性

由于包埋载体的性质不同,在使用上也表现出各自的特点(表 1)。

表 1 载体成球浓度及强度

Table 1 The consistency and intensity of carrier-make-ball

| 类别   | 浓度(%) | 能否成球 | 强度  | 耐降解性 |
|------|-------|------|-----|------|
| 海藻酸钠 | 1.0   | +    | *   | *    |
|      | 2.0   | +    | **  | **   |
|      | 2.5   | +    | *** | ***  |
| 琼脂   | 1.5   | +    | *   | *    |
|      | 2.5   | +    | **  | **   |
|      | 3.0   | +    | *** | **   |
| PVA  | 6.5   | +    | *   | *    |
|      | 10.5  | +    | *** | ***  |
|      | 12.5  | +    | *** | ***  |

注: PVA 中加入海藻酸钠助形剂; \* 弱; \*\* 较强; \*\*\* 强

三种包埋载体在试验浓度范围内均能成球,但强度和耐降解性能有差异,选择使用海藻酸钠 2.5%,琼脂 3.0%,PVA 10.5% 浓度,用包埋法制成球型固定化光合细菌,易操作,强度和耐降解性比较好,浓度再提高均不易成球。

不同固定化材料包埋的光合细菌水净化活性见图 1。固定化光合细菌中, 只有 PVA+ 活性炭组利用氨氮的活性基本上与游离光合细菌组相当, 其余都高于游离组, 海藻酸钠为固定化载体的光合细菌, 表现活性最高, 但在试验后期发现强度有些减弱, 琼脂组好一些, 但也不如以 PVA 为载体的强度好和耐降解, PVA+ 沸石组也表现出较高的活性。综合考虑, 采用 PVA+ 沸石组, 进行固定化光合细菌特性试验。

### 2.2 固定化光合细菌水质净化及对成活率的影响

固定化光合细菌能够改善养鱼水环境, 具有一定的去氨能力和鱼载力。在溶解氧较低时, 固定化光合细菌组鱼的成活率也比较高(图 2、3)。

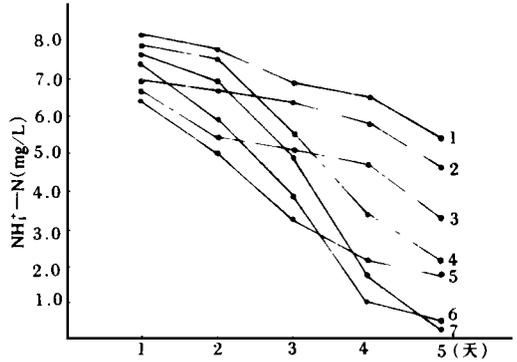


图 1 固定化光合细菌除氨活性比较

Fig. 1 Activity compare of remove ammonia activity of immobilized Photosynthetic bacteria

1. 游离菌; 2. PVA+ 活性炭; 3. PVA; 4. PVA+ 沸石; 5. 琼脂; 6. 海藻酸钠+ 沸石; 7. 海藻酸钠。

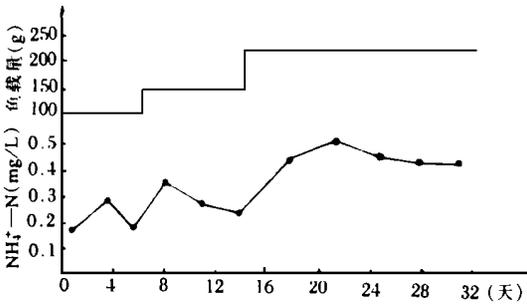


图 2 鱼载量与总氨变化

Fig. 2 The change of fish loading and total ammonia

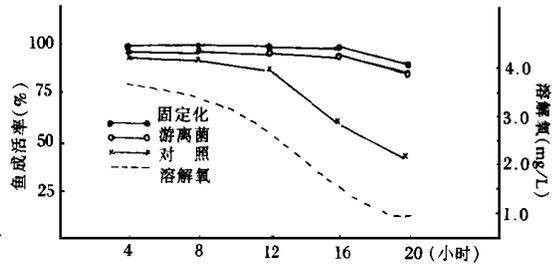


图 3 低溶解氧条件下鱼的成活率比较

Fig. 3 The comparison of survival rate under dissolved oxygen

### 2.3 固定化光合细菌在鱼种培育中的应用

经 30 天的饲养, 固定化光合细菌组和游离光合细菌组鱼体增重显著大于对照组(表 2), 固定化光合细菌组鱼体质好, 活泼, 个体较大, 从水质分析结果看出(图 4), 固定化光合细菌组优于其它各组。

表 2 鱼的饲养结果

Table 2 The results of fish rearing

| 类别       | 饲养前   |         |            | 饲养后   |          |           | 成活率 (%) |
|----------|-------|---------|------------|-------|----------|-----------|---------|
|          | 数量(尾) | 体长(cm)  | 体重(g)      | 数量(尾) | 体长(cm)   | 体重(g)     |         |
| 固定化光合细菌组 | 830   | 1.6±0.2 | 0.086±0.02 | 813   | 2.55±0.7 | 1.14±0.5* | 98.0    |
| 游离光合细菌组  | 750   | 1.6±0.2 | 0.086±0.02 | 735   | 2.19±0.5 | 0.74±0.2* | 98.5    |
| 对照组      | 750   | 1.6±0.2 | 0.086±0.02 | 712   | 2.06±0.2 | 0.30±0.2  | 94.0    |

\* 与对照组比较差异显著 P< 0.05

### 3 讨论

游离光合细菌在使用时,为了稳定的发挥功效,必须定期、定量的加入到鱼池中[彭秀珍等 1993]。使用固定化光合细菌则不同,它不但能在鱼池中长期保留,还可以在固定化过程中人工调控固定化细胞的含菌量,以及选择使用高活性的包埋载体。通过对六种不同的固定化光合细菌性质的比较,证明用 PVA 包埋光合细菌比较好,它除具有活性较高、抗降解、性能稳定、成本低和使用过程中无细胞泄漏外,其球体内部还具有提供细菌增殖的多孔状空间结构,加入沸石,既能够调节比重,更易成球,还能增加氨氮向球内扩散的透性。试验选择使用的 PVA 成球浓度适宜,浓度提高成球难度增大。虽然光合细菌在暗处也可生长繁殖,但去氨活性不高,海藻酸钠固定的光合细菌活性最高,细菌增殖也十分明显,只是耐降解性和强度略差,在这方面应作进一步研究。

在鱼的饲养期间,固定化光合细菌在溶解氧较低条件下,能够保持鱼的成活率,我们认为这是由于水质得以净化,特别是氨氮等对鱼类有毒物质的分解,减轻了对鱼体的毒害,鱼体能够维持正常的物质代谢;另据小林[1981]和战培荣(1993)的实验观察,光合细菌抑制有害菌的生长,能够间接的起到增加溶解氧和防治鱼病的作用。

固定化光合细菌能够稳定的发挥净化功能还具有一定的负载能力,在鱼种饲养中固定化光合细菌组鱼体增重显著的高于对照组( $P < 0.05$ ),比游离菌组也大些。与使用游离菌相比,固定化光合细菌不受流水或换水的影响,在使用前能够清洗,没有培养基带入鱼池影响水质的问题,光合细菌被包埋载体固定后,在微环境中占绝对优势,鱼池中的富营养水质也利于光合细菌的生长、繁殖和活性持久,且可重复利用,因此,这些特性对进一步扩大光合细菌在水产养殖上的应用是十分有利的。

### 参 考 文 献

- 王绪峨等. 1994. 光合细菌在扇贝人工育苗中的应用. 水产学报, 18(1): 65~ 68.
- 张文重. 1979. 光合细菌之自家培养与利用. 养鱼世界(台湾), (9): 23~ 37.
- 张道南等. 1988. 红螺菌科光合细菌的分离、培养及其作为鱼虾类饲料添加剂的初步研究. 水产学报, 12(4): 367~ 369.
- 周 定等. 1987. 固定化微生物法处理含酚废水的研究. 环境科学, 11(1): 2~ 5.
- 彭秀珍等. 1993. 池塘培育鱼种使用光合细菌的适宜密度. 齐鲁渔业, 46(3): 11~ 13.
- 小林正泰. 1978. 光合成菌による高浓度有机废水处理(PSB 处理法). 发酵工业, (9): 735~ 766.
- 小林正泰. 1981. 养鱼与光合细菌. 养殖, 18(8): 56~ 59.
- 桥本 奖. 1986. 活性污泥の固定化にその净化机能に関する研究. 下水道协会志, (262): 41.
- Weaver, et al. 1975. Characterization of *Rhs Capsulata* Arch. Microbiol, (105): 207.
- Sawada, et al. 1977. Photosynthetic bacteria in waste treatment. J Ferment Technol, 55(4): 326.

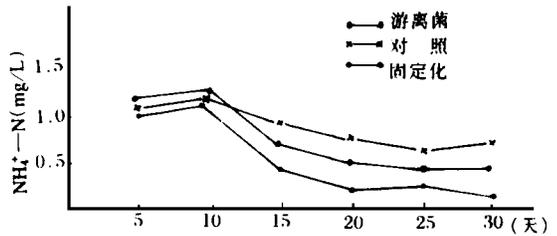


图 4 鱼种饲养期间总氨的变化

Fig. 4 The total ammonia change during fish rearing