

# 一株光合细菌菌株 RPD-1 的生物学特性及其在菲律宾蛤仔育苗中的应用

王芳<sup>1</sup>, 李筠<sup>2</sup>, 盛军<sup>1</sup>, 孙谧<sup>1</sup>

(1. 中国水产科学研究院 黄海水产研究所, 山东 青岛 266071; 2. 中国海洋大学, 山东 青岛 266003)

**摘要:** RPD-1 菌株分离自青岛栈桥近岸海水, 根据其生理生化特征鉴定为紫色非硫菌科红假单胞菌属 (*Rhodopseudomonas*)。菌株 RPD-1 适盐范围较广, 在 NaCl 含量为 0~8% 的培养基中均可生长, 在 NaCl 为 3% 的培养基中生长最快; 在初始 pH 为 6.0~9.0 的培养基中均可生长, pH 为 7.5 时生长最快; 不同光源的光照条件下, 生长速度不同, 白炽灯光照下, 生长速度快, 日光灯照下, 生长速度慢; RPD-1 菌株蛋白质含量为 58.5%, 含各种必需氨基酸。菲律宾蛤仔 (*Ruditapes philippinarum*) 育苗实验结果表明, RPD-1 菌株能提高菲律宾蛤仔幼虫的存活率和变态率; 水体氨态氮测定结果表明, RPD-1 菌株能显著降低养殖水体中的氨氮。

**关键词:** 红假单胞菌属 (*Rhodopseudomonas*); 菲律宾蛤仔 (*Ruditapes philippinarum*); 存活率; 变态率

中图分类号: S931

文献标识码: A

文章编号: 1000-3096(2010)07-0001-07

光合细菌是一类能利用光能的细菌, 主要分布在水沟、沼泽、河川、海洋活性污泥和土壤中, 在富含有机质的污水中生物量可达  $10^6 \sim 10^7$  cfu/mL<sup>[1]</sup>。

目前, 所知的光合细菌可分为着色菌科、外硫红螺菌科、紫色非硫菌科(又称红螺菌科)、螺旋杆菌科、绿色硫细菌、多细胞丝状绿细菌和含细菌叶绿素的好氧菌等 7 大类群<sup>[2]</sup>。其中, 对紫色非硫细菌应用和研究得最多, 它能较好地利用低级脂肪酸、氨基酸和糖类等, 而且无论在厌氧光照或好氧黑暗的条件下都能较好地生长<sup>[3]</sup>。

光合细菌营养丰富, 菌体内含有丰富的氨基酸、蛋白质、叶酸、维生素 B 族。从氨基酸成分看, 接近含蛋氨酸多的动物蛋白, 具有很高的饵料价值, 目前尚未发现其对动物具有毒性<sup>[4]</sup>。

光合细菌不仅营养价值高, 而且能够净化水质。光合细菌以小分子有机物、二氧化碳等作碳源, 以铵盐、氨基酸或氮作氮源, 能迅速消除水体中的氨氮等有害物质<sup>[5]</sup>, 保持水体适宜的 pH 值和溶解氧水平, 使水体处于良性循环中。

基于其较高的营养价值和对水体的净化作用, 光合细菌在水产养殖中的应用越来越得到了人们的重视, 并取得了十分显著的成果。王玲娜等<sup>[6]</sup>将沼泽红假单胞菌 (*Rhodopseudomonas* sp.) 投放到鱼塘中, 黑曲鱼平均体长提高了约 2%, 平均体质量提高了约 3%。祝国琴<sup>[7]</sup>报道了在对虾育苗生产中施用光合细

菌, 变态率达 79.8%, 成活率达 75%。蔡慧农<sup>[8]</sup>报道沼泽红假单胞菌能显著降低等分离的紫色非硫光合细菌 HZ-5 菌株投放到养鱼塘, 水样的亚硝态氮的降解率达到 97.79%。

本实验室从青岛栈桥近岸海水中分离纯化得到一株光合细菌 RPD-1, 研究了其生理生化特征, 进行了菌种鉴定, 探讨了其营养价值和其对养殖水体的净化作用, 并在菲律宾蛤仔育苗中进行了应用, 取得了良好的效果。

## 1 材料与方法

### 1.1 菌株及菲律宾蛤仔幼虫来源

菌株 RPD-1 分离于青岛栈桥近岸海水, 菲律宾蛤仔 (*Ruditapes philippinarum*) 幼虫来自青岛市红岛菲律宾蛤仔育苗基地。

### 1.2 培养基

液体培养基:  $\text{NH}_4\text{Cl}$  1.0 g,  $\text{NaHCO}_3$  1.0 g,  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  0.2 g,  $\text{CH}_3\text{COONa}$  1.0~5.0 g,  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$

收稿日期: 2009-12-02; 修回日期: 2010-02-12

基金项目: 中央级科研院所基本科研项目(2007-gy-04)

作者简介: 王芳(1972-), 女, 山东烟台人, 博士后, 研究方向为海洋生物学, 电话: 0532-85833961, E-mail: wendywf2002@yahoo.com.cn; 孙谧, 通信作者, 研究员, 博士, 研究方向为海洋微生物资源, 电话: 0532-85819525, E-mail: sunmi0532@yahoo.com

0.2 g, 酵母粉 0.2 g, 蛋白胨 0.1 g, 陈海水 1 000 mL。

### 1.3 实验仪器

生化光照培养箱(LRH-250-G), 普通生化培养箱(LRH-250-A), 数字式照度计(TE5-1330A), 分光光度计(722 型), 冷冻离心机(Biofuge stratos), 电热恒温鼓风干燥箱(DHG-9023A), 氨基酸分析仪(日立 835-50 型), 显微镜(Olympus-SZX7)。

### 1.4 菌株鉴定

菌株生理生化鉴定主要参照第九版《伯杰氏细菌鉴定手册》<sup>[9]</sup>进行, 部分数据测定参照文献[2]。

### 1.5 菌株 RPD-1 的培养条件

#### 1.5.1 光源对菌株 RPD-1 生长的影响

分别将 250 mL 光合细菌液体培养基灭菌后倒入灭过菌的 250 mL 生理盐水瓶, 接种 5% 体积的光合细菌种子液至瓶颈, 造成厌氧状态。然后分别将两瓶光合细菌置于光照强度为 3 000 lx 的日光灯光照培养箱和白炽灯光照培养箱(将普通培养箱中接入白炽灯泡)中培养, 温度设置 28 °C, 培养 72 h。

细菌接种后的 24 h 之内, 每 8 h 取样一次, 用分光光度计测定 660 nm 处的  $A$  值( $A_{660\text{ nm}}$ )。24 h 之后每隔 4 h 测定一次  $A_{660\text{ nm}}$  值。

#### 1.5.2 盐度和 pH 对菌株 RPD-1 生长的影响

分别将不同盐度和不同 pH 的光合细菌液体培养基灭菌后倒入灭过菌的 6 个 250 mL 生理盐水瓶, 接种 5% 体积的光合细菌种子液至瓶颈, 造成厌氧状态。置于装有白炽灯的生化培养箱中培养, 温度为 28 °C, 光照强度为 3 000 lx。

细菌接种后每 8 h 取样一次, 用分光光度计测定 660 nm 处的  $A$  值( $A_{660\text{ nm}}$ )。

### 1.6 菌株 RPD-1 营养成分的研究

#### 1.6.1 菌株 RPD-1 的氨基酸分析

将在 2216E 固体培养基上培养 24 h 的菌体用无菌生理盐水洗下, 5000 r/min 离心 10 min, 弃上清。随后用蒸馏水清洗菌体 3 次。最后将菌体置于 100 °C 烘箱过夜。以后每 1 h 称质量一次, 直至菌体质量不发生变化。样品处理采用酸水解法, 用日立 835-50 型氨基酸分析仪分析。

#### 1.6.2 粗蛋白含量测定

采用凯氏定氮法(GB/T6432-94)。

### 1.7 RPD-1 菌株对菲律宾蛤仔幼虫成活率的影响

本批次实验使用的菲律宾蛤仔幼虫为即将发育到壳顶幼虫期的幼虫。实验共进行了 11 d, 采用容量为 1 000 mL 烧杯, 每杯加入 800 mL 海水, 投放幼虫密度为 5~6 个/mL。每两天换水 1 次, 每天加饵料 4 次, 每次 2 mL。

实验采用添加菌悬液的方式, 共设一个对照组和两个实验组, 每组设三个重复试验。实验组第一天加菌液一次。第一组每烧杯添加终浓度为  $10^5$  cfu/mL 的 RPD-1 菌悬液; 第二组每烧杯添加终浓度为  $10^6$  cfu/mL 的 RPD-1 菌悬液; 对照组不加菌。每次换水后各加一次菌液。

### 1.8 RPD-1 菌株对菲律宾蛤仔幼虫变态率的影响

实验开始时, 幼虫处于壳顶幼虫期, 平均体长为  $146\ \mu\text{m} \times 126\ \mu\text{m}$ 。采用 12 个 1 000 mL 的烧杯, 每个烧杯盛水 800 mL, 幼虫密度为 5~6 个/mL, 两天换一次水。每天加饵 4 次, 每次 2 mL。实验共进行 12 d。

实验采用添加菌悬液的方式, 共设一个对照组和 3 个实验组, 每组设 3 个重复实验。第一组每烧杯添加终浓度为  $10^4$  cfu/mL 的 RPD-1 菌悬液, 第二组每烧杯添加终浓度为  $10^5$  cfu/mL 的 RPD-1 菌悬液, 第三组每烧杯添加终浓度为  $10^6$  cfu/mL 的 RPD-1 菌悬液, 对照组不加菌。每次换水后各加一次菌液。

### 1.9 菌株 RPD-1 对水体中氨态氮的影响

#### 1.9.1 水样测定

采用纳氏试剂光度法(GB/T7479-1987)。

#### 1.9.2 实验方法

实验进行 11 d, 菲律宾蛤仔幼虫处于 D 形幼虫期。采用 6 个容量 1 000 mL 烧杯, 每杯加入 800 mL 海水, 投放幼虫密度为 5~6 个幼虫/mL。实验期间不换水, 每天加饵料 4 次, 2 mL/次。实验共设一个对照组和一个实验组, 每组设 3 个重复实验。实验组第一天加入一次菌液, 每烧杯添加终浓度为  $10^5$  cfu/mL 的 RPD-1 菌悬液, 对照组不加菌。

## 2 结果

### 2.1 菌株鉴定

生理生化鉴定结果见表 1, 菌株 RPD-1 细胞经

革兰氏染色, 在光学显微镜下观察呈杆状, 革兰氏阴性, 以极生单鞭毛运动。在电子显微镜下观察, 细胞大小为  $0.57\mu\text{m}\times 1.25\mu\text{m}$ , 细胞以出芽方式进行繁殖(图 1)。

光合内膜片层, 与细胞膜平行(图 2)。综合以上特征, 菌株 RPD-1 鉴定为紫色非硫菌科红假单胞菌属(*Rhodopseudomonas*)。

表 1 菌株 RPD-1 与红假单胞菌属的光合细菌性质对比  
Tab. 1 Characterizations of strain RPD-1 and *Rhodopseudomonas*

项目	RPD-1	红假单胞菌属( <i>Rhodopseudomonas</i> )
革兰氏染色	-	-
细胞形态	杆状	杆状
鞭毛染色	极生单鞭毛	极生单鞭毛
荚膜染色	-	-
液体培养物颜色	红色	红色
光合内膜	片层状	片层状
运动性	+	+
生长因子需求	+	+
最适温度	25°C~35°C	25°C~35°C
细胞分裂方式	不对称芽殖	不对称芽殖



图 1 菌株 RPD-1 不对称出芽分裂(50 000×)

Fig. 1 RPD-1 strain is divided Asymmetrically by budding(50 000×)

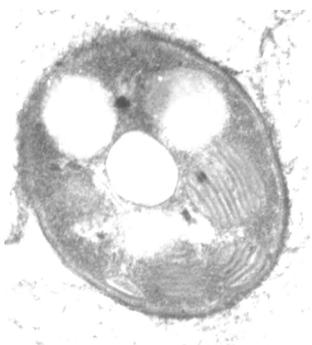


图 2 菌株 RPD-1 光合内膜片层结构(50 000×)

Fig. 2 The intracytoplasmic membrane(50 000×)

## 2.2 不同光源对 RPD-1 生长的影响

在不同光源下培养光合细菌 RPD-1, 定时取样测定培养液的  $A_{660\text{nm}}$ , 并绘制生长曲线(图 3)。实验结果表明, 白炽灯光照条件下, 菌株 RPD-1 生长速度快, 而日光灯光照条件下, 菌株 RPD-1 生长速度慢。

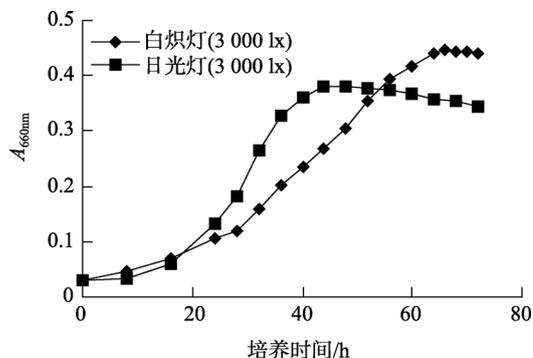


图 3 菌株 RPD-1 在不同光源光照条件下的生长曲线  
Fig. 3 Growth curves of strain RPD-1 under different lights

## 2.3 盐度对 RPD-1 菌株生长的影响

在不同起始 NaCl 浓度下培养光合细菌 RPD-1, 定时取样测定培养液的  $A_{660\text{nm}}$ , 并绘制生长曲线(图 4)。结果表明, RPD-1 菌株的适盐范围较广, 在 NaCl 的初始质量分数为 0~8%的培养基中均可生长: 缺乏 NaCl 的培养基中可以生长, 但生长较慢; 在 NaCl 的初始质量分数为 2%~3%的培养基中生长最快, 产量最高; 在 NaCl 的初始质量分数为 4% 时生长速度开始下降, 产量开始降低; 在 NaCl 的初始质量分数高于

4%时生长缓慢, 容易产生沉淀, 其生长速度和产量与 NaCl 的初始质量分数呈负相关。

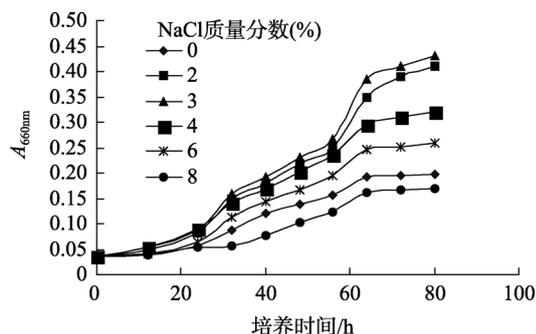


图 4 菌株 RPD-1 在不同起始 NaCl 质量分数培养基中的生长曲线

Fig. 4 Growth curves of strain RPD-1 cultured in media with different initial concentrations of sodium chloride

## 2.4 pH 对 RPD-1 菌株生长的影响

在不同起始 pH 的培养基中培养光合细菌 RPD-1, 定时取样测定培养液的  $A_{660nm}$ , 并绘制生长曲线(图 5)。结果表明, 菌株 RPD-1 在初始 pH6.0~9.0 的培养基中均可生长。在初始 pH 为 7.5 的培养基中生长

最快; 初始 pH 为 6.5 和 8 时, 生长速度低于 pH 为 7.5 的培养基; 初始 pH 高于 8 时生长缓慢。

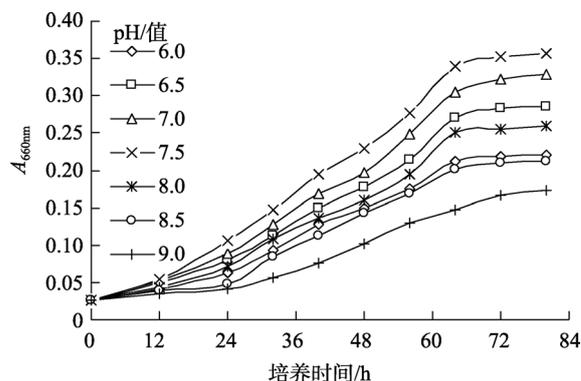


图 5 菌株 RPD-1 在不同初始 pH 的培养基中的生长曲线  
Fig. 5 Growth curves of strain RPD-1 cultured in the media of different initial pH

## 2.5 菌株 RPD-1 营养成分的研究

### 2.5.1 菌株 RPD-1 的氨基酸分析

氨基酸分析结果表明, 每 100 g 样品中 RPD-1 氨基酸含量为 50.316 3 g, 小球藻氨基酸含量为 53.12 g<sup>[10]</sup>, 着色菌属 H3 菌株氨基酸含量为 43.997 6 g<sup>[11]</sup>。详见表 2。

表 2 菌株 RPD-1、小球藻及菌株 H3 的氨基酸组成

Tab. 2 Composition of amino acids in cells of strain RPD-1, chlorella and strain H3

氨基酸(%)	菌株 RPD-1	小球藻	着色菌科 H3 菌株
天门冬氨酸	5.184 0	5.34	4.546 3
半胱氨酸	-	0.24	-
色氨酸	-	1.42	-
苏氨酸	2.236 0	2.93	2.303 5
丝氨酸	2.198 1	2.42	1.491 6
谷氨酸	6.419 6	6.27	7.474 4
甘氨酸	2.906 7	3.18	2.723 8
丙氨酸	4.192 1	3.33	4.153 3
缬氨酸	6.273 4	4.14	3.770 7
蛋氨酸	1.406 4	0.75	1.454 8
异亮氨酸	2.505 0	2.41	2.448 1
亮氨酸	4.352 5	5.04	3.994 9
酪氨酸	2.396 3	1.82	1.759 9
苯丙氨酸	2.308 4	3.09	2.648 1
赖氨酸	2.830 4	3.08	2.017 3
组氨酸	0.992 3	1.01	1.192 6
精氨酸	2.766 0	4.07	4.381 3
脯氨酸	1.349 0	2.58	2.183 3
总和	50.316 3	53.12	43.997 6

### 2.5.2 粗蛋白含量测定

采用凯氏定氮法测定了菌株 RPD-1 的菌体粗蛋白的含量。结果表明, 在 100 g(菌体干质量)样品中, 非蛋白氮为 2.93 g, 总蛋白氮为 12.29 g, 换算为蛋白质为 58.5 g。RPD-1 菌株同其他饵料蛋白质含量对比见表 3。

表 3 菌株 RPD-1、小球藻及菌株 H3 的粗蛋白含量  
Tab. 3 Protein levels of strain RPD-1, chlorella and strain H3

种类	蛋白质质量分数(%)
菌株 RPD-1	58.5
小球藻	50.8
着色菌科 H3 菌株	40.99

### 2.6 RPD-1 菌株对菲律宾蛤仔幼虫成活率的影响

在实验体系中, 随着幼虫培养时间的加长, 幼虫的成活率呈逐渐下降趋势。试验开始前两天变化不显著。从第六天开始, 实验组成活率下降幅度明显小于对照组, 至实验结束时, 对照组蛤仔幼虫的成活率为 46.5%, 10<sup>5</sup> cfu/mL 浓度的 RPD-1 菌株组(第一组)蛤仔幼虫的成活率为 58.5%, 10<sup>6</sup> cfu/mL 浓度的 RPD-1 菌株组(第二组)蛤仔幼虫的成活率为 50.5%。经 *T* 检验, 第一组  $t > t_{0.01}$ , 与对照组相比, 差异极显著; 第二组  $t < t_{0.05}$ , 与对照组相比差异不显著, 见图 6。

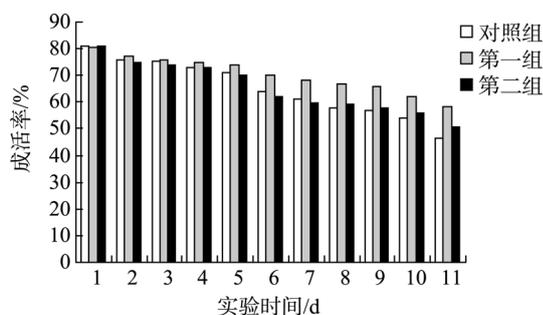


图 6 添加不同浓度的 RPD-1 菌株对菲律宾蛤仔幼虫成活率的影响

Fig. 6 The survival rates of *Ruditapes philippinarum* larvae influenced by different concentrations of strain RPD-1 第一组菌液浓度 10<sup>5</sup> cfu/mL; 第二组菌液浓度 10<sup>6</sup> cfu/mL; 对照组不加菌

### 2.7 RPD-1 菌株对菲律宾蛤仔幼虫变态率的影响

在实验体系中, 随着幼虫培养时间的加长, 幼

虫的变态率呈逐渐上升趋势。至实验结束时, 同对照组相比, 第二组(菌液浓度为 10<sup>5</sup>cfu/mL)变态率最高, 为 22.9%; 第三组(菌液浓度为 10<sup>6</sup>cfu/mL)较高, 为 16.3%; 第一组(菌液浓度为 10<sup>4</sup>cfu/mL)比对照组 9.5%稍高, 为 12.2%。结果见图 7。

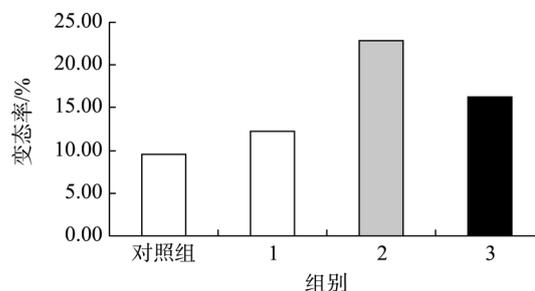


图 7 不同浓度 RPD-1 菌株对蛤仔幼虫变态率的影响

Fig. 7 The metamorphic rates of *Ruditapes philippinarum* larvae with different densities of RPD-1 strain 1. 菌液浓度 10<sup>4</sup>cfu/mL; 2. 菌液浓度 10<sup>5</sup>cfu/mL; 3. 菌液浓度 10<sup>6</sup>cfu/mL; 对照组不加菌

### 2.8 菌株 RPD-1 对水体中氨态氮的影响

将 RPD-1 菌株加入到菲律宾蛤仔 D 形幼虫培养水体中, 定时测定培养体系中氨态氮的变化, 并与对照(未加 RPD-1)进行比较, 实验结果显示, RPD-1 菌株降氨氮效果明显。对照组的水体中氨态氮的含量, 由起始的 0.032 2 mg/L 下降到实验结束时的 0.017 8 mg/L, 而实验组则由最初的 0.032 2 mg/L 下降到最后的 0.001 3 mg/L, 降了一个数量级, 效果极为显著(图 8)。

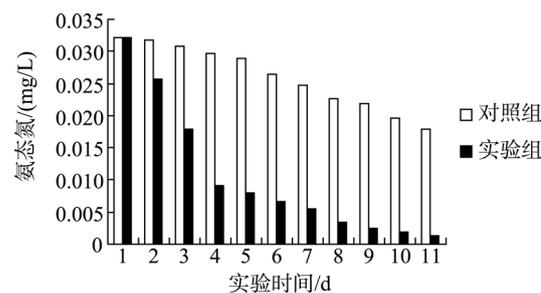


图 8 菌株 RPD-1 对水体中氨态氮的影响

Fig. 8 The effect of strain RPD-1 on NH<sub>4</sub>-N in rearing water of *Ruditapes philippinarum* larvae

## 3 讨论

根据第九版《伯杰氏细菌鉴定手册》及东秀珠等编写的《常见细菌系统鉴定手册》, 菌株 RPD-1 鉴定为紫色非硫菌科红假单胞菌属(*Rhodopseudo-*

monas)。

菌株 RPD-1 对不同起始质量分数 NaCl 的适应范围很广, 在 0~8% NaCl 的范围内均可生长, 但在缺乏 NaCl 的培养基中和 NaCl 质量分数高于 4% 时生长缓慢, 死亡的细胞较多, 产生红色沉淀。在 NaCl 的初始质量分数为 2%~3% 的培养基中生长最快。可见, 该菌株是适合海洋环境的嗜盐菌株。菌株 RPD-1 的最适初始 pH 为 7.5, pH 在 6.5~8.0 范围内, 菌株生长较好。由实验结果可看出, RPD-1 菌株在中性偏碱的条件下生长较快。光照的强弱和频率都会影响光合细菌的生长。以往培养光合细菌大多采用白炽灯作为光源, 但没有实验依据。在这次实验中, 本人将白炽灯和日光灯分别作为光源, 在同样的照度下对同批培养物进行培养, 结果发现白炽灯光照条件下, RPD-1 菌株的生长速度比日光灯照下 RPD-1 菌株的生长速度快。

在探讨 RPD-1 菌株的营养功能方面, 作者对其蛋白质含量和氨基酸组成进行了测定。菌株 RPD-1 的菌体蛋白质质量分数高达 58.5%, 高于表 3 列出的其他两种营养物质的含量, 且各种氨基酸组成齐全, 比例也比较合理。在氨基酸组成中, RPD-1 菌株的氨基酸总含量为 50.3163g(细胞干质量), 高于李勤生 1999 年分离的光合细菌 H3 菌株的 43.9976g(细胞干质量)。RPD-1 菌株的大部分氨基酸含量均高于小球藻, 具有饵料利用价值。

菲律宾蛤仔幼虫在变态以前需要丰富的营养, RPD-1 菌株的加入满足了其营养需求, 在实验体系中, 随着菲律宾蛤仔幼虫培养时间的加长, 幼虫的变态率呈逐渐上升趋势。其中, 添加终浓度为  $10^5$  cfu/mL 菌体的实验组幼虫的变态率最高。原因可能是该菌液浓度已经足够满足菲律宾蛤仔幼虫的营养需求。李勤生等<sup>[12]</sup>指出, 在斑节对虾育苗中应用光合细菌可促进变态, 缩短变态时间。

菲律宾蛤仔幼虫的成活率实验结果表明, 在菲律宾蛤仔幼虫的培养过程中, 添加  $10^5$  cfu/mL 浓度的 RPD-1 菌株, 菲律宾蛤仔幼虫成活率明显提高; 添加  $10^6$  cfu/mL 浓度的 RPD-1 菌株, 成活率与对照组相比, 差异不显著, 说明菌液浓度过高, 可能抑制了菲律宾蛤仔幼虫的生长。黄志勇等<sup>[13]</sup>报道, 在罗非鱼的养殖水体中加入沼泽红假单胞菌 AS231 和类球红细菌 SY232, 能显著提高罗非鱼的成活率, 增加其体长和体质量。

紫色非硫菌科的光合细菌属光能异养菌, 它们

利用小分子有机物作为碳源, 铵盐或氨基酸等作氮源进行生长繁殖, 从而去除水体中的 COD(化学需氧量), 降低氨氮、亚硝氮等对养殖动物有害的物质<sup>[14]</sup>。

本次实验采用的是小水体, 在这样的条件下, 水体的溶解氧含量通常较高, 所以, 只做了 RPD-1 菌株降氨氮方面的实验。由实验结果可看出, 光合细菌 RPD-1 降低养殖水体中的氨氮效果非常明显。由于水体中的氨氮大部分是由所加饵料和幼虫的代谢产生的, 光合细菌的加入, 有效地降解了水体中的氨氮, 净化了水质。另外, 在比较大的养殖水体中施加光合细菌, 其厌氧及快速繁殖的特性抑制了许多致病性好氧菌的生长, 从而增加了水体的溶解氧含量, 减少了养殖动物感染性疾病的发生, 提高了成活率。

据研究报道, 光合细菌还含有多种 B 族维生素、生物素及丰富的辅酶 Q, 辅酶 Q 具有多种生理功能, 能明显提高人和动物的免疫力<sup>[15]</sup>, 这些因素对养殖动物抵抗疾病都有一定的作用。在未来的发展方向上, 我们应注重探讨光合细菌的分子作用机制, 研究其作用机理, 利用分子生物学技术创造出能专一地应用于不同养殖生物的光合细菌, 发挥更大的优势。

#### 参考文献:

- [1] Bruno G, Ana R, James F. The use and selection of probiotic bacteria for use in the culture of larval aquatic organisms[J]. *Aquaculture*, 2000, **191**: 259-270.
- [2] 东秀珠, 蔡妙英. 常见细菌系统鉴定手册[M]. 第一版. 北京: 科学出版社, 2001.
- [3] 刘芳, 王敏, 杨慧, 等. 净化养殖水体紫色非硫光合细菌的筛选与鉴定[J]. 中国生物工程杂志, 2008, **28**(8): 91-95.
- [4] 吴向华, 杨启银, 刘五星, 等. 光合细菌的研究进展及其应用[J]. 中国农业科技导报, 2002, **6**(2): 35-37.
- [5] 沈锦玉, 尹文林, 刘问, 等. 光合细菌 HZPSB 对水产养殖水质的改良和对鱼类促生长作用[J]. 科技通报, 2004, **20**(6): 481-484.
- [6] 王玲娜, 李雪琼, 张宏斌, 等. 光合细菌的分离鉴定及其应用于水产饲料添加剂的研究[J]. 畜牧与饲料科学, 2008, **4**: 6-9.
- [7] 祝国芹, 姜静颖. 高活性光合细菌的分离培养及应用[J]. 水产科学, 1994, **13**(1): 6-10.
- [8] 蔡慧农, 倪辉, 苏文金. 沼泽红假单胞菌培养基的优化及降氨氮作用的研究[J]. 集美大学学报, 2007, **12**(3):

- 198-203.
- [9] John G., Noel R., Peter H., *et al.* Berger's Manual of Determinative Bacteriology[M], ninth edition, William and Wilkins, Sans Tache, 1994.
- [10] 刘利平. 光合细菌在水产养殖上的应用[J]. 内陆水产, 2000, 11(21): 21-22.
- [11] 李勤生, 卫翔, 王若雪, 等. 光合细菌 H3 菌株的分离及其生物学特性研究[J]. 水生生物学报, 1999, 3(23): 18-23.
- [12] 李勤生. 光合细菌的基本特性及其在水产养殖中的应用研究概况[J]. 水利渔业, 1995, 1(75): 3-5.
- [13] 黄志勇, 王海胜, 蒋培霞, 等. 几株光合细菌的分离鉴定及在养殖罗非鱼中的应用[J]. 微生物学通报, 2005, 32(4): 72-78.
- [14] Sharifeh M, Udoudo M, Ekanemesang A, *et al.* Identification and characterization of *Rhodopseudomonas* spp., a purple, non-sulfur bacterium from microbial mats[J]. *Biomolecular Engineering*, 2001, 18 : 49-56.
- [15] Falkowski P, Raven J. Aquatic Photosynthesis[M]. Blackwell Oxford, 1997.

## Characterization of photosynthesis bacteria strain RPD-1 and its application in the breeding of *Ruditapes philippinarum*

WANG Fang<sup>1</sup>, LI Jun<sup>2</sup>, SHEN Jun<sup>1</sup>, SUN Mi<sup>1</sup>

(1. Yellow Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Qingdao 266071, China;  
2. Ocean University of China, Qingdao 266003, China)

**Received:** Dec., 2, 2009

**Key words:** *Rhodopseudomonas*; *Ruditapes philippinarum*; livability; metamorphosis

**Abstract:** The Photosynthesis Bacteria strain RPD-1 was isolated from seawater near the Qingdao Pier. According to physiological and biochemical characteristics, the RPD-1 strain was identified as *Rhodopseudomonas* sp. The RPD-1 strain grew well in the mediums containing 0~8% NaCl and the optimum salinity is 3%. Medium pH ranging from 6.0 to 9.0 was appropriate for the RPD-1 strain, with the optimum pH being 7.5. The RPD-1 strain grew faster under the light of filament lamp than that of flurescent lamp. The protein content of RPD-1 strain was 58.5%. There are various necessary amino acids. The ratios of livability and metamorphosis of *Ruditapes philippinarum* were increased by adding the RPD-1 strain of suitable concentrations to the breeding water. When the RPD-1 strain of suitable concentration was added to the breeding water, the contents of nitrogen in the state of ammonia decreased significantly.

(本文编辑: 梁德海)