

文章编号: 0529-6579 (2000) S-0064-05

光合细菌及其在对虾养殖中的应用^{*}

郑爱榕

(厦门大学海洋系/亚热带海洋研究所, 厦门 361005)

摘 要: 介绍了光合细菌的生态特征、菌体成分、分离和培养方法及其在净化水质、作为饵料和防治病害等方面的应用.

关键词: 光合细菌; 对虾养殖; 净化水质; 饵料; 虾病

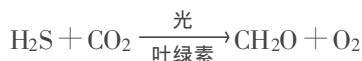
中图分类号: S968 **文献标识码:** A

光合细菌 (photosynthetic bacteria, PSB) 是一类能在厌氧光照或好氧黑暗条件下利用有机物作供氢体兼碳源进行不放氧光合作用的细菌. 由于其独特的生理生化特性, 已被推广应用于净化水质、鱼虾养殖、禽畜饲养、作有机肥料以及新能源开发等方面, 并在改善虾池水质、作为饵料生物和防治虾病等方面取得显著效果^[1~7]. 本文综合有关资料, 对 PSB 的生态特征、菌体成分、分离和培养方法及其在对虾养殖中的应用——作简介, 以供生产或科研人员更好地了解和应用.

1 PSB 的生态特征

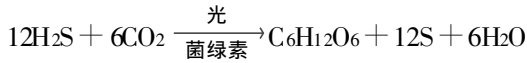
PSB 是水圈微生物的一种, 广泛分布于海洋、湖沼、江河、池塘、污泥、土壤等各个角落, 甚至在高达 90 °C 的温泉和南极海洋含盐 30 % 的水体中也有它的踪迹, 生活于自然水域厌气层上部^[8]. 其细胞呈圆形、杆形或螺旋形, 常见有红色、橙色. PSB 约包括 2 个亚目分 4 个科: 红色非硫磺菌 (Rhodospirillaceae)、红色硫磺菌 (Chromatiaceae)、绿色硫磺菌 (Chlorobiaceae) 和滑行丝状绿色硫磺菌 (Chlorolexaceae), 有 22 个属和 61 个种.

在不同的自然环境中 PSB 具有多种不同功能 (固氮、脱氢、固碳、氧化硫化物), 在自然界的碳、氢、硫循环中起着重要作用. PSB 是光合成原核生物的一种, 具有下列特征: ①含有光合色素-细菌叶绿素 (Bchl); ②在厌氧光照条件下进行光合生长; ③在光合作用过程中不产生氧. 因此它和蓝藻等其他光合成原核生物有所区别, 它不需要水作为供氢体, 而是以 H₂S 或有机物作供氢体. 一般植物光合作用简式为



而 PSB 光合作用简式 (以 H₂S 为电子供氢体为例)

^{*} 收稿日期: 1999-09-15



PSB 的生理生态学特征彼此亦有差异: ①存在于自然水域厌气层上部的 PSB 是以厌气的硫酸还原菌、发酵细菌所生成的 H_2S 、 CO_2 为营养源进行光合成而生长, 因而这种 PSB 具有去除 H_2 的氧化作用; ②在自然水域的厌气和也好气层中都发生有光合生物参与的碳素循环, 但 PSB 在厌气层中除参与碳循环外, 同时还参与硫磺循环; ③PSB 具有相应的光合色素—菌叶绿素和类胡萝卜素, 它们在水体中进行光合作用的光吸收波长分别为 715 ~ 1 050 nm 和 480 ~ 550 nm; ④PSB 不仅能进行光合作用, 也能进行呼吸、发酵和脱氮。

2 PSB 的营养成分及其分离和培养

PSB 是营养价值很高的菌类, 其蛋白质含量约为菌体干质量的 65% (比小球藻高, 与螺旋藻相当), 粗脂肪约 7%, 可溶化糖类约 20%, 粗纤维约 3% (较小球藻的 10% 为低)。菌体中 B 族维生素的种类与含量不低于酵母, 其中 VB_{12} 的含量是酵母的 200 倍, 小球藻的 20 倍。其脂质成分中除色素外, 还含有生理活性物质辅酶 Q, 含量是酵母的 13 倍, 此外还富含叶酸、类胡萝卜素, 并能释放抗病性的胰蛋白分解酶^[9] 和 18 种人体必需的氨基酸, 不同菌株其菌体内氨基酸组成大体相似, 含量一般占干质量的 50% ~ 60%^[10]。综上所述, PSB 也是一种很有开发利用价值的单细胞蛋白源。

适用于海水养殖的 PSB 菌株, 已在实验室扩大培养中取得成功, 具体方法可参阅文献 [10]。

3 PSB 在对虾养殖中的应用

3.1 利用 PSB 净化虾池水质

高密度对虾养殖造成大量对虾排泄物、残饵等有机物沉积水底, 使池底表层中氧化层变薄, 而下层的还原层变厚, 氧化还原电位降低。同时, 在养殖旺季, 气温高, 异养微生物大量繁殖, 有机物被分解, 释放出大量的氨、 H_2S 等有害物质, 大量耗氧, 造成虾“浮头”, 同时使蓝藻等种类大量繁殖, 破坏了虾池生态平衡, 影响虾的生长、发育, 引起虾病突发。往虾池加入 PSB, 可将这些有机物及其分解物吸收除去, 从而大幅降低 BOD、COD 而相对增氧, 达到净化水质的目的。PSB 改善虾池水质主要表现为如下。

(1) 提高 DO 含量。PSB 虽在光合作用过程中不产氧, 但其菌液内所含的 VB_{12} 具有相当显著的促进藻类增殖的作用, 而藻类光合作用的产氧可促使养殖水域 DO 的提高, 此外, PSB 具有在厌氧光照、厌氧黑暗或好氧黑暗条件下都能利用有机物而迅速繁殖的特点, 能迅速分解利用有害的有机酸、 H_2S , 降低 BOD, 从而缓解水缺氧。曾用 PSB 投放虾池, 结果试验池 DO 比对照池平均增加 1.64 mg/L^[11]。PSB 用于长毛对虾养殖, 以 5 ~ 10 mL/t 菌液全池泼洒, 菌液浓度为每 mL 22 ~ 26 亿个细胞, 养殖期间每隔 10 ~ 15 d 使用 1 次。结果在养殖早期, 试验池每日清晨的 DO 比对照池要高, 均在 4 mg/L 以上; 在养殖中后期, 试验池每日 6:00 和 8:00 DO 分别比对照池高 12.5% 和 18%。当 2 个池的虾出现浮头现象时, 投放 PSB 5 L 后, 12 h 内 DO 由 1.14 mg/L 升为 9.39 mg/L, 对照池只由 1.06 mg/L 升为 4.86 mg/L, 但此后数日试验池 DO 能维持在 4 mg/L 以上, 而对照池则不到 3 mg/L^[12]。

而在 4 个 1 L 的室内水池中进行 PSB 对日本对虾养殖水质净化研究结果, 用菌量按含菌液 φ 为 $5 \times 10^{-6} \sim 10 \times 10^{-6}$ 计算, 每 7~10 天添加 1 次, 每 2 天换 1/3 池水, 水池 DO 平均值在施用的 2 d 内增幅 42%, 此后 8 d 持续增幅至 162%, 而对照池 DO 值则持续下降, 在 10 d 降低 28%^[3]. 吉海平等^[4] 在成虾养殖中采用①每天投饵前 1 h 拌入 10% 的 PSB (菌液含量 ≥ 40 亿个/mL), 然后全池均匀投喂; ② 分期均匀洒入 10×10^{-6} PSB, 每 7~10 d 换水 1 次, 每次换水占池水总量的 20%, 换水后仍保持 PSB 浓度在 10×10^{-6} . 这两种净化水质的方法, 结果使试验池的平均 DO 含量分别比对照池增加了 6.27% 和 11.5%. 孙舰军等^[5] 在投饵中拌入饵料质量百分比为 0.5% 的 PSB, 投饵次, 每隔 5 d 换水 1/7, 每隔 10 d 加入 30 g 吸附剂, 结果试验池 DO 比对照池升高 17.9%.

以上研究表明 PSB 可以有效增氧, 在换水能力较差、水质条件恶化的关键时刻, 投放 PSB 对缓解养殖水体的缺氧无疑是非常有益的; 而 PSB 的增氧效果各不相同, 这不仅与投放量有关, 还与虾塘生态等其它因子有关.

(2) 对 pH 的调节. 水中 pH 过低时, 对虾对食物的吸收率大大下降, 对低氧的耐受力也减弱; pH 值过高时, 非离子态氨在总氨氮中所占的比例随之增大, 因而毒性加大. 而投放 PSB 试验表明, 有提高虾池 pH 值的作用: 在养殖初期, 试验池的 pH 稳定在 7.9~8.32 之间, 与自然海区的 pH 值 (8.05~8.35) 接近, 对照池 pH 值波动在 7.7~8.2 之间; 但养殖后期, 随着残饵排泄物等有机物的增加, 水环境变化很大, pH 值波动范围也大, 试验池 pH 为 7.95~9.15, 对照池为 7.7~8.9^[1]. 但投放 PSB 试验结果对池水 pH 的调节作用不明显^[4]. 因此, PSB 对虾池 pH 值的调节机制尚待进一步研究.

(3) 稳定水色和透明度. 引起水色透明度变化的因素有浮游生物、微生物、残饵、悬浮物、泥砂和有机物等, 但起主导作用的是浮游植物, 其优势种类的更替和丰度的波动对水色影响最大. 黄美珍^[3] 在养殖初期使用 PSB, 试验池水色均保持浅绿色, 透明度在 0.5~0.8 m, 而对照池水色有时浅褐有时浅绿; 养殖后期, 试验池透明度波动范围为 0.4~0.9 m (其中 0.5 和 0.6 m 出现的频率为 53%), 对照池 0.4~1.2 m (其中 1.0~1.2 m 出现的频率高达 31%). 崔竞进等^[6] 在对虾育苗生产中使用 PSB 后可使育苗池水透明度提高约 20 cm. 说明使用 PSB 后试验池的水色较稳定, 使水体中保持一定浓度的藻类, 可阻断太阳的辐射, 降低底层光度和水温, 为对虾提供隐避栖息场所, 同时良好水色的维持和稳定, 也是虾池生态系统平衡的重要标准. 但吉海平^[4] 的试验结果, 试验池和对照池在水色和透明度上均无明显变化, 这可能是由于虾池生态系统不同, PSB 投放量不同的缘故.

(4) 降低氨氮消除硫化氢和有机物. 氨氮是虾池中普遍存在的毒性物质, 在虾池中氨氮浓度随养殖时间的延续会不断升高, 即使在常换水的情况下也是这样. 氨氮浓度不仅在高浓度时对虾体有致死作用, 即使在安全浓度范围内对虾体的生理功能也有显著影响, 如增加对虾的氧耗, 阻碍其氨排泄, 降低其 ATPase 活性, 破坏其渗透调节能力, 更重要的是对虾在氨氮的胁迫作用下, 其抗病力下降, 对病原的易感性增加, 疾病更易发生. 硫化氢对对虾也有毒性作用. 使用 PSB 可显著降低氨氮、COD、BOD 和消除 H_2S 等毒害物质. 如刘文华等^[3] 用 PSB 净化水质的试验表明: 试验期间施用 PSB 的虾池, 能降低或基本保持低值的氨氮水平, 试验池施用 PSB 后, 约 2 d 能使水中硫化物和 COD 值大幅度下降 (分别为 82% 和 34%), 硫化物含量 4~6 d 后基本测不出. 孙舰军等^[2] 的研究表明, 施用 PSB 和吸附剂后, 试验池的氨氮和 COD 分别比对照池降低 47.8% 和 25.4%. 黄美珍等^[2] 用 3

~50 mL/t PSB 处理虾池水质, 结果试验池的氨氮平均值比对照组降低 16%~19%, COD 降低 5%.

3.2 利用 PSB 作为对虾饵料

PSB 富含蛋白质、维生素、辅酶 Q 以及光合色素, 作为饵料添加剂, 可显著提高动物的存活率和增长率, 增强抗病力. 应用 PSB 投喂虾, PSB 菌液浓度为 10~20 亿个/mL, 每隔 10 d 投喂, 施用量 67.5~78.5 kg/hm², 40.2 万尾 1.2~2.0 cm 的斑节对虾苗, 育苗 110 d 后, 总产 4 050 kg, 成活率 44.5%, 每 hm² 盈利 12 477 万元. 又有人用 PSB 喂斑节对虾苗, 投喂细胞量为 1 亿个/mL, 投喂量 5 mL/d, 池水为 10 m³, 1 个月后收获仔虾, 投喂 PSB 池出苗率 50.06%, 对照池为 30.05%, 出苗率提高了 66.7%. 用 PSB 喂对虾苗每 5 d 按 45 kg/hm² 泼洒 PSB, 虾投放密度为 3 000~4 875 万尾/hm², 结果试验池虾苗平均长度比对照池提高了 17.4%, 成活率提高了 111%; 用 PSB 喂成虾, 投入量为干饲料的 10%, 每 7 天按 150 kg/hm² 泼洒 1 次, 38 d 后试验池成活率比对照池提高了 72.2%~117%^[11]. 用 PSB 培育脊尾白虾苗, 幼体的成活率比对照组提高约 50%^[12]; 用 PSB 养殖长毛对虾, 结果试验池的对虾成活率比对照池高 23.0%, 饵料效率比对照池提高 15.7%, 平均每 hm² 产量 3 150 kg, 比对照池 (1 425 kg) 增产 121%, 每 hm² 纯利比对照池增收 2 588 万元^[2]. PSB 用于对虾育苗的幼体普遍比对照池的胃肠饱满, 且拖便较多; 而在幼体处于溞状 III 期转糠虾 I 期时, 其变态率比对照池高出近 3 倍, 变态时间提早 1 d, 且幼体挂脏率降低 50%; 由糠虾发育至仔虾时, 试验池的虾数比对照池高出近 1 倍, 最终试验池仔虾数比对照池多出百万尾, 且个体大、健壮、均匀^[9].

PSB 作为对虾饲料之所以可以增产增重, 主要原因是 PSB 营养丰富, 蛋白质含量高, 18 种氨基酸成分齐全, 且富含生物活性物质, 这些物质能显著促进动物生长发育, 如 B 族维生素, 其中 B₆ 能提高动物对蛋白质的消化率和对氨基酸的吸收率, B₁₂ 与叶酸能促进胆碱与核酸的合成, 这些都能促进虾体生长.

3.3 利用 PSB 防治虾病

PSB 可有效防止细菌、真菌类感染, 能抑制其它有害菌群及病毒的生长, 防治虾类疾病. 将 PSB 拌入饵料喂虾, 结果对虾的酚氧化酶 (PO) 活力, 超氧化物歧化酶 (SOD) 活力、溶菌活力和抗病活力分别比对照组高 14.0%~102.2%^[3], 血细胞数目高 67.2%; 用 PSB 防治斑节对虾病害, 由于 PSB 能净化水质、恶化病原体繁衍条件, 因而增强对虾抗病能力, 有效预防斑节病害, 并对早期轻病对虾有一定的治疗作用^[7]. 浙江温岭市^[11] 上马 12 号塘, 用 PSB 喂中国对虾苗, 在周围成片虾发病死亡时, 对虾生长正常, 色泽好, 肠胃饱满, 用 PSB 及中草药饵防病, 效果良好. 后停用配饵、换水, 对虾发病, 陆续死亡. 养殖水体添加 PSB 后, 池水中 PSB 数量增加, 而弧菌和发光细菌数量减少, 表明了 PSB 具有调节养殖环境微生态系的作用^[13].

PSB 之所以能够抗病毒, 与其体中含有参与糖、脂蛋白质代谢的重要辅酶—维生素 H、与呼吸作用有关的辅酶 Q、参与蛋白质代谢的多种酶的辅酶成分 B₆、参与碳的转移, 促进具有吞噬异物功能的血细胞成熟的叶酸和能消除生物体内的自由基起防病效果具有抗氧化和抗病变作用的类胡萝卜等色素有关^[10, 14].

4 结语与展望

(1) PSB 在对虾养殖中的应用报道已不少, 但仍有许多问题须进一步明确, 如 PSB

作为饲料添加剂的最适比例是多少;施用中是选用单一高效菌株还是几种菌株混合效果最佳;PSB 的用量以及使用时间是越多越好,还是间断性使用好,在对虾不同生长期内有怎样的相应变化,才能达到少量多效等等.

(2) 迄今,PSB 的应用主要是游离的体细胞,游离细胞在换水条件下易被水流冲走,难以长期稳定发挥功能,故应采用固定化技术,今后应开展 PSB 固定化及其功能特性研究^[15].

(3) 为使 PSB 在水产养殖中得以广泛应用,朱励华等^[19]采用尼龙大棚三级培养工艺生产了 12 t 高质菌液并提供成本低廉、易推广的制备方法.在“以菌治理生境”的生态养殖业中越来越被人们所认识和接受的今天,应加快 PSB 质优价廉生产技术的研发.

参考文献:

- [1] 马述法,等.光合细菌在对虾生产中应用试验报告[J].中国水产,1989(7):32~33.
- [2] 黄美珍,等.光合细菌在对虾养殖生产中应用研究[J].福建水产,1996(1):27~34.
- [3] 刘文华,等.光合细菌净化对虾养殖水质的研究[J].台湾海峡,1997,16(4):455~457.
- [4] 吉海平,陈金山.光合细菌在净化水质中的应用试验研究[J].生物工程进展,1998,18(2):29~32.
- [5] 孙舰军,丁美丽.改善虾池环境增强中国对虾抗病力的研究[J].海洋通报,1999(1):3~5.
- [6] 崔竞进,等.光合细菌在对虾育苗生产中的应用[J].青岛海洋大学学报,1997,27(2):191~194.
- [7] 韦受庆.江合细菌防治斑节对虾病害的作用[J].海洋通报,1997,16(3):92~96.
- [8] 朱章玉,等.光合细菌的研究及其应用[M].上海:上海交通大学出版社,1991.
- [9] 金森正雄.光合细菌の菌体成分[J].发酵と工业,1978,36(1):934~940.
- [10] 李秀珠,等.海洋光合细菌的分离培养研究[J].福建水产,1993(2):14~18.
- [11] 吉海平,李君.光合细菌应用动态[J].生物工程进展,1997,17(4):46~50.
- [12] 黄美珍,李秀珠.光合细菌——新的饵料蛋白质资源[J].福建水产,1991(增):20~22.
- [13] 倪纯治,等.光合细菌对养殖水体的生态调控作用[J].台湾海峡,1997,16(3):265~269.
- [14] OKIMASU E, et al. The effect of pigments of Rhodo factor Capsulatus on free radical and application of the bacterium ad feed to fish larval[J]. Bull Jap Soc Sci Fish, 1992, 58(8): 1487~1491.
- [15] 战培荣,等.光合细菌固定化及其净化养鱼水质的研究[J].水产学报,1997,21(1):97~100.
- [16] 朱励华,等.海洋光合细菌生产性培养技术研究[J].浙江水产学院学报,1998,17(1):6~12.

Photosynthetic Bacteria and Its Application to Shrimp Mariculture

*
ZHENG Ai-rong

Abstract: It were introduced that the ecological characterization, the biochemical composition, the separation and culture method of photosynthetic bacteria and the application of photosynthetic bacteria in purity water quality, taking as bait and disease prevention.

Keywords: photosynthetic bacteria; shrimp mariculture; purity water quality; bait; disease prevention

* Department of Oceanography, Xiamen University, Xiamen 361005, China