

微生物学报 *Acta Microbiologica Sinica*
49(3) 331-336; 4 March 2009
ISSN 0001-6209; CN 11-1995/Q
<http://journals.im.ac.cn/actamicrocn>

不产氧光合细菌光合色素的光氧调控机制

岳慧英¹, 黄潇¹, 赵春贵¹, 杨素萍^{1,2*}, 曲音波³

(¹ 山西大学生命科学与技术学院, 化学生物学与分子工程教育部重点实验室, 太原 030006)

(² 华侨大学生物工程与技术系, 厦门 361021)

(³ 山东大学微生物技术国家重点实验室, 济南 250100)

摘要:【目的】为不产氧光合细菌光合色素研究提供可行的较系统规范的研究方法和数据, 揭示固氮红细菌 (*Rhodobacter azotoformans* 134K20) 光合色素光氧适应性机制。【方法】采用光谱法和色谱法对光和氧调控下的类胡萝卜素和细菌叶绿素合成代谢进行了研究。【结果】134K20 菌株光照好氧时细胞得率最高。光照厌氧时主要合成 3 黄、1 红、1 紫、2 绿、2 蓝 9 种色素, 黄色素大量表达。有氧时红色素大量表达, 且启动 2 种新的红色素和 1 种新的紫色素表达, 而黄色和蓝绿色素则受氧抑制。黑暗好氧主要合成 2 黄、3 红、2 紫、1 绿、1 蓝 9 种色素, 但不同于光照厌氧。光照好氧时黄色素减少到 1 种, 紫色素含量增加, 其余同黑暗好氧。【结论】固氮红细菌 (*Rhodobacter azotoformans* 134K20) 是通过 PpsR 调节途径来调节光合基因表达的。黄色和红色素属于类胡萝卜素。黄色素 1 属于球形烯系列, 其余两种黄色素是新的类胡萝卜素组分。红色素为新的球形烯酮组分, 3 种红色素极性、峰形和峰位差别显著, 正己烷能显示其精细结构。紫色为极性较大的细菌脱镁叶绿素, 绿色和蓝色为 4 种极性不同的细菌叶绿素 a 中间产物。乙醚甲醇法适合类胡萝卜素的提取, 丙酮甲醇冰冻研磨法能快速有效完全提取光合色素。溶剂效应可有效鉴别细菌叶绿素 a 中间产物。

关键词: 不产氧光合细菌, *Rhodobacter azotoformans*, 类胡萝卜素, 细菌叶绿素, 光和氧

中图分类号: Q935 **文献标识码:** A **文章编号:** 0001-6209 (2009) 03-0331-06

不产氧光合细菌一直是光合作用研究的良好模式生物。20 世纪 80 年代光合作用研究取得重大突破, 自此, 从不产氧光合细菌中获得光合作用单元—色素蛋白复合体晶体结构并对其进行解析成为世界各国科学家研究焦点。近年来, 色素蛋白复合体中能量传递的分子机制和原初反应动力学等研究取得了可喜研究成果^[1-8], 这对光合作用这一重大生命科学现象的阐明起到了积极推动作用, 现仍是国际关注热点。目前研究种类主要集中在紫色非硫细菌。众所周知, 紫色非硫细菌是高度异质化类群, 代谢方式灵活多样, 尤其是模式生物—红杆菌属

(*Rhodobacter*), 光合机构受环境因素影响较大, 目前报道大多来自某种条件下的研究结果, 不能真实体现其适应环境的多种生命活动规律。光和氧是影响光合基因包括光合色素和光合蛋白基因的主要因子, 现有光氧调控报道大多是色素总量水平的结果, 缺乏各组分变化规律研究。此外, 不产氧光合细菌光合色素种类及其理化性质报道较少, 定性数据还很缺乏。我们在对固氮红细菌 (*Rhodobacter azotoformans* 134K20, EU883587) 色素蛋白复合体研究中发现, 该菌株的色素蛋白复合体具有多样性, 与文

基金项目: 国家科技基础条件平台建设项目(2005DKA21209); 国家自然科学基金(30470044); 国家留学基金(24814010); 山西省回国留学人员科研资助项目(200713); 太原市科技明星专项(08121022)

* 通信作者。Tel: +86-592-6166178; yangsuping@sxu.edu.cn; yangsuping@hqu.edu.cn

作者简介: 岳慧英(1982-), 女, 山西忻州人, 硕士研究生, 研究方向为资源与环境微生物。

收稿日期: 2008-10-05; 修回日期: 2008-12-05

献报道不同(另文发表)。该菌株除在光照厌氧或微好氧条件下能合成光合色素外,在饱和氧分压(黑暗或光照)条件下也能合成多种光合色素。本文拟通过光氧调控类胡萝卜素和细菌叶绿素生物合成代谢规律的研究,阐明不产氧光合细菌光合色素光氧适应性调控机制,为不产氧光合细菌色素蛋白复合体结构和功能多样性分析提供了一定的参考依据,丰富光合作用研究内容,同时也为光合色素研究提供一种可行系统和较规范的研究方法,在溶解性、极性和特征性吸收峰等方面丰富红细菌属(*Rhodobacter*)光合色素数据库,为其鉴定和进一步研究奠定基础。

1 材料和方法

1.1 材料

1.1.1 菌株: *Rhodobacter azotoformans* 134K20, 16S rDNA 序列 GenBank 登录号 EU883587, 本实验室分离鉴定保存。

1.1.2 培养基: 本研究中使用的培养基均参照文献[9]配制。

1.1.3 主要试剂仪器: GR22G 高速冷冻离心机(Hitachi), U-2010 紫外可见分光光度计(Hitachi), HPG-280B 光照培养箱(哈尔滨东联电子开发公司), 生物学显微镜 OLYMPUS CK x41 和 CH-30, 乙酸钠(国产 AR), L-谷氨酸(Amresco)。

1.2 培养条件

光照厌氧采用 600 mL 玻璃瓶, 1% 接种后用培养基充满培养瓶, 再用反口橡皮塞密封, 3000 lux 30℃ 光照静置培养。黑暗好氧和光照好氧用 500 mL 三角瓶, 装样量 190 mL, 醋酸纤维膜封口, 150 r/min, 30℃ 下分别黑暗和光照摇床培养。

1.3 形态观察

OLYMPUS CH-30 和 CK x41 生物学显微镜观察细胞形态大小, 肉眼观察液体培养物颜色和固体平板菌落形态特征。

1.4 细胞生物量和吸收光谱测定

细胞生物量的测定是离心收集培养 7 d 的菌体, 称取其湿重。活细胞吸收光谱的测定是离心收集培养 7 d 的菌体, 无菌生理盐水洗涤两次, 悬浮于 60% 蔗糖溶液中, 于 U-2010 紫外可见分光光度计上扫描, 扫描范围为 200~1000 nm, 光程为 1 cm 的石英比色皿。

1.5 光合色素薄层层析^[10]

光合色素用硅胶 G 薄板展层分离纯化, 记录 R_f 值。刮取硅胶 G 薄板上色素斑点溶于有机溶剂, 于

U-2010 紫外可见分光光度计上扫描, 扫描范围为 200~1000 nm。光程为 0.2 cm 的石英比色皿。

2 结果和讨论

2.1 细胞形态和培养特征

在光氧调控下, 134K20 菌株能光照厌氧、黑暗好氧和光照好氧生长, 所有培养条件下的细胞均为卵圆形, 直径 0.8~1.2 μm, 二分裂, 内有颗粒, 运动, 说明该菌株细胞形态不受光和氧的影响, 但培养物颜色却有明显区别, 光照厌氧条件下为黄绿色, 完全饱和氧分压下, 无论光照还是黑暗, 培养物颜色均为粉红色。

2.2 光和氧对细胞生物量的影响

光照好氧培养物细胞得率最高, 约 9.09 g 湿菌体/L, 其次为黑暗好氧(8.83 g/L), 光照厌氧培养物细胞得率较低, 约 3.16 g/L。

2.3 光和氧调控下色素蛋白复合体的表达

在不产氧光合细菌活细胞中, 光合色素包括类胡萝卜素和细菌叶绿素往往是和蛋白质结合在一起, 因此活细胞吸收光谱显示的是色素蛋白复合体的特征性吸收峰。结果表明(图 1), 光照厌氧下, 光合色素吸收峰明显, 特征性吸收峰为 380、419、479、512、550、591、803、855 和 877 nm。黑暗好氧条件, 显示 419、803、855 和 877 nm 吸收峰。光照好氧条件下, 只显示 877 nm。

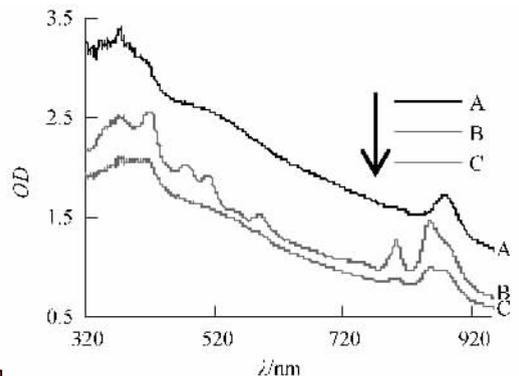


图 1 *Rhodobacter azotoformans* 134K20 活细胞吸收光谱
Fig. 1 Living cells absorption spectra of strain 134K20 in different culture condition. A: aerobically in the light. B: anaerobically in the light. C: aerobically in the dark.

2.4 光氧调控下的光合色素组分分析

图 1 反映的是光合色素的综合或者叠加效应, 不能体现其表达类型和含量, 为此, 我们用有机溶剂提取法和薄层色谱法对光合色素进行了分离和纯化。结果表明, 乙醚甲醇(3:1, V/V)法适合类胡萝卜素的提取, 不太适合细菌叶绿素完全提取。采用

丙酮甲醇(7:2, V/V)冰冻研磨方法能快速有效完全提取光合色素。图2结果表明,光照厌氧时共显示9种色素成分,自上而下依次为黄1→红1→黄2→黄3→紫1→绿1→蓝1→蓝2→绿2,其中黄1、红1、黄3、紫1、蓝1、蓝2为主要光合色素组分。黑暗好氧有明显区别,红色素成为主要组分,多了2种红色和1种紫色,少了1条黄色、1条蓝色和1条绿色,也显示9种色素成分,自上而下依次为D黄1→D红1→D红2→D紫1→D黄2→D红3→D紫2→D绿1→D蓝1。光照好氧与黑暗好氧基本相同,尤其是红色素和紫色素,黄2消失。由此可见,厌氧时主要表达黄色和蓝色素组分,随氧分压提高,红色素成为主要成分,而且调控表达2种新的红色素和1种新的紫色素,蓝绿色素受到抑制,组分减少至两种。

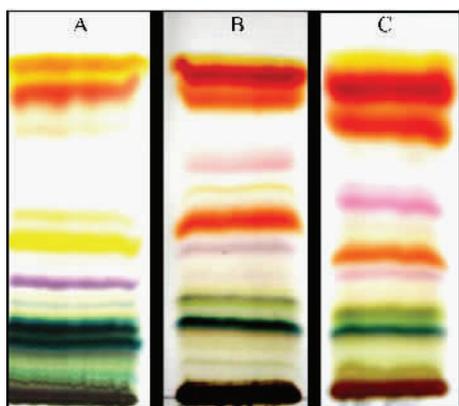


图2 光合色素薄层层析

Fig.2 Thin layer chromatograph of pigment extracts from strain 134K20. A: anaerobically in the light; B: aerobically in the dark; C: aerobically in the light.

2.5 光合色素组分的定性

图2显示,光和氧对光合色素的表达水平有明显影响,反映在表达类型和相对含量都存在差异,但是这些色带属于类胡萝卜素还是细菌叶绿素,尚需进行光谱学分析。但由于这些色素在不同溶剂中的光谱行为了解甚少,为此,我们测定了各色素在丙酮、甲醇、乙醇、石油醚、正己烷、乙醚、苯7种不同极性溶剂中的吸收光谱。

黄色素在光照厌氧、黑暗好氧和光照好氧条件下均表达,但厌氧条件下表达量高、种类多。表1和图3表明黄1易溶于丙酮、甲醇、乙醇、石油醚和苯,在乙醚和正己烷中溶解性较低,特征性吸收峰位于424~427nm、451~453nm、481~484nm,与球形烯酮相似^[11]。黄2色素仅在光照厌氧条件下表达,但因含量太低,未能获得结果。黄3也仅在光照厌氧条件下表达,甲醇和乙醇中溶解性较好,特征性吸收峰分

别为427~429nm、448nm、475~478nm,但乙醇中的吸收峰变为椭圆,与球形烯酮不同^[11],表明是新的类胡萝卜素组分。

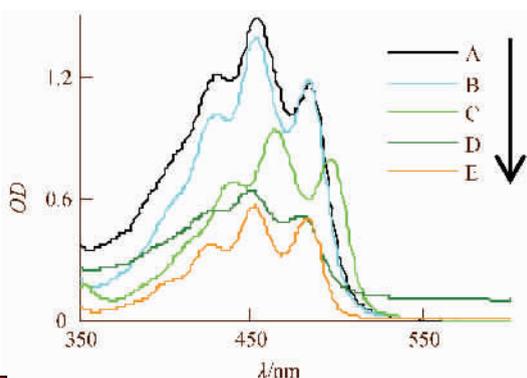


图3 光照厌氧条件下黄1在不同溶剂中的吸收光谱

Fig.3 Absorbance spectra of the 1st yellow spot on TLC dissolved in different solvent. A: acetone; B: ethanol; C: benzene; D: methanol; E: petroleum ether.

红1在光照厌氧、黑暗好氧和光照好氧条件下都表达,表达量光照好氧>黑暗好氧>光照厌氧。图4比较了3种培养条件下的红1吸收峰,结果表明光照厌氧时为466nm,光照好氧和黑暗好氧时为476nm,红移了约10nm。溶剂效应表明(表1),红1不溶于石油醚,其余都溶,红色随溶剂极性的降低逐渐加深,峰位由476nm红移到498nm。正己烷中峰形为三指峰,显示出其精细结构,峰位为452nm、480nm和512nm,红1色素吸收峰与球形烯酮不同^[12],是一种新的类胡萝卜素分子。

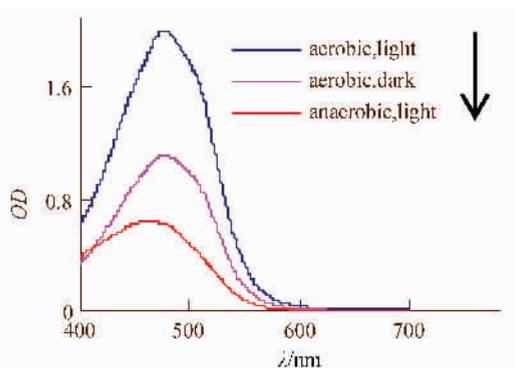


图4 不同培养条件下红1在丙酮中的吸收光谱

Fig.4 Absorbance spectra of the 1st red spot on TLC dissolved in acetone.

红2只在好氧条件下表达,不受光的调控,光照好氧和黑暗好氧时的吸收光谱峰形和峰位一样(表1)。溶剂效应及其峰位变化规律同红1,但红移更明显,属于极性较强的不同于球形烯酮的新的类胡萝卜素。

红3只在好氧下表达,光促进其表达。光照好

氧时峰位为 464nm 黑暗好氧红移到 469nm。溶剂效应表明(表 1)红 3 与前两种红色素有明显区别,完

全不溶于正己烷、石油醚和苯中,属于极性很强的新的类胡萝卜素。

表 1 类胡萝卜素在不同有机溶剂中的溶解性和最大吸收峰

Table 1 Absorption maxima (nm) of various carotenoids in different organic solvents from strain 134K20

Organic solvents	Carotenoids					
	Yellow 1	Yellow 3	Aerobic Red1	Anaerobic Red1	Aerobic Red2	Red3
Acetone	431 453 484		476	466	476	464
Methanol	429 449 479	428 448 478	477	475	481	482
Ethanol	429 453 484	428	479	482	483	479
Diethyl ether	427 453 484		479		476	476
Hexane	424 451 481		452 480 512		459 481 512	
Benzene	439 464 497		498	492	500	
Petroleum ether	427 452 483					

2.6 细菌叶绿素组分分析及性质

图 2 显示,紫色、蓝 1 和蓝 2 为主要细菌叶绿素(Bchl)。刮取光照厌氧层析板中的 5 种细菌叶绿素色带溶解于不同的有机试剂,结果表明,紫色、蓝色和绿色细菌叶绿素在丙酮、甲醇和乙醇中溶解性好,显示出特征性吸收峰(图 5 表 2),微溶于乙醚,不溶于苯、正己烷、石油醚,表明细菌叶绿素属于极性分子。

图 5-A 吸收光谱表明,紫色细菌叶绿素很稳定,在不同溶剂中吸收峰基本不变,特征性吸收峰为 358nm、520 ~ 524 nm、678 ~ 685 nm 和 750 ~ 753nm,表明是细菌脱镁叶绿素。

图 5-B 显示绿 1 和蓝 1 有 6 个吸收峰,蓝 2 和绿 2 有 5 个吸收峰,绿 1 有 519nm 吸收峰,其余差异表现在峰形、峰位和峰高相对比例上,尤其时最后一个峰位。绿 1、蓝 1、蓝 2 和绿 2 细菌叶绿素特征性吸收峰分别为 755 ~ 766 nm、761 ~ 767nm、758 ~ 770 nm 和 764 ~ 779nm,表明属于四种不同的细菌叶绿素 a,且随极性的减小,吸收峰逐渐红移。

绿 1 在丙酮中有 6 个特征性吸收峰,分别是 357 nm、383 nm、519 nm、576 nm、678 nm 和 761 nm,乙醇中 576 nm 明显红移 28 nm,6 个吸收峰分别是 362 nm、380 nm、524 nm、603 nm、684 nm 和 755 nm,甲醇中只有 5 个吸收峰,576 nm 红移 27 nm,519 nm 吸收峰明显消失,其余吸收峰发生 5 ~ 11 nm 的紫移。

蓝 1 在丙酮中有 361 nm、383 nm、510 nm、576 nm、678 nm 和 761 nm 6 个吸收峰,甲醇和乙醇的吸收光谱类似,均有 5 个吸收峰,576 nm 红移至 603 nm,510 nm 吸收峰消失。

蓝 2 有 5 个吸收峰,丙酮中分别为 360 nm、383 nm、575 nm、677 nm 和 767 nm,在甲醇和乙醇中,575 nm 红移了 30 nm,其余吸收峰也略有红移。

绿 2 在 3 种有机试剂里也有 5 个吸收峰,丙酮

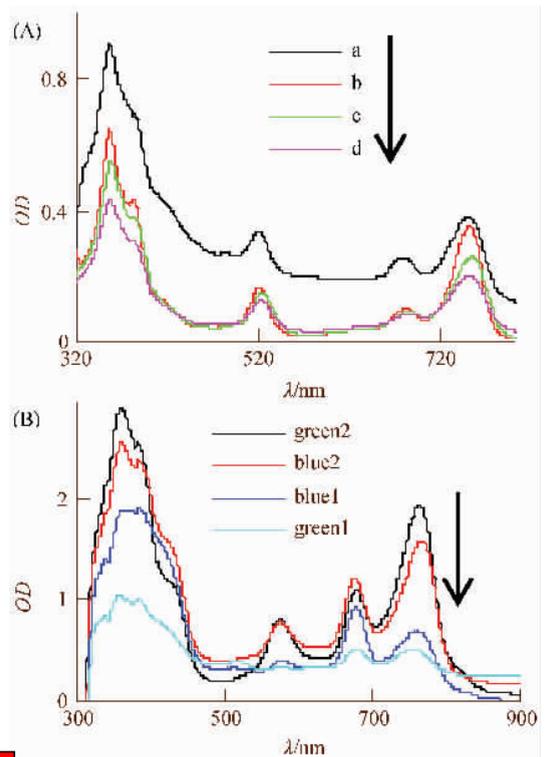


图 5 光照厌氧条件下紫色 Bchl (A) 和细菌叶绿素 (B) 的吸收光谱

Fig.5 Absorbance spectra of purple spot in 4 solvents (A) and blue and green spot in acetone (B). a: acetone; b: diethyl ether; c: ethanol; d: methanol.

中分别是 360 nm、382 nm、575 nm、678 nm 和 764 nm,似蓝 2,甲醇和乙醇中 575 nm 红移约 20 ~ 25 nm,764 nm 在甲醇中略有紫移,在乙醇中略有红移,其余吸收峰也略有红移。

3 讨论

上述结果表明,采用丙酮甲醇冰冻研磨法能快速有效完全提取光合色素,进一步采用薄层层析能有效分离纯化类胡萝卜素和细菌叶绿素,再依据文献中特征性吸收峰,利用光谱法就能对各色素进行

表2 细菌叶绿素在不同有机溶剂中的溶解性和最大吸收峰

Table 2 Absorption maxima (nm) of various Bchl in different organic solvents from strain 134K20

BChl.	Organic solvents		
	acetone	methanol	ethanol
purple	358 520 679 750	358 523 678 750	358 524 685 753
green 1	357 383 519 576 678 761	367 382 604 687 766	362 380 524 603 684 755
blue 1	361 383 510 576 678 761	368 382 603 689 767	371 383 603 685 765
blue 2	360 383 575 677 767	368 382 608 685 758	368 382 601 687 770
green 2	360 382 575 678 764	369 393 600 679 775	366 382 595 681 779

定性。此外,利用溶剂效应就可有效鉴别细菌叶绿素 a 中间产物,而不需要采用 HPLC。本研究为不产氧光合细菌光合色素分析提供了一条高效简便易行的研究方法。

薄层层析结果显示,无氧光照时黄色素大量表达,且合成另外 2 种新的黄色素,红色素合成受到一定抑制,完全饱和氧分压时,光合色素各个合成基因表达程度不同,黄色素合成受到一定程度抑制,而红色素合成基因则大量表达,且激活另外 2 种红色素和 1 种紫色素基因的表达,若同时给以光照还促进其表达量提高,而不是抑制其合成,上述研究结果表明, *Rhodobacter azotoformans* 134K20 菌株存在有区别于模式菌株 *Rhodobacter sphaeroides* 的新的类胡萝卜素合成途径,值得深入研究。研究还表明,氧比光对光合基因表达调控作用更为显著,在光和氧变化环境中,细胞可通过诱导合成不同类型的类胡萝卜素和细菌叶绿素及其色素蛋白复合体,并通过调整其含量和比例来适应相应环境。John 认为,当氧分压上升时, PpsR 调控蛋白会调节光合基因以促进色素表达,而 Bchl 的含量保持较低水平,以保护细胞避免光氧化杀伤^[13],由此表明, *Rhodobacter azotoformans* 134K20 菌株在完全饱和氧分压下也是通过 PpsR 调节途径来调节光合基因表达的。

BChla 研究早有报道,但多集中在总细菌叶绿素水平,较少涉及组分分析研究。最近 Harada 等对 *Rhodospseudomonas* sp. Rits 研究表明^[14],该菌株除含有植基细菌叶绿素 a (Phytylated BChla) 外,还积累另外 3 种细菌叶绿素 a 中间产物,包括二氢牻牛儿基牻牛儿基细菌叶绿素 a (Dihydrogeranylgeranylated BChla)、牻牛儿基牻牛儿基细菌叶绿素 a (Geranylgeranylated BChla) 和四氢牻牛儿基牻牛儿基细菌叶绿素 a (Tetrahydrogeranylgeranylated BChla),并证明这 4 种 Bchla 中间产物在其它紫细菌中普遍存在。由此推测, *Rhodobacter azotoformans* 134K20 也以此途径合成 4 种细菌叶绿素分子,我们的薄层层析结果也证实了这一点。Harada J 报道中没有提供这

4 种细菌叶绿素中间物的吸收峰数据,我们的研究结果丰富了这一研究内容。Harada J 还认为,由于 Bchla 中间产物和植基细菌叶绿素有相同的电子吸收光谱,光谱学方法难以将它们区分^[14],而我们研究表明,利用有机溶剂溶剂效应,可有效鉴别这 4 种细菌叶绿素中间产物。我们研究还表明,氧分压对 BChla 的中间产物的积累有较大的影响,可通过调节氧分压来获得不同特性的细菌叶绿素,这为细菌叶绿素的深入研究奠定了良好研究基础。

参考文献

- [1] Deisenhofer J, Epp O, Miki K, et al. X-ray structure analysis of a membrane protein complex—electron-density map at 3Å resolution and a model of the chromophores of the photosynthetic reaction center from *Rhodospseudomonas viridis*. *Journal Molecular Biology*, 1984, 180: 385–398.
- [2] Allen JP, Feher G, Yeates TO, et al. Structure of the reaction center from *Rhodobacter sphaeroides* R-26: the protein subunits. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 1987, 84: 6162–6166.
- [3] Roszak AW, Howard TD, Southall J, et al. Crystal structure of the RC-LHI core complex from *Rhodospseudomonas palustris*. *Science*, 2003, 302: 1969–1972.
- [4] Koepke J, Hu XC, Muenke C, et al. The crystal structure of the light-harvesting complex II (B800-850) from *Rhodospirillum molischianum*. *Structure*, 1996, 4: 581–597.
- [5] MacDermott GSM, Prince A, Freer, et al. Crystal structure of an integral membrane light—harvesting complex from photosynthetic bacteria. *Nature*, 1995, 374: 517–521.
- [6] Fotiadis D, Qian P, Philippsen A, et al. Structural analysis of the reaction center light harvesting complex I photosynthetic core complex of *Rhodospirillum rubrum* using atomic force microscopy. *Journal of Biological Chemistry*, 2004, 279: 2063–2068.
- [7] 冯娟,王千,张旭加. 光合细菌 *Rhodospseudomonas palustris* 捕光天线 LH2 中类胡萝卜素分子间三重态能量传递的光谱学证据. 中国科学(B 辑 X *Science in China*), 2003, 33(5): 385–396.

- [8] 刘伟民, 刘源, 徐春和, 等. 紫细菌 *Rb. sphaeroides* 601 外周捕光天线 LH2 B800 吸收带的超快动力学研究. 物理学报 (*Acta Physica Sinica*), 2006, 55 (9): 4472 - 4477.
- [9] 杨素萍, 赵春贵, 曲音波, 等. 铁和镍对光合细菌生长与产氢的影响. 微生物学报 (*Acta Microbiologica Sinica*), 2003, 43 (2): 257 - 263.
- [10] 赵军, 连建科, 赵春贵, 等. 产氢红杆菌类胡萝卜素突变株诱变和筛选. 微生物学通报 (*Microbiology*), 2008, 35 (1): 78 - 81
- [11] Scolnik PA, Walker MA, Marrs BL. Biosynthesis of carotenoids derived from neurosporene in *Rhodospseudomonas capsulata*. *The Journal of Biological Chemistry*, 1980, 255 (6): 2427 - 2432.
- [12] Harashima K, Nakada H. Carotenoids and ubiquinone in aerobically grown cells of an aerobic photosynthetic bacterium, *Erythrobacter* species OCh 114. *Agricultural and biological chemistry* 1983, 47 (5): 1057 - 1063.
- [13] Pemberton JM, Horne IM, McEwan AG. Regulation of photosynthetic gene expression in purple bacteria. *Microbiology*. 1998, 144 : 267 - 278.
- [14] Harada J, Mizoguchi T, Yoshida S, et al. Composition and localization of bacteriochlorophyll a intermediates in the purple photosynthetic bacterium *Rhodospseudomonas* sp. Rits. *Photosynthesis research*, 2008, 95 : 213 - 221.

Regulation mechanism of photopigments biosynthesis via light and oxygen in *Rhodobacter azotoformans* 134K20

Huiying Yue¹, Xiao Huang¹, Chungui Zhao¹, Suping Yang^{1, 2*}, Yinbo Qu³

(¹School of Life Science and Technology, Key Laboratory of Chemical Biology and Molecular Engineering of Ministry of Education, Shanxi University, Taiyuan 030006, China)

(²Department of Bioengineering and Biotechnology of Huaqiao University, Xiamen 361021, China)

(³State Key Laboratory of Microbial Technology, Shandong University, Jinan 250100, China)

Abstract : [**Objective**] To provided a reliable and sensitive method and a series of specific absorption spectra data of different carotenoids and bacteriochlorophylla in anoxygenic phototrophic bacteria, and reveal mechanism of regulation of photosynthetic pigments by light and oxygen in *Rhodobacter azotoformans* 134K20. [**Methods**] The metabolic diversity of photopigments regulated by oxygen and light was investigated by means of UV-VIS spectra and thin layer chromatography. [**Results**] The highest cell yield of strain 134K20 was obtained under aerobic conditions in the light. Nine types of photopigments including three yellow pigments, one red pigment, one purple pigment, two green pigments, and two blue pigments were synthesized, and yellow pigments synthetic genes were expressed on the higher level anaerobically in the light. Under aerobic conditions, the synthetic genes of two new red and one new purple pigment were triggered and expressed on the higher level, but the biosynthesis of yellow, blue and green pigments were inhibited by oxygen, another nine pigments including two yellow pigments, three red pigments, two purple pigments, one green pigment, and one blue pigment were synthesized. One yellow pigment was only produced in dark aerobic culture, the other pigments were the same as in dark aerobic cultures. [**Conclusion**] PpsR photopigment suppression regulation system regulated expression of photosynthetic genes via light and oxygen in *Rhodobacter azotoformans* 134K20. The yellow and red pigments belong to carotenoid series. The first yellow pigment belongs to spheroidene series. The other two yellow pigments are new carotenoids. Yellow pigments are capable of dissolving in different organic solvents. Red pigments belong to new spheroidenone series. The three red pigments are different in polarity, peak shape and peak value. Fine structures of red pigments only are appeared in hexane. The purple pigments with polarity are identified as bacteriopheophytins. The blue and green pigments are four kinds of bacteriochlorophyll a intermediates. Diethylether and methanol is suitable for carotenoids extraction. The identification of bacteriochlorophyll a intermediates can be easily performed by polarity analysis.

Keywords : *Rhodobacter azotoformans*; carotenoids; bacteriochlorophyll; oxygen and light; regulation

(本文责编 : 王晋芳)

Supported by the National Infrastructure of Natural Resources for Science and Technology (2005DKA21209), the National Natural Science Foundation of China (30470044), the China Scholarship Council (24814010) and the Returning-back Scholarship of Shanxi Province (200713), Star Special Project of Bureau of Science and Technology of Taiyuan (08121022).

* Corresponding author. Tel : + 86-592-6166178 ; E-mail : yangsuping@hqu.edu.cn, yangsuping@sxu.edu.cn

Received : 5 October 2008 / Accepted : 5 December 2008