

研究简报

褐藻裙带菜光系统I的能量传递特性

李爱芬¹ 段舜山¹ 陈 敏² 宫宝安² 周百成³

(1. 暨南大学水生生物研究中心, 广州 510632; 2. 烟台大学生物化学系, 烟台 264005; 3. 中国科学院海洋研究所, 青岛 266071)

THE CHARACTERISTICS OF ENERGY TRANSFER IN PS I FROM BROWN ALGAE *UNDARIA PINNATIFIDA*

LI AiFen¹, DUAN ShunShan¹, CHEN Min², GONG Bao-An² and ZHOU BaiCheng³

(1. Research Center of Hydrobiology, Jinan University, Guangzhou 510632; 2. Department of Biochemistry, Yantai University, Yantai 264005;

3 Institute of Oceanology, The Chinese Academy of Science, Qingdao 266071)

关键词: 褐藻; 光系统I (PSI); 色素蛋白复合物; 能量传递

Key words: Brown algae; Photosystem I; Pigment protein complex; Energy transfer

中图分类号: Q946 文献标识码: A 文章编号: 1000-3207(2003)02-0214-003

高等植物的PSI复合物在77K条件下有730nm长波发射峰, 这个荧光峰是PSI的重要表征。近20年来, 在褐藻PSI复合物荧光发射光谱的研究报道中, 都没有观察到730nm的荧光峰。最近, 测定了8种褐藻叶状体和4种褐藻完整叶绿体的77K荧光发射光谱, 结果证实褐藻叶状体和叶绿体的荧光发射光谱中都没有730nm发射峰^[1]。采用癸基-N-甲基葡萄糖胺(DMG)增溶3种褐藻的类囊体膜, 经聚丙烯酰胺凝胶电泳分离PSI复合物, 结果它们的77K荧光发射光谱完全相同, 有两个分别位于680nm和715nm的荧光峰^[2]。作为对比材料菠菜的PSI复合物的77K荧光发射光谱同以往报道的高等植物结果完全一致, 730nm发射主峰十分明显^[3]。说明褐藻PSI复合物确实没有作为高等植物PSI表征的730nm荧光峰。根据前人的研究结果, 褐藻PSI复合物的这种荧光特异性可能具有普遍性。表明其PSI复合物在结构组成和能量传递等方面与高等植物不同。

1 材料与方法

1.1 材料 褶带菜(*Undaria pinnatifida*)采自烟台金沟寨低潮带石沼。

1.2 叶绿体和类囊体膜的提取分离 按文献[4]的方法进行, 分离介质为pH8.0的50mmol/L的Tris硼酸溶液, 类囊体

膜悬浮液为50mmol/L的Tricine溶液(pH8.0)。

1.3 PSI复合物的分离和荧光发射光谱的测定 按李爱芬^[5]的方法进行。

2 结果

2.1 褐藻PSI复合物的组成

裙带菜类囊体膜用2%的DMG(DMG/Chl=20:1)增溶1h, 经12000r/min离心15min, 悬浮液经PAGE分离到2条PSI复合物, 其中第一条为分子量较大的CPI a, 第二条为CPI b。将分离得到的PSI复合物用蛋白处理液室温下处理30min, 采用Laemmli的方法分析多肽组成, 结果表明CPI a和CPI b都含有表观分子量为66KD的多肽, 其中分子量较大的Chla还含有属于PSI捕光色素蛋白复合物组分的20KD多肽。该结果与前文^[4]报道一致。

2.2 DMG浓度对褐藻F715发射的影响

采用不同浓度的DMG增溶裙带菜类囊体膜, 使DMG/Chl为10:1, 15:1, 20:1和30:1, 在4℃条件下增溶1h, 电泳后测定PSI复合物的低温荧光发射光谱, 如图1所示。在低浓度条件下, 如DMG/Chl为10:1时, CPI a没有明显的F715发射峰, CPI b的F715发射峰也很低。随着DMG浓度的提高, CPI a和CPI b的F715发射峰明显升高。同时CPI a和CPI b

收稿日期: 2001-06-20; 修订日期: 2002-09-12

基金项目: 山东省教育厅基金项目(Y99D2)资助

作者简介: 李爱芬(1963—), 女, 山东昌邑市人; 博士; 暨南大学水生生物研究中心副教授, 主要从事藻类光合作用与生物技术研究。中国科学院植物研究所光合作用研究中心张群、冯丽洁同志协助光谱测定, 特此致谢

的电泳迁移变大。说明当PSI复合物中20KD的捕光组分脱落,分子量变小时,F715增强,荧光发射峰升高。

2.3 增溶时间对褐藻F715发射的影响

采用一定浓度DMG,使DMG:Chl为15:1,在4℃条件下增溶裙带菜类囊体膜,增溶时间为10min、30min、1h、10h。电泳后测得PSI复合物的低温荧光发射光谱如图2。从图2

看出,裙带菜PSI复合物的F715发射与DMG的增溶时间有关。例如,增溶时间为10min时,CPI a的F715发射峰不明显,CPI b的F715发射峰也较低。随着DMG增溶时间的延长,裙带菜PSI复合物F715发射峰明显升高。增溶时间超过1h以上,F715峰高不再升高。还从实验中观察到,随增溶时间的延长,CPI a和CPI b的电泳迁移率增大,说明复合物

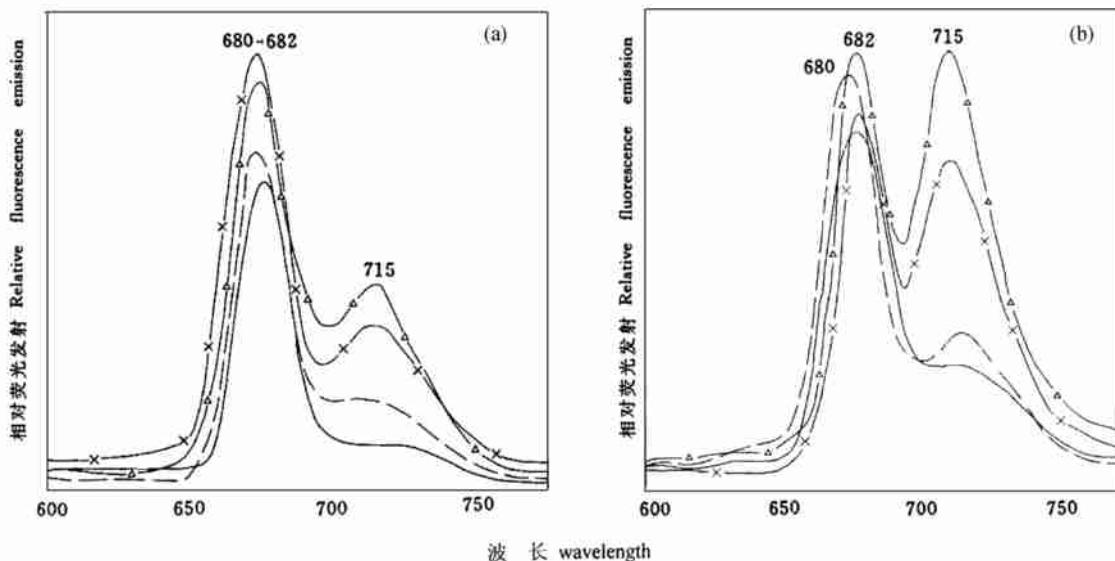


图1 DMG与Chl浓度比对裙带菜CPI a(a)和CPI b(b)荧光发射光谱的影响(激发波长为436nm)

Fig. 1 Effect of the ratio between DMG and chlorophyll concentrations on fluorescence spectra of CPI a (a) and CPI b (b) from *Undaria pinnatifida* (The wavelength of excitation light was 436nm)

—10:1; - - -15:1; - × - × -20:1; - △ - △ -30:1

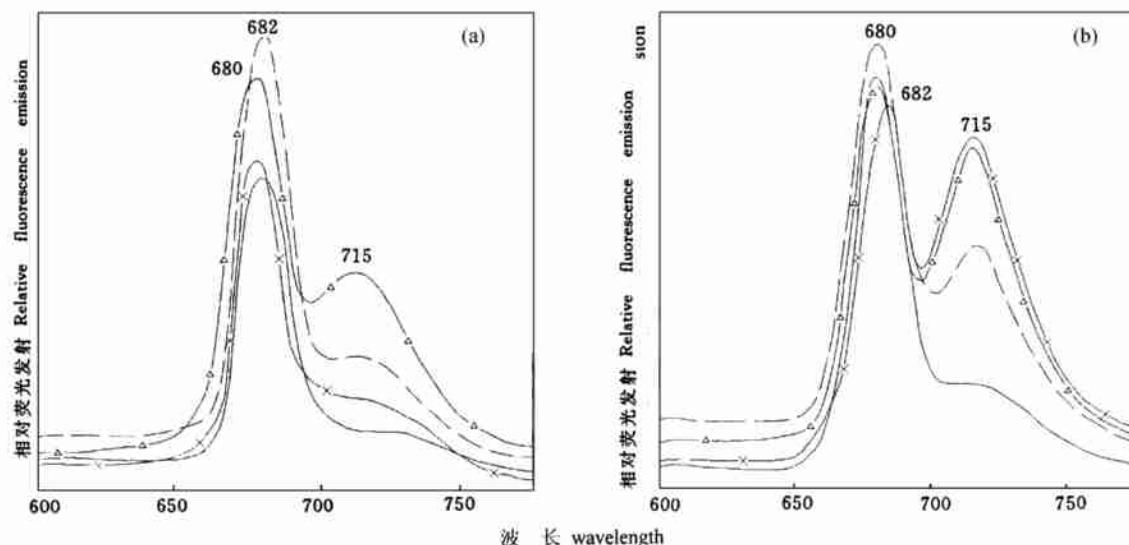


图2 DMG增溶时间对裙带菜CPI a(a)和CPI b(b)荧光发射光谱的影响(激发波长为436nm)

Fig. 2 Effect of DMG solubilizing time on fluorescence spectra of CPI a (a) and CPI b (b) from *Undaria pinnatifida* (The wavelength of excitation light was 436nm)

—10min; - × - × -30min; - - -1h; - △ - △ -10h

分子量变小时, F715 峰升高, 增溶时间超过 1h, 复合物迁移率和 F715 峰高度基本保持不变。

3 讨论

在裙带菜等 3 种褐藻的 PSI 复合物中, 分子量较小的 CPI 组分 F715 峰明显比 CPI a 高^[2]。裙带菜 CPI a 和 CPI 的多肽组成分析结果表明: F715 发射峰较低的 CPI a 组分, 除了含有 66KD 多肽外, 还含有 20KD 多肽。后者与高等植物的 LHCI 相对应。而 F715 发射峰较高的 CPI 组分, 只含有 66KD 的多肽, 没有 20KD 的多肽组分。因此, 可以初步推断裙带菜 PSI 复合物的 F715 发射峰是来自其核心复合物, 而不是 PSI 复合物中的 20KD 多肽。另一方面, 根据上述 DMG 浓度和增溶时间对 F715 影响的观察, 尽管 PSI 复合物上的 20KD 多肽与 F715 发射无关, 但它与 F715 的荧光强度有关, 当这一 LHCI 组分脱落时, PSI 核心复合物的 F715 荧光才充分显现出来。

高等植物的 PSI 复合物是由 CCI 和 LHC I 组成, CCI 的低温荧光发射峰位于 720—725nm^[6], LHC I 组分中 LHC I a 的荧光发射峰位于 680—690nm, LHC I b 位于 730nm。Bassi 等根据有关的研究结果, 于 1990 年提出了高等植物 PSI 复合物的能量传递模式。他们认为在高等植物 PSI 复合物中, 能量传递顺序为 LHC I a 接受 LHC II 吸收的光能, 传递给 LHC I b, 由 LHC I b 将能量传递给 CCI。通过裙带菜 PSI 复合物的低温荧光发射光谱分析结果, 即褐藻 CPI 和 CPI a 的 77K 荧光的 715nm 峰和 680nm 峰的相对高度关系逆转和去污剂增溶动力学分析, 认为 715nm 荧光发射峰来源于核心复合物, 而随着 CPI a 中捕光色素蛋白复合物和 20KD 多肽的减少, 680nm 荧光发射峰降低, 推论 680nm 荧光发射峰来源于 PSI 的捕光色素蛋白复合物组分。与高等植物 PSI 复合物的低温荧光发射相比, 作者认为裙带菜等褐藻缺少 730nm 荧光发射峰的主要原因, 是褐藻 PSI 复合物中缺少高等植物发射 730nm 荧光的 21KD 多肽, 即 LHC I b。由此提出褐藻 PSI 复合物的结构和能量传递模型(图 3)。但至今还没有分离到褐藻的 LHC I, 直接进行光谱测定的多肽组成分析, 因此, 这种 680nm 荧光峰同 20KD 多肽的直接关系还有待进一步证实。

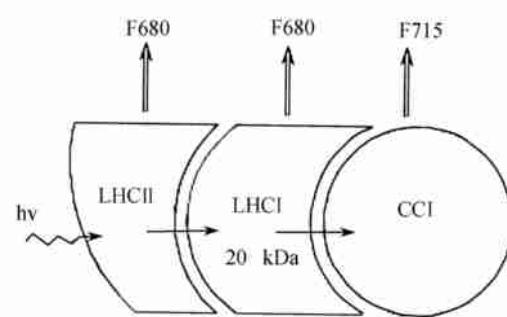


图 3 褐藻 PSI 的光能吸收、传递和荧光发射模式图

Fig. 3 Model of energy absorption, transfer and fluorescence emission for brown algae

参考文献:

- [1] LI A-F(李爱芬), CHEN M(陈敏), ZHOU B-C(周百成). Studies on characterization of fluorescence emission spectra of brown algae at 77 K[J]. Chinese Bulletin of Botany(植物学通报), 1999, 16(3): 274—279
- [2] LI A-F(李爱芬), CHEN M(陈敏), ZHOU B-C(周百成). Separation and characteristics of pigment protein complexes from three brown algae[J]. Marine Sciences(海洋科学), 2000, 24(2): 47—50
- [3] LI A-F(李爱芬), CHEN M(陈敏), ZHOU B-C(周百成). Comparative research on pigment protein complexes of *Undaria pinnatifida* and spinach [J]. Plant Physiology Communications(植物生理通讯), 2000, 36(5): 404—408
- [4] LI A-F(李爱芬), CHEN M(陈敏), ZHOU B-C(周百成). Separation and terminology of pigment protein complexes from the brown alga *Undaria pinnatifida* (Harv.) [J]. Acta Botanica Sinica(植物学报), 2000, 42(2): 153—157
- [5] LI A-F(李爱芬), CHEN M(陈敏), ZHOU B-C(周百成). Effect of detergents on the electrophoretic separation and the properties of pigment protein complexes from a brown alga *Undaria pinnatifida* [J]. Oceanologia et Limnologia Sinica(海洋与湖沼), 2001, 32(4): 394—401
- [6] Bassi R, Rigoni F, Giacometti G M. Chlorophyll binding proteins with antenna function in higher plants and green algae. Photochem Photobiol[J], 1990, 52: 1187—1206