

坛紫菜品系间杂交分离色素突变体及其特性的初步研究

徐燕, 谢潮添, 纪德华, 陈昌生, 柳佩娟, 王凤霞

(集美大学 水产学院, 福建 厦门 361021)

摘要:以野生选育的坛紫菜(*Porphyra haitanensis*)为母本, 诱变选育全棕红的品系为父本进行杂交实验, 从杂交子代大量叶片中, 筛选出1株褐黄色素突变体、1株翠绿色与野生色相嵌的嵌合体和1株褐绿色与野生色相嵌的嵌合体。通过酶法分离突变体的营养细胞, 单性生殖获得丝状体; 分别使丝状体成熟并放散壳孢子, 然后单株培养和筛选获得褐黄、翠绿和褐绿色子代叶状体。实验进行50 d。结果: (1)褐黄色素突变体藻蓝蛋白和别藻蓝蛋白含量低, 孢子囊枝的细胞较小, 且大量形成时间比亲本晚15 d; 幼苗培养初期日平均生长量仅为 (1.22 ± 0.28) cm, 当叶片长到60 cm左右时生长优势逐步凸显, 日平均生长量可达 (7.50 ± 1.18) cm; (2)翠绿色丝状体容易成熟, 发育方式特殊, 营养藻丝不经过藻丝加粗阶段, 直接由球形细胞发育成孢子囊枝和壳孢子囊; 翠绿色叶状体藻红蛋白含量低, 仅有 (5.513 ± 1.049) mg/g(干品); 叶状体生长快速, 60 cm长的藻体日平均生长量高达 (11.95 ± 2.33) cm; (3)褐绿色突变体藻蓝蛋白、别藻蓝蛋白和藻红蛋白这3种色素蛋白和叶绿素的含量均较低; 藻丝细胞短且细, 叶状体生长速度较慢。[中国水产科学, 2007, 14(3): 466—472]

关键词:坛紫菜; 杂交; 嵌合体; 色素突变体

中图分类号: S968.4

文献标识码: A

文章编号: 1005—8737—(2007)03—0466—07

坛紫菜(*Porphyra haitanensis*)是中国主要的紫菜栽培种类, 广泛分布在浙江、福建沿海, 具有生长快、产量高等特点, 产量占全国紫菜总产量的80%左右。近几年虽然坛紫菜养殖规模不断扩大, 但其育种研究相对较为滞后, 多代自交导致的种质退化较严重。因此, 开展坛紫菜种质改良和经济性状优良新品系的选育已迫在眉睫。杂交育种为坛紫菜的种质改良和开发提供了一个经济、简单、有效的途径。

20世纪70年代初, 在条斑紫菜(*Porphyra yezoensis*)栽培种群中发现了“红色型”和“绿色型”色素突变体。之后, 藻类研究者陆续发现了其他颜色的突变体, 并对色素突变体的出现频率、遗传特性等进行了研究^[1-4]。随后, Miura^[5]、Migita等^[6]和Niwa等^[7]等进行了一系列条斑紫菜色素突变体的杂交实验, 获得了一些新型的色素突变体。另外, 一些藻类学者还开展了紫菜色素突变体的诱导研究, 利用各种物理和化学方法诱导出多种色素突变体^[8-11]。国内外对条斑紫菜色素突变体研究很多, 但是迄今较少看到关于坛紫菜杂交筛选和培育色素

突变体的报道。本研究利用坛紫菜棕红色型突变体和野生型杂交, 选育不同经济性状的色素突变体, 并对杂交色素突变体的一些特性进行了分析。

1 材料与方法

1.1 实验材料

杂交丝状体取自集美大学水产学院紫菜保种室。母本为野生选育的坛紫菜, 父本是通过剂量为700 Gy的⁶⁰Co- γ 射线辐照品系Ⅲ丝状体诱变选育的全棕红品系。

1.2 杂交子代的获得和色素突变体的筛选

将杂交丝状体进行促熟、促放, 通过壳孢子培养得到F₁叶状体, 叶状体培养在充气的1 000 mL烧杯中进行, 培养液见文献[12]。当叶片长到3 cm左右时, 倒到白瓷盘中, 在强光下逐一观察, 从3 000多株F₁叶状体中挑选出1株褐黄色素突变体、1株褐绿色与野生色相嵌的嵌合体和1株翠绿色与野生色相嵌的嵌合体。

1.3 杂交色素突变体单克隆及子代的获得

用海螺酶分别将3株色素突变叶状体酶解获得

收稿日期: 2006—09—21; 修订日期: 2006—12—04。

基金项目: 国家基金资助项目(40676077); 国家海洋863资助项目(2006AA10A413); 福建省科技重大专项资助项目(2004NZ03)。

作者简介: 徐燕(1981—), 女, 研究生, 主要从事海藻养殖与育种技术研究。E-mail: xy0045@sohu.com

通讯作者: 陈昌生。Tel: 0592—6182643; E-mail: cschen@jmu.edu.cn

单细胞和细胞团,酶解方法见文献[13]。单克隆培养后获得 3 种颜色(棕红色、翠绿色和褐绿色,图版 I—1、2、3)的叶状体,通过单性生殖分别获得 3 种颜色(上述)的丝状体(图版 I—5、6、7)。然后将丝状体进行促熟、促放,通过壳孢子培养得到 3 种子代色素突变叶状体。

1.4 色素突变丝状体的观察与培养

将色素突变丝状体和亲本丝状体分别置于 23℃、26℃和 29℃的恒温培养箱中培养。每周镜检丝状体生长发育状况,测量丝状藻丝、孢子囊枝和壳孢子囊细胞的大小。培养条件为照度 800~1 000 lx,光周期 10L:14D,培养时间 30~50 d(依不同色素体的成熟时间而定)。

1.5 色素突变体和亲本叶状体的生长实验

随机挑选健康完整的 3 种子代色素突变体和亲本叶状体各 40 株,设置平行组,每株单独置于 500 mL 的锥形瓶中充气培养。每 5 天观察 1 次,同时更换培养液并且测量其长、宽和湿质量,实验过程中保持每株培养藻体的光照和充气量一致,实验重复 1 次。培养条件为温度(21±1)℃、照度 2 000~3 000 lx,光周期 12L:12D,培养时间为 50 d 左右。

1.6 主要光合色素的测定

叶绿素测定的取样和测定方法参照文献[14]。藻胆蛋白的取样和测定方法参照文献[15]。

1.7 活体吸收光谱测定

活体吸收光谱测定的取样和测定方法参照文献[16]。

1.8 计算公式和数据处理

长度日生长量=($L_{t_2}-L_{t_1}$)/(t_2-t_1)

质量日生长量=($W_{t_2}-W_{t_1}$)/(t_2-t_1)

t_1 、 t_2 :培养时间(d); L_{t_1} :培养 t_1 后的藻体长度(cm); L_{t_2} :培养 t_2 后的藻体长度; W_{t_1} :培养 t_1 后藻体的湿质量(g); W_{t_2} :培养 t_2 后藻体的湿质量。

实验以个体为单位进行统计分析,数据以 $\bar{X} \pm SD$ 表示,运用 SAS 软件进行数据处理,在单因素方差分析具有显著性差异的基础上,采用 Duncan 多范围检验(Duncan multiple range test)比较组间差异。

2 结果与分析

2.1 3 种色素突变丝状体的生长发育

预实验发现,3 种色素突变体生长最适温度为 23℃,发育最适温度为 29℃。从表 1 可见,褐黄色和褐绿色丝状体成熟较晚,在适宜条件下培养 30 d 后 60%和 50%的藻丝形成孢子囊枝及少量壳孢子囊(<5%);翠绿色突变体容易成熟,在相同条件下培育 30 d 后,70%藻丝形成了孢子囊枝,20%形成了壳孢子囊。统计结果显示,3 种色素突变丝状体在 29℃培养 30 d 后,藻体成熟度差异显著($P<0.05$)。

表 1 29℃下坛紫菜不同色素突变体培育 30 d 后发育状况
Tab. 1 Development of pigment mutants of *P. haitanensis* conchocelis at 29℃ after 30 d cultivation

发育阶段 Development phase	品系 Strain				
	褐黄	翠绿	褐绿	父本	母本
	Brown yellow	Emerald	Breen	Faternal	Maternal
营养藻丝 Conchocelis filaments	35	10	45	10	10
孢子囊枝 Sporangial branchlets	60	70	50	80	80
壳孢子囊 Conchosporangia	<5	20	<5	10	10

褐黄色突变体的营养藻丝和孢子囊枝细胞大小和亲本差异不显著($P>0.05$),但是壳孢子囊细胞显著小于亲本($P<0.05$),见表 2。营养藻丝呈褐黄色,藻丝细长,分叉很少,每节藻丝间分节不明显,细胞饱满;当藻丝发育到孢子囊枝阶段时,颜色变浅,出现较多中空的丝状藻丝细胞,但孢子囊枝细胞内含物依然饱满;壳孢子囊细胞较小,大量形成时间比亲本丝状体迟 15 d 左右。

翠绿色素突变体的营养藻丝和孢子囊枝细胞显

著小于亲本($P<0.05$),见表 2。营养藻丝呈翠绿色,细胞短小,细胞间分节明显,细胞内只有少量色素体;翠绿色丝状体成熟方式比较特殊,它不经过丝状藻丝加粗阶段,而是在藻丝中部或是顶端突起长出一个球形细胞,然后不断分裂,发育成孢子囊枝或壳孢子囊,这使得翠绿色丝状体成熟较快,孢子囊枝细胞比较大。

褐绿色的丝状藻丝细胞显著小于亲本($P<0.05$),孢子囊枝细胞较亲本大 3 μm 左右(表 2)。

丝状藻丝细胞细且短,是 3 种色素突变体中最小的,细胞间分节不明显,400 倍镜检可见细胞内有较多色素体;孢子囊枝倾向聚成团状,29 °C 下出现大量

中空;壳孢子囊较难形成,培养 50 d 左右才会形成 10% 的壳孢子囊。

表 2 坛紫菜杂交色素突变丝状体各发育时期细胞大小比较

Tab. 2 Comparision of cellular size of pigment mutants of *P. haitanensis* conchocelis

$n=20; \bar{X} \pm SD; \mu\text{m}$

品系 Strain	丝状藻丝细胞 Conchocelis filaments		孢子囊枝细胞 Sporangial branchlets		壳孢子囊细胞 Conchosporangia	
	长 Length	宽 Width	长 Length	宽 Width	长 Length	宽 Width
褐黄 Brown yellow	42.86±4.42 ^a	3.51±0.81 ^a	13.67±2.01 ^{acd}	9.21±1.00 ^{ab}	8.86±1.30 ^a	14.09±2.02 ^a
翠绿 Emerald	31.78±2.80 ^b	2.82±0.36 ^{bd}	14.37±1.21 ^{ab}	10.22±2.11 ^{ab}	8.62±1.50 ^a	12.62±1.71 ^a
褐绿 Breen	27.67±4.93 ^c	2.53±0.15 ^{bc}	15.36±1.73 ^b	9.64±0.61 ^a	9.66±2.24 ^{ab}	16.25±1.58 ^b
母本 Maternal	41.25±8.75 ^{ad}	2.50±0.75 ^c	12.50±1.25 ^{ac}	8.13±0.63 ^b	11.25±0.25 ^b	21.25±1.25 ^c
父本 Fateral	40.30±3.25 ^{ad}	2.75±0.55 ^d	13.25±1.55 ^{ac}	9.87±0.63 ^a	10.32±1.60 ^b	20.67±1.32 ^c

注:在同一列中,不具有相同字母上标的均值差异显著($P<0.05$).

Note: Values with different superscripts denote significant differences between two mean values in the same column($P<0.05$).

2.2 3 种色素突变体叶状体的生长发育

3 种色素突变体叶状体全为雌性,生长速度均比母本快,除翠绿色在生长后期速度比父本快之外,其他均比父本慢(表 3)。在 3 种突变体中,翠绿色突变体生长最快;当藻体长为 60 cm 时日生长速度可达(11.95±2.33)cm,3~4 cm 的幼苗在实验室

内经过 48 d 培育,藻体长度可达 688 cm;褐绿色叶状体扭曲严重,其日生长速度是 3 种色素突变体中最慢的,只有(3.52±0.50)cm/d,藻体最长只能达到 80 cm;褐黄色突变体在培养初期生长较慢,但是当藻体长到 60 cm 左右时,生长优势逐步凸显,日平均生长量可达(7.50±1.18)cm。

表 3 21°C 下坛紫菜杂交色素突变体的平均日生长量

Tab. 3 Average daily length-increased of crossbred *P. haitanensis* pigmentation mutants at 21°C

$n=40; \bar{X} \pm SD; \text{cm} \cdot \text{d}^{-1}$

品系 Strain	培养时间/d Cultivated time			
	1~5	6~10	11~15	16~20
褐黄 Brown yellow	1.22±0.28 ^a	3.45±0.71 ^a	5.49±0.87 ^a	7.50±1.18 ^a
翠绿 Emerald	1.55±0.20 ^b	3.78±0.71 ^a	7.75±1.78 ^b	11.95±2.33 ^b
褐绿 Breen	1.30±0.22 ^a	2.51±0.34 ^b	3.52±0.50 ^c	3.10±0.68 ^c
母本 Maternal	1.52±0.33 ^b	2.65±0.66 ^b	3.13±1.35 ^c	
父本 Fateral	1.86±0.26 ^c	4.72±0.76 ^c	5.81±1.15 ^a	7.74±1.69 ^d

注:在同一列中,不具有相同字母上标的均值差异显著($P<0.05$).

Note: Values with different superscripts denote significant differences between two mean values in the same column($P<0.05$).

2.3 藻胆蛋白和叶绿素含量的比较

如表 4 所示,3 种色素突变体各种主要色素蛋白含量差异明显,褐黄色突变体的藻红蛋白含量远

远高于其他 2 种突变体($P<0.05$),藻蓝蛋白和别藻蓝蛋白含量却低于其他 2 种突变体;翠绿色突变体刚好相反,藻红蛋白含量最低,藻蓝蛋白和别藻蓝

蛋白含量却高于另外 2 种突变体;褐绿色 3 种色素蛋白和叶绿素的含量均较低。统计结果显示,3 种色素突变体藻红蛋白、藻蓝蛋白和别藻蓝蛋白含量

差异显著($P<0.05$)。褐黄色和褐绿色突变体叶绿素 a 含量差异明显,但它们和翠绿色突变体相比差异不显著。

表 4 坛紫菜杂交色素突变体主要藻胆蛋白和叶绿素的含量

Tab. 4 Contents of main phycobiliprotein and Chlorophyll in pigmentation mutants of *P. haitanensis*

品系 Strain	藻红蛋白 RPE	藻蓝蛋白 RPC	别藻蓝蛋白 APC	$n=6; \bar{X} \pm SD; \text{mg} \cdot \text{g}^{-1} (\text{dry})$	
				叶绿素 a Chl. a	总藻胆蛋白 Total phycobiliprotein
褐黄 Brown yellow	47.679±0.345 ^a	4.094±0.266 ^a	3.098±0.491 ^a	6.465±0.197 ^{abd}	54.872±0.193 ^a
翠绿 Emerald	5.513±1.047 ^b	24.879±0.974 ^b	9.991±2.533 ^b	6.218±0.444 ^b	40.383±4.545 ^b
褐绿 Breen	10.993±1.684 ^c	13.225±1.160 ^c	6.691±0.547 ^c	5.903±0.012 ^c	30.408±4.083 ^c
母本 Maternal	39.141±0.780 ^d	22.751±0.655 ^d	13.102±0.426 ^d	6.702±0.176 ^d	74.994±1.858 ^d
父本 Paternal	72.691±5.887 ^e	20.007±1.028 ^e	12.160±0.467 ^d	8.432±0.268 ^d	104.858±7.376 ^e

注:在同一列中,不具有相同字母上标的均值差异显著($P<0.05$)。
Note: Values with different superscripts denote significant differences between two mean values in the same column($P<0.05$).

2.4 活体吸收光谱的比较

图 1、图 2 分别是 3 种色素突变体中部、尖端(藻体长度为 20~30 cm)的活体吸收光谱图。如图所示,在 350~750 nm 波长范围内,3 种色素突变株叶状体中部和尖端的吸收光谱的变化趋势基本一

致,均有 5 个吸收高峰,从左到右,分别为 P_1 、 P_2 、 P_3 、 P_4 、 P_5 。翠绿色和褐黄色突变体的吸光值比较接近,褐绿色突变体的吸光值明显大于翠绿色和褐黄色的突变体。

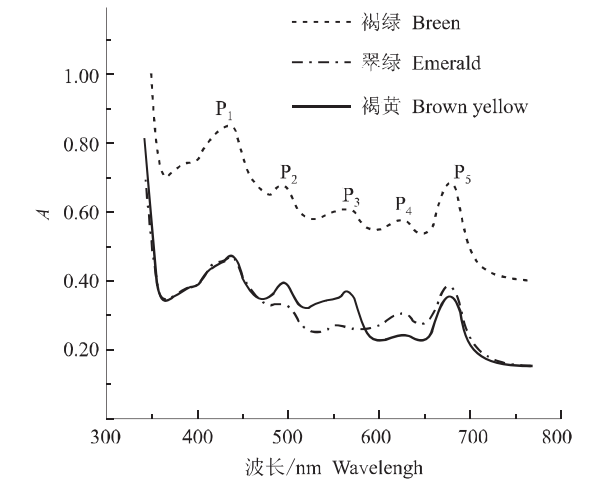


图 1 坛紫菜杂交色素突变体叶状体中部活体吸收光谱

Fig. 1 In vivo absorption spectra of the middle portion blades of crossbred *P. haitanensis* pigment mutants

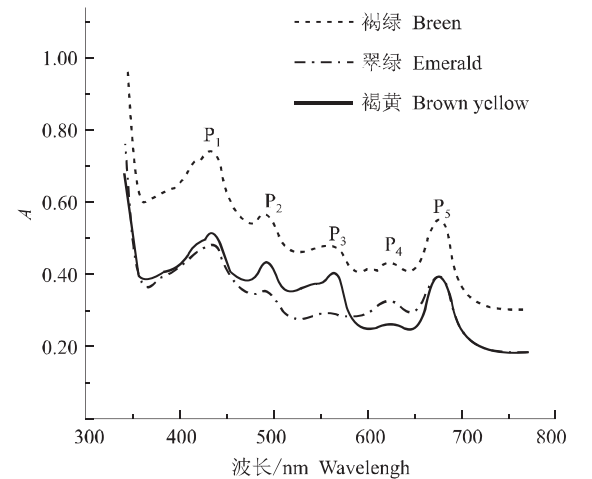


图 2 坛紫菜杂交色素突变体叶状体尖端活体吸收光谱

Fig. 2 In vivo absorption spectra of the upper portion blades of crossbred *P. haitanensis* pigment mutants

3 讨论

自从20世纪70年代在条斑紫菜中首次发现色素突变体后,紫菜色素突变体就成为各国藻类学家研究的热点之一。藻类研究者利用自然筛选、诱变和色素突变体杂交获得了多种色素突变体^[2-3,5-11]。自1976年起,Miura等^[5]对多种紫菜色素突变体进行了遗传学实验,其中一个杂交实验发现,条斑紫菜红色突变体和野生型杂交,它们的杂交丝状体表现为野生色,子代叶状体有红色型、野生色和两种颜色的嵌合体。因此,Miura等判断红色突变体受单个核基因控制。本次杂交实验除了他们发现的3种类型叶状体外,还出现了褐黄色突变体、褐绿色和野生色的嵌合体,翠绿色和野生色的嵌合体,所以推测坛紫菜颜色表型不仅仅受单个核基因控制,可能还有更复杂的决定机理。

紫菜的色泽变化主要由色素蛋白组成决定^[11]。与野生型相比,3种色素突变体叶绿素a含量变化不大,但其他几种色素含量发生了改变。褐黄色突变体主要是由于藻蓝蛋白和别藻蓝蛋白含量降低引起的,褐绿色突变体主要是由于藻红蛋白、藻蓝蛋白含量低于野生型所致,翠绿色突变体是藻红蛋白低引起的。

活体吸收光谱是了解各种色素在活体条件下的存在状态、吸收峰波长和能量传递的基础。 P_1 是叶绿素a和 β -胡萝卜素的吸收峰; P_2 是藻红蛋白和 β -胡萝卜素的吸收峰; P_3 是藻红蛋白吸收峰; P_4 是藻蓝蛋白吸收峰; P_5 是叶绿素a吸收峰^[17]。褐绿色突变体5个吸收峰值均明显高于另外2种突变体。褐黄色和翠绿色突变体的叶绿素含量接近,其叶绿素吸收峰 P_1 和 P_5 也很相近,几乎重叠。翠绿色突变体 P_3 不明显,在图中只有轻微突起,这主要是由于翠绿色突变体的藻红蛋白含量仅有褐绿色突变体藻红蛋白含量的11.6%所致。

叶绿体是进行光合作用的场所,藻胆蛋白作为光合作用的主要色素存在于叶绿体中。藻红蛋白在红藻的捕光系统中首先捕获光量子,然后依次传递给藻蓝蛋白、别藻蓝蛋白,最后到达叶绿素a^[18]。一般认为,色素蛋白和叶绿素含量高,藻体生长快^[19],但是本实验分离出的色素突变体虽然色素蛋白含量低,生长速度却比野生型(母本)快,翠绿色突变体藻红蛋白含量只有 $(5.513 \pm 1.047) \text{ mg/g}$,但是其日生长速率是褐黄色突变体的1.59倍,最大可达 $(11.95$

$\pm 2.33) \text{ cm/d}$;褐黄色和褐绿色的突变体生长速率比母本快,但低于父本。据此推测,藻胆蛋白和叶绿素含量对紫菜的生长有影响,色素基因的表达可能影响到生长基因,当色素基因发生变异时,如藻红蛋白含量远远低于正常值时,生长基因将会大量表达,以弥补色素蛋白和叶绿素低造成的生长缓慢,这一点有待于进一步探讨。

本实验筛选出的翠绿色突变体较为异常,其营养藻丝不经过丝状藻丝加粗阶段,而是由球形细胞直接发育成孢子囊枝和壳孢子囊;10%翠绿色叶片上出现野生色小叶片状嵌合。翠绿色丝状体特殊的发育方式和嵌合体是否有关,今后有待进一步研究。这些突变体将为坛紫菜的遗传学、细胞学以及育种的研究提供良好的材料。

参考文献:

- [1] Miura A, Aruga Y, Fuseya M. Thremmatological studies of cultivated *Porphyra* II. Effect of selection on the form and color of foliose thalli in *Porphyra yezoensis* from *narawaensis*. Nippon Suisan Gakkai[R]. Spring Annual Meeting Abstract, 1974:93.
- [2] Kobara T, Miura A, Aruga Y. In vitro studies on the green type mutant of *Porphyra yezoensis* Ueda[J]. *Extrait de La mer*, 1976, 14:58-63.
- [3] Migita S, Fujita Y. Studies on the color mutant types of *Porphyra yezoensis* Ueda and their experimental culture[J]. *Fac Fish Nagasaki Univ*, 1983, 54:55-60.
- [4] 张佑基, 杨以勋, 王清印, 等. 条斑紫菜红色变异型的分析研究[J]. *海洋水产研究丛刊*, 1987, 31:11-33.
- [5] Miura A. Color variants and heredity of color in *Porphyra* [J]. *Iden*, 1978, 32:11-16.
- [6] Migita S, Fujita Y. Studies on the color mutant types of *Porphyra yezoensis* Ueda, and their experimental culture[J]. *Fac Fish Nagasaki Univ*, 1983, 54:55-60.
- [7] Niwa K, Miura A, Shin J, et al. Characterization and genetic analysis of the violet type pigmentation mutant of *Porphyra yezoensis* Ueda (Bangiales, Rhodophyta) [J]. *Korean J Phycol*, 1993, 8(2):217-230.
- [8] Mitman G G, van der Meer J P. Meiosis, blade development, and sex determination in *Porphyra purpurea* (Rhodophyta) [J]. *J Phycol*, 1994, 30:147-159.
- [9] 严兴洪, 田中次郎, 有贺佑胜. 条斑紫菜色彩突变体的诱导、分离和特性分析[J]. *水产学报*, 2000, 6(5):221-228.
- [10] 许璞, 费修缙, 张学成, 等. 紫菜色素突变化学诱导的研究—1. NG对紫菜壳孢子诱变的效果及遗传分析[J]. *海洋通报*, 2002, 21(5):19-24.
- [11] 严兴洪, 田中次郎, 有贺佑胜. 坛紫菜人工色素突变体的诱变与分离[J]. *水产学报*, 2005, 29(2):166-170.
- [12] 纪德华, 陈昌生, 郑伟刚, 等. $^{60}\text{Co}-\gamma$ 射线辐照坛紫菜叶状体

- 及单克隆培养德研究[J]. 台湾海峡, 2005, 24(2): 171—178.
- [13] 王素娟. 海藻生物技术[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1994: 95—98.
- [14] Jensen A. Chlorophylls and Carotenoids[M]//Hellebust, et al. Handbook of Phycological Methods. Physiological and Biochemical Methods. London: Cambridge Univ Press, 1978: 59—70.
- [15] 董宏坡, 左正宏, 王重刚, 等. 福建省平潭海区坛紫菜质量性状的分析[J]. 厦门大学学报: 自然科学版, 2004, 43(5): 693—696.
- [16] Aruga Y, Miura A. *In vivo* absorption spectra and pigment contents of the two types of color mutants of *Porphyra* [J]. Jpn J Phycol, 1984, 32: 243—250.
- [17] 有贺佑. スサビノリの色彩と色素[J]. 遗传, 1980, 34(9): 8—13.
- [18] 纪明侯. 海藻化学[M]. 北京: 科学出版社, 1997: 485—490.
- [19] 李琳, 严兴洪. 坛紫菜绿色突变体的分离与特性分析[J]. 上海水产大学学报, 2006, 15(1): 30—35.

Isolation and characterization of strain crossbred pigmentation mutants in *Porphyra haitanensis*

XU Yan, XIE Chao-tian, JI De-hua, CHEN Chang-sheng, LIU Pei-juan, WANG Feng-xia

(Fisheries College of Jimei University, Xiamen 361021, China)

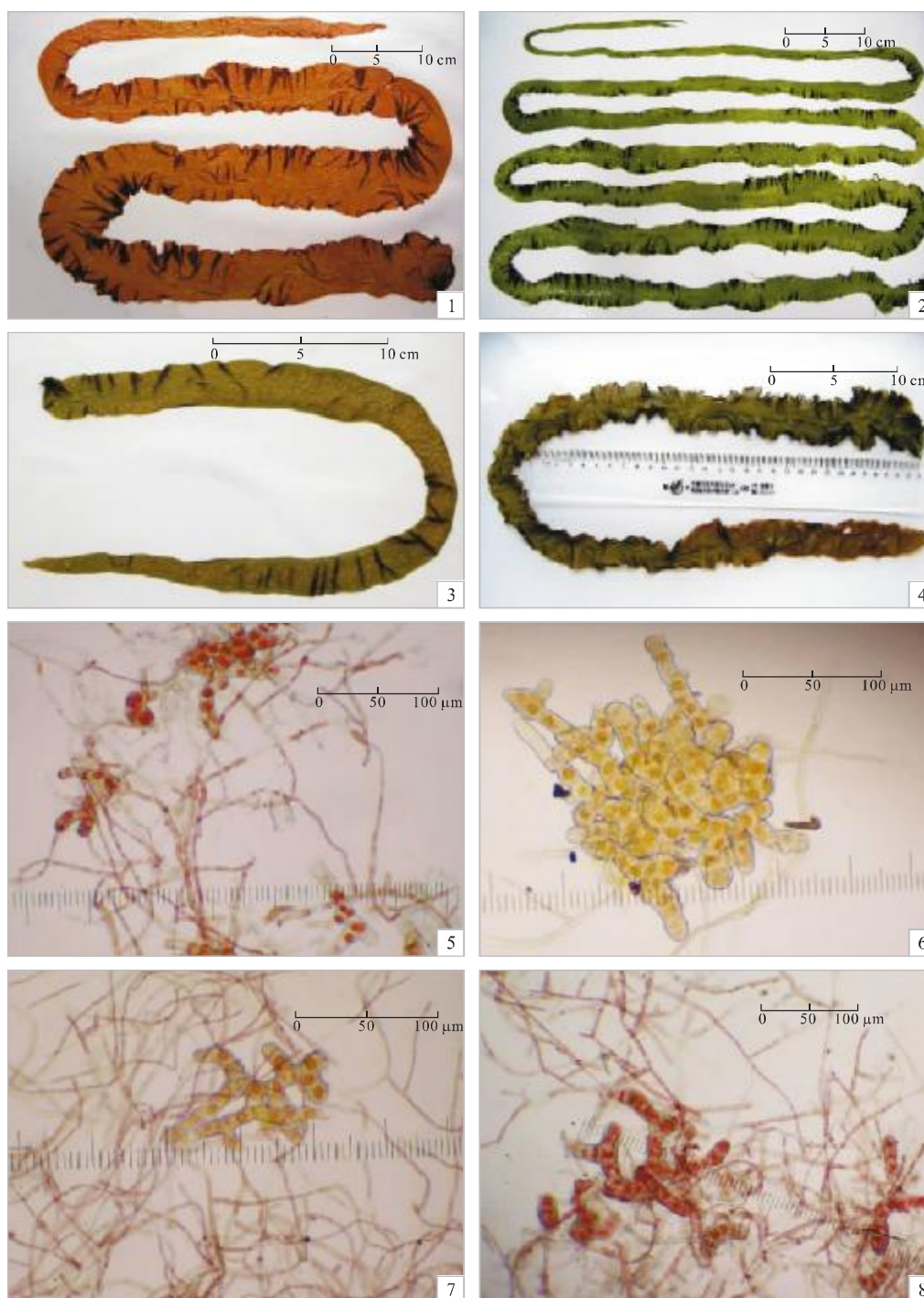
Abstract: By hybridization of wild strain (♀) and mutagenic redbrown strain (♂) of *Porphyra haitanensis*, three pigment mutants, which were brown yellow pigment mutant, mosaic of green and wild-type color and mosaic of emerald and wild-type color, were selected from a great many of cross bred blades. Nutrient cells were obtained from these pigment mutants by enzymatic method and conchocelis were got by parthenogenesis. When the conchocelis were mature and conchospores were released, they were cultured singly and picked up as F_1 gametophytic thallus. Results: (1) The conchosporangia of brown yellow mutant was smaller and mature time was 15 days later than the parents. Thallus grew slowly in early stage, but average daily growth rate reached (7.50 ± 1.18) cm after blade length was over 60 cm. (2) The emerald conchocelis were easy to mature and had special developmental mode that the spherulocytes can directly develop into sporangial branchlets and conchosporangia without thick conchocelis stage. Emerald blades were low in RPE with just (6.4710 ± 0.0184) mg/g dry mass. The thallus grew quickly, average daily growth rate reached (11.95 ± 2.33) cm after blade length was over 60 cm. (3) The conchocelis filaments of green mutant were thin and short. Thallus grew slowly and had low contents of three phycobiliprotein and chlorophyll. [Journal of Fishery Sciences of China, 2007, 14(3): 466—472]

Key words: *Porphyra haitanensis*; hybridization; mosaic; pigment mutant

Corresponding author: CHEN Chang-sheng. E-mail: cschen@jmu.edu.cn

徐燕等:坛紫菜品系间杂交分离色素突变体及其特性的初步研究

XU Yan et al: Isolation and characterization of strain crossbred pigmentation mutants in *Porphyra haitanensis*



图版 I 品系间杂交获得的坛紫菜色素突变体

1:褐黄色叶状体;2:翠绿色叶状体;3:褐绿色叶状体;4:野生型叶状体;5:褐黄色丝状体;6:翠绿色丝状体;7:褐绿色丝状体;8:野生型丝状体.

Plate I Pigment mutants of *Porphyra haitanensis* from strain crossbred

1:Brown yellow thallus. 2:Emerald thallus. 3:Breen thallus. 4: Wild type thallus. 5:Brown yellow conchocelis. 6: Emerald conchocelis. 7: Breen conchocelis. 8: Wild type conchocelis.