

坛紫菜优良品系的选育与特性分析

蒋悦¹, 严兴洪^{1*}, 刘长军²

(1. 上海海洋大学水产与生命学院, 上海 201306;

2. 浙江省象山县水产养殖技术推广站, 浙江 象山 315700)

摘要: 利用体细胞克隆技术, 从象山湾采集回来的坛紫菜叶状体的体细胞再生群体中筛选出细长型生长快的叶状体, 再次进行体细胞克隆, 从它的体细胞再生体中再次选育出生长最快的叶状体, 依此法连续筛选3次, 最后获得一个快速生长的优良品系(XS-1), 其F₁代的叶状体在生长速度、成熟期、3种主要光合色素含量等方面明显优于野生型品系(*wt*)。在相同条件下培养80 d, XS-1品系的F₁代叶状体平均体长达128.8 cm, 是*wt*品系的10.45倍; XS-1品系的F₁叶状体群体的成熟高峰出现时间比*wt*品系推迟20 d; 在波长350~750 nm之间, 两个品系的叶状体活体吸收光谱中均出现5个吸收峰, 但XS-1品系的各峰峰值均远高于*wt*品系; XS-1品系的叶状体总藻胆蛋白含量高达80.4 mg/g, 比*wt*品系提高了188%, 而它的*Chl. a*含量比*wt*品系提高了32%; XS-1品系的叶状体平均厚度为32.2 μm, 比*wt*品系减少15%。研究结果表明, XS-1品系是一个生长快、颜色和品质好、遗传稳定的优良品系, 有望在生产中得到应用。

关键词: 坛紫菜; 优良品系; 生长率; 活体吸收光谱; 藻胆蛋白

中图分类号: S 917

文献标识码: A

坛紫菜(*Porphyra haitanensis*)生活史具有叶状体和丝状体两个阶段, 叶状体阶段的绝大多数个体是雌雄异体, 只有极少数个体是雌雄同体^[1-2]; 在异性个体不存在的情况下, 雌性或雄性的叶状体均可进行单性生殖产生可育的丝状体, 它们的后代叶状体是单性别的^[2]。紫菜含有3种主要的光合色素和色素蛋白, 即叶绿素a (chlorophyll a, *Chl. a*), 藻红蛋白(phycoerythrin, PE)和藻蓝蛋白(phycocyanin, PC), 它们的含量和相互之间的比值不仅决定了叶状体的色彩, 而且在很大程度上也决定了商品紫菜饼的质量好坏^[3-5]。

坛紫菜被广泛栽培在我国的闽、浙、粤三省沿海, 其产量占全国紫菜产量的75%左右^[6]。迄今为止, 坛紫菜大规模栽培所使用的种质仍以野生种为主, 由于几十年的高密度栽培、近亲繁殖、随意留种等原因, 使得种质出现退化, 味道变差、产

量下降、病害频发, 制约着坛紫菜产业的发展^[7]。因此, 优良品种的选育与推广对促进坛紫菜产业发展有重要意义。近十多年来, 坛紫菜诱变育种取得了长足进展, 优质高产、耐高温、耐低氮磷和耐低盐度的坛紫菜新品系相继获得^[8-10], 但这些新品系都是通过人工诱变所获得的。本研究从自然养殖海区采回具有一定生长优势的坛紫菜叶状体, 利用体细胞单克隆和单性生殖技术, 分离出具有明显生长优势和品质佳的优良品系, 并对它的优良特性进行理化和遗传稳定性分析, 为后续的新品种选育奠定基础。

1 材料与方 法

1.1 实验材料

用于分离优良品系的叶状体采自浙江象山湾的坛紫菜养殖群体, 采回的叶状体经阴干处理, 当叶状体的八成水分被阴干去除后, 再用塑料袋将

收稿日期:2010-04-19 修回日期:2010-05-14

资助项目:国家自然科学基金项目(30571443);国家“八六三”高技术研究发展计划(2006AA10A413);上海市优秀学科带头人项目(07XD14028);上海市教委重点学科建设项目(J50701);农业部公益性专项(200903030-C);宁波市重大科技攻关委托项目(200702C1011026)

通讯作者:严兴洪, Tel:021-61900422, E-mail: xhyan@shou.edu.cn

其包装密封冷冻于 $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的冰箱内,使用时,先将叶状体在常温下解冻,经过 3~5 d 的充气复苏培养后,再进行体细胞分离。分离出来的优良品系以自由丝状体的形式予以保存。作为对照组的坛紫菜野生型品系(*wt*, *PT-001*),是从采自福建平潭岛自然岩礁上的野生坛紫菜分离出来的,品系的分离与保存方法同文献[11]。

1.2 优良品系的分离

依据文献[12]所报道的方法,用海螺酶处理从海区采回的坛紫菜叶状体,获得大量的单离体细胞,进行再生培养。在培养皿内静置培养 4 周,使细胞再生成叶状体,然后用单面刀片把他们整个刮下,转移到培养瓶(500 mL)内进行充气培养,培养温度为 $(24 \pm 1)\text{ }^{\circ}\text{C}$,光照强度为 $80\text{ }\mu\text{mol photons}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$,光周期为 10 L:14D。3 周后,从再生叶状体群体中挑选出一棵生长最快的雌性优良叶状体(KY-1)进行单个充气培养,待此叶状体的体长达 40 cm 左右时,再次用酶解法分离出它的体细胞进行培养,培养方法同上。数周后,从细胞再生体群体中再次挑选出一棵生长最快的优良叶状体(KY-2)进行单株培养,当此叶状体长至约 40 cm 时,再次用酶解法分离出它的体细胞进行培养,培养方法同上。数周后,从细胞再生体群体中挑选出一棵生长快、体型细长、颜色好的优良叶状体(KY-3)进行单株培养,当它的体长达 80 cm 时,进行单性生殖产生自由丝状体,此品系被命名为 XS-1。

1.3 叶状体培养

取一定量自由丝状体,用小型粉碎机切碎后,加入一定量的海水制成丝状体接种液,然后将其均匀洒在贝壳表面上,在温度为 $(24 \pm 1)\text{ }^{\circ}\text{C}$,光照强度为 $5\text{ }\mu\text{mol photons}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$,光周期为 10 L:14 D 的条件下培养 10 d 后,清洗贝壳以除去附在贝壳表面上的多余自由丝状体,换入新鲜培养液,把光照强度提高到 $20\text{ }\mu\text{mol photons}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$,其它培养条件不变。培养数周后,当整个贝壳内表层长满丝状体,颜色呈浅红紫时,把培养温度提高到 $(28 \pm 1)\text{ }^{\circ}\text{C}$,同时把光照强度降到 $10\text{ }\mu\text{mol photons}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$,光周期为 8 L:16 D。数周后,当贝壳表面长出膨大藻丝时,把 1~2 个贝壳放入含有 100 mL 培养液和数根尼龙单丝的烧杯(250 mL)中进行充气培养。当尼龙单丝上附着一定量的壳孢子后,将其取出进行充气培养,培养温度为 $(24 \pm 1)\text{ }^{\circ}\text{C}$,光照强度为 $80\text{ }\mu\text{mol photons}/(\text{m}^2 \cdot$

$\text{s})$,光周期为 10 L:14 D。培养液由自然海水加 MES 培养基配成^[13],每 5 天更换一次。当壳孢子萌发体的体长达 3 cm 左右时,把它们从尼龙单丝摘下,继续进行充气培养,使其长成大叶状体。

1.4 叶状体的生长、活体吸收光谱和主要光合色素含量测定

叶状体的生长率测定:从体细胞再生群体或壳孢子萌发群体中,随机挑选 20 棵叶状体,每 5 天测量一次体长,取其平均体长。特定生长率(specific growth rate, SGR)的计算方法参照文献[14],采用公式(1)计算;绝对生长率(absolute growth rate, AGR)采用公式(2)计算。

$$K = (\ln N - \ln N_0)/t \quad (1)$$

$$K = (L - L_0)/t \quad (2)$$

式中, N 、 L 均为某次测量所得的叶状体长度, N_0 、 L_0 为前一次测量的叶状体的长度, t 为时间,以天(d)为单位。

叶状体的活体吸收光谱和 *Chl. a* 含量的测定方法同文献[11]。PE 和 PC 的测定方法同文献[15],并进行了稍许改动:将新鲜叶状体置 $80\text{ }^{\circ}\text{C}$ 下烘干 12 h,称重后加适量的蒸馏水浸泡,然后再放入冰箱中冰冻 24 h,随后取出并加入蒸馏水研磨使蛋白质溶解,溶解液经高速离心($12\ 000\text{ r}/\text{min}$, 20 min),取上清液,用紫外分光光度计(UV-2102 PCS 上海尤尼柯公司)测定 OD_{562} 、 OD_{615} 、 OD_{650} 、 OD_{652} 和 OD_{750} ,代入相关的计算公式^[15]中计算出 PE 和 PC 含量(mg/g)。

叶状体厚度的测定方法:分别取培养 50 d 的叶状体的梢、中、基三部分用于厚度测定。将叶状体置于海水中冰冻($-30\text{ }^{\circ}\text{C}$),用冰冻切片(Frigocut 2700, Reichert Jung, LEICA 公司)切片,在 OLYMPUS-BH 光学显微镜下测量切片的厚度,每个藻体部位的厚度均测定 30 个切片样品,取其平均值。

2 结果

2.1 体细胞再生体的选拔

由图 1 可知,第一次选拔出来的优良叶状体 KY-1 和从 KY-1 叶状体的再生体中再选拔出来的优良叶状体 KY-2,其体细胞再生体群体的生长期和平均体长均明显好于对照组(*wt*)。KY-1 和 KY-2 的体细胞再生体生长 80 d,平均长度分别达 41.8 cm 和 68.8 cm,而 *wt* 的体细胞再生体的最

高平均体长仅为 8.0 cm,生长高峰出现在 55~60 d,60 d 以后由于藻体梢部出现性成熟,生殖细胞不断掉落,平均体长反而降低。KY-2 的体细胞再生体群体的生长期和平均体长又显著好于 KY-1 的体细胞再生体群体。

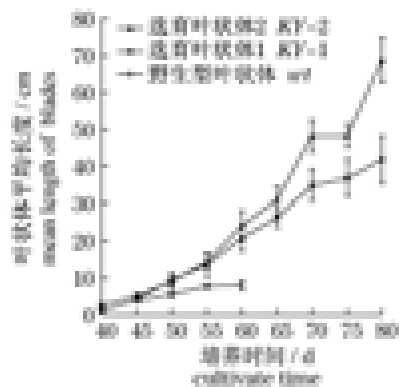


图1 坛紫菜野生型叶状体 (*wt*) 和选育叶状体 (KY-1 和 KY-2) 的体细胞再生体的生长曲线

Fig.1 Growth curves of blades regenerated from the somatic cells of the wild type (*wt*) and the fast growing blades (KY-1 and KY-2) in *P. haitanensis*

2.2 优良品系的 F₁ 叶状体形态、生长与成熟

XS-1 品系的壳孢子萌发体呈细长形,藻体边缘的锯齿少,颜色呈棕红褐色,小苗期明显偏红(图版 I-1~3)。而 *wt* 品系的壳孢子萌发体呈披针形,边缘锯齿丰富,小苗期的头部偏红,基部偏绿,成叶后呈褐绿红色(图版 I-4~6)。

如图2所示,*wt* 品系的 F₁ 叶状体在 30 d 之前为生长延迟期,31~60 d 为快速生长期,61~70 d 之后进入静止期,70 d 之后为衰亡期。优良品系 XS-1 的 F₁ 叶状体在 30 d 之前也同样处于生长延迟期,30 d 后,叶状体进入快速生长期,这个时期很长,一直延续到了第 80 天,还没有进入静止期,这明显不同于 *wt* 品系;培养 80 d, XS-1 品系的平均体长可达 128.7 cm,而 *wt* 品系的最长平均体长为 12.3 cm,出现在 65 d,前者是后者的 10.5 倍。从表1可知, XS-1 品系各生长阶段的绝对生长率和特定生长率均远高于 *wt* 品系;在 30~80 d 的培养期间, XS-1 品系的绝对生长率逐步上升,说明叶状体仍处于快速生长,生长期较长,成熟晚,而 *wt* 品系的绝对生长率在 50 d 之后就开始下降,生长变慢,进入衰亡期。如图3所示, *wt* 品系的叶状体生长周期较短,培养至第 35 天,少数个体出现了成熟,至第 60 天,90% 的个体成熟,第

65 天所有个体全部成熟,成熟高峰出现在第 45 天。而在相同条件下培养, XS-1 品系的叶状体在第 55 天才出现少量个体成熟,到第 80 天,90% 的个体出现成熟,至第 85 天,所有的个体成熟,成熟高峰出现在第 60 天。

2.3 优良品系的 F₁ 叶状体活体吸收光谱和主要光合色素含量

XS-1 品系和 *wt* 品系的叶状体活体吸收光谱在波长 350~750 nm 之间,均存在 5 个明显的吸收高峰,但 XS-1 品系的 5 个吸收峰峰值均比 *wt* 品系高(图4)。如表2所示,与 *wt* 品系相比, XS-1 品系的 *Chl. a*、PE 和 PC 含量明显比 *wt* 品系高, *Chl. a* 和总藻胆蛋白 (PE + PC) 的含量分别比 *wt* 品系高出 32.0% 和 188.0%。

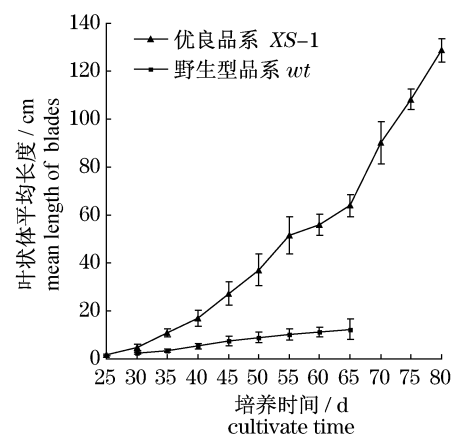


图2 坛紫菜野生型品系 (*wt*) 和优良品系 (XS-1) 的 F₁ 叶状体生长曲线

Fig.2 Growth curves of F₁ gametophytic blades of the wild type (*wt*) and the improved strain (XS-1) in *P. haitanensis*

表1 坛紫菜野生型品系 (*wt*) 和优良品系 (XS-1) F₁ 叶状体的生长率

Tab.1 Growth rates of the F₁ gametophytic blades of the wild type (*wt*) and the improved strain (XS-1) in *P. haitanensis*

培养天数 (d) cultivate time	绝对生长率 absolute growth rate		特定生长率 specific growth rate	
	<i>wt</i>	XS-1	<i>wt</i>	XS-1
31~40	0.31	1.23 (4.0)	0.086	0.13 (1.5)
41~50	0.37	2.00 (5.5)	0.052	0.08 (1.5)
51~60	0.22	3.89 (17.6)	0.022	0.04 (1.9)
61~70	0.11	3.41 (29.7)	0.01	0.05 (4.8)
71~80		3.86		0.04

注:括号中表示 XS-1 品系与 *wt* 品系生长率的比值。

Notes: Values in parentheses are expressed as the times of the growth rate of the improved strain compared with the wild type.

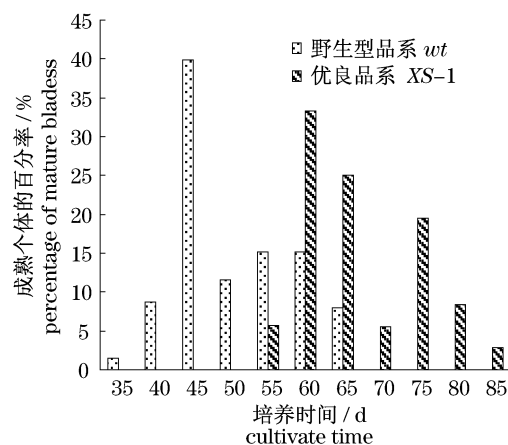


图3 坛紫菜野生型品系(*wt*)和优良品系(*XS-1*)
F₁叶状体成熟个体的百分率

Fig. 3 Percentage of the mature blades of the wild type (*wt*) and the improved strain (*XS-1*) in *P. haitanensis*

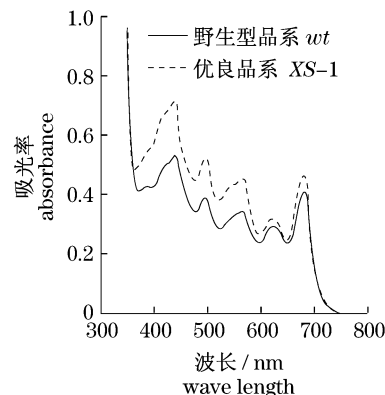


图4 培养35 d的坛紫菜野生型品系(*wt*)和优良品系(*XS-1*) F₁叶状体的活体吸收光谱

Fig. 4 *In vivo* absorption spectra of F₁ gametophytic blades of the wild type (*wt*) and the improved strain (*XS-1*) in *P. haitanensis* after being cultured for 35 days

表2 培养35 d的坛紫菜野生型品系(*wt*)和优良品系(*XS-1*)的F₁叶状体主要光合色素和色素蛋白含量比较
Tab. 2 Contents of chlorophyll a (*Chl. a*), phycoerythrin (PE) and phycocyanin (PC) in F₁ gametophytic blades of the wild type (*wt*) and the improved strain (*XS-1*) in *P. haitanensis* after being cultured for 35 days

品系 strains	含量(mg/g, DW) content				总藻胆蛋白(mg/g, DW) phycobiliprotein ^a
	叶绿素 a <i>Chl. a</i>	藻红蛋白 PE	藻蓝蛋白 RPC	别藻蓝蛋白 APC	
<i>wt</i>	6.71 ± 0.22 ^b	21.26 ± 0.97	2.61 ± 0.71	4.0 ± 0.84	27.84
<i>XS-1</i>	8.89 ± 0.28 (+32) **	43.81 ± 2.50 (+106) **	20.41 ± 2.24 (+681) **	16.20 ± 2.13 (+305) **	80.4 (+188) **

注: a. 包括 PE、RPC 和 APC; b. means ± SD; c. 括号中数字表示与野生型品系相比的变化量百分比; ** 表示差异极显著 ($P < 0.01$, *t*-test)。

Notes: a. Phycobiliprotein consisted of PE, RPC and APC. b. values are means ± SD. c. values in parentheses are expressed as percentage of changes of the improved strain compared with the wild type; ** highly significantly different ($P < 0.01$, *t*-test).

2.4 优良品系的 F₁ 叶状体厚度变化

XS-1 品系和 *wt* 品系的藻体一样, 不同部位的藻体其厚度不同, 梢部最薄, 中部次之, 基部最厚(图版 II)。如表 3 所示, *XS-1* 品系的各个部位

的藻体厚度均比 *wt* 品系薄, 梢、中、基部的藻体厚度分别比 *wt* 品系的各部位下降了 10%、18%、17%, 差异性分析结果显示, 差异极显著 ($P < 0.01$)。

表3 培养50 d的坛紫菜野生型(*wt*)和优良品系(*XS-1*)的F₁叶状体上不同部位的厚度
Tab. 3 Thickness of different parts of F₁ gametophytic blades of the wild type (*wt*) and the improved strain (*XS-1*) in *P. haitanensis* after being cultured for 50 days

品系 strains	叶状体不同部位的厚度(μm) thickness of different blade parts			叶状体平均厚度(μm) mean thickness of blades
	梢部 apical	中部 middle	基部 basal	
<i>wt</i>	27.33 ± 1.34 ^a	32.21 ± 1.51	37.16 ± 2.15	32.23
<i>XS-1</i>	24.56 ± 2.16 (-10) **	26.41 ± 1.22 (-18) **	30.95 ± 1.71 (-17) **	27.31 (-15) **

注: a. means ± SD; 括号中数字表示变化率(相对野生型的变化量的百分比); ** 表示差异极显著 ($P < 0.01$, *t*-test)。

Notes: a. Values are means ± SD. Values in parentheses are expressed as percentage of change in thickness of the the improved strain (*XS-1*) compared with the wild type; ** highly significantly different ($P < 0.01$, *t*-test).

3 讨论

紫菜育种方法主要有大田选择选育^[16-17],杂交选育^[18-19]和诱变育种^[8,20-22]等方法。本文利用细胞工程法,从紫菜养殖群体中选出个体大的叶状体进行体细胞单克隆再生,经过连续数次的克隆再生与筛选,从再生体中选育出生长和颜色均明显好于野生型的优良品系,并且它的遗传性非常稳定。本选育方法比大田育种速度快、效率高,比诱变育种简单,不会有人工诱变处理所带来的副作用。通过养殖大田选育,可以使坛紫菜养殖群体中所发生的有益变异或有性生殖产生的杂交重组优势通过单个体细胞克隆和单性生殖,进行分离和固定。

叶绿素 a 是坛紫菜的主要光合色素,培养 35 d 的 XS-1 品系的叶绿素含量是 wt 品系的 1.32 倍,XS-1 品系的显著生长优势应该和叶绿素 a 含量的大幅度增加有密切关系。在藻类细胞中,藻胆蛋白包括藻红蛋白(PE)和藻蓝蛋白(PC),直接参与光合作用的能量吸收与传递,一般来讲,藻胆蛋白含量越高,光合作用能力越强^[23]。本文筛选出来的优良品系(XS-1)的藻胆蛋白含量远高于野生型品系(wt),XS-1 品系的藻体生长速度也远快于 wt 品系,而且 XS-1 品系的生长优势在小苗期(日龄 30 d 前)就已显示出来,到 40~50 d 的生长中期,两者生长差异更加显著,这间接表明,XS-1 品系的生长可能与藻胆蛋白含量高有一定的关联度。

在 XS-1 品系和 wt 品系的 F₁ 叶状体中,特别是 35 d 前的叶状体,其梢、中、基三部分的颜色均有较大的差异,梢部均呈红紫色,中部呈褐红色,基部呈褐绿色。二个品系不同部位的藻红蛋白(PE)和藻蓝蛋白(PC)含量测定结果显示,XS-1 品系的 PE 含量是梢部>中部>基部,PC 含量是中部>基部>梢部,梢部的 PE 含量是基部含量的 2.44 倍,藻体中部和基部的 PC 含量分别是梢部的 1.27 倍和 1.07 倍。wt 品系的 PE 含量是梢部>中部>基部,PC 含量是基部>中部>梢部,其规律与 XS-1 品系基本相同。分别比较这两个品系内的不同部位的 Chl. a 含量,发现梢、中、基三部分无明显变化。上述结果说明,坛紫菜叶状体不同部位的颜色之所以存在差异,主要是藻红蛋白和藻蓝蛋白的含量与比例不同所致,但在同

一个体的上下部分,颜色的差异如此之大,其生物学意义有待进一步研究。

参考文献:

- [1] 福建省水产局. 坛紫菜人工养殖[M]. 福州: 福建人民出版社, 1979: 1-101.
- [2] 严兴洪, 李琳, 陈俊华, 等. 坛紫菜的单性生殖与遗传纯系分离[J]. 高技术通讯, 2007, 17(2): 205-210.
- [3] Saitoh M, Araki S, Sakurai T, *et al.* Variations in contents of photosynthetic pigments, total nitrogen, total free amino acids and free sugars in dried lavers obtained at different culture grounds and harvesting times[J]. Bull Jap Soc Sci Fish, 1975, 41(3): 365-370.
- [4] Aruga Y, Miura A. *In vivo* absorption spectra and pigment contents of the two types of color mutants of *Porphyra* [J]. Jap J Phycol, 1984, 32: 243-250.
- [5] Aruga Y. Color and the pigments of *Porphyra yezoensis* [J]. Iden, 1980, 34: 8-13.
- [6] 马家海, 蔡守清. 条斑紫菜的栽培与加工[M]. 北京: 科学出版社, 1996: 1-13.
- [7] 李西林. 论坛紫菜壳孢子采苗时间[J]. 福建水产, 1992, 2: 40-42.
- [8] 严兴洪, 马少玉. 坛紫菜抗高温品系的筛选[J]. 水产学报, 2007, 31(1): 112-119.
- [9] 柳佩娟, 纪德华, 谢潮添, 等. 坛紫菜耐低氮磷品系选育的研究[J]. 集美大学学报, 2009, 14(2): 15-20.
- [10] 严兴洪, 陈敏. 坛紫菜耐低盐优良品系的筛选[J]. 上海水产大学学报, 2008, 17(3): 316-320.
- [11] Yan X H, Aruga Y. Induction of pigmentation mutants by treatment of monospore germlings with MNNG in *Porphyra yezoensis* Ueda (Bangiales, Rhodophyta) [C] // *Algae*, 1997, 12(1): 39-54.
- [12] Yan X H, Wang S J. Studies on the development and differentiation of the somatic cells from *Porphyra* spp. (Rhodophyta) [J]. Marine Sciences, 1990, 3(2): 195-208.
- [13] 王素娟, 张小平, 徐志东, 等. 坛紫菜营养细胞和原生质体培养的研究 I [J]. 海洋与湖沼, 1986, 3: 217-221.
- [14] Guillard R L. Division rates [M] // Stein J R, Ed. Handbook of phycological methods: culture methods and growth measurements. London: Cambridge University Press, 1973: 289-311.
- [15] 高洪峰. 不同生长期坛紫菜中藻胆蛋白的含量变

- 化[J]. 海洋与湖沼, 1993, 24(6): 645-648.
- [16] Miura A. Studies on the breeding of cultivated *Porphyra* (Rhodophyceae) [C] // The 3rd International Ocean Development Conference, Tokyo. Preprint Volume III, Marine Resources, 1975: 81-93.
- [17] 张佑基, 杨以勋, 王清印, 等. 条斑紫菜遗传和育种的研究[J]. 海洋湖沼通报, 1985, 4: 44-51.
- [18] Miura A, Shin J A. Cross breeding in cultivars of *Porphyra yezoensis* Ueda (Bangiales, Rhodophyta). A preliminary report [J]. Korean J Phycol, 1989, 4: 207-211.
- [19] 陈昌生, 徐燕, 纪德华, 等. 坛紫菜品系间杂交藻体选育及经济性状的初步研究[J]. 水产学报, 2007, 31(1): 97-104.
- [20] 严兴洪, 梁志强, 宋武林, 等. 坛紫菜人工色素突变体的诱变与分离[J]. 水产学报, 2005, 29(2): 166-172.
- [21] 陈俊华. 坛紫菜优良品系的筛选与特性分析[D]. 上海: 上海水产大学, 2007.
- [22] Yan X H, Lv F. Selection and characterization of a high-temperature tolerance strain of *Porphyra haitanensis* Chang et Zheng (Bangiales, Rhodophyta) [J]. J App Phycol, 2010, 22: 511-516.
- [23] Glazer A N. Phycobilisome a macromolecular complex optimized for light energy transfer [J]. Biochimica et Biophysica Acta (BBA), 1984, 768(1): 29-51.

Selection and characterization of a fast growing strain of *Porphyra haitanensis* (Bangiales, Rhodophyta)

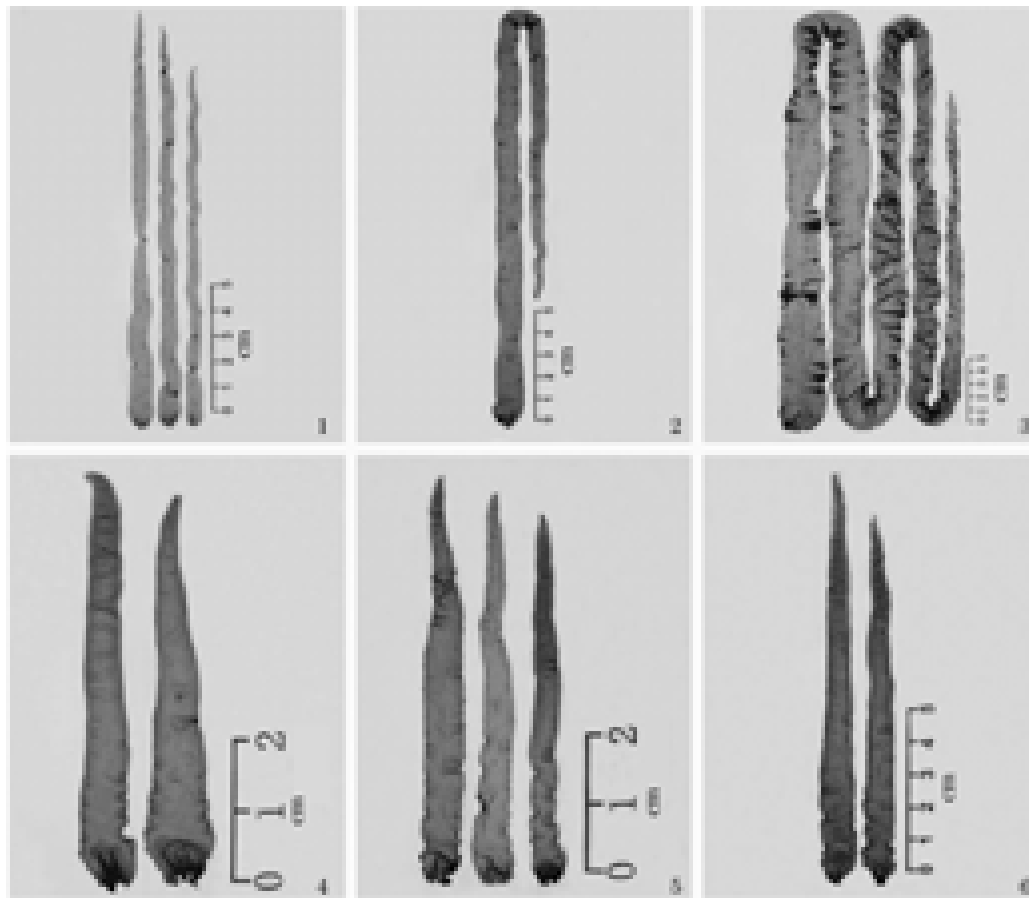
JIANG Yue¹, YAN Xing-hong^{1*}, LIU Chang-jun²

(1. College of Fisheries and Life Science, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China;
2. Xiangshan Fisheries Technical Extension Center, Xiangshan 315700, China)

Abstract: From the regenerated blades of single somatic cells isolated enzymatically from a blade collected from the cultivation ground of *Porphyra haitanensis* Chang et Zheng, the fastest growing blade was selected for isolating somatic cells, and was cultured for getting regeneration blades again. From its regenerated blades, the fastest growing blade was isolated. After 3 times of selections continuously in this way, we got an improved strain named XS-1, characterized by faster growing, later maturation and higher contents of phycobiliprotein as compared with the wild type (*wt*) strain. After 80 days in culture, the mean length of F₁ gametophytic blades of XS-1 grew up to 128.8 cm, which was 10.5 times faster than those of the *wt*. The maturation peak of F₁ blades of the XS-1 delayed about 20 days later than the *wt*. In the wavelength of 350-750 nm, *in vivo* absorption spectra of the F₁ blade of the XS-1 was similar to the *wt*, showing five absorption peaks but having higher absorption value in every peak than the *wt*. The contents of phycobiliprotein (PE + PC) and *Chl. a* in XS-1 were 80.4 mg/g and 8.9 mg/g, increasing by 188.8% and 32.5% compared with the *wt*, respectively. Mean thickness of the F₁ gametophytic blades of XS-1 was 32.2 μm, decreasing 15% compared with the *wt*. In short, the XS-1 is a fast growing strain that may offer broad applications for the nori industry.

Key words: *Porphyra haitanensis*; improved strain; growth rate; *in vivo* absorption spectra; phycobiliprotein

Corresponding author: YAN Xing-hong. E-mail: xhyan@shou.edu.cn

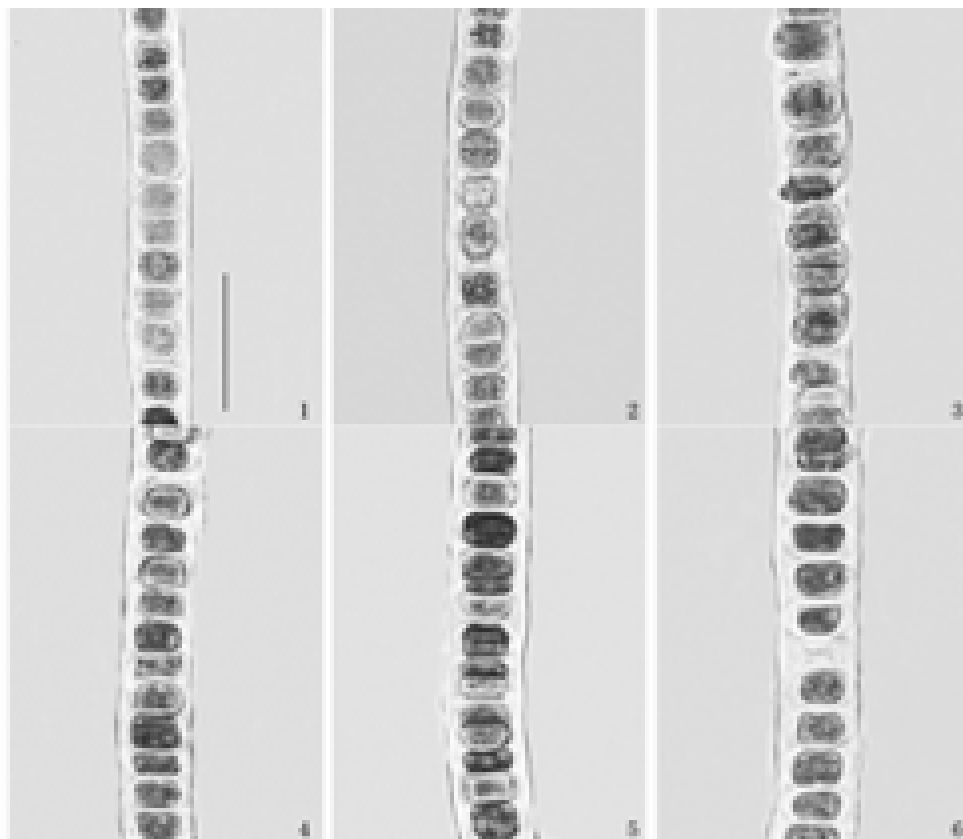


图版 I 坛紫菜野生型品系 (*wt*) 和优良品系 (*XS-1*) 的 F_1 叶状体

1~3. 优良品系 (*XS-1*) F_1 叶状体, 培养天数分别为 35 d、60 d 和 80 d; 4~6. 野生型品系 (*wt*) F_1 叶状体, 培养天数分别为 35 d、45 d 和 65 d。

Plate I F_1 gametophytic blades of the wild type (*wt*) and the improved strain (*XS-1*) in *P. haitanensis*

1-3. F_1 gametophytic blades of the *XS-1* strain, after being cultured for 35 d, 60 d and 80 d; 4-6. F_1 gametophytic blades of the *wt* strain, after being cultured for 35 d, 45 d and 65 d.



图版 II 坛紫菜野生型品系 (*wt*) 和优良品系 (*XS-1*) 的 F_1 叶状体 (50 d) 横切面

1~3. 分别为优良品系 (*XS-1*) 叶状体的梢、中、基部的横切面; 4~6. 分别为野生型品系 (*wt*) 叶状体的梢、中、基部的横切面; 图中标尺代表 50 μm 。

Plate II Transverse sections of F_1 gametophytic blades of the wild type (*wt*) and the improved strain (*XS-1*) in *P. haitanensis* after cultured for 50 days

1-3. Transverse sections of the apical, middle and basal parts of F_1 gametophytic blades of the *XS-1* strain, respectively, after being cultured for 50 d; 4-6. Transverse sections of the apical, middle and basal parts of F_1 gametophytic blades of the *wt* strain, respectively, after being cultured for 50 d, Scale bar (for all) :50 μm .