

坛紫菜优质新品系(Q-1)主要经济性状的研究

梁艳 徐燕 陈昌生* 纪德华 谢潮添 史修周 王凤霞 赵玲敏

(集美大学水产学院, 厦门 361021)

摘要 对杂交选育的坛紫菜优质品系(Q-1)和人工养殖的坛紫菜(对照组)进行叶状体生长、藻体厚度、4种色素含量、粗蛋白、氨基酸含量的测定以及丝状体的生长发育等实验。结果表明, (1)(Q-1) F₂、F₃叶状体生长迅速, 不易成熟; 3~4 cm的F₃叶状体经过10~15 d的培养, 平均日增长量高达(8.33±1.01)cm, 分别为父、母本的1.4和2.7倍; (2)F₃叶状体在第1次剪收时藻体厚度为(21.0±1.5)μm, 仅为对照组厚度的52%, 第2次剪收时为(25.6±1.9)μm, 为对照组的56%; F₂剪收1次后藻体的长度、宽度和鲜重平均日增长量分别为对照组的2.1、2.4和2.2倍; (3)F₂叶状体的总藻胆蛋白含量为(109.52±0.94)mg/g, 为对照组的1.6倍; 粗蛋白的含量高达(41.71±1.11)g/100g, 比对照组高27%; F₃叶状体第1次剪收时叶绿素a的含量高达(7.66±0.19)mg/g, 比对照组高13%; (4)F₃叶状体第1次剪收时呈味氨基酸中鲜味氨基酸与甜味氨基酸的总量为2.49 g/100g, 为对照组的1.8倍; 必需氨基酸含量为15.66 g/100g, 比对照组高13%; (5)(Q-1)和对照组的丝状体在29℃分别培养30~40 d时, 90%的营养藻丝发育成孢子囊枝。

关键词 坛紫菜 优质品系 经济性状

中图分类号 S917.3; S968.4

文献标识码 A

文章编号 1000-7075(2009)04-0108-09

Research on the main economic traits of the new strain of high quality *Porphyra haitanensis*

LIANG Yan XU Yan CHEN Chang-sheng* JI De-hua XIE Chao-tian
SHI Xiu-zhou WANG Feng-xia ZHAO Ling-min

(Fisheries College of Jimei University, Xiamen 361021)

ABSTRACT The high quality *Porphyra haitanensis* strain (Q-1) and the control were obtained from hybridization breeding and farmed, respectively. Growth, thickness, the four kinds of pigments, crude protein and amino acids of the thalli, and development of the conchocelis were studied. The results indicated that: (1) F₂ and F₃ thalli of (Q-1) grew fast and were not easily to become mature. The average daily length increase of F₃ thalli that were 3 to 4 cm long reached 8.33±1.01 cm after being cultured for 10 to 15 days, which was 1.4 times higher than the male broodstock and 2.7 times higher than the female broodstock; (2) The thickness of F₃

国家科技支撑项目(2007BAD07B03)、国家自然科学基金项目(40676077)、国家863计划项目(2006AA10A413)和福建省重大科技平台建设
项目(2007N2011)共同资助

* 通讯作者。E-mail: cschen@jmu.edu.cn, Tel: (0592)6181358

收稿日期: 2008-07-01; 接受日期: 2008-09-04

作者简介: 梁艳(1983-), 女, 硕士研究生, 主要从事紫菜生物学研究。E-mail: yanliang.1983@163.com, Tel: 13696908319

thalli was $21.0 \pm 1.5 \mu\text{m}$ and $25.6 \pm 1.9 \mu\text{m}$ at the first harvest and the second, respectively, which was 52% or 56% of the control. The daily length, width and weight increase of F_2 thalli were 2.1, 2.4 and 2.2 times higher than the control after the first harvest; (3) The total phyco-biliprotein of F_2 thalli was $109.52 \pm 0.94 \text{ mg/g}$, which was 1.6 times higher than the control; and the crude protein reached $41.71 \pm 0.11 \text{ mg/g}$ which was 27% higher than the control. The chlorophyll a of F_3 thalli reached $7.66 \pm 0.19 \text{ mg/g}$ at the first harvest which was 13% higher than the control; (4) The delicious and sweet amino acids of the flavor AA was 2.49 g/100g , which was 1.8 times higher than the control. The essential amino acids were 15.66 g/100g which was 13% higher than the control; (5) 90% conchocelis of (Q-1) or the control developed into sporangial branchlets cultured for 30 or 40 days at 29°C . The research may lay a foundation for the selection of high quality *P. haitanensis* strain with improved economic benefit.

KEY WORDS *Porphyra haitanensis* High quality strain Economic traits

紫菜是一种营养丰富、味道鲜美的食用经济海藻,在我国和东亚诸国具有悠久的栽培历史。其主要栽培种类有条斑紫菜 *Porphyra yezoensis* 和坛紫菜 *P. haitanensis*。近几年,坛紫菜养殖存在一些问题:如在育苗生产中未能利用纯系采苗,使得养殖品种混杂;多数养殖品种未经选育,且连续多年使用,导致种质退化、抗病力减弱、味道变差、品质下降和产量降低;特别是坛紫菜藻体比条斑紫菜厚,使其加工产品质量以及口感较差,影响了出口贸易,降低了经济效益,这些问题已成为影响紫菜养殖业健康和持续发展的突出问题。

因此,近几年藻类学者致力于坛紫菜优良品系选育的研究。严兴洪等(2007)筛选出抗高温的 YZ-3 新品系;陈昌生等(2007)利用坛紫菜不同品系的杂交、单细胞克隆和丝状体细胞育苗技术相结合的方法,有效的对坛紫菜杂交藻体的优良性状进行筛选,初步培育出了生长速度较快、品质良好、对高温和低氮磷适应性较强的新品系。李琳等(2006)通过人工诱变获得了数种坛紫菜人工色素突变体,评价了其叶状体活体吸收光谱特性以及藻胆蛋白和叶绿素 a 的含量。但是,至今有关坛紫菜优质新品系以及经济性状的研究报道较少。本文主要对杂交育种选育的优质型坛紫菜不同子代的经济性状进行比较,并通过纯系的建立使其优良性状可以稳定遗传,旨在为坛紫菜的种质改良及良种培育奠定基础。

1 材料与方 法

1.1 材料的来源

优质品系(Q-1)是通过杂交选育获得,其母本采自平潭自然海区和经过人工选育的野生坛紫菜,父本为人工诱变和选育获得的红色型藻体;对照品系为东山苏峰人工养殖的坛紫菜。

1.2 纯系的建立

用海螺酶对人工杂交和选育的 F_1 未成熟叶状体的局部营养细胞进行酶解,获得游离的单细胞。通过单克隆培养和单性生殖获得 F_1 丝状体,对其培养和促熟,使其放散出壳孢子并培养形成 F_2 叶状体,重复上述步骤获得 F_2 丝状体以及 F_3 叶状体,在此基础上建立优质品系(Q-1)的纯系,然后对 F_2 和 F_3 叶状体进行经济性状的实验(王素娟等 1986;刘必谦等 2004)。

1.3 生长性状的测定

叶状体生长的测定参考陈昌生等(2007)的方法进行。培养条件:温度(20 ± 1) $^\circ\text{C}$,光照强度 1 200~1 500 lx,光照周期 12L:12D;丝状体生长发育试验参照徐燕等(2007)的方法(略有改动)。培养条件:温度(20 ± 1) $^\circ\text{C}$,光照强度 800~1 200 lx,光照周期 10L:14D。

1.4 藻体厚度的测定

该品系不同子代叶状体培养至 20~30 cm,对其长度、宽度以及鲜重进行测定,基部留取 5 cm 后测定其宽度、鲜重,并测定剪收时叶片中部的细胞的大小以及胶质膜的厚度。当藻体再次长到 20~30 cm 时,进行第 2 次剪收实验(方法同上)。培养条件:温度(20±1)℃,光照强度 1 200~1 500 lx,光照周期 12L:12D,每 3 d 更换 1 次培养液。

1.5 品质测定

对未剪收以及每次剪收后的藻体进行叶绿素 a、藻胆蛋白、粗蛋白、总氨基酸以及游离氨基酸等含量的测定。其中,叶绿素 a 含量的测定参照 Jensen(1978)的方法,藻胆蛋白含量的测定参照陈昌生等(2007)的方法;总氨基酸以及游离氨基酸含量的测定使用日立 L8900 型全自动氨基酸分析仪进行分析,测试方法参照 GB/T 5009.124-2003;粗蛋白含量的测定采用凯氏定氮法进行检测。

1.6 测定公式及数据处理

藻体生长测定公式按照徐 燕等(2007)的方法。实验数据以(平均数±标准差)表示,运用 SPSS 软件进行单因素方差分析。

2 结果

2.1 (Q-1)F₂、F₃叶状体的形态特征及生长情况

(Q-1)F₂藻体为棕红色,基部为脐形,无锯齿、略扭曲。3~4 cm 幼苗培养 20 d 后,藻体长达 170.0 cm,宽达 3.0 cm,均未成熟(图版 I-2)。F₃叶状体的形态特征与 F₂基本相同(图版 I-3)。母本叶状体为野生色,基部为圆形,部分藻体基部有锯齿,藻体培养时易成熟,3~4 cm 幼苗培养 5~10 d 时的成熟率达 36%~46%,培养 20 d 后未成熟藻体长达 56.40 cm,宽为 1.80 cm。父本藻体为棕红色,基部为脐形,无锯齿、略扭曲。

表 1 和表 2 所示,初始长度为 3~4 cm 的(Q-1)F₃叶状体经过 11~15 d 培养,平均日增长量达(8.33±1.01)cm/d,分别为父本和母本的 1.4 倍和 2.7 倍,差异极显著(P<0.01)。

表 1 (Q-1)F₂、F₃叶状体平均日增长量

Table 1 Average daily length increase in F₂ and F₃ thalli of (Q-1)(X±SD, cm/d)

叶状体 Thallus	培养时间(d) Culture time			
	1~5	6~10	11~15	16~20
母本 Female broodstock	1.52±0.33 ^a	2.65±0.66 ^a	3.13±1.35 ^a	—
父本 Male broodstock	1.86±0.26 ^b	4.72±0.76 ^b	5.81±1.15 ^b	7.74±1.69 ^a
F ₂	1.95±0.26 ^c	6.36±0.78 ^c	8.76±0.97 ^c	8.64±1.30 ^b
F ₃	1.96±0.38 ^c	5.34±0.70 ^d	8.33±1.01 ^c	8.95±1.53 ^b

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);“—”表明藻体已腐烂,未测得数据;(下同)

表 2 (Q-1)F₂、F₃叶状体平均日增重率

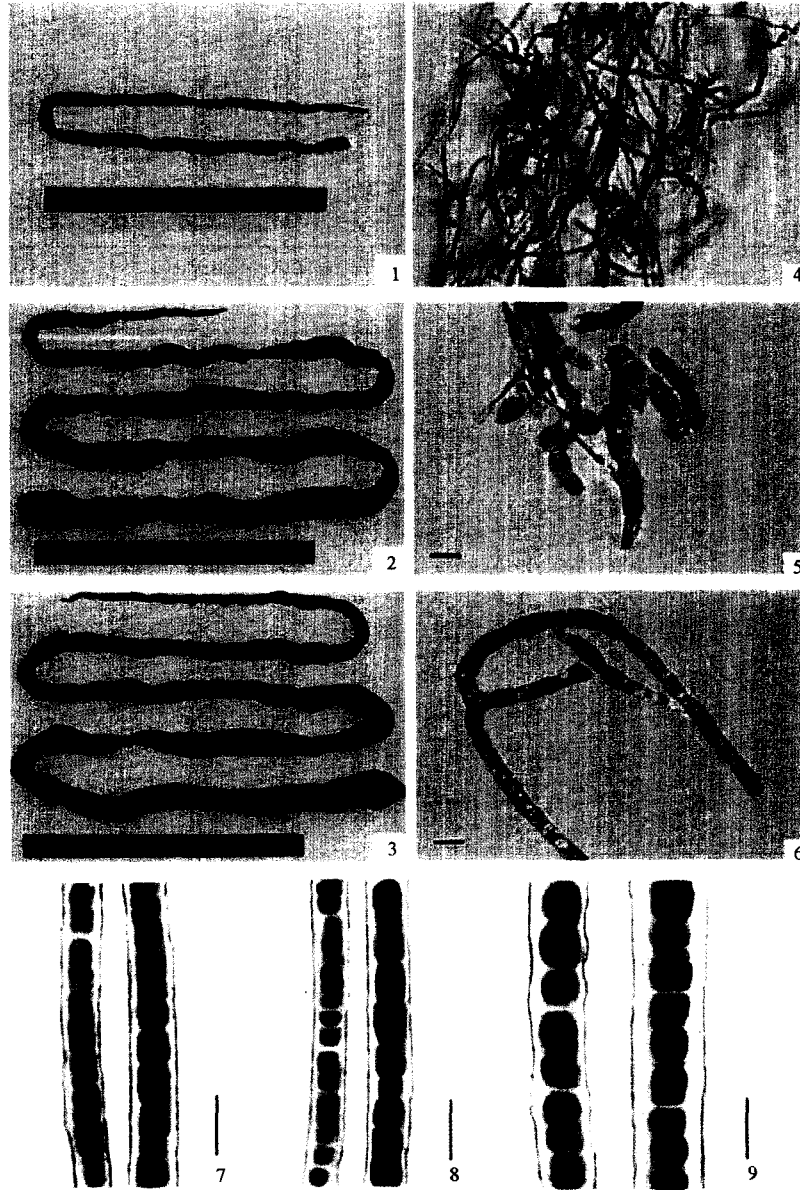
Table 2 Average daily weight increase in F₂ and F₃ thalli of (Q-1)(X±SD, %)

叶状体 Thallus	培养时间(d) Culture time			
	1~5	6~10	11~15	16~20
母本 Female broodstock	41.4±10.9 ^a	34.9±3.6 ^a	21.3±3.5 ^a	—
父本 Male broodstock	59.1±8.0 ^b	35.5±3.3 ^a	24.1±2.2 ^b	13.2±1.9 ^a
F ₂	66.4±7.0 ^c	48.5±4.3 ^b	26.0±3.2 ^c	16.8±5.9 ^b
F ₃	60.8±6.1 ^b	46.0±3.9 ^b	26.6±4.1 ^c	13.9±3.0 ^a

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);“—”表明藻体已腐烂,未测得数据;(下同)

2.2 (Q-1)F₂和 F₃叶状体剪收后藻体厚度及生长的变化

从表 3 中可知,(Q-1)F₃叶状体在第 1 次剪收时藻体薄,为(21.0±1.5)μm,只有对照组厚度的 52%,第 2 次剪收时为(25.6±1.9)μm,为对照组的 56%;两个子代藻体不同剪收次数时藻体厚度及胶质膜厚度差别不大(图版 I-7、8、9)。



1-3. 对照组,(Q-1) F₂,F₃ 藻体形态;4.(Q-1) 21℃,40 d 时的营养藻丝;5,6.(Q-1)与对照组孢子囊枝;

7-9.(Q-1)F₂,F₃ 和对照组叶状体的第 1 次(左)与第 2 次(右)剪收时藻体的厚度. 图 4-6 和图 7-9 中标尺分别代表 20 μm 和 50 μm

1-3. Shape of the control, F₂ and F₃; 4. Conchocelis of (Q-1) at 21℃ on the 40th day; 5,6. Sporangial branchlets of (Q-1) and the control; 7-9. Thickness of F₂, F₃ and the control at the first harvest (left) and the second harvest (right). Scale bars=20 μm in fig. 4-6, 50 μm in fig. 7-9

图版 I 坛紫菜优质新品系(Q-1)生长发育及显微结构

Plate I Development and microstructure of the new strain of high quality *Porphyra haitanensis*

从表 4 可以看出,F₃叶状体在剪收 1 次后藻体的生长显著高于对照组(P<0.01),平均日增长量、平均日增宽量和平均日增重量分别约为对照的 2.1、2.4 和 2.2 倍,而两个子代之间差异不显著(P>0.05)。

表3 (Q-1)F₂、F₃叶状体剪收后藻体厚度的变化Table 3 Thickness variance of the F₂ and F₃ thalli after harvesting of (Q-1)(X±SD, μm)

叶状体 Thallus	第1次剪收时 At the first harvesting		第2次剪收时 At the second harvesting	
	藻体厚度 Thickness of the thalli	胶质膜厚度 Thickness of the gelatinous membrane	藻体厚度 Thickness of the thalli	胶质膜厚度 Thickness of the gelatinous membrane
F ₂	23.1±1.4**	2.3±0.5**	26.8±1.5**	3.9±0.9**
F ₃	21.0±1.5**	2.2±0.7**	25.6±1.9**	3.7±0.9**
对照 Control	40.2±2.8	6.0±1.5	45.8±2.9	9.7±1.2

注: *表示与对照组相比差异显著(P<0.05), **表示差异极显著(P<0.01)(下同)

表4 (Q-1)F₂、F₃叶状体剪收后平均长度、宽度和鲜重的增长Table 4 Average length, width and weight increase in F₂ and F₃ thalli after harvesting of (Q-1)(X±SD, cm/d, mg/d)

叶状体 Thallus	平均长度 Average length	平均宽度 Average width	平均鲜重 Average weight
F ₂	1.88±0.31**	0.21±0.04**	41.60±4.42**
F ₃	1.91±0.37**	0.22±0.04**	47.10±5.35**
对照 Control	0.90±0.13	0.09±0.02	21.80±3.77

注: *表示与对照组相比差异显著(P<0.05), **表示差异极显著(P<0.01)(下同)

2.3 优质新品系与对照组品质的测定结果

2.3.1 主要色素含量

如表5所示, (Q-1)F₂叶状体未剪收时的总藻胆蛋白含量相对较高, 达到(109.52±0.94)mg/g, 为对照组的1.6倍; (Q-1)F₃叶绿素a的含量在叶状体第1次剪收时高达(7.66±0.19)mg/g, 比对照组高13%。(Q-1)F₂和F₃叶状体之间差异不明显。

表5 (Q-1)不同子代主要色素含量

Table 5 The content of main pigments in different generations of (Q-1)(X±SD, mg/g)

叶状体 Thallus	剪收 Harvesting	藻红蛋白 RPE	藻蓝蛋白 RPC	别藻蓝蛋白 APC	藻胆蛋白 Phycobiliprotein	叶绿素a Chlorophyll a
F ₂	未剪收 Before harvest	67.74±2.21**	22.72±1.91**	19.06±0.83**	109.52±0.94**	7.02±0.12**
	第1次剪收 First harvest	72.24±1.00**	16.50±0.67**	15.22±0.88**	103.96±2.42**	7.32±0.22**
	第2次剪收 Second harvest	56.83±2.50**	19.10±1.38**	17.80±1.30**	93.72±4.74**	6.81±0.18**
F ₃	未剪收 Before harvest	61.61±2.78**	22.43±1.38**	18.07±1.72**	102.12±2.47**	6.98±0.18*
	第1次剪收 First harvest	71.34±2.82**	19.90±1.11	17.28±1.29**	108.52±4.64**	7.66±0.19**
	第2次剪收 Second harvest	49.47±2.10**	19.87±0.76**	15.51±2.18**	84.86±4.43	6.38±0.28*
对照 Control	未剪收 Before harvest	36.66±2.43	19.91±1.12	11.44±0.46	68.01±3.33	6.60±0.36
	第1次剪收 First harvest	40.90±0.81	19.28±0.53	12.90±0.43	73.09±1.47	6.78±0.25
	第2次剪收 Second harvest	38.43±1.72	29.38±0.78	19.46±0.77	87.28±3.02	6.02±0.28

2.3.2 氨基酸及粗蛋白含量的测定结果

如表6所示, (Q-1)F₂和F₃藻体剪收前后粗蛋白含量均显著高于对照组, F₂叶状体在未剪收时的含量高达

(41.71±0.11)mg/g,比对照组高27%。随着剪收次数的增加,粗蛋白含量逐渐降低。(Q-1) F_3 叶状体剪收后粗蛋白含量略高于(Q-1) F_2 叶状体。

表6 (Q-1)不同子代叶状体粗蛋白含量

Table 6 The total protein of (Q-1) thallus in different generations(X±SD,g/100g)

叶状体 Thallus	未剪收 Before harvest	第1次剪收 First harvest	第2次剪收 Second harvest
F_2	41.71±0.11**	38.89±.21**	31.58±0.50*
F_3	41.27±0.51**	41.07±0.58**	31.92±0.15**
对照 Control	32.79±0.36	33.63±0.15	30.31±0.45

在可测得的17种氨基酸中,天冬氨酸、谷氨酸和丙氨酸的含量较高(表7)。 F_3 叶状体第1次剪收时呈味氨基酸中鲜味氨基酸与甜味氨基酸的总量为2.49 g/100g,为对照组的1.8倍。

表7 (Q-1)不同子代叶状体游离氨基酸的含量

Table 7 Contents of free amino acid of (Q-1) thallus in different generations(g/100g)

氨基酸 Amino acid	F_2	F_2'	F_2''	F_3	F_3'	F_3''	对照 Control'	Control''	Control'''
天冬氨酸 Asp	0.62	0.29	0.41	0.55	0.44	0.33	0.33	0.13	0.39
苏氨酸 Thr	0.21	0.20	0.10	0.21	0.17	0.13	0.16	0.07	0.22
丝氨酸 Ser	0.19	0.11	0.09	0.21	0.16	0.12	0.07	0.03	0.13
谷氨酸 Glu	0.73	1.10	0.82	0.87	0.96	0.70	0.85	0.60	0.87
脯氨酸 Pro	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00
甘氨酸 Gly	0.13	0.07	0.06	0.11	0.11	0.08	0.08	0.11	0.11
丙氨酸 Ala	0.79	0.59	0.51	0.73	0.84	0.58	0.49	0.52	0.61
半胱氨酸 Hcy	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
缬氨酸 Val	0.01	0.01	0.02	0.01	0.02	0.01	0.02	0.01	0.01
蛋氨酸 Met	0.02	0.01	0.02	0.00	0.01	0.01	0.01	0.02	0.00
异亮氨酸 Ile	0.02	0.00	0.00	0.02	0.02	0.00	0.00	0.00	0.01
亮氨酸 Leu	0.00	0.01	0.01	0.02	0.02	0.01	0.01	0.00	0.00
酪氨酸 Tyr	0.24	0.29	0.29	0.27	0.27	0.19	0.27	0.27	0.32
苯丙氨酸 Phe	0.10	0.11	0.09	0.11	0.11	0.11	0.09	0.09	0.10
赖氨酸 Lye	0.08	0.05	0.09	0.08	0.07	0.07	0.07	0.05	0.05
组氨酸 His	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01
精氨酸 Arg	0.08	0.01	0.01	0.06	0.03	0.02	0.02	0.00	0.00
合计 Total	3.25	2.87	2.52	3.25	3.22	2.36	2.47	1.90	2.84

注: '表示未剪收; '表示第1次剪收; ''表示第2次剪收(下同)

从总氨基酸含量测定结果可以看出,(Q-1) F_3 叶状体富含人体所必需的9种氨基酸,第1次剪收后含量为15.66 g/100g,比对照组高13%。

2.4 (Q-1)丝状体生长发育情况

(Q-1)丝状体为红色,随着温度的逐渐升高、培养时间的延长,个别细胞出现中空,中空率低于20%;对照组丝

状体亦呈红色,中空率高达40%。二者在29℃分别培养30~40d,90%的营养藻丝发育成孢子囊枝(表9和表11)(图版[4,5,6]),(Q-1)在不同温度丝状体平均日增重量与对照组相比差异极显著($P < 0.01$)(表10)。

表8 (Q-1)不同子代叶状体总氨基酸的含量

Table 8 Contents of total amino acid of(Q-1)thallus in different generations(g/100g)

氨基酸 Amino acid	F ₂ '	F ₂ ''	F ₂ '''	F ₃ '	F ₃ ''	F ₃ '''	Control'	Control''	Control'''
天冬氨酸 Asp	3.83	4.15	3.45	3.76	3.92	3.63	3.39	3.36	2.89
苏氨酸 Thr	1.80	2.10	1.74	1.83	1.88	1.75	1.73	1.72	1.59
丝氨酸 Ser	2.09	2.30	2.06	2.13	2.18	2.00	1.79	1.81	1.58
谷氨酸 Glu	4.17	4.88	3.94	4.23	4.50	4.00	3.84	3.97	3.48
脯氨酸 Pro	1.31	1.37	1.18	1.38	1.32	1.25	1.20	1.27	0.90
甘氨酸 Gly	1.99	2.42	2.00	2.10	2.11	1.91	1.74	1.78	1.62
丙氨酸 Ala	4.97	7.43	5.29	2.09	2.39	2.09	1.81	1.89	1.62
半胱氨酸 Hcy	0.00	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
缬氨酸 Val	1.91	2.21	1.97	2.09	2.11	1.97	1.87	1.87	1.70
蛋氨酸 Met	0.53	0.59	0.53	0.68	0.73	0.67	0.63	0.68	0.59
异亮氨酸 Ile	0.62	0.79	0.71	1.47	1.49	1.41	1.32	1.31	1.18
亮氨酸 Leu	1.10	1.27	1.11	2.95	3.00	2.86	2.66	2.65	2.39
酪氨酸 Tyr	0.17	0.16	0.16	1.28	1.12	0.99	1.20	1.19	1.10
苯丙氨酸 Phe	0.05	0.05	0.04	1.13	1.18	1.19	1.14	1.09	1.00
赖氨酸 Lys	2.09	2.29	1.95	2.02	2.06	1.90	1.81	1.80	1.64
组氨酸 His	0.55	0.64	0.55	0.60	0.66	0.62	0.54	0.57	0.50
精氨酸 Arg	2.50	2.81	2.32	2.49	2.56	2.33	2.19	2.22	1.95
合计 Total	29.68	35.52	29.01	32.23	33.21	30.59	28.86	29.20	25.74

表9 (Q-1)丝状体不同温度不同时期的发育情况(%)

Table 9 Development of (Q-1) filaments at different temperature and different stage(%)

项目 Item		(Q-1)				对照 Control			
		培养时间(d) Culture time				培养时间(d) Culture time			
		10	20	30	40	10	20	30	40
21℃	CF	100	100	100	100	100	100	90	90
	SB	0	0	0	0	0	0	10	10
25℃	CF	100	100	100	100	100	90	70	50
	SB	0	0	0	0	0	10	30	50
27℃	CF	100	80	60	40	60	40	20	10
	SB	0	20	40	60	40	60	80	90
29℃	CF	100	60	40	10	40	20	10	10
	SB	0	40	60	90	60	80	90	90

注:CF为营养藻丝细胞;SB为孢子囊枝细胞

表 10 (Q-1) 丝状体不同温度不同发育时期的平均日增重量

Table 10 Average daily weight increase of (Q-1) filaments at different temperature and different development stage(X±SD,mg/d)

项目 Item	21 °C	25 °C	27 °C	29 °C	
(Q-1)	1~10 d	8.70±0.16**	6.80±0.12**	4.76±0.11**	2.18±0.02**
	11~20 d	10.92±0.66**	8.41±0.33**	5.85±0.16**	3.18±0.40**
	21~30 d	6.80±0.28**	5.42±0.25**	3.70±0.16**	2.04±0.03**
	31~40 d	4.86±0.07**	4.26±0.01**	2.56±0.20**	1.57±0.02**
对照 Control	1~10 d	3.66±0.02	3.48±0.36	2.72±0.25	1.64±0.12
	11~20 d	6.32±0.06	5.88±0.02	4.45±0.05	2.67±0.06
	21~30 d	4.72±0.06	3.29±0.10	2.57±0.37	1.50±0.02
	31~40 d	2.88±0.04	2.74±0.05	1.78±0.04	0.71±0.11

注: * 表示与对照组相比差异显著($P<0.05$), ** 表示差异极显著($P<0.01$)(下同)

表 11 (Q-1) 丝状体 29 °C 第 40 天时细胞的大小(μm)Table 11 Cellular size of (Q-1) filaments at 29 °C on the 40th day(X±SD, μm)

品系 Strains	营养藻丝细胞 Conchocelis filaments		孢子囊枝细胞 Sporangial branchlets	
	长度 Length	宽度 Width	长度 Length	宽度 Width
(Q-1)	22.50±0.67	5.00±0.01	22.50±2.09	18.50±2.09
对照 Control	27.50±0.55	3.75±0.03	18.63±1.86	16.67±2.76

3 讨论

3.1 优质新品系(Q-1)薄叶特性的分析

紫菜藻体厚度因种而异,并随着培养时间延长而变化。一般情况下,藻体基部比较厚,尖端和边缘比较薄;幼小的藻体薄,成熟的藻体厚。各种紫菜以甘紫菜为最薄,仅 20 μm 左右,而坛紫菜比较厚,在生长后期,超过 100 μm 以上(曾呈奎等 1985)。体壁过于肥厚的藻体对于加工体系的要求比较高,且含水率达 15% 以上,在保藏过程易变色而失去食用价值(陈人弼 1999)。藻体薄的条斑紫菜,容易加工成为优质产品,可以出口创汇;而目前人工养殖的坛紫菜因藻体厚,加工的产品比较粗糙、口感差,产值明显降低。在我国紫菜养殖总产量中,坛紫菜占 75%,条斑紫菜占 25%,但二者的产值却相当,说明了藻体厚薄以及品质的重要性。本文研究的优质品系(Q-1)的突出特性之一就是藻体薄。(Q-1)两个子代不同剪收次数时藻体厚度及胶质膜厚度都显著低于对照组。 F_3 叶状体在第 1 次剪收时藻体厚度仅有(21.0±1.5) μm ,为对照组厚度的 52%;第 2 次剪收时为(25.6±1.9) μm ,为对照组的 56%。同时,(Q-1)不同子代在剪收 1 次后藻体长度、宽度和鲜重的平均日增长量显著高于对照组。

3.2 优质新品系(Q-1)氨基酸含量的分析

紫菜成分中的游离氨基酸含量越高,包含的美味成分越多,味道更浓厚(Harad *et al.* 1990)。(Q-1) F_3 叶状体第 1 次剪收时呈味氨基酸中鲜味氨基酸与甜味氨基酸的总量为 2.49 g/100g,为对照组的 1.8 倍,占游离氨基酸总量的 78%。由于在紫菜中呈游离状态,且呈味氨基酸占绝大部分,食用时极易溶解出来,使人能感觉到紫菜的鲜美,所以游离氨基酸是决定紫菜味道的重要因素。在进行感官评价时,口感味道又是影响紫菜等级的指标之一(马家海等 1996)。而丙氨酸与谷氨酸被认为是决定紫菜口味的重要游离氨基酸(Yoshie *et al.* 1994),(Q-1) F_3 叶状体第 1 次剪收时二者含量之和为 1.80 g/100g。在总氨基酸含量的测定中,能测得的氨基酸组成有 17 种,其中(Q-1) F_2 叶状体第一次剪收时丙氨酸的最高含量可达 7.43 g/100g; F_3 第 1 次剪收时亮氨

酸的含量较高,为 3.00 g/100g。此外,以每百克干品含有氨基酸的总量来看,平均含量在 3 g 以上的,依次有天冬氨酸 2.89~4.15 g/100g、谷氨酸 3.48~4.87 g/100g;在 2 g 以上的为精氨酸 1.95~2.80 g/100g;在 1 g 以上的,依次有苏氨酸 1.58~2.09 g/100g、丝氨酸 1.57~2.30 g/100g、脯氨酸 0.90~1.38 g/100g、甘氨酸 1.62~2.41 g/100g、缬氨酸 1.67~2.21 g/100g 和赖氨酸 1.64~2.29 g/100g。特别是富含人体所必需的 10 种氨基酸中的 9 种,以 F₃ 叶状体未剪收时含量最高,为 15.24 g/100g,比对照组高 13%。何培民等(1991)研究表明,细胞育苗的条斑紫菜与传统育苗的条斑紫菜的必需氨基酸含量分别为 12.99% 和 12.72%,略低于文中实验品系(Q-1)。综上说明(Q-1)叶状体氨基酸组成种类齐全、含量丰富,特别是必需氨基酸的含量和比例较为均衡,营养价值较高。

3.3 优质新品系(Q-1)遗传稳定性的分析

实验品系(Q-1)F₂、F₃ 叶状体无论在生长、藻体厚度或是品质特性方面较对照组都存在较大优势,而二代之间差别不明显。例如,在藻体生长上,3~4 cm 的藻体经过 15 d 培养后,F₂ 叶状体的平均日增长量和平均日增重率分别为(8.76±0.97)cm 和(26.0±3.2)% ,F₃ 为(8.33±1.01)cm 和(26.6±4.1)% ,F₂、F₃ 比较稳定,生长差异不明显;在藻体厚度增长上,F₂ 与 F₃ 叶状体相比,第 1 次剪收后藻体厚度增加 2.1 μm,第 2 次增加 1.2 μm,差异也不明显;从 4 种色素、粗蛋白以及氨基酸变化来看,F₂、F₃ 叶状体剪收前后藻胆蛋白、叶绿素 a 和粗蛋白含量分别仅相差 0.46%~0.88%、0.004%~0.043% 和 0.34%~2.18% ;F₂、F₃ 叶状体剪收前后鲜味与甜味氨基酸占氨基酸总量的 75%~78%。说明在建立纯系的基础上,该品系的优良经济性状可以较稳定的遗传,并未出现较大的变化。因此,本文通过人工不断选育和结合酶解技术进行单细胞克隆培养(王素娟等 1987;戴继勋等 1988;丁原平 2001),利用单性生殖建立纯系(胡银茂 2006;刘必谦等 2004;曾庆国等 2004;严兴洪等 2007),缩短了育种周期,同时通过大量选育并保持经济性状的稳定遗传,为良种快速、有效的培育奠定了基础。

参 考 文 献

- 丁原平. 2001. 紫菜叶状体细胞的分离及酶法育苗试验. 齐鲁渔业, 18(4): 29~30
- 马家海, 蔡守清. 1996. 条斑紫菜的养殖与加工. 北京: 科学出版社, 1~11, 179~226
- 王素娟, 张小平, 徐志东. 1986. 坛紫菜营养细胞和原生质体培养的研究 I. 海洋与湖沼, 17(3): 217~224
- 王素娟, 孙云龙, 路安明. 1987. 坛紫菜营养细胞和原生质体培养研究 II. 直接育苗下海养殖的实验研究. 海洋科学, 1: 1~7
- 刘必谦, 曾国庆, 骆其君, 杨 锐, 王亚军. 2004. 坛紫菜体细胞单克隆叶状体途径及海上养殖. 水产学报, 28(4): 407~412
- 李 琳, 严兴洪. 2006. 坛紫菜绿色突变体的分离与特性分析. 上海水产大学学报, 15(1): 30~35
- 严兴洪, 马少玉. 2007. 坛紫菜抗高温品系的筛选. 水产学报, 31(1): 112~119
- 严兴洪, 李 琳, 陈俊华, 有贺佑胜. 2007. 坛紫菜的单性生殖与遗传纯系分离. 高技术通讯, 17(2): 205~210
- 陈昌生, 徐 燕, 纪德华, 谢潮添, 王玉中, 王凤霞, 柳佩娟. 2007. 坛紫菜品系间杂交藻体选育及经济性状的初步研究. 水产学报, 31(1): 97~104
- 陈人弼. 1999. 坛紫菜主要营养成分的分析. 台湾海峡, 18(4): 465~468
- 何培民, 王素娟. 1991. 条斑紫菜细胞苗培养及总氮量、氨基酸分析. 水产学报, 15(1): 48~54
- 杨 锐, 徐红霞, 徐丽宁. 2006. 坛紫菜体细胞的几种发育途径. 海洋湖沼通报, 3: 60~65
- 胡银茂. 2006. 坛紫菜单个体细胞培养的愈伤组织发育途径. 台州学院学报, 28(3): 67~69
- 徐 燕, 谢潮添, 纪德华, 陈昌生, 柳佩娟, 王凤霞. 2007. 坛紫菜品系间杂交分离色素突变体及其特性的初步研究. 中国水产科学, 14(3): 466~472
- 曾庆国, 刘必谦, 骆其君, 王亚军. 2004. 坛紫菜单个体细胞克隆的丝状体途径. 中国水产科学, 11(6): 549~552
- 曾呈奎, 王素娟, 刘思俭, 郭宜鏊, 张定民, 缪国荣. 1985. 海藻栽培学. 上海: 科学技术出版社, 138
- 戴继勋, 包振民, 唐廷林. 1988. 紫菜叶状体细胞的酶法分离及其养殖研究. 生物工程学报, 4(2): 133~137
- Jensen, A. 1978. Chlorophylls and carotenoids. London: Cambridge Univ Press. 59~70
- Harad, K., Osumi, Y., Fukuda, N. et al. 1990. Changes of amino acid compositions of 'Nori', *Porphyra* spp. during storage. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish, 56(4): 607~612
- Yoshie, Y., and Suzuki, T. 1994. Free amino acids and fatty acid composition in dried Nori of various culture locations and prices. ASFAI, 24(5): 369