

坛紫菜薄叶新品系选育及经济性状的比较

陈昌生 梁艳 徐燕 谢潮添 纪德华 王佩合 史修周 赵玲敏

(集美大学水产学院, 厦门 361021)

摘要 对坛紫菜人工杂交和选育的 Z-26、Z-61 和 Z-81 品系的 F₂、F₃ 代的经济性状进行比较, 旨在选育优良的薄叶新品系。实验结果表明, (1) Z-61 新品系藻体薄, 厚度约为 26~32 μm , 培养期间经两次剪收, 厚度增长不明显, 日平均增厚 0.32~0.35 $\mu\text{m}/\text{d}$; Z-81 藻体厚度为 36~40 μm , 比 Z-61 厚 38~50%, 剪收后厚度增长明显, 日平均增厚 0.60~0.70 $\mu\text{m}/\text{d}$, 经两次剪收后藻体厚度可达 52 μm ; Z-26 新品系厚度为 30~42 μm , 剪收后厚度日增长介于 Z-61 和 Z-81 新品系之间, 为 0.37~0.55 $\mu\text{m}/\text{d}$; (2) Z-61 的 F₃ 代在低氮、磷培育液培养 8d, 藻体虽然发黄但未死亡, 移至含有氮、磷的正常培养液中培养 2~3d, 色泽和生长均可恢复正常; Z-81 F₃ 代和 Z-26 F₃ 代在低氮、磷下生长较 Z-61 F₃ 代慢, 恢复时间需要 3~5 d; (3) Z-61 F₂ 代第 1 次剪收时的藻胆蛋白含量较 Z-26、Z-81 品系高 30.2%~34.4%, 叶绿素 a 含量比 Z-81 高 13.8%~44.7%。以上研究结果可为选育薄叶型坛紫菜, 提高坛紫菜的质量和经济效益奠定基础。

关键词 坛紫菜 品系 薄叶 育种 经济性状

中图分类号 S968.43⁺¹ **文献标识码** A **文章编号** 1000-7075(2009)02-0100-06

Selective breeding and comparison of economic traits of the new thin-thallus strain *Porphyra haitanensis*

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

(Fisheries College of Jimei University, Xiamen 361021)

ABSTRACT In order to breed an eugenic thin-thallus strain of *Porphyra haitanensis*, economic traits of hybrid and selective bred stains (Z-26, Z-61 and Z-81) were studied. It was found that: (1) The blade of Z-61 was thin and the thickness was 26~32 μm . After twice cut-harvest, the blade thickness (BT) showed no obvious increase and the mean thickness increase rate (TIR) was 0.32~0.35 $\mu\text{m}/\text{d}$. BT of Z-81 was 36~40 μm , which was 38%~50% thicker than Z-61. BT of Z-81 increased to 52 μm after twice cut-harvest and TIR was 0.6~0.7 $\mu\text{m}/\text{d}$. BT of Z-26 was 30~42 μm and TIR was 0.37~0.55 μm after cut-harvest. (2) After being cultured for 8 days in a medium of low N and P concentrations, the blades F₃ gametophyte of Z-61 turned yellow but were not dead; then after being cultured for 2 or 3 days in the regular medium, the

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

收稿日期:2008-03-31;接受日期:2008-05-10

作者简介:陈昌生(1957-),男,教授,主要从事海藻栽培与育种技术研究。E-mail: cschen@jmu.edu.cn, Tel: (0592)6181358

color turned normal and growth recovered. F_3 gametophyte thallus of both Z-81 and Z-26 grew slower than Z-61 in a medium of low N and P concentrations, and after that spent 3 to 5 days to recover. (3) After one harvest, content of phycobiliprotein in Z-61 F_2 gametophyte was 30.21~34.40% higher than Z-26 or Z-81, and its chlorophyll-a content was 13.8~44.7% higher than Z-81. These findings provided a basis for selective breeding of a thin-thallus strain *P. haitanensis*, and for improving its quality and economic benefits.

KEY WORDS *Porphyra haitanensis* Strain Thin thallus Breeding
Economic traits

坛紫菜 *Porphyra haitanensis* 系暖温性海藻,是我国南方沿海重要的栽培种类,其产量占全国的 75% 以上。20 世纪 70 年代以来,福建省坛紫菜栽培所需要的种菜一般来源于平潭岛屿岩礁上生长的野生紫菜。近十几年来,虽然栽培面积不断增加。但是,由于在栽培过程中,没有经过严格的挑选和品种选育,多年重复使用自养、自留的种菜,造成近亲繁殖,品种退化。加上海况、气候条件的异常变化,导致坛紫菜不仅产量降低、质量下降和抗病力减弱,烂苗和病害经常发生,影响坛紫菜栽培业的健康发展。

因此,筛选和培育优质的坛紫菜新品系替代现有的栽培品种已是提高我国坛紫菜质量的主要途径之一,已经引起藻类学者的高度重视。近年来,一些藻类学者运用单克隆育种、人工诱变育种和传统选择育种技术相结合,开展了坛紫菜品种改良以及分子标记辅助育种的研究(陈昌生等 2007; 纪德华等 2005; 庞国兴等 2005; 严兴洪等 2005; 徐燕等 2008; 谢潮添等 2007)。虽然,藻类学者经过几年的不断改进、反复试验,优化了坛紫菜新品系的选育方法及应用的途径,对目前用于栽培的新品系进行了系统的培养研究,取得了较大的进展,但有关薄叶型坛紫菜新品系选育尚未见过报道。本实验力求通过对已选育的厚叶与薄叶型坛紫菜的经济性状进行比较,了解其生长状况以及与其品质相关的生长条件,并从中选育出优良的品系,扩大培养,应用到栽培生产,为提高我国坛紫菜的育种质量奠定基础。

1 材料与方 法

1.1 材料来源

实验材料取自集美大学坛紫菜种质改良与应用实验室的野生型坛紫菜(♂)和经过人工诱变选育的坛紫菜(♀),进行杂交获得丝状体(单独培养的父本和母本没有获得丝状体),丝状体促熟培养后获得杂交 F_1 叶状体,经过大量筛选和单株充气培养,然后从 F_1 中挑选出具有不同厚度性状的藻体 Z-61、Z-26 和 Z-81(暂名);接着进行体细胞酶解和单克隆培养获得具有相同性状的大量藻体,通过选育和单性生殖获得 F_2 和 F_3 。因论文篇幅的关系,本文仅报道人工杂交选育的 Z-61、Z-26 和 Z-81 的 F_2 和 F_3 代的实验结果。

1.2 叶状体的剪收

不同品系的藻体培养至 20~30 cm,剪收藻体的中上部(相当于第 1 水紫菜),基部分别留 5~6 cm,测量其长度、宽度、厚度和鲜重后,继续单独培养基部,每 3 d 更换培养液,当藻体生长到 20 cm 左右时(相当于第 2 水紫菜),同样继续测量上述内容和再剪收,基部分别再留 5~6 cm 继续培养(相当于第 3 水紫菜),然后比较各品系长度、宽度、厚度和重量增长的差异。培养条件为:温度(21±1)℃,光照强度 2 000~3 000lx,光周期 12 L:12 D。

1.3 低氮(N)、磷(P)培养实验

挑选上述的各品系 F_3 代 3~5 cm 苗种 25 株进行单株充气培养,设置平行组,每 3d 观测 1 次,测量长、宽和重,观察其生长状况。低 N、P 培养液是自然海水用绿藻吸收水中的营养盐后获得,经测定 N 的含量为 2.0

$\pm 0.12 \mu\text{g/ml}$, 为自然海区正常海水的 1/100 左右; P 的含量为 $2.5 \pm 0.26 \mu\text{g/ml}$, 为自然海区正常海水的 1/15 左右。

1.4 藻胆蛋白和叶绿素含量的测定

藻胆蛋白的取样和测定参照陈昌生等(2007)报道的方法。叶绿素的取样和测定参照 Jensen 等(1978)报道的文献。

1.5 数据的计算及处理

藻体的长度、重量的日生长量的计算公式以及数据处理参照徐燕等(2007)报道的方法。

2 结果

2.1 厚叶、薄叶型坛紫菜叶状体的形态特征

Z-61 F₂、F₃ 代:藻体长度一般为 115~165 cm, 宽度为 1.3~1.9 cm, 厚度为 25.0~30.0 μm , 中上部为鲜红色, 大多基部为深红色, F₂ 和 F₃ 形态相似。外形是披针形, 基部脐形, 锯齿较小, 一般由 2~4 个细胞组成。藻体不卷曲, 在水中容易摊平。在实验室培养的藻体, 长度可达 179 cm 以上, 厚度为 26.0~33.0 μm , 剪收后厚度增长不明显, 藻体属于薄叶型坛紫菜。

Z-81 F₂、F₃ 代:藻体长度为 70~85 cm, 宽度一般为 1.2~1.5 cm, 厚度为 38.0~52.0 μm , 比 Z-61 厚 38%~50%, 外形与野生坛紫菜相似, 属厚叶型坛紫菜。藻体颜色暗绿色, 基部呈墨绿色, 外形为披针。锯齿很少, 一般由 1~3 个细胞组成。剪收后厚度增长明显, 藻体厚度可达 52.0 μm 以上。F₂ 和 F₃ 形态相似。

Z-26 F₂、F₃ 代:藻体一般长度为 85~130 cm, 宽度为 1.2~3.0 cm, 厚度为 30.0~42.0 μm , 介于上述两个品系之间。藻体颜色暗红偏褐色, 大多基部呈褐色, 外形为披针, 基部半圆形。锯齿较多集中于基部, 一般由 3~5 个细胞组成。

2.2 剪收次数与藻体生长的关系

如图 1 所示, 品系 Z-61 F₂ 的厚度最小, Z-61 F₃ 次之, 剪收 1 次后藻体厚度为 26.0 μm , 剪收两次后平均为 30.0 μm 左右, 日增长率最小, 为 0.32~0.35 $\mu\text{m/d}$; 品系 Z-81 的 F₃ 厚度最大, 剪收 1 次后平均厚度达到 41.0 μm 左右, 剪收两次后藻厚可达 52.0 μm , 厚度的日增长率高 0.75 $\mu\text{m/d}$, Z-81 F₂ 次之, 为 0.68 $\mu\text{m/d}$; Z-26 的厚度介于上述二者之间, 平均为 38.0 μm 左右。3 个品系剪收两次后的厚度均大于第 1 次剪收时的厚度, 说明随剪收次数的增加厚度也随之增长。

从图 2 可知, 剪收后 Z-81 F₂ 藻体长度的日增长量最大, 为 2.7 cm/d; Z-61 F₂ 次之, 为 1.7 cm/d, Z-26 F₂ 的长度日增长量为 1.3 cm/d; 从图 3 可知, 第 1 次剪收后宽度日增长量最大的是 Z-26 F₂, 为 0.28 cm/d, 最小的是 Z-81 F₃, 为 0.07 cm/d; 第 2 次剪收后宽度日增长量最大的是 Z-26 F₃, 约为 0.38 cm/d, 最小的是 Z-81 F₂ 为 0.06 cm/d。由此可见, Z-26 的宽度增长最明显, Z-61 次之。

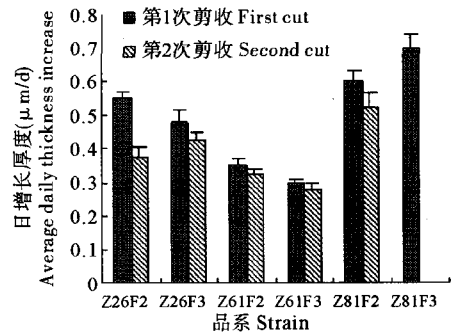


图 1 不同品系日增长厚度

Fig. 1 Average daily thickness increase of different strains

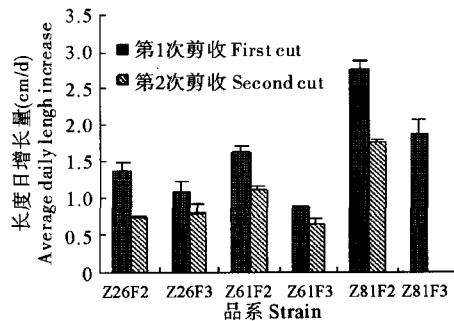


图 2 不同品系长度日增长量

Fig. 2 Average daily length increase of different strains

从图 4 可知,第 1 次剪收后的鲜重日增重量最大的是 Z-61 F2,约为 0.12 g/d,最小的是 Z-81 F3,约为 0.05 g/d。第 2 次剪收后日增重量最大的是 Z-26 F3,为 0.15 g/d,然后是 Z-61 F2,约为 0.09 g/d。

2.3 低氮(N)、磷(P)环境对各品系叶状体生长发育的影响

2.3.1 藻体色泽的变化

Z-61 F3 在低 N、P 条件下,培养 6 d 藻体褪至浅红色,第 8 d 褪到浅黄色。然后移至含有 N、P 的正常条件下培养 40 h 藻色基本恢复。

Z-26 F3 在低 N、P 条件下,培养 5 d 藻体褪至浅褐色,第 10 天褪至浅黄色,藻体基本平滑,但褶皱增多。在正常条件下约培养 50 h 基本恢复,70 h 左右完全恢复。

Z-81 F3 在低 N、P 条件下,第 6 天褪至翠绿色,第 10 天褪至浅黄色,尾部呈糜烂状态,部分藻体死亡。

2.3.2 藻体长度、重量的增长

由表 1 可知,在低 N、P 条件下培养 7 d,3 个品系的长度增长差别不明显,第 15 天,Z-61 F3 叶状体的长度日增长量最大,Z-81 F3 次之,Z-26 F3 最慢。

由表 2 可知,在 N、P 条件下,Z-61 F3 的鲜重增长速度最快,Z-26F3 次之, Z-81F3 相对最慢。

2.3.3 藻体的藻胆蛋白、叶绿素含量的变化

由表 3 和表 4 可知各品系总藻胆蛋白以及藻红蛋白、藻蓝蛋白和别藻蓝蛋白的含量差异显著。Z-61 F3 的总藻胆蛋白的含量高达 97.82 mg/g(鲜重),Z-81 F2 的最低。各品系均是藻红蛋白的含量最高,藻蓝蛋白次之,别藻蓝蛋白最低。

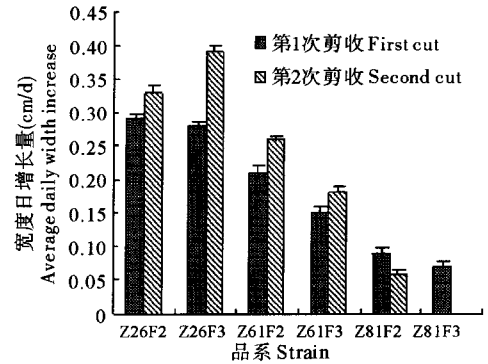


图 3 不同品系的宽度日增长量
Fig. 3 Average daily width increase of different strains

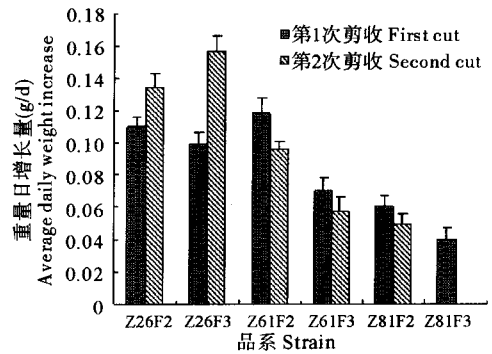


图 4 不同品系的重量日增长量
Fig. 4 Average daily weight increase different strains

表 1 低 N、P 状态下坛紫菜的平均日生长量(cm/d)

Table 1 Average daily length increase of *P. haitanensis* at low N,P

品系 Strains	培养时间 Cultivate time (d)			
	1~3	4~7	8~11	12~15
Z-26 F3	0.824 7±0.014 5 ^a	0.823 3±0.019 2 ^a	1.027 8±0.200 1 ^a	1.478 5±0.176 8 ^a
Z-61 F3	1.007 2±0.003 6 ^b	1.047 2±0.203 9 ^b	2.568 4±0.198 7 ^b	3.335 6±0.198 7 ^b
Z-81 F3	0.796 5±0.059 4 ^c	0.985 1±0.177 3 ^b	1.635 8±0.179 8 ^c	1.855 6±0.179 6 ^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)

表 2 低 N、P 状态下坛紫菜的平均日增重量(g/d)

Table 2 Average daily weight increase of *P. haitanensis* at low N,P

品系 Strains	培养时间 Cultivate time(d)			
	1~3	4~7	8~11	12~15
Z-26 F3	0.003 6±0.001 5 ^a	0.005 0±0.000 8 ^a	0.006 1±0.001 0 ^a	0.031 5±0.001 8 ^a
Z-61 F3	0.004 7±0.001 4 ^a	0.005 8±0.009 1 ^a	0.009 2±0.000 9 ^b	0.066 7±0.038 5 ^b
Z-81 F3	0.001 2±0.001 2 ^b	0.002 5±0.001 1 ^b	0.008 3±0.001 0 ^b	0.013 4±0.002 7 ^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)

表3 各品系第1次剪收时藻胆蛋白和叶绿素a含量(mg/g干重)

Table 3 Contents of major phycobiliproteins and Chl. a in different strains of *P. haitanensis* at first cut

品系 Strains	藻红蛋白 R-RPE	藻蓝蛋白 R-RPC	别藻蓝蛋白 APC	叶绿素 a Chl-a	总藻胆蛋白 Phyco.
Z-26 F2	46.454±2.655 ^a	16.877±1.765 ^a	6.615±0.647 ^a	7.452±0.276 ^a	70.945±5.343 ^a
Z-26 F3	50.147±2.758 ^a	15.743±1.544 ^a	8.642±0.647 ^b	7.037±0.265 ^a	71.531±5.213 ^a
Z-61 F2	66.643±3.875 ^b	12.466±2.685 ^b	7.745±0.427 ^{ab}	8.487±0.426 ^b	91.853±5.318 ^b
Z-61 F3	68.543±2.355 ^b	13.744±2.346 ^b	9.532±0.648 ^{bc}	8.597±0.468 ^b	97.820±5.616 ^b
Z-81 F2	39.256±2.744 ^c	17.643±1.276 ^c	11.453±0.468 ^d	5.864±0.258 ^c	68.351±4.745 ^a
Z-81 F3	40.452±3.358 ^c	19.326±1.468 ^d	9.645±0.326 ^{bc}	5.975±0.034 ^c	69.421±5.185 ^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4 各品系第2次剪收时藻胆蛋白和叶绿素a含量(mg/g干重)

Table 4 Contents of major phycobiliproteins and Chl. a in different strains of *P. haitanensis* at second cut

品系 Strains	藻红蛋白 R-RPE	藻蓝蛋白 R-RPC	别藻蓝蛋白 APC	叶绿素 a Chl-a	总藻胆蛋白 Phyco.
Z-26 F2	42.365±2.075 ^a	15.643±1.236 ^a	5.963±0.376 ^a	6.768±0.387 ^a	63.970±4.073 ^a
Z-26 F3	46.863±2.875 ^b	14.463±2.537 ^a	7.863±0.699 ^b	6.488±0.325 ^a	63.19±6.434 ^a
Z-61 F2	58.652±3.468 ^c	11.533±1.744 ^b	6.848±0.162 ^{ab}	8.175±0.537 ^b	80.034±5.910 ^b
Z-61 F3	61.547±3.975 ^c	10.546±1.690 ^b	9.653±1.037 ^c	8.251±0.135 ^b	85.746±5.837 ^b
Z-81 F2	32.543±2.853 ^d	18.216±1.468 ^c	11.433±0.948 ^d	5.357±0.026 ^{ac}	58.191±5.295 ^a

注:在同一列中,不具有相同字母上标的均值差异显著($P<0.05$)

3 讨论

3.1 薄叶品系与厚叶品系生长的比较

从3个品系的厚度增长看,Z-61 F2、F3藻体薄,厚度日增长仅为0.32~0.35 $\mu\text{m}/\text{d}$;Z-81藻体厚,且随着剪收次数增加藻体厚度增长明显,日增厚度为0.68~0.75 $\mu\text{m}/\text{d}$,与野生的坛紫菜厚度相当,属于厚叶型坛紫菜。从叶片的长度增长看,Z-81日增长较快,第1次剪收后日增长可达2.7 cm/d ;Z-61 F2次之,为1.7 cm/d 。从藻体的鲜重增长看,第1次剪收时,Z-61的鲜重日增长快于Z-81和Z-26,可达0.12 g/d 。藻体的生长速度直接关系到坛紫菜的产量,从各品系的经济性状综合分析来看,Z-61在薄叶和生长上具有较大的优势。

3.2 厚、薄叶品系耐受低N、P能力的比较

本试验中的3个品系在低N、P条件下均表现出一定的耐受能力。营养盐是叶状体生长所必需的,尤其是氮和磷元素,是有机体的蛋白质与核酸的重要组成成分(邹定辉等 2002)。实验中的3个品系在培养期间的前7 d左右生长和增重差异不明显,但15 d之后,Z-61 F3表现出一定的优势,Z-26与Z-81大部分藻体在低N、P条件下均有发白或腐烂现象,而Z-61的藻体基本没腐烂,且在含有氮、磷的正常培养液中基本可以整株恢复到原有色泽。当自然海区栽培的藻类(紫菜、江蓠、海带和浒苔等)大量生长时,易造成海水营养盐缺乏,紫菜往往会发生绿变病。因此,选育耐低氮、磷的坛紫菜的品系已日益引起人们的重视。从本实验的结果看,Z-61品系不仅藻体薄,且在耐低氮、磷方面也有一定的优势。

3.3 薄叶品系应用前景的分析

目前我国的坛紫菜产量约占紫菜总产量的75%以上,但其产值却不及北方的条斑紫菜。主要原因就是坛紫菜叶状体较厚,不利于加工成薄的紫菜菜饼,在出口创汇方面不如条斑紫菜。坛紫菜的优势在于生长快、产量高,若能选育出生长速度快、藻胆蛋白含量高,藻体厚度和条斑紫菜相近的薄叶型新品系,无论是出口创汇还是用于满足国内市场需求,都会产生很大的经济效益和社会效益。通过对厚、薄叶品系坛紫菜经济性状的分析,笔者目前选育的薄叶品系与条斑紫菜的厚度差距较小。本实验中的Z-61的叶状体生长速度较快,藻体薄,二、三水紫菜厚度增长小,且能在低N、P环境下生长良好,具有较强的抗逆能力;藻胆蛋白含量高,口感好、营养价值高,具有良好的市场前景,可为我国坛紫菜栽培业的可持续发展提供优质的品系。

参 考 文 献

- 纪德华,陈昌生,郑伟刚,徐燕,梁宝,麻红英. 2005. ^{60}Co - γ 射线辐照坛紫菜叶状体及单克隆培养的研究. 台湾海峡,24(2):171~177
- 陈昌生,徐燕,谢潮添,纪德华,王玉中,王凤霞,柳佩娟. 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,2007,31(1):97~104
- 陈昌生,纪德华,叶红莲,郑伟刚,黄世玉. 2005. 坛紫菜自由丝状体的 γ 射线辐照及培养的研究. 台湾海峡,24(2):165~170
- 严兴洪,梁志强,宋武林,黄健,马平,有贺佑胜. 2005. 坛紫菜人工色素突变体的诱变与分离. 水产学报,29(2):166~172.
- 严兴洪,田中次郎. 2000. 条斑紫菜色彩突变体的诱导、分离和特性分析. 水产学报,24(3):221~228.
- 庞国兴,王广策,胡松年,曾呈奎. 2005. 坛紫菜 *Porphyra haitanensis* 丝状孢子体 EST 的获取及其生物信息学分析. 海洋与湖沼,36(5):452~457.
- 徐燕,陈昌生,谢潮添,纪德华,柳佩娟,梁艳,王凤霞,史修周. 2008. 坛紫菜杂交优势的初步评价. 海洋水产研究,29(1):62~69
- 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):489~495
- 谢潮添,纪德华,陈昌生,徐燕,刘冰. 2007. 坛紫菜 5.8S rDNA 和 ITS 区片段的序列分析及应用. 高技术通讯,17(5):540~545
- 邹定辉,高坤山. 2002. 坛紫菜光合作用对重碳酸盐的利用. 科学通报,47(12):926~930
- Jensen, A. C., Carotenoids, H. et al. 1998. Handbook of phycollogical methods. Physiological and Biochemical Methods. London: Cambridge Univ. Press, 59~70