

## 环境因子对 4 种江蓠生长的影响 \*

# Effects of Environmental Factors on the Growth of Four Species of *Gracilaria*

解修俊<sup>1,2</sup>, 卞继鲜<sup>3</sup>, 陈世明<sup>3</sup>, 彭光<sup>2</sup>, 王志远<sup>1</sup>, 王广策<sup>2\*\*</sup>

XIE Xiu-jun<sup>1,2</sup>, KUANG Ji-xian<sup>3</sup>, CHEN Shi-ming<sup>3</sup>, PENG Guang<sup>2</sup>, WANG Zhi-yuan<sup>1</sup>, WANG Guang-ce<sup>2</sup>

(1. 天津科技大学, 海洋科学与工程学院, 天津市海洋资源与化学重点实验室, 天津 300457; 2. 中国科学院海洋研究所, 山东青岛 266071; 3. 海南万州绿色藻业有限公司, 海南海口 570125)

(1. College of Marine Science and Engineering, Tianjin Key Laboratory of Marine Resources and Chemistry, Tianjin University of Science & Technology, Tianjin, 300457, China; 2. Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, Qingdao, Shandong, 266071, China; 3. Hainan Wanzhou Green Agar Co. LTD., Haikou, Hainan, 570125, China)

**摘要:**【目的】为了更好的发展我国海南地区江蓠(*Gracilaria*)的人工栽培产业,考察4种不同江蓠品种在海南地区不同环境下的生长情况。【方法】比较采自广州南澳岛的脆江蓠(*Gracilaria bursa-pastoris*)和龙须菜(*Gracilariopsis lemaneiformis*)与海口当地的菊花江蓠(*Gracilaria lichenoides*)和细江蓠(*Gracilaria tenuistipitata*)在不同的盐度、温度、光照以及氮源条件下20d内的生物量变化情况。【结果】细江蓠和菊花江蓠能耐受盐度范围较宽,耐受高温能力强。脆江蓠和龙须菜对盐度的耐受范围较窄;在合适的盐度条件下,能在水温达30℃的条件下存活较长时间;添加硝酸钠能明显促进脆江蓠和龙须菜的生长。在合适的盐度条件下,脆江蓠的生长速度与当地的细江蓠相当。【结论】对脆江蓠进行良种培育与筛选,能获得适宜在海南进行推广栽培的优良江蓠藻种。

**关键词:**脆江蓠 龙须菜 细江蓠 菊花江蓠 环境因子 生长

**中图分类号:**S967.9 **文献标识码:**A **文章编号:**1005-9164(2014)06-0596-04

**Abstract:**【Objective】We examined the growth of four species of *Gracilaria* in Hainan province under various conditions with the purpose of advancing the artificial cultivation of *Gracilaria* in this area. 【Methods】Two species of *Gracilaria* were collected from Nan'ao island, Guangzhou, Guangdong Province, i. e. *G. bursa-pastoris* and *G. lemaneiformis*, and another two species were collected from Haikou, Hainan Province, i. e. *G. lichenoides* and *G. tenuistipitata*. Effects of various salinities, temperatures, light intensities, and the nitrogen supplementation on the growth of the four species of *Gracilaria* were investigated. 【Results】*G. tenuistipitata* and *G.*

*lichenoides* could endure wider range of salinities, higher temperature, and grow very fast. *G. bursa-pastoris* and *G. lemaneiformis* could grow under very narrow range of salinities, and could maintain biomass for about 20 days under higher temperature in their optimal salinity conditions. Supplement of nitrogen ( $\text{NaNO}_3$ ) significantly stimulated the growth of these two species of *Gracilaria*. It was found

收稿日期:2014-09-20

修回日期:2014-09-25

作者简介:解修俊(1981-),男,主要从事藻类光合作用及养殖相关方面的研究。

\* 海洋公益性行业科研专项经费项目(编号:201105008-2, 201405040)和国家自然科学基金面上项目(41106131)资助。

\*\* 通讯作者:王广策(1964-),男,主要从事藻类生理与生育调控方面的研究, E-mail:gcwang@qdio. ac. cn.

that *G. bursa - pastoris* could grow as fast as *G. tenuistipitata* in suitable salinity condition.

**【Conclusion】**It is proposed that *G. bursa - pastoris* could be a potential species used for cultivation in Hainan after further taming and selecting.

**Key words:** *Gracilaria bursa - pastoris*, *Gracilaria lemaneiformis*, *Gracilaria lichenoides*, *Gracilaria tenuistipitata*, environmental factors growth

**【研究意义】**江蓠 (*Gracilaria*) 是一种重要的经济类海藻,既是提取琼胶的主要原料之一,又是营养丰富<sup>[1]</sup>的餐桌美食和饲喂鲍鱼的优良饵料。自 20 世纪 60 年代起,我国藻类学家和沿海的劳动人民就开始尝试从自然海区中收集野生的江蓠进行人工栽培<sup>[2,3]</sup>。如今,江蓠已经成为继海带、紫菜和裙带菜之后我国的第 4 大人工栽培藻种。同时,随着海水经济动物的养殖所带来的海水富营养化问题日趋严重,将江蓠等海藻与海水动物进行混养还有利于改善周围海域的水质环境,实现生态养殖,减少对海洋生态系统的破坏<sup>[4,5]</sup>。**【前人研究进展】**我国南方如海南、广东等地常年光照充足,拥有广阔的滩涂和众多的鱼塢、咸水塘,而且一年中连续秋、冬、春三季温度适宜,因此适合藻类栽培业的发展。现在在海南当地得到广泛栽培的江蓠品种主要是细江蓠 (*Gracilaria tenuistipitata*)。这种江蓠主要以营养体繁殖为主,生长迅速,但是含胶量低,而且藻胶的质量也不如其他品种的江蓠<sup>[6]</sup>。因此当地养殖的细江蓠多作为饲喂鲍鱼的饵料,而不适合作为提取琼胶的原料。这既影响了江蓠栽培业的经济效益,同时也限制了当地琼胶业的发展。**【本研究切入点】**虽然我国的江蓠品种众多,如龙须菜 (*Gracilariopsis lemaneiformis*)、脆江蓠 (*Gracilaria bursa - pastoris*) 等含胶量高,藻胶质量好<sup>[7,8]</sup>,但是至今尚未在海南地区得到广泛的栽培。**【拟解决的关键问题】**重点考察盐度、温度、光照以及氮源等因素对 4 种江蓠生长的影响,旨在为进一步向海南引进优良的江蓠藻种进行人工栽培提供参考。

## 1 材料和方法

### 1.1 实验材料

采自广东省汕头市南澳岛 (117.03°N, 23.44°E) 的龙须菜和脆江蓠,以及采自海口当地咸水塘中的菊花江蓠 (*Gracilaria lichenoides*) 和细江蓠的 4 种江蓠。

### 1.2 环境因子的设置

地点选在海南省海口市郊区,时间 2009 年 3 月 21 日至 4 月 11 日,室外 1 m×1 m,水深 0.5 m 的水池中养殖。根据海南当地海藻养殖环境的特点,重点

考察了盐度、温度、光照以及氮肥等因子对 4 种江蓠的生长影响。

**盐度因子:**用粗制海盐或淡水调节,梯度分别设置为 10‰、15‰、20‰、25‰、30‰和 35‰。

**光照因子:**4 种江蓠养殖在各自最适盐度条件(通过盐度因子实验得出)下,用黑色遮阳网覆盖在养殖池上方约 1 m 的位置。经过遮挡后,抵达水面的光强强度减少了约 1/3,水温比对照组(无覆盖遮阳网)晴天低 1.5~2℃,阴天低 0.5~0.8℃。

**氮肥因子:**在 4 种江蓠各自最适盐度(通过盐度因子实验得出)的养殖池内加入预先溶解好的硝酸钠溶液,终浓度为  $1.25 \times 10^{-4}$  g/kg 海水,20 d 后与对照组(无添加氮源)进行生物量比较。

**温度因子:**为了考察高温对 4 种江蓠的生长影响,在室内小水体内进行养殖实验。用自动控温装置将海水温度控制在 (30±1)℃。用 40W 日光灯提供光照,抵达水面的光强约为  $24 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ,水深约 30 cm,光照周期为 12 h:12 h。

### 1.3 生物量测量

室外养殖的水体较大,初始投放藻种的量为 500 g;室内实验的水体较小,投放藻种的量为 100 g。从投放藻种开始到最后收获,历时 20 d。室外养殖池内的海水隔 10 d 全面更换一次,室内养殖的海水每隔 4 d 更换一次。期间,每隔 5~7 d 用网兜将藻体捞起称重,记录每种江蓠的生长情况。

## 2 结果与分析

### 2.1 盐度的影响

考察的 4 种江蓠适宜盐度范围差别较大。与海南当地养殖的江蓠品种比较,采自南澳岛的脆江蓠和龙须菜对低盐的耐受性较差。如图 1 所示,脆江蓠在 25‰条件下生物量增长最快,养殖 20 d 后,由投放时的 500 g 增加至 (875±21.21)g,生物量增加了 75%,藻体颜色比在 30‰条件下稍微有点浅。盐度在 25‰时,脆江蓠在养殖 14 d 后有一定程度的烂藻;盐度低于 25‰时,烂的很快,盐度越低,烂藻越严重,10‰盐度条件下投放不到 7 d,藻体几乎全部变白、烂掉。龙须菜对盐度的耐受范围比脆江蓠宽,在 25‰,20‰,15‰ 3 种盐度下生长速度相近,增长都较缓慢;在

35‰和10‰两种盐度条件下养殖 20 d 后,生物量反而下降。

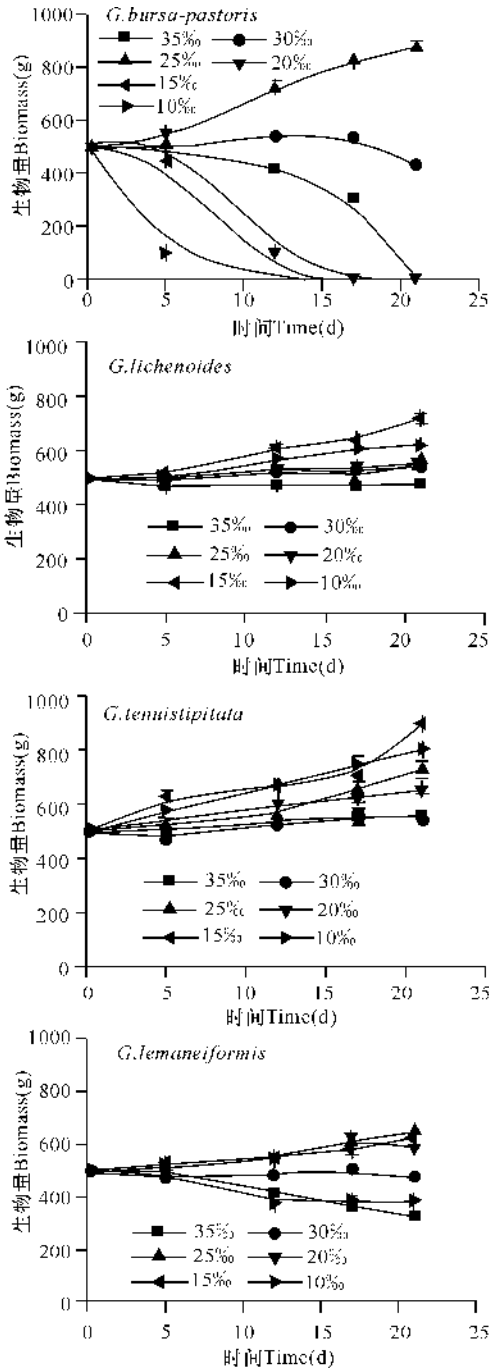


图1 不同盐度对4种江蕨生长的影响

Fig. 1 Effects of various salinities on the growth of four species of *Gracilaria*

海南当地的细江蕨和菊花江蕨能在较宽的盐度条件下生长。在15‰盐度条件下,细江蕨和菊花江蕨生长最快。在其他盐度条件下虽然生长较慢,但是极少有烂藻现象发生。这一结果也是与当地栽培现状相一致。在海口当地这两种江蕨一般都是在半咸水塘中与家禽如鹅、鸭等一起混养,水的盐度一般都低于20‰。到了夏季高温的时候,养殖户会相应地

调高水的盐度和深度,江蕨的生长也随之降低,从而进入度夏期。

从4种江蕨在不同盐度下养殖20 d后的生长量得出,脆江蕨、菊花江蕨、细江蕨和龙须菜养殖的最适盐度分别为25‰,15‰,15‰,25‰。

## 2.2 高温的影响

如图2所示,在室内30℃环境下培养20 d后,6种盐度条件下的菊花江蕨和细江蕨的生物量没有明显的增加,也没有显著的下降,藻体颜色正常,无烂藻

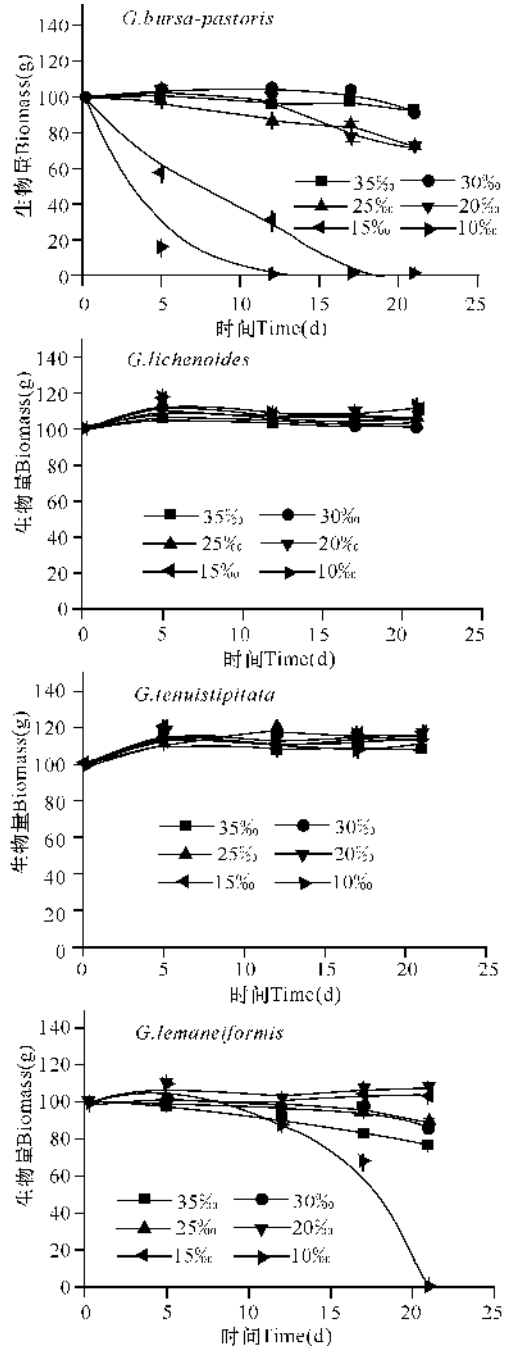


图2 高温(30℃)对生长在不同盐度下的4种江蕨生长的影响

Fig. 2 Effects of high temperature on the growth of four species of *Gracilaria* under various salinities

现象,说明海南当地的两种江蕨在 30℃ 环境下已进入了生长停滞期。采自南澳岛的脆江蕨和龙须菜的生长也明显受到了高温的抑制。虽然在较低盐度条件下,脆江蕨(10‰和 15‰)和龙须菜(10‰)的生物量明显降低,但是在适宜的盐度条件下,脆江蕨(35‰和 30‰)和龙须菜(20‰和 15‰)的生物量几乎没有降低,说明在合适的盐度条件下,南澳岛的脆江蕨和龙须菜可以在 30℃ 的高温下生存较长时间。

### 2.3 光照的影响

如图 3 所示,遮光后的 4 种江蕨的生物量明显低于对照组。因此,实验的 4 种江蕨完全可以适应海口当地的强光。

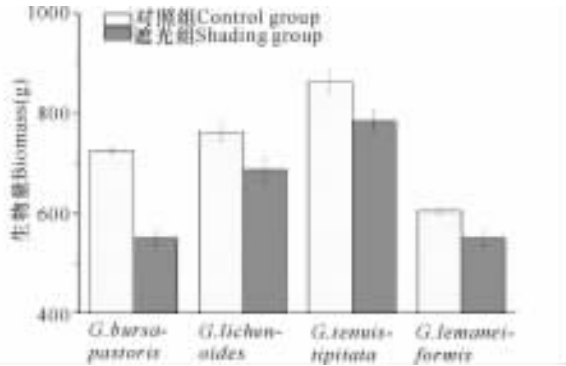


图 3 光照对生长在各自最适盐度条件下的 4 种江蕨的影响

Fig. 3 Effects of shading on the biomass of four species of *Gracilaria* under respective optimal salinities for 20 days

### 2.4 营养盐对 4 种江蕨生长的影响

如图 4 所示,添加氮源对脆江蕨和龙须菜的生长具有明显的促进作用,对细江蕨的生长有一定促进作用,但是对菊花江蕨的生长有一定抑制作用。

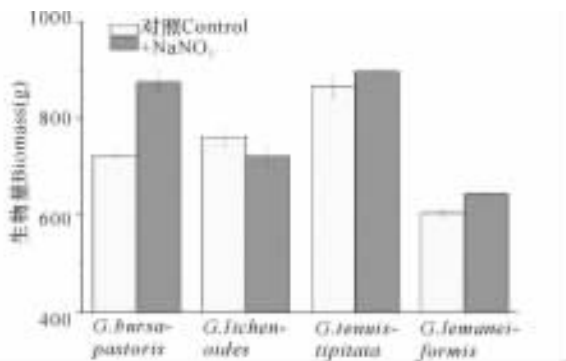


图 4 营养盐对生长在各自最适盐度条件下的 4 种江蕨的影响

Fig. 4 Effects of supplement of nitrogen ( $\text{NaNO}_3$ ) on the biomass of four species of *Gracilaria* under respective optimal salinities

从 4 种因子对 4 种江蕨在海口当地的生长情况来看,与海口当地的细江蕨、菊花江蕨相比,南澳岛的脆江蕨和龙须菜的生长需要较高的盐度(图 1);在各广西科学 2014 年 12 月 第 21 卷第 6 期

自最适盐度条件下养殖 20 d 后,它们的生长速度也有明显的差异,脆江蕨和细江蕨生长得最快(图 5),脆江蕨的生物量增加了近 75%,仅次于海口当地的品种细江蕨(79.5%),龙须菜增长的最慢,仅增加了 29%。

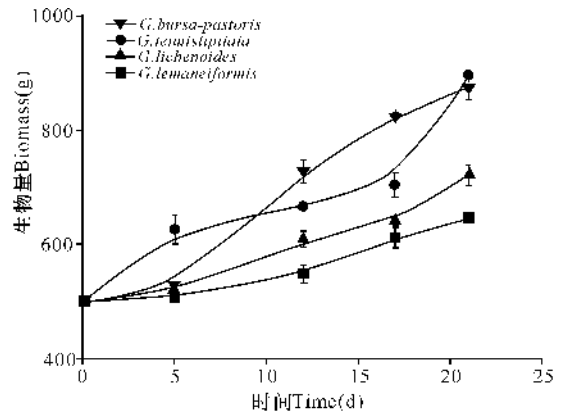


图 5 4 种江蕨在最适盐度下生长情况的比较

Fig. 5 Comparison of the growth among four species of *Gracilaria* under respective optimal conditions

## 3 结论

在广东汕头南澳岛广泛养殖的、含胶量高、藻胶质量较好的脆江蕨和龙须菜转移到海南省海口地区进行短期试栽培后,与当地的两种江蕨品种在不同盐度、温度、光照和氮源条件下的生长情况进行了比较。实验结果表明,海口本地的细江蕨和菊花江蕨能适应较宽的盐度范围,耐受高温的能力强,生长迅速;而采自广东南澳岛的脆江蕨和龙须菜,对盐度的耐受范围较窄;但是只要在合适的盐度条件下,仍然能在水温达 30℃ 的条件下存活较长时间。说明通过调节养殖池内海水的盐度和水深,脆江蕨和龙须菜是有可能在海口地区渡过整个夏季的。

另外,在合适的盐度条件下,南澳岛的脆江蕨在试养殖的 20 d 内生长速率与当地的细江蕨相当。鉴于脆江蕨的藻胶含量及质量都很高,因此可以对脆江蕨在诸如良种培育与筛选等方面进行更深入的研究,从而获得适宜在海南进行推广栽培的优良藻种。

### 参考文献:

[1] Wen X, Peng C, Zhou H, et al. Nutritional composition and assessment of *Gracilaria lemaneiformis* Bory[J]. Journal of Integrative Plant Biology, 2006, 48: 1047-1053.

[2] 刘思俭. 中国江蕨人工栽培的现状与展望[J]. 水产学报, 1989, 13: 173-180.

Liu S J. Present condition and prospect of *Gracilaria* cultivation in China[J]. Journal of Fisheries of China, 1989, 13: 173-180.

(下转第 605 页 Continue on page 605)

- 率及生长速率的影响[J]. 水生态学杂志, 2011, 32(6): 57-60.
- Zhao J G, Ye C P. Effects of stress of temperature and nutrients on ammonia nitrogen uptake rate and growth rate of *Gracilaria lemaneiformis* [J]. Journal of Hydroecology, 2011, 32(6): 57-60.
- [14] 毛玉泽, 杨红生, 周毅, 等. 龙须菜 (*Gracilaria lemaneiformis*) 的生长、光合作用及其对扇贝排泄氮磷的吸收[J]. 生态学报, 2006, 2(10): 3225-3231.
- Mao Y Z, Yang H S, Zhou Y, et al. Studies on growth and photosynthesis characteristics of *Gracilaria lemaneiformis* and its capacity to uptake ammonium and phosphorus from scallop excretion[J]. Acta Ecologica Sinica, 2006, 2(10): 3225-3231.
- [15] Davison I R. Environmental effects on algal photosynthesis: Temperature[J]. Journal of Phycology, 1991, 27: 2-8.
- [16] 刘静雯, 董双林. 光照和温度对细基江蓠繁枝变型的生长及生化组成影响[J]. 青岛海洋大学学报: 自然科学版, 2001, 31(3): 332-338.
- Liu J W, Dong S L. Interaction between light and temperature on the growth and levels of chemical constituents of *Gracilaria tenuistipitata* var. *liui*[J]. Journal of Ocean University of Qingdao: Natural Sciences, 2001, 31(3): 332-338.
- [17] Gantt E. Pigments protein complexes and the concept of the photosynthetic unit: Chlorophyll complexes and phycobilisomes[J]. Photosynth Res, 1996, 48(112): 47-53.
- [18] Shen D L, Wu M. Chromosomal and mutagenic study of the marine macroalga, *Gracilaria tenuistipitata* [J]. Journal of Applied Phycology, 1995, 7(1): 25-31.
- [19] May Sandar Kyaing, 顾立江, 程红梅. 植物中硝酸还原酶和亚硝酸还原酶的作用[J]. 生物技术进展, 2011, 1(3): 159-164.
- May Sandar Kyaing, Gu L J, Chen H M. The role of nitrate reductase and nitrite reductase in plant[J]. Current Biotechnology, 2011, 1(3): 159-164.
- [20] 巩东辉, 乔辰. 温度对螺旋藻呼吸作用的影响[J]. 内蒙古科技大学学报, 2010, 29(1): 73-75.
- Gong D H, Qiao C. Effects of temperature on the respiratory of *Spirulina* [J]. Journal of Inner Mongolia University of Science and Technology, 2010, 29(1): 73-75.
- [21] 韩博平, 韩志国, 付翔. 藻类光合作用机理与模型[M]. 北京: 科学出版社, 2003: 12.
- Han B P, Han Z G, Fu X. The Model and Mechanism of Photosynthesis of Algae[M]. Beijing: Science Press, 2003: 12.

(责任编辑: 竺利波)

(上接第 599 页 Continue from page 599)

- [3] 刘思俭. 我国江蓠的种类和人工栽培[J]. 湛江海洋大学学报, 2001, 21: 71-79.
- Liu S J. Types and artificial cultivation of *Gracilaria* in China[J]. Journal of Zhanjiang Ocean University, 2001, 21: 71-79.
- [4] Fei X. Solving the coastal eutrophication problem by large scale seaweed cultivation[J]. Hydrobiologia, 2004, 512: 145-151.
- [5] Yang Y F, Fei X G, Song J M, et al. Growth of *Gracilaria lemaneiformis* under different cultivation conditions and its effects on nutrient removal in Chinese coastal waters[J]. Aquaculture, 2006, 254: 248-255.
- [6] 刘思俭, 曾淑芳, 揭振英. 我国细江蓠的人工栽培[J]. 海洋渔业, 1986(4): 174-176.
- Liu S J, Zeng S F, Jie Z Y. *Gracilaria tenuistipitata* cultivated in China[J]. Marine Fisheries, 1986(4): 174-176.
- [7] 张学成, 费修缙, 王广策, 等. 江蓠属海藻龙须菜的基础研究与大规模栽培[J]. 中国海洋大学学报, 2009, 39: 947-954.
- Zhang X C, Fei X G, Wang G C, et al. Genetic studies and large scale cultivation of *Gracilaria lemaneiformis* [J]. Periodical of Ocean University of China, 2009, 39: 947-954.
- [8] Marinho-Soriano E. Agar polysaccharides from *Gracilaria* species (Rhodophyta, Gracilariaceae)[J]. Journal of Biotechnology, 2001, 89: 81-84.

(责任编辑: 竺利波)