

广东汕头南澳和福建东山浮筏的蜈蚣藻属调查

冯彬^{1,2}, 李婷¹, 张博¹, 朱长波¹, 苏家齐¹, 陈素文¹, 杨贤庆¹

(1. 中国水产科学研究院南海水产研究所, 农业农村部南海渔业资源开发利用重点实验室, 广东广州 510300;
2. 上海海洋大学水产与生命学院, 上海 201306)

摘要:为促进蜈蚣藻属 (*Grateloupia*) 藻类的开发利用, 为其食用和加工提供参考, 该研究于2018年1—4月间每月1次对广东汕头南澳和福建东山浮筏上的蜈蚣藻属种类组成、生物量、生长环境及不同种类不同生长时期的口感进行了调查。结果显示, 调查点的水温和水流速度分别为19~23℃和0.039~0.985 m·s⁻¹, 福建东山的流速较汕头南澳的大。采用培养观察形态变化、藻体切片以及 *rbcL* 序列分析相结合的方法判断这两处浮筏上的蜈蚣藻属为披针形蜈蚣藻 (*G. lanceolata*)、带形蜈蚣藻 (*G. turuturu*)、台湾蜈蚣藻 (*G. taiwanensis*)、肉质蜈蚣藻 (*G. carnosa*)、舌状蜈蚣藻 (*G. livida*)、海门蜈蚣藻 (*G. haimensis*)、长枝蜈蚣藻 (*G. prolongata*) 和稀疏蜈蚣藻 (*G. sparsa*)。披针形蜈蚣藻和带形蜈蚣藻为优势种, 两者最高生物量分别达到901.26 g·m⁻¹和352.9 g·m⁻¹。水流速度较大地方生长的披针形蜈蚣藻藻体较长(可达142 cm)。长枝蜈蚣藻和带形蜈蚣藻口感最差; 披针形蜈蚣藻、舌状蜈蚣藻的口感最好, 这2种仅在4月质地变硬时口感略差。披针形蜈蚣藻生物量多、藻体大且食用口感好, 是值得加工为海洋蔬菜的优良种类。

关键词: 蜈蚣藻属; 种类组成; 生物量; 口感; 浮筏

中图分类号: S 932

文献标志码: A

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Investigation of *Grateloupia* on floating raft in Nan'ao, Shantou of Guangdong Province and Dongshan of Fujian Province

FENG Bin^{1,2}, LI Ting¹, Zhang Bo¹, ZHU Changbo¹, SU Jiaqi¹, CHEN Suwen¹, YANG Xianqing¹

(1. Key Laboratory of South China Sea Fishery Resources Exploitation & Utilization, Ministry of Agriculture and Rural Affairs; South China Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Guangzhou 510300, China;

2. College of Fisheries and Life Science, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China)

Abstract: In order to promote the development and utilization of *Grateloupia* and provide reference for its food and processing, we investigated the species composition, biomass, growth environment and mouthfeel of *Grateloupia* on floating rafts in Nan'ao, Shantou, Guangdong Province and Dongshan, Fujian Province once a month from January to April 2018. The results show that the water velocity and temperature were 0.039–0.985 m·s⁻¹ and 19–23 °C, respectively, and the water velocity in Dongshan was greater than that in Nan'ao. By morphology, cross-section and *rbcL* sequence analyses of the samples collected from the floating raft, we found eight *Grateloupia* species (*G. lanceolata*, *G. turuturu*, *G. taiwanensis*, *G. carnosa*, *G. livida*, *G. haimensis*, *G. prolongata* and *G. sparsa*). The dominant species were *G. lanceolata* and *G. turuturu* whose highest biomass were 901.26 g·m⁻¹

收稿日期: 2019-03-07; 修回日期: 2019-04-09

资助项目: 中国水产科学研究院南海水产研究所中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金资助(2017YB02); 广东省渔港建设和渔业发展专项(B201601-09); 国际自然科学基金项目(10000889-102714-1.1.01.01); 现代农业产业技术体系建设专项资金(CARS-50)

作者简介: 冯彬(1992—), 男, 硕士研究生, 从事海藻生物学研究。E-mail: 18363856923@163.com

通信作者: 陈素文(1968—), 女, 研究员, 从事海藻生物学及养殖研究。E-mail: chensuwen407@163.com

and 352.9 g·m⁻¹, respectively. *G. lanceolata* that grew with higher water velocity had longer body length that could reach 142 cm. The mouthfeel of *G. turuturu* and *G. prolongata* was the worst but that of *G. lanceolata* and *G. livida* was the best. *G. lanceolata* and *G. livida* had better mouthfeel in January to March than in April. It is worth developing *G. lanceolata* as marine vegetable for its bigger biomass, size and its better mouthfeel.

Key words: *Grateloupia*; species composition; biomass; mouthfeel; floating raft

蜈蚣藻属 (*Grateloupia*) 隶属于红藻门、隐丝藻目、海膜科^[1], 广泛分布于世界各地沿海, 其种类繁多, 全世界共报道 91 种^[2], 中国报道 42 种^[3]。蜈蚣藻属可食用、药用和作为工业原料^[4-5]。蜈蚣藻 (*G. filicina*) [分布于亚洲地区的已改名为亚洲蜈蚣藻 (*G. asiatica*)] 作为海藻沙拉在日本和韩国广受欢迎并进行养殖方面的研究与试验^[6-8]。在中国, 也有将亚洲蜈蚣藻和舌状蜈蚣藻作为食用海藻加以利用并进行培养研究^[9-12], 对蜈蚣藻属其他种类的利用则以药用为主, 对食用方面的认识尚不足, 其食用消费市场尚未拓展, 这影响了其养殖业的发展。目前对蜈蚣藻属一些种类的药用 (清热解毒、驱虫、抗肿瘤、抗病毒、抗凝血、抗氧化等) 和营养价值以及活性物质提取已有一些研究报道^[4,5,13-14], 但因该属藻类的养殖在中国尚未兴起, 仅靠自然海区的资源量难以推动其加工业的发展, 而其加工业的无作为反过来会影响对其资源的利用和养殖业。养殖业和加工业的相互制约以及消费市场的无序导致蜈蚣藻属资源未被充分利用。每年 2—4 月, 在汕头南澳和福建东山养殖浮筏上都生长有大量蜈蚣藻属藻类 (有的藻体长达 1 m 以上), 资源量大, 却未被利用, 自生自灭。这不仅造成资源的浪费, 且不利于海区环境。因此, 有必要针对这些蜈蚣藻属藻类开展调查, 摸清其种类和食用口感等, 为拓展其食用价值、充分利用资源奠定基础。

蜈蚣藻属不同种类由于质地差别, 食用口感存在差异, 同一种类在不同生长阶段口感也有所不同。此外, 蜈蚣藻属种类繁多, 同一种类的形态因生长环境、地域等不同而差异巨大, 种类鉴定存在一定困难, 仅根据藻体形态、大小、颜色、质地、分支、固着器、藻体内部结构以及生殖器官等鉴定显得不足, 还需要结合 DNA 条形码等分子生物学方法^[2,15]。许多学者对蜈蚣藻属的分类^[16-18]以及对辽宁^[19]和东海^[20]的蜈蚣藻属的种类组成进行了研究, 但蜈蚣藻属的分类系统尚不稳定^[21], 所开展的蜈蚣藻属调查也只是针对潮间带, 对浮筏上生长的蜈蚣藻属尚未见有专门的调查。

本文通过调查广东汕头南澳、福建东山县养殖浮筏上的蜈蚣藻属种类组成、生物量、生长环境及不同种类不同生长时期的口感, 旨在查明食用口感好的种类、生物量及其合适的收获季节等, 为其食用以及进一步加工开发提供依据, 并为蜈蚣藻属的种类鉴定提供参考。

1 材料与方法

1.1 海区调查

2018 年 1—4 月, 每月 1 次对广东汕头南澳和福建东山贝类养殖浮筏上的蜈蚣藻属进行采样, 并测量调查点的水温、水流。水流速度测量采用南京圣荣仪器设备有限公司生产的 LGY-II 型便携式流速仪。

每个海区设 3 个站点 (图 1), 每个站点的浮筏上随机采集 1 m 范围内的所有蜈蚣藻属种类以及随机采集外观区别较大的种类带回实验室做进一步的测量、鉴别和口感测试。

1.2 种类鉴别、测量

采回样品根据藻体形态、质地、大小、固着器等特征进行初步分类编号。对每个站点所采集 1 m 范围内的各种类分别测量藻体质量、长度、宽度。1 月采集的各种类样品分别用 40 L 圆桶培养于室外大棚下 (半透明顶部), 培养期间的水温 16~24 °C, 每周换水 1 次, 换水时添加硝酸钠 (NaNO₃) 10 mg·L⁻¹ 和磷酸氢二钾 (K₂HPO₄) 1 mg·L⁻¹, 培养用水盐度 31。

采用培养观察形态变化、藻体切片以及提取 DNA 进行 *rbcL* 序列分析相结合的方法鉴别种类。

1.2.1 藻体切片 将不同编号的样品横切制作徒手切片, 在显微镜下观察皮层细胞形状、层数及中央髓丝以助于确定种类。

1.2.2 *rbcL* 序列分析 对不同编号样品的新鲜藻体提取 DNA 测序并进行 PCR 扩增。*rbcL* 序列扩增引物为 F765 (5'-TGAAAGAGCTGAATTTGCTAA-3') 和 R1381 (5'-ATCTTTCCATAAATCTAAAGC-3')。PCR 反应体系、反应过程和扩增产物的电泳检测方法参照 Yang 等^[17], 扩增产物送天

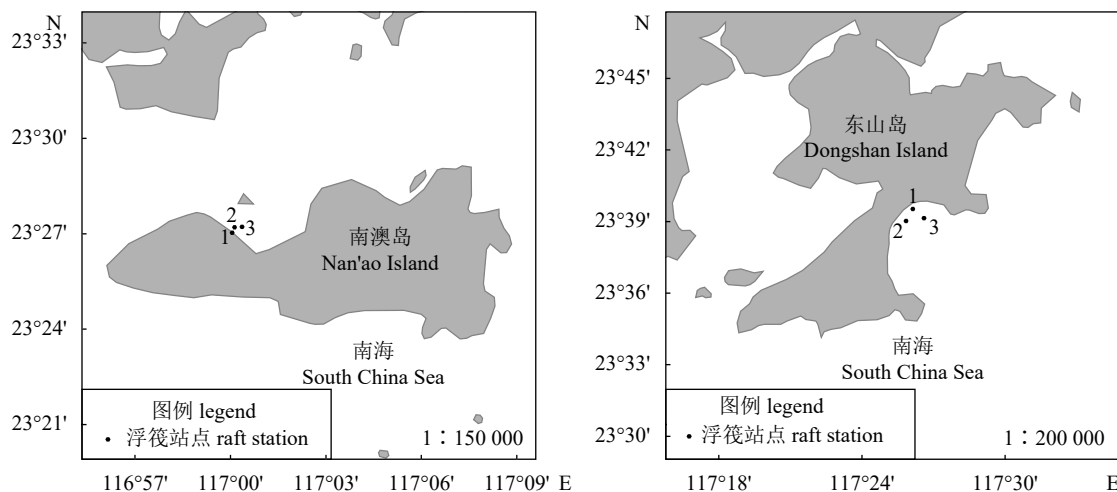


图1 调查点位置

Fig.1 Sampling site

一辉远公司测序。测序获得的 *rbcL* 序列与 BOLD 系统数据库序列进行物种相似性比对。

1.3 口感评价方法

每月采集的蜈蚣藻属样品, 根据外观及质地分类编号。各取新鲜样品 250 g 洗净, 切为长约 2 cm 片段, 放入沸水中热漂 10 s, 每种加入相同量的调味品(盐、酱油、醋、芝麻油、花生油和大蒜)制成凉拌菜。邀请 20 人品尝, 根据食用时感觉(软硬和爽滑等)对每种口感(分为优、良、中、差 4 个等级)进行评价, 每个等级的评价以 12 人以上所定等级为准。

2 结果

2.1 调查海区的水流和温度

调查表明, 汕头南澳和福建东山海区的温度差异不大, 调查期间汕头南澳的温度为 19~22 °C, 福建东山为 19~23 °C。2 个海区的水流速度有较大差异, 汕头南澳流速较小, 福建东山较大(表 1)。

2.2 种类组成

采集的蜈蚣藻属藻体形态多种、质地多样(图 2)。根据藻体的质地可分为软膜质(黏滑韧性差)、硬膜质(有一定韧性)、革质(韧性强)、软骨质(韧性强)和肉质(韧性强) 5 类。1 月采集的藻体较小, 培养 2 个月可观察到一些藻体形态和质地变化明显(图 3), 如带形蜈蚣藻(*G. turuturu*)质地由薄软变厚硬(A1 变成 A2)、长枝蜈蚣藻(*G. prolongata*)培养后藻体边缘长出许多小育枝(B1 变成 B2); 有的披针形蜈蚣藻(*G. lanceolata*)培养后藻体边缘长出许多分枝(C1 变成 C2), 有的披针形蜈蚣藻培养后不仅形态发生变化, 颜色也变深(D1 变成 D2)。根据质地、外观形态再结合藻体内部结构和 *rbcL* 序列比对结果(表 2), 判断汕头南澳和福建东山筏架上的蜈蚣藻属海藻种类为披针形蜈蚣藻、带形蜈蚣藻、台湾蜈蚣藻(*G. taiwanensis*)、肉质蜈蚣藻(*G. carnosa*)、舌状蜈蚣藻(*G. livida*)、海门蜈蚣藻(*G. haimensis*)、长枝蜈蚣藻和稀疏蜈蚣藻(*G. sparsa*)。

表1 调查站点的温度和水流速度

Tab.1 Average temperature and water velocity at investigation sites

 $\bar{X} \pm SD$

月份 month	温度/°C temperature		水流速度/m·s ⁻¹ water velocity	
	南澳 Nan'ao	东山 Dongshan	南澳 Nan'ao	东山 Dongshan
1月 January	19.2±0.29	19.2±0.29	4.73±0.55	7.93±0.35
2月 Febraury	18.7±0.58	18.8±0.29	4.17±0.21	9.67±0.76
3月 March	20.3±0.58	20.3±0.29	3.93±0.15	10.3±0.75
4月 April	21.8±0.29	22.5±0.50	5.10±0.30	100.37±9.90



图2 蜈蚣藻属藻体外形

a. 带形蜈蚣藻; b. 海门蜈蚣藻; c1~c5. 披针形蜈蚣藻; d. 肉质蜈蚣藻; e. 舌状蜈蚣藻; f. 披针形蜈蚣藻; g. 长枝蜈蚣藻; h. 台湾蜈蚣藻

Fig.2 Morphology of *Grateloupia*

a. *G. turuturu*; b. *G. haimensis*; c1~c5. *G. lanceolata*; d. *G. carnosa*; e. *G. livida*; f. *G. sparsa*; g. *G. prolongata*; h. *G. taiwanensis*



图3 3种蜈蚣藻培养2个月的形态变化

A1. 带形蜈蚣藻; A2. 培养 2 个月的 A1; B1. 长枝蜈蚣藻; B2. 培养 2 个月的 B1; C1. 披针形蜈蚣藻; C2. 培养 2 个月的 C1; D1. 披针形蜈蚣藻; D2. 培养 2 个月的 D1

Fig.3 Morphological change of three species after incubation for two months

A1. *G. turuturu*; A2. A1 incubated for two months; B1. *G. prolongata*; B2. B1 incubated for two months; C1. *G. lanceolata*; C2. C1 incubated for two months; D1. *G. lanceolata*; D2. D1 incubated for two months

这 2 个地点的蜈蚣藻属种类组成相近, 但在福建东山水流速度较大的地方, 披针形蜈蚣藻的长度明显大于汕头南澳, 最长超过 1 m, 汕头南澳披针形蜈蚣藻的宽度较大, 最宽藻体达 19 cm。

2.3 生物量

调查结果显示, 披针形蜈蚣藻和带形蜈蚣藻在

汕头南澳和福建东山筏架上均为优势种。1—2 月, 水温低于 20 ℃, 带形蜈蚣藻的生物量较多, 3 月之后, 水温高于 20 ℃, 披针形蜈蚣藻的生物量较多。汕头南澳浮筏的披针形蜈蚣藻生物量在 4 月最高, 占当月所有蜈蚣藻属种类生物量的 97.53%, 3 个站点的平均生物量为 312.55 g·m⁻¹ (表 3), 站

表2 8种蜈蚣藻的形态特征

Tab.2 Morphological characteristics of eight *Grateloupia* species

种类 species	外形 morphology	质地 texture	内部结构 inside structure	长度/cm length	宽度/cm width
带形蜈蚣藻 <i>G. turuturu</i>	带状, 有的分裂为1~2条以上的小裂片; 有较长柄; 藻体较大	软膜质, 黏滑, 韧性差	皮层顶细胞圆形	92.4	7.2
披针形蜈蚣藻 <i>G. lanceolate</i>	披针形、长椭圆形; 有短柄或无柄; 藻体较大	革质, 韧性强	皮层顶细胞长椭圆形	142	19.1
台湾蜈蚣藻 <i>G. taiwanensis</i>	披针形, 有短柄; 藻体较小	软骨质, 韧性强	皮层顶细胞长椭圆形; 有星状细胞	23.6	4.4
舌状蜈蚣藻 <i>G. livida</i>	窄带状或稍宽, 有短柄或没柄; 藻体较小	软骨质, 韧性强	皮层顶细胞椭圆形	38.1	2.1
肉质蜈蚣藻 <i>G. carnosa</i>	不规则带状, 有细柄	肉质, 韧性强	皮层顶细胞柱形; 有星状细胞	37.5	5.7
稀疏蜈蚣藻 <i>G. sparsa</i>	细带状, 披针形, 叶片与固着器有短柄	硬革质, 韧性强	皮层顶细胞长椭圆形; 有星状细胞	45.6	3.4
海门蜈蚣藻 <i>G. haimensis</i>	叉状或羽状分枝, 分枝基部渐细, 藻体小	黏滑, 革质, 韧性强	皮层顶细胞长椭圆形	15.6	0.6
长枝蜈蚣藻 <i>G. prolongata</i>	披针形, 有长细柄, 分枝呈舌形片状; 藻体较小	硬膜质, 有一定韧性	皮层顶细胞椭圆形	11.9	1.3

注: 表中的长度和宽度值为各种类所采集样品的最长和最宽值

Note: The length and width are the maximum values of the samples collected on floating rafts.

表3 汕头南澳浮筏上6种蜈蚣藻的生物量

Tab.3 Biomass of six *Grateloupia* species on floating raft in Nan'ao, Shantoug·m⁻¹; $\bar{X} \pm SD$

种类 species	1月 January	2月 February	3月 March	4月 April
披针形蜈蚣藻 <i>G. lanceolata</i>	21.38±37.03	130.79±115.36	33.43±35.45	312.55±247.09
带形蜈蚣藻 <i>G. turuturu</i>	25.98±19.75	85.42±49.66	18.3±16.16	6.34±11.00
舌状蜈蚣藻 <i>G. livida</i>	2.52±3.38	0	0	1.40±1.24
海门蜈蚣藻 <i>G. haimensis</i>	1.45±1.29	0	0	5.40±4.98
台湾蜈蚣藻 <i>G. taiwanensis</i>	0.81±0.79	1.45±2.51	17.12±15.84	0
肉质蜈蚣藻 <i>G. carnosa</i>	0	0	0	0.17±0.24

点3的生物量最高(579.06 g·m⁻¹);带形蜈蚣藻的生物量在2月达到最大,占当月所有种类生物量的39.24%,3个站点的平均生物量为85.42 g·m⁻¹,站点3的生物量最高(127.75 g·m⁻¹);3月开始,带形蜈蚣藻的生物量逐月减少。福建东山浮筏上的披针形蜈蚣藻生物量也是在4月最高(表4),占当月所有蜈蚣藻属种类的69.94%,平均生物量为371.12 g·m⁻¹,站点3的生物量最高(901.26 g·m⁻¹);带形蜈蚣藻在1月生物量最高,占当月各种类生物量的69.50%,平均生物量为211.16 g·m⁻¹,站点3的生物量最高(352.9 g·m⁻¹)。其他种类的生物量较小且在有些月份的定量采样中未出现;长枝蜈蚣藻在这2个地方的定量采样中没有采到。

2.4 口感评价

不同月份采集的蜈蚣藻属藻体口感有差异,各

个时间采集的带形蜈蚣藻均一煮就变绵软,长枝蜈蚣藻虽然煮后未变绵软,但口感较硬,这2种蜈蚣藻的口感评价最差;披针形蜈蚣藻和舌状蜈蚣藻煮后未变绵软,口感爽滑,评价结果最好(表5)。1—3月采集的披针形蜈蚣藻和舌状蜈蚣藻口感均最佳,4月采集的质地偏硬,口感稍差。

3 讨论

根据形态鉴别来确定浮筏上的蜈蚣藻属种类组成并不容易。浮筏上生长的蜈蚣藻属藻体明显大于潮间带,凭借现有的海藻图鉴(《中国海藻志》等)进行对比,往往找不到相应的图片和特征描述,因而本研究结合藻体的切片观察和基因序列分析来综合鉴定种类。通过*rbcL*序列与BOLD系统

表4 福建东山浮筏上6种蜈蚣藻的生物量

种类 species	g·m ⁻¹ ; $\bar{X}\pm SD$			
	1月 January	2月 February	3月 March	4月 April
披针形蜈蚣藻 <i>G. lanceolata</i>	70.42±32.96	90.18±65.08	325.28±100.34	371.12±378.27
带形蜈蚣藻 <i>G. turuturu</i>	211.17±134.5	168.17±89.37	174.27±61.08	0.78±1.1
舌状蜈蚣藻 <i>G. livida</i>	18.94±21.62	0	0	0
肉质蜈蚣藻 <i>G. carnosa</i>	3.29±4.65	0	40.34±57.05	17.06±24.13
台湾蜈蚣藻 <i>G. taiwanensis</i>	0	28.24±25.15	34.65±49	0
稀疏蜈蚣藻 <i>G. sparsa</i>	0	3.32±4.69	0	131.5±185.97

表5 8种蜈蚣藻在不同月份的口感

Tab.5 Mouthfeel of eight *Grateloupia* species in different months

种类 species	1月	2月	3月	4月
	January	February	March	April
带形蜈蚣藻 <i>G. turuturu</i>	差	差	差	差
披针形蜈蚣藻 <i>G. lanceolata</i>	优	优	优	良
舌状蜈蚣藻 <i>G. livida</i>	优	优	优	良
台湾蜈蚣藻 <i>G. taiwanensis</i>	良	良	中	差
肉质蜈蚣藻 <i>G. carnosa</i>	良	良	良	差
海门蜈蚣藻 <i>G. haimensis</i>	中	中	中	差
长枝蜈蚣藻 <i>G. prolongata</i>	差	差	差	差
稀疏蜈蚣藻 <i>G. sparsa</i>	良	良	良	差

数据库序列进行物种相似性比对, 结果显示, 相似性达到 100% 的披针形蜈蚣藻形态差异很大, 有的固着器为盘状, 有的呈梭形突出状; 有的固着器有柄与叶片相连, 有的没有柄。Yang 等^[22]对椭圆蜈蚣藻和披针形蜈蚣藻的鉴别研究表明两者形态相似, 区别在于披针形蜈蚣藻有柄, 而椭圆蜈蚣藻没有柄。本研究依照测序结果, 把没有柄的似是椭圆蜈蚣藻的也鉴定为披针形蜈蚣藻。对东海枸杞岛蜈蚣藻属形态学与分子生物学的研究也按照测序结果, 把形似椭圆蜈蚣藻的鉴定为披针形蜈蚣藻^[20]。根据《中国海藻志》^[1], 鲂生蜈蚣藻与其他叶片状蜈蚣藻的区别在于其没有短柄, 筏架上的一些形似鲂生蜈蚣藻的, 测序结果也是披针形蜈蚣藻, 所以笔者鉴定的披针形蜈蚣藻形态多样。按照《中国海藻志》, 稀疏蜈蚣藻与披针形蜈蚣藻的区别是前者较厚, 其皮层由 12~13 层细胞构成, 而依朋等^[23]在研究台湾蜈蚣藻与稀疏蜈蚣藻内部结构区别时, 描述稀疏蜈蚣藻皮层的细胞层数为 4~5 层。笔者

参考《中国海藻志》的描述, 把革质、比较厚、构成皮层的细胞层数较多、细带状的定为稀疏蜈蚣藻。根据测序结果定为台湾蜈蚣藻 (图 1-h) 的藻体形态与文献中的台湾蜈蚣藻外形略有不同^[23-25], 这可能是藻体处于不同生长阶段其形态有差异。从本研究培养的披针形蜈蚣藻和长枝蜈蚣藻等藻体形态变化可观察到, 分枝和小育枝的不规则生长对藻体外形影响很大。这是该属藻体外形多变的一大原因。总之, 对蜈蚣藻属种类鉴定还有待进一步深入研究, 采用培养观察藻体在不同生长阶段和不同培养条件下的形态变化将有助于种类的形态鉴定。

本调查目的是为了充分利用蜈蚣藻属资源, 为该藻类的食品开发奠定基础。海藻的加工业与养殖业相辅相成, 在发展加工业的同时, 更需要推动养殖业的进步。因此, 在调查福建东山和汕头南澳浮筏上的蜈蚣藻属时对其生态环境也进行了调查, 为其养殖业的发展奠定基础。本调查结果表明, 生长于水流速度较大区域的蜈蚣藻属藻体较长、较薄, 生长于水流速度较小区域的藻体较宽、较厚, 这为养殖海区的选择提供了参考依据。

生物量调查结果表明, 披针形蜈蚣藻和带形蜈蚣藻在汕头南澳和福建东山均为优势种类。这 2 种蜈蚣藻和台湾蜈蚣藻在欧美和非洲被作为外来入侵物种^[24,26-29], 可见这 3 种蜈蚣藻具有生长优势。在汕头和福建, 披针形蜈蚣藻的生物量高于带形蜈蚣藻和台湾蜈蚣藻, 福建东山站点 3 的生物量最多 (901.26 g·m⁻¹)。由此推测, 若进行披针形蜈蚣藻的养殖, 其产量会很高。

口感评价表明, 披针形蜈蚣藻和舌状蜈蚣藻的口感最好, 这 2 种都适合做凉拌菜或炒菜。舌状蜈蚣藻的个体较小, 生物量也较低。从食用口感和生物量综合考虑, 披针形蜈蚣藻是适合加工为海洋蔬

菜的优良种类。披针形蜈蚣藻在4月质地变硬,口感变差,因而其收获季节应在4月之前。披针形蜈蚣藻的开发已引起人们的重视^[30-31],相信在不久的将来这种绿色食品将出现在百姓的餐桌上。

参考文献:

- [1] 夏邦美. 中国海藻志. 第二卷, 红藻门. 第三册, 石花菜目 隐丝藻目 胭脂藻目 [M]. 北京: 科学出版社, 2004: 81-139.
- [2] PENG C, DING H Y, TANG Z H, et al. Molecular grouping of *Grateloupia* tissues collected along Chinese coast and microsatellite diversity analysis of *G. asiatica*[J]. J Ocean Univ China, 2018, 17(4): 925-931.
- [3] 丁兰平, 黄冰心, 王宏伟. 中国海洋红藻门新分类系统 [J]. 广西科学, 2015(2): 164-188.
- [4] 李卫东, 吴茜, 蒋丹, 等. 蜈蚣藻属海藻的应用及人工养殖前景展望 [J]. 河北渔业, 2012(11): 48-54.
- [5] 方玉春, 赵峡, 王顺春. 蜈蚣藻药用研究进展 [J]. 中国海洋药物, 2011, 30(2): 58-61.
- [6] 林江崑. 蜈蚣藻的养殖 [J]. 中国水产 (台湾), 1992(482): 63-65.
- [7] 右田清治. 座の再生による紅藻ムカデノリの養殖 [J]. 日本水产学会誌, 1988, 54(11): 1923-1927.
- [8] ADHARINI R I, KIM H G. Developmental pattern of crust into upright thalli of *Grateloupia asiatica* (Halymeniaceae, Rhodophyta)[J]. J Appl Phycol, 2014, 26(4): 1911-1918.
- [9] 张泽宇, 魏海霞, 韩余香, 等. 蜈蚣藻盘状体诱导丝状体及其采苗的初步研究 [J]. 大连水产学院学报, 2007, 22(3): 164-169.
- [10] 陈伟洲, 宋志民, 黄中坚. 温度、光照强度对舌状蜈蚣藻早期发育的影响 [J]. 南方水产科学, 2013, 9(6): 14-19.
- [11] 王宏伟, 刘雨薇, 王晨, 等. 亚洲蜈蚣藻 (*Grateloupia asiatica* Kawaguchi et Wang) 的个体生态学研究 [J]. 辽宁师范大学学报 (自然科学版), 2017, 40(1): 83-88.
- [12] 陈素文, 张文文, 郭永坚, 等. 水流和光照条件对舌状蜈蚣藻果孢子萌发生长的影响 [J]. 渔业科学进展, 2017, 38(6): 112-118.
- [13] TANG L, CHEN Y C, JIANG Z B, et al. Purification, partial characterization and bioactivity of sulfated polysaccharides from *Grateloupia livida*[J]. Int J Biol Macromol, 2017, 94: 642-652.
- [14] KANIMOZHI S, SRIDHAR S. Antioxidant and antibacterial activities of ethyl acetate extract from the thallus of *Grateloupia doryphora* collected from kovalum seashore, Tamilnadu[J]. Int J Curr Res, 2017, 9(3): 47846-47852.
- [15] WANG H W, GUAN Y, ZHAO F Q, et al. *Grateloupia huanghaiensis* sp. nov. (Halymeniaceae, Rhodophyta), a peculiar new species from China[J]. Mar Biol Res, 2015, 11(4): 396-404.
- [16] YANG M Y, KIM M S. Taxonomy of *Grateloupia* (Halymeniales, Rhodophyta) by DNA barcode marker analysis and a description of *Pachymeniopsis volvita* sp. nov.[J]. J Appl Phycol, 2015, 27(3): 1373-1384.
- [17] 李芳, 姜朋, 赵树雨, 等. 帚状蜈蚣藻的修订研究——基于形态观察和 rbcL 序列分析 [J]. 水生生物学报, 2016, 40(6): 1249-1256.
- [18] 刘芳, 田伊林, 王宏伟. 对枝蜈蚣藻的修订研究——基于形态特征和基因序列分析 [J]. 水生生物学报, 2017, 41(6): 1273-1281.
- [19] 王宏伟, 戚贵成. 辽宁沿海蜈蚣藻属的初步研究 [J]. 辽宁师范大学学报 (自然科学版), 2009, 32(2): 231-234.
- [20] 李颖博, 马家海, 孙彬, 等. 东海枸杞岛蜈蚣藻属形态学与分子生物学的初步研究 [J]. 海洋渔业, 2015, 37(3): 215-222.
- [21] 陈素文, 冯彬, 李婷, 等. 蜈蚣藻属生物学及养殖研究进展 [J]. 南方水产科学, 2019, 15(1): 119-123.
- [22] YANG M Y, HAN E G, KIM M S. Molecular identification of *Grateloupia elliptica* and *G. lanceolata* (Rhodophyta) inferred from plastid rbcL and mitochondrial COI genes sequence data[J]. Genes Genom, 2013, 35(2): 239-246.
- [23] 依朋, 宋学文, 娄宇, 等. 海南新纪录种台湾蜈蚣藻 (红藻门) 的形态学观察和 rbcL 与 COI 基因序列分析 [J]. 海洋与湖沼, 2018, 49(3): 604-613.
- [24] DEPRIEST M S, LÓPEZ-BAUTISTA J M. Sequencing of the rbcL marker reveals the nonnative red alga *Grateloupia taiwanensis* (Halymeniaceae, Rhodophyta) in Alabama[J]. Gulf Mexico Sci, 2012, 30(1/2): 7-13.
- [25] LIN S M, LIANG H Y, HOMMERSAND M H. Two types of auxiliary cell ampullae in *Grateloupia* (Halymeniaceae, Rhodophyta), including *G. taiwanensis* sp. nov. and *G. orientalis* sp. nov. from Taiwan based on rbcL gene sequence analysis and cystocarp development[J]. J Phycologia, 2008, 44(1): 196-214.
- [26] KRAEMER G, YARISH C, KIM J K, et al. Life history interactions between the red algae *Chondrus crispus* (Gigartinales) and *Grateloupia turuturu* (Halymeniales) in a changing global environment[J]. Phycologia, 2017, 56(2): 176-185.
- [27] MILLER K A, HUGHEY J R, GABRIELSON P W. First report of the Japanese species *Grateloupia lanceolata* (Halymeniaceae, Rhodophyta) from California, USA[J]. Phycol Res, 2009, 57(3): 238-241.
- [28] BOLTON J J, de CLERCK O, FRANCIS C M, et al. Two newly discovered *Grateloupia* (Halymeniaceae, Rhodophyta) species on aquaculture rafts on the west coast of South Africa, including the widely introduced *Grateloupia turuturu*[J]. Phycologia, 2016, 55(6): 659-664.
- [29] MONTES M, RICO J M, GARCÍA-VAZQUEZ E, et al. Molecular barcoding confirms the presence of exotic Asian seaweeds (*Pachymeniopsis gargiuli* and *Grateloupia turuturu*) in the Cantabrian Sea, Bay of Biscay[J]. PeerJ, 2017, 5: e3116.
- [30] 田伊林, 刘雨薇, 王宏伟. 披针形蜈蚣藻 (*Grateloupia lanceolata*) 的早期发育及其生活史 [J]. 海洋与湖沼, 2017, 48(1): 113-121.
- [31] 白凯强, 韩军军, 林庆莹, 等. 不同养殖密度对紫贻贝和披针形蜈蚣藻生态混养的影响 [J]. 海洋渔业, 2017, 39(4): 454-462.