

石花菜的育苗与养殖

黄礼娟 编著



海洋出版社

石花菜的育苗与养殖

**Artificial Culture of *Gelidium*
amansii (Lamx.) Lamx.**

黄礼娟 编著

海洋出版社

2010 年 · 北京

图书在版编目(CIP)数据

石花菜的育苗与养殖/黄礼娟编著. —北京:海洋出版社,2010.7

ISBN 978-7-5027-7752-4

I. ①石… II. ①黄… III. ①石花菜目-育苗②石花菜目-藻类养殖 IV. ①S968.43

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 115918 号

责任编辑:方 菁

责任印制:刘志恒

海洋出版社 出版发行

<http://www.oceanpress.com.cn>

北京市海淀区大慧寺路8号 邮编:100081

北京海洋印刷厂印刷 新华书店经销

2010年7月第1版 2010年7月第1次印刷

开本:787mm×1092mm 1/16 印张:10

字数:210千字 定价:30.00元

发行部:62147016 邮购部:68038093 总编室:62114335

海洋版图书印、装错误可随时退换

前 言

石花菜是制造琼胶的主要原料,是一种重要的经济海藻。由于自然资源有限,琼胶的产量不能满足实际需要,因而石花菜等已被列入国际紧俏原料。为了增加琼胶的产量,唯一可靠的途径就是大力开展海藻的人工养殖。我国海岸线绵长,岛屿众多,有着广阔的海岸滩涂和岩礁,这是发展石花菜养殖的有利条件。我国人工养殖海带、裙带菜、紫菜的历史较久,而石花菜人工养殖试验也于20世纪50年代开始起步。最早涉足这项工作的是山东省海水养殖研究所。他们首先开展石花菜自然采苗育苗试验,继而又从事室内育苗、分枝夹苗筏式养殖和梯田养殖试验,并取得了一定的进展。20世纪70年代,山东省海水养殖研究所对石花菜的育苗与养成技术的探索取得了成功,为石花菜人工养殖提供了宝贵的经验。

笔者在20世纪60年代初曾对石花菜的分布、自然采集量以及琼胶的供需矛盾等情况做过初步调查,1973年以后又开展了石花菜的采孢子育苗、孢子萌发以及人工养殖等试验,并于1984年根据自己10多年在石花菜的科研、生产中积累的经验与资料,同时综合国内外研究成果写成《石花菜的育苗与养殖》一书。该书出版后,受到同行的好评与支持,更有一些生产单位和沿海渔民纷纷来函,索取有关石花菜养殖技术和加工利用的资料。在此形势推动下,笔者再次投入对石花菜的孢子萌发、生长、繁殖特性规律以及人工养殖的研究。1985年以来,笔者在石花菜生活史的系统培养中首次发现幼苗出芽繁殖的生物学特性,从而揭示了石花菜自然丛生的奥秘,找到了一次采孢子多茬、多年采收的科学依据。近年来,笔者又与荣成市水产科学技术研究所所长席振乐等在模拟工厂化育苗方面提出了大面积人工育苗的工艺原理和技术管理措施,成功地完成了室内培育 13.33 hm^2 (200亩)匍匐幼苗的试验,为实现石花菜大面积生产奠定了基础。为了推动我国石花菜养殖事业的发展,满足专业读者的要求,让更多的藻类养殖户掌握石花菜的人工养殖技术,笔者特在原书的基础上,加入近年来在石花菜人工育苗与人工养殖研究中所取得的进展,修订完成本书。

承蒙山东省海水养殖研究所支持,中国水产科学研究院黄海水产研究所原所长刘恬敬研究员对本书作了全面的审查,并提出了宝贵的修改意见;张立言研究员、胡敦清副研究员均对本书的撰写提出了宝贵意见,并由张立言研究员译成英文;本书的出版还得到我所各届领导及王远隆研究员、李淑筠副研究员、李明德高级工程师等的大力支持,以及中国科学院海洋研究所夏邦美研究员、孙爱淑研究员、冯明华副研究员,中国海洋大学生命科学院陶乃蓉和山东省海

水养殖研究所王淑君的指导和帮助,在此一并表示衷心的感谢!

2010年《石花菜的育苗与养殖》一书中的中文版与英文版(由张立言教授翻译)合并出版,得到山东省海水养殖研究所现任所领导的大力支持,另对我所助理研究员宋爱环对本书的校对与修改甚表感谢!由于笔者水平有限,不当之处,在所难免,恳请读者批评指正。

作 者

于山东省海水养殖研究所

2010年5月

目 次

第1章 概述	(1)
1.1 石花菜的经济价值	(1)
1.2 石花菜的地理分布及产量	(1)
1.3 我国常见的石花菜	(2)
第2章 石花菜的生物学特征	(7)
2.1 石花菜的分类地位及其种类	(7)
2.2 石花菜的形态与构造	(8)
2.3 石花菜的生殖	(11)
2.4 石花菜的生长发育	(14)
2.5 石花菜的营养繁殖	(20)
2.6 石花菜的生活史	(22)
2.7 石花菜的生态及生长条件	(25)
第3章 石花菜孢子的形成、成熟、放散、附着、萌发及生长	(31)
3.1 四分孢子囊枝与囊果枝的形成、成熟、衰退与水温的关系	(31)
3.2 石花菜孢子的放散特点	(32)
3.3 石花菜孢子的放散及其应用	(39)
3.4 石花菜孢子萌发生长的生态条件	(42)
第4章 采孢子育苗方法	(45)
4.1 石花菜孢子育苗的研究概况	(45)
4.2 石花菜孢子育苗的全过程	(48)
4.3 石花菜孢子育苗的应用价值	(50)
4.4 全人工采孢子育苗	(51)
4.5 幼苗的生长发育	(57)
4.6 营养繁殖育苗	(64)
4.7 半人工采孢子育苗	(65)
4.8 幼苗的管理	(66)
第5章 孢子育苗工程	(67)
5.1 石花菜孢子育苗的发展	(67)
5.2 控温育苗	(68)
5.3 半控温育苗及海上培育	(72)
5.4 自然光、温育苗	(73)
5.5 工厂化育苗	(79)
5.6 石花菜孢子育苗的应用前景	(82)

第 6 章 石花菜的生长周期与多茬养成	(85)
6.1 石花菜的生长周期	(85)
6.2 成藻的产量	(91)
6.3 多茬养殖	(96)
6.4 海上管理	(100)
6.5 经济效益估算	(101)
第 7 章 石花菜的养殖	(103)
7.1 梯田养殖	(103)
7.2 海底养殖	(105)
7.3 筏式养殖	(107)
7.4 石花菜全人工养殖的展望	(116)
第 8 章 石花菜养殖的敌害	(118)
8.1 敌害藻类	(118)
8.2 敌害动物	(119)
8.3 敌害生物的防除	(120)
8.4 海水中的泥沙物质	(120)
第 9 章 石花菜的采收和加工利用	(121)
9.1 石花菜的采收	(121)
9.2 石花菜的加工利用	(123)
参考文献	(134)
Manuscript on Artificial Culture of <i>Gelidium amansii</i> (Lamx.) Lamx.	(136)

第1章 概述

石花菜是一类重要的经济海藻,属红藻。它的藻体呈紫红色,植株直立丛生,分枝羽状扁平互生或对生,固着器假根状。它含有丰富的胶质,是制取琼胶的优质原料。

石花菜的名称很多,各地叫法不一,山东半岛称之为红毛菜、毛菜或凉粉菜,辽东半岛称之为鸡毛菜或牛毛菜,江苏叫它海草,福建称之为红丝,而台湾则称之为凤尾。

1.1 石花菜的经济价值

1.1.1 石花菜的食用价值

石花菜是一种海之珍品,很早以前就为我国沿海群众采集食用。

明朝李时珍的《本草纲目》和宁原的《食鉴本草》中写道:“石花菜生南海砂石间,高二三寸,状如珊瑚,有红白二色,枝上有细齿,以沸汤泡去砂屑,沃以姜醋,食之甚脆,其根埋砂中,可再生枝也。”

福建地方志《闽书》上记载:“石花菜生海礁上,性寒,夏日煮之成冻。”《漳埔县志》也曾记载:“石花菜生海礁中,叶如蜈蚣脚,性寒,六月煮之,凝如冰。”

至今,我国民间还保留着用石花菜制作胶冻,加盐、加醋及其他调料制成清凉食品,或加糖、加香料果汁制成甜食的传统。

1.1.2 石花菜的其他用途

石花菜的主要用途是制造琼胶,琼胶又称琼脂。琼脂一词来自马来西亚或锡兰人的术语“agar-agar”,因此国际商品名称“agar”即来源于此。石花菜以水煮方法制成的凝胶冻在山东省沿海地区称“凉粉”,其条状干制品称“冻菜”、“冻粉”,上海、江苏、浙江等地称之为“凉菜”、“洋菜”。此外,其制品还有粉末、薄片等。

琼胶除可用石花菜制取外,还可用其他海藻,如江蓠、鸡毛菜、紫菜等制取,但就其色泽、透明度、硬度、口感及质量而言都不及石花菜的琼胶制品好。

琼胶的用途相当广泛,除食用外,在医学和生物学领域内可用作培养基,在食品、酿造工业中可作稳定剂、凝固剂,在纺织、造纸工业中可作黏合剂,在制药、涂料、化妆品工业中则可作乳化剂、填充剂。

1.2 石花菜的地理分布及产量

1.2.1 石花菜的地理分布

红藻是种类繁多、分布较广的一门藻类,绝大多数生长于海洋,包括南北两极地带,世界

各地海洋沿岸均有分布,但主要产于温带海区。红藻的地理分布通常与海洋的表层温度密切相关,从两极至热带,由于表层海水温度逐渐提高,红藻的种类和数量也随之变化。

一般认为,红藻不喜欢强光,为“喜阴植物”,故多数红藻为深海性种类,垂直分布于低潮线以下 30~60 m 处,甚至生长于 200 m 的深海底。

红藻主要生长在岩石上,也可生长在其他基质上,或附生在其他藻体上。

石花菜是一种世界性红藻,广泛分布于世界三大洋、五大洲。在太平洋沿岸,主要分布于美洲的美国、加拿大、墨西哥、智利、秘鲁和厄瓜多尔,亚洲的中国、日本、朝鲜、马来西亚、印度尼西亚、菲律宾、泰国、文莱,大洋洲的新西兰、澳大利亚;在印度洋沿岸,主要分布于亚洲的印度、缅甸、斯里兰卡、孟加拉国,非洲的南非和马达加斯加;在大西洋沿岸,主要分布于欧洲的西班牙、葡萄牙、丹麦、法国、意大利、希腊,非洲的埃及、摩洛哥和利比里亚。

虽然三大洋沿岸都有石花菜的分布,但是太平洋沿岸及其附近岛屿的产量要比大西洋、印度洋的产量大得多。据有关资料介绍,石花菜发源于太平洋的可能性最大。直至今日,石花菜的分布中心依然是亚澳地区热带海洋,以及太平洋、大西洋的暖温带海洋。

我国沿海及其岛屿的石花菜分布极广,北起辽东半岛,南至广东、海南,东到台湾沿海都有分布。但主要产地为山东半岛和台湾。就山东半岛而言,其南半部石花菜的分布量要多于北半部(图 1-1)。

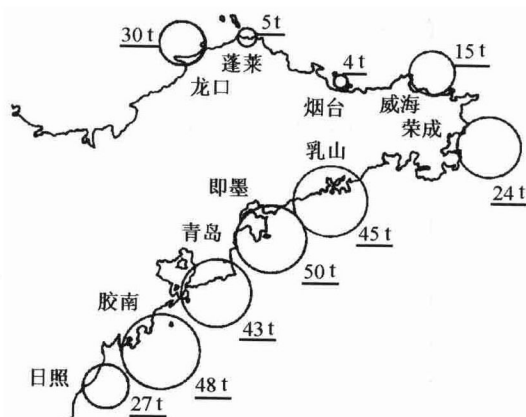


图 1-1 山东沿岸石花菜的数量分布
(仿李宏基)

Fig. 1-1 Quantity distribution of *Gelidium amansii* along the coast of Shandong Province

1.2.2 石花菜的产量

据有关资料报道,世界各地的石花菜总产量为 2 万 t,其中年产 3 000 t 以上的国家有西班牙、日本,2 000 t 以上的有朝鲜和葡萄牙,1 000 t 以上的有墨西哥、摩洛哥,400 t 以上的有印度、印度尼西亚、法国,我国年产量约在 500 t。

随着人民生活水平的不断提高和世界科学技术的迅速发展,人们对琼胶的需求量越来越大,对琼胶海藻生产的呼声越来越高。然而,我国既是世界琼胶产量较低的国家,也是琼胶藻类生产较少的国家,这与我国作为世界海洋大国的地位极不相称,因此开展石花菜的人工育苗和养殖还具有一定的政治意义。

1.3 我国常见的石花菜

1.3.1 我国石花菜的经济种类

我国产的石花菜种类有十余种。在不同的海域通常生有不同的种类,常见的经济种类如下。

1.3.1.1 石花菜(*Gelidium amansii* (Lamx.) Lamx.)

(1)外部形态:藻体呈紫红色,直立丛生,一般高10~20 cm,高者可达30 cm。固着器假根状。藻体下部的枝扁平,两缘薄;上部的枝或为亚圆柱形或与藻体下部的相同。羽状分枝4~5次,对生或互生。生长初期,藻体呈尖锥形,具相当整齐的羽状分枝(图1-2)。随着藻体的成长,分枝长到主枝的长度,尖锥外形也随之消失。分枝多少有些曲折,但也有些完全平直,腋角在45°以上。在分枝上有羽状排列的小枝2~3个,规律性不强。长枝单条或数次分枝。各种分枝的末端急尖,枝宽0.5~2 mm(图1-3和表1-1)。

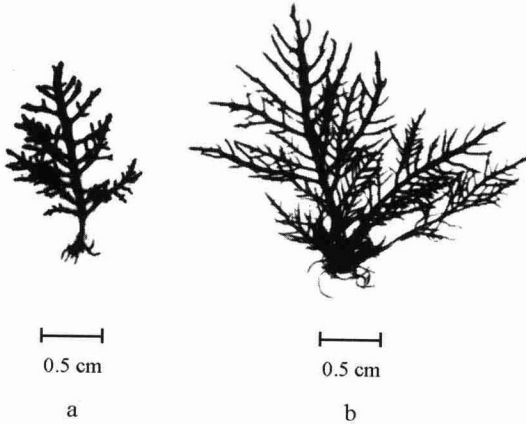


图1-2 石花菜生长初期藻体呈尖锥形
(人工培育)

Fig. 1-2 Shape of plants reared artificially
in the early stage of growth

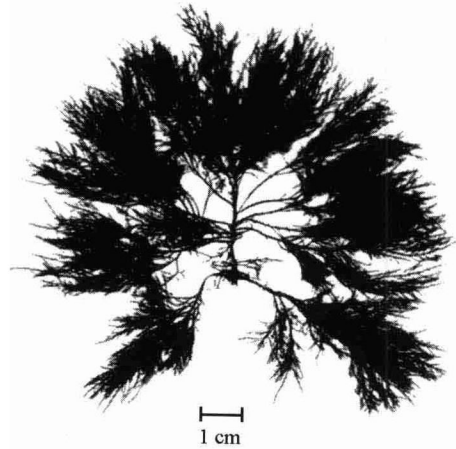


图1-3 长成的石花菜(人工养殖)

Fig. 1-3 Adult of *G. amansii*
cultured artificially

表1-1 石花菜经济种类的形态特征比较

Table 1-1 Morphological characters of economical species of *Gelidium*

种名	藻体习性	大小	分枝式	小枝	主枝中肋状加厚
石花菜 (<i>Gelidium amansii</i>)	直立	一般高10~20 cm, 高者可达30 cm	羽状分枝,互生或 对生	主枝及分枝上有羽状 小枝,长短枝交错	无
小石花菜 (<i>G. divaricatum</i>)	密集错综, 匍匐	矮小,高度一般不超过 2 cm左右	不规则的羽状分枝	分枝上有较密的羽状 小枝	无
中肋石花菜 (<i>G. japonicum</i>)	直立	一般高6~12 cm	不规则的羽状分枝 或分裂	小枝不密集	有
大石花菜 (<i>G. pacificum</i>)	直立	一般高10~20 cm,高 者可达30 cm以上	羽状分枝,互生或 对生	主枝及分枝上生密集 的复羽状小枝	无
细毛石花菜 (<i>G. crinale</i>)	有卧生部与 直立部	体细小,一般高2~ 4 cm	不规则羽状分枝, 互生或对生,有 时同一节具有 2~4个分枝	小枝较稀疏	无

(仿曾呈奎,1962)

(2) 内部构造: 髓部由无色的长丝状细胞组成, 皮层细胞紧密地排列成行。具有一侧生色素体, 细胞间充满细小的丝状细胞, 特别是在分枝较宽厚的部分。成熟的孢子体末枝上形成许多孢子囊小枝, 其上生有许多十字形分裂的四分孢子囊。雄配子体的精子囊在末端的小枝上, 因精子无色, 精子囊小枝色淡。雌配子体的果胞顶端有受精丝, 伸出藻体外面。囊果是由许多果胞枝和果孢子囊组成, 成熟时膨大, 呈球形, 并具有尖枝, 其直径约 1 mm。囊果两面突出, 各有一小孔, 称为果孔。

1. 3. 1. 2 大石花菜 (*Gelidium pacificum* Okam.)

藻体紫红色, 软骨质, 个体较大, 一般高 10 ~ 20 cm, 最高可达 30 cm 以上, 线形、两缘薄, 分枝 3 ~ 4 次, 羽状对生。分枝较长, 略显左右弯曲, 其上生互相接近的复羽状小枝。内部构造和石花菜相似, 丝体密集于皮层, 髓部稀疏。四分孢子囊生在小枝或小羽枝上, 形成圆形或略膨起的囊群。囊果生在小枝顶端下方, 略为膨起, 顶端单条或分枝, 前端尖或钝。精子囊小枝位于小枝顶端(图 1-4 和表 1-1)。

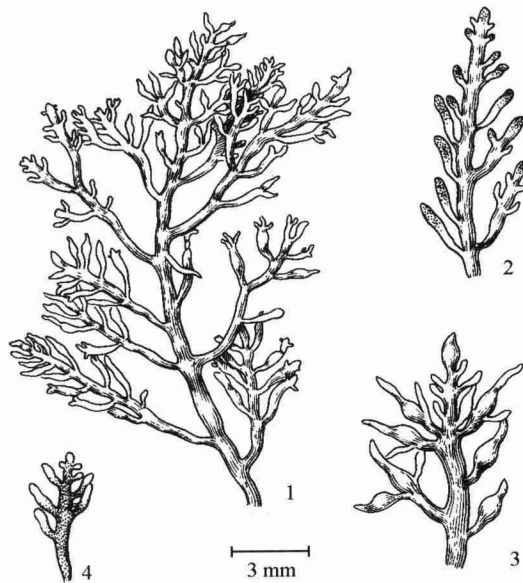


图 1-4 大石花菜 (*G. pacificum* Okam.)

Fig. 1-4 *G. pacificum* Okam.

1. 成熟藻体顶端的小枝; 2. 四分孢子囊小枝; 3. 囊果小枝; 4. 精子囊小枝
(仿曾呈奎 1962)

1. 3. 1. 3 小石花菜 (*Gelidium divaricatum* Mart.)

小石花菜紫红色, 软骨质, 矮小, 密集错综地生在一起, 匍匐且倾卧, 高 1 ~ 1.5 cm。藻体呈线形或略扁平的圆柱状, 羽状分枝, 其上有较密的羽状小枝, 小枝与分枝常呈直角, 对生或互生, 顶端尖。生殖枝为钝头。四分孢子囊生在膨胀小羽枝的顶端, 散布在皮层中。囊果生在膨胀小羽枝的中部(图 1-5 和表 1-1)。

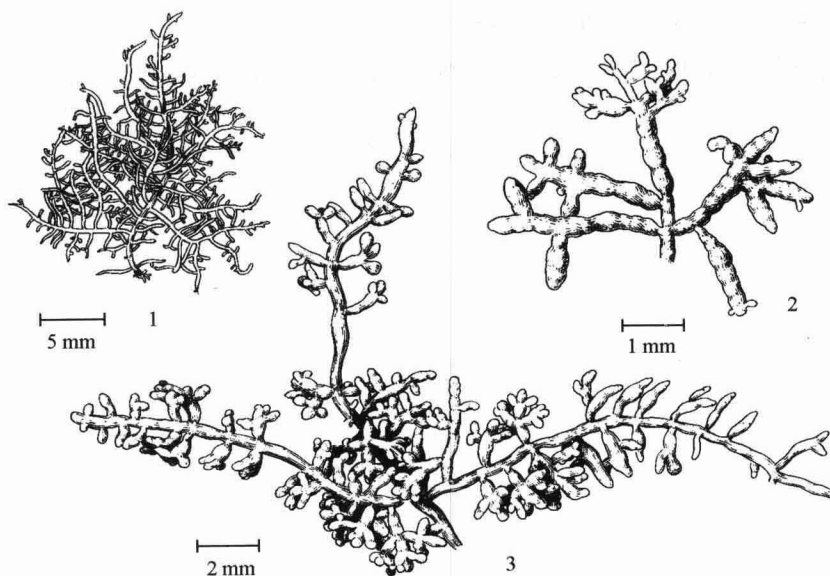


图 1-5 小石花菜(*G. divaricatum* Mart.)

Fig. 1-5 *G. divaricatum* Mart.

1. 外形; 2. 具有四分孢子囊的小枝; 3. 具有囊果的小枝
(仿曾呈奎 1962)

1. 3. 1. 4 细毛石花菜(*Gelidium crinale* (Turn.) Lamx.)

藻体暗紫色, 软骨质, 高 2~4 cm, 有的高达 5~6 cm, 丛生。由卧生与直立两部分组成。卧生部为初生枝, 匍匐枝蔓延于基质上, 广角分枝, 下生盘状固着器; 枝细丝状, 宽达 400 μm 。直立部分为次生枝, 不规则羽状分枝, 互生或对生。枝下部圆柱形, 上部扁圆, 枝端尖锐。四分孢子囊十字形分裂, 生在枝端膨大的匙状部(图 1-6 和表 1-1)。

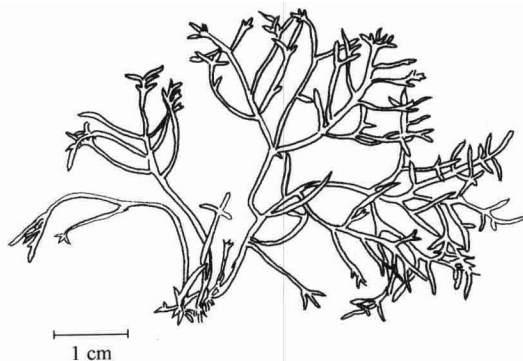


图 1-6 细毛石花菜(*G. crinale* (Turn.) Lamx.)的外形
(仿曾呈奎 1962)

Fig. 1-6 External shape of *G. crinale*(Turn.) Lamx.

1.3.1.5 中肋石花菜(*Gelidium japonicum* (Harv.) Okam.)

藻体暗紫色,软骨质,高6~12 cm,宽线形,幅宽2~6 mm,两缘薄,有中肋状突起和不规则的羽状分枝或分裂。自叶缘和表面生长着多少有些密集的副枝,这种副枝很短,羽状分枝2~3次。四分孢子囊集生在膨大的小羽枝上。囊果卵圆形,顶端钝或微凸(图1-7和表1-1)。

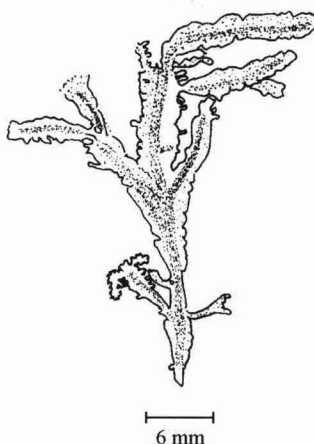


图1-7 中肋石花菜(*G. japonicum* (Harv.) Okam.)藻体的一部分
(仿曾呈奎等)

Fig. 1-7 A part of plant for *G. japonicum*(Harv.) Okam.

1.3.2 我国沿海地区石花菜的养殖研究概况

关于石花菜的人工繁殖研究和人工养殖业的发展,以日本为最早。自1908年日本开始从事石花菜的繁殖科研以来,不仅在石花菜的繁殖、生活史等基础研究上,而且在人工养殖的生产技术发展上都有一定的开拓和进展。我国这方面的研究开展得较迟,1956年山东水产养殖场的李宏基、李庆扬开始从事石花菜中潮带的梯田养殖试验,获得增产。1958—1959年该场又开展了石花菜的人工养殖试验,但由于当时试验方式和技术经验不足,没有达到预期的目的。其他科研机构也开展过石花菜的人工养殖实验,但未见到成功的报道。及至20世纪70年代,山东省海水养殖研究所在石花菜人工养殖技术上有了可喜的进展,为石花菜人工养殖提供了宝贵的经验。这期间,笔者进行了石花菜人工采孢子育苗和人工养殖的研究,特别是重点进行了“石花菜孢子放散、萌发及生长规律的研究”,系统地掌握了石花菜孢子放散周期、萌发过程、幼苗生长、成藻养成和繁殖的基本规律,解决了石花菜人工养殖的技术关键,开辟了石花菜全人工养殖的新途径。目前山东省沿海石花菜的养殖已从科学实验阶段转向生产实践。可以预计,经过人工养殖技术的普及推广之后,不久的将来,我国的石花菜养殖业将有更大的发展。

第 2 章 石花菜的生物学特征

2.1 石花菜的分类地位及其种类

2.1.1 在系统分类中的地位

红藻的分类目前一般采用 Kylin 的分类系统,在此基础上我国张峻甫和夏邦美又将红藻门分为 2 个纲 12 个目。根据他们所建立的分类系统,石花菜应属于真红藻纲石花菜目石花菜科石花菜属。现将其分类系统排列如下:

红藻门 Rhodophyta

原红藻纲 Protofloridaephyceae

紫球藻目 Porphyridiales

角毛藻目 Goniotrichales

红毛菜目 Bangiales

红刺藻目 Rhodochaetales

弯枝藻目 Compsopogonales

真红藻纲 Florideophyceae

海索面目 Nemalionales

柏桉藻目 Bonnemaisoniales

石花菜目 Gelidiales

凝花菜科 Gelidiellaceae

石花菜科 Gelidiaceae

石花菜属 *Gelidium*

隐丝藻目 Cryptonemiales

杉藻目 Gigartinales

红皮藻目 Rhodymeniales

仙菜目 Ceramiales

2.1.2 石花菜属的种类

2.1.2.1 我国石花菜属的主要种类

我国沿海分布的石花菜有 13 种,即:

- (1) 石花菜 [*Gelidium amansii* (Lamx.)];
- (2) 细毛石花菜 [*G. crinale* (Turner) Lamouroux];
- (3) 小石花菜 (*G. divaricatum* Martens);
- (4) 中肋石花菜 [*G. japonicum* (Harvey) Okamura];

- (5) 琼斯石花菜 (*G. johnstonii* Setchell et Gardner);
- (6) 钝圆石花菜 [*G. kintaroi* (Okamura) Yamada];
- (7) 宽枝石花菜 (*G. latiusculum* Okamura);
- (8) 大石花菜 (*G. pacificum* Okamura);
- (9) 扁枝石花菜 (*G. planiusculum* Okamura);
- (10) 匍匐石花菜 (*G. pusillum* (Stackhouse) Le Jolis);
- (11) 亚圆石花菜 (*G. tsengii* Fan);
- (12) 异形石花菜 (*G. vagum* Okamura);
- (13) 密枝石花菜 (*G. yamadae* Fan)。

石花菜(*G. amansii*)和大石花菜(*G. pacificum*)藻体大,产量高,适于我国南北沿海生长。在南方(浙江、福建),石花菜和大石花菜被广泛用于人工养殖试验;而北方主要以石花菜为人工养殖试验研究对象。

2.1.2.2 世界商品石花菜的主要种类

- (1) 软骨石花菜 (*G. cartilagineum* Gaill);
- (2) 角石花菜 (*G. corneum* (Hudson) Lamouroux);
- (3) 多刺石花菜 (*G. spinolorum*);
- (4) 螺旋石花菜 (*G. spiriforme*)。

2.2 石花菜的形态与构造

2.2.1 外部形态

石花菜呈紫红色,但因海区不同而有深红或绛红之差异,在受光多的海区则呈浅黄色。由于藻体中的色素体含有藻胆素,新鲜的藻体色泽十分鲜艳。

石花菜藻体为扁平细线状,直立丛生,4~5次羽状分枝,小枝互生或对生,枝呈扁平形或亚圆柱形。藻体分枝很多,主枝上生侧枝,侧枝上又生小枝,形成若干藻枝丛块。各种分枝末端急尖。整个藻体一般上部分枝密集,下部稀疏。藻体基部的固着器弯曲呈淡红色,由许多假根特化形成。因海区生境和产地、时间不同,石花菜的藻体形态和大小差异颇大,有的较粗,而有的极细;小者只有1~1.2 cm或2~4 cm高,而大者可达30 cm以上。

成体石花菜可分雄配子体、雌配子体和四分孢子体3种藻体。在未成熟时,3种藻体在形态上难以区别,但成熟后,四分孢子体和雌配子体藻体很好辨认,而雄配子体很难见到。例如,四分孢子体,在成熟时,其分枝的顶端膨大为长卵圆形或扁棒状的孢子囊小枝,小枝上生有许多十字形裂的孢子囊,即四分孢子囊,故小枝也称为四分孢子囊小枝。而雌配子体,当成熟时具有囊果,囊果小枝多生长在藻体中部或中部以上的小枝上,囊果发生在小枝的末端稍下方,所以囊果顶端为一尖枝。囊果呈亚球形的膨大突起,左右两侧各有一个称囊果孔的小孔。至于雄配子体,其具有精子囊,精子囊生于精子囊小枝的顶端,成熟的精子囊小枝无色或呈粉红色(图2-1)。

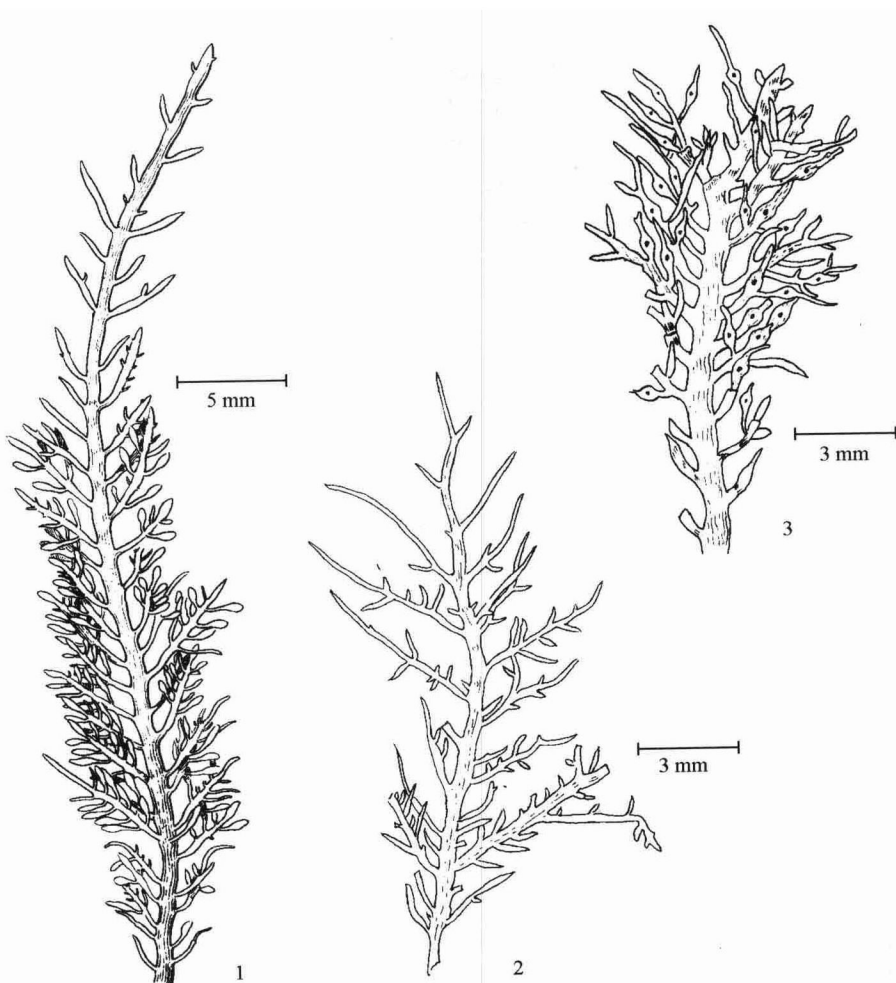


图 2-1 石花菜四分孢子体与雌、雄配子体外形的比较

Fig. 2-1 Comparison of external shape on tetrasporophytes, male and female gametophytes of *G. amansii*

1. 具有四分孢子囊的小枝; 2. 具有精子囊的小枝; 3. 具有囊果的小枝

2.2.2 内部构造

石花菜藻体内部分皮部和髓部两大部分。皮部位于外围,由多层紧密排列的小细胞构成;髓部位于中央,分布着松散的大形细胞,细胞间充以胶质和藻丝。

2.2.2.1 皮部

由表面厚膜、表皮层、皮层和藻丝构成。厚膜为均匀、胶质的透明薄膜,被覆于藻体外表面,由表皮层细胞形成。表皮层由一层紧密排列的小细胞构成,位于厚膜之内。表皮层之内为皮层。皮层由数层不同大小的圆形或椭圆形细胞组成,愈接近髓部细胞愈大,为松散排列。皮层细胞都含有一个侧位的色素体,进行光合作用,皮层细胞间紧密排列着纵行的藻丝(假根丝)与髓部相连。藻体分枝较宽厚的部位,藻丝更为密集(图 2-2)。

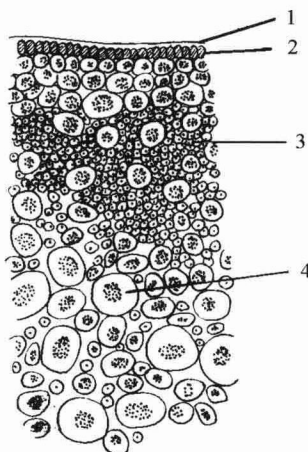


图 2-2 石花菜横切面

Fig. 2-2 Cross section of *G. amansii*

1. 厚膜; 2. 表皮层; 3. 皮层; 4. 髓部(仿冈村 1933)

2.2.2.2 髓部

位于藻体中央,由数十条平行纵向排列的长柱形细胞构成。这些细胞间的空隙充满着琼胶胶质,并分布了少量的藻丝(图 2-2)。所以石花菜干燥后具有相当强的弹性,这也是石花菜成为比较理想的琼胶原料海藻的缘故。

2.2.2.3 藻体细胞

石花菜的藻体细胞随分布部位的不同,其形态、大小和功能各不相同。例如,小枝和分枝枝端的顶端细胞呈圆顶形。由顶端细胞产生中轴细胞。每个中轴细胞分成 4 个围轴细胞。表皮层细胞为排列整齐的小型方形细胞,为藻体营养细胞,充满色素体,营光合作用。皮层细胞为较大的卵圆形或圆形细胞,可形成假根丝。髓部细胞为长圆柱形,为藻体支持细胞,可产生皮层细胞和发出藻丝。

石花菜藻体细胞的细胞壁分为两层,外层由藻胶构成,内层含纤维素。原生质有高度的黏滞性,紧贴于细胞内壁。细胞内常有一个较大的中央液泡。细胞核的数目不等,一般营养细胞为 1 个核,生殖细胞也只有 1 个核,但衰老的细胞可有多核。细胞核含有核质、核网、染色质和 1 个核仁。藻体细胞的分裂为常规有丝分裂。进行光合作用的细胞内含有 1 个侧生的色素体,色素体除含叶绿素 a 和类胡萝卜素外,还含有特殊色素物质——藻胆素。藻胆素分藻红蛋白和藻蓝蛋白,两种藻蛋白在反射光中都表现有强的荧光作用(藻红蛋白为橙红光,藻蓝蛋白为红光)。由于生活环境条件的不同,不同色素物质质量的比例是会改变的,以适应光照条件。石花菜的光合作用产物是红藻淀粉,它是一种肝糖类多糖,它的葡萄糖分子和淀粉一样,是由 $\alpha-1,4$ 化合物连接的。通常小淀粉粒不在色素体中产生,而是游离积聚在细胞质中。

2.2.2.4 细胞分化

石花菜的主枝和每个分枝的顶端有一个明显的顶端细胞。藻体各个枝条的生长借顶端