

贝壳紫菜单孢子和叶状体的研究

马家海

(上海水产大学, 200090)

申宗岩

(东海大学, 日本 424)

摘要 贝壳紫菜(*Porphyra tenuipedalis*)的叶状体是由丝状体直接产生的。通过试验,笔者发现贝壳紫菜生活史中虽没有壳孢子,但存在着单孢子。由单孢子萌发产生的叶状体在形态上与由丝状体直接发育而来的叶状体相似,而前者的生长速度较后者快。经 Wittmann 氏染色法染色,1~3 细胞期的单孢子幼叶状体的细胞间不存在胞间联系。本种的单孢子囊仅出现在叶状体成熟阶段,在幼苗期未发现单孢子放散。由于在贝壳紫菜的生活史中存在着果孢子和单孢子而没有壳孢子,这就使它有别于紫菜属的其他种类,也为该种紫菜的人工采苗、栽培提供了前提条件。

关键词 贝壳紫菜,单孢子,叶状体

众所周知,紫菜属的生活史有两个阶段:叶状体阶段和丝状体阶段,绝大部分种类在丝状体成熟后,由放出的壳孢子萌发长成叶状体,其中有的种类如条斑紫菜、甘紫菜等的幼叶状体能放出单孢子,这些单孢子萌发后也产生叶状体。三浦昭雄和伊藤 茂[1959]、Miura[1961]指出,贝壳紫菜的叶状体是从丝状体直接发育而来的,与紫菜属的大部分种类不同,其生活史中没有发现壳孢子和单孢子的形成和放出。Krishnamurthy[1969]也报导了 *Porphyra cuneiformis* 的生活史中,没有发现有壳孢子和单孢子形成和放出。

笔者在实验室条件下,分别在 5、10、15、20℃ 温度下,充气培育贝壳紫菜的叶状体,试验结果发现,10、15℃ 条件下,观察到从丝状体直接萌发长成的成熟的叶状体梢部边缘的一部分细胞形成了单孢子,即本种与其他一些紫菜种类一样存在着由单孢子进行的无性繁殖。现把贝壳紫菜的单孢子形成、放出,以及把由单孢子萌发成的叶状体和由丝状体直接萌发产生的叶状体的生长情况加以比较报告如下。

1 材料与方 法

采用东京水产大学藻类增殖学讲座分离保存的贝壳紫菜(*Porphyra tenuipedalis*)自由丝状体作为实验材料。

贝壳紫菜的自由丝状体予先静置培养在温度 23℃、照度 400lx、每天光照 10 小时的短日照高温条件下,之后移入培养条件为温度 15℃、照度 6 000~7 000lx、光时 14 小时的长日照低温光照培养箱内进行通气培养,使丝状体直接萌发出幼叶状体来,当叶长达 1 毫米以上时,将大小不一的幼叶状体从自由丝状体藻团上摘下,分别置于温度各为 5、10、15、20℃ 的培养箱(照度 6 000~7 000lx、光时 14 小时)通气培养,并放入若干条尼龙丝。仔细观察幼叶状体或者稍长

大后的叶状体有否单孢子形成和放出,尤其注意观察叶状体成熟后,形成、放散单孢子且附着到尼龙丝上萌发生长发育。

另外,把从成熟叶状体上放散出来的单孢子和果孢子滴在玻片上,不使其干燥地放置培养以观察单孢子和果孢子的萌发,在单孢子苗为 1~3 个细胞期时,分别进行染色,以观察胞间联系的存在与否。同时,观察单孢子和果孢子不经放散,停留在叶状体上进行萌发。

当单孢子和由丝状体直接萌发产生的幼叶状体在适宜生长温度 15℃ 的条件下萌发为 2 细胞体时将其叶龄计算为 1 天,当叶龄达 23 天时,叶长都达到 1 毫米以上,各随意抽出 10 株叶状体,分别放入培养瓶内,单株通气培养(温度 15℃、照度 6 000~7 000lx、光时 14h),每隔 12 天测量 1 次叶长和叶宽,并尽可能注意各培养瓶通气量的均匀(通气量约为 16.2 升/小时)。

由于实验中难以采用干燥重量法表示叶状体的生长速率,故采用吉田等[1964]报导的叶状体面积测定法,即叶状体面积为叶长和叶宽的积再乘 0.7。再按寺本和木下[1969]报导的 $\log S = T \cdot \log(1 + R/100)$,求得叶状体的生长速度 R。式中 T 为培养间隔天数,S 为培养间隔先后的生长比。

培养用海水经过滤后调整到盐度为 33,加热加压灭菌(温度 120℃、1 个大气压、20 分钟)。培养液为 PES[Provasoli,1963]。

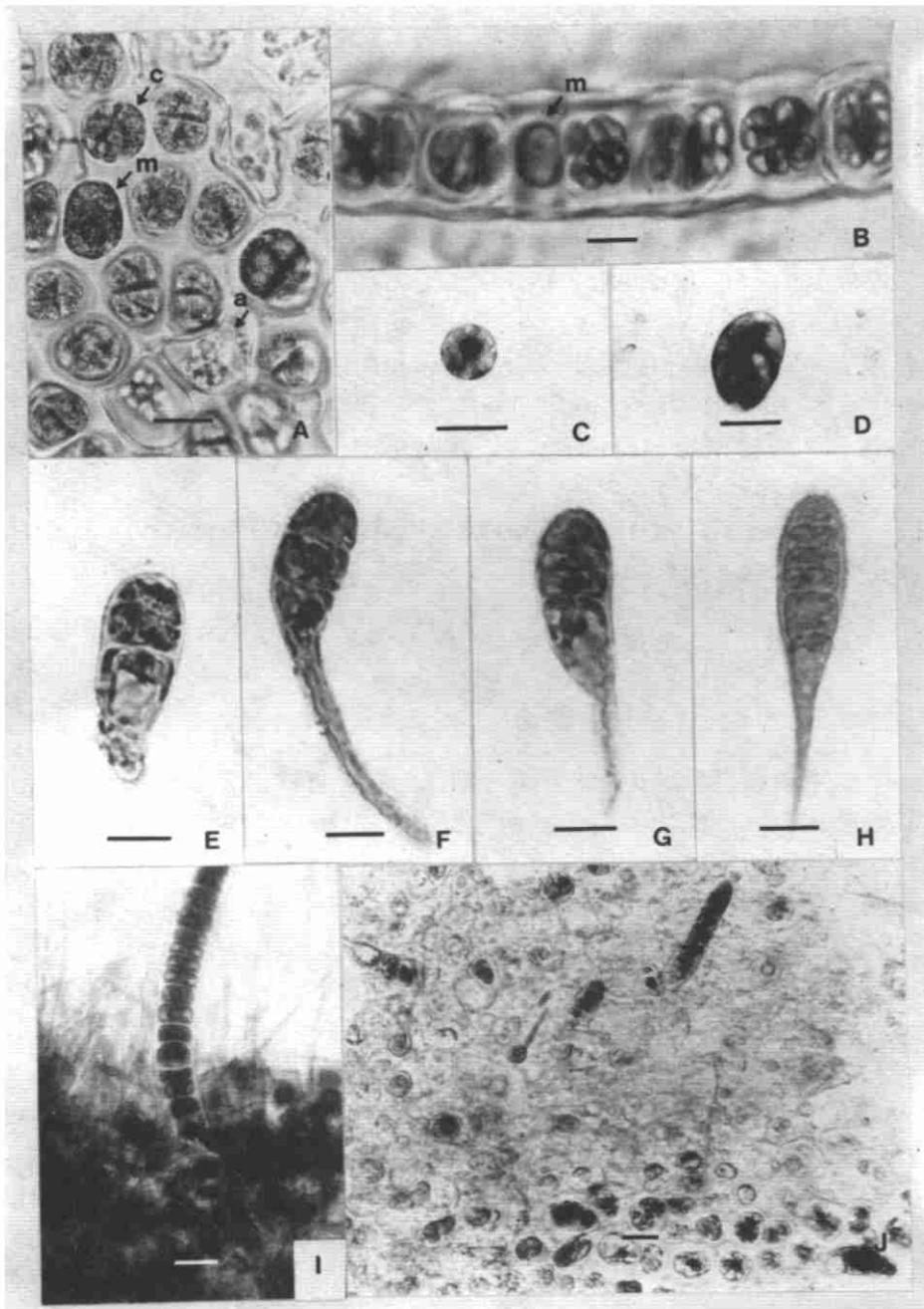
2 结果与讨论

2.1 单孢子的形成、放散与萌发

把从丝状体直接萌发的幼叶状体(约 1 毫米左右)分别置于 5、10、15、20℃ 培养瓶里继续培养,试验结果表明,5、20℃ 两组不但叶状体生长缓慢,而且始终不形成单孢子囊。笔者仅在 10、15℃ 实验组的培养瓶中发现由丝状体直接发育而来的叶状体上产生单孢子囊,而且形成、放散单孢子,其中 15℃ 组生长发育最为适合,叶状体在叶龄 55~60 天时即开始放散单孢子。10℃ 组则在叶龄 78~82 天才形成、放散单孢子,而且数量较少。

从丝状体直接发育的叶状体在开始成熟时,叶缘部首先形成了淡黄色的精子囊,在色彩上与未成熟的部分有明显的区别,之后在精子囊器形成部分的表面观也可观察到单孢子囊、果孢子囊和精子囊器混生(图版 I - A),单孢子囊的表面观和切面观都是不分裂的,呈单个细胞,与果孢子囊 16 个果孢子以及精子囊器具有 128 个精子囊差别甚大,极易区分。在色彩上单孢子囊与果孢子囊和精子囊器相比呈现一种较为明亮的柿紫色,囊内只形成 1 个单孢子(图版 I - A、B)。笔者曾仔细地观察贝壳紫菜的单孢子放散过程,成熟的单孢子囊呈金黄的柿紫色,最初单孢子的一端挤压式地缓慢地顶出于叶状体的细胞壁之后,单孢子的大部分露出叶状体外层的多糖类的胶质层,不久单孢子就象变形虫似的钻出,初放散的单孢子均为变形孢子,形状不定,不久即呈现出球状,值得注意的是有些放散的单孢子并没有离开母藻体,它们有的仅滑出数十微米,或者停留在母藻的某个部位,有的则就在原来的单孢子囊位置上逐渐开始萌发成新的贝壳紫菜幼苗。

单孢子直径为 10.8~19.1 微米不等,一般约为 14~16 微米,比果孢子略大,细胞内有一个块状或星状色素体,略呈柿色,与果孢子的色素体形状和色彩十分相似(图版 I - C)。孢子附着后,开始呈棍棒状伸长,隔天即产生横壁形成 2 细胞的萌发体,这个新藻体不断纵向分裂伸长直立而成一幼叶状体(图版 I - D - J)。



图版 I Plate I

- A.成熟的叶状体上单孢子囊、精子囊器、果孢子囊混生状态 B.叶状体横切,示单孢子囊
 C.放散的单孢子 D.1细胞的单孢子苗 E.2细胞的单孢子苗 F.3细胞的单孢子苗
 G.4细胞的单孢子苗 H.5细胞的单孢子苗 I,J在成熟的叶状体上长出的果孢子丝状体和单孢子苗
 c.果孢子囊 m.单孢子囊 a.精子囊器
 (线条表示20微米)

马家海和三浦昭雄[1984]证实了贝壳紫菜叶状体由丝状体直接发育而来,并且论证了这种叶状体在1~3细胞期阶段,细胞间存在着胞间联系,4细胞期后胞间联系即自行消失。用Wittmann[1965]氏染色法对1~3细胞期的单孢子萌发产生的幼叶状体进行染色,均未发现细胞间有胞间联系,与其他紫菜的叶状体一样,贝壳紫菜单孢子萌发产生的叶状体不存在胞间联系。

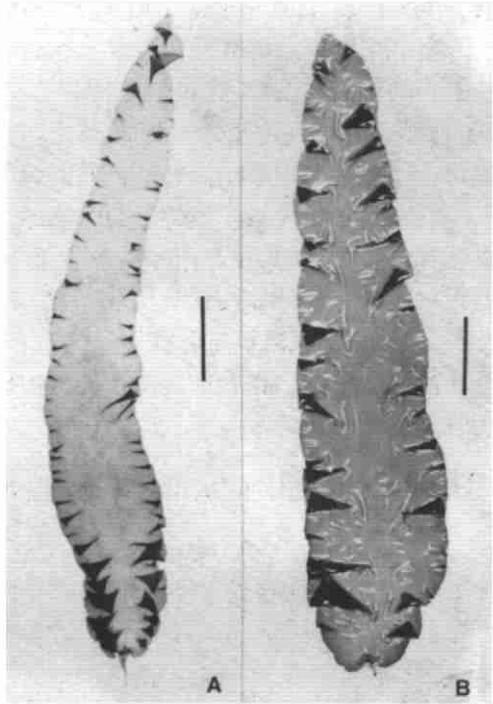
2.2 形成、放散单孢子的特性及其叶状体

黑木宗尚[1961]曾观察了紫菜属的4个种类,指出它们进行无性繁殖时,叶状体的大小不同,其中甘紫菜、小紫菜 *Porphyra angusta* 最小,必须用显微镜或用肉眼勉强识别,圆紫菜在0.1厘米到数厘米,条斑紫菜约在1厘米以上,说明这4种紫菜形成放散单孢子(中性孢子)时的藻体大小是不同的。殖田[1973]进一步指出,甘紫菜的幼叶状体在达到0.3毫米时就开始放散单孢子,之后一边是叶梢部的边缘不断地放散单孢子,一边叶状体继续生长,幼叶状体体长达1毫米后,单孢子放散中止,幼苗继续不断生长发育。另外,水温降到15℃以下,单孢子也会不再放出。条斑紫菜在叶长达5~6毫米以上至3厘米时,大量放散单孢子,有时达到5厘米时还不断地放出,水温下降到10℃时也不断放散,因而条斑紫菜的单孢子繁殖力远比甘紫菜要强得多。国枝紫菜放散单孢子的时间则比条斑紫菜持续得更长。王素娟和章景荣[1980]报导了一新种紫菜——单孢紫菜时指出,单孢紫菜盛产单孢子,产生单孢子的时间比较长,

开始放散单孢子约在1.5厘米左右,一直到藻体高22厘米、宽27厘米时,仍大量放散单孢子。在三月中旬单孢紫菜无性繁殖转向有性繁殖的时期,既采到过有精子囊器与单孢子囊的藻体,又有果孢子囊与单孢子囊的藻体,也有三者同生于一棵藻体上的。

存在于自然的贝壳紫菜是否形成和放出单孢子还不清楚,笔者在室内进行的多次培养结果表明,没有发现贝壳紫菜的幼叶状体期有单孢子形成和放出,其单孢子囊是形成在成熟的藻体上,而且有些单孢子并不放散,就在成熟的母藻体上萌发为叶状体,这种就地原位萌发的现象不仅见于单孢子,同样也可观察到不少果孢子囊在成熟后,果孢子不经放散就在果孢子囊内或囊外萌发长出丝状体,因而在贝壳紫菜成熟的叶状体上,往往可以看到不少由单孢子萌发而来的叶状体以及由果孢子萌发长出的丝状体混生在一起的现象(图版I-1、J)。这种就地原位萌发生长乃至发育的现象与贝壳紫菜生活史中没有壳孢子,叶状体由丝状体直接萌发而来,构成了一种十分独特的现象,即每个阶段的藻体都与上一阶段的藻体密切相“连”,在紫菜属中尚未见有类似的报导。

Miura[1961]报导,把贝壳表面密生的1~5毫米的贝壳紫菜幼芽剥离下来,置于注满海水



图版II Plate II

A. 由丝状体直接萌发的叶状体

B. 单孢子萌发的叶状体

(线条表示10厘米)

的培养皿中培养,一直没有观察到单孢子形成与放出,因而认为在自然界或在实验室里均没有观察到单孢子的形成与放出。本研究也曾用1~5毫米的贝壳紫菜乃至数厘米的成叶放置在培养瓶中静置或充气培养,结果同样也都没有观察到单孢子的形成与放出,但如上所述,在15℃或10℃的温度条件下,培养到成熟的叶状体的叶梢上观察到混生于精子囊器、果孢子囊中的单孢子囊,同时还确认了由单孢子萌发长成的叶状体与由丝状体直接发育而成的叶状体在色彩上和形态上没有什么差异。Miura[1961]曾指出,由丝状体直接萌发的叶状体,在年幼时保持单列形式,藻体往往呈30~50个细胞的单列排列。作为本种的特征之一,这种现象在单孢子苗萌发初期的数十个细胞体也均呈纵向单列植体。两者的成叶色彩为柿色,竹叶披针形,基部扁圆形,均具一细长的茎状部,长度约为3~6毫米左右(图版II-A、B)。

Krishnamurthy[1969]观察到 *P. cuneiformis* 的叶状体也是直接从丝状体萌发长成的,根据原有的资料,紫菜属中只有贝壳紫菜和 *P. cuneiformis* 在生活史中,既没有壳孢子又没有单孢子存在,贝壳紫菜生活史的特殊性引起了很多学者的关注,在紫菜人工栽培的现有的采苗育苗过程中,一种紫菜既没有壳孢子又没有单孢子,将难以进行人工采苗及栽培。本研究确认了贝壳紫菜生活史中存在着由单孢子进行的无性繁殖,这就为贝壳紫菜的人工采苗及栽培提供了前提条件。

2.3 单孢子叶状体和由丝状体直接发育而来的叶状体生长速度的比较

李世英和崔广法[1980]在研究壳孢子苗和单孢子苗的生长发育特性后,指出条斑紫菜的这两种苗不论是在室内培养的条件下,或是在自然海区中,单孢子苗的生长速度都比壳孢子苗快很多。

在长日照低温光照培养箱里经过23天的通气培养的贝壳紫菜单孢子叶状体和由丝状体直接发育的幼叶状体的长度平均各为1.78毫米和1.48毫米,平均宽度为0.17毫米和0.15毫米,单孢子苗的生长速度比丝状体直接萌发的幼苗要快,2种叶状体的生长速度见表1。

叶龄23天的单孢子苗面积为0.21平方毫米,由于丝状体直接产生的幼苗的面积为0.16平方毫米,前者比后者大31%左右,之后,单孢子苗的生长表现得更迅速,叶龄59天时,两者之差达40%,因此,成叶期的生长速度也是单孢子苗较快。

表1 贝壳紫菜2种叶状体生长速度的比较

Table 1 A comparison of growing speed of two different thalli in *Porphyra tenuipedalis*

叶龄 (天)	丝状体萌发的叶状体		单孢子叶状体		两者相差的比例 (%)
	面积 (mm ²)	生长速度 (%/天)	面积 (mm ²)	生长速度 (%/天)	
23	0.16		0.21		31
35	23.6	51.61	32.3	52.14	37
47	645.5	31.75	899.0	31.94	39
59	7172.0	22.22	10045.0	22.28	40
71	17247.0	7.59	22044.0	6.77	28

表1可见,与面积增加的同时,从每12天测定的生长速度来看,两种叶状体在生长初期同样是比较高的,叶龄23~35天内单孢子叶状体和从丝状体直接萌发的叶状体生长速度分别为

52.14%/天、51.61%/天,随着时间的推移,生长速度逐渐低落,尤其是从叶龄 59 天到 71 天之间,两种叶状体的生长速度分别降至 6.77%/天和 7.59%/天。另外从叶龄 23 天到 59 天的 36 天内,单孢子叶状体的生长速度比从丝状体直接萌发的叶状体快。叶龄 59 天后,生长速度显著地降低,叶体的边缘细胞逐步转变为生殖细胞,叶体开始老化,这时前者的生长速度相反慢于后者,但是,绝对面积还是单孢子叶状体大。

前述可知,不仅是幼叶体,而且成叶期,贝壳紫菜的单孢子叶状体的生长速度都要快于从丝状体直接萌发来的叶状体,因此本研究结果将有可能为今后的紫菜生产提供一种新的栽培种类及良好的苗源。

参 考 文 献

- [1] 王素娟、章景荣,1960。紫菜一新种——单孢紫菜的研究。海洋与湖沼,11(2):141~149。
- [2] 李世英、崔广法,1960。条斑紫菜单孢子和壳孢子幼苗生长发育的初步观察。海洋与湖沼,11(4):370~374。
- [3] 三浦昭雄、伊藤 茂,1959。天然における Conchocelis の探究。藻类,7(1):19~26。
- [4] 寺本贤一郎、木下祝郎,1969。ノリの人工培養における生長経過について。藻类,17(1):24~29。
- [5] 吉田忠生等,1964。养殖アサキサノリの着生密度、生長と収量について。东北海区水产研究所研究报告,24:88~101。
- [6] 马家海、三浦昭雄,1984。カイガラアマノリの糸状体から直接生ずる叶状体幼芽にみられる原形质連絡。Jap. J. Phycol.,32(2):186~189。
- [7] 殖田三郎,1973。新编·海苔养殖读本,64~66。全国海苔贝类渔业协同组合联合会,东京。
- [8] 黒木宗尚,1961。养殖アマノリの種類とその生活史(アマノリ類の生活史の研究第Ⅱ報)。东北海区水产研究所研究报告,18:1~115。
- [9] Krishnamurthy, V., 1969. The conchocelis phase of three species of *Porphyra* in culture. J. Phycol.,5:42~47.
- [10] Mirua, A., 1961. A new species of *Porphyra* and its conchocelis-phase in nature. J. Tokyo Univ. Fish.,47:305~311.
- [11] Provasoli, L., 1968. Media and prospects for the cultivation of marine algae. In Watanabe, A., and A. Hattori (ed.), Cultures and collections of algae. Proc. U. S. Japan Conf. Hakone. Sept. 1966. Jap. Sec. Physiol., 63~75.
- [12] Wittmann, W., 1965. Aceto iron haematoxylin chroral hydrate for chromosome staining. Stain Tech., 40:161~164.

A STUDY ON MONOSPORES AND LEAFY THALLI OF *PORPHYRA TENUIPEDALIS*

Ma Jiahai

(Shanghai Fisheries University, 200090)

Shin Jongahm

(Tokai University, 424 Japan)

ABSTRACT The leafy thalli of *Porphyra tenuipedalis mirua* is generated directly from conchocelis filaments. We have found that conchospores do not exist in the life history of *P. tenuipedalis* but monospores do in laboratorial culture. The thalli generating from monospores grow faster than thalli generating directly from conchocelis filaments, but their shape is similar. The monosporangia of this species only appear at the mature stage of the thallus. It is noticed that in the life history of *P. tenuipedalis* there are monospores and carpospores, but no conchospores, very different from the present known species of *Porphyra*.

KEYWORDS *Porphyra tenuipedalis*, Monospore, Leafy thallus