

中国红毛菜繁殖方式和染色体研究*

孙爱淑 曾呈奎

(中国科学院海洋研究所 青岛 266071)

提要 于 1989—1992 年在福建、江苏和青岛沿海采集红毛菜,进行野外观察,并在室内光照强度为 $70\text{--}100\mu\text{E}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 的培养架上培养,每两周更换培养液,完成从原叶体到丝状体整个生活周期培养;对福建和江苏红毛菜有性生殖时两性细胞的构造和作用进行观察,并在生活周期的关键阶段用 Wittmann 方法压片,计数其染色体。结果表明,生长在福建的红毛菜染色体数目为 $n = 6, 2n = 12$;江苏和青岛的为 $n = 8$,说明中国的红毛菜至少有两种;细胞学观察证明,两性细胞已完成受精作用,果孢子是受精后的产物;同时,幼年红毛菜还能放散大量无性孢子,双极萌发成为与亲代相同的植物体,这可使红毛菜在短时期内数量剧增。

关键词 繁殖方式 染色体数目 分类 红毛菜

学科分类号 Q19

红毛菜在我国已经成为继海带、紫菜、裙带菜之后的又一种经济价值很高的栽培海藻。它分布范围广,从东西两半球的亚热带到较冷地区都报告过它的存在。中国南北方沿海都有红毛菜生长,但在我国红毛菜的基础研究几乎还是空白。繁殖方式是海藻养殖中首先要遇到的问题。国际上对红毛菜的繁殖方式有不同报道,Yabu(1967)报告日本红毛菜具有性生殖;在他之后,Richardson 等(1968)、Sommerfeld 等(1970)却报告没有有性生殖;而 Cole 等(1980)又报告红毛菜是既有有性生殖又有无性生殖的。另一方面,红毛菜的藻体极简单,曾以丝的长度、直径和颜色等特征作为主要依据进行分类(Sheath *et al.*, 1984),但这些特征又都极易受生活环境的影响,形态特征不稳定,以此为依据分类的结果难以令人满意。所以,在这一属的分类中,研究利用染色体作为分类依据,就显得更为重要。本文报告中国沿海红毛菜的繁殖方式及染色体研究的初步结果,以期对分类和人工养殖提供依据。

1 材料和方法

于 1989—1992 年在福建、江苏和青岛沿海采集红毛菜(*Bangia* sp.),进行野外观察和固定,并带回实验室培养和研究。室内培养是放在室温下的带光照的培养架上,光照强度为 $70\text{--}100\mu\text{E}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$,温度在 $15\text{--}30^\circ\text{C}$ 。

在培养过程中,红毛菜所放散的果孢子和无性孢子区别不大,极易混淆。然而,无性孢子双极萌发为红毛菜原叶体,果孢子单极萌发为壳斑藻状丝状体。所以,孢子一萌发,

* 中国科学院基金资助项目,900655号。孙爱淑,女,出生于1939年10月,副研究员,Fax:0086-0532-2870882

收稿日期:1996-02-01,收修改稿日期:1997-12-15

则极易区别。由于同一培养物中常会收集到两种孢子,为避免混淆,当孢子萌发时固定在3:1的乙醇醋酸固定液中。对营养细胞、精子囊、果孢子囊和无性孢子囊的染色体观察,是固定红毛菜藻体。为避免原叶体上果孢子囊和无性孢子囊的混淆,要在显微镜下挑取前端正在放散孢子的红毛菜予以固定。由于采用静止培养,很多孢子未离开原叶体已原位萌发。这样,是果孢子囊还是无性孢子囊就极易区别。

染色体观察采用 Wittmann(1965)醋酸-铁矾-苏木精染色法压片,用 Olympus BH-2 显微镜观察和拍照。对每种细胞分裂相的观察,都要见到分裂的各个时期。染色体数目的统计是根据至少 30 个中期分裂相细胞的观察结果。

2 观察结果

2.1 繁殖方式观察

野外观察表明,三个不同产地的红毛菜都生长在上潮带和中潮带的岩石和竹木上,最易生长在筏式养殖紫菜的筏架上。显微观察表明,原叶体是单列到多列细胞的丝体(图版 I:1),雌雄同体或异体,基部有假根固着,其繁殖方式有以下两种。

2.1.1 有性生殖 在相同的培养条件下,福建和江苏红毛菜易出现有性生殖,11月下旬,野生和室内培养的福建红毛菜都出现性细胞,江苏红毛菜在翌年4月出现;青岛红毛菜则始终未出现性细胞。前两地所产红毛菜的性细胞是果胞和精子囊。精子囊是由多列丝上的营养细胞经过多次分裂形成的,含有64—128个不动精子。精子从原叶体的前端向基部逐渐成熟和放散。放出的精子无色体,球形。染色质始终呈凝集状态。

雌性生殖细胞也由多列丝上的营养细胞转变而成。多列丝的原叶体长到7—8cm以上时,逐渐成熟,营养细胞的体积增大,细胞间变得疏松了,肉眼可见雌性原叶体明显加粗。显微镜观察表明,雌性丝的外形似刺参状(图版 I:2,3),有许多长短不一向外延伸的突起,这是雌细胞的原始受精丝(图版 I:4)。

当藻体细胞向原叶体的外侧延伸出受精丝时,细胞质移入受精丝内,色素体也移向受精丝一方(图版 I:5 箭头所示),受精丝的顶端常常稍微膨大呈柱头状,常见有精子附着其上(图版 I:6 箭头所示)。受精完成后,果胞中的内容物移向细胞下部,受精丝逐渐萎缩,果胞变成卵圆形(图版 I:7),同时,开始细胞分裂。第一次分裂多为横分裂,重复分裂3—4次,形成含8—16个果孢子的果孢子囊(图版 I:8 箭头所示)。

在室内培养的福建和江苏红毛菜中观察到,同一条多列细胞的红毛菜原叶体上,能同时看到前端正在放散果孢子,有的果孢子未离开母体已单极萌发出丝状体;其后是正在形成果孢子囊的一段藻体;再往后则是生有原始受精丝的果胞的一段;最后是营养细胞。同时,较幼的原叶体正在大量放散无性孢子。这些孢子中也有的未离开母体即已双极萌发成小红毛菜。可以清楚地分辨出,果孢子是果胞受精后分裂产生的;而无性孢子是未经受精的,这种孢子只能简单地重复配子体阶段。

2.1.2 无性生殖 三产地的红毛菜的幼原叶体是单列到几列细胞的丝体。实验室培养中,从几个细胞到肉眼可见的原叶体,都能放散大量无性孢子。幼小植物体的整个营养细胞变成单孢子放出;在较大的藻体上,营养细胞可经多次分裂形成无性孢子囊。所以,放散的无性孢子更多。收集这些孢子培养,无一例外地全部双极萌发,并长成与亲代相同的原叶体。青岛的红毛菜终生都用这种方式繁殖。

2.2 染色体观察

对三个不同产地的红毛菜的营养细胞分裂、无性孢子和果孢子萌发时的细胞分裂所进行的细胞学观察表明,这些分裂都是正常的有丝分裂。在福建红毛菜藻体营养细胞和形成精子的分裂中、在无性孢子囊产生无性孢子的分裂和无性孢子萌发时的分裂中期,都看到 6 条染色体。这 6 条染色体中,三条较长,三条较短(图版 I: 9)。在果孢子囊形成果孢子和果孢子萌发时的分裂中,都观察到 12 条染色体(图版 I: 10),显然,果孢子是受精后的产物。在青岛和江苏产的红毛菜藻体细胞和无性孢子萌发时的分裂中期,观察到 8 条染色体(图版 I: 11, 12)。这 8 条染色体中,有二条较长,二条很短,其余介于其间。

3 讨论和结语

早就有一些研究者注意到在红毛菜和一些紫菜的细胞外有小突起,并认为这种突起同真红藻的受精丝的构造相似(Berthold, 1882; 曾呈奎等, 1955; Yabu, 1967; Cole *et al.*, 1980),但是,却没有证据证明它的作用。本研究的观察表明,中国产的红毛菜,果胞有明显延长的原始受精丝,并有精子附着其上;受精前后果胞的形态有明显变化;细胞学证据证明果胞完成了受精作用,这些都说明这种延长的突起与受精有关。

在对紫菜有性生殖的研究中发现,尽管多数紫菜有原始受精丝,但是,也有一些是没有的(*Porphyra dentata*, 曾呈奎等, 1955; *P. linearis*, Dangeard, 1927; *P. nereocystis*, Hawkes, 1978);还有的紫菜有特别长的受精丝(Hawkes, 1978)。后者认为,受精丝的长短存在着种间差异。但是,本研究表明,在同一种红毛菜中具有不同长度的原始受精丝,同时观察到,受精丝的长短与受精早晚有关。

本研究表明,红毛菜在原叶体阶段就能产生大量无性孢子,这一特点在红毛菜养殖上有极重要的意义。因为在苗网下海后的短期内即大量产生孢子,使苗网上的附苗大大增加,提高附苗密度,进而增加产量,也可用复网方式扩大采苗。

本研究从形态学和细胞学两方面证明,中国福建和江苏产的红毛菜是具有性生殖的。这与 Yabu(1967)和 Cole 等(1980)的研究结果是一致的;但是,青岛产的红毛菜却是终生无性繁殖的。Cole 等(1983)也报告有终生无性生殖的红毛菜。由此可见,红毛菜有多种繁殖方式,这保证了它的广泛分布和种群延续。我国福建和江苏产的红毛菜,分别在 11 月和翌年 4 月出现有性生殖。对于红毛菜养殖,显然较晚成熟的种,品质更优,出菜质量和产量都会更好,这为我国发展红毛菜养殖提供了丰富的种质资源。

目前对红毛菜染色体数目的报道有:北美大西洋沿岸红毛菜的染色体数目 $n = 3$ 和 4 (Sommerfeld *et al.*, 1970; Cole, 1972; Sheath *et al.*, 1980)和 $n = 10$ (Richardson *et al.*, 1968);加拿大太平洋种群是 $n = 3, 4$ 和 6 (Cole *et al.*, 1983);至今对欧洲红毛藻染色体数目的报告也是 $n = 3$ 和 4 (Dangeard, 1927; Gargiulo *et al.*, 1991);亚洲只有日本报告染色体数目是 $n = 3$ 和 4 (Yabu, 1967)。以上有关染色体数目的报告中只有加拿大的太平洋沿岸有 $n = 6$ 的红毛菜 (Cole *et al.*, 1983),但是,这一种在全年的每个季节,其原叶体都是无性的,不出现有性生殖。而中国产的 $n = 6$ 的福建红毛菜,却是极易发生有性生殖的。因而,本文报告的染色体数目不同的红毛菜与以往的研究报告都不相同。

以往报告的红毛菜和紫菜的染色体数目都较少,因而曾认为,原始红藻似乎都应有较低数目的染色体,并有许多作者对 Richardson 等(1968)报告的红毛菜染色体数目 $n = 10$

表示迷惑不解。然而,本研究有 $n = 6$ 和 8 的红毛菜,这就使 $n = 10$ 的研究结果比较容易理解。对与红毛菜同科的紫菜属的细胞学研究已证明,紫菜属的核型有 $n = 2-7$ 的复杂情况(曾呈奎等,1986)。所以,看上去形态简单的红毛菜,仍然存在着许多值得进一步研究的分类学问题。

由于红毛菜的形态简单,至今尚未找到确定的分类特征,以往都认为中国有一种,本文的研究启示,单从染色体数目看,中国的红毛菜至少有 $n = 6$ 和 8 的两种。从生殖特征看,又存在同时具有性和无性两种生殖方式的,与只具有无性生殖一种生殖方式的差别。

参 考 文 献

- 曾呈奎 张德瑞, 1955. 紫菜的研究 III. 紫菜的有性生殖. 植物学报, 4(2):153—166
- 曾呈奎 孙爱淑, 1986. 紫菜属的细胞学研究——中国产的七种紫菜叶状体阶段染色体数目的研究. 科学通报, 31(1):67—70
- Berthold G, 1882. Die Bangiaceen des Golfes von Neapel und der angrenzender Meeresabschnitte. Fauna u. Flora d. Golfes v. Neapel, Bd, 8:28
- Cole K, 1972. Observations on the life history of *Bangia fuscopurpurea*. Bull Soc Bot Fr, Mémoires, 1972: 231—236
- Cole K, Conway E, 1980. studies in the bangiaceae: reproductive modes. Bot Mar, 23:545—553
- Cole K, Hymes B J, Sheath R G, 1983. Karyotypes and reproductive seasonality of the genus *Bangia* in British Columbia. J Phycol, 19:136—145
- Dangeard P, 1927. Recherches sur les *Bangia* et les *Porphyra*. Botaniste, 18:183—244
- Gargiulo G M, Masi F D, Tripodi G, 1991. Karyology of *Bangia atropurpurea* from Mediterranean and northeastern atlantic populations. J Phycol, 27:306—309
- Hawkes M W, 1978. Sexual reproduction in *Porphyra gardneri* (Smith et Mollenberg) Hawkes. Phycologia, 17:329—353
- Richardson N, Dixon P S, 1968. Life history of *Bangia fuscopurpurea* (Dillwyn) Lyngbe in culture. Nature, 218:496—497
- Sheath R G, Cole K M, 1980. Distribution and salinity adaptations of *Bangia atropurpurea*, a putative migrant into the Laurentian Great Lakes. J Phycol, 16:412—420
- Sheath R G, Cole K M, 1984. Systematics of *Bangia* in North America I. Biogeographic trends in morphology. Phycologia, 23:383—396
- Sommerfeld M R, Nichols H W, 1970. Developmental and cytological studies of *Bangia fuscopurpurea* in culture. Amer J Bot, 57:640—648
- Wittmann W, 1965. Aceto-iron-haematoxylin-chloral-hydrate for chromosome staining. Stain Technol, 40: 161—164
- Yabu H, 1967. Nuclear division in *Bangia fuscopurpurea* (Dillwyn) Lyngbe. Bull Fac Fish Hokkaido Univ, 17:163—164

STUDIES ON REPRODUCTIVE MODES OF THE MACROSCOPIC PHASE AND CHROMOSOME OF *BANGIA* SP. FROM CHINA

SUN Ai-shu, ZENG Cheng-kui (C K Tseng)

(*Institute of Oceanology, The Chinese Academy of Sciences, Qingdao, 266071*)

Abstract Field and culture [15—30°C, 70—100 μ E / (m² · s)] studies on *Bangia* collected from coasts of Fujian Province, Jiangsu Province and Qingdao were conducted in 1989—1992. An integral life cycle from macroscopic phase to microscopic phase had been completed in culture. The slides were prepared according to Wittmann (1965) in some key phases of the life cycle. The structure and function of the sexual cells, spermatia and carpogonia, in the sexual reproduction of *Bangia* sp. were observed with Olympus BH-2 microscope. The results were as follow. The carpogonia possessed extensive protrichogynes (Plate I:2—6) and a few spermatia adhered on these projections (Plate I:6) which disappeared after fertilization (Plate I:7, 8). The cytological evidence indicates that the fertilization was completed. Haploid chromosome number in the vegetative cells of macroscopic thallus and spermatia, and diploid chromosome number in carpospores had been shown by cytological studies of the different phases of life cycle. The carpospores were the products after fertilization. Simultaneously, some younger thalli of *Bangia* sp. could release a large number of asexual spores which developed in bipolar fashion to produce thalli which is the same as their parents. Therefore, the asexual reproduction mode could result in a significant increase in the plants within a limited period of time.

The chromosomes of some key phases of the life cycle, vegetative cells, spermatia, carpogonia, neutral spores, were counted. The work proved that the chromosome number of *Bangia* sp. from Fujian was $n = 6$, $2n = 12$ (Plate I:9,10); and that from Jiangsu and Qingdao $n = 8$ (Plate I:11, 12). Morphological characteristics of *Bangia* sp. are very simple, whilst more difficulties have been encountered in the classification of this genus. The studies on the chromosome number in this paper show that *Bangia* sp. from the different sites of China at least includes two species with different chromosome numbers.

Key words Reproductive modes Chromosome number Classification *Bangia* sp.

Subject classification number Q19.