

紫菜属的细胞学研究——膨大细胞和壳孢子萌发核分裂的观察*

孙爱淑 曾呈奎

(中国科学院海洋研究所, 青岛)

提要 对甘紫菜 (*Porphyra tenera*) 和条斑紫菜 (*P. yezoensis*) 的膨大细胞、游离生长的和壳生的丝状体释放的壳孢子, 以及条斑紫菜幼年叶状体所释放的单孢子萌发的细胞分裂过程, 进行了观察。所得结果表明, 膨大细胞和单孢子萌发进行有丝分裂, 壳孢子释放时细胞核处于分裂间期。在壳孢子萌发的第一次分裂中, 观察到减数分裂特征的粗线期、双线期和终变期。并对这种特殊的生活史类型进行了讨论。

紫菜是一种有重要经济价值的养殖海藻, 藻类学工作者历来重视对它的细胞学研究。对生活史中减数分裂的时期, 就曾提出过在受精后的果胞中^[1,8,10]、在产生壳孢子的分裂中、没有减数分裂, 以及最近提出的可能在壳孢子萌发时等几种不同的意见。

在对几种紫菜叶状体和丝状体的细胞学研究中^[2], 本文第二作者已经改变了50年代初期关于减数分裂发生时期的意见。为了阐明紫菜减数分裂究竟发生在生活史的哪个阶段, 继续对紫菜膨大细胞和壳孢子萌发时的分裂过程, 进行了观察。

一、材料和方法

本试验所用材料, 有甘紫菜 (*P. tenera*) 和条斑紫菜 (*P. yezoensis*) 的膨大细胞、游离丝状体所释放的壳孢子, 以及生长在文蛤壳里的条斑紫菜丝状体所释放的壳孢子。为了进行比较, 还对条斑紫菜幼年叶状体释放的单孢子萌发时的细胞分裂过程进行了观察。

游离丝状体的培养条件与上文相同¹⁾。室内培养温度在10月中旬以前, 都在20℃以上; 10月中旬以后, 降到20℃以下。丝状体在7—9月产生大量膨大细胞。部分培养材料经低温(10—13℃)处理10—15天后, 释放壳孢子; 另一部分材料始终在室温下培养, 11月底也产生壳孢子。培养过程中, 不断取材镜检、固定、并压片观察。

生长有条斑紫菜丝状体的文蛤壳是生产上用的²⁾。10—11月间, 进行通气培养, 使之放散壳孢子, 同时收集壳孢子进行培养。萌发时, 固定并压片观察。

单孢子是3mm以下的小紫菜释放的, 收集后进行培养。萌发时, 压片观察。

染色方法同文献[2]。

* 中国科学院海洋研究所调查研究报告第1395号。

收稿日期: 1987年1月8日。

1) 曾呈奎、孙爱淑, 1987。紫菜的细胞学研究——丝状体阶段的核分裂。科学通报。(正在印刷中)

2) 由李世英同志提供, 特此致谢。

二、观 察

1. 膨大细胞的分裂

上述两种紫菜的游离丝状体, 7—9 月间产生大量膨大细胞。在膨大细胞产生初期观察到的分裂相, 大都发生在顶端细胞里, 居间细胞在产生侧枝时发生分裂。

顶端细胞分裂前, 细胞前端先突起, 然后进行核分裂, 产生的细胞细而长; 居间细胞则是先在侧面产生突起, 然后细胞分裂将突起分隔开, 形成新分枝的第一个细胞。

本试验对培养前期膨大细胞分裂过程的观察与已有的报道^[7,12]相同。在两种紫菜膨大细胞分裂的中期, 染色体数均为 $2N = 6$ (图 1: 1, 2, 图版 I: 1, 2)。分裂过程中染色体的形态变化与生活史其他阶段的有丝分裂^{[2], [3]}情况相同。

低温处理之前, 膨大细胞呈方形。细胞分裂前不产生突起而直接分裂。其分裂过程与培养前期没有区别。

从把膨大细胞转入低温处理, 直到放出壳孢子并长成小紫菜的过程中, 对受处理的膨大细胞的观察表明, 这些细胞的核分裂和培养前期没有差别, 都是有丝分裂 (图 1: 3, 4, 图版 I: 3, 4)。这些细胞分裂不仅能产生两个细胞, 也能产生三个、四个甚至五个细胞。

2. 壳孢子萌发时的分裂

在通气培养条件下, 释放后的壳孢子很快就能附着, 随即细胞拉长。多数孢子在 24 小时后, 出现极性变化。孢子变成椭圆形, 叶绿体偏向细胞一端, 另一端细胞质较透明。48 小时后, 孢子一端呈锥形伸长, 这就是最初的假根; 另一端呈圆顶形, 叶绿体明显偏向这一端。刚释放的壳孢子, 细胞核处于分裂间期 (图 2: 1, 图版 II: 1), 核质均匀, 中间有一个较大的核仁, 染色较深。

(1) 减数分裂 I 在壳孢子萌发时的细胞分裂中, 观察到减数分裂的特征。开始, 核的体积明显增大, 核质呈细颗粒状 (图 1: 5, 图版 I: 5; 图 2: 2, 图版 II: 2)。然后, 核内出现盘绕着的细染色丝 (图 1: 6, 7, 图版 I: 6, 7; 图 2: 3, 4, 图版 II: 3, 4), 这似乎是前期 I 的早细线期。最初, 染色丝散布在核腔中 (图 1: 7, 图版 I: 7; 图 2: 4, 图版 II: 4), 后来, 集中成为三团缠绕着的染色质线 (图 2: 5, 图版 II: 5)。细线期的染色线较细, 染色较淡, 只有分色好的材料, 方能分辨出是两条染色线, 以至于很难拍出有足够反差的照片。

在所观察的材料中, 还有如图版 I: 8 (图 1: 8) 和图版 II: 6 (图 2: 6) 这样的细胞。其中, 有三个比较长又比较粗的染色体, 但难于分辨出是两个染色体配对, 这似乎是粗线期。

在材料中观察到比较多的如图版 I: 9—13 (图 1: 9—13) 和图版 II: 7—9 (图 2: 7—9) 这样的分裂相。能分辨出两个配对的同源染色体形成四分体, 染色体显得特别粗, 轮廓不光滑。这与有丝分裂前期外形光滑、又较细长的染色体, 形成明显的对比。这似乎是双线期。

在本试验中, 观察到许多清晰的终变期分裂相。这一时期的染色体变得粗短, 表面较

1) 见 328 页脚注 1)。

光滑,在核区内更加分散。由于同源染色体间的交叉而形成各种形状,有“O”形、“X”形或双环形(图版 I: 14, 15, 图 1:14, 15; 图版 II: 10—12, 图 2: 10—12)。

中期 I, 染色体排列在细胞赤道面上(图版 I: 16, 图 1:16), 在有的细胞中, 看到三个环形染色体(图版 II: 13, 14, 图 2: 13, 14)。后期 I, 染色体分成两组, 每组三个染色体, 分别移向两极(图版 I: 17, 图 1:17; 图版 II: 15—17, 图 2:15—17)。两组染色体之间的纺锤丝明显。在染色体移向两极的过程中, 两组染色体之间总是有细丝联系着, 这种联系可保持到晚后期, 直至染色体几乎达到两极时才消失。然后, 染色体分散, 形成两个细胞核(图版 I: 18, 图 1:18), 两核之间产生横隔壁, 将孢子苗横隔成一个假根细胞和一个顶细胞。

(2) 减数分裂 II 第一次分裂后, 经过一个较短的间期, 进行第二次分裂。顶细胞和假根细胞各分裂一次。在第二次分裂的前期、中期甚至后期的每组染色体中, 都能分辨出三个染色体(图版 I: 19, 图 1:19; 图版 II: 18, 图 2:18)。染色体形态与单孢子相同, 外形光滑, 比较细, 因此, 减数分裂 II 是一次正常的有丝分裂。但是, 两个细胞并不一定同步分裂。

当条斑紫菜幼年叶状体释放的单孢子萌发时, 形态变化与壳孢子很相似, 但细胞核的

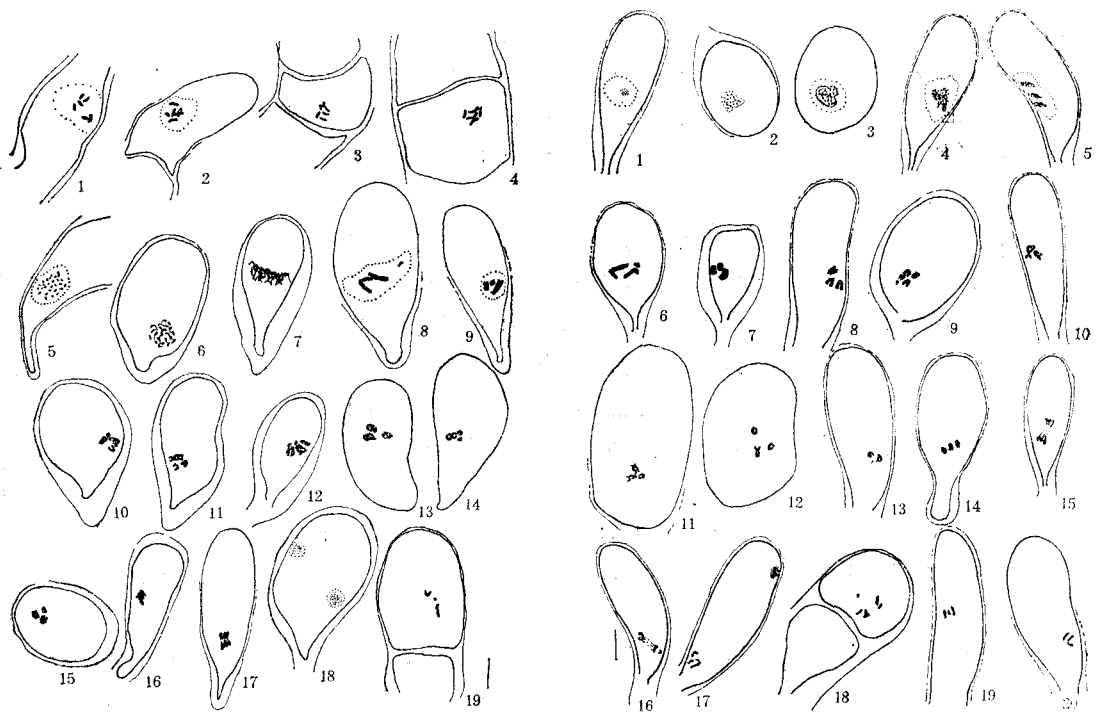


图 1 图版 I 的模式图

1—4. 膨大细胞有丝分裂中期, 示 $2N = 6$; 5—19. 甘紫菜壳孢子萌发的减数分裂过程: 5—7. 前期, 8. 粗线期, 9—13. 双线期, 14, 15. 终变期, 16. 中期 I, 17. 后期 I, 18. 末期 I, 19. 中期 II。图中标尺 5μ 。

图 2 图版 II 的模式图

1—18. 条斑紫菜壳孢子萌发的减数分裂过程: 1. 分裂间期, 2, 3. 前期 I, 4, 5. 细线期, 6. 粗线期, 7—9. 双线期, 10—12. 终变期, 13, 14. 中期 I, 15—17. 后期 I, 18. 后期 II; 19, 20. 单孢子萌发细胞分裂中期。图中标尺 5μ 。

76

变化却不同。分裂前期的染色体没有壳孢子萌发时那么多变化。染色体外形光滑，也比较细。分裂中期有三个外形光滑的染色体(图版 II: 19, 20; 图 2: 19, 20)。单孢子萌发的第一次分裂是有丝分裂。

三、讨 论

Giraud 和 Magne 对 *P. umbilicalis* var. *laciniata*^[9], Migita 对条斑紫菜 (*P. yezoensis*)^[11], 鬼頭对条斑紫菜和甘紫菜 (*P. tenera*)^[6] 生活周期各阶段细胞分裂的研究, 都得出减数分裂发生在壳孢子囊产生壳孢子时的结论。他们把膨大细胞分为未成熟的和成熟的, 认为前者的分裂是有丝分裂, 后者的分裂是减数分裂。也就是说, 他们认为在膨大细胞发生的所有分裂中, 只有最后产生壳孢子时的分裂是减数分裂。但是, 他们并未指出什么稳定的形态学特征, 能用于确定哪些细胞是即将进行减数分裂的。Migita 以降温处理作为两种分裂的分界, 即降温后的分裂是减数分裂。但是, 我们在降温后的材料中, 仍然观察到有丝分裂相, 而只在壳孢子萌发时, 才看到减数分裂的粗线期、双线期和终变期。

马家海和三浦昭雄^[5], 在条斑紫菜游离丝状体释放的壳孢子萌发时看到减数分裂的特征。Burzycki^[7] 推测, 在 *P. torta* 的生活史中, 壳孢子萌发是最可能的减数分裂位置。我们在上述两种紫菜壳生的和游离的丝状体释放的壳孢子萌发时, 都观察到相同的减数分裂相, 因而认为, 应该研究更多的种以证明这种现象在紫菜属中的普遍性。

鬼頭观察到成熟的壳孢子囊里一个细胞分裂成 1—5 个的情况。右田和安部^[4] 也曾观察到有多于四个孢子的孢子囊。右田^[3] 还看到膨大细胞不分裂而完整释放的。在本试验中, 我们也观察到有的孢子囊里有 2—5 个孢子。由于减数分裂一般形成四个细胞, 那么, 上述这些现象也可能说明壳孢子不是减数分裂的产物。

Ohme 等人^[12] 在紫菜有色突变体的杂交试验中, 得到不同颜色嵌合体的紫菜植株, 这可能是壳孢子萌发时进行减数分裂的最好佐证。

不同生物类群, 生活史中减数分裂的时期是不同的。一般可分为合子减数分裂、配子减数分裂和中间(产生孢子时)减数分裂。象紫菜这样孢子萌发时减数分裂的例子, 还未见报道。壳孢子萌发才进行减数分裂的必然结果是, 减数分裂产生的不同遗传性的细胞, 都在同一个紫菜个体上, 不能分开。因而, 紫菜的叶状体就是一个具有不同遗传性细胞的嵌合体。了解这一点, 对紫菜遗传育种研究是很有意义的。

参 考 文 献

- [1] 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: 153—166.
- [2] 曾呈奎、孙爱淑, 1986. 紫菜属的细胞学研究——中国产七种紫菜染色体数目的研究. 科学通报 31: 67—70.
- [3] 右田清治, 1970. ノリ系状体の殻孢子と放出に関する 2,3 の観察. 长崎大学水産学部研究報告 38: 77—85.
- [4] 右田清治、安部 昇, 1966. アマノリ系状体の殻孢子形成について. 长崎大学水産学部研究報告 20: 1—13.
- [5] 马家海、三浦昭雄, 1984. スサビノリ殻孢子とその発芽体における核分裂の観察. 日本藻類雑誌 32: 373—378.
- [6] 鬼頭 鈞, 1978. アマノリ属植物の細胞学研究. 東北区水産研究所研究報告 39: 29—84.
- [7] Burzycki, G. M., 1984. New evidence regarding meiosis in the red alga *Porphyra*. *J. Phycol.* (suppl.) 20: 4.

- [8] Dangeard, P., 1927. Recherches sur les *Bangia* et la méiosi *Porphyra*. *Botaniste* 18: 183—224.
- [9] Giraud, A. & F. Magne, 1963. La place de la méiosi dans le cycle de development de *Porphyra umbilicalis*. *C. R. Acad. Sc. Paris*, t. 267: 586—588.
- [10] Ishikawa, M., 1921. Cytological studies on genus *Porphyra tenera* Kjellm. I. *Bot. Mag. Tokyo* 35: 206—218.
- [11] Migita, S., 1967. Cytological studies on *Porphyro yezoensis* Ueda. *Bull. Fac. Fish. Nagasaki Univ.* 24: 55—64.
- [12] Ohme, M., Y. Kunifuji and A. Miura, 1986. Cross experiments of the color mutants in *Porphyra yezoensis* Ueda. *Jap. J. Phycol.* 34: 101—106.

CYTOLOGICAL STUDIES OF *PORPHYRA*—AN OBSERVATION ON NUCLEAR DIVISION DURING THE FERTILE CELL ROW DEVELOPMENT AND CONCHOSPORE GERMINATION*

Sun Aishu and C. K. Tseng (Zeng Chengkui)

(*Institute of Oceanology, Academia Sinica, Qingdao*)

ABSTRACT

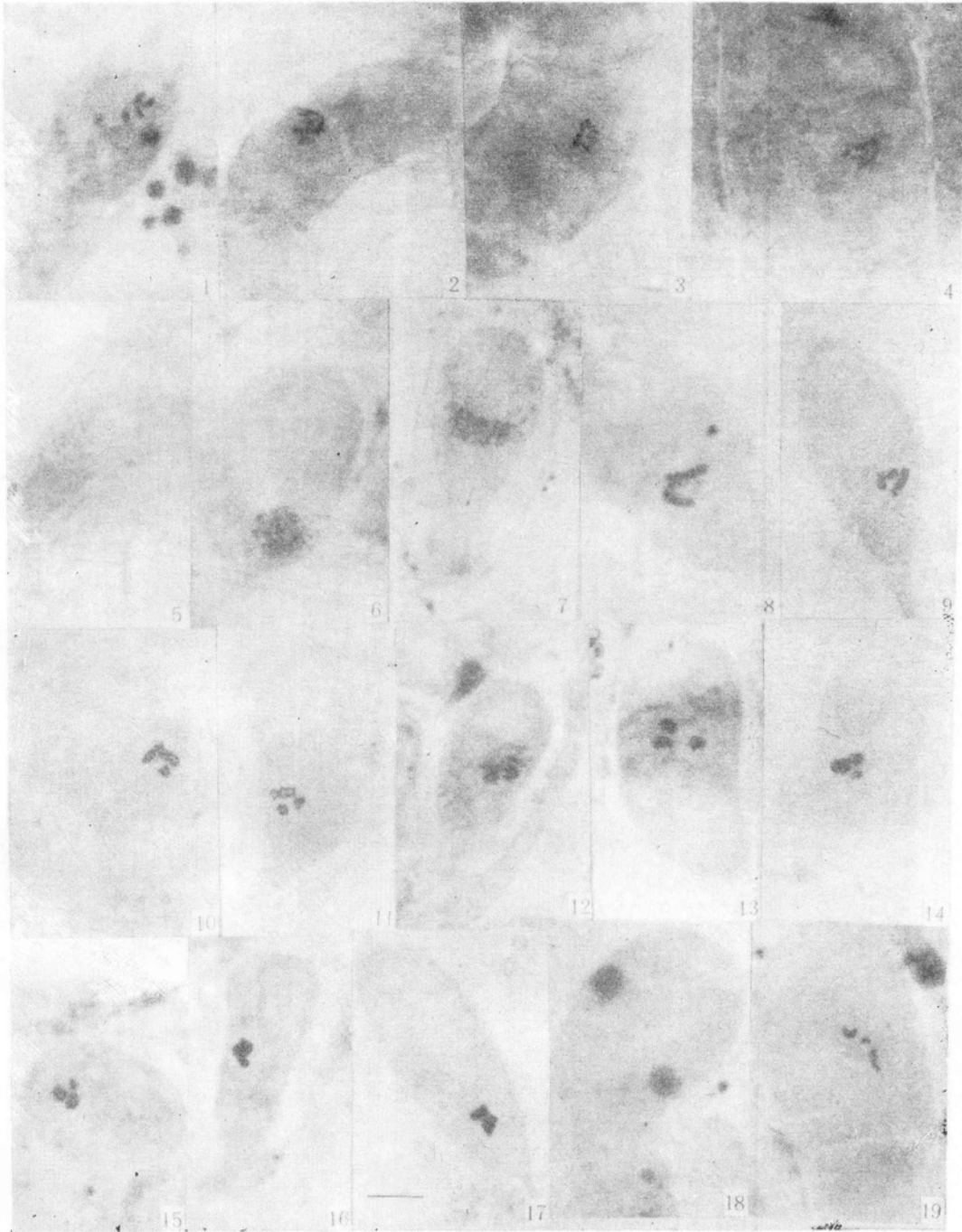
Porphyra tenera and *P. yezoensis* were used as materials in this study. During the development of the fertile cell row nuclear divisions were examined. The conchospores released by free-living conchocelis and conchocelis living in shell, as well as the monospores liberated by the young foliose thalli were collected and cultured. Nuclear divisions of these spores were observed during germination. The materials were fixed with Carnoy's fixative fluid and stained according to Wittmann.

The results are as follows: The conchosporangial cells undergo mitotic divisions and have 6 chromosomes in the metaphase. The nucleus is in interphase when the conchospores are released. The meiotic features, pachytene stage, diplotene stage, diakinesis are observed in the first division during the conchospores germination. The conchospore germling is divided into an upper cell and a rhizoid cell during meiosis. I. Both upper cell and rhizoid cell often divided unsimultaneously in the meiosis II. These divisions are transversal and produced a series of cells.

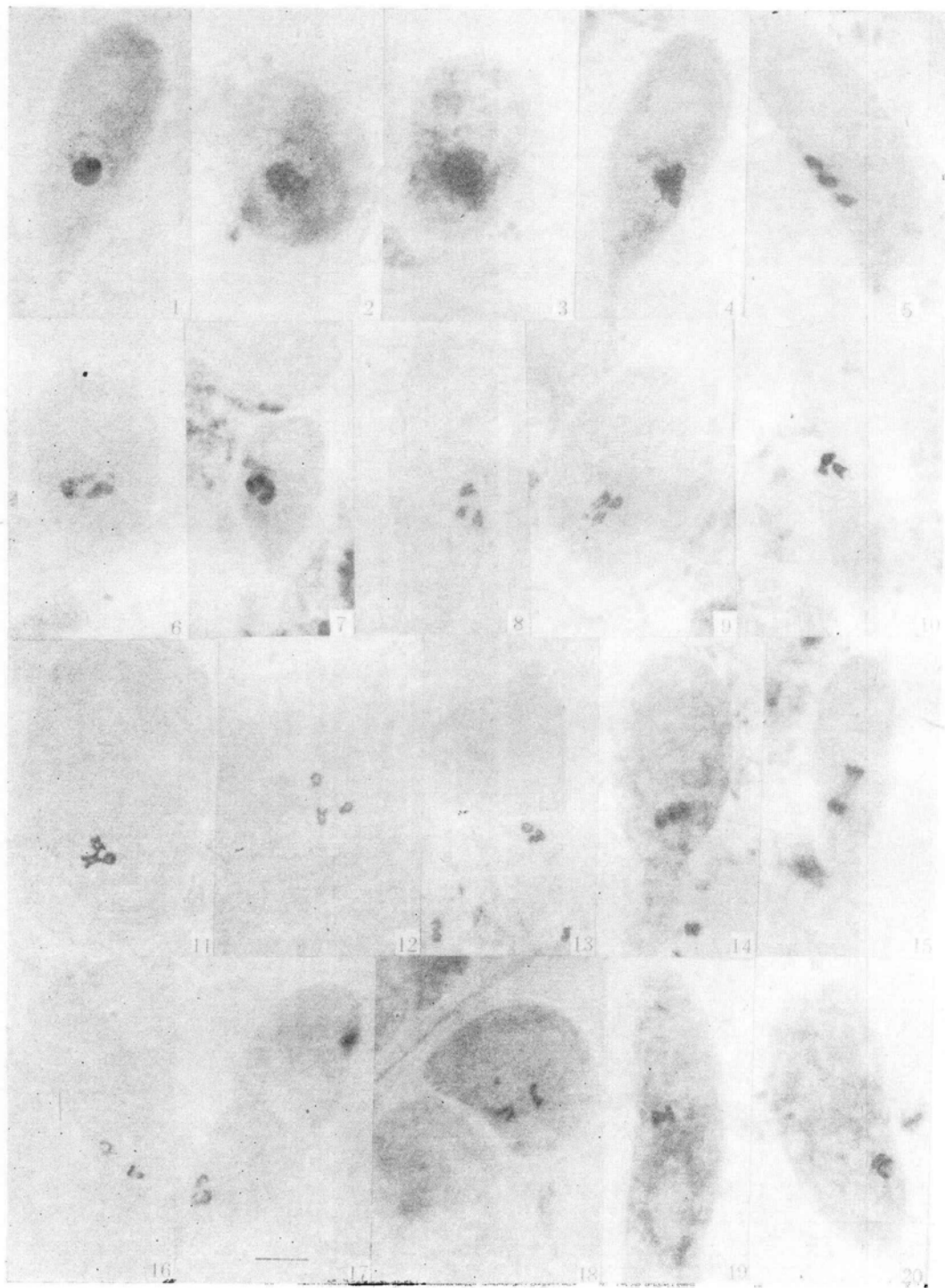
The germinating monospores undergo the same morphological changes as the conchospores, but the division is mitotic. There are three chromosomes which are thinner and smoother in appearance than those in prophase of meiosis.

Since the conchospores carry out reduction division during germination, cells with different heredity produced in the divisions will not be able to separate. Therefore, the leafy thalli of *Porphyra* are a chimera which consists of different genotypical cells.

* Contribution No. 1395 from the Institute of Oceanology, Academia Sinica.



图版 I 甘紫菜和条斑紫菜膨大细胞分裂和甘紫菜游离丝状体释放的壳孢子萌发时的分裂过程
(图版注同图 1 注)



图版 II 条斑紫菜壳生丝状体释放的壳孢子和幼年叶状体释放的单孢子萌发时的分裂过程
(图版注同图 2 注)