

龙须菜藻体匍匐组织的生理 特性与功能研究^{*}

李 纫 芷

(中国科学院海洋研究所 青岛 266071)

提要 于1992年9月—1994年8月,在模拟潮间带生态条件的培养装置中,对龙须菜生长和发育的过程进行长期的连续性观察研究。研究中发现,以往被称为“固着器”的藻体匍匐组织具有特殊生理特性:它是孢子萌发后首先形成的部分,是直立藻体产生的基础;当夏末和深冬季节到来时,直立藻体通常成熟,放散孢子后逐渐衰退,这种趋势从藻体尖端开始逐渐向基部发展,最终保留匍匐组织度过逆境。待温度适宜时又从匍匐组织上萌生新的直立枝。这一结果说明,龙须菜匍匐组织具有较强的抗逆性能和再生能力;在自然条件下,除孢子传代外,还存在利用匍匐组织进行繁衍的另一条途径。对直立藻体和匍匐组织的细胞结构及活体吸收光谱进行比较,表明,二者间均有所差异。

关键词 龙须菜 固着器 体细胞繁殖

学科分类号 S968.43

龙须菜是江蓠属的一个种,分布在太平洋东岸自加拿大的哥伦比亚至哥斯达黎加;大西洋沿岸自美国卡罗莱纳州至委内瑞拉;在中国山东半岛分布较为普遍(张峻甫等, 1979; Fredericq *et al.*, 1989),龙须菜分枝多、生长快,每年春秋两季为快速生长期(Li *et al.*, 1984),藻体含胶量高达16%—28%,凝胶强度大,质量超过石花菜的琼胶(Santelices *et al.*, 1989),是江蓠属中引人注目的优良种。随着人们对琼胶需求量的增加,作为琼胶原藻的江蓠属红藻在国际市场供不应求,过量的采收造成野生资源减少,所以人工养殖增加原藻生产是当务之急。然而,因种苗来源研究始终未获得突破性进展而限制了工业化养殖业的建立和发展。目前对龙须菜的研究工作多限于分类形态学和琼胶化学方面,缺乏发生、发育生物学的基础研究,就整个江蓠属而言,在这方面亦属薄弱环节,仅有的报道只限于早期发育阶段的短期观察。本研究在室内培养条件下,全年观察了龙须菜的发生、发育及衰退的全过程,着重了解其藻体的特定部位—匍匐组织的特性及生理功能,以期龙须菜人工养殖的种苗来源提供解决途径。

1 材料与方法

种藻,龙须菜(*Gracilaria lemaneiformis*)于1992年9月采自青岛湛山湾的龙须菜自然生长区。选择成熟好的四分孢子体与雌配子体,用灭菌海水将藻体表面反复清洗干净后,

^{*} 中国科学院“八五”重点科研项目。李纫芷,女,出生于1938年1月,研究员, E-mail: xyhu @ ms.qdio. ac.cn

收稿日期: 1996-05-26, 收修改稿日期: 1998-08-31

经阴干刺激,分别采取四分孢子和果孢子,在显微镜下将孢子逐个分离后,用加营养的灭菌海水在光照恒温培养箱中,控温 15°C 培养,以保证无杂藻干扰条件下观察孢子的早期发育过程。

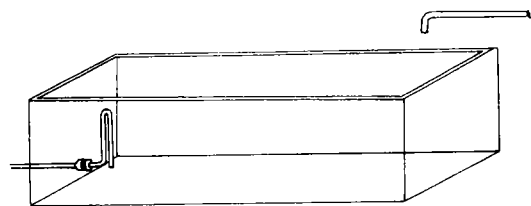


图1 龙须菜培养水槽

Fig.1 The culture vessel for *G. lemaneiformis*

在室内培养槽内进行更接近自然生态方式的长期培养。用自然海水,不控温并模拟潮间带的变化水位,进行流动水培养。全年观察其生长状态。水槽设计如图1:玻璃水槽,体积为 $100 \times 30 \times 20\text{cm}^3$ 。在槽体一端距底面 2cm 处开一排水口;开口处,在玻璃槽内接一倒U形管,接口处密闭,U型管高 18cm 。进水管位于水槽另一端上方。只要调节好进水速度,由于虹吸作用,则可

形成涨、落潮态势。实验中,将一次进、排水速度控制到约 12h ,形成每日两度潮。

龙须菜活体的吸收光谱用岛津 UV-240 型扫描式分光光度计测定。

2 结果与讨论

2.1 早期发育观察结果及龙须菜的繁衍途径

观察表明,早期发育阶段,四分孢子与果孢子的形态和发育过程没有明显差别。从图版 I:1 可以看到脱离母体的孢子圆形,具星状色素体,附着后立即进行细胞分裂。先呈球形分裂,以后与基质的附着面逐渐增大,细胞呈辐射状排列,层层迭起,基层细胞最多,向上逐层减少,长成钝圆锥形幼体,基层细胞外面有一圈透明物质。一般长到基层直径约 $120\mu\text{m}$ 左右并且向上垒迭 7—8 层细胞时,由圆锥形幼体的顶端处首先形成直立突起,遂延伸长成直立藻枝。

龙须菜的早期发育过程与 Ogata 等 (1972) 和陈美琴等 (1985) 对真江蓠 (*G. verrucosa*) 早期发育的观察结果相似。然而,以上两报告中将出现直立突起前的幼体描述为“圆盘状”或称之为“盘状体阶段”。这样的描述不能确切反映此阶段幼体的真实形态。事实上,从图版 I:1 顶面观和侧面观可以较清楚看到,此时的幼体是近似圆锥形的。“盘状体”的判断可能是因局限于以载玻片为附着基的顶面观察而产生的错觉。

在自然海水流动培养的水槽中长期连续观察的结果如下。于 9 月下旬将成熟藻体放入水槽,开始实验。显微镜下检查,头一个月内,孢子发育情况与上述在培养箱中的状况相似。此后水槽中各种动植物滋生,互相影响制约,江蓠幼体生长缓慢,至第二年 3 月,苗长不超过 1cm (而在培养箱中无杂藻干扰条件下,同时采苗的幼苗已长到 7cm 左右)。7 月份高温到来前苗长约 5cm ,枝体较纤细。水温升至 27°C 以上,直立枝停止生长,颜色逐渐变淡、变黄,逐渐衰退,从尖端开始向基部发展。夏末,只有匍匐组织和残留的直立枝基部依然保存,待水温下降,又从匍匐组织上萌发出新的藻枝。再生的直立幼苗丛生状态,枝体粗壮。随再生直立枝的生长,匍匐组织也明显增大。冬季到来时,也重复以上过程。每次新的直立藻枝的生长都促使匍匐组织增大,向外延伸,形状不定。有时还可能分裂成几个独立的个体(图版 I:2)。在龙须菜自然生长区可以观察到两种不同类型的植株:一种,藻体仅由一二枝直立主枝组成,分枝很少;另一种,主枝多,丛生状而且各级分枝多。两种

藻体长度相近似。作者认为,两种植株形态的明显差异正是由于苗源不同而形成的,少枝个体是从孢子发育成的新生苗株,而多分枝丛生藻株则是从老的匍匐组织萌发的再生苗株。正像在室内模拟实验中看到的,龙须菜在冬、夏两季是以保存匍匐组织来度过逆境的。说明除以孢子传代形式进行世代交替外,通过匍匐组织的再生是龙须菜进行繁衍的另一条途径。

2.2 匍匐组织的特性及其生理功能

基于以上结果,作者对龙须菜藻体的匍匐组织作了进一步的研究,首先做切片观察其内部结构。从图版 I: 3 可以看到,成体匍匐组织的皮层细胞小,近方形,有色素,皮层内是由与直立藻体的髓部细胞相似的薄壁细胞组成。与直立藻体髓部细胞的不同点是细胞大小较均衡,不象髓部那样由皮层至髓部中心细胞逐渐增大。

匍匐组织在正常状态下是以底层细胞紧密附着于基质,从上表层向上萌生直立藻枝的。如果将匍匐组织从其附着的基质上剥离进行悬浮培养,则失去上下极性,也不再呈扁平状,而长成近似球形的块状,并向四周八方伸出直立藻枝,如图版 I: 4。将一块悬浮培养的匍匐组织压碎可分成数十个小单株,在适宜条件下培养两个月左右,这种小藻株的匍匐组织即增大,向四周萌生新的直立枝,恢复到分离前母体的状态。

直立藻枝和匍匐组织的活体吸收光谱如图 2,从测定的结果可以看到,两者的主要吸收峰波长部位是一致的。在 435nm 和 679nm 的两峰代表叶绿素分别在短波蓝光区和长波红光区的吸收峰。在 650nm 处没有肩峰,说明龙须菜不含叶绿素 *b*。另外,龙须菜具有红藻的明显特征,在绿光区有显著吸收,呈三峰形,分别位于 495nm, 540nm 和 565nm,以 495nm 处的峰最高,540nm 处的最低,此三峰形吸收应由 R-藻红蛋白 (R-PE) 所引起。在 620nm 处的小峰代表 R-藻蓝蛋白 (R-PC) 的吸收(潘忠正等, 1987; Talarico *et al*, 1982)。直立藻枝和匍匐组织吸收光谱的主要峰位都一致,说明两者所含色素种类基本相同。然而,除 620nm 处的小峰外,匍匐组织的吸收峰值却明显低于直立藻枝,说明匍匐组织不是主要的光合作用部位,因为在自然生长区匍匐组织常被埋于沙下而难以捕获光线。

3 结论

江蓠属的匍匐组织通常被称谓“固着器”,以上结果说明龙须菜藻体的这一特定部位具有特殊生理功能,远不止是固着作用。它是个体发育中最先形成的部分,是直立藻体发生的基础;藻体处于温度过高或过低的外界环境时,直立藻枝衰退而保留匍匐组织以度过逆境,并适时的萌发新的再生直立枝,说明匍匐组织具有明显的再生能力与抗逆性能。利用其特性进行体细胞繁殖研究,较之目前国外采用江蓠直立枝体细胞进行的研究更为合理。

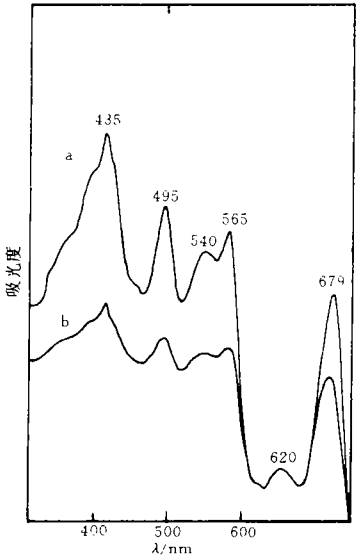


图 2 龙须菜直立藻体 (a. erect thalli) 和匍匐组织 (b. creeping tissue) 的吸收光谱曲线

Fig.2 Spectrophotometric absorption curves of erect thalli and creeping tissue of *G. lemaneiformis*

参 考 文 献

- 张峻甫, 夏邦美, 1979. 中国江蓼属海藻的分类研究. 海洋科学集刊, 11: 91—163, pls1-2
- 陈美琴, 任国忠, 1985. 江蓼幼苗的早期发育过程. 海洋与湖沼, 16(3): 181—187
- 潘忠正, 周百成, 曾呈奎, 1987. 青岛海产红藻 R-藻红蛋白光谱特性的比较研究. 海洋与湖沼, 18(5): 419—425
- Fredericq S, Hommersand M H, 1989. Comparative morphology and taxonomic status of *Gracilariopsis* (Gracilariales, Rhodophyta). J Phycol, 25: 228—241
- Li Renzhi, Cong Renyi, Meng zhaocai, 1984. A preliminary study of raft cultivation of *Gracilaria verrucosa* and *Gracilaria sjoestedtii*. Hydrobiology, 116 / 117: 252—254
- Ogata E, Matsui T, Nakamura H, 1972. The life cycle of *Gracilaria verrucosa* (Rhodophyceae, Gigartinales) *in vitro*. Phycologia, 11(1): 75—80
- Santelices B, Doty M S, 1989. A review of *Gracilaria* farming. Aquaculture, 78: 95—133
- Talarico L, Kosove V, 1982. Spectral analysis of the biliproteins from *Gracilaria verrucosa* (Huds.) Papenfuss. Photosynthetica, 16(2): 184—190

STUDY ON CHARACTERISTICS OF CREEPING TISSUE OF *GRACILARIA LEMANEIFORMIS*

LI Ren-zhi

(Institute of Oceanology, the Chinese Academy of Sciences, Qingdao, 266071)

Abstract A device of simulating ecological environment located over the region of intertidal zone was set-up, through which the growth and development of *Gracilaria lemaneiformis* were observed and studied from Sept. 1992 to Aug. 1994 and subsequently the creeping tissues of thalli, known as “holdfast” were found with important physiological features. It was the first formed after spores germinated, then to be the base branches grown up, and later passing through the seasons of summer and winter branches matured and spores discharged, decaying from apical port to base. In this duration, it is the portion of creeping tissue, keeping itself to go against adversity and regenerating when temperature once suitable. The whole process undergone indicates that the creeping tissues of *G. lemaneiformis* possess the capability of anti-adversity and reproductivity and therefore under natural condition to take the advantage of regeneration capability of creeping tissue is an another effective way for reproduction, apart from spore propagation. Besides, the contrast between creeping tissue and erect thallus with spectrophotometric absorption was also recorded.

Key words *Gracilaria lemaneiformis* Holdfast Somatic propagation

Subject classification number S968.43