

## 培养光强对条斑紫菜丝状体生长发育的影响\*

郑宝福 陈美琴 费修夔

(中国科学院海洋研究所)

紫菜丝状体的生长发育不仅受光线、温度和营养等多种生态条件的影响,而且也因采果孢子时间的早、晚和投放果孢子密度大小而有较大的差别<sup>[1,2]</sup>。在其他情况比较一致的条件下,光线条件对丝状体的生长和发育具有较明显的影响。我们在实验工作中从丝状体的这一特性出发,经过多年的实验研究,于1971年提出了以控光为中心的条斑紫菜丝状体的综合性培养措施,较好地解决了条斑紫菜适时、集中、大量放散壳孢子的问题<sup>[3]</sup>。按照这个培养措施其控光的基本要求是:在5月采果孢子,把光强调节为3000 Lux左右,7月初调整到1500 Lux左右,到9月初再调整到750 Lux左右,同时缩短光照时间为8—10小时。也就是说在整个培养过程中要进行二次减弱光强、一次缩短光时的操作管理,简称“两减一缩”的控光培养措施。实验证明其育苗效果良好,但是在操作管理上,特别是对于大面积培养管理来说,却是相当繁重的。因此为寻求培养效果更好、措施更为简便的新途径就成为我们进一步研究的课题。为此,首先必须弄清培养光强对条斑紫菜丝状体不同的生长发育时期的影响。据黑木(1955)和张德瑞等(1959)的报道,直射阳光对紫菜丝状体有致命的影响<sup>[6,4]</sup>。尾形(1961)认为2000 Lux是丝状体生长的适宜光强<sup>[7]</sup>。本田(1962)认为3000 Lux也是好的<sup>[8]</sup>。黑木(1965)报道甘紫菜丝状体可以在2000—4000 Lux的光强范围内正常生长发育,成熟并放散壳孢子,但由于紫菜种类不同,丝状体生长发育和放散壳孢子要求的光强条件也不一致<sup>[9]</sup>。我所藻类实验生态组多年来培养条斑紫菜丝状体的实践经验和现场测定结果表明,在晴天日最高光强为750—6000 Lux的光强范围内和室温条件下,培养的条斑紫菜丝状体经过5—6个月都能够达到正常的发育和放散壳孢子,我们在大面积培养管理条斑紫菜丝状体时,发现当生长初期培养光强超过10000 Lux时,丝状体的生长明显地受到抑制;还发现只在开始采果孢子时,调整一次光强的实验处理,到了秋季也获得了良好的培养效果。其培养光强随季节变化而异,并基本上能够满足丝状体生长发育、壳孢子形成和放散的需要。因而有可能只在开始采果孢子时,调整一次光强就可以获得良好的培养效果。但调整的具体适宜光强范围是多少?在不同光强范围内条斑紫菜丝状体的生长发育和成熟放散特点是什么?也都需要通过必要的实验来找出。为此我们于1973年和1974年连续开展了这方面的实验,在实验中观察了不同光强对

中国科学院海洋研究所调查研究报告第567号。

\* 张峻甫参加了1972年的预备实验。参加实验管理工作的还有王继成等藻类实验生态组的全体同志。本文曾于1978年在全国植物学会四十五周年年会上宣读过。

本刊编辑部收到稿件日期:1978年12月18日。

条斑紫菜丝状体不同发育时期的影响,得到了基本可以重复的实验结果,并在生产实践中应用,获得了良好的效果。本文将以 1973 年的实验结果为主,来讨论这方面的问题。

## 一、实验的材料和方法

二年的实验内容和方法基本相同。1973 年的实验共分为五组: I 组培养光强(按实验开始时晴天日最高光强比较)为 6000 Lux, II 组为 3000 Lux, III 组为 1500 Lux, IV 组为 750 Lux, V 组为 300 Lux。1974 年实验共分四组,没有第 V 组。每一实验组占据一个  $2.0 \times 3.0 \times 0.4$  m 的培养池。在池子的中心用平面方式培养了约 200 个采有条斑紫菜果孢子的文蛤壳。各培养池均以育苗室的天窗做光源,采用在天窗上加盖不同层次的竹帘、灰色或乳白色塑料薄膜的方法使每个培养池的光线强度接近或达到实验要求。调整光线强度的工作在五月份采果孢子前一次完成。以后每半月测定各池的光线强度 1—2 次,以便了解不同月份的光强变化。据实测结果,不同月份各池的晴天日最高光强变动情况如表 1、2。(测定值波动范围为 10—15%)。二年培养池的海水温度均随育苗室的气温变化如图 1。

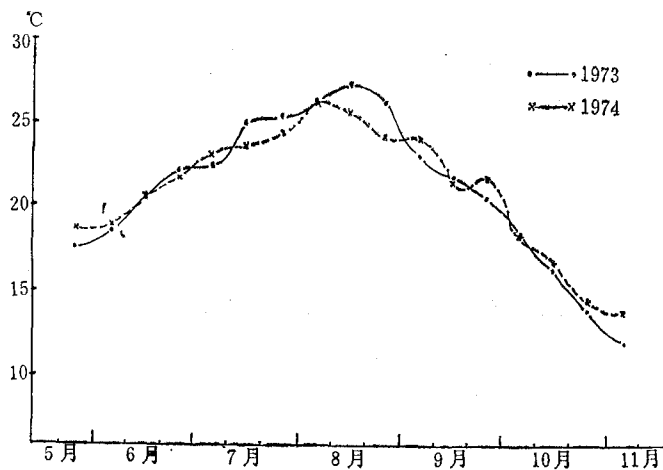


图 1 1973、1974 年旬平均水温

实验材料为青岛产的条斑紫菜,经过单株挑选后阴干刺激,然后采果孢子。采果孢子的日期二年均在 5 月 23 日。果孢子的投放密度为  $400$  个/ $\text{cm}^2$  (1973 年)及  $300$  个/ $\text{cm}^2$  (1974 年)。培养池海水中另外加入  $7.0$  毫克  $\text{NO}_3\text{-N}$ /升和  $1.5$  毫克  $\text{PO}_4\text{-P}$ /升营养盐。其他常

表 1 1973 年各月日最高光强

组别	光强 Lux	月份		
		5—8 月	9 月	10 月
I		5900	3800	1700
II		3300	2500	1250
III		1600	1700	1150
IV		770	520	350
V		290	180	140

表 2 1974 年各月日最高光强

组别	光强 Lux	月份		
		5—8 月	9 月	10 月
I		6300	3100	3000
II		3200	2600	2200
III		1600	1200	1200
V		820	420	460

规管理已于前文报道<sup>[5]</sup>。

## 二、实验结果

### 1. 果孢子的萌发

在采果孢子 15 天之后,当肉眼还看不到丝状体群落时,用显微镜检查果孢子萌发、生长的情况。每一实验组检查 5 个贝壳,每个贝壳在不同部位测定 10 个视野,计算每个视野果孢子的萌发数,取其平均值。所用显微镜的视野面积为 3.8 mm。两年果孢子萌发率如表 3、4。

表 3 1973 年果孢子萌发率  
(50 个视野的平均值)

组 别	I	II	III	IV	V
萌发量个/cm <sup>2</sup>	81.6	154.8	96.3	61.1	29.5
萌发率%	20.4	38.7	24.1	19.3	7.4

表 4 1974 年果孢子萌发率  
(50 个视野的平均值)

组 别	I	II	III	IV
萌发量个/cm <sup>2</sup>	80.5	79.5	67.9	56.9
萌发率%	26.8	26.5	22.5	19.0

由表 3、4 可以看出,在所有的培养光强下,果孢子都可以萌发,说明果孢子的萌发可以在一个相当广的光强范围内进行。还可以看出 I—IV 组的萌发率都比较高,说明 750—6000 Lux 左右是条斑紫菜果孢子适宜的萌发光强。表 3 中 II 组萌发率最高,但表 4 中的 II 组萌发率还略低于 I 组,因而尚不能肯定 II 组的培养光强就是果孢子萌发的最适光强。表 3 的结果还表明低于 300 Lux 时 (V 组)果孢子萌发率显著降低。

### 2. 丝状藻丝的生长

1973 年 6 月 23 日,在采果孢子后一个月检查记录了丝状体贝壳的外观,并测量了藻体群落的直径,结果如表 5。

表 5 丝状藻丝的生长情况  
(1973 年 6 月 23 日检查)

组 别	壳面色泽	分枝数量	藻落直径	丝状藻丝壳面分布情况
I	紫红色	+++	1.0mm	未布满
II	暗红色	++++	1.5mm	未布满
III	淡红色	++	1.0mm	未布满
IV	微红色	+	0.2mm	肉眼刚见苗(小红点)
V	白色	○	0	肉眼未见苗

1973 年 7 月 3 日,从每个实验组中,挑选具有代表性的贝壳摄制了照片如图版 I。

根据照片结合表 5 的结果,可以看出丝状藻丝的早期生长以 I—III 组 (光强 6000—1500 Lux) 最好,IV 组 (光强 750 Lux) 丝状藻丝生长缓慢,V 组 (光强 300 Lux) 丝状藻丝生长尤为缓慢。

### 3. 膨大藻丝出现的时间和数量增长情况

各个实验组首次观察到膨大藻丝的时间如表 6。

表 6 膨大藻丝出现的时间  
( ) 中为采果孢子后的天数

膨大藻丝 出现的时间 年度	组别 I	II	III	IV	V
1973	6月27日(35天)	6月27日(35天)	7月10日(48天)	8月1日(68天)	8月15日(83天)
1974	6月29日(37天)	6月29日(37天)	7月12日(50天)	7月29日(66天)	

由表 6 可以看出, I—II 组膨大藻丝出现的时间最早, 在采果孢子后 35—37 天就能形成。然而 V 组膨大藻丝出现的时间最迟。在采果孢子后 83 天才能形成。在适宜丝状体生长发育的光强范围内, 光强越高, 膨大藻丝出现的时间越早, 数量也越多如表 7。

表 7 膨大藻丝的数量增长过程

膨大藻丝 占视野面积 的百分数 检查日期	组别 I	II	III	IV	V
1973.6.27.	<5%	<5%	0	0	0
1973.7.10.	<5%	<5%	<5%	0	0
1973.7.26.	10—20%	5—10%	5%	0	0
1973.8.1.	15—30%	10—25%	5—20%	<5%	0
1973.8.15.	45—50%	35—60%	20—30%	5—10%	<5%
1973.8.29.	50—60%	40—60%	35—50%	20—30%	<5%
1973.9.13.	50—80%	55—75%	50—60%	15—50%	<5%

### 4. 壳孢子的形成

由于丝状体培养在不同光强条件下, 膨大藻丝出现的时间和数量有很大的差别。1973 年 I—II 组光强下培养的丝状体于 6 月 27 日已出现膨大藻丝, 而 V 组光强下培养的丝状体到 8 月 15 日才出现膨大藻丝。因此, 于 9 月中旬各实验组丝状体所产生的膨大藻丝的数量和时间实际上有很大的差别。但根据检查表明, 二个年度所有实验组的丝状体在 9 月中旬都形成并开始放散壳孢子。说明由膨大藻丝向壳孢子转变时, 是不太受膨大藻丝形成时间早晚的限制, 也不受培养光强的影响。根据 1973 年、1974 年育苗室水温曲线分析, 1973 年 9 月上旬平均水温是 23℃, 1974 年 9 月上旬平均水温是 24℃, 而 9 月中旬的水温都在 22℃ 左右, 这时大量形成并放散了壳孢子。条斑紫菜丝状体形成壳孢子的温度范围为 12.5—22.5℃, 而 17.5—22.5℃ 形成最快<sup>[3]</sup>。可以看出, 本实验的紫菜丝状体仍然遵循这一规律, 由此可见, 影响壳孢子形成的条件主要是温度, 而培养光强似乎不起主导作用。

### 5. 壳孢子的放散

在进入 9 月中旬, 各实验组丝状体在形成壳孢子的同时也有少量壳孢子放出。1973 年、1974 年均从 9 月 11 日每天检查壳孢子的放散量。检查结果如表 8。

表 8 壳孢子的放散量

×10<sup>4</sup> 个/贝壳

壳孢子放散量 检查日期	组别	I	II	III	IV	V
	1973.9.11—9.20		17.2	35.0	35.0	51.6
9.21—9.30		77.2	92.0	115.6	420.0	6.4
10.1—10.10		367.2	643.2	387.2	531.2	26.0
10.11—10.20		1272.4	1640.8	1331.2	13.6	3.2
10.21—10.31		1537.6	1618.4	2051.2	1219.0	138.0
11.1—11.10		181.2	350.0	394.2	201.2	29.6
总计		3542.8	4379.4	4314.4	2436.6	204.0
1973.10.20 前放散总量		1734.0	2411.0	1869.0	1016.4	36.4
1973.10.21 后放散总量		1718.8	1968.4	2445.4	1420.2	167.6

在采苗季节里,壳孢子放散情况(即前期放散量,青岛地区是指10月20日前的壳孢子放散量)是衡量丝状体培养效果好、坏的主要标志;在检查丝状体各实验组壳孢子放散量时,壳孢子的数量只有成倍或十倍的差别才被认为是有意义的显著的差别<sup>[2]</sup>。由表8可以看出除V组外,I—IV组在10月20日前的壳孢子放散量都超过了1000万个/贝壳,其中I—III组放散量均接近或超过2000万个/贝壳,都取得了好的培养效果。第IV组虽然形成膨大藻丝的时间晚、数量少,但培养效果还是较好的,而且IV组壳孢子大量放散出现的时间显然比其他各组更早一些。出现这些现象的机制和本质是什么?还有待于进一步探明。

#### 6. 后期缩短光照时间对壳孢子放散量的影响

自9月5日起,每一处理组取出一半的贝壳进行缩短光时的处理。每天用黑色罩子遮光,由长光照改为每日光照8小时,另一半做为对照组。缩光组与对照组壳孢子放散结果如表9、10。

表 9 光照 8 小时(缩光组)对壳孢子放散量的影响(1)

×10<sup>4</sup> 个/贝壳

时间	放散量 实验处理	组别	I	II	III	IV	V
1973.9.11— 11.10 的总 放散量	缩光组		2017	2877	3203	2244	276
	对照组		3453	4379	4314	2437	204
	增减比		-41.6%	-34.3%	-25.6%	-7.9%	+35.3%
1973.9.11— 10.20 的前 期放散量	缩光组		1025	1412	1759	1773	204
	对照组		1734	2411	1869	1016	36
	增减比		-40.9%	-41.4%	-2.9%	+74.4%	+460.4%

表 10 光照 8 小时(缩光组)对壳孢子放散量的影响 (2)  $\times 10^4$  个/贝壳

时 间	放散量 实验处理	组 别	I	II	III	IV
			1974.9.11— 11.10 的总 放散量	缩光组 3203 对照组 4326 增减比 -26.0%	3396 4586 -26.0%	3549 5547 -35.4%
1974.9.11— 10.20 的前期 放散量	缩光组 2249 对照组 2370 增减比 -5.1%	2527 2381 +5.7%	2901 3716 -12.6%	2272 1886 +20.4%		

从表 9、10 的结果可以看出: 在本实验条件下缩光处理后, 绝大多数实验组的壳孢子总放散量并没有出现成倍的增减, 其效果是不显著的, 只有 1973 年 V 组的丝状体, 在 10 月 20 日前壳孢子的放散量有明显增加的现象, 增加了 460.4%。

### 三、讨 论

1. 紫菜的丝状体阶段由果孢子萌发开始, 要经过丝状藻丝的生长、膨大藻丝的形成、壳孢子的形成和壳孢子放散等几个不同的生长发育时期, 每个时期对外界条件的要求是不同的。任国忠等已报道了温度对条斑紫菜丝状体生长发育的影响。本实验则着重研究了在育苗室条件下(以自然光为光源)培养光强对条斑紫菜丝状体生长发育的影响。据前述的实验结果, 发育的三个时期的适宜光强范围可概括为: 丝状藻丝的生长为 1500—6000 Lux, 膨大藻丝的形成 3000—6000 Lux, 壳孢子的形成 300—6000 Lux。丝状体生长发育所以能适应较宽的光强范围与其在自然界的生活环境有关。通常自然界的紫菜丝状体是生长在潮下带含钙质的动、植物的基质上, 受潮汐和海水透明度的影响, 光强变动幅度很大。丝状体长期生活在这样的环境里, 形成了它能够在相当宽的光强范围内正常生长、发育的习性。丝状藻丝在春季生长, 自然光强已由弱渐强, 膨大藻丝大量形成在夏季, 这时自然光强最高, 而壳孢子的形成及放散出现于秋季, 自然光已开始减弱。根据育苗室光强实测结果表明: 5—8 月光强变化幅度不大, 9 月光强已减弱, 大体上符合自然界光强变化规律。

2. 紫菜丝状体阶段由果孢子萌发到大量放散壳孢子是一个完整的发育过程, 中间要经过几个生长发育时期。每一个生长发育时期的状况都直接或间接地影响到丝状体壳孢子的放散量。因而, 弄清不同培养光强对条斑紫菜丝状体生长发育各时期的影响, 就可以有效地通过控制培养光强来调节、控制丝状体生长、发育的进程, 争取使丝状体能够适时地、大量地放散壳孢子, 取得良好的培养效果。

3. 条斑紫菜丝状体的膨大藻丝和壳孢子都是在 12 小时以下的短光照条件下才能大量形成<sup>[2]</sup>。因而在培养后期(9 月份)每日给予 8 小时光照时间, 照例应该有利于膨大藻丝和壳孢子的形成并导致增加壳孢子的放散量。在本实验条件下, 后期光照 8 小时的实验

组(缩光组),其总放散量都没有显著的增加,甚至有的实验组放散量还有所减少。这一现象的出现,可能与青岛地区的日照条件有关。9月份青岛日出到日落的时间已减少到12小时左右,而遮盖许多帘子的育苗室内的照光时间则更在12小时以下,这本来已经可以满足膨大藻丝和壳孢子形成对光照时间的要求,这是本实验缩光效果不明显的主要原因,也是我们提出在培养丝状体后期可以不缩光的依据。但是在某些条件下例如1973年第V组,10月20日前的前期放散量就有明显的增加。1972年的预备实验也有类似的结果<sup>[2]</sup>,在当时的实验条件下,后期用10小时光照培养的和不缩短光照时间培养的丝状体相比,壳孢子总放散量也没有很显著的改变,但10月20日前的前期放散量却有明显的增长。由此可见,缩短光照时间似乎有促进壳孢子提前成熟放散的作用,产生这一现象的原因和机制目前尚不清楚,有待于作进一步的研究。

4. 根据连续两年的实验结果可以看出,采用新的“一次调光”的控光培养措施,来代替原来的“两减一缩”的控光培养措施,同样可以取得很好的培养效果。培养条斑紫菜丝状体时,只要在采果孢子时调整一次育苗室的培养光强就可以了,以后不再需要调整育苗室的光强条件,也不需要后期进行缩短光照时间的处理。从各方面来衡量比较,在适宜光强的范围内,以采用1500 Lux左右的培养光强比较适宜。丝状体即能正常地生长、发育,又不易附生杂藻和硅藻,最后的壳孢子放散量也比较高。自1975年以来,我们先后在本所的育苗室和江苏省如东县等地试用“一次调光”的控光培养措施,大面积地培养条斑紫菜丝状体,大大地简化了培养管理工作,已连续三年取得了良好的育苗效果,受到生产单位的欢迎,因而在今后可以进一步推广应用。

### 参 考 文 献

- [1] 中国科学院海洋研究所藻类实验生态组,1976。条斑紫菜的全人工采苗养殖。中国科学 2: 212—216。
- [2] 中国科学院海洋研究所藻类实验生态组,藻类分类形态组编,1978。条斑紫菜的人工养殖。科学出版社,31—44,74—82页。
- [3] 任国忠、崔广法、费修硬、曾呈奎、刘清晨、李楚璞,1979。温度对条斑紫菜丝状体生长发育的影响。海洋与湖沼 10(1): 28—38。
- [4] 张德瑞、赵汝英、郑宝福,1959。紫菜丝状体的形态和养殖,生物学通报 2: 55—59。
- [5] 陈美琴、郑宝福、王继成,1979。不同氮肥对条斑紫菜丝状体生长发育的影响。海洋与湖沼 10(1): 39—45。
- [6] 黑木宗尚、平野和夫,1955。乾燥、海水盐分、光线がアマノリ類の丝状体(Conchoecelis期)に及ぼす影响。东北水研研究报告 4: 262—278。
- [7] 尾形英二,1961。ノリ丝状体の生長に関する研究。水讲研究报告 10(3): 423—500。
- [8] 本田信夫,1962。アサクサノリ類の养殖における人工采苗に関する研究。冈山水试临时报告 67 pp. (转引自今井丈夫,1970。浅海完全养殖。恒星社厚生阁版,42—47页。)
- [9] 黑木宗尚、秋山和夫,1965。アマノリ類の丝状体の生長、成熟と光条件,IV. 单孢子の放出と明るさ。东北水研研究报告 25: 171—177。

## ON THE EFFECT OF CULTURE LIGHT INTENSITY ON THE GROWTH AND DEVELOPMENT OF THE CONCHOCELIS PHASE OF *PORPHYRA YEZOENSIS* UEDA\*

Zheng Baofu Chen Meiqin and Fei Xiugeng

(*Institute of Oceanology, Academia Sinica*)

### Abstract

Two experiments, one carried out in 1973, the other in 1974, with the aim of determining the effect of culture light intensity on the conchocelis phase of *Porphyra yezoensis* Ueda have been conducted. The conchocelis phase was cultured in ordinary culture tanks with sunlight coming from a ceiling window as source of illumination. The experiment done in 1973 consisted of 5 sets of culture, with a maximum light intensity during clear sky of about 6000, 3000, 1500, 750 and 300 luxes respectively. The experiment done in 1974 included 4 sets of culture, with a maximum light intensity during clear sky of about 6000, 3000, 1500 and 750 luxes.

1. Carpospores were able to germinate at the different light intensities under which they were cultured. The optimum light intensity ranged from 1500—6000 luxes. Under 300 luxes the germination rate of carpospores was particularly low.

2. The same was true for the algal filaments except that growth rate was retarded at a slightly lower light intensity, that is, at 750 luxes.

3. Under the different light intensities swollen filaments (Sporangial branchlets) could be formed. The stronger the light intensity the earlier and much more the swollen filaments formed. The optimum light intensity also ranged from 1500—6000 luxes.

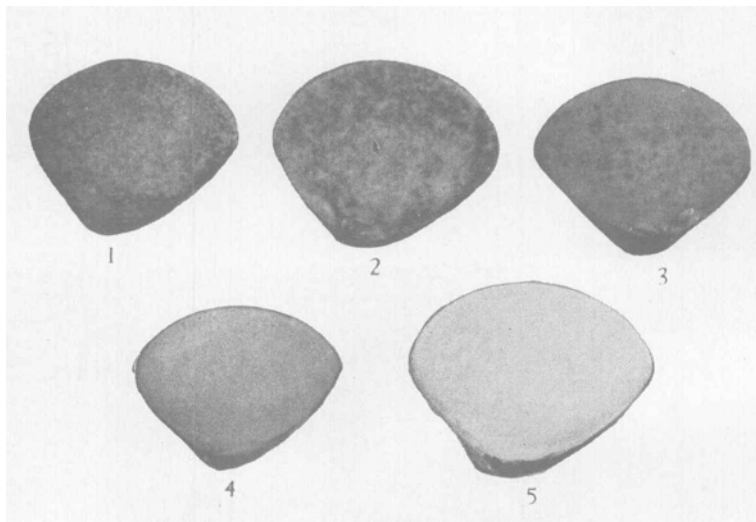
4. The formation of conchospores seems not being influenced by different light intensities. All the swollen filaments formed conchospores shortly after the temperature dropped down below 22°C in spite of both the light condition to which they were subjected and the amount and age of the swollen filaments.

5. In general, the growth and development of the conchocelis of *Porphyra yezoensis* Ueda could take place under a wide range of light intensity. A higher light intensity seems to favor the formation of swollen filaments. The observed tendencies mentioned above more or less reflect the light requirements of the conchocelis in nature.

6. The results of these two experiments prompted us to take measures to regulate the light intensity. All we have to do is to set the highest light intensity of culture tanks under clear sky to about 1500 luxes. Trial experiments in a production scale done since 1975 have given excellent results. It is feasible that this new measure be adopted by production units in their conchocelis culture work.

\* Contribution No. 567 from the Institute of Oceanology, Academia Sinica.





在不同光强下，培养 40 天后的丝状体贝壳在晴天时的最高光强  
1. 6000Lux. 2. 3000Lux. 3. 1500Lux. 4. 750Lux. 5. 300Lux.