

条斑紫菜单孢子及其幼苗的 生态特性与应用研究*

李世英
(中国科学院海洋研究所)

我国的紫菜生产已有200多年的悠久历史,但是全人工栽培紫菜到本世纪60年代才开始,而条斑紫菜的人工栽培则始于70年代。目前我国条斑紫菜栽培面积最大的是江苏省沿海,该地区滩涂广阔平坦,适合紫菜生长,现在紫菜已成为群众性生产的海产品之一。

条斑紫菜生活史分丝状体和叶状体两个阶段,在这两个阶段中可以产生三种孢子:紫菜叶状体成熟后放散的果孢子,它萌发长成紫菜丝状体;紫菜丝状体成熟后可以放散壳孢子,这种孢子萌发长成紫菜叶状体;紫菜叶状体在生长过程中不断形成、放散单孢子,这种单孢子也长成叶状体(曾呈奎、张德瑞,1954)。

在条斑紫菜栽培中,一般应用紫菜丝状体所放散的壳孢子为苗源,所以对壳孢子苗的生理生态特性已有较深入的了解(中国科学院海洋研究所1978)。但有关单孢子的生理生态,则未见较系统的报道。

在条斑紫菜的试验和栽培中,早已观察到紫菜叶状体在生长过程中放散单孢子,这些单孢子对增加紫菜苗量起到一定的作用。60年代王素娟等曾利用紫菜这一特性在自然苗网上进行过“母子网”附苗试验¹⁾,之后崔广法等又用人工苗网进行了“母子网”附苗的生产性试验²⁾。这种方法可以增加栽培面积和收获量,但不能全部替代壳孢子苗,还需要培养紫菜丝状体。培育紫菜丝状体所需设备多、时间长,并易发病害,管理技术比较复杂。如果充分利用单孢子作为苗源来取代壳孢子苗,就可简化条斑紫菜的生产过程。为此,作者对条斑紫菜单孢子及其幼苗的生长发育进行了室内、外的培养实验,研究它同环境因子的关系,及其在大面积生产中的应用。

一、条斑紫菜单孢子的形成、放散和附着与环境因子的关系

在条斑紫菜的人工栽培中利用单孢子作为苗源,首先要使紫菜网帘附着足够的单孢子,才能满足生产需要。探讨和掌握紫菜叶状体形成、放散单孢子以及单孢子的附着所要

* 中国科学院海洋研究所调查研究报告第1394号。本工作承蒙曾呈奎教授指导,费修绶教授对本文提出宝贵意见,邢军武为插图覆墨,在此一并志谢。

收稿日期:1986年12月28日。

1) 王素娟等,1965。在舟山地区进行人工重网采单孢子苗试验。

2) 崔广法、郑庆树、王汉清,1981。条斑紫菜海区母子网重网采单孢子苗养殖试验报告。

求的环境条件非常重要。

1. 光照时间对单孢子形成、放散和附着的影响 1984—1985 年用人工栽培的小紫菜叶状体做材料,分别进行光照 6h, 9h, 12h 的实验。

光源为 40 W 日光灯,光照度 7 klx。培养液是在海水中加入 50 mg/L(NH₄)₂SO₄ 和 5 mg/L KH₂PO₄, 海水比重为 1.018—1.022, 水温 18℃ 左右。一般培养 3—5 天后就进行单孢子附着检查, 由附着量的多少确定光照时间对单孢子形成量的影响。实验结果如图 1。

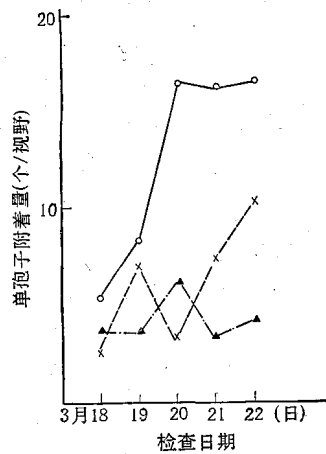


图 1 光照时间对条斑紫菜单孢子形成、放散和附着的影响

○——○6h; ×……×9h; △——△12h

实验日期: 1985.3.12—3.22; 视野面积: 0.229mm²

表 1 光照时间对条斑紫菜形成、放散单孢子的影响

光照时间 检查项目 检查日期	6h			9h			12h		
	总株数	放孢子株数	放孢子株数 总株数 (%)	总株数	放孢子株数	放孢子株数 总株数 (%)	总株数	放孢子株数	放孢子株数 总株数 (%)
1984.10.17.	1312	332	25	985	238	24	1153	158	14
1984.10.24.	360	60	17	286	31	11	304	16	5

由图 1 可知,在 6h 光照的培养瓶内,单孢子附着量为最多,9h 的次之,12h 的最少。由此表明,在实验光照范围内,光照时间愈短,单孢子附着量愈多;光照时间愈长附着量就愈少。我们还统计了不同光照时间下正在放散单孢子的小紫菜的株数及其在总株数中所占的比例(表 1)。从表 1 得知,6h 和 9h 光照下正在放散单孢子的小藻体株数比 12 h 的明显地多。由此可见,6,9h 的光照有利于叶状体形成和放散单孢子。

2. 光照度与单孢子形成、放散和附着的关系

(1) 单孢子形成、放散实验: 1975 年曾用刚附着的单孢子做材料, 分别放在不同光

照度下进行培养实验(李世英、王继成, 1984)。结果是光照度 5 klx 下培养的小紫菜没有放散单孢子, 只有 10 klx 下培养的小紫菜才明显地放散单孢子。

1981 年又用小紫菜做材料, 在不同光照下、进行培养观察(表 2)。结果表明, 光照度在 1.5 klx 以下没有单孢子形成, 在 3.2 klx 以上才形成、放散单孢子, 其放散量随光照度的增强而迅速增长。

表 2 不同光照度对条斑紫菜单孢子形成、放散的影响

单孢子数 (个/mL)	光照度 (klx)			
	11	6.2	3.2	1.5
检查日期				
1981.3.13	630	10.5	5.2	0
1981.3.16	420	47.2	10.2	0
1981.3.19	577.5	39.8	31.2	0
平 均	542.5	32.5	15.6	0

另用正在放散单孢子的小紫菜, 随机选取 15 或 20 株, 分别放在不同光照度下做单孢子放散实验。光照度分别为 20.4, 10.3, 4.7, 2.5 klx, 每组材料都连续进行 2 次, 每个实验重复 3 次(表 3)。结果表明, 光照度为 20.4 klx 时单孢子放散量最高, 2.5—10.3 klx 则放散量变化不大; 由此看出, 光照度在 10.3 klx 以下对单孢子放散量的影响不明显。而表 2 内的单孢子放散量则差异较大, 这是因为该实验用的小紫菜是在不同光照度下培养后才形成单孢子的, 这种在不同光照度下形成单孢子的小紫菜所放散的单孢子, 在数量上有明显差异。这种差异说明不同光照度对紫菜单孢子形成的影响大于对单孢子放散的影响, 所以两个实验出现显著不同的结果。

(2) 单孢子附着实验: 在单孢子放散的同时, 检查了单孢子的附着量。其结果见表 3。由表 3 可知, 单孢子附着量并不是按固定比率随放散量线性增长, 而是随光照度的增大其比率明显增高。

详细观察光照度对单孢子附着量的影响后得知(李世英、王继成, 1984), 光照度范围

表 3 不同光照度下的单孢子放散量、附着量及其百分率比较

光照度 (klx)	时间	第一天			第二天			平均值		
		检查项目			检查项目			检查项目		
		单孢子放散量 (个/mL)	单孢子附着量 (个/11.5 mm ²)	单孢子附着量 单孢子放散量 (%)	单孢子放散量 (个/mL)	单孢子附着量 (个/11.5 mm ²)	单孢子附着量 单孢子放散量 (%)	单孢子放散量 (个/mL)	单孢子附着量 (个/11.5 mm ²)	单孢子附着量 单孢子放散量 (%)
20.4		2070	588	26.9	2270	454	20.0	2171	506	23.3
10.3		1218	261	21.4	1674	344	20.5	1446	302	20.9
4.7		1276	196	15.4	1246	122	9.8	1261	159	12.6
2.5		1177	120	10.2	1942	113	5.8	1559	116	7.5

在 300lx—36klx 内,光线太强或过弱均不利于单孢子附着,光照度在 15—26klx 时最适合单孢子附着,低于 15klx 或高于 36klx,附着量均明显下降。

3. 营养盐 $[(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4]$ 浓度对单孢子形成、放散和附着的影响

(1) 单孢子形成、放散实验: 实验用培养液的 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 浓度分别为 1, 10, 50, 100 mg/L 和对照五种。取没有形成任何孢子和精子的小紫菜, 分别培养, 约 7—8 天后检查单孢子放散量 (表 4)。

表 4 不同 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 浓度培养液对单孢子形成、放散的影响

单孢子数 (个/mL)	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 浓度(mg/L)	对照	1	10	50	100
检查日期						
1980.3.6		0	0	644	800	270
1980.3.7		0	0	830	430	600
1980.3.8		0	0	1494	1760	1800
共 计		0	0	2968	3060	2674

从表 4 看出,单孢子放散量以浓度为 10, 50mg/L 的培养液中的紫菜为最多, 100mg/L 的次之, 1 mg/L 和对照的最少或没有。

此外还用正在放散单孢子的小紫菜在不同营养盐浓度下进行放散实验, 结果是, 单孢子的放散量与浓度无明显关系。

(2) 单孢子附着实验: 在单孢子放散后, 即进行单孢子附着实验。结果表明, 单孢子的附着量基本上是随着单孢子放散量的多少增减, 与营养盐浓度无关。

表 5 不同温度下条斑紫菜单孢子的附着

附苗密度 (个/mm ²)	温度(℃)	0	2.5	5	10	12.5	15	17.5	20	25	单 孢 子 水	
											浓度(个/mL)	水温(℃)
实验日期												
1979.11.20				8.7	16.3		18.2		18.2	29.5	320.0	16.8
1980.1.17					16.0	16.3	15.6	16.2	4.3		386.7	15.0
1980.1.20		2.7	3.6	4.1							226.7	15.0

4. 温度对单孢子附着的影响 据陈美琴等 (1985) 的实验结果 (表 5), 在 0—25°C 范围内, 10—20°C 时单孢子的附着量最多, 5°C 以下附着量显著减少, 25°C 时附着量明显降低。

5. 海水比重对单孢子放散和附着的影响 海水比重的不同对紫菜单孢子的经济利用有较大影响, 特别在沿岸河流较多的海区, 这种影响尤为突出。

(1) 单孢子放散实验: 实验海水比重为 1.010, 1.015, 1.020, 1.025, 1.030, 在自然光、

温条件下,用长度为 0.5—2.0cm 的小紫菜进行实验。结果见图 2。

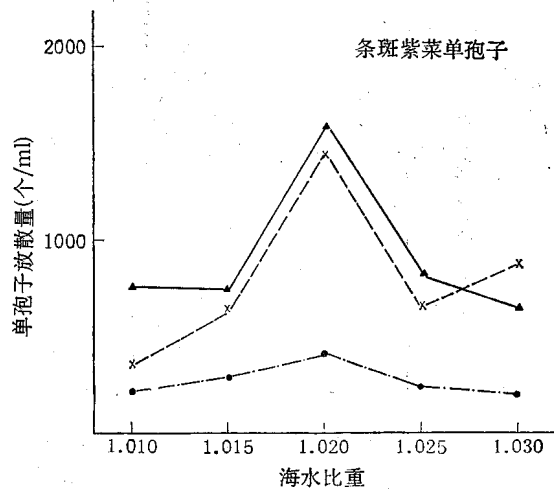


图 2 海水比重对单孢子放散的影响

实验日期: ●—●—● 1984.11.5; ×----×1984.11.7; ▲——▲ 1984.11.8

从图 2 看出,放散 1h 和 2h 的紫菜均以海水比重为 1.020 的单孢子放散量为最多,其次为 1.015 和 1.025,而 1.030 和 1.010 为最差。

(2) 单孢子附着实验: 实验海水分为两组,第一组比重为 1.010, 1.015, 1.020, 1.025 和 1.030;第二组比重为 1.015, 1.017, 1.020, 1.022, 1.025, 1.027 和 1.030。在水温 18—19℃, 光照度 7klx 的条件下,检查不同比重孢子水中的孢子附着数量。其结果见图 3, 4。

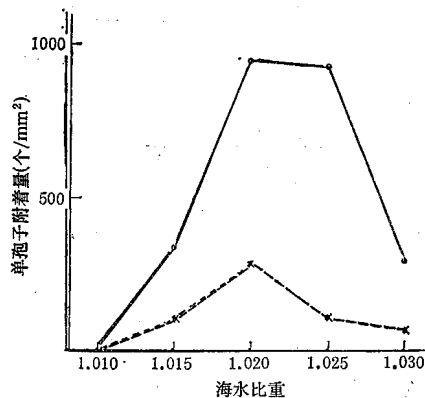


图 3 海水比重对单孢子附着的影响 (1)

实验日期: ●——●1984.11.27; ×----×1984.11.28

从图 3, 4 结果说明, 条斑紫菜叶状体放散单孢子所要求的海水比重范围比壳孢子宽 (崔广法等, 1982)。在比重为 1.010—1.030 的海水中均能放出一定数量的单孢子。但是单孢子的附着则不同, 当海水比重降至 1.010 时, 其附着量受到严重影响。

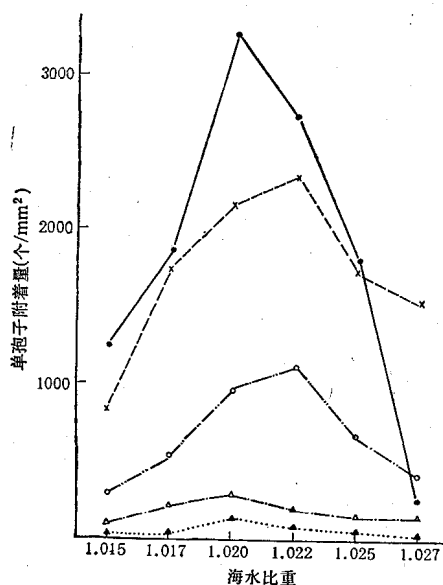


图4 海水比重对单孢子附着的影响(2)

实验日期: ×---× 1983.3.25; ▲---▲ 1984.11.28; △---△ 1984.12.3;
○---○ 1985.3.21; ●---● 1985.3.26

二、单孢子苗和壳孢子苗生长发育的比较

条斑紫菜单孢子和壳孢子的形态表面观较难区别,但其大小和颜色还是有区别的。单孢子近紫红色,直径平均为 $14.4 \mu\text{m}$, 范围在 $12.0-17.5 \mu\text{m}$; 而壳孢子淡紫褐色,直径平均为 $10.0 \mu\text{m}$, 范围在 $8.8-12.0 \mu\text{m}$ 。由单孢子和壳孢子萌发而成的幼藻体也有不同,前者个体肥大、呈紫红色;后者则个体瘦小、呈淡紫褐色。由这两类孢子所长成的小苗对环境条件的要求也不同,现比较如下。

1. 两种幼苗成活率的比较 从历年两种孢子的对比试验中发现,采苗时单孢子附着密度少于壳孢子苗,但是出苗后单孢子苗网上的苗量并不低于壳孢子苗。1984年11月进行的两种孢子附着后的成活率比较(见表6),单孢子苗成活率(86%)比壳孢子苗成活率(31%)高得多。

表6 两种孢子苗成活率的比较

孢子类型	单 孢 子 苗					壳 孢 子 苗				
	1	2	3	4	平均	1	2	3	4	平均
附着孢子数(个/视野)	6.1	5.5	4.7	4.7	5.2	18.9	14.8	12	17.9	15.9
幼苗成活数(株/视野)	4.0	5.2	4.4	4.6	4.5	7.0	0.6	5	6.9	4.9
幼苗成活率(%)	66	95	94	98	86	37	4.1	42	38	31

检查日期: 1984.11.3 (出海前); 1984.11.7 (出海后)。

2. 恒光、恒温条件下两种幼苗生长发育的比较观察 1973年在人工控制下进行的

光、温实验表明,两种幼苗的生态特性不完全相同,单孢子苗生长快,而且对较高或较低光照度的适应能力均比壳孢子苗强。光照度升高到 20 klx 时,壳孢子苗已不能正常生长,而单孢子苗还能正常生长发育;在低光照度下单孢子苗尚能存活,壳孢子苗则逐渐死亡。在不同温度下培养的结果与不同光照度下培养的情况基本一致;在相同温度下单孢子苗一直比壳孢子苗生长快(李世英、崔广法,1980)。

3. 自然海区中两种幼苗生长及产量的比较 在室内实验的基础上,1977—1979 年连续在自然海区中观察了紫菜生长发育的全过程。在不同时期所采孢子的比较试验中,两种幼苗生长速度均有差异,采孢子时间愈晚,两者的差异愈大(李世英,1979)。但是这种差异在紫菜栽培的前期和后期不完全相同,栽培前期单孢子苗网上的紫菜生长速度明显地比壳孢子苗网上的快,紫菜个体长度为壳孢子苗网上的 2—3 倍(李世英,1979)。不同时期采的壳孢子和单孢子的见苗时间(幼苗长度为 1—2 mm)也不同(见表 7),单孢子苗

表 7 不同采苗时间条斑紫菜两种孢子苗见苗天数的比较

采苗日期	10月22日		10月30日		11月7日		11月15日	
孢苗类型	单孢子苗	壳孢子苗	单孢子苗	壳孢子苗	单孢子苗	壳孢子苗	单孢子苗	壳孢子苗
见苗天数	12	21	20	34	27	40	34	63
采苗时海水温度(°C)	18.6		18.2		17.4		14.0	

比壳孢子苗约早 10—20 天。同年单株测量结果也是如此,如 1979 年 12 月 3 日第一批单孢子苗网上的紫菜,平均长度为 3.5 cm,而壳孢子苗网上的紫菜则为 0.4 cm。但是采收紫菜 3—4 次以后,两种紫菜的生长速度逐渐接近,有的壳孢子网上采收的紫菜反比单孢子网上的多(表 8)。

表 8 两种苗源的紫菜产量比较

批数 苗源 紫菜产量 (干重,g/绳) 采收日期	第一批		第二批		第三批	
	单孢子苗	壳孢子苗	单孢子苗	壳孢子苗	单孢子苗	壳孢子苗
1978.1	4.3	2.3	4.6	1.6	/	/
1978.2	7.5	4.4	7.4	5.4	11.0	2.4
1978.3	8.3	14.3	14.5	14.6	22.8	17.3
1978.4	14.3	15.1	13.6	17.4	21.3	19.5
总 计	34.4	36.1	40.1	39.0	55.1	39.2

三、两种苗源的紫菜叶状体蛋白质含量的季节变化

紫菜叶状体含有丰富的蛋白质,其含量同大豆差不多,相当于大米的6倍。

1983—1985年连续进行了不同时期生长的紫菜叶状体蛋白质含量的分析比较(图5)。

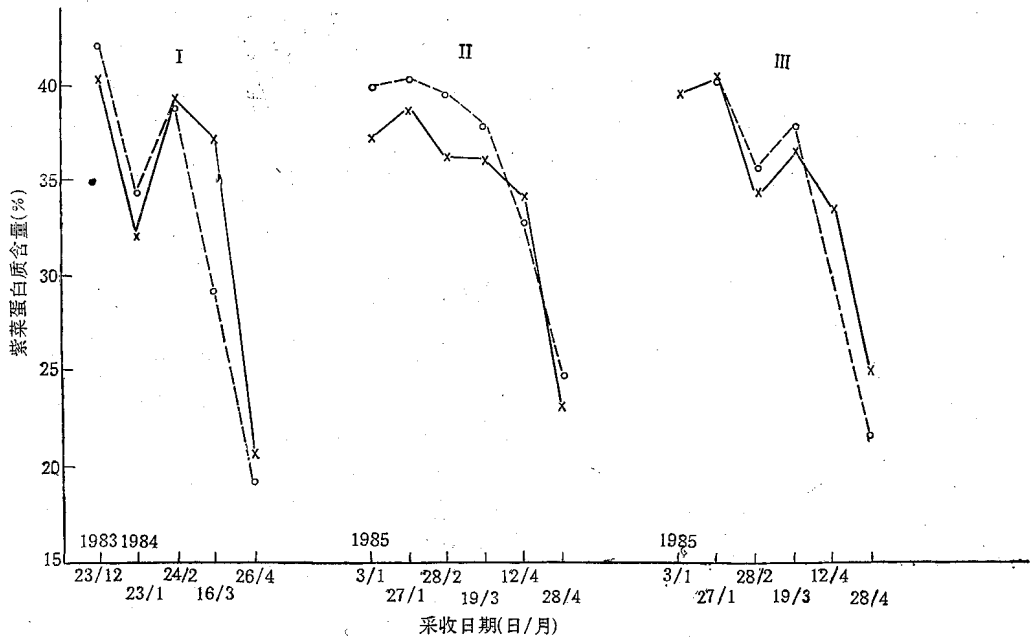


图5 不同时期采收的紫菜叶状体蛋白质含量比较
 采收日期: I. 1983.10.13; II. 1984.10.12; III. 1984.10.11
 ○ 单孢子苗; × 壳孢子苗

分析结果表明,整个栽培期间两种苗源的紫菜叶状体的蛋白质含量比较接近;并且都是前期含量高,可达40%以上,随着栽培时间的推移,含量逐渐降低,最低至20%左右。叶状体内蛋白质含量的季节变化同纪明侯等(1981)的分析结果相一致。对两种苗源的紫菜作同期比较,栽培前期壳孢子苗网上的紫菜叶状体的蛋白质含量略高于单孢子苗网上的紫菜,而在后期则后者明显地高于前者。

四、单孢子在紫菜栽培中的地位与作用

为了进一步了解单孢子在条斑紫菜栽培中的重要作用,1980年对壳孢子苗做了三批定位连续观察,附苗基质为筛绢。开始时每批都有几百株附着的壳孢子苗,随着培养时间的推移,原来附着的壳孢子所长成的小紫菜已经寥寥无几,而在原来附着壳孢子苗的周围却有大量单孢子苗长起,数量由几十株到近百株。这些小紫菜又再放散单孢子,由此而增加的紫菜个体数极其可观。

对紫菜个体放散单孢子的数量也做了统计。从几组实验的结果看,2月采到的紫菜(2—5 cm),在3 h内放散的单孢子平均每株2.3到2.7万个。

船野隆(1970)曾对海上养殖的紫菜网线做过紫菜苗量的统计,他认为紫菜苗由于二次芽(单孢子苗)的增多,高峰时芽数高达采苗时的5倍。

十几年来,从室内、外培养试验中观察到,条斑紫菜最早可在具有10个左右细胞时就开始放散单孢子。随着个体长大,放散单孢子的数量逐渐增加,在适宜的环境条件下可以维持很长时间,网上的单孢子苗也就大量增加。所以在紫菜栽培过程中,挂在试验网附近的空白对照网往往也能出齐苗,并有一定量的收获。如1973年,在空白对照网上曾采收紫菜690 g/m²(干重)。1978年底,海上试验由于初期病烂,小紫菜局部或整株死亡,网上迟迟不能见苗。但到1979年2月,由于海况条件好转,小紫菜逐渐长大,并布满整个网帘长势甚好,这些紫菜主要是单孢子附着生长而成。同年青岛海水养殖一场大面积养殖的紫菜网也出现相同情况。

由上述观察可知,单孢子在紫菜栽培中占有很重要的地位。从栽培过程中单孢子幼苗的增殖量看,栽培条斑紫菜实际上是栽培单孢子苗。

五、生产中单孢子苗的来源和采苗方法

1977年海上栽培试验的产量比较证明,单孢子苗与壳孢子苗的紫菜总产量相接近。1979年与青岛海水养殖一场共同进行较大面积的栽培试验(李世英、夏自孚,1982),在见苗期遇到病烂的情况下单孢子苗网的紫菜产量比壳孢子苗网的紫菜高得多。

1983—1984两年度在江苏省如东县进行了单孢子苗生产性试验,试验结果基本与前相似。栽培条斑紫菜采用单孢子苗,除前述可省去培育丝状体阶段等优点外,还可改善采苗:壳孢子的大量放散集中在上午,采苗只能在上午进行;而紫菜叶状体在上下午均放散大量单孢子,采苗可不受时间限制。

用单孢子做为苗源,其关键是单孢子的来源和采苗方法。

1. 单孢子的来源 主要有两种,一是用当年采的壳孢子苗长成的紫菜叶状体所放散的单孢子,另一种是从冷藏紫菜叶状体得到单孢子。

根据近几年的实践,我们认为,用冷藏紫菜比用当年长成的小紫菜为好。因为壳孢子长成一定大小的小紫菜需要一定时间,为了采壳孢子苗还必须培养紫菜丝状体,因而采孢子受到时间限制。而用冷藏的方法保存种菜(仓掛武雄,1969)就不要培育丝状体,到采苗季节从冷藏库中取出网子或紫菜,挂到海上暂养几天就可用来采单孢子苗,这样就简化了紫菜的栽培过程。

2. 采单孢子苗的几种方法

(1) 室内人工采苗法:取海上暂养的种菜,干燥刺激后放入采苗池内,池内铺上附苗网,搅动海水进行附苗。当网上附着的孢子数达到要求时就可把附苗网挂到海上。

(2) 海上附苗法:在养殖区用已长有小紫菜的网子或冷藏网作母网,在网上附上空白网,紫菜放散的单孢子与网线相遇时,即附着萌发生长。当小苗量达到要求时就可取下网子分挂在养殖架上。

上述两种采苗方法,从试验效果来看,室内人工采苗法较好,可以经济利用单孢子,又可以控制采苗密度和采苗时间。

六、讨 论

综上所述,条斑紫菜单孢子及其幼苗所要求的生态条件在紫菜的人工栽培中具有重要意义。以单孢子作苗源,可以简化紫菜的栽培过程:只需春末冷藏种菜,秋季即可用来采苗。实施这一技术措施的重要一环就是要获得大量单孢子,如何促进单孢子的大量形成、放散和附着就成为中心问题。

1. 外界环境条件对小紫菜细胞质变的作用在本文中已得到证明。小紫菜在短光照时间、较高光照度和 $10-100\text{mg/L}(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 培养液中培养均能大量形成、放散和附着单孢子;而在长光照、低浓度的条件下,则不形成或很少形成紫菜单孢子,但是叶状体却能形成、放散较多的果孢子。这可说明,外界环境因子可以影响细胞的转化方向,从而使叶状体的繁殖方式变化。这种现象在高等植物中也能见到。环境条件对性形成的影响也较明显(E. Г. 米宁娜, 1957),环境条件的变化可促使植物形成雌性或雄性个体。因此可以通过改变环境条件的途径促使藻类向有利于人类利用的方向发展。

2. 单孢子附着的适宜光照度在 $15-26\text{klx}$, 11klx 时的单孢子附着量明显地比 15klx 时的少。右田清治(1972)认为, 10klx 是单孢子附着的最好光照度,这可能是因为他的实验光照度只达到 10klx 的缘故。

在不同光照度下用刚附着的孢子和小紫菜叶状体做材料进行培养实验时,两者形成单孢子的光照度条件不完全一致,前者要求的光照度比后者高。这是因为这两种材料的生理基础不一样(坂村徹, 1959),它们对环境条件的要求也就不同。虽然两者所要求的光照度范围不同,但对光照度的反应规律还是一致的,一般是高光照度比低光照度的好。

3. 单孢子苗和壳孢子苗对环境条件的要求不相同,前者对环境的适应能力比后者强,这一生态特性在生产上非常有用。从温度对单孢子和壳孢子附着的影响看,单孢子附着的适宜温度范围较广,在 $15-20^\circ\text{C}$ 时其附着密度最大,而壳孢子的附着密度在 20°C 时最大。因此,用单孢子作为苗源既可单季采苗也可两季采苗。

4. 在自然海区不同时期采孢子的比较观察中,紫菜栽培前期单孢子苗表现出生长稍快的特点,但采收几次后,两类孢子网上的紫菜生长速度渐趋相近,紫菜收获量也相接近。栽培末期壳孢子苗的紫菜收获量有时还高于单孢子苗。作者认为,栽培初期主要是单孢子和壳孢子两类孢子长成的紫菜,紫菜被采收几次后,网上的紫菜大部或全部均为单孢子苗所更替,因此两种网帘上的紫菜生长速度没有显著区别。至于后期出现有的壳孢子苗网上的紫菜产量高于单孢子苗,其原因还不能解释,有待以后深入研究解决。

5. 用单孢子做为栽培条斑紫菜的苗源,便于培育良种,有利于纯种保存。但是从生物繁殖角度考虑,生物体本身通过有性生殖,有机体可获得复壮,增强其环境适应能力。如果直接利用单孢子繁殖后代,纯粹进行无性繁殖,能否影响后代个体的活力而引起有机体的退化,尚不能定论。

参 考 文 献

- 中国科学院海洋研究所藻类实验生态组、藻类分类形态组, 1978。条斑紫菜的人工养殖。科学出版社, 第2页。
- 李世英, 1979。在自然海区中单孢子和壳孢子幼苗生长和产量的比较。海洋科学 3: 19—20。
- 李世英, 崔广法, 1980。条斑紫菜单孢子和壳孢子的幼苗生长发育的初步观察。海洋与湖沼 11(4): 370—374。
- 李世英, 夏自孚, 1982。关于用冷藏条斑紫菜进行大面积采单孢子苗的试验报告。海洋科学 6: 36—37。
- 李世英, 王继成, 1984。光线强度对条斑紫菜单孢子的形成、放散和附着的影响。海洋科学 2: 41—43。
- 陈美琴, 郑宝福, 任国忠, 1985。温度对条斑紫菜壳孢子和单孢子附着的影响。海洋湖沼通报 3(3): 66—69。
- 纪明侯, 蒲淑珠, 牛柱庆, 1981。不同海区生长的条斑紫菜的氨基酸含量变化。海洋与湖沼 12(6): 522—529。
- 崔广法、陈美琴、林汉刚, 1982。海水比重对条斑紫菜丝状体放散壳孢子和壳孢子附着的影响。海洋科学 2: 44—45。
- 曾呈奎, 张德瑞, 1954。甘紫菜生活史。植物学报 3(3): 287—302。
- 坂村徹, 1959。植物生理学(下卷)。廉源译, 1963, 科学出版社, 207—208页。
- 右田清治, 1972。ノゾ殻孢子と単孢子の着生。長崎大学水産学部研究報告 33: 39—48。
- 仓掛武雄, 1969。海苔網冷蔵の手引き。全国海苔貝類漁業協同組合連合会, 18—21頁。
- 船野隆, 1970。スサビノリ冷凍孢子体に於る人工採苗試験。第一報 採苗と養成。北水試月報 27(8): 2—6。
- E. Г. 米宁娜, 1957。在外界环境影响下植物性别的转变。孙岱译, 科学出版社, 第155页。

PHYSIO-ECOLOGICAL CHARACTERISTICS OF MONOSPORES AND MONOSPORELINGS OF *PORPHYRA YEZOENSIS* UEDA AND THEIR APPLICATION IN CULTIVATION*

Li Shiying

(Institute of Oceanology, Academia Sinica)

ABSTRACT

Since artificial cultivation of *Porphyra yezoensis* Ueda was developed in China, conchospores from the conchocelis have served as a "seed" source. *P. yezoensis* is able to reproduce leafy thallus asexually by monospores. In order to make good use of them as a "seed" source in cultivation, investigation have been conducted concerning the ecological requirements of monospores of *P. yezoensis*.

In the present paper the main results are as follows:

- 1) Irradiance: The light intensity has an obvious influence on the formation of monospores, but relatively little effect on their discharge. The influence of light intensity on the adherence of monospores is likewise strong.
- 2) Light period: A lot of monospores were formed, discharged and adhered when thalli were illuminated under 6, 9 h (light and dark) light period, few were formed and adhered for monospores under 12 h light period.
- 3) Specific gravity: Monospores can only be discharged from thallus under certain specific gravity of seawater ranged from 1.010—1.030, and the optimum specific gravity for disch-

* Contribution No. 1394 from the Institute of Oceanology, Academia Sinica.

arging monospores is about 1.020.

The specific gravity of seawater required for the adherence of monospores differs from that required for discharging. When the specific gravity of seawater is less than 1.015 or higher than 1.027, the number of monospores adhered drops down markedly. The optimum specific gravity for adherence of monospores is about 1.020—1.022.

4) Nutrient: $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ was added as an ammonium source, in concentration ranging from 1 to $100 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$; monospores were most abundantly formed above $10 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$. There was no obvious effect of the added nutrient on adherence and discharge of monospores.

5) Temperature: The number of monospores adhered was comparatively greater when the temperature was at $10\text{--}20^\circ\text{C}$ than that at 5°C . The lower the temperature, the less the monospores adhered, and it drops down evidently at 25°C .

6) In the same condition, the percentage of germination of monospores, 86%, are higher than that of conchospores 31%.

7) The growth of monosporelings is more rapid than that of conchosporelings under the same condition in the laboratory or in the field.

8) Germlings begin to discharge monospores on the early stage, the number of discharged monospores increases as the thalli grow, and the number of monosporelings thus increases. It is obvious that monospore plays an important role in the propagation of *P. yezoensis*, thus in cultivation of *P. yezoensis*, they can be used as a main "seed" source. It is therefore a good practice to use monospores of *Porphyra* thalli instead of the traditional conchospores as "seed" as *Porphyra* thalli can be kept in cold storage.