

# 光照对礁膜合子生长发育的影响

陈昌生

(厦门水产学院, 361021)

**摘要** 礁膜配子接合及合子的附着以 10~12h 的黑暗处理为宜。光强对合子的生长发育影响较大,合子早期生长快,适宜光强为 3000~5000lx,合子后期生长减慢,开始转化形成游孢子囊,适当降低光照强度和缩短光照时间有利于游孢子囊的形成和游孢子的放散。这些研究结果将为礁膜人工育苗提供科学依据。

**关键词** 礁膜,合子,光照,生长,发育

我国海岸带蕴藏着丰富的海藻资源。它不仅可供人类食用和作为工业原料,而且还有很大的药用价值。礁膜(*Monostroma nitidum* Witt) (图版-1)就是其中的一种绿藻。它广泛分布于我国东南沿海中高潮带的岩石或泥沙滩的石砾上,质软味美,含较多的碳水化合物、维生素、氨基酸、无机盐和微量元素,可鲜食或晒干食用。此外,它还具有一定的药用价值,如清热解毒,降低胆固醇等[李伟新,1982;曾呈奎,1962]。近年来,由于海藻资源的衰退,加之人类生活水平的不断提高,现有主要经济种类的海藻,仅仅依靠自然海区生长的数量还远不能满足人们日益增长的生活需要。因此系统开展海藻新品种——礁膜的栽培生物学的研究,通过中间生产试验,提出有效的栽培方法,对于发展海藻栽培业具有重要意义[曾呈奎,1985]。光照对海藻生长发育的影响的报导已有不少[李世英,1979、1984;郑宝福,1980;章景荣等,1990],论述了海藻孢子、配子的形成、放散、附着、萌发与光照有着密切的关系。但有关礁膜栽培生物学的报导却较少[西川博,1983;陈昌生等,1992]。礁膜合子生长的好坏,直接影响礁膜人工育苗的成败,笔者就这些问题先后于1992~1994年多次进行试验研究,现将其结果予以阐述,将为礁膜的人工育苗提供一些基础理论依据。

## 1 材料与方 法

### 1.1 材 料

采自厦门市集美鳌园和火车站附近潮间带的中高潮区。挑选个体完整、健壮、绿色的藻体,先用砂滤海水冲洗两遍,去除杂藻和泥沙,再用毛笔和消毒海水逐株洗刷干净,然后加入培养液(自然海区海水,比重为 1.020,另加  $\text{NO}_3^- - \text{N} 10 \times 10^{-6}$ ,  $\text{PO}_4^{3-} - \text{P} 3 \times 10^{-6}$ , 经过消毒处理),在光强为 2000~3000lx(12L:12D)处培养 2~5 天,当配子放散出来时,用棕色滴管瓶吸取配子液,用于做各项试验。

### 1.2 黑暗处理

取 15 个直径为 12cm 的培养皿,加入定量培养液,用精密移液管吸取配子液 1ml 于培养皿

收稿日期:1994-08-02。

内,置于完全黑暗的地方,每隔 1h 取出 1 个培养皿,计算合子的附着量。

### 1.3 合子附着

取定量的配子液于培养皿中(方法同上),然后分别置于 200、1000、2000、4000、7000lx 光强下,连续 48h 照光,每隔 6h 观察 1 次,计算合子的附着量。

### 1.4 合子的生长发育

为了便于进行不同时期合子生长发育的观察,笔者把合子划分为三个时期:初期合子(合子刚附着,大小为  $5 \sim 10\mu$ )、中期合子( $30 \sim 40\mu$ )、后期合子(大小为  $65 \sim 70\mu$ , 开始形成游孢子囊)。取 6 个培养皿各放入一玻片,加入定量的培养液和配子液,盖上黑塑料布,10h 后取出,测量合子的大小和密度,以此作为初期合子的试验材料;先进行合子的常规培养,当合子达到  $30\mu$  和  $65\mu$  时,分别作为中、后期合子的试验材料,然后分别测量每个培养皿中合子的实际大小、密度、形状等,各自置于 300、1000、3000、5000、70000lx 光强下培养(在恒温室内进行),每隔 10 天检查一次,每组试验各重复一次。

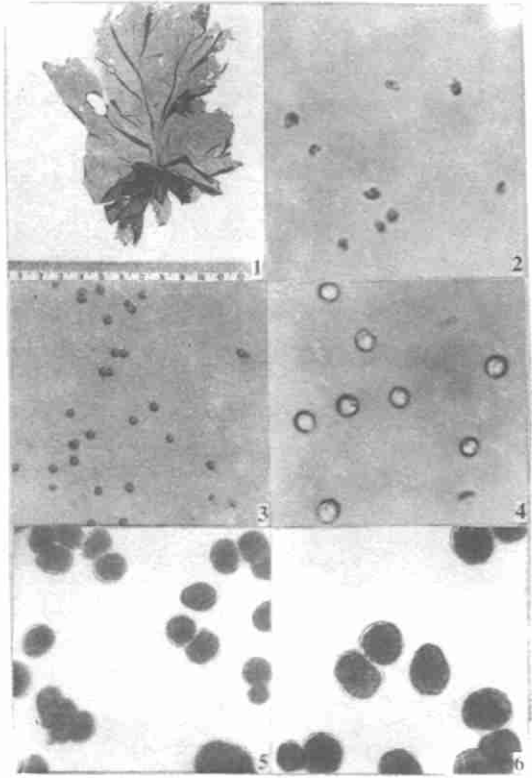
### 1.5 游孢子囊形成及游孢子放散

先进行合子的常规培养,当合子大小达到  $65 \sim 70\mu$  左右时,测量各培养皿中合子的实际密度,以此为材料,进行不同的光照时间(2, 4, 6, 8, 10, 12, 24h 以及黑暗处理)的试验,然后观察合子转化形成游孢子囊及游孢子放散情况。

## 2 结果

### 2.1 黑暗时间对配子接合及合子附着的影响

配子具有两根鞭毛(图版-2),在水中游动时间随着光照强弱而变化。光照强,配子在水中游动的时间长,不易接合成合子。在黑暗条件下,配子在水中分布均匀,而且经过一定时间就接合成合子,然后附着于基质上,且附着较均匀。不同的黑暗处理时间对附着有明显的影响。从表 1 可以看出,黑暗时间 1~24h 均有合子附着,但黑暗时间短(1~4h),附着率较低,仅为 27%~40%;随着黑暗时间延长,合子附着增多,附着率提高,至黑暗 10h 后,附着率达到最高。但是,随着黑暗时间的继续延长,则合子附着量基本不变。



图版 礁膜合子的生长发育

Plate The growth and development  
of the zygote of *M. nitidum*

1. 礁膜; 2. 礁膜的配子,  $\times 830$ ; 3. 配子的接合,  $\times 500$ ; 4. 早期合子,  $\times 350$ ; 5. 中期合子,  $\times 200$ ; 6. 后期合子,  $\times 160$ 。

表1 黑暗时间对配子接合及合子附着的影响

Table 1 The effect of darkness time on gametogamy and adherence of zygote

黑暗时间(h)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	20	24
附着量(个/mm <sup>2</sup> )	38	46	50	56	80	97	119	128	130	140	132	134	136	136	130
附着率(%)	27	33	36	40	57	69	85	91	93	100*	94	96	97	97	93

注:以第10h的附着率定为100%,其余类推。

## 2.2 光强对配子接合及幼合子附着的影响

根据上述实验,礁膜配子接合(图版-3)及合子附着在黑暗处理9~10h就可达到最大值。但是,光照试验与黑暗试验不同。光照对配子接合及幼合子附着有较大的影响。从表2可以看出,无论是强光还是弱光都能延长配子的游动时间,导致配子不易接合。随着光照强度的增大,配子游动时间增长。在200lx的弱光下,经过30~36h后,合子的附着量才达到90%以上。在2000~7000lx光照下,经过42~48h后,几乎全部的配子才接合成合子而附着。由此可见,随着光照强度的增强,配子游动时间增长,不易接合成合子。

表2 光强对配子接合及合子附着率的影响

Table 2 The effect of light intensity on gametogamy and adherence of zygote

光强(lx)	6(h)	12(h)	18(h)	24(h)	30(h)	36(h)	42(h)	48(h)
200	53.2	64.2	77.5	83.0	91.8	97.5	100	100
1000	38.0	57.5	65.8	73.3	78.3	91.8	97.5	100
2000	10.7	26.7	52.5	70.0	75.0	91.2	95.7	99.2
4000	7.5	25.0	50.0	60.7	77.5	84.0	91.7	98.3
7000	2.5	22.5	48.2	67.0	75.0	83.5	90.8	98.2

注:试验水温20℃,海水比重1.019,下同。

## 2.3 光强对合子生长发育的影响

### 2.3.1 初期合子

幼合子在弱光(300lx)下生长缓慢,经过30天培养,由原来的4.4 $\mu$ 增长到11.0 $\mu$ (表3)。随着光强提高,合子生长加快,在3000lx时,生长最快,经过30天培养后,大小达到57.2 $\mu$ ,比弱光组大4.2倍。但是,光线进一步增强,合子生长没有加快。从数量变化来看,光照弱,合子死亡率比较低;光线增强,合子死亡率变大。例如,经过30天培养,300lx组的合子减少5.3%,3000lx组的减少17.9%,5000lx组的减少18.3%。初期合子呈绿色,大部分是单细胞。培养20天后,少量合子开始横分裂为二细胞。在不同的光强下,分裂情况不同,在弱光下合子较少发生分裂,多为单细胞,而在3000~5000lx下产生分裂的合子较多(图版-4)。

### 2.3.2 中期合子

当合子常规培养达到30~40 $\mu$ 时,分不同光照强度培养,其生长表现出明显差别(表4)。合子在300lx处生长缓慢,经过30天培养,大小增长44.3%;在3000lx处,合子生长快,大小增长92.1%;而在7000lx处,细胞增长不如3000lx组。从合子的数量变化来看,1000lx合子死亡较少,5000~7000lx处合子减少量较大。从合子的颜色变化看,中期合子颜色加深,由绿色变为深绿色。从合子的分裂情况看,300~1000lx处合子分裂较少,3000~5000lx处合子分裂较多,有将近四分之一的合子发生二分裂,7000lx组的合子分裂数目比3000lx组的少(图版-5)。

表3 初期合子生长与光强的关系

Table 3 The relationship between growth of zygote of the early stage and light intensity

光强(lx)	300		1000		3000		5000		7000	
	大小	密度	大小	密度	大小	密度	大小	密度	大小	密度
培养天数(d)	( $\mu$ )	(个/cm <sup>2</sup> )	( $\mu$ )	(个/cm <sup>2</sup> )	( $\mu$ )	(个/cm <sup>2</sup> )	( $\mu$ )	(个/cm <sup>2</sup> )	( $\mu$ )	(个/cm <sup>2</sup> )
10	6.6	4460	8.8	9390	13.6	6690	9.7	6050	8.8	5100
20	7.9	4270	15.4	8200	39.6	6210	27.5	5650	18.0	4940
30	11.0	4220	17.2	7530	57.2	5490	52.8	4940	41.8	4860

注:试验起始材料的平均大小为4.4 $\mu$ 。

表4 中期合子生长与光强的关系

Table 4 The relationship between growth of zygote of the mid-stage and light intensity

光强(lx)	300		1000		3000		5000		7000	
	大小	密度	大小	密度	大小	密度	大小	密度	大小	密度
培养天数(d)	( $\mu$ )	(个/cm <sup>2</sup> )	( $\mu$ )	(个/cm <sup>2</sup> )	( $\mu$ )	(个/cm <sup>2</sup> )	( $\mu$ )	(个/cm <sup>2</sup> )	( $\mu$ )	(个/cm <sup>2</sup> )
0*	34.3	2250	35.4	2250	35.5	3150	39.3	5100	39.6	2950
10	40.2	1500	46.6	2200	55.3	3000	58.3	4150	53.9	1950
20	47.3	1450	58.3	2190	62.7	2300	61.6	2850	56.1	1800
30	49.5	1350	61.6	2100	68.2	2800	66.0	2800	59.4	1650

注:指的是试验起始材料的大小与密度,其单位同表1,下同。

### 2.3.3 后期合子

当合子大小达到65~70 $\mu$ 后,合子的生长不明显,开始转化形成游孢子囊。从表5可以看出,后期合子在300lx、1000lx光照下培养,生长缓慢。经过30天培养,大小只增长7.5%和15.8%,5000~7000lx光强处培养的合子也与这差不多。但是,合子分裂和形成游孢子囊的情况则不同。在300lx处,有39%的合子转化形成游孢子囊。3000~5000lx处,虽然有近一半的合子发生分裂,但形成游孢子囊的数目只有17%~19%。从合子的数量变化看,300lx组的减少14.8%,3000lx组的减少22.0%,7000lx组的减少32.1%。由此可见,随着光线增强,后期合子死亡率增大(图版-6)。

表5 后期合子生长与光强的关系

Table 5 The relationship between growth of zygote of the late stage and light intensity

光强(lx)	300		1000		3000		5000		7000	
	大小	密度	大小	密度	大小	密度	大小	密度	大小	密度
培养天数(d)	( $\mu$ )	(个/cm <sup>2</sup> )	( $\mu$ )	(个/cm <sup>2</sup> )	( $\mu$ )	(个/cm <sup>2</sup> )	( $\mu$ )	(个/cm <sup>2</sup> )	( $\mu$ )	(个/cm <sup>2</sup> )
0	65.2	1210	66.7	1410	65.9	1360	66.1	1290	68.3	1370
10	67.6	1180	69.8	1400	69.2	1300	70.2	1080	69.8	1210
20	69.5	1010	73.7	1350	76.1	1210	77.8	920	72.1	1070
30	70.1	1030	77.3	1360	78.2	1060	79.3	810	76.5	930

### 2.4 光照时间对游孢子囊形成及放散的影响

光照时间的长短对游孢子囊形成(图版-6)有一定的影响。从表6可以看出,黑暗处理1个月,游孢子囊的形成率达60.8%,这时进行游孢子放散试验,放散率高达52.1%。每天光

照 2h,有 61.5%的合子转化形成游孢子囊,游孢子的放散率达 49.6%。但是,随着光照时间的延长,游孢子囊转化率明显降低,且游孢子的放散量也较少。例如,光照 6~8h 的游孢子囊形成率为 32.5%和 30.1%,而光照 12h、24h 组的只有 17.5%~18.2%的合子转化形成游孢子囊,而且一部分游孢子囊在长时间的光照下,有“流产”的现象,致使游孢子放散不集中。由此可见,光照对后期合子的成熟影响很大,缩短光照时间有利于游孢子囊的形成。

表 6 光照时间对游孢子囊成熟率及放散率的影响

Table 6 The effect of light time on the formation and discharge of the zoosporangium

光照时间(h)		0*	2	4	6	8	10	12	24
15天	成熟率(%)	10.9	9.9	8.1	7.2	6.0	6.1	5.3	4.6
	放散率(%)	0	0	1.2	2.1	7.2	1.2	1.9	3.2
30天	成熟率(%)	60.8	61.5	46.2	32.5	30.1	20.9	17.5	18.2
	放散率(%)	52.1	49.6	29.4	21.2	23.1	10.8	12.7	13.8

注:\*指黑暗处理。其它各组光强 2000~2500lx,温度 25℃。

### 3 讨论

日常所见的礁膜是配子体,春季成熟时产生具有二条鞭毛的配子,礁膜虽是雌雄异体,但两种藻体在形态构造上难以区别,两种配子的大小也相差不大。在适宜的条件下,当两种配子相互混合时,就可看到两个配子相互接合成合子,合子遇到适宜的基质后附着。本文着重就合子的附着及生长发育方面进行探讨和研究。礁膜配子具有明显的趋光性,在光照强的地方聚集成团,而且随着光照增强,配子在水中游动的时间增长,不易接合成合子。对配子液进行黑暗处理后,配子在水中分布均匀,适宜的黑暗处理可以提高附着率。据试验,黑暗处理 9~10h,合子的附着率高达 93%~100%,而经过 0.5~1h 黑暗处理的,附着率低。这是因为黑暗时间短,大部分配子尚未接合成合子,即使有一些已接合的配子,也尚未完全附着牢固,在光照刺激下,又会重新游动起来,导致附着率降低。但是,如果把黑暗时间延长到 12~24h,附着率并没有提高。笔者曾把黑暗处理 24h 后附着的合子进行常规培养,发现合子死亡率比黑暗处理 10h 的高,而且细胞大小增长率也较低。这也许是因为黑暗时间过长,附着的合子因较长时间得不到光照,无法进行光合作用,从而导致生长受抑制甚至死亡。日本报导黑暗处理以 0.5~1h 为宜,从我们的多次试验来看,0.5~1h 黑暗处理时间短,不仅合子附着不均匀,而且仍有不少配子因趋光而聚集成团,不符合生产要求,而 10~12h 的黑暗处理,无论是附着均匀程度,还是附着率都比较理想。可以推测,礁膜人工育苗时,采配子的黑暗处理时间为 10~12h。

从合子的生长特点来看,合子早期生长快,细胞大小增长率较大,在 3000~5000lx 处培养一个多月,合子大小就可达到 50 $\mu$  以上。若继续强光培养,合子就会过早转化形成游孢子囊。初期合子在 1000~2000lx 处,合子生长速度较慢,经过一个月培养,合子大小才达到 30 $\mu$  左右。合子培养中期,生长的适宜光强为 3000~4000lx,在这一光强范围内,合子生长较快,而且细胞二分裂较多,后期合子生长的特点是生长减慢,逐渐转化形成游孢子囊,适宜的光强为 1000~3000lx,在培养过程中适当降低光照,既有利于形成游孢子囊,又可减少合子的死亡率。从自然海区礁膜的生长发育情况来看,礁膜配子体的繁殖盛期是在 4~5 月,配子放散出来后、接合成合子,以合子的形式度过炎热的夏天,大约在 10 月份,在自然海区生长的合子才转化形成游孢子囊,然后放散出游孢子,长成礁膜幼体。因此,在人工育苗时,早期光照不能过强,否则合

子生长过快,会过早形成游孢子囊,这时一旦培养水温、光照等条件发生变化(刺激),很容易使游孢子放散出来,而夏季的炎热高温会使游孢子无法生存,以致死亡。所以,我们认为幼合子生长的光强应较弱,以 1500 ~ 2000lx 为宜,当合子大小达到 30 $\mu$  以上,适当提高光强,增大到 2500 ~ 3000lx,以促使合子进行分裂,增加合子的数目。当合子大小达到 65 ~ 70 $\mu$ (后期合子)时,适当降低光强,有利于游孢子囊的形成。在后期合子培养过程中,缩短光照时间,效果更佳。总之,在人工育苗中,应当根据自然海区的水温变化,灵活掌握合子生长的光照强度,使合子在适当的时候转化形成游孢子囊,以便获得更多活力好的游孢子。

本项目由福建省自然科学基金提供资助。工作中得到章景荣副教授的大力支持和帮助,张明军、石永岭、林 财参加部分工作,特此一并致谢。

### 参 考 文 献

- [1] 李世英等,1979。光线强度对条斑紫菜壳孢子附着的影响。海洋与湖沼,10(2):183 ~ 186。
- [2] 李世英等,1984。光线强度对条斑紫菜单孢子形成、放散和附着的影响。海洋科学,(2):41 ~ 43。
- [3] 李伟新等,1982。海藻学概论,192 ~ 194。上海科技出版社。
- [4] 陈昌生等,1992。盐度和营养盐对礁膜配子体发育的影响。水产学报,16(4):387 ~ 391。
- [5] 郑宝福等,1980。培养光强对条斑紫菜丝状体生长发育的影响。海洋与湖沼,11(4):362 ~ 369。
- [6] 章景荣等,1990。细基江蓠繁枝变型的生长与光照强度的关系。厦门水产学院学报,12(2):15 ~ 20。
- [7] 曾呈奎等,1962。中国经济海藻志,34 ~ 36。科学出版社(京)。
- [8] 曾呈奎等,1985。海藻栽培学,5 ~ 7。上海科技出版社。
- [9] 西川 博,1983。ヒトエグサ人工育苗试验。长崎县水产试验场事业报告书。

## THE EFFECTS OF LIGHT INTENSITY ON THE GROWTH AND DEVELOPMENT OF THE ZYGOTE OF *MONOSTROMA NITIDUM*

Chen Changsheng

(Xiamen Fisheries College, 361021)

**ABSTRACT** Treatment for 10 ~ 12h by darkness is suitable for the gametogamy and adherence of the zygote of *Monostroma nitidum*. Effects of light intensity exerts great influence on the growth and development of the zygote. In the early stage the zygote grew rapidly, a suitable light intensity was 3000 ~ 5000lx, but it was slow down in the late stage and the zoosporangium began its formation. Suitably reducing light intensity and shortening the time of light were favourable for the formation of the zoosporangium and the discharge of zoospore.

**KEYWORDS** *Monostroma nitidum*, zygote, light intensity, growth, development