

# 温度和水层对石花菜生长的影响

李宏基 李庆扬 庄保玉

(山东省海水养殖研究所)

## 提 要

作者采用石花菜的局部小枝,在海上短时期培养的方法,以重量为指标,清楚地看出温度与水层对石花菜生长的影响,获得以下结论:

1. 石花菜生长最快的温度为22—26°C,它的最适温度为20—25°C。石花菜生长的适温以8°C为下限。限制石花菜生长的低温大约为0°C。
2. 石花菜生长最适宜的水层为0.3米。随水深的增加,生长越来越慢。
3. 根据实验的结果,我们建议:8°C以上作为石花菜的养殖期。即相当于青岛地区从5月到11月。夏季应该消除海洋动物附着的危害。筏养石花菜应利用0.3米以内的浅水层。
4. 石花菜小枝的再生假根以20—28°C生长最好,这期间可作为石花菜的人工营养繁殖期。

石花菜(*Gelidium amansii* Lamx.)是制造琼胶的重要原料。日本对石花菜的研究开始得较早。例如,木下、平野、高桥(1935)研究了温度与石花菜孢子萌发的关系,他们认为,石花菜孢子发生的适宜温度为15—25°C<sup>[6]</sup>。片田(1955)认为24—26°C是最适温<sup>[7]</sup>。而关于大藻体生长与温度的关系的资料却较少。殖田和片田(1949)认为,石花菜2—4月生长快<sup>[10]</sup>。殖田等(1963)认为,石花菜从孢子萌发的幼体,在夏末到秋冬期间生长缓慢,几乎呈停滞状态。石花菜的新老藻体,度过了生长缓慢的秋冬期间,“立春”时开始快速生长,初夏时生长茂盛<sup>[8]</sup>。须藤(1966)认为,未成熟藻体的生长以25°C最适宜<sup>[8]</sup>。关于石花菜的分布与温度的关系,木下(1942)提出,月平均2°C以下的温度区域限制了石花菜的分布,并且指出,2°C以下的低温对石花菜有害<sup>[6]</sup>。这一论点以后又为远藤、松平(1960)所重述<sup>[11]</sup>。

在我国,关于石花菜生长与温度关系的研究尚无报道,但据《海藻学》记载,石花菜生长的最适温为25—26°C,最高限为28—29°C<sup>[1]</sup>。可是《藻类养殖学》(1961)一书中则认为石花菜生长以10—24°C为适宜温度<sup>[2]</sup>。

综合以上的结论,石花菜生长与温度的关系,可以归纳为两点,即:

- (1) 孢子萌发期的适宜温度为15—25°C,最适温为25—26°C。对此没有什么争议。
- (2) 大藻体石花菜的生长,有的认为以25—29°C的高温期生长最适,有的认为以10—

24°C为最适。这样,高温(>25°C)对石花菜生长有两种相反的结论,有的认为高温为最适温,有的认为高温不是最适温。因此,石花菜生长的适温是有争议的。

关于石花菜生长的水深要求,《中国经济海藻志》(1962)记载,石花菜生长自大于潮线附近至水深6—10米间的海底岩礁上,藻体一般呈鲜红至紫红色,是阴生红藻的特征<sup>[4]</sup>,说明石花菜属于深水生活的海藻。作者等于1954年对青岛沿岸石花菜的调查发现,石花菜广泛分布于低潮带,但有的分布于中潮带的石沼中,其中大的藻体长至10厘米,即达到低潮带一般石花菜的大小。说明石花菜于浅水中亦可生长很好。日本的须藤著作中指出,神奈川县5—6月,为海面光强15—30%处的石花菜生长繁茂,40%以上处光过强,5%以下光弱生长不好<sup>[5]</sup>。这就是说,石花菜的生长有一个适宜的水层。

温度是确定石花菜养殖期的重要根据,所以了解石花菜生长的适温与夏季高温期的生长状况是十分必要的。此外,了解石花菜生长的适宜水层,不仅对人工筏式养殖有实践意义,而且对分析海藻的垂直分布也有理论意义。

## 材 料 和 方 法

(1) 材料 实验用的石花菜,是青岛团岛湾中的大黑栏附近,自然生长于海底岩礁上的成株。一般选用株高10厘米以上,藻体健壮,附着物少的植株。每次,从采集的石花菜中,选出具备上述条件的10株备用,再从每株最高的顶端并具有完整生长点的主枝,剪取3—4厘米长的一段小枝,称为一棵。每株上剪下5棵,从10株中共剪50棵小枝,石花菜的繁殖期间,以选不带孢囊枝的材料为原则,但于繁殖盛期,只能选孢囊枝少的植株作为实验材料。

小枝的处理:实验用小枝经过用塑料毛刷刷洗,清除浮泥及其他附着物,然后放入盛有清洁海水的长方形浅盘中,从10株上剪下的50棵小枝,共摆成5排,每排均由不同株上剪下的小枝所组成,这5排小枝将分置于5种水层中进行培养。

小枝的称重:称重时,先用镊子从浅盘水中取出一棵小枝,放在多层消毒纱布里吸取多余的水份,再以精密扭力天平称重,操作时要求迅速,以免水份蒸发影响称重的准确性,或者影响以后的生长。这样操作经过多次证明误差在0.5毫克以下。每棵的重量控制在20—30毫克,一般每排小枝的总重量要求在250毫克左右,即平均棵重25毫克。由于取材的每棵重量都超过要求,因此可以剪去小枝的下部,尽量作到平均棵重的整数相同。

(2) 实验的方法 把10棵组成一排的石花菜小枝,逐个等距地夹在15厘米长的一段白色细尼龙线绳上,尼龙线绳拉紧,固定在直径5厘米,长20厘米的玻璃管筒中,使小枝在筒中保持既舒展,又不互相遮光的状态。玻璃管筒的两端用180孔粗筛绢扎紧,防止钩虾(*Jassa* sp., *Amphithoe* sp.)等敌害进入筒内咬食而影响石花菜的生长。最后按不同水层的深度,取合适长度的尼龙绳绑在每个玻璃管筒的中部,垂挂于浮筏上培养。这一方法与张定民等(1964)研究紫菜生长的方法相类似<sup>[6]</sup>。

(1) 根据曾呈奎等“几种底栖海藻的光合作用同光强的关系”(摘要)。1978年全国海洋湖沼学会论文(摘要)油印本。

在培养过程中,每隔一天把玻璃筒里的沉淀物倒出,并冲洗附在石花菜上的浮泥,每次实验的第 5 天用试管刷刷去筛绢上的附着物,以利水流畅通。如果附着物较多就换以新的筛绢。

1) 温度实验:为了保证石花菜能正常进行生长,因此实验在海上自然条件下进行。为了使实验温度的变化幅度较小,同时又可以观测到确实的生长数据,所以每种温度实验确定为 10 天。实验期中,每天测量海水温度二次(早 6—7 时,午后 14—15 时),其平均值为日平均温度,10 天的日平均温度的总平均值为实验的温度。

实验温度共分 11 种,最低温度为 1°C,最高温度为 28°C。由于青岛的旬平均水温一般不出现 1°C 及 28°C,所以最低温度在威海港的渔港附近进行,最高温度在龙口湾的渔港附近进行。

由于温度实验在海上自然水温条件下进行,所以,除了最高和最低温度外,其余的温度一年间都出现 2 次,一次是从低向高的升温过程中出现的,一次是从高向低的降温过程中出现的。我们的实验除 1°C 外,主要在温度上升的过程中进行。石花菜在适温范围进行生长时,向上升温或向下降温,生长度随温度而变化,但接近于限制生长的温度时,石花菜出现一系列的适应,因而实验材料的基础情况,对结果有重要影响。如在 1°C 石花菜处于基本不生长状态,将其移到 2—3°C 下进行生长,与处于 4—5°C 尚微微生长状态的石花菜,也移到 2—3°C 的温度下进行生长,二者生长的结果可能不同,所以 2—4°C 的温度实验都重复 2—3 次。在温度上升过程,石花菜生长度形成高峰,当温度下降再出现这一温度时,也作了重复。凡是重复的实验结果,一律用多次实验的平均值。关于表层的温度状况整理成表 1。

表 1 实验期间的海水温度

批 数		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
温度°C	范 围	0.1 2.2	0.7 2.6	2.4 5.4	5.7 11.4	10.4 15.2	14.9 18.3	19.3 21.6	21.2—21.0 22.8—23.3	22.4 24.7	25.8 26.7	27.3 29.2
	平 均	1 (1.0)	2.0 (1.5—2.0)	4 (3.6—3.8)	8 (8.3)	12 (12.4)	16 (16.4)	20 (20)	22 (22.0) (21.9)	24 (23.6)	26 (26.2)	28 (23.4)
日 期		1.20 1.30	1.11—1.21 2.13—2.23	1.9—1.19 2.26—3.7 3.4—3.14	3.27 4.7	4.30 5.10	5.21 5.31	6.16 6.26	6.23 7.8	7.17 7.27	7.27 8.7	8.10 8.20

2) 水层实验:水层对于海藻的生长来说,是一个综合因素,但影响生长最重要的因素为光线,因为光线的强弱随水层深浅而变化,水层浅光线强,水层深光线弱。因此水层试验,实际上主要是研究光强对石花菜生长的影响,试验的水层分为 5 种:海面下 0.3 米、1 米、2 米、3 米和 4 米。水层试验与上述的温度试验同时进行,即在同一温度条件下,分 5 种水层观察对生长的影响。

关于不同水层的光强状况,经过不同的天气(晴、阴、多云等),不同风浪形成不同的海水混浊状况,分 0.3 米、2 米及 4 米三个水层,使用国产 2D-Si 型浅水照度计进行测量,同时从低温到高温都用 7151-20 型半导体深水温度计观测不同水层的温度,将其中有意义的结果整理成表 2。表 2 只是说明不同天气于不同水层中光强范围和不同温度条件下

表2 不同水层中温度与光强的变化

水深 (米)	温 度 (°C)					光 强 ( $\times 1000$ Lux.)						
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	合计	%
0						56	48	155	80	7	346	100
0.5	25.6	20.0	12.0	4.1	2.1	26	18	75	34	2	155	44
2.0	24.7	19.8	11.8	4.0	2.1	14	10	40	16	0.3	80.3	23
4.0	23.7	19.6	11.7	4.0	2.0	16	4	15	7	0	42	12

于不同水层中的温度差异。

由于浅水层(0.3—2米)光线充足,当温度适宜时,附着性硅藻于三日内就繁殖起来,试验的材料亦有被硅藻附着的,因此对生长有一定影响。

(3) 生长的测定 石花菜经海上培养10天后,在海上预先冲洗一次,用塑料桶汲取清洁海水,再把材料浸入桶中带回室内,用刷子把材料上附着的硅藻、浮泥等刷洗干净,按序摆在内盛清洁海水的白色搪瓷浅盘中。再取出逐棵吸水、逐棵测定重量。测定方法与下海前的测重相同。同一水层的10棵重量之和为10天的总重量,减去原来下海前的重量为10天的生长,即增加的重量,最后算出每棵的平均日增重。

石花菜的生长指标,一般都用长度表示。但是长度相同的石花菜并不表示其大小相同,二者的重量可能相差多倍,特别我们的实验是用短期生长的结果,还要研究限制生长的温度,长度生长往往不明显,用普通直尺测量不出增长状况,用测量显微镜测既麻烦又不适用。采用重量指标,对多生长点的石花菜较为适宜,因为重量指标是综合性状,不仅可以测出微量生长数值,而且重量是生产指标,更接近于生产实际。

## 结 果

### (一) 生长情况

我们使用的实验材料为石花菜的顶端部分,长度大约为3—4厘米,为石花菜全棵的重要生长部位,它的生长情况,在一定程度上代表着石花菜全株的生长。根据实验观察的生长情况,可以分为三个时期,即微弱生长期,生长期,快速生长期。

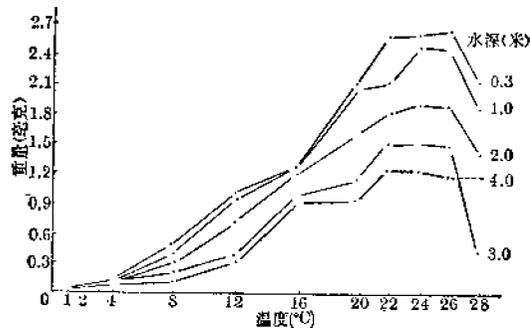
(1) 微弱生长期 石花菜生长缓慢时,藻体呈紫红色或鲜红色。各部分颜色一致,或者分枝的生长点颜色稍淡,剪断的切口处,不愈合,保持原来剪切的状态。如果有敌害咬坏生长点,或生长条件不适等情况,大约于4—5天就会有以上的反映。但是低温限制生长时,藻体保持实验开始时的原样,不发生明显变化。

(2) 生长期 石花菜在适温条件下进行生长,藻体呈两种颜色,例如实验用的石花菜,枝顶端及各小分枝色较淡,,其余部分色较浓,根据顶端色淡部分的大小,表示局部的生长状况,色淡部分大,生长快,色淡部分小,生长慢。从整个的藻体颜色来看,生长快时色淡,生长慢时色较浓,藻体颜色的浓淡程度,在一定程度上表示生长的快慢。于适温条件下,剪断主枝的切口处,于一周内萌发出短的芽状假根,有的向四周发出出的白色假根。顶端部折断的亦能再生新枝。

(3) 快速生长期 整个营养枝色淡,呈淡红色,枝顶端的色淡部分大,而且与其他部分没有颜色的明显界限,这是生长旺盛的特征。剪断的切口处,于4—5天生出白色短假根,并且有的假根又发出1—2次毛状分歧的细假根,大约于10天后,能够固着于生长基质上,而成为一棵新的植株。

## (二) 温度与生长的关系

我们把每次测量的结果,整理成表3和附图。



附图 不同温度下各水层石花菜的平均日增重

1. 温度与生长的关系,从表3可以清楚的看出,石花菜在各种不同水层中的平均日增重的合计数以9.873为最大,表示24°C生长最快,以0.157为最小,表示1°C生长最慢,如果24°C的9.873为100,则1°C的0.157为其1%。这表明1°C下石花菜还有微小生长。

如果把温度与生长的关系以时期来表示:“立春”以后水温最低,石花菜停止生长。“春分”(3月下旬)以后,逐渐表现出生长的特征。从6月下旬至7月上旬,即“夏至”以后,石花菜生长最快。8月下旬水温最高的“处暑”时期,生长也较快。“立秋”以后,水温下降,生长度亦随之下降,但直到“大雪”还都进行生长。进入寒冬的“大寒”时期,生长很微,大约有半数不进行生长。

2. 实验的温度范围为1—28°C,共分11个梯度进行。无论任何水层,生长最好的温度为22—26°C,可以视为快速生长的温度。但是附图中0.3米水层的生长曲线,在24°C时意外的向下波动。这是由于选择材料或者因为实验处理过程,引起二棵石花菜小枝发生烂坏,致使影响了准确性。另外在22°C与24°C的浅水层,24°C与26°C的3米水层,都出现了微小不合理的波动,这可能由于生长能力相近,而于不同时间里进行实验,其他因子(如水混、阴天等)干扰引起的。因为22—24—26°C之间的温差仅2°C,最大的生长差仅4%,实际相差很小,所以于表3相同水层中的生长值,在两种相近温度之间都互有出入。为了减少因为干扰引起的影响,我们从一种温度各种水层生长的总和进行比较,仍可以清楚地看出,温度较小之间的生长差别。如24°C时生长最快、26°C时次之、22°C的生长又次之。

3. 从表3及附图中可以看出,石花菜生长最快的温度为22—26°C,相当于7—8月夏季到初秋期间,7—8月是青岛石花菜繁殖的盛期。因此,生长最快的时期就在孢子繁殖的盛期。一般说来生长与发育的关系是比较复杂的,而表现于石花菜则是一致的。

表3 不同温度下各水层石花菜的平均日增重

单位: 毫克(鲜)/棵

水层(米)	日期		1980		1979		4.30-5.10		5.21-5.31		6.28-7.8		7.17-7.27		7.28-8.7		8.10-8.20		合计	比较
	原重量	平均日增长	原重量	平均日增长	原重量	平均日增长	原重量	平均日增长	原重量	平均日增长	原重量	平均日增长	原重量	平均日增长	原重量	平均日增长	原重量	平均日增长		
0.3	1.20-1.30	1.13-1.23	25.59	0.057	25.58	0.105	25.51	0.117	25.61	0.122	25.51	0.131	24.33	0.131	25.55	0.131	25.57	0.131		
	1.11-1.21	1.01-1.11	26.47	0.100	26.63	0.105	26.63	0.117	26.63	0.122	26.63	0.131	26.63	0.131	26.63	0.131	26.63	0.131		
	1.9-1.19	2.26-3.7	25.58	0.057	25.58	0.105	25.51	0.117	25.61	0.122	25.51	0.131	24.33	0.131	25.55	0.131	25.57	0.131		
1.0	1.20-1.30	1.13-1.23	25.62	0.034	25.62	0.100	25.62	0.117	25.62	0.122	25.62	0.131	24.33	0.131	25.55	0.131	25.57	0.131		
	1.11-1.21	1.01-1.11	26.62	0.106	26.62	0.100	26.62	0.117	26.62	0.122	26.62	0.131	26.62	0.131	26.62	0.131	26.62	0.131		
	1.9-1.19	2.26-3.7	25.62	0.034	25.62	0.100	25.62	0.117	25.62	0.122	25.62	0.131	24.33	0.131	25.55	0.131	25.57	0.131		
2.0	1.20-1.30	1.13-1.23	25.82	0.032	25.82	0.122	25.82	0.117	25.82	0.122	25.82	0.131	24.33	0.131	25.55	0.131	25.57	0.131		
	1.11-1.21	1.01-1.11	26.50	0.088	26.50	0.122	26.50	0.117	26.50	0.122	26.50	0.131	26.50	0.131	26.50	0.131	26.50	0.131		
	1.9-1.19	2.26-3.7	25.82	0.032	25.82	0.122	25.82	0.117	25.82	0.122	25.82	0.131	24.33	0.131	25.55	0.131	25.57	0.131		
3.0	1.20-1.30	1.13-1.23	25.26	0.012	25.26	0.126	25.26	0.117	25.26	0.122	25.26	0.131	24.33	0.131	25.55	0.131	25.57	0.131		
	1.11-1.21	1.01-1.11	26.40	0.096	26.40	0.126	26.40	0.117	26.40	0.122	26.40	0.131	26.40	0.131	26.40	0.131	26.40	0.131		
	1.9-1.19	2.26-3.7	25.26	0.012	25.26	0.126	25.26	0.117	25.26	0.122	25.26	0.131	24.33	0.131	25.55	0.131	25.57	0.131		
4.0	1.20-1.30	1.13-1.23	25.70	0.022	25.70	0.122	25.70	0.117	25.70	0.122	25.70	0.131	24.33	0.131	25.55	0.131	25.57	0.131		
	1.11-1.21	1.01-1.11	26.35	0.082	26.35	0.122	26.35	0.117	26.35	0.122	26.35	0.131	26.35	0.131	26.35	0.131	26.35	0.131		
	1.9-1.19	2.26-3.7	25.70	0.022	25.70	0.122	25.70	0.117	25.70	0.122	25.70	0.131	24.33	0.131	25.55	0.131	25.57	0.131		
合计		0.157	0.487	0.575	0.575	0.575	0.575	0.575	0.575	0.575	0.575	0.575	0.575	0.575	0.575	0.575	0.575	0.575	15.413	100
比较		1	4	5	5	15	86	60	81	96	96	100	99	99	99	99	99	99	68	

\* 实验期间出现特大干潮,材料沉入海底泥沙中20小时。

繁殖盛期选择材料时,完全避免其生殖小枝则较困难,所以实验材料中,有的带有少量孢囊枝,最多的一次占实验总棵数的三分之一左右。实验完成检查孢子囊时,发现有的孢子已经放散,但于孢囊枝的顶端又新生一段细长的小枝。说明孢子囊的形成,孢子的放散,小枝的生长互相影响不大。以上现象,又为我们的其他实验所证实,这与日本的殖田等所谓的孢子放散后藻体进入枯萎的“凋落期”<sup>[8]</sup>是不一致的。

4. 石花菜于平均 1°C 低温条件下几乎停止生长,但于 10 天之中尚未出现明显的不良现象。石花菜于夏季 28—29°C 的高温时期仍然生长很好,由于山东缺乏更高温度的岩岸海区,所以我们尚不明了抑制石花菜生长的高温界限。

### (三) 水层与生长的关系

从表 1 及附图中可以看出水层与石花菜生长的关系:

1. 石花菜养殖的水层在各种温度中(从冬到夏各个时期),都表现为浅水层生长较快,随水深的增加,生长亦随之减慢,这种现象在适温条件下表现尤为明显。例如 12°C 时在 0.3 米水层,平均日增长 1 毫克以上,1 米水层为 0.9 毫克,2 米水层为 0.7 毫克,3 米水层为 0.4 毫克,4 米水层为 0.3 毫克。又如在 22°C 时,0.3 米水层平均增长为 2.6 毫克,1 米水层为 2.1 毫克,2 米水层为 1.9 毫克,3 米水层为 1.5 毫克,4 米水层为 0.9 毫克。实验的 11 种温度无一例外。这说明水层对石花菜的生长有明显而又规律的影响。

2. 石花菜的生长在同一水层中不同的温度条件下,生长度越大,不同水层之间的生长度相差越大,反之,生长度越小,各水层间的生长度差异亦越小,甚至出现无规律的现象。例如:24°C 的 0.3 米水层的平均日增长 2.6 毫克,4 米水层为 1.2 毫克,二者相差 1.4 毫克。8°C 的 0.3 米水层的平均日增长 0.5 毫克,4 米水层为 0.1 毫克,两者相差 0.4 毫克。而 1°C 时,0.3 米水层的平均日增长 0.05 毫克,4 米水层为 0.02 毫克,二者相差 0.03 毫克。以上情况说明,石花菜生长对水层的反应情况与温度有关,当温度形成或接近限制因子时,虽然放养于最适宜的水层却不能比深些的水层生长得更快。甚至出现生长与水层无关的紊乱现象(如 4°C)。

3. 附图中的生长曲线表明,石花菜生长随温度增高,水层之间的差异越大。在 16°C 时,0.3 米水层不仅与 1 米水层的生长度相近,而且 1 米水层的生长度,大于 0.3 米水层,在 3—4 米水层之间的生长差异也很小,从整个的 0.3 米与 4 米之间比较,差异也不很大。出现后种现象是由于实验期间天气晴朗,海水清澈,光线充足所致。这是我们实验过程中天气最好,风平浪静的唯一例外。相同的理由,随温度升高,浅水层与深水层差距加大,也是由于夏季东南季风影响青岛的天气及海水混浊所致。

## 讨 论

### 1. 温度和水层与石花菜生长的关系

温度和水层对石花菜生长的影响,都是十分明显的。根据同一温度(时期)在不同水层中,石花菜生长反映出不同的结果,我们说这样的生长结果主要是水层的影响,但是不同的水层中其温度也是有差异的,即有交互作用。但水层影响石花菜生长的理由是充分

的。从表 2 可看出：0.5 米到 4 米水层之间的温差是很小的，这样小的温差不会比不同水层光强相差 1—3 倍的影响更大。例如不同水层之间温差最大的温度为 26°C，即 26°C 的实验在 0.5 米水层，温度为 25.6°C，4 米水层温度为 24°C，根据生长的实验于表 3 中表明：石花菜于 24°C 中生长比 26°C 生长更好，因此，26°C 表层 0.3 米的生长仍大于 4 米水层(24°C)的生长，说明这种差异主要受水层的影响而不受水温的影响。

我们在重复工作中发现：海水经过风浪搅动变得混浊时，在相同或相近的温度下，于同一水层中获得的结果却有较大的差异，甚至低于或高于临近的实验温度，但是不同水层之间的差别则仍然是明显的，这说明相近温度之间的实验出现不合理的差异，其中存在着由于水的混浊导致光强不同的影响，而且这种影响往往超过 2°C 温度之内的差异。

## 2. 限制石花菜生长的低温

石花菜生长与温度关系的资料是很贫乏的，尤其对石花菜生长的限制温度的研究更少。日本的水产养殖学家木下(1942)根据日本北海道四周的寒暖流经过的地区，形成不同的温度，这些地区的海水温度与石花菜的分布，经木下的分析研究提出：月平均水温至 2°C 以下的地区无石花菜的分布，并且指出 2°C 以下的低温对石花菜有害<sup>[9]</sup>。

我们的实验表明，在 2°C 的低温条件下，石花菜仍有微少生长，10 天平均裸增重约为 0.3—0.5 毫克，相当于增加原藻体重的 1—2%，另外的重复实验中还得到 10 天增长 1.5 毫克，相当于增加自重的 6% 的结果。说明 2°C 没有形成限制生长的温度。能够证实 2°C 仍然生长的结论，在 1°C 的生长试验中也得到说明。如石花菜在 1°C 的温度条件下（变化范围 0.1—2.2°C），10 天内平均裸增重 0.1—0.5 毫克，相当于增长自重的 1—2%。再从实验的总棵数来看，1—2°C 中大约都有一半以上的棵数仍然进行生长，但是也有 40% 不生长，显然 1—2°C 不是限制生长的温度，但却接近于这一温度，据此推论限制生长的温度大约为 0°C。

## 3. 石花菜生长的适温与最适温

石花菜生长的温度关系从表 3 中已可看出，但是为了便于判断生长的适温与最适温，我们把测得的资料只录用生长最快的 0.3—1 米水层的生长数据，以自重增长的百分数进行比较，其结果如表 4。

表 4 不同温度下石花菜平均日增重的百分数

水 深(米)	温 度(°C)								
	4	8	12	16	20	22	24	26	28
0.3	0.4	2.4	3.9	5.2	8.4	10.3	10.7	10.6	8.2
1.0	0.3	1.9	3.5	5.4	8.1	8.3	10.5	9.7	7.3
平 均	0.35	2.15	3.7	5.3	8.25	9.3	10.6	10.15	7.75
比 较	3	20	34	50	77	87	100	95	73

从表 4 看出，24—26°C 时，平均日增长均在 10% 以上，是增长的最大数值，是快速生长期，因此是生长的最适温度。如果把最适温度扩大，按增长最快的温度的一半以上为标

准,则 20—28°C均可属于最适温度。但在 4°C的温度下,平均日增长 0.35%,相当于最适温度中最快生长速度的 3%,显然不是生长的适宜温度。可是在 8°C中,平均日增长 2.15%,相当于最适温度中最快生长速度的 20%,生长速度明显增大,所以生长的适宜温度应定在 8°C 以上。

为什么《藻类养殖学》一书中认为 10—25°C为生长的适宜温度?该书的资料是引用我们 1954 年的实验结果。那是采用不同时期分枝养殖的分析结果。养殖结果是综合因素的表现,并不真正反映夏季石花菜的生长与温度的关系。但是这个结果是有养殖实践意义的。

因此,我们认为夏季高温 20—28°C是生长的最适温度,8°C以上为适宜温度。这样,我们的结果既倾向于夏季高温是适温,也倾向于较低温度对石花菜生长也是适宜的论点。

#### 4. 石花菜生长的最适光强和水层

须藤记载日本神奈川县的石花菜情况,以海面光强的 15—30%处生长繁茂,40%以上处光过强,5%以下光弱生长不好,即有最适宜的光强,过强过弱均不适宜。关于弱光生长不好与我们的结果相同。但在强光方面不同。我们于 0.5 米水层处测得光强为海面光的 44%,而我们在 0.3 米水层培养的石花菜不仅不表现生长不好,相反比海面光强的 23%的 2 米水层生长快得多。即使以后的其他试验,把石花菜置于刚刚不露出海面的强光下生长也很好,没有发现不正常情况。这种差异可能由于研究方法不同所致,日本的情况可能为测于自然分布的结果。

关于自然分布方面,曾呈奎等(1978)认为:适宜低光强的深水红藻和阴生红藻类,都是深红色或鲜红色<sup>(1)</sup>。石花菜的颜色,一般呈鲜红或紫红色。应属于深水红藻或阴生红藻。远藤吉三郎认为石花菜分布于干潮线附近以下 20 寻(33 米)<sup>[41]</sup>。殖田等(1938)于日本的太平洋骏河湾,钱洲外海 128 米深的岩礁上采到石花菜<sup>[8]</sup>。在青岛沿岸石花菜也是分布较深的种类。例如团岛湾的石花菜于冬季特大干潮线下 6 米水深处可以采到标本,而在这样的水深中,如海带、裙带菜等弱光藻类,已不见踪迹。以上例子说明石花菜是深水海藻类。但是我们经过十几次的试验,无一例外地表现为浅水层生长快,增重大。这与以上所述的深水分布现象如何解释呢?

我们认为,石花菜可以适应深水弱光与它在筏养条件下的浅水强光中生长得好,属于两类性质。因为能够适应深水弱光的藻类是分布于深水的主要条件,它包括能够于一生中各个阶段都能适应自然环境,完成它的生活史,才能分布这一水深之中。也就是说海藻类的垂直分布不单纯是光线问题。因此,不能把分布于深水的海藻推论为不适应于较强的光线,特别不能认为所有的深水海藻都不适应较强光线条件。已如前述,我们于 1954 年就已于青岛沿岸见到石花菜分布于中潮带的石沼中,其中大的藻体长度达到 8—12 厘米。这表明在较强的光线条件下,石花菜可以长大。而同一深水处的另外场所,或者无石花菜分布或者生长很小,也不为光线所致。

#### 5. 实验结果的实践意义

通过本实验初步明了石花菜生长的最基本条件—温度和水层(光线)与生长的关系,

(1) 1978 年全国海洋潮沼学会论文(摘要)油印本。

这为人工养殖石花菜提供了基础资料。

1) 明确了石花菜生长的最适温度为 20—28°C, 适温为 8°C 以上。这为石花菜的人工养殖期的确定提供依据。

2) 切断的石花菜小枝有再生假根的能力, 再生假根的生长温度以 20—28°C 为好, 即与石花菜藻体生长的最适温相同。这为石花菜的营养繁殖选择了适宜的时期。

3) 石花菜于筏养条件下, 以浅水层生长较好的结果, 可以为设计石花菜的筏式养殖技术提供可靠依据。

### 参 考 文 献

- [1] 郑柏林、王筱庆, 1961。海藻学。农业出版社。
- [2] 张定民、王素娟等, 1961。藻类养殖学。农业出版社。
- [3] 张定民、缪国荣, 1964。条斑紫菜和圆紫菜在不同水层中生长的研究, 水产学报, 1(1—2)139—140。
- [4] 曾呈奎等, 1962。中国经济海藻志。科学出版社。
- [5] 木下虎一郎, 1949。ノリ、テングサ、フノリ及びギンナンサウの増殖に関する研究。北方出版社, 33—57。
- [6] 木下虎一郎, 1942。テングサの北限を制約する要因。海洋科学, 2(6), 410。
- [7] 片田実, 1955。テングサの増殖に関する基礎的研究。(下関)农林省水産講習所報告, 5(1)43—45。
- [8] 須藤俊造, 1966。沿岸海藻類の増殖。水産増殖叢書, No. 9。日本水産資源協會。
- [9] 殖田三郎等, 1963。水産植物学。水産学全集 10。恒星社厚生閣。
- [10] 殖田三郎, 片田実, 1949。テングサの増殖に関する研究(III) マグサ発芽体の後期成長に就て。日本水産學會志, 15(7), 354—358。
- [11] 远藤拓郎、松平康雄, 1960。有用海藻の地理的分布との关系について。日本水産學會誌, 26(9)874—875。
- [12] 远藤吉三郎, 1911。海産植物学, 博文館。

## THE EFFECT OF TEMPERATURE AND WATER DEPTH ON THE GROWTH OF *GELIDIUM AMANSII* LAMX

Li Hongji    Li Qingyang    Zhuang Baoyu

(Shandong Marine Cultivation Institute)

### Abstract

The materials used in this experiment were the apex cut 3—4 cm long from the branches of fronds of *Gelidium*. They were cultivated under different temperatures and water depths in the sea. The experiment were carried out from March 1979 to March 1980 in Tandao Bay (Qingdao), Weihai Harbour and Lungkau Bay of Shandong in north China.

The results are as follows:

1. The optimum temperature of growth of the algae is at 20—28°C. The favorable growth temperature ranges from 8°C above. The low limit temperature for growth probably is 0°C., While the high limit remains unknown.

2. Although this algae is generally known for living under tidal zone. But it grows rapidly in water depth of 0.3 meter, in the experiment, and increasing the depth slo-

---

wering the growth of the algae.

3. After 5--10 days, some buds of rhizoid grew up at the end parts of the main branches at the temperature of 20--28°C. Hence, it is considered as the optimum temperature for the growth of rhizoids.