

裙带菜孢子体的生长发育与温度的关系*

李宏基 李庆扬

(山东省海水养殖研究所)

裙带菜藻体较大,是一种味道鲜美的食用海藻,浙江称“海芥菜”。由于生长期短,在冬季及早春生产,这种藻类既适于生鲜食用,也可以加工制成干品。我国北方冬季主要依靠几种秋菜的储藏,缺乏足够的新鲜蔬菜,而这期间,正是裙带菜嫩菜生产的季节,因此,生产裙带菜来增添冬季蔬菜的种类,对改善人民生活有着一定的意义。

裙带菜广泛地分布在我国东海及黄海沿岸。多年以前,在大连和青岛就曾经进行过大量的投石增殖这种海藻,但迄今亦尚未进行全人工养殖。在一些不适于海带养殖的海区,裙带菜可能是一种很好的养殖对象。例如,在我国南方沿海,海带的适温期较短,藻体较小,产品质量较差;而北方沿海,有些海区由于初夏受东南季风的影响,海上浮筏往往遭到破坏,生产受到很大损失,收益不稳定,因此在这些海区养殖象裙带菜这样生长期短的种类,是十分适宜的。

人工养殖裙带菜的成菜收割期较短,根据日本著名的裙带菜制品“鸣门和布”的加工经验,以在成熟初期进行收割最为适宜^[8],因此,对裙带菜的发育条件亦是需要进行研究的。

从以上提出的问题来看,生产嫩菜需要了解其低温期的生长;养殖的方式需要根据生长的适温范围和时间进行安排,同时,在养殖期间还必须了解其生长、发育和衰老与水温的关系。这些问题的共同点是受温度的影响,本实验的目的就是要通过裙带菜的生长、发育来研究其与温度的关系,为上述问题的解决提出科学依据。

一、实验的方法

根据海带养殖业的发展,曾呈奎教授等在“温度对海带孢子体的生长和发育的影响”一文中^[4],提出了海带南移的科学依据。我们也采用这个方法对裙带菜在不同分苗期进行了生长和发育的试验。

海藻学家多以长度表示海带类植物的生长指标,如 Parke (1945年)对糖海带 (*Laminaria saccharina*),木下(1945)及曾呈奎(1957)等对海带 (*L. japonica*) 的生长研究都用长度为主要指标。但对某些藻体叶片分歧的,如巨藻 (*Macrocystis*) 的生长研究, Neushul 等 (1963), 主要使用叶面积表示生长状况,不仅利用长度为指标,而且也采用重量为指标。裙带菜的叶片虽然有许多分裂,但基本上是连结于一个整体的叶片上的。因此,我们也采用长度和重量的指标来测量裙带菜的生长情况。

裙带菜的嫩菜时期,主要是根据藻体的大小和老嫩程度来决定的;生产成菜则以长

* 本文曾于1964年在青岛由中国海洋湖沼学会与中国植物学会联合召开的全国第一次藻类专业学术讨论会上宣读,会后又承中国科学院海洋研究所副所长曾呈奎教授审阅,并提供宝贵意见,特此致谢。

度、脱落状况和发育程度来决定,而不是以干重为依据,因此,重量指标我们只采用鲜重为标准。

1. 生长的观察

实验材料是 1962 年 8 月 1—6 日于青岛团岛湾采集的种裙带菜采的孢子,在室内以配子体渡夏的“水池育苗法”^[2]培养的,10 月出池下海,11 月 29 日开始分苗,分苗时幼苗长度为 15 厘米,苗距 10 厘米,单棵夹于棕绳上,每根苗绳夹苗 12 株,根附着绳上后选留 10 株。每次分散 4 绳,绳距 80 厘米,垂下培养于团岛湾海面下 50 厘米水深处。

分苗时期 大约每隔一个月分散一次,共分苗 6 批,即 1962 年 11 月 29 日,12 月 29 日,1963 年 2 月 8 日,3 月 1 日,3 月 28 日及 4 月 25 日。1 月份分散的幼苗,由于在分散过程中操作不慎而被冻坏,因而又于 2 月 8 日补分了一次;鉴于 4 月下旬以后,难以找到适宜分散长度的幼苗,因此,对 2 月至 4 月间的分苗期,又作了适当的调整。

长度测定 以假根到叶片顶端为全长;生长点到叶片顶端为叶长;裙带菜的全长往往受光线和风浪等生态条件的影响,而长度的个体差异较大,所以我们采用叶片长度代表其长度的生长。长度的日生长和脱落长度的测定采用打孔作标记的方法,于叶片尖端部的中肋两侧各打一孔来计算。

重量测定 10 株裙带菜一起秤其鲜重量,然后计算平均株重。因此,重量的增减是藻体各部分增长和减退的结果。由于裙带菜的收割标准不是以厚成和最大株重出现时为最适宜,因此,没有采用同期收割的比较方法。

2. 发育的观察

裙带菜有产生生殖细胞的孢子叶,孢子叶的形成和生长与各株间的密度、受光状况等有着明显的关系,而且孢子叶形成时,并不同时形成孢子囊群,因此,孢子叶并不能代表发育的主要特征。方宗熙等(1962)及 Neushul (1963) 采用孢子囊形成的面积代表发育的程度。裙带菜孢子叶的大小,形成十分不规则,计算发育面积不便,所以我们把裙带菜孢子叶从生长点到假根分为上、中、下三个等份。孢子囊群开始从孢子叶下部向上形成,因此,孢子囊群发育和成熟程度我们将其相应地区分为“初熟”、“中熟”、“末熟”——孢子囊群发育到孢子叶下部时为“初熟”,发育到孢子叶中部时为“中熟”,发育到孢子叶上部时为“末熟”,所有孢子叶全部出现孢子囊群称为“完熟”。根据观察的材料最早出现形成孢子囊群时,称为发育的开始,最后出现形成孢子囊群时,称为发育的完成。我们就是按这个方法来看观察裙带菜的发育状况的。

二、实验结果

1. 生长的观察

1. 长度的生长: 裙带菜长度的生长,主要表现在叶片长度的增长,与此同时叶梢亦不断地衰老脱落。为了求得正确的生长长度,就必须研究其脱落的情况。

(1) 叶片长度的增长: 从图 1 中可以看出叶片长度生长的以下几种状况:

① 第一批分散的裙带菜叶片最长,第六批分散者叶片最短,一般说来叶片长度的增长与分散时间成正比。这主要是分散早的生长期较长,分散晚的生长期较短。

② 各批分散的裙带菜中,长度最大的出现越来越迟,即要求的温度越来越高,而叶片

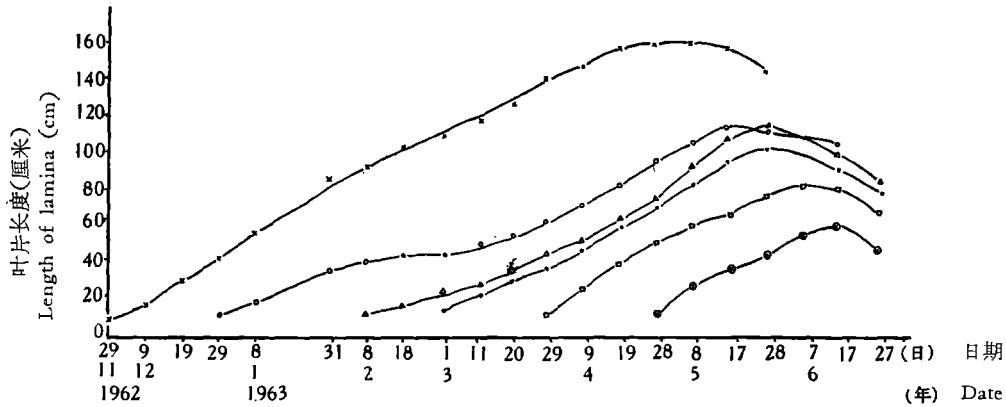


图1 不同分散时期裙带菜叶片的长度生长
Fig. 1. Average growth in length of fronds of *Undaria pinnatifida* transplanted at different periods.

长度则越来越小,这说明裙带菜藻体较小的比大的抗温能力较高。

③ 各批分散的裙带菜的生长曲线大体是互相平行的,但是第一批的曲线和第二批比较,在分苗以后的头一个月內两条曲线基本平行;到了第二个月,即1963年1月31日,两条曲线即不再沿着平行方向延伸,而第二批的曲线又下降了,直到4月以后才明显上升。类似的情况在第三批分散的曲线上也有反映,而以后各批分散的生长曲线却恢复正常,不再出现下降的情况。这一现象说明第二、三批分散的裙带菜从1月到3月上旬期间生长缓慢了。由于第二批分散的曲线下降的时间较长,所以第二、三批分散的最大长度基本相同,致使第二、三、四批分散者的最大长度相差很小,因此,形成了这三条曲线比较接近。

为什么第二、三批分散的裙带菜在1—3月间生长曲线下降呢?从温度看来,1—3月是裙带菜生长期温度最低的时期,可能受低温的影响,然而在同时期的第一批分散者的生长曲线,却没有因为低温的影响而显著下降。由于各批分散培养的条件基本一致,所以我们认为这种差异主要在于各批裙带菜之间,最明显的不同是第一批分散者藻体大,同期第二、三批分散者比较小。如在低温期间,第二、三批裙带菜叶片长度只有20—30厘米,而第一批的却有60厘米,这说明裙带菜必须具有一定的长度才能在低温期中进行较快的生长。

(2) 长度的日生长:从图1中可以看出叶片长度的增长,实际上它包括了叶梢脱落部分,但为了计算叶片的真正增长值,所以不计算脱落部分的影响。按此我们把叶片的平均日生长的资料绘成了图2。由于裙带菜长度的平均日增长多在1.1厘米以上,我们把1.1厘米以上的长度称为快生长,1.1厘米以下的称为慢生长,图中的1.1厘米横座标线即代表快生长线,这样从图2中就可以明确看出以下几种情况:

① 第一批分散的裙带菜有二个近似的平均日生长的最大数值,生长曲线表现有二个高峯,其他各批分散者只有一个高峯,但是第二批分散者开始的生长度也较高,以后下降,直到2月18日才开始上升。这段期间的曲线变化与第一批者基本是平行的移动。第三批及其以后分散者的生长曲线从开始一直上升到达最高峯。第一、二批的曲线的变化表明,分散后生长较快,但不久即下降;生长度未达到最大数值前下降的原因,受温度因子的影

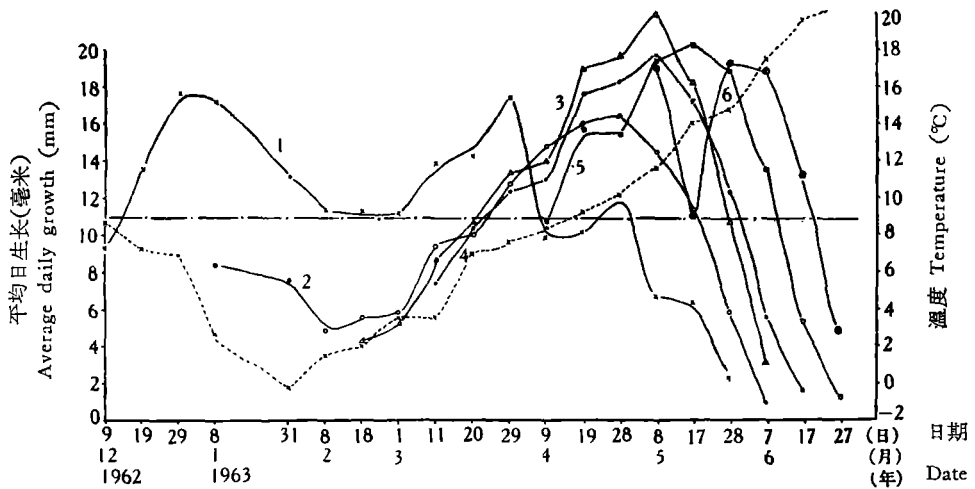


图2 不同分散时期裙带菜的平均长度日生长(实线: 日生长; 虚线: 水温)

Fig. 2. Average daily growth in length of fronds of *Undaria* transplanted at different periods.
(full lines: daily growth; dotted line: water temperature)

响是十分明显的。例如第一、二批的生长度下降期间在1月8日(5.1℃)到3月20日(5.8℃),这期间的温度一般都在5℃以下,在同一时期内分散的第二、三、四批的生长度均处在1.1厘米以下。另一方面,温度在5℃以上分散的第五、六批,生长度却在1.1厘米以上,所以5℃以下的低温对裙带菜的生长是不利的。

② 第一批和第五、六批分散的裙带菜的生长度能够一直超过快生长线,而第二、三、四批的生长度则有一段时间在快生长线以下。如果处于慢生长期是由于5℃以下的低温所致,那么第一批分散者也经历了一段相当长时间的低温期,生长度虽然下降,却未到达过慢生长的程度。为什么第一批分散的生长度未下降到快生长线以下呢?我们从叶片长度与温度的关系来看:当温度下降到5℃时,第一批分散的叶片长58.4厘米(平均日生长1.71厘米),第二批分散者的长度则为21.9厘米(平均日生长0.84厘米);温度3.6℃时,第二、三、四批的叶片长21.8—51.6厘米,生长度均在1.1厘米以下,而同时的第一批叶片长119.2厘米,生长度则为1.39厘米;当温度回升到5.8℃时,第二、三、四批的叶片长度从31—56厘米,生长度均超过1.1厘米。因此证明低温(5℃),对叶片长度<60厘米的小裙带菜影响很大,而对较大藻体影响较小。

③ 从图2中可以看到各批分散的裙带菜,分苗期越迟,叶片长度就越短,生长度高峯也逐次向后拖延,即前批的生长度高峯过后在下降的过程,而下批却在形成它们的生长度高峯。由于分苗晚的裙带菜藻体较小,因此说明藻体小的生长适温比藻体大的生长的适温较高,抗高温的能力亦较大。关于藻体大小与抗温能力的关系,我们还可从以下事例看出:第一批分散者的生长度高峯相差的时间较长,而第二至第六批分散者则比较接近。换言之,第一批分散者的生长度比其他各批分散者提前下降了。是否因为高温的影响呢?假如是温度较高的影响,则第一、二批分散的生长度高峯下降的温度差应该大大地小于其他各批的温度差。事实上,第二至第六批分散者的生长度高峯是在9.9—14℃之间,平均每批相差1℃左右,而第一、二批的生长度高峯在6.7—9.9℃,二者温差为3.2℃,所以第

一、二批的温差大于第二至第六批的平均温差,即第一批生长度高峰出现的温度比其他各批低得多,显然不是因温度高而过早地影响了生长度的下降。如果从藻体长度来看,第一批的生长度高峰出现时的叶片为 140 厘米,而第二至第六批的高峰期的叶片长度却不足 1 米,这是由于第一批分散的,一直处于快生长期,藻体长大后,生长势减退,适应高温的能力较差,所以生长度提前下降,这说明藻体大的抗温能力较低。

(3) 脱落:裙带菜的叶梢部分衰老最早,以后即逐渐枯萎脱落。衰老部分的大小和脱落的状态与产品的质量 and 数量都有直接的影响。据日本川名武的研究,认为温度影响叶片的脱落,因而成为决定海底繁殖的裙带菜产量的重要因素^[4]。同时叶片的脱落和叶片长度的增长有密切关系,这是一个问题的两个方面,因此了解脱落,也是十分必要的。由于裙带菜的叶片较薄,衰老的叶梢部分不仅受温度的影响而脱落,也受风浪的影响,所以脱落不如生长表现得规律,但大体也表现了与温度的关系。

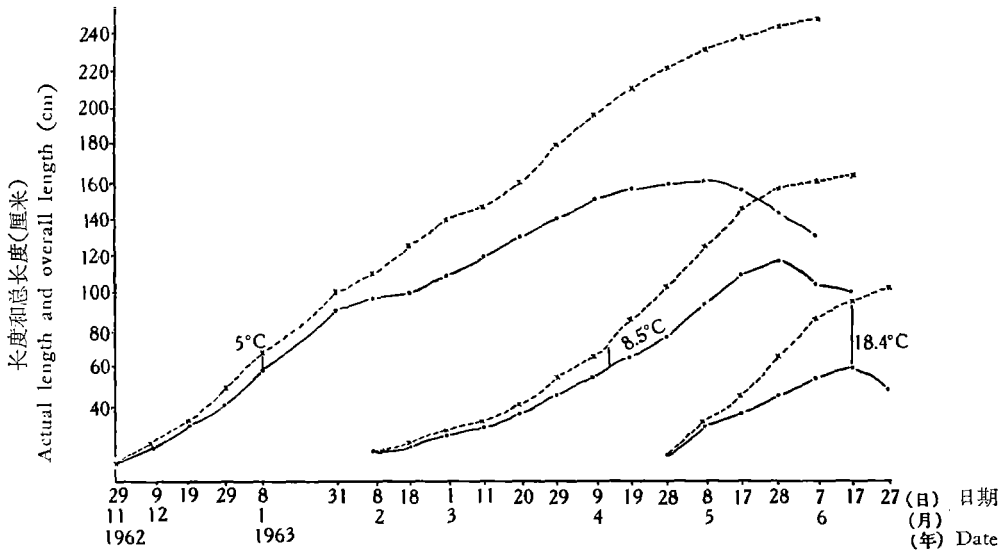


图 3 不同分散时期裙带菜的长度和总长度的比较(实线:长度;虚线:总长度)

Fig. 3. Comparison of the actual length with overall length of *Undaria* transplanted at different periods. (full lines: actual length; dotted lines: overall length)

据测得的资料图解为图 3。为了表现得比较清楚,我们只选择了第一、三、六批进行比较,其中实线代表叶片实际长度,虚线代表假设不脱落的总长度,这样就可以看出,第六批生长到最大长度(60 厘米)时,同大小的第三批的脱落比第六批小得多,而第一批又比第三批脱落的小得多。三者的温度第一批为 5°C,第二批为 8.5°C,第六批则为 18.4°C。因此叶片的脱落与温度成正比。这与川名武的结果相一致。

从图 3 中还可以看出,第一批的长度比第三批的大,第三批又比第六批的大;而且脱落的长度亦相同,即藻体大的脱落多,藻体小的脱落少。因此脱落也受藻体大小的影响。

我们从图 3 中可以看出,虚线是一直上升或趋向平稳而未下降,即总长度在不断地增长,这说明裙带菜的叶片的生长是不断地进行的。进入 6 月以后,藻体成熟衰老,但生长并未因之而完全停止。

2. 重量的增长

(1) 藻体鲜重量的增长: 裙带菜鲜重的测定是在测量长度的同时进行滴水称重的, 因此鲜重量包括了叶片、孢子叶及假根等的总重量, 同时还稍有附着水的影响, 所以鲜重的增长, 不如长度(只是叶片部分)单纯。把鲜重量测定的结果, 换算成平均株重量制成图 4, 从图 4 中我们就能看出重量的增长与长度的增长相一致。例如第一批分散的重量最大。第六批分散的重量最小。重量的增长与分散期成正比。又如最大的平均株重量的出现随分散期的拖后也越来越迟, 重量也越来越小。因此, 重量的增长也说明小裙带菜的抗温能力较高。再如各批分散的重量增长曲线, 虽然大体是平行的, 但第一、二批之间的距

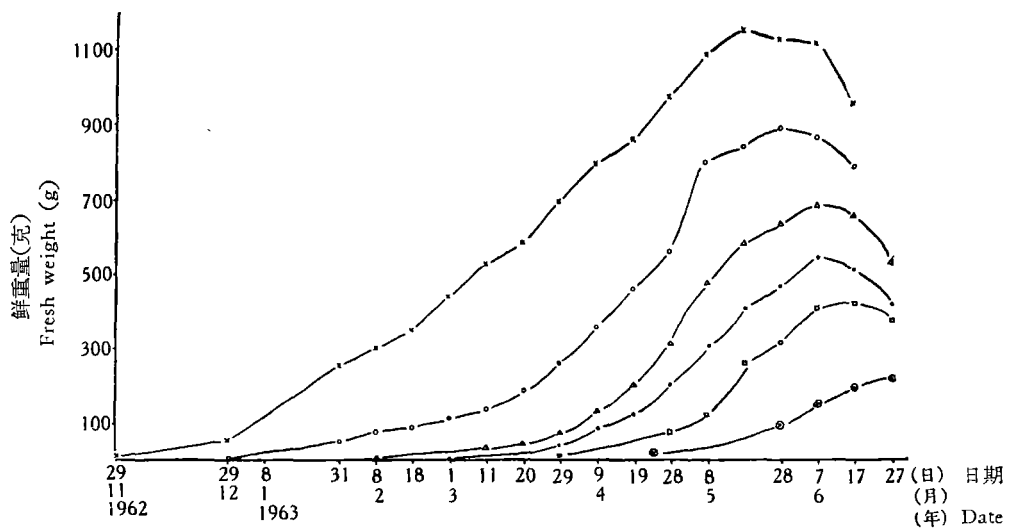


图 4 不同分散时期裙带菜鲜重量的增长

Fig. 4. Average fresh weights increase of *Undaria* transplanted at different periods.

离较大,也是由于第一批藻体较大受低温影响小,而其他各批藻体小,受低温影响较大所致。但重量的增长比长度增长的最大数值出现的时间稍迟 10 天左右。

(2) 重量的平均日增长: 重量的平均日增长如图 5。图 5 的曲线大体与图 2 的长度平均日增长曲线相似,但是如果把平均日增长超过 5 克作为重量的快增长,则从图中可以看到两点与长度的日增长有所不同,一点是各批分散的裙带菜都从快生长线以下开始逐渐增长到快生长,而叶片长度的增长则可以不经慢生长期,而直接进行快生长。这是由于分散后的藻体重量过小,所以开始的时期增长较小,只有达到一定大小后才能快生长。另一点是第一批分散的,增长曲线只有一个高峰,与长度平均日增长有两个高峰有所不同,故重量的增长不如叶片长度的日增长明显。但根据以上两点,我们仍然可以看到第一批和第五、六批分散的,在快生长以下停滞的时期较短,曲线上升较快,而第二、三、四批分散者在快生长线以下停留的时间较长,曲线上升比较平缓,表现了低温也不利于重量的增长。同时,还可以看出第一批分散者虽未出现两个高峰,而于低温期却仍进行快生长,并且这时期里的增长曲线比较平缓。这些现象都说明重量增长的规律和长度的增长相一致。因此,我们认为长度和重量两个指标基本是相同的。

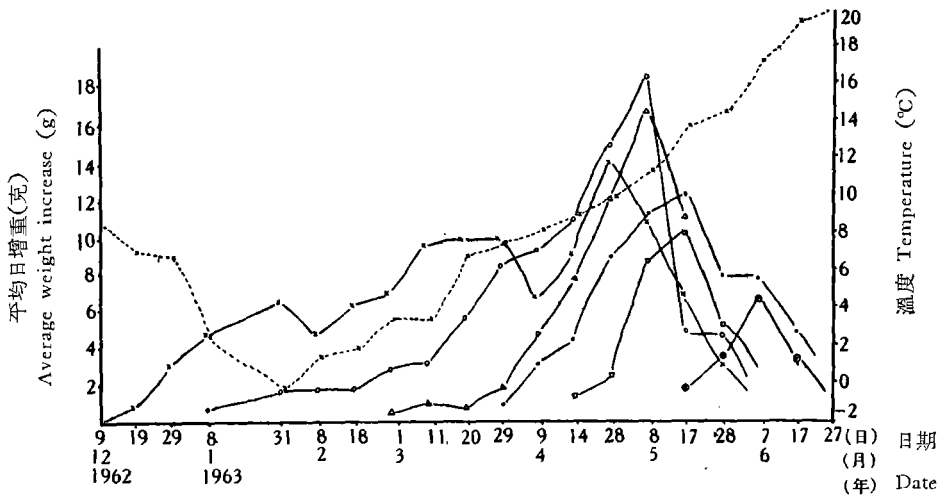


图 5 不同分散时期裙带菜重量的日增重(实线: 日增重; 虚线: 水温)

Fig. 5. Average daily increase of *Undaria* transplanted at different periods.
(full lines: daily increase; dotted line: water temperature)

II. 发育的观察

裙带菜的发育,我们以孢子叶上形成孢子囊群为发育的标准。发育的程度按发育期进行观察。北方型的裙带菜多是在孢子叶上的长柄两侧还有许多卷曲的、狭窄的边缘孢子叶,可称为副孢子叶(Accessery sporophyll)。副孢子叶上亦能形成少量孢子囊群,由于副孢子叶有无以及数量多少不一,所以我们一律不计副孢子叶的发育以免影响观察结果。根据观察发育获得的资料整理成表 1。

表 1 裙带菜孢子囊群在不同阶段的发育温度

Tab. 1. Temperatures for Development of sporangia of *Undaria pinnatifida* at different stages.

批 数	分散日期	初 熟		中 熟		末 熟		完 熟		平均温度 (°C)
		开 始	完 成	开 始	完 成	开 始	完 成	开 始	完 成	
	1962									
1	11.29	7.2	13.4	8.5	13.4	11.6	13.4	13.4	18.4	12.4
2	12.29	8.4	13.4	9.9	13.4	11.6	16.1	13.4	18.4	13.1
	1963									
3	2.9	13.4	14.0	13.4	14.0	14.0	16.1	14.0	18.4	14.6
4	3.1	13.4	16.0	13.4	14.0	14.0	18.4	14.0	20.1	15.4
5	3.28	13.4	16.0	14.0	18.4	14.0	18.4	16.0	20.1	16.2
6	4.25	18.4	18.4	18.4	20.0	20.1	>20.1	20.1	>20.1	>19.4

表 1 的结果主要表明以下两种情况:

1. 发育的温度与分散的时期有关。分散早的发育温度低,分散晚的发育温度较高,这是因为分散早的藻体大,分散晚的藻体较小;小的裙带菜,虽处于发育的适宜温度时期,但孢子叶形成晚,而且形成后还需要进行生长和积累发育条件。

2. 发育的速度受温度的支配。如第一批分散的“初熟期”开始的发育温度为 7°C,到

“完熟期”完成的温度就上升到 18℃, 二者温差达 11℃; 而第五批分散者的“初熟期”开始发育的温度为 13℃, 而“完熟期”完成的温度就上升为 20℃, 二者温差仅 7℃。因此, 早分散者开始发育的温度较低, 发育完成的温度较高, 拖延的时间较长, 发育的速度较慢; 而晚分散的, 开始发育的温度到发育完成的温度相差较小, 发育过程所需的时期较短, 发育的速度较快。因此, 从温度对裙带菜的发育关系来说, 高温比较低温发育快, 即高温比低温有利于发育。

三、讨 论

1. 裙带菜生长的适温

对裙带菜生长适温的了解, 是决定养殖期的主要依据。根据我们分散的六批裙带菜, 叶片长度都达到了 60 厘米以上, 这样的大小都有商品价值, 所以六批材料的数据都可以采用。

(1) 长度增长的适温: 根据曾呈奎等对海带的生长研究表明, 不同分散时期的生长最适温是不同的, 在相同温度条件下不同分散时期的生长是不一致的。这说明藻体的大小对不同温度的要求也是不同的。为了了解裙带菜在不同时期分散的生长最适温问题, 我们把六批分散的各种大小的裙带菜, 不按分散时期, 而以长度大小为标准进行了不同温度范围内的生长比较 (见表 2)。

表 2 不同长度的裙带菜在不同温度条件下的平均日生长 (单位: 厘米)

Tab. 2. Average daily growth in length of *Undaria lamina* of different lengths at different temperatures (Unit: cm)

叶片长 温度℃	<30	30.1—50	50.1—70	70.1—90	90.1—110	110.1—130	130.1—150	>150	不同温度的 平均日生长 (厘米)
< 1	—	0.7	—	1.1	—	—	—	—	0.9
1.1—5	0.6	0.6	1.0	1.3	1.1	1.4	—	—	1.0
5.1—10	0.8	1.3	1.4	1.7	1.6	1.4	1.2	1.2	1.3
10.1—15	1.9	1.5	2.0	1.9	1.6	0.9	0.2	0.6	1.3
15.1—20	—	—	1.1	0.7	0.3	—	0.2	—	0.6
不同长度叶片 的平均日 生长(厘米)	1.1	1.0	1.1	1.3	1.1	1.2	0.5	0.9	1.0

表 2 表明了不同大小的裙带菜在不同温度中的生长适温范围, 以 5—10℃ 和 10—15℃ 的温度生长最快, 平均日生长度均为 1.3 厘米。但是 5—10℃ 对各种大小的裙带菜生长均比较适宜, 尤其是 1 米以上的大裙带菜生长速度快于小的藻体。虽然 10—15℃ 对 1 米以下较小的裙带菜生长适宜, 对 1 米以上的大裙带菜的生长度则显著下降, 但 10—15℃ 仍是多批分散的菜出现日生长度最快的温度。因此我们认为 5—15℃ 是裙带菜生长的适温。

(2) 重量增长的适温: 裙带菜重量的增长, 不包括叶梢脱落掉的重量, 所以比实际增重的数值要小些。如果把各批分散的裙带菜按藻体新鲜重量分类, 将其平均日增长数值归并到各自的生长温度范围里去, 则得到表 3。

表 3 不同鲜重量的裙带菜在不同温度下的平均日增重(单位:克)

Tab. 3. Average daily growth in weight of *Undaria fronds* of different fresh weights at different temperatures. (Unit: g)

重 量 温 度 °C	<50	50.1— 100	100.1— 200	200.1— 300	300.1— 400	400.1— 500	500.1— 600	600.1— 800	800.1— 1000	不同温度的 平均日增 重
1—5	0.6	1.4	2.8	6.5	5.3	6.8	9.4	—	—	4.7
5.1—10	0.8	2.5	5.7	7.9	10.5	10.5	—	10.0	11.4	7.4
10.1—15	1.8	3.2	8.7	10.1	7.9	12.2	10.9	11.6	4.8	7.9
15.1—20	—	—	5.5	—	7.0	3.4	7.7	5.4	—	5.8
不同鲜重 的藻体平 均日增重	1.1	2.4	5.7	8.2	7.7	8.1	9.3	9.0	8.1	6.5

结果表明,裙带菜重量的增长以 10—15℃ 最快,平均日增重 7.9 克。5—10℃ 增长度较低,平均日增重 7.4 克,5—15℃ 范围内增长值都是很接近的,都超过了各种温度的增长的平均值(6.5 克)。但低于或高于这个温度范围,平均日增重则均低于各种温度增长的平均值。因此,重量增长的适温也是 5—15℃。

必须指出:①在 5—10℃ 时,藻体越小生长越慢。例如重量小于 1,000 克以内的,凡是藻体小的增长亦慢,藻体大的增长亦越快,这说明藻体重量的增长受藻体大小的制约。②当水温在 10—15℃ 时,一般藻体的重量的增长比较均匀,最大增长值亦出现在这个温度范围内,可见这个温度对重量的增长是适宜的。但对藻体大的来说则温度偏高,藻体已趋衰老,生长势减退。藻体小的在这个温度内的增长亦较小,这是因为重量的增长必须具有一定的叶面积,否则虽在适温中生长亦不快。

以上的分析表明,裙带菜的长度和重量的增长基本是一致的,均以 5—15℃ 为适温。

但是木下^[7]的研究指出,裙带菜剪切后的生长,以 5℃ 以下为生长旺盛的最适温,超过这个温度即生长不好。我们则认为 5℃ 是裙带菜生长的不利温度。木下与我们的结论相反。为什么出现相反的结论呢?这是因为木下的实验以 0.9—2 米的大裙带菜于不同时期剪切,剪切的时间迟,藻体过大,生长势及抗温能力较差,故其结果是越迟剪切的生长越慢,只有在 <5℃ 时,早剪切的生长最好。其实这与我们对藻体大的能在 <5℃ 的低温期进行快生长的结论相一致。

2. 裙带菜的发育温度

了解发育期的温度条件,对生产实践具有很大的意义。如收割期的决定、人工繁殖、移植的时期和有计划的培育适宜成熟期的种苗等,都以藻体的发育为依据。根据目前生产上的需要,主要是了解两个问题:一个是发育的温度范围,一个是孢子囊的发育的适温。

(1) 发育的温度范围:在实验的六批裙带菜中,孢子囊最早形成的为第一批分散者,开始发育的温度为 7℃;孢子囊最后形成的为第六批分散的,发育完成的温度为 20℃,所以,7—20℃ 都是孢子囊发育的适温范围。由于第六批的实验,在后期被风浪打掉,因此未获得“未熟”和“完熟”时的完成温度。根据第六批分散的“初熟”及“中熟”的开始到完成的温度关系来推测,可能延至 22℃ 左右。

7—22℃ 只是从 11 月下旬到 4 月下旬分散的裙带菜的发育温度范围。由于 11 月中旬及 5 月上旬都还有少量幼苗符合分散的标准,如果加以养殖,它的发育温度还可能稍扩大一些。

(2) 发育的适温: 孢子囊群发育的开始和完成的温度可能受到藻体大小和生长状况等条件的影响,所以把六批实验的裙带菜总计 100 株以上,不分藻体大小,按株计算,以 4 种发育期为单位,凡是出现孢子囊后,分别置于不同温度内,以观察出现孢子囊群的百分率,其结果如表 4。

表 4 不同温度下裙带菜孢子囊群的形成率(%)

Tab. 4. Percentage of sorus formation of *Undaria pinnatifida* in different temperatures.

温 度 (°C)	发 育 期				平 均
	初 熟	中 熟	末 熟	完 熟	
<10	16.8	16.8	0	0	8.4
10.1—15	50.0	58.3	50.0	33.3	47.9
15.1—20	33.3	25.0	41.6	58.3	39.5
>20	—	0	8.3	8.3	4.2

从表 4 的结果可以看出,4 个发育期中形成孢子囊群的以 10—20℃ 的百分率较高,<10℃ 或 >20℃ 的,发育率均低,所以 10—20℃ 都是发育的适温,但是从孢子囊群发育的主要阶段——初熟、中熟及末熟——来看,15—20℃ 发育所占的百分数均小于 50%,而 10—15℃ 则都达到了 50%。

表 4 的数据说明,中熟以前的发育主要在 15℃ 以下进行,这期间是裙带菜成熟的初期,根据日本生产裙带菜的经验,最好的是用灰干法制成的“鸣门和布”,它的原料就是开始成熟的裙带菜^[8]。我们以往生产裙带菜的实践也有这样的经验,即“中熟期”及以前进行收割的成菜是加工上的好原料,所以在 15℃ 以下的温度期间进行收割成菜是比较适宜的。

我们从表 4 中还可以看出,在 20℃ 以上的温度中,还存在着“末熟”和“完熟期”,孢子囊群形成的数量甚少,但说明了高温期是可以形成孢子囊群的。这是一个值得注意的现象。在表 1 中可以看到在高温期发育的,主要是最后分散的第六批,即藻体小的发育的温度较高。因此,我们建议利用小的裙带菜以其发育的温度较高、时间较晚的规律,专门培育晚熟的种裙带菜,在高温期间进行人工育苗和海底繁殖,这样就大大缩短了人工育苗的时间,减少了配子体世代受到其他生物的危害,因而可以提高育苗效果和增加繁殖量。

3. 裙带菜的养殖期和养殖方式问题

青岛海底自然繁殖的裙带菜的收割期一般从 5 月开始,幼苗发生早的还可相应地提前收割,自然繁殖的幼苗发生期迟早不一,但其养殖期一般约有 5 个月左右。根据筏式养殖实验的观察,由于受光充足,衰老比海底的早,养殖时间最长不宜超过 4 个月,养殖嫩菜最长也不宜超过 3 个月。

我们根据以上提出的实验资料和生产的基本状况,就可以研究养殖期的安排和养殖的方式问题。

表 5 裙带菜的养殖期和温度、生长状况

Tab. 5. Growth conditions of *Undaria* in different cultivation periods and temperatures.

批	分散日期	养殖天数			40±1			50±1			60±1			70±1			80±1			90±1			100±1			110±1		
		溫度和生長狀況			溫	長	重	溫	長	重	溫	長	重	溫	長	重	溫	長	重	溫	長	重	溫	長	重			
		度	度	量	度	度	量	度	度	量	度	度	量	度	度	量	度	度	量	度	度	量	度	度	量			
	1962																											
1	11.29	5.1	58	115	2.3	73	191	0.4	87	268	0.6	93	303	2.3	102	366	3.3	110	441	3.6	119	534	5.8	128	620			
2	12.29	0.6	42	73	2.3	45	88	3.2	48	117	3.6	52	146	5.8	56	198	6.7	64	271	7.2	72	371	8.5	85	476			
	1963																											
3	2. 9	5.8	37	46	6.7	44	71	7.2	53	133	8.5	66	209	9.9	79	315	11.6	95	481	13.4	109	583	14.0	115	636			
4	3. 1	7.2	51	82	8.5	62	127	9.9	72	200	11.6	85	308	13.4	95	414	14.0	101	417	16.1	98	550	18.4	92	518			
5	3.28	11.6	61	167	13.4	67	252	14	77	309	16.1	84	379	18.4	82	410	20.1	69	384	—	—	—	—	—	—			
6	4.25	16.1	57	150	18.4	61	195	20.1	49	206	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			

(1) 养殖期: 为了便于叙述和具体进行比较, 我们又把图 2 及图 4 的资料整理成表 5。如果按生产嫩菜的养殖不超过 90 天, 温度 $< 5^{\circ}\text{C}$, 成菜养殖不超过 120 天, 温度 $< 15^{\circ}\text{C}$ 来看, 表 5 各批分散的裙带菜的情况如下:

① 第一批分散——养殖 90 天, 收割前 10 天的平均温度 3.3°C , 叶片长度 109 厘米, 平均株重量 440 克, 产量较高, 符合嫩菜要求; 而且就是养殖了 60 天以后的, 叶片长度已达 70—80 厘米, 平均株重 200 克, 即成为嫩菜的良好商品。养殖 120 天, 水温 6.7°C , 叶片长 140 厘米, 株重量 704 克, 此时尚未出现最大长度和最大重量的数值, 符合成菜的生产。

② 第二批分散——温度上升到 5°C 时, 共养育了 80 天, 叶片长 56 厘米, 株重 271 克, 大约相当于第一批分散的 60 天前, 长度虽短, 但达到了商品要求, 因此可以生产嫩菜。养殖 120 天生产成菜时产量较低, 不如第一批及第三批分散者, 所以不是最适宜养殖成菜的时期。

③ 第三批分散——养殖 40 天时, 温度为 5°C , 叶片长 37 厘米, 株重 45 克, 藻体太小, 不宜生产嫩菜。养殖 110 天时, 温度上升到 14°C , 叶片长 115 厘米, 株重 636 克, 适于养殖成菜, 产量与第一批分散者的同期相同。

④ 第四、五批分散——养殖 70—90 天时, 温度 14°C , 叶片长 80—100 厘米, 即已达到这两批养殖中的最大长度, 株重 307—400 克, 符合成菜的生产要求, 唯产量较低。

⑤ 第六批分散——养殖 40 天时, 温度已达 16°C , 藻体较小, 叶片衰老相当严重, 不符合生产成菜的要求。

由此可以得出这样的结论: 青岛地区嫩菜的分散期大体在 11 月到 12 月下旬比较适宜, 养殖期到 2 月。成菜的分散期较长, 从 11 月到翌年 3 月下旬都可以分散, 其中尤以 11 月到 12 月中旬及 2 月上旬到 3 月初分散比较适宜, 养殖 110—120 天为产量最高的时期, 此时, 相当于 5 月下旬至 6 月初的期间。

(2) 裙带菜的养殖方式: 根据各种海藻类的生物学特性, 开展多种方式的养殖, 是迅速发展我国藻类养殖的重要措施。我们根据裙带菜养殖期的长短, 提出以下几种养殖方式:

① 间养——海带养殖期较长，一般有 6 个月的时期，生长 60—80 天的海带藻体狭窄，因此利用海带尚未长大之前，在海带筏间合理布置养殖裙带菜的嫩菜，间养期，从 11 月到翌年 2 月。

② 单养——适于养殖裙带菜的地区，开展部分海区养殖裙带菜，可以考虑以下方式：

a. 嫩菜与成菜轮养：从 11 月到翌年 2 月生产嫩菜；再从 2 月下旬至 3 月初分散，养殖到 5 月，生产成菜。

b. 嫩菜与成菜间作：从 11 月到翌年 1 月利用密养间割方法，生产嫩菜，间割稀疏以后到 3 月收割成菜。

c. 成菜连养：不适于生产嫩菜的地区而专门养殖成菜时，可以采取连养二茬成菜的方法进行生产。养殖期从 11 月到翌年 3 月，再从 2—3 月分散养殖到 5 月。

四、結 語

1. 裙带菜长度的生长和重量的增加以 5—15℃ 最快，这就是其生长的适温范围。

2. 在我们的实验中裙带菜孢子叶上形成的孢子囊，是从 7℃ 到 20℃ 以上，可能高到 22℃，但孢子囊发生的最大数量是在 10—15℃ 之间，因此，可以认为这个温度范围是孢子囊群发育的适温。

3. 根据以上的实验结果分析，我们对裙带菜的养殖提出一些建议：

(1) 从 11 月到翌年 2 月养殖嫩菜适于鲜食，在这期间温度从 10℃ 下降到 0℃ 左右，然后又回升到 3℃，从 3 月到 6 月，温度为 3—15℃，养殖成菜适于制成干品，或从 11 月(12 月)到翌年 3 月(4 月)养殖成菜亦是适宜的时期。

(2) 利用裙带菜的生长期短，不仅可以培养单一种嫩菜或成菜，并且也可以与其他海藻间作。例如，在海带的生长初期，在海带的竹筏之间养殖裙带菜等。

(3) 利用藻体小，发育的温度高，时间迟的规律，在 7—8 月培育晚熟的种裙带菜，以晚熟的裙带菜进行采孢子育苗或海底人工繁殖，这样可以缩短养殖时间和减少其他生物对裙带菜配子体世代的危害。

参 考 文 献

- [1] 方宗熙、吴超元、蒋本禹、李家俊、任国忠，1962。海带“海青一号”的培育及其初步的遗传分析。植物学报 10 (3): 197—209。
- [2] 李宏基、李庆扬，1965。裙带菜的配子体在水池渡夏育苗的初步试验。水产学报 2(3): 37—47。
- [3] 艾捷里斯坦，1953。间作，蔬菜栽培学。上册(尹良等译)，高等教育出版社。
- [4] 曾呈奎、吴超元、孙国玉，1957。温度对海带孢子体的生长和发育的影响。植物学报 6(2): 103—130。
- [5] 川名武，1937。越前地方ワカメの丰凶と水温并に气象要素との关系。水产研究志 32(5): 247—248。
- [6] 木下虎一郎，1957。コンブとワカメの増殖に関する研究。札幌，北方出版社。
- [7] ———，涩谷三五郎，广口武男，1950。新增殖法の研究。ワカメ剪切増殖。北海道水产试验场研究报告 7: 76—79。
- [8] 远藤吉三郎，1913。海产植物学。东京，博文馆。394—402 页。
- [9] Neushul, M. and F. T. Haxo, 1963. Studies on the giant Kelp *Macrocystis* I. Growth of young plants. *Amer. Jour. Bot.* 50(4), 349—353。
- [10] Parke, M., 1948. Studies on British Laminariaceae I. Growth in *Laminaria*, *Seccharina* (L.) Lamour. *J. mar. Biol. Ass. U. K.* 27(3), 651—709。

THE RELATION OF GROWTH, DEVELOPMENT OF *UNDARIA PINNATIFIDA* (HARV.) SUR. WITH TEMPERATURE

H. C. LI AND K. Y. LI

(Shantung Marine Cultivation Institute)

ABSTRACT

1. Rapid growth of *Undaria pinnatifida* (Harv.) Sur. occurs at 5—15°C which is regarded as the favorable temperature for its growth. When the length of lamina is over 60 cm rapid growth also occurs even at a lower temperature. So the effect of temperature on growth is different at different frondal lengths.

2. The favorable temperature for development of sporangia is 10—20°C. Below 10°C, the large *Undaria* frond may develop and a little above 20°C, the little one develops may also develop. Thus the temperature for development is associated with the length of fronds.

3. On the basis of the results of this experiment, it was suggested that:

1) at Tsingtao, as well as at other places along the North China coast, cultivation of first crop of the *Undaria* by artificial method may be made from November to February when the temperature drops from 10°C to 0°C and then rises up to 3°C, and from March to June when the temperature rises from 3°C to 15°C cultivation of second crop may be effected.

2) because of the short-growing period of *Undaria*, the method of cultivation may be varied, and cultivation may be effected between the rows of the raft of *Laminaria*.

3) owing to the fact that the smaller fronds of *Undaria* develop sporangia at higher temperature, it seems desirable to cultivate special late maturation strains of this *Undaria* in the months of July and early August.