

# 海带移植浙江沿海的生长发育研究\*

曾呈奎\*\* 刘恬敬\*\*\* 蔣本禹\*\* 張荣华\*\*\*\* 吳超元\*\*

海面陶罐施肥方法的应用<sup>[1,4]</sup>为北方广大貧瘠海区的养殖开辟了一条道路,但目前我国的化肥生产量还不能滿足要求,在小面积生产条件下,陶罐肥料的利用率只有 10% 左右,而且由于肥料、陶罐和人工的消耗,产品的成本也較高。最理想的办法应当是向自然肥沃的海区扩大海带的养殖。根据以往的調查和实验結果,我們推測在浙江嵊泗列島附近适宜海带生长的時間最少有 4、5 个月,如果用夏苗海带<sup>[3]</sup>进行养殖,估計海带能够在这期間内生长达到商品标准并能产生孢子囊羣。当然,这些地区由于受长江、錢塘江以及其他沿岸江河的影响,海水很混浊,透明度(透明度盘可見度)很小。距岸較远的地区如嵊山区,海水透明度虽然較大,但在主要生长季节的冬季,仍然很小,四月間南方暖流北上后海水透明度才逐渐增加。这种情况是不利于海带生长的,但由于人工筏式养殖法的优越性,光照問題可以通过調整养育水层而加以解决。

## 一、实验地点、材料和方法

**1. 地点的选择** 确定在东海区进行海带南移养殖試驗后,我們在 1956 年 9 至 11 月間到舟山羣島进行調查,以便选择試驗基地。舟山島附近海水肥沃,硝酸氮含量高达 88—227 毫克/米<sup>3</sup>,风浪也小,但受江河影响大,透明度很低,在自然情况下,海藻类非常稀少,不适合于我們所拟进行的实验。在舟山东北的嵊山島距岸較远,受江河影响較小,海水透明度較大,海藻类的生长甚为繁茂,比較能够代表东海沿岸海区,但这个島的主要海湾是漁港,漁船出入頻繁,沒有足够的海面可以进行实验。最后我們确定以嵊山島西南的枸杞島(約北緯 30°)作为实验基地,在一个朝南的海湾进行試驗;这里的基本情况与嵊山相似,硝酸氮含量虽然沒有舟山島附近的高,但也有 69.5—74.5 毫克/米<sup>3</sup>,不会成为海带生长和发育的限制因子<sup>[1]</sup>,海水透明度也較大。

**2. 实验材料和幼苗的运输** 实验用的幼苗都是夏苗<sup>[3]</sup>。幼苗在低温室渡夏后,培养

\* 中国科学院海洋研究所調查研究报告第 192 号。本研究工作是海洋研究所和水产部海洋水产研究所、浙江省海洋水产試驗所合作进行的。参加这项工作的还有浙江省水产局和水产养殖公司的几位同志。研究結果的一部分曾以簡报方式在科学通报 1957 年 15 期上发表。文稿承山东海洋学院方宗熙教授提供宝贵意見,插图由海洋所馮明华同志繪制,一并致謝。

\*\* 中国科学院海洋研究所。

\*\*\* 水产部海洋水产研究所。

\*\*\*\* 浙江省海洋水产試驗所。

在青島团島湾海面 1—2 星期, 11 月 16 日苗长达 5—10 厘米时即南运。为了避免幼苗运送途中发生腐烂情况, 我們根据 1953 年从福建往青島运送昆布的經驗, 把幼苗放在装有消毒海水的小型冰箱內, 水温控制在 2—6°C, 18 日換消毒海水一次, 換水量約为原体积的 1/5。11 月 19 日晚到达枸杞島, 当时海面水温 19.6°C。为了避免水温突然升高对幼苗有不良的影响, 幼苗仍然放在原海水里过夜, 让水温在室內逐漸提高, 20 日晨才放养海面。10 天后, 幼苗已长达 20 厘米, 即开始分散进行实验。

**3. 水质分析和光綫强度的測量** 为了了解实验期間水质变化情况, 我們对硝酸氮<sup>[4]</sup>——海藻最重要的营养盐之一, 在我国黄渤海沿岸含量不高, 因而成为海带生长的限制因子——进行了分析<sup>1)</sup>。实验期間每 9—22 天采取水样一次, 每次采表层和 1 米水层水样各一瓶都用哥罗仿固定。分析方法采用哈威氏番木鱉碱法<sup>[9]</sup>, 分析結果見表 1。

表 1 枸杞島海湾海水的硝酸氮含量(毫克/米<sup>3</sup>)  
Table 1. Nitrate-N contents (mg/m<sup>3</sup>) in sea water of Gouji islet Bay

采水日期 <sup>2)</sup>	海面下水层 <sup>1)</sup> (厘米)	0	100
	1956. XII. 3		72.1
	XII. 15	80.0	80.5
1957. I. 3		87.0	98.0
	I. 18	129.0	122.0
	I. 28	101.0	95.0
	II. 19	65.4	64.4
	III. 6	74.7	74.1
	III. 15	89.7	88.9
	III. 26	82.8	87.3
	IV. 5	62.5	49.6
	IV. 20	33.0	31.9
	V. 3	45.3	47.6
	V. 15	87.1	90.7

Explanations: 1) Depth (cm) below sea surface;  
2) Date of collecting water sample.

枸杞島海湾的海水透明度低, 变化大, 对于藻体的生长和发育影响很大, 因此, 我們对透明度和不同水层的光綫强度进行了測量。透明度在检查藻体生长发育情况的同时用透明度盘測量; 不同水层的光綫强度用 S 60 型(Dr. Lange 厂出品)光電池測量。

**4. 实验項目** 为了了解海带在枸杞地区生长发育和环境条件的关系, 我們进行了以下三項实验:

#### 实验 I. 不同时期分散的海带生长实验

目的是要了解在枸杞島生长商品海带的适宜分散时期, 同时, 进一步观察藻体生长和温度的关系并与以前的試驗<sup>[5]</sup>比較。实验在 11 月 30 日开始, 选择 20 厘米(± 1 厘米)的

1) 我們感謝中国科学院海洋研究所邹树驊同志协助进行分析。

幼苗,夹于直径2厘米比較松馳的棕繩上,每繩12棵均匀地夹于8厘米范围内,垂掛在单式浮架上,培养在水面以下50厘米水层,繩与繩間距离約50厘米。之后,用同样方法分别在1956年12月20日、1957年1月9日、1月29日、2月19日和3月11日进行了分散。海带的长度增长显著而且也易于测量,因此,实验过程中生长情况的检查以长度为主要指标。根据以往的經驗<sup>[1]</sup>,当藻体长度不超过1米时,测量藻体假根到叶片尖端的生长来计算某期間的生长速度;长度在1米以上的藻体,在叶片全长 $2/3-3/4$ 处打一圓洞作为指示点,用以测量其生长速度和脫落速度。

对于生长次要指标的寬度和厚度也进行了测量,寬度测量以藻体最寬部分为测量标准,厚度测量是在叶片基部距柄約2厘米处用打洞器打出一个小的圓片,将每一繩海带的小圓片累迭起来测其总厚度,然后計算平均值。长度和寬度测量每7—17天进行一次,开始时每批测量一繩,1月19日后测量2繩。厚度测量在收割时进行。

为了避免5月大风浪对于实验材料的威胁,保証資料完整起見,收割分二次进行,5月16日一次,5月25日一次。收割时,测量每繩海带的长、寬、厚和鮮重,暫时用日光或烘干室烘干,然后在 $110^{\circ}\text{C}$ 温度下烘干4小时,称干重量。

### 实验 II. 海带生长发育和培育水层关系的实验

目的在于了解光綫强度对海带生长和发育的影响以及在枸杞島地区培育商品海带的适宜水层。实验 IIA 在1956年12月17日开始,苗长20厘米( $\pm 1$ 厘米),分散方法同实验1,但每繩夹苗10棵分别培育于海水表层和33、66、100、150、200、250厘米深水层,每层2繩。5月15和25日分两批收获,测量內容和方法与实验 I 相同,但增加了鮮干系数一項。这个系数俗称“鮮干比”,是制成一克重干海带所需要的鮮海带克数。

实验 IIB 1957年2月13日开始,目的在于重复以上实验。这批夏苗用同样运输方法在1月22日从青島运到枸杞島,分散时苗长39—40厘米,每层3繩,5月12、20和29日分三批收获,测量內容和方法同实验 IIA。

为了了解海带在枸杞島的具体情况下是否能正常发育、产生孢子囊羣,并找出孢子囊的发育和光綫强度的关系,我們在测量生长情况的同时,对不同水层培育海带的发育情况进行了比較詳細的觀察。

### 实验 III. 海水透明度加大时对海带生长的影响

为了了解春季暖流北上海水透明度突然加大对生长的影响,在2月27日开始了另一个实验。实验苗长70厘米( $\pm 2$ 厘米),每繩夹苗12棵,分散方法同实验 I,共分散8繩,分为4組养育在33厘米水层。海水透明度加大之后,在3月26日把其中的三組降低到100厘米水层。这时100厘米水层的光綫强度約8,000米烛左右,基本上和3月26日以前33厘米水层的光强相同。以后因为光度計损坏,我們改用透明度盘测透明度为标准,在4月中旬和4月底左右,平均透明度达到了180厘米和300厘米,于是我們下降培育水层,把另外二組在4月11日和4月30日分别降到180厘米和300厘米水层培养。

## 二、实验结果

## I. 不同时期分散的海带生长

实验 I 在 5 月 16 日和 25 日收割时进行了最后一次测量, 这些资料总结为表 2。

表 2 不同时期分散的海带生长情况

Table 2. Growth of Haidai transplanted at different periods

(Sporlings 20±1 cm. long at transplantation, cultivated in the 50 cm layer below sea surface)

收获日期 <sup>1)</sup>	批 数 <sup>2)</sup>	分 散 日 期 <sup>3)</sup>	平均裸干重 <sup>4)</sup> (克)	平均长度 <sup>5)</sup> (厘米)	平均宽度 <sup>6)</sup> (厘米)	平均厚度 <sup>7)</sup> (厘米)	13°C以下 <sup>8)</sup> 适温日数
1957 年 16/V	I	1956 年 30/XI	81.8	263	24.2	3.9	128
	II	20/XII	85.8	268	25.6	3.7	124
	III	1957 年 9/I	71.2	258	23.2	3.4	105
	IV	29/I	47.9	245	20.7	3.0	85
	V	19/II	38.1	217	19.6	2.4	64
	VI	11/III	26.0	190	17.2	2.0	44
1957 年 25/V	I	1956 年 30/XI	95.4	246	25.7	3.7	128
	II*	20/XII	—	—	—	—	—
	III	1957 年 9/I	79.7	241	23.7	3.5	105
	IV	29/I	56.8	226	20.5	3.2	85
	V	19/II	37.0	194	18.7	2.5	64
	VI	11/III	25.0	170	16.4	2.1	44

\* 被风浪打掉遗失。

\* Lost by surf action.

Explanations: 1) Date of harvest; 2) Set No.; 3) Date of transplantation; 4) Average dry weight (g.) per frond; 5) Average length (cm); 6) Average width (cm); 7) Average thickness (mm); 8) No. of days of favorable temperature (below 13°C).

从表 2 可以看出,除了第六批由于分散太晚,生长期太短(共 66 天,其中适温期 44 天)生长较差外,其他五批都达到商品标准。第五批 2 月 19 日分散的海带,收获时平均长 194 和 217 厘米,裸干重 37.0 和 38.1 克(前者 5 月 25 日后者 5 月 16 日收割),可以达到二等品标准; 11 月 30 日分散的第一批海带平均长度 246 和 263 厘米,裸干重 95.4 和 81.8 克(前者 5 月 25 日,后者 5 月 16 日收获)在长度、宽度、厚度和重量上与青岛一等产品没有什么区别。整个实验期间的水温都在 20°C 以下。13°C 以下的生长适宜温度的日数可以有 128 天之多。这说明浙江嵎山岛具有培养商品海带所必要的温度和其他环境条件。

从表 2 和图 1 还可以看出, 11 月 30 日分散的第 1 批海带在长度、宽度、裸干重等方面还不及 12 月 20 日分散的第二批好; 这是因为设计实验浮架中的一些缺点所造成的。由于浮架两端抛锚的绳子较短,高潮时架子两端的竹筒不能平浮在水面,而与水面形成一定的角度,一半在水面下,一半在水面上。第一批分散的海带挂在浮架两端竹筒的最外端,所以涨潮时它的实际培养水层不是 50 厘米而是 80 厘米左右,接受光线强度比第二批的弱些,因而生长也略为差一些。根据以往的观察<sup>[5]</sup>,我们相信,如果这两批海带的培育

水层一样,第一批分散的海带会比第二批分散的好。

表 2 还指出, 5 月 25 日收割的海带在平均长度上都比同期分散而在 5 月 16 日收割的短 17—23 厘米,但在平均棵干重上前四批分散的海带(缺第二批数字)都比 5 月 16 日收割的重,前者比后者分别重 13.6、8.5 和 8.9 克。最后两批分散很晚,藻体短而薄,水温超过 13°C 后,长度生长缓慢,梢部脱落速度加快(参阅表 3),因而重量上稍为轻一些,但相差只有 1 克左右。

为了进一步分析枸杞岛海湾水温、海水透明度对海带生长的影响,把实验期间测量的平均温度、总长度、长度生长、平均日生长和梢部脱落长度的资料列如表 3,并根据表 3 的资料图解为图 1 和 2。同时把测量期间的平均透明度和平均云量也附加在图 2 上。

从表 3 和图 2 可以看出,在六批不同时期分散的海带中,每批平均长度日生长最快时期的来临是不一致的。分散愈晚,来临的时期愈迟,而且平均长度日生长也愈大。如第一、二两批的最大平均长度日生长是在 1 月 19—28 日的期间;当时第一批藻体的总长度是 100 厘米,第二批的是 77 厘米,平均长度日生长是 2.5 和 3.1 厘米,这时平均水温是 9.3°C (变动范围 7.5—9.7°C)。而第五、六两批的最快平均长度日生长是在 3 月 26 到 4 月 4 日和 4 月 17—26 日之间。这时藻体的总长度是 105 和 133 厘米,平均长度日生长是 3.9 和 4.0 厘米,平均水温是 9.6°C (变动范围 8.8—10.7°C) 和 12.9°C (变动范围 11.9—14.4°C)。这和以往的观察<sup>[5]</sup>是一致的。

从表 3 和图 2 还可以看出,在 1 月 29 日以前,前三批分散海带的长度日生长是随着水温的下降而增加的。但是 1 月 29 日以后,平均水温虽然继续下降到 8.4°C (1 月 29 日—2 月 11 日)和 5.5°C (2 月 12—18 日),长度的日生长并没有随着最适温的来临而继续增加,反而有所减少。第一批分散的海带由 2.5 厘米下降到 1.8 和 1.5 厘米;第二批由 3.1

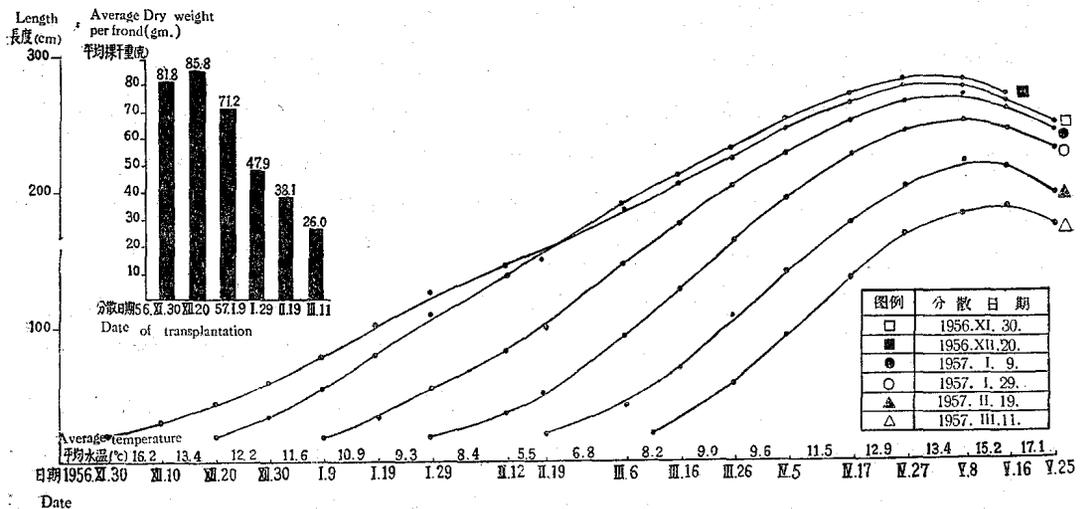


图 1 不同分散时期海带的长度增长和重量

Fig. 1. Length increment and weight of Haidai transplanted at different periods

表3 不同时期分散的海带生长和脱落平均长度(厘米)  
Table 3. Average frondal growth and loss in length (cm) of Haidai transplanted at different periods

批 数 <sup>1)</sup>	I				II				III				IV				V				VI			
	1956年30/XI				20/XII				1957年9/I				29/I				19/II				11/III			
分散日期 <sup>2)</sup> (日/月)	A 原长 度	B 平均长度 日生长	C 生长 长度	D 脱落 长度	A 原长 度	B 平均长度 日生长	C 生长 长度	D 脱落 长度	A 原长 度	B 平均长度 日生长	C 生长 长度	D 脱落 长度	A 原长 度	B 平均长度 日生长	C 生长 长度	D 脱落 长度	A 原长 度	B 平均长度 日生长	C 生长 长度	D 脱落 长度	A 原长 度	B 平均长度 日生长	C 生长 长度	D 脱落 长度
1956年30/XI—9/XII	20	1.0	10																					
10—19/XII	30	1.4	14																					
20—29/XII	44	1.5	15		20	1.3	13																	
30/XII—1957年8/I	59	1.6	16		33	2.1	21																	
9—18/I	75	2.1	21	3.0	54	2.3	23		19	1.4	14													
19—28/I	100	2.5	25	1	77	3.1	31	1	31	2.3	23													
29/I—11/II	124	1.8	25	6	107	2.2	31	3	54	1.9	27													
12—18/II	143	1.5	11	2	135	1.9	13	0	81	2.4	17													
19/II—5/III	152	2.3	34	2	148	2.8	42	3	98	3.0	45	0												
6—15/III	184	2.3	23	3	187	2.8	28	6	143	3.1	31	1												
16—25/III	204	2.1	21	3	209	2.4	24	4	173	2.9	29	1												
26/III—4/IV	222	2.3	23	2	229	2.6	26	4	201	2.9	29	5												
5—16/IV	243	2.0	24	5	251	2.3	27	9	225	2.8	33	9												
17—26/IV	262	1.8	18	5	269	1.9	19	9	249	2.4	24	10												
27/IV—7/V	275	1.2	13	14	279	1.1	12	11	263	1.4	15	11												
8—15/V	274	0.7	6	18	280	1.0	8	20	267	0.9	7	17												
16—24/V	262	0.7	6	6	268				257	0.7	6													
25/V	246								241															

Explanations: 1) Set No.; 2) Date of transplantation; 3) Average temperature in °C; 4) Date; A) Original length; B) Average daily growth; C) Growth in length; D) Loss in length.

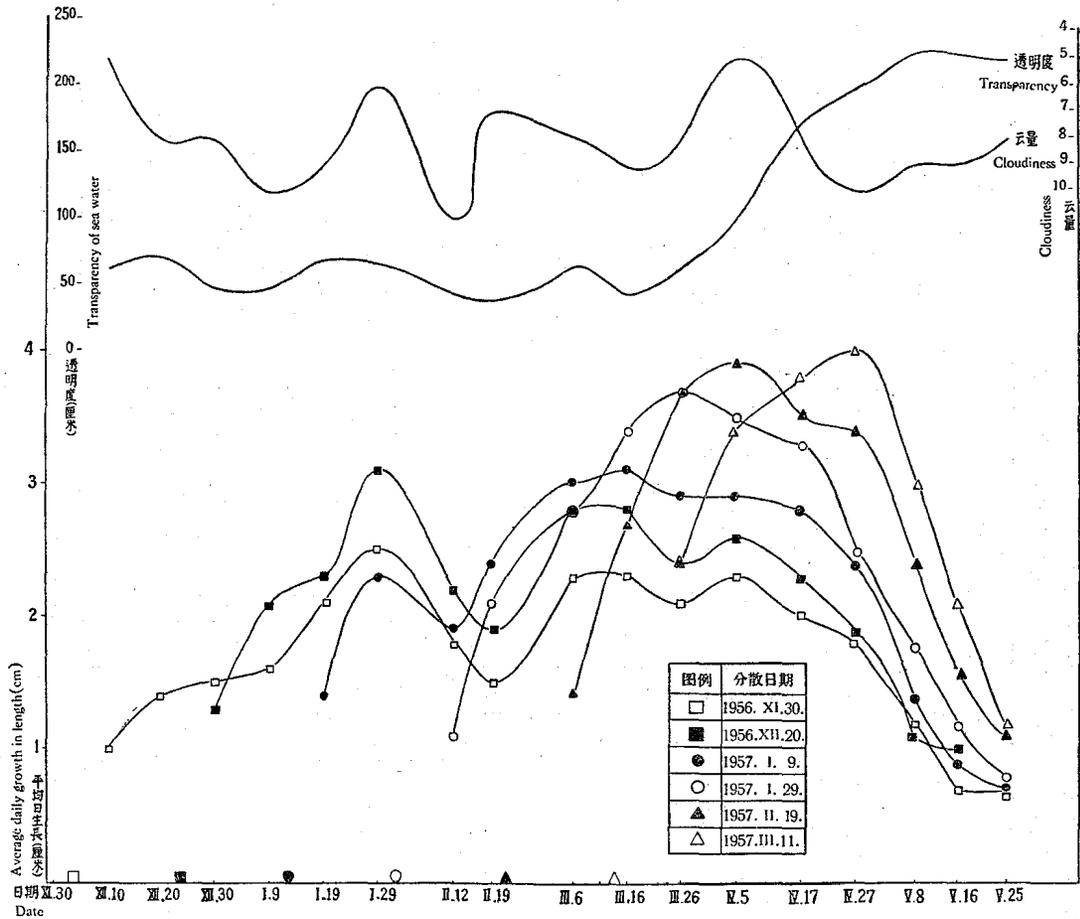


图2 不同分散时期海带的平均长度日生长

Fig. 2. Average daily frondal growth in length of Haidai transplanted at different periods

厘米下降到 2.2 和 1.9 厘米;第三批由 2.3 下降到 1.9 厘米。直到 2 月 19 日水温开始上升以后才逐渐增加。根据以往在青岛的实验结果<sup>[5]</sup>,长度增长的最适宜温度约在 5—10℃左右,在适温时期生长反而下降,这是什么原因呢?我们认为这是由于云量大增透明度减小,光线强度突然减弱的影响所造成的。同样的情况,在 3 月 16 到 25 日期间也出现过一次。

从表 3 也可以看出,脱落速度虽然由于梢部组织的成块脱落而时高时低,但当温度超过 13—15℃ 时,脱落速度即迅速增加。

图 2 的资料还表明海带在枸杞地区的生长与水温之间的关系基本上与青岛的情况一致<sup>[5]</sup>,晚分散海带的适温有逐渐向高温移动的趋势。

## II. 海带生长发育与养育水层关系

A. 实验 IIA 在 5 月 15 日和 25 日分两批收割。收割后,分别作了最后一次测量,测量后样品烘干称重量,结果总结为表 4。根据不同时间所测量的海带藻体长度和长度平均日生长资料,列表 5,并把各测量期间藻体长度和收获期的重量图解为图 3,把各阶段

的藻体平均日生长和云量及海水透明度图解为图4。

表4 海带在不同水层的生长情况(实验IIA)

Table 4. Growth of Haidai at different water layers

(Sporlings transplanted on 17, Dec. 1956)

收获日期 <sup>1)</sup>	培育水层 <sup>2)</sup> (厘米)	平均株干重 <sup>3)</sup> (克)	平均长度 <sup>4)</sup> (厘米)	平均宽度 <sup>5)</sup> (厘米)	平均厚度 <sup>6)</sup> (毫米)	鲜干系数 <sup>7)</sup>
1957年15/V	0	132.4	316	26.1		6.1
	33	100.4	278	26.5	3.9	6.9
	66	71.3	261	24.7	3.6	7.7
	100	38.4	205	20.7	3.2	8.2
	150	25.2	178	18.3	2.4	8.4
	200	11.9	135	15.7	2.0	10.5
	250	5.2	96	13.4	1.6	11.3
1957年25/V	0	136.2	330	24.2	3.9	5.6
	33	99.4	261	26.9	3.6	6.5
	66	81.9	243	25.4	3.6	6.7
	100	59.9	211	22.6	3.5	6.7
	150	30.1	166	19.1	2.2	7.8
	200	14.3	129	15.4	1.9	7.1
	250	8.0	94	14.4	1.3	9.8

Explanations: 1) Date of harvest; 2) Cultivation layer (cm) below sea surface; 3) Average dry weight (g) per frond; 4) Average frondal length (cm); 5) Average frondal width (cm); 6) Average frondal thickness (mm); 7) Drying coefficient (fresh weight/dry weight).

表5 不同培育水层的平均长度日生长

Table 5. Average frondal growth in length of Haidai cultivated at different depth of the sea

(Sporlings 20±1 cm in length transplanted on 17, Dec. 1956)

水层 <sup>1)</sup> (厘米)	0		33		66		100		150		200		250		
	结果 <sup>2)</sup> (厘米)		A 长		B 度		A 长		B 度		A 长		B 度		
	测量日期 <sup>3)</sup> (日/月)	度	度	度	度	度	度	度	度	度	度	度	度	度	
1956年17/XII	20		20		20		20		20		20		20		
	27/XII	31	1.1	33	1.3	29	0.9	26	0.6	20	0	18	0	20	0
1957年	6/I	52	2.1	55	2.2	46	1.7	37	1.1	20	0.1	16	0	17	0
	16/I	82	3.1	82	2.6	67	1.9	49	1.3	23	0.2	17	0.1	12	0
	26/I	113	3.1	110	2.8	93	2.5	64	1.5	27	0.4	18	0.1	10	0
	12/II	162	2.9	149	2.3	125	1.9	84	1.2	33	0.3	21	0.2	11	0.1
	22/II	192	3.0	170	2.1	143	1.8	95	1.1	34	0.2	21	0	10	0
	5/III	224	3.2	200	2.8	171	2.7	118	2.2	46	1.1	25	0.5	11	0.1
	15/III	250	3.3	225	2.7	195	2.4	137	2.0	52	0.7	27	0.2	11	0
	25/III	272	2.8	249	2.3	215	2.2	156	1.9	61	1.1	29	0.3	12	0.1
	5/IV	296	2.8	267	2.4	237	2.6	180	2.5	87	2.4	44	1.5	18	0.6
	15/IV	312	2.4	280	2.4	254	2.6	200	2.7	117	3.1	67	2.3	30	1.2
	25/IV	324	1.8	290	1.9	268	2.1	216	2.3	144	3.1	93	2.8	48	1.7
	6/V	328	1.0	292	1.4	275	1.5	223	1.6	168	2.6	116	2.6	73	2.3
	15/V	329	0.8	283	0.8	264	1.0	218	1.1	173	1.9	130	2.3	90	2.5
	25/V	330	0.2	261	0.5	243	0.5	211	0.5	166	1.1	129	1.3	94	1.2

Explanations: 1) Depth of cultivation layer; 2) Length of frond (cm); 3) Date of measurement; A) Original length (cm); B) Average daily growth in length (cm).

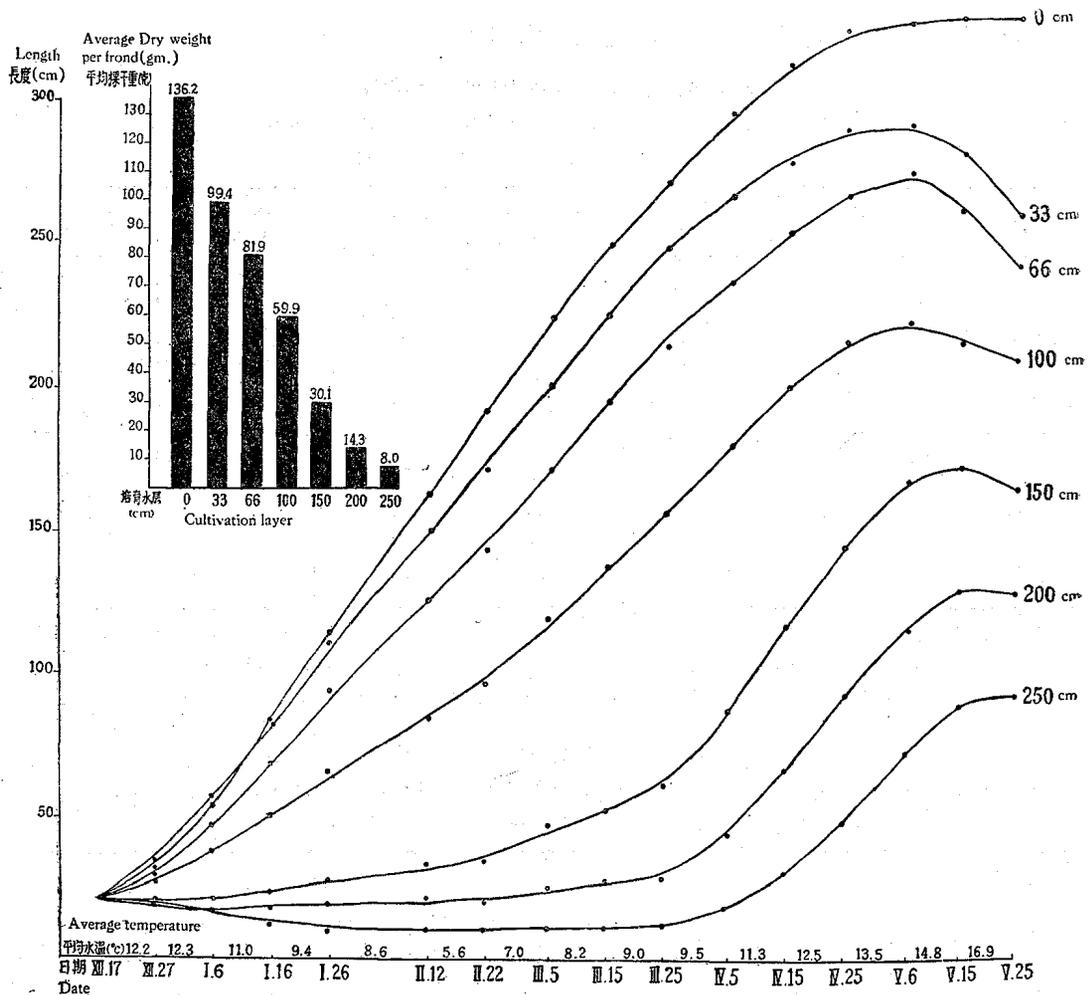


图3 不同培育深度海带的长度增长和重量

Fig. 3. Length increment and weight of Haidai cultivated at different water layers

从表4、表5和图3可以看出，藻体最后干重和长度与培育水深的关系非常密切，培育水层越深，重量和长度就越小。培育在表层的藻体平均达到长330厘米，厚3.9毫米，干重136.2克，在质量上并不比青岛大面积生产的一等品差。培育在海面下150厘米深的藻体也达到三等品标准，有足够的商品价值。培育在200和250厘米水层的海带，从实验开始到3月下旬基本上没有什么生长，甚至有的藻体长度还缩短，到3月底海水透明度增大后才迅速生长，但到实验结束时还未能达到商品标准。这说明在商品海带的生产中，海带的培育水层不得低于1.5米，因为在生产中，单位面积的海带棵数要比实验培育的棵数多得多，藻体所接受的光强也必然要少得多。

表5和图4清楚的表明海带的长度生长与培育水层深度和海水透明度及云量的关系；分析起来，下列几点值得特别提出：

- (1) 虽然总的趋向是培育水层愈深，藻体最后干重和长度愈小，但在实验过程中，不

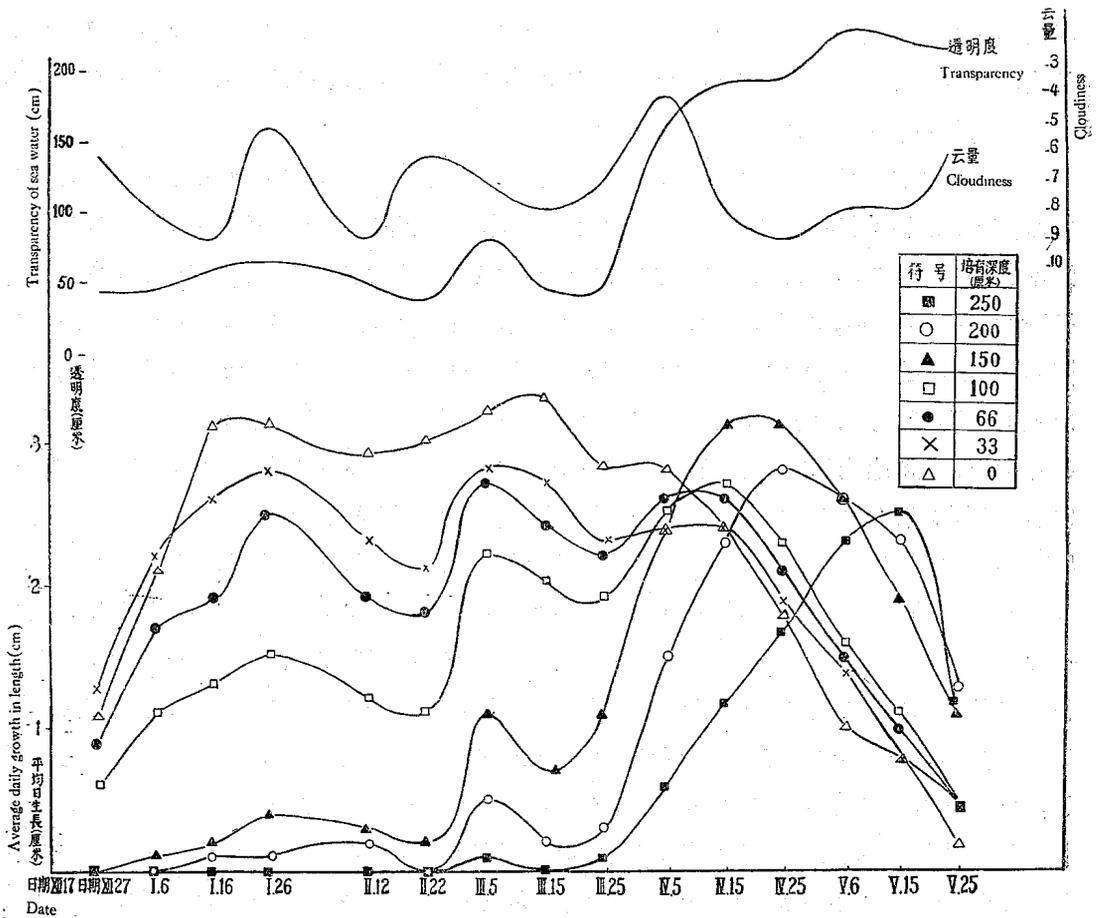


图 4 不同培育深度海带的平均长度日生长

Fig. 4. Average daily growth in length of Haidai cultivated at different water layers

同水层的藻体生长并不是始终一致的,生长与培育水层关系至少可以分为两个阶段:

(i) 第一阶段从 1956 年 12 月 17 日实验开始到 1957 年 3 月底。在这阶段,总的情况是培育水层越浅,生长越快,开始时,33 厘米水层的海带生长比表层的略为好一些,1 月 6 日以后,被表层的海带赶上,以后,表层的生长就一直领先。我们认为,分散后培育在表层的海带,由于从原先的 50 厘米培育水层提高到表层,可接受的光线强度突然增加,同时分散后藻体密度变小,生长部互相遮光的现象减轻,环境的这种突然改变使藻体生长部生长受到一定程度的不良影响<sup>1)</sup>,因而生长较培育在 33 厘米水层的略为慢一些;20 天后,藻体已经超过半米长,叶片间互相遮光现象变得较为严重,并且经过了这许多天的适应,表层较强的光线已经不再作为一个不利的因子来影响生长部的生长,因而长度生长大大超过 33 厘米深水层的海带。

最低层的海带在 250 厘米深水层基本上不能获得所需要的光线强度,不但没有增长,

1) 根据杨宗岱 1957 年未发表资料。

反而由于梢部衰老脱落的原因,长度大为缩短,到3月15日,藻体仅长11厘米,只有原先长度的一半。第6层海带在200厘米深水层所接受的光强也非常微弱,与最低层相差有限,因此,虽然在这期间内长度略有增加,但很有限。

(ii) 第二阶段从3月中旬到5月底实验结束。这期间日光强度逐渐增加,3月中旬以后,透明度较大的南方暖流水团开始北上,因而各层藻体所接受的光线强度突然增加。根据我们在1957年3月测定的不同深度水层的光线强度资料,表层的光线强度在3月5日达到10,000米烛,8日就超过了10,000米烛,超出了我们所用光度计(Dr. Lange S 60型)的测量范围。33厘米深水层光强在3月11日也超过了10,000米烛。之后,这两层的光线强度逐渐上升。培养在这两层的海带长度日生长在3月15日以前,从2月22日到3月15日期间达到3.3厘米(第一层)和2.8厘米(第二层)的生长最高峰,但从3月15日以后,由于光强突然增加,生长速度逐渐下降。其他水层光强刚超过10,000米烛的时间如下:66厘米深水层3月23日,100厘米深水层3月25日,150厘米深水层3月28日。其他两层光强在3月里没有超过10,000米烛。第三、四两层海带达到最高日生长时比第一、二两层约延缓了一个月。第三层虽然在3月5日前达到2.7厘米的长度日生长,但从整个趋势看,真正的生长高峰还是在3月25日到4月15日这期间。此后,生长速度一直下降。其他几层,每层约比上层延缓10—20天左右达到生长高峰,以后才下降。这说明了,海带藻体(长1米以上)生长的适宜光强约在10,000米烛左右。

(2) 在第一阶段,云量的变化对藻体生长影响很大。如果我们比较图4的海带日生长和云量的大小,就可以看到云量的曲线与各层海带日生长的曲线相似。但在3月下旬暖流北上之后,云量变化对藻体日生长的影响就逐渐变小,这主要是因为暖流水团透明度高,不象冬季和初春水团那么混浊,对光线的吸收量也较少,藻体接受的光线强度不是不够而是有余,因此,云量的多少虽然有一定的影响,但并不大,这从图4的云量和透明度的曲线情况就可以看出来。

(3) 几个水层的长度日生长高峰一般都维持20天左右就下降。这可能是由于光线强度增加太快,在20天以后,光强超过了各该水层藻体需要的适宜量,对生长反而起了一定的抑制作用。水温的逐渐上升也可能有关系,特别是六、七两层的海带,在光强适宜而达到生长高峰时,水温已经超过了适温范围<sup>[6]</sup>,因此,生长速度不但没有因为适宜光强的来临而上升,反而由于温度的不适而下降。

B. 实验 IIB 在5月12日、20日和29日分三批收割。材料的测量、烘干等与实验 IIA 一样,结果总结为表6。

从表6可以看出,虽然实验的时间比实验 IIA 少了几乎两个月,但总的情况基本上是一样的。除了第三批表层藻体,因为实验幼苗不够健康,分散后不久光照强度突然增加,生长缓慢,最后棵干重和长度稍差以外,其他两批都以表层藻体的生长最好。试验幼苗长39—40厘米比实验 IIA 约大一倍,但由于培育时间只有三个月左右,上面几层藻体的重量

表 6 不同水层海带的生长 (实验 IIB)

Table 6. Growth of Haidai at different water layers

(Spurlings transplanted on 13, Feb. 1957)

收获日期 <sup>1)</sup>	1957年5月12日							1957年5月20日							1957年5月29日						
培育水层 <sup>2)</sup> (cm)	0	33	66	100	150	200	250	0	33	66	100	150	200	250	0	33	66	100	150	200	250
平均鲜干重 <sup>3)</sup> (g)	59.6	54.8	48.6	36.3	28.6	16.1	11.1	75.4	63.1	57.2	43.7	34.4	20.5	16.1	56.8	68.1	60.6	47.7	38.8	28.7	21.0
平均长度 <sup>4)</sup> (cm)	256	247	240	217	190	183	158	257	247	227	211	195	168	157	230	255	219	199	181	165	167
平均宽度 <sup>5)</sup> (cm)	19.3	21.0	21.9	20.7	19.9	15.6	15.2	19.6	21.9	22.0	20.6	19.5	16.3	15.9	18.1	22.0	22.5	21.2	20.0	17.5	16.5
平均厚度 <sup>6)</sup> (mm)	2.6	2.8	2.7	2.5	2.4	2.0	2.1	2.9	2.9	3.0	2.7	2.6	2.2	2.1	3.0	3.2	3.1	2.8	2.7	2.4	2.4
鲜干系数 <sup>7)</sup>	6.1	6.8	7.3	7.8	8.0	9.7	10.5	5.1	5.7	6.2	6.9	7.3	7.9	9.0	5.2	5.8	6.0	6.5	6.4	7.3	8.3

Explanations: 1) Date of harvest; 2) Cultivation layer (cm) below sea surface; 3) Average dry weight (g) per frond; 4) Average frondal length (cm); 5) Average frondal width (cm); 6) Average frondal thickness (mm); 7) Drying coefficient (fresh weight/dry weight).

和长度还是不及实验 IIA, 但底下两三层情况就有不同。第六、七两层的藻体, 不论长度或重量都比实验 IIA 的好。这是因为实验 IIA 的第六、七层藻体实验开始后一个相当长时间(第六层约 40 天, 第七层约 110 天)不但没有增长, 反而缩短一些, 以后光照条件略为好转才长到原先长度, 但在实验 IIB, 藻体分散不久, 光强就逐渐增大, 没有经过一度的缩短的原因。

表 4 和表 6 还指出, 藻体鲜干系数的高低与收获时间有密切关系, 一般是收获越晚, 鲜干系数越低, 表示藻体水分的相应减少和干物质的相应增加。比较表 6 的三批资料, 可以看出从 5 月 12 日到 20 日这 8 天内, 鲜干系数降低很快, 但从 5 月 20 日到 29 日这 9 天内, 鲜干系数没有很大变化, 有已经稳定的现象。如果比较不同水层藻体的鲜干系数, 还可以看出培育水层浅, 鲜干系数就低, 这说明藻体的鲜干系数是与光照的强弱有直接关系的。

C. 在以上实验进行过程中, 我们详细地观察了孢子囊群的发生情况, 观察的结果整理为表 7。

从表 7 的资料可以看出, 培养在 66 厘米水层以上的藻体才能发生孢子囊群。在能发生孢子囊群的培育水层, 总的情况是越接近表层孢子囊群的出现越早, 而且具有孢子囊群的藻体占实验棵数的百分比也越高, 这说明孢子囊的形成要求一定的光照强度, 而且还要经过一定的时间才能满足。

实验还证明, 这些孢子囊能正常放散游孢子, 而游孢子也能正常地发长为孢子体。在晚春初夏时间孢子囊群都发生在藻体的梢部, 这些在生长过程中会陆续自然脱落, 特别在表层的藻体更是如此。因此, 1957 年 2 月 13 日分散的海带, 表层藻体孢子囊群出现的百分数所以有时下降, 可能是由于尖端脱落而把具有孢子囊的部分丢失所致。

表7 海带孢子囊羣的發生与培育水层的关系  
Table 7. Development of sporangial sori of Haidai in relation to cultivation depths below sea surface

检查日期 (日/月) <sup>4)</sup>	分散日期 <sup>1)</sup> 培育水层(厘米) <sup>2)</sup> 孢子囊出現占總數% <sup>3)</sup>		1956年17/XII				1957年13/II			
	0	33	66	100—250	0	33	66	100—250		
5/IV	11	0	0	0						
15/IV	89	70	25	0						
23/IV					44	80	0	0		
25/IV	100	80	25	0						
2/V					78	80	0	0		
6/V	100	80	25	0						
13/V					67*	100	0	0		
15/V	100	80	25	0						
20/V					78	100	33	0		
25/V	100	80	50	0						
29/V					67*	100	42	0		

\* 孢子囊羣位于藻体梢部,在生长过程中尖端組織自然脫掉,所以具有孢子囊羣的藻体的株数比前次少了。

\* Sporangial sori at frondal tip naturally discarded in growth process, hence the number of fronds with sporangial sori was less than previous examination.

Explanations: 1) Date of transplantation; 2) Depth of cultivation below sea surface (cm); 3) % of fronds with sporangial sori to total number of fronds under observation; 4) Date of examination.

通过在枸杞島海湾的實驗,可以肯定在东海地区的具体环境条件下,海带具有发生孢子囊羣的能力,如在东海区发展海带养殖业,在这里养育自己所需要的幼苗是完全可能的。

### III. 海水透明度加大时对海带生长的影响

实验在5月17日进行最后一次测量,把每一阶段测量的海水透明度和海带的长度及长度日生长整理为表8,又把最后测量不同水层海带的长度、鮮重、干重和鮮干系数整理为表9。

表8的資料表明,4、5月間暖流北上,海水透明度增加,把海带的养育水层适当地降低是有利于海带长度生长的。从3月26日到4月11日,当时的平均透明度为136厘米,33厘米水层的海带长度日生长是3.4厘米,而100厘米水层的三組海带的长度日生长平均是3.3厘米,相差只有0.1厘米。从4月11日到23日,当时透明度170厘米,长度日生长則以100厘米的最大。之后,透明度增加到200厘米以上,长度日生长一直是180厘米水层的最好,水层較浅的第I、II兩組和水层較深的第IV組的生长都較差。如果我們參閱表5,也可以看到同样的情况:在4月初旬以前,海带的长度日生长与培育水层的关系是深度愈大,生长就愈差。从4月初旬开始有急剧的变化,最适宜的水层逐漸向深处轉移,4月初旬开始轉到66厘米水层,4月中旬是150厘米水层,5月中旬是200和250厘

表 8 变动水层培育海带的生长情况  
Table 8. Growth of Haidai cultivated at varying depths

测 <sup>1)</sup> 量日期 1957年 (日/月)	平均透明度 <sup>2)</sup> (厘米)	第 I 组 <sup>3)</sup>			第 II 组 <sup>4)</sup>			第 III 组 <sup>5)</sup>			第 IV 组 <sup>6)</sup>		
		A. 长 度 (厘米)	B. 平日 平均生 长度 (厘米)	C. 培 育水 层 (厘米)	A. 长 度 (厘米)	B. 平日 平均生 长度 (厘米)	C. 培 育水 层 (厘米)	A. 长 度 (厘米)	B. 平日 平均生 长度 (厘米)	C. 培 育水 层 (厘米)	A. 长 度 (厘米)	B. 平日 平均生 长度 (厘米)	C. 培 育水 层 (厘米)
26/III		155		33	155		33	154		33	153		33
11/IV	136	209	3.4	33	203	3.0	100	206	3.3	100	210	3.7	100
23/IV	170	235	3.2	33	240	3.5	100	238	3.2	180	243	3.4	180
30/IV	288	244	2.3	33	249	2.2	100	250	2.6	180	255	2.6	180
9/V	204	253	1.9	33	256	1.9	100	260	2.5	180	262	1.9	300
17/V	200	240	1.1	33	242	1.1	100	254	1.4	180	255	1.2	300

Explanations: 1) Date of measurement; 2) Average water transparency (cm) during the period of growth; 3) Set No. I; 4) Set No. II; 5) Set No. III; 6) Set No. IV; A) Length of frond (cm); B) Average daily growth in length (cm); C) Depth of cultivation (cm) below sea surface.

表 9 变动水层培养海带的重量和长度  
Table 9. Weight and length of Haidai cultivated at varying depths

组 别 <sup>1)</sup>	培育水层 <sup>2)</sup> (厘米)	平均长度 <sup>3)</sup> (厘米)	棵 鲜 重 <sup>4)</sup> (克)	棵 干 重 <sup>5)</sup> (克)	鲜干系数 <sup>6)</sup>
I	33	240	399	59.7	6.7
II	33—100	242	417	55.2	7.6
III	33—180	254	397	48.2	8.2
IV	33—300	255	490	50.3	9.8

Explanations: 1) Set No.; 2) Depth of cultivation (cm) below sea surface; 3) Average length (cm); 4) Fresh weight (g) per frond; 5) Dry weight (g) per frond; 6) Drying coefficient (fresh weight/dry weight).

米水层。

从表 9 可以看出,培育在表面水层的海带,尽管长度生长和鲜重不如培育在其他水层的,但在干重方面都超出约 10—20% 左右。这主要是表层接受了较充足的光线,营养物质累积的多,鲜干系数低的原因。

### 三、讨 论

1. 水质分析的结果(见表 1)表明,枸杞岛水质肥沃,硝酸氮含量在 3 月底以前高达 64.4—129 毫克/立方米,暖流北上之后,含量仍达 31.9—90.7 毫克/立方米,这样高的硝酸氮含量是黄渤海区的大多数地区所少有的。以青岛团岛湾养殖商品海带的肥区为例,硝酸氮含量一般也不过 17—19 毫克/立方米。这说明,在实验过程中氮素不是海带生长发育的限制因素;也说明枸杞岛附近的海区具有培养商品海带所必要的水质条件。

2. 南方沿岸人口稠密河流较多,在不断的从大陆向东海倒入大量肥料的同时,也给沿岸海水带来了大量泥沙,海水透明度非常低。在嵎山枸杞地区,从 12 月至 3 月底,透明度

只有 30—70 厘米左右。而在同一期間，黃海区的海水透明度却較大，例如青島团島湾透明度可达 200 厘米左右。根据我們在青島的觀察，在主要的生長季节內，海带对于光綫的要求一般以培养在 150 厘米左右的水层最好。但枸杞島海湾同在 150 厘米的水层中的光強却非常低。所以枸杞島最适宜的培育水层就不是 150 厘米左右，而是与青島最适培育水层光照強度相近的 30 厘米左右的水层。同时由于海水透明度小，光照強度变化大，培养的最适水层也就局限在一个很小的範圍內。因此我們认为根据东海区的特殊性，培育深度的掌握应当视为养殖过程中一个关键性問題。同时建議有关部門进一步試驗平放苗繩的养殖方法，我們认为这种方法可以能更合理地利用光能，从而提高单位面积产量。

从 3 月底或 4 月初旬开始，海水透明度在很短的时间內突然加大，培育在 1.5 米水层以上的藻体的生長受到了不同程度的影响，根据我們以往的觀察以及山东水产养殖場的养殖經驗<sup>[7]</sup>，这期間的水温正是海带生長的最适温度，不論藻体的大小，如果没有光強的突然变化，藻体的长度生長是不会減低的，因此我們认为这时如果适当降低培育水层，使藻体接受的光強保持原来的水平，那么日生長就不会突然下降。

3. 比較表 8 和表 9 的結果可以看出，在透明度突然加大之后，如果适当地降低培育水层，藻体就不会受強光的影响而日生長应有显著的提高。降低到 100、180、300 厘米水层培养的藻体最后的长度虽然都比第一組的长，但是棵干重却不如第一組的藻体。根据山东水产养殖場的經驗<sup>[7]</sup>，以及我們在青島培育种海带所觀察到的情况<sup>[5]</sup>，从 4 月下旬以后，当水温升高到 13℃ 左右时，2 米以上的藻体生長緩慢，对光強的要求逐漸增高，这时如果适当的提高培育水层，藻体积累干物质过程就可以加快，最后藻体含水量少，鮮干系数低。根据以上情况，我們认为，如果在适当的时期逐步提高培育在 100、180、300 厘米水层的藻体到 33 厘米，那么最后收割时，这些藻体不仅在长度上能超过第一組，平均棵干重也一定会比表 9 的数值高些。

根据以上关于华东海区的特殊情况以及光綫強度对于海带生長的影响，我們建議在华东类似枸杞島这样海区进行养殖时，分散后应在 30 厘米左右的水层进行培养，以后在 15—20 天左右逐漸提高到表层，当暖流北上，透明度加大至 150—200 厘米左右时，培育水层也应随之下降到 150 厘米左右。在 4 月下旬以后水温增高到 13℃ 左右，藻体长到适当大小时，可以再逐步的提高到表层，使藻体接受充足的光綫，累积更多的干物质。收获前可采用切梢增产法<sup>1)</sup>，避免藻体梢部自然脫落，收获時間可以适当的在水温达到 19—20℃ 左右时进行。这样，最后藻体在长度和棵干重上应当比試驗的最高数值还要高些。

当然的，这些意見是根据在枸杞島的試驗結果与我們在青島的一些經驗而提出来，在各地区必需根据当地的具体条件所进行的試驗結果而提出本地区的措施。例如，藻体在高温时的尖端脫落量与水質的肥瘦有一定的关系，因此，到底应当在什么时候进行收割必需根据当地的試驗結果来确定。又如，各地区的海水透明度和表层水温也有一定的差异，

1) 根据吳超元、郑舜琴、曾呈奎、彭作圣未发表資料。

所用的夹苗方法和苗繩的长短也不一致,因此,对海带各生长阶段的培育也需要通过具体試驗才能决定。

4. 1956年試驗开始以后,我們又分析了江苏、福建和广东一些港湾的硝酸氮含量。分析結果表明福建連江和霞浦含量 86—123 毫克/立方米、江苏連云港含量 15.4—45.7 毫克/立方米、广东汕头也达 16.5—45.2 毫克/立方米。这些数值說明,华东和华南海区的某些港湾水质肥沃,适于进行海带养殖。

#### 四、結 語

1. 不同時間分散海带的生长情况表明,平均长度日生长最快时期的来临是不一致的,分散愈晚,来临的时期愈迟,平均长度日生长也愈大。实验結果还表明,在 2 月 19 日以前分散的海带生长良好,达到了商品标准。这說明浙江嵊泗列島附近是具有培养商品海带所必要的温度条件。

2. 生长发育和培育水层的实验关系表明,培育水层愈深,生长速度和重量就愈小,而且由于海水透明度很低,培育在 150 厘米水层以上的藻体才能达到商品标准。实验結果还表明,培养在 66 厘米以上水层的藻体能发育产生孢子囊羣,这些孢子囊羣可以放散游孢子,并生长为幼孢子体。也就是說,在南移养殖时,可以利用种海带在当地繁殖幼苗而不必从北方大量进行移植。

3. 海水透明度加大对海带生长影响的实验表明,由于受江水和北上暖流的影响以及气候条件的变化,枸杞島海区海水中光綫的分布情况变化很大。进行商品海带的生产必須根据光綫分布情况的变化和不同大小藻体对于光綫的不同要求适时地調整培育水层。

4. 綜合以上实验結果和实验过程中对水文資料的分析,我們認為:浙江嵊泗列島附近的一些港湾水质肥沃;水温条件基本上能满足海带生长发育的要求;光綫的分布情况虽然变化很大,但可以通过調整培育水层来适当地滿足海带的需要。也就是說,在枸杞島海区,或者类似的海区,具有培养商品海带的环境条件。

1958 年以来,在华东海区成功地进行大規模南移养殖的事实,証实了这个实验結果的正确性。

#### 参 考 文 献

- [1] 曾呈奎, 1955. 浅海施肥增产問題. 科学通报 1955 年 (12): 73—76.
- [2] 曾呈奎、吳超元, 1954. 海带的养殖与存在的問題. 科学通报 1954 年 (5): 48—52.
- [3] 曾呈奎、孙国玉、吳超元, 1955. 海带的幼苗低溫渡夏养殖試驗报告. 植物学报 4(3): 255—264.
- [4] 曾呈奎、孙国玉、吳超元, 1955. 海带养殖的施肥研究. 植物学报 4(4): 375—392.
- [5] 曾呈奎、吳超元、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.
- [6] 曾呈奎、刘恬敬、吳超元、蔣本禹, 1957. 海带在浙江近海生长試驗初报. 科学通报 1957 年 (15): 475—477.
- [7] 国营山东水产养殖場, 1956. 海带养殖工作报告, 1951—1953. 山东水产局.
- [8] 連江海藻試驗站, 1957. 福建、連江海带养殖試驗总结. 福建省水产局水产通报 2 号, 1—24 頁.
- [9] Harvey, H. W., 1926. Nitrate in the sea. J. Mar. Biol. Assoc. U. K. 14 (1): 71—88.

## STUDIES ON THE GROWTH AND DEVELOPMENT OF HAIDAI (*LAMINARIA JAPONICA*) TRANSPLANTED AT THE CHEKIANG COAST

C. K. TSENG, T. G. LIU, B. Y. JIANG, Y. H. ZHANG AND C. Y. WU

### ABSTRACT

In 1956—1957, experiments were conducted on the studies of growth and development of *Laminaria japonica* (vernacularly known as Haidai) in a bay of a small island belonging to the Choushan archipelago at the Chekiang coast, in order to determine whether it was possible to carry on commercial cultivation of Haidai in the East China coast. The sea water there has been found to be exceptionally rich in nitrate contents. The following three series of experiments were conducted:

1. The transplantation of Haidai sporlings at different periods;
2. The cultivation of Haidai at different depths below the sea surface;
3. The influence of the sudden increase of sea water transparency in late spring on the growth of the Haidai.

The results of the first series of experiments showed that sporlings transplanted at different periods attained max. length at different periods (temperatures varying between 13—15°C), such results were similar to that which Tseng, Wu and Sun have obtained with Tsingtao experiments.

The results of the second series of experiments showed that owing to the extremely low transparency of the Chekiang sea water (About 50 cm), Haidai cultivated below the 150 cm water layer grew very slowly and were not of commercial value upon harvest. The length and dry weight of the Haidai cultivated were inversely proportional to the depth of the cultivation layers, i.e., the shallower the cultivation depth, the longer and heavier the resulting fronds would be. Those cultivated near the sea surface were as good in quality as the Tsingtao produce in any respect. These experiments also showed that when cultivated in the 66 cm or shallower water layers, the fronds were able to develop sporangial sori naturally, these giving rise to zoospores growing and developing normally to gametophytes and eventually to sporophytes.

The results of the third series of experiments showed that due to the sudden increase of sea water transparency in the early April, the daily growth of Haidai cultivated in the shallower layers decreased, whereas those with the cultivating layer lowered in accordance with the increase of water transparency showed an increased daily growth as compared with the control.

On the basis of the results obtained from the three series of experiments, a suggestion for cultivating Haidai of commercial quality in the coastal region of the East China sea was made. Thereafter, commercial production of Haidai south down to Chekiang, Fukien and Kwangtung has been proceeding rapidly since 1958.