

海带长叶品种的培育*

方宗熙 蒋本禹 李家俊

(山东海洋学院;中国科学院海洋研究所) (中国科学院海洋研究所)

海藻遗传的研究在国际上做的很少,育种工作还未见进行(Lewin, 1960)。在我国,继曾呈奎等(1955—1962)关于海带实验生态学的研究成果之后,为进一步适应海带养殖业的需要,于1958年起,在海带养殖的科学事业中又开始了—个新方向的研究,即海带遗传育种的研究。1962年第一次报道培育出—个海带新品种——“海青—号”^[2]。这个新品种目前正在推广养殖中。

由于我国沿岸各海区的自然条件颇不相同,—个海带品种显然不能满足各海区的要求。为不断提高海带的品质和产量,创造更多海带品种已成为当前水产事业中—项重要任务。

本文介绍海带另—品种的培育过程。这个新品种被命名为“海青二—号”,因为它跟“海青—号”—起都是利用—批的普通海带作为育种的原始材料,又都是在青岛应用相似方法培育出来的。

—、材 料

育种所用的原始材料是1958年7月从青岛山东水产养殖场取来—批配子体。这批配子体是由许多棵成熟海带放在—起所采的孢子长成的。“海青—号”和“海青二—号”都起源于这—批配子体。

这—批育种的原始材料属于目前养殖的普通海带。从性质上讲,普通海带虽然经过若干年的人工养殖,但未经过系统的选育工作,仍是半野生的海藻。从生殖方式讲,不论在自然界里或人工养殖的条件下它们都有充分机会由杂交产生后代。因此,有理由认为它们具有杂种性。实际的观察和实验也表明它们具有高度的杂种性^[1]。特别是从连续自交的实验,我们观察到许多性状在后代中表现广泛的分离,由此已选育出特征不同的若干自交系或品系^[2-5]。

普通海带具有杂种性,这跟绝大部分野生生物和大部分家养生物都具有杂种性的论断(Dobzansky, 1955; Dempsters, 1955)是—致的。而种群所含有的变异愈多,对选择的反应就愈大(Mather, 1955)。因此,有理由推想,以普通海带作为育种的原始材料,即可以选育出许多优良品种。

二、方 法

这包括养殖方法和育种方法。

* 中国科学院海洋研究所调查研究报告第314号;参加这项工作的还有谭塾之、杨肇蕙、林光恆、张遂、张景镛、贾凤梅等同志。

关于养殖方法,从采孢子,低温育苗,海上养殖海带等一系列有关的培育和管理,都采用曾呈奎等(1955—1962)所研究出的方法。在养殖中我们特别注意养殖条件的一致性。在实验室里,在海上,我们都注意尽量做到这一点。

由于普通海带具有高度的杂种性,因此所采用的育种方法主要是连续自交和定向选择。

所谓自交就是单棵海带分别采孢子,使不同棵海带在隔离情况下产生孢子,由此控制其交配过程。就是只让同一棵成熟海带所产生的孢子在一起,由此发育成雌雄配子体,彼此交配。这跟高等植物例如玉米的自体受精相似。这样做,主要是希望通过自交和选择尽快导致性状的分离和纯型合子化(Hayes, 1955)。到1963年,上述材料连续自交已进行了五代。

我们根据海带生活史的特点,分以下三个阶段进行选择:

(1) 对配子体的选择 由于海带配子体很小,只宜采用微生物的选择方法(Bryson等,1955)。育种目标是抗高温品种,因此采用高温选择的方法。根据曾呈奎等(1962)的研究,海带配子体在20℃温度条件下不能进行生殖。在这样温度下时间一长,会导致死亡。因此我们采用高温选择的方法,让海带配子体在20—22℃温度下培育达一个月到两个月。据观察,这会引引起80%以上的雌配子体死亡。希望通过这样的选择,会把少数能够适应较高温度的配子体留下来,作为培育的对象。

高温选择连续进行两年。第一次是1958年,跟“海青一号”的祖先同一批进行高温处理。第二次是1959年,这时“海青一号”的祖先已不再进行高温处理,仅仅对“海青二号”的祖先进行高温处理。

(2) 对幼孢子体的选择 挑选生长最快的健壮幼苗进行分散养殖。在养殖过程中,注意及时管理,除去杂藻。这一选择到1964年已连续进行了六年。

(3) 对种海带的选择 挑选叶片最长、自然脱落最轻的成熟种海带采孢子。这一选择到1964年也已连续进行了六年。

三、新品种的出现及其特征

1. “海青二号”的形成

在上述自交和选择的情况下,1961年开始出现了若干性状显著的品系。其中有一个品系,叶片特别长,其他经济性状也符合要求,被认为有培育前途。于是选出符合要求的个体,再经过两年的自交和选择,看到性状相当稳定,就命名为“海青二号”。1963—1964年又继续选育。

“海青二号”跟“海青一号”有明显的区别。在孢子体成熟时期,“海青二号”叶片较长,较狭,柄部较短,成熟较早。这两个品种的叶片自然脱落较轻。在小规模实验中两个品种所得的产量相近,都比普通海带(即对照组)提高产量30—40%。

“海青二号”的主要特点是叶片长。在同样养殖条件下,“海青二号”的叶片长度比普通海带平均可超过1米左右。从研究知道,海带叶片长度是遗传的性状^[4,5]。

兹将最近三年来养殖中的生长情况介绍如下:

表1是“海青二号”、“海青一号”和普通海带(即对照组)在1962—1964年生长在同一

表1 “海青二号”、“海青一号”和对照组海带 1962—1964 年成熟时的生长情况
Table 1. Differences in several morphological characters of *Laminaria* among varieties Haiqing No. 1, No. 2, and the control.

A. 年份	B. 实验材料	C. 总棵数	D. 平均长±标准差(cm)	E. 平均宽±标准差(cm)	F. 平均柄长±标准差(cm)	G. 平均棵干重(g)
*1962	1. 海二	21	342.1±22.89	22.9±1.79	3.6±0.66	95.7
	2. 海一	28	320.9±25.32	25.0±3.43	5.3±0.47	101.4
	3. 对照	46	264.1±24.45	21.4±2.50	3.0±0.63	74.3
1963	1. 海二	25	448.3±32.05	25.4±1.48	4.2±0.41	136.1
	2. 海一	45	361.4±21.28	30.6±3.15	5.9±0.60	125.3
	3. 对照	74	319.5±37.09	24.6±3.55	3.5±0.77	100.7
△1964	1. 海二	167	415.9±22.35	28.8±2.59	4.0±0.71	143.9
	2. 海一	59	346.2±25.83	33.2±3.81	5.0±0.79	149.8
	3. 对照	49	308.5±32.20	27.0±4.44	3.8±0.55	105.6

* 1962年个体都比1963年小,这由于这一年分苗因故推迟了一个多月。

△ 1964年个体比1963年小,这由于最后一次测量因故提前了约一个月。

Explanations:

A. Year; B. Materials: 1. Haiqing No. 2. variety; 2. Haiqing No. 1. variety; 3. The control; C. Total number of *Laminaria* plants observed; D. Average frond length and standard deviation (cm); E. Average frond width and standard deviation (cm); F. Average stipe length and standard deviation (cm); G. Average weight dry (g).

Note: *The sporophytes were all much smaller this year than those in 1963. This is mainly due to the fact that this year the time of transplantation of sporelings was for some reason delayed for more than one month than usual.

△The sporophytes looked a little smaller this year than those in 1963. This is mainly due to the fact that the last measurement was made almost one month earlier than that in 1963.

海区成熟时的情况。

从表1可以看到“海青二号”和“海青一号”都比普通海带保持生长优势。1962年“海青二号”的棵干重略低于“海青一号”，而高出普通海带约28%。1963年“海青二号”棵干重比“海青一号”略高，而高出普通海带约35%。1964年“海青二号”棵干重高出普通海带约36%。

1962年各组海带个体都普遍比1963年各组海带个体小些，这是由于1962年分苗比1963年推迟约1个月。按照曾呈奎等(1962)的实验，分苗愈早，生长愈大；分苗愈迟，生长愈小。

2. “海青二号”雌配子体对高温的适应力

为了解“海青二号”雌配子体对高温的适应力，我们于1963年6月进行了一个小实验。实验所用的材料是经过五年连续单棵采孢子的“海青二号”和“海青一号”配子体。对照组是普通海带由混合采孢子所长成的配子体。

这两个品种和对照组的配子体起初都培育在10℃条件下。采孢子后经过12天，然后进行高温实验。所采用的高温分别为18℃、20℃和24℃三个等级。实验的主要结果如表2。

从表2可以看到，在18°和20℃条件下，对高温的适应力各组雌配子体在15天内差别不大，在24℃条件下则差别很大。“海青二号”和“海青一号”雌配子体的死亡率相近，

表2 “海青二号”、“海青一号”和对照海带雌配子体对高温适应力的比较

Table 2. Mortalities under higher temperatures of female gametophytes of Haiqing No. 2, No. 1 and the control.

A. 温度	B. 实验材料	C. 移入高温后 G. 死亡率	D. 第 4 天		E. 第 15 天	
			F. 总 数	G. 死亡 %	F. 总 数	G. 死亡 %
18°C	1. 海 二		197	0.0	185	0.0
	2. 海 一		283	0.0	185	0.0
	3. 对 照		195	0.0	239	3.8
20°C	1. 海 二		169	0.0	133	3.8
	2. 海 一		163	0.0	120	2.5
	3. 对 照		194	0.0	148	3.8
24°C	1. 海 二		181	16.6	201	27.0
	2. 海 一		186	14.5	213	25.4
	3. 对 照		153	10.5	143	46.7

Explanations:

A. Temperature; B. Materials: 1. Haiqing No. 2 variety; 2. Haiqing No. 1 variety; 3. The Control; C. Transferring from low temperature (10°C) to higher temperatures; D. The 4th day; E. The 15th day; F. Total number of female gametophytes observed; G. Mortality rate (%).

它们都比普通海带雌配子体较能适应高温。

3. “海青二号”的排卵速度

为了解“海青二号”雌配子体的排卵速度跟“海青一号”和普通海带有沒有不同, 1963年6月我们进行了另一个小实验。实验所用材料跟前一实验(即高温实验)所用的相同。培育的温度是10°C。采孢子后, 按时检查, 看各组雌配子体的排卵数目是否有所差异。结

表3 “海青二号”、“海青一号”和对照组海带排卵速度的比较

Table 3. Rates of extrusion of eggs from female gametophytes of Haiqing No. 2, No. 1, and the control.

A. 实验材料	B. 采孢子 后天数	G. 排卵 %	C. 第 15 天		D. 第 18 天		E. 第 20 天	
			F. 总 数	G. 排卵%	F. 总 数	G. 排卵%	F. 总 数	G. 排卵%
1. 海 二			434	0.5	492	37.4	485	80.4
2. 海 一			275	0.0	322	32.6	290	74.5
3. 对 照			394	0.3	449	16.3	481	55.1

Explanations:

A. Materials: 1. Haiqing No. 2 variety; 2. Haiqing No. 1 variety; 3. The control; B. Number of days after gathering of spores; C. The 15th day; D. The 18th day; E. The 20th day; F. Total number of female gametophytes and young sporophytes observed. G. Rate of egg-extrusion (%).

果如表 3。

从表 3 可以看到，“海青二号”的配子体排卵最快，“海青一号”次之，普通海带又次之。

4. “海青二号”孢子体的生长情况

(1) “海青二号”幼孢子体的生长速度 上述关于雌配子体排卵速度的小实验中，各组都长成了许多健康的幼孢子体。对各组幼孢子体的长度和宽度进行测量，得到了表 4 的材料。

表 4 “海青二号”、“海青一号”和对照组幼孢子体长度和宽度生长速度的比较
(观察个体数 $n = 100$; 单位 = μ)

Table 4. The frond length and width of young sporophytes of Haiqing No. 2, No. 1 and the control.

A. 实验材料	B. 采孢子后 20 天		C. 采孢子后 35 天	
	D. 平均长±标准差	E. 平均宽±标准差	D. 平均长±标准差	E. 平均宽±标准差
1. 海 二	129.9±23.50	42.6±10.30	198.1±34.65	70.3±20.95
2. 海 一	99.4±19.24	45.4±11.08	170.4±45.58	88.0±21.16
3. 对 照	98.7±22.79	33.4±8.45	158.3±30.10	58.2±15.19

Explanations:

A. Materials: 1. Haiqing No. 2 variety; 2. Haiqing No. 1 variety; 3. The control; B. 20 days after gathering of spores; C. 35 days after gathering of spores; D. Average length and standard deviation (cm); E. Average width and standard deviation (cm).

从表 4 可以看到，“海青二号”孢子体叶片长度的生长从幼期开始就表现优势，而叶片宽度的生长却落后于“海青一号”。由此猜测，影响叶片长度和宽度遗传的基础在幼孢子体时期就发生作用。

(2) “海青二号”孢子体的日生长 在海上养殖的整个时期，“海青二号”孢子体叶片长度生长比普通海带快。这清楚地表现在日生长上。我们于 1963 年据曾呈奎等(1957)所设计的、在叶片上打洞的方法来观察日生长，看到在整个生长时期从 2 月到 6 月初，“海

表 5 “海青二号”和对照组海带长度生长的比较

Table 5. Comparison between Haiqing No. 2 and the control in the growth of frond length.

A. 实验材料	B. 日期	63.12.11		64.1.13		64.2.10		64.3.10		64.4.9		64.5.7	
		D. 长度	E. 日生长	D. 长度	E. 日生长	D. 长度	E. 日生长	D. 长度	E. 日生长	D. 长度	E. 日生长	D. 长度	E. 日生长
1. 海 二		17.6		108.8	2.6	195.0	3.5	279.3	3.3	365.7	3.5	430.2	2.3
2. 对 照		18.6		90.9	2.1	164.8	3.1	227.1	2.7	284.0	2.5	308.5	1.0
3. 差 异				0.5		0.4		0.6		1.0		1.3	

Explanation:

A. Materials: 1. Haiqing No. 2 variety; 2. The control; 3. The difference; B. Date of measurement; C. Items of measurement; D. Average frond length; E. Rate of average daily growth in length.

“海青二号”的长度日生长都占上风。情形如表 5 和图 1 所示。

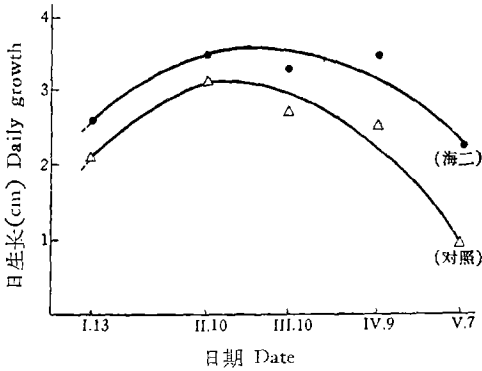


图 1 “海青二号”、对照组海带日生长曲线
Fig. 1. Growth curves of Haiqing No. 2 variety and the control.

四、讨论

初步育成的“海青二号”是否有推广养殖的前途，这需要将来实践的验证。这里着重讨论以下两个问题。

1. “海青二号”的起源

“海青二号”各性状是怎样形成的呢？跟高温处理以及跟选择的关系又是怎样的呢？

首先我们简略地介绍“海青二号”的历史，这大体如图 2 所示。

从图 2 可以看出，“海青二号”是在连续自交结合定向的个体选择而育成的。选择的主要对象是叶片长度，每代都选择叶片长的健康个体来采孢子。

在总结“海青一号”的形成过程时^[2]，我们曾指出，“海青一号”的品种性状起源于原始种群，而不是高温的条件所引起的，大概也不是由于诱发突变。这个结论同样适用于“海青二号”品种的形成。也即是说，“海青二号”品种性状的遗传基础都存在于普通海带中，在自交过程中，通过基因的重组合，产生出多种基因型，因此在性状上出现了广泛的分离。对表现型的定向选择，淘汰了多数不符合要求的基因型，保留下所需要的基因型，由此出现了“海青二号”。这是因为高度的自交结合连续定向的选择，会使所需要的基因型迅速趋向纯型合子化 (Elliott, 1958)。因此，我们认为，对种海带的定向选择，是整个选择工作的主导部分。

2. “海青二号”的纯度

“海青二号”的主要特点就是叶片最长，而叶片长度正是几年来选择这个优良品种的主要指标。

“海青二号”在叶片长度方面是否稳定呢？

由于每年海带分苗养殖的时间有所差异，每一品系在不同年份中的长度很有区别，变量也相应地有显著变化(表1)，为了比较变异幅度，我们选用了变异系数 ($CV = (\text{标准差}/\text{平均数}) \times 100$) 并归纳如表 6。

从表 6 可以看到，“海青二号”叶片长度的变异系数几年来都比对照组海带的变异系数小。因此，有理由认为“海青二号”叶片长度的遗传基础已趋向一致。

“海青二号”的其他性状例如叶片宽度、厚度和柄长，也大体上表现相对稳定。

但是，海带品种各经济性状都是数量性状。这些性状跟典型的数量性状一致，既容易

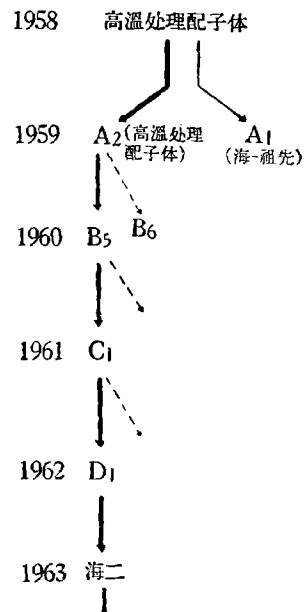


图 2 “海青二号”历史

Fig. 2. Pedigree of Haiqing No.2 variety (In 1958 and 1959, the gametophytes were treated with higher temperatures. From 1959 to 1963, definite selection was practised. In 1963 the long-front variety appeared.)

表 6 “海青二号”、“海青一号”和对照组海带 1962—1964 年叶片长度的变异系数(%)

Table 6. Coefficients of variability in frond length of Haiqing No. 2, No. 1 and control from 1962 to 1964.

A. 实验材料		B. 年份		
		1962	1963	1964
1. 海	二	6.7	7.1	5.3
2. 海	一	8.0	5.9	7.4
3. 对	照	9.2	11.6	10.4

Explanations:

A. Materials:

1. Haiqing No. 2 variety; 2. Haiqing No. 1 variety; 3. The control.

B. Year.

受环境影响,又受许多基因的制约(Smith, 1944)。所以要使品种充分稳定,在今后养殖中还需要进行选育工作。

五、提 要

连续七年的海带育种实验产生了另一个新品种,即长叶品种,命名为“海青二号”。这是以普通海带作为育种的原始材料通过连续自交和定向选择而培育成的。

“海青二号”的特征是:叶片比“海青一号”的较长而狭,柄部较短,成熟较早,叶片尖端的自然脱落比普通海带较轻。小规模实验表明可比普通海带增产约 35%。

实验表明,“海青二号”雌配子体排卵速度比普通海带较快,耐受高温能力较强。

“海青二号”的主要特征是叶片长。从观察知道,“海青二号”从幼孢子体开始在长度生长方面就比“海青一号”和普通海带表现优势。因此推想,控制海带叶片长度生长的基因在幼孢子体时期就发生作用。

参 考 文 献

- [1] 方宗熙,蒋本禹,1962。海带自然种群的杂种性及其利用前途。山东海洋学院学报,1962年(1): 1—5。
- [2] 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。
- [3] 方宗熙,蒋本禹,李家俊,1962。海带柄长的遗传。植物学报,10(4): 127—335。
- [4] 方宗熙,蒋本禹,1963。海带叶片长度的遗传。海洋与湖沼,5(2): 172—182。
- [5] 方宗熙,蒋本禹,李家俊,1965。海带叶片长度遗传的进一步研究。海洋与湖沼,7(1): 59—66。
- [6] 曾呈奎,孙国玉,吴超元,1955。海带的幼苗低温渡夏养殖试验报告。植物学报,4(3): 255—264。
- [7] 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。
- [8] 曾呈奎,1958。海带在我国沿岸的南移养殖。科学通报,1958年(17): 531—533。
- [9] 曾呈奎,吴超元主编,1962。海带养殖学。科学出版社,34—186页。
- [10] V. Bryson and W. Szybalski (1955). Microbial drug resistance. *Advances in Genetics*, 5(7):1—46.
- [11] E. R. Dempster, 1955. Maintenance of genetic heterogeneity, *Cold Spring Harbor Symposia on Quantitative Biology*, 20:25—32.
- [12] T. Dobzhansky, 1955. A review of some fundamental concepts and problems of population genetics, *ibid*, 20:1—15.
- [13] F. C. Elliott, 1958. *Plant Breeding and Cytogenetics*, McGraw-Hill Book Co. Inc. N. Y. pp. 86—96.
- [14] H. K. Hayes, F. R. Immer and D. C. Smith, 1955. *Methods of plant Breeding*.
- [15] R. A. Lewin, 1960. Genetics and marine algae. in *Perspectives in Marine Biology*, Ed. by A. A. Buzzati-Traverso, Uni. California Press. pp. 547—557.

- [16] K. Mather, 1955. Response to selection. In Cold Spring Harbour Symposia on Quantitative Biology, N. Y., Vol. XX:158—165.
- [17] H. H. Smith, 1944. Recent studies on inheritance of quantitative characters in plants. *The Botanical Review*, 10:349—382.

THE BREEDING OF A LONG-FROND VARIETY OF *LAMINARIA JAPONICA* ARESCH

T. C. FANG

(*Shantung College of Oceanology; Institute of
Oceanology, Academia Sinica*)

B. Y. JIANG, J. J. LI

(*Institute of Oceanology, Academia Sinica*)

ABSTRACT

The original materials used in this breeding work were some common sporophytes generally cultivated at Tsingtao. It is the same materials used in breeding Haiqing No. 1 variety of *Laminaria japonica* (Fang et al, 1962). The methods of laboratory and sea cultivation described by Tseng et al (1957) were adopted.

As the present cultivated *Laminaria* populations were found to possess a high level of hybridity, the methods used in the breeding work were inbreeding and selection.

The most intense type of inbreeding, that is, self-fertilization was used, and from successive inbreeding broad segregation of characters was observed among the progeny.

Selection was conducted in three steps: (1) cultivating gametophytes under 20°C or 22°C for more than one month to kill those gametophytes unable to resist such high temperatures; (2) selecting fast growing young sporophytes for transplantation; and (3) selecting healthy and very-long-frond mature sporophytes to yield spores for further cultivation.

From seven years work with successive inbreeding and selection a long frond variety of *Laminaria* has appeared. From small experiments the new variety was found to be able to resist higher temperatures better than the control, and to increase the yield about 35%.