

自交对海带雌配子体和幼孢子体的影响*

方宗熙

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)

自古以来,人们就注意到自交或近亲交配所产生的后代常常表现某些形态缺陷或较低的生活力。达尔文(1876)曾根据当时的材料指出自交对后代有害和杂交对后代有益。所谓杂交有益就是杂交所产生的后代具有杂种优势;这在农业实践上大有用途。

对自交有害和杂交有益问题,现在科学上存在着意见分歧。按照细胞遗传学的研究^[12],自交有害和杂交有益是相对的,不是所有的自交都是有害的,也不是所有的杂交都是有益的。一般说来,对自花传粉的植物,自交普通没有害处,杂交也不一定有什么好处;对于异花传粉的植物,自交通常会产生某些不良的后果,杂交往往会产生杂种优势。米丘林学派^[6]认为自交,特别是连续的自交,总是有害的,因为自交会降低生物体内部的矛盾,从而削弱生活力;而适宜的杂交可以增强内部矛盾,从而提高生活力。

自交有害和杂交有益是相互联系的问题。本文拟着重讨论自交有害问题,附带也讨论杂种优势问题。

要研究自交有害问题,至少应从两方面进行工作:(1)应该查明是否不同生物的自交都普遍产生有害的生物学效应,比方说,是否都削弱后代的生活力;(2)如果有一些生物的自交所产生的后代是生活力正常的,那么需要分析自交和某些有害效应之间究竟存在着什么关系,是自交本身会引起害处呢?还是原来具有某些有害的遗传因素由于自交而得到表现的机会?

从许多植物例如燕麦、豌豆、菜豆、蕃茄等植物长期进行自交而继续保持旺盛的生活力的事实看来,至少在这些植物里自交一般是没有什么害处的。

那么为什么有更多的动、植物,如玉米、黑麦、甜菜、白菜、家蚕、猪、鸡等等,如果进行连续自交常常会降低后代的生活力呢?按照细胞遗传学的研究^[12],这是由于在这些生物里原来具有某些有害的隐性基因,这些隐性基因由于自交而有机会成为纯型合子,终于得到表现,发生害处。换句话说,自交有害主要跟有害的隐性基因相联系。生物体内如果不含有某些有害的隐性基因,自交是可以没有害处的。一般说来,自交有害大都见于经常由杂交产生后代的生物中。这是因为经常由杂交产生后代的生物,大都或多或少含有某些有害的隐性基因^[8]。

自交对海带的生物学效应怎样呢?自交在海带中会产生有害的后果吗?海带表现杂种优势吗?这是关系到海带养殖的实际问题?同时也具有明显的科学意义。

为了探讨自交对海带的生物学效应,并为杂种优势的研究准备条件,我们从1959年起就对海带进行了有系统的自交实验,即单棵海带采孢子,由此发育而来的配子体彼此受精,希望由此建立若干自交系。在实验中我们看到自交对海带有某些害处,并作了初步的

* 中国科学院海洋研究所调查报告第230号;参加资料整理工作的,还有本所王爱惠同志。

报导和推测^[1],同时也注意到自交有害是相对的,不是到处存在的,我們在許多自交的情况下,并没有看到什么害处。例如,1961年6月到9月我們曾检查了“海青一号”品种雌配子体和幼孢子体对高温的适应力,发现这些经过三年連續自交所产生的配子体和幼孢子体对高温适应力有不同程度的提高^[2]。1961年11月到1962年2月,我們又連續进行了相似的实验,目的在观察自交所引起的生物学效应。这里仅报导这些实验的一些有关的结果。

一、实验材料和方法

实验所用的主要材料是三年連續自交(即单棵采孢子)的五个海带家系,相当于子₄代。这些家系在每代采孢子时,都经过仔细的选择。它们都是从1959年同一棵海带分离出来而生活力正常的后代。它们的遗传性比较纯一,后代中未看到形态上有什么显著的分离,可以看做初期的自交系。

这些自交家系或自交系是 A₃₀₁、A₃₀₂、A₃₀₃、A₃₀₄ 和 A₃₀₅。

实验的材料一共分为三个部分:(1)五个初期的自交系,(2)五个初期自交系的杂交,(3)对照,这是自然种羣的海带,由几棵种海带在一起混合采苗而来的,就是青岛一般养殖的材料。

实验的对象是海带雌配子体和幼孢子体。幼孢子体的大小约300—500个细胞。各組种海带都培育在同一海区,各組孢子都是同一天(1961年11月26日)采集的。

实验包括两个方面:(1)10°C的温度条件,(2)高温(18—26°C)的条件。其他实验室条件是相同的,即培育所用的海水是消毒过的海水再加入适量的无机氮和磷,光照每天10小时,光强1,000米烛左右,每隔7天左右换水一次。

在高温的实验中,海水温度的提高是逐渐的。例如实验材料从10°C的温度逐渐升高,最后保持在18°C、20°C等等。

这次实验包括五个内容:

- (1) 随机检查各組雌配子体的发育速度,具体指标是排卵时间;
- (2) 随机检查各組雌配子体排卵时期和受精后的死亡情况,具体指标是死亡率;
- (3) 随机检查各組雌配子体对高温的适应力;
- (4) 随机检查各組幼孢子体对高温的适应力;
- (5) 随机检查各組幼孢子体的生长速度。

所谓随机,就是用显微镜检查各組的材料时,每一视野的个体情况都进行记载,不作任何选择。

实验是1961年11月到1962年2月进行的。实验材料每隔2天或一周检查一次,必要时则每天进行观察检查。

实验结果都经过统计分析。现在把有关的实验结果归结在一起,最后提出一些问题讨论。

二、结 果

1. 几个海带自交家系雌配子体排卵时间的比较

这个实验所用的材料包括五个三年連續自交的海带家系和两个对照組所产生的孢

子。各組孢子都培育在 10°C 左右的正常条件下。采苗(即采孢子)后经过 11 天(即 12 月 4 日),开始检查雌配子体的发育情况,主要检查是否排卵。这时各組都还没有排卵。再经过 2 天(即 12 月 6 日)检查,看到各組都有一部分雌配子体排了卵,有一部分卵子已受了精,并出现少数多细胞的幼孢子体。再经过 2 天(即 12 月 8 日)检查,看到各組排卵的数目更多,而多细胞的幼孢子体也大有增加。

五个自交家系和两个对照組雌配子体排卵速度情况,总结如表 1。

表 1 几个海带自交家系 (A_{301} — A_{305}) 和两个对照組排卵速度的比较
Table 1. Comparison of rate of extrusion of eggs in 5 inbred pedigrees of *L. japonica*

C. 組別		A. 采苗后天数	13 天		15 天	
		B. 排卵数	E. 总数	F. 排卵的%	E. 总数	F. 排卵的%
自 交 系	A_{301}		205	43.9	110	66.4
	A_{302}		139	12.2	131	56.5
	A_{303}		149	67.1	171	97.1
	A_{304}		219	63.9	119	84.0
	A_{305}		212	55.2	112	55.4
	平均		924	40.5	643	73.9°
对 照 組	D. 对照(1) ($B_1 \times B_3$)		204	55.9	137	90.5
	D. 对照(2) ($B_2 \times B_3$)		177	27.1	131	64.1
	平均		381	42.5	268	78.8

Explanations:

- A. Days after gathering of spores;
- B. Number of extruded eggs;
- C. Set No., A_{301} — A_{305} , 5 inbred pedigrees, after 3 Years of inbreeding;
- D. Control;
- E. Number of gametophytes observed;
- F. Number of extruded egg.

从表 1 可以看到下列三种倾向:

(1) 各自交家系的排卵速度有所差异,有些差异是显著的,例如采苗后 15 天检查的 A_{304} 和 A_{305} 排卵数的差异, $X^2 > 22$, $P < 0.001$ 。

(2) 各自交家系之间的差异程度超过两个对照組之间的差异。例如 15 天后自交家系 A_{303} 和 A_{305} 的差异是 41.7%,而两个对照組的差异是 26.4%。

(3) 各自交家系排卵速度总的看来比对照組的排卵速度稍为迟一些。例如 15 天后,自交家系平均排卵率是 73.9%,而对照組是 78.8%。这差异的 $X^2 = 5.63$, $P < 0.02$ 。

2. 几个海带自交家系排卵期和受精后的死亡率比较

这是上述实验的另一方面的观察。但实验材料增加了新的内容,即增加了自交家系之间的杂交材料。由于自交家系一共 5 个,因此不重复的杂交组合一共是 $5(5-1)/2 = 10$ 个。但其中 $A_{303} \times A_{304}$ 一組因为采集的孢子不多,没有进行观察。

实验检查的时期跟前一实验一样。检查的对象是雌配子体的排卵、受精卵和多细胞幼孢子体。观察的内容是它们的健康情况。在观察中我们分别计算活的和死的个体数目。细胞死亡情况照例是细胞变绿、色素体集中。受精前后的死亡较多,幼孢子体生长到了4个细胞以后,一般很少死亡。

各組排卵期 and 受精后的死亡情况归结如表2。

表2 海帶雌配子体在不同交配方式下排卵受精后死亡率的比較

Table 2. Mortality rates of female gametophytes during extrusion of eggs and after fertilization under different modes of mating in *L. japonica*

C. 組別		A. 采苗后天数		13 天		15 天		18 天	
		B. 死亡率		H. 总数	B. 死亡率	H. 总数	B. 死亡率	H. 总数	B. 死亡率
D. 自 交 系	A ₈₀₁	90	0.0	136	46.3	261	59.8		
	A ₈₀₂	17	0.0	136	45.6	319	52.4		
	A ₈₀₃	100	0.0	169	60.9	*	*		
	A ₈₀₄	140	0.0	137	27.0	319	50.8		
	A ₈₀₅	121	3.3	118	47.5	279	51.3		
	G. 平均	468	0.9	696	47.6	1178	53.3		
E. 自 交 系 的 杂 交	A ₈₀₁ × A ₈₀₂	118	0.0	146	41.8	238	42.0		
	A ₈₀₁ × A ₈₀₃	82	0.0	146	21.2	364	34.1		
	A ₈₀₁ × A ₈₀₄	22	0.0	174	51.1	*	*		
	A ₈₀₁ × A ₈₀₅	87	0.0	197	35.5	317	50.8		
	A ₈₀₂ × A ₈₀₃	88	0.0	133	24.1	370	39.7		
	A ₈₀₂ × A ₈₀₄	63	0.0	124	8.9	300	37.0		
	A ₈₀₂ × A ₈₀₅	9	0.0	104	22.1	376	40.7		
	A ₈₀₃ × A ₈₀₅	116	0.0	155	39.4	284	39.4		
	A ₈₀₄ × A ₈₀₅	89	0.0	162	36.4	232	54.7		
G. 平均	674	0.0	1341	32.6	2481	41.7			
F. 对 照 組	对照 (B ₁ × B ₂)	114	0.0	254	51.2	*	*		
	对照 (B ₂ × B ₃)	48	0.0	113	25.7	312	35.9		
	G. 平均	162	0.0	367	43.3				

* 因幼孢子体尸体分解,计数困难

Explanations:

- A. Number of days after gathering of spores;
- B. Mortality rate;
- C. Set No.;
- D. Inbred lines;
- E. Crosses among inbreds;
- F. Control;
- G. Average (%);
- H. Total number of female gametophytes observed.

分析表2的材料可以看到几种倾向,即:(1)各組海帶排卵期和受精后的起初一两次细胞分裂时期(即采苗后15天),死亡都相当严重;(2)各組雌配子体在采苗后第15天排卵的死亡率差异较大,到第18天各組的差异大大减少;(3)自交家系排卵时期的死亡率比

較高,在第 18 天其平均死亡率为 53.3%,杂交組的排卵死亡率比較低,只有 41.7%。

3. 几个海带自交家系雌配子体对高温适应力的比較

这个实验的材料跟第一个实验相同,包括五个連續三年自交的家系和两个对照組。高温的实验开始的时间是采苗后一个星期。实验的对象是雌配子体。这时期的配子体刚形成不久,还没有达到排卵时期。

实验所用的温度从 18°C 到 26°C 共分 4 个等級,即 18°C、20°C、24°C 和 26°C。

由于温度升高,雌配子体或者不排卵,或者排卵时期大大推迟。在 20°C 以上的条件下,雌配子体很少排卵。因此,我們在为期 15 天的观察中,所看到的死亡都是配子体的死亡,一般沒有排卵的死亡,更沒有受精卵的死亡。

表 3 几个海带自交家系和两个对照組雌配子体在 18°C 和 20°C 条件下死亡的比較
Table 3. Mortality rates at 18°C and 20°C of female gametophytes of *L. japonica*

D. 水溫	C. 組別	A. 处理后日数		1 天		4 天		9 天		15 天	
		B. 死亡率		H. 总数	B. 死亡%	H. 总数	B. 死亡%	H. 总数	B. 死亡%	H. 总数	B. 死亡%
18°C	E. A ₈₀₁	153	1.3	123	0.0	179	0.6	203	0.0		
	A ₈₀₂	111	2.7	130	0.8	150	0.7	267	0.7		
	A ₈₀₈	115	1.7	133	0.8	174	0.0	290	3.4		
	A ₈₀₄	120	0.0	138	0.0	184	0.0	283	9.5		
	A ₈₀₅	116	0.9	127	0.0	170	0.0	253	7.9		
	F. 平均	615	1.3	651	0.3	857	0.2	1296	4.6		
	G. 对照 (1)	108	1.9	134	0.0	126	0.0	240	0.0		
	G. 对照 (2)	90	2.2	117	0.0	174	0.0	220	0.5		
F. 平均	198	2.0	251	0.0	300	0.0	460	0.2			
20°C	E. A ₈₀₁	124	0.8	125	0.8	156	3.2	304	44.7		
	A ₈₀₂	122	0.0	156	3.2	125	2.4	263	74.1		
	A ₈₀₈	114	0.0	161	0.6	140	0.0	255	28.2		
	A ₈₀₄	136	0.7	149	0.7	156	6.4	225	46.7		
	A ₈₀₅	126	1.6	208	0.5	164	4.3	185	15.7		
	F. 平均	622	0.6	799	1.1	741	3.4	1232	43.6		
	G. 对照 (1)	119	4.2	133	6.0	148	4.7	199	53.3		
	G. 对照 (2)	113	0.0	144	0.7	161	1.2	224	20.1		
F. 平均	232	2.2	277	3.2	309	2.9	423	35.7			

Explanations:

- A. Number of days after transferring to higher temperatures;
- B. Mortality rate;
- C. Set No.;
- D. Temperature;
- E. Inbred lines;
- F. Average (%);
- G. Control;
- H. Total number of female gametophytes observed.

各組配子体移入高温后第二天即开始检查,看到有一些死亡,大都不严重。各組死亡情况归结如表 3—4。

表 4 几个海带自交家系和两个对照組雌配子体在 24°C 和 26°C 条件下死亡的比较
Table 4. Mortality rates at 24°C and 26°C of female gametophytes of *L. japonica*

D. 水温	C. 組別	A. 处理后日数		1 天		4 天		9 天		15 天	
		B. 死亡率		H. 总数	B. 死亡%	H. 总数	B. 死亡%	H. 总数	B. 死亡%	H. 总数	B. 死亡%
24°C	E. A ₈₀₁	111	1.8	127	2.4	158	14.6	190	71.1		
	A ₈₀₂	123	0.8	122	0.8	156	16.0	205	75.6		
	A ₈₀₃	122	2.5	146	0.7	174	9.2	250	70.8		
	A ₈₀₄	136	2.9	155	3.2	125	6.4	231	72.7		
	A ₈₀₅	132	0.8	128	0.8	144	9.7	257	30.7		
	F. 平均	624	1.8	678	1.6	757	11.4	1129	63.2		
	G. 对照 (1)	121	1.7	116	2.6	162	14.8	185	67.6		
	G. 对照 (2)	117	0.0	124	0.8	198	7.1	219	50.7		
F. 平均	238	0.8	240	1.7	360	10.6	404	58.4			
26°C	E. A ₈₀₁	104	1.9	130	6.2	140	97.1				
	A ₈₀₂	77	74.0	135	97.0						
	A ₈₀₃	102	0.0	123	3.3	129	96.1				
	A ₈₀₄	119	1.7	145	10.3	144	99.3				
	A ₈₀₅	122	0.0	121	4.1	138	99.2				
	F. 平均	524	11.6	654	24.9	551	98.0				
	G. 对照 (1)	101	1.0	132	7.6	146	89.0				
	G. 对照 (2)	109	0.0	121	1.7	160	71.3				
F. 平均	210	0.5	253	4.7	306	79.7					

Explanations: see Table 3.

綜合分析表 3 和表 4 的材料,可以得出以下的結論:

(1) 死亡随温度的提高而增加。18°C 的温度对各組雌配子体在 15 天之內沒有引起大量的死亡,在这期間引起較多死亡的是 20°C 的温度。24°C 的温度則引起比較严重的死亡,而 26°C 的温度經過 9 天就引起了非常严重的死亡,各自交家系的雌配子体几乎都死了。上述的死亡率发生的情况跟同年 8 月用“海青一号”品种做的实验結果有所差异,后者在 20°C 和 24°C 条件下死亡較少。这种差异跟雌配子体的发育时期的不同有关,以后将另文討論。

(2) 死亡随时间的延长而增加。在起初 9 天,各組雌配子体对 20°C 和 24°C 的温度大部分都能适应。

(3) 各組雌配子体死亡率差异很大,特别是各自交家系死亡率的差异更大。

(4) 在起初几天,特别是在 18°C 和 20°C 条件下变綠的細胞似有恢复的情况。这表

现在起初几天死亡率由高降低,例如 A_{302} 在 18°C 条件下,经过 1 天,细胞变绿的是 2.7%,而经过 4 天,死亡率降低到 0.8%。

4. 几个海带自交家系幼孢子体对高温适应力的比较

这个实验于 1961 年 1 月进行。各组幼孢子体都从 10°C 左右的温度分别逐渐升高到 18°C 和 20°C 的温度。然后观察各组幼孢子体的死亡情况。结果发现各组的死亡情况彼此有所差异。幼孢子体死亡的指标是幼孢子体的基部细胞变绿或已失去色素体。

幼孢子体在 18°C 和 20°C 条件下的死亡情况分别归结如表 5 和 6。

表 5 几个海带自交家系自交和杂交种幼孢子体从 10°C 移到 18°C 条件下死亡率的比较

Table 5. Mortality rates at 18°C of young sporophytes from different modes of mating

C. 组别		A. 在高温下的日数		1 天		3 天		6 天		9 天	
		B. 死亡率		H. 总数	B. 死亡%	H. 总数	B. 死亡%	H. 总数	B. 死亡%	H. 总数	B. 死亡%
D. 自 交 系	A_{301}	137	8.0	124	16.1	95	9.5	131	68.7		
	A_{302}	151	0.0	165	0.0	139	7.2	150	70.0		
	A_{303}	111	0.0	146	4.1	110	2.7	156	34.6		
	A_{304}	87	1.1	138	2.9	102	50.9	136	94.9		
	A_{305}	106	2.8	120	2.5	122	0.0	147	78.2		
	G. 平均	592	2.5	693	4.8	568	13.0	720	68.5		
E. 自 交 系 的 杂 交	$A_{301} \times A_{302}$	113	0.9	87	24.1	96	2.1	153	57.5		
	$A_{301} \times A_{303}$	112	0.0	155	1.9	127	8.7	167	76.0		
	$A_{301} \times A_{304}$	75	0.0	91	2.2	53	9.4	157	67.5		
	$A_{301} \times A_{305}$	88	1.1	112	1.8	111	2.7	180	55.6		
	$A_{302} \times A_{303}$	163	10.4	115	2.6	141	14.2	159	72.3		
	$A_{302} \times A_{304}$	274	2.2	288	5.6	247	2.8	134	74.6		
	$A_{302} \times A_{305}$	101	4.0	150	3.3	118	26.3	141	95.0		
	$A_{303} \times A_{304}$	64	26.6	45	13.3	32	6.3	130	89.2		
	$A_{303} \times A_{305}$	169	3.0	149	20.8	116	6.9	188	60.1		
	$A_{304} \times A_{305}$	73	2.7	89	2.2	99	3.0	162	31.5		
G. 平均	1232	4.2	1281	7.2	1240	7.4	1571	66.7			
F. 对 照 组	$B_1 \times B_3$	178	2.2	137	2.9	151	9.3	134	85.1		
	$B_2 \times B_3$	78	6.4	93	1.1	110	5.5	150	80.7		
	G. 平均	256	3.5	230	2.2	261	7.7	284	82.7		

Explanations: see Table 2.

分析表 5 和 6 的材料,可以看到几种倾向:

- (1) 随着在高温条件下的时间的延长,各组死亡率都在增加;
- (2) 随着温度的升高,各组死亡率都在增加;
- (3) 各组的死亡率彼此差异相当大;
- (4) 有的自交家系比对照组死亡多些,有的自交家系死亡比对照组少些。

表 6 几个海帶自交家系自交和杂交种羣幼孢子体從 10°C 移到 20°C 条件下死亡率的比較
Table 6. Mortality rates at 20°C of young sporophytes from different modes of mating

C. 組別		A. 在高溫下的日数		1 天		3 天		6 天		9 天	
		B. 死亡率		H.	B.	H.	B.	H.	B.	H.	B.
		总 数	死亡%	总 数	死亡%	总 数	死亡%	总 数	死亡%	总 数	死亡%
D. 自 交 系	A ₃₀₁	131	2.3	104	12.5	81	38.3	146	90.4		
	A ₃₀₂	137	0.0	126	3.1	98	11.2	147	68.7		
	A ₃₀₃	113	0.9	132	20.5	107	14.0	136	97.8		
	A ₃₀₄	136	8.8	122	17.2	116	40.5	136	93.4		
	A ₃₀₅	155	0.6	160	3.1	107	72.0	121	94.2		
	G. 平 均	672	2.5	644	10.9	507	35.7	686	88.5		
E. 自 交 系 的 杂 交	A ₃₀₁ × A ₃₀₂	99	22.2	110	43.6	115	12.3	139	76.7		
	A ₃₀₁ × A ₃₀₃	122	2.5	136	5.1	115	22.6	103	30.1		
	A ₃₀₁ × A ₃₀₄	142	0.7	72	6.9	114	27.2	155	49.0		
	A ₃₀₁ × A ₃₀₅	124	0.0	71	0.0	118	5.1	161	59.6		
	A ₃₀₂ × A ₃₀₃	143	4.2	129	26.4	150	79.3	183	94.5		
	A ₃₀₂ × A ₃₀₄	173	0.6	210	42.9	92	47.8	130	92.3		
	A ₃₀₂ × A ₃₀₅	168	19.0	—	—	99	2.0	147	97.3		
	A ₃₀₃ × A ₃₀₄	75	20.0	28	25.0	70	84.3	117	94.9		
	A ₃₀₃ × A ₃₀₅	272	19.5	186	32.8	98	35.7	152	92.8		
	A ₃₀₄ × A ₃₀₅	128	1.6	105	1.9	61	11.5	169	49.1		
G. 平 均	1446	9.3	1047	24.3	1032	33.2	1456	75.1			
F. 对 照 組	B ₁ × B ₂	159	1.9	216	3.2	115	16.5	151	88.7		
	B ₂ × B ₃	150	5.3	155	9.0	96	35.4	154	82.5		
	G. 平 均	309	3.6	371	5.7	211	25.1	305	85.6		

Explanations: see Table 2.

(5) 自交家系的死亡率,在 20°C 条件下,总地看来,比杂交組的死亡率高些。例如經過 9 天,自交家系平均死亡率是 88.5%,而杂交組平均死亡率是 75.1%。

此外,在个别組里还看到部分細胞变綠的幼孢子体至少暂时恢复了健康。

5. 自交和杂交情况下海帶幼孢子体生长速度的比較

在这个实验中我們按期随机測量各組幼孢子体的大小。我們測量了幼孢子体的长度和寬度,并由长 × 寬来估計幼孢子体的面积。

各組幼孢子体的大小以面积表示,归結如表 7。从表 7 可以看到几种傾向:

(1) 各自交家系幼孢子体生长速度相差很大,例如 A₃₀₁ 比 A₃₀₂ 的生长速度大 4 倍以上。各杂交組幼孢子体生长速度差异比較小。

(2) 有的自交家系生长速度大大地超过对照組,例如 A₃₀₁ 比对照組生长速度快 3 倍以上。

(3) 有个别杂交組例如 A₃₀₄ × A₃₀₅ 的生长速度超过自交組 A₃₀₄ 和 A₃₀₅, 这是有关杂种优势問題,以下要提出討論。

表 7 几个海带自交家系自交和杂交所产生的幼孢子体生长速度的比较

(n = 50, 单位 = μ^2)

Table 7. Growth rates of young sporophytes from different modes of mating

(n = 50, unit = μ^2)

A. 采苗后天数		17 天	23 天	34 天
		B. 幼孢子体面积		
C. 组别		H. 平均面积和标准差	H. 平均面积和标准差	H. 平均面积和标准差
D. 自 交 系	A ₈₀₁	1303.3±685.0	4215.0±2072.0	72993.7±42989.8
	A ₈₀₂	422.5±153.8	868.3±450.8	16201.5±13267.8
	A ₈₀₃	1299.5±457.0	3300.0±1377.5	45817.7±23758.0
	A ₈₀₄	1166.3±481.8	3846.3±1678.8	37827.4±21656.4
	A ₈₀₅	999.5±608.0	2643.3±1669.5	31143.4±25073.7
	G. 平均		1038.2±477.1	2974.5±1449.7
E. 自 交 系 的 杂 交	A ₈₀₁ ×A ₈₀₂	1286.3±574.8	3465.8±1774.5	40656.0±21378.8
	A ₈₀₁ ×A ₈₀₃	738.3±388.8	2353.3±1272.0	22074.6±10706.8
	A ₈₀₁ ×A ₈₀₄	934.5±385.5	2934.5±1679.5	36779.4±20587.2
	A ₈₀₁ ×A ₈₀₅	1235.0±616.3	3158.3±1542.0	23577.0±14493.2
	A ₈₀₂ ×A ₈₀₃	818.8±385.5	2050.0±1299.5	23037.4±10772.8
	A ₈₀₂ ×A ₈₀₄	765.8±329.0	1702.5±879.5	23839.0±20310.3
	A ₈₀₂ ×A ₈₀₅	692.5±340.5	2341.3±1712.0	21545.0±14357.0
	A ₈₀₃ ×A ₈₀₄	1295.8±572.5	2560.8±1415.0	38952.0±18228.5
	A ₈₀₃ ×A ₈₀₅	935.8±327.5	3532.0±1528.8	29318.7±14931.3
	A ₈₀₄ ×A ₈₀₅	1231.3±540.5	4414.5±2095.0	58914.4±28250.2
G. 平均		993.4±446.1	2851.3±1519.8	31869.4±17401.6
F. 对 照 组	B ₁ ×B ₃	1022.5±576.0	2947.5±1768.8	22926.6±11695.1
	B ₂ ×B ₃	794.5±303.5	2343.1±1434.4	22543.2±10324.1
	G. 平均		908.5±439.8	2645.3±1601.6

Explanations:

- A. Number of days after gathering of spores;
- B. Average size of young sporophytes;
- C. Set No.;
- D. Inbred lines;
- E. Crosses among inbred lines;
- F. Control;
- H. Average area (length×width) and standard deviation.

三、討 論

根据上面的材料可以讨论的问题很多,这里着重讨论以下几个问题。

1. 自交和分离问题

按照细胞遗传学的研究,具有杂型合子的个体,如果自交,一般会由于等位基因的分
离和重组而产生后代的多样性^[12]。1959年我们曾对海带的遗传性进行初步的研究,认为
目前养殖中的海带自然种群具有杂种性,如果采取单棵采孢子,让它们自交,会发生性
状的分离,可以培育出许多的自交系。几年来的海带自交实验,证实了我们的看法。我们

現在不仅看到了海带形态性状例如柄长^[3]和叶片长度^[4]的分化,而且看到了生理性状例如对高温的适应力^[2]的分化。

本文所描述的各种实验结果都广泛地表现出分离现象,例如各自交家系的排卵时间、雌配子体和幼孢子体对 18°C、20°C、24°C 和 26°C 的适应力、幼孢子体生长速度等都有明显的差异。这些材料进一步支持了海带自然种群具有高度杂种性的假说。

因此,我们认为,在海带的遗传育种工作中,必须从海带自然种群具有杂种性的假说出发,按照细胞遗传学的分离原理来考虑问题。这样才可以在工作中取得一定的预见性。我们对海带所进行的选择之所以有效,在于原始材料是杂种。正如 Mather^[1]所指出,种群的杂种程度愈高,它对选择的反应就愈大。

2. 自交有害问题

从我们的实验结果知道,海带自交对后代曾发生一定的有害影响。例如各自交家系排卵和受精后的死亡率总的看来高于对照组(表 2),各自交家系雌配子体和幼孢子体对高温的适应力也大都比对照组差些(表 3—6),幼孢子体在生长速度方面,也有一个自交家系(A₃₀₂)比不上对照组(表 7)。

但是,很清楚,就现有材料看来,海带自交的害处不大。相反,有些自交家系的生活力还超过对照组。例如自交家系 A₃₀₅ 雌配子体对 20°C、24°C 和 26°C 的适应力表现很好(表 3—4),这个自交家系的幼孢子体对 18°C 的适应力也不比对照组差。

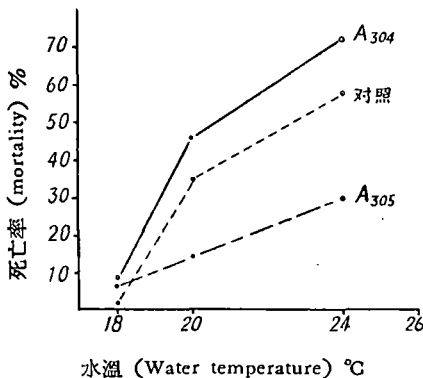


图 1 海带自交系 A₃₀₄, A₃₀₅ 和对照组雌配子体对高温的适应力

Fig. 1 Comparison of adaptability to higher temperatures between inbred lines and control.

图 1 表示自交家系 A₃₀₄ 雌配子体对高温的适应力比对照组差,而 A₃₀₅ 却比对照组强。就幼孢子体生长速度讲,五个自交家系中有四个自交家系的生长超过对照组(表 7)。

总的看来,海带自交的害处是相对的,而且是不严重的,相反,通过自交可以分离出有培育前途的自交家系。海带“海青一号”品种就是这样培育出来的^[5]。

海带自然种群具有杂种性,这表明它们必然经常进行杂交。而经常由杂交产生后代的生物,如果自交大都有不良后果^[12]。现在海带连续自交为什么没有出现严重的后果?这可能有三方面的原因。第一,可能连续自交的年代还不够,只有三代。

但是我们认为这方面的原因大概不是主要的,因为目前我们已有连续五年的自交材料,也同样没有看到严重的不良后果。第二,可能海带自交种群里所含有的有害的隐性基因不很多,因此自交的害处不大。这个可能性也大概不是主要的,因为各自交家系和对照组的排卵和受精前后的死亡率都相当高。在这里,死亡的原因可能有一部分跟有害的隐性基因有关。根据对某些野生动物的遗传分析,我们知道野生生物所含有的有害的隐性基因都相当多。例如,普通果蝇第二染色体所含有的致死和半致死基因可以达到 60%^[8]。第三,可能累代经过选择,已经淘汰了许多不合要求的个体,而存留下来的是健壮的,这使自交有害影响在表面上减少了。我们认为这可能是重要的原因。

总之,在我們的工作中,通过自交和选择,已經分离出若干遗传性状彼此有所差异的家系或初期的自交系,这些自交家系有一部分在生产上将积极的意义,有一部分没有什么培育前途。这說明自交有害是有条件的,相反,自交也可能产生积极的結果。实际上,細胞遗传学的研究已經指明,对于不同的物种,自交的有害效应是不一样的^[9]。

3. 杂种优势問題

从表 2、5、6 和 7 中,我們可以看到杂种优势的一些表现,特别是 $A_{304} \times A_{305}$ 所产生的幼孢子体在耐受高温方面,在生长速度方面,都超过 A_{304} 和 A_{305} 分别自交所产生的后代,同时也超过对照组(图 2)。

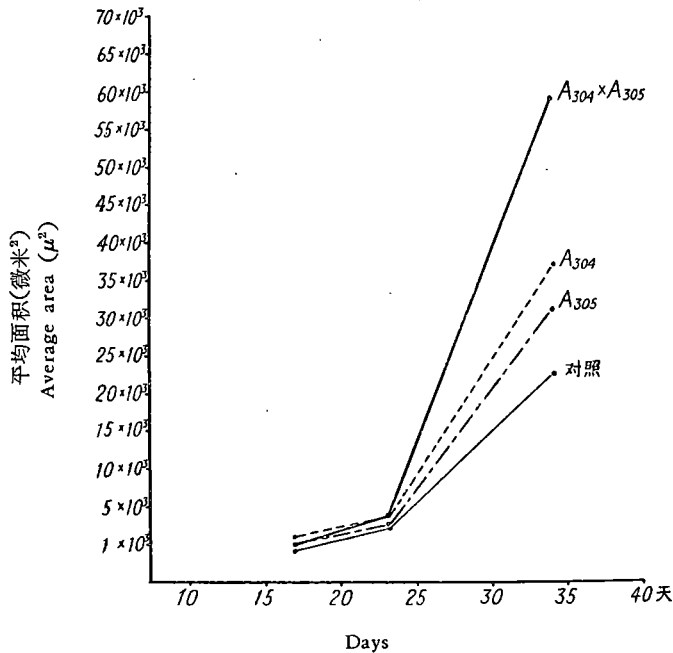


图 2 海带自交系 A_{304} 和 A_{305} 幼孢子体生长速度落后于 $A_{304} \times A_{305}$

Fig. 2 Comparison of growth rates among young sporophytes from different modes of mating

从全面的材料看来,象自交有害那样,杂种优势也不是普遍的,而是相对的,有条件的。例如,就幼孢子体的生长速度讲, A_{301} 生长比 A_{302} 快 4 倍以上(表 7),而 $A_{301} \times A_{302}$ 的生长速度介于 A_{301} 和 A_{302} 之間(表 7),看不到杂种优势。这种情况也見于动物。例如果蝇的許多杂交能产生杂种优势,有些杂交沒有相似效果^[8]。

应该指出,在研究杂种优势中,我們的海带材料有其缺点,这是因为我們目前还不能控制海带的有性过程。因此,任何杂交組合里都可能含有一定的自交。不过在杂交組合中,杂交肯定是发生的,不然,杂种优势的現象就不好解释。但是无论如何,海带杂种优势問題是一个复杂的問題,还需要进行大量的工作。

結 語

本文报导了經過三年連續自交的 5 个自交家系所产生的雌配子体和幼孢子体以及这

些自交家系相互杂交所产生的幼孢子体在 10°C 左右条件下和高温 (18°C—26°C) 条件下的反应。从这些实验结果, 我们得到以下的初步结论:

- (1) 海带连续自交, 引起后代的广泛分离, 可以由此培育出许多自交系。
- (2) 海带连续自交的有害影响是相对的, 是有条件的, 在某些自交家系里有某些有害影响, 在另一些自交家系里不仅没有不良的影响, 而且却形成了有培育前途的品种。
- (3) 杂种优势在海带是存在的, 但也不是所有杂交都能产生杂种优势。
- (4) 从自交分离和杂种优势的现象看来, 海带自然种群具有高度的杂种性。

参 考 文 献

- [1] 方宗熙、蒋本禹, 1962。海带自然种群的遗传性及其利用前途。山东海洋学院学报, 1962年(1): 1—5。
- [2] 方宗熙、吴超元、李家俊, 1962。海带“海青一号”配子体和幼孢子体对高温的适应力。海洋与湖沼 4(1—2): 29—37。
- [3] 方宗熙、蒋本禹、李家俊, 1962。海带柄长的遗传。植物学报 10(4): 327—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、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。
- [6] 伊万诺夫, 1953。米丘林遗传选种与良种繁育学, 第一集。科学出版社, 第291—322页。
- [7] Darwin, C., 1876. The Effects of Cross and Self Fertilization in the Vegetable Kingdom, John Murray, London.
- [8] Dobzhansky, T., 1955. A review of some fundamental concepts and problems of population genetics, *Cold Spring Harbor. Symposia on Quantitative Biology*, 20:1—15.
- [9] Elliott, F. C., 1958. Plant Breeding and Cytogenetics, McGraw-Hill, pp. 268—270.
- [10] Mather, K., 1955. The genetic basis of heterosis, *Pro. of the Royal Society (Series B)*, 144(915): 143—150.
- [11] Mather, K., 1955. Response to selection, *Cold Spring Harbor Symposia on Quantitative Biology*, 20: 158—165.
- [12] Srb, A. M. and R. D. Owen 1952. General Genetics, W. H. Freeman and Company, California, 16, 53, 327—349.

**EFFECTS OF INBREEDING ON FEMALE GAMETOPHYTES AND
YOUNG SPOROPHYTES OF *LAMINARIA*
JAPONICA ARESCH.**

T. C. FANG

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

J. J. LI

(*Institute of Oceanology, Academia Sinica*)

(ABSTRACT)

Five inbred pedigrees of *L. japonica* were used to study the effects of inbreeding. These pedigrees were obtained from intense inbreeding for three years of self-fertilization. From the results of the experiments the following preliminary conclusions were made:

1. Some harmful effects of inbreeding were observed, for the female gametophytes of inbred populations as a whole had a higher mortality rate (a) during the extrusion of eggs and after fertilization and (b) in higher temperatures than that in the control. On the other hand, from similar method of inbreeding we had obtained some pedigrees which behaved better than the control.

2. There were some evidences for heterosis, for young sporophytes from some crosses among inbred pedigrees endured better to higher temperatures and grew faster than the inbred populations.

3. The previous and the present studies showed that the natural population under commercial cultivation was a mixed one, with high degree of heterozygosis. The process of continuous inbreeding and selection through segregation and recombination of different genes and alleles resulted in the genetic differentiation among different pedigrees.