

低剂量 X 射线对海带配子体的刺激效应^{***}

方宗熙

(山东海洋学院、中国科学院海洋研究所)

李家俊 蔣本禹

(中国科学院海洋研究所)

电离射线的生物学效应是引起广泛兴趣的一个生物学问题。用 X 射线或其他电离射线照射生物,不仅会引起生理变异,而且可能影响到遗传物质,引起突变^[8]。放射突变可以作为育种材料已是周知的事实^[5]。现在电离射线已被广泛用作育种的有效工具之一。电离射线在农业实践中的其他用途,例如是否可以利用低剂量电离射线来促进生物,特别是作物的生长发育,则还是争论的问题^[3]。有人认为用低剂量电离射线照射某些作物的种子有促进生长的效应^[7]。有人则持相反的意见^[6],认为电离射线伤害细胞,使细胞胀大,不能真正促进生长。

1959 年我们曾用各种剂量(低剂量和高剂量)的 X 射线照射海带配子体,发现低剂量 X 射线有促进生长发育的效应,高剂量则严重地抑制生长发育^[1]。对海带幼孢子体,低剂量 X 射线则没有相似明显的生物学效应^[2]。

为了验证我们的观察结果,1961 年我们又进行了两个实验。第一个实验在实验室内进行,原则上是重复 1959 年的实验。但这次我们仅重复低剂量 X 射线的实验,目的在验证低剂量 X 射线的良好生物学效应。高剂量 X 射线的有害作用是大家承认的事实,我们认为不必重复进行。

第二个实验是生产性实验,在海上进行。这是选用第一个实验中的一小部分材料,养殖在海里,看它们的生长发育情况。目的在探明低剂量 X 射线是否能提高海带的产量,是否在生产实践上有应用的前途。

一、材料和方法

实验所用的材料一共有四个系统的海带孢子:

A₃₀₁, 这是连续三年单株海带采的孢子。

A₃₀₃, 这也是连续三年单株海带采的孢子,但亲本不同,估计它们将具有跟 A₃₀₁ 稍为不同的遗传性。

* 中国科学院海洋研究所调查研究报告第 214 号;本文承吴超元先生看过,并提出一些意见,特此志谢。

** 参加本项研究的实验室和海上工作的还有海洋研究所谭塾之、王爱惠二同志。

$A_{301} \times A_{303}$, 这是 A_{301} 和 A_{303} 两棵海带混合在一起采的孢子。

$B_2 \times B_3$, 这是由养殖场取来未经过我们人工选择的两棵海带所采的孢子, 代表一般养殖的材料。

采孢子的时间是 1961 年 11 月 23 日。孢子一部分采在玻片上, 便于实验室的检查观察; 一部分采在棕绳上, 便于以后移到海上养殖。

孢子采集后, 在实验室里培育一个星期, 等到孢子都萌发成配子体, 我们就选出发育一致的材料, 进行 X 射线处理。

照射玻片上配子体所用的 X 射线剂量是 500 伦、100 伦和 50 伦。照射棕绳上配子体所用的 X 射线剂量仅选用一种, 即 100 伦。这是因为考虑到海上还有其他繁重的实验任务, 不能不缩小实验的范围。

照射是在青岛医学院附属医院放射科进行的。X 光机的照射条件是 100KV, 10mA, 距离 10 厘米, 没有滤板。承医院有关同志的热情协助, 谨此表示感谢。

配子体照射后在实验室里培育。培育条件是: 培育用的海水经过消毒, 并加入适宜的氮和磷的营养液。光强是 $1,000 \pm 50$ 米烛, 光照每天 10 小时, 海水温度 $12 \pm 2^\circ\text{C}$ 。每星期换水一次。

海上实验按照一般海带养殖方法进行, 即按时将棕绳上的幼孢子体从实验室移到海里养殖, 按时消除小海带上的杂藻, 按时分苗。分苗时间是 1962 年 3 月 9 日。海上实验在青岛团岛湾进行。

实验室和海上实验都按照要求定期观察记录。主要的结果如下。

二、结 果

1. 实验室的结果

海带配子体经过 X 射线处理 5 天后, 就逐渐排卵受精、发育成幼孢子体。采孢子后大约 20 天, 即 12 月 11 日, 我们用显微镜随机测量各组孢子体的大小, 每组各测量 100 个个体。这个时期各照射组跟各对照组孢子体的长度和宽度都不相上下, 并没有看到各照射组的孢子体在生长速度上都比对照组快(表 1)。

再经过 10 天, 生长的情况就有显著的不同。各照射组的孢子体在长度和宽度方面都普遍地超出了各对照组(表 1)。

再经过 10 天, 再检查一次, 各照射组仍然对各对照组保持生长优势(表 1)。

为了比较全面地比较孢子体大小, 我们把各组各孢子体的长度和宽度相乘, 由此来粗略估计孢子体的大小。各组孢子体的平均面积和标准差归结如表 2。

从表 2 可以看到各系统的照射组孢子体面积都超过了各对照组。

2. 海上实验的结果

海上养殖的幼孢子体, 开始分苗时, 各批的苗即幼孢子体在大小上都基本上相近。在

表 1 低剂量 X 射线照射几个种羣海帶配子体引起幼孢子体生长速度的差異
(测量的个体每組 100 个;单位:微米)

Table 1. Stimulating effect of X-radiations on the gametophytes of *L. japonica*
(N = 100; Unit = μ)

A. 来源	B. 組 別	C. 时 間		61.12.11		62.1.2		62.1.11	
		I. 平均长	J. 平均寬	I. 平均长	J. 平均寬	I. 平均长	J. 平均寬	I. 平均长	J. 平均寬
D. A ₃₀₁	500 r	45.9	23.5	358.2	154.5	406.5	161.5		
	100 r	49.7	21.4	352.9	168.1	419.9	180.3		
	50 r	55.2	23.2	366.3	154.5	444.8	163.7		
	H. 对照	48.2	21.6	268.3	73.3	361.7	122.0		
E. A ₃₀₃	500 r	57.1	24.5	319.1	155.2	418.7	184.8		
	100 r	59.5	26.1	318.4	140.5	476.6	202.1		
	50 r	51.9	25.2	457.2	198.2	548.1	245.0		
	H. 对照	57.3	22.8	269.4	110.4	407.1	174.9		
F. A ₃₀₁ × A ₃₀₃	500 r	45.7	21.9	227.7	88.6	374.6	137.7		
	100 r	44.6	21.3	203.5	78.5	410.6	142.1		
	50 r	46.0	21.0	255.5	89.1	418.8	144.8		
	H. 对照	39.5	19.3	195.6	72.2	325.6	120.3		
G. B ₂ × B ₃	500 r	39.8	19.4	209.6	70.9	312.5	102.2		
	100 r	50.2	24.0	229.5	70.3	332.5	167.0		
	50 r	52.3	25.8	250.4	80.6	367.0	112.2		
	H. 对照	47.3	24.1	191.3	60.4	265.1	84.6		

Explanations:

- A. Sources of material;
- B. Doses in r;
- C. Date of observation;
- D. A population of sporophytes after three years of inbreeding;
- E. Another population of sporophytes after three years of inbreeding;
- F. Cross between A₃₀₁ and A₃₀₃;
- G. Cross between two sporophytes without previous inbreeding;
- H. Control;
- I. Average length;
- J. Average width.

海上培育 50 天以后,我們对各組的生长速度进行了一次測量,看到各照射組孢子体的日生长速度都超过对照組(表 3)。

我們又測量了各組孢子体的最寬度,由此跟长度一起我們就大略估計出各孢子体的面积。除了 A₃₀₁ 这一系統以外,其余三个系統都是照射組的孢子体平均面积大于对照組(表 4)的孢子体。

三、討 論

实驗室各系統各照射組孢子体和各对照組孢子体大小的差异,經過統計分析,都是高

表 2 低剂量 X 射线照射几个种羣海带配子体引起幼孢子体生长速度的差异

(表内示藻体平均面积和标准差;单位:微米²)Table 2. Stimulating effect of X-radiation on the gametophytes of *L. japonica* (Data showing estimated average area of sporophytes and standard deviation)(N = 100, Unit = μ^2)

A. 来源	B. 組別	C. 時間		
		61.12.11	62.1.2	62.1.11
D. A ₃₀₁	500 r	1095.3±408.5	61162.5±50823.3	69569.2±50883.9
	100 r	1095.3±422.0	64252.6±51050.2	82995.0±64166.9
	50 r	1283.9±412.9	61631.3±48106.3	73855.7±42833.4
	H. 对照	996.6±422.0	22150.2±18863.4	48025.6±38916.3
E. A ₃₀₃	500 r	1418.5±480.3	50979.6±30089.7	78125.4±44738.9
	100 r	1566.7±619.5	46825.9±33956.2	99252.3±60683.6
	50 r	1337.7±525.2	86327.1±46926.7	135970.9±59004.9
	H. 对照	1324.3±511.8	33104.3±31097.9	73084.4±38851.0
F. A ₃₀₁ × A ₃₀₃	500 r	1014.5±296.3	22180.4±17454.9	52532.3±20436.2
	100 r	974.1±417.5	16700.8± 8962.9	58994.8±31687.7
	50 r	969.6±332.2	24126.2±16887.4	61268.3±28577.4
	H. 对照	772.1±271.6	14533.2± 8589.9	40544.8±25633.5
G. B ₂ × B ₃	500 r	790.1±327.7	16065.7±11498.5	34364.5±24574.9
	100 r	1225.5±417.5	16756.3±10004.3	36093.6±14538.2
	50 r	685.5±386.1	21651.1±13303.2	43256.8±23969.9
	H. 对照	1153.7±363.6	8937.7± 6543.2	22009.1±15717.8

Explanations:

- A. Sources of material;
- B. Doses in r;
- C. Date of observation;
- D. A population of sporophytes after three years of inbreeding;
- E. Another population of sporophytes after three years of inbreeding;
- F. Cross between A₃₀₁ and A₃₀₃;
- G. Cross between two sporophytes without previous inbreeding;
- H. Control.

度显著的。这些差异怎样解释呢? 比方說, 怎样解释表 2 各組的差异呢? 我們提出以下的意見。

竖看这个表(表 2), 第一, 我們看到各系統之間有明显的差异。例如, A₃₀₃ 的对照組的孢子体显著地大于其他各系統的对照組孢子体, 各系統之間的照射組孢子体大小也彼此有所差异。可以看到哪一系統的对照組孢子体比較大的, 照射組孢子体也比較大。这些差异(即各系統之間的差异)可以主要归因于遗传的差异。

第二, 我們看到各系統內部也有明显的差异, 特別是各照射組跟对照組有明显的差异。这些差异就不能主要归因于遗传的差异, 因为它們有共同的来源; 也不能主要归因于一般实验条件的差异, 因为它們的实验室条件是基本上一致的。那么是什么原因引起这

表 3 各照射組孢子体的生长速度(单位:厘米)

Table 3. Comparison of growth rate in different sets of *L. japonica* (Unit = cm)

A. 来 源	B. 組 別	C. 个 体 数	D. 开始时的 平均长度(cm)	C. 个 体 数	E. 50天后的 平均长度	F. 平 均 日 增 长
A ₃₀₁	100 r	29	17.3	10	132.7	2.5
	G. 对 照	29	18.4	20	131.1	2.3
A ₃₀₃	100 r	27	12.6	25	145.2	2.7
	G. 对 照	30	16.6	16	135.8	2.4
A ₃₀₁ × A ₃₀₃	100 r	29	17.8	19	150.0	2.7
	G. 对 照	29	18.8	26	127.5	2.2
B ₂ × B ₃	100 r	30	18.7	16	154.2	2.7
	G. 对 照	30	17.9	22	143.0	2.5

Explanations:

- A. Sources of material;
- B. Doses in r;
- C. Number of sporophytes observed;
- D. Average length of sporophytes at the beginning of cultivation in the sea;
- E. Average length of sporophytes after 50 days of cultivation;
- F. Average daily growth in length;
- G. Control.

表 4 各照射組孢子体的大小(单位:厘米²)Table 4. Comparison of size of sporophytes (Unit = cm²)

A. 来 源	B. 組 別	C. 个 体 数	D. 平均面积和标准差
A ₃₀₁	100 r	10	1793.0±328.9
	E. 对 照	20	1882.3±231.2
A ₃₀₃	100 r	25	1991.4±429.6
	E. 对 照	16	1745.4±214.2
A ₃₀₁ × A ₃₀₃	100 r	19	2055.5±469.0
	E. 对 照	26	1628.8±388.6
B ₂ × B ₃	100 r	16	2200.1±235.2
	E. 对 照	22	2023.9±299.3
F. 合 計	100 r	70	2028.1±404.2
	对 照	84	1814.8±297.8

Explanations:

- A. Source of material;
- B. Doses in r;
- C. Number of sporophytes;
- D. Average size of sporophytes and standard deviation;
- E. Control;
- F. Total.

种差异呢? 我們认为主要是低剂量X射线照射配子体曾产生了一些良好的生物学效应, 从而促进了生长。

第三, 可以看到各系统的 50 伦组和 100 伦组孢子体平均面积都是比较大的, 特别是 50 伦组比较大一些。看来 50 伦和 100 伦的剂量对促进生长是更加适宜的。1959 年的实验则表明 500 伦的剂量促进生长的效应更大。

横看这个表, 我们清楚地看到各照射组的孢子体生长速度都比对照组快得多。例如 A₃₀₃ 这个系统的 50 伦组和对照组孢子体, 在起初大小相仿佛, 以后就出现了明显的差异。看来生长速度主要是在 X 射线处理后第三星期开始才有明显的差异的。

总的看来, 海上实验的结果跟实验室结果是基本上一致的。A₃₀₁ 这个系统的对照组比 100 伦组生长得大一些, 但这差异在统计学上是不显著的 ($t = 0.84$), 这可以归于一般的误差。其余三个系统的 100 伦组都在统计学上显著地优于对照组。例如, 就 B₂ × B₃

这一系统讲, 照射组和对照组之差比较小。由于个体比较少, 我们用 $t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}}$ 公式检验^[1], 仍得到 $t = 2.1$ 的显著差异。

如果把各系统的 100 伦组的总和跟各对照组的总和拿来比较, 应用 $d = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2}}}$ 测验, $d = 4.0$ 这表明差异是高度显著的。这样的差异可以主要归因于低剂量 X 射线的效应。

因此, 我们的初步结论是低剂量 X 射线对海带配子体有良好的生物学效应, 可以促进生长, 提高产量。

我们也注意到, 我们海上实验的规模太小, 需要扩大规模, 重复实验, 进一步论证这里所提出的论点。

至于低剂量 X 射线照射海带配子体促进生长的机制我们已在前次实验中阐明^[1], 认为低剂量 X 射线有促进雌配子体成熟和促进幼孢子体细胞分裂的作用。我们在另一个应用低剂量 Co⁶⁰ γ 射线照射海带配子体的实验中也支持这一论点。这方面材料另行发表。

提 要

本文报导了两个有关海带放射生物学的实验。实验室的实验用比以前我们同类性质的实验更丰富的材料(包括四个系统的海带)论证了低剂量 X 射线对海带配子体的良好的生物学效应。海上的养殖实验基本上支持了实验室的观察, 表明低剂量 X 射线不仅促进了生长发育, 也提高了产量。

根据本实验的观察, 500 伦、100 伦和 50 伦的 X 射线剂量对海带配子体都有良好的生物学效应, 其中以 50 伦的剂量为最好, 100 伦的剂量次之, 500 伦的剂量又次之。

参 考 文 献

[1] 方宗熙、吴超元、蒋本禹, 1961。X 射线对海带幼体的影响。科学通报 1961 年 (8): 40—43。

- [2] 方宗熙、蔣本禹, 1962. X射綫对海带幼孢子体的影响。山东海洋学院学报 1962 年 (1): 14—19。
- [3] И. М. 华西里耶夫, 1957. 电离辐射对植物的影响。放射生物学。华光等譯, 科学出版社, 1959 年版, 120—139。
- [4] Bailey, N. T. T., 1959. Statistical methods in biology. The English Universities Press LTD, London, pp. 31—42.
- [5] Ehrenberg, L., I. Granhall and A. Gustafsson, 1956. The production of beneficial new hereditary traits by means of ionizing radiation. Proceedings of the International Conference on the Peaceful Uses of Atomic Energy. 12: 31—33.
- [6] Errera, M., 1959. Effects of radiations on cells. in The Cell, ed. by J. Brachet and A. E. Mirsky. Academic Press. N. Y. pp. 711.
- [7] Kuzin, A. M., 1956. The utilization of ionizing radiation in agriculture. Proceedings of the International Conference on the Peaceful Uses of Atomic Energy. 12: 149—156.
- [8] Muller, H. J., 1956. How radiation changes the genetic constitution. Proceedings of the International Conference on the Peaceful Uses of Atomic Energy. 11: 387—399.

THE STIMULATING EFFECT OF LOW DOSES OF X-RADIATIONS ON THE GAMETOPHYTES OF *LAMINARIA* *JAPONICA* ARESCH.

T. C. FANG

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

J. J. LI AND B. Y. JIANG

(Institute of Oceanology, Academia Sinica)

ABSTRACT

According to our former observation, low doses of X-radiations had some stimulating effect on the growth of gametophytes of *L. japonica*. In order to verify this conclusion four different populations of gametophytes from different lines of descent were used in this investigation.

The young sporophytes developed from the low-dose-X-irradiated gametophytes all grew significantly bigger than the control (Tables 1—2). The stimulating effect was seen to maintain up to the adult stage of sporophyte (Tables 3—4). It was previously found that the faster rate of growth was due to the faster rate of cell division occurred in sporophytes developed from low-dose-X-irradiated gametophytes.