

关于电离辐射对细胞透性影响的研究*

李宝健 丘泉发 陈舜华 古德祥 尤能攀

(生物系)

一、緒 言

关于电离辐射对细胞透性的影响,在文献中有许多相互矛盾的报导。一部分作者认为:电离辐射能使细胞的透性增加。〔4,6,7,9〕相反地,另一些作者认为,它能使细胞的透性减少〔5〕。还有一些作者认为,电离辐射对细胞的透性没有影响。〔1,3,8〕、庫津(Кузин А.М.)等的实验表明,X-射线能明显地改变细胞的透性〔2〕。

看来,相互矛盾的实验结果的获得可能是由于采用了不同的研究对象或研究材料处于不同的生理状况,不同的照射条件和测量透性的方法,经照射后测量的时间不同等等许多复杂的原因所造成的。

为了探索这个问题的规律,本实验工作是在尽量注意了上述各种可能对细胞透性有影响的各种因素的前提下,来研究辐射对细胞透性的影响作用。

研究本问题,不仅是辐射细胞学的一个重要的方面,而且是揭发在正常的细胞中的透性过程的方法之一。

二、研究方法

以植物细胞的吸收和排出矿物盐或有机物质的多少作为研究外界各种因素对细胞透性影响的指标,被许多作者广泛的采用(Williams M., Мамедов Т.Г., Васимов П. М., Кузин А.М.等)。应用示踪元素来研究细胞透性问题,自从 Hevesy (1951)的工作发表以后也较常被采用。

本工作以水稻(广西矮粘)和玉米(金皇后)的根部细胞为材料,研究在不同的照射剂量(50, 100, 500, 1,000, 5,000, 10,000, 15,000伦)的影响下,细胞透性的改变规律。物质的吸收和渗出细胞的情况借示踪元素 P^{32} ($Na_2HP^{32}O_4$)的帮助,借助于盖革氏计数器测量。照射源为医用钴炮,剂量率 ≈ 32.8 伦/分。实验的具体操作过程如下:

* 本文研究结果曾在1962年全国第一次细胞学会会议宣读和讨论。

在条件一致的情况下浸发水稻和玉米的种子,經萌发四昼夜,然后在其中分别选出生长情况一致的幼苗为研究之用,每个实验組合选取100—150株幼苗为材料。

当研究辐射綫对細胞吸收物质过程的影响时,实验材料經照射后,与对照材料同时浸于带有 $P^{32}(Na_2HP^{32}O_4)$ 的溶液中。溶液的放射性强度为0.5 微居里/毫升, $pH = 7$ 。經過1, 2, 4, 8, 24小时以后,分别将实验材料及对照材料从上述溶液中取出,用流水冲洗10—15分钟,至冲洗水中不含 P^{32} 为止。然后将幼苗取出,剪下根部,置于 $105^{\circ}C$ 的烘箱中烘干,再将材料剪細,分别精确称取10—40毫克乾重的样品2—4份,用钟罩型計数管測量样品中所含 P^{32} 的放射性强度。

研究辐射綫对細胞渗出物质的影响是将材料事先浸于含 P^{32} 的溶液中1—4小时然后将材料冲洗干淨再分組进行照射,照射后分别置于清水中(100株幼苗于50毫升水中)經過1, 2, 4, 8, 12, 24小时分别測量溶液中的放射性强度。

上述相对放射性强度的測量所获得的数据均进行了統計学加工。

三、实验結果

1. 辐射綫能够改变細胞的通透性。

从表一共18个实验組合所获得的结果来看:在經過辐射綫照射以后,各种不同的剂量对根細胞吸收物质的能力均发生影响,辐射綫使細胞对物质的吸收能力受到抑制。如果对对照組的根細胞吸收 P^{32} 的量为100%,那么受辐射綫照射后的各实验組的根細胞吸收 P^{32} 的量分别为对照組的 $94 \pm 5.3\%$ —— $69 \pm 2.67\%$ (表一实验号数15, 4,)換句話說,即辐射綫的这种抑制效果分别使細胞吸入 P^{32} 的能力較对照的降低了 6 ± 5.3 —— $31 \pm 2.67\%$ 。

将各次实验的不同組合的材料加以比較,則可看出:不同的照射剂量改变根細胞吸收物质的能力是有区别的。在第一次实验的材料中(表一,实验号数1—5),經過100, 500, 1,000, 和5,000伦的辐射綫的照射后,根細胞对 P^{32} 的吸收能力的抑制分别为对照的 $19 \pm 2.75\%$, $18 \pm 2.75\%$, $31 \pm 2.67\%$, $27 \pm 2.69\%$ 。在这里看到当照射的剂量愈高时,影响則比較明显。但在一定的剂量界限內(如在100与500, 1,000与5,000伦之間)却没有这种趋势的表现。

在第二次实验中(表一,实验号数6—13),也可以看到相似的情况,在50伦辐射綫的影响下,細胞吸收能力只减弱了 $7 \pm 3.45\%$,在1000伦的辐射綫影响下,使透性减弱了 $14 \pm 3.35\%$,而在1.5万伦的辐射綫的影响下,吸收能力减弱了 $25 \pm 3.26\%$,这些材料同样表明了:当作用的剂量高时,則有影响較大的趋势,可是在一定的剂量范围內(如在1000伦及5000伦射綫的影响間)(表一,实验号数11—12),射綫对細胞透性的影响却没有明显的差別。

辐射綫对玉米幼苗根部細胞吸收 P^{32} 的抑制能力在100伦时为 $6 \pm 5.3\%$, 500 伦时为 $8 \pm 5.3\%$, 1,000伦时为 $13 \pm 5.2\%$, 5,000伦时为 $31 \pm 4.9\%$ 。(表一,实验号数14—18),也有随着作用剂量的提高而作用加强的趋势。

表一、不同劑量(50倫, 100倫, 500倫, 1000倫, 5000倫, 1萬5千倫)

照射對水稻、玉米根細胞吸收 P^{32} 的影響(照射後吸收 P^{32} 一小時)*

實驗 號 數	實 材 驗 料	照 射 劑 量 (倫)	干根(10毫克)的放射性 脈沖/分	實驗組與相對照組之比 (%)
1	水	0(對照)	4685±68	100
2		100	3793±62	81±2.75
3		500	3831±62	82±2.75
4		1000	3222±57	69±2.67
5		5000	3411±58	73±2.69
6	稻	0(對照)	3313±58	100
7		50	3089±56	93±3.45
8		100	2993±55	90±3.41
9		500	2883±54	87±3.38
10		1000	2837±53	86±3.35
11		5000	2803±53	85±3.35
12		1萬	2938±54	89±3.38
13		1萬5千	2497±50	75±3.26
14	玉	0(對照)	1380±37	100
15		100	1293±36	94±5.3
16		500	1271±36	92±5.3
17		1000	1194±35	87±5.2
18		5000	950±31	69±4.9

* 實驗號數1—5是於照射後45分鐘開始浸於 P^{32} 溶液中, 6—13是於照射後1小時, 14—18是於照射後約1小時半開始浸於 P^{32} 溶液中。(由於照射源與實驗室有一段距離, 交通不便致影響各次實驗照射後開始吸收 P^{32} 的時間不完全相同)

2. 輻射綫對細胞透性的影響不僅僅表現在根細胞吸收 P^{32} 的能力的被抑制, 而且表現於從根細胞中滲出 P^{32} 的增多。(表二)

由於在上述實驗中已經肯定了不同劑量的輻射綫對細胞的透性有程度不同的但相似的影響, 所以在研究物質滲出細胞的情況時, 只採用了1000倫的照射劑量。

從表二看來, 在1000倫的輻射綫照射後的初期, 能使細胞滲出 P^{32} 的過程大大加速, 預先吸收了 P^{32} 的材料經照射後放於水溶液中1小時, 實驗組可較對照組的滲出 P^{32} 超過 28 ± 13.14 —— 66 ± 23.88 。(表二, 實驗號數6, 1)

3. 輻射綫對細胞透性的影響程度, 在經過照射後的不同時間內是不相同的。

表二、 γ -射线(1000伦)对水稻幼根细胞透出 P^{32} 的影响

实验号数	照射后置于水溶液中的时间(小时)	水溶液每0.5毫升的放射性脉冲/分		实验组与相应对照组之比(%)
		对 照 组	实 验 组	
1	0.5	35 $\pm$ 3.16	41 $\pm$ 3.29	117 $\pm$ 18.42
2	1	41 $\pm$ 4.9	68 $\pm$ 4.89	166 $\pm$ 23.88
3	2	54 $\pm$ 7.34	79 $\pm$ 4.87	146 $\pm$ 17.06
4	4	50 $\pm$ 3.59	74 $\pm$ 4.77	148 $\pm$ 16.72
5	8	210 $\pm$ 9.13	170 $\pm$ 8.36	80 $\pm$ 8.33
6	24	419 $\pm$ 8.74	406 $\pm$ 9.44	97 $\pm$ 4.34
7	1	59.6 $\pm$ 4.14	76.4 $\pm$ 3.69	128 $\pm$ 13.14
8	2	65.2 $\pm$ 4.27	74.4 $\pm$ 4.48	114 $\pm$ 13.42
9	3	80.7 $\pm$ 4.62	79 $\pm$ 4.58	98 $\pm$ 11.40
10	4	84.6 $\pm$ 4.70	76 $\pm$ 4.52	90 $\pm$ 10.89
11	12	103.8 $\pm$ 5.10	96.2 $\pm$ 4.94	93 $\pm$ 9.67
12	24	199.2 $\pm$ 6.70	172.6 $\pm$ 6.30	87 $\pm$ 6.53

以照射后的不同时间内,细胞吸收 P^{32} 被抑制的效果上来看。在经1000伦的辐射线照射一小时,水稻根细胞吸收 P^{32} 的能力比对照组低14 $\pm$ 3.3%。(表三,实验号数2),但是在照射2小时后,这种效果减弱了,实验组与对照组吸收 P^{32} 能力的差别仅为7 $\pm$ 2.7%(表三,实验号数5)。在照射四小时后,实验组根细胞吸收 P^{32} 的能力不仅达到了,而且略超过了对照组的水平。(表三,实验号数8)

在以玉米根部细胞为材料的实验工作中也证明有同样的规律。在1000伦辐射线的影响下,在照射后1小时,实验组细胞吸收 P^{32} 的能力比对照组低13 $\pm$ 5.2%,二小时后比对照组低5 $\pm$ 5.1%,但在经照射4小时后,实验组细胞吸收 P^{32} 的能力已超过了对照组。

从上述的结果可见,细胞有恢复辐射线抑制它的透性吸收能力的作用,这种恢复的能力同时也表现在另外的一个方面。

从表二的结果可见,在第一次的实验中(表二,实验号数1—5),经照射后的材料置于水溶液中的第一小时,实验组根细胞渗出于水溶液中的 P^{32} 较对照组超出了66 $\pm$ 23.88%(表二,实验号数2),但是以后这种促进 P^{32} 透出细胞的效应可逐渐减弱。在照射后置于水溶液中8小时后,实验组甚至比对照透出的 P^{32} 反为较少。

同样地,在第二次实验中(表二,实验号数6—12),在照射后初期实验组根细胞渗出 P^{32} 的量较对照显著为高,但是随着时间的延长,这种效果也逐渐消失,在照射后置于水溶液中四小时后,实验组透出的 P^{32} 反为低过于对照组。

由上面的资料看来,我们观察到辐射线对细胞的物质透出的能力的影响的恢复过程。而且,这种恢复的过程能在较短的时间内完成。

4.在不同的照射剂量的影响下,细胞的透性的恢复过程需要不同的时间。

表三、在照射后不同時間不同劑量(1000倫及10000倫)对根細胞吸收 P^{32} 的影响

实验号数	实验材料	照射剂量(伦)	照射后的時間(小間)	干根(10毫克)的放射性 脉冲/分	实验組与相应对照組之比 (%)
1	水	0(对照)	1	3313±58	100
2	稻	1千		2837±53	86±3.3
3		1万		2938±54	89±3.3
4	水	0(对照)	2	5216±72	100
5	稻	1千		4887±70	93±2.7
6		1万		4237±63	81±2.6
7	水	0(对照)	4	9666±98	100
8	稻	1千		10016±.01	104±2.1
9		1万		8677±93	90±2.0
10	水	0(对照)	24	55866±236	100
11	稻	1千		54200±232	97±8.4
12		1万		39648±199	71±7.8
13	玉米	0(对照)	1	1380±37	100
14	玉米	1千		1194±35	87±5.2
15	玉米	0(对照)	2	1458±38	100
16		1千		1385±37	95±5.1
17	玉米	0(对照)	4	3445±59	100
18		1千		3752±61	109±3.5
19	玉米	0(对照)	8	4607±68	100
20		1千		5681±75	123±3.1
21	玉米	0(对照)	24	7145±85	100
22		1千		7440±86	104±2.4

从表三的资料看出：在用1000伦和1万伦的射线照射后的一小时，两者抑制吸收的效果是差不多的。（表三，实验号数2，3）但是在照射后二小时，1000伦的辐射线对细胞透性的影响已减弱了，而1万伦的辐射线的影响却继续加深。以至两者之间的差别已达到12%（表三，实验号数5，6），在经1000伦照射后4小时和24小时，根部细胞吸收 P^{32} 的能力已恢复了（表三，实验号数8，11），但经1万伦照射后的材料，经过照射后24小时被抑制吸收的情况尚未得到恢复。（表三，实验号数9，12）

四、結果的討論

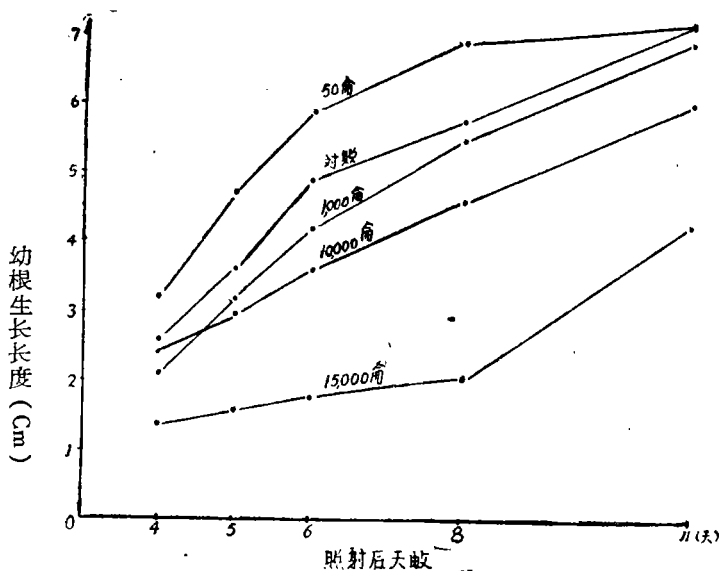
关于辐射线对细胞透性的影响的问题，还有不少争论，根据我们所得到的实验结果（结果1及结果2）看来；辐射线是能够改变细胞的透性的。这种影响表现在两方面：一方面使细胞对物质的吸收能力减弱，另一方面使透出的过程增加。因此，如果单从吸收方面来看，会得出辐射线抑制细胞透性的结论，而单从透出方面来研究，却会

得到相反的看法。所有这些结论恐怕都是不全面的。庫津等(Кузин)(1956)在研究 α —射线对小麦根部的细胞透性的影响时发现辐射能使细胞对 P^{32} 的吸收过程减弱而使透出的过程增加。我們在水稻和玉米的根部细胞中,用 γ —射线的影响,证实了有同样的现象。

与庫津(Кузин A.M.)等所不同的是,我們不仅研究了1000伦以上(1000,5000,10,000,15,000伦)的辐射线对细胞透性的影响,而且研究了并且证明了較低的剂量(50,100伦)的 γ —射线对细胞的透性已有影响(表一,实验号数7,8,),而較高的剂量的影响的程度是比較大的(见表一)。

Кузин等首次提出;辐射线对细胞透性的影响是暫时的。在照射后的最初时期,这种影响很快达到最高峰,随后会减弱,以至在几小时内便可恢复。Кузин是以研究小麦根部细胞的透性获得了上述的结果的。我們以水稻和玉米的根部细胞为材料也证明了上述观察的正确性。因为,的确,无论从细胞吸收的能力和透出的情况两方面来看,都是在照射后初期达到最高峰。可是以后这种效应却逐渐减少,以至在經過照射几小时以后,在实验組和对照組细胞透性的差别已不明显(表二,表三)。但是,必須指出,在高剂量(1万伦)的辐射线照射后,细胞透性的恢复过程可被大大地延迟。

在我們水培被照射后的水稻(广西矮粘)的幼苗的实验中証明;甚至在高剂量(1万伦、1万5千伦)的射线的影响下,在經過比較长的時間后,植株根部尚有恢复生长的能力,(图1)恢复生长的能力所需的時間与透性恢复所需要的時間之間的差別是較



图一 $CO^{60}\gamma$ —射线照射后对水稻幼苗根部生长的影响

远的。因此可以推测;细胞的透性与细胞的生长和繁殖之間是有一定的独立性,两者之間只可能存在有間接的联系。

五、結 論

輻射綫能改变細胞的通透性。这种作用表现在：它能使細胞对物质的吸收过程减弱，并使細胞透出物质的过程增加。在一定的照射剂量范围内，照射的剂量愈大时，这种作用愈明显。在照射后的不同时间内，輻射綫对細胞透性的影响，有不同的表现程度。在照射后的初期，这种影响較大，而随后輻射綫的这种影响可以失去。細胞的通透性可以恢复。

参 考 文 献

- [1] Васильев И. М., Цинь Су-юнь, Рыбалка Н. Д. 1958. Экзосмос веществ из клеток растений после рентгеновского облучения. Биофизика. Т. III, 5, 576—581.
- [2] Кузин А. М. Стражевская Н. В. 1956. О влиянии ионизирующей радиации на проницаемость разительной ткани. Биофизика. Т. I. 7, 637—641.
- [3] Мамедов Т. Г. 1960. Действие облучения на проницаемость корешков *Vicia Faba*. Биофизика. Т. 5, 1, 85—87.
- [4] Энгель О. С. 1952. Чувствительность ткани клубней картофеля к рентгеновским лучам в зависимости от физиологического состояния клубней. ДАН СССР Т. 85, 2, 437—439.
- [5] Klein J. R. 1955. Effect of whole-body x-irradiation on uptake of iron by duck erythrocytes. Caralieri R; Proc. Soc. expt. biol. a, med. 89, 1, 28—31.
- [6] Packard C. 1924. The susceptibility of cells to radium radiation. Biol. Bull; 46. 165.
- [7] Williams M. 1925. Some observation on the action of radium on certain plant cells. Ann. Bot. 39. 547—562.
- [8] Richards A. 1951. Experimentms on x-radiation as the cause of permeability changes, Amer. J. Physiol. 36. 400—417.
- [9] Lehmann F. Wels P. 1926. Die wirkung der rontgenstrahlen auf die durchlassigkeit det roxten blutkorperchen fur elektro lyte, Pflügers Arch, Ges. Phys. 213. 628—632.