

电离辐射与 植物育种

科学出版社

目 录

植物选种和突变·····	Å. 古斯塔夫逊, O. 杰定 (1)
电离密度与辐射的生物学效应·····	L. 爱伦勃格, N. 尼波姆 (8)
論誘变因子的分化作用·····	N. 尼波姆 (31)
某些作物中的休眠种子对 X 射綫的稳定性·····	Å. 古斯塔夫逊 (39)
关于 γ 射綫慢性照射对植物影响的进一步試驗·····	N. 尼波姆 (52)
γ 射綫慢性照射对大麦遗传性的影响·····	N. 尼波姆, Å. 古斯塔夫逊; I. 葛伦哈尔, L. 爱伦勃格 (63)
突变在多倍体谷类作物育种中的应用·····	J. 馬克凱依 (74)
应用照射所获得的大麦有用突变·····	L. 謝帕斯基, T. 洛烏連士 (85)
用 X 射綫誘发获得的大麦抗白粉病突变·····	H. 海什尔, J. 柴可夫斯基 (96)
六稜大麦 Edda 品种应用 X 射綫处理的突变·····	E. 阿克帕格 (103)
用 X 射綫处理燕麦后誘发得到的具有經濟价值的突变·····	K. 弗来依 (109)
豌豆和巢菜的 X 射綫誘发突变·····	O. 埃林 (116)
芝麻 (<i>Sesamum orientale</i> Linn.) 的 X 射綫誘发丰产突变·····	K. 查烏荷里, A. 戴斯 (127)
X 射綫誘发突变在农业中的应用·····	E. 唐恩, A. 安特尔生 (131)
羽扇豆 (<i>Lupinus luteus</i>) 的 X 射綫处理·····	O. 杰定 (134)
通过 X 射綫处理及材料选择所获得的工业用品种白芥—— Svalöf's Primex 白芥·····	G. 安特尔生, G. 奥尔逊 (138)
亚麻的 X 射綫誘发突变·····	W. 霍夫曼, U. 卓許盖 (142)
获得栽培植物突变的实验研究 VI. 用 X 射綫处理大豆 (<i>Glycine soja</i> (L.) Sieb. et Zucc.)·····	M. 查哈理斯 (160)

植物选种和突变*

Å. 古斯塔夫遜 O. 杰定

植物选种的传统方法基于两个法则：选种与杂交。选择本身无论在自花授粉植物中还是在异花授粉类型中，都产生了很好的效果，特别是在进行有计划的选种工作之初，尤为如此。事实上，不论是否先运用杂交变异、突变或是多倍体，选择都是现代植物选种的基本法则。为了利用杂交来进行植物选种，而采用两种显著不同的方法：一种是利用在 F_2 和以后世代中的重组和越亲变异 (транспрессия)，而另一种是利用 F_1 的杂种优势。近来在植物选种方法的领域中又增添了两种新的法则。现在还能用借染色体数目的增加来获得高产的品种，此外利用突变增加产量和改良其它重要的农业性状。从 Stadler^[20] 早期的报导开始，长时期以来对获得人工突变是表示怀疑的；这种怀疑同样表现在德国的 Burgeff^[21] 和瑞典的 Nilsson^[15] 的意见中。但是 Nilsson-Ehle^[16,17] 从一开始对在实际选种中利用人工突变的可能性是乐观的。由于自己的声望，而吸引了瑞典植物选种学家们对这个问题的注意，而且亲自推动了在不同栽培植物中获得人工突变方面大规模工作的进行；这见之于发表该论文的文集中，同样见之于 Gustafsson^[6] 的文章中。Gustafsson 的好友有名的埃尔温-巴乌尔在缪赫别尔格的魏尔·盖尔姆研究所支持类似的乐观见解，特别是在查格布施和马克-肯尔特分离出了无生物碱类型的羽扇豆以后。也由于 Nilsson-Ehle 和巴乌尔利用人工突变等的影响，某些德国专家近年来获得了很有意义的结果，这就是作物的高产突变，如黑麦、小麦和番茄^[19,10,29]。

* 此文的原文是：Å. Gustafsson and O. Tedin, Plant-breeding and mutations, Acta agriculturae Scandinavica, 4, No. 3, 633—639 (1954).

Stadler 的怀疑态度在现代关于玉米方面的工作中找到了部分的支持^[21], 照射以后至少在位点 A 没有出现回复突变, 虽然它们会自然出现。这两位作者以及 Lefèvre 和其同事极力强调 X 射线的损伤效应^[11,12], 他们企图驳斥季姆菲也夫-列索弗斯基关于在果蝇中回复突变的早期工作中所得到的结果。想得到 spl 对偶质的企图没有成功, 这表明在 X 射线作用下不发生真实的基因突变, 而仅仅是发生了破坏性的变化^[12]。他们的结论从遗传学的观点看来已受到了某些批评, 尤其是在分析自发的或人工的突变过程的生物化学基础时更是如此。此外, 应该着重指出^[7,8], 染色体断裂或缺失, 从机械的观点看来, 可以看作是破坏性的变化 (如果不管这种说法的目的论色彩), 从生活力的观点看来, 可以认为是优良的或进化的 (当用其它“可疑的”话说)。

自发突变可分成三类 (除了单倍体、三倍体和多倍体类型的突然出现)。

1. 染色体断裂, 往往导致在断裂点缺失, 或是与其它断裂联合形成重复、易位和倒位。

2. 基因内变, 也就是位点的突变或是真正的基因突变。在这两类间没有明显的界限。由于基因内变的结果, 无疑地可能产生微小的重复或是微小的缺失 (也可能产生大的缺失)。换句话说, 在化学上基因突变可能是与物质的增加有关 (例如, 通过部分的或全部的基因位点的聚合作用), 或是与物质的损耗有关 (例如, 通过部分的或全部的解聚作用)。从生物化学的观点来看, 以在显微镜下是否能够对可见的染色体变化进行分类, 是十分不正确的。

3. 染色体直接的重组合, 减数分裂 (或是体细胞分裂) 过程之后的基因互换无疑是部分异源多倍性有机体的染色体分化的普遍特点, 异源多倍体与纯合子双倍体比较起来, 其发生的突变次数是大大增加了。

“自发”突变可能是外因所引起, 包括天然辐射的撞击或是温度的突然改变的影响。此外, 无论在十分正常的条件下, 或是在反常的条件下, 代谢中所产生的细胞内产物也能引起突变。如在第

3 点所指出的,染色体部分相等区域的存在,可能导致基因互换后基因分布的重新排列。最后,組成染色体的分子,或是这些分子的基团由于这些統計学上的不稳定性物质的存在,可能有时候轉变为新的、可逆的或不可逆的化学状态。

电离輻射或化学誘变物质所引起的人工突变,可能期望上述三种突变类型的出現,虽然他們随着影响的种类而产生不同的頻率。由于电离輻射部分地通过“間接的”方式起作用^[3],特别是借助于形成自由基因和化合物,諸如 H 、 OH 、 HO_2 、 H_2O_2 ,所以在化学的和物理的誘变作用之間不能划出明显的界限。可見,至少有某些电离輻射所引起的突变与通过化学途径所引起的突变相似。不过突变的不同类型的比例可能因所应用的輻射的或化学誘变因子的形式而改变。

正如完全純合子的材料,象黑麦或小麦的純系,其遗传性較杂种材料稳定得多。这里所指的是在杂合子材料中的突变頻率比 Gustafsson^[6]和 MacKey^[13]強調純合子材料的突变頻率为高。小麦突变頻率某种程度的增加是受不同染色体組的同源染色体的結合所制約。这个过程开始所产生的染色体改組与照射后所发生的很相似。不可否认,当基因型的环境改变时,或是在特殊的基因突变体影响下,或是在一定的杂种体質条件下,基因突变頻率同样可以增加。此外,基因突变頻率在照射后显然可以增加,至少在某些一定的代謝状况下可以增加。

这种分析表明,在自然突变和人工突变之間沒有本質的差別,虽然在某些情况下,由于前述三种突变类型的突变頻率之間的不同对比关系,最后的結果可能发生差异,也就是說可能发生:(1)染色体断裂,在这些染色体的断裂面能否愈合,从而导致染色体物质的改組、缺失或重迭;(2)基因內变异,它能导致(很少数)缺失、(很少的)加倍、“真正的”基因突变;和(3)由于減数分裂的基因互换或是体細胞的基因交換,引起染色体物質改組。

現在很明显,突变过程在某种程度上,不論在所观察到的突变总数方面,还是在一定区域的突变方面,均可用人工方法来調节

和控制^[5,6,14]；參閱 Ehrenberg 等^[4] 的文章,在这些文章中引証了 Anderson^[1]根据大腸杆菌 *Escherichia coli* 有氧和缺氧突变所得到的結果。在植物选种中有計劃的利用突变时,这些事实具有很大的意义。

虽然有个时候关于在植物选种中利用电离輻射所持的怀疑态度似乎是很有根据的,但是目前很明显,人工引起的突变可以提高品种产量,抑或保持其产量不变时,改善其个别的重要性状,如茎秆的坚硬度、早熟性、蛋白質含量、面筋質量、纖維坚硬度、种子大小;在谷物、豌豆、羽扇豆、亚麻、番茄等之中均可見到。当然这是反駁前述的那些怀疑态度的有决定意义的論据。現在我們已經知道用 X 射綫处理所获得的三种商品品种:白色斯瓦廖夫的勃里米克斯芥菜品种史特拉尔特·魏布斯荷立姆豌豆,以及根据 Knapp^[9]所述的謝弗尔·宇宙菜豆。此外还有洋油菜 (*Brassica napus* var. *oleifera*), 列热那·瓦拉勃士 II 品种,这些品种卖給了在斯瓦廖夫 (Svalöf) 的瑞典联邦种子繁育公司。他从用 X 射綫处理斯瓦廖夫的列基那·瓦拉勃士春性洋油菜品种的种子得到的。大麦、小麦、豌豆、羽扇豆的大量有前途的突变还要求大規模的實驗。

从最初开始就很明显,大多数高产的 X 射綫突变不能直接地利用。这特別关系到具有高度选种化和特化的品种类型,如大麦和小麦。因此从我們的观点看来,人工引起的突变的基本价值是,它們对在杂交时为获得新性状組合方面的进一步繼續工作提供了原始材料。

在这里應該回忆 Schiemann^[19] 的工作,他的工作指出,在德国所广泛应用的啤酒大麦的工业品种是低产突变同硬秆的工业品种突变杂交的結果。利用人工突变能制造出与在老品种中所見到的那种相似易变性,但是,基本上是属于現代最好的高产品种。这些突变彼此之間或和其它品种进一步杂交,无疑地将促进作物的逐漸改良。

突变能够大大地改变植物种的生态反应,和在一个阶段直接地創造新的生态型。可見,突变能够扩大种的生态适应性。这就

意味着我們迟早会得到能在新的气候条件和新的生态环境中培育植物的原始材料。因此,农作物可能会适应于条件,所不同的是,这首先决定于它們培育的环境。在某些情况中,可以預期分布区域的突然扩大。但是,在大多数情况中是必須有計劃的、长期的和逐漸的再适应。布扎特-特拉魏尔斯 1953 年在別拉施阿遺传学代表大会的报告中断言,果蝇在重复照射后这种有計劃地选择引起了显著的效应。在农作物中类似的过程,无疑是同样有效的。

从实践的观点看来,新的工业品种是杂交还是突变的結果,完全没有什么差別。我們确实可以有把握地說,所查明的各种各样广泛分布的品种,不仅是由于存在于两个原始品种中的因子結合的結果而获得,显然用杂交和重組合的方法也可以获得。在自然界中不断地发生着突变,而在为获得重組合的工作中要加入新的因子,特别是当亲本品种乃是远緣类型的时候。MacKey^[13] 的工作,把这些变化的高頻率解释为六倍体小麦染色体 IX 因子,与在純合子和杂合子中的这些因子的突变頻率的关系。我們利用类似的方式,即用在短時間內照射杂种种子或是在长時間內照射同一杂种植株的方法,而且在第二种情况下应用 Co^{60} 装置所形成的 γ -田,可以增加变异性,以及由于这个緣故而引起的重組合的机会。为了对照,材料划分成几个組,保留一个組不照射,而利用不同方式照射其它各組。的确,在这些实验中,新品种的产生不能証明它是由于重組合还是突变的結果,抑或是由于这些过程共同造成的結果所产生。但是,如前所述,在实践中到底是什么方式产生的品种,是完全无差別的。它的品質才是有意义的。

Nybom^[18] 所描述的结果对于植物选种具有同样普遍的意义。某些植物,如有着广泛分布区域的黑麦品种,是同样的核类型产生的。这种核类型产生得很早,可能还是产生在人类出現之前,而且对順序的重組合和有价值基因的逐漸累积,不一定是最好的品种。由于染色体結構的改組(人工形成新的核类型)沒有对产量产生明显的影响,或者甚至在某些情况下能够提高其产量,染色体平衡的新系統能够在植物选种中得到好处。在这种情况下,能再一次就

突变过程人工控制問題提出討論。在某些情况下，利用引起基因內变异的因素，或者利用主要引起染色体断裂的因素可能是有益的。此外，在获得染色体断裂时，这种因素是很重要的，它們对断裂面发生不同的影响，因为染色体愈合而不改变其特性是可能的，缺失的产生或是其它类型的严重损伤的形成也正是在断裂点上。

这些言論虽不十分精确但却再一次表明，現代植物选种乃是一門深奥的理論学科，植物选种的主要目的在于增加每公頃土地的产量，簡化栽培技术以及降低产物的价格。为了达到这个目的，选种家們应该具备化学和物理学方面的广泛知識。只有广闊的眼界才能保証不断取得成功。

結 論

一系列的工作指出，突变的形成扩大了变异。某些突变直接地提高了植物的經濟价值。其它的一些突变对获得重組合方面的工作是有利的。現在在某种程度上我們能够影响总的突变过程和控制它，以及控制单个位点的突变。近几年来我們借助于精密实验，在理論方面对突变过程的研究较从前曾經作过的更为深刻。

参 考 文 献

- [1] Anderson E. H., The effect of oxygen on mutation induction by X-rays, Proc. Nat. Acad. Sci., 37, 340—349 (1951).
- [2] Burgeff H., Genetische Studien an *Marchantia*, Jena, 296 p., 1943.
- [3] Ehrenberg L., Ionizing radiations: Mechanism of action and dosimetry, Acta Agr. Scand., 4, 365—395 (1954).
- [4] Ehrenberg L., Gustafsson A., Lundqvist U., Nybom N., Irradiation effects, seed soaking and oxygen pressure in barley, Hereditas, 39, 493—504 (1953).
- [5]* Ehrenberg L., Nybom N., Ion density and biological effectiveness of radiations, Acta Agr. Scand., 4, 396—418 (1954).
- [6] Gustafsson A., Mutations in agricultural plants, Hereditas, 33, 1—100 (1947).
- [7] Gustafsson A., Mutations, environment and evolution, Cold Spring Harbor Symp. Quant. Biol., 16, 263—281 (1952).

* 这里用*标记的进一步的工作已編入这本論文集中——原編者注。

- [8] Gustafsson Å., Mutations, viability, and population structure, Acta Agr. Scand., 4, 601—632 (1954).
- [9] Knapp E., Grundfragen der experimentellen Mutationsauslösung in ihrer Bedeutung für die praktische Pflanzenzüchtung. Vortrag auf der Pflanzenzüchter-Tagung 1950 in Einbeck, 1—20 (1950).
- [10] Kuckuck H., Mudra A., Lehrbuch der allgemeinen Pflanzenzüchtung, Stuttgart, 1950.
- [11] Lefèvre G., Jr., X-ray induced genetic effects in germinal and somatic tissue of *Drosophila melanogaster*, Amer. Nat., 84, 341—365 (1950).
- [12] Lefèvre G., Jr., Ratty F. Y., Jr., Hanks G. D., Frequency of notch mutations induced in normal, duplicated and inverted x-chromosomes of *Drosophila melanogaster*, Genetics, 38, 345—359 (1953).
- [13] MacKey J., Neutron and X-ray experiments in wheat and a revision of the speltoid problem, Hereditas, 40, 65—180 (1954).
- [14] MacKey J., The biological action of mustards on dormant seeds of barley and wheat, Acta Agr. Scand., 4, 419—429 (1954). ..
- [15] Nilsson H., Synthetische Artbildung. Grundlinien einer exakten Biologie, I—II, Lund, C. W. K. Gleerup, 1954.
- [16] Nilsson-Ehle H., Polymere Röntgenmutationen bei *Hordeum*. Nova Acta Leopoldina, Neue Folge, Bd. 6, 1939.
- [17] Nilsson-Ehle H., The future possibilities of Swedish barley breeding, "Svalöf 1886—1946", 113—126, 1948. (Свалёфская селекционная станция, ИЛ, 1955.)
- [18] Nybom N., Karyotype and viability in barley, Acta Agr. Scand., 4, 507—514 (1954).
- [19] Schieman E., Ueber eine praktisch und phylogenetisch wichtige Mutation bei Gerste nebst einigen Bemerkungen über Mutation bei Getreide, Ber. Deutsch. Bot. Ges., 48, 477—489 (1930).
- [20] Stadler L. J., Some genetics effects of X-rays in plants, Journ. Heredity, 21, 2—19 (1930).
- [21] Stadler L. J., Roman H., The effect of X-rays upon mutation of the gene A in maize, Genetics, 33, 273—303 (1948).
- [22] Stubbe H., Ueber einige theoretische und praktische Fragen der Mutationsforschung, Abhandl. sächs. Akad. Wiss., Leipzig, Bd. 47, Heft 1, 1—23 (1952).

[栗翼玖譯 韓貽仁校]

电离密度与辐射的生物学效应*

L. 愛倫勃格 N. 尼波姆

最近十年来在瑞典所进行的关于在电离辐射,特别是X射线和快中子影响下获得突变的实验结果作了对比研究。早在研究的初期阶段,这两种辐射的影响就已经显示出很大的差别^[9,11,12,20,23,26]。这首先表现在它们的致死作用和丧失生殖能力的区别上。在使50%植物致死的剂量下,中子较X射线引起更高的破坏性(和染色体的改组有关)。此外,在这两类辐射之间观察到量的差别:在所研究的损伤数量方面,中子有较X射线高10—100倍的效应。

根据研究者的假设,通常假定中子直接作用于核,可能是直接作用于遗传物质,而且,除此之外X射线对于细胞的其它部分还发生生理的损伤作用^[26]; MacKey^[23]、Caldecott 和其它的作者^[6]发表过类似的观点; Mitchell^[24]也有同样的意见。

在以后的叙述中,我们试图从辐射作用机制的观点来总结有关X射线和中子作用于大麦的某些实验。实验是在 Å. Gustafsson 教授的亲密合作下进行的,我们得到了 M. Brunnberg、U. Lundqvist 和其他同事的有力协助。

研究方法

在下面所指出的条件下,照射包奴司(Bonus)品种同一家系的干种子或湿种子和萌芽的种子在培养皿中以1粒种子1毫升的自来水进行浸种。种子照射后经过短短的时间,根据各种研究的目

* 此文的原文是: L. Ehrenberg and N. Nybom, Ion density and biological effectiveness of radiations, Acta agriculturae Scandinavica, 4, No. 3, 396—418 (1954).

的給予不同的处理。

1. 为了研究第一次有絲分裂,使种子在特殊容器中发芽并固定其幼根。

2. 把种子播种在温室里的木箱內以后,經過 7—14 天,測量第一片叶子的长度,来研究植物的生长。

3. 种子播种于大田并統計: (1)播种后經過 3—4 星期,測定在大田中的发芽率; (2)收获时期成熟植株的数量; (3)种子平均数; (4)根据不同类型叶綠素突变的数量来測定突变頻率^[18];在潮湿的砂上长出了成熟穗,并統計不同类型的叶綠素突变; (5)富有生活力的突变的类型和頻率。

用普通医疗 X 光机放射出的 X 射綫,照射条件为电压 175 千伏,无濾板。以維克托連型电离測定器来測定剂量。用种胚基础的分析方法測定 1 伦的剂量相当于 1 克組織释放出 90 尔格的能,也就是說 1 伦相当于 0.97 (接近于 1)物理伦^[13]。

在多数实验中,利用迴旋加速器(直径 80 厘米)內增強到七百万电子伏特能量的重氫核射击鈹靶的方法获得了中子。按照显影乳剂場的长度粗略地决定中子的平均能等于三百万电子伏特^[10,13]。在某些情况下,用 Cu 作靶子,而重氫核在迴旋加速器(直径 225 厘米)內增強到二千五百万电子伏特。在所述情况下,中子能量的分布始終是不清楚的;但是可以认为平均能量是較高的。用 Fe^{++} 氧化的化学方法預先测定了中子能量在組織中的分布^[13]。与 E. Saeland 合作进行的不同离子密度的实验証明了随着离子密度的变化, Fe^{+++} 离子发生量也在改变着^[14,28]。如果对离子的确切密度加以精密的修正,那么这个方法可以測定中子的剂量。关于中子的剂量在該著作中引用了类似的修正数值。

在某些場合中应用了从挪威核反应堆所获得的中子。同时得到由或多或少的快中子和热中子的混合束,这些中子是由于带有氮的核反应而产生了和快中子的同样的电离部分——質子^[10]。

实验结果

在大田中植物的生长、发芽和成活率

如果在能量均等分布时进行比较,用两类辐射作用于干种子,观察到效应上巨大的差别(见表1)。

表1 X射线和中子的生物学效应^[18]

对辐射的生物学反应	发生反应所必需的剂量*(物理伦琴当量)			
	X 射 线		快 中 子	
	休眠的种子	萌发的种子	休眠的种子	萌发的种子
50%染色体在第一次有丝分裂时易位	12,500	2,500	1,000	250
50%死亡在田中	15,000	2,000	600—800	170—330
50%植株高度降低(见本文)	12,500	2,000	600	250
50%植株不孕	植株未成活		1,200	330
20%植株不孕	9,500	7,000	120	80
从个别穗上计算种子数时 2.5%叶绿素突变	~4,000	~4,000	40—130	30—65

* 考虑电离密度来校正剂量。

中子的致死效应比X射线的效应至少大20倍;在温室条件下对于生长的抑制也看到了类似的比例。两类射线之间在生长抑制方面同样表现质上的差别(图1)。在敏感性方面个别种子对X射线显示出极其显著的差别,可是中子对全部种子发生一致的作用,所引起的只是生长曲线的某些变动。

在生长随剂量而定的曲线形状方面已经描述了同样的差别^[23]。在X射线影响下获得了 Σ 形曲线,而在用中子影响生长抑制时获得的是相对曲线(或者是直线)。虽然在我们的实验中沒有专门地研究这个问题,但是往往观察到类似的差别。并且在某些情况下以及在以中子照射时,就外表看,获得 Σ 形曲线(见图4和图7)。因而,在该情况下效应要比 MacKey^[23] 和其它作者所认为的复杂些。

个体发育决定于所遭到的辐射损伤的研究, 获得了更为清晰的结果(图2)。如果X射线处理的植物没有成活, 则胚在早期发育阶段死亡; 而遭受到中子的致死剂量的种子, 往往开初生长, 而只有当细胞分裂继续生长时才死亡。在图2上45°角下所作的虚线, 指出了对于所有发芽种子的存活最为适宜的曲线。发芽的种子从最初遭受的损伤中恢复常态的能力愈大, 则曲线分布愈接近这条线。

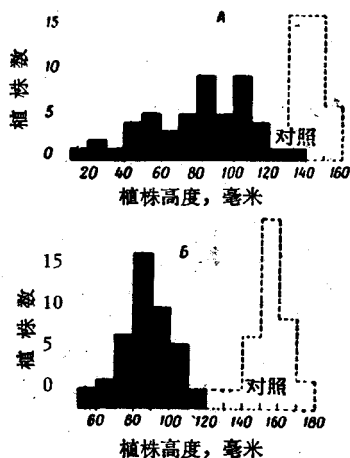


图1 照射后植物生长的变化

- A. X射线15,000(伦琴);
B. 快中子1,500(物理伦琴当量)。

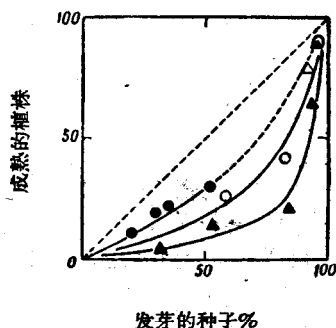


图2 X射线(圆圈)和快中子(三角形)照射后成熟植株数与发芽种子数的关系^[26]

白色记号——休眠的种子;
黑色记号——发芽的种子。

由于这种恢复常态的不同能力, 应当注意到组织中叶绿素缺乏的特征, 此现象经常可以在被照射的材料上观察到(图3)。用X射线作用以后看到由坏死组织组成的、分散的黄色部分或区域, 在这些坏死组织中细胞没有膨压; 这个部分的界限逐渐向健康的细胞转移。用中子作用后往往观察到白色的很清晰的分界地带, 在这个地带完全没有质体, 但是细胞富有生活力以及具有正常的膨压。

因为同一形态的个别种子对X射线敏感性的差别比中子敏

感性的差别大得多,所以研究能修饰对照射的敏感性的各种因子,看来能够阐明这些不同作用机制的本质。

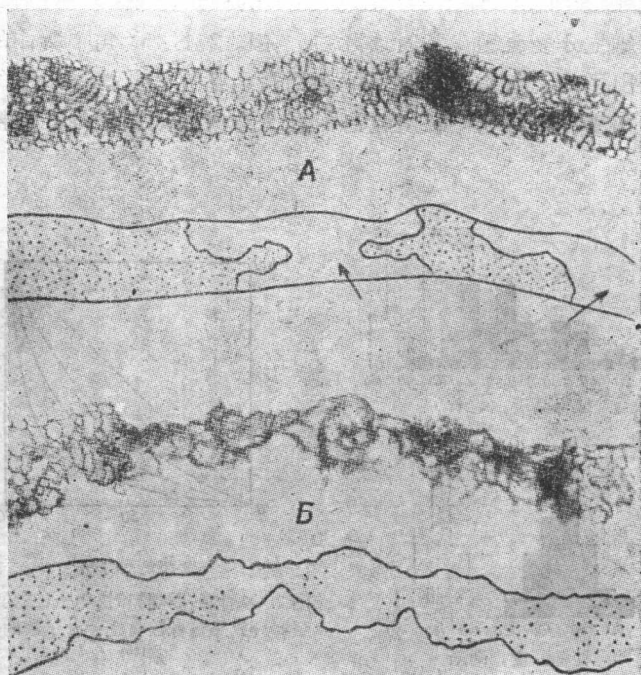


图3 叶绿素缺乏的叶子部分($\times 15$)
A. “条纹”型(箭头指着的部分没有质体);
B. 扩散型(看来是坏死地带)。

正如大家所知道的,预先浸种对于照射的敏感性多半是提高几倍^[11,22,29,33]。因此,当预先浸种的种子照射时,引起生长抑制达50%的X射线的剂量,应该比干种子处理时小5—7倍(见表1)。无疑的,中子对于预先浸种的种子的作用同样是提高它们的敏感性,但是总共不过2—3倍,也就是说,比在X射线作用下微弱得多。如此,预先浸种的种子对核反应照射只不过比干种子敏感2—3倍(图4)。因为预先浸种引起胚生理状态的变化很大,应该注意到胚原是极为敏感的组织,可以作出结论,X射线的作用较中子的

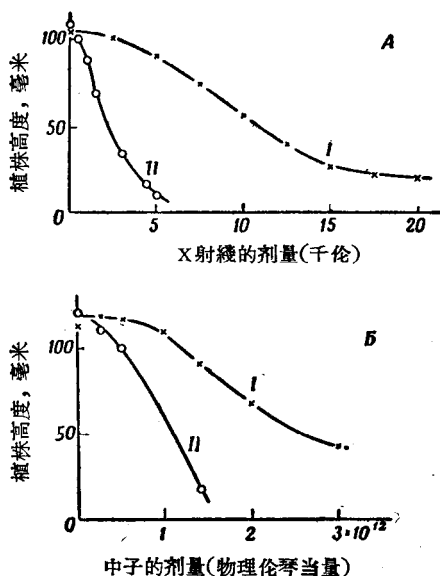


图4 种子预先浸种对其生长抑制的影响

A. X射线的影响; B. 在原子反应堆中照射(横轴是每一平方厘米的热中子数)。I——休眠的种子; II——发芽的种子。

作用更强烈地随细胞的生理状态而变化。这个结论符合于在X射线处理下所看到的照射材料的巨大变异性。在研究其它诱变因子的影响时已获得了类似的结果。

氧量的变化对于湿种子¹⁾对X射线的敏感性表现了巨大的影响,这种氧量的变化对于中子的照射效应的影响很微弱,或者是完全没有(图5)。

大家都知道,还原物质特别是含有巯基的化合物,在射线损伤方面具有防护作用。在含有硫化氢的大气中,以X射线处理干种子时,观察到颇大的防护作用,而在以中子处理时完全没有防护作用(图6)。还原物质所表现的防护作用证明,在这种情况下,辐射是通过电离环境中产生的氧基,包括 $\text{HO}_2^{[1]}$ 及其类似物显示

1) 在氧量变化的情况下休眠的种子对辐射线的敏感性不见得改变——俄译注^[26]。

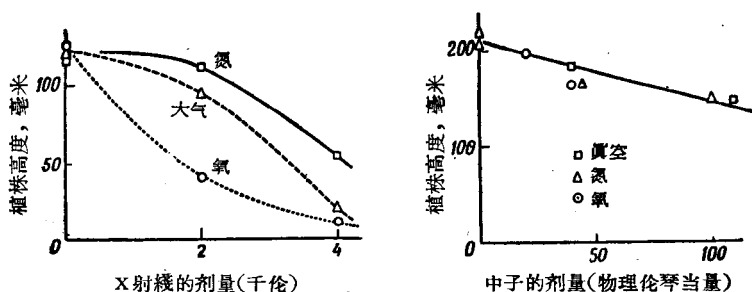


图5 照射时氧量对生长抑制的影响

从在20°下, 0%, 30%和100%湿度的大气中保持5天而达到一定湿度的种子中所获得的曲线。

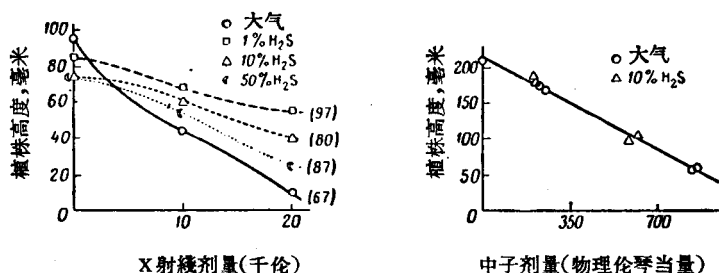


图6 照射时硫化氢对植株生长抑制的影响
(括弧内的数字——发芽种子的百分数)

出作用。

种子对X射线的敏感性随其正常含水量为转移, 这可以给予类似的解释。为了阐明为什么在不同实验组合中休眠种子这样强烈地变化, 在种子照射前, 借具有0—100%相对湿度的大气, 使它们有一定的含水量。在这时发现由于含水量减少, 种子对X射线的敏感性增加(图7)。在用快中子的类似实验中所有得到的点, 被联接成一条曲线, 也就是说对中子的敏感性不依种子的含水量而定。在这种情况下使用了从带有二千五百万电子伏特能量的重氘核所得到的稍快的快中子。这可以说明为什么使生长降低50%时比其它前述的实验需要更大的剂量, 在这些实验中使用了由带有七百万电子伏特能量的重氘核中得到的中子(参考 Giles, Con-

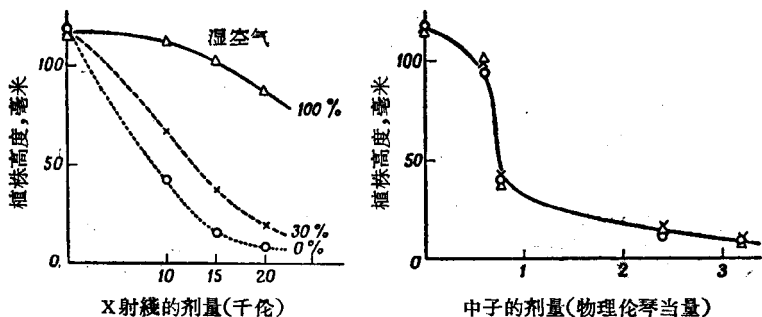


图7 大气中含水量对种子的辐射敏感性的影响
(使大气含水量与休眠种子的含水量达到均衡时)

ger^[17]发现的中子生物学效应随其能量为转移的工作)。这种情况同样阐明于图8,在图中见到由X射线(15千伦)和快中子(1,500物理伦琴当量)处理的种子长出的植物生长于大田中。数字表示着种子的含水量,大约相当于其在胚中的含量。显然在用中子处理的情况下生长更为均衡。所看到的情况也同样证明,没有同时估计组织的状态以及大气因子,如氧量、湿度等等,就不能把中子和X射线的效应相比较。在正常含水量(12%)下中子效应大约高10倍(采用了带有较表1中指出的更高的能量的中子)。骤然看来不同大气湿度的影响可能是很奇怪的,因为浸种首先是促使它们吸收水分,提高种子对辐射的敏感性,特别是对X射线的敏感性。但是也发现,预先浸种在很短的一个时期内引起敏感性的降低^[26],可能,这些效应和水蒸气对种子发生影响时所观察到的效应之间有着一定的联系。

利用在0°时的钾离子浓溶液中的离子滴定方法来确定胚胎的还原能力,证明种子在高含水量时有大量的还原化合物。在Anson^[2]的蛋白质实验中显示出这种试剂多半是带有硫氢基反应。但是必须指出,在象植物胚这种复杂的物质混合体中,这种试剂可能氧化一系列的其它化合物。既然在不同的氧分压(从0—760毫米水银柱)下观察到空气湿度影响到辐射敏感性,那么所看到的效应可能与含水量增加时分子内的呼吸作用加强有联系^[7],