

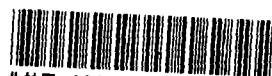
杜若甫 编著

作物 辐射
遗传与育种

科学出版社

作物辐射遗传与育种

杜若甫 编著



北林图 A00085607

262416

科学出版社

1981

内 容 简 介

本书是一本中级科普读物,除介绍了电离辐射的基本知识外,着重论述了辐射对农作物个体、细胞、染色体、遗传学等效应以及电离辐射对生物的作用过程,并简略地介绍了辐射育种程序。书末附有农作物和树木辐射育种的 γ 射线适宜照射剂量表。本书可供从事作物育种的广大科技人员、生产人员以及有关专业的大专院校、中专师生参考用。

21168/60
作物辐射遗传与育种

杜若甫 编著

科学出版社出版

北京朝阳门内大街137号

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

1981年4月第一版 开本:787×1092 1/32

1981年4月第一次印刷 印张:5 3/4

印数:0001—6,750 字数:112,000

统一书号:13031·1525

本社书号:2090·13—10

定价:0.62元

目 录

一 辐射育种的简史和特点	1
二 育种中应用的辐射	11
三 对照射当代和第一代的效应	31
四 细胞学效应	42
五 对染色体的效应	61
六 遗传学效应	78
七 电离辐射对生物的作用过程	105
八 照射材料和适宜剂量	118
九 影响因素和综合处理	140
十 育种程序和选择方法	153
十一 展望	167
附表 农作物和树木辐射育种的 γ 射线适宜照射剂量	171

一 辐射育种的简史和特点

农作物辐射育种就是用电离辐射使农作物的遗传性发生变异,然后从后代中选育人们所需要的品种。它是原子能在农业中利用的一个重要方面,并已成为现代植物育种中一个十分有用的手段。

(一) 辐射育种简史和成就

X射线能引起生物遗传性的变异,最早是1927年美国人穆勒(H. J. Muller)用果蝇做试验发现的。1928年,斯德勒(L. J. Stadler)证实了X射线和镭对玉米和小麦等作物有诱变效应。1930年,瑞典人尼尔逊-爱尔(H. Nilson-Ehle)和古斯塔夫逊(A. Gustafsson)利用辐射得到了有实用价值的硬秆、密穗的大麦突变体。

1934年托尼尔(D. Tollenear)在印度尼西亚用X射线照射的方法育成了一个烟草品种“赫洛里纳”,这是第一个用辐射诱变育成的品种。但在这以后十多年内,辐射育种的进展不大,没有育成什么新品种。到1960年,国外用辐射诱变育成的推广品种也仅15个。

在六十年代,由于对辐射诱变的规律逐步了解以及在方

法和技术上逐步提高，辐射育种的成果大量出现。至1970年，辐射诱变育成的品种已超过80个。其中有的成果十分突出，引起了世界上育种家的极大重视。例如美国工业用薄荷的抗枯萎病育种，用杂交育种法多年未取得成功，以后改用辐射诱变法，就在比较短的时间内育成了一批既抗病又高产的新品种。又如印度在1969年育成的“阿隆那”蓖麻，产量提高50%以上，同时生育期从原来的270天缩短到120天。日本在1968年获得的水稻突变系，成熟期提早60天，蛋白质含量提高一倍。在这后两个例子中，变异幅度都很大。

在七十年代，辐射诱变育成的品种迅速增加。更普遍地使用中子和其他各种电离辐射。在育种目标方面，除早熟、抗倒等外，大力开展了以抗病、高蛋白与高赖氨酸含量等为目标育种。在辐射对象方面，除粮食作物、观赏植物外，在果树、经济作物、蔬菜作物、各种无性繁殖作物、木本植物方面等，也开展了大量工作。在辐射方法上，进行了使辐射诱变与其他辅助因子结合起来进行综合处理的大量研究，同时，也将辐射育种与其他育种方法更紧密地结合起来，使其发挥更大的作用。

我国的农作物辐射育种是从1958年开始的，二十年来，已在全国范围内广泛开展起来，并取得了很大的成绩。

在作物种类方面，已由开始时的粮食作物、棉花、油料作物等逐步扩大到蔬菜、果树、热带经济作物、桑、麻类、药材等近百种作物。在适宜照射剂量、辐射诱变规律、选择方法方面，也积累了不少知识。

我国由辐射育种育成的水稻、小麦、大豆、花生、棉花、谷

子、油菜、白菜等各种作物的品种,到1978年已达一百多个。它们有早熟、高产、矮秆、抗病、优质等优点。由辐射育种育成的品种在生产上的推广面积,据不完全统计,在1970年是374万亩,到1978年已达3,500万亩以上。

浙江省选育的“原丰早”水稻,比原品种“科字六号”早熟45天,穗大粒多,耐肥抗倒,因此产量比成熟期相同的其他品种增加一成左右;适应性广,早季、晚季都可以种,二熟制、三熟制也都可适应(图1-1)。湖北省育成的“鄂麦六号”,秆粗抗倒,穗大粒多、粒大,比原品种“南大2419”抗寒并增产35%左右。辽宁省育成的大豆品种“铁丰18号”,抗病抗倒,丰产优质,蛋白质含量高达34.85%,产量比对照品种增加

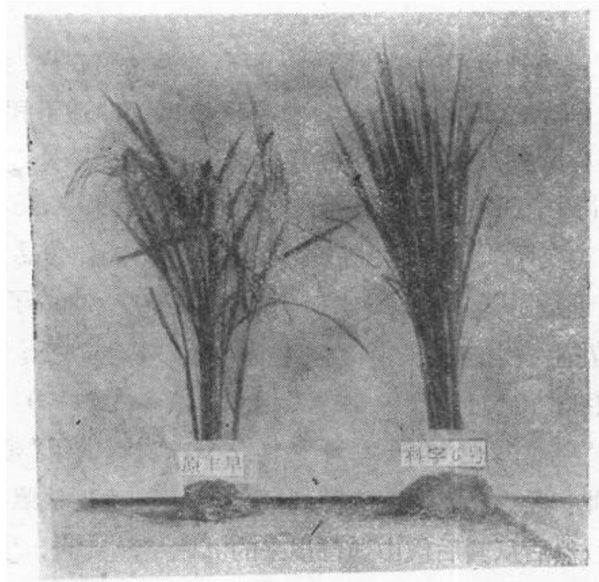
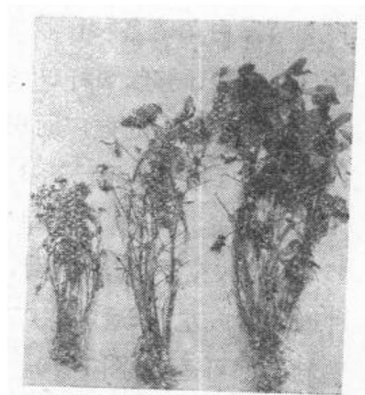


图1-1 “原丰早”水稻和原品种“科字六号”



狮 64 号



辐狮

辐狮×伏花生→ 粤油 22 号

图 1-2 1. “狮选 64 号”辐射诱变后选得的“辐狮”突变系 2. “辐狮”和“伏花生”杂交,育成“粤油 22 号”

15%。黑龙江省用 γ 射线照射大豆有性杂种第二代,经系谱单株选择育成了“黑农 16 号”,抗旱抗倒,耐荫,适于间作,比对照品种增产 11%。广东省用放射性同位素 ^{32}P 处理“狮选 64 号”花生,获得了矮生、短分枝多、开花结荚集中、壳薄籽粒饱满的突变系“辐狮”。但它的荚果较小,不能作为品种直接推广。于是用“辐狮”作母本和“伏花生”杂交,育成了“粤油 22 号”花生。它结荚集中,壳薄粒满,出仁率达 74%,同时比大面积推广的良种“狮选 64 号”增产一成多(图 1-2)。后来,他们用“粤油 22 号”作亲本与“431”杂交,又育成了“粤油 551 号”良种。黑龙江省选育的“九号”白菜,是用 γ 射线照射杂种第一代,然后从其后代中选育出来的。它早熟抗病,耐贮,优质丰产,比对照品种增产二成(图 1-3)。



图 1-3 经贮存六个月后的“九号”白菜(右)和它的亲本之一
“肥城花心”白菜(左)

(二) 辐射育种的优缺点

辐射育种和其他育种方法相比,特别是和一般杂交育种方法相比,有下列一些优点:

1. 能创造自然界本来没有的新性状和新类型: 遗传性的变异是一切生物进化和人类选育新品种的基础和起点。各种生物的所有性状,归根到底,是由变异产生的。而辐射育种最基本的优点,正是能诱发变异。同时辐射诱发的突变类型相当丰富,相比之下,每一种化学诱变剂诱发的突变类型就比较少。辐射诱发的突变率往往可以比自然界本来的自然突变率高几百倍、几千倍。因此,辐射诱变可以创造出自然界本来没有的新性状和新类型。例如香豌豆,本来种子中有很好的

蛋白质,但由于同时含有能使人中毒的毒素,因而无法食用。印度有人曾用 γ 射线处理香豌豆的种子,从 M_2 代(一般用 M_1 、 M_2 等表示照射后的第一、二代)中选出了毒素含量低的品系。这些品系再用 γ 射线及甲基磺酸乙酯(一种化学诱变剂)诱变,最后在其后代中选出了完全无毒素的香豌豆突变体。

2. 能打断性状间的紧密连锁,实现基因的重排:在杂交育种中,有时杂交后代分离结果,某一亲本的某两个性状总同时在一个个体上出现,我们就称这两个性状之间有紧密的连锁。例如,一个亲本抗病但籽粒小,而这两个性状间有紧密连锁,当育种家希望利用它的抗病性让它和大粒高产而不抗病的品种杂交时,后代植株中抗病的籽粒就小,而籽粒大的又不抗病,总选不出既抗病又大粒高产的植株。辐射诱变就能打断这样的连锁。因为各种作物的性状是由基因决定的,而基因(胞质基因除外)呈直线地排列在染色体上。如果决定某两个性状的两个基因在染色体上的位置十分靠近,则由这两个基因所决定的性状总是同时出现于一个个体上,即表现为紧密连锁。辐射可以使染色体发生断裂,然后以新的方式重新联接起来。如果染色体在这两个基因之间发生了断裂,然后以另一种方式重新联接起来,基因就重新排列,这两个基因间的紧密连锁就被打断了。

3. 可以有效地改良品种的某一单一性状:辐射诱变可使在某一方面有缺点的品种得到改良,有时其变异幅度还相当大。例如,浙江省原来种植的籼稻品种“莲塘早”,在高肥条件下因秆高达110厘米左右而容易倒伏。他们用X射线处理其

千种子,于1966年育成比原种矮35—40厘米的“辐莲矮”,而其他性状仍与原品种相同。他们用“二九矮7号”作为原始材料用 γ 射线处理后育成“辐育1号”、“辐育2号”、“二辐早”早熟高产品种,比原品种早熟15天左右,而其株型、穗型、粒重、米质均与原品种相仿。又如印度引入的墨西哥小麦“索诺拉64”,虽然在当地表现很好,但因为是红粒的,农民不愿种。后来他们用 γ 射线处理,经过三年半,得到了新品种白粒的“雪白的索诺拉”,农民就喜欢种。不过,经辐射诱变改良的品种,在其他性状上也经常会有些改变。例如后来发现,“雪白的索诺拉”的蛋白质含量和赖氨酸含量也比“索诺拉64”提高了。这种现象有各种原因:第一,品种本来都不是绝对纯的,品种内各个植株之间本来就有些差异。在辐射育种过程中选出其中一株繁殖成一个品种,也就容易在某些性状上与原品种有些差异。第二,性状之间有时有相关,一个性状变了,也往往影响其他性状发生改变。第三,有的基因有多效性,能同时影响好几个性状。如果发生变异的是个多效基因,则它所影响的几个性状就会同时发生变异。第四,如果突变体是个染色体突变体,则必然会影响好多基因,使好些性状同时发生变异。

4. 后代稳定较快,育种年限较短: 辐射育种中所选出的优良变异株,一般在第三、四代就可以稳定,使育种年限大大缩短。杂交育种一般需七、八年,而辐射育种可以在三、四年内育出一个新品种。如浙江省选育水稻优良品种“原丰早”,只用了两年半时间(图1-4)。可是在实际工作中,有时也会

遇到有的“变异株”总是不稳定，甚至到第八、九代仍在分离。这样的“变异株”，有的可能是田间的自然杂种。因为辐射往往能引起一部分 M_1 、 M_2 植株的雄性不育，这些雄性不育株或部分雄性不育株如果不严格套袋自交，很容易接受其它花粉，发生自然杂交，如果附近有可能杂交的远缘类型，还可能发生远缘杂交。这些自然杂种，往往长期不能稳定。另外有些长期不稳定的“变异株”，则可能是某些特殊类型的染色体突变体。

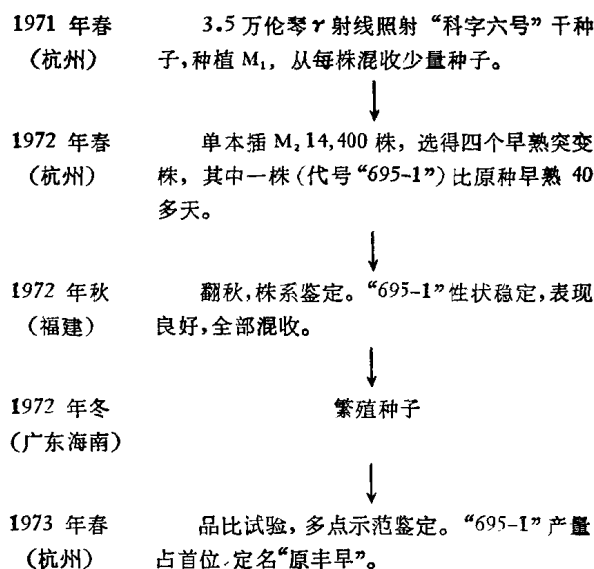


图 1-4 水稻“原丰早”的选育过程

5. 比较简单易行：辐射育种的照射处理需要专门的设备来进行，但目前我国绝大多数省、市、自治区已有农用放射源，可以代为处理，比较方便。而化学诱变一般需要由育种工作

者自己处理育种材料,需要十分注意安全,因此比较麻烦。此外,辐射育种的选择方法基本上是普通的单株系谱选择法(又称“一穗传”),这种选择方法,广大育种工作者都比较熟悉。因此,虽然辐射育种是原子能在农业中应用的一项新技术,有些机理也并没有完全搞清楚,但实际做起来却比较简便易行。

辐射育种目前最主要的缺点:

辐射诱发变异的性质至今仍无法有效地控制。因此有利突变率还不高,有时虽然得到了有利突变体,但其综合性状又往往不理想。

无论哪一种作物,经电离辐射处理后,后代中可以出现各种各样的变异,可是目前还做不到想要什么变异,就会出现什么变异,更做不到想要什么变异,就只出现什么变异。这是因为生物的遗传物质是结构非常精密的核酸,同时作为遗传物质功能单位的基因在染色体上又有严格的位置和顺序。只要射线作用到细胞、染色体的哪一部位还不能控制,以及由射线所引起的细胞内诱变物质作用的精密位置和方式还不能控制,那么对由于射线作用而产生变异的性质也不能有效地控制。

虽然目前对辐射诱发变异的性质还无法有效地控制,但不等于这些变异一点规律也没有,或者完全是偶然的。首先,辐射是通过生物的内因起作用的,变不变、变多少、怎么变,这些是由生物的遗传物质基础决定的。例如小麦和水稻在成熟期早晚,茎秆的粗细与高矮,分蘖多少,籽粒大小与颜色,叶色深浅,叶子厚薄、大小、角度、扭曲与否,穗型和大小,各种抗

性,各种生化性状等等的变异,都是在它们原来的遗传物质基础上发生的。其次,在一般情况下,照射后代中出现的变异性质还是有一定范围的,各种性质的变异的多少也仍有一个大致比例,这就是说,有一定的突变谱。再次,通过控制射线种类、剂量、剂量率、照射时期、各种影响因素等,仍可使突变谱发生某些有规律的变化。目前这种对突变性质的控制力还不强。今后,随着人们对于生物遗传物质基础和射线对其作用的机理的了解逐渐深刻,控制射线作用于细胞的位置和作用方式的能力与技巧日益提高,人们对辐射诱发变异性质的控制能力就会日益增强。

二 育种中应用的辐射

“辐”就是车轮上的辐条。所以“辐射”就是指像车轮上辐条那样向四面八方、上下左右扩散和传递能量的一种方式。日常的热、光就是这样扩散和传递能量的，我们称之为热辐射、光辐射。而辐射育种中用得最多的是电离辐射。这是一种能量较高的辐射，能引起物质的电离和激发。

(一) 辐射的种类

在农作物育种中所用的辐射一般有这样几种：紫外线、X（读作“爱克斯”）射线、 γ （读作“伽玛”）射线、 β （读作“贝塔”）射线、中子，以及 α （读作“阿尔法”）、质子等其他粒子辐射（图 2-1）。

1. 紫外线：紫外线不是电离辐射。它由于能量较低，穿透力不强，只能用它来照射花粉、孢子等。紫外线的波长是 2,000—3,900 Å ($1 \text{ Å} = 10^{-10}$ 米)，而以 2,500—2,900 Å 波长范围内的紫外线诱变作用最强。这正是遗传物质核酸吸收得最多的区域。在使用紫外线时，不要让紫外线直接照射眼睛，如照上几分钟，眼就会肿痛。15 瓦低压石英水银灯所发出的紫外线诱变效果最好。

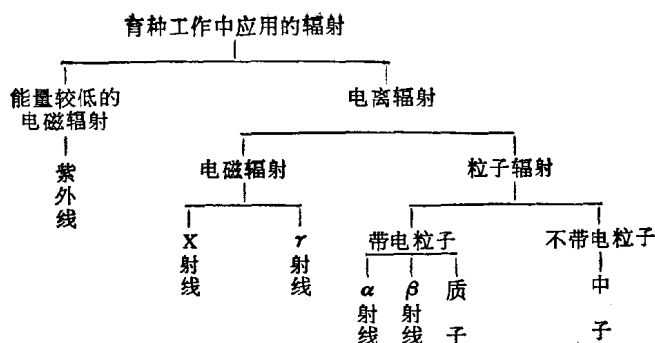


图 2-1 育种中应用的辐射种类

2. X射线: X射线也称作伦琴射线,是一种电磁辐射,放射出来的是量子,波长大约是 10^{-10} — 10^{-5} 厘米。X光机的工作电压较低时,X光管放出的X射线波长较长,穿透力较小,在被照射物质中引起的电离较密集,叫软X射线。工作电压越高,发出的X射线波长就越短,穿透力越强,在被照射物质中引起的电离密度也越小,叫硬X射线。在用X射线照射育种材料时,应把以千伏为单位的峰值电压(kVP)、毫安(mA)、滤片类型及厚度、管与靶的距离、剂量及剂量率等记载下来。最好还记下半值层,就是使辐射减弱一半所需的铝或铜片的厚度(毫米)。

3. γ射线: 一般说来,γ射线的波长比X射线更短,通常是指波长为 10^{-9} — 10^{-15} 厘米的电磁波,因此每一光量子所具有的能量也更大。它穿透力很大,所以对γ射线的防护很重要。原子核从能量较高的状态跃迁到能量较低的状态时,常放出γ射线。某一放射性元素所放出的γ射线,有时是一种,有时是两种。例如⁶⁰钴所放射出来的γ射线有两种,其能

表 2-1 各种辐射的特点

辐射种类	源	性 质	能 量	危险性	必需的屏蔽	透入组织的深度
紫外线	紫外灯	以光子发射	波长 2,000—2,900 Å	要避免直射眼睛	不透光的任何材料	很有限
X射线	X光机	电磁辐射	通常为 50—300 千伏	危险 有穿透力	几毫米的铅(极高能的 X 光机除外)	几毫米至许多厘米
γ射线	⁶⁰ 钴、 ¹³⁷ 铯等放射性同位素及核反应堆	电磁辐射	可达几百万电子伏特	危险 有穿透力	需几寸厚的铅或 3—5 尺厚的水泥墙	很多厘米
中子(快中子、热中子)	核反应堆、加速器或放射性同位素	不带电的粒子, 比氢原子略重	从小于 1 电子伏特到几百万电子伏特	很危险	用轻材料做成的厚防护层	很多厘米
β射线	³² 磷、 ³⁵ 硫等放射性同位素或加速器	电子(+或-)	可达几百万电子伏特	有时有危险	厚纸板	达几个毫米
α射线	放射性同位素	氢核, 带两个正电荷	2—9 百万电子伏特	内照射很危险	一张薄纸就行	十分之几毫米
质子(氢核)或氦核(氦核)	核反应堆或加速器	氢核或重氢核带一个正电荷	可达几十亿电子伏特	很危险	很厚的水层或石蜡	达很多厘米