

植物辐射遗传 育种研究进展

赵孔南 陈秋方 王彩莲 徐刚 慎玫 编著

ZHIWU
FUSHE
YICHUAN
YUZHONG
YANJIU
JINZHAN

原子能出版社

植物辐射遗传育种研究进展

赵孔南 陈秋方 王彩莲
徐 刚 慎 玫 编著

植物辐射遗传育种研究进展

赵孔南 陈秋方 王彩莲
徐 刚 慎 玫 编著

原子能出版社出版

(北京2108信箱)

河北大厂县印刷厂印刷

新华书店总店科技发行所发行·新华书店经售

*

开本787×1092 1/32 ·印张10.9375·字数240千字

1990年2月北京第一版·1990年2月北京第一次印刷

印数1—950

ISBN7-5022-0248-X
TL·96 定价: 10.14元

内 容 简 介

本书介绍了近40年来植物辐射遗传育种、辐射诱变技术、辐射数量遗传、辐射敏感性、辐射细胞生物学、辐射分子生物学等的研究进展。本书以综述形式撰写，章节分明、叙述简要、参考文献全面。引证大都出自原始发表的文章，也有一些是作者多年来的研究成果。

本书适于有关专业工作者及大专院校师生阅读。

前 言

实践证明，辐射诱变是作物改良的一种重要手段。近年来，辐射诱变与生物技术相结合，可能使辐射遗传育种出现更加广阔的前景。

自本世纪50年代末以来，我国辐射遗传育种有了很大的发展，取得了举世瞩目的成就，育成了一批植物新品种，创造了巨大的经济效益和社会效益。然而与经济发达国家相比，我国在辐射遗传育种的基础理论研究上还有较大的差距。为推动这一学科的发展，我们撰写了《植物辐射遗传育种研究进展》一书。这本书是以综述形式撰写的。从植物辐射育种技术、方法学、辐射敏感性、突变体遗传、细胞生物学和DNA分子机理六个主要方面介绍了近40年来的研究进展。

本书第一章由王彩莲、陈秋方编写；第二章由徐刚编写；第三章由赵孔南编写；第四章由王彩莲编写；第五章由慎玫、赵孔南编写；第六章由陈秋方编写；第七章由赵孔南编写。

我们希望这本书不仅对植物辐射遗传育种工作者有所帮助，而且对其他生物、育种等工作也有所裨益。

由于作者水平有限，错误和疏漏之处在所难免，谨望读者批评指正。

编著者

1989年8月于杭州

目 录

前言	(VII)
第一章 植物辐射遗传育种的发展、现状与展望	
一、发展梗概	(1)
(一) 国内外概况	(1)
(二) 育种成就	(4)
(三) 育种方法和技术的发展	(5)
二、研究现状	(15)
(一) 育种目标	(15)
(二) 育种技术的扩展	(16)
(三) 遗传机理研究	(21)
三、前景展望	(21)
(一) 育种前景	(23)
(二) 遗传展望	(27)
第二章 植物辐射诱变育种技术的发展	
一、辐射诱变因素利用的发展	(27)
(一) 物理因子	(27)
(二) 化学因子	(35)
二、诱变材料的选择	(38)
(一) 诱变处理对象	(38)
(二) 处理材料的遗传背景与突变	(47)
三、花粉辐照	(48)
(一) 花粉辐照与突变	(48)
(二) 辐照花粉克服远缘杂交及	

自交不亲和性.....	(50)
(三) 花粉(药)辐照与单倍体培养.....	(51)
(四) 辐照花粉与基因转移.....	(52)
四、关于理化因素的复合处理.....	(56)
(一) 物理因子间的复合处理.....	(56)
(二) 物理和化学因子的复合处理.....	(59)
五、辐射诱发染色体易位的研究.....	(63)
(一) 染色体易位与远缘杂交育种.....	(64)
(二) 染色体易位与雄性不育.....	(66)
(三) 辐射诱发易位系的细胞学和 遗传学.....	(67)
六、定向诱变和特异性.....	(68)
(一) 不同因子对不同植物的诱变效果.....	(69)
(二) 对不同性状的诱变效率.....	(72)
第三章 植物辐射育种中的数学方法研究	
一、体细胞突变的数学描述.....	(79)
二、表型突变频率的估算方法.....	(86)
(一) 种子辐照的突变频率估算.....	(86)
(二) 活体辐照的突变频率估算.....	(89)
三、作物数量性状的筛选模型.....	(92)
(一) 临界值法.....	(92)
(二) 椭圆法.....	(85)
(三) 混合分布模型.....	(96)
四、重复照射和延缓选择的理论考虑.....	(98)
(一) 关于重复照射.....	(98)
(二) 关于延缓选择.....	(101)

五、辐射育种程序的方法学	(104)
(一)一株混粒法和穗行法	(105)
(二)Yoshida的四种方法	(106)
六、世代群体大小的数学确定	(110)
(一)Yoshida方法和群体数量 确定模型	(111)
(二)据性状突变率和 M_2 株系分离比的群体 数量确定	(112)
(三)数量性状改良的 M_2 代群体数量	(113)
(四)据嵌合体分析确定群体数量	(116)
第四章 植物的辐射敏感性研究	
一、辐射敏感性研究概况	(120)
(一)概念和研究方法	(121)
(二)植物辐射敏感性的差异	(123)
(三)理论学说	(129)
(四)数学研究	(133)
二、辐射敏感性与生物学因素	(139)
(一)核体积	(140)
(二)DNA含量和修复	(142)
(三)倍体性	(144)
(四)细胞结构成分的作用	(147)
(五)生长发育的影响	(148)
(六)代谢生理效应	(150)
三、辐射敏感性与环境因素	(154)
(一)氧效应	(154)
(二)含水量	(159)

(三) 温度与辐射敏感性·····	(164)
(四) 贮存效应·····	(166)
(五) 化学因素的效应·····	(168)
(六) 物理因素的效应·····	(172)
第五章 人工诱发植物性状突变的遗传研究	
一、叶绿素缺失突变·····	(179)
(一) 核基因突变·····	(180)
(二) 质体变异·····	(185)
二、熟期突变·····	(186)
(一) 单基因显隐性突变·····	(186)
(二) 少数基因显隐性突变·····	(188)
(三) 染色体缺失与早熟突变·····	(188)
(四) 熟期突变与光温变化的关系·····	(189)
三、株高突变·····	(190)
(一) 核基因隐性突变·····	(190)
(二) 核基因显性突变·····	(193)
四、雄性不育突变·····	(194)
(一) 雄性不育突变体的表型·····	(195)
(二) 核基因不育突变·····	(196)
(三) 细胞质基因不育突变·····	(199)
五、抗病突变·····	(200)
(一) 大麦·····	(200)
(二) 小麦·····	(202)
(三) 水稻·····	(203)
(四) 其他作物·····	(204)
六、胚乳突变·····	(205)

(一) 玉米.....	(205)
(二) 水稻.....	(207)
(三) 大麦和其他作物.....	(209)
七、其他性状突变.....	(210)
第六章 植物辐射细胞生物学的研究进展	
一、植物细胞的辐射效应.....	(221)
(一) 细胞致死效应.....	(221)
(二) 细胞分裂效应.....	(223)
(三) 细胞生活周期效应.....	(225)
(四) 细胞结构和功能效应.....	(226)
(五) 巨形细胞的形成.....	(228)
二、辐射细胞生物学的理论学说.....	(229)
(一) 卵磷脂学说.....	(229)
(二) 核作用学说.....	(229)
(三) 物质代谢破坏学说.....	(230)
(四) 光动力性学说.....	(231)
(五) 酶系统破坏学说.....	(231)
(六) 细胞透性变化学说.....	(231)
(七) 直接作用学说.....	(232)
(八) 间接作用学说.....	(233)
(九) 靶学说.....	(235)
三、辐射诱发的染色体畸变.....	(236)
(一) 染色体畸变与分析.....	(237)
(二) 染色体畸变的理论学说.....	(250)
(三) 影响染色体辐射畸变产额的因素.....	(255)
(四) 染色体辐射损伤的修复.....	(262)

四、染色体畸变的利用.....	(262)
(一) 遗传学研究利用.....	(263)
(二) 育种学利用.....	(265)
(三) 花粉辐照的细胞学理论.....	(266)
第七章 植物辐射遗传的DNA分子机理研究	
一、自由基的作用和特点.....	(274)
二、DNA分子的辐射损伤.....	(276)
(一) DNA碱基损伤.....	(276)
(二) DNA单链断裂.....	(278)
(三) DNA双链断裂.....	(282)
三、理化因子诱发的植物DNA损伤修复.....	(284)
(一) 紫外光诱发植物DNA的损伤修复	(285)
(二) 电离辐射诱发的植物DNA损伤修复	(292)
(三) 化学因素诱发的DNA损伤修复.....	(298)
四、植物细胞中一些典型的DNA损伤	
修复体系.....	(301)
(一) 花粉DNA的损伤修复.....	(301)
(二) 无碱基位置的形成和修复.....	(308)
(三) 植物细胞DNA的尿嘧啶切除修复	(314)
五、DNA损伤修复酶的分子生物学.....	(319)
(一) 光修复酶.....	(319)
(二) 核酸内切酶.....	(321)
(三) DNA糖苷酶.....	(322)
(四) DNA多聚酶.....	(325)
(五) DNA连接酶.....	(329)
六、DNA损伤、修复与突变.....	(331)

(一) DNA损伤与突变.....	(331)
(二) DNA修复与突变.....	(333)

第一章 植物辐射遗传育种 的发展现状与展望

一、发展梗概

(一) 国内外概况

本世纪初，De Vries (1904) 提出了辐射诱发突变的利用，Gager (1908) 最早报道了人工诱发变异的研究结果。但正式证实人工诱发变异的遗传性是在20年代末，Muller (1927) 在柏林举行的第三届国际遗传会议上论述了X射线能使果蝇发生突变，并认为诱发突变将在植物改良上发挥重要作用。植物育种家Stadler (1928) 也报道了X射线对玉米和大麦的诱变结果，但由于他得到了许多畸形无用的，甚至有害的突变体，就对诱发突变的应用产生怀疑。而这种怀疑观点几乎影响了整整两代育种工作者，尤其是在北美。

1934年，印度尼西亚的Tollenaar用X射线处理烟草育成了一个烟草突变品种“赫络里纳 F_1 ” (Chlorina F_1) 这是世界上第一个用辐射诱变育成的品种。但由于当时人们对诱变可能性缺乏正确的认识，加之第二次世界大战的影响因而其后的20年，突变育种研究进展不快。至1950年，真正在生产上推广应用的突变品种就是这个烟草品种。尽管如

此，仍有一些育种者在从事诱发突变研究。德国的Fresleben和Lein(1942)首先使用诱变剂于植物育种，并获得了大麦抗白粉病突变体。与此同时，瑞典植物遗传学家Milson和Gustafsson用X射线处理大麦，并获得茎秆坚硬、穗型紧凑的直立型突变体，在适宜剂量、处理条件、突变频率和突变谱等方面进行了较系统的研究。第二次世界大战以后，人们逐渐认识到辐射育种的重要性。到50年代，诱发突变研究在美、苏、日及其他欧洲国家开展起来，在此期间，主要探索 ^{60}Co 射线和中子的处理条件及照射前后的附加处理，以便更有效地诱发有经济价值的突变体。到1958年，世界上报道了8个突变品种。

从1960年起，由于对辐射诱变规律有了进一步的了解，育种方法也更成熟，越来越多的植物育种家注意辐射诱变工作，发展中国家也开始把突变育种工作放到重要位置。尤其在亚洲，市场上出现了水稻突变新品种。

在以后的十几年中，对诱变方法和基础理论进行了较系统的研究，并由侧重基础研究逐步转向注重实际应用。1969年FAO/IAEA联合处开始举办植物诱变育种培训班，发行了《突变育种手册》第一版。因而可以认为，1969年是突变育种从初期基础研究到实际应用转折的一年。

自70年代以来，诱变育种的注意力逐步转移到抗病育种，品质育种和突变体的杂交利用上。经过10多年的研究，发现蛋白质含量高低的遗传性比较复杂，诱发突变虽成功地获得蛋白质含量高的突变体，但要获得既高产，蛋白质含量又高的品种是不容易的。关于抗病性选择方面，得到了令人注目的结果，例如，获得了对白粉病免疫的大麦突变体以及对

ml-0位点突变的了解都是很有价值的。此阶段，突变育种也由早期阶段着重于育成新品种直接利用转到较着重于利用这些突变种质作杂交亲本，进而育成新品种。所以70年代是辐射育种成为一种有效的育种手段走向成熟并得到迅速发展的时期，突变育成的品种增加很快，IAEA已登记了69种作物518个品种。

80年代突变育种稳步深入发展，并逐步向植物育种的一些新兴领域渗透，它正与生物技术、加倍单倍体技术、杂种优势育种技术、常规育种方法等相互交叉、渗透和结合而形成一种综合性的育种技术。诱发突变发挥了它的巨大潜力、取得了可喜的成果。据IAEA1987年资料表明，已有40个国家育成845个突变品种，其中辐射育成的新品种占90%以上。

我国的辐射育种工作始于50年代后期。1957年中国农科院建立了我国第一个原子能农业利用研究室，1961年发展成研究所。随后，各省、自治区、直辖市亦相继成立了原子能利用研究所（室），初步形成了全国性研究体系，辐射设施装置逐步配套完善，并广泛开展学术交流，获得了初步结果。

在1966~1975年的10年动乱期间，国民经济发展遭到破坏，科学秩序搞混乱了，植物辐射育种亦受到干扰，但也取得一定的进展。据统计，至1975年育成水稻、小麦、大豆等8种作物突变品种达81个，种植面积约1500万亩。

1976年以来，随着国民经济的恢复和发展，植物辐射育种进入了迅速稳步发展的新时期。突变育种的作物扩大，育成的品种数迅速增加，种植面积不断扩大。辐射育种机理研

究得到恢复和加强，育种方法技术不断提高，并将辐射育种与杂交育种、离体培养技术结合，提高了育种效率。

30多年来，我国的辐射育种经历了开创、曲折、迅速和稳步发展的三个阶段，已取得了显著的成绩。据统计，已在22种植物上育成243个突变品种，其中农作物18种，品种208个，观赏植物4种，品种35个。种植面积在100万亩以上的品种37个，300万亩以上的21个，1000万亩以上的5个。种植面积超过14000万亩，获得了很大的经济效益。棉花品种“鲁棉一号”、水稻品种“原丰早”、大豆品种“铁丰18号”获国家一等发明奖。诱变获得了大量有利用价值的早熟、矮秆、抗病、抗逆、优质及其他特异突变体，为育种者提供了遗传资源。育种方法、技术等应用基础研究有了很大的改进和提高、

(二) 育种成就

据国际原子能机构(IAEA)1981年统计，利用诱变突变育成的品种为518个，比1969年的117个增加4.43倍，比1975年的197个增加近3倍；到1985年突变品种增加到585个比1981年又增加了13%；到1987年，世界上利用诱变突变育成的品种已达845个(表1.1和表1.2)，比1981年增加了63%，表明突变育种的品种数有稳步增加的趋势。突变育种在生产上的应用，取得了很大的经济效益，有的品种已成为当地的主要推广品种，例如法国的水稻品种“Delta”，日本的“黎明”，苏联的小麦品种“新西伯利亚67”，意大利的硬粒小麦突变品种“克里斯托、米达第托和奥格斯托”，捷克斯洛伐克的大麦品种“钻石”等都是当时该国家的主要栽培品种。

诱发突变研究的植物种类也明显增加，由1981年的69种增加到1985年的88种，1987年又增加到90余种；研究的植物由禾谷类作物为主逐步扩大到豆类、蔬菜、果树、热带经济作物桑、麻类、药材和观赏植物等。得到改良的性状范围也很广。

近20年来，诱发突变作为一种育种的实际工具已发挥了重大的作用，目前已有40个国家开展了突变育种工作。以利用突变育成的植物类别来分（表1.3），育成农作物突变品种较多的国家是中国（181）、日本（49）、印度（75）、美国（38）和苏联（25）；育成观赏植物及果树等品种较多的是荷兰（100）、印度（74）、苏联（25）和美国（20）。其中较为突出的是荷兰的花卉，中国和日本的水稻、捷克斯洛伐克的大麦、意大利的硬粒小麦和苏、美的小麦等，印度在农作物和观赏植物两方面都取得了显著的成果。

（三） 育种方法和技术的发展

在辐射育种的实践中，其诱发突变的方法学逐步发展完善。《突变育种手册》（IAEA，1977）和《突变育种通讯》（IAEA）提供了不少方法和资料。无性繁殖植物的诱变育种也出版了一本专著（Broertjes等，1978）。许多研究者以提高诱发有益突变频率和选择效率为中心，研究改进辐射育种的方法技术，取得明显进展。

1. 处理材料

处理材料的选择是辐射育种的重要环节之一。原始材料的遗传背景对突变性状的表现和诱变效率有重要作用。