



EXPERIMENTAL
TECHNIQUES
OF SEED PRODUCTION

全国高等农林院校规划教材

种子生产学实验技术

洪德林◎主编 盖钧镒◎主审



科学出版社

内 容 简 介

本书是全国第一本种子生产学实验教材,吸收了国内外经实践证明行之有效的种子生产最新技术,主要包括:种子生产程序和质量标准调查,9大类36种作物的种子生产实验技术,以及种子加工技术、商品种子储存与活力监控技术,共39个实验。9大类作物中,禾谷类作物包括水稻、小麦、大麦、玉米、高粱和谷子;豆类作物包括大豆、蚕豆、豌豆、绿豆和小豆;油料作物包括油菜、花生、芝麻和向日葵;纤维类作物包括棉花、苕麻、黄麻、红麻和亚麻;块根块茎类作物包括甘薯和马铃薯;糖料作物包括甘蔗和甜菜;特用作物包括橡胶和烟草;牧草类作物包括黑麦草、苏丹草、紫花苜蓿和白三叶草;蔬菜类作物包括萝卜、大白菜、番茄、黄瓜、洋葱和豇豆。每种作物编写1个实验,每个实验着重介绍该作物主要品种类型的种子生产需要用到的各种技术的操作。大部分作物配以彩色照片展示实物和操作过程,有助于读者直观理解和实践操作。鉴于各地种植业结构的不同,大作物与小作物的划分因地而异,各院校可选择与本地经济发展有关的主要作物进行教学。

本书内容丰富,文字简明,技术先进,步骤具体,可供种子科学与工程、作物遗传育种、农学、园艺和植物保护等专业的本科学子使用,也可作为各相关专业的教师、学生和研究人员参考书和工具书。

图书在版编目(CIP)数据

种子生产学实验技术/洪德林主编. —北京:科学出版社,2014
全国高等农林院校规划教材

ISBN 978-7-03-041089-4

I. ①种… II. ①洪… III. ①作物育种-实验-高等学校-教材 IV. ①S33-33

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第129184号

责任编辑:丛楠 刘晶/责任校对:桂伟利

责任印制:阎磊/封面设计:铭轩堂

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

骏志印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2014年7月第一版 开本:787×1092 1/16

2014年7月第一次印刷 印张:10 插页:8

字数:237 000

定价:32.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

《种子生产学实验技术》编审人员

主 编 洪德林

副 主 编 揭雨成 石 瑛 王铭伦 孙黛珍 司红起 柳李旺

编写人员 (按实验顺序)

- | | |
|-------|------------------------------|
| 实验 1 | 洪德林 (南京农业大学) |
| 实验 2 | 洪德林 (南京农业大学) |
| 实验 3 | 亓增军 (南京农业大学) |
| | 杨木军 (云南省农业科学院) |
| | 吕国锋, 别同德 (江苏省扬州里下河地区农业科学研究所) |
| 实验 4 | 许如根 (扬州大学) |
| 实验 5 | 邓德祥 (扬州大学) |
| 实验 6 | 邹剑秋 (辽宁省农业科学院) |
| 实验 7 | 孙黛珍 (山西农业大学) |
| 实验 8 | 邢邯, 赵晋铭 (南京农业大学) |
| 实验 9 | 宗绪晓 (南京农业大学) |
| 实验 10 | 宗绪晓 (南京农业大学) |
| 实验 11 | 程须珍 (中国农业科学院) |
| 实验 12 | 濮绍京 (北京农学院) |
| 实验 13 | 管荣展 (南京农业大学) |
| 实验 14 | 王铭伦 (青岛农业大学) |
| 实验 15 | 郑永战 (河南省农业科学院) |
| 实验 16 | 王庆钰 (吉林大学) |
| 实验 17 | 唐灿明 (南京农业大学) |
| 实验 18 | 揭雨成 (湖南农业大学) |
| 实验 19 | 揭雨成 (湖南农业大学) |
| 实验 20 | 揭雨成 (湖南农业大学) |
| 实验 21 | 王 洋 (黑龙江大学) |
| 实验 22 | 司红起 (安徽农业大学) |
| 实验 23 | 石 瑛 (东北农业大学) |
| 实验 24 | 王 慧 (华南农业大学) |
| 实验 25 | 王 洋 (黑龙江大学) |
| 实验 26 | 李维国 (中国热带农业科学院) |

- 实验 27 罗以贵 (云南农业大学)
- 实验 28 朱昌兰 (江西农业大学)
- 实验 29 丁成龙 (江苏省农业科学院)
- 实验 30 丁成龙 (江苏省农业科学院)
- 实验 31 沈益新 (南京农业大学)
- 实验 32 柳李旺 (南京农业大学)
- 实验 33 柳李旺 (南京农业大学)
- 实验 34 柳李旺 (南京农业大学)
- 实验 35 柳李旺 (南京农业大学)
- 实验 36 柳李旺 (南京农业大学)
- 实验 37 柳李旺 (南京农业大学)
- 实验 38 洪德林 (南京农业大学)
- 实验 39 洪德林 (南京农业大学)

主 审 盖钧镒 (南京农业大学)

1	1	1	1
2	2	2	2
3	3	3	3
4	4	4	4
5	5	5	5
6	6	6	6
7	7	7	7
8	8	8	8
9	9	9	9
10	10	10	10
11	11	11	11
12	12	12	12
13	13	13	13
14	14	14	14
15	15	15	15
16	16	16	16
17	17	17	17
18	18	18	18
19	19	19	19
20	20	20	20
21	21	21	21
22	22	22	22
23	23	23	23
24	24	24	24
25	25	25	25
26	26	26	26

前 言

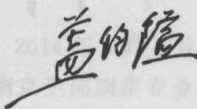
种子是农作物生产的基础，有了好种子才能保证高效率的农作物生产。种业作为农业的基础，是国家战略性、基础性的核心产业。中国人多地少，要在 18 亿亩*耕地上最大限度地产出粮（豆）、棉、油、糖、菜、果、特、饲等各种农产品满足不断增长的人口需求，必须要靠品种的不断改良和种业服务水平的不断提高来实现。中国种业是新兴的产业，种业发展的后盾是种业科学。种业科学包括三大环节：商用品种选育、种子生产与加工、种业营销与服务。《国务院关于加快推进现代农作物种业发展的意见》（国发〔2011〕8号，2011.5.20）提出要推动我国种业育繁推一体化的发展就是指种业三大环节的协调发展。

以往我国十分重视新品种选育，但并未十分强调种子生产及其营销与服务，实际上，一个优良品种能否发挥它的遗传潜力，还必须有强健的生活力和良好的生育条件。在国务院文件的推动下，我国种子生产和加工的科学理论与技术正在逐步建成。相应的，种子生产与加工的教育体系也正在形成与完善之中。令人欣慰的是，教育部和《种子生产学实验技术》编写组的教授们看到我国种业发展对于培养种业人才关于种子生产学知识的迫切需求，先行组织编写了这本《种子生产学实验技术》教材。这是一个良好的开端，先从实验教材开始，反过来再推动、丰富理论教材的编著。

作者们参考国家精品资源共享课程《作物育种学总论》、《作物育种学各论》和《作物育种学实验技术》的体系，使得《种子生产学实验技术》包含了种子生产程序和质量标准调查、9 大类 36 种作物的种子生产实验技术及种子加工技术、商品种子储存与活力监控技术共 39 个实验。依据各种作物生产上使用的主要品种类型，实验内容各有侧重。纯系品种类型着重原原种和原种生产技术；杂种品种类型着重亲本原种生产和一代杂交种制种技术；无性繁殖品种类型着重脱毒技术和嫁接技术。为便于读者直观理解和实践操作，本书还提供了种子生产田间场景、室内质量鉴定所需要的彩色照片，图文并茂。这些都是该书的显著特点。

《种子生产学实验技术》是在主编洪德林教授多年主讲《种子生产原理和方法》及《种子生产学实验》课程所积累素材的基础上，会同全国 12 所高等农业院校和 6 个农业科学研究院共 31 位专家，结合各自研究的作物领域中的研究实践合作编写的。这是一个新的开端，也是各位专家的智慧 and 汗水的结晶。

希望《种子生产学实验技术》的出版能在我国种业科学专门人才培养中起到促进作用，能为我国种业的发展做出值得回忆的贡献。



2014 年 4 月 30 日于南京

* 1 亩 \approx 667m²

前 言

种子生产是现代种业的重要环节。国务院将农作物种业定位为国家战略性、基础性核心产业，把种业作为促进农业长期稳定发展、保障国家粮食安全的根本途径。种业的发展离不开高素质种子科学人才的培养。笔者在十几年讲授《种子生产原理和方法》课程的教学实践中，深深感到要让学生真正掌握种子生产原理和方法，加强实验实践环节的实训是非常必要的。《种子生产学实验技术》就是为了适应这一需要而编写的植物生产类专业本科生实验教材。

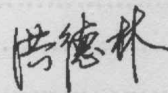
本书是国内第一本系统描述各类品种种子生产实际操作技术的实验教材，可与盖钧镒主编的《作物育种学各论》（第二版）和胡晋主编的《种子生产学》配套使用。全书编写了39个实验，各院校可选择与本地经济发展有关的主要作物进行教学。每种作物依据生产上使用的主要品种类型编写种子生产方法和操作技术。纯系品种类型着重原种生产技术，杂种品种类型着重亲本原种生产和一代杂交种制种技术，无性繁殖品种类型着重脱毒技术和嫁接技术。大部分作物配以彩色照片展示实物和操作过程，以增加直观性，提高教学效果。

本书的作者均为国内各种作物的著名育种和种子科学专家，编写分工显示于文前。全书由洪德林统稿、定稿。在清稿过程中，赵团结教授、唐灿明教授、管荣展教授、王建飞教授、赵晋铭副教授、郭娜教师，以及党小景、刘强明、刘二宝、王卉、刘洋、朱长丰、曾思远、梁利君等博士生、硕士生协助做了大量工作。

十分感谢南京农业大学教授、中国工程院院士盖钧镒担任全书的主审，盖院士对书稿进行了反复推敲，提供了宝贵的修改意见。特别感谢盖钧镒院士对本书的内容作了概括和评价，并为本书写了序，热情鼓励后辈们为中国的农业高等教育多做贡献。

尤其感谢科学出版社出色细致的工作，本书的编辑出版是作者和编辑相互配合、紧密合作的成果。

本书各实验所用彩色实物照片，凡不属于编写该实验的作者提供的，均注明了出处；所引用的资料也尽可能列出了参考文献作者，但难免会有遗漏，敬请理解并向文献作者致以谢意。统编工作虽然经过反复讨论、修改，但仍在仓促之间定稿，难免存在一些不妥之处，敬请各位读者指正。



2014年5月4日

于南京卫岗南京农业大学

实验 25	甜菜种子生产实验技术	95
实验 26	橡胶树种子生产实验技术	100
实验 27	烟草种子生产实验技术	103
实验 28	蕹菜种子生产实验技术	109
实验 29	苏丹草种子生产实验技术	108
实验 30	紫花苜蓿种子生产实验技术	110
实验 31	白三叶种子生产实验技术	114

111	木村金実气坐干种小麦	33	金実
121	木村金実气坐干种菜白大	33	金実
131	木村金実气坐干种茄番	34	金実
141	木村金実气坐干种瓜黄	35	金実
151	木村金実气坐干种葱洋	36	金実
161	木村金実气坐干种豆顶	37	金実
171	木村金実气坐干种	38	金実
目 录			
序			
前言			
实验 1	种子生产程序和质量标准调查	1	
实验 2	水稻种子生产实验技术	6	
实验 3	小麦种子生产实验技术	12	
实验 4	大麦种子生产实验技术	19	
实验 5	玉米种子生产实验技术	22	
实验 6	高粱种子生产实验技术	28	
实验 7	谷子种子生产实验技术	32	
实验 8	大豆种子生产实验技术	35	
实验 9	蚕豆种子生产实验技术	39	
实验 10	豌豆种子生产实验技术	44	
实验 11	绿豆种子生产实验技术	48	
实验 12	小豆种子生产实验技术	51	
实验 13	油菜种子生产实验技术	54	
实验 14	花生种子生产实验技术	59	
实验 15	芝麻种子生产实验技术	61	
实验 16	向日葵种子生产实验技术	64	
实验 17	棉花种子生产实验技术	68	
实验 18	苧麻种子生产实验技术	72	
实验 19	黄麻种子生产实验技术	74	
实验 20	红麻种子生产实验技术	77	
实验 21	亚麻种子生产实验技术	82	
实验 22	甘薯种子生产实验技术	85	
实验 23	马铃薯种子生产实验技术	90	
实验 24	甘蔗种子生产实验技术	92	
实验 25	甜菜种子生产实验技术	95	
实验 26	橡胶树种子生产实验技术	100	
实验 27	烟草种子生产实验技术	103	
实验 28	黑麦草种子生产实验技术	106	
实验 29	苏丹草种子生产实验技术	108	
实验 30	紫花苜蓿种子生产实验技术	110	
实验 31	白三叶种子生产实验技术	114	

实验 32	萝卜种子生产实验技术	117
实验 33	大白菜种子生产实验技术	122
实验 34	番茄种子生产实验技术	127
实验 35	黄瓜种子生产实验技术	131
实验 36	洋葱种子生产实验技术	135
实验 37	豇豆种子生产实验技术	141
实验 38	种子加工技术	145
实验 39	商品种子储存与活力监控技术	148

彩图

31	朱对锦实气主干林委小	6	锦实
31	朱对锦实气主干何麦大	4	锦实
32	朱对锦实气主干林米王	7	锦实
33	朱对锦实气主干林高	8	锦实
33	朱对锦实气主干林干谷	7	锦实
33	朱对锦实气主干林豆大	8	锦实
33	朱对锦实气主干林豆通	9	锦实
34	朱对锦实气主干林豆扁	10	锦实
34	朱对锦实气主干林豆粒	11	锦实
35	朱对锦实气主干林豆小	12	锦实
35	朱对锦实气主干林菜甜	13	锦实
37	朱对锦实气主干林主花	14	锦实
37	朱对锦实气主干林麻芝	15	锦实
37	朱对锦实气主干林葵日向	16	锦实
37	朱对锦实气主干林苜蓿	17	锦实
37	朱对锦实气主干林麻芒	18	锦实
37	朱对锦实气主干林麻黄	19	锦实
37	朱对锦实气主干林麻豆	20	锦实
37	朱对锦实气主干林麻亚	21	锦实
37	朱对锦实气主干林藜甘	22	锦实
37	朱对锦实气主干林薯铃铃	23	锦实
37	朱对锦实气主干林菊甘	24	锦实
37	朱对锦实气主干林菜甜	25	锦实
100	朱对锦实气主干林树翅新	26	锦实
103	朱对锦实气主干林草股	27	锦实
106	朱对锦实气主干林草麦黑	28	锦实
108	朱对锦实气主干林草代苜	29	锦实
110	朱对锦实气主干林苜苜苏蒙	30	锦实
111	朱对锦实气主干林和三四	31	锦实

实验 1 种子生产程序和质量标准调查

一、实验目的

学习和初步掌握纯系品种及杂交种亲本种子生产的标准程序、各级别种子的判别方法，同时了解各级别种子质量标准。

二、内容说明

纯系品种从审定或登记到产出大田用种，各国和不同国际机构都有其种子生产的标准程序。美国、日本、新西兰，美洲和澳洲的国际机构“官方种子认证机构协会（Association of Official Seed Certifying Agencies, AOSCA）”，欧洲的“经济合作与发展组织（Organization for Economic Cooperation and Development, OECD）”均采用四级种子生产程序。美国和 AOSCA 把这四级种子称为育种家种子（breeder seed）、基础种子（foundation seed，白色标签）、登记种子（registered seed，紫色标签）和认证种子（certified seed，蓝色标签）（彩图 1-1）；日本称为育种家种子、原原种、原种、证明种子（或市售一般种子或生产用种）；新西兰称为育种家种子、基础种子、认证一代种子（certified seed of the first generation）、认证二代种子（certified seed of the second generation）。加拿大、英国、德国、波兰、瑞典、欧洲经济共同体（European Economic Community, EEC）均采用五级种子生产程序。加拿大的五级种子是育种家种子、精选种子（select seed）、基础种子、登记种子和认证种子。英国、德国、波兰的五级种子是育种家种子、前基础种子（pre-basic seed）、基础种子、认证一代种子、认证二代种子。瑞典和 EEC 的五级种子是前基础种子（使用白色带蓝色斑点的标签）、基础种子（使用白色标签）、认证一代种子（使用蓝色标签）、认证二代种子（使用红色标签）和商品种子（使用棕色标签）。

中国 1995 年颁布的国标（GB/T 3543.5—1995）将种子级别分为育种家种子、原种和良种三级。为了避免“良种”与“优良品种”意思相混淆，近年颁布的国家标准（如 GB 4404.1—2008）已将种子生产范畴的“良种”表述为“大田用种（qualified seed）”。为与国际接轨，在许多作物（如小麦、大豆、玉米自交系等）上提出了与美国四级种子相对应的四级种子（育种家种子、原原种、原种和大田用种）生产的标准程序。①育种家种子（breeder seed），是在品种通过审定（登记）时，由育种者直接生产和掌握的原始种子，具有该品种典型性，遗传稳定，形态特征和生物学特性一致，纯度 100%，产量及其他主要性状符合审定时的原有水平。使用白色并有紫色单对角条纹的标签（GB 20464—2006）。②原原种（pre-basic seed），由育种家种子直接繁殖而来，具有该品种典型性，遗传稳定，形态特征和生物学特性一致，纯度 100%，比育种家种子多一个世代，产量及其他主要性状与育种家种子基本相同。用白色标签作标记。③原种（basic seed），由原原种繁殖的第一代种子，遗传性状与原原种相同，产量及其他主要性状

指标仅次于原原种。用蓝色标签作标记。亲本种子使用红色的种子标签 (GB 20464—2006)。④大田用种 (qualified seed), 由原种繁殖的第一代种子, 遗传性状与原种相同, 产量及其他主要性状指标仅次于原种。用蓝红以外的单一颜色的标签作标记。

三、材料仪器药品

植物材料: 当地主要作物育种家种子生产田、原原种生产田、原种生产田、大田用种生产田成熟期植株群体, 小株作物 (稻或麦或粟等) 面积 $3 \times 667\text{m}^2$, 大株作物 (玉米或高粱等) 面积 $8 \times 667\text{m}^2$ 。

仪器药品: 3m 卷尺, 1.5m 木尺, 铅笔, 记载本, 计算器, 30cm \times 25cm 规格的尼龙种子袋, 普通剪刀, 纸质挂牌 (或塑料挂牌), 包扎绳, 三角盘, 可装 500g 种子的羊皮纸袋。

四、方法步骤

(一) 作物四级种子生产程序

1. 常规品种四级种子生产程序

常规品种的种子生产程序是从育种家种子开始, 逐级自交繁殖, 生产出大田用种 (图 1-1)。

这类品种群体内个体间同质, 个体内同一位点等位基因纯合, 基因型和表现型一致。在各级种子繁育过程只要注意隔离, 拔除杂株后混收即可。繁殖系数大的作物也可将原种种子直接用于大田播种。常规品种育种家种子的来源, 可以由育种家一次足量繁殖、冷库保存多年利用; 也可以采用株行鉴定混合法年年生产。

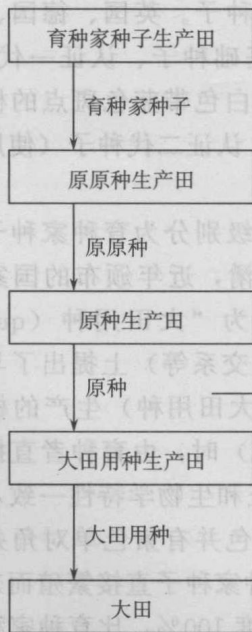


图 1-1 常规品种四级种子生产程序

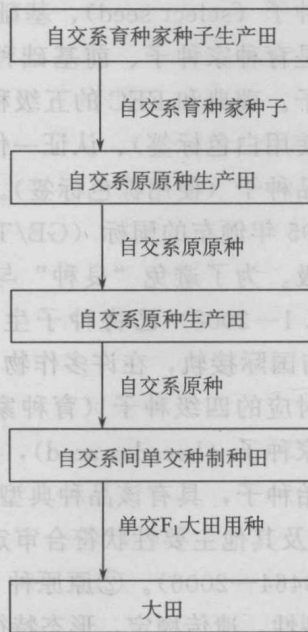


图 1-2 自交系单交种四级种子生产程序

2. 自交系单交种四级种子生产程序

前三个级别是指自交系育种家种子、原原种和原种，第四级是指单交 F_1 种子（大田用种）。自交系育种家种子通过典型单株的人工套袋、人工授粉自交繁殖获得。套袋自交单穗种子不混合。原原种由育种家种子直接繁殖。按穗行种植，人工套袋授粉自交。收获后自交穗混合脱粒。原种是由原原种在安全隔离条件下系内株间传粉繁殖一代获得的。单交 F_1 大田用种是在隔离条件下通过自交系间杂交制种获得的（图 1-2）。

3. 三系杂交种四级种子生产程序

三系是指核质互作雄性不育系、保持系和恢复系。前三个级别是指三系的育种家种子、原原种和原种，第四级是指不育系与恢复系杂交产生的杂交种 F_1 种子（大田用种）（图 1-3）。不育系育种家种子生产以保持系株行种为父本；保持系和恢复系的育种家种子由相应的人选株系混合而成。三系及其杂交种各级种子生产中以防止机械混杂和生物学混杂为中心。三系的育种家种子生产田和原原种生产田单株稀植、整株鉴定去杂、株行内混合收获。原种生产田稀播种植、整株去杂、混合收获。亲本繁殖田和 F_1 制种田均需安全隔离。

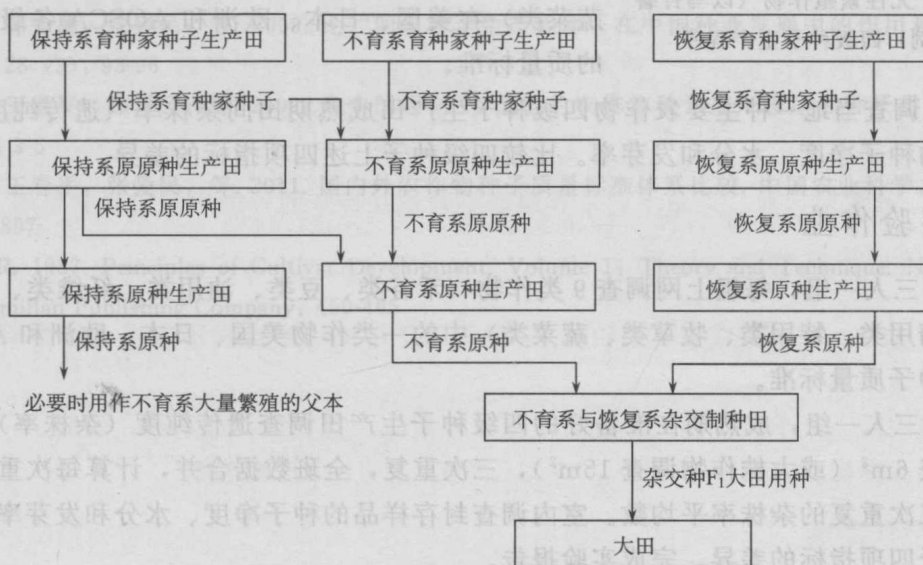


图 1-3 三系杂交种四级种子生产程序

4. 无性繁殖作物四级种子生产程序

无性繁殖作物是指利用植物营养器官（根、茎、叶、芽等）进行繁殖的作物（如马铃薯、甘薯等）。这类作物在营养器官繁殖过程中，容易感染病毒而导致退化。脱毒和防止病毒再侵染是各级别种子生产的关键技术措施。以马铃薯为例，利用茎尖分生组织在组织培养室内培养产生的脱毒试管苗或脱毒试管薯是育种家种子；用脱毒试管苗或脱毒试管薯在防虫温室或防虫网室内生产的脱毒微型薯（microtuber, 2~5g/个）是原原种；用脱毒微型薯在原种场生产的是原种；用原种在种薯生产基地生产的是大田用种（图 1-4）。

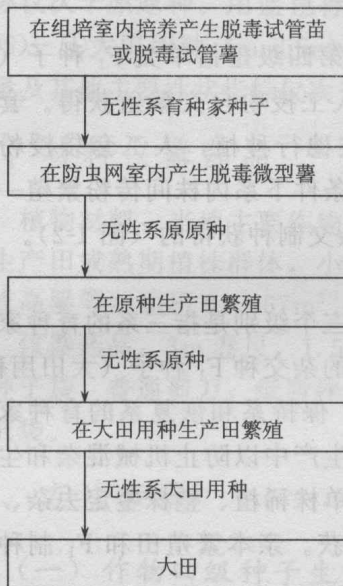


图 1-4 无性繁殖作物（以马铃薯为例）四级种子生产程序

（二）作物种子质量标准调查

（1）中国现行作物种子质量标准，不同作物种子等级系统不一致，有两级、三级，甚至有四级的。发达国家种子质量标准一致地相应于种子生产四级程序，在育种家种子基础上分为三级。发达国家质量标准的指标系统比较健全，粮、棉、油作物都基本包括净种子、杂质、其他作物种子总量、其他品种、其他类型、杂草种子、有毒（有害）杂草种子、发芽率和种子含水量等；在薯类作物中，还突出了应有的病害指标。而在中国的标准中，仅有纯度、净度、发芽率和水分四个指标；薯类仅显示纯度、薯块整齐度和不完善薯块率三个指标，缺少当地必要的病害指标。通过查阅文献调查本书涉及的 9 类作物（禾谷类、豆类、油用类、纤维类、块根块茎类、糖用类、特用类、牧草类、蔬菜类）在美国、日本、欧洲和 AOSCA 各级别种子的质量标准。

（2）调查当地一种主要农作物四级种子生产田成熟期田间杂株率（遗传纯度）；封存样品的种子净度、水分和发芽率。比较四级种子上述四项指标的差异。

五、实验作业

（1）三人一组，每组上网调查 9 类作物（禾谷类、豆类、油用类、纤维类、块根块茎类、糖用类、特用类、牧草类、蔬菜类）中的一类作物美国、日本、欧洲和 AOSCA 各级别种子质量标准。

（2）三人一组，成熟期在准备好的四级种子生产田调查遗传纯度（杂株率），小株作物调查 6m^2 （或大株作物调查 15m^2 ），三次重复，全班数据合并，计算每次重复的杂株率和三次重复的杂株率平均数。室内调查封存样品的种子净度、水分和发芽率。比较四级种子四项指标的差异。完成实验报告。

参 考 文 献

- 陈翠云, 王春平, 张万松, 等. 1997. 育种者种子贮藏试验及应用效果研究. 种子, (2): 10-13
- 盖钧镒. 2006. 作物育种学各论. 2 版. 北京: 中国农业出版社: 256-257
- 国家技术监督局. 2008. 中华人民共和国国家标准. GB 4404. 1—2008
- 胡晋. 2009. 种子生产学. 北京: 中国农业出版社: 43-45
- 刘文成. 2007. 小麦四级种子生产程序和技术. 种业导报, (7): 31
- 陆作楣, 陶瑾. 1999. 论“株系循环法”. 种子, (4): 3-5
- 王春平, 陈翠云, 张万松, 等. 2001. 玉米四级种子生产程序及技术规程. 河南农业科学, (7): 18-19
- 王春平, 陈翠云, 赵虹, 等. 2003. 育种家种子的生产与保存. 种子, (5): 113-115
- 王春平, 张万松, 陈翠云, 等. 1999. 四级种子生产程序及其在小麦良种繁育中的应用. 河南农业科

学, (7): 5-6

王春平, 张万松, 陈翠云, 等. 2005. 中国种子生产程序的革新及种子质量标准新体系的构建. 中国农业科学, 38 (1): 163-170

王林生, 郭家信. 1996. 试论四级种子生产程序的理论基础. 种子, (5): 51-52

王林生, 孔祥生. 2002. 论甘薯四级种子生产程序及繁育供种体系. 种子, (6): 61-62

王林生, 魏良友, 刘宪法, 等. 1999. 四级种子生产程序在玉米自交系生产中的应用. 种子, (5): 72-73

张进生, 霍晓妮, 张万松. 1993. 小麦良种繁育技术和体制的改革与实践. 作物杂志, (1): 10-11

张万松, 陈翠云, 王春平, 等. 2001. 农作物种子生产程序和种子类别探讨. 河南农业科学, (7): 10-13

张万松, 陈翠云, 王淑俭, 等. 1997. 农作物四级种子生产程序及其应用模式. 中国农业科学, 30 (2): 27-33

张万松, 陈翠云, 袁祝三, 等. 1995. 四级种子生产程序及其应用. 洛阳农专学报, 15 (2): 4-9

张万松, 陈翠云, 袁祝三, 等. 1995. 四级种子生产程序及其应用. 种子, (4): 17-21

张万松, 陈翠云, 张进生, 等. 1992. 小麦良种繁育技术和体制的改革与实践. 洛阳农专学报, 12 (4): 26-30

张万松, 郭香墨, 张爱民, 等. 2009. 论“四级种子生产程序”在中国种业发展中的作用和地位. 种子, 28 (3): 93-96

张万松, 王春平, 陈翠云, 等. 2002. 论中国迈向 21 世纪的农作物种子生产程序和种子类别. 种子, (1): 3-5

张万松, 王春平, 张爱民, 等. 2011. 国内外农作物种子质量标准体系比较. 中国农业科学, 44 (5): 884-897

Fehr W R. 1987. Principles of Cultivar Development, Volume 1: Theory and Technique. New York: Macmillan Publishing Company: 450-465

实验2 水稻种子生产实验技术

一、实验目的

学习并初步掌握水稻 (*Oryza sativa* L.) 杂交种亲本繁殖和 F₁ 制种的基本程序与技术环节。

二、内容说明

水稻是自花授粉作物，生产上应用的品种类型主要是纯系品种和 F₁ 杂交种。水稻纯系品种原种生产主要有改良混合选择法（三圃法）和株系循环法。水稻 F₁ 杂交种种子的生产主要采用“三系法”和“两系法”。“三系法”生产 F₁ 种子每年需要 2 个隔离区，1 个用于不育系繁殖，1 个用于 F₁ 制种。把不育系与其保持系按一定行比种植，保持系花粉授给不育系，从不不育系植株上收获的就是扩繁的不育系种子；从保持系自交株上收获的就是扩繁的保持系种子。把不育系与其恢复系按一定行比种植，恢复系花粉授给不育系，从不不育系植株上收获的就是 F₁ 种子；从恢复系自交株上收获的就是扩繁的恢复系种子。保持系和恢复系能分设隔离区繁殖则更好。“两系法”生产 F₁ 种子的技术与“三系法”的大体一致。光敏不育系和温敏不育系在特定的环境中通过自交繁殖。

三、材料仪器药品

植物材料：水稻不育系繁殖田和 F₁ 制种田正在抽穗开花的不育系、保持系和恢复系植株群体。

仪器用具：光学显微镜，体视显微镜，解剖针，喷雾器，塑料桶，量筒。

试剂：赤霉酸（又称赤霉素、“九二〇”），1% K-KI 水溶液。

四、方法步骤

（一）确定不育系繁殖面积和 F₁ 制种面积

确定 F₁ 制种面积的依据是市场上对 F₁ 种子的需求量和 F₁ 制种的预期单产；确定不育系繁殖面积的依据是 F₁ 制种面积、单位制种面积不育系用种量和不育系繁殖预期单产。不育系繁殖与 F₁ 制种的面积可用下列公式计算：

$$F_1 \text{ 制种面积}(\text{hm}^2) = \frac{\text{计划种植杂交稻的面积}(\text{hm}^2) \times \text{每公顷用种量}(\text{kg})}{\text{每公顷制种田预期生产 } F_1 \text{ 种子的数量}(\text{kg})}$$

$$\text{不育系繁殖面积}(\text{hm}^2) = \frac{\text{计划制种的面积}(\text{hm}^2) \times \text{每公顷制种田不育系用种量}(\text{kg})}{\text{每公顷繁殖田预期生产不育系种子的数量}(\text{kg})}$$

当前每公顷杂交水稻的大田用种量一般为 7.5~15kg，每公顷繁殖和制种田的不育系用种量一般为 45~52.5kg，父本用种量一般为 7.5kg。

(二) 雄性不育系繁殖技术

1. 核质互作雄性不育系的繁殖技术

水稻核质互作雄性不育系与其相应的保持系是同核异质体,除育性差异外,主要形态性状非常相近(彩图2-1)。同日播种,不育系比保持系始花期迟2~3天,始花至终花历期5~7天,常有包颈现象,植株矮10cm左右。在安全隔离的条件下,繁殖技术主要环节如下。

(1) 依据当地气候条件,确定母本最佳抽穗扬花期,倒推母本适宜播种期。母本抽穗扬花期要避免低温和过度高温,避开伏旱和连绵阴雨等不良天气。在长江中、上游地区,对于多数不育系,春繁应选择在6月下旬至7月初抽穗扬花较好。在四川中、东部地区,一般在3月上旬至中旬播种,可在6月下旬至7月上旬开花;在贵州,多数地区在4月中旬到下旬播种,7月上旬至中旬抽穗开花;在湖南,一般在3月底至4月上旬或中旬播种,可在6月下旬至7月上旬开花;在江苏,一般在4月下旬或5月上旬播种,8月上旬开花。父本保持系一般分两期播种,在母本苗1.5叶左右时,播第1期父本;2.5~3叶时,播第2期父本。

(2) 精量播种,培育壮秧。秧田播种量,父母本都控制在每公顷播270~300kg。

(3) 适龄移栽,适宜行比,适当密度,插足基本苗。当第2期父本苗达到4.5~5叶时即可移栽。母本和两期父本,同期移栽。父、母本行比一般为1:(4~5)或2:(6~8),因品种和自然条件不同而有所差异,主要根据父本长势、花粉量,以及父、母本间株高差异大小而定。母本行距一般为16~20cm,穴距10~13cm;父本与母本间留宽行,行距常为26cm,穴距10cm。采用双行父本时,两行父本间留窄行,行距为10cm。每穴通常插两株。不育系每公顷应插22.5万~30万穴;保持系每公顷应插7.5万穴左右。

(4) 喷施赤霉素,人工辅助授粉,提高异交结实率。① 喷施赤霉素,第1次在抽穗率达5%左右时施用,每公顷用赤霉素60~90g,兑水450~600kg;第2次在第1次喷施后1~2天进行,每公顷用赤霉素120~150g,兑水600~750kg,喷雾。也可按市售不同剂型的使用说明进行。每次喷施以上午稻叶上露水干后到父母本开花前这段时间为好。田间应保持浅水层。赤霉素总用量若分3次施用,可按2:5:3的比例,连续3天上午喷施。采用雾滴细而均匀的喷雾器喷施赤霉素,喷头距穗层33cm左右,喷雾均匀。每公顷每次喷施水量只有22.5L左右,可节省用工、减轻劳动强度。② 人工辅助授粉,从喷施赤霉素的第2天开始,每天用竹竿或光滑的绳子抖动父本,使花粉飞扬,促进授粉。每天上午母本接近盛花时赶第1次花粉,每隔30min左右赶粉1次,直到下午父本无粉可赶为止。同一块田,一般每天赶粉4~5次;整个开花期人工赶粉10天左右。

(5) 去杂去劣,及时收获,严防混杂。去杂去劣以始穗期最为关键,要特别注意去除母本行中的可育株。成熟时,先收父本,后收母本。收割、脱粒、运输、晾晒、加工、储藏等过程中,都要注意严防机械混杂。对不同种子要及时附上标签。

2. 光敏核不育系的繁殖技术

现有光敏核不育系多是晚粳类型。光敏核不育系的育性转换主要受光照长度的控

制，温度起协调作用。幼穗分化第3期至第6期处于13.75h以上长光照下发育的稻穗表现雄性不育；处于13.5h以下短光照下发育的稻穗表现可育。繁殖最佳短日条件的光长为12.5~13h。光敏核不育系的繁殖就是利用秋季日长渐短、温度渐低的条件让其自交结实获得种子；或者利用海南岛冬季短日条件恢复自交结实获得种子。只要确定好地点和播期，繁殖过程同常规水稻品种。

3. 温敏核不育系的繁殖技术

温敏核不育系的育性转换主要受环境温度的控制，日长起协调作用。将温敏核不育系的育性敏感期（幼穗分化第4期至第6期）安排在温度低于不育起点温度的环境，使其自交结实，就能达到繁殖目的。温敏核不育系的繁殖方法有春繁、秋繁、高海拔繁殖和冷灌繁殖4种。前3种方法依靠自然条件，多变的气候造成适宜繁殖的条件不稳定是其最大的限制因素。冷灌繁殖利用部分环境条件（春季低温）和部分辅助措施（冷水灌溉），既能摆脱自然条件对温敏核不育系繁殖的制约，又能降低成本。具体做法是：在幼穗分化的第4期至第6期，用水库深层冷水灌溉稻田20cm深，持续15天。要求稻田的入口水温为18℃左右，出口水温24℃左右。其他栽培管理同常规品种。

（三）杂交水稻 F₁ 制种技术

现有杂交水稻以杂交籼稻为主。杂交籼稻组合所用母本不育系多数是早籼类型，父本恢复系则多数为中晚籼类型，调节父母本播种期、确保花期相遇是制种成功的关键。在安全隔离的条件下，着重抓好以下技术。

（1）选择安全授粉季节，确定先播亲本的播种期。

（2）以叶差为主，参考时差和有效积温差，确定后播亲本的播种期。

（3）培育壮秧，适时移栽。

父本生育期比母本长的天数较多、腾茬困难不得不延长父本秧龄时，父本可采用两段育秧。第一段在温室内培育小秧，小秧2叶1心时，寄栽到秧田中去（7cm×7cm）。第二段在寄栽田培育壮秧。母本播种时，由于气温已升高，一般是在秧田中直接播种育秧。腾茬后先栽父本。茬口没有矛盾时，父本秧龄一般在30~35天，或中熟父本株龄达7~8叶、晚熟父本达8~9叶时移栽。母本秧龄则以20~25天为宜，株龄为5~6叶。

（4）适当行比，适宜密度，插足基本苗。

① 行比。父母本行比由父母本株高长势差异和花粉量决定。目前粳稻制种多用2:8（彩图2-2）。籼稻制种多用1:(10~12)（彩图2-3A），也可采用早熟组合2:(12~14)（彩图2-3B）、中熟组合2:(14~16)、晚熟组合2:(16~18)。

② 密度。不同地区和不同组合，适宜密度有所不同。母本行距一般13~16cm，穴距10~13cm，每穴2~3株（1粒种子长出的苗，不论分蘖多少，均为1株），每穴基本茎蘖数为6个左右，每公顷基本茎蘖数40.5万~48.0万个。这样可保证成穗数在270万~330万穗。采用单行父本时，父本与母本的行距一般为33.3cm；采用双行父本时，早熟组合可采用16.5cm+33.3cm规格（即两父本行之间距离16.5cm，父本行与母本行之间的距离33.3cm），中熟组合为16.5cm+(33~40)cm，晚熟组合为20cm+40cm。父本穴距一般14~16cm。可把三期父本栽于同一行中，比例以4:8:4为宜，