

# 玉米水稻杂交 种子生产技术

张春庆 主编

山东科学技术出版社

## 图书在版编目(CIP)数据

玉米水稻杂交种子生产技术/张春庆主编. —济南:  
山东科学技术出版社, 2015

ISBN 978-7-5331-7719-5

I. ①玉… II. ①张… III. ①玉米-杂交育种-研究 ②水稻-杂交育种-研究 IV. ①S513.035.1  
②S511.035.1

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第052969号

## 玉米水稻杂交种子生产技术

主编 张春庆

---

出版者: 山东科学技术出版社

地址: 济南市玉函路16号

邮编: 250002 电话: (0531) 82098088

网址: [www.lkj.com.cn](http://www.lkj.com.cn)

电子邮件: [sdkj@sdpress.com.cn](mailto:sdkj@sdpress.com.cn)

发行者: 山东科学技术出版社

地址: 济南市玉函路16号

邮编: 250002 电话: (0531) 82098071

印刷者: 山东人民印刷厂

地址: 莱芜市嬴牟西大街28号

邮编: 271100 电话: (0634) 6276022

---

开本: 720mm × 1020mm 1/16

印张: 14.5

版次: 2015年3月第1版第1次印刷

---

ISBN 978-7-5331-7719-5

定价: 36.00元

**主 编** 张春庆 ( 山东农业大学)

**副主编** 王玉玺 ( 全国农业技术推广服务中心)

肖层林 ( 湖南农业大学)

马继光 ( 全国农业技术推广服务中心)

宁明宇 ( 全国农业技术推广服务中心)

孙海艳 ( 全国农业技术推广服务中心)

# 前言

玉米和水稻是我国重要的粮食作物,每年用种量达到 13 亿千克,两种作物的种子生产是种子企业重要的工作内容,提高生产种子的产量和质量是提高企业效益和保障粮食生产的重要措施。

本书针对我国玉米、水稻两种主要作物杂交种子生产中的关键技术问题,系统介绍了玉米、水稻种子生产的生物学基础、亲本的防杂保纯与亲本特性保持技术、杂交种生产加工技术,对于高质量种子的生产、提高种子的市场竞争力具有指导意义。本书共分 3 章,第一章,种子生产概述,主要介绍种子防杂保纯的理论和技術以及田间检验程序,为种子生产的质量控制奠定基础;第二章,玉米种子生产,主要介绍玉米开花的生物学特性及影响玉米种子生产的生态因素、花期调控、隔离等基础知识,阐述了玉米自交系保纯的程序与生产、杂交种生产和干燥加工技术要求;第三章,杂交水稻种子生产,主要介绍了三系亲本种子生产技术、三系杂交水稻制种技术、光温敏不育系的保持技术、两系法杂交水稻种子生产技术,为高质量水稻种子安全生产提供技术支持。

本书主要参考了高等教育出版社出版的全国高等学校农林规划教材《种子生产学》(王建华、张春庆主编,2006)和 Hybrid Corn Seed Production(Beck, D. L. 2004),结合近几年的种子生产研究进展,以及张春庆主持的农业部农产品质量安全监管项目——玉米

花粉传播试验(2010~2011)、山东省农业重大应用技术创新专项——小麦玉米种子生产加工关键技术研究(2010~2012)、山东省良种工程项目——玉米种子生产关键技术研究(2012~2014)、农业部公益性行业科研专项201203052子项目——杂交制种技术与关键设备研制与示范、农业部公益性行业科研专项201303005子项目——亲本种子制备及遗传纯度保持关键技术研究与示范等项目的部分研究结果。完成这些项目的团队成员主要有山东农业大学李岩、孙爱清、吴承来及博士研究生曲海滨、温大兴等。在花粉传播试验中,农业部的马志强、柏长青、何庆学,甘肃试验点的蒲虎、郑维莉、白万金,新疆试验点的王林、秦庭建、宣立中,黑龙江试验点的周彦春、王秋、武山等做了大量工作。湖南农业大学肖层林教授以及全国农技推广中心的王玉玺、马继光、宁明宇、孙海艳等,参加了本书的写作与修改工作。全书近15万字,理论性和可操作性强,对于指导我国种子企业种子生产具有很好的理论价值和应用价值,也可作为农业工作者、种子专业学生的参考书。

编者

2015年2月

# 目 录

<b>第一章 种子生产概述</b> .....	1
<b>第一节 栽培品种的类型</b> .....	1
一、纯系品种 .....	1
二、杂交种 .....	2
三、群体品种 .....	3
四、无性系品种 .....	4
<b>第二节 栽培品种的防杂保纯与生产技术</b> .....	4
一、品种的防杂保纯 .....	4
二、种子生产常用技术 .....	7
<b>第三节 种子生产田间检验</b> .....	15
一、田间检验的目的与作用 .....	15
二、田间检验的项目与检验时期 .....	17
三、田间检验的程序 .....	17
四、种子生产的质量要求 .....	26
<b>第二章 玉米种子生产</b> .....	27
<b>第一节 玉米生产基础</b> .....	27
一、生物学基本特点与栽培品种分类 .....	27
二、中国玉米生产区划 .....	31

三、花器结构与开花习性及授粉受精过程	33
四、玉米花粉和隔离	36
五、花期预测与调控	41
六、玉米雄性不育及其利用	45
七、农业气候与玉米种子生产	48
第二节 自交系种子的生产保持	51
一、自交系的发育和特点	51
二、自交系保持	52
三、选址标准	56
四、种子田的农艺管理	57
第三节 杂交种生产	67
一、生产技术	67
二、去杂	70
三、花粉控制	72
四、收获	80
第四节 干燥和加工处理	82
一、剥皮和分拣	82
二、干燥	82
三、脱粒和清选分级	88
四、种子处理	91
五、包装	92
六、贮藏	92
第五节 质量保障	94
一、质量保障程序	94
二、田间检验	95
三、玉米田间检验依据的性状	96

四、收获后室内检验 .....	99
第六节 技术规程 .....	102
一、保持玉米亲本特性种子生产技术规程 .....	102
二、玉米优质杂交种生产技术规程 .....	104
<b>第三章 杂交水稻种子生产 .....</b>	<b>108</b>
第一节 杂交水稻种子生产概述 .....	108
一、三系法杂交水稻种子生产概述 .....	108
二、两系法杂交水稻种子生产概述 .....	112
第二节 三系法杂交水稻种子生产 .....	115
一、三系亲本种子生产 .....	115
二、三系杂交水稻制种技术 .....	120
第三节 两系法杂交水稻种子生产 .....	152
一、光温敏核不育系原种生产 .....	152
二、光温敏核不育系繁殖技术 .....	155
三、两系法杂交水稻制种风险及其控制技术 .....	159
第四节 杂交水稻制种的发展趋势 .....	164
一、基地规模化 .....	164
二、操作机械化 .....	166
三、技术标准化 .....	166
<b>参考文献 .....</b>	<b>167</b>
<b>附录 .....</b>	<b>168</b>
附录 A 玉米性状的调查标准 .....	168
附录 B 水稻性状的调查标准 .....	190





# 第一章

## 种子生产概述

种子生产的主要任务是:①繁殖高活力的种子,为品种加速推广、利用和尽快发挥优良品种的增产作用提供种子。②保持品种的纯度和优良的种性,防止品种的混杂、退化。因此,从新品种开始推广起,就必须建立科学而健全的种子繁殖和生产体系,防杂保纯,为生产上提供所需要的优良品种的优良种子。

### 第一节 栽培品种的类型

栽培品种分为纯系品种、杂交种、群体品种和无性系品种。

#### 一、纯系品种

纯系品种是指生产上利用的遗传基础相同、基因型纯合的植物群体。现在生产上种植的大多数水稻、小麦、大麦、大豆、花生,以及许多蔬菜等自花授粉植物的常规品种都属于纯系品种。大多数常异花授粉植物(如棉花等)品种也属于这种类型。在谈到纯系品种时,不能不提到纯系学说,因为纯系学说是品种和自交系选择、保纯的理论基础。

纯系学说(pure line theory)是丹麦遗传学家W·L·约翰森(W. L. Johannsen, 1857 ~ 1927)根据同一菜豆品种的种子的粒重选种试验结果在1903年提出的一种遗传学说。认为由纯合的个体

自花授粉所产生的子代群体是一个纯系。在纯系内,个体间的表型虽因环境影响而有所差异,但其基因型则相同,因而选择是无效的;而在由若干个纯系组成的混杂群体内进行选择时,选择是有效的。

约翰森在纯系学说中正确区分了生物体的可遗传变异(纯系间的粒重差异)与不遗传变异(纯系内的粒重差异),并提出“纯系内选择在基因型上不产生新的改变”的论点,为自花授粉植物的选择建立了理论基础。长期以来它是自花授粉作物单株选择育种的理论根据。但他所指的纯系,仅就菜豆粒重这一性状而言,并未涉及所有性状;何况“纯”只是相对的,所谓纯系在日益扩大繁殖的情况下,由于天然杂交和突变,必然会发生基因的分离和重组。育种实践表明,在“纯系”内进行选择也不是完全无效的。因为在任何一个纯系内,都存在着由于基因突变、分离重组而导致某种性状发生变异的可能性,变异的出现就使纯系内的选择成为有效。

## 二、杂交种

杂交种亦称杂交组合,是指在严格筛选强优势组合和控制授粉条件下生产的各类杂交组合的  $F_1$  植株群体。由于其基因型是高度杂合的,群体又具有不同程度的同质性,所以杂种优势显著,有较高的生产力。杂交种品种不能稳定遗传, $F_2$  代发生基因型分离,性状整齐度降低,导致产量下降,故生产上通常只种  $F_1$  代,一般不利用  $F_2$  代,如玉米、水稻杂交种。

杂交种的生产有两大类:一类是由不同自交系或品种杂交而成;另一类是由不育系与恢复系杂交而成。因此,在杂交种的生产中,不仅要生产杂交种,而且要生产自交系、二系(不育系、恢复系)或三系(即不育系、保持系和恢复系)。不育系是雌蕊正常而雄蕊花粉败育,不能自交结实,育性受遗传基因控制。保持系是雌雄蕊发育正常,能自交结实,给不育系授粉后能够结实,但其不育系的后代仍然具有雄性不育特性。恢复系是雌雄蕊发育正常,给不育系授粉所产生的杂种一代育性恢复正常,能自交结实。杂交种只

有在杂种一代保持杂种优势,因此需要每年制种。这是目前种子生产中供应的主要种子类型。杂交种生产时不仅要有严格的隔离,同时制种技术较常规品种生产更复杂,需更多的技术投入。在玉米杂交种生产中,由两个自交系杂交生产的种子为单交种( $A \times B$ ),由三个自交系杂交生产的种子为三交种( $A \times B$ )  $\times C$ ,由四个自交系每两个杂交后再杂交生产的种子为双交种( $A \times B$ )  $\times (C \times D)$ 。

### 三、群体品种

群体品种的基本特点是遗传基础比较复杂,群体内的植株基因型是不一致的。因植物种类和组成方式不同,群体品种又可分为不同类型,主要有如下几种类型:

#### 1. 异花授粉植物的自由授粉品种

自由授粉品种在生产、繁殖过程中品种内植株间自由随机传粉,也经常和相邻种植的其他品种相互传粉,所以群体中包含杂交、自交和姊妹交产生的后代,个体基因型是杂合的,群体是异质的,但保持着一些本品种的主要特征特性,可以区别于其他品种。例如,许多黑麦、玉米、白菜、甜瓜等异花授粉植物的地方品种都是自由授粉品种。少数果树采用实生繁殖的群体品种也属此类。

#### 2. 自花授粉植物的杂交合成群体

杂交合成群体是由自花授粉植物两个或两个以上纯系品种杂交以后,在特定的环境条件下,进行繁殖、分离并主要靠自然选择,逐渐形成的一个较稳定的群体。实际上经过若干代以后,最后形成的杂交合成群体是一个多种纯合基因型的混合群体。

#### 3. 多系品种

多系品种是由若干个纯系品种的种子混合后繁殖的后代群体。可以用自花授粉植物的几个近等基因系的种子混合繁殖成为多系品种,由于近等基因系具有相似的遗传背景,只在个别性状上有差异,因此多系品种在大部分性状上是整齐一致的,而在个别性

状上存在基因型多样性。一般多应用于抗病育种中,可以合成一个大部分农艺性状相似而又可兼抗多个病原物生理小种的多系品种,具有良好的效果。多系品种也可用几个无亲缘关系的自交系,把它们的种子按预定的比例混合繁殖而成。

#### 四、无性系品种

无性系品种是由一个无性系经过营养器官的繁殖而成。它们的基因型由母体决定,表现型也和母体相同。许多薯类和果树品种都是这类无性系品种。无性系品种通过无性繁殖保持品种内个体间的高度一致,但是它们在遗传上和杂交种品种一样,是高度杂合的。由单性无融合生殖产生的种子繁殖的后代也属无性系品种。

## 第二节 栽培品种的防杂保纯与生产技术

### 一、品种的防杂保纯

#### 1. 品种混杂退化的原因

品种混杂和退化是两个既相互联系又相互区别的概念。品种混杂是指在一个品种群体中混有各种异型株(其他植物、其他品种的种子或植株),造成品种纯度降低的现象。品种退化表现为原有种性变劣,优良性状部分或全部丧失,生活力和产量下降,品质变劣,以致降低或丧失原品种在生产上的利用价值。品种混杂退化的原因主要有如下几点:

(1) 机械混杂: 植物品种在种子生产过程中,包括从播种到收获、加工、运输、贮藏,或是接穗的采集、种苗的生产、调运等,如果操作不严,常使繁育的品种内混入异品种、异作物或杂草,从而造成品种混杂。另外,不合理的轮作和田间管理,可使前茬植物或杂草种子自然脱落产生自生苗,或施用未腐熟的厩肥和堆肥中含有能发芽的种子,均可造成机械混杂。自花授粉作物的混杂退化主要是由于机械混杂造成的。机械混杂还会进一步引起生物学混

杂,因而机械混杂对异花授粉作物造成的不良后果,常比自花授粉作物更为严重。

(2) 生物学混杂: 有性繁殖作物的种子生产中,由于品种间或种间一定程度的天然杂交,使异品种的配子参与受精过程而产生一些杂合个体,在继续繁殖时会产生许多重组类型,致使原品种的群体遗传结构发生变化,造成品种混杂退化。生物学混杂在异花授粉类型的植物中最易发生,其影响会随世代的增加而增大,因而一旦发生,混杂发展速度极快。

(3) 剩余的遗传分离: 剩余遗传分离是指在遗传基础上还未完全稳定、基因还未完全纯合的品种和亲本,在推广使用过程中的进一步分离。通常说优良品种是一个纯系,但绝对的纯是没有的。自花授粉植物的新选品系自交代数不够,基因型未完全纯合,会继续发生分离,使品种群体不整齐;常异花授粉作物的育种过程中,不同系之间常发生天然杂交,延缓了个体纯合过程。尤其是采用复合杂交、远缘杂交育成的品种,遗传背景复杂,若育种者把尚未完全稳定的品种过早推向生产,就会很快发生退化现象。

(4) 自然突变: 品种在繁殖过程中还会发生自然突变,且突变多数情况下是表现劣变。自然突变的频率虽然很低,但会随着繁殖代数增多而使劣变性状不断积累,导致品种退化。

基因突变在生物界中是普遍存在的。无论是低等生物,还是高等动植物以及人,都可能发生基因突变。基因突变在自然界的物种中广泛存在。例如,棉花的短果枝、水稻的矮秆、家鸽羽毛的灰红色,以及人的色盲、糖尿病、白化病等遗传病,都是突变性状。自然条件下发生的基因突变叫做自然突变,人为条件下诱发产生的基因突变叫做诱发突变。自然突变生物不经任何人工处理,在自然条件影响下产生的突变,又叫自发突变。有些突变很易被人们注意、保留和利用。我国著名水稻良种——矮脚南特,是广东省潮阳县农民洪利春于1956年,在高秆品种南特号稻田里发现的自然突变。其他如玉米的糯性、狐的银白色、鸡的红羽等,都是自然

突变产生的,已为人们用于生产的实例。在自然条件下,温度剧变、自然辐射和环境污染等,都是自然突变的原因。

转座子也是造成突变的原因之一。转座子(transposon),又名转位子、跳跃基因,是一类 DNA 序列,它们能够在基因组中通过转录或逆转录,在内切酶的作用下,在其他基因座上出现。转座子的这种行为,与假基因的出现颇有相似甚至相同之处。转座子可以通过 DNA 复制或直接切除两种方式获得可移片段,重新插入基因组 DNA 中。根据转座的自主性,这类元件又可以分为自主转座元件和非自主转座元件,前者本身能够编码转座酶而进行转座,后者则需在自主元件存在时方可转座。以玉米的 Ac/Ds 体系为例,Ac 属于自主元件,Ds 则是非自主元件,必须在 Ac 元件存在下才能转座。转座子的发现,证明了基因组并不是一个静态的集合,而是一个不断在改变自身构成的动态有机体。转座途径分为复制转座和非复制转座两种。复制转座,转座因子在转座期间先复制一份拷贝,而后拷贝转座到新的位置,在原先的位置上仍然保留原来的转座因子。复制转座有转座酶(transposase)和解离酶(resolvase)的参与。转座酶作用于原来的转座因子的末端,解离酶则作用于复制的拷贝。TnA 是复制转座的例子。非复制转座,转座因子直接从原来位置上转座插入新的位置,并留在插入位置上,这种转座只需转座酶的作用。非复制转座的结果是在原来的位置上丢失了转座因子,而在插入位置上增加了转座因子,这可造成表型的变化。

(5) 栽培技术不良和选择不当: 品种优良性状的表现,必须以良好的栽培技术为条件。如果优良品种长期处于不良的栽培条件之下,群体中优良个体不能充分繁殖,使一些适应低产水平的个体比例逐年上升,最终会导致群体生产力的下降。现在多数人认为这是由于栽培条件的“筛选”作用,改变了品种群体的遗传组成。

在种子繁育过程中,由于不了解选择的方向和不掌握被选品种的特点等原因,进行不正确的选择,会加速品种的混杂退化。如在高粱、棉花间苗时,把表现有杂种优势的杂苗误认为壮苗选留下

来;又如玉米自交系繁殖田中,若不注意自交系特征、特性,往往将弱小的自交苗拔掉,留下健壮的杂种苗;片面追求稻、麦品种的大穗型,往往造成植株变高、成熟推迟和分蘖率降低,这样长期的不正确选择会引起品种的退化。

(6) 遗传漂移:遗传漂移一般发生在小群体采种中。留种株数过少,会导致遗传学上的基因漂移,而这种基因漂移可能导致一些优良基因的丢失。在种子繁殖中,若采种群体过小,由于随机抽样误差的影响,会使上下代群体间的基因频率发生随机波动,从而改变群体的遗传组成,导致品种退化。一般个体的差异愈大,采种个体愈少,随机漂移就愈严重。

(7) 病毒感染:病毒感染植物后能在世代间逐渐积累,影响正常的生理活动,导致品种退化。长期无性繁殖的植物特别容易受病毒感染而引起品种退化,影响产量和品质。马铃薯、大蒜、菊花、大丽花、苹果、柑橘等植物受病毒侵染会产生一些独特的变异性状。

## 2. 品种防杂保纯措施

- (1) 严格种子繁育规程,防止机械混杂;
- (2) 严格隔离,防止生物学混杂;
- (3) 去杂去劣,正确选择;
- (4) 选择或创造适宜的种苗繁育条件繁育种苗,可有效地减少品种退化;
- (5) 用优质种苗定期更新生产用种。

## 二、种子生产常用技术

### 1. 隔离技术

(1) 授粉方式与隔离的关系:对于有性繁殖作物,不论是自花授粉、异花授粉作物,还是常异花授粉作物,在种子生产过程中都必须采取不同程度隔离措施,以保证生产种子的遗传纯度和种性。

由于有性繁殖植物的授粉方式不同,在种子生产时要求的隔离条件就不同,异花授粉植物要求最严,常异花授粉植物次之,自

花授粉植物要求隔离条件最低。不同植物种类要求也不相同,林木、花卉等种子的生产目前由于隔离还不太严格,农作物和蔬菜种子要求相对较高。传粉方式不同,隔离程度也不同,虫媒花要求隔离较远(1 000 ~ 1 500 米),风媒花隔离相对要求较近(300 ~ 500 米)。粮食作物种子繁殖和生产田的隔离要求见表 1-1。在我国不同生态区域内,每种作物的具体隔离距离和需要时间隔离的具体时间,需要通过试验测定。

### (2) 种子生产隔离的方法:

①空间隔离。通过空间距离将制种区与其他品种隔开,防止其他花粉飞入制种区。不同作物,种子生产的空间隔离距离不同,具体隔离条件在制种技术中将会介绍。

②时间隔离。在种子生产中,利用花期不同,防止其他品种花粉的干扰。一般玉米、高粱要求与其他品种播期错开 40 天左右,水稻 20 ~ 30 天。

③自然屏障隔离。利用山体、河沟、树林、果园、建筑等自然障碍物隔离,防止其他品种花粉的干扰。

④人为屏障隔离。人为设置一些障碍物,防止其他品种花粉的干扰,如风媒花利用高秆作物、虫媒花搭建纱网等。

表 1-1 粮食作物种子繁殖和生产田的隔离要求

作物及类别		空间隔离(米)	时间隔离(天)
水稻	常规稻、保持系、恢复系	20	15
	不育系	700	25
	制种田	200(粘),500(粳)	20
玉米	自交系	300	40
	制种田	200	40
小麦	常规种	25	-
大豆	常规种	25	-
西瓜	杂交种	200	-
棉花	常规种	200	-
油菜	原种	1 000	-
	杂交种	500	-



## 2. 提纯复壮技术

提纯复壮就是使种子由杂转化为纯,由退化转化为复壮,以获得相对纯的、生活力强的、无混杂退化的种子。三圃法及两圃法种子复壮技术在种子生产中应用较广泛。三圃法是指株行圃、株系圃和原种圃,两圃法是指株行圃和原种圃。

提纯复壮技术是我国 20 世纪 50 年代初期从苏联引进的良种繁育技术。该技术在一般自花授粉作物异交率低、个体纯合度高时原种“提纯”较有把握。但异花授粉作物和常异花授粉作物一旦发生混杂,通过三圃法、两圃法很难“提纯”到原来的遗传基础。这种方法的不足之处是,每一轮选择从不同来源的单株开始,株行圃和株系圃投工多,淘汰率高,原种的生产数量受到限制。同时还会因人为的选择偏差而造成品种严重变样,有时优良遗传性状丢失、品种保护困难。

### (1) 提纯复壮的一般程序:

①选择优良单株。在要复壮的品种、自交系、不育系、保持系以及恢复系中,选择性状典型、丰产性好的单株。优良单株应在选种圃中或生长优良、纯度较高的生产田里选择。选择的数量应根据下代株行圃的需要而定,选择工作应在品种性状最明显的时期进行,如穗花期、成熟期。选择分田间初选和室内复选两步进行。

②株行比较。将上年入选的单株种成株行,根据性状表现,在生长期进行比较鉴定,在收获前决选,分行收获。一般在各个关键生长发育阶段对主要性状进行观察记载,并比较鉴定每个株(穗)行的性状优劣和典型性与整齐度。收获前综合各株(穗)行的全部表现进行决选,严格淘汰生长差、典型性不符合要求的株(穗)行。分行收获、脱粒,下年进行株(穗)系比较试验。

③株(穗)系比较。上年入选的株(穗)行种于株(穗)系圃,每系种一个小区,对其典型性、丰产性、适应性等作进一步比较试验。观察评比与选留标准可仿照株(穗)行圃。入选的各系经过去杂去劣后,混合脱粒。