



南京农业大学  
NANJING AGRICULTURAL UNIVERSITY



# 作物学通论

田中伟

农学院/作物生理生态与生产管理重点实验室/农学楼313



## 课程内容

- 第1章 作物学概述
- 第2章 作物的分类、起源与分布
- 第3章 作物品种选育与繁育
- 第4章 作物生长发育与产量
- 第5章 作物与生态环境
- 第6章 作物生产技术
- 第7章 种植制度

## 第三章 作物品种选育与良种繁殖

**作物育种学：**研究选育与繁殖优良品种的理论与方法，是作物学的重要组成部分。

**包括以下主要内容：**

**第一节 品种及种质资源**

**第二节 作物的繁殖方式与育种特点**

**第三节 作物育种方法**

**第四节 良种繁育**

## 第一节 品种及种质资源

### 本节知识点:

什么是品种？优良品种？品种改良？

品种改良的目标？如何制定育种目标？

什么是种质资源？种质资源库？

种质资源的作用？ 有哪些类型？

如何搜集和保存？



## 第一节 品种及种质资源

### 一、品种的概念

指经过人工选育或者发现并经过改良、形态特征和生物学特性一致、遗传性状相对稳定的植物群体。

品种的特点 (DUS) :

特异性(Distinctness)

一致性(Uniformity)

稳定性(Stability)

物种进化的原因：遗传、变异、选择

## 二、品种改良的任务

### 1.选育（优良）品种；2.繁殖（高质量）种子

**优良品种**：指在一定地区的生态条件 and 生产水平下，具有较高的产量和品质，具有较大的应用前景的品种。

**良种的作用**：

- 提高单产（杂交水稻、矮秆品种）
- 改进品质（鲜食玉米、双低油菜）
- 保持产量和品质稳定（BT抗虫棉、抗病品种）
- 扩大种植面积（品种广适性）
- 利于耕作制度改革、提高劳动生产率

**优良品种具有**：相对性、地域性、时间性

### 三、品种改良目标（育种目标）

#### 1、高产

A. 产量 = 单位面积株（穗）数 × 每株（穗）粒数 × 粒重

B. 产量 = (光合能力 × 光合面积 × 光合时间 - 呼吸消耗) × 经济系数（收获指数）

A → 株型育种

B → 生理育种



高产只是相对低产而言的，无绝对的高产。

## 2、优质

化学品质（即营养品质，如蛋白质、淀粉含量）

物理品质（如小麦的沉降值、稻米的胶稠度）

加工品质（小麦出粉率、水稻出米率）

食用品质（即口感品质）

- ⊙流通粮食有商品标准：优质籼（粳）稻、强筋小麦、玉米等1、2、3级。
- ⊙不同用途有不同标准。
- ⊙优质要兼顾高产，在高产基础上的优质，或要求一定品质的产量。



优质(强筋、弱筋)小麦的国家标准(GB/T17891、17892—1999)

项 目			强 筋 小 麦		弱 筋 小 麦
			一 等	二 等	
籽粒	容 重 ， g/L		770		750
	水 分 ， %		12.5		12.5
	不 完 善 粒 ， %		6.0		6.0
	杂质 %	总 量	1.0		1.0
		矿 物 质	0.5		0.5
	色 泽 、 气 味		正 常		正 常
	降 落 值 ， s		300		300
粗 蛋 白 质 ， %(干基)		≥15.0	≥14.0	≤11.5	
小麦粉	湿面筋， %(14%水分基)		≥35.0	≥32.0	≤22.0
	面团稳定时间， min		≥10.0	≥7.0	≤2.5
	烘焙品质评分值		≥80		/
备 注	(优质)强筋小麦：角质率≥70%，加工成的小麦粉筋力强，适合于制做面包等食品； (优质)弱筋小麦：粉质率≥70%,加工成的小麦粉筋力弱，适合于制做蛋糕和酥性饼干等食品。				

### 3、稳定性好

表现为抗逆性好：抗病(虫)、耐瘠、抗旱、耐湿、抗寒、抗盐碱性等。

如**水平抗性(?)**：水稻抗白叶枯病、稻瘟病，棉花抗枯、黄萎病，小麦抗锈病、赤霉病，油菜抗病毒病、菌核病。

### 4、适应性强

适应自然条件：抗逆性好

适应耕作水平：不同熟期

适应农业机械化：如机械收棉花、花生、甘薯。



为了适应农机中耕要求，上图对农作物品种有何要求？

## 四、制定育种目标的原则

### 1、国民经济和生产发展的前景

高寒地区选早熟或极早熟品种、机械化栽培地区选株高适中、结实部位整齐不易脱落的品种；玉米加工业选高淀粉和高油品种。

### 2、当地现有品种有待提高和改进的主要性状

分清待提高的主次目标性状，先改进主要目标性状。

### 3、具体性状的可行性

根据自身的种质资源、设备条件将目标落实到具体的性状上。如大豆目标为高脂肪含量(22%以上)还是高蛋白质含量(44%以上)。

### 4、品种的合理搭配

早播或晚播品种，耐肥或耐瘠品种。

## 五、种质资源

### 1、概念

选育新品种的基础材料。即各种植物的栽培种、野生种的繁殖材料以及利用上述繁殖材料人工创造的遗传材料。

包括品种、遗传材料、近缘种和野生种的植株、种子、无性繁殖器官、花粉甚至单个细胞，只要具有种质并能繁殖的生物体，都能归入种质资源之内。

遗传资源：染色体工程、基因工程。

基因资源：生物体中的部分基因，甚至是个别基因。

2024年，中国农业种质资源保存总量位居世界第一。



——2022年农民日报

## 2、种质资源的重要性

作物育种成效的大小，很大程度上决定于掌握种质资源的数量多少和对其性状表现及遗传规律的研究深浅。

**绿色革命（矮化育种）：**矮源（矮脚南特、矮仔占）

**杂种优势利用：**野败型雄性不育籼稻种质

**玉米：**糯玉米类型（广西）、高赖氨酸玉米突变体（O<sub>2</sub>）

**油菜：**波兰甘蓝型油菜品种(Bronowski, 低硫苷), 低芥酸

**大豆：**美国孢囊线虫病，以北京小黑豆为抗源

**大麦：**埃塞俄比亚CI3947，高蛋白、高赖氨酸

**小麦：**中国太谷核不育

### 3、种质资源的类型

按来源分：

#### (1) 本地种质资源

地方（农家）品种、改良品种，适应性好

#### (2) 外地种质资源

从外地或外国引进的品种，特殊的性状，适应性不一定好

#### (3) 野生植物资源

某作物的近缘野生种，特别是抗性方面的性状

#### (4) 人工创造的种质资源

远缘杂交、诱变、细胞融合、基因导入等创造的新类型



## 4、种质资源的收集与保存

### (1) 收集

直接考察收集、交换、转引。现在主要是征集、交换。

我国着重于搜集本国的种质资源，加强对外种质交换、引种。

美国原产的作物种质资源本来很少，以国外引种为主。

原苏联则一向重视广泛地开展国内外种质资源的考察采集与引种交换。(瓦维洛夫)

**考察路线选择：**作物本身表现不同，地理生态环境不同，农业技术条件不同，社会条件不同。

**样本应充分体现当地的遗传变异性，要有一定的群体。**应详细记录品种或类型名称，产地的自然、耕作、栽培条件、主要形态特征、生物学特性和经济性状等。

## 2、整理

- 初步整理、归类，将**同种异名**者合并，以减少重复；将**同名异种**者予以订正。
- 给以科学的登记和编号。
- 进行简单的分类，确定每份材料所属的植物分类学地位和生态类型。

## 3、保存

### 种质资源保存的范围：

1) **有关应用研究和基础研究的种质**：主要指进行遗传和育种研究的所有种质。包括主栽品种、当地历史上应用过的地方品种、过时品种、原始栽培类型、野生近缘种、育种材料等。

- 2) 可能灭绝的稀有种和已经濒危的种质，特别是栽培种的野生祖先。
- 3) 具有经济利用潜力而尚未被发现和利用的种质。
- 4) 在普及教育上有用的种质。如分类上的各个作物种、类型，野生近缘种等。

### 【保存方法】

A. 种植保存 (1~5年播种一次)

B. 贮藏保存 低温、干燥、密封、黑暗

(我国国家种质库一般为 $-18^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ , RH50% $\pm$ 7%)

C. 离体保存 细胞的全能性

D. 基因文库 限制性内切酶切DNA片段，再移到大肠杆菌中繁殖

## 按亲缘关系将基因库分为：

### (1) 初级基因库

能杂交，杂种可育。同一种内的各种材料

### (2) 次级基因库

基因转移是可能的，但必须克服生殖隔离所引起的杂交不实和杂种不育。

种间材料和近缘野生种

### (3) 三级基因库

亲缘关系更远的类型，杂交不实和杂种不育严重

**国家种质资源库分为：**

**短期库：20℃，RH45%，2~5年**

**中期库：4℃，RH45%，密封，25年**

**长期库：-10℃，RH30%，密封，75年**

## 上节内容回顾：

### 1. 什么是品种？

经过人工选育或者发现并经过改良、形态特征和生物学特性一致、遗传性状相对稳定的植物群体。

### 2. 品种的特点？

特异性(**D**istinctness)、一致性(**U**niformity)、稳定性(**S**tability)

### 3. 物种进化的原因：遗传、变异、选择

## 上节内容回顾:

### 4.品种改良目标(即育种目标)?

1) 高产; 2) 优质; 3) 稳定性好; 4) 适应性强

### 5.作物的品质包含哪些方面?

**化学品质** (即营养品质, 如蛋白质、淀粉含量)

**物理品质** (如小麦的沉降值、稻米的胶稠度)

**加工品质** (小麦出粉率、水稻出米率)

**食用品质** (即口感品质)

## 上节内容回顾:

### 6.制定育种目标的原则?

1)国民经济和生产发展的前景; 2) 当地现有品种有待提高和改进的主要性状; 3) 具体性状的可行性; 4) 品种的合理搭配

### 7.什么是种质资源? 种质资源有哪些类型?

各种植物的栽培种、野生种的繁殖材料以及利用上述繁殖材料人工创造的遗传材料。

#### 种质资源的类型

按来源: (1) 本地种质资源; (2) 外地种质资源; (3) 野生植物资源; (4) 人工创造的种质资源

按亲缘关系: (1) 初级基因库; (2) 次级基因库; (3) 三级基因库



## 第二节 作物的繁殖方式与育种特点

### 一、作物的繁殖方式

#### 1、概念

◆ **有性繁殖**: 凡由雌雄配子结合, 经过受精过程, 最后形成种子繁衍后代的, 统称有性繁殖。

➤ 包括: 自花授粉、异花授粉、常异花授粉。

◆ **无性繁殖**: 凡不经过有两性细胞受精过程的方式繁殖后代的统称为无性繁殖。

➤ 包括: 营养体繁殖、无融合生殖。



为什么自然界中有性繁殖比无性繁殖更常见?

## 2、有性繁殖

### 1) 自花授粉

同花内花粉传播到同花内雌蕊柱头上，或同株的花粉传播到同株的雌蕊柱头上都称为自花授粉。

由同株或同花的雌雄配子相结合的过程称为自花受精。

通过自花授粉繁殖后代的称为是自花授粉（或自交）作物。

如水稻、小麦、大麦、燕麦、大豆、豌豆、绿豆、花生、芝麻、马铃薯、亚麻、烟草等。

而大麦、豌豆等在花冠未张开时就已受精，称闭花受精。

自花授粉作物的自然异交率一般低于5%，自交不衰退。

◆ 自交引起杂合基因的后代发生性状分离。

◆ 自交使杂合基因型趋于纯合。

F <sub>0</sub>	AA × aa					杂合体比重
F <sub>1</sub>	Aa					F <sub>1</sub> 代为100%
F <sub>2</sub>	1AA	2Aa	1aa			F <sub>2</sub> 代为2/4=1/2
F <sub>3</sub>	4AA	2AA	4Aa	2aa	4aa	F <sub>3</sub> 代为4/16=1/4
F <sub>4</sub>	24AA	4AA	8Aa	4aa	24aa	F <sub>4</sub> 代为8/64=1/8
F <sub>5</sub>	112AA	8AA	16Aa	8aa	112aa	F <sub>5</sub> 代为16/256=1/16
F <sub>n+1</sub>	.....					F <sub>n+1</sub> 代为1/2 <sup>n</sup>

则 AA+aa纯合体的概率为1- 1/2<sup>n</sup>

n对基因，自交r代，则自交后代群体中纯合率为:(1-1/2<sup>r</sup>)<sup>n</sup>

### ◆ 自交引起杂合基因型的后代生活力衰退。

杂合基因型的作物，自交后代的生活力衰退，称为**自交衰退**，表现为生长势下降，繁殖力、抗逆性减弱，产量降低等。一般情况下，自交代数越高，衰退程度越重。

## 2) 异花授粉

雌蕊的柱头接受**异株**花粉的称为**异花授粉**。

由异株的雌、雄配子相结合的受精过程称为**异花受精**。

异花授粉繁殖后代的作物称为**异花授粉(异交)**作物。

**异交率一般高于50%。近交会引起后代生活力衰退。**

玉米、蓖麻、瓜类等为雌雄同株异花，虽可能有少量的来自同株雄花的花粉参与授粉，但仍属于异花授粉。

大麻、菠菜等为雌雄异株，完全的异花授粉。

具有雄性不育的植株花粉败育，不能产生正常的雄性配子，但能形成正常的雌性配子。稻、麦、油、棉上广泛应用。

自交不亲和的植株，能形成正常的雌雄配子，但自花花粉落在柱头上不能受精，在自然条件下，只能通过异花授粉繁殖后代。如甘薯、向日葵、白菜型油菜、甜菜等。





### ◆异交产生杂合基因型。

双亲的基因型差异越大，后代基因型杂合程度越大。有选择的异交（人工杂交）是创造遗传变异的一种主要方法。

### ◆异交增强后代生活力。

主要表现在杂种优势上，即在生长、抗逆性、产量等数量性状方面比亲本有明显提高。利用异交增强后代生活力的效应，也是一种主要的育种方法。

亲本基因型越纯合，F1基因型越杂合，杂种优势越大。

### 3) 常异花授粉

同时依靠自花授粉和异花授粉繁殖后代的称为**常异花授粉（常异交）作物**。

常异花授粉作物通常仍以**自花授粉**为主要繁殖方式，又存在一定比例的自然异交率，是自花授粉作物和异花授粉作物中间的**过渡类型**。

常异花授粉作物有棉花、甘蓝型油菜、高粱、蚕豆等。

**天然异交率通常在5%-50%。**



### 3、无性繁殖

#### 1) 营养体繁殖

- 根、茎、叶等营养器官
- 变态部分块根、球茎、鳞茎、匍匐茎、地下茎等
- 采取分根、扦插、压条、嫁接等方法繁殖后代。
- 如甘薯、木薯、甘蔗、苕麻等。
- 大部分的果树和花卉也是采用营养体繁殖后代。

营养体繁殖的后代，基本能够完全保持亲本的遗传特性和经济性状，因此采用营养体繁殖进行育种，可以将优良品种进行繁殖扩大，推广利用。

## 2) 无融合生殖

植物性细胞的雌雄配子，不经过正常受精、两性配子的融合过程而形成种子以繁衍后代的方式，称之为**无融合生殖**。

无融合生殖方式产生的后代只具有母本或父本一方的遗传物质，表现母本或父本一方的性状。

**山柳菊、大蒜**

## 二、作物的品种类型及育种特点

### 1、自交系品种

自交系品种是由一群同质的和纯合的基因型植株组成。

亲本纯合基因型的后代植株数达到或超过87%。

是来自一株优良的纯合基因型的后代。

**自花授粉作物**本身靠自交繁殖后代，只要选出具有优良基因型的单株，它的优良性状就可稳定地传递给后代。

**异花授粉和常异花授粉作物**必须采用连续**多代自交**结合**单株选择**的方法，才能育成自交系品种。

自交系品种，一般不直接用于大生产，而是作为配制杂交种的亲本使用。

## 2、杂交组合（杂交种品种）

是由一群杂合的和一定程度同质的基因型植株组成。

基因型高度杂合，而表现型相对一致，较强的杂种优势是对杂交组合的基本要求。

自交系间的杂交组合的杂种优势最强，F<sub>1</sub>增产潜力最大。因而杂种品种的育种程序：第一个是自交系育种，第二是杂交组合育种。

F<sub>1</sub>杂交种子生产的难易是生产上利用杂交组合的主要限制因素。

杂交组合育种带动种子产业的发展。

### 3、群体品种

#### 1) 异花授粉作物的综合品种

是由一组选择的**自交系**采用**人工控制授粉和在隔离区多代随机授粉**组成的遗传平衡的群体。遗传基础复杂，每一个体具有杂合的基因型，性状差异较大，但具有一个或多个代表本品种特征的性状。

#### 2) 异花授粉作物自由授粉品种

在种植条件下，**品种内**植株间随机授粉，也经常与相邻种植的**异品种**授粉，个体基因型是杂合的，群体是异质的，植株间性状有一定程度的差异，但保持本品种的主要特征，可与其他品种相区别。

### 3) 自花授粉作物的杂合群体

是用自花授粉作物的两个以上的自交系品种杂交后繁殖出的、分离的混合群体。

把它种植在特别的环境条件下，主要靠自然选择的作用促使群体发生遗传变异，并期望在后代中这些变异不断加强，逐渐形成一个较稳定的群体，最后杂交合成群体。实际上是一个**多种纯合基因型混合的群体**。

#### 4) 多系品种

是若干自交系品种的种子混合繁殖的后代，可以用自花授粉作物的几个**近等基因系**的种子混合繁殖成为多系品种。

**近等基因系**具有相似的遗传背景，只在个别性状上有差异，多系品种可保存自交系品种的大部分性状，而在个别性状上得到改进。

**抗病育种**也可用无亲缘关系的自交系按一定比例混合繁殖。但后代的遗传组成会发生变化。

#### 4、无性系品种

**甘薯为异花授粉作物**，其无性系品种的基因型是杂合的，但表现型是一致的。

**马铃薯为自花授粉作物**，其无性系品种，如果来自自交后代，则基因型是纯合的；如来自杂交后代，则基因型是杂合的，但它们的表现型都是一致的。

有性杂交和无性繁殖相结合，即利用杂交重组丰富遗传变异，在分离的F1苗中选择优良单株进行无性繁殖，迅速把优良性状和杂种优势稳定下来。

芽的分生组织细胞发生的突变，称之为芽变。元帅系苹果、葡萄等许多品种可以用芽变进行选种。



## 第三节 作物的育种方法

### 一、引种

#### 1、概念

**引种**，往往与**驯化**连在一起而称为**引种驯化**。

指通过搜集、引进种质资源，在人类的选择培育下，使野生植物成为栽培植物，使外地或外国的作物品种成为本地的作物品种的措施和过程。

**引种**是获得种质资源的手段，**驯化**则是指选择培育成本地推广品种的过程。花卉：可同时进行。

**引种栽培**：引入种苗或种子后，虽已用于生产栽培，但不能达到开花结实阶段或根本不能留种的。

## 2、引种规律★

### (1) 低温长日性作物的引种规律

①原产高纬度地区的品种，引到低纬度地区，感温阶段对低温的要求和感光阶段对光长的要求不能满足，表现为**生育期延长**。甚至不能抽穗开花。但营养器官加大。**成熟期延迟**，容易受后期自然灾害的威胁、或者影响后作的播种、栽植。

②原产低纬度地区的品种，引至高纬度地区冬季寒冷，春季霜冻严重，所以容易受冻害。**生育期缩短**，植株矮小，产量低。

③高海拔地区的冬作物品种往往偏冬性，引到平原地区往往不能适应。而平原地区的冬作物品种引到高海拔地区春播，有适应的可能。

## (2) 高温短日性作物的引种规律

- ①原产高纬度地区的高温短日性作物，这些品种由高纬度向低纬度引种时，往往因为低纬度地区的气温高于高纬度地区，会缩短其生育期，提早成熟，但株、穗粒变小。
- ②原产低纬度地区的高温短日性作物，引至高纬度地区，表现迟熟，株、穗可能较大，但可能会影响后茬播种或遭受冷害。
- ③高海拔地区的品种感温性较强，引到平原地区往往表现早熟，有一个能否高产的问题。而平原地区品种引种到高海拔地区，常由于低温而表现迟熟。

### (3) 作物对环境反应的敏感度

- ①**敏感型作物**：如大豆，其品种的适应性比较小。对环境变化的反应比较敏感，因此其引种范围比较窄。南北之间相互引种，纬度不宜超过1~2度。
- ②**迟钝型作物**这类作物适应性比较广，引种范围可以较宽。无论东西或南北之间相互引种，影响都较小。如甘薯、花生。
- ③**中间型作物**这类作物对环境条件的反应，其敏感程度介于以上二者之间。如水稻、玉米、谷子、棉花、麻类等。

### (4) 其他 病虫草害、耕作制度等。

### 3、引种的原则

- (1) 要根据生产发展的需要，确定引种的目的与任务。
  - (2) 先试验后引种，少引种多自繁。
  - (3) 引种试验与栽培试验相结合，探索良种良法配套技术。
  - (4) 进行必要的检疫，防止带入本地区没有的病虫草害。
- (如长江流域的白叶枯病因矮脚南特的引进而产生)

## 二、选择育种

### 1、概念

直接利用自然变异，不需要人工创造变异而从中进行选择并通过比较试验的育种方法。

主要通过个体（单株、单穗、单铃等）进行选择。

对自花授粉作物来说，选择育种可称为纯系育种。

对常异交和无性繁殖作物来说，选择育种又称系统育种。

选择育种是最基本、简易、快速、有效的育种方法。特点：优中选优，连续选优。

## 2、原理

丹麦植物学家约翰逊的纯系学说认为：在基因型纯合但不完全一致的群体里，进行一次单株选择，即可分离出不同的纯系，但在基因型完全一致的纯系内再进行选择则无效。

## 3、变异来源

- 1) 自然异交 引起基因重组出现的遗传变异
- 2) 自然变异 突变
- 3) 新育成品种中的变异 剩余变异（自交后代群体中残留的杂合基因所引起的变异）

## 4、性状鉴定与选择

### 直接鉴定和间接鉴定：

根据目标性状的**直接表现**进行鉴定为直接鉴定。

根据与目标性状有高度相关的**间接表现**来评定该目标性状时，为间接鉴定。

### 自然鉴定与诱发鉴定：

鉴定对病虫害和环境胁迫因素的抗耐性，又**可分为当地和异地鉴定，田间鉴定和实验室鉴定。**

在选择育种中，根据条件和需要，采用合适的鉴定方法，或者同时兼用两三种鉴定方法，以提高选择效率。



## 5、育种程序

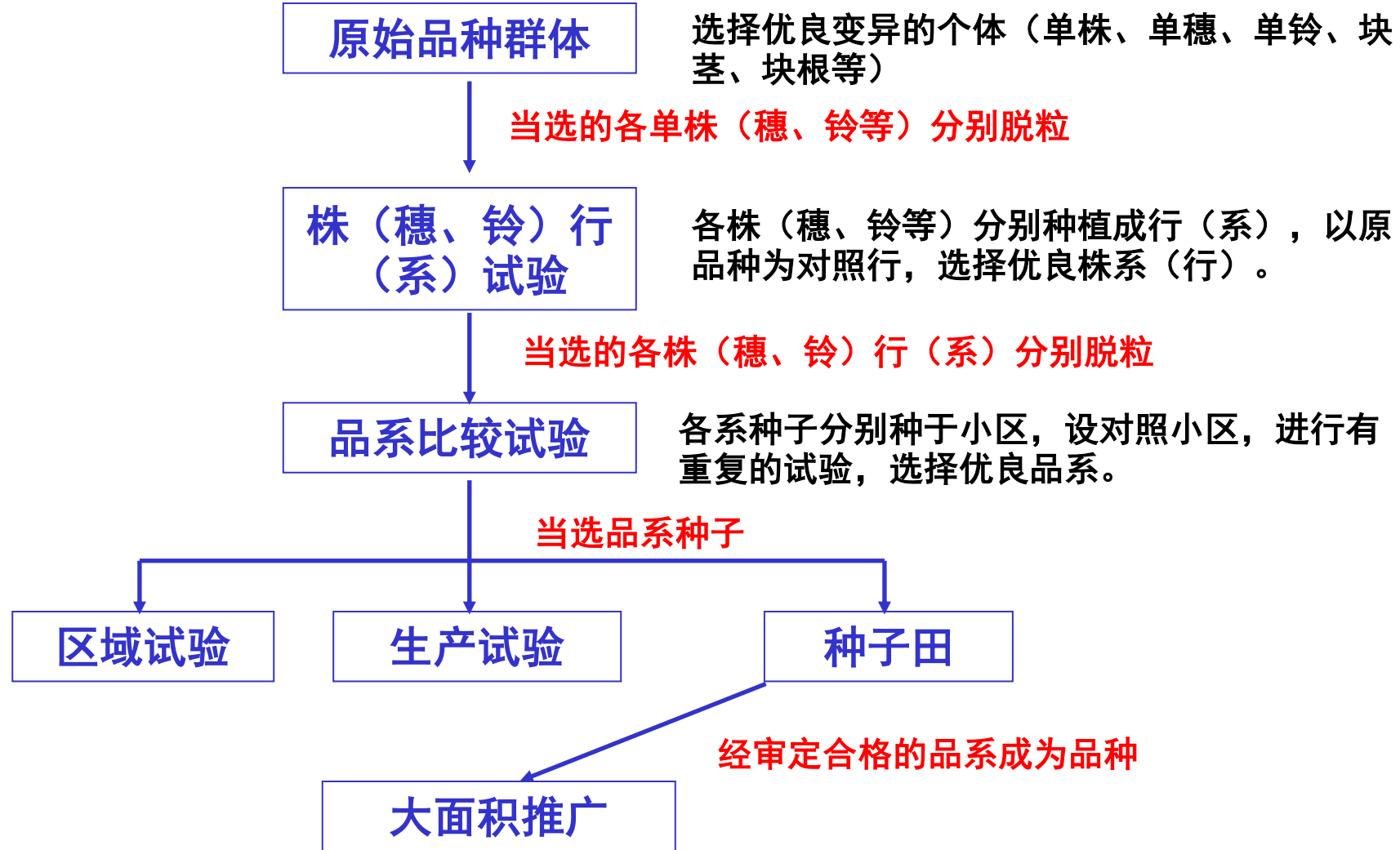
- (1) 单株选择（或单穗、单铃、块茎、块根等）
- (2) 株行（系）试验（每株一行或几行）
- (3) 品系比较
- (4) 区域试验和生产试验

※纯系育种

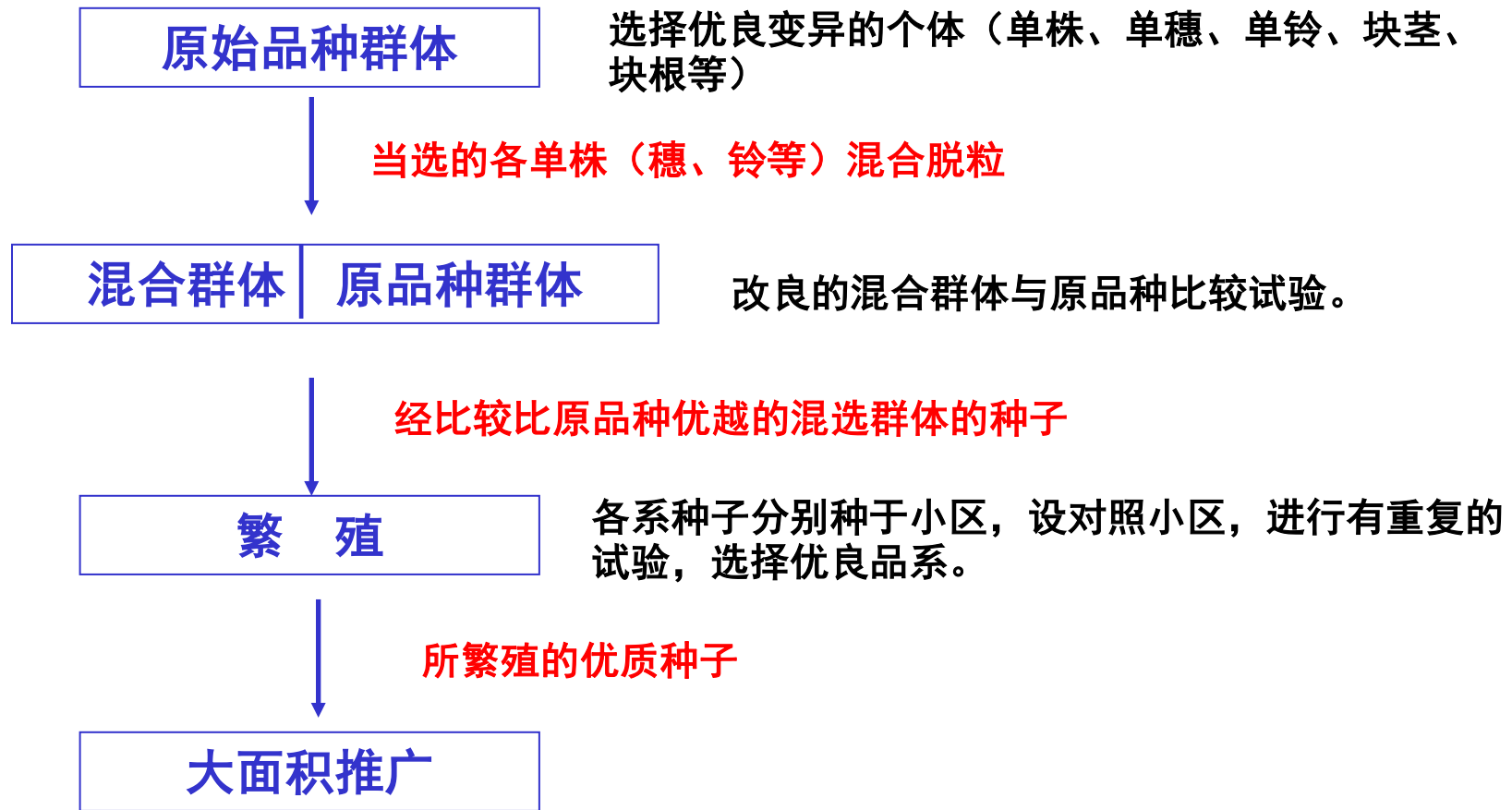
※混合选择育种

※集团混合选择育种

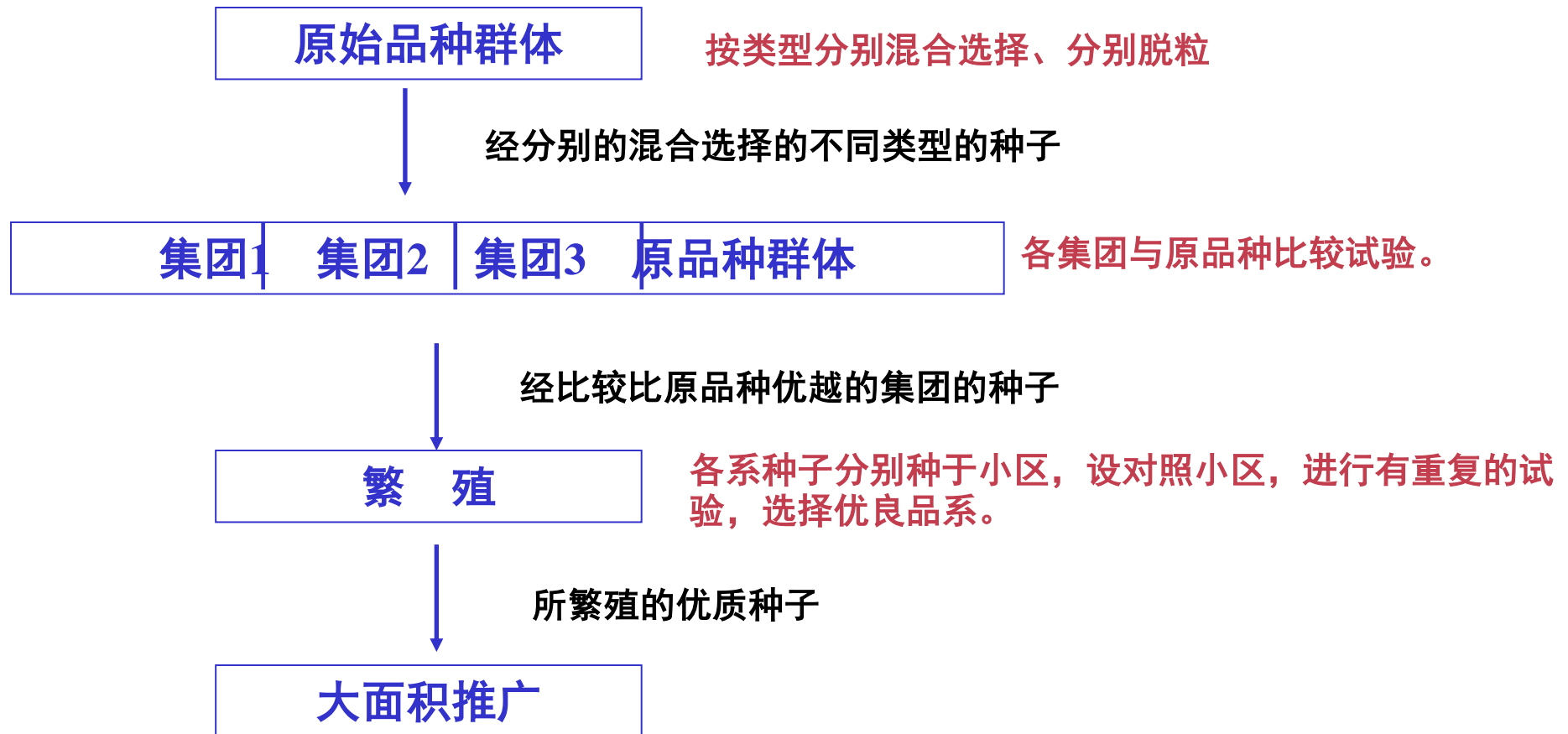
※改良混合选择育种



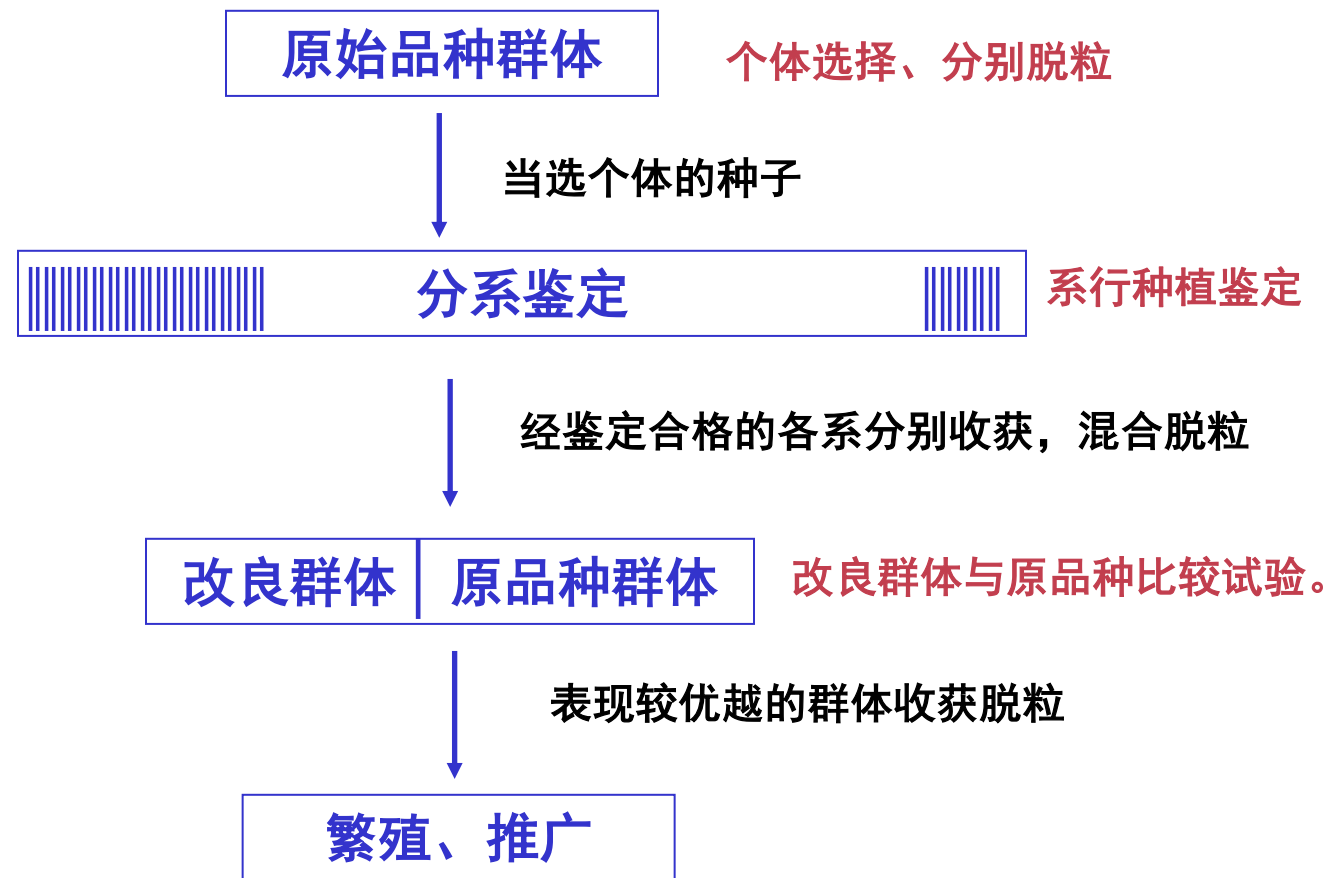
**纯系（系统）育种程序示意图**



混合选择育种程序示意图



集团混合选择育种程序示意图（常用于异交作物）



改良混合选择育种程序示意图（用于自交与常异交作物）

## 三、杂交育种

是作物育种中应用最广、育成品种最多的基本育种方法。

### 1、杂交育种的概念和意义

#### (1) 概念

通过不同亲本间的杂交，在后代中创造变异并从中选育新品种的方法。

#### (2) 意义

**A. 组合育种** 综合亲本的优良性状

**B. 超亲育种** 超亲优势 数量性状的分离和累积

#### (3) 育种计划

制定育种目标，亲本选配，杂种后代处理

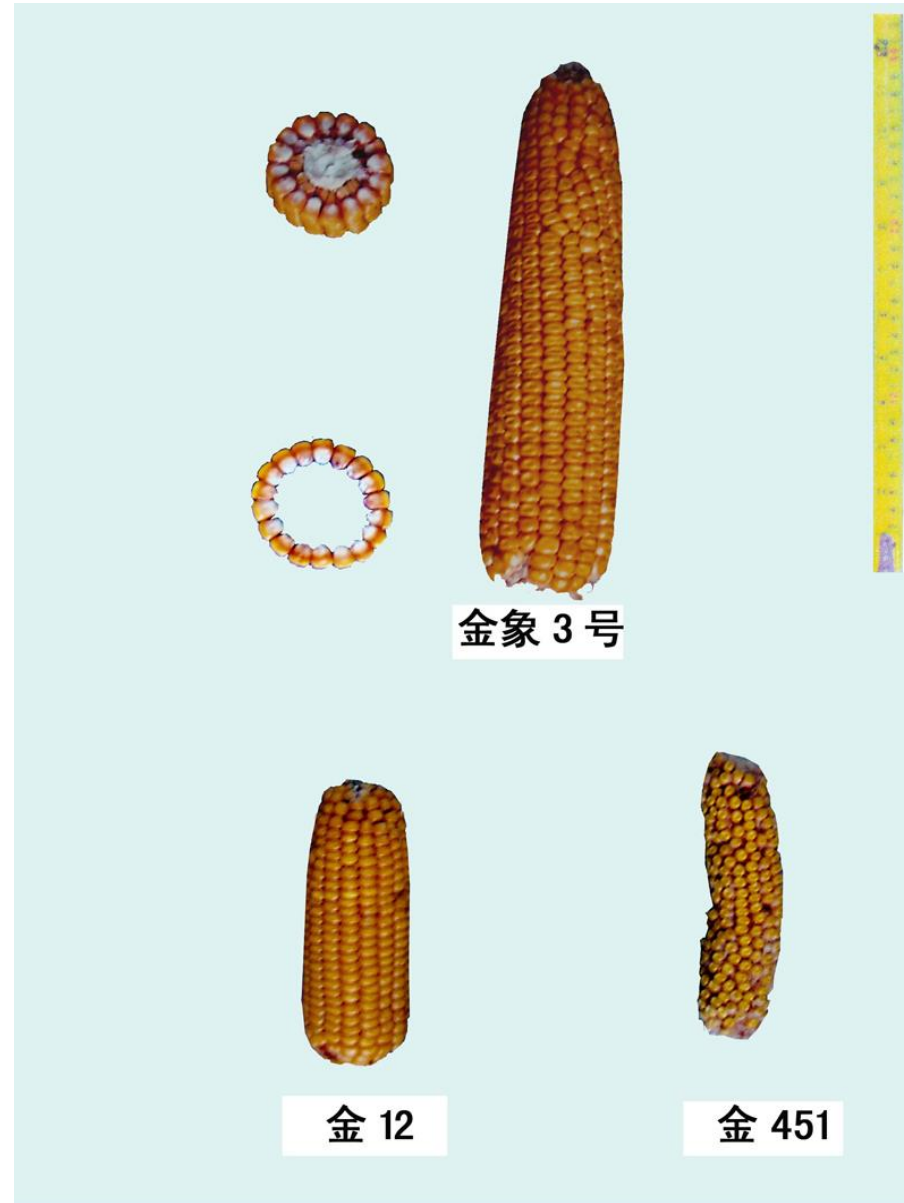
## 2、亲本选配

- (1) 亲本的优点多缺点少，且优缺点互补
- (2) 亲本之一最好为当地优良品种
- (3) 亲本的遗传差异较大（生态类型、地理起源和亲缘关系）
- (4) 亲本应具有较好的配合力

□ **配合力**：指亲本在杂交后代中的表现能力，是亲本重要的遗传参数。

□ **一般配合力**：一个亲本与其他许多亲本的杂交后代在某个数量性状上的平均表现。

□ **特殊配合力**：一个亲本与另一个亲本的杂交后代与双亲一般配合力的偏差。



金象三号杂交种果穗及其双亲果穗



**【实例1】****桂朝2号(水稻, 70年代)**

桂阳矮49 ♀ × 朝阳18号 ♂ → F1桂朝2号

茎秆生长较集中

叶片直立

母本的茎叶形态特点

丛生性

光合能力较高

父本较强光合能力

穗粒数超双亲, 千粒重高

丰产性强, 适应性广

**【实例2】**

碧蚂1号(冬小麦, 50年代在关中、华北大面积推广)

碧玉麦	×	蚂蚱麦	→	碧蚂1号
(原产澳大利亚)		(陕西省地方品种)		母本的茎叶形态特点
对条锈病免疫		感条锈病		抗病
抗倒伏		不抗倒伏		中抗倒伏
成熟早		成熟中		成熟中
粒大		粒小		粒大
品质好		品质较差		品质好
越冬性差		越冬性强		越冬性中等

——推广面积达9000万亩, 还有抗病性强的碧蚂4号, 面积较小, 但是一个很好的亲本。

**【实例3】**

中棉所12号(棉花, 80年代)

乌干达4号	×	邢台6871	→	中棉所12号
(原产乌干达)		(从斯字棉2B中选出, 在河北当地适应性好)		衣分高, 纤维品质好 高抗枯、黄萎病
纤维品质好		衣分高		优质、高产、抗病

### 3、杂交方式

#### (1) 单交(成对杂交): $A \times B$

当两个亲本的性状优缺点互补且符合育种目标, 可以采用单交方式。

#### (2) 复交 (复式杂交或多元杂交)

**三交:**  $(A \times B) \times C$

**双交:**  $(A \times B) \times (C \times D)$ 、 $(A \times C) \times (B \times D)$

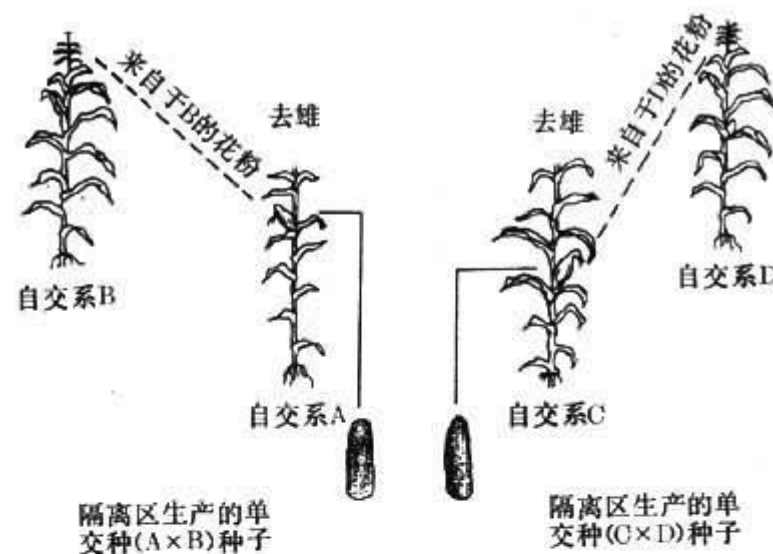
**四交:**  $(A \times B) \times C) \times D$  或写作  $A/B//C/D$

双交是特殊的四交, 只需2次杂交就可完成, 但四交需3次。四交一般用于弥补三交的不足。

### 复交后代的遗传组成

亲本	三交(%)	双交 (%)		四交(%)
	(A/B//C )	A/B//C/D	A/C//B/C	A/B//C/3/D
A	25	25	25	12.5
B	25	25	25	12.5
C	50	25	50	25
D	--	25	--	50

复交后代的遗传组成不同，一般用当地推广品种或优点较多的亲本作为最后一次杂交的亲本，以增加该亲本性状在杂种后代遗传组成中的比重。



制种田收获的双交种(A x B) x (C x D) 种子, 供应生产种植

玉米单交种、双交种制种过程示意

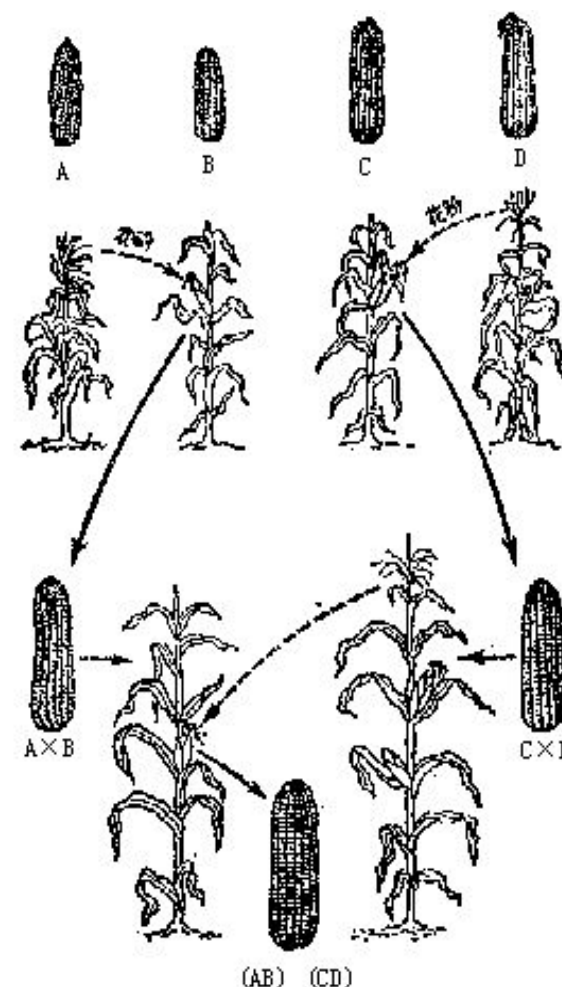
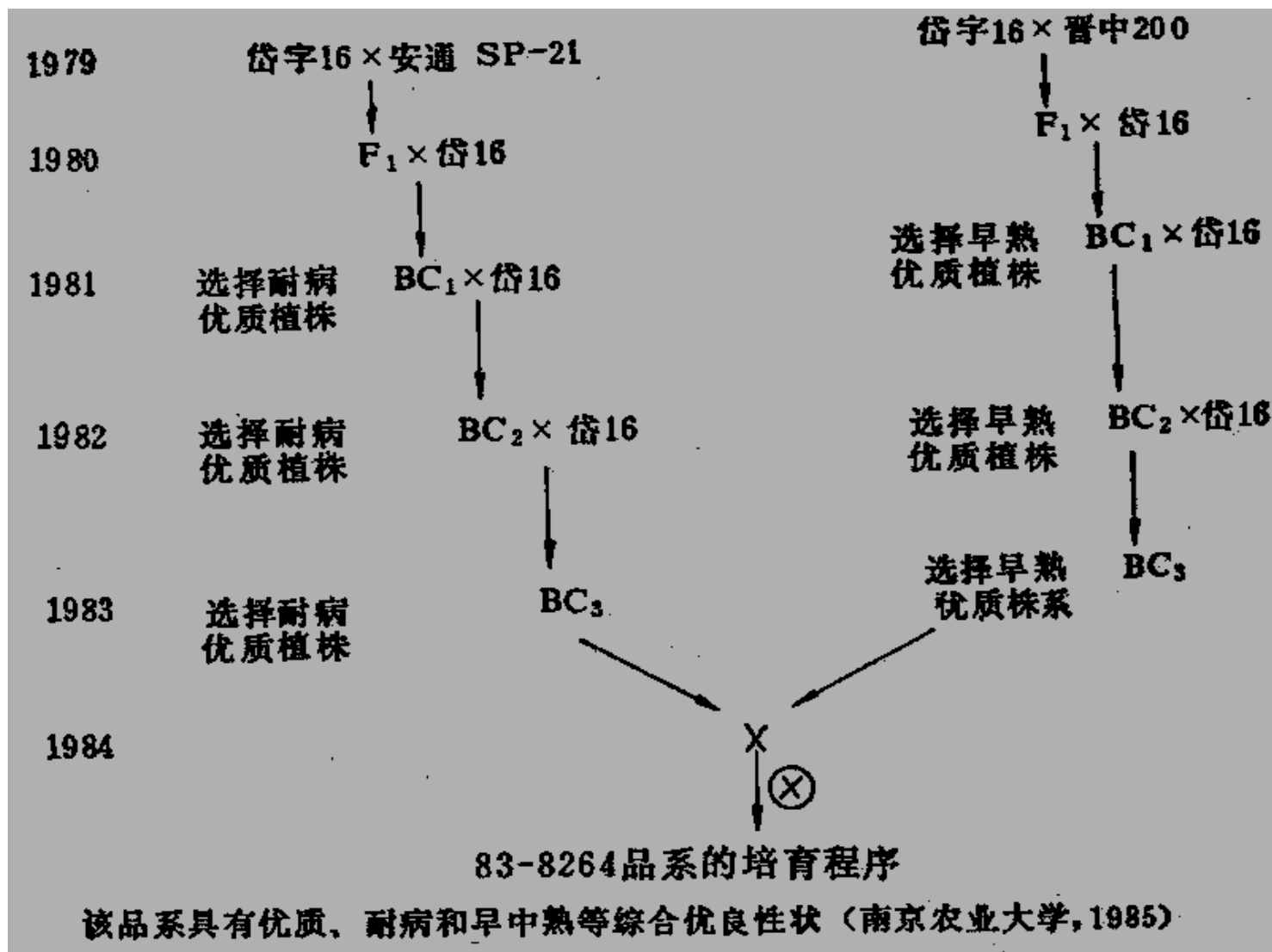


图 8-10 玉米双交种的制种过程, 目的在于产生播种用的玉米种子 A, B, C和D代表4个适宜的自交系, 它们都是高度纯合化的纯系, 生活力弱, 产量低。A和B是一个杂交组, 结果产生出杂种AB。C和D是另一杂交组, 结果产生出杂种CD。然后把杂种AB与杂种CD 交配, 产生出杂种ABCD, 产量很高, 这就是播种用的杂种种子

### (3) 回交 $(A \times B) \times B$ (B为轮回亲本)



## 4、杂种后代的选择

### (1) 系谱法

在选择过程中，各世代都予以系统编号，以便考查株系历史和亲缘关系，故称**系谱法**。

适用于自花授粉作物和常异花粉作物杂交育种。

自杂种第一次分离世代（单交 $F_2$ 、复交 $F_1$ ）开始选株，分别种成株行（即系统），以后各世代均在优良系统中继续单株选择，直至选出性状优良一致的系统升级进行产量试验。

系谱法选择方向明确，**用于质量性状的选择效果较好**。

此法选择世代多，工作量大，且由于早代淘汰较多，**用于数量性状易丢失优良基因**。



## (2) 混合选择法

在自花授粉作物的杂种分离世代，按组合混合种植，不加选择，直到估计杂种后代纯合百分率达到80%以上时（约在 $F_5$ - $F_8$ ），才开始选择一次单株，下一代成为系统（株行），然后选择优良系统进行升级试验。

混合选择法需要较大的群体，但可以保留丰富的遗传变异，用于数量性状的选择效果较好，不易丢失优良基因。

### (3) 衍生（派生）系统选择法

由 $F_2$ 或 $F_3$ 一个单株所繁衍的后代群体分别称之为 $F_2$ 或 $F_3$ 衍生系统。

在 $F_2$ 或 $F_3$ 进行一次株选，以后分离世代按系统混合种植不加选择，直到主要性状基本稳定（ $F_5$ - $F_8$ ），再从优良衍生系统内选择单株，翌年种成株系，并从中决选。

这种方法结合了系谱选择法和混合选择法的优点，对质量性状和数量性状都有较好的选择效果。

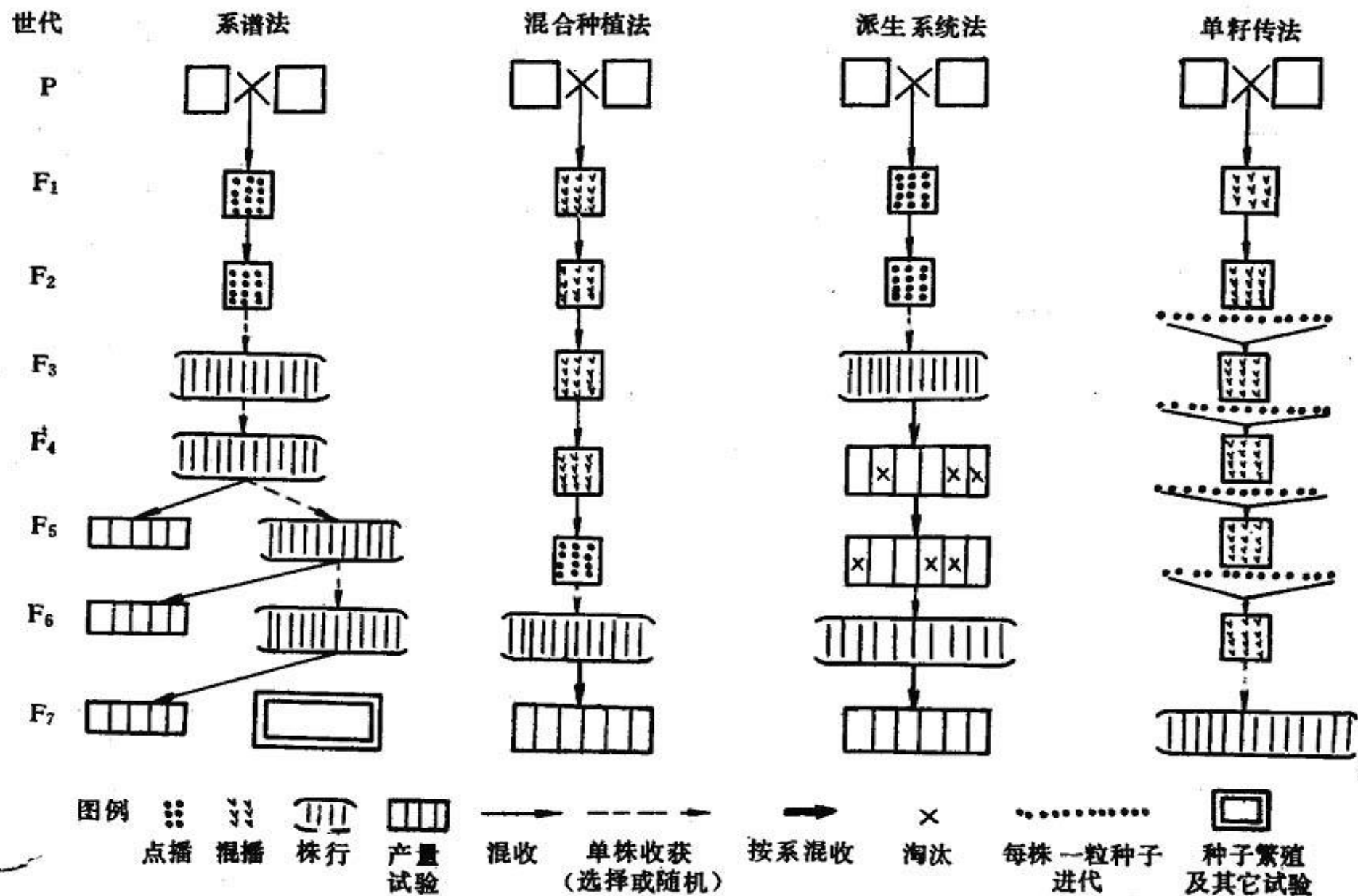
#### (4) 一粒传选择法

早期分离世代不进行选择，每株只收一粒（荚）或几粒种子，下一代混合种植，主要性状稳定后才作单株选择，下一代种成株行并决选。

一籽传是混合选择法的一种变形，能在较小的群体内保留丰富的遗传变异，提高对数量性状的选择效果。

## ——四种方法比较

- ◆ 质量性状或较简单的数量性状，**系谱法**可起到定向选择的作用。
- ◆ 对多基因性状，早代选择会淘汰大量优良类型，以**混合法**为宜。
- ◆ **衍生系统法**早代针对遗传力较高的、可靠性较大的性状进行一次选择，较早掌握优良材料；而在一定程度上减轻过于严格选择而造成的材料丢失。



## 5、育种程序

- (1) 原始材料圃与亲本圃
- (2) 选种圃（种植杂交组合各世代群体的地段）
- (3) 鉴定圃（主要种植从选种圃升级的新品系）
- (4) 品种比较试验
- (5) 生产试验与多点试验

## 四、杂种优势利用

### 1、杂种优势的概念

——指两个性状不同的亲本杂交产生的杂种 $F_1$ ，表现出的某些性状或综合性状超过其亲本品种的现象。

**营养生长：**出苗势旺，生长势强，营养体增加，绿期长。

**生殖生长：**结实器官增大，结实性增强，果实与籽粒产量提高。

**品质性状：**某些有效成分含量提高、熟期一致、外观品质和整齐度提高。

**生理功能：**适应性、抗病虫害性增强，耐性增强，光合能力提高。

## 2、杂种优势的计算方法

### (1) 平均优势

$F_1$ 的产量或某一数量性状的平均值与双亲同一性状平均值差值的比率。

$$\text{平均优势} = (\mathbf{F_1 - 双亲平均值}) / \text{双亲平均值}$$

### (2) 超亲优势

$$\text{超亲优势} = (\mathbf{F_1 - 较好亲本}) / \text{较好亲本}$$

若将式中**较好亲本**换成**较差亲本**则为负向超亲优势。

### (3) 超标（对照）优势

$$\text{对照优势} = (\mathbf{F_1 - 对照品种}) / \text{对照品种}$$



### 3、杂种优势的表现特点

#### (1) 复杂多样性

杂种优势的表现因组合、性状、环境条件不同而呈现复杂多样性。

#### (2) 杂种优势强弱和亲本性状差异及纯度密切相关

双亲的亲缘关系、生态类型、地理距离等差异越大，杂种优势越强。

双亲基因型的纯度越高，则杂种优势越大。

进行亲本繁殖和制种时，要采取严格的隔离措施。

#### (3) F<sub>2</sub>及以后世代杂种优势的衰退

□一般只利用F<sub>1</sub>。

F<sub>1</sub>：全部个体基因型一致，杂种优势强而整齐。

F<sub>2</sub>：纯合与杂合基因各占1/2，只有杂合基因型个体才表现出杂种优势，因此F<sub>2</sub>群体的杂种优势与整齐度都比F<sub>1</sub>明显下降。

F<sub>3</sub>：杂合基因型个体所占比例更少，杂种优势与整齐度更差。

## 4、杂种优势现象的遗传解释

### (1) 显性假说 ( $AABB \times aabb \rightarrow AaBb$ )

等位基因之间一般显性基因是有利的，隐性基因是不利的，杂交后代显性基因掩盖了隐性基因，从而表现优势。

### (2) 超显性假说

等位基因之间没有显隐性关系，杂交后异质结合所产生的作用大于同质结合的作用，从而表现优势。

不管哪种假说，杂种优势的大小都与亲本的纯合状况有关，亲本纯合位点越多，亲交后越能表现出杂种优势。

## 5、自交系的选育

自交系是经过多年、多代连续的人工强制自交和单株选择所形成的基因型纯合、性状整齐一致的自交后代。

### 对自交系的要求

- (1) 基因型纯合，表现整齐一致
- (2) 具有较高的一般配合力
- (3) 具有优良的农艺性状

### 自交系的选育方法：套袋，强迫自交

- **一环系**：从当地品种和推广品种中选育的自交系
- **二环系**：从自交系间杂交种选育的自交系

## 6、杂种优势利用的基本要求

- (1) 双亲一般配合力高
  - (2) 双亲遗传差异大
  - (3) 双亲优点多缺点少且优缺点互补。
  - (4) 制种性状好
- (即繁殖与制种工序简单易行，种子生产成本低)

## 7、杂种优势利用的途径

### (1) 人工去雄

雌雄同株异花的作物如**玉米**；

花器较大的作物如**棉花、瓜类**；

种子繁殖系数大而用种量少的作物如**烟草、番茄**等

### (2) 化学杀雄

在花粉发育前的适当时期喷施化学药剂可抑制花粉的正常发育，使花粉败育，达到杀雄的目的。

### (3) 利用自交不亲和性

十字花科中自交不亲和性尤为普遍，且已获得成功。

## (4) 雄性不育

一般分为两类：**细胞质不育**和**细胞核不育**。

### (1) 细胞质不育

是受细胞质雄性不育为主导、并受核质基因互作控制的，可以稳定遗传。

三系：雄性不育系S (rr)、保持系N (rr)、恢复系N (RR) 或S (RR)。

S不育，N正常；R可育，r不育。

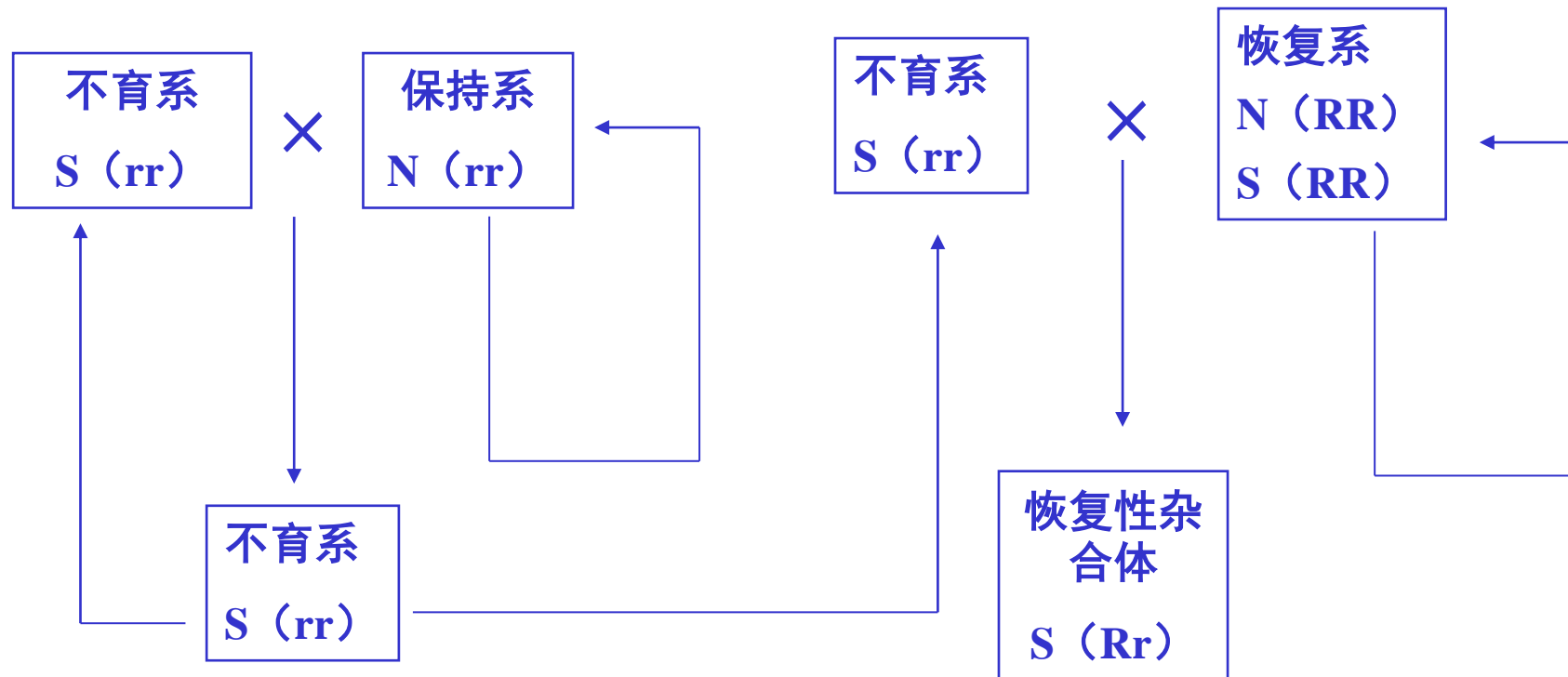
$$S (rr) \times N (rr) \rightarrow S (rr)$$

$$S (rr) \times N (RR) \text{ 或 } S (RR) \rightarrow S (Rr)$$

$$S (rr) \times N (Rr) \text{ 或 } S (Rr) \rightarrow S (Rr) + S (rr)$$

$$N(Rr) \text{ 自交 } \rightarrow N(RR) + N(rr), S(Rr) \text{ 自交 } \rightarrow S(RR) + S(rr)$$

### 三系法制种



## (2) 细胞核雄性不育

受细胞核雄性不育基因控制，一般不能稳定遗传。

有多种类型：

A 单隐（显）性基因

B 双隐（显）性基因

理论上可靠，实践上还有一些具体问题，尚有待解决。



## 五、其他育种方法

### (一) 诱变育种

利用理化因素诱发变异，再通过选择育成新品种的方法。

#### 1、物理诱变

如X射线、 $\gamma$ 射线和中子。扬辐麦

如**太空育种**，就是利用高能量的宇宙射线和失重环境。

#### 2、化学诱变

**烷化剂**：甲基磺酸酯、硫酸二乙酯和乙烯亚胺等类型的化合物

——主要类型，置换DNA中H原子，改变基因结构导致突变

**叠氮化合物**：叠氮化钠。——对复制中的DNA发生碱基替换作用。

化学诱变剂诱发突变率较高，易引起植物生活力和育性下降。

## 太空育种

1987年8月5日，我国第九颗返回式科学试验卫星的成功发射，一批水稻和青椒等农作物种子被送向了遥遥天际，这是我国农作物种子的首次太空之旅。当时搭载作物种子的目的并不是想育种，只是想看看空间环境对植物遗传性是否有影响。但是，科学家们在实验中无意发现，上过天的种子中发生了一些意外的遗传变异，因此人们开始考虑利用这种方式进行**农作物航天育种**。

**实践八号****育种卫星**是我国第一颗以空间**诱变育种**为主要任务的返回式科学试验卫星。卫星在酒泉发射，在轨运行15天后，在四川遂宁回收，留轨舱进行3天留轨试验。

卫星上装载水稻、麦类、玉米、棉麻、油料、蔬菜、林果花卉、微生物菌种和小杂粮等9大类2020份农作物种子材料，用于进行空间环境下的诱变飞行试验。共包括了152个物种，其中植物133种、微生物16种、动物3种。**卫星还装载了多项空间环境探测装置，用于探测空间环境辐射、微重力和地磁场等环境要素，开展空间环境要素诱变育种的对比研究。**







太空南瓜









太空黄瓜

### 3、特点

- (1) 提高突变率，扩大突变谱
- (2) 改良个别的单一性状比较有效
- (3) 诱发的性状较快稳定，缩短了育种年限

### 4、缺点

- (1) 诱发突变的方向和性质难以掌握
- (2) 难以在同一次处理中出现多个理想性状的变异。

## (二) 倍性育种

### 1、多倍体育种

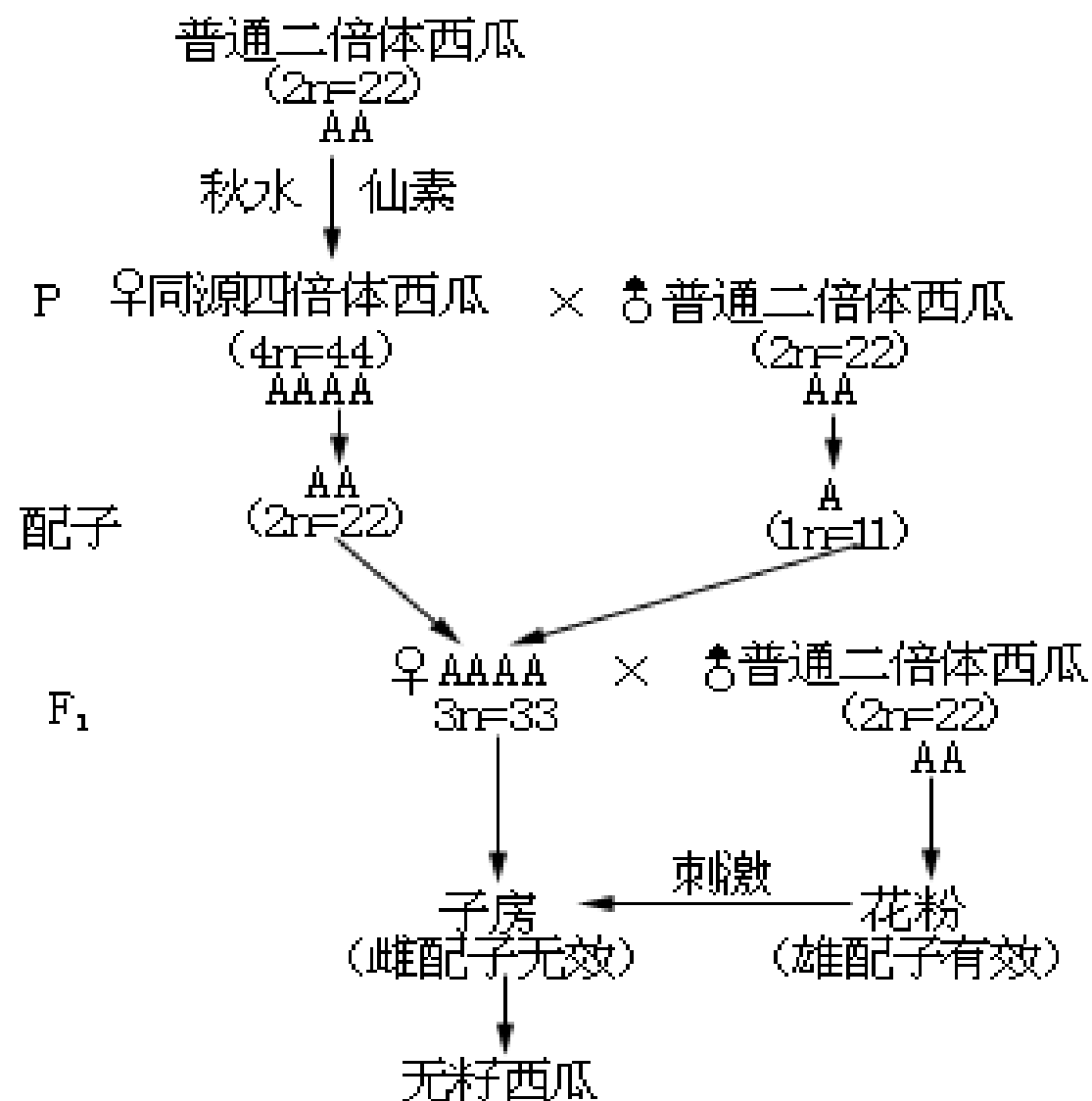
增加染色体数目产生同源多倍体，可获得植物某些器官“巨大型”的直接效果。

一年生**黑麦草**，**四倍体**的产量品质明显高于二倍体品种。

**二倍体甜菜**加倍成四倍数体后与二倍体杂交育成的**三倍体甜菜**，因在减数分裂时产生的染色体不平衡，所以完全不育或育性很低；但生长快、营养体生长繁茂、体积大、块根产量高、糖分含量也高，抗褐斑病力强。

**【思考题】无籽西瓜为几倍体，是如何育种的？**





## 2、单倍体育种

单倍体育种技术可以加速育种材料的纯合，提高选择效果，缩短育种年限，节省人力物力。

不足之处：

理想基因型出现较少，异花授粉作物的有害的隐性基因一般是致死的，难以获得单倍体。

单倍体群体小，很多优良基因很可能被淘汰。

### (三) 远缘杂交育种

不同种、属或亲缘关系更远的植物类型间所进行的杂交，称为**远缘杂交**，所产生的杂种称远缘杂种。

**如籼、粳稻间杂交；陆地棉与海岛棉间杂交。**

由于亲本的亲缘关系较远，遗传差异太大，远缘杂交很难成功地得到正常的种子，称作**远缘杂交的不亲和性**；杂交所得的种子，不能发芽，发芽后不能正常出苗或出苗后不能发育，称为**远缘杂种的不育性**。

远缘杂交后代**疯狂分离**。

## 上海诞生首批“兔毛棉花”服装

把从兔子身上分离到的**角蛋白基因**转入棉花，使棉花纤维首次具有了兔毛的品质。“**兔毛棉花**”诞生于中科院上海植物生理生态研究所。1998年，人工培育出第一代棉株，此后，转基因棉远赴江苏、河北进行筛选、育种，目前已至第六代，遗传性稳定。

由这种棉花制成的服装，色泽似兔毛般光亮，手感更柔软，弹性更强。

据悉，这是人类第一次用基因技术对棉花纤维进行改造，标志着纺织品由天然纤维、化学纤维时代进入转基因时代。

## (四) 生物技术在育种中的应用

### 1、细胞工程技术

- (1) 细胞培养：花粉母细胞、胚胎细胞和体细胞和组织培养。
- (2) 细胞克隆：主要用于细胞培养过程中。

### 2、染色体工程技术

- (1) 无性融合技术：即体细胞杂交，染色体重组技术。
- (2) 染色体加倍技术

### 3、基因工程技术

- (1) 转基因技术
- (2) 基因文库
- (3) 分子标记辅助选择：一些特殊的DNA片段可以为另一些被称为探针的含有 $^{32}\text{P}$ 的DNA片段识别。

## 第四节 良种繁育

农业生产上的种子包括植物学**种子**、**果实**以及其他用于播种的植物材料如马铃薯的**块茎**等。

### 一、品种审定与推广

#### 1、品种审定程序

申请→区域试验→生产→品种审查→品种审定

#### 2、种子产业化工程

包括品种选育、种子繁殖、种子加工、种子经营和推广。

**种子四化一供**：生产专用化、质量标准化、加工机械化、品种布局区域化，统一供种。

## 二、种子繁育体系

### (一) 种子繁育程序

一般分为原原种、原种和良种三个阶段。

**原原种（育种者种子）：**育种单位所提供的该品种纯度最高、最原始的优良种子。

**原种（称基础种子）：**由原原种直接繁殖出来的，或由正在生产上推广应用的品种经过提纯复壮后的种子，具有本品种的典型特征特性。

**良种（检定种子或合格种子）：**由原种繁殖出来的，特征特性和质量符合要求的种子。是生产上直接使用的种子。

## (二) 种子繁育体系

### 1、稻、麦（自花授粉）和棉、油（常异花授粉）常规种

#### (1) 分级生产，重复繁育

种子繁育田按照原种圃、一级种子圃、二级种子圃进行分级，繁育各级种子。  
注意防止混杂。

#### (2) 原原种更新和提纯复壮

**更新**是指重新采用育种者的原原种，繁殖原种种子；

**提纯复壮**是指在一级种子圃中，选择具有本品种典型特征特性的单株，下一代种成株行，选择具有本品种特征特性的株行，将其种子混合收获，即成为原种。



## 2、玉米、水稻、油菜等杂交组合

### (1) 自交系的繁育

父、母本自交系必须分别在严格的隔离区进行繁殖。隔离距离玉米不少于500米。繁殖自交系时，至少必须在**苗期、开花期和收获**之前，进行3次去杂去劣。

**自交和选择**是提纯玉米自交系、生产原种的基本措施。因为自交能使混杂的玉米自交系的性状发生分离、纯合。

亲本纯度的高低，直接影响杂种优势的大小。为了在生产上利用高优势的杂交种，必须不断对亲本进行提纯。

## (2) 杂交种子的繁育

### ① 选好制种区、亲本繁殖区和制种区

隔离方法：自然屏障隔离、空间和时间隔离和高秆作物隔离等。

### ② 规格播种

必须安排好父、母本的播期，使之花期相遇。

应有合理的父、母本行比，既有足够数量的父本花粉供应，也尽量增加母本行数，多产杂交种子，降低种子成本。

### ③ 精细管理

根据父母本的生育进程，进行栽培管理或调控，保证花期相遇，提高制种产量。

### ④ 去杂去劣

在亲本繁殖区严格去杂的基础上，对制种区的父母本，要认真地、分期地去杂、去劣，以保证亲本和杂交种子的纯度。

### ⑤及时去雄、辅助授粉

母本的去雄必须按不同作物特点及去雄方法，及时、彻底、干净。

为保证授粉良好，风媒传粉作物可进行若干次人工辅助授粉，提高结实率、增加产种量。

还可采用一些特殊措施，如玉米的剪苞叶、剪花丝，水稻的剥苞、割叶等来促进授粉。

### ⑥分收分藏

一般先收母本上的种子（即杂交一代种子），后收父本上的种子。

#### ⑦检查质量

##### 播种时主要检查：

亲本种子的数量、纯度、种子含水量、发芽率是否符合标准；

隔离区是否安全；

安排的父母本播期是否适当；

繁育、制种的计划是否配套等。

##### 去雄前后主要检查：

田间去杂去劣是否彻底；

父母本花期是否相遇良好；

去雄是否干净、彻底等。

##### 收获后主要检查：

种子的质量、尤其是纯度以及贮藏条件等。

### (三) 种子的加速繁殖

#### 1、提高繁殖系数

**繁殖系数：**种子繁殖的倍数，即产量为播种量的倍数。

**提高途径：**降低播种量，提高单产。水稻还可剥蘖繁殖。

#### 2、一年多代繁殖

**异地或异季繁殖：**选择光、热条件可以满足作物生长、发育所需要的某些地区，进行冬繁或夏繁加代。

**冬繁加代：**我国常将玉米、高粱、水稻、棉花等春播作物，收获后到**海南省**种植；

**夏繁加代：**小麦、油菜等秋播作物，收获后到云南**昆明**、**青海**等高寒地区种植。

**本地加代：**利用本地的气候条件或某些设备，本地加繁二代。

## (四) 品种混杂与退化

**品种混杂：**在某一品种群体中，混有其它作物、杂草或同一作物其它品种的种子或植株。

**品种退化：**指作物品种群体经济性状发生劣变的现象。

### (1) 非遗传原因（间接原因）

包括机械混杂、生理影响（过大种子、过熟种子、早抽薹种子、未熟种子等、成熟期遇低温或高温）、环境影响、混入恶性杂草种子。

### (2) 遗传原因（直接原因）

包括天然杂交（生物学混杂）、突变、近交衰退、随机漂移（采种个体数较少，发生随机漂移，改变群体遗传组成）、逆选择或逆淘汰、微效基因的继续分离、倒退（如诱变育种育成的品种发生回复突变等）。

## 三、种子检验

### (一) 种子检验的意义

**种子检验：**对种子的品种特征特性和种子质量进行检查的过程。

种子检验对保证大量合格种子的生产、经营和使用，保障作物生产和农民利益，具有十分重要的意义。

### (二) 种子质量标准

种子质量分级标准是国家的指导性标准，各地可根据具体情况参照执行。

### (三) 种子检验

种子检验的方法：生产田间检验、室内检验和种植检验。

#### 1、生产田间检验

主要检验品种的真实性和种子的纯度等。包括：种子田的隔离条件、生产条件、去杂去劣情况等。

#### 2、室内检验

主要检验种子的播种品质。包括水分、发芽率、净度、病虫害以及外观品质等。

#### 3、种植检验

即将种子种植于普通大田，检验其各种品质。包括本地种植检验和异地种植检验。



## 上节内容回顾:

### 8.作物的繁殖方式?

- ◆ **有性繁殖:** 凡由雌雄配子结合, 经过受精过程, 最后形成种子繁衍后代的, 统称有性繁殖。
- ◆ **自花授粉、异花授粉、常异花授粉**
- ◆ **无性繁殖:** 凡不经过有两性细胞受精过程的方式繁殖后代的统称为无性繁殖。

### 9.作物的品种类型

- 1) 自交系品种; 2) 杂交品种; 3) 群体品种; 4) 无性系品种

## 上节内容回顾：

### 10.什么是引种？引种的规律？★★

通过搜集、引进种质资源，在人类的选择培育下，使野生植物成为栽培植物，使外地或外国的作物品种成为本地的作物品种的措施和过程。

#### （1）低温长日性作物的引种规律

- ①原产高纬度地区的品种，引到低纬度地区？
- ②原产低纬度地区的品种，引至高纬度地区？
- ③高海拔地区的品种，引到平原地区？

#### （2）高温短日性作物的引种规律

#### （3）作物对环境反应的敏感度

- ①敏感型作物：如大豆。
- ②迟钝型作物：如甘薯、花生。
- ③中间型作物：如水稻、玉米、谷子、棉花、麻类。

## 上节内容回顾：

### 11.引种的原则

- (1) 要根据生产发展的需要，确定引种的目的与任务
- (2) 先试验后引种，少引种多自繁。
- (3) 引种试验与栽培试验相结合，探索良种良法配套技术
- (4) 进行必要的检疫，防止带入本地区没有的病虫害。

## 上节内容回顾：

### 12.什么是选择育种

直接利用自然变异，不需要人工创造变异而从中进行选择并通过比较试验的育种方法。

### 13.什么是杂交育种，亲本选配的原则？

通过不同亲本间的杂交，在后代中创造变异并从中选育新品种的方法。

**亲本选配：**

- (1) 亲本的优点多缺点少，且优缺点互补
- (2) 亲本之一最好为当地优良品种
- (3) 亲本的遗传差异较大（生态类型、地理起源和亲缘关系）
- (4) 亲本应具有较好的配合力

## 上节内容回顾：

### 14.什么是杂种优势，表现特点是什么？利用的要求？

指两个性状不同的亲本杂交产生的杂种 $F_1$ ，表现出的某些性状或综合性状超过其亲本品种的现象。

#### 表现特点

- (1) 复杂多样性
- (2) 杂种优势强弱和亲本性状差异及纯度密切相关
- (3)  $F_2$ 及以后世代杂种优势的衰退

#### 杂种优势利用的基本要求

- (1) 双亲一般配合力高
- (2) 双亲遗传差异大
- (3) 双亲优点多缺点少且优缺点互补。
- (4) 制种性状好