

# 毛主席语录

有了优良品种，即不增加劳动力、肥料，也可获得较多的收成。

在生产斗争和科学实验范围内，人类总是不断发展的，自然界也总是不断发展的，永远不会停止在一个水平上。因此，人类总得不断地总结经验，有所发现，有所发明，有所创造，有所前进。

## 《青年自学丛书》编辑说明

毛主席教导我们：“知识青年到农村去，接受贫下中农的再教育，很有必要。”成千上万的知识青年，响应毛主席的伟大号召，满怀革命豪情，奔赴祖国的农村和边疆。他们认真读马、列的书，读毛主席的书，积极投入批林批孔，朝气蓬勃地战斗在三大革命运动的第一线，坚定地走工农相结合的道路，对建设社会主义新农村作出了贡献，阶级斗争和路线斗争的觉悟有了很大提高。无产阶级英雄人物不断涌现，一代革命青年正在茁壮成长。这是毛主席革命路线的伟大胜利。

按照毛主席关于“要关怀青年一代的成长”的教导，为了适应广大上山下乡知识青年自学的需要，特编辑、出版这套《青年自学丛书》。丛书以马列主义、毛泽东思想为指导，内容包括哲学、社会科学、文学、自然科学的一些基本知识和实用农业技术知识等。我们希望，这套丛书的出版，能对上山下乡知识青年的学习起积极作用，有助于他们进一步提高路线斗争觉悟、政治理论水平和文化科学水平，在又红又专的道路上阔步前进，更好地适应建设社会主义新农村和各项事业发展的需要。

我们对大力支持这套丛书的出版工作的有关单位和作者，表示衷心的感谢，并欢迎广大读者对这套丛书提出意见和批评，以便改进。

上海人民出版社

661104/10

## 前 言

科学的发生和发展一开始就是由生产决定的。

不难理解，作物的产生，是远在遗传学出现之前；也就是讲，先有劳动人民的育种实践，而后才有遗传学的产生。育种实践是遗传学理论的源泉；遗传学是育种的理论基础。“理论的基础是实践，又反过来为实践服务”。这便是育种和遗传学之间的辩证关系。

应该承认，在当前的遗传学理论中，有一部分仍可作为现今育种工作中的理论指导；有一部分是远远不符合育种形势的需要，甚至是有错误的。因此，这就要求我们对待遗传学要有一个科学分析、实事求是的态度。是正确的就应该继承、发展；是错误的就应该批判、扬弃。而正确与错误又必须通过实践来检验。

这本书是写给上山下乡的知识青年看的，讲的是作物的遗传和育种。在内容安排上，是企图通过作物育种来介绍一点作物遗传知识；通过作物遗传知识来谈谈在作物育种中的运用。其目的是想让知识青年在育种实践工作过程中，不仅要懂得怎样做，而且要晓得为什么要这样、那样做。但由于作者水平有限，写来不免有错误和不当之处，深望读者批评、指正，以便使本书逐渐取得完善。

编 者

# 目 录

第一章 作物的进化	1
一、遗传和变异	1
二、遗传的变异和不遗传的变异	3
三、遗传和环境	8
四、作物的进化	11
第二章 作物的繁殖	20
一、营养繁殖和有性繁殖	20
二、有丝分裂和减数分裂	22
三、配子形成和受精过程	29
四、染色体和遗传	33
第三章 遗传规律和育种	39
一、显性和隐性	39
二、分离规律	44
三、自由组合规律	51
四、连锁和互换规律	58
第四章 数量性状的遗传	67
一、数量性状	67
二、数量性状的遗传方式	70
三、基因数的推算	76
四、多基因与育种	77
第五章 选择	81
一、选择的遗传原理	81

二、选择育种的基本原则·····	86
三、作物的传粉方式与选择方法·····	89
四、营养繁殖作物的选择育种·····	102
<b>第六章 品种间杂交</b> ·····	<b>104</b>
一、杂交育种的可能性与现实性·····	104
二、杂交亲本的选择·····	108
三、杂交的组合方式·····	112
四、杂交技术·····	118
五、杂交后代的选育·····	132
<b>第七章 远缘杂交</b> ·····	<b>140</b>
一、远缘杂交的含义·····	140
二、远缘杂交在育种上的价值·····	142
三、克服杂交不孕的方法·····	144
四、克服杂种不育的方法·····	147
五、杂种后代的分离和处理·····	151
<b>第八章 杂种优势</b> ·····	<b>152</b>
一、杂种优势的现象·····	152
二、杂种优势的遗传实质·····	154
三、玉米杂交种的类型·····	132
四、玉米自交系的选育·····	163
五、玉米杂交种的选育·····	168
六、杂交种子的生产·····	171
<b>第九章 雄性不育的利用</b> ·····	<b>176</b>
一、雄性不育的现象和诊断·····	176
二、形成雄性不育的原因·····	179
三、雄性不育的遗传方式·····	180
四、雄性不育的利用·····	184
五、化学去雄·····	193

第十章 无性杂交 .....	204
一、无性杂交在育种上的成就 .....	204
二、无性杂交在育种中的作用 .....	205
三、无性杂交的方法 .....	210
四、获得无性杂种的条件 .....	218
第十一章 辐射育种 .....	221
一、辐射改变遗传性 .....	222
二、辐射诱变在育种上的利用 .....	225
三、辐射处理材料的选择 .....	228
四、辐射处理的方法和剂量 .....	231
五、辐射后代的选育 .....	235
第十二章 倍数性育种 .....	240
一、多倍体育种 .....	240
二、单倍体育种 .....	257
第十三章 地方品种の利用与引种 .....	265
一、地方品种の利用 .....	265
二、引种在育种工作中的意义 .....	272
三、引种的原理和原则 .....	274
四、引种的方法和注意事项 .....	279
第十四章 良种繁育和种子检验 .....	283
一、良种繁育的任务 .....	283
二、品种的混杂退化及其防止措施 .....	285
三、良种繁育的技术 .....	293
四、种子检验 .....	305
第十五章 田间试验 .....	311
一、田间试验的基本原则 .....	311
二、田间试验的设计 .....	312
三、田间试验应注意事项 .....	323
四、田间试验的观察记载 .....	325
五、试验资料的整理和分析 .....	329

# 第一章 作物的进化

农业生产上的形形色色品种，都是在人们的干预下，顺着人们所指引的方向前进的。从这个意义上讲，现代的作物育种学，就是一门“人工进化的科学”。

进化有三个主要因素：遗传、变异和选择。

要了解品种的进化，就必须晓得遗传、变异和选择是怎么回事；弄清遗传、变异和选择三者之间的关系。这一些，就是这一章所要讲的主要内容。

## 一、遗传和变异

每一类作物，总有许多品种。每个品种都有着它自己的形态特征。就水稻来看，植株有高矮，叶片有长短，叶幅有宽狭，叶色有浓淡，剑叶开度有大小，芒的有无和长短，籽粒形状、大小有差别等等；除了形态特征外，各个品种又有各自的生理特性，例如成熟期有迟早，耐肥性有高低，脱粒性有难易，抗逆性有强弱等等。作物身上所具有这种种的形态特征和生理特性，总括起来，统称为性状。

有经验的贫下中农，到田头一看，就可以讲出这个叫什么品种，那个叫什么品种。外行人感到奇怪，内行人胸中有数，原来，他们对品种如此熟悉，就是根据性状来判断的。

每个品种都能将它们的性状从亲代传给子代，而且是世代相传。比方说，“农垦 58 号”的后代总归是“农垦 58”的样

子；“矮脚南特”的后代总归是“矮脚南特”的长相。界限分明，毫不含糊。不指别的，甚至连颖尖颜色的有无、浓淡，以及那个为一般人所不很注意的护颖长度、粗细，在亲代与子代之间，也都显得那么维妙维肖。这种子代与亲代相似的现象，通常我们就称它为遗传。如果从育种角度来讲，这就是品种的稳定性的，是品种“不变”的一面。

**“无论什么事物的运动都采取两种状态，相对地静止的状态和显著地变动的状态”。**在这里，我们既要看到品种具有遗传的特性，品种具有相对稳定保持优良性状“不变”的一面；同时，也应该看到品种在长期栽培过程中，由于受到外界环境条件的影响，“**外因通过内因而起作用**”，一个品种的原来相对稳定的性状又必然会发生一定的变化，这种变化，在遗传学上，就叫变异。这是品种“变”的一面。所以，任何一个品种，在生产过程中，总是“不变之中有变”；或者讲，在一个品种中，既有遗传现象，又有变异存在。变异是绝对的；遗传是相对的。

在生命连续系统中，遗传与变异总是相互联系的。作物通过遗传才能保持品种的相对稳定性，这样，才能使我们在生产上反复运用一个优良品种的优良特性，实现在高产基础上的稳产；否则，生产上就难能得到保证。但是，如果一个品种只是固定不变，不产生变异，那就不可能使品种进一步发展，不可能产生更优良的新品种。也只有在变异的基础上，才使育种工作变得可能。总之，遗传和变异是互相矛盾但又是统一的，也正因为如此，才能使品种遵循着前进运动，而不是循环运动，使品种不断得到改进和发展。

这里，可用一个例子来说明：

“岱字 15 号”棉种是 1950 年从国外引进的，算起来，这个棉种在有些地区已种植二十多年了，由于各地对棉种重视，坚



持不断选种,不断提纯复壮,良种的性状代代相传,种性至今仍旧保持,所以,这个品种至今仍为贫下中农所喜爱。但是,“岱字 15 号”中也仍然有变异,也向两极分化。人们在两极分化过程中,选择了有利的变异,因此,在“岱字 15 号”中也还是陆续选出了一些新品种,“宁棉 12 号”便是其中一个。“宁棉 12 号”的中、下部结铃性比“岱字 15 号”强,铃期较短、吐絮集中、铃壳薄、吐絮畅、采摘方便,比“岱字 15 号”早熟、稳产、耐肥、不徒长;在高肥条件下,增产潜力大。据各地试验,认为一般比“岱字 15 号”增产一成到三成。

这个例子,说明了这样一个问题:那就是遗传与变异的辩证统一关系。对待一个现有的优良品种,我们既要保持它的优良种性,使优良性状处于相对稳定当中,又要重视选择优良的变异,作为培育新品种的材料。总之,对提纯复壮和“好中选优”这两桩工作都要同时注意,有主有从,不能偏废。

## 二、遗传的变异和不遗传的变异

作物品种会发生变异,任何生物都会发生变异,这是自然法则。

但是,对变异还需要作一番科学分析。英国生物学家达尔文很早就曾注意到这个问题。他认为,在环境的直接影响下,变异的发生牵涉到两个因素,一是生物的本性,一是条件的性质。他认为在决定变异的方向中,生物的本性比较重要,理由是:“据我们所能判断的来说,在不相似的条件,有时能发生几乎相似的变异;另一方面,在几乎一致的条件,却能发生不相似的变异”。

环境对生物体的直接影响所产生的效果,有时是一定的,有时是不定的。换句话说,环境影响所引起的生物体及其后

代的变异,有一定变异和不定变异。

按照达尔文的研究,在生物进化中,不定变异是主要的;因此,不定变异是生物进化的主要依据。

达尔文把变异分为一定变异和不定变异两类,这两类变异,也就是今天遗传学中所指的不遗传的变异和遗传的变异。

#### (一)不遗传的变异

不遗传的变异,也就是达尔文所指的一定变异。

什么叫一定变异?它是指在同样的条件作用下,所有的个体都发生同样变异,也就是都向着同一个方向发生变异,在这里,环境条件决定了变异的方向。这种一定变异,既可以表现为很微小的变化,也可以表现为显著的改变。

比如讲,任何一个优良品种,如果把它种植在瘠薄的土壤里,再加上栽培管理不当,所有的植株,势必都将变矮、穗形减小、籽粒不饱满,以致产量显著下降。在这里,瘠薄的土壤和不良的栽培技术,决定了植株变矮、穗形减小、籽粒不饱满的方向。这种变异是否能遗传呢?让我们将种子收起,来年将它们改种在肥沃的土壤中,再加精心管理,结果所出现的情况与上一年截然不同,植株高度恢复正常,仍旧是穗大粒多、籽粒饱满,恢复了原品种的优良性状,产量又上去了。这个事实告诉我们:良好的生活条件使优秀的遗传特性得到充分发展,不良的生活条件抑制了这种发展,但并不一定就使优良的遗传特性发生劣变。象这种一般环境条件引起的简单的、表面的变异是不遗传的。

再举一个例子。一个水稻品种的分蘖多寡是可以遗传的,但是分蘖数很容易受到外界环境条件的影响,比如在肥多、稀植的环境条件下,分蘖数就多;相反,在肥少、过密的环境条件下,分蘖数就少。水稻是如此,小麦是如此,凡是能长分蘖的

作物也都是一个样,这是个普遍情况。

曾有人对一个水稻品种的分蘖数作过调查研究,调查的结果:

水稻分蘖数的变异

分蘖数	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	共计
株数	1	1	6	7	25	37	42	48	40	34	26	16	8	4	4	1	300

从上表的结果来看,这个水稻品种的分蘖数是分布在5~20之间,平均分蘖数为12.3。同一个水稻品种,它们之间的分蘖数为什么会相差这么大呢?这显然是由于外界环境条件不同而引起的。

将分蘖数最多(20)的植株上的种子收下来,将分蘖数最少(5)的植株上的种子也采下来,而后将它们同时种植在同一个环境条件下,结果,它们后代之间的分蘖数却又非常相近,看不出有什么显著的变异。

这个例子告诉我们这样一个事实:在一个遗传基础相同的材料中,不能单指望通过稀植、多施肥来获得一个分蘖数多的新品种,为什么?道理很简单,因为这一类变异是不遗传的。因而在育种上重要的是遗传的变异。

## (二)遗传的变异

遗传的变异,也就是达尔文所指的不定变异。

什么是不定变异?就是指在大致相同的条件作用下,各个个体发生的变异不同,有的个体表现为这样的变异,而有的个体却表现那样的变异。在这里,环境条件并不决定变异的方向。按照达尔文的意见,不定变异比一定变异更为普遍,在品种的起源上,更为重要。大量的事实证明,也确实是如此。

前面刚讲过,一定变异是属于不遗传的变异,其所以不遗

传,那是由于外界环境条件只影响到作物的外表性状的变化,而并没有影响到作物品种内部遗传基础的改变;“内因是变化的根据”,在那里,内因既然没有发生变化,当然,这类变异是属于不遗传的。如果生物体内部遗传基础发生了变化,那末,这种变异就可能遗传给下一代,这类变异便是属于遗传的变异。

比如讲,一个品种经过辐射处理后,后代的植株开始变了,怎样变?就株高来看,有的保持原状,不变;有的变高了;有的变矮了。象这类变异是可以遗传的。为什么?因为它的遗传基础改变了。

又比如讲,杂交也可以引起遗传基础的变化,毫无疑问,这样引起的变异也是可以遗传的。

现在要问:这遗传基础究竟是指什么东西?它又怎样会发生变化的呢?

我们已经知道,任何一个品种的性状都是世代相传的。现在的问题是:亲代是如何将性状传给子代的呢?

如果是有性生殖的话,非常明显,那就必须通过亲代与子代之间的桥梁——生殖细胞的途径来传递。但是,在生殖细胞里却从来没有找到过我们所指的性状。因此,可以推想,亲代的性状是不能直接遗传给后代,而是通过间接的方式传递给后代的;可以设想,细胞里一定含有控制性状遗传的物质基础。现代遗传学的研究已经证实了:在细胞里确实有种控制性状遗传的物质基础;这种遗传的物质基础主要是细胞核里的染色体;它们是以遗传单位发生作用的,这遗传单位主要是在染色体上,叫遗传因子,或者叫基因。现经科学证明,除了染色体带有遗传基础外,细胞质里也有一些遗传基础,也有一些基因属性的物质,只不过分量少些而已。因此,这里我们所

指的遗传基础,是指全部遗传物质的总和,它包括细胞核内的染色体及其上面所分化的基因、和细胞质中所有的细胞质基因等。生物体全部遗传因子或基因成份,总称为因子型,或叫基因型、遗传型;在某些地方也经常被叫作为遗传基础、遗传物质或遗传结构。叫法虽有所不同,实际上却完全是一回事。

明白了遗传基础是怎么回事之后,现在要谈到遗传基础是怎样会发生变化的?

“唯物辩证法认为外因是变化的条件,内因是变化的根据,外因通过内因而起作用。”没有例外,遗传基础也只有在外界环境条件的影响下才能发生变异。比如讲,通过辐射处理,可以引起细胞内的某些个基因发生改变,从而改造了品种的某些个性状;通过杂交,由于异型基因的重新组合,一般在杂种第二代后,就开始出现了各种各样的类型。

我们育种的目的是,为了改良作物品种,可以这样认为,作物品种的改良,归根到底是对遗传基础的改良。所以,正确地掌握关于基因的知识就成为提高育种水平的重要基础。基因研究属于遗传学领域,因而育种技术或者育种学的发展在很大程度上有待于遗传学的进展。

### (三)不遗传变异和遗传变异的相对性

把变异按其性质分为上述两类,这在一定程度上反映了生物界变异的客观现象和当前科学发展对变异的认识水平。毫无疑问,自然界中各种相互联系的现象总是在一定条件下转化的。因此,把变异分为不遗传的变异和遗传的变异,或一定变异和不定变异,也不能是绝对的。

例如,用秋水仙素诱导植物多倍体,在同一条件下,总是会引起染色体成倍增加,而且在性状表现上也有着许多共同的特征。在这里,遗传的变异(不定变异)却表现了定向性。

又如，在低温、早播的条件下，进行一代代的棉花培育试验，结果，在相似的试验条件下，都曾得到了抗寒、早熟、果枝紧凑等一定变异；但是在绒长方面，有的看到有明显的增长，有的则发现有变短的倾向。在这里，由于环境条件引起的定向变异（指抗寒、早熟、果枝紧凑等性状）也可以是遗传的，而相似条件下某些性状（指绒长）的变异也可能是不定的。

### 三、遗传和环境

刚才讲过，变异的产生与环境条件有关系，外界环境条件既可促使作物的外表性状发生变异，又可促使作物的内在的遗传基础发生变异。

外界环境条件与遗传也有着密切关系，可以这样认为，作物品种的各种性状，都是遗传和环境相互作用的结果。当然，具体性状不同，在不同环境条件下的表现情况也会有所差异。

#### （一）基因型和表现型

亲代的性状并不能直接传递给下一代，亲代传递给子代的只能是支配性状发育的遗传基础（基因型）；对由此经过发育过程所表现出来的性状，就称它为表现型。

遗传性状的能否表现，无疑地，是需要一定的遗传基础（基因型），这种遗传基础只是表示遗传的可能性，或者说是性状遗传的潜在能力。但是遗传的可能性（基因型）并不等于遗传的现实性（表现型），在遗传基础和性状表现之间还需经过一个发育过程，在发育过程中，作物还必须从外界环境中不断吸收其需要的物质，通过一系列新陈代谢，转化为其自身的物质后，遗传性状才能得到表现。也就是说，遗传性状的表现，一方面要有一定的遗传基础，一方面还缺少不了适宜的外界环境条件。

例如，绝大多数玉米幼苗都能够形成叶绿素，因而能够进行光合作用。叶绿素也是种遗传性状，当然，它也是由基因型所支配。这里，可做一个实验：把玉米种子播种在花钵里，而后把花钵放在暗室中，结果，玉米种子萌发所长成的幼苗是白色的或淡黄色的。如果以后把花钵移到阳光底下，经过一些时候，多数幼苗都逐渐转变为绿色，生机焕发；而另有一、二棵幼苗依然苍白，萎靡不振，以至死去。这个实验告诉我们：那多数能转变为绿色的幼苗是有形成叶绿素能力的。可是如果没有阳光，可能性也不能实现，叶绿素也就不能形成；而另一、二颗不能转变成绿色的幼苗，由于它缺少形成叶绿素的能力，所以，即使在充足的阳光下，它还是不能变绿。从这里可清楚看出，要形成叶绿素，一方面除了要有必要的遗传基础外，另一方面还要有不可缺少的环境条件——阳光，两者缺一不可。

基因型是性状发展的内因，是表现型形成的根据；外界环境条件是基因型变为表现型的必要条件，环境对遗传所起的作用必须通过基因型而实现，表现型往往因环境的变化而改变，但并不因此影响基因型。

比如讲，作物的成熟期也是一种性状，它也是被支配作物成熟期的基因所控制的。另一方面，事实上作物成熟期也由于当年的气象状况（也就是外界环境条件）的影响而有相当的变化，但是气象状况毕竟是影响成熟期表现的外在条件，它并不是可以超出基因型所控制的界限而提前或者延迟成熟的因素。

明确了基因型与表现型之间的关系，对育种工作是有现实意义的。

比如，我们要培育一个耐盐碱的水稻品种，最好在盐碱地区进行选育，这是因为这种耐盐碱的优良性状，在一般地区

是表现不出来的，也只有在盐碱地区才能显示出它的耐盐碱程度。上海市郊新近培育出的一个耐盐碱水稻新品种叫“双丰1号”，它的选育工作，就是在盐碱较为严重的条件下进行的。

同样，小麦品种对某种锈病的抗病或感染的潜在能力也是能够遗传的，但是，抗病性状的表现，也只有当小麦品种处于病菌发生的环境中(或通过人工接种)才能鉴别出来，换一个无病的环境，就无法知道它究竟是抗病还是易感染。

在处理作物的抵抗病虫害的潜在能力上，有时就显得复杂，因为这里牵涉到与另一种生物的关系。作物本身(指基因型)是可能通过环境产生变异的，但病菌为低等植物，同样有变异的可能性。因此，一种作物抗病力的消失(指表现型)，不一定就是作物本身抗性(指基因型)的退化。例如，冬小麦品种“碧蚂1号”初育成时，原是高度抵抗条锈病的，但推广几年后，在原推广区就变成高度感病的品种。研究的结果表明，“碧蚂1号”原来的那种抗条锈病的潜在能力并没有丧失，或者说，它原来的基因型并没有发生变异，问题是原来种植地区的条锈病菌(是“碧蚂1号”的环境条件)发生了变异，产生了新的“生理小种”<sup>①</sup>的关系，这在病菌上是经常发生的事。这样，原来具有高度抗条锈病的“碧蚂1号”，对这些新病菌竟毫无抵抗能力。要解决这一问题，必须一方面了解病菌变异的情况，一方面选育抵抗新病菌的新品种。因此，选育良种必须是长期不可间断的，只有这样，才能不断满足生产上的需要。

## (二)不同性状的反应规范

表现型是基因型和环境相互作用的结果。但是，作物品种的各个具体性状发育的条件是不相同的，具有相同基因型

<sup>①</sup> 生理小种是指在同一病原菌的种内，分化出许多形态相似，但致病力有差异的类型。



的作物品种,在发育过程中如果处于不同条件下,它们的表现型可能不同。通常我们把在不同条件下性状表现的可能范围称为反应规范。

有一些性状在不同环境条件下的反应范围很小,一定的基因型总是产生一定的表现型。例如水稻的抗落粒性、水稻和玉米的糯性、棉花的短果枝、大麦的芒等等,一般不受或很少受环境条件的影响而有所改变,能够在后代中一再重复表现,保持表现型的稳定性。这种表现型的稳定性在实践上有着重要意义,一个品种的性状就是依靠相对的稳定性的来保持的,否则,环境条件随时随地都会发生改变,优良的性状就不能重复获得。在检定品种纯度时,也都应以表现型稳定的性状为标志,如果作物品种的某些表现稳定的性状不一致,说明品种的纯度已经降低,必须采取相应的措施,进行去杂保纯。

另有一些性状在不同环境条件下反应的范围较大,一定的基因型可以产生不同的表现型。例如植株高度、分蘖多少、穗形大小、成熟期迟早等等,常常随着栽培条件的改变,性状的表现可以有很大范围的差异。在生产实践上,必须重视造成这种差异的综合环境因素,使良种和良法相结合,以促进有利性状得到最充分的表现,才能获得良种增产的效果。

#### 四、作物的进化

现在知道:每一种作物都有它的遗传性,每一种作物都有它的变异性;在这里,选择是动力,它引导作物朝着一定方向发展。如果讲,要是没有遗传的话,每一种作物就不能把变异所产生的变化一代一代地连续保留下去;要是没有变异的话,那每一种作物就不会有变化,而作物也就永远不能从最初的

形式再向前推进一步;如果没有选择的话,就不可能把没有方向的变异和有方向的进化统一起来。这样,遗传、变异和选择就构成为作物进化的三个不可缺少的因素。

### (一)从野生种到栽培种

所有的栽培种是从野生种进化而来的。

历来,人们在采食和留种的时候,总喜欢选择符合人们自己需要的变异个体,继续种植,经过一代又一代的去劣留优,使那些被选择的植物逐渐脱离了野生状态而成为栽培植物,这就是我们今天所说的作物。

比如,用来榨糖用的甜菜,人们需要的是它的块根,块根越大,含糖量越多,越符合人们的要求。人们也就是按照这个明确的方向来选择培育的。因此,如果把现在的栽培型和它的近缘野生型相比,就很容易看到:栽培型根部肥大,只有一个主根,而野生型根部瘦小且分岔(如图1-1)。

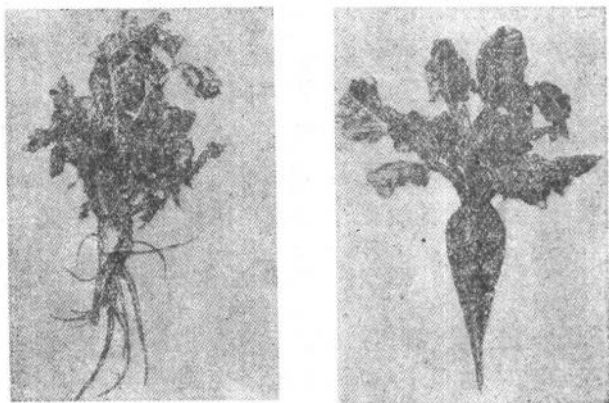


图 1-1 甜菜的野生型与栽培型比较  
左:野生型 右:栽培型

栽培种同野生种相比,不仅在形态特征上表现不同,而且在生理特性上也有所区别。比如,栽培稻还表现比野生稻具有不易落粒的性能。野生稻的种子,在成熟时即行落粒,而栽培稻却并不是那样;虽然,在栽培稻的某些籼稻品种中,也带有易落粒的性状,但毕竟还是要比野生稻来得好些(图 1-2)。其他禾谷类作物也都具有这种特点。豆类中,象豌豆、蚕豆的栽培种的荚到了收获期也是不易开裂的,但是野生种却随着成熟而自行开裂。果实在成熟时开裂并且散落种子的这种现象,对野生种本身来说,为了传播种子是需要的,但对栽培作物,特别是以生产种子为目的的作物来说,需要的却是抗落粒性。



图 1-2 野生稻和栽培稻  
左右:野生稻 中:栽培稻

栽培种是按照人们的需要而选育成功的。但是,栽培种所具有的性状,也不一定全部都是符合于人们的要求。强健性就是野生种所具有的优点而在栽培种里却失去了。因此,

抗病性品种的培育问题,在今天对所有作物来说,已成为育种研究上的重大课题之一。

就糖用甜菜来说,人们迫切要求有抗褐斑病、病毒病的品种,为此有人就将近缘野生种(沿海甜菜)所具有的对褐斑病的抵抗力引入到栽培种中去,终于培育出了抗褐斑病的新品种,供栽培上使用。

从作物形成的过程来看,它们是在一定的自然条件下和人的选择下形成的,所以能适合当地的自然条件和人类需要。也正因为这样,在不同的自然条件下,或者在人类不同的选择方向下,就产生了各种各样的品种。

## (二)品种的演变和革新

什么叫品种?在农业上,品种这个词是极为普遍地用以区分一种作物的类型来使用,比如讲,在同一种作物中,就有不同的类型:植株有高有矮;成熟期有早有晚;有耐肥的,有耐瘠的;有粳的,也有糯的。等等。这种不同的类型如在生产上推广利用,就可以称做为品种。从育种的观点来看,品种的概念,至少应包括如下两个条件:(1)具有能够明显区别的性状;(2)这性状又是处于相对稳定之中的。农业上在实际运用品种这个概念时,除了一般的品种之外,其他如营养系、自交系、第一代杂种等也都包含在品种含义之内,统称为品种。

随着农业生产的发展,人们对作物品种的要求越来越高。要丰产,又要稳产;要高的产量,又要好的质量;要能适应本地区的自然条件,又要能适应本地区的耕作制度和生产水平。

### 1. 当前育种的动向:

第一,从植物形态学和生理学方面着手,改良株型,提高品种的增产潜力。

对稻、麦等禾谷类作物,国内外都十分重视株型的改良工

作。要求秆矮而坚韧、叶片直立和较强的分蘖。这样的品种既适宜密植，又能够充分利用阳光、水肥条件发挥其高产潜力。此外，茎矮、秆硬的品种，更适合于机械耕作和收获。

茎秆的高度和坚韧度是耐肥性的重要因素。不耐肥就不可能高产。茎矮，不仅可以抗倒，而且可以减少茎秆呼吸作用的消耗，以增加产量。但是，高秆类型比矮秆类型透光性往往较为有利，所以特别矮的类型并不好，造成叶片在茎秆上排列过分密集，形成郁闭而不通风透光。因此，也并非茎秆高度愈矮愈好。一般对稻、麦要求在80~90厘米较为理想，过高会相应的提高重心而容易引起倒伏。当然也并不是说矮秆类型都能抗倒。只有除矮秆外又同时具备茎秆不过分细弱，茎壁比较厚，茎基部第一、二节间短，叶鞘紧包着茎秆等特点的类型才能抗倒。

叶片的许多性状中，以直立性为最重要。要叶片直立，就要求叶片的长度短；较长的叶片易向下垂披，所以直立叶片都是较短小、较厚。就水稻来看，高产的品种都没有宽的叶片，因而中等宽的叶片较好。有个水稻品种叫“IR24”，它的叶片具有中等宽度，有个显著特征：叶片稍向内折迭。它有助于直立，看来这也是个良好性状。叶短而上举的植株，可以充分吸收太阳能，光合作用好。低产品种一般叶片都比较长而下垂，水分运转得慢，接收阳光少，生长发育受影响，不适于密植，产量也当然不会高。

此外，对叶片一般还要求厚、色浓。叶厚能耐肥，在阳光强烈的地区培育厚叶品种，光合成量大，产量就高。叶色浓的品种比淡的品种耐肥力强；一般还认为叶色浓的光合强度也比较高。但是，叶色过浓又往往会招来病虫害，所以，在实践中，认为叶色过浅或过浓的都不太理想，还是选择叶色中等的

来得好。

要叶片直立，要叶厚、色浓，都是围绕着一个如何提高农作物对太阳光能的利用率问题。据计算，植物通过光合作用所合成的物质约占植物总干重的 90~95%。因此，植物对太阳光能的利用效率与农作物产量有着极其密切关系。然而，目前农作物对太阳光能的利用效率非常低。据估计，现代农业生产技术水平较高的国家，其利用率亦只有 2~3%，而就世界范围来说，不少地区还不到 1%。所以，从提高农作物对太阳光能的利用效率来看，农作物的增产潜力是非常大的。六十年代，国外大肆宣传的“绿色革命”，也只是做了品种的矮化工作；培育矮秆的新品种，也无非使其能适合在高水肥条件下来获得高产。而农作物的干重量中只有 5~10% 来源于土壤的养分和肥料，因此，认为单靠增施化肥来达到增产目的是有很多困难的。自从进入七十年代后，于是就有人提出改良品种要从植物生理学着手，这样，提高农作物对太阳光能的利用效率，来提高农作物产量，就成为所谓第二次“绿色革命”的中心内容。

比如，国外有人培育成一种半矮生玉米，叶片直立，株高 3~4 尺，每亩可种植一万六千株，亩产可达 2700 斤；有一种“细秆型”的大豆品种，整个株型象把伞，各个叶片都能充分利用阳光进行光合作用，小面积亩产达 1000 斤。

再来看看分蘖对产量的影响。在高肥密植条件下，分蘖紧凑的品种较为适应，使阳光能较多地透过冠层，不易产生茎叶郁闭。一般认为水稻产量的 22% 是依靠叶鞘和茎秆的光合作用而得来的。

分蘖力强的品种，不论在稀植或密植条件下都可以高产。分蘖力强可以弥补缺苗，使叶面积迅速扩展。就水稻来讲，目

前在南方稻区的一些高产地区种植密度比较高,因此,认为分蘖力中等的品种较为理想。在我国双季稻地区,由于收种季节紧,劳动强度大,对于晚稻品种认为具有较强的分蘖力的品种更为有利。我们所强调的分蘖力强的品种,应该具有有效分蘖率高和抽穗整齐的特点;那种分蘖虽多,但抽穗前前后后,成熟迟迟早早,在生产上是不可取的。

第二,加强品种抗逆性的选育,提高品种的稳产性。

目前育种工作集中的另一个重要课题是:如何提高品种的抗逆性,最突出的是抗病虫害的能力。

一般高产品种往往抗某些病虫害能力较差。比如,就水稻来讲,一般高产品种的叶色都比较浓,容易感染叶枯病。因此,产量与病虫害的矛盾,是需要我们去解决的。

第三,提高品种的质量。

目前,高产品种一般质量都较差。稻、麦、玉米、高粱都是如此。因此,产量与质量的矛盾,也是今后育种要解决的重要问题。

例如,普通玉米中都缺少赖氨酸,而赖氨酸对人和动物来说,都是不可缺少的。有人做过这样的试验:将普通玉米和一种含有赖氨酸的玉米来饲养小猪,结果,吃后一种玉米的小猪,要比吃前一种玉米的小猪长得快。效果非常显著。

稻米是我国南方人民的主要食粮,因此,如能提高稻米的赖氨酸含量,这对改善广大人民的营养是有着很重要的意义。从氨基酸的成分看,稻米中确实含有营养价值很高的赖氨酸和苏氨酸,但可惜它们都集中在种胚和米粒外层,精碾后有相当大的损失。因此,目前改进稻米蛋白质的育种目标,一是在不改变其氨基酸成分的基础上,提高其蛋白质含量;二是使蛋白质在胚乳内散布而不集中在种胚和米粒外层,这样就能更

好地提高其营养价值。

## 2. 育种目标:

育种目标,是改良品种的依据,是育种工作中的最根本问题。制定育种目标,要因地制宜。一个优良品种,是指一定的经济、自然、栽培综合条件下的优良群体生态型。看品种应看群体,看单位面积产量高低,而不是看个体产量高低或穗大穗小。育种目标不明确,试验地变异再多也会将好的变异漏掉,选不出好的品种来。

根据各地群众经验,在制定育种目标时应注意以下几点:

第一,育种目标要反映当地农业生产发展的要求。

在制定育种目标时,首先要了解当地的品种情况,气候、自然灾害、轮作、耕作制度、栽培管理条件等,以及这些方面的可能变化。从当地的自然、栽培条件出发,找出目前种植品种存在的问题,结合当地品种生态类型的重要优点,研究分析新品种应具有哪些特征特性,才能高产稳产。如果选育出的新品种,比起当地现有的品种,改掉了缺点,提高了优点,又能适应农业生产发展的需要,这就是个好品种,这就是我们的育种目标和要求。

很多农民育种家,他们选育新品种,时间短,见效快,其中一个最主要原因,就是由于他们对当地农业生产和品种情况都十分熟悉的关系。

在制定育种目标时,既要注意到当前,还应看到生产形势的发展,起码要估计到五年以后的变化。

第二,育种目标要主次分明,要抓主要矛盾。

生产上对作物品种的要求是多方面的,各种条件又在不断变化,育种目标所包含的各类特征特性,有些又是互相矛盾的;要选育一个完全符合育种目标的、十全十美的品种,几乎



是难能做到的。但是，选育一个基本上符合育种目标和生产发展要求的品种，那是可以而且应该办到的。这里，就要求我们要抓主要矛盾。“捉住了这个主要矛盾，一切问题就迎刃而解了。”一般讲，那些在当地对高产、稳产影响较大的优良性状，就是主要目标；而那些对高产、稳产影响较小的性状，就是育种的次要目标。

第三，育种目标要明确具体。

就是说要把各种育种目标，具体到有关性状上去。例如品种的抗倒伏性，亩产五百斤和亩产千斤的指标就不同。生育期必须根据当地的轮作等情况，具体到什么时候播种和什么时候成熟，如果只具体到生长天数那还是不行的。

人们通过实践，在实践中逐步认识、掌握了品种的进化规律，从而不断地对品种进行改造，使品种精益求精，好上加好。然而，人们对育种工作的认识还不很深入，因而在育种工作上有时还显得无能为力。自由是对必然的认识和客观世界的改造。为了要在这方面取得更多的自由，就必须不断地参加实践，不断地总结经验，也只有在这个基础上，才能做到有所发现，有所发明，有所创造，有所前进。

## 第二章 作物的繁殖

亲代与子代间的遗传物质的传递，必须通过一定的生殖方式。离开了繁殖，就无法分析亲代与子代之间的关系。育种工作，主要是在子子孙孙重复繁殖的世代里，通过对性状的观察鉴定，不断地进行选择“理想类型”的过程。因而，关于作物的繁殖问题，就成为作物遗传育种的重要基础。

这一章所要讲的中心内容是：作物是如何进行繁殖的？

### 一、营养繁殖和有性繁殖

繁殖意味着增殖，当生物体生长到一定程度时就具备了进行繁殖的机能，以一般作物来说，那就是开花结实和种子发育成为新个体的机能。

一般作物的繁殖方法，有营养繁殖和有性繁殖。

#### (一) 营养繁殖

营养繁殖，就是利用植物营养体的再生力，在人工辅助下增殖的方法。

象甘薯，在生产中普遍利用薯块育成薯苗，再用薯苗栽插繁殖。实践证明，甘薯的再生能力非常强，营养器官中的块根、茎、叶、拐子（甘薯薯块着生的地下茎部叫做拐子）几乎都可以用来繁殖。

营养繁殖由于不经过两性细胞（雌、雄配子或卵和精子）的结合，营养繁殖的后代来自同一个基因型的亲体，它们的个

体发育不是重新开始,而是亲体发育的继续,因此,遗传的稳定性就成为营养繁殖的基本特征。这种特征,在生产实践上对育成新品种的繁殖和保存有着重要的经济意义。象甘薯、马铃薯和各种果树等用营养繁殖的植物,如果一旦利用有性杂交获得优良杂种时,就可直接地把这种杂种的营养繁殖后代(叫营养系)在生产上进行推广种植。

## (二)有性繁殖

有性繁殖是通过两性细胞的结合,形成新个体的一种生殖方式。是作物中最普遍的一种生殖方式。

农作物,基本是属于植物学里所说的显花植物,花就是进行繁殖的器官,虽然因花的种类不同而存在种种差异,但是一般地是由花瓣、萼片、雄蕊、雌蕊等部分构成(如图 2-1)。从繁殖需要来看,其中特别重要的是雄蕊和雌蕊;花瓣和萼片,从作用来说只是一种保护器官。

在雄蕊顶端的花药里有花粉,成熟后,花药开裂,花粉就纷扬飞散。胚囊在雌蕊的内部。在雌蕊下部的子房里包藏着

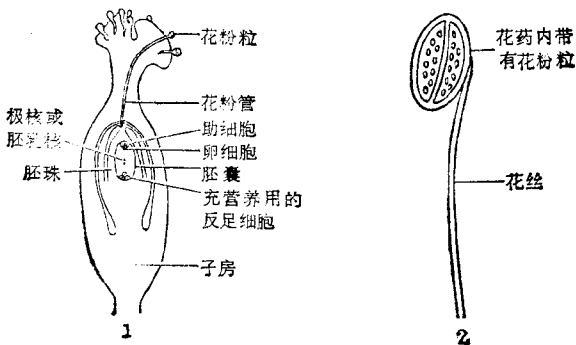


图 2-1 雌雄蕊剖面图

1. 雌蕊的纵剖面 2. 雄蕊的纵剖面

受精后可发育成为种子的称作胚珠的小粒。剖断胚珠，用显微镜就可以看到胚囊（见图 2-1）。胚囊的构造比较复杂，里面藏着卵子。当花粉落在雌蕊的先端即柱头上时，萌发成的花粉管随即伸长，把花粉的内容物质输进胚囊之中，受精后，卵子发育后成胚，再由胚就可发育成为新的植株。这里对有性过程作简要介绍，至于雌、雄配子的形成及受精作用的实质，后面还要提到。

由于有性繁殖是经过两性配子的结合，传递了两个亲本的遗传可能性；受精卵细胞是后代个体发育的开始，在遗传可能性实现的过程中更容易受到外界条件的影响，因此，遗传的多样性也就成为有性繁殖的基本特征。这在育种实践中也有重要意义：第一，可通过有性杂交来选育新品种；第二，在良种繁育过程中，应严格防止天然杂交而引起混杂退化。

## 二、有丝分裂和减数分裂

不论是营养繁殖或是有性繁殖，它们都是要通过细胞分裂来生长和繁殖的。

### （一）有丝分裂

有丝分裂也叫间接分裂，是细胞分裂的主要方式。一般营养细胞的繁殖，大都是以有丝分裂的方式进行。

在第一章中曾谈到：细胞内的染色体能携带遗传信息。既然染色体能携带遗传信息，我们便可设想它们的复制是精确的，而且是以有规则的、准确的方式进行传递。实际情况也确实如此。在细胞生活周期的某一时期内，每个染色体的精确副本被合成了。当细胞分裂一开始发动，一连串的变化便会发生，其结果是，两个具有完全一样染色体组的细胞形成了。这种类型的细胞核分裂就叫作有丝分裂。

有丝分裂是一个复杂的连续过程,通常只是为了叙述方便,把它分为间期、前期、中期、后期、末期等阶段(如图 2-3)

【间期】 是分裂的准备时期。在此时期,细胞和细胞核都长大,蛋白质和核酸的含量显著增加。现经查明,分裂之前,核中 DNA(脱氧核糖核酸)含量增加一倍;分裂之后,每个子细胞的 DNA 含量又恢复到正常。细胞核在形态上,这个时期没有什么变化,只是能看到核仁和较大的染色质块。一般看不到染色体。

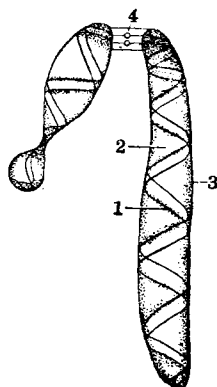


图 2-2 染色体

1.染色丝: 二条染色丝成螺旋形缠绕在一道 2.染色丝基质 3.膜 4.着丝点

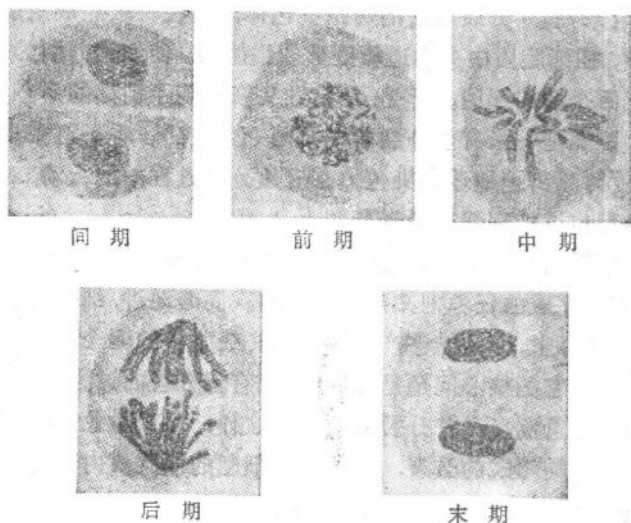


图 2-3 蚕豆根尖细胞有丝分裂的各个时期

【前期】 是染色体出现的时期。细胞核中出现了细长螺旋扭曲的丝；每根染色体开始纵裂成对等的两个子染色体，慢慢地，两个子染色体扭在一道扭得很紧，变粗、变短、染色也比较深，可以数得出染色体的数目。核仁也逐渐消失，最后核膜消失。

【中期】 这个时期最显著的特点是不再胡乱分散，而是有规律地集结在中央赤道板上，出现纺锤丝与染色体上的着丝点连结起来，形成纺锤体。一般制片中看不到纺锤丝。在好的片子上可看到着丝点，一条染色体上有一点不着色的小点，这种透明小点，那就是着丝点的部位。在这个时期中，最适合计数染色体数目。

【后期】 纺锤丝收缩，染色体的着丝点纵裂，两个染色单体互相排斥，并逐渐向两极移动，各极具有一组单染色体。

【末期】 分裂以后的两组染色体，各在一极组成新的细胞核，在细胞质中央赤道板处形成细胞板，使细胞分裂为二，形成两个新的细胞。于是，细胞核又恢复到了前期的形态。

下面是一张有丝分裂的模式图（图 2-4）。看了这张模式图，就可更清楚地理解染色体在有丝分裂过程中的行动，对有丝分裂也许能理解得更透彻些。

乍看起来，有丝分裂的各个时期似乎是极端复杂的，但是，它所完成的任务则又是很简单的。简略地讲，细胞的有丝分裂，实际上，就是能够产生具有同样细胞核的两个细胞的一种分裂。它的核心问题是：染色体在有丝分裂的过程中，能精确地进行复制自己并分裂成两半，这样，每个染色体都有副本。这种均等式的分裂，使两个子细胞的细胞核内容完全一致，从而保证了子细胞的正常发育。

## （二）减数分裂

进行有性繁殖的作物，除了在身体组织部分进行细胞的有丝分裂外，当性细胞成熟之时，在形成配子过程中，要发生一种特殊方式的细胞分裂，叫成熟分裂。在这一分裂过程中，连续进行两次细胞分裂，而染色体只复制一次，这样，一个细胞分成4个细胞，每个细胞内的染色体减少一半，使二倍体细胞变成单倍体细胞，即  $2n \rightarrow 1n$ 。所以，成熟分裂又叫减数分裂。

如果没有减数分裂，有性繁殖就无法进行。

为什么？减数分裂果真如此重要吗？

是的，这是因为有性生殖的实质是两种配子即两个细胞合并成一个细胞——受精卵。这样，父本(精子)的一组染色体和母本(卵子)的一组染色体合并起来，就成为二倍体( $2n$ )，和

原来亲本的染色体数目一样。如果事前不经过减数分裂，那末，受精作用就会引起严重的后果，子代的染色体数目就要比亲本增加一倍，这样一代代下去，后代的染色体数目就会无限止增加，细胞的生活就将不堪设想，而事实上，每种生物的染色体数目都非常稳定，代代相传，代代如此。比如，玉米体细胞里的染色体总是20个，而且是双双成对。一双中的两个染色体，其中一个是来自父本，一个是来自母本，两个在大小、形状上都非常相似，所以，人们就叫它同源染色体。玉

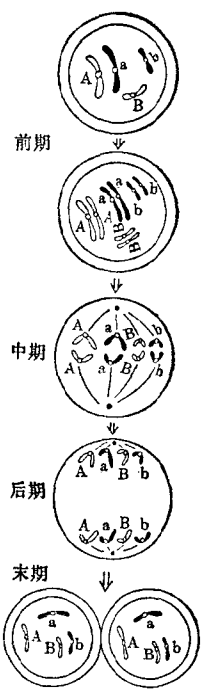


图 2-4 有丝分裂模式

米的 20 个染色体，就组成为 10 对同源染色体。而在配子中也始终保持 10 个染色体，成单存在。当然，出了差错的事也还是有的，这是极少数，这是特殊事件。

当然，减数分裂也是个复杂的连续过程。但是，它的基本原理也还是简单的，那就是通过减数分裂便完成染色体的减数，减少一半。

减数分裂还有另外一个特点，那就是前期特别长而且变化复杂，其中如包括同源染色体的配对、互换和分离等。

减数分裂要经过两次分裂，所以，可分为第一次减数分裂和第二次减数分裂（简称分裂 I、分裂 II），每次又都分为前期、中期、后期和末期（图 2-5）。

【前期 I（表示分裂 I 的前期）】这一期中又可分为细线期、偶线期、粗线期、双线期、和终变期。

细线期：每一染色体细长如线，有明显的核仁。

偶线期：来自父母双方的同源染色体进行纵向配对，或称联会。

粗线期：染色体变短变粗。每个染色体已纵裂为二，这样，每对染色体就由 4 个染色子体所组成，这 4 个同源染色子体叫做四分体或四价体。

双线期：染色体更加缩短变粗。两条同源染色体开始互相排斥，但又彼此交叉，以致不能完全分开。这时可清楚地看到玉米的 10 对染色体。

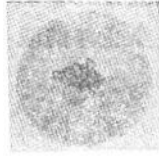
终变期：染色体更加浓缩而清晰，所以，终变期又叫浓缩期。此时，交叉点向两极移动，两条同源染色体均匀分布于核中。直到此时，还可见到明显的核仁。

【中期 I】四分体排列在赤道板上，两极纺缢丝出现，核膜和核仁消失。

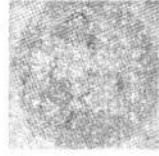




1.分裂I 前期  
细线期



2.分裂I 前期  
粗线期



3.分裂I 前期  
双线期



4.分裂I 前期  
终变期



5.分裂I 中期



6.分裂I 后期



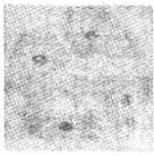
7.分裂I 末期



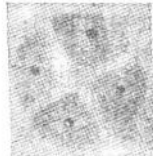
8.分裂I 间期



9.分裂II 中期



10.分裂II 末期



11.四分孢子



12.花粉粒

图 2-5 玉米花粉母细胞减数分裂的各个时期

【后期 I】 由于纺锤丝的牵动，同源的两个染色体分别各向一极移动分开。染色体的减半行为就在此时开始发生。

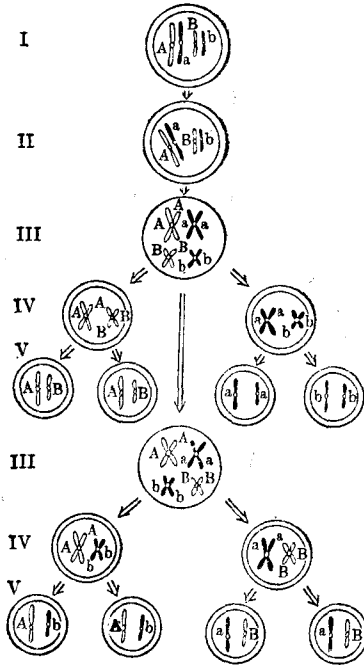


图 2-6 减数分裂模式

说明：I-细胞中四个染色体，两两相同；II-同源染色体配对；III-形成四分体；IV-第一次减数分裂的产物；V-第二次减数分裂的产物，配子中的染色体比原来的减少一半；此外，因同源染色体的分离是随机的，如果同源染色体在基因内容上不同，减数分裂的结果，可有四种不同的配子。即考虑 Aa、Bb 两组组合，那就是：AB、Ab、aB、ab

【末期 I】 染色体到达两极，核膜重建，核仁重新形成，产生两个子细胞。

【前期 II(指第二次减数分裂的前期)】 出现时间短促，不易看见。一形成纺锤丝就进入中期。

【中期 II】 染色体又浓缩变粗，排列在赤道板上。

【后期 II】 着丝点分裂分开，每个染色体的两个姐妹染色子体分别移向两极。

【末期 II】 形成四个单倍体的子细胞，称为四分孢子。

左面是一张减数分裂模式图，它可以帮助我们理解染色体在减数分裂过程中的行动。

### 三、配子形成和受精过程

#### (一)配子的形成

经过减数分裂形成的单倍体四分孢子，还要经过进一步发育，才能形成配子。

下面的一张模式图，可以比较形象地告诉我们关于配子的形成过程。

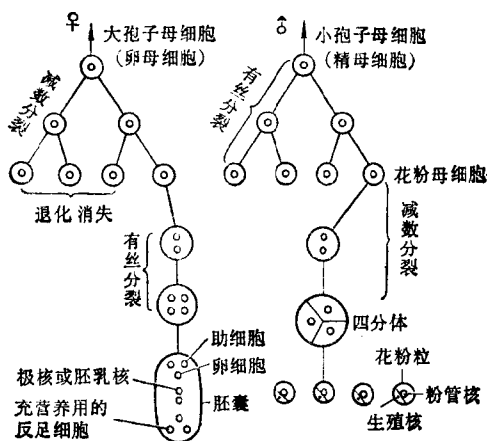


图 2-7 配子形成的模式

为了更容易看懂上面的一张模式图，看来，还必要用下列文字作辅助说明。

#### 1. 雌配子的形成：

子房内的胚珠，在发育过程中，在珠孔的一端产生一个大型的细胞——大孢子母细胞或叫卵母细胞(双倍体)，这个细胞经过减数分裂形成四个大孢子(单倍体)，排列成一行，其中离珠孔最远的一个继续长大形成胚囊即雌配子体，而其余三

个大孢子都退化消失。胚囊中一个核分裂成两个核，各移向胚囊的一端，每个核又分裂两次(有丝分裂)，各产生四个核。后来，两端各有一核向胚囊中心移动，这两个核叫极核，或两核融合为次级细胞。靠近珠孔一端有三个细胞，合称卵器，中间一个较大的为卵细胞，其余两个叫助细胞。在合点一端的三个核叫反足细胞。

## 2. 雄配子的形成:

花粉粒是由花粉母细胞(双倍体)进行一次减数分裂，而形成四分体，即四个小孢子(单倍体)。后来，小孢子的细胞核经过一次分裂，形成一个粉管核和一个生殖核，此时，一般就成为成熟的花粉粒。

### (二)受精过程

雌蕊的柱头上能产生一种粘液，当花粉落在柱头上就被粘住。接着，花粉便在柱头上萌发生长形成花粉管，花粉管透过柱头、花柱、子房壁到达胚珠，一般通过珠孔进入胚囊，花粉管顶端立即破裂，放出两个精子，其中一个精子核和卵子核相互融合形成合子( $2n$ )，以后发育成胚；另一个精子和胚囊中央的两个极核结合，以后形成胚乳( $3n$ )，这种现象就称为双受精(图 2-8)。

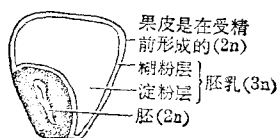


图 2-8 玉米的双受精

从配子的形成，并通过受精而形成合子的过程，就称为有性过程。

有性过程是染色体的轮回过程。

这两张图表(图 2-9, 2-10), 就是说明作物的有性过程, 是一个染色体的轮回过程。

由于减数分裂, 使二倍体细胞变成了单倍体细胞。

由于受精作用, 又使单倍体细胞变成了二倍体细胞。

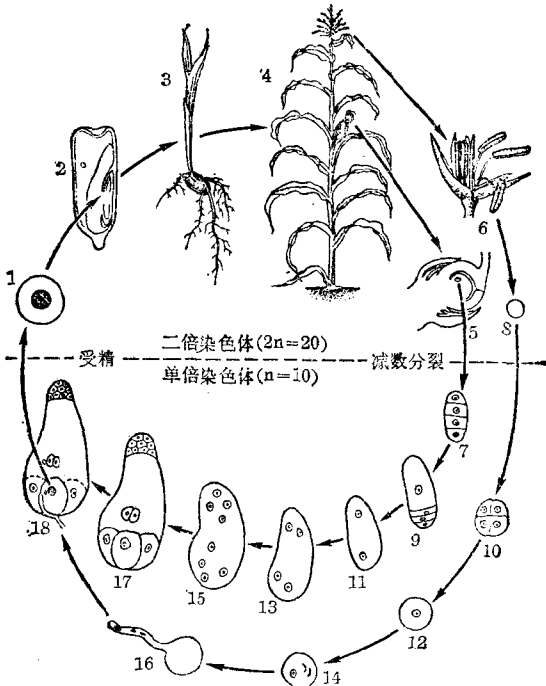
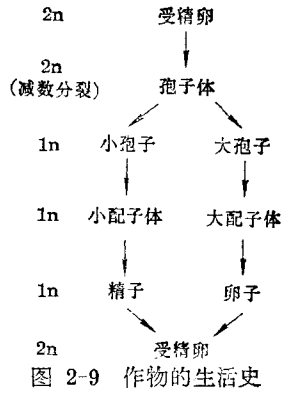


图 2-10 玉米染色体的轮回

由于减数分裂和受精作用，才能使生命一代代地绵延下去。

减数分裂和受精作用，是相反相成的两个过程。这是有性过程的一个基本的辩证法。

在这里，还值得一提的：在有性繁殖中，把受精理解为精子和卵子的结合，理解为对等同源染色体的结合，只是说明了一个主要的基本的方面。事实上，受精过程是个复杂的代谢过程，除了核的融合、对等同源染色体的重组外，还存在着影响遗传和发育的其他因素。

比如说，卵细胞的细胞质中，除了储藏养料适应于受精后合子的发育外，也有传递遗传的结构。例如，有些作物的雄性不育特性就是受细胞质控制的；也有些雄性不育的作物除了受细胞质的控制外，还受到细胞核的控制。象水稻、小麦等作物中都有这种现象。

再说，在传粉受精中，花粉的数量远远超过子房中胚珠的数目，这决不是大自然的浪费。大量精子不仅保证和卵细胞相遇，而且，还直接、间接参加受精的代谢过程，从而影响性状的发育。水稻、玉米、棉花、果树方面的胚乳直感和果实直感就是常见的实例。例如，将粳稻的花粉授给糯稻，糯稻的当代植株就可结出粳米。将红色苹果的花粉授给绿色苹果的花朵上，绿色苹果树上当年就会结出红艳艳的苹果。这些现象说明了这样一个问题：精子不但与卵子中的极核受精，而且还扩大到整个种子和果实的各部分并影响到性状的遗传和表现。

多父本遗传也是个突出的实例。例如，用白穗白粒的小麦品种作母本，以白穗红粒品种为第一父本，红穗白粒为第二父本，经过混合授粉后所获得的第一代，在266株中就有47株具有红穗红粒两个父本的性状；在表现一个父本性状的杂种

后代中,也能分离出具有另一个父本性状的植株。这就是说,这些杂种种子的获得,是由于两个父本精子在受精过程中共同发生遗传影响的结果。在棉花、玉米、烟草等作物中,也曾得到类似的结果。关于多父本遗传,大家解释也不一致,有人认为是许多精子进入一个卵子中的结果;有的认为一个卵子照例只同一个精子相结合,而其他父本精子只是起代谢上的影响,发生所谓性蒙导<sup>①</sup>作用。也有人认为,在复杂的受精过程中,各种不同可能性,都可能是存在的。

应该承认,在一般情况下,受精过程中精子和卵细胞核的融合,对等同源染色体的结合是基本的,并在遗传的传递中占主要地位,但同时其他因素也有辅助的、有时甚至是起着重要的作用,这一点,我们也不应该忽视。

#### 四、染色体和遗传

##### (一)染色体是遗传物质的载体

通过有丝分裂、减数分裂和受精过程,了解了染色体的活动规律,经过多方面的实验表明,染色体的行为与性状的传递规律有关,染色体是遗传物质的载体。现在要看一看作为能携带遗传信息的染色体究竟有哪些特性?

【连续性】生物之所以能一代代绵延下去,作为一种遗传物质,就必须具有将上一代的遗传信息传递给下一代的能力,否则,对生命的连续就难能想象。染色体在细胞分裂中能准确地进行复制,每个染色体都能复制出精确的副本,那种精确的程度,绝不亚于用同一纸型所印成的书本。这种精确的复制自己,才保证了遗传的可能性,才保证了一个品种的优良性状能代代相传,才保证了“农垦 58 号”的后代依然是“农

<sup>①</sup> 生物的性细胞不直接参与受精过程而可对合子遗传性状发生影响的现象。

垦 58 号”的长相。

**【稳定性】** 作为一种遗传物质，还必须具有相对的稳定性，这才保证了作为一个品种或一个种的相对稳定。而染色体就具有这种稳定性。染色体在体细胞内是成双( $2n$ )存在的，经过减数分裂，在生殖细胞中是成单( $1n$ )存在的。一个精子( $1n$ )和一个卵子( $1n$ )结合，成为受精卵，这样，染色体又双双匹配，仍回到  $2n$ 。如此循环反复，在作物的生活史中，染色体就能世代连续保持物种的稳定性。

同种作物的不同世代、不同个体、甚至是同一个体的细胞，它们所包含的染色体数目总是不多不少，非常稳定。例如，玉米的染色体总是 10 对。它们不仅在数量上保持恒定，甚至连每个染色体的大小、形态结构都具有一定特征。玉米的 10 对染色体，就可根据长度、着丝点的位置等特点，清楚地区别出每对染色体的特异性；以至连控制某些玉米性状的某些基因在那对染色体上的位置都有所固定。

**【多样性和变异性】** 如果我们单知道染色体的连续性和稳定性，而不懂得染色体组合的多样性和变异性，那我们就将会陷入形而上学的泥坑，以至把生命的绵延，只理解为简单的重复而已。

而事实上，整个自然界是显得那么丰富多采。谁见过有两个完全一模一样的生物？

不可能。为什么？因为在一个受精卵中，都含有父本和母本两套染色体，也就是说，在每一对染色体中，就是一个来自父本，一个来自母本，对对如此。少说一点吧，如果一种作物只含有 4 对染色体，这 4 对染色体经过减数分裂的结果，由于每个精子或卵子只能含有每对染色体中的一个，这样，就有可能产生 16 种( $2^4$ )不同染色体组合的精子或卵子。水稻有



主要农作物的染色体数目表

作物名称	体细胞染色体数 (2n)	配子内染色体数 (n)
水稻	24	12
普通小麦	42	21
大麦	14	7
黑麦	14	7
玉米	20	10
高粱	20	10
大豆	40	20
蚕豆	12	6
豌豆	14	7
甘薯	90	45
马铃薯	48	24
中棉	26	13
陆地棉	52	26
海岛棉	52	26
胜利油菜	38	19
花生	40	20

12 对染色体，那就是说水稻的精子或卵子的染色体组合，就有  $2^{12} = 4096$  种可能。不同组合的染色体组，就带有不同的遗传性状，这样就能使后代发生更多的变异。

不仅如此，在减数分裂的前期，当同源染色体配对时，成对染色体还可以进行部分交换，交换后的染色体，一部分是父本的，另一部分是母本的。这样，就更进一步增多了性细胞中染色体的变异，使后代产生变异的可能性也就更多了

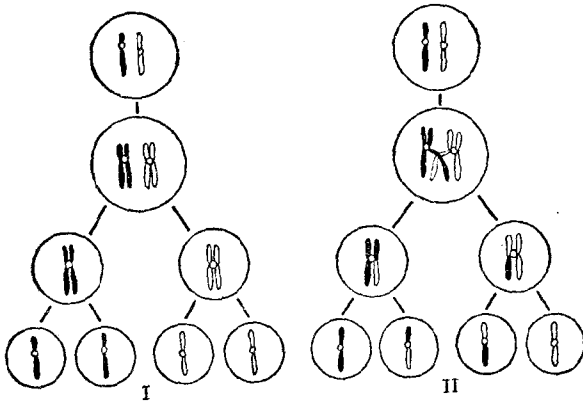


图 2-11 染色体的互换

I-没有互换,只能产生 2 种配子; II-染色体的一部分互换的结果,产生 4 种配子

(图 2-11)。

染色体所具有这种多样性和变异性,也正是作为一种遗传物质所必不可少的条件。因为也只有遗传物质的多样性和变异性,才保证了个体与个体之间不至于完全重复,对形形色色的自然界才能作出合理的解释。

真是无巧不成书,染色体所具有的这些特性,恰恰与十九世纪孟德尔在解释遗传实验结果时所提出的遗传因子(现在叫基因)行为,与本世纪六十年代科学工作者经研究所提出的 DNA 分子的特性,三者竟如此吻合。这难道只是偶然的巧合吗?

不。偶然中蕴藏着必然。因此,我们只能理解这就是一个不断地从必然王国走向自由王国的发展历程。再根据现代科学界所提供的大量事实来看,我们有理由相信,由于染色体所具有的这些优越条件,它完全可以担当携带遗传信息的使

命。

## (二)细胞核和细胞质的关系

毛主席教导我们：“看问题要从各方面去看，不能只从单方面看。”我们说染色体能携带遗传信息，当然，这决不等于说染色体是唯一决定遗传性的细胞成分。事实上，作物的某些性状就是由细胞质遗传的。旁的别提，就举现在为大家所知道的雄性不育来讲，雄性不育这个性状，它既可通过细胞核（指染色体）遗传，也可通过细胞质遗传。目前，在生产上、科研上所经常采用的，大多数是通过细胞质遗传而得到的雄性不育株。根据近二十年来的实践，发现了雄性不育株的不育性可以恢复可育性，这说明不育性和可育性不只是单独的细胞质作用，而是细胞质与细胞核的相互作用，成为对立统一。这样，既丰富了遗传学内容，又为雄性不育性和可恢复性的利用，开辟了广阔的前景。

根据最近科学实验的报导，细胞质在遗传中的作用，并不是完全被动的，它对细胞核也有相应的作用，比如细胞质能调节染色体和基因的作用。

既是细胞核遗传，又是细胞质遗传，这是不能回避的事实。应该说，把染色体遗传和细胞质遗传对立起来的观点，实质上是一种形而上学的观点。恩格斯在《反杜林论》中曾批评过那种形而上学者，他说：“他们在绝对不相容的对立中思维；他们的说法是：‘是就是，不是就不是；除此以外，都是鬼话’。在他们看来，一个事物要么存在，要么就不存在；同样，一个事物不能同时是自己又是别的东西。”

恩格斯的这一教导，对我们如何正确认识染色体和细胞质在遗传中的作用，是有着深远的指导意义的。我们认为染色体遗传和细胞质遗传，二者并不相互排斥。在提出染色体

遗传之后，又有人提出细胞质遗传以及细胞核和细胞质在遗传中的相互作用的论据，这只能说明人们在对待遗传物质的认识上又向前跨进了一步，是好事。事实上，自然界各种事物和现象总是彼此相联系、发生变化、发展的。当然，我们对待遗传物质的认识也不能例外。

## 第三章 遗传规律和育种

将两个遗传性状不同的作物品种，进行有性杂交，不用说，杂种后代会产生变异。人们在生活中、在生产斗争中听到过，也见到过，似乎已成为普通常识了。但是，要问：杂种后代究竟会产生怎样的变化？是否有什么规律可遵循？有时却又难能回答。

毛主席教导我们：“感觉只解决现象问题，理论才解决本质问题。”“人们要想得到工作的胜利即得到预想的结果，一定要使自己的思想合于客观外界的规律性，如果不合，就会在实践中失败。”因此，在进行育种时，有必要对遗传规律有所了解，这样，方能使我们更深刻地了解自然，以减少我们工作中的盲目性，增强预见性。

两亲的性状传递给子代，具有一定的规律性。这是本章所要讲的主要内容。

### 一、显性和隐性

#### (一)显性现象

大麦的种子有带壳的，叫皮大麦；有不带壳的，叫裸大麦或元麦。带壳和不带壳(皮和裸)是一对相对性状。如果将皮大麦与裸大麦进行杂交，得到杂种子一代的种子是带壳的。

大麦的麦芒有直芒和曲芒之分，直芒和曲芒也是一对相对性状。如果将直芒的大麦与曲芒的大麦进行杂交，杂种子

一代的种子将都是直芒的。

象这样具有相对性状的个体，杂交后，杂种子一代只表现父母一方性状的现象，叫做显性现象（图 3-1），或叫完全显性。在杂种子一代得到表现的那个亲本性状，就叫显性性状；相反，那个未能得到表现的亲本性状，就叫隐性性状。比如，上面所指的大麦的皮性是显性性状，裸性便是隐性性状；直芒是显性性状，曲芒就是隐性性状。

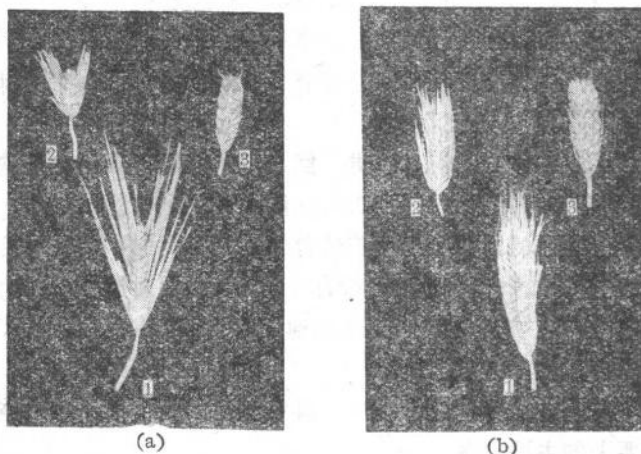


图 3-1 大麦的显性现象

- (a) 1.2. “小将”是直芒 3. “青海青稞”是曲芒 1. 杂种子一代是直芒  
(b) 1.2. “214”是直芒 3. “青海青稞”是曲芒 1. 杂种子一代是直芒

这种显性现象，不仅在子一代身上可看到，有时还可在杂种当代遇见。比如，粳稻和糯稻杂交，用糯稻做母本，粳稻作父本，这样，在当代的糯稻植株上就可以结出粳米。

将黄玉米的花粉授到白玉米的花丝上去，当代白玉米植株上，也可以结出籽粒带黄色的玉米穗子。

由于这种显性现象在当代就显露了出来,因此,我们就称它为当代显性。当代显性产生的原因,在讲受精时已提到,那是由于花粉直接作用于胚乳的结果,所以,这种当代显性又叫直感现象。

是不是子一代都只能出现亲本相对性状中的一个性状呢?

不是。有时候,子一代并不是简单地表现一个亲本的性状,而是表现为两个亲本的中间性状。为了区别于完全显性,这种中间性状就称为不完全显性。

比如:二棱大麦与六棱大麦杂交,子一代所表现的性状,既不是二棱,又不是六棱,而是表现为中间型。这种中间型麦穗,有一个显著的特征:原来两侧小穗上不带芒的二棱大麦,现在侧小穗上成为带芒的了;原来不结实的侧小穗,现在居然有部分侧小穗也结出了麦粒来,只不过籽粒比中间小穗上的小些而已(图 3-2)。

### (二)显性的产生

作物品种的任何性状的遗传,归根结蒂是由基因所决定的。每一对相对性状就是由位于染色体相对位点上的一对等位基因所控制。

**“事物的性质,主要地是由取得支配地位的矛盾的主要方面所规定的。”**

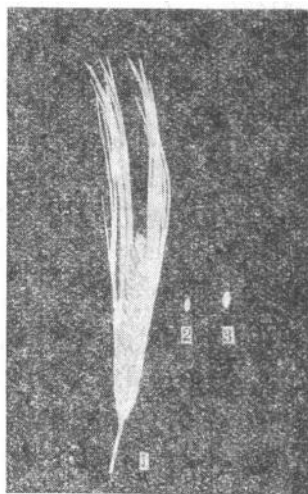


图 3-2 大麦的中间类型  
1. 中间类型的麦穗 2. 两侧小穗  
(原不结实)的麦粒 3. 正常麦粒

杂种子一代所表现出的性状，主要是由控制相对性状的两个等位基因所起作用的大小来决定。

比如说，决定大麦皮性或裸性的等位基因是在第三染色体上。控制皮性的基因是 $N$ (大写代表显性基因)，控制裸性的基因是 $n$ (小写代表隐性基因)。基因在体细胞里是成对存在的，在纯种亲本里，皮性的基因型是 $NN$ ，裸性的基因型是 $nn$ ；在生殖细胞(即配子)中，由于减数分裂染色体的减半作用，基因是成单存在。杂交后，子一代的基因型是 $Nn$ (一个来自母本，一个来自父本)，仍恢复成对。在 $Nn$ 基因型中，由于 $N$ 是主要方面，所起的作用大，在代谢过程中占优势，抑制了 $n$ 基因的活动，所以子一代就表现出皮性。

有时在等位基因中，两个等位基因虽都各自发挥了作用，但所起的作用又不充分，或者说，一个等位基因可以指导一种产物的形成，这种产物，是指由基因所控制而产生的酶或其他产物；这种产物，可使细胞中某一作用物大量甚至全部转变为产生显性性状所需要的物质，但可惜这种产物的产量又不够充分，在这种情况下，子一代就以中间类型出现。

比如说，在豌豆中，开红花( $CC$ )的豌豆，与开白花( $cc$ )的豌豆杂交，子一代( $Cc$ )是红花；而在紫茉莉中，红花( $CC$ )与白花( $cc$ )杂交，子代( $Cc$ )的花色是粉红。为什么？

这是因为豌豆的红花基因( $C$ )，在与白花基因( $c$ )杂合时，也能产生出大量的基因产物，使产生花青素的前体大量转变为花青素，所以，杂种( $Cc$ )就发育为红花。而在紫茉莉杂种( $Cc$ )中，一个红花基因( $C$ )只能使一部分产生花青素的前体转变为花青素，由于产量不够，因而形成粉红色的中间性状。

由此看来，基因控制代谢决定性状的发育，不仅具有定性的作用，规定了产生何种酶或基因产物；而且还有着定量作



用,规定了所产生的酶或基因产物的数量,从而影响了杂种所表现出的性状。

另一方面,在生产实践中,还可看到显性一般是相对的,是有条件的。有一种玉米叫“太阳红”,在大田里,这种玉米的叶、穗以及其他接触到阳光的部分,都呈现红色。经研究,这种性状是受一对基因的影响,红色显性。如果,把玉米植株上的某些部分遮起来,不让它接触阳光,结果,见不到阳光的部分不表现红色,见阳光的部分都仍是红色。实验告诉我们,“太阳红”这个性状的发育,不仅需要一定的基因,而且还需要一定的外界条件——阳光,两者缺一不可。这个实验也表明了“太阳红”的基因在阳光下是显性,而在缺少阳光的环境条件下又是隐性。

又如,海岛棉中一个品种的弯曲矮茎是一个突变的隐性性状,但是当它与另一品种杂交,这个性状并不表现为完全的隐性,而是表现为半显性,这说明隐性可在不同条件下,又可变成显性。

### (三)显性与育种

在杂交育种中,人们首先遇到的问题,就是要判断杂交是否成功,及时除去假杂种,以免浪费人力和物力。根据显性原理,可凭作物某些相对稳定的显性性状为标记,来区别真伪。

例:水稻的颖尖有红色或无色,红色和无色是一对相对性状,红色对无色来讲,红色是显性,如果让无色颖尖的水稻作母本,颖尖红色的水稻作父本,杂种子一代的颖尖就该带有红色,如果在子一代颖尖看不到红色的话,那就可判断它是假杂种,应该淘汰。

又如:提高杂交高粱的产量,制种是很重要的一关,那就是要严格清除伪杂株。现在生产上所运用的不育系,象

“3197A”、“反帝1号A”，它们芽鞘的颜色是绿色；而“三尺三”、“盘陀早”、“康60”、“晋粮四”、“平罗娃娃头”、“小红粘高粱”、“官庄1号”等恢复系的芽鞘又都是红色的。高粱芽鞘的颜色，红色对绿色来讲，红色是显性，在杂交后代的出现规律既明显又稳定。因此，将以上不育系与恢复系杂交，肯定杂种子一代的芽鞘都是红色的。所以，在杂交高粱生产田中，看到苗期凡是带有绿色芽鞘的植株都应彻底拔除；而在制种田的“3197A”、“反帝1号A”的行上，凡是见到带有红色芽鞘的植株，也可肯定它是杂株，应拔除。

其次，掌握性状的显隐性，我们就可决定子二代群体的大小。亲本的优良性状在子一代表现为显性时，对子二代的播种量和选择株数就可少些；如亲本的优良性状表现为隐性时，那我们在子二代的播种量和选择株数就不妨多点。留多留少，这一点很重要，多种了会增加我们的工作量，少种了则会影响我们的选择机会。

总之，在杂交育种过程中，掌握性状的显隐性是重要的。在选择亲本时要考虑，在辨别真假杂种时要考虑，在杂种后代进行选择时也还是要考虑。

## 二、分离规律

### (一)分离现象

在杂种子一代，看到的只是显性现象，就个体间的表现型来看，都非常相似。到了子二代，就可看到杂种后代某些性状发生变化，表现出多种不同性状的分离现象。性状分离，有的表现在杂种后代的不同个体之间，有的表现在同一个体的不同部位上。摆在我们眼前的子二代，就是这么一个非常复杂的群体。粗看，杂乱无章，眼花撩乱；细察，头头是道，有条不紊。

已经知道,皮大麦和裸大麦杂交,得到的杂种子一代的种是带壳的。就带壳和不带壳这对相对性状来看,在子二代又表现如何呢?检查结果:子二代中皮大麦占75%,裸大麦占25%,皮大麦与裸大麦的比数是3:1。

刺芒大麦与光芒大麦杂交,子一代是刺芒,子二代检查结果:有3/4是带刺芒的,有1/4是光芒的,这里,刺芒与光芒的比数也是3:1。

实践证明,在完全显性情况下,都不难在子二代中看到:一般都是3/4带显性性状,1/4带隐性性状,显性性状与隐性性状的比数总是3:1。这其中的全部隐性性状和显性性状的1/3个体,在以后的世代里就被固定下来,而不再发生变异(单指被分析的一对相对性状)。但是,显性性状剩下的2/3的个体,仍要再度重复与上述相同的分离,这种分离关系,可用下图3-3来表示:

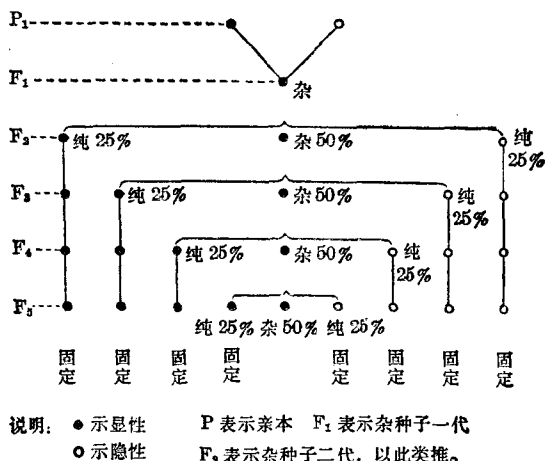
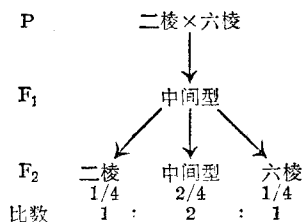


图 3-3 杂种的性状分离示意

如果碰到的是不完全显性， $F_1$  表现为中间型，这在显性一节中已提到。现在要问，在这种情况下， $F_2$  的情况又将怎样呢？实践证明， $F_2$  也同样要分离，不同的是： $F_2$  有三种表现型，它们的比数是 1:2:1。

这里，仍用二棱大麦与六棱大麦杂交为例：



将上面三种不同类型的大麦收起，再种下去，让我们看看  $F_3$  的表现。在  $F_3$  中，二棱的后代，穗形仍旧是二棱；六棱的后代也还是六棱；唯有中间型的后代，穗形仍有分离现象，仍分离出二棱、中间型和六棱，它们的比数仍然是 1:2:1。

刚才所讲的只是分离现象，要问：分离的实质究竟是什么呢？

## (二) 分离的实质

第一个解释这种分离现象的是孟德尔。他认为亲本将性状遗传给子代，这里面必然有它的物质基础，这物质基础又必然在细胞里，并且是通过生殖细胞传递给后代。当初，他把这种物质基础称为遗传因子（现在叫基因）。遗传性状主要是由基因决定。这些基因存在于所有细胞中，在体细胞中，它们是成对存在；在产生生殖细胞（配子）时，每个生殖细胞只能得到这两个基因中的一个，所以是成单存在的；受精时，雌雄细胞结合成为合子，两个基因加在一起，这时，又成对存在了。

这里，仍以皮大麦和裸大麦的杂交为例，按照孟德尔的观

点来进行解释。亲本皮大麦的基因型是  $NN$ ，裸大麦的基因型是  $nn$ ，杂种  $F_1$  是由  $N$  配子同  $n$  配子的受精结果而产生的，因而合子的基因型是  $Nn$ ，但是，由于  $N$  基因是显性，所以表现型是皮大麦。其次， $Nn$  这样的植株产生配子时，因为  $N$  同  $n$  是相对基因，所以它们分别进入不同的配子。就是说， $F_1$  所产生的配子，有的含有  $N$  基因，有的含有  $n$  基因，而且，这两种配子的个数相等。这些配子之间，由于具有完全同等的机会进行受精，所以就会以同等的机率产生下列四种的组合情况：

- ①  $N$  卵同  $N$  花粉的结合…… $NN$
- ②  $N$  卵同  $n$  花粉的结合…… $Nn$
- ③  $n$  卵同  $N$  花粉的结合…… $nN$
- ④  $n$  卵同  $n$  花粉的结合…… $nn$

上述结果说明，在  $F_2$  出现的合子共有  $1NN$ 、 $2Nn$ 、 $1nn$  四种可能出现的基因型，因为  $NN$  同  $Nn$  的表现型都是皮大麦，所以，在外观上，皮大麦与裸大麦的比数是  $3:1$ 。

为了使读者容易理解上面所叙述的这段文字，最好还需要辅之以下列图解(见 48 页)。

这里，皮大麦有两种基因型： $NN$  和  $Nn$ 。 $NN$  这样的植株，基因型和表现型是一致的，能真实遗传，也就是说，这样的大麦种下去，皮性能代代相传；而  $Nn$  这样的植株，基因型和表现型是不一致的，因此，它们不能真实遗传，也就是说，这样的大麦种下去，后代仍会不断分离出皮大麦和裸大麦。我们把  $NN$  或者  $nn$  那样的由相同基因组成的合子叫做同质接合体(纯合子)，而把  $Nn$  那样的由不同基因组成的合子叫做异质接合体(杂合子)。通常我们所指的纯种，原则上就是属于纯合体；当然，杂种的基因型，无疑是属于杂合体。

<b>P</b>	NN (皮大麦)	×	nn (裸大麦)		
<b>G</b>	N	↓	n	(基因成单存在)	
<b>F<sub>1</sub></b>	Nn (皮大麦)			(基因恢复成双)	
<b>G</b>	♀	♂	N	n	(基因成单存在)
	N	NN (皮大麦)	Nn (皮大麦)	nn (裸大麦)	(基因又恢复成双)
	n	Nn (皮大麦)	nn (裸大麦)		
<b>F<sub>2</sub></b>	1/4NN (皮大麦)	2/4Nn (皮大麦)	1/4nn (裸大麦)	(基因型)	(表现型)
	3/4皮大麦		1/4裸大麦		
	3		1	:	1

现在要问：对分离现象作如上的解释，是否正确呢？

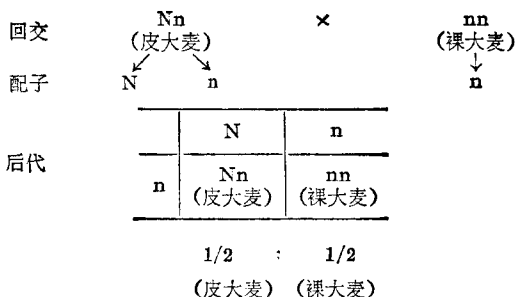
假定上面的解释是正确的，那么，杂种 F<sub>1</sub> 的基因一定是不纯的。例如，皮大麦和裸大麦杂交，F<sub>1</sub> 的基因型是 Nn。怎样能证明 F<sub>1</sub> 的基因型确实是 Nn 呢？

最好的方法，是让 F<sub>1</sub> 跟亲本裸大麦进行回交。按照分离的解释，F<sub>1</sub> 的基因型是 Nn，这样，F<sub>1</sub> 只能产生数目相等的两种配子：N 和 n。而亲本裸大麦的基因型是 nn，它只能产生一种配子——n。杂交产生的后代，在外观上，必然是 1/2 皮大麦和 1/2 裸大麦，它们的比数是 1:1。这也可用下页图解来表示(见 49 页)。

回交实验证明，跟我们预期的完全符合。

此外，形成配子时，等位基因的分离，有时在配子中就能表现出来。

例如，让粳稻和糯稻杂交，因为粳米对糯米来讲，粳米是显性，当代长出的是粳米种子；如果把糯稻作母本，粳稻作父



本, 这样, 在当代的糯稻植株上就可结出粳米种子! 把这种杂交粳米种子播下去, 在长成的子一代植株中, 我们可看到稻穗上的谷子, 3/4 是粳米, 1/4 是糯米, 可见粳米与糯米的遗传是由一对基因控制的。

在这个杂交实验中, 我们还可清楚地看到: 原来粳米基因 ( $Gl$ ) 和糯米基因 ( $gl$ ) 的作用, 在配子 (花粉) 中就已经有表现了。我们把亲本粳稻的花粉放在载玻片上, 加一滴碘酒, 放在显微镜下看, 只见所有的花粉都染成蓝黑色, 因为粳稻花粉中的淀粉是直链淀粉。同样, 当亲本糯稻的花粉遇上碘酒后, 是呈红棕色反应, 这因为糯稻的淀粉是属于支链淀粉。现在, 我们又接着把它们杂交子一代 ( $Glg$ ) 的花粉, 加一滴碘酒后放在显微镜下检查, 结果: 可看到在一朵花内, 有 1/2 花粉是蓝黑色的, 有 1/2 花粉是红棕色的, 证明子一代确实能产生两种配子: 一种是  $Gl$ , 呈蓝黑色; 另一种是  $gl$ , 呈红棕色, 它们的比数是 1:1, 跟预期相符合。还需指出, 这种情况在玉米、谷子、高粱和黍中均能表现。

通过上列事实的验证, 足以证明对上述分离现象的解释是正确的。

这种分离现象具有普遍性, 也正因为它具有普遍性, 所

以,人们才承认它是一条规律,就称它为分离规律。

分离规律的实质究竟是什么呢?

现在,我们应该有个眉目了,概括地讲,那就是一对基因在异质接合体(杂合体)的状态下,它们之间,并不相互影响,相互沾染,在配子形成时,又能完全按原样分离到不同的配子中去。

### (三)分离律与育种

我们知道杂种如果自交,一定会发生分离。某品种或某系统,如果有某些性状是杂的,该品系即属于杂种性的材料,还在进行着分离,因而不能把它作为固定品种(或固定系统)来对待。即使是未固定的品种,但就某一特性来说,从中也可以获得固定了的系统。

在育种工作中,我们还可以按照分离规律,将某一有利性状(优秀基因),引进到一个在其他各方面都表现优秀,而只存在有某一个缺点的品种中去。例如,现有水稻中,有许多丰产性能很高的品种,但它们又往往带有容易落粒的缺点,以致影响产量。现在如果把具有抗落粒性性状的材料与指定易落粒的品种杂交,由于抗落粒性是个显性性状,这样,  $F_1$  便有抗落粒性状。再用杂种继续与原指定品种回交,每代都会分离出易落粒性和抗落粒性的后代,连续选择抗落性的后代进行多次回交,就能得到各方面与原品种一样而又具抗落粒性优点的品系,再经过自交,考查抗落粒性有无分离情况,就可选育出抗落粒性的纯系,来替代原品种。

选育玉米自交系,首先就得将品种进行自交,自交以后,遗传性状产生分离,本来有些不良性状不容易暴露,现在都相继表现出来了,就可连续数代通过选优去劣,分离之后,优良性状可达到纯合一致。这样取得的自交系,就可用来配制杂



交种用。

### 三、自由组合规律

在分离规律中,讲到的一些杂交试验,我们的注意力,只集中到一对相对性状、一对等位基因。现在,需要进一步探讨:一对相对性状与另一对相对性状之间的关系怎样?或者说,将两对或两对以上的相对性状彼此区别的纯合子作为亲本,进行杂交,杂种后代的遗传情况又将如何呢?

#### (一)两对相对性状的遗传实验

已经知道,在大麦中,皮性和裸性是一对相对性状,是受一对等位基因控制的;刺芒和光芒也是一对相对性状,也是受一对等位基因控制的。曾有人将带有刺芒的皮大麦和带有光芒的裸大麦进行了杂交,杂种后代的遗传情况如下:

P	刺芒皮大麦	×	光芒裸大麦
		↓	
F <sub>1</sub>	刺芒皮大麦		
		↓	
F <sub>2</sub>	刺芒皮大麦	刺芒裸大麦	光芒皮大麦 光芒裸大麦
	9/16	3/16	3/16 1/16
比数	9	3	3 1

从以上遗传情况来看, F<sub>1</sub> 全是刺芒皮大麦, 这是由于刺芒为显性, 皮性也是显性的关系。让 F<sub>1</sub> 自花授粉, 这样, 在 F<sub>2</sub> 中, 出现了四种类型, 除了两种类型象亲本外, 还出现了两种重新组合的新类型——刺芒裸大麦和光芒皮大麦。

如果深入下去, 将 F<sub>2</sub> 的比数进行分析一下, 就可发觉即使将两对相对性状的个体来进行杂交, 它们仍可按每一对性状来分析, 它们的分离比数也还是符合 3:1。例如:

$$\text{刺芒:光芒} = (9+3):(3+1) = 12:4 = 3:1;$$

$$\text{皮性:裸性} = (9+3):(3+1) = 12:4 = 3:1。$$

根据以上分析,足以说明:一对性状的分离与另一对性状的分离无关,它们可以自由组合。 $F_2$ 所表现的遗传情况,只是根据分离规律,用等比积数把它们扩张起来的结果:

3 刺芒:1 光芒

3 皮性:1 裸性 ( $\times$ )

9 刺芒皮大麦:3 刺芒裸大麦:3 光芒皮大麦:1 光芒裸大麦

## (二)自由组合的实质

一对相对性状的分离和另一对相对性状的分离,为什么会表现独立无关,而可以自由组合呢?

这是因为控制这两对性状的两对等位基因,分布在不同的同源染色体上的缘故。在减数分裂形成配子时,每对同源染色体都要对等分离,在分离时,非同源染色体之间能自由组合。因此,位于同源染色体上的每一对等位基因都要分离,而位于非同源染色体上的基因之间是可以自由组合的。

现在,就根据这个解释,来分析上述杂交组合的遗传情况:

刺芒S与光芒s,是一对等位基因,位于一对同源染色体上;

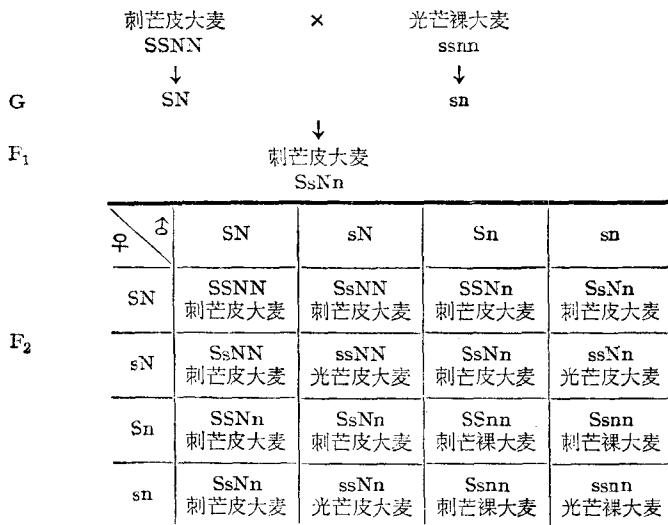
皮性N与裸性n,是一对等位基因,位于另一对同源染色体上。

杂种 $F_1$ 的基因型是SsNn。在形成配子时,随着同源染色体的分离,N与n必须分离,S与s也必须分离;又由于非同源染色体可以自由组合,因此,非等位基因之间,可以产生4种组合:

- ① N与S进入一个配子,形成SN;
- ② N与s进入一个配子,形成sN;
- ③ n与S进入一个配子,形成Sn;
- ④ n与s进入一个配子,形成sn。

这 4 种类型配子,其数目相同,相互间并有均等的受精机会,因而便能产生 16 种可能的基因的组合。

为了便于理解,可参看下列图解:



这 16 种组合,就表现型来看,共有 4 种;就基因型来分,共有 9 种,而且,都有一定的比例关系。可归纳为下表:

表现型	基因型	F <sub>3</sub> 的分离情况
刺芒皮大麦 9	1SSNN 2SsNN 2SSNn 4SsNn	不分离 刺芒与光芒一对相对性状发生 3:1 分离 皮性与裸性一对相对性状发生 3:1 分离 两对相对性状 F <sub>2</sub> 一样发生 9:3:3:1 分离
光芒皮大麦 3	1ssNN 2ssNn	不分离 皮性与裸性一对相对性状发生 3:1 分离
刺芒裸大麦 3	1SSnn 2Ssnn	不分离 刺芒与光芒一对相对性状发生 3:1 分离
光芒裸大麦 1	1ssnn	不分离

如果上面对自由组合的解释,确实是正确的话,那么,让杂种  $F_1$  跟具有双隐性的亲本进行回交的话,后代就该会出现 4 种表现型,而且,比数是 1:1:1:1。

为什么? 因为  $F_1$  的基因型是  $SsNn$ , 在形成配子时,可产生 4 种数目相同的配子:  $SN$ 、 $sN$ 、 $Sn$ 、 $sn$ 。而双隐性亲本的基因型是  $ssnn$ , 在形成配子时,它只能产生 1 种配子:  $sn$ 。两者杂交之后,预期可产生 4 种类型。参看下列图解:

	SN	sN	Sn	sn
sn	$SsNn$ 刺芒皮大麦 1	$ssNn$ 光芒皮大麦 1	$Ssnn$ 刺芒裸大麦 1	$ssnn$ 光芒裸大麦 1

实践证明,实验结果和预期一致。

自由组合规律的实质究竟是什么呢? 概括地讲: 就是当 2 对或 2 对以上基因处于杂合体时, 它们在配子中的分离是彼此独立, 不相牵连的。

在杂交育种中, 常常遇到多对相对性状、多对等位基因, 杂种后代的分离, 自然还要复杂得多。但也并不是没有规律可循, 只要按照等位基因分离和非同源染色体上非等位基因的自由组合规律, 万变不离其宗, 因此, 原则上讲, 还是简单的。这就是每增加一对等位基因, 杂种子一代配子种类就增加一倍, 组合数、基因型和表现型的种类和比数也都相应增加。我们可把它们汇集成一张表格, 一目了然。

如果在不完全显性的场合,  $F_2$  的表现型的总数是  $3^n$ ;  $F_2$  的表现型比数用  $(1+2+1)^n$  表示。不完全显性基因同完全显性基因的两对性状进行组合时,  $F_2$  的表现型比数用  $(1+2+1) \times (3+1) \cdots \cdots$  表示之。

不同对数基因自由组合的遗传情况

基因对数	F <sub>1</sub> 的配子种类	F <sub>2</sub> 配子的可能组合数	F <sub>2</sub> 的基因型数	F <sub>2</sub> 的表现型数 (在完全显性情况下)	F <sub>2</sub> 出现新类型数	F <sub>2</sub> 的表现型比数 (在完全显性情况下)
1	2 <sup>1</sup> = 2	2 <sup>2</sup> = 4	3 <sup>1</sup> = 3	2 <sup>1</sup> = 2	2 <sup>1</sup> - 2 = 0	(3+1) <sup>1</sup> = 3+1
2	2 <sup>2</sup> = 4	4 <sup>2</sup> = 16	3 <sup>2</sup> = 9	2 <sup>2</sup> = 4	2 <sup>2</sup> - 2 = 2	(3+1) <sup>2</sup> = 3 <sup>2</sup> + 2 × 3 <sup>1</sup> + 3 <sup>0</sup> = 9 + 3 + 3 + 1
3	2 <sup>3</sup> = 8	8 <sup>2</sup> = 64	3 <sup>3</sup> = 27	2 <sup>3</sup> = 8	2 <sup>3</sup> - 2 = 6	(3+1) <sup>3</sup> = 3 <sup>3</sup> + 3 × 3 <sup>2</sup> + 3 × 3 <sup>1</sup> + 3 <sup>0</sup> = 27 + 9 + 9 + 9 + 3 + 3 + 3 + 1
4	2 <sup>4</sup> = 16	16 <sup>2</sup> = 256	3 <sup>4</sup> = 81	2 <sup>4</sup> = 16	2 <sup>4</sup> - 2 = 14	(3+1) <sup>4</sup> = 3 <sup>4</sup> + 4 × 3 <sup>3</sup> + 6 × 3 <sup>2</sup> + 4 × 3 <sup>1</sup> + 3 <sup>0</sup> = 81 + 27 + 27 + 27 + 27 + 27 + 9 + 9 + 9 + 9 + 9 + 9 + 3 + 3 + 3 + 3 + 1
n	2 <sup>n</sup>	(2n) <sup>2</sup>	3 <sup>n</sup>	2 <sup>n</sup>	2 <sup>n</sup> - 2	(3+1) <sup>n</sup> = 3 <sup>n</sup> + n × 3 <sup>n-1</sup> + $\frac{n(n-1)}{2} \times 3^{n-2} +$ $\frac{n(n-1)(n-2)}{3} \times 3^{n-3}$ + ..... $\frac{n(n-1)(n-2) \dots \dots}{r}$ + ..... $\frac{\dots \dots (n-r+1)}{r} \times 3^{n-r} +$ + 3 <sup>0</sup>

### (三)自由组合律与育种

根据上表可推算,如一个作物有 20 种性状,每一种性状由一对基因控制,那末,它的表现型数目便是:  $2^{20} = 1,048,576$ ; 基因型的数目便是  $3^{20} = 3,486,784,401$ 。事实上,每种作物的性状,远远超过 20 种。通过自由组合规律,不仅在理论上可帮助我们认识作物品种的多样性的问题,而且,也启发我们杂交育种的可能性。只要以具有种种不同性状的品种作亲本,进行杂交,从后代中就可选拔出新的类型。

通过自由组合规律,我们还明确了,在进行杂交时,参与的基因愈多,那么遗传变异就愈丰富,而获得新类型的希望也愈大。当然,也必须指出,在参与的基因愈多时,杂种后代也就愈难达到纯合一致,不消说,培育新品种的时间也就愈长。

此外,在杂交时,如考虑的基因对数愈多,或者说,考虑到的相对性状愈多,那我们在安排供选择的群体就应扩大。为什么?

这里,我们所指的性状,都假定它是简单遗传,也就是说,这些一对对相对性状,都是由相应的一对对等位基因来控制的。获得各种基因型组合的机率的方法,是将各种基因的分别机率相乘。比如,一对基因,如属杂合的,则分别机率是  $1/2$ ; 如某对基因是纯合的,则分别机率为  $1/2 \times 1/2 = 1/4$ 。这就是讲,在一个杂交组合中,如果只涉及到一对基因,那末,指望在  $F_2$  得到一个纯合体的机会是  $1/4$ ; 如涉及到 4 对基因,  $F_2$  中能出现一个纯合体的机会将是  $1/4^4 = 1/256$ ; 依此推算,如涉及到  $n$  对基因,在  $F_2$  中,要获得完全纯合基因型的机会,便是  $1/4^n$ 。

在选育品种时,当然,我们要求得到的是纯合体。所以,我们前面讲的,在考虑亲本的相对性状愈多时,那对杂种后代

的播种数量就应当相应增大,道理也就是如此。

#### (四)基因和性状

从上面顺路看下来,也许,你将会得出这样一个印象:一个基因控制一个性状,而一个性状仿佛就是一个遗传单位。因此,整个生物体仿佛就是许多彼此独立的、可以分开的性状的综合。很明显,这样的观点是错误的。这是遗传学上早期的观点,这样的观点,只是根据早期初步了解的局部的遗传现象,加以不恰当的推论的结果。

现在知道,严格来讲,任何性状都不是独立的。不错,在研究中,可以把任何性状作为研究对象,但还是应该时刻记住它是完整的生物体的一部分,它是在跟生物体其他部分的相互联系中发育起来的。

基因和性状之间,也并不是“一对一”的关系。事实上,一个性状经常是受许多基因的制约,一种基因又经常影响到许多性状。下面只举两个例子,目的也只是在说明一下,基因和性状之间,不是“一对一”的关系。

水稻上的例子。一粒谷,脱掉了壳就是一粒糙米,糙米的颜色(指米糠的颜色)有赤、褐、黄、白,甚至还有黑色等等。这种糙米颜色也是遗传的,当然,这一性状也是受基因控制的。

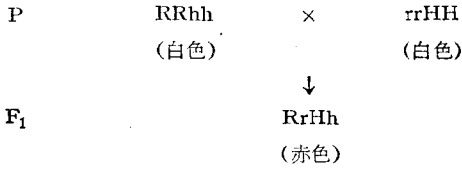
奇怪的是:让一种白色糙米的水稻,跟另一种白色糙米水稻进行杂交, $F_1$ 的糙米是赤色,在 $F_2$ 中,有 $9/16$ 的糙米是赤色, $7/16$ 的糙米是白色。

这究竟是怎么一回事呢?

似乎上面所讲的两条遗传规律在这里不适用了,其实并不,这种遗传现象仍服从上面的规律,实践证明也确实如此。

这里, $R$ 是控制糙米赤色的基因,然而,决定糙米是不是带赤色,除 $R$ 基因外,还需有个决定着色的 $H$ 基因,也就是说,

只有当基因型处于R—H—时，糙米才带赤色。看下列图解：



	♂	RH	Rh	rH	rh	
♀	RH	RRHH (赤色)	RRHh (赤色)	RrHH (赤色)	RrHh (赤色)	} 9赤色:7白色
	Rh	RRHh (赤色)	RRhh (白色)	RrHh (赤色)	Rrhh (白色)	
	rH	RrHH (赤色)	RrHh (赤色)	rrHH (白色)	rrHh (白色)	
	rh	RrHh (赤色)	Rrhh (白色)	rrHh (白色)	rrhh (白色)	

上面实验中，在子代里会出现一个新性状——赤色，主要原因是由于R与H不同对的两个基因相互作用（这里是指补充作用）的结果。

再举一个小麦上的例子。有一种小麦，正因为它的一个基因（球粒——指麦粒形状）发生了突变，那影响可就大了，既影响它的茎秆变粗变短，又影响它分蘖增多，麦穗变小，护颖加宽而成半球形，以致麦粒也变成了小球形。

我们讲基因的相互作用和基因的多效性，而并没有否定分离律和自由组合律，事实上，我们刚才所举的遗传例子，它们的基础也还是前面所讲的遗传规律。

#### 四、连锁和互换规律

在自由组合律中谈起：不同对的等位基因，在不同对同源



染色体上,在形成配子中,彼此可自由结合。现在要问:不同对的等位基因,同在一对同源染色体上,是不是也可自由组合呢?事实上,基因的数量总是大大地超过染色体的对数,因此,每个染色体上所载有的基因,绝不只是一个,而是数个,数十个,以至上百、上千个的,这是个非常现实的问题。

### (一)连锁遗传

经研究,同一染色体上的基因,在遗传中并不表现自由组合,而是表现为连锁遗传。就是说,不同对的基因在同一染色体上,它们在进行减数分裂时,并不各自采取自由行动,而是连锁在一起,作为一个单位而进行活动,活动的步调和染色体取得一致。因此,  $F_2$  中,出现的亲本性状的组合,将显著地多于新性状的组合。

这里,以玉米进行杂交实验为例:

玉米籽粒顶部的形状,有的饱满(硬粒型),有的顶部皱缩,凹陷下去(马齿型);籽粒糊粉层有的有颜色,有的是无色。

将一个籽粒有色、饱满的品种,跟一个籽粒无色、皱缩的品种进行杂交,图解如下(图 3-4)。

已知,有色对无色是一对相对性状,它们是由  $C$  和  $c$  一对等位基因控制的,有色对无色,有色是显性;饱满和皱缩是一对相对性状,饱满是显性,它们是由  $S$  和  $s$  一对等位基因控制。杂交  $F_1$ , 表现型是有色、饱满;基因型是  $CS/cs$ 。这里的“/”表示一个染色体,假定  $C$  和  $S$  是位于同一个染色体上,所以就写成  $CS/$ ;  $c$  和  $s$  是处在相对的另一染色体上,就写成  $cs/$ ;  $CS/$  和  $cs/$  的合子,便是  $CS // cs$ ,也可以简写成  $CS/cs$ 。

现在,要查明  $C$  和  $S$  这两个不同对的基因是否处在同一个染色体上,方法是:让  $F_1$  有色、饱满 ( $CS/cs$ ), 去和亲本无色、皱缩 ( $cs/cs$ ) 进行回交。

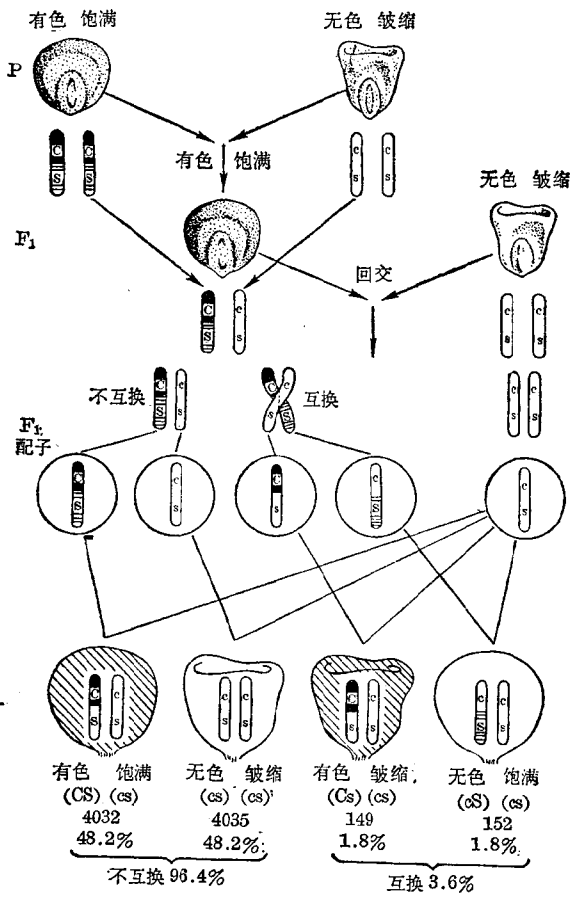


图 3-4 玉米的连锁和互换现象

如果按自由组合律, F<sub>1</sub>CS/cs, 在形成配子时, 应产生 4 种内容不同的配子: CS、Cs、cS、cs。而亲本 cs/cs, 只能产生 1 种配子: cs。回交的结果, 在回交的后代应该有 4 种表现型出

现,在这4种表现型中,应有 $2/4$ 的个体表现为亲本性状,另外 $2/4$ 的个体应该是新性状的组合——有色、皱缩的和无色、饱满的。

实验结果跟预期结果有矛盾。这里出现的亲本类型竟达96.4%, 而比预期的 $2/4$ 的数字要多得多; 出现新性状的组合是3.6%, 这又比预期的50%要少得多。这究竟是什么道理? 是否自由组合律在这里不适用了?

经深入研究, C和S、c和s这两对不同对等位基因, 确实是处在同一对同源染色体上。既然是处在同一染色体上, 那么, C和S就得连锁在一起, c和s也必然连锁在一块, 这样, 在染色体进行减数分裂时, 就作为一个单位而行动。于是,  $F_1CS/cs$ , 也只能产生两种配子: CS、cs; 而亲本cs/cs, 也只能产生一种配子: cs。两者杂交, 后代应该出现两种表现型: 有色、饱满是一种, 无色、皱缩又是一种。所表现的这两种类型无疑地都应是属于亲本类型。而预期的结果与实验所得, 又不相符合, 这又是怎么回事呢?

终于弄清楚, 原来, 有色(C)和饱满(S)是连锁在一起; 无色(c)和皱缩(s)也是连锁在一起, 在传递中, 它们也确实作为一个单位而采取集体行动, 正因为如此, 所以在回交后代中有96.4%个体是象亲本类型。但是, 由于形成配子时, 在减数分裂前期, 同源染色体在配对时发生了交叉现象, 以后分开时, 同源染色体相互交换了片断, 经过重新组合, 因而产生了4种类型的卵子, 4种卵子各和1种精子相结合, 在回交后代中, 也当然就表现出4种表现型, 而不是两种表现型了。由互换形成的重新组合, 在这个实验中, 即有色、皱缩, 和无色、饱满两个新类型, 它们出现的百分率是3.6%, 这个3.6%, 在遗传学上, 就称为互换率。在育种工作中, 有时就根

据互换率来预测某种杂交组合中新性状组合出现的百分率。这种预测，往往可达到相当精确的程度。

上面所讲的是属于不完全连锁。还有一种完全连锁，它是指两个基因在同一条染色体上，在传递中从不分开。不过，这种现象比较少见，但也还是有的。比如，水稻上的紫谷与紫芒就是完全连锁。

根据互换率的大小，可以决定基因在一条染色体上位置距离的远近。例如，C和S的互换率是3.6%，就可说，C和S在一条染色体上相隔的距离便是3.6单位。这样，基因在染色体上就成直线排列。可以这样认为：两个基因在染色体上所处的位置越相近，发生互换的机会就越少，而连锁的强度也就越大。一般讲，基因的互换频率，在一定条件下，是相对稳定的。但是，有时在受到外界条件的影响，比如温度、放射线等等也都会影响基因互换频率的改变。

连锁遗传与自由组合律看来似乎是矛盾的，矛盾在那里？如果发生连锁，非等位基因由于处在同一条染色体上，那么，非等位基因在这里就没有自由组合的可能性，而只能连锁在一起，在传递中作为一个单位而进行活动。但是，如果把处在同一条染色体上的非等位基因作为一个单位来看，那么，作为一个单位在形成配子过程中，与其他单位还是可以自由组合的，从这个意义上来讲，即使是连锁遗传，也还是服从自由组合律，仍是统一的。

## (二) 连锁群

基因是在染色体上。凡是位在同一染色体上的基因，就组成为一个连锁群。所以，一个生物的连锁群的数目，与它的染色体对数总是相一致的。例如，玉米有10对染色体，现在就发现了10个连锁群；大麦有7对染色体，现在也同样发现

了7个连锁群。作物种类很多,可是,人们对连锁群的研究,对玉米和大麦下的工夫比较多,也研究得比较透彻。读者如要了解玉米和大麦的连锁群,可请看《植物育种学》(农业出版社1962年)。

至于对其他作物的连锁群研究,目前还显得非常缺少。比如,就我国的主要农作物——水稻来看,它有12对染色体,照理就应该有12个连锁群,可是,直到现在,还仅仅发现4个比较可靠的连锁群,其他都还处于未知状态,还有待大家努力。这里,把目前所理出水稻的4个连锁群介绍如下,供育种工作者参考。

【糯性连锁群】认为糯性(*gl*)、色原素(*C*)、分蘖矮稻型(*d<sub>3</sub>*)、叶鞘紫条(*Pla*)、雄性不育(*sf*)等性状的基因是连锁在一起的。此外,还认为丛性及成熟期等性状也是属于这个连锁群。它们之间的互换率是:糯性(*gl*)——分蘖矮稻型(*d<sub>3</sub>*)约17~18%;糯性(*gl*)——叶鞘紫条(*Pla*)约44%;雄性不育(*sf*)——色原素(*C*)约18.9%;雄性不育(*sf*)——糯性(*gl*)是5.3%;糯性(*gl*)——色原素(*C*)是21.7%。

【植株紫色连锁群】认为植株紫色(*Pl*)、无叶舌(*lg*)、夷矮型(*d<sub>2</sub>*)、米在石炭酸溶液中呈紫褐色反应(*Ph*)、糙米颜色(*Rp*),以及半不育(*sk*)等性状的基因是连锁在一起的。它们之间的互换率是:植株紫色(*Pl*)——无叶舌(*lg*)是21~22%;植株紫色(*Pl*)——夷矮型(*d<sub>2</sub>*)是38.5%;夷矮型(*d<sub>2</sub>*)——无叶舌(*lg*)约50%,半不育(*sk*)——植株紫色(*Pl*)是6.8%;米在石炭酸溶液中呈紫褐色反应(*Ph*)——糙米颜色(*Rp*)是19%,米在石炭酸溶液中呈紫褐色反应(*ph*)——无叶舌(*lg*)是5~7%;无叶舌(*lg*)——糙米颜色(*Rp*)是26%。它们在染色体上的排列顺序是:*d<sub>2</sub>*—*Rp*—*Pl*—*Ph*—*lg*。

【长颖连锁群】认为长颖(谷粒长度)( $l_{ng}$ )、垂叶矮型( $d_6$ )、褐色米(RC)等三个性状的基因是连锁的。它们之间的互换率是:长颖( $l_{ng}$ )——垂叶矮型( $d_6$ )的互换率极低;垂叶矮型( $d_6$ )——褐色米(RC)是30.7%;褐色米(RC)——长颖( $l_{ng}$ )是30.2%。有人认为护颖长、小穗长、赤米、节间紫色、成熟期等性状也是属于这个连锁群;它们的互换率:护颖长——小穗长约5%,护颖长——赤米是38%;赤米——节间紫是36.5%;赤米——成熟期因子互换率是22%。

【花青素的还原因子连锁群】花青素的还原因子(Sp)、节紫(Pn)、赤米(Rd,前面提到的赤米RC,RC和Rd虽不在同一染色体上,但RC对Rd有补助作用)、偏颖(Pa)、粗粒(lax)等五基因有连锁关系。它们的互换率是:花青素的还原因子(Sp)——节紫(Pn)是17.2%;花青素的还原因子(Sp)——赤米(Rd)是0.3%以下;偏颖(Pa)——花青素的还原因子(Sp)约20%;花青素的还原因子(Sp)——粗粒(lax)约31%。

### (三)连锁和互换律与育种

正确地掌握作物的连锁群及其互换率,对育种工作很有好处。比如,在根据育种目标选择亲本材料时,自然就要考虑亲本的性状,而在考虑亲本性状时,必然要考虑性状之间的连锁关系,如果几个好的性状连锁在一道,那是好事;要是坏的性状与我们所要求的好的性状连锁在一道,那我们就应采取相应的对策,克服困难,取得成功。

掌握连锁基因的互换率,还能在杂交后代中,预见我们所追求的新类型出现的百分率。

例:已知大麦中一种矮生型的性状,与抗条锈病的能力有较强的连锁遗传。经研究测定,矮生型的br基因与抗条锈病

的T基因有12%的互换率。这里，正常型(Br)对矮生型(br)是显性；抗条锈病(T)对不抗条锈病(t)是显性。现在，我们的要求是要获得矮生型抗病的新品种。目标明确了，这时，可用正常型抗条锈病的甲品种(BrT/BrT)，跟矮生型不抗条锈病的乙品种(brt/brt)进行杂交，F<sub>1</sub>的表现型是属于正常型、抗条锈病的类型，它的基因型是BrT/brt。总之，F<sub>1</sub>的个体中，没有我们所需要的东西，但在F<sub>2</sub>中可选出我们所需的東西。在F<sub>2</sub>中，理论上出现的各种类型比率如下表：

F <sub>2</sub> %		含配子%	未 互 换		互 换	
			BrT44%	brt44%	BrT6%	brT6%
未 互 换	BrT 44%	BrT/BrT 19.36%	brt/BrT 19.36%	BrT/BrT 2.64%	brT/BrT 2.64%	
	brt 44%	BrT/brt 19.36%	brt/brt 19.36%	Brt/brt 2.64%	brT/brt 2.64%	
互 换	BrT 6%	BrT/BrT 2.64%	brt/BrT 2.64%	BrT/BrT 0.36%	brT/BrT 0.36%	
	brT 6%	BrT/brT 2.64%	brt/brT 2.64%	Brt/brT 0.36%	brT/brT 0.36%	

上表中有□圈起的，它们的表现型是抗病矮型，出现的比率是：2.64% + 2.64% + 0.36% = 5.64%，其中基因型纯合的(brT/brT)仅占0.36%，这就是我们所要寻找的对象。但在F<sub>2</sub>中，我们还难识别谁纯谁杂，工作还必须继续下去，还必须在F<sub>3</sub>中继续选择。F<sub>3</sub>的群体究竟要多大呢？如果，我们期望在F<sub>3</sub>中获得3~4个纯合的系统，就需要在1,000个F<sub>2</sub>植株中选出约56个抗病矮生型的单株。

此外，连锁遗传现象与生物性状的相关程度有一定的关

系，而相关性的应用，在选育工作中有很大的实践意义。例如，有经验的老农认为水稻苗期叶窄、挺立而色浓的，耐肥力都强；植株矮壮紧凑的，则穗子着粒必紧密；粳稻早熟品种，往往容易感染稻瘟病。棉花的早熟性与铃小、绒短、果枝节位低等性状有高度相关。因此，在杂交育种选配亲本时，要注意在早熟类型中挑选棉铃较大、绒较长的材料作为亲本，就容易取得成功。当有相关性存在时，就可以根据一个性状来推论另一个性状，这对选种工作有帮助，可及早而有效地选到所需要的类型。但必须说明，具有相关性的两个性状，有时并不一定是由于连锁的结果，然而具有连锁遗传的性状，无论互换率多少，只要在纯合体内，它们又肯定是密切相关的。



## 第四章 数量性状的遗传

前面所讲的遗传性状,在相对性状之间,界限分明,不易混淆。例如,大麦壳的有无,有二种可能性:带壳和不带壳。这中间没有什么似带非带、非带似带的中间类型。米质的糯性也是如此,非糯性的同时也就意味着是糯性,这中间也没有什么中间类型。有时,即使有中间类型,如二棱大麦和六棱大麦杂交,  $F_1$  表现为中间类型,在  $F_2$  中,仍然可以把它们区分归类:二棱、六棱、中间型。一清二楚,毫不含糊。象这种变异与变异之间,并不存在着一系列中间过渡类型,而是表现为间断变异,这类变异就称为不连续变异,是定性的,属于质量性状。

除了质量性状外,在作物中还广泛存在着另一种性状,叫数量性状。这是本章要讲的内容。

### 一、数量性状

在作物中,有很多性状往往表现量上的差异。例如,株高、分蘖数、成熟期、穗重、籽实长度、纤维长度等等都是。

“有比较才能鉴别。”把数量性状同其他非数量性状(质量性状)一比较,就可看出数量性状有两个明显的特点:

#### (一)变异的连续性

杂种第一代一般是中间型,杂种第二代个体表现一系列的连续性的变异,由于变异的连续性,相邻个体之间的差异比

较微小,因而数量性状的性质程度,是可以用品来量,可以用秤来称,可以度量,一句话,是可以用品来表示的性状。这种性状的变异是连续性的。

拿株高来说,一般不能划分为“高”和“低”两类。通常,我们说某品种的株高是 100 厘米,这是指对多数个体测定后的平均值而讲的。如果细加考察,可看出它的变异幅度是在 95 厘米到 105 厘米之间,它们中的株高,可以有 95 厘米、96 厘米、96.5 厘米、96.52 厘米、96.527 厘米……,简直无法分类。变异是呈连续性的。为了统计方便起见,这里,有时可把厘米以下的数值抹去,这样,就可清楚地看到从矮到高的种种不同等级。这种场合,一般的是以接近中间值的个体数最多,距中间值愈远,个体数就愈少,属于两极值的个体数那就更少了。

例如,有人测定一个菜豆品种的种子长度,结果如下表:

菜豆种子长度的变异

豆长 (毫米)	8	9	10	11	12	13	14	15	16	计
豆数	1	2	23	108	167	106	33	7	1	443

从上表看出:长度中等的最多,有 167 个,极小或极大的豆非常少。这个变异的平均豆长是 12.1 毫米。

如果把上面所测定的结果,画成图,那就是一张常态分布曲线图,不同种子长度围绕着平均值构成两头小中间大的常态曲线(图 4-1)。

## (二)对环境条件影响敏感

数量性状,对外界环境条件的影响非常敏感。例如,阳

光、温度、水分、肥料等外界条件，就经常影响农作物的植株高度、分蘖能力、成熟期及产量能力。而表现出来的表现型，总是该品种的基因型同环境条件影响的总和。如上表，豆长从8毫米到16毫米可分成若干等级，这种变异的产生就是环境影响的结果。

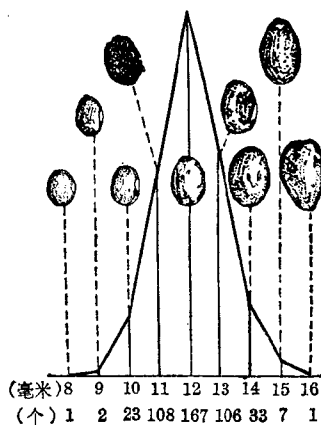


图 4-1 菜豆种子长度的变异

在“岱字 15 号”中选出的一个遗传相对稳定的棉花品系，它的纤维长度，在不同条件下常发生一定范围的变化，即使同一块田里的不同植株，同一植株上的不同果枝，同一棉铃中不同部位的种子，它的纤维长度也有变化。如果测量后按档归类，而后将结果绘成图，那样，我们又可看到一幅纤维长度变异的常态分布曲线图。

这种变异的产生，固然是环境条件影响带来的结果；但是，在另一方面，我们也可把这种变异幅度，和变异的平均值，看作为某一个品种的特性。

这里，还需指出的：数量性状同质量性状的区别，也并不是绝对的。

比如，关于有色与无色，通常有色或无色是作为明显的两个性状来区别的，因而可以当作质量性状来看待；另一方面，如果从色素量的多少来加以认识，有色的程度还可细分，那样，也可以当作数量性状来看待。实际上，许多实例已经告诉

我们,通过仔细观察,着色程度是能够区分为浓淡种种不同的等级的。

相反,即使是象株高这种性状,如果把矮生型看作是形态特征,也可看成是同正常型相对比的一种质量性状。例如,“小将”大麦,就是属于矮生型,它同正常型品种相比较,不单是植株矮小,而且还表现在叶片短而挺直,穗、芒、籽实长度都减短。这些性状经常同矮生型的性状相关连,形成“小将”的特殊长相。因此,在这里,把株高(矮生型)看作是数量性状,还不如把它看作为质量性状来得好。

## 二、数量性状的遗传方式

### (一)数量性状与多基因

遗传学上一般仍用基因的作用,来解释数量性状的遗传方式。认为数量性状和质量性状之间既有共同点,又有不同点。共同点是:不论数量性状或质量性状都受基因控制,它们的活动也都是按照基本的遗传规律,即有分离和组合,也有连锁和互换。不同点是:数量性状是受一系列独立遗传的、具有相同作用的基因所支配的,这样的一群基因叫做多基因,是经常控制数量性状遗传的基因。

多基因的主要特点有:

(1) 多基因的功能没有大小之分,基因间的显隐性关系通常不存在,  $F_1$  一般表现为两亲的中间型。

(2) 多基因的另一特点是对表现型有累积作用。即:合子按照它的基因数的多少,在性状表现的程度上产生相应的差异。

### (二)小麦粒色的遗传

小麦种子的颜色有红、有白。有人将红粒和白粒两个小

麦品种进行杂交,  $F_1$  表现为红色; 在不同组合中,  $F_2$  却表现出不同的分离比数:

第一种情况,  $F_2$  表现为 3 红:1 白, 这个比数是相当于一对基因在起作用;

第二种情况,  $F_2$  表现为 15 红:1 白, 这个比数是相当于两对基因在起作用;

第三种情况,  $F_2$  表现为 63 红:1 白, 这个比数是相当于三对基因在起作用。

亲本既然都是红粒和白粒, 为什么在  $F_2$  中又会出现三种不同的分离比数呢? 原来, 在作为亲本的红粒中, 粗看, 三个组合中的亲本红粒都是红色的; 细察, 它们红色的深浅是有所差异: 一个色浅, 一个次之, 一个最深。

在  $F_1$  中, 仔细察看、分析一下, 籽粒的颜色虽然都是红色, 但是在三种不同组合中, 籽粒的红色深浅也各有分别, 如果和它们亲本颜色一比较, 发觉  $F_1$  籽粒的颜色都表现为中间型。即: 第一种情况,  $F_1$  表现为最浅红; 第二种情况,  $F_1$  表现为浅红; 第三种情况,  $F_1$  表现为中红。

在  $F_2$  的红色籽粒中, 也同样有深浅之别:

第一种情况,  $F_2$  原来是 3 红:1 白, 实际上是 1 浅红:2 最浅红:1 白;

第二种情况,  $F_2$  原来是 15 红:1 白, 实际上是 1 深红:4 中红:6 浅红:4 最浅红:1 白;

第三种情况,  $F_2$  原来是 63 红:1 白, 实际上是 1 最深红:6 暗红:15 深红:20 中红:15 浅红:6 最浅红:1 白。

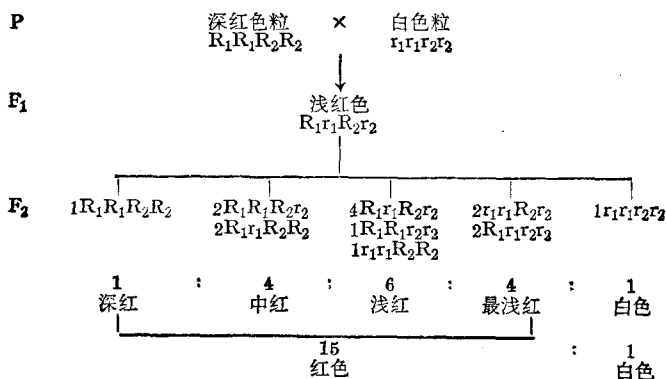
上面所讲的遗传情况, 应该如何解释呢?

从  $F_2$  的表现型来看, 也就是说从  $F_2$  籽粒所带的颜色来看, 色调从浅到深, 表现了连续性的变异。这种连续性变异,

在第二种情况下就可清楚看到;在第三种情况下,那就看得更清楚了。无疑地,小麦粒带色的性状,是一个数量性状。

数量性状的遗传基础也是基因,它是由许多基因相互作用的结果;等位基因之间没有显隐性关系,而有正作用基因和不作用基因的区别;正作用基因的效应是累积的。经研究分析,影响小麦籽粒红色的深浅,有三种正作用基因:  $R_1$ 、 $R_2$ 、 $R_3$ 。它们对麦粒的色调有累积效应,就是说,  $R$  基因积累得愈多,麦粒上所带的红色就愈深;如果,籽粒中缺少  $R_1$ 、 $R_2$ 、 $R_3$ ,而只带有  $r_1$ 、 $r_2$ 、 $r_3$  三种不作用基因时,小麦的籽粒就呈白色了。

这里,把第二种情况分析一下,就可真相大白。



从以上分析中看到,随着  $R$  基因的累积,籽粒的红色也就跟着加浓;此外,这类基因的活动其实它也是服从遗传规律的。在这里,我们可以很清楚地看到它依旧服从分离律和自由组合律。

上面曾提到,影响麦粒色调的基因有  $R_1$ 、 $R_2$ 、 $R_3$  三种,但是,在我们分析的第二种情况中,为什么不提到  $R_3$  呢?

应该说,在第二种情况下,亲本的基因型是:

$R_1R_1R_2R_2r_3r_3$ (深红色粒)

$r_1r_1r_2r_2r_3r_3$ (白色粒)

从上面所写的亲本基因型来看,只有两对基因型有差异,而另外一对基因(指  $r_3r_3$ )由于彼此相同,所以,也就略去不提,而只写出  $R_1R_1R_2R_2$  和  $r_1r_1r_2r_2$ ,这种提法,在习惯上也还是可以的。

如果我们运用数学的方法,来分析一下上面所讲到的由于亲本只出现 2 对基因的矛盾,从而影响了  $F_2$  表现型的比数,我们就将觉察到: $F_2$  表现型的比数与数学中二项式  $(a+b)^n$  展开时的各项系数相当。这里的  $n$  代表基因数目,  $a$  与  $b$ , 分别代表各对基因中每一个基因,在一个个体中可能出现的机率,即  $a=b=\frac{1}{2}$ 。

就上面我们所分析的第二种情况来看,在那个组合中,只涉及到 4 个显性基因:  $R_1R_1R_2R_2$ 。这样,  $F_2$  表现型的比数便是:

$$\left(\frac{1}{2} + \frac{1}{2}\right)^4 = \frac{1}{16} + \frac{4}{16} + \frac{6}{16} + \frac{4}{16} + \frac{1}{16} \text{ (表现型比数)}$$

4R    3R    2R    1R    0R (R基因积量)

深红  中红  浅红  最浅红  白色 (表现型类别)

这样推算的结果,与我们上面分析的情况完全相符合。

至于第三种情况,也完全可以按照上述推算而得出结果:

$$\left(\frac{1}{2} + \frac{1}{2}\right)^6 = \frac{1}{64} + \frac{6}{64} + \frac{15}{64} + \frac{20}{64} + \frac{15}{64} + \frac{6}{64} + \frac{1}{64} \text{ (表现型比数)}$$

6R    5R    4R    3R    2R    1R    0R (R基因积量)

最深红  暗红  深红  中红  浅红  最浅红  白色 (表现型类别)

依此类推,如果某个数量性状牵涉到  $n$  个基因,那么,我们就可按:  $\left(\frac{1}{2} + \frac{1}{2}\right)^n$  这个公式展开推算出  $F_2$  表现型的比数。

影响小麦粒色这个数量性状的基因,虽然是多基因,但涉及到的基因对数还不算多;此外,小麦粒色这个数量性状也不顶易受外界环境条件的影响。因此,就比较容易看出各变异等级间的差异。可以说,它是多基因的一个典型例子。

但是,事实上,有不少数量性状牵涉到的基因数总是多数的。参与数量性状的多基因,如果涉及到的基因数越多,那接近中间值的级就越多,所出现的分离比也就显得越复杂,它们的分离方式也可用下表来表示:

多基因所参与的  $F_2$  的分离比

相对基因的数	$F_2$ 各级的分离比												计 ( $4^n$ )	纯合子 的数 ( $2^n$ )	纯合子 的 百分数	
1														4	2	50.0
2														16	4	25.0
3														64	8	12.5
4														256	16	6.2
5														1024	32	3.1
6	1	12	66	220	495	792	924	792	495	220	66	12	1	4096	64	1.5

注:表中的  $n$  是指相对基因的对数

数量性状一方面由于遗传分离极为复杂,另一方面又由于种种环境条件的影响,因而不易明显地看出各变异等级间的差异。玉米穗长的遗传,就可充分表明这种数量性状的遗传特征。

### (三)玉米穗长的遗传

有人曾选用两个不同穗长的玉米品种进行杂交。一个短穗品种作母本,一个长穗品种作父本,杂交的结果如图 4-2。

为了便于科学分析,可将该图中所表示出来的亲本、 $F_1$



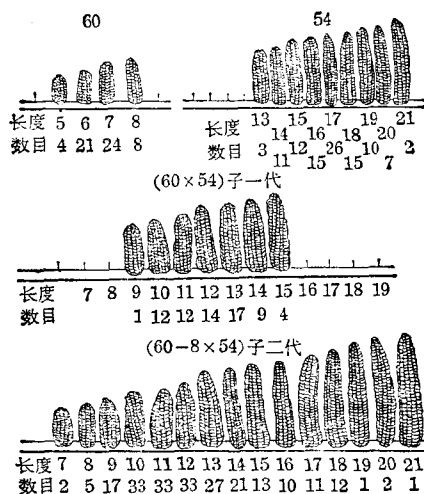


图 4-2 玉米穗长的遗传

和  $F_2$  的变异幅度，以及各变异等级所出现的个体数，归纳成为一张表：

玉米的穗长变异

亲本及 杂交后代	穗长级别 (厘米)																	穗 数
	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	
短穗亲本 (♀)	4	21	24	8														57
长穗亲本 (♂)									3	11	12	15	26	15	10	7	2	101
$F_1$					1	12	12	14	17	9	4							69
$F_2$			2	5	17	33	33	33	27	21	13	10	11	12	1	2	1	221

从上表可清楚看出：

$F_1$  的穗长有 9 厘米的 1 株，10 厘米的 12 株，顺次到 15 厘米的 4 株。大体上表现了两亲的中间型。

$F_2$  穗长的变异幅度更宽，从短的 7 厘米，到长的 21 厘米，表现了连续性变异。

根据这个例子，就可知道，数量性状的遗传，由于  $F_2$  的个体间变异是连续的，因而很难清楚地划出变异间的等级差别。这是数量变异遗传的特征。以前把这样的遗传叫做融合遗传，认为这是父母本性状相互混淆的结果，这种遗传现象直至子孙仍保持中间型，两性状决不分离的特殊类型。而现在我们完全可利用多基因的理论来得到正确明了的解释。

换句话说，数量性状的遗传也是服从基本的遗传规律的，只是因为有多数的基因在起作用，和这些基因带来的累积效果，所以问题就变得更加复杂了。通过下面图 4-3, 4 可以比较形象地帮助我们对数量遗传的理解。

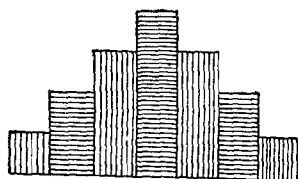


图 4-3 受多基因的控制所产生的表现型分布

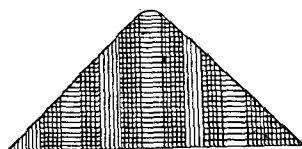


图 4-4 在本图的分布上加上环境的影响作用产生级组重叠。造成  $F_2$  表现型分布不显明的状态。

### 三、基因数的推算

一种数量性状究竟受多少基因的干预呢？虽然，目前还

缺少系统的资料,但是,我们还是可以根据  $F_2$  表现型的比数来推断。一般规律在总数  $4^n$  中有一个不具备该性状的个体,或完全具备该性状的个体出现时其基因数即为  $n$ 。比如,假定稻芒的有无,只有 2 对基因在干预时,则倾向有芒亲本的(全部具有有芒基因的)同倾向无芒亲本的(完全缺乏有芒基因的)都是在总数每 16 个里各有一个个体。假定芒的有无是由 5 对基因在干预时,那就是  $F_2$  的每 1,024 个里,则有倾向有芒亲本的和倾向无芒亲本的各一个个体。把这个道理倒推就是:如果在  $F_2$  个体群中每 1,024 株里有一株的比率能够出现类似无芒或有芒亲本的植株时,就可以推知有 5 对基因在控制着有芒的特性。

基因数的推算表

$F_2$ 的总数	不具备该性状基因的个体数	控制该性状的基因数
4	1	1
16	1	2
64	1	3
256	1	4
1024	1	5
$4^n$	1	$n$

#### 四、多基因与育种

在作物品种中,许多重要的经济性状几乎都是数量性状。因此,在育种工作过程中,我们的注意力势必要集中在数量性状上。当然,在杂交育种时,根据数量性状的特征,我们就应当采取某些与质量性状不同的措施。

第一,在数量性状中,如果亲本品种不是极端的类型,那

么,在杂交后代中就有可能出现超越亲本的类型。例如,一个小麦籽粒较大的品种,它的基因型是  $A_1A_1A_2A_2a_3a_3$ ; 另一个籽粒较小的品种,它的基因型是  $a_1a_1a_2a_2A_3A_3$ 。杂交结果:  $F_1$  的基因型是  $A_1a_1A_2a_2A_3a_3$ , 籽粒的大小是中间类型; 在  $F_2$  中, 就有可能出现  $A_1A_1A_2A_2A_3A_3$  和  $a_1a_1a_2a_2a_3a_3$  的基因型, 前者的籽粒比亲本籽粒大的更大, 后者的籽粒比亲本籽粒小的更小, 出现了超越亲本的类型。因此, 在这里告诉我们: 选择亲本时就应当尽量考虑采用来源不同的品种, 因为只有通过这类杂交, 后代中才有可能获得性状表现更为优秀、完善的个体。

第二, 数量性状既然是受到多基因的影响, 在育种工作中, 如要获得极端类型的纯合体, 一般就需要有一个很大的  $F_2$  群体。

我们可根据参预基因的对数, 来预测  $F_2$  中出现纯合体的数目。公式是:  $1/4^n$  ( $n$  表示基因对数)。

比如, 一个数量性状由 5 对基因控制, 在这种情况下, 一个为我们所追求的、最完善的纯合体出现的机会是

$$1/4^5 = \frac{1}{1024};$$

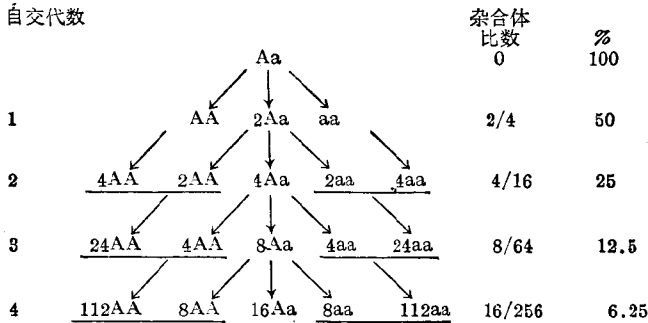
假使有 10 对基因在干预某一数量性状时, 情况又将怎样呢?  $1/4^{10} = \frac{1}{2048576}$ , 即大约在 200 万个  $F_2$  植株中才有一个是我们所追求的。

事实上, 有时不大可能获得那样庞大的  $F_2$  群体。怎么办呢? 补救的办法, 那就是通过杂种后代的多次连续自交和选择, 只要当杂种后代存在杂合性状态时, 连续自交和选择就将继续做下去, 直到我们选出完善的纯合体时为止。

为什么要这样做呢? 也就是说, 在变异范围较大的混杂

群体内,要选取所需要的数量性状的个体,为什么要通过多次连续自交呢?

为了容易把问题说清楚,我们就以一对简单的等位基因Aa为例,让它进行自交,以后各代各株都通过自交,如连续通过4代自交,其结果可用下图表示:



从上图可看出,一个杂合体通过一代代自交,结果是杂合体的百分率就逐渐减少;另一方面,纯合体的百分率却逐代增加。当然,这里面有两类纯合体,一类是我们所追求的,而另一类是我们所不需要的。正因为如此,所以,就要求我们在进行连续自交的同时,还需要进行逐代选择。

第三,数量性状的发育受环境条件的影响很大。因此,在育种工作中,我们要充分注意到这点:选育工作必须在良好的栽培条件下进行,只有这样,我们所期望的优秀类型才能充分表现,而不至丧失被选择的机会。

也有些事实还证明一定的外界条件可以定向作用于数量性状的遗传。例如:河南省内乡县农民育种家龚文生,他采用“南大 2419”小麦作母本,用“白火麦”、“白玉皮”、“白芒麦”三个品种作父本,运用混合花粉授粉,杂种后代用较大的营养

面积,注意水、肥供应,冬前去分蘖,抽穗后选择大穗同时去掉上、下两头小穗,使主穗中部籽粒得到充分发育,结果千粒重逐年增加,从34克提高到66克(“扬麦1号”的千粒重是30~35克),在大田栽培,如果栽培条件好的话,千粒重也可达到57克。经过多年的选择、努力,终于培育成了以大粒著称的“内乡5号”小麦新品种。这个品种是在1956年培育成功的,深受贫下中农欢迎,直到现在仍有较大的栽培面积。

应该指出:目前对数量性状遗传理论的研究,还远不能概括育种实践的经验,更远远不能适应育种实践的需要。关于多基因学说,有时还难以说明各个基因不同相互作用的形式对数量性状的不同影响;关于环境和性状遗传,还难以区别培育效应和选择效应的结果。相信在今后科学实验和生产斗争中,定能得到不断发展和提高。

## 第五章 选 择

选择,作为育种上的用词,它意味着把优良的个体选拔出来。

现代的育种方式很多。不管采用何种育种方式,都离不开选择;在良种繁育工作过程中,为了防止良种的退化,就要提纯复壮,这中间也离不开选择。总之,选择是育种上最基本的、在育种的全过程中是必不可少的一环。

这一章主要是讲选择育种。至于如何通过选择来进行品种的提纯复壮,这将放在良种繁育一章中来介绍。

### 一、选择的遗传原理

在遗传规律阐明以前,人们对人工选择的创造性作用还没有深刻的了解。人工选择理论的创立者达尔文就曾讲过这样的话:“选择是魔术家的手杖,用这根手杖,可以随心所欲的把生物塑造成任何类型和模式”。仿佛认为人工选择的效果是无限的,只要继续进行选择,总会继续生效。

但是,事实并非想象中的那样美满。经过人们反复实践证明,对某些群体,进行人工选择,可以培育出一些新品种来;而对于另一些群体,即使进行连续选择,也始终难能得到预期的效果。这就引起人们的深思:这中间究竟是什么道理呢?

#### (一)在纯系内的选择

育种的对象是性状的遗传基础即基因。一个作物群体内

的各个体的遗传组成即基因型并不一定都是相同的。然而，假定这里存在着一个基因型完全相同的个体集团，那就不论它里面有几百几千个个体，我们可以把它看作是同一个体。理由是因为我们是把基因型作为区别作物类型的单位体来看待的，所以在遗传上可以把具有相同基因的全部个体看作是同一的，而且把由同一基因型的个体构成的群体叫作纯系。

在第一章中，曾提到过：作为一个品种，它必须有一个主要条件——稳定性。这个稳定性就是指品种要“纯”，这个“纯”就是指同品种内个体之间的遗传基础要一致。既然它们之间的遗传基础是一致的，那末，我们怎么能指望从它们中间选出新的品种来呢？一句话，在一个纯系内无论怎样进行选择都是不能收效的，这也意味着选择并不能改变基因本身的能力。

下面一张图就可以生动地回答这个问题(图 5-1)。豆子的大小不同，那是受到基因和种种环境的影响造成的。豆子从大到小，虽然在表现型上可以分成多种级别，但是从基因型来看，不论那个级别的豆子却都是完全相同的，不论是以小粒豆繁育后代或者以大粒豆繁育后代，只要通过自花传粉进行

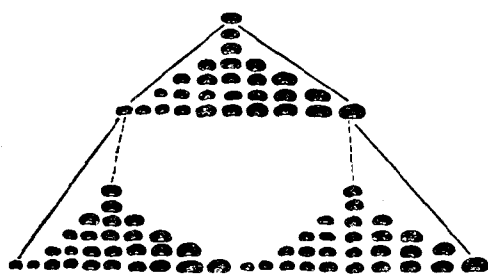


图 5-1 在纯系内选择无效

繁育，那么，在它们后代中，豆粒大小表现的变异分布，基本上没有差异。

(二)品种纯度的相对性

但是，品种的纯度是相对



的。在异花传粉的作物中，是不能获得纯系的；就是在自花传粉的作物品种中，它们的纯度也是相对的。为什么？因为每个品种的不同性状是受不同基因的控制，在选择过程中，如观察到某些性状是表现一致了，于是，我们就认为控制某些性状的基因是成为同质结合了、纯合了；但是，这个品种所有一切性状的基因并不一定都变为同质结合。比如，一些有关产量上的数量性状，它们是由许多基因数目控制的，产生的效应又很微小，很难在外表觉察，有时，往往错误地认为它们是同质结合了，而事实并非如此，后代仍有分离现象。这是由于我们的认识水平低而造成的错觉——把不纯的也当作纯了。

我们还可从环境条件的影响来看品种纯度的相对性。在育种实践中有时可看到这样的情况：一个性状整齐一致的品种，引到另一生态地区种植时，却出现了性状不一致的现象。比如说，在北方培育出来的一个小麦品种，它的群体内部，不同个体之间，对短日照的反应还存在着不同程度的变异；但是由于北方的日照较长，使得那些对短日照反应敏感的个体，没有机会显示它们的固有特性，因而在发育进度和抽穗期方面，与一般植株没有差异。就这一点说，在北方，这个品种群体是纯的。但如果把这个品种种植在南方短日照条件下，它们内部在发育进度和抽穗早晚上就会有不同的反映，显得参差不齐了。猛一看以为这个品种变了，其实它的遗传基础并没有改变，只是由于环境条件不同而有不同的表现而已。从生产上看，这样的品种，在南方条件下的确是不纯的。可见纯与不纯是有条件的、是相对的。

### （三）选择的基础是遗传的变异

一个品种的纯度也不是固定不变的，而是经常处于变异之中，这个变异是指遗传基础的变化。这种因遗传基础改变

而产生的变异，是遗传的变异。这种遗传的变异才是我们的育种对象，才是我们选择的对象。因此，即使是一个自花传粉的作物品种，有时仍可从它们当中选育出新品种来。

从一个自花传粉的作物品种中，能选择出育种的材料，这里还需要进行具体分析：

有一些作物品种，本身一开始就是一个由多数基因型混合的混型群体。一种情况是：育种工作者有的只要求一个品种在主要性状上能一致就行了，而对一般次要性状就考虑得比较少。另一种情况是前面刚提到过的：有些数量性状的遗传，要牵涉到多基因，情况较为复杂，在育种过程中很难估计到它纯合程度。这样，就有意识的和无意识的铸成了品种本身就是一个混型群体。在这样的混型群体中，通过选择，有时就可以选出新品种来。上海金山县枫围公社的后季稻品种“枫农粒”，就是从这样的混型群体中选育出来的。

有一些作物品种，本身从各方面观察都是一个相当纯的品种，但是，在种植时间一久之后，在一些性状上就表现出参差不齐，或者说，就混夹着不少的基因型。造成这样混型状态的原因何在呢？

从生物学看来，其中主要的原因有两种：自然杂交和突变。

自然杂交是在自然界里的异花传粉。异交作物当然要进行异花传粉。即或是自交作物，在自然界里也几乎没有绝对的自花传粉，某种程度的自然杂交也依然存在。象水稻、小麦、大豆等自花传粉作物也都有一定的天然杂交率。

作物品种一经过天然杂交后，父、母本控制性状的基因在受精卵中就要重新组合，这种由于基因重新组合所发生的变异是遗传的变异。这种遗传的变异，就是我们育种的选择对

象。事实上，现在各地选育成的一些新品种中，有一部分就是由自然杂交分离出来，经过选择、培育而成的。

造成品种为混型状态的第二个原因是突变。突变，就是突然变异。突然变异是基因本身直接起了变化的现象，因此，也是造成基因型混合的原因之一。这种由于基因突变所发生的变异，也是属于遗传的变异。不消说，这种遗传的变异，也就成为我们育种的选择对象。

这种因基因突变所产生的变异，与杂交后代中基因重新组合所发生的变异是有区别的：

第一，基因突变是基因本身起了变异；基因重新组合所发生的变异，是一种有规律的组换变异，这里的基因本身并没有发生改变。

第二，在天然情况下，突变的出现是极为稀少的，某个性状的突变，在一块田中，只能出现在个别植株上，而不可能在同一块田中有很多植株在某个性状上都发生同样的突变；突变影响所及的也仅仅是个别的性状，也就是说，某一品种的某个性状突然地发生改变，而其余的性状还是保持原品种的特点；这种变异一经选择之后，往往很容易稳定，理由是基因突变只是个别基因发生了变异，只要这个别发生变异的基因一经纯合之后，就趋于稳定。

有个著名的水稻品种叫“矮脚南特”，它是由广东贫下中农从“南特 16 号”中选出的晚熟早籼品种。“矮脚南特”与“南特 16 号”的显著差异，只是植株的高度，“矮脚南特”株高仅 65 厘米左右，而“南特 16 号”是 100~110 厘米；此外，其他性状二者仍非常类似。因此，可以说，“矮脚南特”是由于基因突变所造成的。

在天然情况下，一般自交作物的天然杂交率虽然比较少，

但是和突变一比较，它们出现的机率还是要比突变来得大。天然杂交要引起基因重新组合，由于基因重新组合产生的变异，所涉及到的常常不是个别性状，而是几个甚至几十个性状，这类变异一旦出现后，常常要连续地分离好几代，而后才能逐渐地稳定下来。

在选择时，我们就可根据上述特点，来分析、判断哪个是由于基因突变所发生的变异，哪个是由于基因重新组合所发生的变异。

总之，我们的选择工作是根据表现型来进行，但是，选择的基础应该放在遗传基础上。因此，应该考虑到品种混型程度高的田块中去选，因为那里的变异大，选出优良系统的机会比较多。

## 二、选择育种的基本原则

选择的主要目的是选拔某一个原始材料中最优良的类型，或某一类型中最优良的个体，一般在选择时还必须通过鉴定、比较和分析研究，才能选育出所需要的新品种。

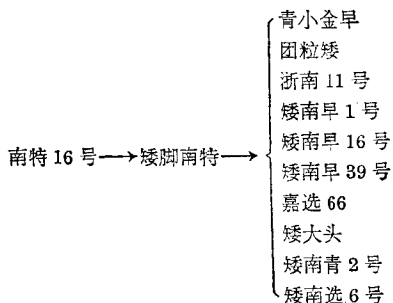
根据广大贫下中农和科技人员的实践经验，在选择的过程中，应掌握以下的基本原则：

### （一）选择适当的原始材料

1. 在优良品种中进行选择：优良品种的底子好、基础好，具有各种优良的性状。在优良品种中再选拔出具有特色的单株，往往能得到比较好的效果。

比如，“矮脚南特”和“农垦 58 号”是两个比较好的水稻品种，人们就从它们当中选育出不少个新的品种，青出于蓝而胜于蓝。

## 从籼稻“矮脚南特”中选育出的新品种



## 从粳稻“农垦 58 号”中选育出的新品种



2. 在混型程度较高的品种中进行选择：这中间的道理，前面刚讲过。

### (二) 在关键时期进行选择

原则上，在整个生育期内都应留心观察记载，进行选择工作。如发现优良变异类型，都应及时作好标记和记载，以免遗忘。特别是在各种作物的生育关键时期一定要抓紧。比如，稻、麦要特别注意抽穗期间的选择；棉花要注意吐絮期间的选

择,这时最容易识别变异植株的好坏。此外,在发病期间,就要特别注意到发病严重的田块去选择抗病植株;在冻害发生期间,就要特别注意选择抗寒植株。

### (三)要选择遗传的变异

为什么要选择遗传的变异?这个问题在前面有关章、节中已讲过了,这里不再重复。

在选择时,有时很难根据表现型来判断究竟是遗传的变异,还是不遗传的变异。因此,在选择后,还需要通过对后代的鉴定,看一看变异的性状能否遗传下去。

为了便于识别遗传的变异和不遗传的变异,提高选择的效果,一个比较好的方法,就是要将选择的材料,种植在一个地力、水肥比较均匀一致的条件下;或者说,应该到地力、水肥比较均匀一致的田块中去选择。因为只有相同的条件下,才能够比较容易鉴别个体间在遗传性上的差异。如果在不一致的环境条件下进行选择,有一些不符合选择要求的个体,由于生长在特别优越的条件下获得了良好的发育,看上去,似乎与众不同;而实际上,它只是由于环境条件的影响而产生的变异,这种变异是属于不遗传的变异。结果,给选择人造成一种错觉,以致错误地将它们入选了;相反,有些具有优良变异的个体(是属于遗传的变异),由于所处环境比较差,优良性状不能充分表现,以致不能入选。所以在不均匀一致的环境条件下进行选择,是经常会影响到选择效果,甚至是徒劳无益的。一般说来,在环境条件相同下,选择丰产性状比较好或某些性状表现特殊的变异单株(如成熟期不同,植株高矮不同,穗型不同等),这类单株的变异往往是能够遗传的。

### (四)按照主要性状和综合性状进行选择

在选择时,除了要考虑丰产、优质、抗逆性强等综合性状

外,还应明确当前育种工作中急需解决的问题。也就是说,既要照顾全面,又要抓主要矛盾。比如,“矮脚南特”是个优良品种,但是,如把它当作三熟制早稻栽培,就感到它的成熟期较迟,很难在三熟制地区推广,这里,暴露出来的主要矛盾是迟熟。为了要解决这一矛盾,因此,就从“矮脚南特”中选出了象“矮南早1号”等早熟品种。目标明确,有的放矢。

### 三、作物的传粉方式与选择方法

各种作物都有一定的传粉方式,由于传粉方式不同,各种作物后代的遗传动态也就有所差异。因此,为了提高选择的效能,就必须采用不同的选择方法。“用不同的方法去解决不同的矛盾,这是马克思列宁主义者必须严格地遵守的一个原则。”

#### (一)作物的传粉方式

作物的传粉方式,可分为三类:

##### 1. 自花传粉类:

这一类作物在一般自然条件下都是进行自花传粉,但也不是绝对无异花传粉,它们的异花传粉率一般是小于4%。

属于这一类的作物有:水稻、小麦、大麦、燕麦、粟、花生、大豆、豌豆、豇豆、番茄、茄子、辣椒、马铃薯、烟草、亚麻等等。

这一类作物由于高度的天然自交率,群体的遗传结构有两个显著特点:一个是在群体中包含有大量的同质结合的基因型个体,也就是说,它们是属于一个同质结合的群体;另一个是从每个同质结合基因型陆续自交繁殖,就形成一个遗传特性稳定的品系。根据这些遗传上的特点,从原始群体中进行一次单株选择,就有可能分离出遗传性状一致的品系;即使在杂交之后,也仅需少数几代的分离繁殖,就可以得到相对一

致的系统。保持这类作物品种材料的纯度也是比较容易的，在选育和繁殖过程中不需要设置隔离区。

## 2. 常异花传粉类:

这一类作物是以自花传粉为主，但常常发生异花传粉，它们的异花传粉率是大于4%，小于50%。

属于这一类的主要作物有：棉花、高粱、蚕豆、油菜中的甘蓝类型和芥菜类型等。

这一类作物，由于经常发生异花传粉，因此，群体的遗传结构中，就不免杂有异质结合的基因型个体。这样，从原始群体进行一次单株选择，就难能得到遗传特性相对一致而稳定的品系，所以必须进行多次单株选择，才能见效。在杂交工作前，最好要进行人工自交，以便分离出比较纯合(同质结合)的类型作为亲本，并淘汰其中不利的变异。整个育种和良种繁育工作都应在隔离区内进行，以防止不同基因型的品种或品系之间发生天然杂交。

## 3. 异花传粉类:

这一类作物，在自然情况下，经常依靠风、昆虫等媒介来进行异花传粉。异花传粉率高于50%。

属于这一类的主要作物有：玉米、黑麦、荞麦、向日葵、甜菜、油菜中的白菜类型(也包括其他十字花科的蔬菜)、瓜类等。大麻、菠菜是雌雄异株作物，通常，也可以把它们划归为异花传粉类。

这一类作物中，有的在正常情况下是异花传粉，在人工自花传粉时也能结实，象玉米就是；其中也有即使将它自己的花粉授到它自己的柱头上，也往往是不结实，这就叫自花不孕性。象黑麦、油菜中的白菜类型就都具有自花不孕性现象。

这一类作物，由于异花传粉，在群体的遗传结构中，无疑



地，就包含许多异质结合的基因型个体。要使它们的基因型纯合，遗传特性稳定，如依靠单株选择，是难能办到的。象玉米是通过连续自交使它们的基因型逐渐趋向于同质结合，从而利用第一代的杂种优势。这是种特殊的育种方法，这将放到杂种优势一章中去讲。此外，这类作物的选育和繁殖过程中，都需要有一定的隔离措施，防止异类型间杂交。

将各种作物的传粉方式划为三类，这当然有一定的科学根据，这对我们的选择育种工作有着指导作用，这是肯定的。但是，有时对某一种作物的划分又不是绝对的。比如，前面讲过高粱是属于常异花传粉类；但如果仔细研究分析（高粱中的穗有散穗和密穗之分）一下，我们可以看到，散穗品种的异花传粉率一般都高于密穗品种。有些散穗品种的异花传粉率可高达 20%；而密穗品种的异花传粉率却低到只有 0.6%，两者相差几十倍，如果根据这个数字，我们就可以把密穗的高粱品种划归到自花传粉类中去了。这里，告诉我们一个道理，在对待一种具体作物，有时还需要具体分析，具体对待才行。

因此，有时对于一个育种工作者来说，要了解他所研究的作物对象在周围环境条件下的天然杂交程度，就很有必要的了。

测定异花传粉率的方法很多，这里只介绍一种较为可靠的方法：

选择两个品种，它们之间有一对明显的相对性状，而且是属于完全显性的。例如，水稻叶鞘有紫色的，也有不呈紫色（无色）的，这里，紫色对无色来说，紫色是显性。也就是说选用一个叶鞘带紫色的水稻，和一个叶鞘不带紫色的水稻，而后将它们相间种植，成熟时只收取具有隐性性状植株上（在这里是指叶鞘不呈紫色的水稻）的种子，再播种下去，而后调查后

代中所出现的具有显性性状(这里是指叶鞘带紫色)的植株数字,这样,就可算出该作物的异花传粉率。比如,上面两个水稻相间种植后,在叶鞘不呈紫色的的后一代中,在100棵中出现了2棵叶鞘带紫色的植株,那就是说,它们间的异花传粉率是2%。

## (二)选择的方法

选择的方法很多,归纳起来,基本上也只有两种:混合选择法和单株选择法。如果就选择的次数来讲,以上两种基本选择法,又可各分为一次选择和多次选择。

### 1. 混合选择法:

混合选择法,是从一个作物原有品种的群体中,按照选育目标,在田间选出多数的表现型优良的个体(单株、单穗、单铃),经过室内复查,再淘汰一部分不良个体,然后混合脱粒保存。播种时,将混合脱粒的种子种在一个区内,以原有品种和当地当家品种作为对照,进行比较鉴定。

经常采用的片选法,实质上也就是混合选择法。所不同的是:片选只是淘汰不良个体,而不是选择优良的个体。做起来比较省事,但不够精细,一般适宜在品种纯度较高、病虫害较少的田块里进行。

这种选择法一般应用于良种繁育,特别是当品种纯度不高时,采用混合选择,往往容易得到显著的效果;此外,它能够迅速从混型群体中分离出较为理想的类型,又可获得大量的种子,能及时供给大田生产播种用。

这种选择法也可用来选育新品种。由于选择单株、单穗的次数不同,可分为两种:

【一次混合选择法】对原有品种的群体只进行一次选择,第二年将混选种子与原有品种和当地当家品种相邻种在一

起，进行产量比较鉴定。这种方法可应用于自花传粉类作物（如水稻、小麦、大豆等）的选种工作。因为自花传粉类作物的后代一般分离不大。

**【多次混合选择法】** 经过一次混合选择后，后代的性状还不能达到一致，这时，就可采用多次混合选择法。

多次混合选择法，是对原有品种的群体进行一次混合选择后，第二年在比较鉴定的同时，又在混合选择田里再进行第二次混合选择，第三年在产量比较鉴定中包括第一、二代选择材料、原有品种和当家品种。必要时可继续进行更多次的混合选择和比较鉴定，直到产量比较稳定，性状表现比较一致时为止。

这种多次混合选择法，一般适用于常异花传粉类作物，如棉花、高粱等。由于这些作物的天然杂交率较高，原有品种群体的遗传结构包含有较多的异质结合个体。因此，需要经过多次选择才能使性状趋于一致、稳定，才能符合选择要求。异花传粉类作物如玉米也可应用此种选择法进行初步改良。

混合选择法在选育新品种中有它的优点，也有它的缺点。优点是方法简便，比较省事，而且，有时可在较短的时间内就可从原有品种群体中分离出优良类型，可迅速解决生产上的需要。上海市青东农场所选育成后季稻品种“军公1号”，就是采用混合选择法从“芝麻稻”中分离出来的。从选择到大面积推广，前后也不过4~5年时间。

混合选择的缺点是：第一，由于选择是根据表现型来进行的，虽然，表现型在一定程度上也反映了基因型，但外表性状，特别是一些产量上的数量性状，经常受到环境的影响而表现悬殊。因此，把一些在优良环境条件下表现良好，而其基因型并不合乎理想的个体也选入。在经过混合脱粒、混合播种后，

就很难了解当选个体的后代在性状上的表现，同时也就难以在后代中把那些不符合要求的个体一一清除，因而降低了选择的效果。第二，如果当选材料的经济性状与作物本身的生物学适应性不一致时，如棉花的纤维长度、甜菜的含糖量等性状的选择，如果采用混合选择法就很难达到预期的效果。要是采用另一种选择法——单株选择法，那就容易选育出新品种来。

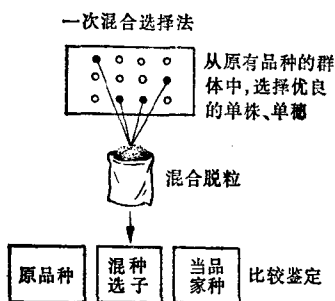


图 5-2 一次混合选择法

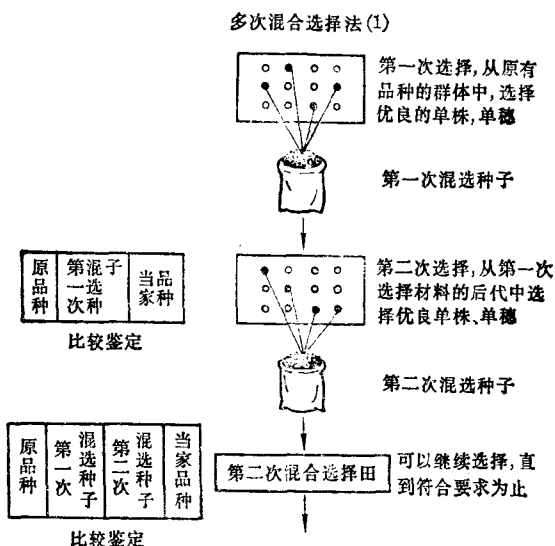


图 5-3 多次混合选择法(1)

多次混合选择法 (2)

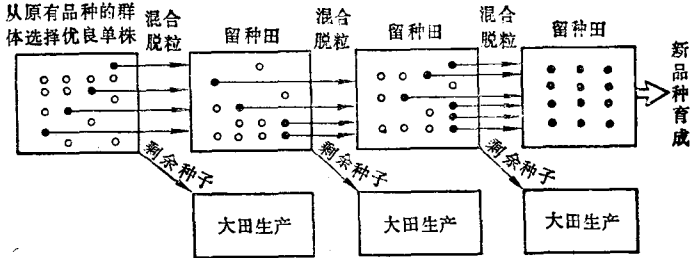


图 5-4 多次混合选择法(2)

## 2. 单株选择法:

单株选择法,也叫系统选择或个体选择。它是从混有不同类型的个体群里选出一些优良的个体,然后再按单株分别脱粒留种,在第二年以每株作为一系统进行播种培育下一代。播种时,在隔适当行数播种一当家品种作为对照,彼此进行比较,淘汰不良系统。

这种选择法,可应用于自花传粉类作物,如水稻、小麦、大麦、大豆等。因为这类作物的原始群体中包含有许多同质结合的基因型个体,一当选出一个优良个体后,就可将它们的后代繁殖成为一个纯系,可以较有把握地育成为一个新品种。另外,在对自花传粉类作物进行良种繁育时,如通过单株选择来提高品种的种性,效果也非常显著。

由于选择单株的次数不同,也可分别为一次单株选择和多次单株选择两种。

【一次单株选择】就是从原始群体中只进行一次单株选择。我国贫下中农很早就采用的“一穗传”和“一株传”的选择方法,也就是一次单株选择法。现在,生产上所应用的水稻、

小麦品种中，就有不少是通过一次单株选择法而选育成功的。前面已讲过单从“矮脚南特”和“农垦 58 号”中就曾选出不少优良品种，而且，其中绝大部分又是通过一次单株选择法选育成功的。这种选择法，简单易行，而且行之有效，深受广大贫下中农欢迎。

这里，以水稻为例，来谈谈选育的方法和过程。

第一步是选取单株(或单穗)。方法是：在水稻生育期间，特别是在抽穗前几天，经常到田间观察，按照育种目标，留心寻找那些具有优良性状的单株。根据贫下中农的经验，在选择时要五看：

看茎秆——矮秆多蘖，主茎和分蘖比较整齐，茎秆坚韧；

看叶片——叶片挺直，着生角度小，叶窄而色深；

看成熟期——抽穗早，灌浆快；

看穗——穗大粒多，穗型紧密，结实率高，粒大壳薄；

看长势长相——株型紧凑，青秀老健，抗病不早衰。

根据上述标准看中了，就要在植株上做好标记，如挂个纸牌，俟抽穗时，在纸牌上注明抽穗日期。看中了之后，还要进行反复观察，什么时候看不中了，就应该把原先看中时挂上的纸牌及时除去，以免分散注意力。选中的单株应在大田收割前采收。采收时，再在纸牌上注明采收日期、原品种名称和采集地点。采收回来后，在室内再进行观察分析，与原品种进行比较，而后根据选育目标，决定取舍。当选植株，就应分别晒干、保存。

第二步是选中后的培育工作。要求是：第二年(或叫第二代)的工作主要是鉴定上一代所当选个体的优秀性状是否在遗传上已经固定？还是仍然混有多数的基因型？同时还需要鉴定该性状是否是由于环境条件所引起的不遗传的变异？鉴

定的方法，主要是通过第二代性状观察。如果说在第二代中，个体与个体之间在性状上表现一致，这就告诉我们，它们的基因型已趋向于纯合状态，它们在遗传上已经稳定。相反，如果在第二代中，个体与个体之间在性状上表现不一，出现有分离现象，这就告诉我们：上一代所当选的植株是个杂合体，在基因型上是属于异质结合，当然，它在遗传上是不稳定的。如果在第二代中，个体与个体之间的性状表现一致，群体所表现的与上一代入选时所表现的特殊优秀性状也一致，这就告诉我们：上一代所选择的变异是属于遗传的变异，是我们的选择对象。相反，如果在第二代中，个体与个体之间的性状虽表现一致，但群体所表现的仍是原品种的性状，而不象上一代入选时所表现出的特殊优良性状，很明确，上一代所选的变异，原来是属于不遗传的变异。

对不属于遗传的变异的材料，是误选的植株，在第二代一经证实后，就应全部剔除。

对第二代有分离的材料，如感到有可取之处，那就可通过多次单株选择法进行选育。这要放在后面讲。如感到不理想，也可全部进行淘汰。

对于那些性状上表现一致，在遗传上已经稳定，而且确实表现有特色(属于遗传的变异)的材料，在下一代就可进行品系比较试验。

上面只谈了对第二代工作的要求。接下来讲讲在第二年(或第二代)及以后的播种和管理工作。

第二年(或第二代)：将上年当选的单株(穗)，各种一行，或一小区，叫株行或穗行试验。每一株行代表一个品系。对每一品系都要按顺序编号。如在“农垦 58 号”中选出的单株，则可分别编为“农垦 58—01”，“农垦 58—02”，……“农垦 58—

10<sup>3</sup>等等，这个号码可作为选种试验过程中的固定品系号码，一直到选出新品种定名为止。在品系一旁应种上原品种，另外，每隔九个单株行插种一个当家品种作为对照品种，以便进行比较鉴定。在生育期间应进行观察记载。观察记载项目有：播种期、出苗期、移栽期、有效分蘖数、抽穗期、植株高度、病虫害、倒伏性、成熟期等。在田间将生长整齐、性状优异的株(穗)行选出，分别收获，余均淘汰。收获回来后，还应进行一次室内考种。考种项目有：每穗长度、每穗粒数、空瘪率、千粒重等。如有需要，根据考种结果，再进行一次去劣留良。

第三年(或第三代): 把上年中选的株(穗)行, 用相同的面

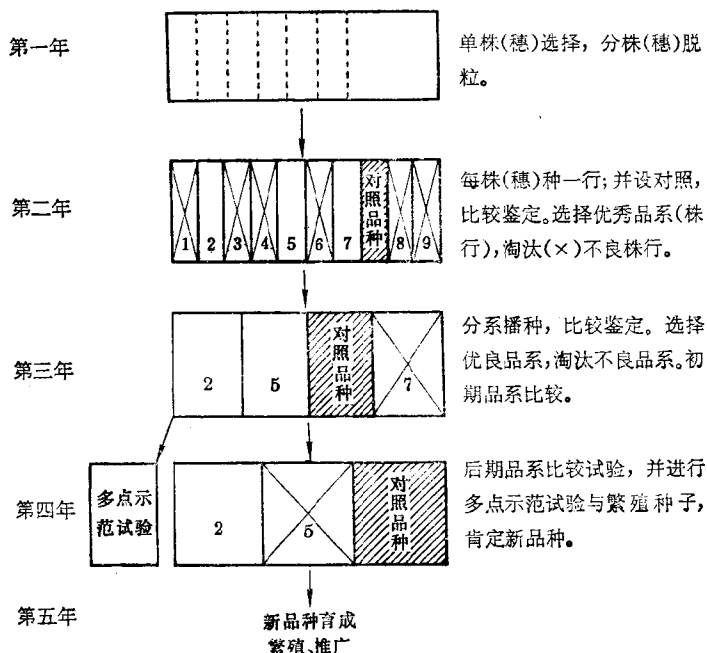


图 5-4 一次单株选择法



积小区进行种植,对产量和其他经济性状进行比较鉴定,看是否能胜过当地的当家品种。这就是初期的品系比较试验。这一年仍要做好田间观察记载及室内考种工作。将好的小区入选,不好的小区淘汰掉。

第四年(或第四代):将上年入选的小区中所收获的种子,再在较大的小区面积上进行品系比较试验。对选出的优良品系进行多点示范试验并繁殖种子。

第五年(或第五代):优秀品系如表现确实胜过原品种,并具有一定的特色,而且在重要经济性状上已属稳定,这时,就可算作为一个新品种了。

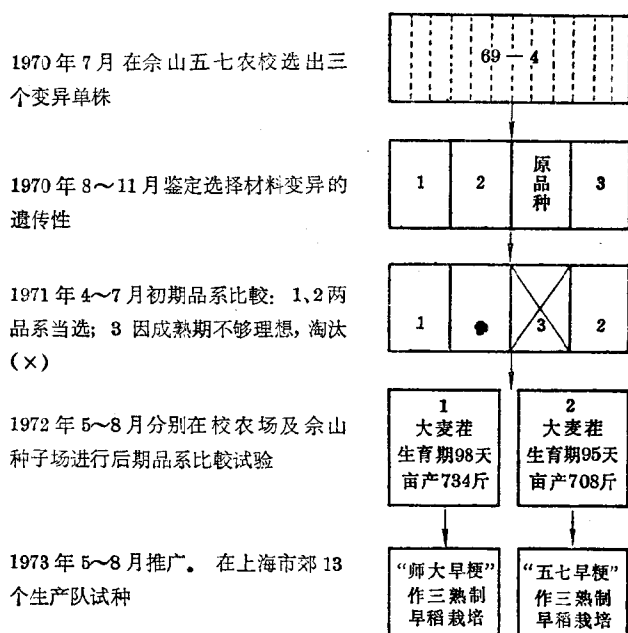


图 5-5 “师大早粳”和“五七早粳”的选育程序

“师大早粳”和“五七早粳”两个水稻品种，就是采用一次单株选择法选育成功，它们的具体选育过程是：

**【多次单株选择】** 对自花传粉作物的杂交后代，或常异花传粉及异花传粉的作物群体，经过一次单株选择，当选个体的基因型仍然是异质结合，遗传性状仍表现不稳定，后代继续有分离现象。因此，要获得性状一致而稳定的品系，就必须在建立品系过程中进行多次单株选择。

多次单株选择，也就是在第一次选出优良单株的后代中，继续选择优良单株，并将当选单株继续分别播种在各个小区内，直到选种材料的性状表现一致，而且比对照品种(当地当家品种)优越，这时，就可进行多点试验，加速繁殖种子，作为

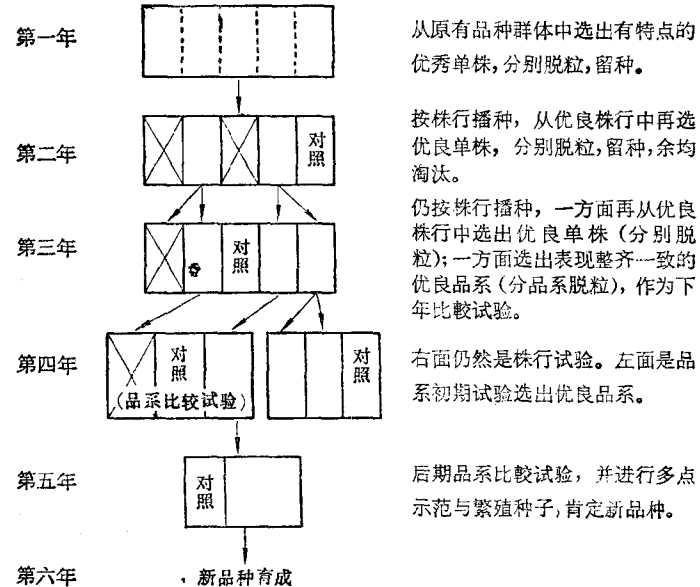


图 5-6 多次单株选择法

新品种推广。

单株选择法，也是根据当代及其后代的性状表现来进行的，虽然这方面也是和混合选择法一样；但所不同的是，单株选择是把后代分开来种的。因此，它可以通过后代性状的表现来鉴定当选植株的遗传性是否稳定，上代所选择的变异是否属于遗传的变异，是真是假，谁好谁坏，在后代中就可看得一清二楚；如采用混合选择法，就难能办到这一点，所以，单株选择法的选择效果比较好。就是说，选择虽然是根据表现型来进行，但是选择基础却是放在基因型上的。这就是现今育种上所以多采用单株选择的理由所在。

当然，对单株选择法也要一分为二。单株选择法的选择效果好是优点；但也有它的缺点，那就是要把选到的单株分别处理种植，比较费时、费人工；另外，它又不能选大量的植株，而且将来的品种大多是从一个单株得来的，种子少，繁殖年限长，而且要通过几年的仔细比较，才能选出一、二个好的品种来，所以用到生产上去要慢一些。

是不是任何作物都可以采用单株选择法呢？并不完全能够这样做。比如，异花传粉作物就不适宜采用单株选择法。自花传粉作物通过单株选择容易能够得到一个基因相对一致的品系，但是异花传粉作物的个体经常是处在由杂交所致的杂种状态，对于这类作物，一般还是采取混合选择法好。比如，根据外观来选择玉米的穗，但却无法知道这个穗种子的花粉来源。也就是讲，从种子来看，我们只是选择了母本，而对父本却并没有进行选择。再说，这类作物由于是异花传粉的关系，经常处在杂种状态中，因而即使进行单株选择，由于近亲繁殖，往往会表现不良性状和生活力衰退，产量就会显著下降。所以，在选种上也是毫无意义的（利用玉米自交系育种，那

又是另外一种情况,这在杂种优势一章中将谈到)。

#### 四、营养繁殖作物的选择育种

象甘薯、马铃薯、甘蔗等作物,在生产上,通常是利用它们的营养器官来进行繁殖的。这一类作物的前代与后代,个体与个体之间,在性状上总是表现一致。比如,甘薯的某些性状:蔓的长短、蔓的颜色、皮的颜色、肉的颜色等,在同一品种内的前后代之间或是个体同代之间总是一致的。已经知道,性状是由基因控制的。亲代与子代的性状如此逼真,同代个体之间又如此一致,这都反映了它们的遗传结构是一致的,基因型是同一个类型的。

这一类进行营养繁殖的作物,它们的基因型,无疑是属于异质结合。象甘薯在进行有性繁殖时,它就是个异花传粉类作物,它的基因型就是异质结合。但是,甘薯的基因型尽管是异质结合,在营养繁殖的后代中,也还是不表现分离现象。原来,它们是个同质的整齐的群体,从这个意义上讲,一个营养繁殖系就相当于一个纯系。因此,在采用选择方法上也可与自花传粉类作物相同,也可采用单株选择法。

前面讲的营养繁殖系在遗传上比较固定,其实,这也是相对的。比如“胜利百号”甘薯的肉应该是淡黄色的,可是也有变为红色的。原来,这也是种变异。这种变异的发生并没有通过有性的过程,它只发生在植株或薯块的芽上,所以就称为芽突变。这种因芽突变而带来性状上的变异是可以遗传的,所以,通过芽变体的选择就可以获得新品种。

具体做法是:选取有变异的单株、单块单苗或单株单块单苗上的一部分进行繁殖,其后代即成为新系,不再和原来的材料混合。第二年以新系为基础,从中再选择优异的单株单块

或单株单块上的一部分。如此连续选择，直到新性状稳定为止。有时选择一年，新的性状就立即稳定；有时要连续选择几次才能稳定。性状稳定后如经过试种，在产量、质量上确实是胜过原品种，这时，就可作为一个新品种进行推广。

## 第六章 品种间杂交

利用自然界中的优良变异类型，固然可选育出许多优良品种，但是，单依靠自然界中这种现成的优良变异，有时还不能满足我们育种工作的要求。因此，还必须广泛地利用人工的方法，创造新的变异类型，来扩大选种材料的来源。这方面最常用的方法就是杂交育种法；而在杂交育种工作中，应用最为普遍的便是品种间杂交。在这一章中，要讨论的就是同一种作物内的品种间杂交。

### 一、杂交育种的可能性与现实性

#### (一) 杂交育种的可能性

杂交过程，是基因重新组合的过程。

基因的重新组合，可以产生两类效果，是杂交育种中的选择基础。

1. 产生亲本各种性状的新组合，可选育出具有亲本双方优良性状的新品种来。

比如，在禾本科里，分蘖多的品种，一般地是穗较小而且着粒数较少；相反，每穗粒数多的大穗品种，一般地分蘖少。如果这两个性状是完全负相关的话，那就等于说育成兼具该两性状的高产系统是不可能的。但是，只要仔细地观察一下，我们就会发现在很多情况下存在着分蘖大致相同、单是着粒数上有差异的材料。说明这种类型的着粒数差异跟分蘖没有关

系,因而可认为,它是由于一种只增加粒数而不影响分蘖力的基因的作用所造成的。相反,在许多小穗型的品种中,也可看到穗的大小大致相同,而品种间在分蘖力上存在某种程度变异的情况。说明分蘖力的变异同穗的大小没有关系,同样可认为,一种控制分蘖力的基因对穗的大小无影响。现在,通过杂交,就完全有可能将一种控制分蘖力的基因,和一种控制粒数的基因组合在一道,配制出兼有这两种基因的组合,这样,就可选出一个分蘖既多而穗又大的新系统来。

又如,一个品种的产量很高,但抗逆性差,就是说,它一遇到不良环境(冷害、病虫害、干旱等),就会造成严重减产;而另一个品种,它的产量虽低,但抗逆性强。现在,如果让这两个品种进行杂交,那么,在它们的杂交后代里,我们同样可选育出一个产量既高,抗逆性又强的新品种来。

2. 由于不同基因相互作用的结果,在杂种后代的个体中间,也会产生亲本所没有的新的优良性状。也就是说,在不具备任何优良性状的两个亲本间,也可期望产生超越亲本而育出在数量性状上比亲本更为优良的后代新系统来。

比如,小麦的耐寒性,是受对耐寒性机能起提高作用的多数的显性基因  $W_1$ 、 $W_2$ 、 $W_3$ 、 $W_4$ ……所控制。假如某品种是  $W_1W_2w_3w_4$ ,另一个是  $w_1w_2W_3W_4$ 时,在这两者杂交的  $F_2$ 里,按理将会产生  $W_1W_2W_3W_4$  这样的个体,这样的个体将表现出比两亲的任何一方都将有更高的耐寒性。当然,在  $F_2$ 里,也同样会产生  $w_1w_2w_3w_4$  那样的比两亲的任何一方的耐寒性都更低的个体,这可叫作负方向的超越性。

我们在“757”元麦和“浙农12”杂交组合的  $F_2$ 中(1973年),也看到这种超越现象:有的个体比亲本的成熟期要早15天,而有的比亲本迟收18天;有的个体比两亲任何一方都高

(“浙农 12”株高 110 厘米左右,“757”株高约 85 厘米左右),高到 160 厘米,而有的却比亲本任何一方都矮,矮到只有 60 厘米。

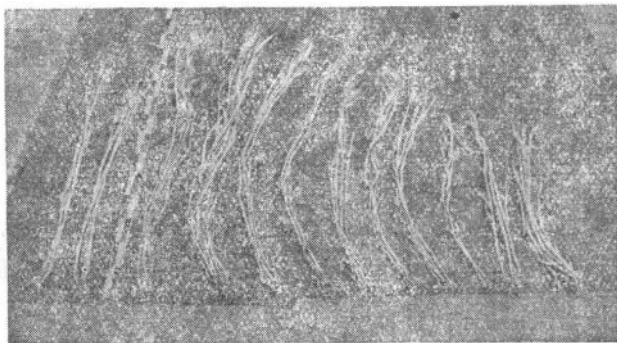


图 6-1 “757”×“浙农 12”F<sub>2</sub> 的株高  
左:亲本 右:F<sub>2</sub>

事实证明,在许多作物中,都有这种超越性。比如在麦类的耐寒性、出穗期、强秆性等方面;在豆科作物的开花期、粒型等等性状上,都有所表现。这种现象,在杂交育种工作中是很值得重视的。

## (二)杂交育种的现实性

我们既要估计到基因重组的可能性,又要看到在杂交选育工作中的现实性。估计不到基因重组的可能性,我们的选育工作就将迷失方向;看不到杂交选育工作中的现实性,我们就将会把复杂的问题简单化,以致一遇挫折,就丧失信心。

这里有一个典型例子。西北农学院为了要选育成一个早熟、丰产类型的棉花新品种,选用了“徐州1818”×“一束红”这个杂交组合,双亲的主要性状都是互补的,看来也确实理想得很。



“徐州 1818”和“一束红”的主要性状

性状 品种	早熟性		果枝 类型	结 铃 性		衣分	纤维性状		抗倒 伏性	抗病性 (角斑 病)
	晚	早衰		长	大		少	高		
徐州 1818	晚	早衰	长	大	少	高	长	小	抗倒	抗
一束红	早	不早衰	短	小	多	低	短	大	茎软 易倒	不抗

杂交结果,出现了极其丰富的类型。有早熟长果枝的,也有早熟短果枝的;有早熟不早衰的,也有早熟早衰的;有早熟大铃的,也有早熟小铃的;有长果枝小铃、铃多的,也有短果枝大铃、铃少的;有大铃长绒的,也有小铃长绒的;有铃多抗倒伏的,也有铃少不抗倒伏的;有抗病的,也有不抗病的……等等。但是,在相当大的群体(1000株)中,具有早熟、绒长、抗病、抗倒伏的单株很少;几乎没有发现早熟、不早衰、中果枝、铃多、铃大、衣分高、绒长、强度大、抗病、抗倒伏这些优良性状都结合在一起的单株。

这究竟是什么道理呢?

是不是自由组合这条规律管讲不管用了呢?不。如果没有重新组合的话,那么,在这个杂交组合的 $F_2$ 中,就不可能会出现如此丰富的类型。

既然双亲的性状可能重新组合在一道,那末,又为什么在1000株的群体中,竟觅不到一株合乎我们所理想的——双亲的优良性状都结合在一起的植株呢?

原因是这样:从亲本性状的比较表中,我们可看到有10种相对性状。假定每一对相对性状都由一对等位基因所控制,那么,在这一组合的 $F_2$ 中,我们要找到在表现型上符合

要求的个体，它的出现频率应该是： $1/2^{10} = 1/1024$ 。就是说，要在 1024 株中才可能找到有 1 株在表现型上是符合我们所要求的。而要找 1 株纯合的、符合我们所理想的植株是： $1/4^{10} = 1/1,048,576$ 。也就是说，要在一百多万株中才能找到一株合乎理想的纯合体。纯合体，正是我们育种工作中所追求的，已经知道，只有纯合体才能真实遗传、才能使得到的优良性状相对稳定又能代代相传。而事实上，在上面 10 种性状中，其中象铃重、衣分、纤维性状等等，都是属于较复杂的数量性状，因此，所牵涉到的基因对数，就远远超过 10 对以上，这样，我们所要求的理想植株所出现的频率也就更为微小了。

西北农学院的经验告诉我们很重要的一点：在一个杂交组合中，如果亲本的相对性状过多，矛盾就越大，后代的分离变化就越复杂，当然，要选出理想植株的机率就越小，后代稳定的需要时间也就越长。因此，在杂交育种时，在制定育种目标时，必须充分估计到这一点，要抓主要矛盾，集中精力，一次能解决 1~2 个问题为好，那样比较现实。如果只一意求全，不分主次，用心虽好，但往往不易得到成果。

## 二、杂交亲本的选择

正确选择亲本是杂交育种工作的关键。因为，杂种后代的性状，是亲本性状的继承，或在亲本性状基础上加以发展。

### (一)要熟悉作为亲本的原始材料

要进行杂交育种，就得要有作为育种用的原始材料。要向生产和教学、科研单位征集一些不同类型的品种材料，包括各地生产上推广的综合性状比较好的品种，及某些具有特殊优点，例如早熟、矮秆、抗病、品质优良等方面的材料。对这些

材料所具有的综合性状及个别性状，最好能观察 2~3 代，其目的是要熟悉这些材料的具体性状以及性状之间的关系。掌握第一手资料，以期能做到用其所长而避其所短。

如果没有条件做原始材料的观察试验，也至少应向有关单位作调查研究，间接熟悉有关育种材料的性状，作为选择亲本时参考。

总之，要通过各种途径，直接的或间接的来尽量熟悉原始材料，做到胸中有数，提高预见性，减少盲目性。

## (二) 杂交亲本的选择原则

1. 亲本间的性状要互补，优点多、缺点少，更重要的是亲本的优良性状要突出。

性状互补是出于满足育种目标多样化的需要。因此，要避免使用都有共同严重缺点的品种作为杂交亲本。虽然杂交之后，由于基因的重新组合，有时也会出现一些性状互补的新情况，但如果亲本之间性状互补的基本条件不好，那就难以育成综合性状比较全面的优良品种。

要考虑亲本的优点多、缺点少，这是因为许多经济性状都不同程度地属于数量性状遗传的范畴，杂种后代（未经选择）的平均表现（分性状比较），一般介于两个亲本之间，和亲本的平均数很相近。例如甲、乙两个亲本，甲是 5 分，乙是 1 分，则这个组合的绝大部分后代的表现为 3 分（通过定向选择也可能选出 5 分或高于 5 分的后代）。所以，如果放低了对亲本的要求，就必然要影响到杂种后代的平均表现。

水稻“广场矮”是一个杂交育成的品种。它的两个亲本，一个是“矮仔粘 4 号”，另一个是“广场 13 号”。“矮仔粘 4 号”的优点是苗期抗寒力强，根系发达，生长势旺，分蘖力强，茎秆矮，耐肥抗倒；缺点是分蘖期长，无效分蘖多，穗较短小，千粒

重较轻,抗病力弱,生育后期叶片容易早枯,成熟期较迟。“广场 13 号”的优点是生长势强,茎秆较健壮,抗病力较强,抽穗成熟整齐,生育后期叶片不早枯,穗大粒多,千粒重高,适应性很强;它的缺点是有效穗少,茎秆高,耐肥和抗倒性中等。这两个亲本都有独特的优点,虽各有缺点,但也并不严重。通过杂交后,终于得到了具有两个亲本的优点的新类型,最后育成了矮秆,耐肥抗倒,分蘖力强,生长势旺,穗大粒多,抽穗整齐,生育后期叶片转色协调的中熟、高产品种“广场矮”。

### 2. 选择亲本时,要考虑解决主要育种目标:

比如说,我们育种的主要目标是抗病,就必须选择能抗病的品种来作为亲本材料。要是两个亲本都不抗病,如指望在它们的后代中,要选出一个抗病的品种是非常困难的。虽然,杂交后代中虽有超越亲本的现象,但在主要育种目标的性状上,我们就不能完全寄托在这种超越性上,而是应该对亲本的选择提出严格的要求。

小麦“丰产 3 号”的母本是“丹麦 1 号”,该品种的主要优点是抗条锈病,丰产性较好,缺点是迟熟;父本是“6028”,它的优点是抗条锈病,中熟,缺点是丰产性较差。杂交后,育成的“丰产 3 号”,表现早熟、丰产、抗病、适应性广。当时的主要育种目标是抗条锈,所以选择两个亲本都是能抗条锈的。因此,“丰产 3 号”的抗病性是靠遗传,而它的早熟性是超亲,靠变异。总之,在主要育种目标上靠遗传,在其他育种目标上可以靠变异。既靠遗传,又靠变异。遗传与变异的关系也是辩证的,也都与亲本有关系。

### 3. 选择亲本时,要考虑性状的遗传规律:

首先,要了解该性状的遗传基础是属于简单遗传,还是属于复杂遗传。如水稻的植株高度,多数杂交的后代,表现为连

续性变异，属于数量性状；但也有少数杂交的后代，则表现为间断性变异，属于质量性状，其中矮生基因为隐性基因。根据这一特点，如果要选育矮秆水稻品种，就应该选用矮秆类型作为亲本，以便使矮生基因尽多地组合到杂种个体中去，并分离出同质结合的定型的矮秆类型。因此，一般都采用“矮脚南特”、“矮仔粘”等矮秆类型作为选育矮秆水稻的亲本。

又如水稻生育期的遗传，据研究，凡生态类型相同的品种之间的杂交，往往较多表现数量性状的遗传， $F_2$  的分离基本上是连续变异；凡生态型不同的品种之间的杂交，往往较多地表现质量性状的遗传， $F_2$  按晚熟和早熟作一定比例的分选。为了选育早熟的新品种，应该选择早熟类型作为亲本之一，以便早熟基因组合到杂种后代中去。

其次，还应了解性状之间的连锁或相关性来作为选择亲本的依据。当两个或多个优良性状有连锁或相关关系存在时，可以根据一个性状选择亲本，就可以兼顾到另一些优良性状。但有时当一个优良性状和另一些不良性状连锁或相关时，则应该尽量不选择这类材料作为亲本，因为组合了优良性状的同时，不可避免地也将不良性状也组合了进去，以致得不到预期的结果。

#### 4. 要考虑亲本对当地环境条件的适应性：

当地的品种对当地的环境，一般总是比较适应，在这个基础上，如果某些当地品种具有育种目标要求的重要性状，就可以作为亲本。如外来的品种在当地也能适应，而其他条件又都能符合作为亲本的要求，那末，在一个杂交组合中，两个亲本都是外来品种，也还是可以的。比如小麦“北京红号”、“辽春号”、“青春号”等新品种，就是都用两个外来种杂交育成的。如外来的品种中，它具有我们育种目标要求的重要性状，

而这些重要性状在当地品种中又缺少,但是,它对当地的环境不很适应,这时,我们就可以用一个本地品种来和它进行杂交。

那种认为在杂交组合中一定要一个当地品种作为亲本之一,是不顶科学的。这应该从实质上来看,而不能单从形式上来办事。总之,具体问题,要具体分析,不能一概肯定,也不能一概否定。

### 三、杂交的组合方式

亲本确定之后,采用什么组合方式,对于育成品种也有很大关系。一般常用的是两个亲本品种进行一次杂交(单杂交)。如果两个品种一次杂交不能实现育种目标所规定的性状要求时,应采用两个以上品种的复合杂交或者进行回交。不论几个品种的杂交,最好要有一个品种作为主要改造对象,在它的基础上,针对它的主要缺点进行改造,有的放矢,收效较快。

下面将几种杂交组合的方式分别介绍如下:

#### (一)单杂交

两个亲本间进行杂交,称为单杂交(或成对杂交)。这是杂交育种中最常用的一种组合方式。

当选定两个亲本时,如果甲 $\times$ 乙称为正交,那么,乙 $\times$ 甲便叫反交。

不论正交或反交,杂种后代的遗传表现是相似的,所以常常采用结实率高的品种做母本以增加杂交结实率,而以具有显性指示性状的品种作父本以便于鉴别杂种的真假。

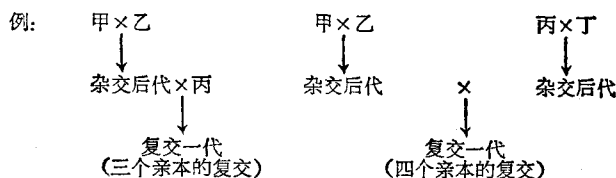
有时,正反交的结果也会有显著的差异,杂种后代可能倾向于母本的性状。这种现象的产生,可能是控制这些性状的

基因是存在于细胞质中,通过卵细胞带给后代的关系。

现在生产上所运用的品种,就有不少是通过单杂交选育而成的。例如:早粳“先锋1号”是由“陆财号”和“广场矮6号”杂交育成的;小麦“钟山2号”是由“欧柔”和“大黑芒”杂交育成的;“小将”大麦是由“尺八”和由“宝山二棱”大麦杂交选育而成的。

## (二)复合杂交

采用两个以上的亲本进行杂交,称为复合杂交。复合杂交的方式因亲本的数目不同又可分为三交、四交等等。



采用复合杂交的目的,是要创造一些具有丰富遗传基础的原始群体,以供选育时利用。也正因为遗传基础丰富,所以杂种后代的变异范围就大。因此,种植杂种后代的群体也要相应扩大,也只有这样,才能选择出新类型。但工作量比较大,而且培育一个新品种的时间也相对要长些。

下面介绍一下如何进行三交和四交?

### 1. 三交:

如果要改造的性状不只一、二个,而一时又找不到一个合适的提供优良性状的品种而进行杂交,这时就可多用一个亲本进行三交。三交时应把综合性状最好的品种作为第二次杂交的亲本,这样才能保证三交的后代具备较好的综合性状,因为它的遗传基础在后代中要占二分之一。

例如,小麦中某一品种的综合性状较好,产量高,但不抗

锈,而且又晚熟;而手头的原始材料中早熟的不抗锈,抗锈的不早熟,这时可以采取(早熟×抗锈) $F_1$ ×丰产的杂交组合方式。在三交的第一代可以对来自第一次单交的那两个亲本的性状进行选择(假如抗锈性是显性),再下一年可根据综合性状继续选择。北京的“农大45号”小麦就是用(“农大17”×“鹅观186”)  $F_1$ ×“早洋麦”三交育成的。“早洋麦”的综合性状较好,只是穗子小点;“鹅观186”穗长穗大,茎秆粗壮,但太晚熟。因此,先用早熟的“农大17号”和“鹅观186”杂交;然后再和“早洋麦”三交,结果育成了中、晚熟大穗型的丰产品种“农大45号”及其选系“东方红3号”。

籼稻“广密矮”也就是用(“广场矮”×“密穗”)  $F_2$ 单株跟“二九矮7号”三交后而选育成功的。

三交中另一种方式是三品种双交,它是将综合性状较好的一个品种分别和提供有关优良性状的两个品种进行杂交,而后双交。即第一年:丰产×早熟;丰产×抗锈。第二年:(丰产×早熟)  $F_1$ ×(丰产×抗锈)  $F_1$ 。这种杂交方式,“丰产”亲本的遗传基础在后代也是占二分之一,在理论上讲,它的育种价值和上述的三交方式是一样的;不过它有个显著特点:即在进行第二次(复合)杂交时,丰产×早熟,丰产×抗锈的两方面材料已经有了某种程度的遗传因子重组,因此可以在复交第一代针对综合性状(假如抗锈性是显性)进行选择,可比上述三交方式提早一年。

例如,小麦“北京10号”(即5918)就是用三品种双交而育成的。它的亲本组合是:(“华北672”×“辛石麦”)  $F_1$ ×(“早熟1号”×“华北672”)  $F_1$ 。“华北672”是五十年代的一个丰产品种,它的缺点是:不抗锈、晚熟、籽粒小。因此用抗锈而综合性状尚好的“早熟1号”、早熟的“辛石麦”(“早熟1



号”和“辛石麦”的籽粒都较大)分别和“华北 672”杂交,在第一代再进行双交,结果选出了株矮、秆壮、长相好、中熟、抗锈性有所提高、籽粒中等大小的白粒丰产品种。照理,在这个组合中完全可选育出能抗锈的品种,而这个品种的抗锈性不够好的原因是由于选择过程不够严格的结果。

## 2. 四交:

这里是指四品种的双交。如果采用四个亲本品种进行双交,对于丰富杂种遗传基础的效果则更好。

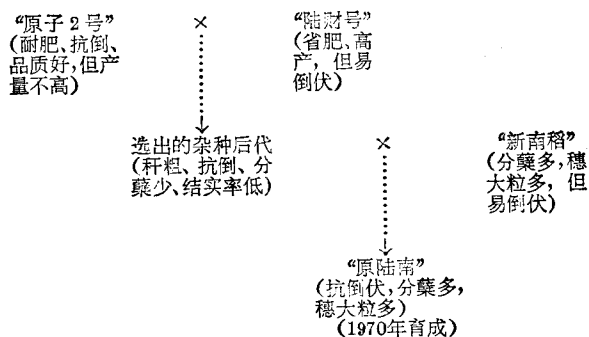
但必须掌握四个品种中至少有两个是综合性状好或较好的品种,这样,综合性状好的品种的遗传基础在杂种中可占二分之一;而另外两个亲本则根据育种目标进行合理搭配。

北京的“农大 139”小麦就是用(“农大 183”×“维尔”)  $F_1$  × (“1817”×“30983”)  $F_1$  进行双交育成的。其中“农大 183”是比较全面的品种,但不抗锈;“1817”越冬性强,成穗率高,晚熟;“30983”是一个冬性晚熟的抗三锈品种;“维尔”是植株矮、秆壮、穗大、抗条锈性强,但越冬性弱,而且也较晚熟。

这个亲本组合的分蘖力、越冬性、成穗率等综合性状的遗传基础已占一半以上,抗锈性的潜在能力也较强,仅仅是成熟期较差一点,因为四个亲本中有三个是晚熟种,所以,育成的“农大 139”的成熟期是偏晚了一些。

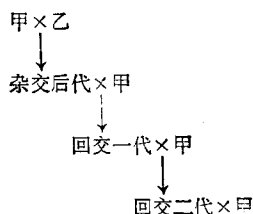
浙江东阳屏岩公社张山坞大队的贫下中农选育成功的粘稻“原陆南”,也是通过复合杂交方式选育出来的。

它的选育过程如下:



### (三)回交

将两个亲本的杂交后代再与亲本之一进行杂交(一次或多次)的方式,叫做回交。回交方式可用下图来表示:



在回交过程中,参加回交的亲本称为轮回亲本,如甲;不参加回交的亲本称为非轮回亲本,如乙。

在什么情况下采用回交育种呢?

比如,甲品种具有很多的优良性状,比较全面,但也还存在个别缺点,有待改进提高,这时就可采用回交。找一个品种乙,乙品种身上恰好有甲品种所缺少的优点,而且这个优点又是非常过硬。这样,如采用回交,可将乙品种所具有的优点转移到甲品种上去,弥补缺陷,从而就可使甲品种更为美满,从而选育成为一个崭新的优良品种。

如果，在这种情况下不采用回交，而仍旧采用单杂交（成对杂交），企图在  $F_2$  分离时，要选出我们所需要的对象，那是比较困难的。原因是：这时采用单杂交方式获得成功的机会要比采用回交方式要小得多。为什么？

例如，假定甲、乙两品种作为杂交亲本，甲品种有 7 个优良性状，乙品种具有 1 个为甲品种所欠缺的特殊的优良性状；又假定这些性状都是属于简单遗传，也就是说每个性状都由一对基因所控制，这样，甲品种便有 7 对优良基因，乙品种有 1 对优良基因。二者杂交之后，期望在  $F_2$  得到 8 对优良基因的纯合体的机会究竟有多少呢？根据自由组合，可推算出甲、乙两品种各可产生  $2^8 = 256$  种不同类型的配子，杂交后，可产生  $256 \times 256 = 65536$  种组合，也就是说，在  $F_2$  中，期望能得到具有 8 对优良基因的纯合体的机会是  $1/65536$ 。

同样，如果改用回交，将甲跟乙杂交，再将  $F_1$  与甲回交一次，那样，在回交子一代中，我们希望能得到具有 8 对优良基因的纯合体的机会是  $1/256$ 。

两相对照，就可看到在这里采用回交方式比采用单杂交方式获得成功的机会要大得多。

回交育种的步骤，为了便于掌握，可把它概括为以下几点：

(1) 选择只有一、二个性状须待改进，而其余性状都表现为优良的品种作为轮回亲本；另外挑选一个具有特殊优良性状（为轮回亲本所缺少的性状）的品种作为非轮回亲本。

(2) 将轮回亲本与非轮回亲本杂交，得到杂种一代，再让杂种一代去跟轮回亲本进行回交，在每次回交后代中，集中注意力，专门选择那种具有非轮回亲本特殊优良性状的单株，用它继续与轮回亲本杂交。经过几代回交，如果轮回亲本的全

部优良性状都已充分导入回交后代,即可停止回交。象水稻、小麦等自花传粉作物,回交工作一般需要进行四代,而后再经自交选出目标性状纯合的系统就可达到目的。

(3) 如果所要改良的性状表现为隐性时,例如水稻、小麦、大麦的矮生型,大麦的光芒,情况就比较复杂。在杂交后以及每次回交后,都要进行一次自交,使隐性目标性状表现出来后,才能从中选出具有该隐性目标性状的个体继续去和轮回亲本进行回交。这样,育种的年限就要相反地延长一倍。因此,最好避免使用具有这种隐性性状的非轮回亲本。

如果目标性状是数量性状,如水稻、小麦的每穗结实数等,则在杂种中进行选择时,必须在良好栽培条件下选择结实粒数多的个体进行回交。但在一般情况下,由于数量性状易受环境影响而变动,采用回交育种常常难以达到预期的效果。

北京的“农大 155”、“农大 156”小麦品种,就是用“农大 183”和“伊利亚”杂交后再回交到“农大 183”选育而成的。“农大 183”的丰产性好,只是易感染锈病,而“伊利亚”对条锈病是免疫的,能抗多个生理小种,它的抗锈性又是显性的,前者是很好的轮回亲本,后者是理想的非轮回亲本,所以,通过回交选育出既丰产、又稳产的“农大 155”和“农大 156”。

#### 四、杂交技术

作物种类不同,花器构造不一样,传粉方式不一样,进行人工杂交的方法和技术也就不一样。这里,只谈谈有性杂交工作的一般步骤和方法。

##### (一) 杂交前的准备工作

##### 1. 熟悉花器的构造和开花习性:

象水稻、小麦、大麦、大豆、棉花、油菜等等作物的花,在一

朵花里，有雌蕊又有雄蕊，这种花就叫两性花；如果一朵花里，只长雄蕊或雌蕊，那就叫单性花，象玉米的花。对待单性花，在人工杂交时，为了防止父本以外的花粉的沾染，在母本开花前夕，就要预先把母本花套袋，进行隔离。对待两性花，为了避免自花授粉，在开花前要除掉（或杀死）雄蕊，这个操作叫去雄。这里要说明一下，两性花也并不是绝对都是自花授粉的，象黑麦就是，它虽然是属于两性花，但它恰恰是典型的异花授粉作物。

一朵两性花中，既有雌蕊又有雄蕊，如果分不清雌雄，那就无法进行去雄工作；一朵花内雄蕊有多少个如不知道，那就难能保证去雄工作的彻底、干净。花器的构造虽然复杂，但是对这点基本知识，在杂交前还是必须弄清楚。

熟悉何时开花，我们就应在开花前进行去雄，何时是开花盛期，我们就选择在开花盛期进行授粉。熟悉花粉和柱头的生活力，就可决定去雄后的授粉期限。等等。

## 2. 调节亲本的开花期，务使花期相遇：

用来杂交的亲本，一定要花期相遇，才能进行杂交。因此，对不同亲本，事先必须了解它们生育的各个阶段，以便调节开花期。调节开花期的措施，一般有：

(1) 分期播种：这是最简单而有效的方法。通常以母本开花期为标准，如果父本开花期太早则延迟播种，太迟则提早播种。如果还不能准确地掌握，可采取分批播种，以便在杂交时可选择最适宜的亲本植株的花朵进行杂交。

(2) 光照处理：亲本的开花期如相差过大，如早稻和晚稻杂交，可应用调节每天光照长度的方法来调节花期。一般对晚稻、大豆等短日照作物，在苗期到抽穗开花以前，缩短每天光照时间可以促进开花，延长光照时间便可延迟开花。相反，

对小麦、油菜等长日照作物，如加长每天光照时间便可促进开花，而缩短光照时间则延迟开花。

有人在对水稻进行光照处理研究的基础上，曾设计出一个利用短日照处理的抽穗促进表，根据这张表，便可查出在抽穗前若干天进行光照处理，可达到预期的抽穗效果。

水稻短日照处理的开始期推算表

Y	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23
X	25	31	34	37	40	42	44	45	47	49	51
Y	25	27	29	31	33	35	37	39	41	43	45
X	52	53	55	57	59	60	63	65	67	71	76

注：表中的Y代表比自然抽穗期需要提早抽穗的日数；X代表短日照处理开始期在自然抽穗期前的日数。

例如，现在假定利用短日照处理欲使自然抽穗期为8月31日的品种提早15天抽穗。查上表：当Y=15，则X=44，即短日照处理的开始期应在自然抽穗前44天，亦即在7月18日开始进行。因此，根据本实验，每天日照时间限于8小时的短光照处理，则实际处理时间大约有8周就够了。

(3) 春化处理：人工春化处理，也可作为调节花期的良好方法。例如对冬性、半冬性的小麦，在播种前将萌动种子在0~5℃低温下处理若干天(冬性的处理时间是30~45天，半冬性是10~25天)，让它完成春化阶段的发育就可提前抽穗。此外，在作物完成春化阶段以后，利用提高温度的方法，对任何作物都有促进抽穗开花的效果。

## (二) 杂交的操作程序和方法

### 1. 去雄：

去雄的适宜时间，一般地说，在花蕾过嫩的情况下进行操

作虽然不会产生花药裂开、花粉飞散的危险，但是由于在去雄操作中，需要把花器的一部分切开，如在花器尚嫩弱的情况下进行时，往往会带来不良的结果。因此，大体上讲，去雄的最适宜时间是在开花的前 1~2 天最好。

比如，大麦在麦穗没有完全抽出叶鞘时就可以进行自花传粉，这就必须在芒尖刚露出叶鞘、而整个麦穗还没有露出叶鞘时就要去雄。

小麦在麦穗抽出、基部离叶鞘半寸左右时较为合适，因为它的自花传粉比较迟，所以，有时在麦穗完全抽出叶鞘后去雄也行。

水稻可选取露出叶鞘  $2/3 \sim 4/5$  的穗子，或已经完全露出叶鞘的穗子，对着太阳透视，如看到已经有许多小穗花内的花药伸到颖壳的  $2/3$  处，就可以作为去雄对象。

大豆的雄蕊在花将开而未开之前就已经成熟，雌蕊成熟更早，通常在开花前就已经自花传粉，所以去雄工作必须在花冠还没有露出花蕾的萼片，或在萼片的间隙露出 2 毫米时进行。

去雄的方法很多，总的目的就是要将花朵内的雄蕊除去或者杀死，避免自花传粉。

一般最常用的是剪颖(或花冠)法。用剪刀剪去颖壳(或花冠)约  $1/4$ ，而后用小镊子从缺口伸入，小心地夹出花内的花药，要彻底、干净，同时又要求不能损伤柱头。当一朵花去雄完毕进行第二朵时，应将小镊子用酒精消毒(只要蘸一下后擦净就行)，以免粘附花粉。如能用手指和小镊子将颖壳(或花冠)裂开或拨开就能除去花药则更好，因为这样可以减少花朵的损伤。

第二种方法是利用雌蕊和雄蕊的耐温程度不同，利用一

定的温度来将雄蕊杀死，而雌蕊依然完好。象水稻杂交去雄时常用温汤、温气杀雄法就是。做法是：把选好的稻穗放在45℃的温水浸5~8分钟，就可杀死雄蕊，并且还能促使开花，而对花的其他部分没有损害。

曾有人做过这样的实验：把孕穗期的小麦放在0℃左右低温条件下经15~20小时处理后，再放置在温室1~5周后使其抽穗，结果是完全不结实。然而，如当它开花时，能授以其他品种的花粉，就可以得到多数的杂交种子。这个实验告诉我们，小麦可通过低温处理来进行杀雄。

## 2. 授粉：

在去雄后的1~2天，当柱头上分泌出一种特别粘液时，此时最适宜接受花粉。一般的授粉时间以该作物开花最盛时刻的效果为最好，这是因为在此时能够获得大量的花粉的缘故；但在开花盛期，空气中有飞扬的花粉，所以在授粉时要小心防止污染，最好在授粉时，授粉人应带草帽，那样可减少污染机会。

各种作物的花粉，寿命长短不一，这在授粉时也需掌握好。象水稻花粉的寿命仅5分钟左右；棉花的花粉寿命有2天。在杂交时，对寿命短的花粉，从采集到授粉，动作要迅速，快中求好。当然，不管花粉寿命长短，如用新鲜花粉进行授粉，结果总是比较好。

如与花粉相比，柱头的寿命一般地比较长，对异常环境的抵抗力也比较大。各种作物柱头的寿命也有长短之别。玉米的受粉能力(指柱头寿命)通常可保持10~15天，有时可能还要长些；普通小麦的受粉能力可保持8天；大麦是5天；水稻的受粉能力在去雄后2天受粉能力最强，一到第3天，就急趋下降，到第5天就丧失了受粉能力。



授粉的方法, 可以将父本成熟的花粉收集在小瓷杯中, 而后蘸一些花粉轻轻地涂在母本的柱头上, 有时, 也可将父本的整个花药塞到母本的花朵中去, 边取边塞, 也挺方便。

### 3. 隔离:

为了防止其他花粉侵入母本花朵中去, 在去雄后和授粉前后, 都必须设法进行隔离, 有时为了保证父本花粉的纯洁, 对父本也要预先隔离。常用的隔离方法, 就是用纸袋套住花序, 纸袋下端可用回形针或大头针夹住。授粉后, 经过几天, 当柱头开始萎落时, 就可将纸袋除去, 使受精的子房在自然条件下发育, 此外又可减轻植株的负担。

### 4. 挂牌和记载:

在去雄后, 就应在植株上挂一个牌子(硬纸牌或塑料牌), 在牌上用铅笔写明去雄、授粉日期和母本、父本的名称(或用代号)。同时将这些项目登记在记录簿上, 以供查阅。

### 5. 杂交后的管理

象稻麦等作物, 对杂交植株应随时进行除去分蘖; 棉花应注意整枝、摘心工作。其目的是为杂交种子的发育创造有利条件。此外, 还要注意防止鸟兽为害等等。

在杂交种子成熟后, 应把每一单穗、单铃或单荚分别采下, 连同所悬挂的纸牌分别装入纸袋, 并在纸牌和纸袋上写明编号和收获日期, 然后分别进行脱粒、晒干和贮藏。

### (三) 水稻及其他几种主要作物的有性杂交技术

这里, 我们只着重介绍一下水稻的有性杂交技术, 通过一个典型作物的了解, 对熟悉其他作物也是有帮助的。

#### 1. 水稻的有性杂交:

(1) 水稻的花: 水稻的穗是圆锥花序(或叫复总状花序)。一个花轴上有许多小分枝, 每个分枝上生着许多有柄的花。整

个花轴由主轴、枝梗、小枝梗、小穗等部分组成。小枝梗的顶端单生一个小穗，一个小穗就是一朵花，受精后，一朵花就结一粒谷。一个稻穗上普通有 60~70 个小穗，多的有 200~300 个，甚至也有长到上千个的。

小穗里面只有一朵花，护颖细小，几乎不为人注意(但也有例外，浙江有一种叫“飞蛾稻”，它的护颖较粗长，其长度几乎接近颖壳长度)，内颖和外颖大，上面有许多细毛，有的在外颖顶端长一个芒(也有无芒的)。颖内有雄蕊和雌蕊。雄蕊 6 个，每 3 个排成一排。雄蕊的花丝在开花前很短，到开花时伸长得很快，同时把花药推出颖壳外面散放花粉。在花的中央有 1 个雌蕊，上面有 2 个分叉的羽毛状的柱头。

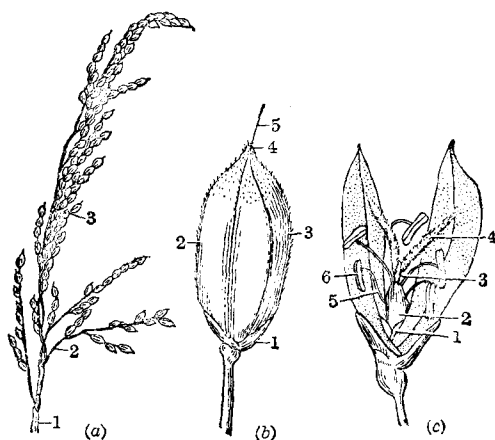


图 6-2 水稻的穗和小穗

- (a)水稻的穗: 1. 主轴; 2. 枝梗; 3. 小枝梗 (b)小穗: 1. 护颖;  
2. 内颖; 3. 外颖; 4. 颖尖; 5. 芒 (c)花的内部: 1. 鳞片;  
2. 子房; 3. 花柱; 4. 柱头; 5. 花丝; 6. 花药

稻穗从叶鞘抽出后的当天或1~2天就可开花。开花的规律:从整个稻穗来看,主轴上的花先开,枝梗上的花后开;开花的顺序大体上是自上而下,上部的花先开,下部的花后开;上部枝梗上的花先开,下部后开。但不是俟上部枝梗上的花开完后下部的花才开,而是上部枝梗部分开花后,下部就接着陆续开花。从一个枝梗来看,开花的顺序,也是上部小枝梗上的花先开,下部后开。再从一个小枝梗来看,如果这个小枝梗上有6个小穗,开花的顺序一般是第1个小穗(从下向上数)先开,其次是第6个小穗,然后是第5个小穗、第4个小穗、第3个小穗,最后开花的是第2个小穗(1、6、5、4、3、2)。如果一个枝梗上有3个小穗,那么,它的开花顺序便是:1、3、2,依此类推(图6-3)。

在开花期间,稻穗在一天内各个时间开花的数量是不一样的。根据我们在上海佘山地区(1970年)的观察:一般早稻常在上午8~9时就有部分小穗开花,10:30时开花最盛;单季晚稻则在11:30时开花最盛;后季稻在12:30时开花最盛。在不同类型的水稻中,一般籼稻和粳稻在同一天开花时间内,籼稻要比粳稻

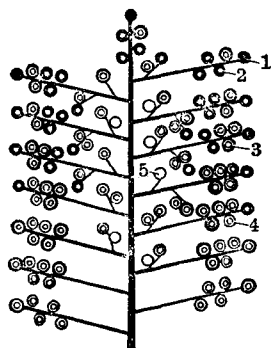


图6-3 一穗水稻的开花顺序

先开花。整个稻穗开花,从开始到结束,大约是一周左右;而一朵花从颖到闭颖的时间,大约是1小时左右。

影响水稻开花的条件,主要是温度。温度比较高,开花就快些。一般开花最适宜的温度是 $30^{\circ}\text{C}$ ( $\pm 2^{\circ}\text{C}$ ),过高(高温界限是 $50^{\circ}\text{C}$ )、过低(低温界限是 $15^{\circ}\text{C}$ )对开花都不利。其次,光

线的强弱对开花也有影响。如在没有光线或弱光下要比强光下先开花,也就是说黑暗能促进水稻开花。

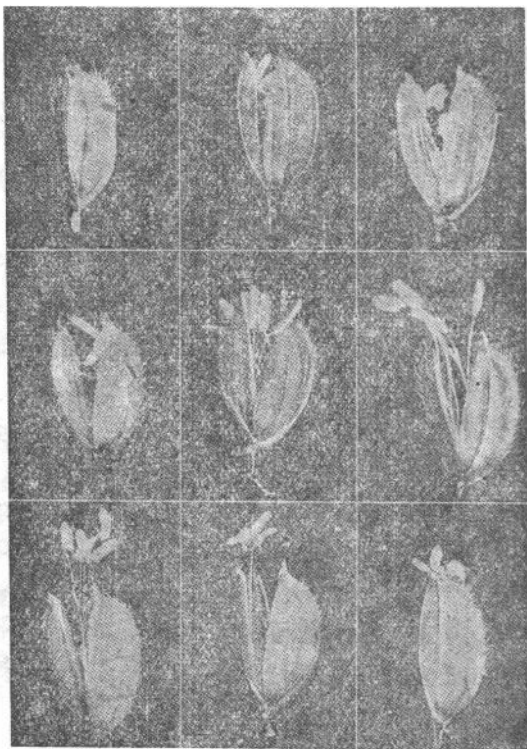


图 6-4 水稻的开花  
花颖从开放到闭合的经过

(2)去雄:水稻去雄的方法很多,有温水去雄法、温气去雄法、剪颖去雄法、人工裂颖去雄法等等。不过,最常用的还是温水去雄法。

【温水去雄法】水稻是自花传粉作物,一般在自然状态

下，它的受粉是在刚开花之时或在开花后的头 10 秒钟内进行。因此，我们必须在将开花而又未开花前，将花内的雄蕊除去，以免自花传粉。去雄时间，可在盛花前 30~60 分钟进行。

去雄时，应选取露出叶鞘 2/3~4/5 的母本稻穗，检查一下，看看整个稻穗上有没有已开过的花，或正在开花的小穗，如有，就用小镊子将它们一一拔除。

怎样知道那是已开过的花？只要将稻穗对着阳光照一照，凡是已开过的花，在颖壳内就看不见雄蕊存在。

将整理好的稻穗，放进盛有 45°C 温水的热水瓶内，经 5~8 分钟后，就可将雄蕊(花粉)杀死，而对雌蕊并没有伤害。将稻穗插入热水瓶时，应注意勿使茎秆折断。稻穗经过温水处理后，经过 20 分钟左右就陆续开始开颖，40~50 分钟后开花完了。此时应迅速切除没有开颖的花。通过处理而未开颖的花是未成熟花。由于这种未开颖的花在以后还要开花传粉，所以必须注意切除，勿使遗漏。

通过处理而开颖的花的花粉，已被温水杀死，可不再需要摘除花药等操作即可用父本进行授粉。但有时为了授粉方便，仍可用小镊子将露出花药一一清除。

经过温水处理的稻穗，一般一个稻穗上留 5~10 朵花就够了，留的位置不要太集中，以便授粉。

以上是处理操作的梗概，但是作为处理条件的温度和浸

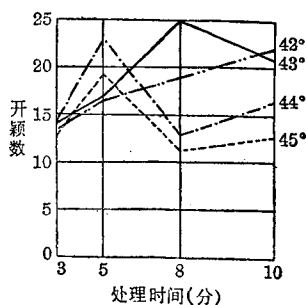


图 6-5 不同温度条件的温水处理与水稻开颖数的关系

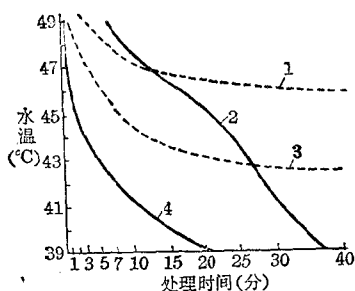


图 6-6 水稻的花、茎、叶耐温性的差异

1. 颖壳及茎叶部的枯死曲线 2. 鳞片的机能丧失曲线 3. 颖壳及茎叶部叶绿素破坏的起始曲线 4. 花粉的机能丧失曲线

水时间究竟多少才合适？首先应从温度、时间同开颖数的关系来看，一穗的平均开花数是随处理温度的升高和浸水时间的加长而增多的，但若超过一定的限度即会减少。

此外，水稻的花、茎、叶等各部，其耐温性也有差异，如处理的温度超过限度，或处理的时间延长，不仅杀死花粉，而且，花的其他各部分及茎、叶都会

相继枯死，这也是值得我们在进行温水去雄时注意的。

根据经验，对水稻进行温水去雄，杂交成功率的大小与处理温度、时间有着一定关系。见下表：

处理温度、时间同杂交成功率的关系

处理温度(°C) \ 处理时间	45	44	43	42
8	46.0	42.0	40.0	32.0
5	55.5	70.7	47.5	44.0
8	27.9	32.0	85.4	-
10	18.1	51.4	68.0	68.0

【温气去雄法】道理和温水去雄法一样，所不同的，只是将稻穗放在 45°C 的温气中，而不是直接将稻穗放在 45°C 的

温水中。这里，介绍上海市郊松江县贫下中农所采用的温气杀雄法：用一个热水瓶，内装 60°C 左右温水，在去雄时，将瓶内温水倒出，这时用温度计量一下，空瓶内的温度也有 45°C，而且可保持 7~8 分钟。杀雄时，只要将空热水瓶套在已整理好了的母本稻穗上，这样也可达到促使开花、杀死花粉的目的。操作方便、省力，可以一试。

【剪颖去雄法】在杂交前一天下午 4 时左右进行较好。用剪刀剪去颖壳约 1/4，而后用小镊子从缺口伸入，小心地夹出花内 6 个完整的花药，要求做到不遗留花药和不损伤柱头。当一朵花去雄完毕进行第二朵花时，应将小镊子用酒精消毒，以免粘附花粉。去雄完了应立刻套袋。

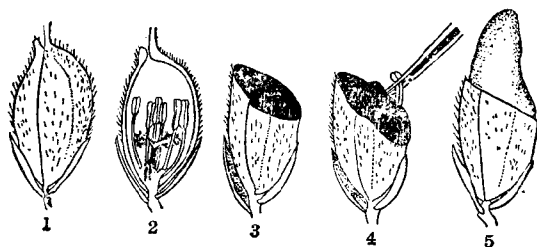


图 6-7 水稻剪颖去雄法和结实状态

近年来，有人提出了改良剪颖法：将选择好的母本穗子，对着阳光一照，如看到颖内没有花药的小穗，这表示已开过了的花，应用剪刀将它们统统剪去，将下部枝梗上的花（大多数是未成熟的花）也剪去。留下的小穗，每一个都用小剪刀横向剪去 6 个花药，从附着花丝处一并剪下。剪后，立即用小镊子夹去雄蕊的残余部分，去雄完毕立即套袋，等待第二天授粉就行。据试验报告，杂交成功率可达 39.6%，而自交率只有 0.4%，且手续简便；又因为下午去雄与明晨授粉两件工作可

分别进行,因此,可增加每天的杂交数量。

【人工裂颖去雄法】人工裂颖去雄法与剪颖去雄法,主要区别是在于它不用剪刀剪开缺口,而是用手指按住颖尖顶端,使内外颖接合处裂开,而后用小镊子从裂开处伸进夹出6个花药就行。去雄时,应按一定顺序,从上而下,或从下而上进行,以免遗漏。去雄后,立即套袋。

【开花不开药现象的利用】这是利用水稻因外界条件的刺激而产生开花同花药裂开不一致的现象,是使杂交操作简化的一种方法。

具体操作:应将作为母本的水稻栽种在盆里,在开花期,于自然开花时刻的2~3小时以前搬入暗室。数分钟后,小穗就陆续相继开花,此时,花药虽悬垂于颖外,但并不裂开(花粉常呈团块粘集一起),这时用小镊子夹住花丝把花药摘除即可。由于促进开花的主要因素是光线(明亮)的急骤减退,所以搬入的暗室并不需要特别暗,因此,即使在暗室中也照样可进行摘除花药的工作。

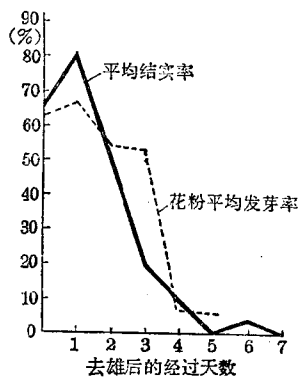


图 6-8 水稻去雄后的日数与柱头受精的百分率

(3) 授粉:经过温水、温气去雄的小穗,可在去雄后立即进行授粉,也可在第二天上午授粉;如采用剪颖去雄、裂颖去雄的,都宜在次日上午进行授粉,如遇天雨,也可推迟2~3日授粉。

有人做过水稻去雄后的日数与柱头受精百分率的研究,研究结果如图6-8。

从图中可明显看出:在去雄的当天及去雄后一天进行授粉是



最适当的，结实率比较高；三天后，雌蕊受精能力开始急剧下降，五天后，柱头就丧失受精能力。

授粉的方法有两个：一个方法是将父本的稻穗整个剪下，花粉随取随用。采取花粉时，必须注意作为父本的花药一定要发育成熟，可到即将开花而尚未开花的小穗中去取。成熟花药的特点是：花药已接近颖壳 2/3 至顶端处，花药中部膨松、柔韧、色微黄，在指甲上轻轻动一下，就可看到大量花粉散出来。过嫩花药的特点是：瘦而长，带深绿色。取花药时，可用小镊子扯开内外颖，而后夹出花药，把它放到已去雄的柱头上轻轻涂抹一下，当心不能损伤柱头和颖壳，以免影响结实。

另一个方法是把正在开花的父本稻穗剪下来，拿到已去雄的稻穗上轻轻振动，使花粉直接落到柱头上。在采用改良剪颖去雄法时，就是采用这种授粉方法。

前面曾提到过，在进行水稻授粉时，花粉要越新鲜越好，当然，对其他作物授粉，也是如此。

有人曾做过水稻花粉放置时间与受精百分率的研究，见下图：

这个研究结果告诉我们，水稻花粉在放置一分钟以后，受精率就大大降低。因此，要求我们在进行授粉操作时，应力求迅速，每穗全部授粉时间务须要求在 2~3 分钟结束。

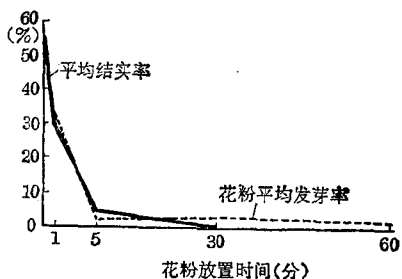


图 6-9 水稻花粉放置时间与受精百分率

一般杂交结实率约为 50% 左右。水稻的杂交结实率要比大麦和小麦低，这是因水稻在去雄时进行剪颖，造成颖壳内

部干燥,致使柱头不能忍耐的结果。因此,要注意保持杂交植株处于高温多湿的环境中。为了取得一定的杂交种子,就要求每个杂交组合处理 20~30 朵稻花较为相宜。

每穗在授粉完毕,应立即套上纸袋(12 厘米×3 厘米),用大头针扣牢,植株上并挂上纸牌,在纸牌上写明杂交组合的亲本名称,母本在前,父本在后;同时写明去雄、授粉日期。授粉一星期后,就可将套袋脱去,减轻负担,以免茎秆折断。

成熟后,每一杂交组合要分别脱粒、单晒、单藏。

## 2. 其他几种主要作物的有性杂交技术:

就整个杂交过程来看,各种作物都有相似之处,但在具体操作上,也仍各有所别。下面,我们只将几种主要农作物在杂交工作过程中的主要工作内容,整理成为表格,供参考。

## 五、杂交后代的选育

杂交以后,杂种后代总会出现大量的变异,这件事的性质前面已经讲过了;现在所要讲的是如何在这大量的变异中,选出符合育种目标的优良的杂种后代,从而将它培育成为生产上所需要的新品种。这是一件既复杂而又细致的工作。

不要以为一杂交后准会出成果,事情并不如此简单。不会出成果,这要由两个方面来决定:第一要看杂交组合的配合力好坏,如果在广泛的变异中,出现综合性状好的单株比较多,配合力就高,就是好的组合,这是选择的基础;第二要看工作者的选择能力。这样,有了好的组合、好的基础,又懂得如何选择;出成果、出品种的可能性才能成为现实性。

因此,在杂交育种工作中,杂交后代的选育也是一个很重要的关键。

在杂交后代选育的工作中,有两件事要做:第一件是如何

几种主要作物的人工去雄和授粉

作物名称	每朵花的雄蕊数	每日开花盛期	去雄		授粉时期
			时 期	方 法	
小麦	3	8~12时 12~16时	于授粉前一天下午, 选全穗抽出叶鞘 $\frac{2}{3}$ ~ $\frac{4}{5}$ 的进行去雄。	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 去雄前剪去穗上部及基部小穗, 只留中部10个小穗; 每个小穗只留两边两个大的小花, 其余一概剪去。</li> <li>2. 采取剪颖去雄法, 去雄后套袋隔离。</li> </ol>	去雄后第二天8~10时或16~17时进行授粉。如遇大雨, 可延迟3~4天。授粉后套袋隔离。
大麦	3	6~8时 15~17时	于授粉前一天下午, 选麦芒顶端刚露出叶鞘时的麦穗进行去雄。	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 剪去叶鞘、芒、上部及基部的小穗, 只留中间10朵花; 六棱大麦也只留中间两行小穗。</li> <li>2. 采取剪颖去雄法, 去雄后套袋隔离。</li> </ol>	同上
高粱	3	5~7时	于授粉前一天, 选穗尖开花后第二天的穗子, 进行整穗去雄。	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 剪去尖端开花的和下部发育不好的枝梗, 只留中部4~6个枝梗, 每个枝梗留下5~10个小穗。</li> <li>2. 采用温水杀雄法, 水温44~46°C, 处理时间10分钟, 杀雄后套袋隔离。</li> </ol>	去雄后第二天9~10时进行授粉最好, 其他时间也可进行授粉。授粉后套袋隔离。
谷子	3个雄蕊, 1个在外颖中间, 2个在内颖两侧。	0~2时 5~7时	于授粉前一天, 选留穗上第二天开花的小花, 这种花的标志是膨大饱满, 颖色淡绿光亮。	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 剪去穗上部的小穗花, 就留下第二天要开的花, 所留的小穗, 花要稀疏分散。</li> <li>2. 采用温水杀雄法, 水温46~48°C, 处理时间8~13分钟, 杀雄后套袋隔离。</li> </ol>	去雄后第二天早晨露水干后进行授粉。授粉后套袋隔离。
棉花	花丝基部联合成为管, 雄蕊套在雌蕊外面, 雄蕊5排, 有花药60~90个。	8~10时	开花前一天下午, 选好典型植株, 再选择中部果枝靠主杆的1~2朵花去雄。	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 用右手大拇指甲, 从花萼管切入(不要碰到子房), 然后用指甲把花萼管, 连同花冠和整个雄蕊管一起剥去, 只留下外面的苞叶和中央的雌蕊。</li> <li>2. 去雄后用麦管(长1寸, 一端有节)套在柱头上, 进行隔离。</li> </ol>	1. 在去雄同时, 将父本花朵的顶端用棉线扎住, 防止次日开花时, 引起花粉混杂

性就比较大。因此,可以根据早熟性、抗病性等性状来进行以组合为单位的淘汰,这样可节省人力、提高选择效果。 $F_1$  除复合杂交外,一般没有分离,当选组合按组合分别混合脱粒。复合杂交应选择单株分别脱粒,以便进一步选择和培育。

有时还不能单凭  $F_1$  表现的好坏,来决定组合的好坏。比如,我们曾用“青海青稞”(特迟熟)与“2-14”大麦(早熟)杂交, $F_1$  是中熟偏迟,而在  $F_2$  中也出现早熟植株(4月2日抽穗,1974年)。因此,如手头组合不多,对某些性状配合力的强弱还不顶清楚,也可以在  $F_1$  不考虑进行组合淘汰,留着以观后效。

(3) 观察和记载:以水稻为例, $F_1$  的性状记载项目有:播种期、病虫害、抽穗期、成熟期、单株有效穗数、植株高度、穗的长短和大小、芒的有无和颜色、谷粒大小和颜色、空瘪率等。以上记载项目,一般可采用目测进行。

## 2. 第二代 ( $F_2$ ):

(1) 播种:从  $F_1$  收获的种子种下去长成的植株便是  $F_2$ 。由于  $F_2$  开始分离,植株间个体差异很大,这一代的选择工作很重要,为了便于观察和选择,株行距仍要适当放宽,每行长以5尺为宜。为了不使好的材料遗漏,所以在  $F_2$  宜多种一些,最低限度要种500~2000株,以增加选择优良植株的机率。如亲本不纯、亲本间不同的性状比较多,或是在遗传情况较为复杂(如选育数量性状)时,那就更应多种一些。

(2) 选育和收获: $F_2$  的群体要大,但选择要严。如在  $F_2$  分离的情况中,亲本间优良性状结合得好,出现合乎育种目标的好的类型和植株,特别是出现有比亲本更好的或新的优良性状时,说明这个组合比较好,选育出优良品种的可能性比较大。一般说来,根据  $F_2$  分离的情况,可以判断组合的好坏,

性就比较大。因此,可以根据早熟性、抗病性等性状来进行以组合为单位的淘汰,这样可节省人力、提高选择效果。 $F_1$  除复合杂交外,一般没有分离,当选组合按组合分别混合脱粒。复合杂交应选择单株分别脱粒,以便进一步选择和培育。

有时还不能单凭  $F_1$  表现的好坏,来决定组合的好坏。比如,我们曾用“青海青稞”(特迟熟)与“2-14”大麦(早熟)杂交, $F_1$  是中熟偏迟,而在  $F_2$  中也出现早熟植株(4月2日抽穗,1974年)。因此,如手头组合不多,对某些性状配合力的强弱还不顶清楚,也可以在  $F_1$  不考虑进行组合淘汰,留着以观后效。

(3) 观察和记载:以水稻为例, $F_1$  的性状记载项目有:播种期、病虫害、抽穗期、成熟期、单株有效穗数、植株高度、穗的长短和大小、芒的有无和颜色、谷粒大小和颜色、空瘪率等。以上记载项目,一般可采用目测进行。

## 2. 第二代 ( $F_2$ ):

(1) 播种:从  $F_1$  收获的种子种下去长成的植株便是  $F_2$ 。由于  $F_2$  开始分离,植株间个体差异很大,这一代的选择工作很重要,为了便于观察和选择,株行距仍要适当放宽,每行长以5尺为宜。为了不使好的材料遗漏,所以在  $F_2$  宜多种一些,最低限度要种500~2000株,以增加选择优良植株的机率。如亲本不纯、亲本间不同的性状比较多,或是在遗传情况较为复杂(如选育数量性状)时,那就更应多种一些。

(2) 选育和收获: $F_2$  的群体要大,但选择要严。如在  $F_2$  分离的情况中,亲本间优良性状结合得好,出现合乎育种目标的好的类型和植株,特别是出现有比亲本更好的或新的优良性状时,说明这个组合比较好,选育出优良品种的可能性比较大。一般说来,根据  $F_2$  分离的情况,可以判断组合的好坏,

可以较有把握地淘汰不好的组合。在好的组合中可多选一些植株，差的组合少选一些植株，太差的组合就不选。

选择时，要根据性状遗传力的大小来考虑，对于遗传传递力强（即遗传力大）的性状，如稻、麦的抽穗期、株高、抗病和麦的粒色、冬春性等可以从严；而对于受环境影响较大的性状（即遗传力小）如稻、麦的分蘖力、成穗率、穗子大小、每穗粒数等则应放宽些，容后考虑。

在  $F_2$  田间当选的植株，要分株带根收获、脱粒、编株号。如 73(1)1, 73(1)2, ……，其中，73 代表杂交的年份，(1) 代表组合，1 和 2 代表株号。

(3) 观察和记载： $F_2$  的田间记载项目有：播种期、移栽期（直播的不记）、病虫害、倒伏性、分蘖力强弱、抽穗始期和末期、植株高度等。选出的单株要进行室内观察，考查项目有：植株高度和整齐度、单株有效穗数、穗的大小、芒的有无及颜色、谷粒大小、谷粒饱满度、谷壳颜色等。以上观察项目，可根据人力条件灵活运用。

### 3. 第三代 ( $F_3$ ):

(1) 播种：将  $F_2$  当选的植株的籽粒种下去，每一株的后代就各成为一个系统，这个系统可叫“家系”。

播种时，以单株为单位各种成一小区，播种的规格与  $F_1$  相同。在若干小区旁边，种上一个对照品种（当地的当家品种），以便比较。

(2) 选育和收获： $F_3$  一般仍有分离，但从整个系统来看，比  $F_2$  是纯些了。但是，系统间有好有坏，而且，每个系统里的植株有的也并不一致。因此，在  $F_3$  中，首先应选出好的家系，再在好的家系里选好的植株；差的家系里如有个别好的植株也要选。如实在无可选的系统，就应将整个系统淘汰。在选

择时要参照  $F_2$  的试验记录,掌握从“早中选早”、“矮中选矮”、“优中选优”的原则来决定去留。选多少株才合适?不能太多,多了包袱就重,造成今后工作困难。看来,即使在好的家系中,能选上几株、十几株也就足够了。

$F_3$  当选的植株,也要分株带根收获、脱粒、编株号。如 73(1)1-1, 73(1)1-2……。

有时,在  $F_3$  中也会出现有突出的、而且基本上纯的优良家系,对于这样的家系就可以提早在  $F_4$  参加产量比较试验和多点试验。做法是:第一,把其中极少数的优良植株继续选出,分株带根收获、脱粒、贮藏,供下一代( $F_4$ )进一步分离选育出好的“小家系”;第二,在其余植株中选比较好的植株混合脱粒,作为  $F_4$  参加产量比较试验用的种子。

(3) 观察和记载:观察和记载项目与  $F_2$  相同。

#### 4. 第四代 ( $F_4$ ):

(1) 播种:  $F_3$  当选的单株,在  $F_4$  分别播种又各成系统(小家系);  $F_3$  同一系统中当选的单株,在  $F_4$  就成为系统群。每一系统(小家系)仍种成一小区;每一系统群中各个系统的种植,各小区要彼此相邻,其目的是便于比较鉴别。

$F_4$  的播种规格同  $F_3$ 。

(2) 选育和收获:在  $F_4$  中,首先是选择系统群,在优良的系统群中选择优良系统(小家系),如果优良系统已表现稳定而不再分离,就可混合脱粒,供下一代参加产量比较试验。如果性状还有分离,仍需进行单株选择。一般说,品种间杂交到  $F_4$ 、 $F_5$  就可基本稳定,当选的优良稳定的系统,就成为一个小品系。

$F_4$  田间当选的植株,仍需分株带根收获、脱粒、编株号。如 73(1)1-1-1, 73(1)1-1-2……。

(3) 观察和记载: 观察和记载项目与  $F_2$  相同。

上面的新品系的获得, 从  $F_1$  到  $F_4$  的连续过程中, 我们不难看出, 它是通过逐代进行单株选择的结果。它有它的家谱可查, 因此, 上面所讲的选择法, 就叫做系谱法。这种选择的方法, 效果比较好, 好在容易出成果, 但也有它的缺点, 那就是工作量比较大。在一般生产队里, 有时因劳动力紧张, 采用系谱法是有一定困难。因此, 在杂交后代的选拔过程中, 就可考虑采用另一种选择法——混合法。那就是从  $F_1$  到  $F_3$ 、 $F_4$ , 以组合为单位, 混合播种在同一小区里, 对杂种最初几代一般不进行严格选择, 待遗传性比较稳定后, 再进行 1~2 次单株选择, 进行比较试验, 肯定新品系。这种选择方法, 工作量是大大减少了, 但要育成新品系的时间就要拖长些, 这是混合法的缺点。

## (二) 决选优良品种

新品系的选育工作, 一般都是在固定的地点和规定的栽培管理条件下进行的, 不消说, 是有它的局限性。把它们种到大田里以后的产量情况, 是好是坏, 不清楚; 把它们送到各种不同地区去栽培, 适应不适应, 哪种地区适应, 哪种地区不适应, 也不清楚; 究竟在栽培上应采取什么相应的措施, 才能发挥品种在生产上的潜在能力, 因为没有经过试验, 也说不上个究竟。也只有在解决这些问题的基础上, 才能避免盲目推广品种, 并充分发挥良种的增产作用。因此, 在取得了新品系后, 接下来要做的工作便有下面几件:

### 1. 产量比较试验:

把新品系拿到大田里在一般大田的生产条件下, 进行小区试验(要几分地以上), 和当地生产上的当家品种比较, 邀请有经验的贫下中农进行田头评比, 对新品系的经济性状、产量



结构以及稳产性,进行全面的系统的分析,决选优良品种。

## 2. 区域试验:

通过产量比较,认为比较满意的新品系,接下来就可以把它送到各个不同地区进行小区试验,和试验地区的当家品种进行比较,进一步了解它们适应的地区和栽培特点。在评价新品系的好坏时,丰收年份,标准要严一些;灾害年份,标准应宽一点。如果,某一新品系在其缺点充分暴露,优点没有充分发挥的年份,仍比当地当家品种增产稳产,那就可以初步肯定它的推广价值。

## 3. 品种栽培试验:

一般是在新品系决定推广以后才进行的。目的是要了解新品系的成套栽培技术(如播种期、播种量、地力条件等等),以便充分发挥良种的增产作用。

新品系经过上述一系列试验后,对它们进行“一分为二”的评价,决定值不值得推广,在什么地方推广,如何栽培,以便把良种和良法一齐推广出去。新品系决定推广以后,再给品种命名。

## 第七章 远缘杂交

前一章所讲的品种间杂交,是指同一种作物内,品种与品种之间的杂交,品种间的亲缘关系比较近,所以,品种间杂交也叫近缘杂交。这一章讲的是远缘杂交。

### 一、远缘杂交的含义

远缘杂交,顾名思义,参加杂交的亲本,它们之间的亲缘关系是比较远的;亲缘关系上究竟要多远才算是远缘杂交呢?

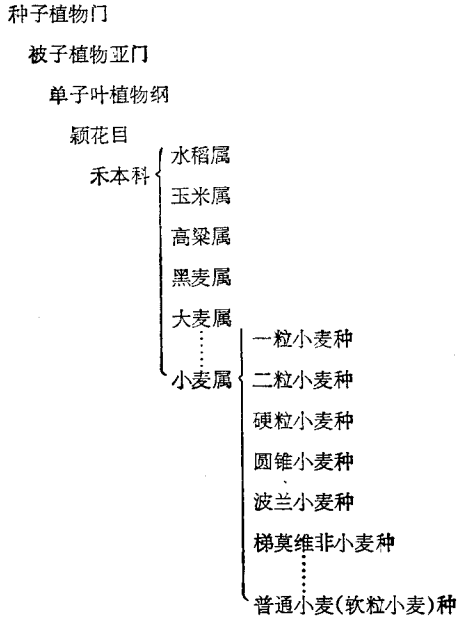
一种是从分类学上来看,植物分类学把种类繁多的植物界,按照它们之间的亲缘关系和进化次序,分门别类,各有所属。

分类的等级是:门、纲、目、科、属、种,有时还根据需要,在种下面又分有亚种。

就小麦来说,小麦的种类很多,现在生产上所栽培的小麦,极大多数是属于普通小麦种,它是世界上栽培最多、最广泛的一个小麦种,我国小麦品种中,就有95%以上是属于普通小麦种。

让我们看看普通小麦这个种,它在分类学上的位置。

## 普通小麦种在分类上的位置



从上面可看出,普通小麦只是小麦属下的一个种,在小麦属中,除了普通小麦外,还有着许多个小麦种。如果让它们种与种之间进行杂交,就叫种间杂交。

从上面还可看出,小麦和水稻、玉米、高粱、黑麦、大麦等,都是禾本科下的并行的属,如果让它们之间进行杂交,那便是属间杂交。

依次进级,当然,也可以进行科间杂交等等。

在进行远缘杂交育种中,很少有人去做属间以上的杂交。过去是这样,但又不能迷信。

不论是种间杂交、属间杂交,或者是科间杂交,统统算远

缘杂交。通常，把分类单位种以上的植物间进行杂交，叫做远缘杂交。

另一种是地理上远缘的种族、不同生态类型和系统上长时期隔离的亚种之间的杂交，这类杂交为了区别于前一类，可称它为地理上的远缘杂交。例如，水稻就分为二个亚种——粳型稻亚种和籼型稻亚种。粳稻和籼稻杂交，也是属于远缘杂交。

## 二、远缘杂交在育种上的价值

冬小麦怕冻，在严寒的冬天，冬小麦的幼苗往往会被冻死，到春季来临时再补种春小麦，但春小麦的产量一般都不如冬小麦。黑麦就不那么娇气，越冬性好，因此，即使在严寒的北国，仍能生长良好；但是它在质量方面有许多却不如小麦：不那么有营养，麦粒中所含的面筋也比较少。人们看到小麦和黑麦各有长短，就很自然地想到：如何使小麦的优良品质同黑麦的不娇气的特点结合起来？

通过小麦(小麦属)和黑麦(黑麦属)之间的远缘杂交，人们终于培育出了一种小麦-黑麦杂交种。这种杂交种，既非黑麦也不是小麦。它完全继承了黑麦的越冬性。它又比小麦更富有营养，籽粒中所含的蛋白质和面筋都很多。它比对照的小麦穗要大得多，因此，在产量上也不逊于优良的小麦品种。这种新品种还有一个胜过小麦的优点：对于小麦来说，产量增高，麦粒中的蛋白质的积累一般就减少；但对于这个杂交新种来说，越冬性和产量与蛋白质的高积累是兼而可得的。

海岛棉和陆地棉是棉属中的两个不同棉种。大家知道，海岛棉的纤维特别长，但生长期较长，产量较低；而陆地棉的适应性较广，产量较高，但纤维不及海岛棉长。通过种间杂交，

得到的海陆杂种,就具有两者的优点。

海岛棉中,含有抗黄萎病的基因,所以,海岛棉就不感染黄萎病;而陆地棉中缺乏抗黄萎病的基因,所以它就会生黄萎病。现在,通过两者杂交,可以将海岛棉中的抗黄萎病的基因引入到陆地棉中去,这样,陆地棉也就成为能抗黄萎病了。“爱字 1517”就是如此育成的。

现在,生产上大面积栽培的都是胜利油菜(甘蓝类型)。胜利油菜的适应性强,产量也比较高,但生育期长,苗期生长缓慢,即使早播,也不能早收。这在双季稻区,同前后茬作物的生育季节有很大矛盾。而油菜中的白菜类型,生育期虽较短,但产量要比胜利油菜差劲多了。要解决这个矛盾,采用远缘杂交,也是一条道路。在当前油菜杂交育种中,采用甘蓝类型油菜和白菜类型油菜(这两个类型就是芸苔属下的两个不同油菜种)杂交,几乎已成为主要的途径了。现在,上海市郊区所种植的油菜中,其中“沪农早”和“23号”两个油菜品种,就是通过这种选育方法培育成功的。

总之,在一个种内的所有品种中,如存在着一种不能相互弥补的缺点时,这时,就得要采用远缘杂交来弥补所存在的缺陷。用远缘杂交来创造新类型、新品种。

远缘杂交不仅可帮助克服某个种内的某个不良性状,而且,由于杂交亲本的可遗传变异的广泛性和多样性,这样,在杂种中所出现的类型有时往往可以超出两个杂交亲本的物种范围。上面所提到的小麦-黑麦的杂交种就可以充分证明这一点。

远缘杂交在育种上有这么多好处,这只是我们所看到的一面;另一方面,在育种上采用远缘杂交也存在着这样和那样的困难。例如,随着亲本遗传性差异的增大,就会带来杂交不

易成功, 杂种后代的不育性高等等麻烦。而且, 要培育出一个新品种的时间又往往要比品种间杂交长得多。但是, 我们也不能因噎废食, 而是对症下药, 排除万难, 去争取胜利。

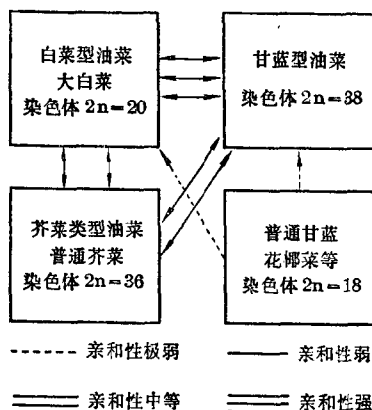
### 三、克服杂交不孕的方法

#### (一) 杂交不亲和性

由于物种之间的个体在生理上的差异过大, 在自然情况下, 不同物种的个体之间一般不容易发生杂交, 这种现象, 通常就叫远缘杂交不孕性, 或者称杂交不亲和性。

在进行远缘杂交时, 经常可看到这样一种现象: 系统发生上的亲缘关系越疏远, 杂交就会越感到困难。

但是, 在进行远缘杂交时, 还可看到另一种特殊现象: 这种杂交可孕性程度的大小, 又不完全服从于系统上亲缘关系的远近。例如, 小麦属的某些种做母本, 就很容易与黑麦属进行人工属间杂交; 有时, 甚至可以发生天然的属间杂交。然而在



在同是小麦属的不同种之间, 反而往往很难杂交。比如, “梯莫维非”小麦与其他小麦种杂交就感到困难, 但它却很容易与“灰绿冰草”和“长穗冰草”杂交。

因此, 在进行远缘杂交时, 还不能完全凭分类学知识, 有时还有必要对杂交两亲本的杂交亲和性作具体地、深入地了解才行。

图 7-1 芸苔属植物和油菜种间杂交的相对亲和性

从上面图解来看，普通甘蓝和花椰菜等与三种油菜的亲性和性极弱，因此，用它们与三种油菜进行杂交，那就非常困难。而三种油菜之间的亲性和性比较强，所以，采用它们之间进行杂交就比较容易；其中，特别是白菜类型油菜与甘蓝类型油菜杂交更容易取得成功。

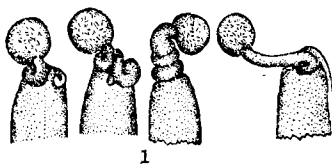
从油菜种间的亲和性来看，还告诉我们：在油菜育种和繁育工作中，由于它们之间容易发生杂交，在不同种的油菜间，必须采取适当的隔离措施，才能防止串花混杂。

在进行远缘杂交时，由于亲本之间亲和力低，所以，往往不能受精结实。正因为这是极普遍的现象，所以，对这个问题很少有人去作深入的研究。一般认为杂交不孕可能是由于原生质特别是蛋白质的种类和性质的不同而产生的现象。

## (二) 不亲和传粉时，授粉后的花粉动态

植物表现不亲和性时，授粉后花粉的动态有这么几种情况：

(1) 花粉在柱头上完全不发芽。



(2) 花粉虽然在柱头上发芽，形成了花粉管，但花粉管没有伸长方向，有的在柱头上乱转而不能伸入花柱中；或虽伸入花柱中，但又在花柱中途停止，当然，也就不能把雄配子输送到胚囊中去。

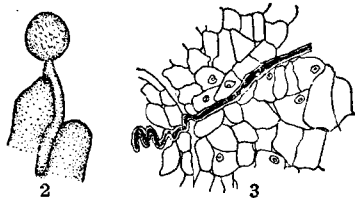


图 7-2 不亲和传粉时花粉管的动态

1. 不亲和传粉，花粉管在柱头上乱转  
2. 亲和传粉 3. 花粉管在胚囊内弯曲

(3) 有时花粉管也能进入胚囊，但还不能完成

正常的受精作用。

(4) 虽然完成了双受精作用,但胚胎发育不正常,经常碰到胚和胚乳发育不协调,以致中途夭折。

### (三) 克服杂交不孕的方法

为了能使远缘杂交工作有效地进行,应根据不同情况采取有效的措施。

(1) 选择遗传不稳定的杂交种作母本,这样做有三个优点:第一,由于杂交种能产生许多不同遗传组合的配子,与远缘杂种结合的可能性因而增高;第二,所得到杂交种子的类型就有多多样性,对后代的选择提供了有利条件;第三,杂交种表现的生长势对于促进远缘杂交是一个生理上的重要因素。

例如,西北生物土壤研究所(1960年)做过小麦与冰草的属间杂交试验,不同组合的结实率如下:

小麦品种 302×天蓝冰草	结实率是 6.25%
碧玉×天蓝冰草	结实率是 19.28%
(302×碧玉) $F_1$ ×天蓝冰草	结实率是 88.76%

可看出以杂种小麦 (302×碧玉) $F_1$  作母本与冰草杂交,结实率就可显著提高。

广东农民育种家杨明汉曾获得水稻与贵州稗草的杂交种,他所用的水稻母本便是个杂交种(信宜白×饭罗白) $F_3$ 。

(2) 预先无性接近法:在进行种、属间杂交之前,将两亲本相互嫁接,使它们彼此间的生理活动得到接近,或改变其原有的生理状态,然后再进行杂交。曾有人将岱字棉(陆地棉品种)嫁接在“常紫”(中棉品种)上,以后再用木槿花粉授上,终于取得成功。

在采用无性接近法时,不仅可用枝条或芽的嫁接来使它们无性接近,还可采用花的柱头来无性接近。方法是:将母本



的柱头近子房处切去，换上父本的柱头。为了使父本的柱头能固定在母本花柱上，可在母本花柱的侧面放一根细金属丝，而后用蜘蛛丝缚扎牢（图 7-3）。这种方法可在棉属等柱头较大的植物上应用。

(3) 混合授粉法：在父本花粉内掺入少量母本的花粉，然后授到母本上，可以解除母本柱头上分泌的某些阻碍异种花粉发芽的特殊物质。这种方法最好用于多胚珠植物的花朵。当大量异种花粉和少量本品种花粉一起落到多胚珠花朵的柱头上时，因为本品种的花粉进入全部胚珠的数量不够，异种花粉管就进入本品种没有“证据”的胚珠。因此，在一个果实内既有杂种又有非杂种，非杂种为杂种创造了良好的胚胎发育条件。

江西农民何来昌在水稻与高粱杂交中，也是用这个方法而且获得了成功。他的做法是用少量的水稻花粉掺入高粱花粉中，而后给水稻授粉。

混合授粉的第二套方法，就是采用多种父本的花粉进行混合授粉。

广东农民育种家邓炎棠用高粱、玉米、稗草、狗尾草等混合花粉授于“矮仔粘”水稻上，曾获得了变异很多的后代。

#### 四、克服杂种不育的方法

远缘杂交除了交配困难以致带来了杂交不孕外，杂交后如能产生杂种，有时也往往是不育的。我们在“二九南 1 号”（粳型）×“虹糯”（粳型）的杂种第一代中（1971 年），看到的结

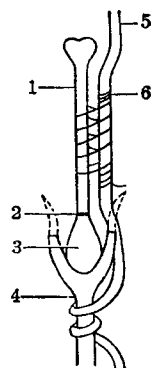


图 7-3 花柱的嫁接

- 1. 花柱 2. 接合处
- 3. 子房 4. 花梗
- 5. 支柱(细铁丝)
- 6. 蜘蛛丝

实率也只在 15% 左右。

### (一) 杂种不育的原因

形成杂种不育的原因是多方面的。

在第二章中, 已经提到过: 在由体细胞产生性细胞时期, 细胞内要经过一次染色体的减数分裂, 即由体细胞的二倍染色体数 ( $2n$ ) 经减数分裂而形成性细胞的单倍染色体数 ( $n$ )。例如,  $2n=42$  的普通小麦, 在减数分裂时, 可以顺利地、准确地形成 21 对二价染色体。

但是, 在杂种减数分裂时, 不能形成正常的二价染色体, 从而产生了染色体不平衡的配子, 这是杂种后代不育的主要原因之一。这种类型的不育性叫做染色体不育性。

在这种染色体不育性中, 有一种是由于染色体数量的不平衡而引起的不育性。数量不平衡的杂种, 在减数分裂时会出现一价染色体和多价染色体, 结果使配子所含有的染色体数与正常的配子有所不同, 也即形成为异数性的配子, 从而引起了不育。

例如, 第一种情况是两个亲本具有相同的染色体组, 只是在染色体倍数方面表现彼此不同。如果杂交的两个亲本, 一个是同源四倍体 (染色体组是 AAAA), 另一个是二倍体 (AA)。F<sub>1</sub> 杂种就成为同源三倍体 (AAA)。这类杂种在进行减数分裂时多数成为三价染色体和一价染色体, 因此在染色体分离时出现了不正常的现象, 很少能形成具有受精力的配子, 这样, 就使 F<sub>1</sub> 杂种高度不育。象无籽西瓜、香蕉等便是。

· 第二种情况是两个亲本各有彼此不完全相同的染色体组。例如, 萝卜 ( $2n=18$ ) × 甘蓝 ( $2n=18$ ), F<sub>1</sub> 杂种也是  $2n=18$ , 但是由于没有相同的染色体, 因此在减数分裂时仍不能配对, 成为 18 个一价染色体。这样, 也就引起了杂种不育。此外, 当

两个亲本的染色体组倍数不同，再加上两者之间又不存在相同的染色体组时，比如，亲本一方的染色体组是 AA，另一方是 BBCC，也会出现上述相同的结果。

在染色体不育性中，另外一种是由于两个亲本的染色体构造彼此不同，杂种也就会出现不同程度的不育性。

上面所讲的，杂种的不育性的产生是由于染色体不平衡的关系。但是，粳稻( $2n=24$ )与籼稻( $2n=24$ )之间杂交，这类杂种在减数分裂时极为正常，也能形成二价染色体，因而配子在染色体水平上是完全平衡的，尽管如此，可是杂种仍出现不育性，这又将如何理解呢？

这从染色体水平上是找不出原因的。根据这些年来的研究，不少人认为这种杂种不育性是由单一基因或为数极其有限的若干个基因支配的结果，这类不育性就叫做基因不育性。

## (二)克服杂种不育的方法

远缘杂种的不育性虽然是经常的，但又不是绝对的。实践证明，克服杂种不育的方法也是多样的，这里，只介绍几种主要方法。

### 1. 回交法：

在亲本染色体数不同的情况下，杂种产生的配子一般是不平衡的，但有时一部分仍可以与正常的配子结合而表现能育。因此，可以采用回交的方法来克服远缘杂种的不育性。例如，对小麦×黑麦的  $F_1$  植株，如用小麦花粉进行授粉，就可提高结实率。草棉×陆地棉的  $F_1$  杂种，如采用回交法也可获得种子。至于回交次数要看具体情况而定，以达到育种目标为止。当然，在每次回交过程中，都需要进行精细选择，才能逐步提高结实率。

### 2. 染色体加倍法：

在克服远缘杂种不育的方法中，用秋水仙素处理获得双二倍体以恢复染色体正常配对，是一种有效的方法。

一个典型的例子，萝卜和甘蓝杂交，杂种有不育现象。但如果将杂种一代的染色体加倍，那样就可解决不育性的问题，就可获得一个完全可育的双二倍体：萝卜-甘蓝。

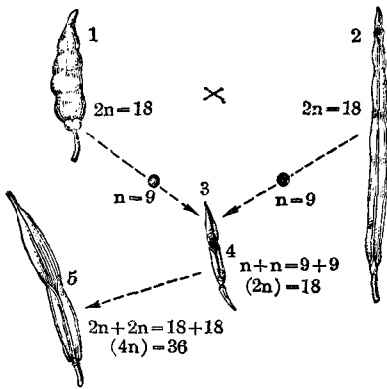


图 7-4 萝卜-甘蓝的育成

1. 萝卜 2. 甘蓝 3. 萝卜和甘蓝的配子
4. 杂种一代(不育) 5. 萝卜-甘蓝(完全可育的双二倍体)

小麦-黑麦杂交种的育性问题，也就是通过染色体加倍法而取得解决的。方法是：秋水仙素的浓度通常是采用万分之五，在  $12^{\circ}\text{C}$  下，把幼苗分蘖节在溶液中浸渍三天，处理用清水反复冲洗干净，再移栽于温室中，室温稍低一些，勤加灌溉，经过一定时期，就可成活，并发出新生分蘖。处理后成活的幼苗，有的是全株

加倍了，这时，可以看到叶片变厚、变宽，叶色浓绿，叶片气孔变大；也有的可能只是一个分蘖“加倍了”，但经常发生的只是一个穗上个别小穗或者小花是处理成功的，这时，可以根据它的花药变大来判断。处理成功所结的种子都比自然结实的种子为大，很容易识别。

### 3. 改善营养条件:

这也是提高杂种结实率的一种方法，不过，这种方法，只局限于当代有效。有人在小麦-黑麦双二倍体的抽穗初期，施

用了钾肥,结果,结实率比对照增加了 51%。

## 五、杂种后代的分离和处理

一般远缘杂种的后代,往往有很大的性状分离,这种分离现象,有人叫它为“疯狂”的分离,这并不过分,有时,确实是“疯狂”极了。

单就我们在“二九南 1 号”(粳型)×“虹糯”(粳型)的杂种二代(1972 年)所见:不论是在株高、叶形、穗形、籽粒形、结实性、成熟期以至芒的长短等方面,都有显著的、剧烈的分离现象,而且,有不少超越亲本的现象,变异幅度很大,超过一般品种间的杂交组合。

一般品种间杂交种,要在杂种第二代开始分离,这是规律。但是,远缘杂交种的后代分离,既可以在第二代出现,也可以在第一代就开始出现,有时却又在第二代以后才开始出现。

“沪农早”这个油菜品种,是上海青浦知识青年沈培德用“胜利 52 号”与“小白菜”远缘杂交选育成的。它在杂交一代就出现了分离,而且,“沪农早”就是由杂交一代分离出来的变异株培育成功的。

广东杨明汉用水稻和稗草杂交的杂种一代到第三代,类型都比较一致,一直到杂种第四代才出现了“疯狂”分离。

看来,一般远缘杂交的分离现象是极为复杂的。

此外,对远缘杂交的选育工作,也和品种间杂交一样,除了选用性状优良的品种作亲本外,对后代也必须进行严格的选择。

## 第八章 杂种优势

通过有性杂交,有时可以在杂种后代中选育出新品种;有时也只是利用第一代杂种的优势。在这一章中,我们所要讨论的就是杂种优势及其利用;由于玉米是杂种第一代利用最广泛的作物,所以,这章的着重点也就放在玉米这个作物上。

### 一、杂种优势的现象

在生产实践中,往往会发现这样的现象:两个不同遗传类型的种、或品种、或自交系进行杂交,杂交第一代个体的某一数量性状,它并不等于两个亲本的均数,而是往往高于亲本的均数,或低于亲本的均数;有时候又往往普遍超出亲代范围,比两个亲本都高,或比两个亲本都低。现在,人们把杂种第一代超出亲代范围的现象,叫做杂种优势。

杂种优势现象所表现的形式是多方面的:

第一是株高,茎叶生长繁茂,籽实产量显著提高。根据各地实践证明,一些主要农作物杂交种的增产幅度:高粱一般都在30%以上,高的可成倍或几倍增长。例如山西晋东南地区水东大队,在1970年,就曾创造亩产2403斤的最高记录;杂交玉米的增产幅度,一般是25~30%,高的也可达一倍以上。例如辽宁赤峰东方公社1970年的高产田块,亩产就曾超过2000斤;杂种水稻,一般可比亲本增产20~40%,也有个别超过上述增产幅度的;杂种小麦,一般可望增产30%左右;

棉花的杂种优势，不论是在陆地棉内或棉种之间的杂种试验，都可增产约 25~35%；油菜杂交种的产量，一般可增加 30~80%。

第二，杂种优势还表现在对外界不良条件有增强抵抗力的现象。例如，杂交高粱在抗旱、耐涝、耐盐碱、抗病虫害等方面都表现非常突出，北方的贫下中农称赞杂交高粱是“旱地的硬骨头”、“碱地之花”；“新单 1 号”玉米单交种，抗玉米大斑病和病毒病的能力都显著增强；四川农科院的实践证明，油菜杂交种较亲本抗病力平均增长 21.06%。

第三，杂种第一代有时还表现出开花及成熟期提早的现象。例如，有不少高粱、玉米杂交种都具有早熟现象。根据浙江农业大学对海岛棉和陆地棉杂种优势的研究报导，杂交种的苗期、蕾期和铃期一般介于双亲之间，而且短于双亲生育期的均数，表现有一定早熟优势；广东新会礼乐公社农科站，用水稻不育株和“珍珠矮”杂交得到的第一代杂种，与“珍珠矮”并行种植，进行对比观察，也发现杂交种比“珍珠矮”来得早熟。当然，也并不是所有作物杂交种的开花期及成熟期都能提早，也有的杂种开花期反而变晚的，这主要是由于杂种第一代植株生育旺盛而推迟成熟期的缘故。

杂种优势现象在自然界中是普遍存在的，植物界中有，动物界中也存在；它既可见于种间杂交种，又可见于同种内不同品种的第一代杂交种；异花传粉的作物内有杂种优势，常异花传粉的作物内也有杂种优势，就是在一般自花传粉作物的杂交种中，也仍然具有杂种优势。

从生产角度来考虑，也只有杂种超出亲代范围，或者说在杂种表现比亲代都显著优越的情况下，这种杂交组合所生产的第一代杂种，在生产实践上才具有它的经济价值。但杂

种优势现象只限于在杂种第一代，并不能继续到第二或第三代。根据实践，玉米单交种的第二代产量通常只有第一代杂种的60~70%，因此，不能把第一代杂种作为改良品种来使用，只能利用杂种第一代的杂种优势，这就要求在生产上必须年年制种才行。至于第二代产量为什么会降低？这主要在杂种第二代以后会出现遗传的分离和基因重新组合的关系，以致影响第二代，表现出性状不一，产量降低。

随着农业科学技术的发展，杂种优势在农业生产上的应用也就越来越被人们所重视，杂种优势的利用已成为本世纪育种工作中的突出成就之一。文化大革命以来，我国杂交高粱和杂交玉米得到了迅速的发展。据不完全统计：1970年全国种植杂交高粱910多万亩，1971年猛增到2280多万亩，占全国高粱总面积的四分之一左右。1972年在山西等大部分地区，几乎全部种上了杂种高粱。杂交玉米1970年为3960万亩，1971年发展到6720万亩。由于杂交高粱和杂交玉米的迅速推广，对提高粮食作物产量起了积极的作用。除了玉米和高粱外，其他作物利用杂种优势也取得了很大成绩。例如，烟草“益杂1号”一般增产25~100%，品质提高；棉花中陆地棉与海岛棉的杂种一代籽棉产量接近陆地棉，纤维品质接近长绒棉。目前，广大贫下中农和科技、教学人员正在努力攻克水稻、小麦、油菜等作物的杂种优势利用，而且都已取得了一些令人可喜的成果。

## 二、杂种优势的遗传实质

虽然，广大劳动人民在生产实践中对杂种优势的认识和利用，已有着悠久的历史，但是，如果要追问杂种为什么会具有优势？即使在今天，人们面对着这个问题，还难能提出一个



令人满意的答案。这主要是由于我们今天对杂种优势现象的遗传理论和生物化学基础还是了解得不很清楚的关系。

诚然,产生杂种优势的实质问题是很复杂的,但问题毕竟总可以认识的,事实上,人们在生产实践和科学实验中,对这个问题的认识,还是在逐步深入。

### (一)达尔文对杂种优势的研究

在达尔文之前,虽然,也曾有人对杂种优势现象进行过研究,但是,将杂种优势现象由感性认识上升为理性认识的,或者说,首先提出杂种优势理论的,那还是算达尔文第一个开始。

达尔文对异花传粉与自花传粉的试验,整整搞了十年,试验结果,除去少数例外,绝大部分异花传粉的植株后代都比自花传粉者表现出无可争辩的优势性。以玉米为例,异花授粉与自花授粉后代株高之比,盆栽的两次测定结果是 100:87 及 100:93,田间的是 100:80。

这样,达尔文就得出了一个十分重要并具有普遍生物学意义的结论:杂交有益,自交有害。

达尔文还证实杂种活力是普遍存在的。

这种杂种活力是怎样产生的呢?

达尔文在《植物界异花受精和自花受精的效果》(1876年)一书中曾作过这样的解释:杂种活力的产生是由于“两性因素具有某种程度的分化所致”。他把这种分化的产生,归因于“个体曾在以前世代遭受不同的条件或一般所谓的自发变异条件”。虽然,达尔文当年所说的也不完全是我们今天所要采取的表达方式,但是,它也并没有和我们今天的看法带来根本的矛盾,因为今天大家一般都承认杂种活力是取决于配子结合时的遗传相异性。今天,我们在进行玉米自交工作中,在早

世代, 往往会发现自交衰退的现象, 这在达尔文的工作中也早有所见, 达尔文当年把这种自交衰退现象, 归因于“性因素缺乏这种分化”的结果, 如果用我们今天的话来表达, 那是由于遗传基础差异的缺乏。

从达尔文的研究结果来看, 我们认为他已触及到杂种优势这一现象的本质问题, 这对以后各种学说的提出是有积极的指导意义的。

但是, 达尔文还未能把他的理性认识, 运用到生产实践中去, 因此, 无疑地, 他对杂种优势的认识是有局限性的, 是初步的。

## (二) 显性说

1900年, 孟德尔的分离、自由组合律重新发现后, 生物学的视野几乎都集中在遗传性问题上, 由于杂种活力具有可期待的实践价值, 这样就吸引了很多人企图依据遗传因子来审查达尔文当年所做的杂种优势工作, 这样, 对杂种优势的遗传理论研究工作, 重新引起人们的注意。

于是, 接着就有人提出显性学说, 认为杂种优势的产生, 是由于有利生产的显性基因互相补充所造成。

这个学说认为对生长有利的数量性状是由许多显性基因所控制, 它们的相对隐性基因对生长不利。自交促使这两类基因变成纯合状态, 隐性基因纯合后就引起生长势减弱。一个自交系既具有许多显性基因, 又有一些不利于生长的不同隐性基因, 它们还有一定的连锁关系, 所以自交系的生长势往往是比较衰弱的。不同的自交系的基因型各不相同, 当它们进行杂交后, 杂种植株内, 在许多不同位点上都有显性基因抑制着它们相应的隐性基因, 达到取长补短的相互作用, 具有显性基因的位点就会增加, 杂交种就能发挥出超过亲本自交系的

强大生长势。也就是说，杂交种内的任何位点上只有显性有利等位基因在产生优势中发生作用。这样，当有利显性等位基因的位点存在越多时，所表现的杂种优势就越高。

比如，让两个不同自交系进行杂交，它们的遗传组成假定有 5 个基因点的不同，而它们之间又有连锁关系，杂交后所产生的杂种第一代可用下列图解表示：

$$\begin{array}{ccc}
 P & & \text{自交系甲} \frac{aBCdE}{aBCdE} \times \frac{AbCDe}{AbCDe} \text{自交系乙} \\
 & & \downarrow \\
 F_1 & & \frac{AbCDe}{aBCdE}
 \end{array}$$

这里，可看到两个亲本都各有 3 个基因点具有显性基因，两者除 C 点外各不相同；在  $F_1$ ，由于显性基因的相互补助，这样，在 5 个基因点上都有显性基因存在，由于不同位点上的显性基因抑制着它们相应的隐性基因，隐性基因的不利作用不能表现出来，于是， $F_1$  就出现了最高的杂种优势，同时，由于  $F_1$  的基因型是一致的，所以，当它们在田间生长时，就显得分外整齐。

这一学说的基本观点是：杂种优势的产生正是由于有利显性基因的相互补助。

根据这一学说的基本观点，杂种优势与杂合性只有间接的联系。因为，在这里，杂合性仅仅是杂交带来的不可避免的派生现象，并不是产生杂种优势的必然原因，这是和下面将要介绍的杂合性学说的主要区别。

根据这一学说的看法，从分离律来分析，在  $F_2$  中，可以期望出现具有纯合状态的全部显性有利基因的个体，因此，从理论上讲，杂种优势是可以固定的；然而，在实际工作过程中却又是非常困难的。困难的原因：一个是由于影响杂种优势

的基因数目很多，要获得一个具有纯合状态全部显性有利基因的个体，它的出现机会是  $1/4^n$  ( $n$  是指控制一个性状的基因对数)，可说机会极少；另一个是由于有利显性基因与不利隐性基因之间，有时有连锁关系，这种连锁关系有时就足够阻碍这种个体的获得。但是，同样要指出，有时在  $F_2$  以后各代中，要选出具有  $F_1$  同样优势系统的可能性还是有的，单在六十年代中，就先后有人在番茄、辣椒和玉米等作物中选出具有和  $F_1$  同样优势的个体。

现在，大家都知道，玉米品种间杂交种的产量要比亲本品种的产量高，而自交系间杂交种的产量又高于品种间杂交种，所以，现在生产上都大力推广自交系间杂交种。这种自交系间杂交种的生产实践，是显性说的理论基础，育种工作者又运用这一学说来指导玉米自交系的育种工作。这里，可举玉米自交系育种中的聚合改良法来看。聚合改良法可用来改良一个双交种中的两个自交系，而又使这些自交系不失其原有配合力的一种方法。采用这种方法的理论根据便是显性说。在运用此法时，是用单交种  $A \times B$  与其每个亲本系回交，得到新的自交系  $A'(A_B)$  和  $B'(B_A)$ ，这样，其中每个新自交系各带有第二亲本的很多基因，由于每个亲本的一些有利显性基因，可以得到聚合、积累，因而在杂种的杂合性减低的同时，其产量应当能增加，即此时  $A' \times B'$  的优势要大于  $A \times B$ 。实践证明，也确实是如此。理论与实践相符合。

诚然，应用显性说是能解释一些杂种优势现象，而且，它在杂种优势的利用中也有一定的指导意义。但是，它对另一些杂种优势现象的解释就显得无能为力，这只能说明这种学说是存在着一定的片面性。例如，有时往往看到一个双交种的产量(优势)并不比好的单交种差，而显性说对于这样一个

实际问题,就难能回答。

### (三) 杂合说

杂合说和显性说是在同一个时期提出的,它的产生的时代背景,也是跟显性说一样。

这一学说承认基因型的杂合性是产生杂种优势的根本原因。杂合说的这一基本观点,在含义上与达尔文的杂交有益的原因在于亲本配子的分化(异质性,或者说是差异)的观点是很近似的。

这一学说的看法是:两个自交系的基因型差别越大,它们的杂种生长优势就越明显。当然,显性说也是承认这点的。分歧点是杂合说承认这种差别只是发生在同一基因点上,一个等位基因点不是只有显性、隐性两种变异,而是可以分化为不同结构和生理功能的多种形式。比如,由  $a$  可以分化为  $a_1$ 、 $a_2$ 、 $a_3$ ……等。如以基因型  $a_1a_1$  的一个自交系,和另一个  $a_2a_2$  的自交系杂交,  $F_1$  应具有  $a_1a_2$  的杂合状态。由于  $a_1$  和  $a_2$  之间发生的相互作用,杂交种产生的某种反应物将比纯合型  $a_1a_1$  或  $a_2a_2$  亲本所产生的单独效果大,从而导致杂种优势。这里,  $a_1$  和  $a_2$  并无显、隐性关系,它们之间的共同作用都能显示超乎显性之上的效应,所以,杂合性也叫超显性说。

按照这一学说的看法,杂种优势是起源于杂合状态本身,杂种优势与杂合性的关系是一种直接关系,如果一经纯合化,杂种优势便将消失,所以,从理论上讲,杂种优势是不能固定的。

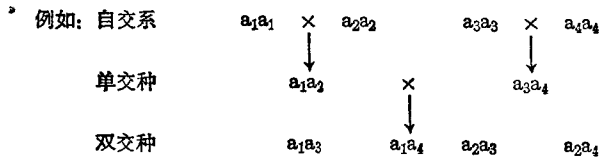
这个学说刚提出时,当时还缺乏直接证明杂合体的优势要比纯合体高的真实性实验材料。因此,这个学说在提出初期还未受到各方面的重视。值得指出的,这一学说的产生和显性说一样,都有一定的实践基础,它们都是联系杂种玉米育

种的实际任务的解决经过研究而提出来的一种学说。当然，它们还需要经过各方面的实践检验。

经过一段时期，由于各方面的实践研究，发觉有些不能为显性说所能解释的优势现象，有时却往往又能用杂合说来解释，于是，杂合说也就逐渐引起人们的注意，并相继提出了一些支持杂合说的试验根据。

比如说，显性说不能说明的玉米双交种的杂种优势，就可以采用杂合说来解释。

玉米双交种，一般是由四个非亲缘自交系杂交配合而成的。如果用显性等位基因抑制隐性有害基因的作用来说明的话，那么，当两个单交种进行杂交时，由于配子分离和成对基因重新组合的结果，就应当形成更多的纯合或杂合的有害隐性基因，这样，它们在生长势方面就应当无疑地要比单交种来得差，而实际上，有时却并不如此。而这种实际情况，与杂合说的理论倒是非常符合的：当每个位点有等位基因群存在时，那么，双交种的杂合程度，就可以与单交种一样，双交种的优势就不一定比单交种来得差。



从上图中可见到：双交种的基因型杂合程度和单交种一样，所以说双交种的优势并不比单交种差。这里，杂合说不仅圆满地解释了这个为显性说所不能解答的问题，而且，对我们配制双交种玉米时还提出了积极性的意见：在选配杂交组合时，就应该考虑到亲本的亲缘关系，如果来自同一品种的四个自交系来配制双交种，它们的杂种优势是很难得到的。因

此，我们应该取用在多数位点上带有不同等位基因非亲缘纯合自交系来配制双交种。

但是，杂合说也并不是完整的。例如，它对前面曾提到过的聚合改良法就不能解释。因为用聚合改良法育成的自交系所得到的杂种杂合性减少，与根据杂合说所预期的丰产性的降低，并不相伴发生；相反，某些杂交种的产量，反而经常要高一些。

就显性说和杂合说来看，虽然在论点上有所区别，但有时也并不是完全相互排斥的。例如，有人曾用番茄进行试验。品种甲缺乏合成维生素 $B_9$ 的能力；品种乙缺乏合成菸草酸的能力。让这两个品种杂交，结果， $F_1$ 既能合成维生素 $B_9$ ，又能合成菸草酸，这证明显性说是对的；而且， $F_1$ 产生这两种维生素的能力又都超过了亲本，这里又证明了杂合说是站得住脚的。

这里，对杂种优势的遗传理论只介绍了三种学说，其实有关这方面的说法很多，现在，就不多介绍了。总之，产生杂种优势现象的机制问题是很复杂的，学说虽多，但从它们的结果来看，可以归纳为一句话：双亲的基因型差异越大，杂种优势就越显著。山西忻县地区农科所多年来在进行杂交玉米选育过程中，根据实践，充分论证了上述观点，认为选用亲缘关系较远、适应性广、性状好，尤其是配合力高的两个自交系进行杂交，就比较容易获得优势大、产量高的玉米单交种。

虽然，各种作物中都有着杂种优势的利用问题，但是，在这一章中，我们还是以玉米为例。这样安排，一方面是由于玉米杂种优势的利用比较普遍；另一方面，通过一个具体作物，容易把问题说得清楚。

### 三、玉米杂交种的类型

玉米杂交种的类型,由于亲本的不同,可分为品种间杂交种,品种与自交系间杂交种,自交系间杂交种等。

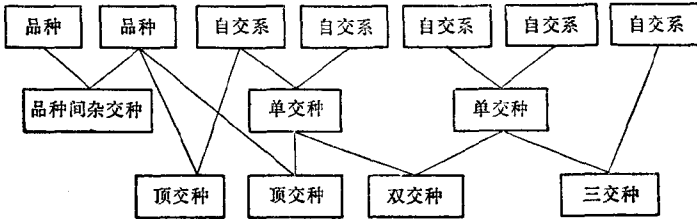


图 8-1 玉米杂交种的类型示意图

当前,国内外的玉米育种动向,都推行单交种,其原因是由于单交种的制种手续简便,整齐度高,产量平均比双交种增产 15%。近年来,各地都相继选育出一批优良的单交种,深受贫下中农欢迎,他们说:“双交种产量高,就是麻烦受不了,三年才能一冒高;单交种就是好,制种简便地块少,省工省事产量高”。但是,我们也要看到单交种的缺点,那就是种子产量低,成本高。为了解决这个问题,有人提出利用姐妹系杂交的方法来进行单交种选育。据有关实践报导,在姐妹系( $甲_1 \times 甲_2$ )基础上配成的单交种,比直接用自交系甲配制的种子产量要高 40~60%,同时配合力一般并不降低。所采用的杂交方法一般有:

(姐妹系 $甲_1 \times 姐妹系甲_2$ )  $\times$  自交系乙

(姐妹系 $甲_1 \times 姐妹系甲_2$ )  $\times$  (姐妹系 $乙_1 \times 姐妹系乙_2$ ) 等。

用上述方法制种,成本要比双交种降低 50% 左右。

就目前现实情况来看,在推广单交种时,也不应排斥利用



其他各种类型的杂交种,事实上,在目前,我们的单交种的种子数量还不能满足广大面积生产上的需要。因此,在现阶段,能做到对各种类型杂交种的合理搭配,综合利用,对生产上是有好处的。

#### 四、玉米自交系的选育

既然,今后玉米育种主要是利用自交系间杂交种的优势,那末,对如何选育玉米自交系,就有了解的必要。

##### (一)玉米的花

玉米是雌雄同株异花作物。它的雄穗(花序)长在植株顶部,上面着生雄花有2,000~4,000朵,每朵花内包藏着3个雄蕊。雌穗长在植株茎秆中部的叶腋间,上面着生雌花(图8-2)。

同一株玉米,一般总是雄花先开,雌花后开。雄花开花是指散放花粉;雌花开花是指花丝伸出苞叶。正常情况下,抽丝

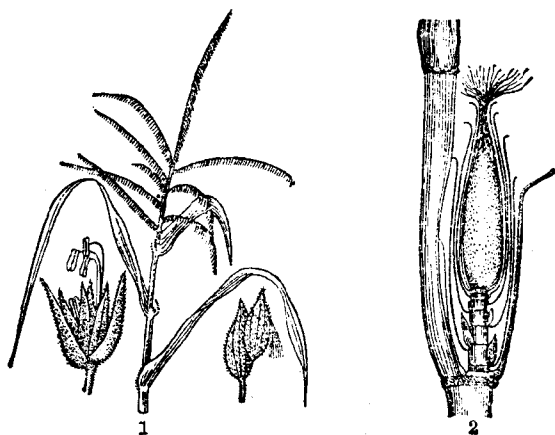


图 8-2 玉米的花

1.雄穗 2.雌穗

比抽雄晚 5~7 天，雄穗开始散放花粉后 2~4 天，雌穗才抽丝。一个雄穗开花，从开始到结束约需 7~10 天，开花后第 2~5 天为盛花期。一天之内上午 8~11 时为散粉盛期，中午 12 时以后散粉显著减少。如遇阴雨天，开花时间会向后推迟。如果进行人工授粉，那就应在 8~11 时散粉盛期进行。

雌穗开花时，花丝伸出后，任何部位都有接受花粉的能力。在花丝伸出后的 1~2 天内授粉结实能力最强。如果花丝接受不到花粉，它可以一直长到 1 尺多长，它的受精能力可保持 10~15 天。

从上面看来，玉米的花，与水稻、小麦、大麦、高粱、棉花比较，它有三个特点：

- (1) 雄花和雌花不长在一块，它的花是单性花。
- (2) 雄花和雌花不在同一个时间里开放。
- (3) 它的花粉数量多，容易靠风力传播。

正由于它有以上三个特点，就使得在杂交时，容易去雄，容易控制自花传粉，容易进行杂交。所以，玉米杂种优势的利用，就开始较早。

## (二) 玉米为什么要进行自交

刚才讲的是玉米杂交制种有利的一面，但是，进行玉米杂交制种也有不利的一面，这就是玉米是天然异株授粉作物，田间每株玉米结成的籽粒，有 95% 以上是由其他株玉米的花粉授上的结果，所以，玉米的品种，实际上是一个混杂的群体。要充分发挥作物的杂种优势，杂交制种就必须用比较纯的亲本来进行。

要取得一个比较纯的亲本，就必须通过自交。只有通过连续自交才会导致纯型合子化，才能使遗传性状得到稳定。

比如，假定原来的杂种具有这样的基因型： $AaBb$ 。现在

通过自交之后,就可分离产生出以下的纯型合子:

AAbb    aaBB    AABB    aabb

只有这样的基因型才能够真实遗传,它们的遗传性状才能得到相对的稳定。

另一方面,杂种连续自交由于导致纯型合子化,因而就促使隐性基因的暴露。例如,当a、b等隐性基因处于杂型合子AaBb时,由于各受到等位显性基因A、B的遮盖,这样,由a、b等隐性基因所控制的隐性性状就得不到表现;现在,杂种AaBb经过自交后,就可分离出AAbb、aaBB、aabb等纯型合子。于是,a、b等隐性基因,在纯型合子中就表现出来。一般讲,大多数隐性基因是不利的。通过自交,依据表现出来的不良性状,就可将不利的隐性基因逐一清除。通过连续自交,就可选育出一个优良的、纯合的、稳定的自交系。

### (三)玉米的自交技术

#### 1. 自交材料的选择:

作为自交的原始材料(品种或杂交种),都应该适应当地的气候特点、栽培制度和肥水条件,并具有生长健壮、抗逆性强,以及其他特殊的优点。一般说,马齿型的产量常高于硬粒型,而硬粒型的品质和抗逆性常胜于马齿型。因此,从马齿型中容易选育出丰产性能好的自交系;而从硬粒型中容易选育出品质好、抗逆性强的自交系。当然,有时也可选育出一个品质既好、抗逆性又强、产量又高的自交系。

有些好的地方品种,通过自交,选育成的自交系,通常就称它为第一环系。

各种杂交种及其后代,也可作为选育自交系的原始材料,那样选育成的自交系,就叫第二环系。近来,大家都非常重视第二环系的选育工作,原因是这类原始材料的遗传内容较为

丰富,选育出优良自交系的机会常多于一般品种,并且可缩短选育时间。

前面曾提到过姐妹系,姐妹系是如何产生的呢?

由同一株原始材料进行自交产生的后代中,从第二代起,有时就可分离出不同的类型,这些不同类型可分别叫甲<sub>1</sub>、甲<sub>2</sub>、甲<sub>3</sub>……。这些类型如有特色,就可以将它们连续进行自交,直到性状稳定,整齐度一致时为止。这时,我们就称它们为姐妹系甲<sub>1</sub>、姐妹系甲<sub>2</sub>、姐妹系甲<sub>3</sub>……。实质上,它们也是一个自交系。我们之所以称它们为姐妹系,那是指它们之间的相互称呼而已。

## 2. 怎样进行玉米自交:

玉米的自交方法很多,经常采用的是套袋法。

第一年,选择一些(数量多少,看人力决定)优良的植株,趁雌穗花丝未抽出苞叶前,用牛皮纸袋(18×14厘米)套在雌穗上,用大头针扣牢。当花丝抽出约3厘米左右长时,当天下午就用纸袋(24×16厘米)套住雄穗,并将纸袋开口处用大头针扣紧,目的是防止别株花粉飞上去,影响自交纯度。第二天上午等露水干后就可进行人工授粉,也就是将自株雄穗散放出的花粉,授到自株的花丝上去。授完粉之后,在雌穗上仍立刻套上纸袋并固定。在套袋时应注意勿使花丝外露,以免其他植株的花粉侵入。授粉后,就可脱去雄穗上的纸袋,并在茎秆上挂纸牌,注明品种名称、编号、授粉日期及自交符号(S代表自交,S<sub>1</sub>代表自交一代,S<sub>2</sub>代表自交二代,依此类推)。收获后,进行挑选,分别收藏。

第二年,将上年选留的果穗每穗种成一行或一小区。当年它们在株型、生育期、苗色、抗逆性等方面会产生各种各样的分离现象,这是自交一代(S<sub>1</sub>)。1971年,我们在“称砣黄”

$S_1$  中, 发现白化苗的百分率竟高达 35% 左右。从  $S_1$  的分离后代中, 选择优良单株继续进行套袋自交, 其余的都淘汰。收获后, 再进行挑选, 仍分别保藏。

如此进行连续选株采用套袋自交, 直到每个自交果穗上长成的后代, 在苗色、叶形、株型、穗位、开花期等主要性状达到整齐一致时为止, 这样, 就可算称为一个自交系了。

#### (四) 自交系的配合力测定

选育成的自交系, 是好是坏, 不能单从外表来看, 因为, 有时外表长势好的, 配成杂交种的产量不一定高。因此, 还要了解它们的潜在生产力, 这种潜在的生产能力, 在育种上就叫配合力。再说得明确一点, 配合力就是指两个亲本杂交子一代的优势。

测定自交系配合力, 通常采用的方法是: 把要测定的各个自交系作为母本, 用一个中等的品种或者单交种作为共同的父本, 分别进行杂交, 收获后进行产量对比, 就可以了解各个自交系在配成杂交种中的潜在增产能力。

1966 年, 国外有人报导, 认为细胞质中线粒体的酶的活力, 是一个控制作物生长势和产量的主要因素, 因而他们提出了杂种优势的产生, 是由于线粒体互补作用的关系。他们的做法是: 将所选择的两个亲本细胞内所含有的线粒体(为微小的呼吸体)分离出, 并将它们混合在溶液中, 假如这两个亲本杂交后代具有很高的增产潜力, 或者有较强的杂种优势, 那么, 线粒体的混合溶液就会显示出一个增大的呼吸率——比它们亲本的呼吸率都要高; 否则, 即使杂交, 也不能得到强优势的杂种。这在大麦、玉米等材料的实验中, 都曾得到同样的结果。果真如此, 那样就可使我们及早知道自交系配合力的大小, 就可大大缩短育种年限。

饶有兴趣的是，有人还根据玉米杂交种第一代种子的胚的大小，来推测配合力的高低；认为杂种子一代的胚如比亲本的胚大 25% 以上的，它的配合力就高，它所表现出的杂种优势就显著。据说，这种测定的准确度可以达到 80%。这个方法比较简易，值得一试。

## 五、玉米杂交种的选育

根据当地的选种目标，按照亲本性状互补的原则，来进行选育各种类型的杂交种。

为数不多的自交系，就能组成大量的杂交种。正如下面所表示，100 个自交系就能产生超过 1,175 万个以上的双交种：

自交系	顶交种	单交种	双交种
5	5	10	15
10	10	45	630
20	20	190	14,535
100	100	4950	11,763,625
公式	$n$	$\frac{n(n-1)}{2}$	$\frac{3n(n-1)(n-2)(n-3)}{24}$

但是，也并不是所有自交系配制成的杂交种，都有着强优势。因此，在进行玉米杂交种的选育过程中，如何选配自交系就成为突出的问题。

我们选育玉米杂交种，归根结底，是要选出强优势、产量高的杂交组合。因此，很有必要掌握如何进行产量预测。

### (一) 单交种的产量预测

根据自交系配合力的高低，可以事先预测单交种的产量。一般是自交系的配合力越高，配成的单交种产量也越高。另外，用来源不同的自交系进行杂交，由于遗传基础差异较大，杂种优势就大，产量就高；相反，两个自交系的遗传基础差异

小,彼此间杂交,就不能得到较高的产量。

## (二)双交种的产量预测

预测的方法有4种:

1. 4个自交系组成的所有6个单交组合的平均值。

比如,双杂交组合为:(甲×乙)×(丙×丁)

$$\text{预测产量} = \frac{(\text{甲} \times \text{乙}) + (\text{丙} \times \text{丁}) + (\text{甲} \times \text{丙}) + (\text{甲} \times \text{丁}) + (\text{乙} \times \text{丙}) + (\text{乙} \times \text{丁})}{6}$$

2. 4个自交系中,4个非亲本单交组合的平均值。

比如,双杂交组合仍为:(甲×乙)×(丙×丁)

$$\text{预测产量} = \frac{(\text{甲} \times \text{丙}) + (\text{甲} \times \text{丁}) + (\text{乙} \times \text{丙}) + (\text{乙} \times \text{丁})}{4}$$

这种方法具有最健全的遗传基础,并能提供包括4个自交系的所有3种双杂交组合的资料。

3. 每1自交系所组成的单交组合的平均值。

双杂交组合的4个自交系,分别和另外10个自交系杂交,共40个杂交组合,然后求出它们的平均产量即为预测产量。

$$\text{预测产量} = \frac{(\text{甲} \times 10 \text{系}) + (\text{乙} \times 10 \text{系}) + (\text{丙} \times 10 \text{系}) + (\text{丁} \times 10 \text{系})}{40}$$

这种方法做起来比较复杂,很少有人采用。

4. 任何4个自交系的测交种(顶交种)的平均值。

实验结果表明,在上面所介绍的4种方法中,预测产量与实际产量的相关系数,分别为:0.75,0.76,0.73,和0.61,可见第二种方法效果最大,所以,第二种方法是经常采用的方法。

## (三)自交系的组合顺序

实践证明,组成双交种自交系的组合顺序,对产量也有很大关系。

例如，从一个品种中所选育出的 2 个自交系，一个叫甲，一个叫乙；从另一个品种中选育出 2 个自交系，一个叫子，一个叫丑。现在，把这 4 个自交系配成三种不同排列的双交种，结果，发现(甲×乙)×(子×丑)要比(甲×子)×(乙×丑)或(甲×丑)×(乙×子)的产量都高；而且，又可看到：(甲×乙)或(子×丑)组合的植株高度、穗位高度、果穗长度和果穗重的整齐度，都要比(甲×子)、(甲×丑)、(乙×子)或(乙×丑)等组合显得一致。

此外，双交组合(早熟×早熟)×(晚熟×晚熟)的杂种抽丝期、穗位高度、果穗重、果穗长度和穗粗的整齐度，也显然较(早熟×晚熟)×(早熟×晚熟)的组合来得一致。

#### (四) 杂交种的选育操作

在确定作为杂交亲本的自交系内，选择生长良好的典型植株进行套袋隔离，开花时进行杂交。杂交技术的基本要点都与套袋自交技术一样，所不同的，只是在这里是选用一个自交系上的花粉，授到另一个自交系的雌花上去。授粉后，在植株上挂牌，在纸牌上注明亲本名称或代号、杂交日期。收获时，进行单收、穗选，将同一组合的果穗脱粒混收，留供下年度产量比较鉴定试验，如符合育种目标，就可作为新选育成的杂交种，作较大面积的推广试验。

作为杂交用的亲本，如果生育期不同，花期不能相遇，一般是采用调节播种期来调整开花期。根据有些地方的经验，玉米在一般春播时，晚熟亲本提前播种的天数为双亲开花期相差天数的 1.5~2 倍；夏播时为 1~1.5 倍。



## 六、杂交种子的生产

杂种优势只表现在杂种第一代,因此,生产上所需要的杂交种子,要年年配制;要生产种子,就得要有理想的自交系,所以,还需要年年繁殖自交系。两件工作,缺一不可。

### (一) 隔离

已经知道,玉米是个异花传粉作物。它的花粉是量多质轻,散粉后,可随风飘扬,如碰上刮大风时,可以把花粉吹到1公里以外;通常在小风或无风的情况下,花粉也只能散落在植株附近3~4尺的范围内。总之,在繁殖自交系和杂交种时,都必须在严格的隔离条件下进行。

#### 1. 隔离的方法

方法很多,这里讲两种。

【空间隔离】 就是选择四周和其他玉米保持一定距离的地块作隔离区。隔离所需的距离,自交系繁殖至少500米,单交种最好达到400米,顶交、三交、双交种至少是300米。

【时间隔离】 将隔离区内玉米的播种期有的提前,有的推后,目的是错开开花期,避免杂交。一般前后相隔40天播种,就可错开开花期。

#### 2. 隔离区的数目

隔离区设置的数目,要看玉米杂交种的类型来决定。

比如,成套繁育一个双交种,每年需要设置7个隔离区;但也可简化为5个隔离区。现以双交种(甲×乙)×(丙×丁)为例。用图表示如下:

繁育单交种的隔离区,只要2~3个就够了。如果确实证明正交、反交都具有同样的强优势,那末,可采取一年搞正交,一年搞反交,交替进行。这样,每年只要有一个制种隔离区就

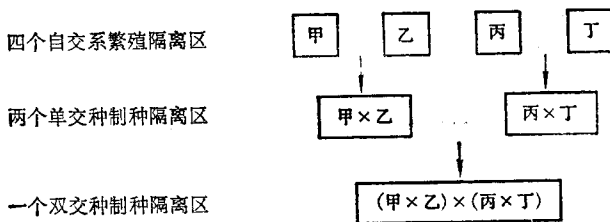


图 8-3 7个隔离区繁育双交种

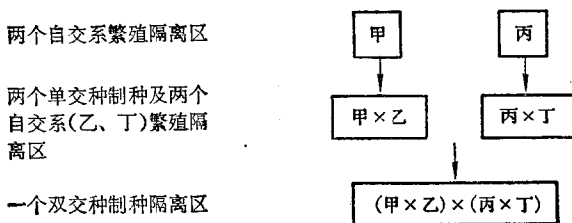


图 8-4 5个隔离区繁育双交种

行了。对于那些有共同父本的组合，可采用“一父多母”联合制种，那样也可减少隔离区。

有时，有些生产队因耕地面积限制，不可能在队内设置较多的隔离区，为此，可以开展队与队之间相互协作，既可年年制种，又可年年繁育自交系，大家都方便，对生产很有利。

### 3. 隔离区的面积

隔离区面积的大小，是按照单、双交种的面积，播种量，种子产量，和父、母本行的比例等条件来决定的。

根据各地实践经验，如推广双交种一万亩，制种面积分别占推广面积：

4个自交系的繁殖需地1亩，占推广面积1/10,000。4

个自交系之间各占繁殖面积的比例是:4:2:2:1。

2个单交种的制种面积需地20亩,占推广面积 $20/10,000=2/1,000$ 。其中母本与父本所占面积的比例应为2:1。

1个双交种的配制面积需地300亩,占推广面积 $300/10,000=3/100$ 。其中作为母本的单交种所占的面积应为父本的一倍。

至于单交种直接利用于生产上的制种面积,据各地实践,目前暂确定自交系繁殖面积占推广面积 $4/10,000$ ;单交种的制种面积占推广面积 $250/10,000=25/1,000$ 。这样,它的制种面积要比配制双交种( $2/1,000$ )增加12.5倍。现在,大家都在积极研究如何提高单交种的制种量,节约制种面积,将会逐步得到解决。

## (二)制种的农业技术

在制种过程中,一方面要保持自交系的纯度,要更新自交系;一方面又要生产质量好的杂种种子。

### 1. 自交系的繁殖:

自交系的纯度,直接关系到杂种一代的增产效果。据北京市农科所小区对比试验,在同样条件下,由纯的自交系配出的“群单103”(瑞北1×西103),亩产是583斤;而由混杂的自交系配出的,亩产只有334斤。一般不纯的杂交种子要减产10~15%。

要保持自交系的纯度,在繁殖时就需搞好去杂工作。要搞好去杂工作,必须过细认真。

如何进行去杂?首先需认清哪是典型株,哪是杂株,否则,认识不清,也就无从下手。做法:当幼苗长到5~6叶时,根据叶色、叶形、叶鞘色等特征进行鉴别,决定选留;在抽雄

穗前，再根据叶色、叶片上的茸毛、叶形、株形、生长势等进行检查，将杂株、畸形株、劣株统统拔除；成熟前，根据生长势、株高、叶色、穗位高低、染病情况等株选。收获后，进行室内考种，采取穗选，将好的果穗留下，供下年度制种用。

一般讲，一个自交系在连续使用2~3代后，就应更新。

因此，在繁殖自交系的同时，还应做好自交系原种的留种工作。方法是：选择若干典型植株，进行套袋隔离。开花时，采用人工混合授粉。成熟后，经穗选留作种子用。

## 2. 杂种种子的生产：

主要工作是：

(1) 母本行和父本行的播种比例：配制单交种因亲本都是自交系，雄穗较小，花粉量较少，为保证母本能受到足够的花粉，还是采用1行母本、1行父本相间种植(1:1)较好。

配制双交种，亲本是单交种，花粉量多，为了可多收些杂交种子，可采用2行母本和1行父本相间(2:1)方法播种。

为了在田间容易分清父母本，可在母本(或父本)的行端上种植标志作物(如大豆等)，使以后去雄时不至于搞乱，以免影响制种质量。

(2) 加强苗期鉴定，进行去杂、去劣工作。

(3) 及时去雄。母本去雄工作既要及时，又要彻底。及时，是指当母本行的雄穗刚刚露出顶叶而尚未散粉前就应当将它拔除；彻底，是指在拔除母本雄穗时，一株也不能漏掉，即使一株上的一个雄穗分枝也不能留在里面。去雄宜早不宜晚。每天去雄时间，以上午露水刚干时最好。只要母本一开始抽雄，就应天天去检查和拔除雄穗，风雨无阻。最后，当整块地剩下5%母本植株尚未抽雄时，可将雄穗连同顶叶一次拔完，以免拖延去雄时间。全部去雄时间，前后约10~15天

左右。每次拔下的雄穗，应绝对带出隔离区外，以防花粉飞散而引起混杂。

(4) 进行人工辅助授粉，这是提高结实率的有效措施。特别是在父母本花期不协调，父本严重缺苗，或因气候反常而造成花粉不足时，进行人工辅助授粉，增产效果就更为显著。

(5) 在收获时，不能将父母本混杂，要格外仔细，要先收好母本(或父本)再收父本(或母本)，做到分批收获、分批脱粒、分批翻晒、分批贮藏，一丝不乱。

## 第九章 雄性不育的利用

利用杂种一代的优势,可使产量显著提高。

象玉米是单性花,去雄时只要将父本的雄穗拔掉就行,虽然费工,但毕竟还是容易配制第一代杂种的种子,供大田生产上应用。

烟草的花虽属于两性花,但通过人工杂交,一朵烟草花可结出数千粒杂交种子,如每株以杂交 20 朵花计算,那样,就至少可获得数万粒种子,用于大田生产,一般可种上 20 亩左右;再说烟草的花器又大,结构也简单,很容易进行人工杂交。所以,象烟草这类种子是繁殖系数比较高的作物,即使是通过人工杂交的途径来获得第一代杂种,也还是合算的。

但是,象水稻、小麦、高粱、棉花等等两性花作物,每朵花所结的种子有的只有一粒,有的也只是极少数。如果指望通过人工杂交来获取大量杂交种,要求供应大面积生产用,那简直几乎是难能办到的事。正因为这样,大量自花传粉作物杂种优势在生产上的利用途径,也就几乎为它们的传粉方式所堵塞了。

多少年来,人们经常在考虑着这个问题。一直到本世纪初,人们终于在自然界中找到雄性不育的植株,长久被关闭的杂种优势大门,终于被这把钥匙打开了。

### 一、雄性不育的现象和诊断

这种雄性不育的现象,首先是在番茄中发现的,缺口一打

开,以后,相继在洋葱、玉米、甜菜、菠菜、亚麻、胡萝卜、棉花、大麦、小麦、高粱和水稻等作物中,都有所发现。看来,这种雄性不育的现象,是自然界中普遍存在的现象,只是以前不曾为人们所注意罢了。

对这种雄性不育的植株,如果仔细观察一番,我们就将会发觉,不管什么作物的雄性不育株,它们都有着一个共同的特点:植株尽管花朵正常开放,但花药多数不能开裂,或开裂而缺乏花粉,或虽有少量花粉,但也都是空瘪,根本不能进行受精作用。而它们的雌蕊却又都是完好无缺,只要授给它正常的花粉,就都能正常结实。而且,它们的这种雄性不育的性状又是能传宗接代的。当然,那种由于不良环境条件(比如气候干旱等因素)或药剂处理后而引起的雄性不育现象是不能遗传的。

这种雄性不育的植株,如果和正常植株一比较,就将发觉在性状上是有所差别的。

有比较才能有鉴别。下面就将雄性不育植株和正常植株在一些主要性状上的共同差别,归纳成为一个表格,以供大家在寻找雄性不育株时的参考。

此外,还有些外形性状,也可作为雄性不育株的诊断依据。

例如,当玉米雄穗开始散放花粉时,正常玉米雄穗上的分枝都是沉甸甸地往下坠,稍稍一振动,花粉就纷纷飞扬;而雄性不育株的雄穗主轴和分枝都直指天空,振动之下,也不见花粉散落。折下雄穗,放在手里,也觉份量很轻。此外,也有人认为,玉米植株上部节间缩短的性状,这是指同一品种范围内,最顶端的节间特别近于雄花序的现象,可作为早期鉴定雄性不育株的依据。在同一品种中,雄性不育株雌穗的发育往

### 雄性不育株与雄性可育株的主要差别

主要性状	雄性不育株	雄性可育株
开花时开颖角度	很大, 外观显著(指水稻、小麦一类自花传粉作物)	较小(指水稻、小麦一类自花传粉作物而言)
开花时开颖时间	较长(高粱长达4小时, 小麦可长达10天左右)	较短(小麦常不易看到, 高粱需要1-2小时, 水稻普通是1.5-2小时)
开花时雌蕊柱头	伸出颖壳有好多天	不伸出的多(高粱能伸出; 水稻中也有伸出的)
花药外露情况	不伸出颖外	多数伸出颖外
花药形态	瘦小、空瘪、箭头状	肥大、饱满、鼓囊状
花药开裂情况	不裂开	孔裂或纵裂
花粉数量	极少, 不散出	很多, 随花药裂开大量散出
花粉形状	空瘪、皱缩, 三角形	饱满、圆球形
花粉内淀粉	无或较少	很多
用碘的碘化钾溶液①给花粉染色时	花粉不染色, 或有个别花粉染色其颜色也较淡	花粉染成棕黑色, 极个别花粉不染色

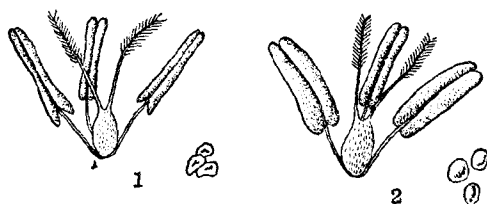


图 9-1 雄性不育和正常植株的花药和花粉的比较

1. 雄性不育 2. 正常

① 碘的碘化钾溶液配制及染色后在显微镜下观察: 取2克碘化钾, 溶解于5~10毫升热水中, 然后加入1克碘片, 使全部溶解后, 再加水至300毫升, 贮于密闭瓶中备用。用时, 滴一滴溶液于载玻片上, 再撒上待检查的花粉, 或将成熟的花药放在溶液中挤碎, 在低倍显微镜下或高倍放大镜(30倍以上)下观察就行。



往比正常植株早；而雄穗的发育(指抽出时间)又往往显得比正常植株迟些,这一点,也可作为早期鉴定的苗子。

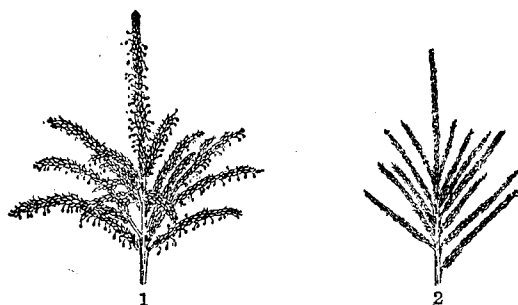


图 9-2 玉米雄性不育的雄花序和正常花序  
1.正常花序 2.雄性不育的雄花序

在高粱中,它的雄性不育经常是伴随着穗上芒的有无和其绿色色泽而出现的。也就是说,在同一品种中,如出现这类反常现象,那就值得注意,再作进一步检查,而后作出决定。

在小麦中,雄性不育株的生长势往往较弱,分蘖也相形减少。还表现植株上部节间缩短,下部节间仍属正常,由于上部节间变短,因而整个植株高度也相应变矮,穗型蓬松,这些征状也可作为早期形态上鉴定的依据。

上面所讲的,也只是作为一般的“临床诊断”,当然,是否是真的雄性不育株,这还要看它后代的育性来作正式判断。

## 二、形成雄性不育的原因

产生雄性不育的原因是极为复杂的,有同一性,当然也有特殊性。

如果以进化观点来看这一问题,那么,可以讲,雄性不育无疑是种进化现象。因为,在许多被子(显花)植物的科中,都

存在着科内进化现象：由两性花植物到单性花植物，再到雌雄同株植物，以及由雌雄同株植物进化到雌雄异株植物。这种现象的进化适应性，是在于由同型结合性转变到异型结合性；而异型结合性可以提高自然界中种的变异性，以及提高生活力和生存力。这种进化现象，对作物本身来讲，是有利的。玉米的花，在从前就是两性花，而现在已进化为单性花，这就是个活生生的例子。从系统发育上来看是如此。

如果从个体发育上来看，那形成雄性不育的原因又将是怎样呢？

作物雄性不育的原因，一般可归为两大类：一类是花粉和胚珠是正常的，但由于生理原因引起花粉发芽率很低或不发芽，或者花粉管伸长的长度不够，以致产生不育，这类不育性有时就称为不亲和性。另一类雄性不育的特点是其雄配子（花粉）不正常，失其功用。引起雄配子失去作用的原因比较复杂，有的是由于细胞内的染色体发生畸变，也有的是由于细胞内的遗传基础的作用和影响等造成了花粉粒败育或扰乱花粉的发育。

### 三、雄性不育的遗传方式

现在，多数人都同意把雄性不育的遗传方式，分为三种类型。

#### （一）细胞质作用型

这种类型的遗传方式是：雄性不育的特性是受母本细胞质所控制。当细胞质雄性不育株作母本与各种可育性的父本杂交，它的后代总是表现为雄性不育。这种遗传现象，在遗传学上，就叫母体遗传。

平常，我们都经常讲双亲对子代在遗传上的贡献是同等

的,既然如此,那么又为什么子代的雄性不育性这个性状,总是表现为母本性状呢?

在这里,由于控制雄性不育的基因(遗传因子)是存在母本的细胞质中(为了便于区别染色体上的基因,这类基因,就称为胞质基因)。在受精过程中,进入卵子的精子,主要是精子的细胞核,精子的细胞质几乎是不进入卵子中。这样,子代所继承的细胞质也就全部是母本的了。这里,控制雄性不育的基因既然是存在母本的细胞质中,于是,子代在发育过程中,当然也就表现出母本的特有性状——雄性不育。

有些玉米品种所表现的雄性不育,就是属于细胞质遗传,

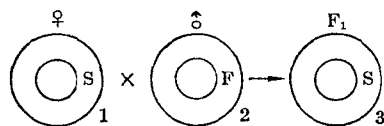


图 9-3 胞质作用型的遗传模式图

说明: 内圆表示细胞核,外圆表示细胞质。  
圆圈内的 S(不育性)和 F(可育性)  
表示细胞质的作用。1、3. 为雄性不育  
2. 为雄性能育

没有细胞核遗传。这种遗传类型,简称它为胞质作用型。

这一类型的雄性不育,在作物育种上,一般如果不利用其种子而仅利用营养器官部分的作物上是可以利用的。

## (二)核质作用型

雄性不育的遗传,受染色体上的基因所控制,所以,就称它为核质作用型。当核质雄性不育株作母本与可育性父本杂交,在子代中分离出可育性与不育性的类型。已知番茄、大麦和某些玉米品种都属于这种类型。

对这种核质型的雄性不育,如果要在育种上利用它的杂交种时是会感到困难的。因为我们在生产上对于一个雄性不育系有三个要求:第一,用它作为配制杂交种的母本,从而可以省去去雄、授粉等手续;第二,用它作为母本所配制的杂交

种中，必须为雄性可育的，这样才可以利用它的杂种优势；第三，必须年年能够产生同样的不育系，以它作为年年配制杂交种的母本。很明显，核质型的雄性不育仅仅能满足以上第一和第二两个要求；而不能满足第三个要求，也就是说，这种核质型的雄性不育不能使我们年年获得固定的不育系。要得到不育系，就必须将杂种  $F_1$  代 (FS) 进行自交，这样不育株和可育株就混杂在一起，因此，就难能利用它作母本来进行制种，由于有这样的困难，所以在生产上难能利用。

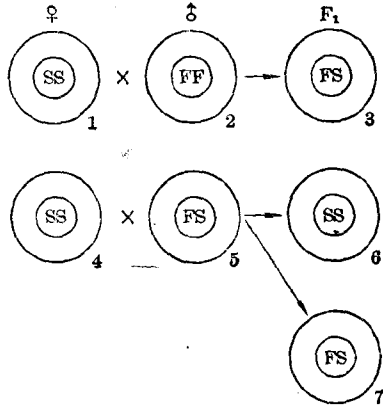


图 9-4 核质作用型的遗传模式图

说明：圆圈内的 S (不育性) 和 F (可育性) 表示细胞核中基因的作用。F 对 S，F 为显性。1、4、6 为雄性不育 2、3、5、7 为雄性能育

但是，如果我们能摸索掌握这种核质型雄性不育植株的幼苗上有一定的标记性状的话，在幼苗阶段我们就可识别哪是不育株，哪是可育株。这样，我们就可找出不育株来进行杂交制种，那也还是可以利用的。

(三) 胞核质相互作用型

雄性不育性取决于细胞核内的基因和细胞质中的胞质基因的相互作用。也就是说，在这一类型中，细胞质里存在着一种使花粉不能正常发育的遗传物质(S)，但核里又存在有一对或几对能影响胞质不育性的基因，其中 F 基因能使不育胞质恢复为可育，所以，F 在这里就被称为恢复基因；核中的 S 基因是显性 F 基因的等位基因，它不能使胞质恢复为可育，所

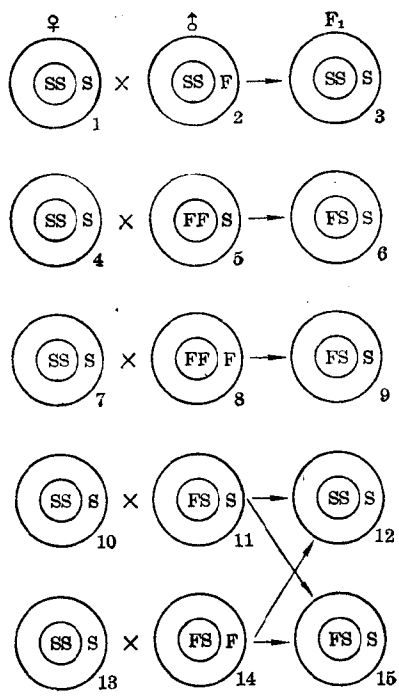


图 9-5 胞核质作用型的遗传模式图

说明：内圆表示细胞核，外圆表示细胞质。圆圈内的S(不育性)和F(可育性)表示细胞质和细胞核对育性的相互作用。F对S，F为显性。1、3、4、7、10、12、13为雄性不育，2、5、6、8、9、11、14、15为雄性可育。

以，S基因就称为不育基因。当胞核质型雄性不育作母本与可育性的父本杂交，在F<sub>1</sub>中出现有可育性和不育性类型。这种胞核质相互作用型，在玉米“T”型和“M”型，高粱“3197A”，小麦的“提型”，以及洋葱、甜菜、亚麻、胡萝卜等作物的品种中都有所发现。它们的遗传行为可用左图解说明：

从左面遗传模式图中可看出：在胞核质作用型中，如果一个植株具有不育性的细胞质S，而细胞核中如带有两个不育性基因SS，那么，它必将是雄性不育的。在这一类型中，如果细胞核中的一对育性基因是杂合性(SF)的话，那

么，在细胞质中不管是具有F或S时，这一植株总是能育的。

在上面遗传模式的杂交组合中，我们还可看到花粉正常类型(2)能起一种特殊的作用，即它能使雄性不育系能繁殖后代并且又能保持不育的特性；因此，这种类型就称为雄性不育

保持系。有了这个系就可以满足我们能年年得到不育系。

在上面遗传模式的杂交组合中，我们也可看到花粉正常类型的(5)和(8)能起另一种特殊作用，就是它能使雄性不育系的杂种恢复花粉育性，使杂种能进行正常授粉和结实，因此，象这样的类型又被称为雄性不育恢复系。有了这系就可以满足我们可以年年进行制种，在生产上，可年年利用杂种第一代的杂种优势。

由于胞核质作用型容易找到相应的保持系和恢复系，所以，当前在育种工作上利用雄性不育，绝大多数是选用胞核质作用型。

#### 四、雄性不育的利用

利用雄性不育，不仅可打开两性花类型作物的杂种优势利用的大门。就是对单性花类型作物的杂种优势利用也提供了许多方便。仍旧以配制玉米杂交种来说吧，去雄虽方便，但现在有了雄性不育系，那样就可省去了去雄的时间。有时还往往因去雄不干净、彻底，因而影响了种子的质量；有时又往往因去雄拔掉、损坏了叶子，因而影响了产量（据有关试验报告，每株如拔掉1、2、3、4片叶子，就会相应减产8%、15%、18%、20%）。现在，如果利用雄性不育系来制种，这类问题也就可解决了。

##### （一）三系的选育

三系的选育途径是多方面的，这里，只能择要介绍。

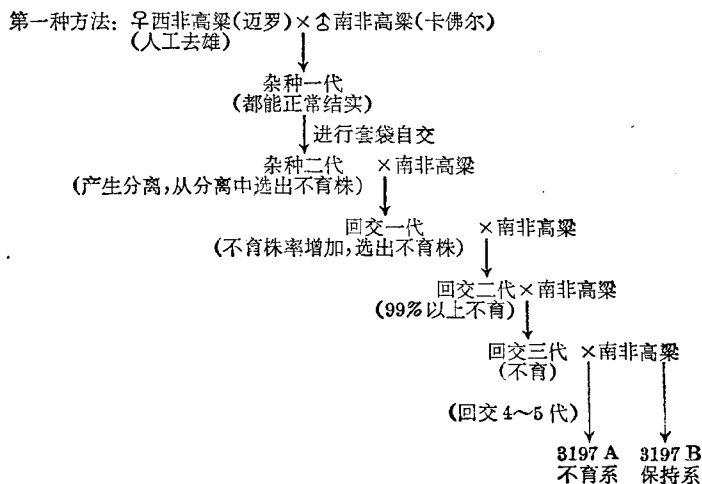
##### 1. 不育系和保持系的获得：

【通过远缘杂交来选育不育系和保持系】目前，这是个最基本的方法。采用远缘杂交法，可以在培育雄性不育系时，同时也培育出保持系来。

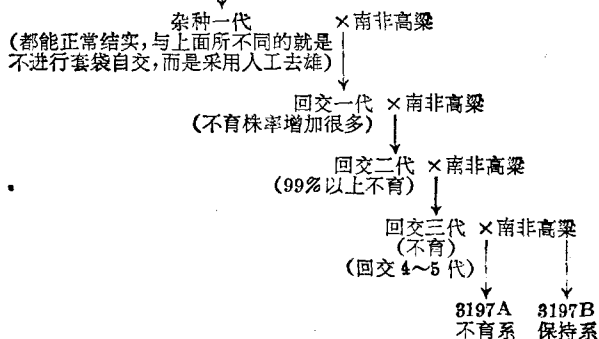
在杂交前,选择亲本时,要注意亲本的亲缘关系既不能太近,也不能太远。如太近,因近缘亲本杂交后代中不易产生雄性不育。太远了培育出的雄性不育系,一方面有出现雌性不育现象的可能,那样就不能结实了;另一方面,这种雄性不育系可能不易恢复可育性,也就是很难找到恢复系。因此,在选择杂交亲本时应注意其亲缘关系是适当远缘的,或者地理上远缘的,或者是生态上差异大的,一般以不同类型之间杂交较好,好在杂交后代容易稳定,又容易寻找恢复系。

著名的高粱雄性不育系“3197 A”,就是通过不同类型之间的远缘杂交得到的。这里,就以它为例,来说明如何通过杂交来培育不育系和保持系。

高粱的类型很多,常见的高粱有:中国高粱、南非高粱、西非高粱、中非高粱和印度高粱等。“3197 A”就是利用西非高粱(迈罗)作母本,南非高粱(卡佛尔)作父本进行杂交后而选育成功的。选育的方法有两种,选育的过程,可用下列图解表示:



第二种方法: 早西非高粱(迈罗) × ♂ 南非高粱(卡佛尔)  
(人工去雄)



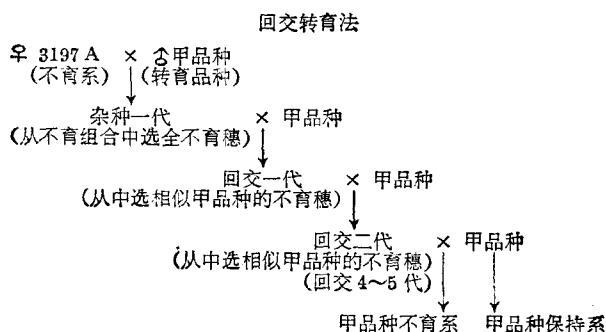
如果进行反交,即用南非高粱作母本,西非高粱作父本,实践证明,这样做,从未得到不育系。这究竟是什么原因呢?有人认为是由于西非高粱有不育的细胞质基因和可育的细胞核基因;而南非高粱刚刚相反,它具有可育的细胞质基因和不育的细胞核基因的关系。因为作为不育系的话,它的细胞质内必需要有不育的细胞质基因才行,而细胞质基因是通过母体才能遗传的,所以,用西非高粱作母本才能选育出不育系,而用南非高粱作母本就不能选育出不育系。

【利用现有不育系转育】这种方法虽然不是基本的方法,但很实用,因此,普遍被人们采用。如我国从国外引入的高粱雄性不育系“3197 A”和小麦“提型”雄性不育系等。引进的雄性不育系或基因不适合当地的栽培条件,或者虽然在生产上大量应用,但还不能完全满足不同地区的要求,因此,就需要有更多的不育系供生产上使用,这时如利用转育的方法,那就要比重新培育不育系速度快而且更有把握。

转育的方法,是以现成的雄性不育系为母本,选择一些优良品种为父本,分别进行杂交。在杂种一代,对各个杂交组合



的育性进行比较观察,对那种不出现不育株的组合淘汰掉,只在不育程度高或全不育的组合中选取全不育穗进行套袋,再用原父本花粉授粉进行回交。回交一代发生分离现象,从中选择不育程度高,并倾向于父本株型的植株,再与原父本回交。如此连续回交几次,直到回交后代所有植株达到不育性稳定,其他性状与回交父本相仿时,新不育系就算转育成功,而那个用来进行回交的父亲,便是这个新不育系的保持系。其转育程序如下图:



在进行回交转育法时,应注意:父本中不同单株的保持能力并不是一样的,有的高,有的低,因此要将不同植株进行分别授粉,编号后单收单藏,来年分别播种,以便观察它们的保持能力,要选择保持能力高的作保持系选择材料。

【到大田中寻找雄性不育株】自然界里,也会产生雄性不育株,这其中的原因是多方面的,可能是由于自然的远缘杂交而产生的,也可能是由于自然界中的某些物理因素或化学因素的影响而引起的自然突变。

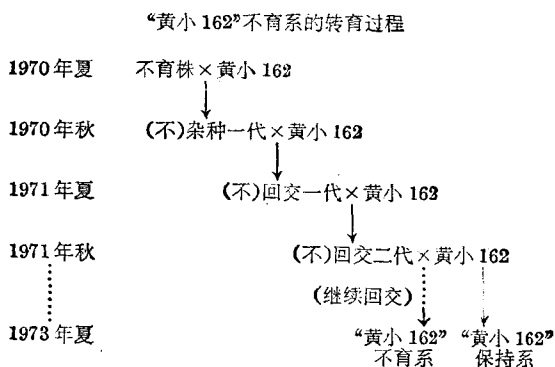
因此,可以发动群众在大田中留心寻找,当发现这种不育植株,就应在植株上挂起牌子,以免遗忘;同时,可授以周围邻

近的同品种或其他品种的花粉,让它结实。然后,一方面对它的后代进行遗传考查,如果只通过母本传递,那么,当它和正常植株杂交,杂种后代仍能保持不育而不发生育性分离,这就证明它是细胞质遗传的;另一方面,在杂交后代中选择雄性不育的植株进行单株单授成对回交。这样,连续回交4~5代,就可培育成为新的不育系,而作为回交的父本,也就是这个新不育系的保持系。

山西忻县六石大队所育成的高粱,九盘系的不育系,就是从“九盘——5”高粱中发现一株不育穗,用上述方法培育成功的。

前面,我们曾提到过玉米雄性不育的T型和M型,当初,也是在地方品种中找到的。

1970年夏天,上海松江县佘山公社贫下中农也在大田中找到了雄性不育株,经上海师大生物系考查,确定是细胞质遗传。现已由上海师大生物系将它转育成为“矮154”不育系、“黄小162”不育系和其他自交系的不育系。转育过程如下:



【人工引变】 采用物理因素和化学因素来处理种子、幼

苗、或花粉粒，引起变异产生雄性不育；通常是以钴<sup>60</sup>射线处理，在照射的当代植株或第二代植株中分离出雄性不育株，然后以许多品种（或系）作父本与不育株进行杂交寻找保持系，并连续回交使其稳定为不育系，相应的父本就作为保持系。“七叶高粱”不育系和高粱“农原 201”不育系就是通过辐照处理后而选育成的。

## 2. 恢复系的获得：

关于恢复材料的获得，到目前为止，在各种作物上还没有一般的规律可循。通常所采取的选育方法有：

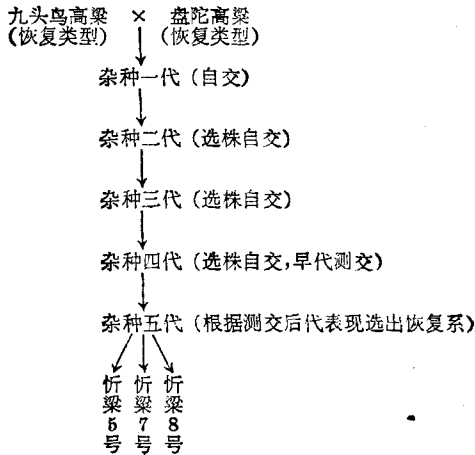
【筛选法】广泛征集优良品种（或系）作为选育材料，将它们分别与不育系进行杂交，鉴定杂种第一代的自交结实率。如发现某一组合后代有自交结实现象，那就可将原父本继续与不育系进行单株成对侧交，以便选出最好的恢复系。高粱“官庄 1 号”恢复系，就是由山西定襄官庄大队从“大鹅黄”高粱中筛选出来的。

目前，在生产上所运用的一些优秀的高粱恢复系，是在原有恢复系中筛选出来的，不但经济有效，而且简便易行，社、队都可以搞。

例如，山西忻县地区作物所选育出的“盘陀早”、“盘 11”、“盘 12”等优良恢复系，就是从“盘陀高粱”中筛选出来的。“晋粮 1 号”、“晋粮 3 号”等优良恢复系就是由山西汾阳作物所从农家品种“三滴水”高粱中筛选出来的。

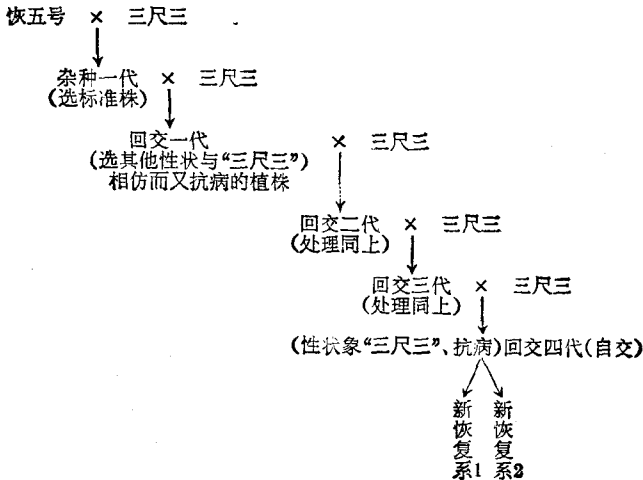
【有性杂交法】利用有性杂交培育恢复系时，选择亲本一关很重要。一般恢复系与恢复系（或结实率高的品种）杂交，在杂交后代所选育出的恢复系，让它跟不育系杂交，杂种一代恢复结实的性能总比较好。利用有性杂交选育恢复系的过程如下：

利用有性杂交选育恢复系



【回交转育法】 一般用来克服某一恢复系的某些缺点。例如，“三尺三”高粱抗病性差，但其他性状都表现良好；而“恢

利用回交转育法选育恢复系



5号”抗病性强，其他性状不及“三尺三”。现用“恢5号”作母本，“三尺三”作父本，跟它们进行杂交，以后仍从“三尺三”作父本连续进行回交，从杂交后代中选择出其他性状都与“三尺三”相象而又抗病的单株，最后经过自交直到稳定，就可获得新恢复系。选育程序如上图。

### (二)三系配套

一般在利用雄性不育时，必须要有不育系、保持系、和恢复系，三系要配套，缺一不可。

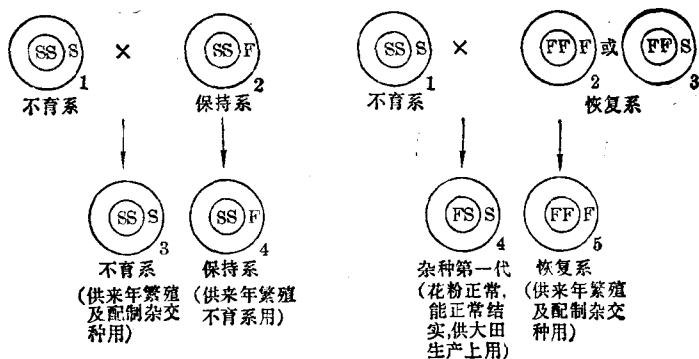


图 9-6 三系在生产上的关系

还必须指出，也并不是任何三个系都可以配套。因为在它们之间还有专效性问题，也就是说不同的自交系或品种对不育性的类型的反应是不同的。

比如玉米的雄性不育系，常见的有T型和M型。自交系“金32”、“南68”、“维尔44”对T型不育系是恢复系，而对M型不育系来说则是保持系；恰恰相反，“农7”、“可67”等自交系对T型是保持系，而对M型不育性则又是恢复系。

高粱不育系“3197 A”，它的保持系是“3197 B”，而作为它

的恢复系的高粱品种就比较多。

当然,也并不是三个系配套后就可以成“龙”,这里的“龙”是指杂种第一代的强大杂种优势。因此,要成功地利用雄性不育系来育成杂种优势强的第一代杂交种,必须要有三件法宝,这就是:杂种优势、雄性不育细胞质以及育性恢复基因。

品种(自交系)配合力的大小不同,所表现的杂种优势强弱就有所差异。因此,在配制杂种之前,就应该搞清楚哪些品种(自交系)同哪些品种(自交系)杂交,才能获得具有实用价值的强优势。为了做到这一点,必须选用大量生产品种(自交系)进行品种间杂交,并把各个第一代杂种同现有的优良品种在生产力、品质等方面加以比较,从而选出我们所需要的、优秀的杂交组合。这样优秀的杂交组合,如果要利用雄性不育

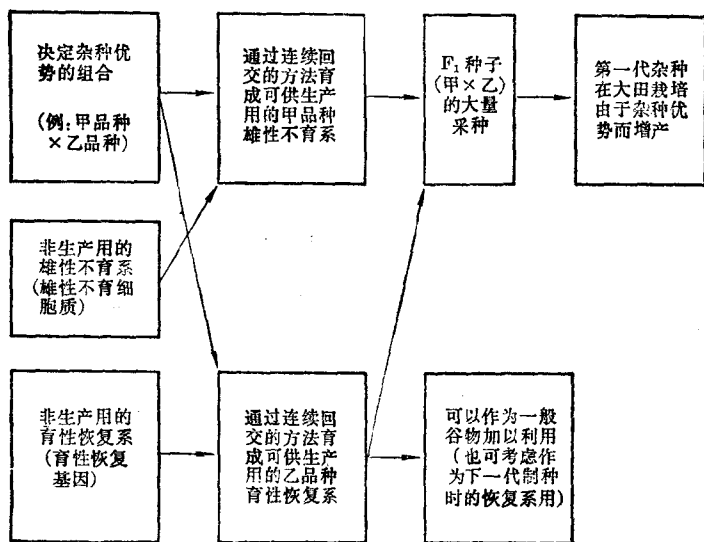


图 9-7 第一代杂交种的育种程序

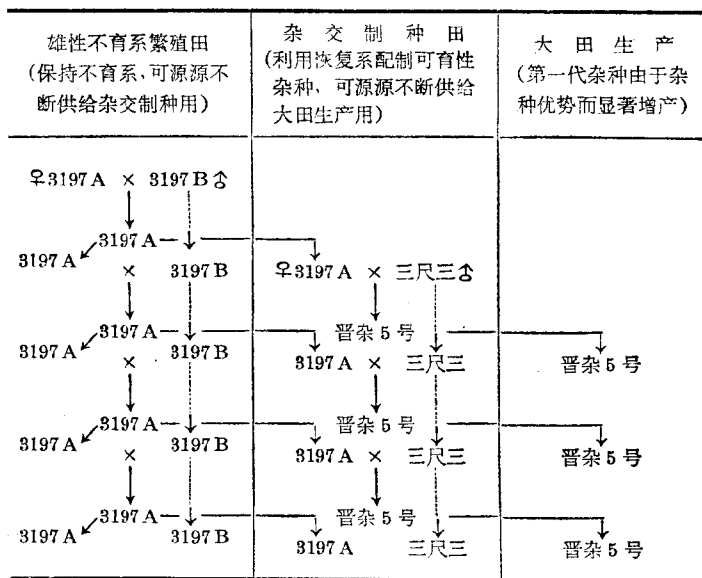
系来参加配制杂交种的话,那还有两件工作必须要做:一件是将优秀杂交组合中的母本品种(自交系)转育成不育系;另一件工作是将育性恢复基因转移到杂交组合的父本品种(自交系)中去,也就是说要将父本培育成为恢复系。这些工作都做完备了,这时,我们就可利用雄性不育来配制杂交种了。

上面一张图解,既归纳了我们刚才所讲的内容,也可以较清楚地表达第一代杂交种的育种程序。

### (三) 杂交种子的生产

#### 1. 高粱制种方案:

以“晋杂5号”的制种为例。“晋杂5号”是一个增产潜力大的杂交种。它是以“3197A”不育系为母本,以“三尺三”作恢复系配制成功的。它的制种工作可采取下列方案:



## 2. 玉米制种方案:

分单交种制种和双交种制种。

【利用不育系配制单交种】 先将单交种的母本转换成不育系，父本转换成恢复系。再将不育系与恢复系以 4:2 (或 2:1) 的比例种植，不育系上结的种子便是单交种子，恢复系植株上结的种子下一代仍可用来作恢复系用。

举“白单 1 号”利用雄性不育性制种为例。它的杂交组合是：“塘四平头”×“开 21”。将“塘四平头”转育成为“塘四平头不育系”，简称“ $\text{♂}$ 塘四平头”；将“开 21”转育成为“ $\text{♂}$ 塘四平头”的恢复系。而后开始配制单交种。

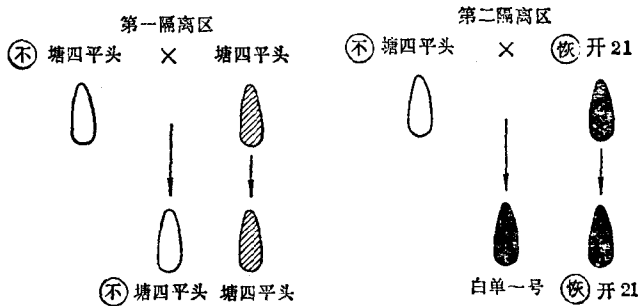


图 9-8 利用雄性不育自交系配制单交种

说明:



表示完全不育的自交系或杂交种



表示没有恢复结实能力,但本身是结实的自交系或

杂交种



有恢复结实能力的自交系或杂交种

在第一隔离区内繁殖不育系，供来年继续利用不育系配制单交种；



在第二隔离区内配制单交种。从“塘四平头”植株上采下的穗子，就是第一代杂交种——“白单 1 号”，供大田生产用。从父本“开 21”植株上所采下的种子仍可作为来年制种时作为恢复系用。

由于现有的玉米自交系中恢复系较少，而转育恢复系比转育不育系的困难要多，所需时间也较长，因此，有时在配制单交种时，只有不育系，没有恢复系。是不是没找到恢复系，不育系就不能利用呢？

不。这时如果采用掺合法，即使没有找到恢复系前，单有不育系，也仍然可利用这样的不育系来参加配制杂交种用。

例如“白单 4 号”，它的杂交组合是：“塘四平头”×“埃及 205”。可将“塘四平头”容易地转育成为“塘四平头”；而目前还没有完成使“埃及 205”转育成为恢复系。这样，“塘四平头”与“埃及 205”杂交所产生的杂交种——“白单 4 号”是雄花不育的。象这样的杂交种因为不具有正常花粉，所以在生产上不能单独播种使用。因此，还需要在同一隔离区内用正常的“塘四平头”作母本配制一部分正常可育的“白单 4 号”。

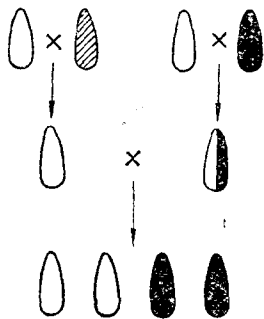


图 9-9 利用雄性不育自交系配制双交种(方案 1)

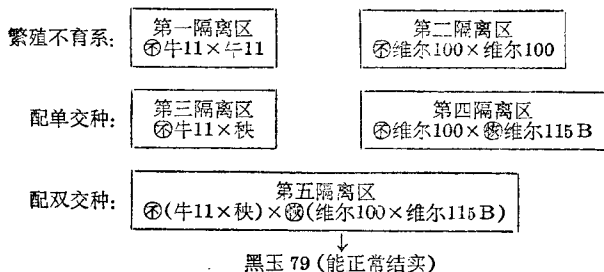
收获后把这两种“白单 4 号”的种子掺合在一道，供大田播种用。这样，不育的“白单 4 号”可由可育的“白单 4 号”处得到花粉。掺合的比例，一般不育的单交种占  $1/2 \sim 2/3$ ，根据这个比例推算，制种时就可省去  $1/2 \sim 2/3$  的去雄劳动力。

【利用不育系配制双交种】因利用恢复系情况不同，可有几种不同的制种方案(图 9-9, 10, 11, 12)。

第一种方案是利用两个不育系和一个恢复系。

在制种过程中,可全部省去去雄工夫,所得到的双杂交种将有 50% 是可育的。这种杂交种子用在大田生产,因花粉来源足够,因此,用不着掺和正常杂交种。

“黑玉 79”就可以采用这种方案来制种。“黑玉 79”的组合方式是: (♂牛 11 × 秧) × (♂维尔 100 × ♂维尔 115 B)。



第二种方案是利用一个不育系和一个恢复系。

在制种过程中,去雄工作只在配制父本单交种时进行,其余去雄工作都可省去,(按母本与父本 2:1 的比例,这样,可省去雄时间 2/3) 所得到双交种将有 50% 是可育的;同样,用这种杂交种在大田播种时也不需掺和正常杂交种。

“陕玉 652”就可采用这种方案来制种,它的组合方式是:(♂武 107 × 威 24) × (♂武 105 × 武 102)。隔离区的设置和前一种方案类似,这里,不另介绍。

第三种方案是利用一个不育系和两个恢复系。

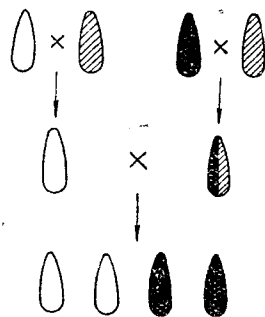


图 9-10 利用雄性不育自交系配制双交种(方案 2)

制种手续和第二种方案一样，只在生产父本单交种时要  
去雄；这样，在去雄时间上也可省去 2/3 时间。所得的杂交种  
是百分之百可正常散放花粉的。因此，这样的杂交种当然也  
可以在大田生产上用。

如“武双一号”：(♂武 107 × 38~11) × (♀武 105 × ♀威 24)，就可按照这种方案来进行制种。

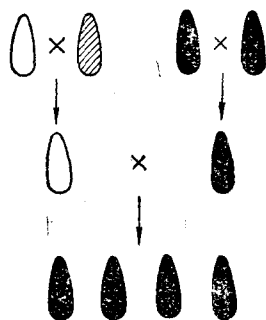


图 9-11 利用雄性不育自交  
系配制双交种(方案 3)

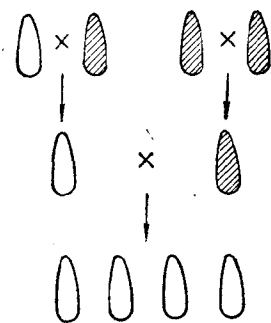


图 9-12 利用雄性不育自  
交系配制双交种(方案 4)

第四种方案是只利用一个不育系，没有恢复系。

制种去雄工作和前面两种方案一样，也只在生产父本单  
交种时要去雄，其余制种区的去雄工作也可全部免除，因此，  
它也同样可省去 2/3 的去雄时间。所不同的是，运用此方案  
所配制成的双交种全都是不育的，当然，这样的双交种在大田  
生产上就不能单独播种使用。在使用这种双交种时也必须采  
用掺合法才行，也就是说在这类不育的双交种中要掺和 1/3~  
1/2 的正常双交种子后，不育的双交种才能正常结实。

如“农大 7 号”：(♂ 38-11 × 金 15) × (威 24 × 威 20)，就  
可运用这种方案来进行制种。也就是说在制种时，用普通方

法生产父本单交种(威 24×威 20); 在另一隔离区内, 一方面生产不育的母本单交种(⊗ 38-11×金 15), 一方面生产可育的母本单交种(38-11×金 15), 成熟后分别收获, 不混合。第二年在同一个隔离区内配制不育的(占 1/2~2/3)和可育的两种双交种, 然后把两种种子掺合起来播种。

## 五、化学去雄

前面所讲的是遗传性上雄性不育的利用, 也只是省略人工去雄的一种手段。为了在生产上多、快、好、省地利用杂种优势, 除了可利用遗传性上雄性不育来配制杂交种子外, 利用化学药剂来处理作物, 杀伤雄性配子, 使花粉不育, 同样也可省掉人工去雄的手续。

利用化学去雄来配制杂交种子, 既不需要保持系, 也不需要恢复系。只要掌握某个杂交组合具有较强的杂种优势, 这时, 我们就可通过某种化学药剂来杀死母本的雄性配子, 使花粉不育, 这样, 母本的雌性配子(胚珠)就可接受同组合中父本的花粉而受精结出种子, 这种子就是杂交种子, 可供下一熟生产上使用, 由于杂种第一代具有强大的杂种优势, 我们就可收到更高的产量。看起来比利用不育系来配制杂种要来得简单、方便, 正因为如此, 因而很早就被人们所注意, 对这方面的工作很早就有人开始进行尝试。

但是, 化学去雄的工作, 人们在实践中也感到并不是那么轻而易举的。关键的问题是并不是任何可以杀伤雄性配子的药剂都可以作为化学去雄来利用, 也正因为如此, 化学去雄工作, 一直到目前为止, 也还是处于试验研究阶段。

### (一)化学去雄的药剂

作为化学去雄的药剂, 它必须具备这样一些条件:

1. 处理后仅能杀伤雄性配子，使花粉不育，但对雌性配子(胚珠)无任何不良的影响；
2. 处理后不会引起植株产生遗传性上的变异；
3. 应用的方法必须简便，而且所用药剂的价格又是便宜的；
4. 在植株一定的生育阶段只要用药量恰当，便能获得肯定的效果，并且药效是可以重复的；
5. 残留于作物内的药剂对人体或动物没有什么不良影响的。

目前，据有关试验研究报导，初步筛选出效果较好的化学杀雄剂有青鲜素(顺丁烯二酸联氨-MH)、三碘苯甲酸(TIBA)、 $\alpha, \beta$  氯(代)异丁烯钠(商业上简称为 FW-450)、赤霉素、核酸钠、稻脚青等等。但各种药剂或同一药剂的不同浓度对各种作物杀雄的效果，存在着很大差异。因此，各种作物的化学去雄药剂及其适当的浓度，应事先必须经过多次的试验，也只有肯定了的情况下，才能应用于生产。

## (二)化学去雄的效果

化学去雄后的植株，如果药剂对杀雄有效，一般表现为花药不破裂，不能散布花粉，而且花粉常空瘪或变形。例如，处理后的玉米雄花序的分枝常紧附在主轴上，不能散开，即使散开，小穗也不开放。如果用醋酸洋红染色，在显微镜下检查处理植株的花粉，一般花粉母细胞都能进行正常的减数分裂，并不引起细胞内染色体结构的改变；假使用成熟的花粉粒经醋酸洋红染色后，在显微镜下检查，则可看到经过处理后植株的花粉粒都呈皱缩和变形，因而造成雄性配子的不育性。

如果是两性花，象水稻，经化学去雄后，既要杀死雄性配子，但又必需保全雌蕊正常无恙。经过药剂处理后，雌蕊是否

正常，也有一定的形态指标。根据浙江省农作物杂种优势利用研究协作组用 0.2% 稻脚青处理“选 68~899”和“银不矮 181”两个柱头外露的水稻品种观察的结果，认为：子房饱满，上面有叶绿素的嫩绿色泽，柱头成熟时舒张蓬松，在未受孕的情况下多日保持新鲜，稻谷不枯，不易落粒，这样的雌蕊是正常的，一般是可育的；相反，如果子房瘦小发白，柱头绒毛不张，不受孕即枯萎，谷粒干瘪易落，这是雌性不育的形态征象。

处理植株所产生的杂种后代，正如采用药剂处理过植株的杂种后代一样，能够正常地生长和结实。这说明了一般化学去雄的药剂是不影响杂种性状发育及其杂种优势的。这也证实了这样的药剂、浓度、处理方式对某种作物在生产上是切实可行的。

为了阅读方便，现将一些化学去雄药剂对不同作物杀雄效果的试验资料，汇集成一个表，供作参考。

各种化学药剂对不同作物杀雄的效果

药剂名称	药剂浓度	作物	处理方法	处理的效果和说明	试验者
稻脚青 (甲基砷 酸锌)	0.1~1%	水稻 (南梗 8号)	1. 见穗前 5 天喷射； 2. 见穗前喷射； 3. 处理时均将见穗株拔除。	1. 0.1% 在见穗前 5 天喷射一次，套袋自交不结实率是 50%；同样浓度在见穗前喷一次，不结实率是 70%。 2. 0.3% 在见穗前 5 天喷射一次，不结实率是 88%；如改在见穗前用同样浓度喷射一次，不结实率是 73%。 3. 0.5% 在见穗前 5 天喷射一次，不结实率是 75%；如改在见穗前喷一次，不结实率是 83%。 4. 1% 在见穗前 5 天喷射一次，不结实率是 71%；如在见穗前喷，则不结实率是 90%	江苏省 农科所 水稻组 (1972)

(续表)

药剂名称	药剂浓度	作物	处理方法	处理的效果和说明	试验者
稻脚青 (甲基砷酸锌)	0.2~0.4%	水稻	用0.2%、0.3%、0.4%三种浓度重复喷三次。	用在“宝陆矮8号”品种上,杀雄效果好,花药细小白色,不开裂。不结实率达90%;如用在“矮陆财”品种上,效果并不好,其正常花粉仍占60%,不结实率为76%。	浙江省农作物杂种优势利用研究协作组 (1972)
稻脚青 (甲基砷酸锌)	0.2%	水稻	用0.2%稻脚青与0.1%青鲜素交替施用。即:0.2%稻脚青喷过后,再喷0.1%青鲜素,最后喷0.2%稻脚青。	杀维效果好,不结实率达90%	浙江省农作物杂种优势利用研究协作组 (1972)
6401 (甲基砷酸钙)	0.2~1%	水稻	1.见穗前5天喷射 2.见穗前喷射 3.处理时均将见穗株拔除。	1.0.2% 在见穗前5天喷射一次,不结实率达80%;在见穗前喷射一次,不结实率达98%。 2.0.4% 在见穗前5天喷射一次,不结实率达98%;在见穗前喷一次,不结实率达92%。 3.0.6% 在见穗前5天喷射一次,不结实率达100%;在见穗前喷射一次,不结实率达98%左右。 4.1% 在见穗前5天喷射一次,不结实率达100%;在见穗前喷射一次,不结实率达96%。	江苏省农科所水稻组 (1972)
青鲜素 (顺丁烯二酸联氨-MH)	50,100,200,250,500 (ppm)	小麦	在分蘖期间、剑叶抽出前后喷射,每隔15天喷射一次,各处理分别喷2~4次。	100,200(ppm),喷射1~3次,套袋自交不结实率达100%;处理的植株进行杂交,可以获得80%以上杂交种子。	V. L. 乔普拉 (1960)
赤霉素 钾盐	1000,2000 (ppm)	玉米	雌穗花序长达2.5厘米时喷射一次,每株药量约12~35毫克。	对晚开花自交系可达100%雄性不孕,但对早开花自交系仅大部分雄性不孕。	P. 涅尔逊等 (1958)

(续表)

药剂名称	药剂浓度	作物	处理方法	处理的效果和说明	试验者
FW-450 [ $\alpha, \beta$ 氯 (代)异丁 烯钠]	0.5~1%	玉米	分别在植株成长28~51天,即在花药形成前11~30天进行喷射,每株约喷5毫升。	对中熟自交系、晚开花自交系及中熟的杂交种大多数能抑制主穗雄花序的花粉散布,但亦有少数果穗受药害。	J. W. 卡麦雷等 (1959)
FW-450 [ $\alpha, \beta$ 氯 (代)异丁 烯钠]	1%	棉花	开花前一周喷射	处理2个陆地棉品种,2个海岛棉品种,检查处理植株所产生的杂种,其幼苗性状表明70~88%为杂种,证明杀雄有效;但其中爱字棉品种仅有33~40%为杂种。	E. M. 依登 (1957)
FW-450 [ $\alpha, \beta$ 氯 (代)异丁 烯钠]	0.37% 0.75-1.5%	棉花	开花前一周喷射	处理一个“泡泼”品种,浓度0.37%,处理的可达100%雄性不孕;但高浓度处理的,雌雄蕊均有部分不孕,且植株表现药害。	J. B. 伯特等 (1960)

单从上列表格中,我们可看出这么几个问题:

1. 各种药剂对不同作物的杀雄效果是不同的。例如, $\alpha, \beta$  氯(代)异丁烯钠对棉花有效,但对玉米就不完全有效;据有人试验证明,如将该药剂用在小麦上,则不但不能达到杀雄效果,反而会给处理过的小麦带来了严重的药害。如用0.75%及1%的浓度处理小麦,一周后,就可看到小麦叶片呈现褐斑,叶片变狭,叶色深绿,植株枯萎矮化,抽穗延迟,而花粉的大小及形状仍属正常,说明这种药剂对小麦雄性配子毫无杀伤能力。

2. 同一作物的不同品种对药剂杀雄的反应也不尽同。又以 $\alpha, \beta$  氯(代)异丁烯钠为例,对处理的两个陆地棉品种,两个海岛棉品种杀雄都有显著效果,但对爱字棉的杀雄效果就差些;而对棉花“泡泼”品种处理后,会同时引起雌性受伤而



不孕。

用稻脚青处理水稻,也发现有上述现象。对“圭陆矮8号”籼稻品种的杀雄效果就要比籼稻“矮陆财”好得多。

3. 同一药剂在处理同一作物,如药剂浓度不同、处理时期不一,其所产生的效果也不一样。

就目前在水稻上的试验情况来看,所用的药剂一般是随着浓度的增加,雄性不育也随着增加,但相应药害也就严重,尤其是甲基砷酸钙(6401)。

根据江苏省农科所水稻组试验中所提出的看法:施用稻脚青的效果,在见穗前喷射的要比见穗前5天喷射的杀雄作用要来得大;相反,在施用“6401”时,认为在见穗前5天喷射的效果要比见穗前一次喷射的来得大。

根据广东省农作物杂种优势研究协作组水稻组的试验报告,认为水稻的不同生育期对药剂的敏感程度不同:以花粉母细胞减数分裂期(幼穗长6厘米左右)为界限,在此期间所要求的有效浓度最低。

## 第十章 无性杂交

前面讲过的品种间杂交和远缘杂交,都是属于有性杂交。有性杂交是遗传性状不同的生物体,通过精子和卵结合而产生杂种的过程。作物除了能进行有性杂交外,还能通过营养器官的接合,使不同个体交换营养物质以产生杂种,这种杂交方式,便叫无性杂交,或者称营养杂交。这一章,主要是讲:如何通过无性杂交来培育良种。

### 一、无性杂交在育种上的成就

无性杂交,虽然在理论上还有着争论,没有一个比较成熟的看法;但是,在实践上却已有着悠久的历史。它不仅是自古有之,而且也是今天广大贫下中农喜闻乐见、行之有效的育种方法之一。

说远的,早在公元前七世纪,《汜胜之书》上已记载着把十株瓠子苗嫁接在一根藤蔓上,结果,结出了大瓠子。公元六世纪的《齐民要术》书上也记载了把梨接在棠梨上,结果是:“梨大而理细”。

讲近的,前华东农科所用海岛棉与陆地棉嫁接,获得了早熟、纤维长40毫米的“长绒3号”。黑龙江合江地区农科所,自1953年起就开始了大豆无性杂交育种工作,先后育出了“合接8号”、“合接10号”、“合丰15号”、“合丰16号”等新品种,这些新品种都具有早熟、丰产、抗旱等特点,深受贫下中农

欢迎。河北石家庄槐底大队的贫下中农用“多穗白高粱”和“石家庄63麦”嫁接培育成功小麦良种“石槐一号”；新品种具有耐寒、丰产等特色，目前已在华北一些省市进行试种。中国农科院所培育的水稻新品种“硬秆青”，也是通过无性杂交培育成功的；这个品种具有穗大而整齐、株高中等、株形紧凑、秆硬、耐肥、抗倒伏、千粒重较高、空瘪率低、出米率较高、抗稻瘟病等一系列优点，现正在各地推广试种。

无性杂交，在早年是作为果树植物的一种育种方法，直到最近才应用于谷类作物，而且很有效果，这就不得不引起育种工作者的重视。

## 二、无性杂交在育种中的作用

### (一)无性杂交下的变异

任何一种育种方法，首先是要获得遗传的变异，也只有在变异的基础上进一步选择有利于生产的、可遗传的变异，才有可能把它们培育成优良品种。无性杂交，既然可作为一种育种方法，当然，在无性杂交下也必然要产生变异才行。

无性杂交下能产生变异是事实。清朝陈淏子在他所写的《花镜》(1688年前后)一书中，就曾详细地记载，植物在嫁接后，性状上可以发生很大的变化。他写道：“凡木之必须接换者，实有至理存焉，花小者可大，瓣单者可重，红色者可紫，实小者可巨，酸苦者可甜，臭恶者可馥，是人力可以回天，惟在接换之得其传耳”。

无性杂交下的变异是如何产生的呢？

有人认为，无性杂交是通过两个具有不同遗传性植株的营养体部分嫁接，使愈合在一起的砧木和接穗能互相影响，从而产生遗传的变异。或者说，它是利用一种植物的部分营养

体或提取物，来改变另一种植物体的遗传性状。一句话，无性杂交下的变异，是不同营养体相互影响的结果。当然，对于这样的解释，远不能满足我们的需要，还有待今后继续研究。

但是，从无性杂交反映在实践上的效果来看，这个方法在育种工作中对增加作物产量、改进品质、提高抗逆性、改变生育期等方面，是有着良好作用的。

### 1. 增加产量、改进品质：

比如：用大豆的不同品种间嫁接育成的新品种大豆“合丰15号”、“合丰16号”，比原品种增产10~20%。又如，把小麦品种“阿勃”的胚芽接在小麦品种“矮粒多”胚乳上育成的“丰收1号”小麦品种，比同地区的“阿勃”品种增产30%左右。说明通过嫁接产生的产量增加现象和有性杂交一样，具有杂种优势的性质。

在改善作物品质方面，由于在嫁接过程中能使双亲性状部分地结合在一起，或产生新性状，因此，可以选育出具有优良性状的新品种。“长绒3号”就是一个例子。此外，有人把豌豆嫁接在蚕豆上，也终于育成为一个品种。这个品种和普通豌豆植株不同，它们有大而坚韧的茎，节间数增加，豆荚和子粒增大，结实率提高，蛋白质含量也有提高，煮熟所需时间也较短，而且味道好。

### 2. 增强抗逆性：

有人将番茄嫁接在龙葵上，结果，选育出了抗旱、抗果脐腐烂病的新品种。

小麦新品种“石槐1号”，是小麦和高粱嫁接后选育成的。由于它受到高粱的影响，使得小麦的茎秆变粗、硬，即使在高水肥的条件下也能抗倒伏。

### 3. 改变生育期：

把“孙吴平顶黄”大豆嫁接在“丰地黄”品种大豆上，育出的“合丰 15 号”大豆，在保持原来品种优良性状同时，使在该地区根本不能成熟的接穗品种也能正常成熟。

也并不是说，在无性杂交下，一定可以获得产量高，品质好，抗逆性强，生育期短等优良变异；而是应该注意到，在无性杂交下，只要亲本选择得适当，是有可能获得这些优良变异的。这说明无性杂交在育种工作中可以发挥广泛的积极作用。

此外，无性杂交作为一种育种方法，还有着它独特的特点，而不能为有性杂交所能代替。

## (二) 无性杂交的特点和应用

### 1. 杂交范围一般较有性杂交广泛：

第一，在一些营养繁殖的作物中，如甘薯、马铃薯等，它们或是在一些种植地区能结薯不能开花，或者虽能开花但又不能结籽，对它们在有性杂交时，就受到了一定的限制，如采用无性杂交，那就不受限制了。

第二，对一些生育期相差较大，花期不遇的不同品种，虽然用不同方法可以调节花期进行有性杂交；但应用无性杂交，就无需人为调节，应用比较简便。

第三，有性杂交有一定的局限性，如有些种与种间杂交不是都能成功的；至于属、科之间进行杂交，成功的例子极少看见。但是，同样的材料如进行无性杂交，往往能取得良好效果。如棉花和蓖麻、苍耳和棉花、高粱和小麦等，都是亲缘关系比较远的植物，用有性杂交简直难能办到；但是，它们间的无性杂交却获得了较好的效果。也就是说，无性杂交可克服有性杂交的困难。

第四，无性杂交有时还可作为有性杂交的辅助手段。比

如，要进行甘薯的有性杂交，就必需要在开花时进行。可有时候因地点和品种的不同而不能按照人们的愿望——如期开花。有的在你所处的地方，就根本看不见它开花，也有即使开了花也不见结实，堵塞了有性杂交的道路。这时，你如用嫁接法，将甘薯嫁接在月光花、牵牛花或蕹菜(它们都属于旋花科)上，并给以短日照处理，就可以促进甘薯开花，就为你进行有性杂交创造了条件。根据浙江农业科学院试验，以月光花、牵牛花、蕹菜为砧木，甘薯各品种为接穗进行嫁接，三种砧木中以牵牛花促进开花的效果最好，开花植株可达 34.8%。在这里，嫁接可以促进营养繁殖作物的结实性，因而无性杂交就可作为有性杂交的辅助方法。

又如，在远缘杂交时常有不孕现象，或虽然能孕但得不到有发育能力的种子，这时，如采用嫁接，可使接穗和砧木间通过营养上相互影响，使双方生理上彼此接近，然后再进行有性杂交，就往往容易取得成功，克服了上述不孕不育的困难。

## 2. 在无性杂交当代就可能看到变异:

在有性杂交的情况下，杂交当代一般不能看到变异，只有在杂种种子发育后的杂种后代，变异现象才能表现出来。而在无性杂交情况下，幼小接穗在砧木的蒙导下生长发育，有时在当代就可以看到变异。例如，海岛棉(砧木)与“岱字 14 号”(接穗)进行嫁接杂交，当代嫁接的植株比未嫁接过的植株要提早一个月开花。实践还证明，无论用海岛棉做砧木或接穗，其始花期都显著提早。

由于在杂交当代就可见到变异，因此，在育种工作中就可以把重点放在当代出现有利变异的植株上，从而减少杂种后代种植的数量，减轻育种工作的负担。

## 3. 杂种的分离和稳定具有与有性杂种不同的特点:

在有性杂交的情况下,如果亲本是纯合稳定的,杂种第一代一般没有分离。而在无性杂交的情况下,杂种第一代就有广泛的分离。如前所述华东农科所海岛棉与陆地棉的无性杂种第一代,在株高、节间长度、开花期、衣分、绒长等方面都有广泛的分离。黑龙江合江地区农科所大豆品种间无性杂种第一代,在成熟期、株高、结荚习性、叶形、叶色、花色、毛色、粒型、脐色、抗倒伏性、丰产性等方面,也都表现不同程度的变异。杂种第一代的分离,有利于提前进行选择,缩短育种工作年限。

在无性杂交中,代谢上的相互影响不象有性杂交配子间受精结合那样彻底,因此在杂种中还常常看到嵌合现象,表现为混杂遗传。例如在番茄品种间嫁接时,杂种后代同一植株上发现了不同颜色和形状的果实,同一花序上甚至同一果实上也有不同。

在无性杂交中,由于代谢上的相互影响不象有性杂交配子间受精结合那样深刻,因此杂种后代表现稳定的世代也较早。在远缘有性杂交中,杂种分离一直保持多代不能稳定;而在远缘无性杂交的实践中,在较早的世代已能获得稳定的品系。如“长绒3号”棉的选育,1950年进行无性杂交,1955年杂种第五代已表现稳定。“硬秆青”水稻的选育,1958年进行无性杂交,1964年杂种第六代也已表现稳定。“蓖麻棉”的选育,1968年进行无性杂交,根据71年报导虽仍在提纯选择,但株型紧凑、果枝短、果节上着生双蕾多蕾,开花、结铃、吐絮较早而集中等特性,已比较一致,与远缘有性杂交的“疯狂”分离也有很大区别。

在品种间无性杂交的情况下,稳定的杂种世代也较有性杂交为早。有性杂种通常在 $F_3$ 以后才能达到稳定。而无性

杂种一般在  $F_4$  就可以稳定。如合江地区农科所大豆品种间无性杂交，以“满仓金”为砧木，“荆山朴”为接穗，1955 年嫁接，1960 年  $F_5$  稳定，育成“合接 8 号”。以“元宝金”为砧木，“东农 1 号”为接穗，1965 年嫁接，1969 年  $F_4$  稳定，育成“合接 10 号”。以“桦川平顶香”为砧木，“关石锁”为接穗，1959 年嫁接，1961 年就基本稳定，育成“合接 5920—9”。无性杂种后代稳定较早，可以缩短育种年限对加速培育新品种具有一定意义。

#### 4. 无性杂种杂种优势延续世代较长：

无性杂种和有性杂种一样，也有杂种优势的表现。曾报导番茄品种间无性杂交， $F_1$  的生产力分别比亲本高出 22% 和 54%，这种杂种优势并延续到第三代还未见减退。福建惠安县山腰公社从外地引进甘薯良种，开始产量较高，一般亩产鲜薯六、七千斤，高的达万斤。但数年以后，产量下降，有的甚至空株不结薯块，群众称为退化“变公”。文化大革命期间，广大贫下中农和干部与厦门大学生物系师生相结合，利用无性杂种的杂种优势，克服了甘薯退化“变公”现象，1966~1969 年连续五年试验结果，无性杂种甘薯较原品种分别增产 8.1% 和 37.1%，获得稳定增产的效果。

### 三、无性杂交的方法

无性杂交，通常是以嫁接的方法来进行，一般包括不同品种或种的植株间的营养体嫁接、移胚或注射汁液等方法。所以，无性杂交也可叫嫁接杂交；无性杂交育种也可称为嫁接育种。

嫁接时，在上部的不具根系的器官叫接穗，位于下部的具有根系的植物体叫砧木。通常以一横线表示嫁接符号，接穗写在横线上部，砧木写在横线下部，如：“岱字 14 号”(接穗)/



海島棉(砧木)。有时嫁接符号也可用“+”来表示,如:海島棉(砧木)+“岱字 14 号”(接穗);如小麦的胚嫁接在黑麦胚乳上,可写成小麦/黑麦,也可写成黑麦+小麦。

### (一)嫁接的技术

作物的无性杂交技术,可以作物组织构造的不同特点,而采取相应不同的杂交方法。

#### 1. 茎秆嫁接法:

一般茎秆实心而且比较粗壮的作物,如棉花、大豆、麻类、甘薯和马铃薯等,都可采用茎秆嫁接法。

在茎秆嫁接法中,通常较为普遍应用的有劈接法和靠接法两种。

**【劈接法】** 用刀片将作为砧木的植株上部横断切下,然后在切面纵切 1 厘米的切口;再将作为接穗植株上部的嫁接部分切下,在接穗上可留下一片最小的叶片,然后将幼苗的茎削成楔形,最重要的是一刀子削好,切口要相当平滑。一个接穗的两面只能削两刀,楔形的斜面长度都是 1 厘米。将接穗插入劈开的砧木中,注意不要把接穗放在砧木切口的中央,而要放在切口的旁边,使接穗的形成层和砧木的形成层密切地结合在一起。这样,两个创口才能愈合。然后用棉线捆扎,外面再包上湿纱布,使嫁接的地方不致于变干。

接穗和砧木接口处,也可以不采用棉线捆扎,改为用柳皮圈或木槿圈来固定。在嫁接前,选取比砧木稍粗的柳枝或木槿枝,用刀片在枝条上每隔 1 厘米处割一圈,以割破树皮为限,而后用手指转动枝条,就可将每 1 厘米长的柳皮圈或木槿圈一个个从枝条上脱下来。嫁接时,将柳皮圈或木槿圈套在砧木上,位置是在切口的下边(见图);将接穗插入砧木切口后,再将套在切口下面的柳皮圈或木槿圈徐徐往上拉,使柳皮

圈或木槿圈口与砧木的横断面一样齐为止(见图)。这种固定法做起来比较省事,而且柳皮圈或木槿圈又可防止切口的水分散失。根据我们的经验,在棉花嫁接时,采用这种固定方法,成活率是在80%以上。

嫁接好后,要对嫁接的植株进行充分的灌溉,并套上一只没有底的瓦盆,上面盖一块玻璃,使盆内保持着相当高的湿度,让接穗和砧木的伤口互相愈合。

要是接穗在一星期后还没有枯死,就说明接穗与砧木已经愈合在一起了,再隔一星期就可除去包扎物,这样,嫁接就算是成功了。

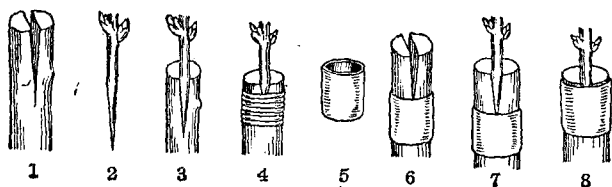


图 10-1 劈接法(包括两种固定方法)

1. 在砧木横断面纵切1厘米的裂口
2. 将接穗削成楔形,楔形斜面长1厘米
3. 将接穗插入砧木切口
4. 用线扎缚固定
5. 从柳枝条上脱下1厘米长的柳皮圈
6. 将柳皮圈套在砧木的切口下边
7. 将接穗插入砧木切口
8. 将切口下的柳皮圈往上拉,使柳皮圈口与砧木横断面相平

**【靠接法】** 靠接法的成活率比较高,有时用劈接法不容易成功,接穗往往枯死,此时就可考虑采用靠接法。

靠接法最好要在花盆内进行。事先将准备嫁接用的植株同种在一个花盆内,一般幼苗长出4~5片叶时,就在两棵植株相对的两面,在茎部各削去一个长约2~3厘米的切口,切口也必须十分平滑,然后将两植株在切口处靠拢,用棉线捆扎,棉线外面最好用湿纱布包扎,以防切口处水分散失。接好

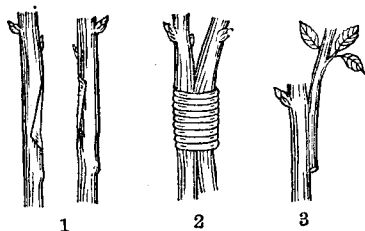


图 10-2 靠接法

1. 在两株作物相对的对面对面，各削去 2~3 厘米长的切口
2. 将两株作物的切口靠拢，而后用线扎缚
3. 靠接成活的植株

考虑采用胚乳法。象麦类、玉米、水稻等作物都可以采用此法。

胚乳法的具体操作方法，又可分为干接、湿接、套接和胚乳注射等方法。

**【干接法】** 先将作为砧木的种子，用刀片切去种胚；然后再将作为接穗的种子，也用刀片切下种胚，移接在砧木上。嫁接时，在砧木的切面稍用蒸馏水加以湿润，或用淀粉糊粘固种胚，阴干后即可播种。

这种方法的缺点是涂上淀粉糊后，会引起发霉，成活率较差，所以一般不常用。

**【湿接法】** 湿接法基本上和干接法相同，所不同的只是在操作前

后要浇水，也套上一个没有底的瓦盆，上面盖块玻璃。如果成功的话接后 10 天就可愈合，此时，就可将砧木从接口上部削去；再隔 10 天后，就可将接穗在接口下部剪断。

### 2. 胚乳法:

一般单子叶植物，采用幼苗嫁接比较困难，可

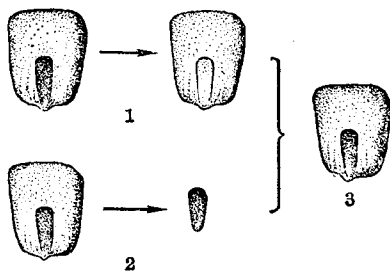


图 10-3 胚乳干接法

1. 用刀片将砧木的种胚切去
2. 将作为接穗用的种胚，从种子上完整取下
3. 将一个品种(或种)的种胚，移植到另一个品种(或种)的种子上

应把嫁接的两个品种(或种)的种子各放在水内,浸泡一昼夜,俟种子吸水胀大后,再来进行嫁接。此外,把甲品种的种胚嫁接到乙品种的胚乳上时,不必用淀粉糊粘,只要把乙品种切口处的胚乳,用针略为捣烂,就可以把种胚粘住。

嫁接种子的萌发,应在经过消毒的器皿或苗床上进行。

【套接法】 上面两种嫁接法——干接和湿接,嫁接成功的百分率都比较低。套接法的成功机会一般都比较较大。

套接法的操作: 比如小麦的套接, 首先将作为嫁接用的不同品种(或种)的种子, 用水浸泡两昼夜。等胚乳浸软后, 把作为接穗的种子在后端(刚毛部分)切去种子的三分之一胚乳。然后用比较粗的针或镊子将种子中的胚乳掏干净, 特别注意要把种胚两侧所藏的胚乳也掏掉。注意不要碰伤了胚或弄破了种皮。把作为砧木的种子上的种胚切去, 而后将它嵌入上面已掏净的接穗种子中去; 假使砧木种子太大, 套不进的话, 可以在两侧削去一部分。

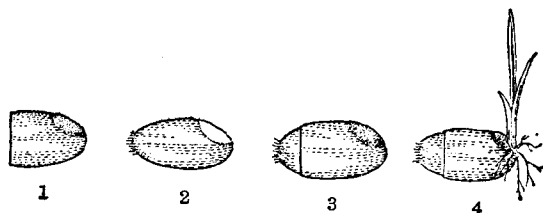


图 10-4 胚乳套接法

1.接穗 2.砧木 3.将砧木套在接穗内 4.发了芽的种子

将砧木种子嵌入接穗种子中去, 砧木过大时, 不易放进; 砧木过小时, 放进去又不严实, 因而影响嫁接效果。如果将作为砧木的种子, 去了胚之后, 将胚乳研成粉末(干研), 可研多点, 然后把干的粉末塞到接穗的种皮中去, 塞得紧紧地(注意

不能碰伤种胚),并用溶化的石蜡封闭接穗后端的切口。实践证明,效果较好。这一改进方法还有个好处:可用几个品种(或种)的粉末混合后作为同一的砧木的使用,从而丰富了杂交的内容。

掏胚乳用的针或镊子,以及用来研粉末的工具都要经过消毒。

嫁接好的种子,可先在消过毒的器皿中发芽,愈合后,才把这些发了芽的种子移插到花盆中去。

**【胚乳注射法】** 种子乳熟时期,在种子上端和下端各刺一小洞,用注射针筒将另一品种(或种)的胚乳浆从上端小孔注入,种子中原有胚乳浆即从下孔被压出,从而达到交换胚乳的目的。水稻新品种“硬秆青”,就是采用这种嫁接法选育成功的。

### 3. 块根、块茎嫁接法:

凡利用块根或块茎繁殖的作物如甘薯、马铃薯、和甜菜等作物都可用这种嫁接法。

**【芽眼嫁接法】** 接穗和砧木的块根或块茎如果大小相近,可采用芽眼嫁接。

将块根或块茎上只留一个芽眼,其余都拔除,稍加催芽以后,在保留的芽眼处纵切两半,然后将两嫁接亲本的两半边薯块芽眼相对贴紧,用线扎好,放在 $20\sim 30^{\circ}\text{C}$ 和湿度较大的条件下,让它们愈合后,再移栽到试验地上。

**【芽眼移植法】** 用圆筒形打眼器,把一个品种的芽眼取下(如无圆筒打眼器,用小刀挖也行),安放在另一品种取去芽眼的孔中,使其密切结合,并在嫁接处涂以石蜡,以防病菌侵入。接好后,将它种在湿沙中或潮湿的锯末中,在 $20\sim 23^{\circ}\text{C}$ 和湿度较大的条件下,接合处能较早愈合,不久就可发

芽。

## (二) 嫁接的时期和嫁接后的管理

### 1. 嫁接的时期:

【嫁接的时期与嫁接的成活率有关系】

嫁接育种，目前在大豆上比较广泛采用。安徽的淮北平原，也是我国大豆的主要产区，那里有很多单位，正在广泛、深入地对大豆进行嫁接

育种工作。根据安徽阜阳地区农科所的实践来看：大豆在两片复叶时，嫁接成活率最高；真叶期的嫁接成活率最低。见下页表格：

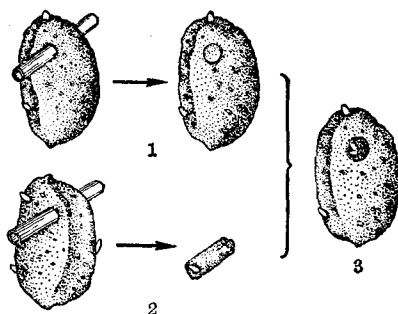


图 10-5 芽眼移植法

1. 将薯块上的芽眼除去，作为砧木
2. 将薯块上的芽眼取出，作为接穗
3. 将一个品种上芽眼(接穗)，嵌入另一个品种的眼孔(砧木)中去

为了提高嫁接的成活率，嫁接的时间最好是在下午 3~4 点钟以后或阴天进行。

【嫁接的时期与嫁接的效果有关系】 嫁接只是一种手段，我们不只是要求嫁接的植株能够成活，我们更要求在嫁接之后，在杂交后代能表现出杂交的效果，能产生变异，这才是嫁接育种的先决条件。

仍以大豆为例。黑龙江合江地区农科所在这方面是有着丰富的经验的。他们在 1953 年就开始了大豆无性杂交育种工作。当时是采用“幼龄嫁接”，开始两年都失败了。他们认真地总结了失败的经验教训，1955 年改变了嫁接的时期，采用了“高接法”，在配制的 8 个组合中，1956 年就有 4 个组合发生了变异。收到了可喜的效果。他们的“高接法”就是

大豆的嫁接时期与嫁接成活率①  
(安徽阜阳地区农科所 1973年)

嫁接 时期	项 目 组 合	嫁 接 情 况		
		嫁接株数	成活株数	收获株数
真 叶 期	紫大豆+大白角	15	8	8
	青仁乌豆+大白角	15	8	1
	大青豆+大白角	10	1	0
	小 计	40	12	9
	比 数		占嫁接株数 30%	占成活株数 75%
一 片 复 叶 期	紫大豆+大白角	12	7	2
	青仁乌豆+大白角	12	8	3
	大青豆+大白角	11	3	2
	小 计	35	13	7
	比 数		占嫁接株数 51.4%	占成活株数 33.9%
二 片 复 叶 期	紫大豆+大白角	16	11	4
	青仁乌豆+大白角	15	10	5
	大青豆+大白角	9	5	2
	小 计	40	26	11
	比 数		占嫁接株数 65%	占成活株数 42.3%
三 至 五 片 复 叶 期	紫大豆+大白角	23	7	6
	青仁乌豆+大白角	16	10	8
	大青豆+大白角	11	5	1
	小 计	50	22	15
	比 数		占嫁接株数 44%	占成活株数 68.2%
	总 计	165	78	42
	比 数		占嫁接株数 47.3%	占成活株数 53.8%

① 此表格系由阜阳地区农科所提供资料,由作者整理而成。

指：当大豆长出3~4片复叶时进行劈接。

## 2. 嫁接后的管理：

第一，每个组合在杂交完毕时，都应在植株上或材料旁挂上(或扦插)牌子，上面注明接穗和砧木名称，及嫁接日期；同时，应将情况记载在簿子上，以便今后有案可查。

第二，在嫁接植株的接合处未愈合前，应避免阳光曝晒；同时应经常浇水，保持高湿度，以防枯死。

第三，为了增强“外因”对“内因”的影响作用，要经常摘掉砧木上的花荚，使其营养体充分生长，以加强对接穗的“教养”作用。同时在接穗长到一定高度的时候，要进行摘心疏叶，控制其营养体的生长，促进内部矛盾的转化，打破接穗的相对平衡，使之产生变异。

## 四、获得无性杂种的条件

通过无性杂交，有时可以获得无性杂种，也有时会看不到无性杂交的效果。一句话，并不是任何嫁接都能获得无性杂种。

这里，便产生了这样的问题：究竟在什么样的条件下，不同植物进行嫁接才会发生遗传性的改变呢？才可以得到无性杂种呢？

根据前人的经验，要获得嫁接变异，要获得无性杂种，是要具备下列一些条件的。

### (一) 年龄和发育阶段在嫁接中的作用

十六世纪，李时珍就曾总结出“李接桃而本强者其实毛，梅接杏而本强者其实甘”的成功经验。这就是说，当桃(砧木)在年龄上、长势上强于李(接穗)时，则李受到桃的影响，果实上出现了桃所具有的绒毛。梅子本不甜，但受到强壮的杏(砧



木)的作用,使梅果变甜如杏。说明砧木和接穗的年龄不同,发育状况不同,能够影响到性状的改变。以后,米邱林也证实了这一点,他认为植物在幼龄时期的遗传性状还未完全表现出来,还很不稳定,容易受到外来营养的影响而发生变异。因此,如果希望改变接穗的性状,就应选用年龄上、发育阶段上老的植株为砧木,去影响年龄小、阶段上幼小的接穗。反过来也这样。水稻新品种“硬秆青”的育成,这个例子也可作为论证这一论点的材料。这里,被蒙导的水稻是采用“稻稗杂种”,这个杂种的遗传性当然是不稳定的;在幼胚初发育的幼小阶段接受多穗高粱浆汁的影响。这里,作为蒙导者的多穗高粱在遗传性上是稳定的。结果,“稻稗杂种”(接穗)在多穗高粱(砧木)的影响下,终于产生了遗传上的变异,从而选育出“硬秆青”。

同样,湖北黄梅胡世柏公社用棉花和蓖麻嫁接育成的“蓖麻棉”,也可说明这个问题。这里,作为蒙导者(砧木)的蓖麻植株已现真叶,而被蒙导者(接穗)的“鄂光棉”则选择子叶未开的幼苗,结果,在嫁接后也产生了变异,从而选育出“蓖麻棉”。

由此,我们还可明白了,为什么把优良品种的果树成熟枝条(或芽片),嫁接在幼年的砧木上进行嫁接繁殖不容易发生变异的原因。

## (二)嫁接成分间光合作用面积的对比关系

无性杂交的成败关键,还在于迫使被蒙导者接受蒙导者代谢上的影响。嫁接愈合以后,应该尽量减少被蒙导者光合作用的叶面积,如摘去部分叶片、摘心,实行遮光处理等;以迫使它接受蒙导者所制造的营养物质和代谢产物,从而达到遗传性的改变。如福建农学院曾经用光籽中棉,对毛籽陆地棉进行嫁接蒙导;当陆地棉摘叶一次时,嫁接当代仍生毛籽,在

F<sub>1</sub> 中分离为毛籽和光籽；而在嫁接后摘叶两次时，当代陆地棉即有变为光籽。上述“长绒 3 号”的嫁接中、黑龙江合江地区农科所在大豆品种间无性杂交中，都曾采用类似的方法以打破接穗的相对平衡，促使矛盾的转化，以达到产生变异杂种的目的。此外，如延长蒙导时间，重复嫁接<sup>①</sup>、夹接<sup>②</sup>等促进形成无性杂种的方法，也是根据这一原则制订的。

### (三) 避免嫁接的迅速愈合

根据目前的探讨，通过输导系统所运送的有机物质，多半是糖类、氨基酸以及部分的肽等非特异性代谢产物；而当输导系统尚未建成之前，接穗和砧木之间必须通过愈合处细胞间联系的物质交换，因而也可能促进它们细胞质和核物质的交流，从而获得无性杂种。无性杂交的一些实践证明，嫁接愈合得不好，遗传性状的改变愈明显；接近愈合部位所生果实的后代，变异也较来自上部果实为深刻。这一点，对于提高获得无性杂种的可能性，也具有重要的意义。

---

① 如嫁接在当代或次代看不见变异，可采用重复嫁接。就是从接穗上所获得的后代，连续数代嫁接在同一类型的砧木上，直到在砧木的影响下获得所需要的变异为止。

② 当接穗和砧木愈合后，再将砧木上的枝条或芽嫁接到接穗的顶端，并将夹在中间的接穗上的叶子全部除去，使其在砧木的叶子和根系的影响下产生变异。

## 第十一章 辐射育种

前面已讲过好多种育种方法,不管采用哪种方法,首先是要得到遗传的变异,再在变异的基础上,才有可能选择有益的、可遗传的变异,进而培育成优良品种。

根据变异的获得途径,可以把漫长的育种历史过程,分为这样三个阶段:选种阶段、杂交阶段和人工引变阶段。

在选种阶段,人们只是从原始群体中,将那些最优秀的植株分离开来,进行单株繁殖,作为生产上推广的新品种。这一育种方法,实质上,它只是利用自然界现有变异,而并不能创造新类型,因此,它有一定的局限性,不能充分满足农业生产上发展的需要。

这样,育种工作就过渡到第二阶段——杂交阶段。在这一阶段,人们通过不同类型的杂交,使两个(或两个以上)品种(或种)的优良性状结合在一道,同时还可能出现亲本所没有的新性状。这就给育种工作有更大发展的可能。不消说,杂交育种的效能就大大地超过了育种的第一阶段——选种阶段。

但是,杂交育种仍然受到了原有品种遗传性的一定限制。杂种的变异程度并不能超过亲本很远。虽然,远缘杂交的分离要比品种间杂交来得大,但很不容易将亲本所有的优点综合在一个系统里,而且也不容易在短期内稳定下来,给育种工作带来了很大困难。因此,杂交育种对人们生产上日益增长

的要求还是难能满足。

于是，育种工作便进入到第三阶段——人工引变。人们利用各种外界因素，来促使作物的遗传性朝着不同方向发生变异，以便获得更多的全新的原始材料，这就为育种工作的进一步发展奠定了良好的基础。

人工引变的方法很多，经常采用的有辐射育种，和倍数性育种。倍数性育种在下章中讲；这一章介绍辐射育种。

### 一、辐射改变遗传性

什么叫辐射育种？它是利用放射性射线，如X射线、 $\gamma$ 射线、 $\beta$ 射线、中子、和无线电微波等处理作物种子、植株或其他器官，引起作物遗传性的改变，产生各种各样的变异，再经过选择，培育出优良品种的一种方法。

这里，产生了一个问题：作物经过辐射处理之后，为什么会发生变异？

这一问题的答案是较为复杂的。这些年来，人们一直在努力探索着这一问题的秘密，目前已稍有眉目。

#### (一) 辐射诱变的原理

我们已经知道，染色体是遗传物质的载体，它上面好象“记录”着有机体的许多遗传特性。作物的各种性状之所以能遗传给下一代，主要是在于细胞中的染色体。决定作物性状的遗传因子——基因，就排列在染色体上。当作物细胞受到一定剂量的射线照射时，细胞核内的染色体可能会被打断，染色体一打断之后，就引起基因的重新排列和组合，从而产生了变异。这是在辐射处理后，引起变异的一种原因。

引起变异的第二种原因，是基因的突变。基因突变的产生，主要是被照射物质的离子化关系。

怎样会引起离子化呢？

我们知道，生物体是由各种化学物质组成的，这包括各种有机的和无机的化合物。这些分子都由原子组成。原子当中有一个正电荷的原子核，周围是负电荷的电子，正负电荷彼此平衡，所以，正常的原子是中性的。当放射线穿过物质的时候，它们可能把原子外围的一些电子赶跑，于是本来电荷平衡的原子现在不再是中性的，而含有正电荷了。这样带有电荷的颗粒就是离子。

物质发生离子化就会产生一些后果。比方说，一个原子离子化后，以这原子为组成部分的分子就要发生化学变化。如果这化学变化发生在基因周围，基因就可能随着发生一些变化；如果这变化的分子是基因或基因的一部分，那末这基因的化学成分就跟原来的有所不同，以后复制自己，就是突变了。这就是基因的突变。

## (二) 基因突变的表现

我们知道基因有显性的，有隐性的；突变也这样。基因的突变也有显性和隐性之分，因而突变的表现型亦随之不同。

### 1. 显性突变：

假定具有  $aa$  基因的自花传粉作物，其配子的一方，例如卵子发生突变  $a \rightarrow A$  (显性突变)，则产生两种配子(卵子)： $A$  和  $a$ ；这两种配子以  $a$  花粉授精后，其子代是  $1Aa:1aa$ ，新变异的类型即以杂合状态立即在子代上表现了出来。

### 2. 隐性突变：

假定具有  $AA$  基因的个体，其生殖细胞的任何一方，发生  $A \rightarrow a$  的变异，这样，就出现  $A$  和  $a$  两类配子；因为另一方的配子只有一种： $A$ ，所以，在下一代中  $AA$  及  $Aa$  各为半数，由于  $A$  在这里是显性，因而在外观上还不能表现出突变型。

然而在自花传粉作物上,由于 Aa 个体的自交,其后代就将会出现 1AA:2Aa:1aa,因而新变异类型即以 aa 同质结合状态表现出来。

突变通常是在生殖细胞中基因发生了变化,而表现在后代上;但有时也发生在体细胞中,称为体细胞突变。历来在果树方面也有称为芽变或枝变的,仅仅某一枝条出现具有新的性状的变异,这都是属于体细胞突变。在这种场合,如将新变异的枝条用压条或插枝的方法进行繁殖,一成活的话,就能得到一个新的营养系。例如柑桔的早生温州品种就是来自枝变,而成为广泛推广的品种,这是一个典型的例子。

### (三)自然突变和诱发突变

突变,既可以通过人工诱导,自然界中也可自发产生。前面,曾提到过水稻“矮脚南特”品种,就是一个自然突变的类型。其他如棉花的短果枝、鸡脚叶,玉米和水稻的糯性,也都是起源于自然突变。

要问:在自然界中,作物为什么也能产生突变呢?原来,在自然界中也广泛存在着各种诱变因素,例如温度、光照、干湿度的激烈的变化,或是宇宙线的影响等等,都可以促使作物产生突变。这种突变一经出现后,就能遗传给下一代;这种突变由于不是在人工诱导下产生的,而是在自然界自发产生的,所以,就叫它自然突变。

自然突变在种类和传递规律上,可以说,和诱发突变是一致的。所不同的,那只是自然突变所出现的频率远比诱发突变低,两者的出现频率要相差千百倍。

不管是自然突变,或是诱发突变,它们所产生的变异个体,绝大多数是畸形的,有利于人类的变异极少。不过,这不要紧,可以把不需要的变异类型淘汰掉,只留下有利的类型,

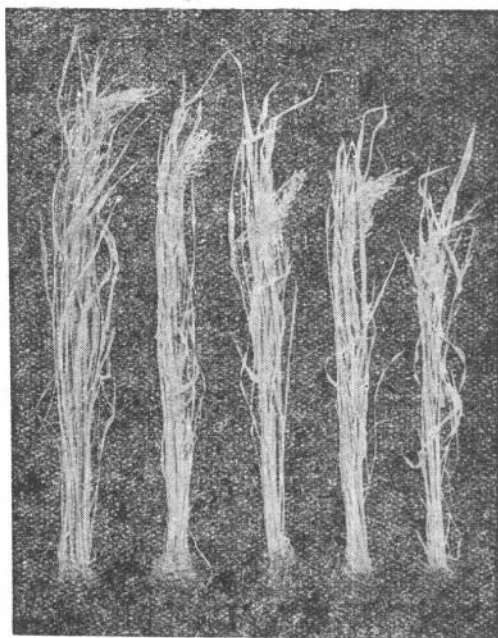


图 11-1 水稻辐射第三代所出现的植株高低的变异  
作为育种的原始材料就行了。

## 二、辐射诱变在育种上的利用

### (一)可诱发某些作物的有益突变

大量的实践证明,通过电离辐射,可以使作物产生一些有利用价值的变异。例如,成熟提早,植株变矮,茎秆增强,抗病性增强,籽粒增重,蛋白质或含油量增加等等;为选育新品种创造了极为丰富的原始材料。

### (二)辐射产生的变异,有频率高、稳定快的特点

辐射处理的作物后代,突变频率一般可以达到  $1/30$ , 比

用电离辐射诱发某些作物的有益突变

涉及性状	作物	育成品种所提供的资料
成熟提早	水稻	“津辐1号”比原品种早熟7天。 “辽丰5号”比原品种早熟3~5天。 “辐育1号”比原品种早熟10~15天。 “辐育6号”比原品种早熟10天左右。 “珍辐2号”比原品种早熟5~7天。 “珍辐1号”比原品种早熟10天。 “辐梗”比原品种早熟4天。
	小麦	“原农51号”比“歌柔”早熟7天左右。
	大豆	“丰收11号”比原品种早熟30天。 “黑农4号”比原品种早熟10天。 “黑农6号”比原品种早熟5天。 “黑农8号”比原品种早熟10天。
植株变矮	水稻	“辐蓬矮”株高70厘米左右,比原品种矮35~40厘米。 “湘梗11号”株高约100厘米,比原品种矮20厘米。 “辽丰5号”比原品种矮5厘米。
抗病性增强	水稻	“津辐3号”抗稻瘟病极强。 “矮辐9号”抗稻瘟病。 “辐育1号”抗稻瘟病。 “辐选3号”抗稻瘟病。
	小麦	“2411”比原品种“辉县红”抗病力提高。 “原丰2号”高抗条锈病。 “太辐1号”比品种“农大183”抗病力增强。
品质提高	棉花	“68辐选45”绒长比对照(晋中200号)长2.14毫米。 “69辐选34”绒长比对照(晋中200号)长0.77毫米。
	大豆	“黑农4号”含油量比原品种高1%。 “黑农5号”含油量比原品种提高2.5%。 “黑农7号”含油量比原品种提高1~2%。



自然突变要高 100~1000 倍以上。这就为选择提供了更广泛的机会。

辐射产生的突变，稳定也比较快，一般只要经过 3~4 代就可基本稳定。例如，上海农科院育成的“沪辐 67—48”早稻经三代定型；“沪辐 311”水稻是辐射后经四代选育而成的。

### (三) 有利于改造单一性状

利用辐射育种，能在较短时间内比较有效地改良一个品种的某些单一性状。早熟品种往往产量不高，如将晚熟、丰产的品种，经过辐射处理，就有可能选出早熟丰产的品种。例如，浙江农科院用  $\gamma$  射线 (1.5 万伦) 处理迟熟丰产的水稻品种“二九矮 7 号”，结果，选育出“辐育 1 号”，比原品种早熟 10~15 天，而丰产性仍保持原品种的特点；山东农科院用  $\gamma$  射线 (3~3.5 万伦) 照射“阿尔巴尼亚 1 号”小麦，育成了“中阿 1 号”，它保留了原品种的丰产、抗倒等特性，而提高了品质和耐寒性；黑龙江农科院用  $\gamma$  射线 (1 千伦) 处理大豆“东农 4 号”，育成了“黑农 5 号”，新品种保持了原品种的优良特性外，而含油量却提高了 2.5%，产量也提高了 16.4%。

### (四) 可以改变孕性

辐射能改变作物的孕性，对开展雄性不育的利用很有必要。例如，辽宁昭盟农科所用  $\gamma$  射线处理玉米杂交种，在第三代选出抗大斑病的“赤双 26 A”丰产不育系。因为辐射产生的不育系，容易保持原品种的特性，用突变不育系与原品种回交，或与其他品系杂交，容易找到雄性不育保持系。此外，辐射也能促使原来不孕的作物恢复孕性，这也为雄性不育系寻找和配制恢复系提供新的途径。

辐射能改变作物的孕性，又可促进远缘杂交的成功。远缘杂种的结实率往往比较低甚至不结实，如用适当剂量的射线

处理花粉，可以促进受精结实，达到创造新的优良品种的目的。

#### (五)可以破坏两种遗传性状的连锁关系

利用辐射处理，可以破坏一种优良性状跟其他不良性状的连锁关系，为综合不同优点除去其他缺点创造条件。例如，我们可以把燕麦的抗锈性和对叶枯病的感染性，分离开来。在远缘杂交工作中，由于应用了辐射处理法，还可以将某些特征由某一亲本类型转移到另一亲本类型。而这一点如用其他育种方法是难能做到的。例如，对羊草属×小麦的杂种进行辐射处理，可以只将羊草属所具有的抗病性转移给小麦。

#### (六)手续简便，适于开展群众性选育

现在，许多省市都有辐射源可以利用，都可进行辐射处理。只要选好诱变材料，决定剂量，就可将材料送给他们代为处理，以后，再根据选种目标进行多代选择和培育，就可能获得一个新的优良品种。

当然，任何事物都是一分为二的，辐射诱变在育种上有它独特的优点，但也存在一些缺点。例如辐射诱变的后代，经常导致生活力衰退，所产生的突变大多数是不利的，在大量的诱变后代中，只有少数有利突变；此外，突变的方向也是不定的，目前我们还难以控制和预测符合育种目标的突变的产生，这就需要大量的原始材料进行处理，才能收到预期的效果。

### 三、辐射处理材料的选择

辐射处理的材料，应根据育种目标和辐射育种的特点来进行选择。

总的来讲，我们对品种的要求，不外乎是：要丰产、稳产、品质好和适应性广。但在制订一项育种目标时，应该有所侧

重。说得具体一点，育种工作应该放在一个遗传基础比较好的品种上，而后对这个品种的某一、二个缺点进行改良；这里，对改进某一、二个缺点，就成为我们育种的具体目标。实践证明，这样做，才能在较短时期内取得成果；否则，那种毫无基础，一意求全，泛泛而谈的育种目标，是很难实现的，当然，也出不了什么成果。这在选择诱变材料时，首先就需要考虑到。

此外，前面曾经讲过，基因突变有一个特点，那就是只能涉及个别性状的变化，而其余的性状还是保持了原品种的特点；根据大量实践证明，作物经过辐射处理，比较容易获得的突变是早熟、矮秆、抗病等性状。这些辐射育种的特点，在我们制订辐射育种目标，及选择诱变材料时，也是应该要慎重考虑的。

例如，山东滕县龙阳公社史村大队的贫下中农，对“辉县红”小麦品种进行辐射处理，选育出“鲁滕1号”（即2411），这个品种近年来的单产总稳定在800斤左右，高产地块达千斤以上，是一个高产、稳产的好品种，深受贫下中农的欢迎。这个新品种的产生，其中与正确选择诱变材料很有关系。“辉县红”是一个基础比较好的小麦品种，它具有高产、质优、抗倒伏等优点，缺点是不抗锈病。选择“辉县红”作为诱变材料，目标非常明确，那就是只要改良它的抗病能力，要求在高产的基础上达到稳产。结果，选育出的“鲁滕1号”，抗病力比原品种“辉县红”提高了。

根据各地选择诱变材料的经验，选择诱变材料可到下列品种或材料中去选：

首先，可利用当地的当家品种或搭配品种为材料。因为，这些品种，经过历年栽培，都是适合当地条件的优良品种，它

们在生产上还有什么缺点也了解得比较清楚;经过辐射以后,就可以从后代的不同突变中,有目的的选择能弥补原有缺点的突变。

其次,也可以结合引种来进行。一般引进的品种,在其原产地都是著名的优良品种;引进本地区后,可能在某一方面不适合,通过试种观察,需要改良的缺点也掌握得比较清楚,应用辐射育种就可针对这些缺点来进行改良。

第三,对于有性杂交的杂种后代,也可辅之以辐射育种。例如对某一优秀性状和其他不良性状的连锁关系,就可以通过辐射处理来进行破坏,使我们能满意地利用某一优秀性状。

此外,为了提高育种效果,根据一些地方的经验,最好能把辐射和杂交结合起来,选用杂交当代种子或杂种早代材料作为辐射处理的原始材料。这样可以扩大变异范围,提高变异率,为选育提供更有利的条件。

照射与未照射第三代材料产量性状变异比较表

(黑龙江省农业科学实验所 1966 年)

项目 处理	株高 (厘米)	穗长 (厘米)	小穗数 (个)	主穗 粒数 (个)	主穗 粒重 (克)	单株 粒重 (克)	千粒重 (克)	抽穗期 (月、日)
阿勃	65.10	10.50	18.40	54.00	1.23	1.58	21.10	6.25
欧柔	62.10	9.20	19.30	74.00	3.10	5.80	38.60	6.19
(阿勃 $\gamma_4$ ×欧柔) $F_0$ 未照射	62.50~ 66.00	9.10~ 10.50	17.00~ 18.00	53.00~ 73.00	1.60~ 3.40	6.20~ 10.90	35.90~ 50.90	6.18~ 6.25
(阿勃 $\gamma_4$ ×欧柔) $F_0$ 照射	61.00~ 81.20	8.90~ 14.00	16.00~ 22.00	42.00~ 92.00	1.90~ 3.90	2.80~ 9.70	22.50~ 49.10	6.17~ 6.25

### 照射与未照射第三代有益突变百分数

(黑龙江省农业科学实验所 1966 年)

组 合	处 理	总 株 数	有益突变与百分比	
			有益突变数	占总株数(%)
克 70-3×欧柔	未 照 射	9,330	148	1.58
	照 射	15,480	257	1.67
克 70-2×欧柔	未 照 射	4,030	32	0.78
	照 射	9,830	181	1.47
阿勃 $\gamma_4$ ×欧柔	未 照 射	1,700	4	0.24
	照 射	4,700	23	0.49

## 四、辐射处理的方法和剂量

### (一)辐射处理方法

#### 1. 内部照射和外部照射:

辐射处理方法,可分为内部照射和外部照射两大类。目前采用最多的还是外部照射。

内部照射是将辐射源引入被照射种子或植物某器官内部。通常是将放射性同位素磷<sup>32</sup>、硫<sup>35</sup>等溶液浸渍种子、块根、块茎,或施于土壤中让作物根系吸收。当这种放射性同位素进入植物体内,就能达到诱变的效果。利用内部照射法诱变,需要一定的实验设备,试验过程中还需要一定的防护,预防放射性同位素污染。处理过的材料在一定时间内还带有放射性,不能食用或饲用。这种方法,目前在育种上应用较少。

外部照射是指被照射的种子或植株所受的辐射来自外部某一辐射源。例如,应用X射线照射,可以把育种材料直接置于X光机下进行照射就行。如用钴<sup>60</sup>为放射源进行 $\gamma$ 射线照

射,就要有防护设备的照射室。经过处理的材料,在播种时也非常安全。目前群众性的辐射育种,大多采用外部照射。

## 2. 作物的处理部位:

作物的处理部位很多。花粉、子房可照射,种子可照射,营养器官也同样可进行辐照处理。这里单介绍种子照射和营养器官照射。

种子照射,有处理干种子、湿种子或萌动的种子三种。目前辐射育种中,采用干种子进行处理最为普遍。每一辐射处理的干种子要多少才较合适?一般来说,处理后的最后成活株数以不少于 2,000 株为宜。因此,水稻要 2~5 两;小麦要 2~4 两;油菜的种子小而轻,可按比例减少,棉花的种子较大,可按比例增加。每种处理的种子量过多,群体大工作量也大;种子量过少,群体小存活的株数少,可供选择的变异机会少,也难以达到育种目的。为了使辐射育种工作做得更合乎要求,辐照前,对种子要进行精心细选,选出那种具有本品种特点的粒大饱满的籽粒。如果能预先做好发芽率测定和含水量测定,那是再好也没有了。

过去,认为用干种子进行辐照处理后,可以贮藏,把它作为干种子照射的好处之一。但根据最近在小麦上的试验,干种子在辐照处理后,贮藏半个月的,所产生的效应为最严重;如贮藏 3 个月的,种下去和对照(未经辐照的原品种)一样,看不出有什么变异。因而认为辐照过的种子,在贮藏时间上是有相对期限的。

许多营养繁殖作物的育种,主要是选择利用体细胞的芽变,用辐射处理可以增加芽变数目。块茎、块根、鳞茎和果树的枝条或幼芽等营养器官,都可进行辐照处理,从而引起变异,以供育种中利用。如处理块根时,可照射发芽的块根;处

理块茎时，则可照射原有芽眼，都可能获得效果。

## (二) 辐射剂量的选择

农业上常用辐射源的种类，有： $\gamma$ 射线（又称丙种射线）、X射线（又称阴极射线）、 $\beta$ 射线（又称乙种射线）、和中子等。其中 $\gamma$ 射线是目前我国辐射育种中，应用最多的一种射线，其放射源主要是钴<sup>60</sup>。

根据中国农林科学院原子能利用研究所《作物辐射育种》一书中，介绍各地利用辐射方法选育出的30个水稻品种中，其中应用 $\gamma$ 射线引变而成的，就有28个，占育成品种93.3%；其中应用X射线引变而成的有2个，占育成品种6.7%。

### 1. 作物对辐射的敏感性：

不同作物、不同品种的遗传性不同，对辐射敏感性也不一样，所产生的辐射效应也有差异。例如，十字花科的作物，象油菜、白菜、甘蓝等，耐辐射性较高，对射线的敏感性较弱；禾本科作物如水稻、小麦、大麦、高粱等次之；豆科作物如大豆、花生的耐辐射性较低，对射线的敏感性较强。粳稻品种比籼稻品种对辐射的敏感性大。大豆中，一般农家品种、大粒品种的敏感性较弱，耐辐射性强；相反，一般有性杂交后代和杂交育成的品种、小粒品种的敏感性就较强。

同一作物，同一品种，由于发育阶段不同，对辐射的敏感程度也不相同。例如发芽的种子比休眠的种子、未成熟的种子比成熟的种子、湿润的种子比干燥的种子、幼龄植株比成熟植株等敏感。植株的不同器官和组织对辐射的敏感性也有差异。在各组织中，以分生组织较为敏感；性细胞比体细胞敏感；在性细胞中，卵细胞又比花粉细胞敏感。

### 2. 选择合适的剂量：

根据作物对辐射敏感性的差异，来选择合适的剂量。

## 什么是合适的剂量?

辐射剂量越大,变异率也就随着增加;反之,变异率就小甚至不见。剂量过大,处理的材料死得差不多了,失掉了选择的机会;剂量过小,不见变异产生,也达不到辐射育种的目的。

一般认为最合适的剂量是“半致死剂量”。什么叫“半致死剂量”?即经照射过的材料,成活率占50%的剂量称为“半致死剂量”。或者说,材料经过辐射处理,播种下去到生长结束,能有一半的植株能够继续生存和结实。

几种作物 $\gamma$ 射线处理的常用剂量

作物	处理材料	常用剂量(伦琴)
马铃薯	块茎	2,000~15,000
豌豆	干种子	5,000~15,000
大豆	干种子	12,000~15,000
棉花	干种子	15,000~25,000
玉米	干种子	18,000~25,000
高粱	干种子	20,000~30,000
小麦	雌蕊	200~700
	花粉	4,000~6,000
	干种子	20,000~30,000
大麦	干种子	20,000~30,000
元麦	干种子	25,000~35,000
水稻	干种子	25,000~40,000
油菜	干种子	60,000~90,000



### (三) 辐射诱变和化学诱变相结合

近年来,有人还将辐射诱变和化学诱变结合进行,实践证明,这种综合处理的诱变效果会有显著提高。有人曾对水稻做过比较试验,单独用 $\gamma$ 射线24,000伦琴处理,穗突变率为35.2%;单独用0.33%甲基磺酸乙酯(EMS)处理,穗突变率为35.1%;而综合处理的结果,穗突变率可以提高到46.4%。又如,单用35,000伦琴的 $\gamma$ 射线处理,穗突变率为44.4%,而以35,000伦琴 $\gamma$ 射线处理加0.33%甲基磺酸乙酯处理,则穗突变率可提高到88.7%。

## 五、辐射后代的选育

选择适当的诱变材料,和采用合理的诱变方法与剂量,对辐射育种固然重要;但如果没有精心的选择培育,也是育不成新的良种。而选择和培育需要贯穿于辐射后到新品种育成的每一世代,因而就显得格外重要。

通常,我们把辐射处理后的种子,称为辐射当代,以 $M_0$ 表示;由辐射处理的种子成长的植株,就称为辐射第一代,以 $M_1$ 表示;以后各代分别被称为辐射第二代、第三代……,分别用 $M_2$ 、 $M_3$ 、……表示。为了表明不同射线处理,如用X射线处理的,也可用 $X_0$ 、 $X_1$ 、 $X_2$ 、 $X_3$ ……表示;如用 $\gamma$ 射线处理的,也可用 $\gamma_0$ 、 $\gamma_1$ 、 $\gamma_2$ 、 $\gamma_3$ ……表示。

### (一) 第一代( $M_1$ )的栽培和留种

$M_1$ 代的植株是从辐射当代的种子发育而成的,如果采用半致死剂量,由于受到射线的损害,除了有一半左右的植株中途死亡外,留下的植株也因生理过程的扰乱,以致在群体中有相当数量植株,表现为生长不良,发育延缓;因而成熟期也都推迟了,象元麦,一般 $M_1$ 的成熟期比对照总要迟10~15天。

有的形成白苗或部分失绿；有的长得纤细瘦弱；有的长成畸形，如小麦中有双穗类型，大豆中有双主茎现象；有的不结实或结实率极低。因此，在  $M_1$  可以播得较密，这因为其中有一半种子要在中途死亡；此外，密播可以促进主茎生长，减少分蘖，而主茎穗比分蘖穗的变异要多。

$M_1$  长出的植株所发生的形态变异，一般是不遗传的，这种现象一般称为“辐射形态变异”。在  $M_1$  世代中，很少发现遗传的变异，这是因为辐射所产生的变异，绝大多数是隐性的，它只有在纯合子植株以后的几个世代中才能显现出来。因此，在  $M_1$  中选择最有价值的材料（如未曾感染病害的、早熟的、及其他类型的植株），并在第二年分别播种这些种子，这虽然是有意义的；但应该记住，有许多变异在后代中是不会显现出来的。

$M_1$  植株，从遗传基础来讲，大部分是属于“嵌合体”。这是因为经过辐射的  $M_0$  种子，并不是所有细胞都会发生突变，一般突变只发生在胚的个别细胞上。因此，在有些发生突变的  $M_1$  植株上，可能有的分枝、分蘖是由突变后的细胞发育而成的，而另一些分枝、分蘖则可能来自正常细胞；在同一个穗上，也可能有的小穗或籽粒是由突变后的细胞发育而成，而另一些小穗或籽粒则可能来自正常细胞。正因为它们具有如此的特点，所以在收获时，应该从每一植株上所有分枝或分蘖的各个穗上（或荚中）采集种子，甚至于与对照没有什么区别的那些植株上也要采集种子。

但有时为了减轻工作量，也可以考虑从每株上收 1~2 个穗子，也可以从每穗中收几粒种子，作为  $M_2$  留种用。

## （二）第二代（ $M_2$ ）突变的单株选择

一般自花传粉或常异花传粉作物，通过自花传粉，辐射诱

发的突变，在 $M_2$ 就能自动纯合而分离表现出来。所以，对遗传变异类型的选择工作，主要是从 $M_2$ 开始。在这一代中，必须细心观察，正确鉴别，选择出符合育种目标的有利突变类型。

$M_2$ 的播种方式有两种：

【穗行播】将 $M_1$ 收获的单穗，每穗种成一行。豆、麦粒播，水稻要单本插。为了便于比较鉴别，每隔若干行可播原品种对照行。这种方式便于观察，特别是对微小突变的观察则更加有利。但这种方式在应用时费工很大，比较麻烦。因此，通常多采用混播法。

【混播法】将 $M_1$ 的种子混收、混种，手续虽简便，但观察比较困难。对麦、豆也要进行粒播，水稻要单本插（便于观察），也要设对照行。

不管采用穗行播，或是采用混播法，都必需要给以一个良好的环境，比如种得比较稀点，满足作物对肥水的要求，以让它们的优良性状能充分表现出来。因为，在辐射的影响下，作物不仅会发生显著变异的类型，而且品种内数量性状变异性的幅度也会大大增加，这种数量性状的表现与环境条件很有关系，如果环境条件好，那种微小变异就不会在我们眼下溜过，而这种微小变异，往往在育种上是很有价值的。

### （三）第三代( $M_3$ )分系比较和鉴定

$M_2$ 当选的单株，有可能是在外界环境条件影响下表现型的改变；有可能是属于显性突变，如果是显性突变，在 $M_3$ 还须继续进行分离。因此，在 $M_3$ ，一般都采用株行种植，每一 $M_2$ 当选单株，各种成一个株系。每隔若干株系，种一行原品种作为对照，有时还可插入一个当地的当家品种作为对照，使当选突变株能和原始亲本及当地当家品种相比较，从而考察突变系

在遗传上的真实性和稳定性,以及在生产上的利用价值。

辐射诱变所获得的突变,一般只涉及1~2个性状,而且以隐性突变为多,因此,它跟有性杂交不同,一般在 $M_3$ 就可以纯合稳定。

在 $M_3$ 生育期间要逐行、逐系分期进行观察比较和记载,如果在同一株系内,某种变异性状的表现一致,就说明它是真实遗传并且是纯合稳定的。如果跟原品种或当地当家品种比较,这种变异又是有利的,就可把它选择出来,并按照株系

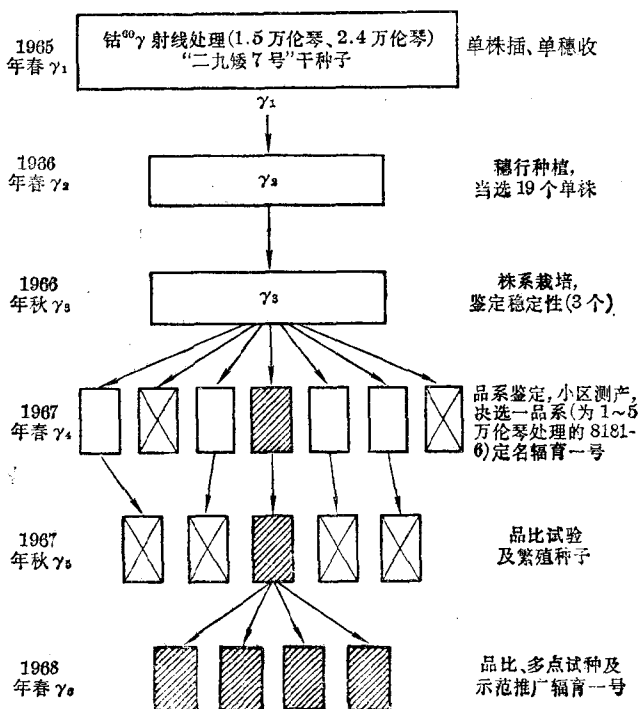


图 11-2 “辐射1号”的选育过程

面积跟邻近对照行作初步的产量比较。对于那些表现有利突变,但在同一株系中仍有分离的,则可继续进行株选,下年再种成株行,按  $M_3$  同样的方法进行比较和鉴定。

#### (四)第四代( $M_4$ )扩大繁殖和品系比较试验

$M_3$  当选的株系,如果种子数量较多,经过与对照初步比较,就可以直接进行扩大试种,边试种、边比较、边示范、边推广。但一般情况下还要在  $M_4$  作进一步的品系比较试验,同时扩大繁殖种子。经过  $M_4$  的比较,因为比较试验的面积较大,它的增产利用价值可以得到更可靠的证实;同时再经过一代的扩大繁殖,就能有更多的种子进行多点试种。一般来说,辐射育种经过  $M_3$  和  $M_4$  就能获得定型的新品种。

下面是浙江农科院选育水稻品种“辐育1号”的简单过程,也可以帮助我们了解辐射育种的一般程序。

## 第十二章 倍数性育种

倍数性育种，是近代作物育种中的一种新方法。在染色体加成方向有多倍体育种法；在染色体倍减方向有单倍体育种法。这种方法，主要是通过染色体倍数性及数目上各种变化来选育新的优良品种，和创造新的类型和物种。目前，三倍体的甜菜品种和三倍体的无籽西瓜已经在生产上广泛应用，是多倍体育种取得实际效果最显著的例子。对单倍体育种的研究工作，也正在广泛、深入开展，估计在不远的将来，定可获得理想的成果。

在这一章中，主要是介绍多倍体育种的一般原理和方法；单倍体育种，可以说，目前还是处于萌芽阶段，经验不多，因此，这里只能作为一般知识性的介绍。

### 一、多倍体育种

#### (一) 多倍体的来历

##### 1. 单倍体和多倍体：

在第二章中已讲过：每一种作物，都有它一定数目的染色体和染色体组。在有性过程中，经过减数分裂后，形成生殖细胞，这时，细胞核内的染色体就减少了一半；受精后所形成的结合子，染色体加倍，又恢复了原来身体细胞的染色体数目。细胞在减数分裂和受精过程中，在不断的新陈代谢作用中，就促使每一种作物，保持了一定染色体数目的恒定性。

比如，玉米的体细胞中含有 20 个染色体，水稻的体细胞中含有 24 个染色体。这些染色体分为两组（每个生殖细胞中只含有一组染色体），玉米每组有 10 个染色体，水稻每组有 12 个染色体，也就是说一般的玉米、水稻都具有两套染色体组。

如果，在体细胞中只含有一套染色体组的，就叫做单倍体；含有两套染色体组的，就叫做二倍体，一般作物都属于二倍体；含有三套染色体组的，就叫做三倍体；依此类推。在茄属植物中，甚至还有十二倍体的。通常，我们把体细胞中含有三套染色体组以上的植物，就统统叫作为多倍体。

一般书上，都是以 X 来表示单倍体的染色体数目；这样，二倍体的染色体数目便是 2X，三倍体是 3X，四倍体是 4X，依此类推。一般生殖细胞的染色体数为单倍性，经常以 n 表示染色体数目；以 2n 表示体细胞染色体数的加倍。

比如，小麦的每组染色体基数是 7 ( $x=7$ )。小麦属根据染色体数目分成为三个不同的系：一粒小麦系是个二倍体，便可写成  $2n=2x=14$ ；二粒小麦系是个四倍体，便可把它们写成  $2n=4x=28$ ；普通小麦系是个六倍体，当然，也就可把它们写成  $2n=6x=42$  来表示。

## 2. 同源多倍体和异源多倍体：

作物多倍体是由于细胞中染色体数目加倍而成。但是，不同的多倍体，由于染色体加倍的来源不同，又可分为：同源多倍体和异源多倍体。

染色体组是同型的多倍体，叫同源多倍体。例如一个二倍体作物(AA)，由于自己染色体组的重复加倍，就可能形成同源四倍体(AAAA)。这类多倍体与原来的二倍体具有相同的遗传物质，只是在数量方面加倍罢了。

异源多倍体是指染色体组异型的多倍体。获得异源多倍

体有两种方式: (1) 如有两个种A和B, 染色体组分别为AA和BB, 让它们进行杂交, 产生的杂种AB, 这种杂种是不育的; 如果这个杂种染色体加倍了, 就成为双二倍体AABB, 这双二倍体也就是异源多倍体, 它是具有能育性的。(2) 让参加杂交的两个亲本A和B的染色体加倍, 成为同源四倍体: AAAA和BBBB; 再由这种同源四倍体相互杂交, 所得到的杂种后代AABB, 也是异源多倍体(或叫双二倍体)。它同样也具有能育性。

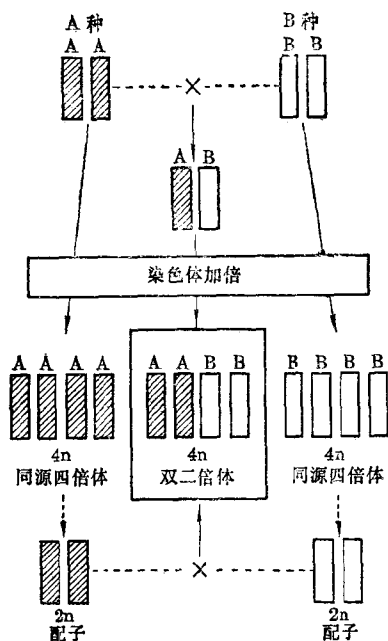


图 12-1 同源四倍体和双二倍体的获得途径

### 3. 自然多倍体和人工多倍体:

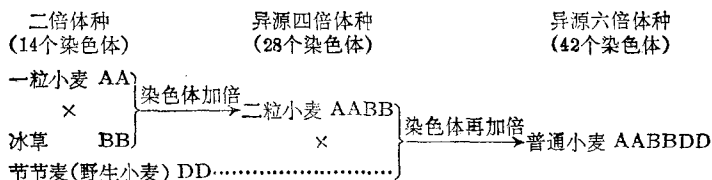
自然多倍体, 是在自然条件下经过长时期形成的物种。而人工多倍体是采用人工诱导的方法, 可在短时期内创造多倍体的新物种。

在栽培作物中, 就有不少作物是自然多倍体。象马铃薯、甘薯等作物是同源多倍体; 象普通小麦、陆地棉、海岛棉和烟草等作物是异源多倍体。

比如讲, 人们怎样知道普通小麦是个异源六倍体呢?



这可以通过人工合成的实验来作出回答。原来，普通小麦的祖先有三个原始种，它就是通过三个原始种杂交演变而成的。它的合成程序是：



这样经过人工合成的小麦，它们的染色体数目、染色体组，与今天的普通小麦是相同的；如果用它们和今天栽培上所用的普通小麦杂交，表现是完全可孕。这一点很重要，它是判别一个种的重要标志。因为根据生物学来讲，属于不同的物种，彼此不交配，或杂交不育；只有属于同一物种的个体，彼此才能进行交配，并产生能育的后代。这就充分说明了：人工合成的小麦与现在栽培上的普通小麦是同属于一个种；人工合成的小麦是个异源六倍体，毫无疑问，普通小麦也是同属于异源六倍体种。

今天，人们不仅掌握了普通小麦的演变过程，而且也摸清了陆地棉、胜利油菜等作物的来源。人们不仅能重复自然界的创造，而且，还能创造出自然界中所没有出现过的新物种，“小麦——黑麦”这个新种，就是一个很好的例子。

植物多倍体在自然界虽普遍存在，但是，自然界存在的植物多倍体，主要是异源多倍体，而同源多倍体就比较稀少。因为同源多倍体的不孕性一般很严重，比较难用种子保存下来；但是那些经常用营养器官进行繁殖的植物，还是可以通过营养器官把它们的同源多倍体保存下来的。

#### 4. 多倍体产生的原因：

不管是同源多倍体,或是异源多倍体,它们之中有个共同的特点:那就是细胞中染色体数目加倍了。这种染色体数目加倍的现象,既可以在自然界中自发产生,也可以在人工引变下形成。

究竟是什么原因引起多倍体的形成呢?

多倍体产生的原因,主要是外界因素的刺激。外界因素可分为物理因素和化学因素两类:物理因素有温度的激变、机械创伤、离心力、紫外线、X光及渗透压的改变等;化学因素则有各种植物硷、麻醉剂和生长剂:如秋水仙素、富民隆(甲苯硫磺苯胺基苯汞)、吲哚乙酸、苯骈乙烷等。

“外因通过内因而起作用”。比如,在自然界中,特别是在植物生命的边缘地带,如北极、沙漠、或是高山地区,那里气候变化无常,生活在那里的植物,有时当细胞进行有丝和减数分裂时,外界温度发生了激烈的变化,这就影响了细胞分裂的正常进行,使整个细胞的分裂受到了阻碍,失掉了平衡,而这时又恰好是:细胞核里的染色体分裂成了双倍而细胞本身并未相应地发生了分裂,因而使已经分裂了的双倍的染色体重新组织到新的细胞核内,于是,便形成了多倍体。

在现代人工诱导多倍体工作中,大家都认为采用秋水仙素来诱导植物多倍体,效果最好。秋水仙素所以能诱导植物多倍体,是在于它能阻止有丝分裂细胞中纺锤丝的形成,使已经纵裂的染色体不能分向两极;当药效消失后,恢复常态,重新进行正常分裂,但细胞内染色体数目却因此增加了,从而形成一个染色体加倍的重组核。

## (二)多倍体的特性

多倍体同二倍体相比较时,它具有以下主要特性:

### 1. 巨型性;

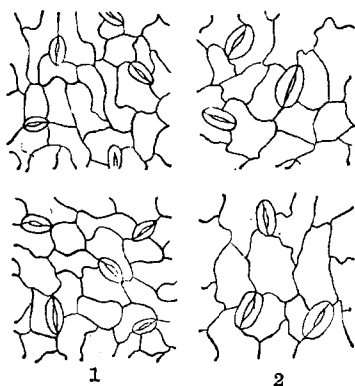


图 12-2 甜菜叶片背面的气孔

1.二倍体 2.四倍体

多倍体的植株，往往表现出巨型性。它们的叶、花、果实、种子、气孔、花粉粒、甚至整个植株，都要比二倍体来得大些。多倍体所以具有巨型性，那是由于每个细胞的容积比二倍体增大了的缘故。

2. 生长及开花一般都延迟：

多倍体的生长发育速度，一般比相应的二倍体要缓慢，通常抽穗开花也较迟。生长速度缓慢是跟细胞分裂速度缓慢相联系的，生长素含量少也是重要的因素。此外，多倍体开花延迟的现象是与营养体的旺盛发育有关的。如果开花是极端延迟的，有时甚至会产生二年生或多年生的特性。例

多倍体的生长发育速度，一般比相应的二倍体

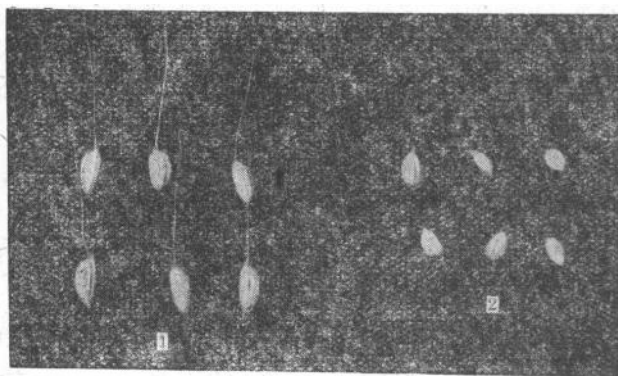


图 12-3 稻 谷

1.四倍体 2.二倍体

如玉米是一年生作物，但据报导，有的四倍体玉米成为多年生的了。

### 3. 抗逆性增强：

一般多倍体作物的抗病性、抗旱性、耐寒力比相应的二倍体要增强。例如，有人将四倍体番茄栽种在容易发生立枯病的地方，调查其发病率的结果，发现：四倍体比二倍体的抗病性显著增强。西瓜三倍体和四倍体的品种对枯萎病菌表现有相当的抵抗力。同源四倍体的萝卜对普通根肿病抵抗力也要比二倍体强，而且生长势较旺，不空心，产量也高。

但是，也不能千篇一律地认为多倍体植物的抗病性绝对要比二倍体强。事实上，多倍体与抗病性强弱的关系，常因作物和病害种类的不同而不很一致，也有二倍体抗病性强的。

### 4. 多倍体与结实性：

多倍体的结实性能往往比二倍体低。有人在番茄上做过试验：调查一个果实内的种子平均数，二倍体为 100~170 粒，而四倍体的只有 10~30 粒。纤维作物亚麻的结实率，四倍体的也远比二倍体的低。总之，四倍体结实率低是比较普遍的现象。但是，经实践证明，有的四倍体植物的结实率也并不比二倍体低，而且在同一材料中其结实程度有时存在有很大的变异。

多倍体的这些特性，在育种上可以加以利用。过去虽已有许多人注意到了多倍体发育旺盛的特性，而提倡在育种上应该加以利用；但以多倍体所具有的特性为目标，有计划地进行多倍体的育种工作，也还是在四十年代才开始，这主要是由于人们发现秋水仙素对提高人工创造多倍体的准确性的影响。因此，有人把多倍体育种，干脆就把它叫做秋水仙素育种法。

### (三)多倍体的人工诱导

人工诱导多倍体的方法很多,实践证明,其中以秋水仙素处理法效果最好。好在哪里呢?第一,处理的效果准确。就是说,只要处理方法得当,就有获得多倍体的充分可靠性;第二,处理方法极为简单;第三,对任何植物都能够应用等等。这三者之中,尤以处理效果准确这一点,对育种应用来说是极为重要的。所以,在人工诱导多倍体工作中,秋水仙素处理法,就成为大家所经常采用的方法。在这一节中,主要是介绍秋水仙素处理法。

秋水仙素是从秋水仙的器官中提炼出来的一种黄色粉末。这种植物属百合科,原产欧洲地中海沿岸。它是一种植物硷,分子式是  $C_{22}H_{25}O_6N$ ,可溶于水、酒精和醚等。在进行试验时,通常以水或酒精作为溶媒,也可用羊毛脂作为基质。

秋水仙素溶液或乳剂虽能阻止正在分裂细胞的纺锤丝的形成,但对染色体的构造却很少有影响。当细胞经秋水仙素处理后,在一定时期内,即可恢复原状,重新进行正常的分裂,而细胞内染色体数目却因此而增加。如果处理时间太短,往往只有少数的细胞变成四倍体,而大多数的细胞仍停留在二倍体状态。同时又因二倍体细胞的分裂速度较四倍体细胞快,这样就有可能使刚变成四倍体的细胞,由于受到原来二倍体细胞的抑制,仍可回复到二倍体状态。因此,只有正确地掌握到多倍体的诱导规律时,才能大量得到多倍体植株。

应用秋水仙素来诱导多倍体时,应注意下列几点:

#### 1. 药剂的浓度:

试验中可以产生作用的浓度,最低是 0.0006%,最高是 1.6%;一般以 0.2% 的水溶液效果较好。

#### 2. 处理的时间:

秋水仙素在细胞分裂每一时期都有作用，但以中期为最显著。

用秋水仙素处理种子的时间，一般是以不少于 24 小时为原则；对刚发芽的种子及幼苗，处理时间要适当缩短；如果所用的浓度愈大，则处理时间就应相应缩短。多数实验证明：浓度大而处理时间短的效果，往往大于浓度小而处理时间长的。有时以秋水仙素溶液处理 12 小时后，移入清水中 12 小时，然后再浸入溶液中，如此反复轮换处理，也可以收到良好的效果。

### 3. 处理期间的温度：

在处理期间，温度的高低，对于成功率的大小有很大关系。在一定限度内，温度较高，成功的可能性也就较大。处理期间的温度，与药剂浓度和处理时间都有关系：一般情况下，温度低时，所用药剂的浓度要大，处理时间也要比较长；如果温度高时，则所用浓度要低，处理时间也要短些才行。

### 4. 处理的方法：

【浸渍法】 对于发芽迅速的种子，可以把干燥种子（或经过催芽的种子）浸入 0.05~1.0% 的秋水仙素溶液中 1~10 天，然后取出用清水洗净播种。

浸渍法也可用来处理幼苗。将盆栽幼苗倒置，使幼苗顶端浸入秋水仙素溶液内，以茎端生长点全部浸没为止。处理时间从数小时至数天不等。

【根吸法】 对已萌发的种子或幼苗可以浸在 0.05~0.2% 的秋水仙素溶液内处理 12 小时或 1~2 天。

【点滴法】 有些双子叶植物的根浸在秋水仙素水溶液内容易产生毒害作用，则可以用溶液滴在子叶交叉的生长点上；或在生长点上裹以脱脂棉，然后每日一次或数次滴上秋水仙

素溶液。一般浓度以 0.1~0.4% 为宜。

### 5. 处理后的管理:

材料经过处理后,应放在清水中冲洗干净后,再播种到或移植到试验田中去;另外,在试验田中还必须要给以良好的生活条件和精心管理。

附表:秋水仙素诱导作物多倍体的方法

作物	材 料	浓 度 (%)	处理时间	温度 (°C)	操 作 方 法
水稻	幼苗	0.05~0.10			种子放在培养皿内发芽,地上部长3~5毫米时,用刀片在茎部纵裂一口,然后将棉花或吸水纸浸药塞入裂口中,如此处理三次。处理幼苗放在高度潮湿空气中
	未分化而健壮的幼苗(4片真叶以上的)	0.025~0.05	10~14天	20~25	幼苗茎部割伤,药液浸没伤口。处理后用清水冲洗
小麦-黑麦杂种	幼 苗	0.05	4 天		将幼株掘出,洗净,白天浸在药液中,晚上浸在清水中
	幼 苗	0.25	35分钟		杂种种子放在砂内发芽,把胚芽鞘浸在药液中
黑麦	幼 苗	0.10	3 小时	27	胚芽鞘和根浸入数毫米深药液中
大麦	幼 苗	0.25	20~30分钟		浸渍
棉	幼 苗	0.20	24小时	26~27	在生长点下割裂一口,浸入药液中
	刚发芽种子	0.025~0.05	8~12小时	21~26	处理前去掉种皮,浸清水中 24 小时后,移入药液中,处理毕,用清水冲洗 7~10 分钟
油菜	幼 苗	0.5~1.0	10天		将药液滴在生长点上,每天滴 2~3 次
	萌动种子	0.1 0.4	1~2天	20~25 10~16	浸渍

(续表)

作物	材 料	浓 度 (%)	处理时间	温度 (°C)	操 作 方 法
西瓜	幼 苗	0.20~0.40	4 天		将药液滴在幼苗顶部, 每天滴一滴
甜菜 (糖用)	幼 苗	0.30~0.50	5~7小时	27	幼苗胚轴倒放浸入药液中
	幼 苗	0.20~0.40			用滴管将药液滴在幼苗生长点上
	子叶期幼苗	0.10~0.20	24小时		浸渍
	发芽种球	0.10~0.20	2~3小时	27~28	浸渍

#### (四)多倍体的鉴定

作物经秋水仙素处理后, 有的可能形成多倍体, 有的细胞染色体数目依然老样子。我们处理的目的是, 是要求能得到多倍体的植株, 现在处理后, 谁是谁非, 用什么标准来鉴定呢?

##### 1. 萌芽的肥厚程度:

水稻、玉米的萌芽种子, 在秋水仙素溶液中处理后, 可见到幼根尖端发生膨大现象, 洋葱鳞茎经过处理后, 根尖也呈膨大现象; 黄芽菜的种子经秋水仙素溶液处理(浸泡一昼夜), 在播种的幼苗上, 可见到胚轴显著肥厚; 油菜经过处理后, 茎变粗短; 菠菜经过处理后, 叶片变得肥厚。等等。这些显著肥大的现象, 都可以看做为是多倍体的苗子, 或者说它是多倍体的预兆。但不能单靠这个标志来判断是否是多倍体, 因此, 还必须根据下列标准来作进一步检查。

##### 2. 气孔的大小:

经过上面第一步检查后, 认为有苗头的植株就可进行第二步——气孔大小的检查。

比较诱导植株和二倍体植株(对照)的气孔大小, 是决定



组织是否变成多倍体最简单的方法。四倍体气孔一般比二倍体的大。甜菜的气孔长径,四倍体比二倍体要大 35.7%。

气孔加大,单位面积的气孔数即相对地减少;所以叶面的气孔个数,也可作为比较多倍体和二倍体的依据。

但是,气孔个数很容易受外界条件的影响而发生变异,大凡暴露在外的叶子,它的气孔个数就要比荫蔽叶来得多;后生叶的气孔比幼苗初生叶的气孔数多。所以只能在同一发育时期而且处在同一条件下,气孔个数才能作为鉴定四倍体的标准。

### 3. 花粉粒的大小:

根据叶面气孔的大小来测定多倍体,方法虽简单易行,但不及用花粉粒大小来测定时为可靠。

四倍体的花粉一般较二倍体大。如二倍体西瓜的花粉粒平均直径为  $57.3\mu$ (微米);四倍体是  $67.5\mu$ 。三倍体花粉的特点是大小不整齐,如三倍体西瓜较小的花粉粒平均数为  $62.1\mu$ ,而较大的为  $67.5\mu$ 。

一般通过花粉粒的大小检查,就可比较正确地判断是否是多倍体。

### 4. 根尖细胞和花粉母细胞的染色体数目决定:

上面所讲的鉴定方法都是间接的。为了精确起见,有时还需要进行直接的鉴定,直接检查根尖细胞或花粉母细胞,计算细胞核内染色体数目,方可决定所诱导的材料是否是多倍体。这是最可靠的方法。

【根尖细胞染色体的检查】 以大麦根尖为例。操作过程是:

(1) 在上午 10~11 点时间内(黑麦、小麦、水稻等都可在此时间内取材),用刀片切取刚萌发的大麦根尖 1~2 毫米;

(2) 为了便于观察计数, 在材料固定前可预先放在 0.04~0.2% 秋水仙素水溶液中处理 2~5 小时, 处理后再用水换洗数次;

(3) 而后将它投入固定液<sup>①</sup> 固定 1~12 小时, 再取出用 95% 酒精洗尽醋酸味, 而后移入 70% 酒精内保存, 供陆续观察用;

(4) 观察时, 取固定保存之根尖放到盐酸酒精解离液<sup>②</sup> 内 5 分钟, 便于压散铺平;

(5) 从解离液中取出时, 要用水洗净, 将洗净的根尖放在醋酸洋红染色液<sup>③</sup> 中染色 5~10 分钟(染色时间可长到 10 小时)后;

(6) 再将染过色的根尖放在载玻片上, 加上醋酸洋红一小滴, 盖上盖玻片, 用吸水纸放在盖玻片上, 用大拇指紧压, 而后移去吸水纸, 用解剖针末端对准根尖在盖玻片上轻轻敲压, 目的是将根尖压成均匀薄层, 最后将片子放到显微镜下进行观察就行。

【花粉母细胞染色体的检查】 以玉米为例。操作过程是:

(1) 在早上 7~9 时(是分裂最盛时期, 水稻、大麦在此时期取材也行), 抽拔还紧裹着 3~4 片叶子内的雄穗(此时花药的颜色还是白色, 如呈黄色, 那就迟了), 剥去外面的叶, 把整个雄穗投入固定液内进行固定 24 小时后, 取出用 95% 酒精洗尽醋酸味, 然后移入到 70% 酒精内保存, 可供随时观察用。

(2) 观察时, 用解剖针拨开每朵花的内外颖, 取出花药,

① 固定液——无水酒精或 95% 酒精 3 份加冰醋酸 1 份。

② 盐酸酒精解离液——95% 酒精 1 份加浓盐酸 1 份。配制时, 将酸慢慢倒入酒精中。

③ 染色液——45% 醋酸煮沸加入洋红粉至饱和(不再溶解)为止, 冷却后过滤即成。

而后把花药放到醋酸洋红染色液中染色4~5分钟(如能浸染12~24小时则更好);将染色过的花药取出放在载玻片上,再在花药上滴一小滴染色液,用解剖针敲击花药,除去残渣,盖上盖玻片,在酒精灯上微热,最后在显微镜下检查就行。

#### (五)多倍体育种的原则

由于多倍体植物具有一些特殊优越的特性,再加上人工诱导多倍体的可靠性很大,因此,多倍体育种工作一直为人们所重视。我国开展多倍体育种的年限还不很长,现在,已初步获得三倍体西瓜、双二倍体小黑麦、同源四倍体水稻等等。在这些初步获得的成果中,有的已在生产上初露锋芒,有的还待继续改良。

在多倍体育种中,诱变获得多倍体只是其中的一个环节;从多倍体诱导成功到应用到生产上去,这中间是一个复杂、艰巨的工作过程。为了要获得一个比原来二倍体更为优越,而又符合生产上要求的优良多倍体品种,根据前人实践的经验,在育种工作中,应掌握下列原则:

##### 1. 确定多倍体育种对象:

根据育种工作中应用多倍体的大量材料来看,在多倍体育种上,最有前途的是下列的一些植物:

**【染色体倍数较低的植物】**一般利用染色体倍数低的材料诱变多倍体,对作物改良有较好的效果。因为染色体倍数高的植物,在它的进化过程中已经表现了多倍体的优越性。

例如,普通小麦和燕麦,原来就都是倍数较高的六倍体,如果再将它们诱变成多倍体,结果是:一般株型矮小,生活力弱,不孕性严重。

象玉米、大麦、黑麦等作物,原来是二倍体,如将它们诱变成四倍体后,则植株高大,生活力强,在很多方面都表现良好;

但是,八倍体玉米比四倍体弱,而且完全不孕。

【异花传粉植物】 异花传粉植物比自花传粉植物的异质结合性要大得多,因此在诱导成多倍体后,容易产生多种多样的类型,为选择提供了广泛的可能性。

【利用根、茎或叶的植物】 多倍体的根、茎、叶比二倍体都要大,但是,多倍体的结实率一般比二倍体都要低。如蔬菜,我们主要是利用它们的根、茎和叶,对种子只要够繁殖生产就行了,对这类作物,如采用多倍体育种,也是很有前途的。

【营养繁殖的植物】 如果处理的对象是可以进行营养繁殖的,那末在处理的后代中,只要选出优良个体,就能很快的成为一个新的品种而加以繁殖。这样,在多倍体的选育过程中便要简单得多、快得多了。反正它们可以通过营养器官来繁殖,因此,对多倍体的不孕性问题,在这里我们就可绕道而过了。

【从远缘杂交所得到的不孕杂种】 在远缘杂交的情况下,杂种第一代有两个不同物种的染色体组,它们不能相互配对,因此,往往表现不孕。经过多倍化以后的异源多倍体,来自不同物种的异源染色体组都加倍了,因此在形成生殖细胞的过程中,加倍了的同源染色体都能相互配对,进行正常的减数分裂,从而大大提高了可孕性。

例如,小麦( $2n=6x=42$ ) $\times$ 黑麦( $2n=2x=14$ )的杂种第一代,它具有 21 个来自小麦的三组染色体,和 7 个来自黑麦的一组染色体,它们是不能配对的,因此表现了高度的不孕性。但经过体细胞加倍,形成具有 56 个染色体的异源多倍体( $2n=8x=56$ ),配对问题解决了,结实率也就显著提高了。

【利用多倍体的不孕性希望育出无籽果实或重瓣花朵的

植物】无籽西瓜所以没有籽,这是由于三倍体的关系。三倍体一般是不孕,正由于它的不孕,因而常常可使植株生长得更好,更繁茂。因此,无籽西瓜不仅具有无籽的特点,而且产量和含糖量也比普通的二倍体种高出一倍。这是运用三倍体的不孕性而创造出优异品质的典型例子。

## 2. 正确地选择诱变材料:

在确定多倍体育种对象之后,正确地选择诱变材料,是多倍体育种能否获得成功的重要步骤。因为任何多倍体的遗传性,都是由原始二倍体所贡献的特性累积而来的。虽然不能说一个很好的二倍体,必然会产生最好的多倍体;但是,好的多倍体总是由最好的二倍体产生的。因此,在进行多倍体育种时,必须从选择优良的二倍体类型开始。

此外,为了消除多倍体的不孕性或其他缺点,必须进行品种间或品系间的杂交。因此,在诱导多倍体时,至少要诱变两个或两个以上品种成为多倍体,然后在多倍体品系间才能进行相互间的杂交。这一点对于以获得种子为目的的自花传粉作物来讲,更显得格外重要。

对每个诱变材料的个数应多些,以便产生较多的有利变异,增加选择机会。

## 3. 多倍体后代的处理:

经过人工诱导成功的多倍体,一般来说还不能直接运用于生产,只可看作为育种工作中的原始材料,它可能具有许多优点,但也伴随着不少缺点,对这些缺点,须在育种过程中逐步加以克服才行。

多倍体类型往往需要更多的营养物质和较好的环境条件。因此,在对多倍体后代的选育过程中,要考虑到营养条件和环境条件是否适宜。否则,有些优良性状,往往因营养条件

和环境条件差而不能很好表现,因而错过了选择机会。

此外,根据不同作物的性质和育种目标,对不同作物的多倍体后代,还要进行不同的、适当的处理。比如:

对于以获得营养器官——根、茎、叶为目的的栽培作物,多倍体某种程度的不孕性并不是限制的条件。因此,对于它们的同源多倍体后代,只要经过进一步对经济性状和生物学特性进行鉴定和选择,就可以迅速扩大繁殖而应用于生产。例如四倍体萝卜、四倍体芜菁、四倍体橡胶草、四倍体茶叶、四倍体桑树等同源多倍体品种,就都是这样育成的。

对于某些植物,三倍体较四倍体更为优越。三倍体的无籽西瓜的优越性,在前面已讲过了;还有个三倍体甜菜,它在产量和含糖量方面都超过了四倍体。对于这一类作物,一方面要选择优良的四倍体系统,另一方面还要通过测交鉴定,以确定一个二倍体父本品种,以便在杂交制种中能产生最好的三倍体。此外,还要每年把四倍体和二倍体种在隔离地区,以四倍体为母本,通过自由授粉,生产三倍体杂种。再把所获得的三倍体种子,作为大田生产用。在大田栽培三倍体时,由于三倍体缺少能育花粉,如果以获得果实为目的的作物,如三倍体无籽西瓜,还要同时间种二倍体,以供应花粉刺激子房的受精和发育。

对于以获得种子为目的的栽培作物,同源多倍体的低结实率是妨碍它们在生产上运用的最大缺点。但是实践证明,通过多倍体品系间杂交和连续选择,结实率是可以提高的。例如四倍体荞麦,新诱导成功的植株只结二十多粒种子,经过不同品系间杂交和连续选择,同二倍体普通品种比较,产量增高了三倍。

对于远缘杂交的不孕杂种,经过多倍化以后,可以恢复育

性。但是,不同程度的不育还是存在的,同时诱导获得的双二倍体仍保持杂种的不稳定遗传,因此,还必须按照一般杂交育种的程序,进行培育和选择,才能最后获得综合双亲优良性状、稳定的多倍体新品种。

## 二、单倍体育种

除了多倍体育种以外,最近关于利用单倍体来育种的研究,在很多国家也已广泛开展。我国山东产烟区的贫下中农,同科学研究人员结合,在我国首次用单倍体育种法培育出了烟草新品种——“单育1号”

### (一)单倍体植物的产生

单倍体植物最初发现于二十年代,是由单亲生殖所形成的。一般植物体细胞含有双倍的染色体组( $2n$ ),经过减数分裂的生殖细胞只含有单倍的染色体组( $n$ ),如果不经受精单独发育为植物体,这种特殊的植物,便是单倍体植物。

单倍体植物,可以由远缘杂交情况下卵细胞的孤雌生殖而形成。在少数情况下,也可以由精细胞的孤雄生殖而形成。在品种间杂交,有时由于延迟授粉,也可能形成单倍植物。但是,它们出现的频率都极低。很难实现人们早已提出的单倍体育种的设想。

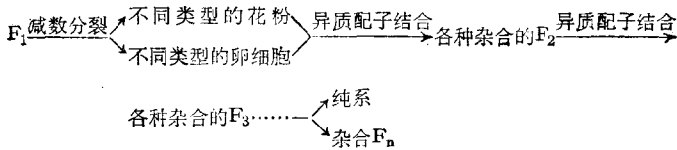
1964年,有人在进行曼陀罗花药培养试验时,发现从花药中长出许多胚状体,1966年又进一步研究,证明它们是从花粉发育而成的幼小的单倍体植物。这个发现立即引起育种工作者的注意,紧接着便开始在烟草、水稻、小麦等作物上进行从花粉培育单倍体植物的试验,并相继获得成功,终于拉开了单倍体育种法的序幕。

### (二)单倍体植物在育种上的作用

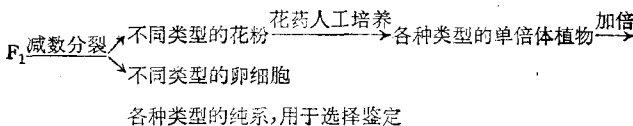
单倍体植物与通常二倍体植物相比,在外表上看,株型变得矮小,叶片也比较细薄,几乎所有营养生殖器官都比较瘦小。从遗传基础看,单倍体植物只有一套染色体,在有性生殖过程中不能进行正常的减数分裂,因而它们几乎是完全不育的,只能繁殖到当代而告终。如果从这一点来看,单倍体植物本身在育种上是没有利用价值的。但是,如果在育种工作中,把单倍体作为一个中间环节,就能够很快地获得纯系,加快育种速度,并能创造出植物的新类型。

1. 利用单倍体植物克服杂种分离、缩短杂交育种年限:

在杂交育种时,由于杂种后代的不断分离,要获得一个稳定的品系,通常需要4~5年甚至更长的时间。杂种分离过程可用下图表示:



如果能从杂种后代的花粉培育成单倍体植物,再使它加倍变成二倍体植物,这样,就可避免异质配子的结合,而可很快地得到纯合的二倍体(纯系)。这个过程可用下图表示:



按照上述程序,通过  $F_1$  代的花药培养即可得到单倍体植物并进一步获得纯系。这样从杂交的时间算起,只需两年时间就能得到稳定而不分离的品系,大大缩短了育种年限。在自花传粉的作物中,应用这种方法是应该做得到的。



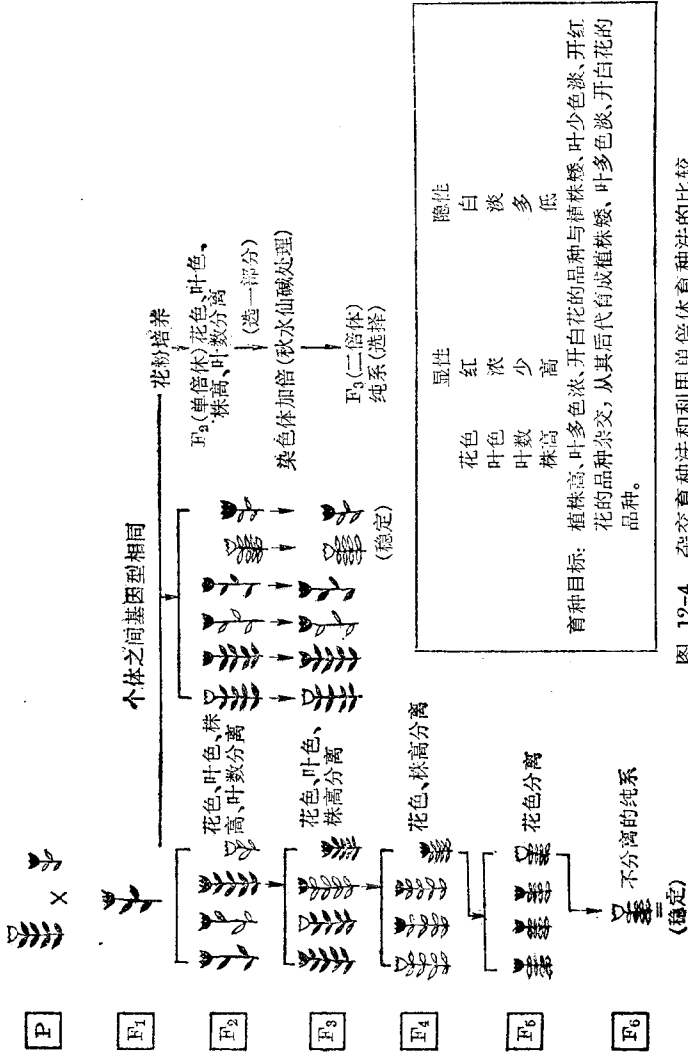


图 12-4 杂交育种法和利用单倍体育种法的比较

上页一张图,可以更形象地告诉我们,采用单倍体育种法比一般常规的杂交育种法,可以更早地达到育种目标。

## 2. 通过单倍体植物可迅速获得自交系:

配制玉米杂交种需要自交系,而要培育一个玉米自交系,往往需要很长的时间。如果采用单倍体育种法,那就比较简单(省时、省事)了。因为从单倍体植物加倍得到的纯合二倍体植物,实际上就是标准的自交系。因此,通过单倍体育种途径,只要一年时间,就可以获得我们所需要的自交系。

## 3. 单倍体植物的突变育种:

单倍体植物只有一套遗传物质。因此,在性状表现上没有显性掩盖隐性的问题。如果,单倍体植物经过辐射或化学诱变处理,不论是显性突变还是隐性突变,在处理的当代就可看到某些方面的变异。好的单倍体突变植株一经选出,就可进行染色体加倍处理,从而很快地便可获得纯合的突变品系,加快了育种的步伐。用此方法已经有人在烟草上进行了成功的尝试。

## 4. 从远缘杂种的花粉培育单倍体,创造新类型:

两个亲缘关系太远的植物进行杂交以后,由于它们染色体组的差异过大,在减数分裂时染色体不能进行正常配对,致使杂种的可孕性极低,即使有个别有生活能力的花粉出现,由于卵细胞也同样存在严重的不孕性,因此有生活力的花粉和有生活力的卵细胞相遇的机会就更小了,这就是远缘杂种几乎完全不孕的原因所在。用培养远缘杂种花药的方法,就有可能使那些个别有生活能力的花粉培养成为单倍体植物。如果这种花粉细胞是具有双亲染色体的各一部分,那么这株单倍体植物经加倍以后,就成为自然界中未有的全新类型的物种了。曾有人培养黑麦草和羊茅的属间杂种的花粉,得到了

单倍体植株,从而证实了上述设想。

### (三)从花药培养单倍体植株的方法

以水稻为例。从水稻花药培养单倍体植株,要经过三个步骤:诱导花粉产生愈伤组织;诱导愈伤组织分化,长出根、茎、叶;使幼苗生长健壮。

#### 1. 诱导花粉细胞分裂增殖,产生愈伤组织:

在水稻抽穗前 2~3 天,将杂交后一、二代的水稻穗用 70% 酒精洗一遍,在接种箱内把稻穗从叶鞘中剥出来,放入 10% 漂白粉沉清液中消毒 10 分钟,换无菌水洗 2~3 次,然后选取单核靠边期的花药,在无菌的条件下,接种在培养基①上,每管接种 20~30 个。然后放在 22~25°C 的恒温室内,过了一个月光景,有的试管中的花药就会裂开,长出了淡黄色半

① 一般用伯来德斯 (Blaydes) 培养基,把蔗糖浓度提高到 6%,补加 2 毫克/升 2,4-D。

伯来德斯培养基

化 合 物	毫克/升	化 合 物	毫克/升
KNO <sub>3</sub>	1000	H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	1.6
NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	1000	KI	0.8
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> · 4H <sub>2</sub> O	347	甘氨酸	2
KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	300	盐酸硫胺素	0.1
KCl	65	盐酸吡哆素	0.1
MgSO <sub>4</sub> · 7H <sub>2</sub> O	35	烟酸	0.5
Na-Fe-EDTA	32	蔗糖	30000
MnSO <sub>4</sub> · 4H <sub>2</sub> O	4.4	琼脂	10000
ZnSO <sub>4</sub> · 7H <sub>2</sub> O	1.5	pH	6.0

透明的块状物,这就是愈伤组织。

### 2. 诱导愈伤组织分化,长出根、茎、叶:

待愈伤组织长到绿豆或小黄豆般大小时,便要将它移到分化培养基<sup>②</sup>上,每天用日光灯照射9~11小时,经过一个月左右,原来淡黄色的愈伤组织中有的出现了鲜艳的绿色,从中长出嫩芽和根须。要不了几天,就可见到长成为一株株的绿色幼苗。

### 3. 使幼苗生长健壮:

为了使幼苗生长健壮,可将幼苗移入改良的怀特(White)培养基<sup>③</sup>,使其根、叶生长发达,然后再移入盆栽。在刚移栽时还需用玻璃罩罩上几天,以便保持一定的温度防止卷叶,使其逐步适应新的环境(见图12-5)。

② 在①培养基中补加2ppm吲哚乙酸和0.2~2ppm激动素。

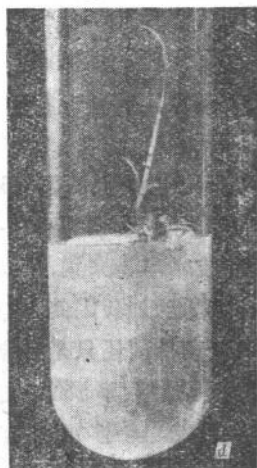
③ 改良怀特(White)培养基

改良怀特培养基

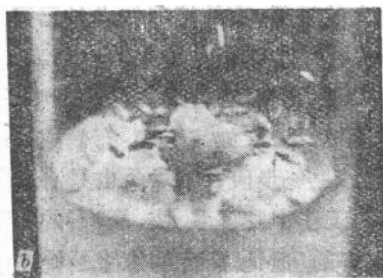
化 合 物	毫克/升	化 合 物	毫克/升
KNO <sub>3</sub>	80	CuSO <sub>4</sub> · 5H <sub>2</sub> O	0.001
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> · 4H <sub>2</sub> O	300	MoO <sub>3</sub>	0.0001
MgSO <sub>4</sub> · 7H <sub>2</sub> O	720	甘氨酸	3
Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	200	盐酸硫胺素	0.1
KCl	65	盐酸吡哆素	0.1
NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> · H <sub>2</sub> O	16.5	烟酸	0.3
Fe <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	2.5	肌-肌醇	100
MnSO <sub>4</sub> · 4H <sub>2</sub> O	7	蔗糖	20000
ZnSO <sub>4</sub> · 7H <sub>2</sub> O	3	琼脂	10000
H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	1.5	pH	5.6



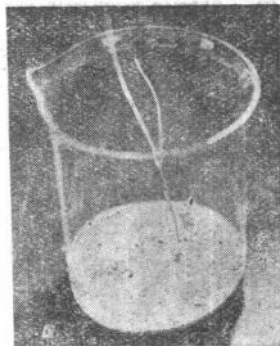
水稻的花药接种在培养基上  
进行人工培养



愈伤组织上长出的稻苗



水稻花药经 30~40 天的培养后花  
粉细胞分裂增殖而长出愈伤组织



水稻花粉幼苗用培养  
液砂培锻炼健壮



水稻花粉形成愈伤组织后转移在  
新的培养基上进行分化培养

图 12-5 单倍体育种的各个阶段

最后，还要考虑单倍体植株染色体加倍的问题。根据各地实践报导，一般在培养过程中往往能自然加倍。如不能自发加倍，那就应采取人工加倍法，那就是用 0.1~0.2% 的秋水仙素水溶液处理植株分蘖，从而获得染色体加倍的植株。

从理论上讲，单倍体育种法的好处多得很，但从实践上看，离开生产上的要求还有一定距离，有的虽已有新的苗头，也有的还处于设想阶段。目前最突出的问题是：第一，就花粉培养技术本身来说，有的根本还没有突破，比如对玉米的花粉培养就是如此；因此，通过单倍体植物一年就可以选育出自交系，这在目前还只是根据理论上的设想；有的培养技术虽已突破，但诱发频率极低，远远不能满足育种工作的要求。第二，诱发成的单倍体植株，白化苗严重，就是在得到的绿色苗中，也往往是弱不经风，经常中途夭折；第三，如何正确、有效做到染色体加倍的问题。等等。都需进一步研究解决，也只有这样，才能使单倍体育种法在育种工作中发挥多、快、好、省的作用。单倍体育种法的前途是美好的，但是，研究的道路是崎岖曲折的，只要大家努力实践，问题还是可以迅速得到解决的。

## 第十三章 地方品种の利用与引种

选育新品种,首先必须要掌握一定数量的育种材料,这种材料,可概括为三类:本地区的地方品种;外地区和国外的引进品种;和野生植物。这些材料,总称为育种的原始材料。

从生产上着眼,我们既要考虑如何更好地利用现有的品种;同时,还应考虑生产形势发展的需要,还要选育出能适应当地生产形势的新品种,也只有这样,才能实现在高产基础上的稳产,才永远不会停止在一个水平上。

在这一章中,我们主要讨论地方品种和引种在育种工作中的重要意义,以及这两类原始材料的征集、整理、保存、研究和利用。

### 一、地方品种の利用

#### (一)地方品种的特点及其意义

地方品种是指那些在当地栽培历史比较久,具有较强适应性的品种和类型。这些品种和类型是在当地环境条件的作用下,经过劳动人民长期的人工选择和自然选择所培育出来的,所以它对本地区的环境条件有着极大的适应性。此外,一般地方品种又往往都是一个复杂的群体,它包含着多种多样的类型,能符合各种需要,这样,就为我们选育新品种时,提供了广泛的可能性。因此,当我们开始选育新品种时,最好就应从本地品种的全面研究、利用和改良着手,这是多、快、好、省

地选育新品种的比较可靠途径。

在利用地方品种时，我们既要看到它身上所具有的一些特殊优点，但又不能忽略它所带有的一些缺点。据各地调查反映，不少地方品种表现不耐肥水，在丰产条件下容易产生倒伏；同时，各种作物由于在当地栽培时间长久，一些普通病害的病菌已长期适应，因此，一般地方品种不具有抵抗力，在病害严重的年度里，往往会容易造成减产。所以，在利用地方品种时，对这两个主要问题，是很需要认真对待的。

## (二)地方品种的征集、整理、保存、研究和利用

**【征集】** 征集地方品种材料的范围，应当由近到远，首先应征集本地区的品种，这是因为在本地区品种中最有可能选育出适合本地区的优良新品种；其次收集地方品种要广泛，一切类型都必须尽量收集，这样，就可为我们进行育种时提供丰富的材料。当然，征集材料的多少，还应该要量力而行，要有非常明确的目的性，根据当前的需要来征集。

在征集地方品种时，对所征集的地方品种应作全面了解，写出说明书(样式规格如下)，写好标签(样式规格如下)。将说明书及标签都放在所搜集的地方品种的种子袋内。收集的种子数量：稻、麦、高粱等要有1斤；玉米要2斤；大豆要1斤；棉花种子0.5斤；甘薯薯块每个0.4斤，约3斤左右；马铃薯薯块每只1~2两，共4斤左右；烟草种子数量有1两就足够。

**【整理】** 对征集的地方品种，在征集后就应立即进行整理，然后妥善保存，以便进一步研究利用。

整理的步骤是：按调查说明书，进行登记编号。然后根据种子的性状及说明书，进行初步整理，将明显相同的材料作为重复，仅保留种子饱满、无病虫害、纯洁的一份；如有疑问的均应同时保留。如说明书已注明为一复杂群体，则应全部保



附：地方品种征集说明书

---

编号\_\_\_\_\_

作物名称\_\_\_\_\_

品种名称\_\_\_\_\_ (别名)\_\_\_\_\_

征集地点\_\_\_\_\_县\_\_\_\_\_公社\_\_\_\_\_队

原产地\_\_\_\_\_

种植面积\_\_\_\_\_

生态(春播、夏播、秋播)

生育期(日数)\_\_\_\_\_

抗逆力\_\_\_\_\_

抗病力\_\_\_\_\_

抗虫力\_\_\_\_\_

单位面积产量\_\_\_\_\_

分蘖情况\_\_\_\_\_

千粒重\_\_\_\_\_

群众评选结果(优缺点)\_\_\_\_\_

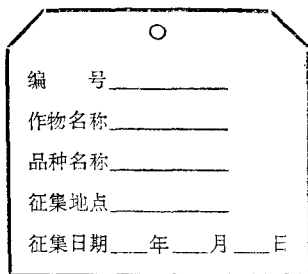
\_\_\_\_\_

征集时间\_\_\_\_年\_\_\_\_月\_\_\_\_日

征集单位\_\_\_\_\_征集人\_\_\_\_\_ (签名)

---

附：征集种子的标签



编 号\_\_\_\_\_

作物名称\_\_\_\_\_

品种名称\_\_\_\_\_

征集地点\_\_\_\_\_

征集日期\_\_\_\_年\_\_\_\_月\_\_\_\_日

留。整理后须进行发芽检查，如发芽率低于50%，应立即进行种植，但室内还要经常保存一定数量的、具有活力的种子材料。

如进行充分整理后，并已选出可利用的品种材料，则应设立品种观察区，将品种进行试种观察，初步鉴定每个品种的状况，并把鉴定结果记录在登记卡上。根据逐年观察记载，再将观察结果汇总成为一张总表。逐年观察记载表与总表订在一起，有时，如看到有关该品种的资料，也应将它们放在一起，可供利用时查阅参考。在田间观察时，如发现有关同名同种的重复材料，应进行淘汰。

附：品种卡片登记表(一)

总 表

---

品种编号 \_\_\_\_\_ 物种名称 \_\_\_\_\_ 收到日期 \_\_\_\_\_

征集地点 \_\_\_\_\_

原 产 地 \_\_\_\_\_

植物学上分类 \_\_\_\_\_

1. 生态(春播、夏播、秋播)

2. 一季、作别(一季、二季、单作、间作) \_\_\_\_\_

3. 生育期(日数) \_\_\_\_\_ (播种时期 \_\_\_\_\_

抽穗时期 \_\_\_\_\_

成熟时期 \_\_\_\_\_)

4. 耐寒性(早播、晚播) \_\_\_\_\_

5. 耐旱性 \_\_\_\_\_

6. 耐涝性 \_\_\_\_\_

7. 倒伏性 \_\_\_\_\_

8. 抗病力 \_\_\_\_\_

9. 抗虫力 \_\_\_\_\_
10. 单株或单位面积产量 \_\_\_\_\_
- 株高(厘米) \_\_\_\_\_
- 茎粗(厘米) \_\_\_\_\_
- 分蘖情况 \_\_\_\_\_
- 一株穗数 \_\_\_\_\_
- 穗长(厘米) \_\_\_\_\_
- 每穗粒数 \_\_\_\_\_
- 粒    色 \_\_\_\_\_
- 千粒重 \_\_\_\_\_
- 化学成分(%) \_\_\_\_\_

附：品种卡片登记表(二)

逐年观察记载表

记载项目	年    份			
	1974	1975	1976	1977
播种期及地点				
抽    穗    期				
成    熟    期				
耐    寒    性				
耐    旱    性				
耐    肥    性				
倒    伏    性				
落    粒    性				
抗    病    力				

续上表

记载项目	年 份			
	1974	1975	1976	1977
抗 虫 力				
总 分 数 及 有 效 分 数				
株 高 (厘 米)				
穗 长 (厘 米)				
每 穗 粒 数				
着 粒 密 度				
不 实 率				
小 区 产 量 (克)				
单 株 产 量 (克)				
千 粒 重				

【保存】对征集的地方品种要进行保存，保存要有目的性，那就是根据育种工作的进展和育种目标的变化，结合所征集地方品种材料的表现，应不断地淘汰那些无用的地方品种材料，不断地征集新的有价值的地方品种材料。这样，才可使我们不会被大堆材料所困，才可使我们在新的基础上继续进行创造和革新。

保存方法，一般采用室内贮藏和田间种植。

室内保存的种子应完全成熟和充分干燥。块根、块茎的保存，甘薯要求室内温度 10~15℃，马铃薯要求 1~5℃，湿度都要求 80% 左右，并需注意防止冻害；如果有条件，在收贮时最好要进行高温愈合处理，即在收获后 6~10 天内，保持 27~30℃ 的高温，相对湿度 90% 以上的条件下，这样可使伤

口愈合。

种植保存可按作物能够维持生命能力的长短而进行分批轮种，一般生命力易丧失的作物如稻、大豆、花生、芝麻、玉米、棉花、向日葵等约可保存 1~2 年；小麦种子约可保存 2~3 年；甘薯需要年年种植。一般贮藏条件良好的，可以延长生命年限，否则，必须根据每年发芽试验结果来确定种植，凡发芽率低于 50% 的材料以及无性繁殖作物，都必须进行年年种植保存。各种作物在进行种植保存时，应按照授粉习性进行人工自交或采用隔离区繁殖，避免天然杂交。在田间进行种植保存，可采用顺序种植，种植小区的规划如下表：

地方品种材料种植小区的规划

作物名称	行长 (尺)	行距 (尺)	行数	株距 (寸)	每行播种量 (克)	播 种 方 法
稻	6	1.0	1~3	—	6	移栽或直播
麦	6	1.0	3	—	6	条播
豆	10	2.0	3~5	3	10	条播间苗
花 生	10	2.0	1~3	5	每穴一粒	点播
棉 花	15	2.0	3~5	10	25	点播或条播间苗
高 粱	12	1.5	3	10		点播或条播间苗
玉 米	20	2~2.5	3	10~15		点播
马铃薯	10	1.5	2~3	5	1000~1500	直播疏苗或育苗移栽

【研究】研究工作是根据育种和生产上的需要而进行的。研究的内容，主要是对品种的特性进行鉴定，如阶段发育的特点、生育期的长短、对病虫害的抗性、对本地区不良的自然气候条件的反应、适应机械化的特性、丰产性和品质等等。

为了便于研究和利用，对所征集的地方品种，还应进行分

类。如何分类？从育种工作的实际出发，可根据当地育种目标的重要性状进行分类，那样，好处较多。如根据早熟性、抗病性、抗倒伏性、抗旱性和抗寒性等，进行分类种植，观察记载。这样，既便于观察某些性状生长发育的情况，又便于比较不同材料的同类性状的特点，还可便于选择杂交亲本。

此外，在研究时，要抓重点，应以目前本地种植的主要品种和各单位优良新选系为重点。因为这些材料，不仅具有当地品种生态类型的重要优点，是具体的育种目标，而且常常是重要的亲本材料，抓住了这个重点，才能避免烦琐哲学，做到多、快、好、省。

【利用】对所征集的地方品种，有两种利用方式：直接利用和间接利用。

有些地方品种，经过田间观察试验，通过群众鉴定，认为它既能适合当地的生产形势，又能适应当地的环境条件，可考虑在当地生产上直接利用。

另有一些地方品种，在当地生产上虽不能作为直接利用，但它有某些特殊的经济性状，可用它来作为杂交亲本材料，以便培育出能适应当地生产形势的新品种。因此，这类材料可作为间接利用。

## 二、引种在育种工作中的意义

征集外地区的地方品种到本地区进行试种，这桩工作，实际上也就是引种工作。

原来，引种工作也就是指从外地引进新的作物或某些作物的品种。

在引进的品种中，如从利用上来分析，也可归纳为直接利用和间接利用两大类。

直接利用是指引进的作物品种，人们并没有改变它原有的优良性状，而只是经过引进地区的观察试验，证明它能适应当地的自然气候和土壤条件，能符合当地生产形势的需要，经过群众评议，认为可让它以新品种的身份直接参加当地生产的行列。例如，现在生产中所用的小麦品种中的“阿夫”、“吉利”就是从阿尔巴尼亚引进的；棉花中的“岱字 15 号”以及“胜利”油菜和“胜利百号”甘薯等也是从国外引进的，等等。这些从国外引进的品种，当年也就是作为直接利用的。

上海地区的早籼稻“二九青”、“圭陆矮”、“矮南早 39”是从浙江引进的；“广陆矮 4 号”是从广东引进的。小麦“扬麦 1 号”是从江苏引进的。这些从外地区引进上海的品种，也都是作为直接利用的品种。

此外，也有一些从外地引进的品种，或者不适应新地区的自然气候和土壤条件，或者不符合当地的耕作栽培制度和人民的需要。但是，在它们的身上又往往表现这样或那样的优良的、特殊的经济性状，可以作为育种的原始材料。也就是说，这些引进的品种虽不能在生产上直接利用，但只要经过人们的选择、杂交、或辐照处理等等育种手段，可以将它们改良为能适合当地生产要求的新品种，这些引进的品种材料，我们就把它当作为间接利用材料。而这种间接利用的原始材料，在育种工作中，有时也是非常必需的。

在引种工作中，如从生产育种角度来看，能供直接利用的品种材料，和作为间接利用的品种材料，虽都很重要，但我们的力量还是应更多地放在直接利用上。这种直接利用的引种工作，虽不是创造新品种，但它在解决一个地区的良种问题上是有着重大作用的。这种引种工作能充分利用各地劳动人民（包括外国）在育种工作中所取得的成果，充分发挥优良品种

在生产上的作用。一般在引进新品种后，经过一年到三年的试验、观察和鉴定，如果连年表现良好，就可大量繁殖推广，收到增产的效果。因此，它具有简单、易行、效果大的特点。

但是，在引种工作中，我们既要按照《全国农业发展纲要》中所要求的：“大力培育新的良种，并且注意试种外地和外国的良种。”又必须要彻底批判那种只搞大调大运，依赖和迷信外地、外国的修正主义路线。我们在引种工作中必须要贯彻“自繁、自选、自留、自用，辅之以调剂”的四自一辅的种子工作方针，采取少量引进，经过试验，依靠群众进行繁殖推广，自力更生，多、快、好、省地发展我们自己的种子事业。

### 三、引种的原理和原则

一个非常现实的问题摆在我们面前：为什么有时引种成功了，而有时会失败？大量的工作实践证明，这成功与失败决不是偶然现象，而是包含着必然规律和科学原理。

#### （一）作物对日照、温度的反应

各种作物或者品种，对自然条件都有一定的要求，如要求得不到满足，生命活动就将受到严重影响。自然条件是多样而复杂的，但其中与作物关系最密切的便是日照和温度。

**【作物对日照的反应】** 作物对昼夜的长短有一定反应，这种反应称为光周期现象。一般昼夜时间的长短对植物的开花、结实有影响。有些作物在日照时间长的时期进行营养生长，到日照时间短的时期进行开花结实；有些作物则相反，在日照时间短的时期进行旺盛的营养生长，到日照时间长的时期进行开花结实。这样，我们就把前者在短日照时期开花结实的植物，称为短日照植物；而把后者在长日照时期开花结实的植物，称为长日照植物。



例如，萝卜在春季早播，不等植物体长大就进行抽苔开花；但在夏季以后播种，就不开花而只是进行营养生长，要等到下年春季日照时间增长时才能开花。这就是说萝卜是属于长日照植物，在一天中如不接受十二小时以上的日照是不能开花的。

大麻、黄麻、苘麻等麻类，是原产南方的短日照植物。它们在短日照条件下经过一段时期就能开花结子。但如果将它们从南方引到北方去栽培，由于北方日照长，到了七、八月，每天日照时间还没有缩短到南方那样短，这样，它们得不到短日照的要求，结果是推迟了开花结子，延长了生长茎秆的时间，养分就集中到茎秆上去，茎秆也就长得特别高大粗状，使纤维增产。恰好，我们栽麻的目的是收它的纤维而不是要它的种子。我国劳动人民，在生产实践中，早已懂得了南麻北种之所以能增产的道理。

根据光周期效应，常见的栽培作物，可作如下分类：

短日照作物：麻、玉米、马铃薯、大豆、烟草、稻（晚熟种）、菊芋、粟、高粱等。

长日照作物：洋葱、甜菜、萝卜、豌豆、蚕豆、小麦、大麦、黑麦、菠菜等。

中间性作物：这类作物，在长短不同的任何日照条件下都能开花，也可以说是开花不受日照长短的影响。例如水稻的早熟品种、大豆中的早熟品种、棉花中的陆地棉，以及蔬菜中的番茄、茄子、辣椒等都属于这一类。

为什么作物对昼夜的长短都有着一定的反应？

原来，作物对光照的这种反应也是遗传的一种特性，这种遗传性也是在历史上由于在一定的外界条件作用下所形成的。

例如,水稻原产于南方,祖祖辈辈在南方生长,这样就形成了要求短日照的特性。但是,各种水稻品种对光照长短反应也并不一样:有的敏感,也有的不敏感。象南方的晚稻品种对光照的反应就很敏感,也就是说它对短光照要求非常严格,或者说它是感光性强的品种,在每天光照比较长的情况下(如在14小时以上)就不能抽穗。而南方的早稻品种,虽同样都是水稻,但这种早稻的对光照长短反应很不敏感,只要温度不成问题,光照长一点、短一点都无所谓,都能照样抽穗。二者都是水稻,为什么会有如此差别?原来,南方晚稻是在南方的短日照季节里(夏至后日照逐渐变短)生长发育、孕穗抽穗的,这种历史条件就更促使南方的晚稻形成没有短日照就不能抽穗的特性。而南方早稻品种是在日照逐渐延长的夏季生长、发育、成熟的,这样,就形成了对光照反应不敏感的习惯。南方有水稻,北方也有水稻,一般讲,北方的水稻品种对日照长短的反应就比较迟纯,也就是说,北方的水稻品种对日照长短的要求不很严格。这是因为:虽然水稻原产南方,是短日照作物,但北方水稻长期适应了北方较长的日照,这样就使它形成了对日照长或日照短都能较适应的特性。

小麦是长日照作物,这是因为它原产在北方,祖祖辈辈在北方生长,所以,这就形成了它要求长日照的特性。但是,小麦对日照的反应,也不是千篇一律的:春性品种对光照长度反应迟纯,光照阶段也比较短;冬性品种反应敏感,光照阶段也较长;半冬性品种对光照的反映中等,光照阶段长度则介于春性品种与冬性品种之间。

**【作物对温度的反应】** 不同的作物,对温度要求不同。

以小麦为例,据研究,小麦有两个发育阶段:春化(感温)阶段,和光照(感光)阶段。春化阶段是在生殖器官完成前结

束,因此不经过春化阶段,作物就不可能形成生殖器官。完成春化阶段所需的温度一般为 $0\sim 20^{\circ}\text{C}$ 的低温,而通过春化阶段所需的温度及时间又是因作物种类的不同而有所差别。一般情况是:春性小麦的春化阶段所需的时间比冬性小麦来得短些。

各种小麦类型通过春化阶段所需的温度和时间

类 型	最适宜的温度	春 化 时 间 (天)
冬 性	$-1\sim +10^{\circ}\text{C}$	30~45
半 冬 性	$3\sim 15^{\circ}\text{C}$	10~25
春 性	$5\sim 20^{\circ}\text{C}$	5~8

小麦有两个发育阶段,其他一、二年生作物,根据目前的研究,也都可粗略地分成春化阶段和光照阶段,只是所要求的具体条件有所不同而已。比如水稻在春化(感温)阶段就喜欢较高的温度,但要求又并不很严格。春性小麦也是如此,它们在春化(感温)阶段对所需的低温要求也不很严格。“扬麦1号”是个春性小麦,在上海,我们在8月20日进行播种,在10月下旬抽穗结实(温室内),这说明“扬麦1号”在生长发育初期,对低温的要求并不严格。

#### (二)根据品种对日照、温度反应的特性来引种

从自然条件接近的地区去引种,在纬度、海拔高度、气候、土质条件相近的地区引种,才容易取得成功。这是因为同纬度、同海拔高度的地区,如果没有其他特殊的地理条件,一般由于日照的长短相似,气温的高低差别较小,基本上能满足引进品种所需的条件,引进的作物品种就能正常地生长发育。象济南、西安、郑州之间,南京、武汉、重庆之间,相互引种的成

功可能性较大。从国外引种,因距离过远,又有大洋大山等阻隔,情况就比较复杂些。根据试验报导,地中海沿岸的冬小麦可以适合长江流域一带,欧洲中北部和美国中部的冬小麦品种,可以适合华北北部地区。苏联乌克兰南部的小麦品种,在新疆乌鲁木齐就比较适合。

但是,在实践中我们也看到有些作物对自然条件的要求也并不严格,也就是说,对这些作物,在自然条件不相应的地区引种,也不一定不能成功。例如甘薯、马铃薯等作物,以收获营养器官为栽培目的,在纬度相差很大的地区互相引种,也容易获得成功,如北方的马铃薯品种引到南方,南方的甘薯引到北方栽培,一般都能适应,而且生长良好。

根据作物生育特性进行引种,纬度不同的地区,由于日照、温度不同,引进的品种,有时会出现生育期延长或缩短的现象。

例如水稻。把南方的早稻引到北方种植,由于早稻对光照并不敏感,因此,光照问题就不成为问题,只是北方的温度低些,南方的早稻到了北方之后,就很可能迟熟一些;如果把南方的晚稻引到北方去,由于晚稻对光照非常敏感,得不到短日照的要求,因此,南方晚稻到了北方后,往往会发生只长分蘖而不抽穗的现象。相反,要是将北方的水稻往南方引,由于南方温度高,这样,北方的水稻到了南方后,生育期也就缩短了,本来是北方的中稻,现在到了南方就成为早稻了,或者晚稻成了中稻了。从水稻的引种实践来看,从南方引种早稻到北方,或从北方引种水稻到南方栽培,那是容易取得成功的;而从南方引种晚稻到北方栽培是比较困难的。

再看看小麦的引种情况。我国北部一带的小麦品种主要是冬性,中部一带的品种有冬性、半冬性、春性,南部及西北各

省(春麦区)的小麦品种大都是春性。从高纬度地区的冬性麦引进低纬度地区时,一般表现延迟成熟,甚至不能抽穗,因此,应该注意到:凡从高纬度地区引进冬性麦时,就要引进早熟类型才行,低纬度地区的春性麦引进高纬度地区,因越冬前通过感温阶段,抗寒力降低,所以,要注意冻害。春麦区可以从冬麦区引进春性和半冬性品种,那样引种容易取得成果。

总之,一般来说,短日照作物的品种从南方引向北方栽培,开花结实会延迟,有的品种甚至还不能结实;相反,把北方的品种引来南方种植,开花、结实就会显著提早。

一般长日照作物的品种,如果从北方引到南方来栽培,开花结实就会延长,有的品种甚至还不能抽穗结实;相反,把南方的品种引来北方去栽培,那开花结实就会提早。

关于一般中间性作物的品种(比如一些早熟的水稻品种),它们对光照并不敏感,也就是说它们对光照条件要求不严格,所以,它们既可以作为早稻种植,又可以作为双季晚稻栽培(早翻早)。

#### 四、引种的方法和注意事项

##### (一)引种要有明确的目的和要求

要根据当地生产上、育种上的需要来决定引种的目的和要求。一般情况是一个地区在引种之前必需要有1~2个主要品种在生产上作为当家品种,从这些主要品种的实际出发,调查清楚当地生产条件发生了那些变化,原有的当家品种中存在那些缺点,然后确定应引进什么样的品种代替原有品种或改造原有品种。

例如,上海郊区的小麦当家品种主要是“扬麦1号”,这个品种的丰产性比较好,容易取得高产、稳产;但这个品种在上

海郊区总要在六月上旬才能收割，它的生育期与三熟制的推行有一定矛盾，因此，贫下中农都普遍反映，最好能有个丰产性好、五月底成熟的早熟品种来代替“扬麦1号”。这里，五月底能收割的这个要求也就成为我们的引种目标。

## (二)一切经过试验

根据引种目标和引种原则，向适合地区进行引种。在引进种子的同时，应向当地了解该品种的性状及栽培注意事项，最好在引进品种的成熟前就去实地考察一下，那样可做到心中更有数。

品种引进后，在放手发动群众的基础上来进行田间观察试验。以水稻、小麦为例，在试验中，应着重对它们的主要性状如抽穗期、成熟期、植株高度、分蘖力、整齐度、抗病性、抗倒伏、及穗部产量有关性状等进行详细考查。

在试验过程中，要做到引种试验与栽培试验相结合进行。有人认为在同样的土地上，用同样的栽培措施，条件均等，在这样的基础上来进行品种的比较试验，似乎是不偏不倚，好象是非常科学的。其实，品种之间，各有各的特性，它们对同一的栽培措施，势必不能全都适应，这样，有些品种的优良性状，由于栽培措施不适当，就不能得到很好的表现，以至把好品种误作为坏品种而淘汰掉。因此，品种比较试验必须与栽培试验相结合进行才好。平常，大家都讲良种要有良法，也就是深含这个意思。例如，一般水稻的早熟品种，秧龄就不宜过长，晚稻品种的秧龄就不宜过短，否则，就都要影响收成。如从高纬度地区的水稻向低纬度地区引种，成熟期是提早了，但是伴着而来的是：分蘖减少了，穗形变小了等等经济性状有变坏的趋势；如通过栽培试验，就可以明确采取相应的措施，如早播早栽，适当密植，增施肥料等措施，这样就可提高产量。总之，一

句话：在引种试验时，必须要摸清相应的栽培方法，根据品种的特点来进行栽培管理，也只有这样，才能收到良好的效果。

而且，试验的进行必须经过反复的、多点的才好。这个，贫下中农是深有体会的，他们说：“从外地引进的品种，一年好不算好，三年好才算好；一年坏不算坏，三年坏才算坏”。意思就是说搞试验需要有个反复，也只有这样，才能正确判断所试验的品种是否能适合本地区生产上的需要，这个经验很重要。如果经二至三年试验，确实证明能符合我们的引种目标，这时就可加速繁殖，或向原产地进行较大量的调种，逐步替代原当家品种。

根据各地对引种工作的实践经验，可概括为这么几句话：“大胆引种，反复比较，群众鉴定，看准抓狠，加速繁育，逐步推广”。

对引进品种的多少，一般认为可以多引，所以讲引种要狠，因为有数量才有质量。但是，有时也要看条件来决定，如人员力量容易安排，就可以多引；相反，人员不易安排，可进行少量引种。成功1~2个，再引1~2个，否则多引了，照顾不周到，有时反而会弄杂搞乱，收不到预期的效果。

### （三）重视种子检疫，防止新的病虫害的传播

在引种时必须认真执行种子检疫制度，这样可杜绝新的病虫害在新地区蔓延。解放前在反动派统治时期，根本不实行种子检疫制度，因而在引进国外种子的同时，把病虫害也引进来了。例如，我国的甘薯在过去从没有发生过黑斑病，而现在，黑斑病是我国甘薯的重要病害之一，这是怎么回事呢？原来，甘薯黑斑病，最初发生在美国，以后传入日本，1937年又随着日本帝国主义的侵略传入我国，后来才逐渐蔓延到全国各地。

又如,棉花红铃虫也是从美国传入我国的。解放后,由于严格检疫制度,所以,在新疆新棉区至今还未发生过红铃虫的为害,由此可见,严格执行检疫制度就可防止新的病虫害在新地区的传播。



## 第十四章 良种繁育和种子检验

毛主席亲自主持制定的《全国农业发展纲要》中指出：“农业合作社应当建立自己的种子地，加强群众的选种工作，建立农作物良种繁育更换制度”。“积极繁殖和推广适合当地的农作物良种”。这为我们繁育良种工作指明了方向。此外，中央还制定了“自繁、自选、自留、自用和辅之以必要调剂”的种子工作方针。这是在良种繁育工作中贯彻群众路线，体现自力更生原则的正确方针。

一般所说的作物良种，包括优良品种和优良种子两个方面。一个优良品种，必须要有好的遗传特性，也就是说要有好的经济性状；有了种性好的优良品种，还必须要有质量高的优良种子，也就是说要有纯而不杂、粒粒饱满、颗颗健康，生活力强的优质种子。也只有这样，在生产上才能发挥良种的潜在能力。

如何保持、提高良种的种性，如何繁育出更多、更好的良种来供生产上利用，这就是我们在这一章中所要讨论的主要内容。

### 一、良种繁育的任务

当一个新品种选育出来之后，或是在一个优良品种引进之后，通过实践证明，这些优良品种，在当地生产上确实能起增产作用，这时，随即就有两个问题亟待解决：

一个是如何加速繁殖已选育成的新品种或引进的适合于当地栽培的优良品种；使优良品种有足够的种子数量，能及早地投入生产，以便发挥优良品种的增产作用。让新品种代替老品种，起到品种的更换作用。

另一个是如何保持、提高新品种或现有良种的优良种性，为生产上定期供应高质量的种子，让质量高的种子代替生产上质量较差的同品种的种子，起到品种的更新作用。

实质上，良种繁育的任务，也就是要解决上面所提出的两个问题。概括地讲，那就是要做好：品种的更换工作，和品种的更新工作。

要做好品种更换工作，根据群众的经验，必须要注意两个问题：第一，要更换品种，必须要根据“一切经过试验”的原则办事。广大贫下中农对盲目的大幅度更换品种，是有着深刻的经验教训的，他们把更换品种工作，看做为—桩非常慎重、细致的工作。必须在通过多点、广泛、连续试验的基础上才提出接班品种的名单，进行品种更换工作。第二，要更换品种，就要有足够数量的接班品种的优质种子，这就要求我们必须采取措施，加大良种的繁殖系数和给予优越的栽培条件，从而在较短的时间内培育出足够数量的优质种子，以满足生产上的需要。

要做好品种的更新工作，也有两个问题值得注意：

(1) 注意品种的退化现象，要研究退化发生的原因及采取相应的有效措施，保证良种的种性不变坏，而且还要求有所提高；

(2) 要重视种子的检验工作，使不合乎规格的种子不进入大田生产。

## 二、品种的混杂退化及其防止措施

### (一) 混杂退化的实质

品种的混杂和退化是两回事，不能混为一谈。

什么叫品种混杂？一个品种里混进了一个、两个或更多个其他品种的现象，叫做品种混杂。那种经常所看到的：小麦地中有大麦，稻田中长稗子，大豆田中有菟丝子出现的现象，在科学上都不叫混杂，而是叫杂草，它们不属于混杂范围之内。

品种的退化又是怎么回事？一个作物品种，都具有它原来的形态特征：如小麦植株的高矮，穗形穗色，芒的有无和长短，麦粒的大小、形状和颜色等等；此外，一个作物品种还有它一定的特性：如成熟期的迟早，抗逆性的强弱，产品质量的好坏等等。这些特征和特性综合起来就构成为一个品种的种性。我们所讲的品种退化，也就是指品种的种性改变了，或者说品种的遗传性改变了。如果讲，那些改变了的性状对我们生产上是有利的，就不叫退化；要是讲改变了的性状对人们的栽培不利，生产不利，而且，这些不利于我们的性状还会遗传到下一代去，这种现象，才叫做退化现象。

判断一个品种是否退化，乍看起来似乎很简单，只要根据品种的种性和生活力的表现就可以确定。其实这是一个相当复杂的问题。因为种性和生活力的具体表现，不仅受遗传性的支配，而且在不同程度上还受着环境条件的影响。

比如，有人看到某个品种的植株变矮了，叶子变小了、变黄了，穗子也变小了，产品的质量变差了，就匆忙下结论说：某个品种退化了。是否真的退化了呢？这还要作仔细分析。可能是退化；也可能不是退化，而是由于营养失调，栽培不当的

结果。比如讲，一个地区发生旱灾，涝灾，或者由于栽培技术跟不上，肥水失调，这样，它的长相势必比生长在正常情况下的同品种来得差劲；当然，植株也就变矮了，叶子也就变小、发黄了，穗子也就变小了，品质也自然下降了。其实它的遗传性并没有因此而发生改变，它的下一代，如果再碰上适宜的气候、土壤条件，或受到良好的栽培管理，这个优良品种又回复到了原有的水平，这就不能说它是退化了。相反，如果它的下一代，即使再给它适宜的栽培条件，它的种性还不能恢复原来的样子，这时，才可以确实地对它下结论：是退化了。

有人把品种抗病性的消退，一概归诸于退化。这种说法在科学性上也是欠周密的。具体的问题要具体分析。抗病性的表现，是品种、病菌和环境条件三者共同作用的结果。已经知道，生产实践上所常看到的品种抗病性变异，一般都与病菌的变异有连带关系。只有在证实病菌没有发生变异，并排除了环境条件的暂时影响的情况下，抗病性的消退，才可认为是品种退化的象征。小麦“碧玛1号”在黄河中、下游原是抗条锈的，但在条锈病菌中也会产生变异，结果，在条锈病菌中出现了一个新的生理小种，它可以侵入“碧玛1号”，使“碧玛1号”生条锈病，而这个新的条锈菌生理小种在黄河中、下游又迅速蔓延，因此，就使得这一地区的“碧玛1号”在短期内丧失了它的抗锈性。是不是说“碧玛1号”的原来那种抗条锈病的种性改变了，或是说退化了呢？不。它的当初那种原抗条锈病的潜在能力并没有丧失。它现在之所以在这一地区会严重感染条锈病，那是由于这一地区的条锈病菌发生了改变的关系。

前面刚讲过，品种的混杂和退化是两回事。但是，品种的混杂和退化又是彼此相互联系着的。比如讲，由于品种的混

杂,也就很容易引起天然杂交;由于天然杂交,一方面容易引起一个品种的退化,另一方面,由于杂交后的分离,因而就会有不同类型个体的出现,造成了种子的混杂。一般讲,品种退化开始时,表示一个品种的生活力减退,它的种子一般不混杂;种子混杂开始时,表示在一个品种的种子内混杂着其他品种的种子,它的生活力一般不降低。但如果老是不进行选择,不进行提纯复壮,长此以往,品种退化和种子混杂的后果就难能分清,因为退化的品种也开始表现种子混杂了,混杂的种子也开始表现品种退化了。

## (二)混杂退化的后果

混杂了的品种,势必导致品种的退化;退化了的品种,势必要引起品种的混杂。

品种一混杂退化,就不可避免地要给生产上带来损失。跑到田头看看,就可以深有体会。在一块田中,植株高矮参差不齐,群众说它是“三层楼”;成熟期前后不一,群众说它是“祖孙三代同堂”:“早的象扯旗,晚的三眼齐,不早不晚大肚皮”。到了收获季节,有的柴(草)黄谷熟,有的将熟未熟,凑早熟的,迟熟的就会由于没有成熟而减产,凑迟熟的,早熟的早已落粒发芽,都严重影响了产量。

由于品种退化,给生产上带来严重的危害。最典型、突出的例子便是棉花,它是在目前所了解的庄稼中退化最快的一个庄稼。现在各地的棉花当家品种大都是“岱字 15 号”。它的退化表现是:株型变松散,茎叶上绒毛增多,铃形变尖或变圆,衣分下降,绒长变短等。就衣分来看,“岱字 15 号”的原种衣分是 38~40%,繁殖得好的话,第二代衣分也可达 37~39%;第三年,最多到第四年,衣分只有 34~35%;第五年就更不行了,在退化利害的地方,有时,衣分还不到 30%。如果拿这种

棉花跟衣分达 39~40% 的相比,一百斤籽棉就要相差十斤皮棉,再加以品质较差,这就造成了很大的损失。

上海市嘉定县农业局种子站,在 1964 年曾对“岱字 15 号”棉种纯度与产量、产值的关系作过调查。调查结果如下:

原种代号	调查面积	亩产皮棉	衣分率	每亩产值
一代	503.5 亩	137.1 斤	37.64%	142.70 元
二代	475.6 亩	134.5 斤	36.73%	139.96 元
三代	419.5 亩	129.4 斤	36.30%	135.10 元
四代	333.9 亩	112.0 斤	36.22%	118.26 元
五代	210.9 亩	104.5 斤	35.65%	110.23 元

所以,棉种如不很好管理,种子如不更新,连续种上三、四年,品种就会表现显著退化。由于大家都有深刻的经验和教训,都重视这个问题,因此,“岱字 15 号”棉种虽已连续种了二十年,至今不但依然保持着良种的特性,而且衣分、绒长在正常年景下比以往还有所提高。

棉花是如此,水稻、小麦和大豆等自花传粉作物,如不进行提纯复壮,如不进行种子更新,最多也不过六、七年,品种也就要退化得不行了。这里,就以大家最熟悉的水稻品种“农垦 58 号”为例。“农垦 58 号”是一个好品种,它的丰产性和稳产性是比较令人满意。很多地方都曾经把它当作过当家品种,评价不错;种上几年后,有人说:“农垦 58 号”不象“农垦 58 号”了,植株变高了,基秆变细了,穗形变小了,着粒变稀了,谷壳变厚了、出米率降低了,抽穗不整齐了等等。原来“农垦 58 号”的种性改变了、退化了。当然,大家也就不喜欢种它了。有些地方对“农垦 58 号”进行了提纯复壮工作,结果,产量又上去

了,所以,至今有不少地方还乐意种植它。

品种纯不纯,对产量的影响很显著。农民育种家陆财做过试验:同是“陆财号”,纯度 98% 的比 95% 的要增产 3.4%;比 88% 的要增产 10.7%。说明稻种纯不纯,对产量的影响是很大的。其他作物的品种也莫不如此。

### (三)混杂退化的原因

良种为什么会混杂退化?原因很复杂,但大致可分为:

#### 1. 机械混杂:

种子在播种、收晒、储运等过程中,稍不注意,都极容易从田块,晒场,收割脱粒机械,以及装运工具中混杂其他品种。同一块田中,头季的种子掉落在田里,到后季发芽生长,也就和后季播下的品种混杂,这在水稻田中最容易发生。这些由于技术上引起的品种混杂,都叫机械混杂。特别是现在各生产队,每种作物都有几个品种,因此,这种机械混杂的机会极容易发生。

#### 2. 自然杂交:

水稻、麦子和大豆等自花授粉作物,它们的遗传基础比较纯,不容易变。但是,在自然界中,即使是自交作物,也会发生一定程度的天然杂交,杂交后,后代就会分离出五花八门的东西出来,因而长期在生产上所运用的品种总不免要变成杂种状态。比如水稻,当不同品种靠近种植且又同时开花,据试验,株间距离 1 尺左右,通常有 1% 的天然杂交率;株间距离 2 尺左右,天然杂交率有 0.45%。小麦的天然杂交率是:当种植距离为行距 2 尺,播幅 5 寸,稀撒播时,平均就有 0.3~0.5% (最高 1.1%,最低 0.1%) 的天然杂交率,有时甚至也可达 3% 以上。大豆的天然杂交率很小,但也有 0.2~0.5%。

至于象棉花、玉米、向日葵等常异花和异花授粉的作物,

它们的天然杂交率那就更高了。棉花的天然杂交率经常是5~10%，最高可达到60~70%，这类作物的品种至所以极容易发生混杂退化，其主要原因也就在于此。

### 3. 杂交育成种的继续分离：

现在生产上所运用的一些新品种，有不少是通过杂交而选育成功的。用杂交方法育成的新品种，在推广之前，尽管在主要性状上看来已经一致，但有时还不一定稳定，它们的后代仍有继续分离的可能，这样，就有可能形成性状多样化的大小混杂群体，如不加选择，便会出现良莠不齐的混杂退化现象。

### 4. 突变：

这是作物体内产生的遗传变异。作物有些性状往往会发生突变。什么东西引起突变？目前，大家都认为宇宙中的放射线就是一种引起作物性状发生突变的因素。

### 5. 选种时不注意品种的典型性：

例如在栽插薯苗时，剪苗不考虑薯种的典型性，而总想多插一点，总爱到长蔓上去剪苗，连年选用长蔓栽插，于是薯蔓越种越长。结果，甘薯种退化了。虽说种的是“胜利百号”，可就没有“胜利百号”的种性。这种退化现象的造成，就是人们不自觉的采取某些不合理措施所引起的结果。

### 6. 栽培条件不良：

作物和环境的关系，是辩证统一的关系。任何一个优良品种，它所具有的为人们所需求的各种有利性状，都是在一定的自然条件与栽培技术条件下，通过长期选择和培育下形成的。品种各个优良性状的发育都要求一定的环境条件，如果这些条件得不到满足，某些优良性状就不能显现，长此以往，甚至还会产生变异，因而促使品种的退化。

### 7. 自然选择的作用：



生物总是处于变异之中。有些变异在自然条件下有利于生存，有的变异不利于生存；有利于生存的繁殖得多而快，不利于生存的就繁殖得少而慢，甚至绝种。这就是自然选择。自然选择，一方面可能促使人们所希望的性状得到发展。如耐盐碱、抗寒性、抗病性等；另一方面，自然选择也可能促使某些优良性状的消失。例如，水稻白米中出现红米，一般讲，红米种子抗逆性强，因此，在自然选择的作用下，红米会年年增多，如不进行精细的人工选择，白米也就有被淘汰的可能。棉花绒短、粒小、光籽、绿籽容易发芽，结桃多，早熟，容易繁殖，它们在棉种中就会逐渐占优势，末了就造成品种退化。所以品种退化是自然选择的必然结果，是自然的力量，也可以讲是一种自然规律。

总之，造成品种混杂退化的原因很多，而且又很复杂。根据毛主席的教导：“外因是变化的条件，内因是变化的根据，外因通过内因而起作用”。我们认为品种退化的内因是遗传基础发生了变异，外因便是指机械混杂，自然杂交，和栽培条件、技术不良等因素；“外因通过内因而起作用”，这样，便产生了可遗传的或者持续性的不良变异，因而在生产性能、适应力和产品质量方面日趋下降，以至不符合人们生产上的需要。

#### （四）混杂退化的防止

要防止品种混杂退化，首先要重视思想工作。要坚决贯彻毛主席关于“广积粮”和种子工作的指示；要坚持“四自一辅”的种子工作方针；要让群众看到品种混杂退化在生产上的严重危害；要让群众认识到搞好种子工作决不单是种子员的事，而是个群众性的工作。只有做到人人思想上重视种子工作，处处为良种防杂保纯着想。这样，防止品种混杂退化才有可靠的基础；否则，单靠几个种子员和技术人员是很难把事情

做好的。

此外，在管理和技术方面要做好下列工作：

### 1. 严防种子混杂：

要掌握容易造成种子混杂的关键。比如小麦，在选种、种子处理、播种、收获、打场、进仓、翻晒等时最容易混杂；水稻除了上述七个因素外，插秧这一关也要注意；棉花还要加上补种、收花和轧花关。总之，上述几个原因最容易造成品种混杂。因此，在这几个关键就要订出防杂制度，人人重视，严格执行。比如有些生产队，在播种时提出要做到“四清”：品种清、盛种工具清、播种工具清、播种田块清。在收获时要做到“五单”：单收、单运、单打、单晒、单藏。

### 2. 防止自然杂交：

**【去杂去劣】** 在开花前，凡看到异样植株，就应该将它们拔除，免得在开花时引起天然杂交。

**【隔离繁殖】** 可实行地区上或季节上的隔离繁殖，使不同品种在距离较远的田块上或在不同的季节里生长，可防止天然杂交。自花授粉作物如水稻、小麦等的留种田，不同品种间应相距6尺（也可在收割期将两个品种相邻之处先割掉6尺宽的植株，作一般商品粮处理，不作为留种用）。常异花授粉作物如棉花、高粱，和异花授粉作物如玉米等，在繁殖上都应设立隔离区。一般在300~400公尺内不种其他品种，以防止互相串花。季节上的隔离，是利用调节播种期，使各个品种的开花扬粉的时间有一定的间隔，以免互相杂交。

### 3. 选择：

选择，特别是连续选择是防止品种混杂退化的最有效措施。一个品种种植时间长了，总不免会出现混杂退化现象。品种虽处于混杂退化中，但总还有一些植株会保持着原来种

性没有变的;在变的当中,变坏的虽然是多数,变好的也有;如果把没有变的、变好的选出来进行繁殖,就可以恢复、提高原品种的种性,恢复原品种原来的健壮状态和生产能力。用提纯的方法来达到复壮(保持和提高原品种的种性、生产能力)的目的。

### 三、良种繁育的技术

根据一些先进生产队的经验:品种单一是不好,但如果品种过多了,在生产上也很不相宜;一般认为同季同一种作物的品种应不超过三个为好。这样做,有利于茬口、劳力的安排;有利于摸清品种脾气,实行良种良法,发挥良种的增产潜力;有利于搞好良种繁育。福建省闽侯县的杨厝大队,便是一个很好的范例。几年来,他们的早稻品种始终是“矮脚南特”和“珍珠矮”,连续七年粮食常年亩产超过双千斤。由于他们年年坚持选种,努力搞好良种繁育工作,这两个品种的种性非但没有退化,而且,性状还有所提高。当然,精简品种,保持当家品种的相对稳定并不排除更换更优秀的新品种,对于经过准确地试验,如确实证明比现有推广良种增产显著的新品种,可集中、加速繁殖,并有计划地进行更换。

#### (一)良种繁育的方法

良种繁育的方法,也就是提纯复壮的方法。各地在良种繁育工作中,经常所采用的方法有:

##### 1. 片选:

在未建立种子田的生产队,可采取片选法留种。

方法是选择品种纯度较高、植株生长良好的田块进行一番去杂去劣,而后收下来作为种子用。去杂去劣工作不能俟到作物老熟时才去进行,因为到老熟时,哪是杂、哪是劣就不

易区别清楚了；因此，去杂去劣的工作应该在杂劣最容易区别的时候进行。

比如水稻的去杂去劣工作，应该在插秧时就要开始进行，以后结合田间管理，拔除杂株劣株，到抽穗前后，还要拔除抽穗早的、抽穗迟的和与原品种不一样的稻穗。经过这样多次去杂去劣后，留下来的种子，才能比较纯净。

小麦的去杂去劣工作，至少也要分两次进行：在抽穗期，根据原品种的株高、抽穗迟早、穗部性状等，把杂株拔除；在成熟期，指在收获前八、九成黄熟时，再根据原品种的株高、成熟迟早、颖壳颜色、芒的有无及长短等等性状，进行第二次去杂去劣工作。

此外，在收获时，要提高警惕，防止混杂，严格执行单收、单运、单打、单晒、单藏的管理制度。

采用片选留种法，因为在田间去杂去劣，难免有一部分会遗漏掉，这样，纯度不可能提得很高。

## 2. 株选(穗选)后建立种子田：

这个方法在提纯上要比片选的效果好得多。但真要通过株选(穗选)来提高品种纯度，在进行株选(穗选)时一定要讲究质量，要讲究“认真”两字。有些生产队选种心切，要求大量株选(穗选)，由于选种时往往是劳力紧张的时候，再加上参加选种的人如果对原品种的性状又不顶熟悉，为了赶任务，有时，质量就不易得到保证。根据这种经验教训，我们认为：选种时一定要保证质量，数量不妨可少一点。比如水稻种子田，在进行单株(单本)栽插时，每亩地的用种量有2~3斤就足够；小麦有5~6斤也足可种上一亩地。

【怎样进行株选(穗选)】 株选(穗选)工作，在已建立种子田的生产队，就可在种子田内进行选种；在没有建立种子田

的生产队,可选择品种比较纯,生长比较好的田块,进行株选(穗选)工作。目的是在便于选出较纯较好的原品种。

应该指出,就稻、麦等作物来讲,一个植株有主茎和分蘖。主茎穗上的种子和分蘖穗上的种子,就它们的遗传基础(种性)来看,总是彼此一样的;因此,株选也好,穗选也好,选择的效果总是一样的。在水稻丛栽(多本)田中,在选种时有时难分清是那个植株上的穗子,这时,就可以穗为单位,进行穗选;而在单株栽(单本)田中,就可以株为单位,进行株选。

在进行选种前,一定要掌握原品种的典型性状,而后根据原品种的典型性状来进行株选(穗选)。在选种时要注意两点:一是要选具有原品种性状,生长良好,没有病虫害的植株或穗子,绝对不能不顾原品种的性状,看到大穗(大铃)就要。二是要在田中间选。田中间的植株,生长条件差不多,容易选出高矮整齐,成熟一致的植株或穗子。田边田角,植株生长条件特殊,有时,穗子虽然较大,但并非种子本身种性变优;相反,田边田角常因肥多,而形成植株高大,穗子变长,叶子长宽,容易染上病害,所以不宜在田边田角选。

以水稻为例。水稻的株选工作一般在单本繁殖田成熟以前一个星期进行。株选时,选择分蘖较多,株型合适,穗子整齐的单株;用手轻握植株从下往上一捋将几个稻穗集拢,再从叶型、穗型、粒型、稃色、芒的有无、植株高度、成熟迟早等特征特性进行鉴别。若符合原品种标准,还要看看主穗和分蘖穗是否整齐一致,是否有烂秆病斑,枯叶早衰现象。这些条件都合适了,才能中选。中选的单株,用下部叶片将秆子缠拢作为记号,选一株缠一株,待到成熟时再将它们一株株拔回,在晒场或室内再复选一次,混合脱粒,作为第二年(或下一季)种子田的种子。所选留的种子,也要单晒单藏,妥善保管。选留种

子要多少,这要看种子田的大小来决定。就水稻来讲,水稻种子一般以单本插为宜,这样,一亩田的用种量有2~3斤就够了,但为了预防意外事故,每亩田应留种5~6斤。

如生产队同时有好几个品种需要通过株选(穗选)来进行提纯复壮,此时,应注意到绝对不能弄乱弄杂,以免全功尽弃。

**【怎样建立种子田】** 建立种子田是良种繁育工作的主要环节。在建立种子田时,要做好下面几项工作:

第一,决定种子田的留种程序及面积规划。生产队可根据自己的种植面积的大小来决定种子田留种程序。在用种量不大的情况下可建立一级制种子田;如面积比较大,用种量比较大时,就可考虑建立二级制种子田。

一级制种子田生产的种子,进行株选(穗选)作为第二年一级种子田用种,余下的在进行去杂去劣后,作为第二年大田用种。

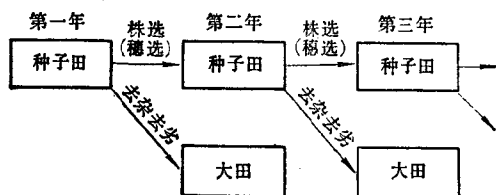


图 14-1 一级制种子田留种程序

二级制种子田是在一级种子田生产的种子不够大田用种使用时建立的。在一级种子田中株选(穗选)具有原品种性状的单株或单穗,作为下一年一级种子田用种。其余的去杂去劣,作为二级种子田的种子,二级种子田经去杂去劣后,可以作为大田用种。

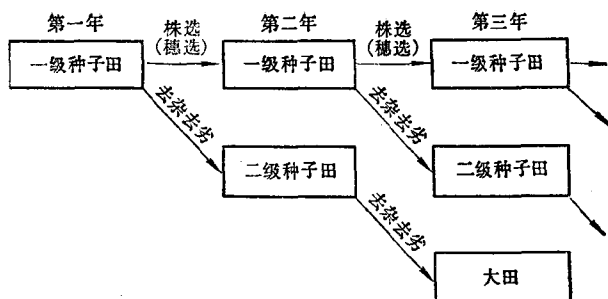


图 14-2 二级制种子田留种程序

种子田的面积要多大？这可以照三个条件去计算：①需要供应种子的大田或者下一级种子田的繁殖面积；②大田或者下一级种子田的每亩播种量；③各级种子繁殖田的产量。为了保证用种，在规划种子田面积时，要注意留有余地，预防发生意外。根据各地经验：例如水稻，二级种子田约占大田面积的5%，一级种子田面积约占二级种子田的5%。小麦的亩产量一般不及水稻，因此，小麦的种子田应相应扩大。据估计，二级种子田的面积是大田的10%，一级种子田的面积是二级种子田的10%。

第二，选择好种子田。种子田专供选种留种用，所以为了育出纯度高、质量好的种子，土地宜选择肥力适中，水利条件良好，阳光充足，耕作管理方便的田块。同一品种的种子田最好连片种植，与种子田邻近的田块最好种同一品种。根据先进生产队的经验介绍，可采用大田包围种子田的措施，这种措施，有人叫它“重包法”。那样可以减少天然杂交及混杂的机会。比如，生产队今年水稻种20亩“珍珠矮”，留种程序是采用一级制种子田；在设计种植规划时，可将20亩“珍珠矮”连片种植，在这20亩中心的1亩就可作为“珍珠矮”的种子田。

如采用二级制种子田时，1分田的一级种子田便是处于1亩二级种子田的当中，而1亩二级种子田便是处于19亩大田“珍珠矮”的包围当中，这样安排的好处很多，除了可减少种子的混杂外，此外，由于整片同是“珍珠矮”，在播种、插秧、管理及收割上也方便很多。

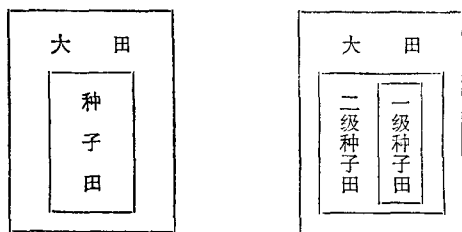


图 14-3 “重包法”——大田与种子田相对位置示意

第三，做好栽培管理。①在播种前，要进行选种(对种子质量的要求：纯、净、饱、干、生活力强)，最好还应进行消毒，以防病害。②深耕，施足基肥。小麦可采用条播；水稻要进行单株(单本)栽插。有人由于没有实践经验，对水稻的单株栽插总有很大顾虑，深怕影响产量。其实，进行单株栽插，个体生长发育充分，品种的优越性容易发挥，因而只要栽培措施得当(比如适当浅插、早施追肥等)，不仅产量高，粒子重，种子质量也好，并不会因单株而影响产量。水稻进行单株栽插，亩产量达千斤的报道，屡见不鲜。进行单本栽插的好处还有：可彻底地进行去杂去劣，可保证种子纯度在99%以上；由于进行单株栽插，用种量少，这样就可精细穗选，提高种子质量；在单株种子田中，容易发现优异单株，便于选种。③做好田间管理，反复进行去杂去劣，保证种子纯度。④严格执行单收、单运、单打、单晒、单藏的制度。除了要求人人重视工作外，还应指



定专人来负责，一管到底。

### 3. 建立穗(株)行田, 培育原种:

实行单株(穗)选择、分系比较、混系繁殖, 培育原种的方法, 是作物良种提纯复壮的最好方法, 也是生产原种的方法。

什么叫原种? 原种是指一个品种最优良的原始种子。过去, 有的人认为培育原种, 那只是科研单位、教学单位、和国营农场的事, 生产队不可能培育原种。事实并不如此, 每个生产队都可以做。安徽省蒙城县庄周公社一里白生产队的小麦穗行种子田, 已经搞了七、八年, 年年生产原种, 年年繁殖原种; 由于坚持年年选种, 产量也节节上升, 原来小麦的亩产量只有一百多斤, 自从建立穗行种子田后, 亩产量经常保持四百多斤, 这不仅对当地的生产起了推动作用, 而且, 还有力地批判了育种工作上的“专家路线”。

这里, 着重介绍一下一里白生产队等所采用的小麦穗行种子田。他们的办法是把穗行田当做一级种子田, 第二年再繁殖一次, 第三年就够大田栽种了。他们用穗行田方法生产出来的种子, 便是原种。这种原种, 是经过仔细的观察和考种, 并且选得比较精细。他们的留种程序是:

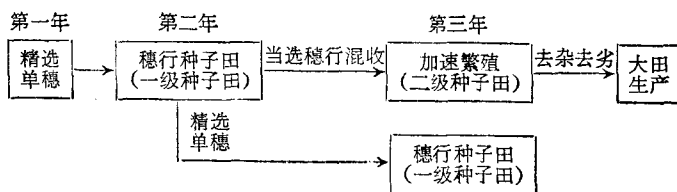


图 14-4 小麦穗行种子田

上图中的一级种子田(穗行种子田), 相当于一株的株行圃(穗行圃); 二级种子田, 相当于一株的原种圃; 大田生产用

的种子，也就是原种一代。

一般自花授粉作物如小麦、水稻等，都是通过两个圃株（穗）行圃和原种圃来生产原种。具体做法是：

第一年，选择单穗（株）：

在小麦抽穗到成熟期间，是品种性状表现最明显的阶段。趁这一时机，到准备进行提纯复壮的小麦品种的种子田、株（穗）行圃、原种圃或纯度较高的大田中，按照原品种的主要性状，如株高、穗部特征、成熟期、抗病虫能力等，选择植株生长整齐、健壮、穗大粒饱、秆硬抗倒、抗病等具有原品种典型性状的优良单株（在单粒点播的田块）或单穗（在不是单粒点播的田块）。在抽穗期就要在植株上作好记号，如挂上纸牌（塑料牌），或系上小红布条等。总之，要醒目一些。到成熟时，将中选的单株连根拔起，每10株扎成一捆，每一捆上系一纸牌，用铅笔注明品种名称；如果选穗，就把中选的单穗摘下，在摘下时，可保持麦秆1尺长，以便扎缚，每50穗扎成一捆，每一捆上系上纸牌，用铅笔注明品种名称。以免搞错、混杂。选择单株（穗）的数量，按播种一亩需要400~600单株或1000~1500单穗的数量选留。要留有余地，可多选留一些，以备在室内考种时要淘汰一部分。

选回的麦穗，放在指定的、较安全的地方充分晒干，要求在采回后两星期内（夏至以前）做好分穗脱粒工作，这是因为麦蛾生卵在颖壳上，孵化后钻进麦粒，如能及早脱粒，就可以防止虫蛀。在进行脱粒时，要做到分穗脱粒，分穗包装（一穗麦粒装一袋，纸袋可用废纸做或用废信封都可以，纸袋上注明品种名称，以防混杂），分品种贮藏。在贮藏过程中，要经常翻晒。在翻晒时不必将封藏在纸袋内的麦粒取出，连纸袋一同晒就行，这样也可防止虫蛀；将晒干了的种子，连同纸袋一道

放在原来装“666”药粉的空袋里，以防止虫蛀。此外，在贮藏期间要注意勤检查，防止受潮发霉变质或被老鼠损坏，保证不受损失。

第二年，分系比较：

将上半年选得的单株（穗）种子，下半年播种时将单株（穗）分别播种。

如果选的是单株，在播种时，可将每一单株种子种 3~5 行，行长 4~6 尺，行距 7~8 寸。每一单株种植的行数要一致（行数多少可根据种子最少的单株来决定，其他单株在播种后所多余下来的种子可弃而不用），在株与株之间的一条行距，也可考虑适当加宽到 10~12 寸，这样既便于观察记载，也不会搞错。按单株播种的称株行圃，每一单株种子长出的植株就是一株系。

如果选的是单穗，每穗的种子只种一行，行长 4~6 尺，行距 7~8 寸。按单穗播种的称穗行圃，每一单穗种子长出的植株称为一穗系。

无论按株或按穗播种，播种时都要采用单粒点播，粒距 2~3 寸。播种株行或穗行圃时，应将同品种的原种或纯度高的种子同时种植作对照，株行圃每隔 9~19 个株系种一对照，穗行圃每隔 19~39 个穗系种一对照。各株（穗）系及对照要按播种顺序统一编号，全都登记在簿子上，便于田间观察记载。

在小麦整个生育期间，如越冬期、返青期、拔节期、抽穗期、腊熟期、成熟期，应有专人负责进行田间观察记载。发现杂株或变异单株，一方面在簿子上记载，一方面给予拔除或在植株上挂好标记。在将成熟时，再按原品种具有的典型性状进行观察比较，根据原品种的株高、穗型、颖壳颜色、芒的有无

及长短等特征，和成熟期迟早、抗逆力强弱等特性来决定每株系或穗系是选留还是淘汰。对有混杂的株行（杂株率超过2%）或穗行，对有病害的株行或穗行，对有分离、突变的株行或穗行，都作为淘汰之列，并要在行头上作好淘汰标记；对有优秀的变异单株上也要作好标记；对有突出优异的株（穗）系也要作好标记；各种标记都要鲜明夺目。在收获时，先拔取优秀的变异单株，作为培育新品种的材料；再收取有突出优异的株（穗）系，作为培育提高品种种性的种子；再割去淘汰的株（穗）行；然后收割当选的株（穗）行，混合收割，混合脱粒，供原种繁殖圃或种子田播种用，这些种子就叫原种。对原种的纯度要求要达到99.8%。

对原种的收割、运输、脱粒、清选、晒种、贮藏保管等都要有专人负责，严防混杂和虫、鼠、雀的危害。

第三年，混系繁殖：

将当选株（穗）行混合脱粒的种子，种在原种圃或种子田，采用稀播办法，加速繁殖，加强栽培管理，扩大繁殖系数。收获的种子，即可供种子田或大田生产应用。

如果品种混杂退化严重，进行一次分系比较，还不能达到提纯复壮的预期效果时，可从当选的株（穗）行中继续选一次单株（单株脱粒），再进行一次分系比较，然后再混系繁殖，以提高种子质量。

一个品种不一定每年都搞原种，只要在原种播种到种子田以后，注意防杂保纯和培育工作，每年从种子田中选择典型穗子混合脱粒，供下一年种子田播种用，这样连种二、三年，再从种子田选单株（穗）培育原种也行。这样做，一个生产队种二、三个品种，每年也只要搞一个品种的原种培育工作就可以了。

水稻也完全可以通过上述原则和步骤生产出原种来。

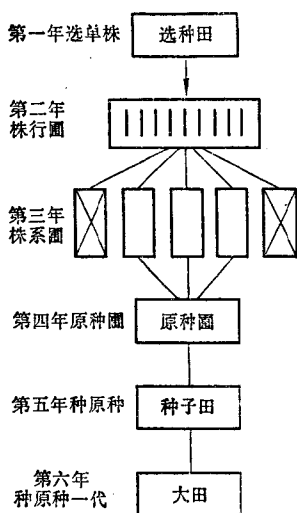


图 14-5 棉花良种繁育的三圃制

棉花原种也是先选单株，经过考种后，第二年把选中的棉株，每株种一行；由于棉花是常异花授粉作物，它的遗传基础比较复杂，种一年株行还怕靠不住，要再把选中的株行第三年继续种为小区再考察一下；优良株系产生的种子就可以混合起来繁殖出原种。

其实，棉花的提纯复壮，生产原种的原则还是和前面所介绍的小麦一样，所不同的是在繁育过程中由两个圃改成为三个圃，即当中增加了一个株系圃而已。

## (二) 加快种子繁殖速度

在良种、原种比较少，而群众在生产上又迫切需要的情况下，这时，就得要及早解决如何提高种子的繁殖系数，加快种子的繁殖速度，来满足生产上的需要。

根据各地群众的经验，加速种子繁殖的方法有：

### 1. 单本插秧和宽行稀植：

水稻插秧可用单本插，这是利用营养面积扩大，从而提高繁殖系数。水稻用单本插，每亩用种量只要 2~3 斤就够，如亩产按 600 斤计算，这样，一斤种子一代就可繁殖 200~300 斤，繁殖系数达 200~300 倍。如种子数量较少，可进行宽行稀植，可促使单株分蘖增加，再结合分株繁殖，就能在短期内获

得较多的种子。

## 2. 分株繁殖:

对一些生育期长的作物或品种,如晚稻和大、小麦等,可采用提早播种,延长它们的营养生长期,利用大量分蘖进行分株移栽,以增加单株数量。如晚稻可与早稻同时播种,利用其春天日照时间逐渐加强而不能通过光照阶段的特性,并多施追肥,可促使大量分蘖,进行连续数次分株繁殖,就可多得种子。广东有位贫下中农把一棵有 27 个分蘖株的水稻,一一剥开,进行单本栽插,再经精细管理,每株又产生分蘖,共有 350 多个分蘖,收到种子 14 斤。如果按千粒重 25 克计算,那它的繁殖系数要高达 280,000 倍。

## 3. 育苗移栽:

棉花用育苗移栽,可增加繁殖系数 100 倍左右。1969 年山东诸城东庄大队,将半斤高粱(反帝 1 号)不育系的种子,进行单粒点播结合间苗移栽,种了一亩六分地,繁殖了 852 斤种子,繁殖系数达 1700 倍,再到海南岛繁殖了一次,一年时间内,共繁育了 2 万斤种子。

## 4. 增加一年中的繁殖世代:

上海市郊区农民所采用的“早翻早”就是一种增加繁殖世代的方法。早稻在江南地区就可种两次。水稻、高粱等作物还可利用其再生特性,收割时,将留在田里的水稻根、高粱根不锄掉,对它们进行适当地施肥、除草和水浆管理,这样,再生稻、再生高粱,就又会再结一次种子。

## 5. 薯类作物可利用芽栽繁殖:

马铃薯可利用在贮藏过程中,经过休眠以后自然萌发出来的幼芽,或通过催芽处理后抽出的幼芽,作为播种材料。甘薯可用种薯切块育苗,增加薯块出苗数和提早出苗,这要比不

切薯块的出苗量增加 20~30%。

上面所介绍的几种加速种子繁殖的方法,也可同时进行。例如水稻可以用单本繁殖、分株繁殖和一年增加繁殖次数等几种方法共同进行。这样,就可保证在短时期内繁殖出大量的种子。

#### 四、种子检验

优良种子的标准是:纯、净、干、活、饱、健。这也就是种子检验工作中所要进行的检验项目,即:纯度、净度、水分、发芽率、千粒重(或者容重)、病虫害。

种子检验的目的,就是为了保证各级种子合乎规格。为生产、收购、调运、贮藏提供科学的依据。

就种子检验的项目来看,主要包括两个方面:品种纯度的检验和种子品质的检验。

##### (一)种子纯度的检验

品种纯度的检验,主要是保证向生产提供纯度较高的种子。检验方法分田间检验和室内检验两种,应以田间检验为主,室内检验为副。因为田间检验可以在作物的生育过程中,根据品种的各种性状表现来进行全面鉴定,比较准确可靠。但如果光靠田间检验是不够的,因为在收获、运输、脱粒、贮藏的时候还可能混杂,所以还需要进行室内检验。

##### 1. 田间检验:

检验的对象,一般是以原种及原种第一、二代等高级良种为主。检验的时间,稻、麦、玉米等作物宜在腊熟期进行,棉花在结铃盛期进行。检验时,首先应了解准备检验的品种和田块的分布情况。凡同一田块播种同一品种,种子品质及来源一致的,面积不超过 50 亩的田块都可作为一个检验区。

检验时,可根据成熟期的早晚、植株的高矮、颜色、株型、穗型等主要典型性状来识别品种,计算纯度。取样时可采取“对角线等距随机取样法”。也就是在田里按对角线斜穿走过去,随走随取样检查。每隔若干步远,取一个样点。就是取一把穗子或者几十棵植株数一下,看看有多少杂株,算出每个样点的纯度百分率。平常5亩以下的田,可取5个样点;5~15亩取10个样点,15亩以上的每增加1亩就增加1个样点。每个样点上取的株数,各种作物也不一样,稻、麦可取200~500穗,棉花取10~20株。取样点数和样本数目,也可根据具体情况作适当增减,如生长很整齐一致,可适当减少选点。各点经过调查检验后,再将各取样点的纯度百分率相加,求出平均数,即为这一品种的纯度百分率。

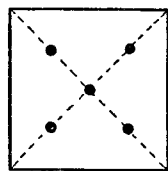


图 14-6 田间对角线取样示意

纯度的计算方法是:

$$\text{田间品种纯度}(\%) = \frac{\text{供检验的总株(穗)数} - \text{杂株(穗)数}}{\text{供检验的总株(穗)数}} \times 100$$

## 2. 室内检验:

从取样种子中随手数种子500粒(或50克)鉴定,分别计算本品种种子和异品种种子数(或重量),用下列公式计算室内品种纯度。

$$\text{室内品种纯度}(\%) = \frac{\text{供检验总粒数(或重量)} - \text{杂粒数(或重量)}}{\text{供检验的总粒数(或重量)}} \times 100$$

检验工作应重复一次,求出平均数,即为该品种纯度百分率。

室内纯度检验,主要是根据种子的表面现象,有些品种的种子,外表上很相似,很难区分,所以在检验时还应当参考田



间检验的结果,检查一下有没有很大出入。

## (二)种子质量的检验

对种子质量进行检验,主要是保证向生产提供纯洁而健壮的种子。

### 1. 净度:

种子不洁净,用种量就要加大,所以必须要测定净度。

测定的方法:取样品两份,每份 50 克;从样品中挑出废种子和杂质(如砂、土、茎叶、草子等),称一下重量,再计算净度。

$$\text{净度}(\%) = \frac{\text{样品重量} - \text{废种子和杂质重量}}{\text{样品重量}} \times 100$$

### 2. 发芽率和发芽势:

通过发芽率可知道种子中有多少是能发芽的,发芽率的高低也要影响用种量;通过发芽势的强弱可知道种子发芽的快慢和整齐程度,它们在生产实践上都有实用意义。

发芽率和发芽势的测定方法:从经过净度检验后的种子中随机取出 200~400 粒,分成两组或四组,分别放在铺有湿纸或湿沙的器皿中,放在最适宜的温度下(水稻是 30~35°C,麦类是 25~31°C,棉花是 20~30°C,油菜是 25°C)发芽,在一定的时间内(一般是 3~4 天计算发芽势,6~7 天计算发芽率)计算发芽势和发芽率。

$$\text{发芽势}(\%) = \frac{\text{在规定日数内发芽的种子粒数}}{\text{供试验的种子粒数}} \times 100$$

$$\text{发芽率}(\%) = \frac{\text{全部发芽种子数}}{\text{供试验的种子粒数}} \times 100$$

有的作物品种种子需要等后熟以后,才能测定发芽率。如棉花就是。如果在收获以后没有后熟就进行测定,那是不正

确的。

### 3. 种子的利用率:

种子的利用率是实际在生产上可以被利用的种子百分率。在计算出种子的净度和发芽率之后,我们就可求出种子的利用率。计算公式如下:

$$\text{种子利用率(\%)} = \text{净度} \times \text{发芽率} \times 100\%$$

例如有一批“扬麦1号”小麦种,经检验结果净度为98%,发芽率为96%,则该批种子的利用率为:

$$\text{种子利用率(\%)} = \frac{98 \times 96}{100} = 94.1\%$$

当我们知道种子利用率后,就可以更正确的计算种子播种量。

例如种子利用率为100%时,规定每亩播种量是25斤,现在种子利用率只有94.1%,则实际播种量应该是:

$$\text{实际播种量} = \frac{100 \times 25}{94.1} = 26.6 \text{ 斤}$$

### 4. 含水量:

含水量大的种子,在贮藏过程中容易发热霉烂,为了贮藏安全,所以要检验种子的含水量。

检验方法:取种子20~50克,磨碎后放进盆里或其他容器内,放在105°C烘箱或者热沙中烘烤3~4小时,直到完全烘干为止,再取出称重计算:

$$\text{含水量(\%)} = \frac{\text{试样烘前重量} - \text{烘后重量}}{\text{试样烘前重量}} \times 100$$

怎样知道样品已完全烘干了呢？可以在称过之后，再烘30分钟，而后再称一次，如果前后两次所称的结果一样，就说明是干了；如果后一次的重量比前一次轻，这就说明前一次称重时，样品还没有干，需要再烘，直到前后两次称重一样时为止。

#### 5. 千粒重:

是种子饱满度和大小的一个指标。

测定方法：随机地从种子堆(袋)中数出两份500粒或1000粒，称重后取其平均重量(以克为单位)，即为该品种的种子千粒重。

#### 6. 病虫害:

随机取样两份，每份500粒，从每份中拣出其中病粒、害虫为害粒加以统计，求出两份样品的平均病虫害率。计算公式如下：

$$\text{病虫害为害率(\%)} = \frac{\text{病虫害粒数}}{500} \times 100$$

品种的种子经过检验后，根据检验结果对种子进行分级，这就可作为选用种子时参考(附表)。

几种主要作物品种的种子纯度(最低限度)

种子类别 作物名称	原种	原种第一、 二代	自交系	一般品种	一般良种
水稻、小麦、大豆	99%				92%
玉米			99%	97%	90%
棉花	99%	98%			80%
薯类	99%				92%

水稻、小麦、大豆、玉米的种子分级标准

作物名称	级 别	最低限度		最高限度		
		发芽率(%)	净度(%)	水分(%)		种子 每市斤粒数
				梗 稻	籼 稻	
水 稻	1	98	99.5	14	13.5	0
	2	95	98.0	14	13.5	30
	3	88	97.0	14	13.5	60
小 麦	1	98	99.0	13.5		
	2	95	98.0	13.5		
	3	90	97.0	13.5		
大 豆	1	98	99.0	13.5		
	2	96	98.5	13.5		
	3	92	97.0	13.5		
玉 米	1	96	99.0	13.5		
	2	94	99.0	13.5		
	3	87	98.5	13.5		

棉花种子的分级标准

级 别	最低限度		最高限度	
	发芽率(%)	净 度(%)	损伤种子(%)	水 分(%)
1	95	99	2	12
2	90	98	3	12
3	85	97	4	12
4	80	97	5	12

甘薯种薯的分级标准

级别	最低限度	最高限度	净 度
	薯块整齐度(%)	不完善薯块(%)	
1	85	3	种薯表面没有泥土没有杂质 种薯表面稍带泥土稍有杂质 不合以上要求的暂行归入第三级
2	80	7	
3	75	10	

## 第十五章 田间试验

在选育新品种过程中，必须要经过一系列的田间试验。通过田间试验，才可以细察、鉴定育成的新品种是优是劣；通过田间试验，才可以掌握新品种的适应性；通过田间试验，才可以知道要发挥新品种的增产潜力，应该要采取那些栽培措施。总之，通过田间试验，才可能为新品种在生产上应用提供科学的依据。

### 一、田间试验的基本原则

#### (一) 试验的目的性

试验前，确定通过本试验要解决什么问题，其目的性要明确。

比如，株行试验的目的，是要弄清楚单株后代是否表现纯一整齐，产量及其他经济性状有否突出优异特点等等。

品系比较试验的目的，是要估计出供试品系的产量效应，要看看新品系比对照品种的优越性等等。

#### (二) 试验的正确性

田间试验的结果，是作物本身、环境条件和人们参加活动三方面因素综合在一起所得到的。而这三个因素中任何一个都会引起误差，这些误差就叫试验误差。

试验的正确性是相对于试验误差而讲的，试验误差愈小则试验结果的准确性就愈高，就愈有指导意义。所以，在试验

过程中，应力求避免人为造成的试验误差。因此在进行试验时，除了所要研究的育种材料必须具有相当一致的播种品质外，其他栽培条件都应尽可能完全一致。有时往往由于试验地的前后作不同，施肥不均，田间管理工作不一致，收获不及时，以及产品收获时成熟度上差异和称重时的误差等等，都会严重影响试验的准确性，这都要引起我们在试验中的重视才行。

### (三) 试验的典型性

试验应反映当地的自然条件、生产水平和经济条件，这样的试验结果才能够当地生产上有作用。

形势在发展，生产在前进，育种试验工作不仅要从目前需要出发，同时还应考虑到发展的需要。例如，随着施肥水平的提高，就应该培育耐肥不倒伏的品种；随着机械化水平的提高，就应该选育适合于机械作业的大面积生产栽培的品种。总之，要使试验不能脱离实际。

### (四) 试验的重现性

在同样条件下，重复进行同一品种选育试验时，可以获得类似的结果。只有在充分了解进行试验的各项条件时，才可以重现已进行过的试验。而要了解进行试验时的各项条件，这就要求我们要精确的、完整的和及时的做好试验记录。根据这些记录，才能知道在什么样的客观条件下，才有可能出现类似的试验结果。这样的田间试验，在科学上、生产上才有指导意义。

## 二、田间试验的设计

### (一) 试验地的选择

试验地的好坏，直接影响试验结果的正确性。在选择试

验地时,应注意下面几点:

(1) 地势要平坦,形状整齐,灌溉排水便利,这样的土壤条件容易一致,同时便于操作管理。

(2) 要有代表性。应选择能代表本地区的土质、土壤肥力的地块,便于在本地区可大面积推广。

(3) 地力要均匀。试验地的土壤肥力、前作、以及耕作情况都须均匀一致,以免条件不一样,得不出正确的结果。

(4) 试验地的位置,最好不要设在靠树林和村庄,避免由于遮阴及人畜等的损坏而影响试验的正确性。

## (二)田间设计和排列

### 1. 试验小区的大小和形状:

**【小区的大小】** 试验小区的面积因试验的性质和要求不同而异。例如在育种试验的前期阶段,选种材料的种类多而种子数量少,又不需比较产量,小区面积可以小些,一般在6~30平方尺就行。在后期阶段,如进行品种比较试验和栽培试验,就必须要进行较大面积对比,才能通过试验真实地反映新品种在将来大面积生产中的表现。一般品种比较试验的小区面积可在100~300平方尺;栽培试验的小区面积可在1~3亩。在栽培试验中,一般耕作、轮作试验的小区面积宜大,而播种期、播种量等一类的试验小区面积可小些。

此外,试验小区面积的大小,还应结合试验地的土壤差异程度和不同作物种类来考虑。如试验地的土壤差异较大,小区面积就应适当加大;如土壤差异小,小区面积就可小些。植株高大的作物如棉花、玉米等的试验小区宜大,而植株较小的作物如水稻、小麦等的试验小区面积可小点。

为了在试验分析时便于把小区产量折算成每亩斤数,在决定小区面积大小时,应考虑到换算方便,一般可采用0.01

亩、0.02 亩、0.04 亩、0.05 亩、或 0.1 亩等。

试验小区面积的大小，往往会影响到试验的正确性。小区面积过小，容易受土壤差异等因素的影响而产生较大的误差。如小区面积适当扩大，则小区之间的土壤差异减少，也就提高了试验的正确性。但试验正确性的提高和小区面积加大并不构成等比的关系。当小区面积增加到一定程度后，试验正确性的提高就不太显著，甚至在小区面积过大时，可能因微域地势的不同而造成小区间土壤差异的加大，反而降低了试验正确性。

【小区的形状】 小区的形状对提高试验的正确性也有一定的关系。在通常情况下，小区狭长特别是小区的长度向着土壤差异较大的那一方向延伸时，则小区内包括的土壤差异愈全面，小区间的土壤差异就会相应减少，试验正确性也就随着提高。例如试验地肥力有方向性差异，东边肥，向西边逐渐

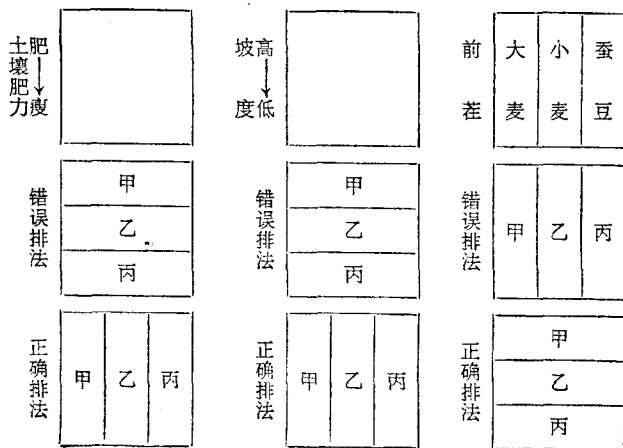


图 15-1 小区长度应向土壤差异较大的方向延伸  
(甲、乙、丙表示试验品种或处理)



瘦下去,则小区应由东向西,使小区方向和肥力方向一致;如果试验前茬不一样,则每一小区应包括不同前茬地,即小区方向与不同前茬地垂直;如在坡地上排列小区,一般总是把长边顺着坡向延伸。

长方形的试验小区,在田间管理和观察记载方面,都比方形小区方便,小区的长宽度比例以 5~10:1 为宜。但小区形状过分狭长,会加大小区的周界,增加了作物生长的边际影响,也会降低了试验的正确性。

## 2. 重复次数:

重复是指试验的每个材料种植的小区数目。比如品种试验,把每个品种种植一个小区称为一次重复,如果每个品种种植两个小区,则为两次重复,其余类推。

假定现在有 4 个品种参加品种比较试验,进行三次重复,这样,就该有 12 个试验小区。

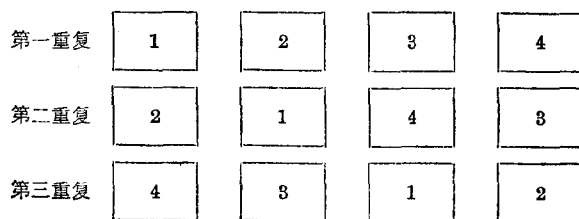


图 15-2 重复设置

$$4(\text{品种数或处理数}) \times 3(\text{重复数}) = 12 \text{ 个小区}$$

1、2、3、4 表示试验品种或处理

为什么要设置重复?设置重复是提高试验正确性的有力措施。假使每个品种(或处理)只种 1 区,往往缺少代表性。例如某一品种(或处理)的小区土壤肥力特别高,那样,就会夸大了这个品种(或处理)的实际效果。增加重复次数后,可以使

各个品种(或处理)小区能够比较均匀地分布在试验地的各个地段,让各个品种(或处理)在比较一致的条件下进行对比。从统计分析的原理上讲,试验结果是以平均数为依据的,增加重复次数可以显著地提高平均数的可靠性。这样,我们就有可能得出一个比较正确的结论。

一般育种试验,在开始产量比较试验时才设置重复,在此以前不设重复。一般设 2~5 个重复就行。

### 3. 设置标准区:

标准区也称对照区。通常以“ck”(check plot)表示。

每个设验区都应设立标准区。如果是品种试验,所设标准区就是播种当地的当家品种,其目的在于作为衡量、评定选育品种优劣的对比标准。也就是说,凡供试的品种显著优于标准品种的就可以当选,比标准区差的就要被淘汰或再作进一步评比试验。

各个试验要设立多少标准区,因试验目的及排列方法不同而有所不同。有的每隔 4 或 9 或 19 个试验小区设一标准区;也有隔 2 个试验小区设一标准区;也可把标准品种作为试验品种看待,即在一个重复区里只设一个标准区的。

### 4. 种植保护行:

为了保护试验区,在试验区周围种 3~5 行同一种作物,这几行作物就叫保护行。

保护行的作用有二:一是消除试验的边际影响。二是防止试验受到外来的损害。在试验小区,我们在田间经常可以看到这样的现象:田边的植株往往因为阳光充足,通风条件好,所得到的营养面积也比较大,因而长得比小区中部的植株都要来得好;但也有因靠近旁边田块中的高秆作物,被遮荫了,因而试验边区的植株长得比较差,这些都称为边际影响。

如不注意消除这种影响,就会使试验田边缘的几个小区,或者生长特别旺,或者生长特别差,这样,就势必要影响到试验的正确性。所以,有必要在试验地的周围设置保护行。有时,当相邻两小区之间,如在生态上彼此有极大差异(如成熟期,植株高矮相差过大)时,在两个小区间,最好也要种植保护行。

在收获时,对保护行不列入产量计算,也不计算面积。

### 5. 田间排列:

确定了适当大小的小区 and 重复次数后,还必须把小区分别排列在整个试验田的不同位置上,才能更好地消除可能出现的土壤和管理条件等方面的差别,使试验的正确性提高。

在排列时,同一个试验的各个重复区,可以结合地形,排成一条,或分散排成几条。但是,同一个重复区的各个小区不应拆开排列,而应排在同一直线上。

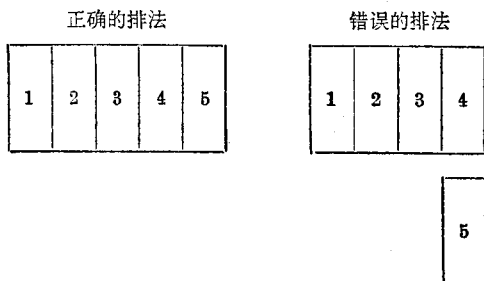


图 15-3 同一重复的各个小区应排在同一直线上

(1) 在重复区里,小区排列的两种基本形式:

**【顺序排列】** 在每个重复内,各小区按照一定的顺序排列。顺序排列时最好各重复排列在同一直线上。顺序排列在田间排列时比较简单,便于观察,不易发生错误;按照成熟期、植株高矮等不同进行排列,可以减少边际影响,便于收获。缺

点是由于土壤的差异,往往具有一定的系统变化,因而容易引起误差。这种排列形式只适用于选种过程的初期;如果对品种试验正确性要求较高时,不宜于采用顺序排列。

【随机排列】在排列时,各小区的位置是根据机遇而决定的,没有一定的次序。它的优点是可以避免土壤差异片面误差的影响;缺点是小区排列不规则,在试验工作过程中容易发生差错,田间观察及管理亦较不方便。这种排列形式在多次重复的设计中常被采用。

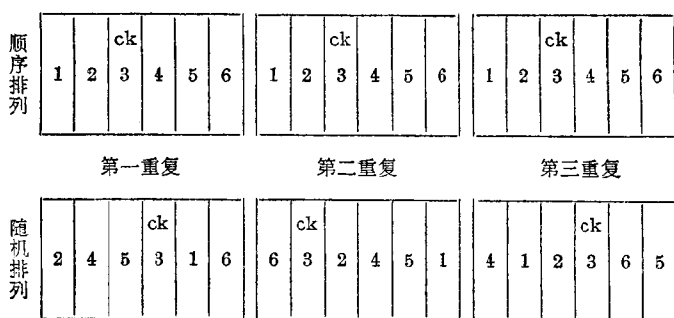


图 15-4 顺序排列和随机排列

(1,2,4,5 是供试品种编号, 3 是标准品种)

(2) 试验小区的排列方法: 在育种试验中, 有关产量比较试验的田间设计, 通常有以下几种方法:

【对比法】对比法排列的特点, 是每隔 2 个试验小区设立一个标准区(对照区), 使每个试验小区都能够与紧邻的对照小区进行对比。由于试验区与对照区相近靠拢, 这样就可降低土壤差异的影响, 提高试验的正确性。所以采用对比法时, 适当减少重复次数(有时也可不设重复)亦可达到应有的精确度。对比法的缺点是: 对照区占的试验面积太多, 增加了试验负担。当供试材料的种子数量较少时, 常采用对比法。在

育种初期阶段,运用对比法,可便于作形态特征和生育特性的比较。

对比法设计,在一个重复中,各小区的位置可顺序排列亦可随机排列,但需注意不同重复间的相同小区,不应排在同一线上,以充分发挥重复的作用。

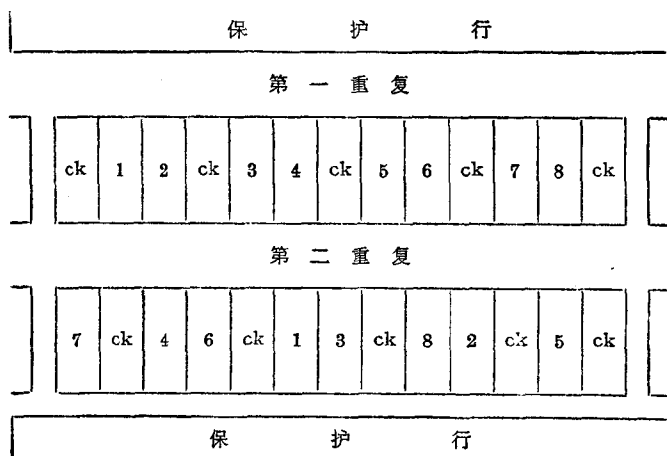


图 15-5 对比法的田间排列  
(1,2,3……8是供试材料编号 ck是标准区)

**【随机重复法】** 它的特点是各小区在重复内的位置是随机排列的。在这类设计中,标准区作为处理小区之一参加在各个重复里,也就是说每一重复中只设有一个标准区。由于随机重复法的标准区少,需相应增加重复次数以保证试验的正确性。这种排列法,一般在育种后期阶段,在进行品种比较试验中或栽培试验中广泛被采用,是最常用的一种田间排列方法。

随机重复法的优点是能减少因土壤差异所引起的试验误

差。但是当试验处理或参加试验的品种太多时，因各个重复的面积过大，加上标准区只有一个，很难正确地比较各试验处理(或品种)的优劣，这是一个缺点。所以，在试验小区多，或面积大的情况下，这时，还是以采用前面所讲的对比法为宜。

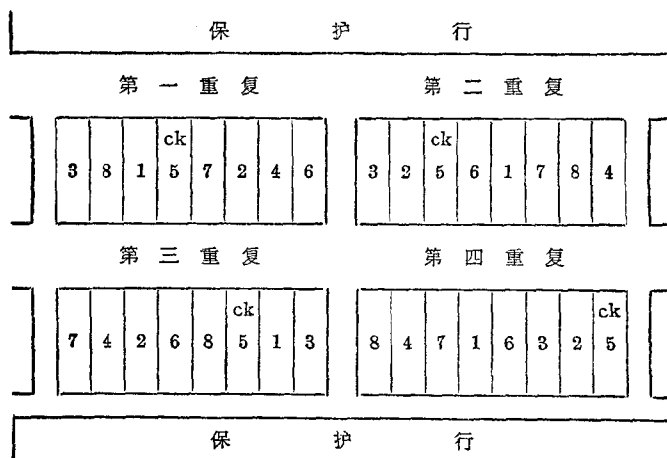


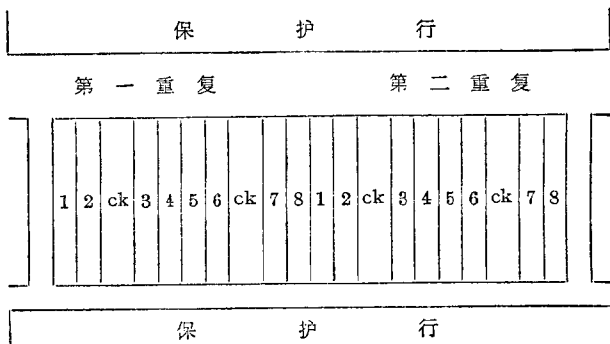
图 15-6 随机重复法的田间排列

(1、2、3……8 为处理或品种代号，其中 5 是标准区代号)

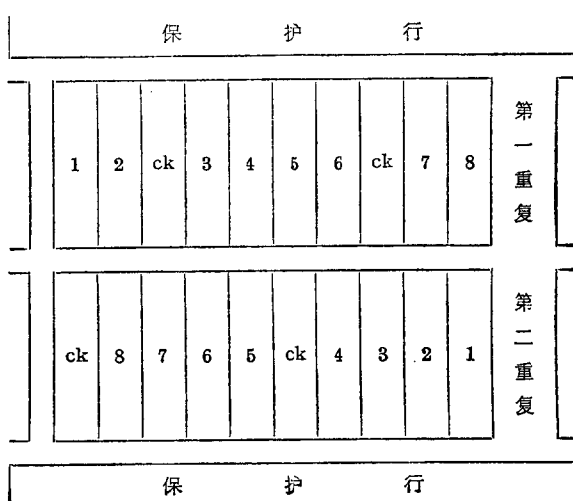
**【间比法】** 在品种比较试验时，往往会碰到参加试验的品种多，试验田面积又不足的情况。如采用随机重复法，因为品种太多不精确，而且每个重复只有一个对照，田间观察对比也有困难；如采用对比法，又因对照区太多，试验地面积不够。在这种情况下，就可考虑采用间比法。间比法的特点是每隔一定小区数(一般是 4 小区)设立一对照区(标准区)，对照区数对比法少，但比随机重复法多，使对照区不占用太多的试验地，又能满足田间观察对比的需要。

当参加试验的品种多,由于试验地形状的限制,一个重复不能排成一排时,由于对照区设置较多,能反映出土壤差异,也可以不排在同一排上(见下图中的第三种排列法)。

第一种排列法



第二种排列法



### 第三种排列法

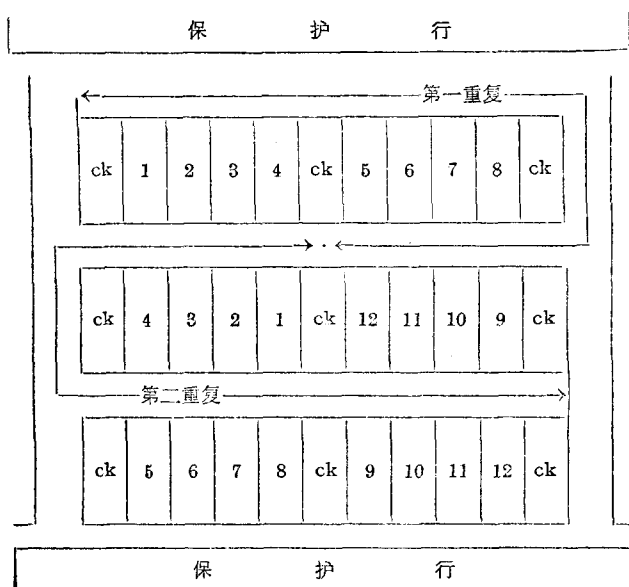


图 15-7 间比法的田间排列

(1、2、3……12 为处理或品种代号 ck 是标准区)

【拉丁方排列法】 这种排列法的特点：第一，重复次数与品种数相等，重复排列成直行区组与横行区组两个方向，所以，品种数 = 直行数 = 横行数；第二，每一品种在每一直行区组只占一小区，同样，在每一横行区组也只占一小区；第三，品种在各个直行区组和横行区组的位置是随机的，但最好能注意同小区不要完全排列在一条对角线上，以免由于土壤差异所发生的误差。

这种排列法的优点是采取了两个方向的地区控制，可消除更多的土壤差异，试验准确性较高，一般在育种后期



试验采用。这种排列法的缺点是缺乏伸缩性，供试品种数目不能过多，因为太多了重复就多了；供试品种又不宜太少，太少了重复次数不足，对试验的正确性有影响。一般可适用于5~8个品种的试验。

保 护 行				
2	5	4	3	ck 1
3	2	ck 1	4	5
ck 1	3	5	2	4
5	4	2	ck 1	3
4	ck 1	3	5	2
保 护 行				

图 15-7 拉丁方排列  
(1,2……5 为品种编号 1 为标准品种)

### 三、田间试验应注意事项

#### (一) 制订试验计划

试验计划的内容：①试验名称；②试验目的；③试验用的材料和方法；④试验设计；⑤试验田的基本情况（地势、土壤及前作情况）；⑥试验田的耕作、播种和田间管理措施；⑦田间调查需要记载的项目；⑧试验年限和准备要得到的效果等。

试验计划必要时可复写几份,分送有关单位及人员,征求修改意见。在执行过程中要不断进行修改补充,以求试验工作更周密、完善。

## (二)试验田的农事操作

有两个基本要求:①试验田的各项工作都必须及时进行,并要达到当地的先进生产水平。②在试验区进行田间操作时,除了试验所规定的应该有差别的项目外(如施肥量试验,各小区的肥料用量不同),其他操作应力求质量一致,否则就难比较出各试验处理的优劣。

例如,整个试验田的某项田间工作最好在一天内完成。如果一天内完成有困难,应坚持完成一个或几个重复,不可在同一重复内中断工作。

又如试验田的施肥,必须要做到施肥时间合适,更要注意施得均匀。

## (三)各小区要统一编号

为了防止田间试验的混乱,便于观察记载,全部试验的各小区应该统一编号(标准区也同样编号),把每个品种材料的名称和编号写在小木牌上,插在小区前面的一角,并且还要登记在簿子上,以便查对。

## (四)对“缺区”的处理

在试验区内,凡是由于栽培上的缺点(如漏播、肥害等)、地势(如低洼积水等)、以及其他意外的伤害(如牲畜为害)等原因,使植株发生显著差异或缺株的地方,都应划做“缺区”,登记在记载簿上。“缺区”应单独收获,不计算产量。在计算小区产量时,再根据实际计算产量的面积,推算出“缺区”应有的产量,然后把它加入到小区产量中,才能进行比较。

## (五)收获要及时、细致、准确

试验田的收获要及时、细致、准确；如偶一不慎，发生错  
差，产量无法对比，使试验遭受损失，以至全功尽弃，所以要格  
外小心。

### 1. 确定试验小区的实收面积：

折算小区每亩产量时，应按实收面积计算。例如甲区面  
积是 120 平方尺，实收面积是 100 平方尺，实得产量是 10 斤，  
那么小区的每亩产量应该是：

$$\text{小区产量} = \frac{\text{原小区面积}}{\text{实收面积}} \times \text{实得产量} = \frac{120}{100} \times 10 = 12 \text{ 斤}$$

$$\text{折算每亩产量} = \text{小区产量} \times \frac{\text{每亩平方尺数}}{\text{小区平方尺数}} = 12 \times \frac{6000}{120} = 600 \text{ 斤}$$

### 2. 及时收获：

作物成熟后要及时收割，过早、过迟收割都会影响产量。  
一区收割完毕后，应立即捆好，并在上面插上标记（也可将插  
在小区前的木牌插上代替标记），以免运输、脱粒时弄错。如  
果是品种试验，一个品种脱粒完后，应清理一下脱粒工具，以  
免造成种子混杂。脱粒后，应把标记挂到种子袋上，内外各一  
块。

试验田的收获、运输、脱粒、贮藏工作，必须要有专人负  
责，建立验收制度。

## 四、田间试验的观察记载

就育种工作来说，对育种的原始材料、品系、新品种等，都  
需要进行全面的了解，熟悉它们的各种优点和缺点；要掌握环  
境条件对各个品种的影响，因为环境条件的任何变化，都会在  
某种程度上引起各个作物品种性状上的相应变化。只有详细  
地、认真地观察记载，才能对试验结果作出正确的分析和结论。

### (一)观察记载的内容

作物田间试验的记载和考种工作,大致可分为形态、生育期、抗逆性、抗病虫性、生长势、产量构成因素和产量等七项。具体到一个试验,需要记载那些项目?细致到什么程度?那就要看试验的具体情况了。例如在抗病育种工作中,就应着重记载病害发生的情况和品种的抵抗能力;在栽培试验中,就要特别注意产量构成因素和生长势。此外,同样一类试验,不同作物、不同地区的记载项目也不会是一样的。

#### 1. 主要作物观察记载和考种项目:

观察记载和考种的项目有两种:一种是基本项目(见下表);一种是属于特殊项目。比如在作品种试验时,还要记载株型、剑叶长相、茎色、叶鞘色、壳色、稃尖色、芒的有无、芒的长短和颜色等品种所固有的性状,而这些内容在栽培试验中就不必记载;栽培试验一般侧重于动态的观察,如水稻密植试验,要观察在不同密度条件下,分蘖消长的规律,而这些在品种试验中,就不需作详细观察记载。

主要作物观察记载及考种项目表

作物	生育期(天)	植株性状	抗性	产量、品质及其他考种项目
水稻	播种期、出苗期、移栽期、分蘖期、齐穗期、扬花期、成熟期、生育期	株高、发棵情况、整齐度、茎秆粗细、芒有无、壳色	倒伏性、抗病性、抗虫害及其他	每株穗数、穗长、每穗粒数、不实率、千粒重、产量、出米率及其他
小麦 大麦	播种期、出苗期、分蘖期、拔节期、抽穗期、成熟期、生育期	幼苗习性、株高、整齐度、茎秆粗细、穗形、芒有无、颖壳颜色	倒伏性、抗病性、冻害及其他	每株穗数、穗长、每穗粒数、粒形、粒色、千粒重、产量、出粉率及其他
玉米	播种期、出苗期、拔节期、抽穗期、吐丝期、成熟期、生育期	株高、果穗高度、双果穗、空秆率、茎秆粗细、果穗大小	倒伏性、抗病虫害等	果穗长度、穗轴粗细、每穗籽粒行数、整齐度、百粒重、籽粒穗轴比重、籽粒型、种皮色、籽粒产量等

(续表)

作物	生育期(天)	植株性状	抗性	产量、品质及其他考种项目
棉花	播种期、出苗期、现蕾期、开花期、吐絮期、霜前花% (表示成熟迟早)	株形、株高、结铃性、果枝数、第一果枝高度及节位、生长势、脱落率、铃型等	抗旱性、抗病虫害及其他	每株果枝数、单株结铃数、单铃籽棉重(克)、衣分、衣指、籽指、纤维长度、整齐度、每铃室数、僵瓣率、产量等
大豆	播种期、出苗期、出苗率、开花期(始花、盛花、终花)、落叶期、成熟期、生育期	株形、株高、整齐度、生长习性、结荚习性、裂荚性及其他	倒伏性、抗旱性、抗病虫害及其他	有效分枝数、茎秆粗细、结荚高度、每株荚数、空荚率、荚色、荚大小、每荚粒数、每株粒数、粒色、粒形、脐色、百粒重、子叶色等
油菜	播种期、出苗期、移栽期、现蕾期、抽苔期、开花期(始花、盛花、终花)、成熟期、生育期	株高、分枝点高度、主轴分枝数、苔秆细、分枝数、裂荚性等	抗冻害、抗病虫害等	全株角果数、每荚粒数、单株产量、干粒重、籽粒色、产量等

## 2. 试验田的概况和农事操作的记载:

- (1) 试验田: 地点、地势、面积、土质、前作种类等。
  - (2) 整地: 次数、日期、质量。
  - (3) 播种和移栽: 种子质量(纯度和发芽率等)、种子处理、播种日期、播种量、播种方式以及育秧方法、移栽日期、移栽方式等。
  - (4) 秧田及本田的中耕除草: 日期、深度、培土的高度、质量等。
  - (5) 施肥(基肥及追肥): 日期、种类、数量、方法等。
  - (6) 灌溉: 日期、方法、效果等。
  - (7) 病虫害防治: 病虫害名称、发生期、喷药期、以及用药防治效果等。
  - (8) 收获: 日期和方法。
- ## 3. 影响作物生长发育的特殊气候条件的记载:

在田间试验的全过程中，了解气候条件是极为必要的，因为气候条件对作物生长发育的影响很大，所以应该特别重视。

记载的内容：气温的变化、降雨降雪的情况、日照、湿度、暴风、霜冻、初霜、终霜等。

以上等气象内容，如因条件限制，记载困难或记载不详，在分析运用时，可向当地气象单位询问。

## (二) 观察记载的方法

### 1. 观察记载要根据预定的项目和标准来进行：

同一个试验的观察记载，应该采用同样的预定项目和一致的标准。否则就不能反映试验的实际情况，当然，也就不能得出正确的结论。观察记载最好由专人负责，否则各人看法不一样，记载也会有出入。

### 2. 观察记载要及时进行：

有些项目时间性很强，必须抓紧时间及时进行，不能采取事后补记的工作方法。观察结果应随时记入记载簿中，不能凭记忆。记载时一般都用铅笔写，可防止雨水冲刷模糊。记载簿要妥善保存。

### 3. 观察记载时，取样要准确：

在观察记载中，有些项目需要通过取样的方式来进行。例如要了解每穗粒数，我们就不可能把全小区所有穗子的各粒都数一遍。只要我们掌握取样技术，从整个小区中抽出一部分植株作为调查的对象，也能正确地反映出全区的真实情况。

一般取样的方法有：

(1) 顺序取样法：在试验小区内，按一定间隔取一定数量的植株作为样本，这种取样法方便，也比较均匀。例如棉花

取样,假定在一区内预定取全区总株数的  $1/20$  为样本,就可以先在  $1\sim 20$  内随机决定开始取样的号码,如把号码决定为 5,那么就可以按顺序将第 5 株、第 25 株、第 45 株……作为要选的样本植株。

(2) 随机取样法:如条播作物,第一次随机决定取样单位在第几行,第二次决定在第几穴,每个试验小区上的所有取样单位都要这样进行。如以水稻为例,假定每个小区有 10 行,每行有 50 穴;计划分两点随机取样共 20 穴。首先随机决定在那两行取样(假设为第 3 行及第 8 行),再随机决定那几穴为样本(假设以 10 穴为一组,随机决定第 5~14 穴及 30~39 穴为样本)。这样,就可把第 3 行的第 5~14 穴,及第 8 行的第 30~39 穴作为观察记载的材料。

(3) 对角线取样法:可以在一条或两条对角线上间隔一定距离设点取样。点的选取要考虑到代表性,如有缺苗断垄等生长特殊的地方,应尽量避免。大区一般取 5 点,要在离边行 5 行以内,按对角线选取 5 点;小区在离边行 3 行以内,按三角形选取 3 点。一般每点取 10 穴作为观察记载材料。

样本选取固定之后,应插好标记(如细竹竿),便于每次观察记载时容易寻找。这样,每次观察记载都在同一位置上,就可便于掌握植株的生长发育动态。

收获前的一般取样(考种用),可以随定随取,不必事先标明。

## 五、试验资料的整理和分析

每当试验告一段落后,就要认真总结。毛主席教导我们:“凭客观存在的事实,详细地占有材料,在马克思列宁主义一般原理的指导下,从这些材料中引出正确的结论。”同时,总结

时还要认真听取群众的意见,务使试验结论更为可靠,对生产上更有现实指导意义。

### (一)产量的计算和分析

对于小区试验,在分析一个田间试验结果时,一般先从产量入手,然后再分析与产量有直接关系的项目和其他一些项目,最后再找出各个项目之间的关系。

产量计算的方法,最普通的方法是平均产量分析法,它是将每一重复中同一品种或处理的小区产量相加,求出平均产量,折算成每亩产量;然后与对照区的产量比较,得出差数及比对照产量增减的百分率。

#### 1. 对比法设计的平均产量分析法:

对比法设计的产量分析,可将品种(或处理)与邻近对照种(或对比处理)进行比较,因为相互靠近的两个试验小区的土壤比较一致,容易得到正确的结论。

例:有6个小麦品种(以1、2、3、4、5、6表示)的比较试验,田间采用对比法排列,重复3次,小区面积是300平方尺(0.5分),试验小区产量结果如下表。

小麦品种比较试验小区产量记载表 (单位:斤)

品 种	1	ck <sub>1</sub>	2	3	ck <sub>2</sub>	4	5	ck <sub>3</sub>	6
第一重复	14	19	21	17	18	18	21	20	21
第二重复	17	20	23	17	20	19	20	21	24
第三重复	15	20	21	16	19	20	21	20	21

分析步骤:

#### (1) 算出各品种的小区平均产量:

$$\text{小区平均产量} = \frac{\text{每处理在各重复区的小区产量相加}}{\text{重复次数}}$$



例如品种 1 平均产量 =  $\frac{14+17+15}{3} = 15.3$  斤/300 平方尺

(2) 将小区产量折算成每亩产量:

计算出“折算系数”:

折算系数 =  $\frac{\text{每亩的面积(平方尺)}}{\text{小区面积(平方尺)}} = \frac{6000}{300} = 20$  (即小区面积为 1/20 亩)

以折算系数乘小区产量就可得出每亩产量:

例如品种 1 折合每亩产量 =  $15.3 \times 20 = 306$  斤/亩

(3) 计算各品种产量与邻近对照品种产量的百分比:

例如品种 1 的亩产是 306 斤, 与它邻近的对照种 (CK<sub>1</sub>) 的亩产是 394 斤, 则:

品种 1 与邻近对照品种 (ck<sub>1</sub>) 的产量百分比

$$= \frac{\text{品种 1 产量}}{\text{ck}_1 \text{ 产量}} \times 100 = \frac{306}{394} \times 100 = 77.7\%$$

(4) 计算各品种与邻近对照品种产量增减的百分比:

例如品种 1 比对照品种 (ck<sub>1</sub>) 产量增减为:

$$77.7\% - 100\% = -22.3\%$$

其余各品种也按照上述方法一一算出。这里应注意的是: 品种 1、2 与 ck<sub>1</sub> 比, 品种 3、4 与 ck<sub>2</sub> 比, 品种 5、6 与 ck<sub>3</sub> 比。一句话, 让各小区的品种与邻近对照区的品种去比。

(5) 将计算结果列成产量分析表(见下页):

(6) 提出初步结论:

记载的试验资料在未整理之前, 是不能进行分析的, 当然也难看出其中的道理。但经过整理分析之后, 比如从下面所得到的《小麦品种比较试验平均产量分析表》中, 我们就可看出: 品种 6 的产量最高, 品种 2 第二位; 但如果与邻近对照品种的增减百分比来比较, 品种 6 的增产百分比又反而低于品

小麦品种比较试验平均产量分析表

品 种	第一重复 (斤)	第二重复 (斤)	第三重复 (斤)	小区平均 产量 (斤)	折合每亩 产量 (斤)	与邻近对照 种的百分比 (%)	与邻近对照种 增减百分比 (%)
1	14	17	15	15.3	306	77.7	-22.3
ck <sub>1</sub>	19	20	20	19.7	394	100.0	-
2	21	23	21	21.7	434	110.2	+10.2
3	17	17	16	16.7	334	87.9	-12.1
ck <sub>2</sub>	18	20	19	19.0	380	100.0	-
4	18	19	20	19.0	380	100.0	0
5	21	20	21	20.7	414	102.0	+2.0
ck <sub>3</sub>	20	21	20	20.3	406	100.0	-
6	21	24	20	22.0	440	108.4	+8.4

种 2。这是因为品种 6 邻近的对照品种 ck<sub>3</sub> 的产量,比品种 2 邻近的对照品种 ck<sub>1</sub> 的产量要高,显然这是由于试验区的土壤肥力不均匀和其它因素所造的差异。所以直接用平均亩产来决定品种产量的高低,是不合理的。现在,我们采用与邻近对照品种进行比较,那样可消除因土壤肥力不均匀而造成的差异,就可能更正确地来评定各个品种的好坏。

## 2. 随机重复法设计的平均产量分析法:

例: 有 6 个水稻品种(以 1、2、3、4、5、6 为品种编号,其中 2 是对照种)参加品种比较试验,田间排列设计采用随机重复法,重复 3 次,小区面积为 600 平方尺(1/10 亩),试验结果如下表(见下页表一)。

根据这个产量记载表,可同样按照对比法的产量分析步骤,最后根据产量增减百分数来排定位次,整理成为如下表(见下页表二)。

水稻品种比较试验小区产量记载表

(单位: 斤)

品 种	小 区 产 量		
	第 一 重 复	第 二 重 复	第 三 重 复
1	75	79	73
2 (ck)	68	67	64
3	61	62	64
4	71	73	73
5	71	70	70
6	63	65	63

水稻品种试验平均产量分析表

品种	小 区 产 量 (斤)			小区平 均产量 (斤)	折合每 亩产量 (斤)	比对照种增减		产量 位次
	第一重复	第二重复	第三重复			斤/亩	%	
1	75	79	73	75.7	757	+94	+14.0	1
2 (ck)	68	67	64	66.3	663	-	-	4
3	61	62	64	62.3	623	-40	-6.0	6
4	71	73	73	72.3	723	+60	+9.0	2
5	71	70	70	70.3	703	+40	+6.0	3
6	63	65	63	63.7	637	-26	-4.0	5

分析结果,比对照种增产的有3个品种,其中品种1增产最多,品种4其次,品种5第三;比对照种减产的有2个品种,其中品种3减产较多,品种6较少。

通常认为,通过田间试验,如某一品种与对照品种的产量差异经常在5~10%以上,就认为是由于品种本身好坏所造成的差异。

间比法设计的平均产量分析法与对比法相仿。这里就不

另作介绍了。

## (二)田间试验资料的统计分析

在田间试验过程中,我们对原始材料、品系和各种品种进行一些性状的观察和记载,得到一些数据,往往由于数字很多,难以掌握它的全部意义。比如,前面刚讲过的产量分析,如只根据记载下的各小区产量的一堆数字,我们就难看出它的全部意义,但经过计算出它们各自的平均数,经过相互间比较之后,就不难看出各个品种在产量上的高低。但是,在产量分析中会碰到这样的问题:某一品种的产量比对照品种增产5%,现在要问这5%的差异是什么原因造成的;是否这品种确实要比对照品种好,能增产5%;还是由于土壤肥力的差异而造成这5%的差异?要回答诸如此类的问题,单依靠简单的平均数是不太正确、解决不了问题的。所以,我们还需要借用统计的方法来分析我们所掌握的一大堆记载数字,这样,才能够得出较为科学的结论作为选择的依据,为育种工作服务。

育种试验中常用的几个统计方法有:

### 1. 平均数:

通常所用的平均数是指算术平均数。它能表示资料中各变数的集中情况;可作为资料或样本的代表,而与另一资料或样本作比较,以观察两者相差的比率。

平均数的计算公式:

$$\bar{X} = \frac{X_1 + X_2 + X_3 + \dots + X_n}{N} = \frac{\Sigma(X)}{N}$$

$\bar{X}$  = 平均数     $X$  = 变数     $N$  = 变数的总次数     $\Sigma$  = 总和

例如测量水稻两个品系“甲”及“乙”各10株的高度(厘米),得资料如下:

甲品系: 110, 117, 105, 119, 117, 98, 92, 114, 108, 110

乙品系: 120, 116, 129, 96, 102, 104, 117, 106, 103, 87

$$\bar{X}_{\text{甲品系}} = \frac{\sum X}{N} = \frac{110+117+\cdots+110}{10} = 109(\text{厘米})$$

$$\bar{X}_{\text{乙品系}} = \frac{\sum X}{N} = \frac{120+116+\cdots+87}{10} = 108(\text{厘米})$$

从上面所求得平均数来看, 就可知道甲品系中各个植株高度(变数)的中心位置是在 109 厘米, 因此, 我们就可用 109 厘米这个数字来代表甲品系的植株高度, 就不必再写上原有的 10 个数字了, 这样就起了“去粗取精”的作用。同样, 当我们在介绍乙品系的植株高时, 也只要讲 108 厘米这个数就行了。

## 2. 标准差:

标准差所表示的就是平均数( $\bar{X}$ )的变异幅度, 可由此推知一个性状围绕一个平均数的变化情况。也就是说, 标准差愈大, 则说明资料的变动程度愈大, 平均数的代表性就愈小。

标准差的计算公式:

$$S = \sqrt{\frac{\sum (X - \bar{X})^2}{N - 1}}$$

$S$  = 标准差  $(X - \bar{X})$  = 变数和平均数的差

例如上例两个水稻品系的标准差为:

$$S_{\text{甲品系}} = \sqrt{\frac{\sum (X - \bar{X})^2}{N - 1}}$$

$$= \sqrt{\frac{(110-109)^2 + (117-109)^2 + \cdots + (110-109)^2}{10-1}}$$

$$= 8.7 \text{ 厘米}$$

$$\begin{aligned}
 S_{\text{乙品系}} &= \sqrt{\frac{\sum(X-\bar{X})^2}{N-1}} \\
 &= \sqrt{\frac{(120-108)^2 + (116-108)^2 + \dots + (87-109)^2}{10-1}} \\
 &= 12.5 \text{ 厘米}
 \end{aligned}$$

品系甲和品系乙的植株平均高度虽接近一致，但两者的标准差却相差很大，这里告诉我们：品系甲植株间高度要比品系乙来得整齐，也就是说品系乙植株高度的平均数可靠性较差。

在农业试验中，经常利用平均数和标准差来概括一个资料的特征，如上述品系甲的株高通常写作  $109 \pm 8.7$  厘米，品系乙为  $108 \pm 12.5$  厘米。

### 3. 变异系数：

如果要比较不同性状或不同作物的变异程度，而采用的测量单位又不是一致的，那末一般是比较它们的变异系数。

变异系数的计算公式：

$$V = \frac{S}{\bar{X}} \times 100$$

V = 变异系数

例：有 500 个玉米穗长的平均长度为 15.5 厘米，其标准差是 2.1 厘米；另有 200 个甘薯的平均重量为 72 克，其标准差是 7.2 克。试比较两者变异量的大小？

$$\text{玉米穗长的变异系数} = \frac{S}{\bar{X}} \times 100 = \frac{2.1}{15.5} \times 100 = 13.54\%$$

$$\text{甘薯重量的变异系数} = \frac{S}{\bar{X}} \times 100 = \frac{7.2}{72} \times 100 = 10\%$$

$$\therefore 13.54\% > 10\%$$

\therefore 玉米穗长的变异大于甘薯重量的变异。

#### 4. 差异显著性的测定:

在田间试验中,经常要比较各处理(或品种的某同一性状)平均数间的差异,要弄清楚两者之间差异,究竟是由于处理本身的效果(或品种的遗传本质)不同所引起的呢?还是由于试验本身的机误而来?

要回答这个问题,就必须要进行差异显著性的测定(t测验)。如果经过测验,这个差异是显著的,则推论为真实差异(是指处理本身的效果或品种的遗传本质所引起的差异);如差异不显著,则可推论为偶然差异(是指试验本身的机误而带来的差异)。

现以下面两个实例来说明。这种测验可分为对比试验的测验和不对比试验的测验两类:

【对比试验的测验】两个品种的试验,小区都是成对排列比较的,或在多点试验中,每地区两个品种也是成对比较的。

例:有甲、乙两个水稻品种,重复5次,按对比排列试验,小区面积是300平方尺(1/20亩),小区的产量归结如下表。

水稻品种甲和乙的对比试验分析表

重复区数	甲 $X_1$ (斤)	乙 $X_2$ (斤)	差数 $X = (X_1 - X_2)$	$X^2$
I	30	30	0	0
II	32	28	4	16
III	32	24	8	64
IV	36	28	8	64
V	40	30	10	100
$\Sigma$	170	140	30	244

第一步：从表上计算对比小区产量的差数，从而求出差数的平均数。

$$\bar{X} = \frac{\Sigma(X_1 - X_2)}{N} = \frac{30}{5} = 6 \text{ 斤/300 平方尺}$$

第二步：计算平均数标准差，先计算标准差  $S$ 。

$$S = \sqrt{\frac{\Sigma X^2 - \frac{(\Sigma X)^2}{N}}{N-1}} = \sqrt{\frac{244 - \frac{(30)^2}{5}}{5-1}} = \sqrt{16} = 4 \text{ 斤}$$

再计算平均数标准差  $S_{\bar{x}}$ 。

$$S_{\bar{x}} = \frac{S}{\sqrt{N}} = \frac{4}{\sqrt{5}} = 1.8 \text{ 斤}$$

第三步：计算  $t$  值。

$$t = \frac{\bar{X}}{S_{\bar{x}}}$$

$\bar{X}$  = 两个品种差数平均数  $S_{\bar{x}}$  = 平均数标准差

$$t = \frac{\bar{X}}{S_{\bar{x}}} = \frac{30/5}{1.8} = \frac{6}{1.8} = 3.4$$

第四步：查  $t$  表(见附  $t$  值表)。

这里要附带说明一下  $t$  表的查法。一般  $t$  表的左方第一纵栏为自由度。所谓自由度就是指可以自由选择数目。在一般试验中，自由度总是比被观察的类型少一。在  $t$  表的第一横行是不同的机率水准，用  $p$  表示。查表时首先必要确定自由度，比如我们现在进行这个测验的自由度应该是  $5-1=4$ 。查表时只要查第一纵栏第 4 行的横行与第一横行  $p=0.05$  的纵行相交处得  $t=2.78$ ，用同样方法可查得  $t_{0.01}=4.60$ 。

第五步：推论。

现计算  $t=3.4$ ，查表得知  $t_{0.05}=2.78$ ， $t_{0.01}=4.60$ 。

$$4.60 > 3.4 > 2.78, \text{ 即 } t_{0.01} > t > t_{0.05}.$$

这样的表示究竟说明什么问题呢？



按照统计学上的惯例, 机率( $p$ )在 5% (0.05) 的都可看做为显著的差异; 机率( $p$ )在 1% (0.01) 的就可看作非常显著的差异。也就是说在机率平准 0.05 时, 发生偶然误差的机率仅仅是 5%; 而机率平准在 0.01 时, 发生偶然误差的机率那就更小, 仅仅是 1% 而已。

因此, 根据测验的结果, 这里就可大胆地作出结论: 试验结果差数 6 斤/300 平方尺是有显著差异, 说明品种甲真实优于品种乙。

【不对比试验的测验】 假定两个品种试验小区在田间并不成对排列比较, 一个品种播在一处的  $N_1$  个小区, 另一个品种播在另一处的  $N_2$  个小区,  $N_1$  可以和  $N_2$  相等, 或不相等。在这种情况下, 如何进行差异显著性的测定呢?

例: 通过品种甲的 5 个小区产量, 和品种丙的 6 个小区产量的分析, 来判别谁优谁劣。小区的面积是 300 平方尺。现将产量及计算方法, 分别介绍如下:

水稻品种甲和丙的不对比试验分析表

品 种 重复小区数	甲 $X_1$ (斤)	$X_1^2$	丙 $X_2$ (斤)	$X_2^2$
I	30	900	40	1600
II	32	1024	44	1936
III	32	1024	48	2304
IV	36	1296	52	2704
V	40	1600	56	3136
VI			60	3600
$\Sigma$ 平均(斤/300平方尺)	170 34	5844	300 50	15280

第一步：计算差数平均数。

$$d = (\bar{X}_2 - \bar{X}_1) = 50 - 34 = 16 \text{ 斤/300 平方尺}$$

第二步：根据下列公式计算标准差。

$$S = \sqrt{\frac{\Sigma(X_1 - \bar{X}_1)^2 + \Sigma(X_2 - \bar{X}_2)^2}{(N_1 - 1) + (N_2 - 1)}}$$

$$\Sigma(X_1 - \bar{X}_1)^2 = \Sigma(X_1^2) - \frac{(\Sigma X_1)^2}{N_1} = 5844 - \frac{(170)^2}{5}$$

$$= 5844 - 5780 = 64$$

$$\Sigma(X_2 - \bar{X}_2)^2 = \Sigma(X_2^2) - \frac{(\Sigma X_2)^2}{N_2} = 15280 - \frac{(300)^2}{6}$$

$$= 15280 - 15000 = 280$$

$$S = \sqrt{\frac{\Sigma(X_1 - \bar{X}_1)^2 + \Sigma(X_2 - \bar{X}_2)^2}{(N_1 - 1) + (N_2 - 1)}} = \sqrt{\frac{64 + 280}{4 + 5}} = \sqrt{\frac{344}{9}}$$

$$= \sqrt{38.2} = 6.18 \text{ 斤}$$

第三步：根据下列公式计算平均数差数标准差。

$$S_d = S \sqrt{\frac{1}{N_1} + \frac{1}{N_2}} = 6.18 \sqrt{\frac{1}{5} + \frac{1}{6}} = 6.18 \sqrt{\frac{11}{30}}$$

$$= 6.18 \times 0.6 = 3.7 \text{ 斤}$$

第四步：计算 t 值。

$$t = d/S_d = 16/3.7 = 4.3$$

第五步：按自由度  $t = (N_1 - 1) + (N_2 - 1) = (5 - 1) + (6 - 1) = 9$ ，查 t 表，5% 与 1% 机率的 t 值是： $t_{0.05} = 2.26$ ， $t_{0.01} = 3.25$ 。

现计算  $t = 4.3$  即  $t > 0.01$ ，表示这个差数 16 斤/300 平方尺是非常显著的。因此，可以肯定品种丙确实要比品种甲来得优秀。

## 5. 变量分析:

在育种试验中,如要比较两个以上的育种材料或品种,这时就可采用变量分析。

在田间试验时,就各小区的产量来看,有时往往会发生差异。引起差异的原因很复杂,但归纳起来也不外是三个主要因素:

第一:是由于品种本身种性的差异;

第二:是每一重复内存在着不同的土壤肥力的差异;

第三:是偶然的误差。

也就是说任何一个小区产量的 高低,是由于以上三个因素所造成的。

或者说:产量变异 = 供试品种本身种性的差异 + 每一重复内存在着不同的土壤肥力的差异 + 偶然的误差。

这些作用因素所引起的试验资料的变异究竟有多少,必须经过适当的分析之后才能表明出来,因为说明变异的方法是用变量来决定,所以就称为变量分析。

变量分析法的应用很广,无论是品种比较试验或是处理试验(如施肥试验等),都可以采用。试验设计常采用随机排列法和拉丁方排列法。

### (1) 随机排列区的变量分析法:

随机排列的方式是将试验地根据重复的次数分为若干大区,大区又根据供试品种的数目分为若干小区,小区中各供试品种是随机排列的。

例如:有 4 个水稻品系参加品系比较试验,重复 5 次,随机排列,各小区产量见下表。试验结果采用变量分析,分析的步骤如下:

第一步:将各小区产量数据整理登记,并计算各品系产

量总和与平均，及各重复产量总和与平均。

水稻品系比较试验产量表

重 复 品 系	74-2	74-4	74-1	74-3	重复总和 (T <sub>b</sub> )	平 均
	I	27	27	31		
II	31	30	27	24	112	28.0
III	31	24	30	24	109	27.2
IV	29	26	28	25	108	27.0
V	29	27	30	25	111	27.7
品系总和(T <sub>v</sub> )	147	134	146	127	554	—
平 均	29.4	26.8	29.2	25.4	—	27.7

第二步：将上表的试验结果进行变量分析。计算全试验总平方和与总自由度，及各部分平方和与自由度。

计算时，可采用下列公式：

$$\textcircled{1} \text{ 矫正数} = \frac{[\sum(X)]^2}{N} = \frac{554^2}{5 \times 4} = 15345.8$$

$$\begin{aligned} \textcircled{2} \text{ 总平方和} &= \sum(X)^2 - \frac{[\sum(X)]^2}{N} \\ &= (27^2 + 31^2 + 31^2 + \dots + 25^2 + 25^2) - \frac{554^2}{5 \times 4} \\ &= 15460 - 15345.8 = 114.2 \end{aligned}$$

$$\text{总自由度} = N - 1 = 5 \times 4 - 1 = 20 - 1 = 19$$

$$\begin{aligned} \textcircled{3} \text{ 品系间平方和} &= \frac{\sum(T_v^2)}{K} - \frac{[\sum(X)]^2}{N} \\ &= \frac{147^2 + 134^2 + 146^2 + 127^2}{5} - \frac{554^2}{5 \times 4} \\ &= 15402 - 15345.8 = 56.2 \end{aligned}$$

$$\text{品系间自由度} = n - 1 = 4 - 1 = 3$$

$$\begin{aligned} \text{④ 重复间平方和} &= \frac{\sum(Tb^2)}{n} - \frac{[\sum(X)]^2}{N} \\ &= \frac{114^2 + 112^2 + 109^2 + 108^2 + 111^2}{4} - \frac{554^2}{5 \times 4} \\ &= 15851.5 - 15345.8 = 5.7 \end{aligned}$$

$$\text{重复间自由度} = k - 1 = 5 - 1 = 4$$

$$\begin{aligned} \text{⑤ 试验误差平方和} &= \text{总平方和} - (\text{品系间平方和} + \text{重复间平方和}) \\ &= 114.2 - (56.2 + 5.7) = 52.3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{试验误差的自由度} &= \text{总自由度} - \text{品系间自由度} - \text{重复自由度} \\ &= 19 - 3 - 4 = 12 \end{aligned}$$

以上各公式的符号:

X = 各小区产量    N = 小区数 = kn

k = 重复次数    n = 品系数

Tb = 任一重复各小区的总和

Tv = 任一品系各小区的总和

第三步: 计算总的变量与各部分变量, 列出变量分析表。并计算F值。

变量求法: 以自由度除平方和。如品系间的变量为  $56.2 \div 3 = 18.73$ 。

水稻品系比较试验变量分析表

变异原因	自 由 度	平 方 和	变 量	F
品 系 间	3	56.2	18.73	4.29*
重 复 间	4	5.7	1.43	0.83
试验误差	12	52.3	4.36	
总 和	19	114.2	—	—

第四步：查F表。F是各种变异原因的变量被误差变量所除的结果，即： $F = \frac{\text{处理间变量(大变量)}}{\text{误差变量(小变量)}}$ ；它是用来测定各种

变异的显著性。如果所求得的F值等于或大于5%F值时，就表示差异显著，也就是说，由于偶然机会可能获得如观察所得那样大小的处理间的差异，在100次试验中少于5次，所以可以说有些处理间的相差是有显著性的；如果计算的F值等于或大于1%F值时，则说明处理间的差异是非常显著了。

查F表，本例品系的自由度  $n_1 = 3$  (大变量的自由度)，试验误差的自由度  $n_2 = 12$  (小变量的自由度)时，P在5%的F值为3.49，P在1%的F值为5.95。现求得F值为4.29，大于5%平准的F值，而又小于1%平准的F值。这告诉我们品系间有显著差异，但差异又不是非常显著。

再看本例重复间的自由度  $n_1 = 4$ ，试验误差的自由度  $n_2 = 12$ ，根据自由度查F表，知道：P在5%的F值为3.26，P在1%的F值为5.41。现求得F值为0.33，它比5%和1%平准的F值都小，这说明重复间的差异不显著。在这里，它不是引起变异的原因。

一般规定当试验因素引起的变量是较大，试验误差变量是较小时，F值大于1时才进行测验。相反，如果试验因素引起的变量是较小时，就不必进行测验。

第五步：从上面的分析，我们已知道在参加比较试验的4个品系间有差异，但是它们之间的差异程度，还不能看出，要解决这个问题，接下来还需要进行t测验。

应用t测验以比较两个品系平均数间的差异，来鉴定各品系间的差异显著性。

计算顺序：

①单区产量的标准差:  $S = \sqrt{4.36} = 2.088$

②试验品系的平均数标准差:  $S_{\bar{x}} = \frac{S}{\sqrt{k}} = \frac{2.088}{\sqrt{5}} = 0.9337$

③任何两品系平均数的差异标准差:  $S_d = S_{\bar{x}} \times \sqrt{2}$   
 $= 0.9337 \times 1.41 = 1.32$

④品种的比较都根据其平均产量,先求出两品种平均产量的差异(d),以差异之标准差( $S_d$ )除之,所得之商数即为t值( $t = \frac{d}{S_d}$ )。t值超过一定发生之机率时,此种差异即为显著,如t值不超过一定标准,则认为差异可能由于取样之误差,不能断定真正有优劣之分。因此,可利用p5%与p1%的t值分别与差异的标准差相乘,以所得的两个数值作为差异显著之标准。

由t表查得本例自由度=12时,p在5%时的t值为2.18,p在1%时的t值为3.06。

∴ 5%的显著标准为:

$$1.32 \times 2.18 = 2.88 \text{ 斤}$$

1%的显著标准为:

$$1.32 \times 3.06 = 4.04 \text{ 斤}$$

凡任何两品系的差异高于此两标准,即断定为差异显著,通常以“\*”表示超过5%显著标准,用“\*\*”表示超过1%显著标准。

现将本例4个水稻品系产量差异情况列表如下:

四个水稻品系平均产量差异比较表

品系	平均产量 (斤)	差 异		
		A	B	C
A, 74-2	29.4			
B, 74-1	29.2	0.2		
C, 74-4	26.8	2.6	2.4	
D, 74-3	25.4	4.0*	3.8*	1.4

从上表可看出：74-2、74-1、74-4 之间无显著差异，74-2 和 74-1 两品系显著优于 74-3。

(2) 拉丁方排列的变量分析法：

拉丁方的分析法与随机排列区的分析法基本相同，所不同的只是要多算一个直行变量，即：

总平方和 = 品种间平方和 + 横行平方和 + 直行平方和 + 误差平方和

例：水稻 5 个品种采用 5×5 拉丁方排列的产量比较试验。试验结果分析如下：

第一步：将各小区产量数据整理登记，并计算横行产量的总和、直行产量的总和、以及全试验的产量总和。

5×5 水稻品种比较试验区及其产量  
(A、B、C、D、E 为品种编号)

B 36	E 32	A 31	D 27	C 28	(横行总和) 154
D 29	A 32	E 23	C 25	B 28	142
E 27	D 30	C 25	B 23	A 26	131
A 32	C 30	B 23	D 26	E 27	138
C 35	B 36	D 30	A 30	E 30	161
159	160	137	131	139	726 (全试验产量总和)
(直行总和)					

第二步：计算全试验总平方和与总自由度，及各部分平方和与自由度。

在计算品种间的平方和时，须将小区的产量按各品种重新排列如下表：



拉丁方小区的水稻各品种产量

	A	B	C	D	E
	31	36	28	27	32
	32	28	25	29	28
	26	23	25	30	27
	32	23	30	27	26
	30	36	35	30	30
总和	151	146	143	143	143

计算如下(仍采用前例中所举的公式):

$$\textcircled{1} \text{校正数} = \frac{726^2}{5 \times 5} = \frac{527076}{25} = 21083.4$$

$$\textcircled{2} \text{总平方和} = (36^2 + 29^2 + \dots + 27^2 + 30^2) - 21083.4 = 306.96$$

$$\text{总自由度} = 5 \times 5 - 1 = 24$$

$$\begin{aligned} \textcircled{3} \text{横行区组平方和} &= (154^2 + 142^2 + 131^2 + 138^2 + 161^2) / 5 - 21083.4 \\ &= \frac{106006}{5} - 21083.4 = 118.16 \end{aligned}$$

$$\text{横行区组自由度} = 5 - 1 = 4$$

$$\begin{aligned} \textcircled{4} \text{直行区组平方和} &= (159^2 + 160^2 + 137^2 + 131^2 + 139^2) / 5 - 21083.4 \\ &= \frac{106132}{5} - 21083.4 = 143.36 \end{aligned}$$

$$\text{直行区组自由度} = 5 - 1 = 4$$

$$\begin{aligned} \textcircled{5} \text{品种间平方和} &= (151^2 + 146^2 + 143^2 + 143^2 + 143^2) / 5 - 21083.4 \\ &= 21092.8 - 21083.04 = 9.76 \end{aligned}$$

$$\text{品种间自由度} = 5 - 1 = 4$$

$$\begin{aligned} \textcircled{6} \text{试验误差平方和} &= 306.96 - (118.6 + 143.36 + 9.76) \\ &= 306.96 - 271.28 = 25.68 \end{aligned}$$

$$\text{试验误差的自由度} = 24 - 4 - 4 - 4 = 12$$

第三步：计数变量，将计算结果列出变量分析表。并计算F值。

水稻品种比较试验变量分析

变异原因	自由度	平方和	变 量
横 行	4	118.16	29.54
直 行	4	143.36	35.84
品 种	4	9.76	2.44
误 差	12	35.68	2.97
总 和	24	306.96	

第四步：推论。从上表的计算结果看，品种间的变量，小于误差的变量，因此，本试验内的5个品种，并无显著的差异，无须再求其个别的相差。如果品种间的变量，大于误差的变量时，还须按前例一样，用F值测定它是否显著。如果差异显著，还须更进一步求出品种间的差异显著性，计算方法，完全和前例随机排列区的分析法相同。

本试验的误差变量大于品种间的变量，所以不再计算品种间的差异的显著性，由此可知这5个品种之间在这项田间比较试验的结果中，从产量的分析中并不存在明显的误差。

附:

t 值 表

自 由 度	机 率		自 由 度	机 率	
	0.05	0.01		0.05	0.01
1	12.71	63.66	26	2.06	2.78
2	4.30	9.92	27	2.05	2.77
3	3.18	5.84	28	2.05	2.76
4	2.78	4.60	29	2.04	2.76
5	2.57	4.03	30	2.04	2.75
6	2.45	3.71	35	2.03	2.72
7	2.36	3.50	40	2.02	2.70
8	2.31	3.36	45	2.01	2.69
9	2.26	3.25	50	2.00	2.68
10	2.23	3.17	60	2.00	2.66
11	2.20	3.11	70	1.99	2.65
12	2.18	3.06	80	1.99	2.64
13	2.16	3.01	90	1.99	2.63
14	2.14	2.98	100	1.98	2.63
15	2.13	2.95	125	1.98	2.62
16	2.12	2.92	150	1.98	2.61
17	2.11	2.90	200	1.97	2.60
18	2.10	2.88	300	1.97	2.59
19	2.09	2.86	400	1.97	2.59
20	2.09	2.84	500	1.96	2.59
21	2.08	2.83	1000	1.96	2.58
22	2.07	2.82	$\infty$	1.96	2.58
23	2.07	2.81			
24	2.06	2.80			
25	2.06	2.79			

F-分布表

$n_1 \backslash n_2$	1	2	3	4	5	6	7
1	161	200	216	225	230	234	237
2	18.51	19.00	19.16	19.25	19.30	19.33	19.36
3	10.13	9.55	9.28	9.12	9.01	8.94	8.88
4	7.71	6.94	6.59	6.39	6.26	6.16	6.09
5	6.61	5.79	5.41	5.19	5.05	4.95	4.88
6	5.99	5.14	4.76	4.53	4.39	4.28	4.21
7	5.59	4.74	4.35	4.12	3.97	3.87	3.79
8	5.32	4.46	4.07	3.84	3.69	3.58	3.50
9	5.12	4.26	3.86	3.63	3.48	3.37	3.29
10	4.96	4.10	3.71	3.48	3.33	3.22	3.14
11	4.84	3.98	3.59	3.36	3.20	3.09	3.01
12	4.75	3.88	3.49	3.26	3.11	3.00	2.92
13	4.67	3.80	3.41	3.18	3.02	2.92	2.84
14	4.60	3.74	3.34	3.11	2.96	2.85	2.77
15	4.54	3.68	3.29	3.06	2.90	2.79	2.70
16	4.49	3.63	3.24	3.01	2.85	2.74	2.66
17	4.45	3.59	3.20	2.96	2.81	2.70	2.62
18	4.41	3.55	3.16	2.93	2.77	2.66	2.58
19	4.38	3.52	3.13	2.90	2.74	2.63	2.55
20	4.35	3.49	3.10	2.87	2.71	2.60	2.52
21	4.32	3.47	3.07	2.84	2.68	2.57	2.49
22	4.30	3.44	3.05	2.82	2.66	2.55	2.47
23	4.28	3.42	3.03	2.80	2.64	2.53	2.45
24	4.26	3.40	3.01	2.78	2.62	2.51	2.43
25	4.24	3.38	2.99	2.76	2.60	2.49	2.41
26	4.22	3.37	2.98	2.74	2.59	2.47	2.39
27	4.21	3.35	2.96	2.73	2.57	2.46	2.37
28	4.20	3.34	2.95	2.71	2.56	2.44	2.36
29	4.18	3.33	2.93	2.70	2.54	2.43	2.35
30	4.17	3.32	2.92	2.69	2.53	2.42	2.34
40	4.08	3.23	2.84	2.61	2.45	2.34	2.25
50	4.03	3.18	2.79	2.56	2.40	2.29	2.20
60	4.00	3.15	2.76	2.52	2.37	2.25	2.17
70	3.98	3.13	2.74	2.50	2.35	2.23	2.14
80	3.96	3.11	2.72	2.48	2.33	2.21	2.12
100	3.94	3.09	2.70	2.46	2.30	2.19	2.10
125	3.92	3.07	2.68	2.44	2.29	2.17	2.08
150	3.91	3.06	2.67	2.43	2.27	2.16	2.07
200	3.89	3.04	2.65	2.41	2.26	2.14	2.05
$\infty$	3.84	2.99	2.60	2.37	2.21	2.09	2.01

(5% 水准)

8	9	10	12	16	20	30	∞
239	241	242	244	246	248	250	254
19.37	19.38	19.39	19.41	19.43	19.44	19.46	19.50
8.84	8.81	8.78	8.74	8.69	8.66	8.62	8.53
6.04	6.00	5.96	5.91	5.84	5.80	5.74	5.63
4.82	4.78	4.74	4.68	4.60	4.56	4.50	4.36
4.15	4.10	4.06	4.00	3.92	3.87	3.81	3.67
3.73	3.68	3.63	3.57	3.49	3.44	3.38	3.23
3.44	3.39	3.34	3.28	3.20	3.15	3.08	2.93
3.23	3.18	3.13	3.07	2.98	2.93	2.86	2.71
3.07	3.02	2.97	2.91	2.82	2.77	2.70	2.54
2.95	2.90	2.86	2.79	2.70	2.65	2.57	2.40
2.85	2.80	2.76	2.69	2.60	2.54	2.46	2.30
2.77	2.72	2.67	2.60	2.51	2.46	2.38	2.21
2.70	2.65	2.60	2.53	2.44	2.39	2.31	2.13
2.64	2.59	2.55	2.48	2.39	2.33	2.25	2.07
2.59	2.54	2.49	2.42	2.33	2.28	2.20	2.01
2.55	2.50	2.45	2.38	2.29	2.23	2.15	1.96
2.51	2.46	2.41	2.34	2.25	2.19	2.11	1.92
2.48	2.43	2.38	2.31	2.21	2.15	2.07	1.88
2.45	2.40	2.35	2.28	2.18	2.12	2.04	1.84
2.42	2.37	2.32	2.25	2.15	2.09	2.00	1.81
2.40	2.35	2.30	2.23	2.13	2.07	1.98	1.78
2.38	2.32	2.28	2.20	2.10	2.04	1.96	1.76
2.36	2.30	2.26	2.18	2.09	2.02	1.94	1.73
2.34	2.28	2.24	2.16	2.06	2.00	1.92	1.71
2.32	2.27	2.22	2.15	2.05	1.99	1.90	1.69
2.30	2.25	2.20	2.13	2.03	1.97	1.88	1.67
2.29	2.24	2.19	2.12	2.02	1.96	1.87	1.65
2.28	2.22	2.18	2.10	2.00	1.94	1.85	1.64
2.27	2.21	2.16	2.09	1.99	1.93	1.84	1.62
2.18	2.12	2.07	2.00	1.90	1.84	1.74	1.51
2.13	2.07	2.02	1.95	1.85	1.78	1.69	1.44
2.10	2.04	1.99	1.92	1.81	1.75	1.65	1.39
2.07	2.01	1.97	1.89	1.79	1.72	1.62	1.35
2.05	1.99	1.95	1.88	1.77	1.70	1.60	1.32
2.03	1.97	1.92	1.85	1.75	1.68	1.57	1.28
2.01	1.95	1.90	1.83	1.72	1.65	1.55	1.25
2.00	1.94	1.89	1.82	1.71	1.64	1.54	1.22
1.98	1.92	1.87	1.80	1.69	1.62	1.52	1.19
1.94	1.88	1.83	1.75	1.64	1.57	1.46	1.00

F-分布表

$n_1 \backslash n_2$	1	2	3	4	5	6	7
1	4052	4999	5403	5625	5764	5859	5928
2	98.49	99.01	99.17	99.25	99.30	99.33	99.34
3	34.12	30.81	29.46	28.71	28.24	27.91	27.67
4	21.20	18.00	16.69	15.98	15.52	15.21	14.98
5	16.26	13.27	12.06	11.39	10.97	10.67	10.45
6	13.74	10.92	9.78	9.15	8.75	8.47	8.26
7	12.25	9.55	8.45	7.85	7.46	7.19	7.00
8	11.26	8.65	7.59	7.01	6.63	6.37	6.19
9	10.56	8.02	6.99	6.42	6.06	5.80	5.62
10	10.04	7.56	6.55	5.99	5.64	5.39	5.21
11	9.65	7.20	6.22	5.67	5.32	5.07	4.88
12	9.33	6.93	5.95	5.41	5.06	4.82	4.65
13	9.07	6.70	5.74	5.20	4.86	4.62	4.44
14	8.86	6.51	5.56	5.03	4.69	4.46	4.28
15	8.68	6.36	5.42	4.89	4.56	4.32	4.14
16	8.53	6.23	5.29	4.77	4.44	4.20	4.03
17	8.40	6.11	5.18	4.67	4.34	4.10	3.93
18	8.28	6.01	5.09	4.58	4.25	4.01	3.85
19	8.18	5.93	5.01	4.50	4.17	3.94	3.77
20	8.10	5.85	4.94	4.43	4.10	3.87	3.71
21	8.02	5.78	4.87	4.37	4.04	3.81	3.65
22	7.94	5.72	4.82	4.31	3.99	3.76	3.59
23	7.88	5.66	4.76	4.26	3.94	3.71	3.54
24	7.82	5.61	4.72	4.22	3.90	3.67	3.50
25	7.77	5.57	4.68	4.18	3.86	3.63	3.46
26	7.72	5.53	4.64	4.14	3.82	3.59	3.42
27	7.68	5.49	4.60	4.11	3.79	3.56	3.39
28	7.64	5.45	4.57	4.07	3.76	3.53	3.36
29	7.60	5.42	4.54	4.04	3.73	3.50	3.33
30	7.56	5.39	4.51	4.02	3.70	3.47	3.30
40	7.31	5.18	4.31	3.83	3.51	3.29	3.12
50	7.17	5.06	4.20	3.72	3.41	3.18	3.02
60	7.08	4.98	4.13	3.65	3.34	3.12	2.95
70	7.01	4.92	4.08	3.60	3.29	3.07	2.91
80	6.96	4.88	4.04	3.56	3.25	3.04	2.87
100	6.90	4.82	3.98	3.51	3.20	2.99	2.82
125	6.84	4.78	3.94	3.47	3.17	2.95	2.79
150	6.81	4.75	3.91	3.44	3.14	2.92	2.76
200	6.76	4.71	3.88	3.41	3.11	2.90	2.73
$\infty$	6.64	4.60	3.78	3.32	3.02	2.80	2.64

(1% 水准)

8	9	10	12	16	20	30	∞
5981	6022	6056	6106	6169	6208	6258	6366
99.36	99.38	99.40	99.42	99.44	99.45	99.47	99.50
27.49	27.34	27.23	27.05	26.83	26.69	26.50	26.12
14.80	14.66	14.54	14.37	14.15	14.02	13.83	13.46
10.27	10.15	10.05	9.89	9.68	9.55	9.38	9.02
8.10	7.98	7.87	7.72	7.52	7.39	7.23	6.88
6.84	6.71	6.62	6.47	6.27	6.15	5.98	5.65
6.03	5.91	5.82	5.67	5.48	5.36	5.20	4.86
5.47	5.35	5.26	5.11	4.92	4.80	4.64	4.31
5.06	4.95	4.85	4.71	4.52	4.41	4.25	3.91
4.74	4.63	4.54	4.40	4.21	4.10	3.94	3.60
4.50	4.39	4.30	4.16	3.98	3.86	3.70	3.36
4.30	4.19	4.10	3.96	3.78	3.67	3.51	3.16
4.14	4.03	3.94	3.80	3.62	3.51	3.34	3.00
4.00	3.89	3.80	3.67	3.48	3.36	3.20	2.87
3.89	3.78	3.69	3.55	3.37	3.25	3.10	2.75
3.79	3.68	3.59	3.45	3.27	3.16	3.00	2.65
3.71	3.60	3.51	3.37	3.19	3.07	2.91	2.57
3.63	3.52	3.43	3.30	3.12	3.00	2.84	2.49
3.56	3.45	3.37	3.23	3.05	2.94	2.77	2.42
3.51	3.40	3.31	3.17	2.99	2.88	2.72	2.36
3.45	3.35	3.26	3.12	2.94	2.83	2.67	2.31
3.41	3.30	3.21	3.07	2.89	2.78	2.62	2.26
3.36	3.25	3.17	3.03	2.85	2.74	2.58	2.21
3.32	3.21	3.13	2.99	2.81	2.70	2.54	2.17
3.29	3.17	3.09	2.96	2.77	2.66	2.50	2.13
3.26	3.14	3.06	2.93	2.74	2.63	2.47	2.10
3.23	3.11	3.03	2.90	2.71	2.60	2.44	2.06
3.20	3.08	3.00	2.87	2.68	2.57	2.41	2.03
3.17	3.06	2.98	2.84	2.66	2.55	2.38	2.01
2.99	2.88	2.80	2.66	2.49	2.37	2.20	1.81
2.88	2.78	2.70	2.56	2.39	2.23	2.10	1.68
2.82	2.72	2.63	2.50	2.32	2.20	2.03	1.60
2.77	2.67	2.59	2.45	2.28	2.15	1.98	1.53
2.74	2.64	2.55	2.41	2.24	2.11	1.94	1.47
2.69	2.59	2.51	2.36	2.19	2.06	1.89	1.43
2.65	2.56	2.47	2.33	2.15	2.03	1.85	1.37
2.62	2.53	2.44	2.30	2.12	2.00	1.83	1.33
2.60	2.50	2.41	2.28	2.09	1.97	1.79	1.28
2.51	2.41	2.32	2.18	1.99	1.87	1.69	1.00

[ G e n e r a l I n f o r m a t i o n ]

书名 = 作物遗传育种知识

作者 = 童一中 高瑾南

页数 = 353

SS号 = 10912741

出版日期 = 1975年04月第1版



封面页  
书名页  
版权页  
前言页  
目录页  
第一章

## 作物的进化

- 一、遗传和变异
- 二、遗传的变异和不遗传的变异
- 三、遗传和环境
- 四、作物的进化

第二章

## 作物的繁殖

- 一、营养繁殖和有性繁殖
- 二、有丝分裂和减数分裂
- 三、配子形成和受精过程
- 四、染色体和遗传

第三章

## 遗传规律和育种

- 一、显性和隐性
- 二、分离规律
- 三、自由组合规律
- 四、连锁和互换规律

第四章

## 数量性状的遗传

- 一、数量性状
- 二、数量性状的遗传方式
- 三、基因数的推算
- 四、多基因与育种

第五章

## 选择

- 一、选择的遗传原理
- 二、选择育种的基本原则
- 三、作物的传粉方式与选择方法
- 四、营养繁殖作物的选择育种

第六章

## 品种间杂交

- 一、杂文育种的可能性与现实性
- 二、杂交亲本的选择
- 三、杂文的组合方式
- 四、杂交技术

- 五、杂交后代的选育
- 第七章 远缘杂交
  - 一、远缘杂交的含义
  - 二、远缘杂交在育种上的价值
  - 三、克服杂交不孕的方法
  - 四、克服杂种不育的方法
  - 五、杂种后代的分离和处理
- 第八章 杂种优势
  - 一、杂种优势的现象
  - 二、杂种优势的遗传实质
  - 三、玉米杂交种的类型
  - 四、玉米自交系的选育
  - 五、玉米杂交种的选育
  - 六、杂交种子的生产
- 第九章 雄性不育的利用
  - 一、雄性不育的现象和诊断
  - 二、形成雄性不育的原因
  - 三、雄性不育的遗传方式
  - 四、雄性不育的利用
  - 五、化学去雄
- 第十章 无性杂交
  - 一、无性杂交在育种上的成就
  - 二、无性杂交在育种中的作用
  - 三、无性杂交的方法
  - 四、获得无性杂种的条件
- 第十一章 辐射育种
  - 一、辐射改变遗传性
  - 二、辐射诱变在育种上的利用
  - 三、辐射处理材料的选择
  - 四、辐射处理的方法和剂量
  - 五、辐射后代的选育
- 第十二章 倍数性育种
  - 一、多倍体育种
  - 二、单倍体育种
- 第十三章 地方品种の利用与引种

- 一、地方品种の利用
- 二、引种在育种工作中的意义
- 三、引种的原理和原则
- 四、引种的方法和注意事项

#### 第十四章 良种繁育和种子检验

- 一、良种繁育的任务
- 二、品种的混杂退化及其防止措施
- 三、良种繁育的技术
- 四、种子检验

#### 第十五章 田间试验

- 一、田间试验的基本原则
- 二、田间试验的设计
- 三、田间试验应注意事项
- 四、田间试验的观察记载
- 五、试验资料的整理和分析

#### 附录页