



农村科学实验丛书

植物单倍体育种

中国科学院北京植物研究所 编著
黑龙江省农业科学院



科学出版社

农业学大寨



农村科学实验丛书

植物单倍体育种

中国科学院北京植物研究所 编著
黑龙江省农业科学院

科学出版社

1977

内 容 简 介

本书介绍了花药培养和植物单倍体育种的一般原理和方法，并着重介绍了小麦、水稻和菸草的单倍体育种技术，书后还附有其他作物的花药培养方法。可供四级农业科学实验网的同志、农村知识青年、有关科研及教学单位参考。

植 物 单 倍 体 育 种

中国科学院北京植物研究所 编著
黑龙江省农业科学院

科学出版社出版

北京朝阳门内大街 137 号

北京印刷一厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

1977 年 1 月第 一 版 开本：787×1092 1/32

1977 年 1 月第一次印刷 印张：4 3/8

印数：0001—28,730 字数：97,000

统一书号：13031·529

本社书号：775·13—8

定 价：0.37 元

前 言

单倍体育种是一种多快好省的育种方法，它能够控制杂种分离、加快育种速度、简化选育程序、提高选择效率，是育种工作的一项重大技术革新。在无产阶级文化大革命、批林批孔和学习无产阶级专政理论运动的推动下，近年来我国群众性的单倍体育种科学实验蓬勃发展，并取得了可喜成绩。我国不仅在世界上首先培育出小麦、小黑麦、小冰麦、黑麦、玉米、辣椒、茄子、杨树、油菜等作物的单倍体花粉植株，而且也首先用单倍体育种法培育出一批菸草、水稻和小麦新品种，赶上了世界先进水平，对我国社会主义农业生产做出了贡献。目前，在普及大寨县的热潮中，四级农业科学实验网和一些基层科研单位已经开展或正在筹备花药培养和单倍体育种工作，为了适应这一大好形势，按照 1974 年全国花粉培养工作经验交流会的建议，我们编写了这本小册子，以供有关同志参考。

在编写本书时，我们力求做到在普及基础上的提高和在提高指导下的普及，采用图文并茂的形式，比较详细地叙述了花药培养和单倍体育种的方法，同时对于单倍体育种所涉及的细胞学和遗传学规律也作了必要的说明。在一般地阐明了单倍体育种的原理和方法之后，又分别地介绍了几种作物的单倍体育种技术，这样做虽然难免在内容上有重复之处，但对于专门从事某种作物育种的同志可能提供了便利。

本书的编写采取集体讨论、分别执笔的方式。执笔人有：孙敬三（第一章）、徐振（第二、五章）、王敬驹（第三、四章）、尹光初（第六章）、朱至清（第七章）、郭仲琛（第八章）等同志，插

图由朱至清同志编绘。上海市农业科学院、广东省植物研究所、广东省农业科学院、湖北省农业科学研究所、黑龙江省牡丹江地区农业科学研究所和黑龙江省园艺研究所等单位从事单倍体育种研究工作的同志曾对本书的初稿提出宝贵的修改意见，在此深表感谢。

由于水平所限，书中一定有不少错误和不足之处，热情地希望读者提出批评指正。

目 录

前 言

第一章 单倍体育种的优越性	(1)
一、植物细胞的基本结构和繁殖方式	(1)
二、单倍体植物的特点及其产生途径	(10)
三、单倍体育种的优越性	(16)
第二章 单倍体育种的亲本选配	(25)
一、亲本选配的重要性	(25)
二、亲本的选配	(25)
三、单倍体育种的选材特性	(29)
第三章 怎样获得单倍体植物	(31)
一、用花药培养单倍体植物的方法	(31)
二、培养花粉植株的操作技术	(42)
三、常用培养基的配方	(56)
第四章 花粉植株的移栽与染色体加倍	(63)
一、花粉幼苗的移栽	(63)
二、花粉植株细胞染色体的检查方法	(64)
三、单倍体植株的染色体加倍技术	(67)
第五章 花粉植株后代的选育	(72)
一、花粉植株当代的多样性	(72)
二、花粉植株第一代的选择	(73)
三、花粉植株第二代的一致性	(76)
四、花粉植株三代以后的生活力	(77)
五、花粉植株中出现的突变现象	(78)
六、花粉植株后代的鉴定、繁殖、推广	(79)

第六章 小麦单倍体育种·····	(81)
一、小麦的某些生物学特性 ·····	(81)
二、小麦单倍体育种材料的选择 ·····	(83)
三、小麦花药培养技术 ·····	(86)
四、小麦单倍体植株的染色体加倍 ·····	(92)
五、小麦花粉植株后代的选育 ·····	(94)
第七章 水稻单倍体育种·····	(100)
一、水稻的某些生物学特性 ·····	(100)
二、水稻单倍体育种材料的选择 ·····	(101)
三、水稻花药培养技术 ·····	(102)
四、水稻单倍体植株的染色体加倍 ·····	(108)
五、水稻花粉植株后代的选育 ·····	(109)
第八章 菸草单倍体育种·····	(114)
一、菸草的某些生物学特性 ·····	(114)
二、菸草单倍体育种材料的选择 ·····	(115)
三、菸草花药培养技术 ·····	(115)
四、菸草单倍体植株的染色体加倍 ·····	(125)
五、菸草花粉植株后代的选育 ·····	(129)
附录 一些植物的花药培养方法·····	(131)

第一章 单倍体育种的优越性

一、植物细胞的基本结构和繁殖方式

所有高等生物(植物、动物和人类)都由细胞所构成。生物的生命活动和遗传变异都是在细胞内进行的。在介绍单倍体育种法之前,必须首先对细胞的基本结构和繁殖特点有一基本了解。

1. 植物细胞的基本结构

在光学显微镜下可以看到,植物细胞的外围由一具弹性的细胞壁围绕,细胞内部分为细胞质与细胞核两大部分。细胞质中又有各种不同的通常称为细胞器的小体,如叶绿体、线粒体等。成熟细胞的细胞质中央还有一大的液泡。细胞核由核膜、核质和核仁构成。在细胞分裂的时候核膜和核仁消失,完成分裂后它们又重新出现。核质内含有大量的核酸类物质,处于静止期(非分裂时期)的核质是匀质的。当细胞开始分裂的时候,核质中的核酸分子和一些蛋白质结合在一起,形成能被碱性染色剂染成很深的颜色的棒状小体,这些棒状小体被叫做“染色体”。染色体的数目和形态,各种核物之间是不同的,但在同一物种内一般是恒定的。例如,普通小麦为42个,水稻为24个,玉米为20个,大豆为40个。主要作物的染色体数见表1。

染色体是遗传物质(去氧核糖核酸,简称DNA)的主要载体。当染色体的数目或结构发生变化时,就会引起植物

表 1 主要作物的染色体数

作物名称	染色体数 (2n)
水稻	24
普通小麦	42
二粒小麦	28
硬粒小麦	28
提摩菲维小麦	28
一粒小麦	14
斯卑尔他小麦	42
普通大麦	14
二棱大麦	14
黑麦	14
小黑麦	56
普通燕麦	42
玉米	20
谷子 (粟)	18
黍、稷	36
高粱	20
荞麦	16
红薯	20
陆地棉	52
海岛棉	52
亚洲棉	26
草棉	26
花生	40
大豆	40
豌豆	14
蚕豆	12
菜豆	22
鹰嘴豆	14
豇豆	22、24
红小豆	22
绿豆	22
刀豆	22

续表

作物名称	染色体数 (2n)
紫花苜蓿	32
普通菸草	48
糖用甜菜	18
甘蔗	80, 126
大麻	20
亚麻	30, 32
向日葵	34
芝麻	26, 52
蓖麻	20
茄子	24
辣椒	24
番茄	24
黄瓜	14
西瓜	22
南瓜	40
西葫芦	24
甜瓜	24
葫芦	22
白菜	20
甘蓝	18
球莖甘蓝	18
油菜	20
花椰菜	18
芜菁	20
菠菜	12
马铃薯	48
山药	140, 144
芋	28
萝卜	18
胡萝卜	18
芹菜	22
大葱	16

续表

作 物 名 称	染 色 体 数 (2n)
洋 葱	16, 32
大 蒜	16
韭 菜	32
茴 香	22
芜 荑	22
姜	22
洋 梨	34, 51
白 梨	34
杜 梨	34
苹 果	34, 51
李 子	16
普通桃	16
普通杏	16
沙 果	32
枣	24, 40, 48, 60, 72, 96
黑 枣	30
核 桃	32
柿	90
板栗	24
甜 橙	18
柚 子	18
橘 子	32
柠 檬	18, 36
葡 萄	38, 40, 76
石 榴	16
橡 胶	36, 72, 144
茶	30
咖啡	12, 44, 66, 88
桑	28, 42, 56, 84, 89, 106, 308
钻天杨	38, 57
垂 柳	76
白 榆	28

作 物 名	
国 槐	28
刺 槐	20
紫薇槐	40
松	24
柏 木	22
杉 木	22

遗传性的巨大变异。植物是通过什么样的机理来保证其每个细胞以及上下代之间细胞的染色体数目和形状的恒定性呢？这就涉及到细胞的繁殖问题了。下面我们就来看看细胞是怎样进行繁殖的。

2. 细胞分裂

细胞分裂分为无丝分裂、有丝分裂及减数分裂三种类型。无丝分裂是一种不常见的、在个体发育过程中作用不大的细胞分裂，其特点是在细胞分裂时不形成染色体，因此也就不发生染色体的有规律的、准确地分裂过程。在分裂开始时，首先细胞核拉长，中部缩小成为哑铃状，进而分成两个核，随后细胞质也分成两部分，形成两个子细胞。无丝分裂多发生在某些低等生物中。在高等植物受伤后其伤口形成愈伤组织以及在组织培养中愈伤组织迅速生长时，有可能发生无丝分裂。

生物的个体发育是以有丝分裂为基础的，减数分裂是在形成性细胞之前发生的一种特殊的有丝分裂。下面简单介绍这两种细胞分裂。

有丝分裂 有丝分裂的最大特点，就是在细胞分裂的过程中每条染色体都正确无误的进行了自我复制，也即每一

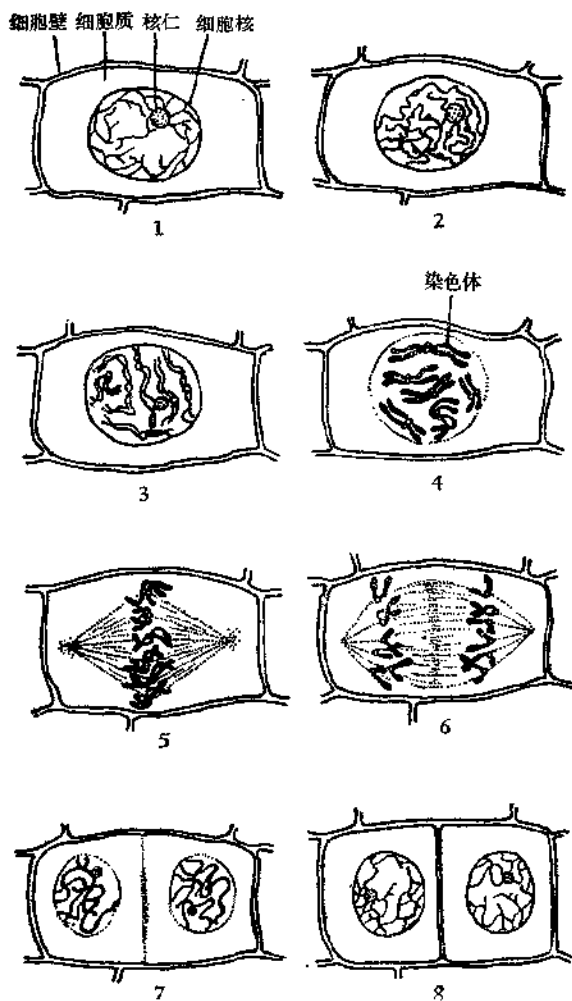


图 1 植物细胞有丝分裂图解

1. 静止期(分裂间期); 2—4. 前期, 染色质聚集为染色体, 核膜和核仁逐渐消失, 每个染色体复制为两个子染色体; 5. 中期, 染色体排列在细胞中央的赤道板上, 两极出现纺锤丝并伸向中间的赤道板, 与染色体相连接, 整个组成一个纺锤状物体, 叫做纺锤体; 6. 后期, 由于纺锤丝收缩, 每个染色体的两个子染色体分开, 并分别向两极移动; 7. 末期, 移到两极的染色体变长变细, 逐渐分散, 核仁和核膜重新出现, 细胞中部的赤道板上形成新的细胞壁; 8. 新形成的两个子细胞。

染色体都进行了准确地分裂。其过程一般分为四个时期：前期、中期、后期和末期(图 1)。

前期：这时细胞由静止期(又叫分裂间期)进入了分裂状态，原来是匀质的细胞核内，出现了染色体，并且逐渐缩短和加粗。同时核膜和核仁也逐渐消失。在前期末可以看到每条染色体由两个子染色体构成，说明这时染色体已完成了自我复制的过程。

中期：所有染色体都移动到细胞中央的平面上，形成所谓“赤道板”，这时由细胞的两端(极)产生出纺锤丝和染色体的着丝点相联结。此时染色体变得更短更粗，形态最为清楚，是观察染色体形状和进行染色体计数的最好时期。一般进行单倍体植株根尖或茎尖染色体计数都是在这一时期进行的。

后期：由于纺锤丝收缩，每个染色体的两个子染色体分开，从赤道板上分别向两极移动。使两极各有数目相等的一组染色体。

末期：分裂以后的两套染色体分别达到细胞两极后，变长变细逐渐分散，核仁和核膜重新出现，在两极各出现一子核，同时细胞中部的赤道板上形成细胞壁。使一个细胞分裂成两个子细胞。

从上述过程可以看到，通过有丝分裂产生的两个子细胞之间以及子细胞和母细胞之间染色体的数目和形态是一致的。例如水稻的受精卵有 24 个染色体，通过细胞分裂所产生的水稻植株的许许多多体细胞也都具有 24 个染色体。

减数分裂 减数分裂是在产生性细胞之前所进行的一次特殊的有丝分裂。其要点是细胞在连续两次分裂的过程中染色体只分裂一次，结果子细胞里的染色体就减少了一半。植物的卵细胞和花粉都是经过减数分裂产生的，因此它们的

染色体数目只有体细胞染色体数目的一半。以图 2 为例,其体细胞染色体数目为 6,经减数分裂而产生的卵和花粉细胞的染色体数目为 3。减数分裂的连续两次分裂都可以分成前期、中期、后期和末期四个时期,只是第一次分裂的前期(前期 I)时间较长,染色体变化复杂,根据这一时期染色体的行为和形态变化,一般又将前期 I 分为更细的阶段。下面以花

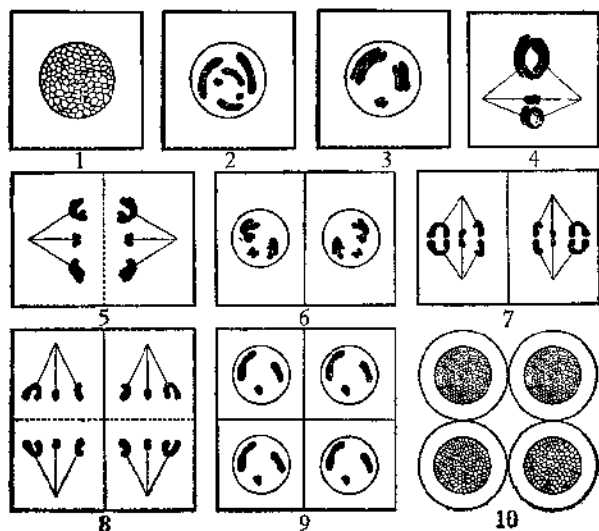


图 2 花粉母细胞减数分裂图解

1. 静止期的花粉母细胞；2. 第一次分裂前期(前期 I),出现三对染色体,每一对中的两个染色体是同源的；3. 同源染色体配对,同时每个染色体复制为两个染色单体；4. 第一次分裂中期(中期 I),细胞中出现纺锤体,成对的染色体排列在细胞中央的赤道板上；5. 第一次分裂后期(后期 I),染色体对中的两个同源染色体彼此分开,每个子细胞只接受了半数的染色体；6. 带有半数染色体的两个子细胞(二分孢子)；7. 第二次分裂中期(中期 II)；8. 第二次分裂后期(后期 II),两个染色单体分别向两极移动；9. 带有半数染色体的四个子细胞(四分孢子)；10. 四个小孢子(花粉粒)。

粉细胞的形成为例看看减数分裂是如何进行的。

前期 I：减数分裂的开始，细胞核内出现长丝状的染色体，接着形状相同的同源染色体* 两两成对配合（图 2-3），也就是所谓“联会”，在联会即配对过程中，父源与母源染色体上的遗传物质可以发生交换，这是杂交后代具有多样性的一个重要原因。染色体配对完成之后，渐渐增粗变短，而且可以看出每一个染色体都清楚地进行了自我复制，这是减数分裂的连续两次细胞分裂中，染色体的唯一的分裂，可以看到每对染色体含有两对染色单体（图 2-3）。

中期 I：细胞中出现纺锤体，成对的染色体排列在细胞中央的赤道板上（图 2-4）。

后期 I：同源染色体的两个成员彼此分开，各向细胞一极移动，此时每一染色体上的两个染色单体尚未分开（图 2-5），所以从数目上看，走向细胞两端的染色体数只是原来染色体数的一半，这样每个子细胞只接受了半数的染色体。

末期 I：染色体到达两极后形态消失，核膜、核仁出现，并形成两个子核，细胞中央形成细胞壁，成为两个细胞，称为“二分体”或“二分孢子”（图 2-6）。减数分裂的第一次分裂到此结束。

大多数植物第一次分裂结束以后，接着就进行第二次分裂，但在水稻中则有一个极短的分裂间期。

第二次分裂实际上是一种有丝分裂，二分体中的两个子细胞同时进行（图 2-7）。每一染色体上的两个子染色体彼此分开，各进入一个子细胞里（图 2-8）。在第二次分裂末期，可以看到一个母细胞的细胞壁内形成了四个子细胞，称为“四分体”或“四分孢子”（图 2-9）。四分体进一步分离，成为四个花

* 所谓同源染色体，就是在代谢和遗传上功能相同的染色体，它们在大小和形状上一般都彼此相似，这成对的染色体一个来自父本，一个来自母本。

粉粒(图 2-10)。由于每个花粉细胞染色体的数目只是母细胞的一半,所以这种分裂方式叫做减数分裂。

减数分裂在遗传上具有十分重要的意义。首先它保证了植物遗传物质的相对稳定性。因为高等植物的有性繁殖要经过两性细胞结合的受精作用,如果在受精之前,性细胞的遗传物质的主要载体——染色体不减半,则结合子的遗传物质将要比亲代多一倍,如此下去,遗传物质将无法保持其相对稳定性,每种植物也就不能保持其种的特性了。通过减数分裂使性细胞染色体减半,在受精时,两性细胞结合使形成的受精卵(合子)恢复了原来染色体的数目。下一代形成性细胞时,又经减数分裂使染色体减半,受精时又恢复。如此反复循环,使每一种植物的染色体数目始终保持相对的稳定,这对保证每种植物在遗传上的相对稳定性是十分必要的。

其次,在减数分裂过程中,来自父本和母本的同源染色体要发生“联会”,这是一种非常重要的现象,因为在“联会”过程中,同源染色体可以进行遗传物质的交换,这样在杂种一代(F_1)产生的性细胞(卵和花粉)中,就会出现遗传物质的重新组合,由它们产生的后代就会出现新的性状。此外,在中期 I,由于同源染色体的不同排列,也可能使性细胞产生各种不同的组合,使后代发生遗传性变异。这都是在杂交育种中经常看到的现象。

二、单倍体植物的特点及其产生途径

1. 单倍体植物的特点

由表 1 可以看出,所有植物体细胞的染色体数目都是双数的,它们是成对存在的,其中一半来自父本,一半来自母本,一般用 $2n$ 表示。例如,水稻是 12 对($2n=24$),玉米是 10 对