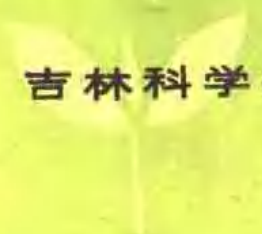


全国农民中等专业学校试用教材

作物遗传育种学

(全国通用本)

河南省教育厅 主编



吉林科学技术出版社

全国农民中等专业学校试用教材

作物遗传育种学

(全国通用本)

河南省教育厅 主编

吉林科学技术出版社

全国农民中等专业学校试用教材

作物遗传育种学

河南省教育厅 主 编

责任编辑：吴玉兰

*

吉林科学技术出版社出版 吉林省新华书店发行

大安县印刷厂印刷

*

787×1092毫米16开本 25.625印张 619,000字

1986年7月第1版 1986年7月第1次印刷

印数：1—12,000册

统一书号：16376·55 定价：3.50元

绪 论

随着农业生产和农业科技工作的发展,人们越来越深刻地认识到,种子建设是农业生产的根本性建设。因此,选育和推广优良品种是持续发展农业生产的一项重要措施。

建国以来,我国的种子工作,在品种资源搜集整理、优良品种的选择和推广、育种方法、遗传理论和育种理论研究等方面,取得了很大成绩和新进展。全国各省、市选育了一大批新品种,据有关资料不完全统计,到1979年共育成25种作物(不包括蔬菜、水果、茶树)2,729个品种。其中水稻、小麦、高粱、谷子、棉花等主要作物就选育出1,800多个优良品种,从而我国主要栽培作物已基本实现了良种化。杂种优势的研究和利用也有很大进展,玉米已基本上实现了杂种化;1973年我国首先育成了世界上第一批具有强优势的杂交水稻,1975年开始用于生产,使我国成为世界上第一个种植杂交水稻的国家。不少单位还开展了辐射育种、倍性育种、远缘杂交等。单倍体育种在某些方面已赶上和超过世界先进水平,采用远缘杂交的方法,人工合成了八倍体小黑麦新物种,一些品种已在生产上推广应用。在“四化一供”种子工作方针的指导下,我国良种繁育工作已进入一个新的阶段,到1982年全国90%以上的县都有了原(良)种场。据不完全统计,全国各类型的种子生产基地约计三千多万亩,产种近百亿斤,约占全国总用种量的1/3。这些种子生产基地都在不同程度上实现了专业化,为实现种子生产机械化,种子质量标准化和品种布局区域化打下了基础,并加快了良种推广速度,促进了农业增产增收。

近年来,农业生产发展很快,对种子工作又提出了更高要求。根据中央提出的“从农业战略思想高度来指导种子工作”和《关于加强农业发展问题的若干决定》精神,我国在第六个五年计划期间,水稻、玉米、高粱“三杂”的种植面积,由三亿二千万亩扩大到四亿二千万亩;水稻、小麦、甘薯、马铃薯等常规新品种推广二亿亩,主要粮食作物更新种子二亿亩;棉花新品种推广三千万亩,更新种子三千万亩。到1990年,全国主要农作物品种进行一次更新更换,使90%以上的播种面积都用上早熟、高产、优质、抗逆性强、适应性广的新品种;大田用种的质量,普遍达到国家规定的标准,就可以从根本上改变我国种子工作的落后状况。

广大农村有文化的青年农民,是实现农业现代化的主力军,是开展种子工作的一支有生力量。学习和掌握“作物遗传育种学”的现代科学知识,对农业生产和农业科学的发展具有十分重要的作用。

本课程主要讲授作物育种的遗传学基础、作物育种和良种繁育总论和各论、田间试验及生物统计等方面的基本理论、基本知识和基本操作技能。

现代育种学以现代遗传学为理论基础。遗传学是研究生物遗传和变异规律的科学。了解生物遗传和变异的内在规律、与外界条件的关系,就可以指导育种和良种繁育工作,更加有效地选育和合理利用优良品种。作物育种学是研究选育和繁育优良品种的理论和方法的科学。在总论部分,将系统地介绍常规育种和杂种优势利用的基本原理和方法,也介绍几种育种新途径的基本知识,着重介绍良种繁育的基本操作方法。在各论部分,着重介绍水稻、小麦、

玉米、棉花、大豆、油菜、花生和甘蔗八种作物的育种和良种繁育的特点、基本方法和操作技术。

田间试验是进行育种和良种繁育工作的基本手段，也是农业科学研究工作的常用方法。以生物统计方法去研究生物现象在数量方面的内在本质，使试验得出正确的结论，可以提高育种效果和促进农业科学研究工作沿着正确的方向发展。因此，农村科技工作者必须掌握田间试验和生物统计的基本原理、方法和技术，本书也作了比较系统地介绍。

作物遗传育种学是一门综合性学科。它涉及到作物栽培学、土壤肥科学、植物及植物生理学、作物病虫害防治学、化学、农业气象学、数学、微生物学、生物化学以及生物物理学等方面的知识，必须综合地运用这些学科的知识 and 成就，才能更有效地做好育种和良种繁育工作。在学习本课程时，还必须以辩证唯物主义哲学思想作指导，坚持理论联系实际，作到学以致用。

前 言

1984年教育部委托河南、湖南、湖北、广东、山东、四川、辽宁、吉林、黑龙江省教育、高教厅（局）和北京市成人教育局负责组织编写的农民中等专业学校农学、果林、畜牧兽医三个专业的教材，共31科，除供全国农民中等专业（技术）学校使用外，也可作为同类专业中级技术人员培训班的课本，还可供农业中学、农村中级职业技术学校 and 普通高中及自学者选用。

我国农村正处在一个历史性的转变时期，农村经济开始向专业化、商品化、现代化转变，迫切需要培养各种专业技术人才和管理人才。目前全国已有农民中等专业（技术）学校和各类培训学校三千多所，随着农业经济的发展，各种农民职业技术学校还将会不断增多。这套教材就是为适应这一新形势的需要而编写的。

编写这套教材，以教育部颁发的全国农民中等专业学校农学、果林、畜牧兽医三个专业的各科教学大纲为依据。教材的内容符合农民中等专业（技术）学校的办学方向及培养目标，与现行普通农业中等学校同类专业的教材基本保持同等水平。为使这套教材具有农民中等专业学校的特色，符合成人学习的特点，在编写时突出了理论联系实际，学以致用原则，着重对具有实用与推广价值的专业基本理论和基础知识作了较为系统的阐述，并在此基础上，加强基本技能的训练，以增强学员在实际生产中分析问题和解决问题的能力。每章后面编有复习思考题，教材最后一般都附有实验、实习指导。为了配合教学，四川省教育厅根据三个专业的教学大纲绘制了一套教学挂图，可供选用。

我国地域辽阔，各地的生产条件和生产情况不相同，所以农学、果林专业课分南、北方两种版本，其余基础课、专业基础课和专业课教材为全国通用。希望各地、各单位在使用教材时，从实际出发，因地制宜，补充一些符合当地生产实用的科学技术知识。

编写全国农民中等专业学校教材，还是初次尝试，尚缺乏经验。各地在使用教材时，请及时提出批评和建议，以便今后修改完善。

全国农民中等专业学校

教材编写领导小组

目 录

绪 论

第一篇 作物育种的遗传学基础	(1)
第一章 生物的遗传、变异和进化	(1)
第一节 遗传与变异	(1)
第二节 遗传、变异、选择和生物的进化	(2)
第二章 细胞和遗传物质	(4)
第一节 细胞和细胞的分裂	(4)
第二节 染色体的形态、结构和数目	(8)
第三节 遗传的物质基础	(9)
第四节 蛋白质的合成和基因对性状的控制	(13)
第三章 分离规律	(16)
第一节 一对相对性状的遗传试验	(16)
第二节 分离现象的分析	(18)
第三节 分离规律的应用	(21)
第四章 独立分配规律	(22)
第一节 多对相对性状的遗传	(22)
第二节 基因互作	(28)
第五章 连锁和交换规律	(31)
第一节 性状连锁遗传的现象	(31)
第二节 连锁遗传的解释和验证	(32)
第三节 连锁遗传的机理	(32)
第四节 连锁和交换规律在育种上的应用	(37)
第六章 数量性状遗传	(40)
第一节 数量性状的表现及其遗传原理	(40)
第二节 遗传力的估计和应用	(44)
第七章 细胞质遗传和雄性不育	(47)
第一节 细胞质遗传	(47)
第二节 作物雄性不育	(48)
第八章 近亲繁殖和杂种优势	(51)
第一节 自交和回交	(51)
第二节 杂种优势	(55)
第九章 基因突变和染色体畸变	(59)
第一节 基因突变	(59)
第二节 染色体畸变	(61)
第十章 遗传工程简介	(65)
第一节 细胞工程	(65)
第二节 基因工程	(66)

第二篇 作物育种和良种繁育总论	(68)
第十一章 育种目标与品种资源	(68)
第一节 品种概念与品种的合理利用	(68)
第二节 育种目标	(71)
第三节 品种资源	(73)
第十二章 引种	(76)
第一节 引种的意义和成就	(76)
第二节 引种的原理	(77)
第三节 引种的规律	(81)
第四节 引种的原则及注意事项	(83)
第十三章 选择、鉴定和系统育种	(85)
第一节 选择的意义和基本原理	(85)
第二节 选择的基本方法	(86)
第三节 作物繁殖、授粉方法与选择	(89)
第四节 系统育种的意义和基本原理	(91)
第五节 系统育种的方法和程序	(93)
第六节 鉴定方法	(95)
第十四章 杂交育种	(98)
第一节 杂交育种的意义和亲本选配	(98)
第二节 杂交组合方式	(100)
第三节 杂交后代的选育	(102)
第四节 杂交育种程序和加速育种进程的方法	(108)
第五节 远缘杂交	(110)
第十五章 杂种优势的利用	(114)
第一节 杂种优势利用的意义和原则	(114)
第二节 配合力的测定和亲本选配	(116)
第三节 利用杂种优势配制杂交种的途径和制种技术	(117)
第四节 雄性不育性在杂种优势利用中的应用	(120)
第十六章 诱变育种	(123)
第一节 诱变育种的意义和特点	(123)
第二节 诱变育种的原理和方法	(124)
第十七章 倍数性育种	(128)
第一节 多倍体育种	(128)
第二节 单倍体育种	(130)
第十八章 抗病育种	(136)
第一节 病原菌变异与作物抗病性	(136)
第二节 抗病品种的选育	(139)
第十九章 良种繁育	(143)
第一节 良种繁育的任务和方针	(143)
第二节 品种的混杂退化及其防止办法	(144)
第三节 选优提纯和生产原种	(146)

第四节	加速良种繁殖的方法	(149)
第五节	种子检验	(150)
第三篇	作物育种和良种繁育各论	(162)
第二十章	水稻育种和良种繁育	(162)
第一节	水稻的育种目标	(162)
第二节	水稻品种资源	(164)
第三节	水稻引种	(167)
第四节	水稻系统育种	(170)
第五节	水稻杂交育种	(171)
第六节	水稻杂种优势利用	(178)
第七节	水稻良种繁育	(186)
第二十一章	小麦育种和良种繁育	(191)
第一节	小麦的育种目标	(191)
第二节	小麦的分类	(195)
第三节	小麦育种方法	(199)
第四节	小麦良种繁育	(210)
第二十二章	玉米杂交种的选育和制种	(214)
第一节	玉米育种目标与品种资源	(214)
第二节	玉米自交系的选育	(216)
第三节	玉米自交系间杂交种的选育	(220)
第四节	玉米杂交种的制种技术	(223)
第五节	自交系的保纯和提纯复壮	(227)
第二十三章	棉花育种和良种繁育	(229)
第一节	棉花的主要经济性状和育种特点	(229)
第二节	棉花育种目标和品种资源	(233)
第三节	棉花育种的主要方法	(235)
第四节	棉花良种繁育	(242)
第二十四章	大豆育种和良种繁育	(249)
第一节	大豆育种目标和品种资源	(249)
第二节	大豆引种	(251)
第三节	大豆新品种的选育方法	(253)
第四节	大豆良种繁育	(260)
第二十五章	油菜育种和良种繁育	(264)
第一节	油菜的品种资源和育种目标	(264)
第二节	油菜系统育种	(267)
第三节	油菜杂交育种	(268)
第四节	油菜杂种优势利用	(273)
第五节	油菜良种繁育	(277)
第二十六章	花生育种和良种繁育	(281)
第一节	花生育种目标	(281)
第二节	花生品种资源	(282)

第三节 花生育种	(285)
第四节 花生良种繁育	(291)
第二十七章 甘蔗育种和良种繁育	(294)
第一节 甘蔗育种目标与种质资源	(294)
第二节 甘蔗主要育种方法	(297)
第三节 甘蔗良种繁育	(305)
第四篇 田间试验及生物统计的基本方法	(309)
第二十八章 田间试验的基本方法	(309)
第一节 田间试验的基本要求	(309)
第二节 田间试验的误差及控制方法	(311)
第三节 田间试验设计	(312)
第四节 田间试验的实施	(317)
第二十九章 生物统计的基本方法	(322)
第一节 资料整理	(322)
第二节 平均数和标准差	(328)
第三节 正态分布	(334)
第四节 差异显著性测验	(336)
第五节 方差分析	(342)
第三十章 田间试验结果分析和试验总结	(348)
第一节 试验小区缺区产量的估计	(348)
第二节 田间试验结果的分析	(350)
第三节 试验总结	(358)
附表: 田间试验统计分析用表	(360)
附: 实验、实习指导	(366)
实验一 作物花粉母细胞减数分裂观察	(366)
实验二 一对相对性状的分离现象观察	(367)
实验三 独立分配规律的验证	(368)
实习四 “三系”田间试验的观察	(369)
实验五 玉米自交系间杂交种一代和二代的比较	(369)
实习六 单株选择和混合选择法	(369)
实验七 种子播种品质的室内检验	(370)
实习八 种子纯度的田间检验	(373)
实习九 水稻有性杂交技术	(375)
实验十 水稻室内考种	(375)
实习十一 小麦有性杂交技术	(377)
实验十二 小麦室内考种及当地优良品种识别	(378)
实习十三 玉米的自交和杂交技术	(380)
实验十四 玉米室内考种	(381)
实习十五 棉花有性杂交技术	(382)
实验十六 棉花主要经济性状的室内鉴定	(383)
实习十七 大豆有性杂交技术	(385)

实验十八 大豆品种的识别	(385)
实习十九 油菜有性杂交技术	(386)
实习二十 油菜品种的识别	(387)
实验二十一 油菜室内考种	(388)
实习二十二 花生有性杂交技术	(389)
实习二十三 甘蔗主要种质资源和当地优良品种的观察识别	(389)
实习二十四 甘蔗实生苗的选择	(390)
实习二十五 甘蔗株系选择鉴定	(391)
实验二十六 田间试验计划书的制定	(391)
实习二十七 田间试验的区划及播种	(393)
实验二十八 数量资料的整理和统计图表的制作	(393)
实验二十九 田间试验的总结	(394)
实验三十 计算器的使用方法	(395)

第一篇 作物育种的遗传学基础

第一章 生物的遗传、变异和进化

遗传和变异是生物界普遍存在的现象，是生物进化的内因，选择是生物进化的必要条件。因此，生物科学工作者认为，生物的遗传、变异和选择是生物进化的三个基本因素。

第一节 遗传与变异

一、遗传的概念

世界上的生物种类繁多，各不相同。但是，任何生物都表现后代与亲代相似的现象，生物繁殖的后代都能发育出亲代的基本特征特性，具有使子代保持与自己相似的能力。我们把后代和亲代之间的相似性称为遗传。遗传是生物界普遍存在的现象，而且遗传还具有相对稳定性。因此，各种生物自身连同它们的种族才能得以肯定、衍续和发展。

二、变异的概念

世界上找不到两个性状完全相同的个体，不仅不同物种之间存在着差异，同一物种不同个体之间也存在差异。把亲代和后代之间，后代各个体之间存在的差异称为变异。变异也是生物界普遍存在的现象。

生物的变异多种多样，根据变异能否遗传，可以分为两大类。

(一)可遗传变异 自然的或人为的因素引起生物个体的遗传物质基础发生变化，生物个体的性状也相应地发生某种变异，只要遗传物质不再发生变化，这种变异就会遗传给这个变异个体的后代。例如，在长芒小麦品种群体中，出现了顶芒变异单株，这些变异单株的后代，仍可以出现顶芒的个体。这种能遗传给后代的变异就是可遗传的变异。可遗传变异是育种选择的基础。

(二)不遗传变异 这种变异是由于外界环境因素的影响而引起的，生物体的遗传物质没有发生改变。因此，变异的性状只能在当代表现，而不会在后代重现。例如，种在粪盘上的小麦，比周围大田里的小麦长得植株高些，穗大、粒多而饱满，表现出许多优良性状。如果把这些植株结的种子再种到一般大田里，所长出的植株，那些优良性状就不会再次表现。不可遗传变异又称为饰变，在育种上没有利用价值。但是，可遗传变异和不遗传变异往往交织在一起发生，正确区分这两种变异，选择利用可遗传的变异对育种工作是十分重要的。

遗传和变异是生物体的基本特性。遗传是生物相对不变的一面，生物靠遗传才能保持种

族的相对稳定；农作物品种才能保持原有的优良性状。遗传是相对的，变异是绝对的。由于变异生物才可能出现新的类型，使种族进化、发展；才可能适应变化了的外界条件而使种族繁衍；也只有产生了可遗传变异，选育新品种才有可能。

第二节 遗传、变异、选择和生物的进化

一、生物与环境

任何生物都不能离开环境而单独生存。生物进行正常的生长发育，必须要求一定的外界条件。例如，作物生长离不开阳光、空气、水分、温度和营养物质。生物所需要的外界条件如能得到最大的满足，则生长发育得最好；条件越差，生长发育就越差；条件差到一定的限度，生物便濒于死亡。不同的生物对环境条件有不同的要求，它们各自从综合的环境条件中吸收其所需要的物质，建造自己的躯体。因此，虽然玉米和绿豆种在一块地里，玉米还是玉米，绿豆还是绿豆。生物选择吸收哪些环境因子，舍弃哪些环境因子，是受遗传性决定的。任何一种生物，由于受自身的、特定的遗传性所支配，必须从环境条件中吸收一定的生活条件，通过新陈代谢，进行生长和繁殖，表现性状的遗传和变异。所以，生物性状的表现，都是遗传与环境相互作用的结果。

生物和环境的关系，可以表现在以下几方面：

1. 生物不能离开它所必需的环境条件，生物生长发育的好坏，决定于它必需的环境条件的满足程度。
2. 生物对环境有选择性，是因为各种生物的遗传基础不同，对环境有不同的适应能力。
3. 环境条件的变化也能引起生物的变异，但一般只能引起不遗传变异。环境条件的激烈变化，如温度的骤变，宇宙射线的影响等，引起了生物体遗传物质的改变，也能引起遗传的变异。
4. 生物的活动也可以改变环境，如地衣可以融蚀岩石，蚯蚓能改良土壤，森林可以改善气候等。环境条件的改善，又反过来促进生物的变化。

二、遗传、变异、选择和生物的进化

生物的进化是由简单到复杂，由低级到高级，由一个物种到另一个物种的演化过程。现在地球上的形形色色的物种，都是在已往漫长的岁月里，由少数物种逐渐进化发展而来的。人们饲养的家畜、家禽，种植的作物等，都是人们在长期的生产活动中，根据自己的需要，从野生生物中，经过驯化、选择、定向培育而来的。

无数事实表明，生物的遗传、变异和选择是生物进化的三大要素。

在自然界，生物随机发生的遗传结构的微小变异是普遍存在的，这些变异经过多代的定向积累，就可能导致显著的变异。生物的遗传和变异是生物进化和新物种产生的内因和根据；选择是生物变异定向积累的条件，即生物进化的外因。

所谓选择有两种，一种是自然选择，一种是人工选择。

生物由于受外界条件的影响，或因外界条件的变化而发生了变异，适应自然条件的变异个体容易生存下来，并继续繁衍；不适应自然条件的变异个体，则遭到死亡。这种“适者生存，不适者淘汰”的过程叫自然选择。禾本科植物的落粒性，豆类的裂荚性，植物的抗逆性等都是自然选择的结果。

在生产中，人们选择符合需要的变异类型，淘汰那些对人类不利的变异类型，这个过程叫人工选择。人工选择在育种中具有重要的作用。通过正确的人工选择，可以使生物向着人们需要的方向发展。

自然选择和人工选择的效果是不同的。自然选择的结果，能使生物不断地适应变化的环境；人工选择能使生物的各种经济性状朝着人们的需要发展，如甜菜含糖量的增高，花生出油率增加等。

在生物进化中，变异是新类型产生的基础；遗传是使变异性状得以稳定的条件；选择可以积累有利变异，淘汰有害变异。遗传、变异、选择这三者的相互作用，使生物由低级向高级发展进化。

复习思考题

1. 解释下列名词：

遗传 变异 自然选择 人工选择

2. 遗传和变异对生物的进化有何意义？

3. 变异可分哪两类？正确区分变异类型对作物育种有何意义？

第二章 细胞和遗传物质

细胞是生物体结构和功能的基本单位。生物的生长，发育，繁殖等生命现象都必须通过细胞的分裂和分化来实现。生物的遗传物质也是通过细胞的分裂来传递的。为了深入研究生物遗传和变异的规律和机理，就必须了解细胞的构造，细胞的分裂，以及遗传物质的分配和传递。

第一节 细胞和细胞的分裂

植物细胞是由细胞膜、细胞质、细胞核和细胞壁组成。细胞的构造、功能和细胞的分裂已在植物学中讲述，根据遗传学的需要，对细胞质和细胞的分裂再介绍如下：

一、细胞质

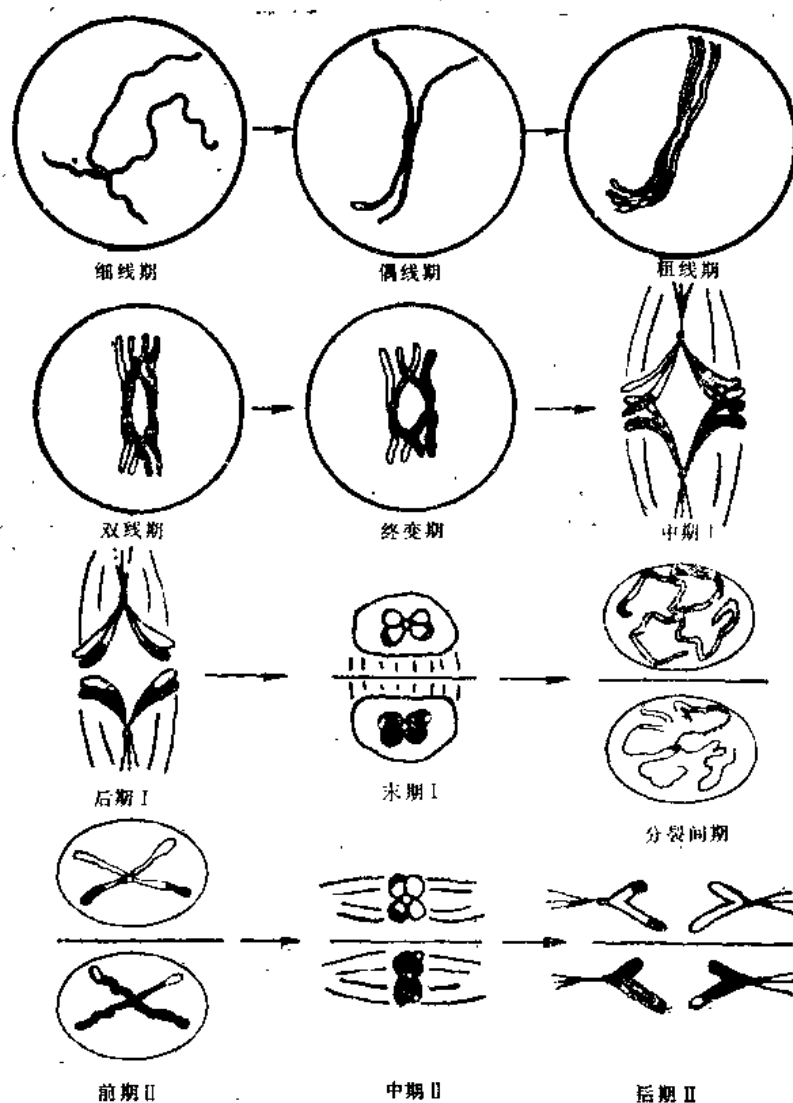
细胞质由原生质和细胞器组成。细胞器是细胞质里具有一定形态、结构和功能的物体。包括线粒体、质体、中心体（低等植物才有）、高尔基体、微粒体、核糖体、内质网、溶酶体和液泡等。细胞器是细胞里有生命的组成部分，包括遗传在内的许多生命活动都同细胞器有联系。分子遗传学的研究证明，线粒体、叶绿体、核糖体和内质网具有重要的遗传功能，它们都含有遗传物质 DNA，可以复制、传递遗传信息。也能发生变异，并且把这种变异稳定地传递给后代，而且都具有合成蛋白质的功能，是细胞质基因的载体。因此，细胞质也影响生物的遗传行为。

二、细胞的分裂

高等植物细胞的分裂分为有丝分裂和减数分裂两种形式：

（一）有丝分裂 植物体的生长，组织和器官的形成都是靠有丝分裂来实现的。有丝分裂的基本特点是细胞分裂一次，染色体复制一次，分裂的结果，子细胞中的染色体数目和母细胞的染色体数目完全相同。所以一个合子经过无数次的有丝分裂，所形成的各种组织和器官，各个细胞的染色体数目都保持与合子一致。因此，有丝分裂叫等数分裂。在有丝分裂的过程中，每个染色体准确地纵裂为二，然后又有规划地分配到子细胞中去，使形成的两个子细胞在遗传上与母细胞完全一样。这样，遗传物质就全套地、准确地由亲代传递给子代，使遗传具有相对的稳定性。同时，也使同一物种的染色体数目保持恒定。

（二）减数分裂 减数分裂是在性母细胞成熟后，配子形成过程中进行的分裂。减数分裂是有丝分裂的特殊形式。减数分裂的特点是，在整个分裂过程中，细胞分裂二次，染色体只复制一次，形成的子细胞的染色体数仅为性母细胞染色体数目的一半。例如，玉米的性母细胞（和体细胞一样）染色体 $2n = 20$ ，经过减数分裂形成的精子（或卵子）核内的染色体，只有性母细胞的一半，即 $n = 10$ 。减数分裂的全过程如图 2-1 所示。



2-1 减数分裂模式图

减数第一次分裂

前期 I

(1) 细线期：核内出现染色体，细而长，缠绕盘曲成团。染色体数为 $2n$ ，每个染色体具有两个染色单体，但染色单体还难以分清。

(2) 偶线期：同源染色体开始接近，首先从两端靠拢，也可能沿染色体长轴由一点或多点开始靠拢，然后逐步扩大到整个染色体。同源染色体的这种纵向靠拢称为配对或联会。这是减数分裂区别于有丝分裂的特点之一。

(3) 粗线期：由于染色体的螺旋化，染色体逐渐变粗。这时可以看清，每条染色体都是由两条染色单体组成，这两条染色单体称为姊妹染色单体，但着丝点仍是一个。这种一对同

源染色体包含四个染色单体的状态称为四合体或称二价体。一对同源染色体的两条染色体的染色单体之间互称非姊妹染色单体。

(4) 双线期, 染色体逐渐卷缩变粗, 联会了的二价体, 因非姊妹染色单体间相互排斥而松解, 但仍有一、二个或几个交叉处。这种交叉是由于粗线期, 相邻的非姊妹染色单体之间发生了部分片段的交换而引起的。

(5) 终变期, 染色体卷缩得最粗最短, 这是前期 I 终止的重要标志。每个二价体分散在核内, 可以很清楚地加以区分, 并易于计数和鉴定。

中期 I 核仁和核膜消失, 细胞质里开始出现纺锤体。纺锤丝与各染色体的着丝点连接。各二价体都排在赤道板上, 每对同源染色体的两个着丝点分别向着相对的一极。

后期 I 由于纺锤丝的牵引, 二价体各向两极移动。两个同源染色体分别赴向两极, 实现了 $2n$ 数目的减半。到达两极的染色体都包含两条染色单体, 只是这两条染色单体仍由着丝点连接在一起。

末期 I 染色体移向两极后, 形成两个子核, 细胞质也分成两部分, 于是就形成了二个细胞。这两个子细胞合称为二分体。但这一时期很短暂, 紧接着就进入了下一次的分裂。

减数第二次分裂

前期 II 每个染色体包含的两个染色单体, 彼此松开, 但着丝点仍连在一起。

中期 II 每个染色体的着丝点整齐地排列在细胞的赤道板上, 着丝点开始分裂。

后期 II 着丝点分裂为二, 各个染色单体由纺锤丝分别拉向两极。

末期 II 拉到两极的染色体形成新的子核, 同时细胞质也分成两部分。这样经过两次连续的分裂, 由一个母细胞分裂成为 4 个子细胞, 这时称为四分体, 或称为四分孢子。每个细胞核所含的染色体数只有体细胞里染色体数的一半, 即从 $2n$ 减数成为 n 。性母细胞的分裂完成, 配子体形成。

三、减数分裂的意义

减数分裂是配子形成过程中的必需阶段, 这种分裂方式在遗传学上具有重要意义。经减数分裂形成的雌配子或雄配子, 核内染色体都是体细胞核内染色体的半数(n), 雌雄配子受精结合形成合子, 又恢复成体细胞的染色体数($2n$), 从而保证了亲代和子代间染色体数目的恒定性, 为后代正常发育和性状遗传提供了稳定的物质基础, 保证了物种性状的相对稳定性。

其次, 在减数分裂中期 I 实现同源染色体的独立分配和自由组合; 非同源染色体之间的交换也在分裂中期 I 进行, 因而形成具有各种基因组成的配子体, 为生物的变异提供了丰富的物质基础, 对生物适应、进化无疑是重要的, 也为人工选择提供了变异材料。

四、性细胞的形成

高等植物的减数分裂和性细胞的形成, 都是在生殖器官——花里面进行的。当花还是花蕾时, 雄蕊的花药内有许多体细胞分化为小孢子母细胞(花粉母细胞); 雌蕊的胚珠内有一个体细胞分化为大孢子母细胞。大孢子母细胞和小孢子母细胞的染色体数都是 $2n$ 。它们是产生雌、雄性细胞(配子)的最原始的细胞, 减数分裂过程也就由它们开始。