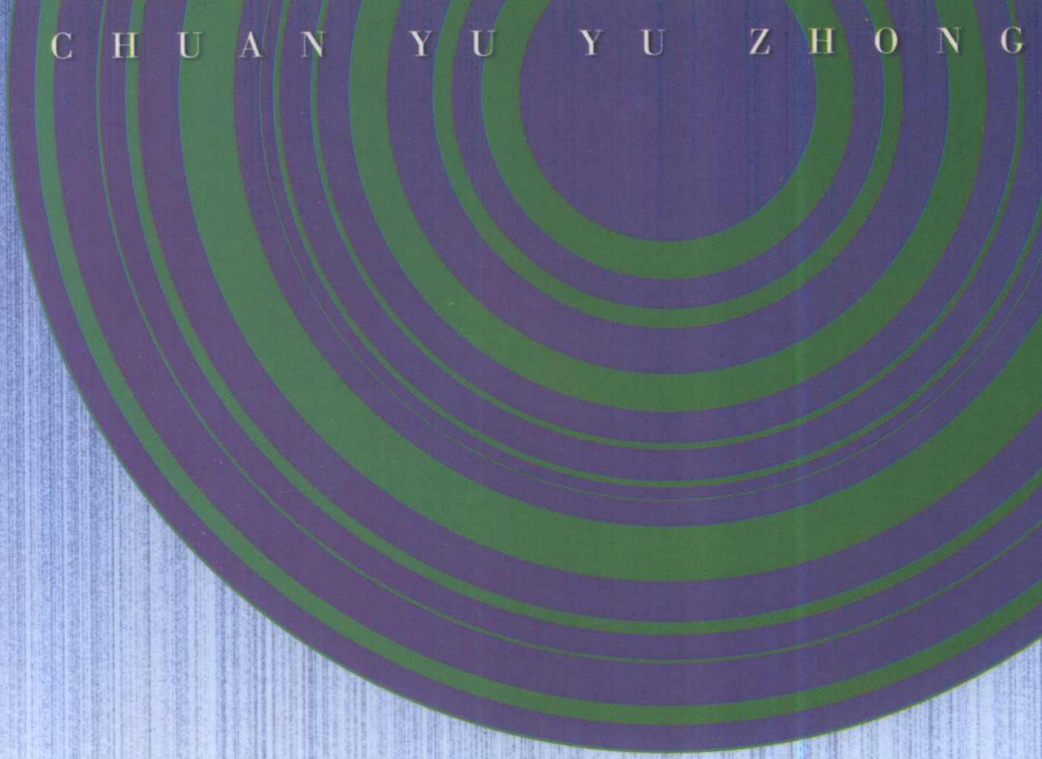


Z H I W U Y I C H U A N Y U Y U Z H O N G



# 植物遗传

5

主编：梁红

# 育种



GUANGDONG HIGHER EDUCATION PRESS

广东高等教育出版社

332

4) 43  
L 47

# 植物遗传与育种

主 编：梁 红  
副主编：曾慕恒  
梁学芬  
方良俊

广东高等教育出版社  
·广州·

## 内 容 简 介

本书按照构建面向 21 世纪课程体系和教学内容改革的要求, 针对高等农、林院校教学的特点, 考虑到农科专业学生的接受能力, 以深入浅出、循序渐进的方式和通俗易懂的语言, 全面、系统地介绍遗传学和育种学的基本理论、方法和技术。全书内容分 22 章, 包括绪论、遗传的细胞学基础、遗传基本规律、数量遗传、染色体畸变、基因突变、遗传物质的分子基础、细胞质遗传、遗传与进化、育种目标、品种资源、引种、各种育种方法介绍(常规育种、杂种优势利用、诱变育种、倍性育种、生物技术应用等)、良种繁育和推广, 以及相应的实验指导。本书在编写体系上突出重点和难点, 特别注重理论与实践相结合, 并编入了近年来的研究成果。

本书适合植物生产类各专业以及农科专业的电大、自考、函授、农业干部培训等作为教材使用, 也适合相关专业的技术人员及其他院校生物系师生自学参考。

### 图书在版编目 (CIP) 数据

植物遗传与育种/梁红主编. —广州: 广东高等教育出版社, 2002. 3  
ISBN 7-5361-2641-7

I. 植... II. 梁... III. ①植物学: 遗传学 ②植物育种 IV. Q943

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2001) 第 065543 号

广东高等教育出版社出版发行

江门日报印刷厂印刷

787 毫米 × 1092 毫米 16 开本 20 印张 483 千字

2002 年 4 月第 1 版 2002 年 4 月第 1 次印刷

印数: 1 ~ 3000 册

定价: 35.00 元

## 前 言

遗传学是生命科学的基础学科，是高等农林院校的一门重要的专业基础课。由于当前中学生物学教育的相对薄弱，遗传学对于一些学生来说，被认为是最为难学的课程。因为单靠死记硬背是学不好遗传学的，必须用抽象思维和实证的方法进行分析和推理，才能理解遗传学的原理和把握学科的理论体系。植物育种学是植物生产类专业的一门重要的专业课，与遗传学有密切的逻辑联系和学科交互渗透，是其后续课程。由于育种学属于应用学科，实践性和经验性较强，学生们学起来也显得较为枯燥。另一方面，随着学科的发展和研究的深入，遗传学和育种学的内容日益增多，教科书越来越厚，但课时数又有严格的限制，且随着教学改革的深入有缩减的趋势，给教与学双方都带来一定困难。国内外已经出版的教科书，在内容上偏多，且多数在水平上偏深，尚没有能适合和满足当前教学实际需要的教材。因此，我们在学院领导和有关主管部门的支持下，出版了本教材。

本教材在内容的编排上，是按照历史性的原则来编写的，即从形态——细胞——染色体——DNA，实际上就是从宏观到微观。本书试图做到遗传学方面的内容基本上能包括大学本科遗传学课程的基本要求和满足植物生产类专业（包括园艺、林学、植保）学习相关课程对遗传学知识的需要；育种学方面的内容面向广东的农业生产实际，又以水稻育种为主线，包括当前所应用的主要育种方法和生物技术在育种中的应用。学生以本教材作为入门，在学完本教材的内容之后，继续学习其他遗传学分支学科和专门的育种学的知识应该不会有太大的困难。

在编写方式上，为了加强全书各章在观点、论述方式、风格上的一致和各章内容上的有机联系，提高教材的水平和质量，本书采用先由主编提出编写提纲，经过编写组成员讨论，分工编写初稿，最后由主编统稿的方式。提供初稿的人员及章节是：绪论、第二章、第三章、第十一章、实验十二和实验十六由梁红编写，第十二章、第十三章、第十八章、第十九章和第二十二章由仲恺农业技术学院曾慕恒编写，第十四章、第十五章、第十六章、第二十一章由佛山科技学院梁学芬编写，第五章、第六章、第十七章、实验一至十一、实验十三至十五和实验十七至十八由湛江海洋大学方良俊编写，第一章和第四章由湛江海洋大学左清凡编写，第十章和第二十章由佛山科技学院聂呈荣编写，第七章、第八章和第九章由佛山科技学院宋东光编写。由于最后的统稿和定稿由主编一人完成，各章均有一定修改，有些部分与原稿有较大差别，因此本书的文责以及今后所涉及到的版权和修改等事宜，均由主编负全责，特此声明。

由于遗传学和育种学发展很快，涉及面广，新的发现和研究成果不断涌现，加之编者学识和水平所限，遗漏和错误在所难免，恳请读者指正。对本书的编排、内容的取舍及编写过程中的其他探索，是否符合教学上的要求，还需经过实践的检验，希望广大师生在用过本教材之后，能提出宝贵意见，以使本书在今后再版时能修改得更加完善。

作 者

2002年2月

# 目 录

绪论	(1)
一 生物的遗传与变异	(1)
二 遗传学及其发展	(1)
三 遗传的物质基础	(3)
四 遗传学在工农业生产及人民生活中的重要作用	(3)
五 遗传学的主要分支学科	(4)
六 遗传学与植物育种	(5)
<b>第一章 遗传的细胞学基础</b>	<b>(7)</b>
第一节 细胞的组成、结构及其与遗传的关系	(7)
第二节 染色体	(9)
第三节 细胞分裂	(11)
第四节 高等动植物的生活周期	(14)
<b>第二章 孟德尔规律</b>	<b>(16)</b>
第一节 分离规律	(16)
第二节 独立分配规律	(22)
第三节 统计学方法的应用	(24)
第四节 基因互作	(26)
<b>第三章 连锁遗传规律</b>	<b>(30)</b>
第一节 性状的连锁遗传	(30)
第二节 交换值及其测定	(33)
第三节 基因定位与连锁遗传图	(34)
第四节 性别决定和性连锁	(37)
<b>第四章 数量性状的遗传</b>	<b>(41)</b>
第一节 数量性状的特征	(41)
第二节 多基因学说	(42)
第三节 研究数量性状的基本统计方法	(43)
第四节 遗传率的估算及其应用	(44)
<b>第五章 染色体结构畸变</b>	<b>(50)</b>
第一节 缺失	(50)
第二节 重复	(52)
第三节 倒位	(55)
第四节 易位	(58)
<b>第六章 染色体数目畸变</b>	<b>(63)</b>

第一节	染色体组及染色体倍性 .....	(63)
第二节	染色体数目变化类型 .....	(64)
第三节	染色体数目畸变的遗传效应 .....	(67)
第四节	染色体数目畸变的利用 .....	(74)
<b>第七章</b>	<b>遗传物质的分子基础 .....</b>	<b>(77)</b>
第一节	遗传物质的证据 .....	(77)
第二节	核酸的结构与复制 .....	(79)
第三节	遗传信息与遗传密码 .....	(84)
第四节	蛋白质生物合成 .....	(86)
第五节	基因作用的调控 .....	(91)
第六节	基因工程 .....	(94)
<b>第八章</b>	<b>细胞质遗传 .....</b>	<b>(101)</b>
第一节	细胞质遗传的实例 .....	(101)
第二节	细胞质遗传的物质基础 .....	(104)
第三节	植物雄性不育性的遗传 .....	(105)
<b>第九章</b>	<b>基因突变 .....</b>	<b>(107)</b>
第一节	基因突变的一般特征 .....	(107)
第二节	基因突变的表现与鉴定 .....	(109)
第三节	基因突变的分子基础 .....	(110)
<b>第十章</b>	<b>遗传与进化 .....</b>	<b>(114)</b>
第一节	生物进化的概述 .....	(114)
第二节	达尔文的进化学说及其发展 .....	(115)
第三节	群体遗传平衡 .....	(117)
第四节	物种形成的方式 .....	(119)
<b>第十一章</b>	<b>育种目标 .....</b>	<b>(122)</b>
第一节	现代农业对作物品种的基本要求 .....	(122)
第二节	制订育种目标的原则 .....	(123)
第三节	作物育种的几个主要目标性状 .....	(125)
<b>第十二章</b>	<b>品种和品种资源 .....</b>	<b>(127)</b>
第一节	品种及其类型 .....	(127)
第二节	品种资源 .....	(130)
第三节	品种资源的搜集、保存、研究和利用 .....	(132)
<b>第十三章</b>	<b>作物繁殖方式与育种的关系 .....</b>	<b>(136)</b>
第一节	作物的繁殖方式 .....	(136)
第二节	作物自然异交率的测定 .....	(137)
第三节	不同繁殖方式作物的遗传特点及其与育种的关系 .....	(139)
<b>第十四章</b>	<b>引种 .....</b>	<b>(143)</b>
第一节	引种在农业生产中的作用 .....	(143)
第二节	作物的生态环境与类型 .....	(144)

第三节	引种的基本原理及一般规律	(145)
第四节	引种的方法	(147)
<b>第十五章</b>	<b>系统育种</b>	(151)
第一节	作物品种群体中的遗传变异及其利用	(151)
第二节	系统育种的基本原理	(153)
第三节	选择育种的程序	(159)
<b>第十六章</b>	<b>杂交育种</b>	(161)
第一节	亲本的选配	(161)
第二节	杂交方式	(164)
第三节	杂交后代的处理	(165)
第四节	杂交育种程序和加速育种进程的方法	(172)
第五节	回交育种	(173)
<b>第十七章</b>	<b>杂种优势利用</b>	(179)
第一节	杂种优势利用的简史与现状	(179)
第二节	杂种优势的概念与表现	(180)
第三节	杂种优势的遗传基础	(183)
第四节	杂交种的选育	(184)
第五节	利用杂种优势的途径和杂交制种技术	(187)
第六节	雄性不育性在杂种优势利用中的应用	(190)
<b>第十八章</b>	<b>诱变育种</b>	(197)
第一节	诱变育种的特点和作用	(197)
第二节	诱变育种的原理和方法	(198)
第三节	诱变育种的方法与程序	(203)
第四节	提高诱变育种效率的方法	(206)
<b>第十九章</b>	<b>倍性育种</b>	(208)
第一节	多倍体的诱导与育种	(208)
第二节	单倍体及其在育种中的应用	(212)
<b>第二十章</b>	<b>抗病虫育种</b>	(218)
第一节	抗病育种	(218)
第二节	抗虫育种	(226)
<b>第二十一章</b>	<b>生物技术在植物育种中的应用</b>	(231)
第一节	细胞工程在植物育种中的应用	(231)
第二节	重组 DNA 技术在植物育种中的应用	(234)
<b>第二十二章</b>	<b>良种繁育和良种推广</b>	(237)
第一节	品种区域化鉴定	(237)
第二节	品种审定	(239)
第三节	良种繁育	(240)
第四节	品种防杂保纯和防止退化	(242)
第五节	种子生产	(245)

第六节 品种推广	(248)
<b>实验指导</b>	(250)
实验一 植物细胞分裂观察	(250)
实验二 遗传三大基本规律验证	(254)
实验三 果蝇培养和杂交试验	(258)
实验四 染色体结构畸变观察	(263)
实验五 植物多倍体的诱发和鉴定	(265)
实验六 数量性状的遗传分析	(268)
实验七 细胞核内 DNA 的定性鉴定	(271)
实验八 水稻杂交技术	(273)
实验九 玉米的自交和杂交技术	(276)
实验十 花生有性杂交技术	(279)
实验十一 甘薯有性杂交技术	(282)
实验十二 十字花科蔬菜有性杂交技术	(285)
实验十三 水稻杂种后代的田间选择和室内考种	(287)
实验十四 作物雄性不育性的鉴定	(290)
实验十五 杂交水稻繁殖和制种技术	(293)
实验十六 水稻花药培养	(297)
实验十七 稻谷碾米品质和稻米外观品质的测定	(300)
实验十八 水稻种子室内检验	(303)



# 绪 论

## 一、生物的遗传与变异

任何生物，无论是高等生物还是低等生物，都有繁殖与自己相同的后代的特性。生物在世代繁衍中产生其同类生物的现象，称为遗传 (inheritance or heredity)。每一种生物总是表现出一定的形态和结构上的特征，以及生理生化上的特性，从而与其他生物有所区别。生物的形态结构特征和生理生化特性称为性状 (character)。性状是可观察和测量的。性状由基因 (gene) 控制，基因主要存在于细胞核中。所谓遗传，就是通过繁殖，生物的性状在下一代中随个体发育而逐步再现的过程。但是，性状本身是不能遗传的，亲代遗传给后代的只是细胞中的遗传物质，即基因，再由遗传物质控制个体发育过程中的性状表现。

不同生物之间，同种生物的不同个体之间，总是存在着不同程度上的差异。实际上，世界上根本就不存在两个完全相同的生物。这种生物之间的性状差异称为变异 (variation)。生物的变异，有些是遗传的，可在后代中重现变异的性状；有些是不遗传的，变异的性状在后代中一般不出现。遗传和变异都是一切生物所共有的特性。遗传是保持生物稳定性和连续性的力量，而变异则是保持生物多样性和生物进化的动力。

遗传与变异是生命运动中一对重要的矛盾。遗传是相对稳定的，这是物种存在和稳定的前提；变异是绝对的，这是生物进化和发展的基本条件。生物的遗传性变异，通过自然选择 (natural selection)，保留适应环境的有利变异，使这些有利变异的个体有更多的生存和繁殖机会，增加了群体的适应性。在自然选择的长期作用下，有利变异不断积累，使生物出现明显的变异，当生殖隔离形成时，就意味着产生新的物种。而在人工选择的作用下，则可能选育出新的品种。

## 二、遗传学及其发展

遗传学 (Genetics) 是研究生物的遗传和变异的科学，也就是研究基因的结构、功能和行为的生物学分支学科。遗传学的研究范围主要包括遗传物质的本质、遗传物质的传递和遗传信息的实现三个方面。遗传学研究的目的是任务，是要解释遗传和变异现象，揭示生物遗传和变异的规律，并利用规律为农业生产上的品种改良和人类的健康及医疗保健服务，为社会进步事业作出贡献。

遗传学也和其他学科一样，是在人类的生产和生活实践中发展起来的。人类祖先早就认识到动植物在繁殖过程中物生其类和各有所别现象，对遗传和变异的现象有所了解。在原始农业生产时期，人类逐步学会留种和繁种的方法。我国祖先在公元前 5000 年左右，就培育出了水稻栽培品种；公元前 6 世纪《越绝书》中就有“桂实生桂，桐实生桐”的记载；在春秋时代《楚辞》中，已有驴与马杂交产生骡的记载；北魏贾思勰在《齐民要术》一书中对农作物和家养动物的遗传和变异现象有精辟的论述，认为是“土地之异者也”，

并强调作物栽培和家畜饲养中要“顺物性”；明代宋应星著的《天工开物》有许多有关育种的记载，如“白雄配黄雌则其子变黑蚕。……将早雄配晚雌幻出嘉种”。这些观察和总结是重要的，但欠缺系统性，并没有从理论和规律上进行探究。

古埃及的美索不达米亚，以及北伊拉克地区，在公元前 2000 多年，就开始进行野生动植物的驯化工作，并选育出一批动植物品种；古印度和古希腊早在 2000 多年以前就形成了“优生”的观念，希波克拉底（Hippocrates，公元前 460 ~ 前 437）提出了第一个较系统的遗传理论——“泛生论”；同一时期的亚里士多德（Aristotle，公元前 384 ~ 前 322）也对生物的遗传和变异现象进行了大量的观察记载，建立了以“目的论”为基础的遗传理论。但以上的这些理论和学说，臆测的成分太多，缺乏科学的实证。到了 18 ~ 19 世纪，随着工业革命的兴起和自然科学的发展，遗传学也逐步形成和发展起来。瑞典植物学家林奈（C. Linne，1707 ~ 1778）创立了“双名法”，并建立了动植物系统分类学，提出了物种不变的观点；法国生物学家拉马克（J. B. Lamarck，1744 ~ 1829）提出了“用进废退”和“获得性遗传”的观点，认为物种是可变的；英国生物学家达尔文（C. Darwin，1809 ~ 1882）于 1859 年发表了《物种起源》，1868 年发表了《动植物在家养下的变异》，提出了遗传的泛生论假说；1883 年魏斯曼（August Weismann，1834 ~ 1914）提出了著名的种质理论；以及后来细胞学说的提出和细胞分裂及染色体的发现，都为遗传学的形成起着重要的促进作用。1865 年奥地利学者孟德尔（G. J. Mendel，1822 ~ 1884）发表了“植物杂交试验”一文，提出了遗传因子理论（分离规律和独立分配规律），以及 1900 年荷兰学者德弗里斯（H. De Vries）、德国的柯伦斯（C. Correns）和奥地利的蔡马克（E. Tschermak）重新发现孟德尔规律，开创了遗传学的新纪元，被视为遗传学的开端。

随后，遗传学研究在其他生物学科的推动下不断发展，并逐步与其他学科相互渗透，成为生物学的领头学科。1903 年德弗里斯提出了“突变论”；1906 年英国学者贝特生（W. Bateson）及其学生潘乃特（R. C. Punnett）发现了非孟德尔遗传现象；1909 年丹麦学者约翰森（W. Johannsen）提出了基因、基因型和表现型等概念及“纯系学说”；1910 年摩尔根（T. H. Morgan，1866 ~ 1945）及其学生通过果蝇的遗传实验得出了连锁遗传规律，与孟德尔规律一起并称为遗传学的三大基本规律。1927 年 H. J. Muller 用 X 射线诱导果蝇产生基因突变和 1928 年斯达得勒（L. J. Stadler）用 X 射线诱导大麦和玉米的基因突变获得成功，开创了人工诱变的新时代，并建立了相应的技术方法；1937 年布莱克斯里（A. F. Blakeslee）等用秋水仙素诱导植物产生多倍体也获得成功，使人工改变染色体数目成为可能。这一时期称为细胞遗传学时期，主要是从细胞学水平上特别是从染色体行为上来解释基因的作用和遗传规律。

微生物遗传学时期大致是 1940 ~ 1960 年，主要是采用微生物作为研究材料，研究基因的原初作用、精细结构、化学本质、突变机制、基因重组及调控作用等。1941 年比德尔（G. W. Beadle）和塔特姆（E. L. Tatum）研究链孢霉营养缺陷型的遗传控制，提出了“一个基因一个酶”学说；1944 年艾弗瑞（O. T. Avery）证明了脱氧核糖核酸（DNA）是遗传物质；1953 年沃森（J. D. Watson）和克里克（F. H. C. Crick）根据 DNA 的 X 射线衍射图和生化资料提出了 DNA 分子双螺旋结构模型，合理地解释了有关 DNA 的自我复制、传递以及稳定性和特异性等一系列问题；1960 ~ 1961 年雅各布（F. Jacob）和莫诺（J. Monod）发表了关于大肠杆菌的操纵子学说。在这一时期，人们认识到了遗传规律的

普遍适应性，取得了以往在高等动植物遗传研究中难以取得的丰硕成果。

以 1953 年 DNA 双螺旋结构模型的提出为标志，开始了分子遗传学时期，形成了一门研究核酸的结构和功能及其与遗传和变异的关系的遗传学分支学科。在微生物遗传学研究的基础上，到了 20 世纪 60 年代，蛋白质和核酸的人工合成，中心法则的提出，三联体密码的确定，RNA 和核糖体功能的阐明，以及微生物遗传调控模型的建立，使遗传学的发展走在生物科学的前面。20 世纪 70 年代以后，一系列核酸酶的发现和分离提纯，DNA 体外重组技术的建立，人工载体的发现和改造，形成了一门新兴的遗传学分支学科——基因工程学，开辟了人类有目的地对动植物和微生物进行定向的遗传改良的新领域。20 世纪 80 年代以来，随着一大批基因工程药物的开发和投放市场，以及一批转基因动植物的问世，以基因工程为核心的生物技术已成为现代最重要的高新技术领域之一。

### 三、遗传的物质基础

现代遗传学的研究表明，现有的生物，包括大约 286 000 种显花植物、500 000 种菌类、750 000 种昆虫及近年 1 000 000 种其他动植物，可能具有共同的祖先。遗传学已初步揭示出生物进化过程的分子机制。生物的性状本身是不能遗传的，能遗传的只是控制性状的基因。基因是核酸（DNA 或 RNA，但主要是 DNA）分子上的一个有特定功能和碱基排列顺序的片段。DNA 分子是由脱氧核苷酸单体组成的长链分子，其核苷酸排列顺序即碱基顺序代表着特定的遗传信息。DNA 通过转录（transcription）把遗传信息拷贝到 RNA 上，再通过翻译（translation）使核苷酸顺序转变为蛋白质分子上的氨基酸顺序。生物的性状是通过蛋白质的功能来实现的。遗传学的研究业已表明，所有生物，从最低等的病毒、类病毒到最高等的人类，都具有同样的贮存、复制、扩增和翻译遗传信息的系统，以核酸为遗传物质，有共同的遗传密码（genetic code）。

生物的个体发育是由遗传所决定的，但个体发育离不开环境条件。环境条件对生物的作用有三个方面的：一是生物性状的发育离不开一定的环境条件，环境条件的改变有可能使性状也发生一定的改变。如作物在水分、肥料和光照充足时获得高产，相反则减产；二是一些环境因素也可以引起生物体的遗传改变，出现可遗传的变异，如紫外线、 $\alpha$  射线、 $\beta$  射线和  $\gamma$  射线等高能射线能诱发生物产生基因突变；三是在相似的环境条件的长期作用下，通过自然选择或人工选择，可使生物发生定向的遗传改变，向一定的方向进化。比如，长期在海边栽培的作物，有较强的耐盐性。

### 四、遗传学在工农业生产及人民生活中的重要作用

自 20 世纪 50 年代以来，遗传学的发展很快，一直处于生物科学中的领先地位。由于遗传学所研究的是生物的最基本的特征，在揭示生命的本质和改造生物方面具有特别重要的意义，因而成为生物科学的中心，是支持和联系各个生物学分支的基石和纽带。有关生物的遗传和变异的知识，一直以来就受到人们的关注，对人类的生产活动和物质文化生活产生重要的影响，并在国民经济中发挥越来越重要的作用。

在工业方面，经过遗传工程改造的微生物已经使发酵工业大幅度提高产量和质量，也使抗菌素生产在提高产量和纯度的同时，减少副作用。以往非常昂贵的胰岛素、干扰素、生长素以及新型疫苗如乙肝疫苗等也能用基因工程方法生产并已投放市场，实现了大众化

应用。用基因工程方法构建的“超级细菌”在清除及治理工业和生活“三废”方面也显示了良好的应用前景。作为健康食品的食用微生物有可能成为食品工业的重要原料来源，为解决人类食品短缺作出贡献。

遗传学是在育种实践基础上发展起来的。农业文明开始于游牧部落驯化植物和驯养动物的实践，当人们为了更高的产量和更好的皮毛及肉食对动植物进行选择时，就标志着育种学的开端。在遗传学建立以前，育种工作只限于选种和杂交。随着遗传学研究的深入，育种工作有了坚实的理论基础，育种的手段也不断提高，新品种的数量和质量均有明显的提高，直接促成了 20 世纪中期的“绿色革命”。遗传学研究在农业生产中的重要性已越来越突出。美国在 G. H. Shull 1909 年提出的玉米杂种优势和自交系育种理论的基础上，20 世纪 20 年代中期开始推广杂交玉米取得了显著的增产效果。中国在 20 世纪 70 年代大面积推广杂交水稻获得极显著的增产效果，举世瞩目。此外，多倍体育种，单倍体育种和诱变育种等新的育种技术方法也发挥了重要的作用。利用遗传学知识进行禽畜品种的改良，已使蛋、肉、奶和羊毛产量大幅度提高。遗传学家们已经掌握了通过改变昆虫遗传系统来降低昆虫的繁殖率，以达到控制昆虫的为害的手段，而不是将昆虫消灭在其生境中，可能造成环境和生态的副作用。随着生物技术 in 农业中应用更加广泛和深入，将对品种改良和病虫害防治产生深远的影响，推动一场新的农业革命，为解决全球粮食危机和营养不良开辟新的途径。

遗传学的发现已在很大程度上影响了人类的保健和医疗，现已查明癌症与遗传物质的突变或致癌基因有关，因而遗传学将在攻克这一痼疾中发挥重要的作用。过去和现在难以医治的遗传性疾病，也将随着医学遗传学和生物医药工程的研究进展而找到新的防治方法。对人类遗传缺陷的基因治疗也已露出曙光。在优生优育和提高人类遗传素质方面，产前和婴儿遗传诊断已逐步推广，产前遗传咨询等措施也开始逐步普及，遗传性疾病对人类的威胁将日益受到遏制。环境、突变和健康方面的遗传研究，将为人类控制环境污染、改善居住环境和减少不良环境因素为害提供科学依据，促进人类与环境的协调和可持续发展。由此可见，遗传学对于人类的生存和发展有着十分重要的意义。

## 五、遗传学的主要分支学科

遗传学自 20 世纪初建立以来，随着研究方法和研究对象的不同，以及与其他相关学科领域的相互交叉渗透，在研究遗传学一般规律的基础上，形成了许多分支学科，各有自己的研究重点和一些特殊内容，并在不同领域中发挥着各自的作用。根据现代遗传学的发展，遗传学大体上可分为以下若干个主要的分支学科。

### 1. 按研究方法划分为

细胞遗传学 (Cytogenetics): 是细胞学与遗传学相结合的一门学科，即把细胞学技术应用于遗传和变异现象的分析，主要研究细胞中各部分特别是细胞核和染色体与遗传和变异的关系。也有人把专门研究染色体形态、结构及数量变化与遗传变异关系，以及基因在染色体上定位等研究领域的分支称为染色体遗传学 (Chromosomal Genetics)。近代由于组织培养技术和细胞培养技术的发展与应用，又形成了一门以研究离体及融合条件下细胞及组织的遗传变异规律的分支学科，称为体细胞遗传学 (Somatic Cell Genetics)。

生化遗传学 (Biochemical Genetics): 是用生物化学方法研究遗传与代谢的关系，特别

是基因与酶的关系，从而阐明基因的基本功能的遗传学分支学科。后来，随着分子遗传学的兴起及该领域中生物化学方法的广泛应用，生化遗传学逐步与分子遗传学相融合。

生统遗传学 (Biometrical Genetics): 是一门用数理统计方法研究生物遗传与变异现象的遗传学分支学科。根据其研究对象的不同又可分为研究数量性状遗传规律的数量遗传学 (Quantitative Genetics) 和研究群体基因频率变化规律及遗传结构的群体遗传学 (Population Genetics)。

发生遗传学 (Developmental Genetics): 是研究基因如何控制发育的遗传学分支学科。发生遗传学实际上是利用影响个体发育的各种突变型，运用实验胚胎学、细胞生物学和分子生物学的方法，研究基因与性状的关系即从基因型转化为表现型的过程，以阐明基因控制发育的机理。发生遗传学是当代遗传学的前沿之一。

进化遗传学 (Evolutionary Genetics): 研究遗传与进化的关系，即突变、选择、隔离所引起的基因频率变化与种群进化和物种形成的关系，从而阐明生物进化的过程与机制的遗传学分支学科。在微观水平上还包括染色体进化及分子进化等研究领域。

分子遗传学 (Molecular Genetics): 从分子水平上研究遗传和变异机制的遗传学分支学科。分子遗传学主要研究基因的本质 (包括化学本质、结构和组织)、基因的功能以及基因的变化等问题。目前，基因组 (genome) 的结构、功能及其调控机理的研究已成为分子遗传学的主要热点。

辐射遗传学 (Radiation Genetics): 研究辐射遗传学效应的遗传学分支，是原子物理学、分子生物学与遗传学相结合的一门学科。这一学科主要研究生物对各种辐射的敏感性、辐射诱变、损伤修复、辐射防护及诱变的利用等问题，由于与人类健康有密切关系而受到广泛的注意和重视。

遗传工程学 (Genetic Engineering): 也称生物技术学，是研究利用基因转移技术，按照事先的设计，有目的地定向改变生物遗传性，创造新类型的遗传学分支和技术领域。遗传工程为人类培育动植物和微生物新品种，控制癌症及治疗遗传性疾病提供了更新和更加精确的手段，也为治理环境污染提供了新的途径。遗传工程的商业应用已经形成了新兴的生物技术产业。

## 2. 按研究对象划分

根据研究对象的不同，遗传学又可以分为以植物为研究对象的植物遗传学 (Plant Genetics)、以动物为研究对象的动物遗传学 (Animal Genetics)、以真菌、细菌及病毒为研究对象的微生物遗传学 (Microbial Genetics) 和研究人类遗传变异规律的人类遗传学 (Human Genetics) 等大的分支学科。此外，也可按特殊的研究对象设立专门的分支学科，如作物遗传学 (Crop Genetics)、家畜遗传学 (Livestock Genetics)、病毒遗传学 (Virus Genetics) 和昆虫遗传学 (Insect Genetics) 等。

## 六、遗传学与植物育种

育种 (breeding) 是人类改变生物遗传特性，创造新的生物类型 (品种) 的活动。根据育种的对象，可划分为动物育种、植物育种和微生物育种三大门类，每一门类中又可再细分为若干分支领域。植物育种学 (plant breeding) 是研究培育植物新品种的学科，其主要的分支包括作物育种学、园艺植物育种学、树木育种学、草类育种学等。遗传学是育种

学的理论基础和主要技术源泉。育种是在变异的基础上，通过人工选择，使对人类有利的变异固定和累积，从而形成具有新的优良性状的类群，即品种。早期的育种工作主要是利用群体中已经存在的变异来进行选育种的，随着生产的发展和人类需求的不断提高，单靠自然变异进行选育种已不能满足需要。人类在对生物遗传变异规律不断深化认识的过程中，先后掌握了通过基因重组（杂交）、染色体变化、基因突变和基因操作（生物技术）等手段增加生物的遗传性变异从而提高育种效率和加速育种进程的方法。近代育种学的历史表明，遗传学上的理论创新和技术方法的突破，都在不同程度上促进了育种学发展，甚至是革命性的变化。

植物育种是在人工控制下的植物进化，培育出来的是新的栽培品种。这一进化过程与自然选择条件下的植物进化是有区别的。人工选择条件下的进化是向着满足人类需要的方向发展，而自然条件下的进化是向着适应自然环境的方向发展。但是，在栽培植物漫长的发展过程中，自然选择和人工选择都起过重要作用，形成了同一种作物的不同的生态型，如水稻和陆稻、粳稻和籼稻、春小麦和冬小麦，等等。在这种意义上，可以说植物育种是植物遗传学在农业上的应用与发展。

# 第一章 遗传的细胞学基础

细胞是生命活动的基本单位，绝大多数生物都是以细胞为基本结构和功能单位的，即便是病毒等非细胞结构的生物，也必须寄生在活细胞中才能表现出生命现象。在单细胞生物中，一个细胞就是一个生物体；在高等动植物中，细胞是联系亲代与子代的环节，也是其个体发育的开始。显然，细胞的结构和功能与生物的遗传和变异有着密切的关系。1900年重新发现孟德尔规律后，细胞分裂特别是配子形成和受精过程中染色体的行为受到关注，继1903年萨顿 (Sutton, W. S.) 和博韦里 (Boveri, T. H.) 发现遗传因子与染色体行为的平行现象并提出遗传因子在染色体上的假设之后，1910年摩尔根 (Morgan, T. H.) 根据果蝇遗传实验的结果证明了基因在染色体上作线性排列并提出基因定位的方法，遗传学研究进入了细胞遗传学时期。

## 第一节 细胞的组成、结构及其与遗传的关系

### 一、原核细胞与真核细胞

组成生物体的细胞，依据其是否具有细胞核，分为原核细胞和真核细胞。由原核细胞构成的生物称为原核生物 (prokaryote)，如支原体、细菌、放线菌和蓝藻等，通常是单细胞生物或者是由单细胞生物构成的群体。由真核细胞构成的生物称为真核生物 (eukaryote)，如真菌、高等动植物乃至人类都属于真核生物，真核生物有的是单细胞生物，但多数为多细胞生物。两类细胞的主要区别如表 1-1 所示。

表 1-1 原核细胞与真核细胞的主要区别

特 性	原核生物	真核生物
细胞大小	较小 (1~10 $\mu\text{m}$ )	较大 (10~100 $\mu\text{m}$ )
染色体	由裸露的 DNA 构成	由 DNA 与蛋白质联结在一起
细胞核	DNA 集中的区域称拟核，无固定结构	为真核，有核膜和核仁
细胞器	有简单的内膜系统	有复杂的内膜系统、线粒体、质体和细胞骨架等
细胞分裂	无丝分裂	有丝分裂和减数分裂
转录与翻译	同一时间与地点	转录在细胞核，翻译在细胞质

### 二、动植物细胞的基本结构与功能

动物细胞与植物细胞的基本结构大体相似 (见图 1-1)，但动物细胞没有细胞壁、质体 (或叶绿体) 和大液泡，大部分动物细胞具有中心粒和桥粒，细胞与细胞之间有细胞间

质存在。植物细胞有细胞壁、质体和大液泡，一般没有中心粒和桥粒，而细胞与细胞之间主要靠胞间连丝联系。现以植物细胞为例介绍细胞的基本结构。

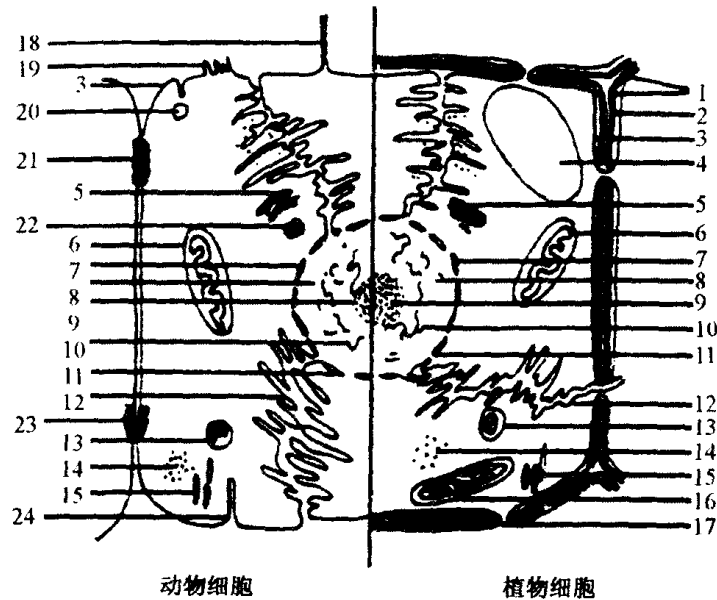
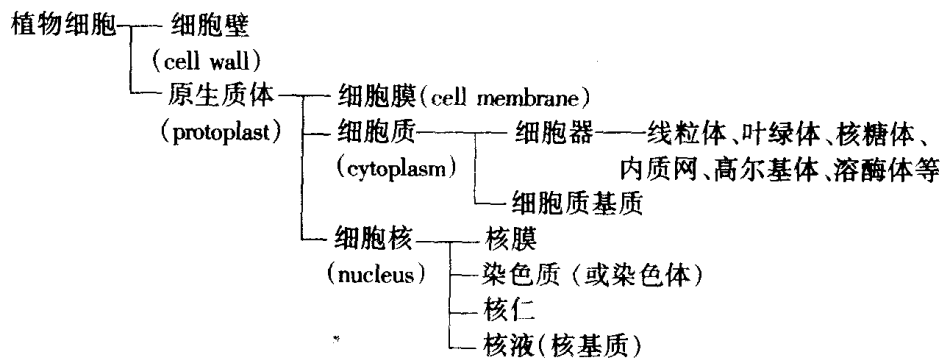


图 1-1 动物和植物细胞结构对比的模式图

1. 细胞壁；2. 胞间层；3. 细胞膜；4. 液泡；5. 高尔基体；6. 线粒体；
7. 核膜；8. 核浆；9. 核仁；10. 染色体；11. 核孔；12. 内质网；13. 溶酶体；
14. 核糖体；15. 微管；16. 叶绿体；17. 胞间连丝；18. 纤毛；19. 微纤毛；
20. 胞饮泡；21. 中间联结；22. 中心粒；23. 桥粒；24. 膜折

细胞壁是由纤维素、半纤维素和果胶质等构成的刚性结构，对细胞起着定型及定位的作用，也对整个植株起支持作用。细胞膜是细胞的界膜，有选择性透性，控制着细胞内外的物质交换。细胞质基质和细胞器中存在着有机物质合成、转化和分解的酶，是物质和能量代谢的中心。已经知道，线粒体、叶绿体及动物细胞的中心粒内含有 DNA、RNA 和核糖体，控制着相关的细胞质遗传现象。细胞核中的染色质 (chromatin) 是由 DNA 与蛋白质构成的复合体，其中的 DNA 是遗传物质；此外，mRNA 和 tRNA 也是在细胞核中合成的，而核仁则是 rRNA 合成的场所，因此细胞核是遗传控制的中心。





## 第二节 染色体

细胞核中的染色质 (chromatin)，在光学显微镜下是一团无一定结构的被碱性染料着色的物质，在细胞分裂时期形成有特定形态的染色体 (chromosome)。染色体是 1848 年霍夫迈斯特 (Hofmeister, W.) 在紫鸭跖草花粉母细胞中首先发现的，直到 1888 年才由瓦尔德耶尔 (Waldeyer, W.) 定名，用来特指细胞分裂时期出现的一种被碱性染料深染的有一定形态结构的物体。每一种生物的细胞，其染色体的数目是恒定的，配子细胞的染色体数目是体细胞的一半。因为基因存在于染色体上，所以染色体的结构和功能与遗传和变异密切相关。

### 一、染色体的组成与形态特征

染色体由脱氧核糖核酸 (DNA) 和蛋白质 (组蛋白和非组蛋白) 及少量的核糖核酸 (RNA) 组成，其中 DNA 与组蛋白的含量相对稳定，比例接近于 1:1，而非组蛋白含量的变动较大，随不同的组织器官而异。每一条染色单体均含有一个 DNA 分子，长度和序列各不相同；染色体的组蛋白有 5 种，即  $H_1$ 、 $H_{2A}$ 、 $H_{2B}$ 、 $H_3$  和  $H_4$ ；而染色体的非组蛋白种类变化大，随不同的组织和器官而异。在高等动物的精细胞中，组蛋白被精蛋白 (含有较多的精氨酸的碱性蛋白质) 所代替。

在显微镜下，染色体的典型形态如图 1-2 所示。每个染色体都有一个染色较淡的区域，且比较细窄，称为主缢痕 (primary constriction)。主缢痕中有着丝粒 (centromere)，是纺锤丝附着的地方。主缢痕往往把染色体分成为两部分，称为长臂 (long arm) 和短臂 (short arm)，也有些染色体只有一条臂。有些染色体上还有一个或几个较细的区域，称为次缢痕 (secondary constriction)。次缢痕所在部位与核仁的形成有关，也称为核仁组织者 (nucleolus organizer) 或核仁形成区。还有些染色体的端部连接着一个球形或长球形的小体，称为随体 (satellite)。每个染色体的大小、长短、着丝粒位置和随体状况都有所不同，可以在显微镜下对它们加以区别。



图 1-2 染色体形态示意图

#### A. 中期染色体形态

1. 长臂；2. 短臂；3. 着丝点
4. 短臂；5. 次缢痕；6. 随体

#### B. 后期染色体形态

1. V形染色体；2. L形染色体；
3. 棒状染色体；4. 粒状染色体