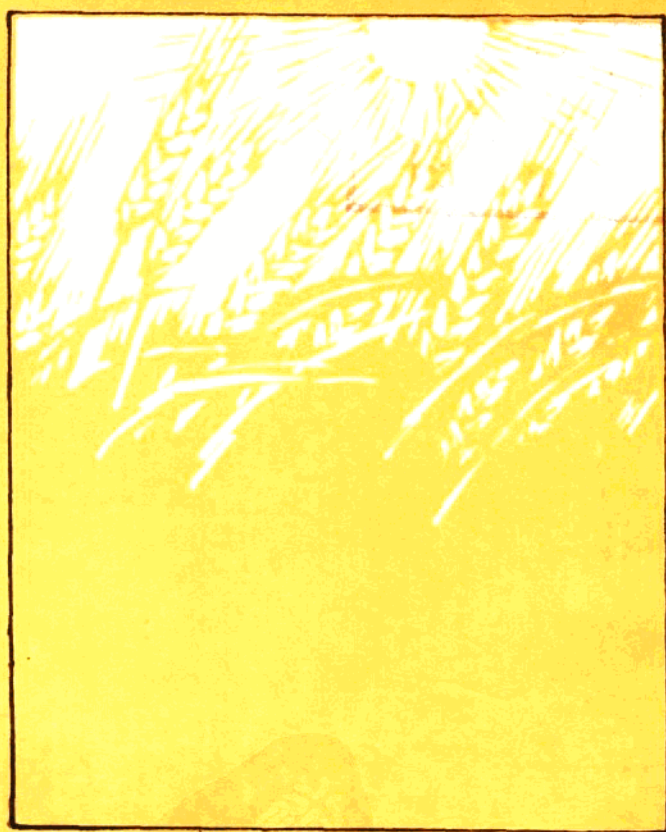


中 央 农 业 广 播 电 视 学 校 教 材

遗传及作物育种



农业出版社

前 言

遗传学与作物育种学是农学专业的重要课程。本专业的重要实践课有两个方面：一是如何创造丰产、质优、抗逆性强的作物新品种；二是如何合理地栽培这些优良的新品种。创造新品种不仅是增产的关键，也是有效地提高经济效益的捷径。这就是作物育种学应该完成的任务。育种学的理论基础是遗传学，没有这个理论基础就不能卓有成效地进行育种，但是近年来由于遗传学的迅速发展，遗传学已开始形成自己的体系，并分化成三十多个分支学科。为此，本教材将遗传学与作物育种学并列分成独立的三篇，即第一篇遗传学，第二篇作物育种学，第三篇田间试验技术。

目 录

第一篇 遗传学

第一章 遗传、变异、选择.....	(1)
第一节 遗传学的研究对象.....	(1)
第二节 遗传、变异和选择.....	(2)
第三节 遗传和环境.....	(4)
第四节 遗传的变异和不遗传的变异.....	(5)
第五节 遗传学发展简史.....	(6)
第二章 遗传的细胞学基础.....	(8)
第一节 细胞的构造.....	(8)
第二节 染色体的形态、结构和数目.....	(9)
第三节 细胞分裂.....	(13)
第四节 高等植物的世代交替.....	(16)
第三章 分离和独立分配规律.....	(19)
第一节 分离规律.....	(19)
第二节 独立分配规律.....	(27)
第三节 分离和独立分配规律的应用.....	(36)
第四章 连锁遗传.....	(39)
第一节 连锁遗传现象.....	(39)
第二节 连锁遗传的解释.....	(40)
第三节 连锁与交换的遗传机制.....	(41)
第四节 交换值和连锁群.....	(44)
第五节 连锁遗传规律的应用.....	(45)
第六节 性别决定和性连锁遗传.....	(46)
第五章 数量性状遗传和杂种优势.....	(49)
第一节 数量性状遗传.....	(49)
第二节 自交、回交和选择的遗传效应.....	(52)
第三节 杂种优势.....	(56)
第六章 遗传物质的分子基础.....	(61)
第一节 DNA是遗传物质的证据.....	(61)
第二节 DNA的化学结构和复制.....	(63)
第三节 DNA与遗传密码.....	(66)
第四节 中心法则.....	(67)

第五节 DNA与性状表达·····	(69)
第六节 基因的概念和基因作用的调控·····	(70)
第七章 基因突变·····	(75)
第一节 突变的概念和意义·····	(75)
第二节 基因的突变率·····	(75)
第三节 性细胞突变和体细胞突变·····	(77)
第四节 基因突变的特征·····	(77)
第五节 突变的测定方法·····	(79)
第六节 突变的诱发·····	(80)
第八章 染色体变异·····	(84)
第一节 染色体的结构变异·····	(84)
第二节 染色体的数量变异·····	(88)
第三节 倍性育种的原理·····	(94)
第九章 细胞质遗传·····	(98)
第一节 细胞质遗传的特点和表现·····	(98)
第二节 植物雄性不育的类别及其遗传机理·····	(99)
第三节 雄性不育性的利用·····	(102)
第十章 遗传工程·····	(105)
第一节 基因工程的概念和意义·····	(105)
第二节 基因工程的施工步骤·····	(106)
第三节 微生物基因工程的广泛应用及其发展远景·····	(109)
第四节 植物基因工程·····	(110)
第五节 细胞工程·····	(111)

第二篇 作物育种学

第十一章 作物育种与农业生产·····	(116)
第一节 作物育种学的意义与任务·····	(116)
第二节 品种在农业生产中的作用·····	(117)
第三节 我国作物育种工作的主要成就及发展趋向·····	(120)
第十二章 引种·····	(124)
第一节 引种的意义·····	(124)
第二节 引种的原理·····	(125)
第三节 主要作物生长发育特点及其引种规律·····	(127)
第四节 引种的方法·····	(131)
第十三章 选择育种·····	(133)
第一节 选择的意义和选择的理论根据·····	(133)
第二节 选择的基本方法·····	(134)

第三节	选择育种	(136)
第十四章	品种间杂交育种	(140)
第一节	育种目标和品种资源	(146)
第二节	杂交亲本的选配及杂交方式	(146)
第三节	杂种后代的处理方法	(151)
第四节	育种程序	(156)
第十五章	杂种优势的利用	(160)
第一节	杂种优势现象	(160)
第二节	作物繁殖方式与杂种优势利用	(161)
第三节	杂交种的选育	(163)
第四节	杂交制种技术和制种中解决去雄的途径	(166)
第五节	雄性不育性在杂种优势利用中的应用	(174)
第十六章	无性繁殖作物育种	(189)
第一节	无性繁殖作物育种的特点	(189)
第二节	无性繁殖作物的选择方法	(190)
第三节	无性繁殖作物的有性杂交育种	(191)
第四节	提纯及加速繁殖	(195)
第十七章	其他育种途径	(198)
第一节	诱变育种	(198)
第二节	倍性育种	(203)
第三节	远缘杂交	(211)
第十八章	品种区域化鉴定和良种繁育	(218)
第一节	品种区域化鉴定与品种审定	(218)
第二节	良种繁育任务和“四化一供”	(220)
第三节	品种的防杂保纯和防止退化	(222)
第四节	原种生产和加速良种繁殖方法	(224)
第五节	种子检验	(228)
附:	农作物种子分级指标	(233)

第三篇 田间试验技术

第十九章	田间试验的基本知识	(242)
第一节	田间试验的基本知识	(242)
第二节	田间试验的取样方法	(248)
第二十章	田间试验资料的统计和分析方法	(252)
第一节	平均数与变异数	(252)
第二节	田间试验设计及试验结果的整理和分析	(257)
附表 I	t值表	(270)

附表 I	5 %和 1 %机率的F值表	(271)
附表 II	卡方 (χ^2) 值表	(276)
实习实验		(277)

第一篇 遗传学

第一章 遗传、变异、选择

遗传学是一门发展极为迅速的生物科学，人们把它称为生物学中的核心科学或带头科学。也就是说，由于它的发展而带动了整个生物学的发展。迄今为止，遗传学已有30多个分支先后成长为学科，如人类遗传学、动物遗传学、植物遗传学、微生物遗传学、分子遗传学、免疫遗传学、体细胞杂交遗传学、遗传工程等等。这是从大方面粗略的分类，如果细分则遗传学的种类更多，如植物遗传学可分作物遗传学、林木遗传学、蔬菜遗传学、花卉遗传学、海藻遗传学等等。作物遗传学又可分为小麦遗传学、玉米遗传学、棉花遗传学等等。这样细分起来，遗传学已接近百种之多，这件事的本身就足以说明这个学科的重要意义。

第一节 遗传学的研究对象

遗传学是研究生物遗传与变异规律的科学。

遗传指的是亲子间相似的现象，俗话说，种瓜得瓜，种豆得豆，就是指的遗传现象。这是在自然界可以普遍看到的现象。正是由于遗传性的存在，才能保证各个物种或品种的性状，在无数连续世代的相对稳定性。亦即小麦的后代仍是小麦，水稻的后代仍是水稻。而且泰山一号小麦品种的后代仍是泰山一号，农大139小麦品种的后代仍是农大139。

变异指的是亲子之间不相似的现象，俗话说，“一母生九子，九子各异”就是指的变异现象。这也是在自然界可以普遍看到的现象。正是由于变异性的存在，才能保证自然界形成形形色色的物种以及在生产实践上所需要的各种品种。

遗传和变异是所有生物共有的特性，在生物世代代的繁衍过程中，它们既有遗传，也有变异。可以说，遗传就是保守的一面，不变的一面。如果没有遗传，生物类型就不能稳定下来，地球上的生物都将成为变幻不定的东西了。而变异则是发展的一面，改变的一面。如果没有变异，则生物类型不能改变，生物就不可能进化发展，也就不可能有现代形形色色的生物了。

那么，生物为什么会遗传，为什么会变异呢？

生物的遗传和变异必然有它的物质基础。经过许多遗传学家多年来的艰苦努力，终于证明支配生物遗传和变异的物质是基因。把它落实到化学上看，基因就是脱氧核糖核酸（DNA）大分子上的一个区段。基因主要存在于细胞核里的染色体上，少数则存在于细胞质的细胞器内。

如果上代和下代的基因没有改变，则上代和下代的遗传性是完全一样的，如果基因发生了改变，就会引起遗传性的改变。

那么，遗传和变异有无规律可循呢？

答案是有规律可循的。如遗传的规律有分离规律，独立分配规律，连锁规律，数量遗传的规律等；变异其实也是有规律的，只不过有些规律现在了解和掌握还很差。如基因重组的规律，基因突变，染色体数量和结构的变异等等。我们学习遗传学的目的就在于了解遗传、变异的基本规律，利用这些规律为创造生物新类型而服务。

第二节 遗传、变异和选择

现在地球上有110万种动物，39万种植物，其中有的高级，有的低级；有的简单，有的复杂。大的如鲸类，有的大鲸舌头就重达2吨，小的如原生动物，则必须用显微镜才能看到。此外，还有更小的各种各样的微生物存在。现在要问，这些五光十色的生物是如何产生的？它们为什么对所居住的条件又是非常适应的呢？例如，鱼适于水中生活，样子像鱼雷；燕子适于空中飞翔，样子像喷气式飞机；小麦根长在地下适于吸水，茎叶长在空中适于进行光合和呼吸作用。这些又是如何形成的呢？

这两个问题在历史上不知难倒过多少人。唯心主义的生物学者提出神创论来解释，当然是为宗教迷信而宣传。正确的唯物主义的解释应该是：它们是通过生物的遗传、变异和选择三个要素而进化发展来的。

比如说，人生人，猫生猫，虎生虎，长颈鹿生长颈鹿，蛇生蛇，青蛙生青蛙，鱼生鱼，昆虫生昆虫，原生动物生原生动物（这就是上面所讲的遗传现象），这种说法，是否完全正确？仔细分析起来，并非如此。如果完全正确，那么地球上第一个人是从哪里来的呢？要知道不但人类，连地球也有自己产生和发展的历史，地球约在50亿年前形成。40亿年前才开始产生生命。32亿年前才开始出现细菌类原核生物。所以即使像微生物这种在显微镜下才能看到的小东西，也不是从天上掉下来的，也有自己产生发展的历史。

通过生物进化的研究，已经肯定，人的产生大致经历了以下的途径：

无机化合物→有机化合物→前
细胞生命形态→单细胞生物→无脊
椎动物→鱼类→两栖类→爬行

类→
 └─ 鸟类
 └─ 哺乳类→古代类人猿→人

所以说，人是从单细胞生物变来的，而人的近亲则是类人猿。从人的个体发育上就明显地看出它在历史发育上经历了上述的阶段：比如，人的发育从受精卵开始，这相当于单细胞生物。然后经过多次细胞分裂成为囊胚，这相当于球状群体的原生物。然后再发育成原肠胚，这相当于腔肠动物（水螅）。再发育成三胚层的

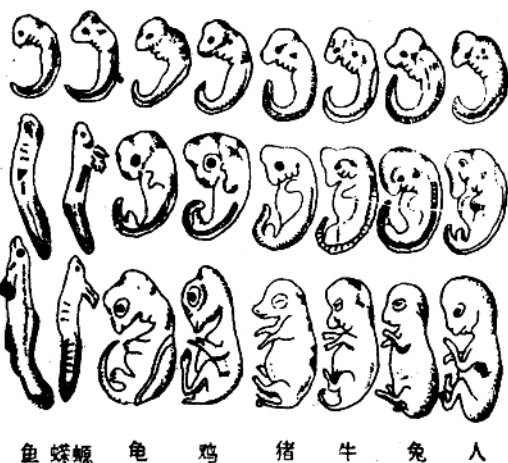


图1-1 人和动物胚胎发育的比较

胚，这相当于三胚层动物。然后再发育成具有尾巴和鳃裂的类似蝌蚪的胚胎。这时，如果比较鱼、蝾螈、龟、鸡、猪、牛、兔、人的胚胎，几乎看不出它们的区别。特别是人和类人猿的胚胎，直到离开母体以前还是比较相似的(图1—1)。

为什么人的胚胎会长出尾巴和鳃裂来呢？为什么人的胚胎发育经历低等动物的许多阶段呢？这说明人体发育(从受精卵到个体的衰老死亡)重演了它的系统发育(从最原始的生命类型到现在的人类)，也就是表演了它本身的发展历史。

实际上，人兽同祖可以从其他方面表现出来。如从比较解剖学上看，把人的内脏与猫的内脏比较(图1—2)，可以看到凡是人具有的器官，在猫的身体上都可以找到；又如把人的骨骼与虎的骨骼比较，除虎的尾部有尾骨以外，其他各部分的骨骼与人都有惊人的相似(图1—3)。

再举一个比较解剖学的例子，长颈鹿的脖子虽特长，但是和人的颈骨一样，是由7块骨骼组成的，只不过每块颈骨都大大拉长；青蛙的脖子虽特短，它也是由7块骨骼组成的，只不过每块骨骼都像烧饼一样贴在一起。可见人和青蛙、长颈鹿是同一来源的。

从上面的分析，可以看出，人生人的说法并不是天衣无缝、无懈可击的。因为它只是强调了遗传的一面，并未说明变异的一面。因为从生物进化的观点看来，也就是从生物历史发展的观点看来，如果没有变异，远古的类人猿是不能进化成人的。

所以我们如果要解释生物进化，不光要看遗传的一面，也必须看到变异的一面。当然还必须要强调自然选择的作用。选择有两种类型：一种是自然选择，一种是人工选择。所谓自然选择就是在自然环境条件的主宰下选择那些适应的变异而淘汰掉那些不适应的变异，这样一代一代地选择下去，久而久之就使所有的生命类型都适应于它们所居住的环境条件了。因此如果没有自然选择，就不可能形成生物形形色色的适应性了。所谓人工选择就是在

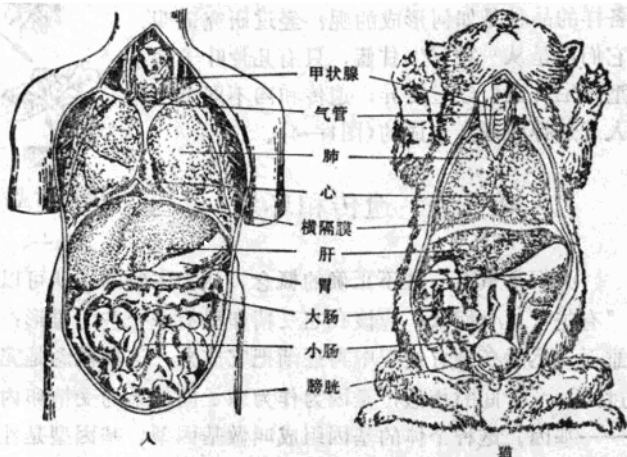


图1—2 人与猫内脏的比较

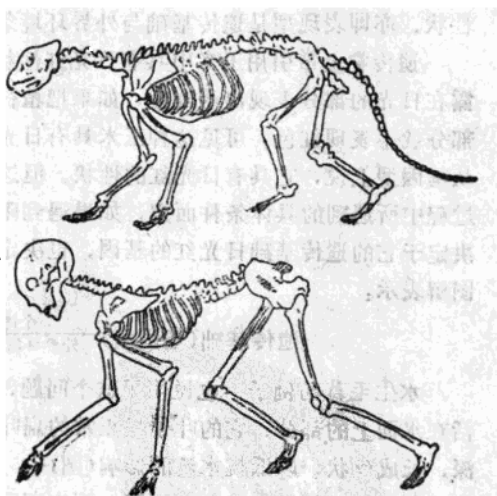


图1—3 人和虎骨骼的比较(上虎，下人)

人的主宰下根据人们的愿望和嗜好，选择那些人们需要的变异类型，而淘汰那些不需要的类型，这样向一个方向一代一代地选择下去，久而久之就可以形成不同的新品种。例如，我们现在的栽培甘蓝有许多不同的品种：结球甘蓝（洋白菜），花椰菜（菜花），球茎甘蓝（苤蓝），孢子甘蓝，皱叶甘蓝，饲料甘蓝。它们的形态和食用部分各不相同：有的食用叶，有的食用茎，有的食用花，有的食用茎和叶。这些各种各样的品种是如何形成的呢？经过研究证明，它们都是从一种野生甘蓝，只有几片叶子的小型野生甘蓝，经过变异，遗传和向不同方向的人工选择而逐步形成的（图1—4）。

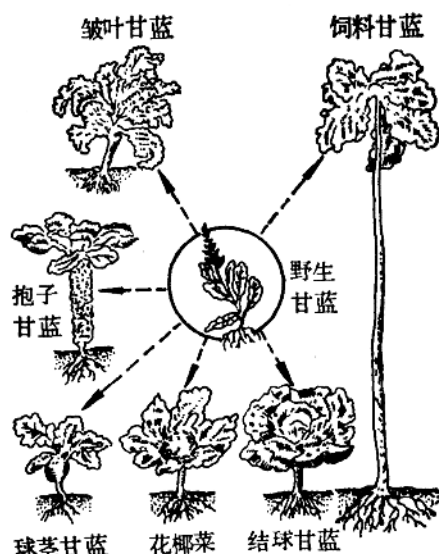
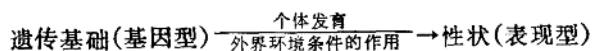


图1—4 栽培甘蓝和它们的野生祖先

第三节 遗传和环境

人们常常有一种不正确的概念，认为生物性状可以直接遗传。按照这种概念，小麦“有芒”这个性状，应该在其受精卵里有一个芒的雏形；在人的受精卵里有一个小人的雏形，然后在发育过程中再逐渐把它放大。这种概念是完全错误的。正如前面已经指出过的，亲子间的相似，是因为作为亲子间桥梁的受精卵内，贮藏有来自双亲的遗传物质——基因。这种个体的基因组成叫做基因型，基因型是性状发育的基础，但这只是一种发育的可能性，只有在个体发育过程中，遇到适当的环境条件，才能使这个基因表达出来，从而表现出一定的性状。这就是所谓的表现型。可见表现型就是所表现出来的那些性状。亦即表现型是遗传基础与外界环境条件共同作用的产物。

遗传学上常引用玉米中具有日光红性状的品系，这种玉米的茎秆、叶部、苞叶等暴露在日光的部分表现出淡红色，如果把植株的某个部分遮住，不让日光照射，被遮光的部分就不表现红色。可见这种玉米具有日光红的遗传基础，即日光红的基因。也可以说，从基因型上说，它具有日光红的性状。但这个性状是否可以表达，这要看它的生长发育过程中所遇到的具体条件而定：如果遇到阳光则呈淡红色。也就是说，它的表现型不仅决定于它的遗传基础日光红的基因，也决定于它所遇到的具体条件。可以用下面的一个图解表示：



水生毛茛的例子，也说明了这个问题，同一株水生毛茛(*Ranunculus aquatilis*)，生活在水面上的部分，它的叶子呈正常的扁叶；而生活在水面下部分的叶子，则叶裂多而深，长成丝状，以抵抗水流的影响（图1—5）。这也明显的说明，具有同样基因型的叶片，由于所遇到的外界环境条件不同，而有不同的表现型。

然而遗传与环境的作用是复杂的，不能由上面的例子就得出结论说，环境在决定遗

传性状的表现上,或者说是决定表现型上,总是起着主导作用。实际上,生物的遗传性是很保守的,即使在不同的条件下,同种生物的不同个体仍具有相同的表现型。例如,有芒小麦与无芒小麦,糯稻与非糯稻,皱粒豌豆与圆粒豌豆等,无论种在北方或南方,也无论种在旱地或水地,它们的表现型总是一致的。亦即无芒小麦在北方和南方,旱地或水地都表现为无芒,而有芒小麦在北方和南方,旱地或水地都表现为有芒。再举一个类似的例子。当把小麦和玉米种在尽量相同的田间条件下时,小麦的种子长出来仍旧是小麦,而玉米种子长出来的仍旧是玉米。

这些例子都说明遗传基础在它们的表现型上起了主导作用。

第四节 遗传的变异和不遗传的变异

根据变异能否遗传,可以把变异划分成遗传的变异与不遗传的变异。

遗传的变异是由于遗传物质的改变引起的。这类变异一旦发生,就可以在后代

继续遗传下去。因而就成为创造新生物类型的基础。遗传的变异主要有下述四种情况:

一、**基因的重组** 是创造生物新类型的重要方面。在进行有性繁殖时,几乎没有两个个体具有完全相同的基因型,因此基因的重组是普遍的现象。这就是为什么在物种的形成上,有性杂交是极为重要的方式,而在新品种的创造上,传统的有性杂交法又是最为重要的育种方法。

二、**基因的突变** 无论自发的基因突变或人工诱发的基因突变,它们都与原来的基因有本质上的区别,因此成为可供选择的材料。因而也是创造生物新类型的原始材料。

三、**染色体结构和数量的改变** 染色体结构的改变包括缺失、重复、倒位和易位;染色体数量的改变既包括整个染色体组的改变,如单倍体和多倍体等,也包括个别染色体的增减,如单体、缺体、三体等,这类可遗传的变异也是创造生物新类型的方法之一。

四、**细胞质变异** 细胞质内的细胞器,如线粒体和叶绿体等发生的改变,也可引起遗传性的变异,如雄性不育的性状等。

不遗传的变异,指因环境条件不同而产生的变异。这类变异只限于当代,并不遗传。如果引起变异的条件消失,则变异消失,因此称为不遗传的变异。

严格说来,生长在同一块田里的作物,即使是相邻植株,它们所遇到的环境条件也不是一样的。它们所得到的阳光、营养、水分等都有差异。因此它们的株高,叶宽,叶长,穗长,子粒多少,干粒重等都会出现不同。如选择在肥底上生长特好的植株,或在边行上生长特好的植株,第二年把这类植株的种子种在一般的土地上,则又恢复成一般的植株。可见这类的变异是不遗传的。

在自然界里遗传的变异和不遗传的变异往往是同时存在的。但是绝大多数是属于不遗传的变异,遗传的变异仅占少数。一旦出现遗传的变异应如何区分它们呢?例如矮秆

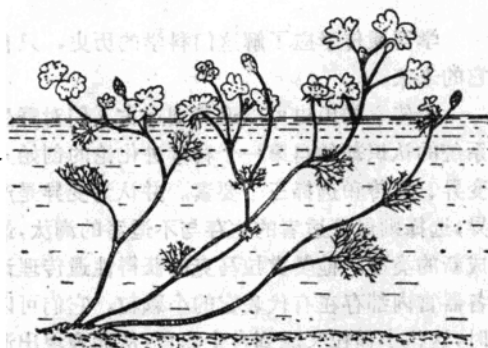


图 1—5 水生毛茛

小麦可能是由于水、肥条件不足引起的,也可能是由于遗传变异引起的,如何把遗传变异的矮秆小麦选出来呢?办法是按株分别收获,翌年把种子按株行同时种在良好的水肥条件下,发生遗传变异的矮秆小麦的株行则仍为矮秆的而不遗传的矮秆小麦株行则长成有正常高度的小麦。

第五节 遗传学发展简史

学习遗传学应了解这门科学的历史,只有了解它的历史,才能懂得它的现在并预测它的未来。

遗传学的历史可以追溯到远古人们对野生动植物的驯化。然而对遗传学有初步的较系统的认识却始自第一个科学进化论的创始人——达尔文。达尔文把生物的进化归结为变异、遗传和选择三个要素。并认为变异是产生新类型的基础,而遗传则保持了这种变异,选择则保证适者的生存与不适者的淘汰,最后由于变异向自然选择方向的累积,而形成新的类型。他赞赏拉马克的获得性遗传理论,并用泛生论来解释它的机制,认为动物各器官内都存在有代表它的小颗粒,它们可以流动到生殖细胞里,当受精卵发育成个体时,这些小颗粒又流到各个器官,从而表现出遗传现象。这个解释无法得到科学的证实。

现代遗传学的真正创始人是孟德尔(1822—1884)。他用统计学的方法进行了豌豆的杂交试验,提出了分离规律和独立分配的规律。由于他的工作超过了他的时代,所以一直被埋没达34年之久,直到1900年,才分别被德·弗里斯、柴马克和柯伦斯重新发现。此后不久,摩尔根以果蝇为材料又发现了连锁遗传规律。

本世纪初由于把遗传因子与染色体的行为密切地结合起来,逐渐发展成细胞遗传学,使遗传规律的本质得到了解释。

30年代初期,根据缪勒等的工作,开创了辐射遗传学的新时代。

40年代初期,比德尔等利用粗糙链孢霉为材料,提出了一个基因一个酶的假说,发展成生化遗传学和微生物遗传学。

50年代初期瓦特森和克里克根据DNA碱基互补配对的规律和用X射线对DNA分子衍射的研究,提出了著名的“DNA双螺旋结构模型”。这个模型满足了对遗传信息的复制、储存、变异、转录和翻译等的要求,为现代分子遗传学打下了基础。与此同时,50年代还发展了群体遗传学,这说明遗传学的发展一方面是由个体水平到细胞水平,再到分子水平;另一方面则是由个体水平到群体水平。

70年代初期遗传工程开始兴起,为迅速定向改造生命类型奠定了基础,使遗传学和育种学的发展进入一个崭新的阶段。

本章提要

1.遗传学是生物科学中的核心科学,已有30多个分支发展成为学科,但如果细分起来,遗传学已接近百种之多,足以说明这个学科的重要性。

2.遗传学是研究生物遗传、变异规律的科学。遗传指的是亲子间的相似,变异指的是亲子间的不同。没有变异,生物就不能进化发展,没有遗传,变异就不能保持下来。

3.遗传和变异的物质基础是基因,如果基因改变,则上下代改变;如果基因不变,则上下代保持不变。

4.如何解释物种起源和生物适应性的形成?答案是变异、遗传和自然选择。

5.基因型是遗传物质的总和,而表现型则是基因型与环境条件共同作用的结果。有时环境条件对于某些基因的表现起主导作用;有时基因型对某些性状的表现起主导的作用。

6.遗传的变异来源于:基因重组、基因突变、染色体结构和数量的改变、细胞质变异。不遗传的变异则起源于外界环境条件的改变。

7.达尔文第一个提出了科学的进化论,认为变异是创造新类型的因素,遗传保持了这种变异,自然选择则使适应的变异保存下来并进一步发展成新类型。

8.孟德尔于1866年用豌豆的杂交试验所提出的分离规律和独立分配规律,为遗传学的诞生奠定了基础。这两个规律和以后提出的连锁遗传规律合称为遗传学的三大规律。

9.遗传学的发展一方面经历了从个体水平到细胞水平(细胞遗传学),再到分子水平(分子遗传学)的阶段;另一方面则从个体水平发展到群体水平(群体遗传学)的阶段。

复习思考题

1.试述遗传学的重要意义?为什么要学习遗传学?

2.举例说明生物的遗传和变异现象。

3.生物遗传和变异的基础是什么?

4.现在地球上的生命类型是五光十色的,而且每种生物都适应于它所居住的环境,达尔文如何解释这个现象?

5.我国的小麦和水稻品种都多达数万种,它们是怎样形成的?

6.试从进化的观点,分析一下人生人的说法是否完全正确,为什么?

7.什么叫基因型?什么叫表现型?两者有什么关系?

8.无论在南方和北方,旱地和水地,无芒小麦种子长出来的仍是无芒,半芒小麦种子长出来的仍是半芒,有芒小麦种子长出来的仍是有芒,长芒小麦种子长出来的仍是长芒?这说明什么问题?

9.有人想选出一种矮秆小麦品种,他从旱地不施肥的地块进行选株是否可以达到目的?

10.用同样的草料喂怀孕的母牛和母羊,母牛生出来的仍是小牛,母羊生出来的仍是小羊,这说明什么问题?

11.为什么把变异分成遗传的变异和不遗传的变异?

12.简述遗传学的发展史。

第二章 遗传的细胞学基础

生物性状是通过细胞从上一代遗传给下一代的。因此，每种生物性状都是由其细胞内的遗传物质所控制的。细胞学和遗传学的发展，证明绝大部分遗传物质存在于细胞核内的染色体上。染色体在细胞分裂和生物世代交替的过程中有一定的变化规律。

第一节 细胞的构造

植物细胞由细胞壁、原生质体和液泡三部分所组成。原生质体包括细胞膜、细胞质、细胞核和一些细胞器。

一、细胞膜 细胞膜（简称质膜）的厚度约为70—100埃^{*}，一般光学显微镜下难以看见。植物细胞不同于动物细胞，在其质膜的外面还有一层由纤维素、半纤维素和果胶质等构成的细胞壁，对植物的细胞和植物体起着保护和支架的作用。

质膜的功能在于能够有选择地通过某些物质，它既能阻止细胞内许多有机物质的渗出，又能调节细胞外一些营养物质的渗入。质膜上各种蛋白质，特别是酶，对于多种物质透过质膜起着关键性的作用。在质膜上有许多微孔，其中一些微孔又是胞间连丝的通道。胞间连丝是细胞间的连系通道，有利于细胞间的物质转运，使大分子物质能通过细胞膜的微孔从一个细胞进入另一个细胞（图2—1）。

二、细胞质 细胞质是质膜内及细胞核外的那部分原生质。细胞质中有各种细胞器，其中有线粒体、质体、核糖体、内质网、高尔基体、中心体和溶酶体等。有些细胞器只有某些生物才有。例如，中心体只有动物和一些蕨类及裸子植物才有；质体（叶绿体等）只有绿色植物才有。细胞器是细胞里有生命活动的组成部分，现已肯定，线粒体、叶绿体、核糖体和内质网等具有重要的遗传功能。已知线粒体和质体内含有独立合成蛋白质的体系：脱氧核糖核酸（DNA）、核糖核酸（RNA）和核糖体。核糖体内含有丰富的核糖体核糖核酸（rRNA）。

线粒体是动植物细胞中普遍存在的细胞器。在光学显微镜下，它呈很小的球状、棒状或线状，其体积大小不等，一般直径为0.5—1.0 μm ，长度最大可达7 μm 。线粒体由内外两层膜组成，外膜光滑，内膜向内折叠，形成许多横隔。线粒体含有多种氧化酶，是细胞氧化作用和呼吸作用的中心，是细胞的动力工厂。线粒体含有脱氧核糖核酸（DNA），有独立合成蛋白质的能力，能决定一些遗传性状，故被认为是细胞质基因的载体之一。

质体有叶绿体、有色体和白色体三种。其中最主要的是叶绿体，它是绿色植物细胞中所特有的一种细胞器。叶绿体的形状有盘状、球状、棒状等。高等植物的叶绿体一般呈扁平的盘状，长度约为5—10 μm 。细胞内叶绿体的数目在同种植物中是相对稳定的。叶绿体也有双层膜，内膜折叠而成许多片层。叶绿体的主要功能是光合作用。它必须在有光的条件下才能合成碳水化合物、蛋白质等物质。叶

* 1埃（ $\text{\AA}$ ）= 10^{-4} 微米（ μm ）= 10^{-7} 毫米（mm），即1埃等于万分之一微米或千万分之一毫米。

叶绿体含有DNA，并能发生白化的突变，能分裂增殖，表明它具有特定的遗传功能，是细胞质基因的载体之一。

核糖体是直径约200埃的微小细胞器，但数量很多。核糖体由大约40%的蛋白质和60%的RNA所组成，是合成蛋白质的主要场所。

内质网也是双层膜的构造，在细胞中到处都有分布。内质网主要是转运蛋白质合成的原料和产物的通道。

高尔基体存在于某些细胞中，有分泌、贮藏和排泄各种物质的作用。

中心粒主要在动物细胞中，可能与细胞分裂有关。

溶酶体是一种微小颗粒，呈球形或长圆形，也有双层的膜，内含蛋白酶、核酸酶和其它分解酶。

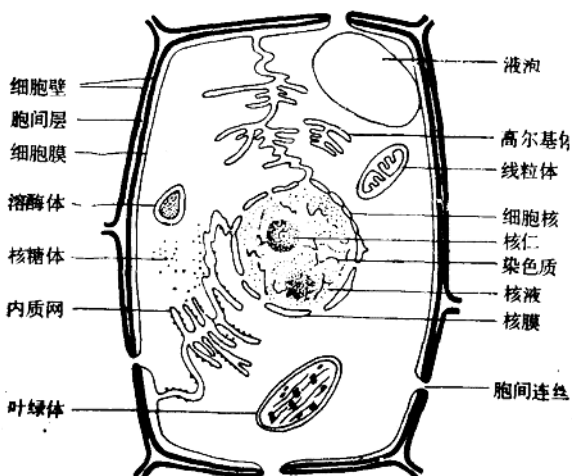


图2-1 植物细胞模式图

三、细胞核 除了病毒、细菌和蓝绿藻等低等生物以外，其余生物均具有一定形态结构的细胞核。前一类生物的细胞只有核物质，没有形成核结构，还处于细胞进化的原始阶段，故称为原核细胞。后一类生物的细胞已具有核结构，称为真核细胞。大多数动植物都属于真核生物。

细胞核简称为核。一般为圆球形，但在不同生物和不同组织的细胞中有很大的差异。核的大小也不同，植

物细胞核的直径，小的不到 $1\mu\text{m}$ ，大的可达 $100\mu\text{m}$ ，一般为 $5-25\mu\text{m}$ 。核由核膜、核质和核仁三部分组成。在核质中，有一些容易染色的物质，叫染色质。

当细胞不分裂时，在核中见到的许多染色较深而纤细的网状物，就是染色质。当细胞分裂时，核内的染色质变成一定数目和形态的染色体。染色体具有特定的形态结构，具有自我复制的能力，能出现连续而有规律性的变化。它在控制生物性状的遗传和变异上具有极其重要的作用。遗传学中通常把控制生物性状的遗传物质单位叫做基因。例如小麦芒的有无、植株的高矮、生育期的长短等都是受一定的基因控制的。基因是按一定顺序在染色体上成直线排列的。染色体是生物遗传物质的主要载体。

第二节 染色体的形态、结构和数目

一、染色体的形态特征 几乎在所有生物的细胞中，包括噬菌体在内，在光学或电子显微镜下都可以看到染色体的存在。各个物种的染色体都有其特定的形态特征。在细胞分裂过程中，特别是中期和早后期表现得特别明显，故通常以这个时期进行染色体的识别和研究。

根据细胞学观察，每个染色体都有两个端粒和一个着丝粒(也叫着丝点)。端粒就是染色体两端的染色粒，端粒的存在使正常的染色体端间不发生融合。着丝粒把染色体分成两条臂。在细胞分裂时，纺锤丝就附着在着丝粒区域。染色体经染色后，两个臂被染色，而着丝粒不染色，所以着丝粒区域又称为主缢痕(图2-2)。各个染色体的着丝粒位置是恒定的，因而着丝粒的位置直接关系到染色体的形态表现。如果着丝粒位于染色体的中间，则两臂大致等长，因而在细胞分裂后期当染色体被纺锤丝牵引趋向两极时表现为V字形。如果着丝粒偏向染色体的一边，则两臂长短不一，形成一个长臂和一个短臂，因而表现为L形。如果着丝粒靠近染色体末端，形成一个长臂和一个极短的臂，则近似棒形。此外，某些染色体极其粗短，则呈颗粒状(图2-3)。

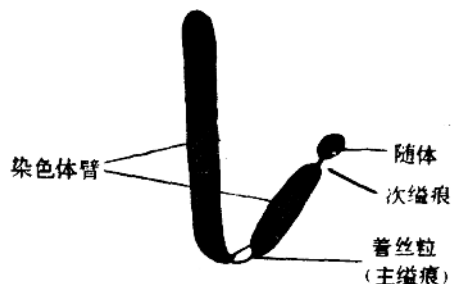


图2-2 中期染色体形态示意图

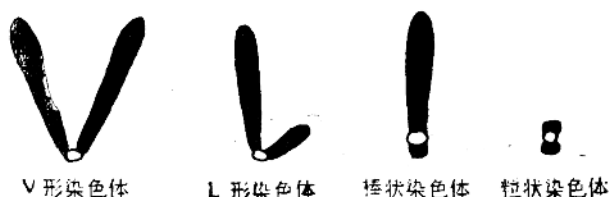


图2-3 后期染色体的形态

着丝粒所在的缢缩部分是主缢痕。在某些染色体的一个或两个臂上有时还会有另外的缢缩部分，染色较浅，称为次缢痕。次缢痕末端的圆形或略呈长形的突出体，称为随体(图2-2)。某些染色体的次缢痕具有组成核仁的特殊功能，在细胞分裂时，它紧密地联系着一个球形的核仁，因而称为核仁组织者。一般每个核中有一对染色体的次缢痕与核仁形成有关。例如，玉米第六染色体的次缢痕就明显地联系着核仁。

不同物种的染色体之间在大小上有差异，同一物种的各染色体之间在大小上也有差异，这主要是指长度而言，在宽度上同一物种的染色体大致相同。一般染色体长度变动范围是0.2—50 μm ，宽度是0.2—2.0 μm 。在高等植物中，单子叶植物的染色体一般比双子叶植物的染色体大；玉米、小麦、大麦和黑麦的染色体比水稻的大，而棉花、苜蓿、三叶草等植物的染色体较小。

二、染色体的结构 染色体在复制以后，含有纵向并列的两条染色单体，只在着丝粒的地方联在一起。染色体主要由DNA和蛋白质这两类化学物质所组成。每一染色单体的骨架是一个连续的DNA大分子，许多蛋白质分子结合在这个DNA骨架上，成为DNA—蛋白质纤丝。细胞分裂中期时看到的染色单体就是由一条DNA—蛋白质纤丝重复折叠而成的(图2-4)。经过这样重复折叠，使DNA的长度在染色体中压缩到原有长度的万分



图2-4 染色体显微结构的模式图
每一染色单体是一条重复地折叠着的DNA—蛋白质纤丝

之一左右。

关于染色体和染色质的超微结构，从1973年的奥林斯直至最近的贝克，提出了从染色质到染色体的四级结构模型。

1.核小体——染色质的基本结构单位 核小体的核心是由四种组蛋白构成的球状体，DNA双螺旋盘绕在核小体的表面。核小体的直径约为 $100\text{\AA}$ （埃）。DNA在核小体上缠绕1.75圈，可使DNA分子的长度压缩到七分之一（图2—5）。

2.螺线体 由核小体连接起来的线螺旋化，形成外径 $300\text{\AA}$ 、内径 $100\text{\AA}$ 、相邻螺旋间距 $110\text{\AA}$ 的中空的线状结构，称螺线体。螺线体的每一周螺旋由六个核小体组成，因此使DNA的长度压缩到六分之一。如果把核小体看做是染色质的一级结构，那么螺线体就是染色质的二级结构。在电子显微镜下常常看到的直径 $300\text{\AA}$ 左右的细线就是这一结构。

3.超螺线体 从 $300\text{\AA}$ 的细线（螺线体）进一步压缩。螺线体螺旋化形成直径为 $0.4\mu\text{m}$ 的圆筒。这种圆筒称为超螺线体。由螺线体到超螺线体，DNA长度大约压缩成四十分之一。这样，可以认为超螺线体是染色质的三级结构。

4.染色体 超螺线体经过进一步折叠和螺旋化而形成染色体（染色单体），这就是四级结构，长度压缩到五分之一（图2—6）。

构成人类的一条染色体的DNA平均有几厘米长，而染色体只有几微米长。所以DNA在染色体中的压缩程度应该是近万倍左右。按上述各级结构模型的DNA压缩率来看，是接近这个数值的。

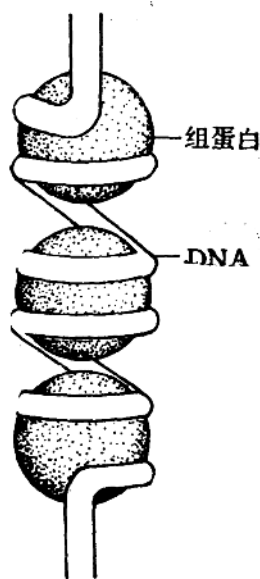


图2—5 绳珠模型
核小体包括：①4种组蛋白各两个分子组成的圆珠。②绕在圆珠外面的DNA双螺旋。DNA把圆珠串起来，成为绳珠，也就是DNA—蛋白质纤维。

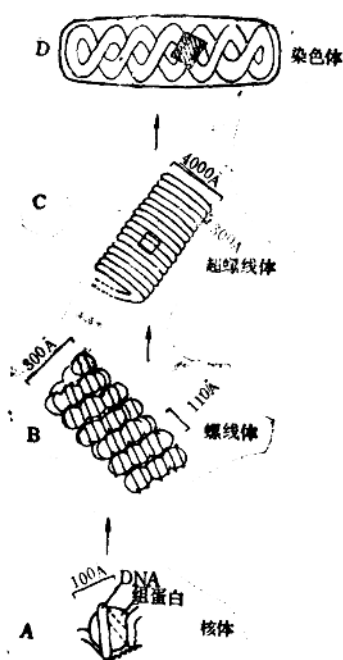


图2—6 从染色质到染色体的四级结构模型

三、染色体的数目 每种生物的染色体数目是一定的。多数高等动植物是二倍体，也就是说，每一个身体细胞中有两组同样的染色体。亲本的每一个配子带有一组染色体，