

遗 传 学

黄裕泉 樊正忠 陈彩安 编

高等教育出版社

遗 传 学

黄裕泉 樊正忠 陈彩安 编
李茂国 责任编辑

高等教育出版社 出版

新华书店北京发行所发行

上海市印刷六厂印装

开本 787×1096 1/16 印张 25.5 字数 582,000

1989年10月第1版 1989年10月第1次印刷

印数 0001—4,700

ISBN 7-04-002448-9/Q·145

定价 5.80元

前 言

本书是根据全国卫星电视教材工作会议的精神编写的。遗传学是卫星电视生物专科系列教材中，侧重阐述生命本质的一门重要学科，是继动物学、植物学、微生物学、动物生理学、植物生理学、生物化学之后的一门提高课程。

从50年代起，遗传学就被公认为是探索生命本质的前沿学科，也是生物学中发展最迅速的一个领域。由于遗传学的概念日益深化、内容十分广泛，所以，它已成为与其他学科如：数学、物理、化学、地学、农学、医学、哲学、社会学、法学等，交叉最多的自然学科之一。

根据成人教育的特点，为了便于自学、理解和运用遗传学知识，本教材在内容体系的安排上，首先介绍了细胞的成分、结构和染色体的行为，接着介绍遗传信息的传递、表达、调节、突变和进化，从易到难、从具体到抽象、从宏观到微观、由浅入深；在取材上，参考了国内外近年来的遗传学教科书，并尽量采用了联系生产实际和生活实际的例子；在编写结构上，每章包括正文、内容摘要和习题；在插图构思上，力求以形象思维代替抽象思维，筛选了许多较成熟的、直观的图、表来表达生命本质的活动过程；在文字表述上，力求通俗易懂、重点突出。它可作为高等师范院校以及农、林、医等大专院校遗传学的教材或教学参考书。

本书由黄裕泉、樊正忠和陈彩安合写而成，黄裕泉任主编。其中，第9—14、第16至第18章由黄裕泉编写；第4至第8章由樊正忠编写；第1和第15章由陈彩安与黄裕泉合编；第2和第3章由陈彩安与樊正忠合编。在编写期间，高等教育出版社的朱秀丽和李茂国两同志对编写提纲提出了宝贵的修改意见；初稿由复旦大学江绍慧同志审阅，并提出了具体的修改内容，在此，一并致以衷心的感谢。

由于编者水平有限，教材内容中的缺点、错误在所难免，敬请读者提出宝贵意见。

编 者

1988年5月

目 录

第 1 章 绪论	1	内容提要	42
1. 1 遗传学研究的内容	1	习题	43
1. 1. 1 遗传学的定义	1	第 3 章 染色体的行为	44
1. 1. 2 遗传学的形成和发展	2	3. 1 染色体的形态特征及 其分类	44
1. 1. 3 遗传学的分支	3	3. 1. 1 染色体的形态特征	44
1. 2 遗传学研究的方法	4	3. 1. 2 染色体的形态分类	45
1. 3 遗传学研究的意义	5	3. 1. 3 染色体的数目和大小	46
1. 3. 1 遗传学研究的理论 意义	5	3. 1. 4 染色体的组型和带型	50
1. 3. 2 遗传学研究的实践 意义	6	3. 2 真核生物的细胞增 殖——有丝分裂	54
第 2 章 细胞的化学成分和结构	11	3. 2. 1 植物细胞的有丝分裂	55
2. 1 组成细胞的化学元素	11	3. 2. 2 动物细胞的有丝分裂	58
2. 1. 1 组成细胞的化学元素 种类	11	3. 2. 3 有丝分裂的遗传学 意义	59
2. 1. 2 组成细胞的化学元素 的含量及其作用	12	3. 3 真核生物的有性生 殖——减数分裂	59
2. 2 组成细胞的分子	13	3. 3. 1 减数分裂的概念	60
2. 2. 1 水	14	3. 3. 2 减数分裂过程中染 色体的行为	61
2. 2. 2 无机盐及其离子	14	3. 3. 3 减数分裂的遗传学 意义	64
2. 2. 3 糖类	15	3. 3. 4 高等植物的有性生殖	65
2. 2. 4 蛋白质	17	3. 3. 5 哺乳动物的有性生殖	67
2. 2. 5 核酸	21	内容提要	71
2. 2. 6 脂类	21	习题	71
2. 3 组成细胞的三大系统	23	第 4 章 孟德尔的分离规律	73
2. 3. 1 微膜系统	25	4. 1 孟德尔的一对相对性 状的杂交试验	74
2. 3. 2 微梁系统	33	4. 1. 1 孟德尔的豌豆杂交 试验	74
2. 3. 3 微球体系统	35		
2. 4 染色体的结构	36		
2. 4. 1 染色体的化学成分	37		
2. 4. 2 染色体的构型变化	38		

4. 1. 2 杂交图式及其符号 和术语	81	4. 7. 1 在作物育种中的应用 ...	106
4. 2 分离现象的解释	82	4. 7. 2 在人类性状传递中的 应用	106
4. 2. 1 孟德尔提出的假说	82	内容提要	109
4. 2. 2 一对遗传因子的遗 传分析	83	习题	110
4. 2. 3 基因型和表现型	84	第 5 章 孟德尔的自由组合规律	112
4. 2. 4 基因行为与染色体 行为的平行关系	85	5. 1 孟德尔的两对相对 性状的杂交试验	112
4. 3 分离规律的验证	86	5. 1. 1 杂交试验现象的观察 ...	112
4. 3. 1 测交法	86	5. 1. 2 杂交试验结果的分析 ...	113
4. 3. 2 自交法	87	5. 2 自由组合现象的解释 ...	114
4. 3. 3 F_1 花粉鉴定法	88	5. 2. 1 遗传因子自由组合的 假说	114
4. 3. 4 粗糙脉孢菌子囊孢 子鉴定法	89	5. 2. 2 自由组合规律的实质 ...	115
4. 3. 5 分离规律的实质	90	5. 3 自由组合规律的验证 ...	116
4. 4 孟德尔试验的科学性 与分离比实现的条件 ...	91	5. 3. 1 测交法	116
4. 4. 1 孟德尔试验的科学性 ...	91	5. 3. 2 自交法	117
4. 4. 2 3:1实现的基本条件 ...	92	5. 4 多对相对性状杂交的 遗传分析	118
4. 4. 3 3:1为近似值的原因 ...	92	5. 5 统计学原理在遗传学 中的应用	119
4. 5 孟德尔分离规律的发 展和扩充	92	5. 5. 1 概率的应用	120
4. 5. 1 不完全显性	93	5. 5. 2 二项式展开的应用 ...	123
4. 5. 2 共显性	94	5. 5. 3 χ^2 测验(卡方测验) ...	125
4. 5. 3 镶嵌显性	96	5. 6 非等位基因之间的相互 作用	128
4. 5. 4 复等位基因	96	5. 6. 1 基因互作与互作基因 ...	128
4. 5. 5 致死基因	101	5. 6. 2 基因互作的类型	129
4. 5. 6 分离规律的表现形式 ...	102	5. 6. 3 多因一效与一因多效 ...	135
4. 6 遗传性状的表现与环 境的关系	103	5. 7 自由组合规律的应用 ...	136
4. 6. 1 环境对基因型效应的 影响	103	5. 7. 1 自由组合规律在理 论上的应用	136
4. 6. 2 表现度和外显率	104	5. 7. 2 自由组合规律在杂 交育种实践中的应用 ...	136
4. 6. 3 反应规范与表型模写 ...	104	内容提要	137
4. 7 分离规律的应用	106	习题	138

第6章 连锁和交换规律	139	7. 3. 2 动物的伴性遗传	168
6. 1 性状连锁遗传的表现	139	7. 3. 3 人的伴性遗传	171
6. 1. 1 性状连锁遗传现象		7. 3. 4 高等植物的伴性遗传	173
的发现	139	7. 3. 5 限雄遗传	173
6. 1. 2 摩尔根的果蝇杂交		7. 3. 6 从性遗传	175
实验	139	内容提要	175
6. 2 交换的细胞学证据	144	习题	176
6. 2. 1 交换的概念	144	第8章 细胞质遗传	177
6. 2. 2 斯特恩(Stern)的果蝇实验	144	8. 1 细胞质遗传的概念	177
6. 3 交换值及其测定	145	8. 2 细胞质遗传的实例	177
6. 3. 1 交换值的概念	145	8. 2. 1 紫罗兰的母系遗传	177
6. 3. 2 交换值的测定	146	8. 2. 2 紫茉莉的叶绿体遗传	178
6. 3. 3 对交换值的理解	146	8. 2. 3 脉孢霉的线粒体遗传	179
6. 4 基因定位和基因连锁		8. 3 细胞质遗传的特点	180
图	147	8. 4 质基因与核基因的互	
6. 4. 1 基因定位的概念	147	作关系	181
6. 4. 2 基因定位的方法	147	8. 5 植物雄性不育的遗传	183
6. 4. 3 交换和干涉	152	8. 5. 1 可遗传的雄性不育	
6. 4. 4 基因连锁群和连锁图	152	的类型	183
6. 5 连锁和交换规律的应用	155	8. 5. 2 核质互作不育的遗	
6. 6 遗传学中三个规律之		传机制	186
间的关系	156	8. 5. 3 雄性不育在作物杂	
6. 6. 1 三个遗传规律之间的区别	156	交育种上的应用	186
6. 6. 2 三个遗传规律之间的联系	157	内容提要	188
内容提要	157	习题	188
习题	157	第9章 多基因遗传	189
第7章 性别决定和伴性遗传	159	9. 1 数量性状	189
7. 1 性别决定	159	9. 1. 1 小麦粒色的遗传试验	189
7. 1. 1 性染色体	159	9. 1. 2 数量性状与微效基因	190
7. 1. 2 性别决定的方式	160	9. 2 数量性状的研究方法	191
7. 2 性别的控制和识别	166	9. 2. 1 平均数(\bar{x})	192
7. 2. 1 性别的控制	166	9. 2. 2 方差(V)和标准差	
7. 2. 2 性别的识别	167	(s)	192
7. 3 伴性遗传	168	9. 2. 3 遗传率	193
7. 3. 1 伴性遗传的概念	168	9. 3 微效基因数量效应的	
		分析	195

9. 3. 1	微效基因数的估算	195	11. 2	DNA分子的结构特 性	227
9. 3. 2	微效基因的作用方式	196	11. 2. 1	碱基配对的偶联性	227
9. 4	超亲遗传——杂种优 势	197	11. 2. 2	碱基序列的重复性	229
9. 4. 1	超亲遗传现象	197	11. 2. 3	碱基上基团的可变性	230
9. 4. 2	超亲遗传学说	199	11. 2. 4	双链DNA的变 性和复性	231
	内容提要	199	11. 2. 5	双链DNA的变构性	232
	习题	200	11. 2. 6	双链DNA分子中的极 性	233
第10章	细菌和病毒的遗传	202	11. 3	DNA分子的复制	234
10. 1	细菌和病毒在遗传 学研究中的地位	202	11. 3. 1	DNA分子的半保留 复制	234
10. 1. 1	现代遗传学的兴起	202	11. 3. 2	DNA分子的双向复 制	236
10. 1. 2	细菌和病毒是遗传 学研究的好材料	202	11. 3. 3	DNA分子的复制过 程	238
10. 2	细菌遗传物质的传 递和基因作图	205	11. 3. 4	DNA分子的复制体	242
10. 2. 1	细菌遗传物质的分布	205	11. 4	真核生物染色体的 复制	242
10. 2. 2	细菌遗传物质的传递 和基因作用	205	11. 5	ϕ X174单链环状 DNA滚环复制模型	245
10. 3	病毒遗传物质的传 递和基因作图	215		内容提要	245
10. 3. 1	DNA或RNA是遗传 物质的证据	215		习题	246
10. 3. 2	病毒的繁殖方式	217	第12章	基因的表达	248
10. 3. 3	病毒对宿主细胞遗传 物质的传递	218	12. 1	基因与性状	248
10. 3. 4	病毒DNA分子基因 重组作图	220	12. 2	基因的转录	251
	内容提要	221	12. 2. 1	基因的转录—— RNA的合成	251
	习题	222	12. 2. 2	不对称转录	253
第11章	DNA分子的特性和复制	223	12. 2. 3	RNA分子的种类和 转录酶	253
11. 1	DNA分子的成分和 结构	224	12. 3	RNA分子的加工	254
11. 1. 1	核酸的种类	224	12. 3. 1	mRNA前体分子的 加工	254
11. 1. 2	脱氧核糖核酸的 结构	225	12. 3. 2	tRNA前体分子的	

加工.....	255	13. 3. 3 基因翻译调控.....	286
12. 3. 3 rRNA前体分子的加工.....	258	内容提要	287
12. 4 逆转录	260	习题.....	288
12. 5 遗传密码.....	261	第14章 基因突变	289
12. 5. 1 密码子.....	261	14. 1 基因突变的类型	290
12. 5. 2 密码子的破译.....	261	14. 1. 1 根据基因突变发生的原因分类.....	290
12. 5. 3 密码子的分类.....	263	14. 1. 2 根据基因突变的表型效应分类.....	290
12. 5. 4 遗传密码的普遍性和特殊性.....	264	14. 1. 3 根据基因突变的遗传密码分类.....	291
12. 6 基因的翻译——蛋白质的合成	264	14. 1. 4 根据基因突变的碱基类型分类.....	293
12. 6. 1 起始阶段.....	264	14. 2 基因突变的检测	293
12. 6. 2 合成阶段.....	267	14. 2. 1 根据性状的遗传规律进行检测.....	293
12. 6. 3 终止阶段.....	268	14. 2. 2 根据顺反子互补测验进行检测.....	294
内容提要	269	14. 3 基因突变的机理	295
习题.....	270	14. 3. 1 物理因素诱发突变.....	296
第13章 基因活性的调节	271	14. 3. 2 化学因素诱发突变.....	298
13. 1 基因活性的程序	272	14. 3. 3 生物因素诱发突变.....	300
13. 1. 1 T ₄ 噬菌体的基因活性程序.....	272	14. 4 基因损伤的修复	302
13. 1. 2 乳酸脱氢酶基因活性的差异.....	272	14. 4. 1 光复活修复.....	303
13. 1. 3 人体血红蛋白基因活性的消涨关系.....	274	14. 4. 2 切除修复.....	303
13. 2 原核生物基因活性的调节	274	14. 4. 3 复制后重组修复.....	304
13. 2. 1 操纵子的组成.....	275	14. 5 基因突变的部位和时间.....	305
13. 2. 2 分解代谢过程中操纵子的调控.....	277	14. 5. 1 基因突变发生的部位.....	305
13. 2. 3 合成代谢过程中操纵子的调控.....	277	14. 5. 2 基因突变发生的时间.....	306
13. 3 真核生物基因活性的调节	278	内容提要	308
13. 3. 1 基因复制的调控.....	278	习题.....	308
13. 3. 2 基因转录调控.....	283	第15章 染色体畸变	310
		15. 1 染色体结构的畸变.....	310
		15. 1. 1 缺失.....	310
		15. 1. 2 重复.....	312

15. 1. 3	倒位	313	17. 5	互交群体中隐性致死基因的传递	351
15. 1. 4	易位	313	17. 6	近亲婚配遗传病风险的估算	354
15. 2	染色体数目的畸变	317	内容提要	356	
15. 2. 1	整倍体染色体畸变	318	习题	357	
15. 2. 2	非整倍体染色体畸变	320	第18章	生物的进化	358
15. 2. 3	两性嵌合体(两性人)染色体畸变	325	18. 1	生命的起源	358
15. 3	染色体遗传病的检查	326	18. 1. 1	地球的形成和发展	358
15. 4	大麦三体杂交育种	327	18. 1. 2	生命起源的化学进化	359
内容提要		328	18. 1. 3	原始生命的诞生	361
习题		329	18. 1. 4	原始生命的遗传物质	363
第16章	基因的概念和遗传工程	330	18. 2	生物进化的历程	363
16. 1	基因的相对概念	330	18. 3	生物进化的证据	364
16. 1. 1	染色体水平上的基因概念	330	18. 3. 1	分类学	364
16. 1. 2	代谢水平上的基因概念	330	18. 3. 2	比较解剖学	365
16. 1. 3	DNA分子水平上的基因概念	333	18. 3. 3	地质古生物学	365
16. 2	遗传工程	334	18. 3. 4	胚胎学	365
16. 2. 1	细胞工程	334	18. 3. 5	细胞学	365
16. 2. 2	基因工程	338	18. 3. 6	分子遗传学	367
内容提要		344	18. 4	生物进化的学说	375
习题		345	18. 4. 1	获得性状遗传学说	375
第17章	群体遗传	346	18. 4. 2	自然选择学说	376
17. 1	基因型频率和基因频率	346	18. 4. 3	现代达尔文主义	377
17. 2	哈迪-威恩伯格基因平衡定律	347	18. 4. 4	中性突变学说	379
17. 3	复等位基因的遗传平衡	350	18. 5	哺乳动物的进化	380
17. 4	自交群体中基因型频率的变化	351	18. 5. 1	灵长目的进化	380
			18. 5. 2	人类的进化	386
			18. 5. 3	人类进化的动力	391
			18. 5. 4	现代人群中的突变和自然选择	392
			参考文献		396

第1章 绪 论

遗传学(genetics)是现代生物学中发展最迅速的一门学科,也是和其它自然科学、社会科学以及技术科学(如数学、物理、化学、哲学、社会学、法学、工业、农业、医学)等交叉最多的学科之一。

由于遗传工程的兴起,使人类开始进入到一个改造旧物种、创建新物种并为人类服务的新时代。因此,遗传学已成为许多现代自然科学家、政治家、社会学家、军事家和企业家等共同关注的一个领域。

1·1 遗传学研究的内容

1·1·1 遗传学的定义

遗传学是研究遗传和变异的科学。关于什么是遗传、什么是变异这一问题,我们的祖先很早就作了形象的比喻:“龙生龙,凤生凤,老鼠生仔会打洞”;“种瓜得瓜,种豆得豆”。这两句说的是动、植物的遗传现象,这种世代间的连续就称之为遗传(heredity)。“一娘生九子,连娘十个样”,这句话说的是变异现象,这种子代与亲代以及子代个体间的差异,就称之为变异(variation)。“龙”是指爬行类;“凤”是指鸟类;“老鼠”是指哺乳类。这些动物不仅形态结构能够遗传,而且本能行为也能遗传。没有遗传,就没有相对稳定的生物界。

生物的变异现象,是与遗传现象并存且又对立统一的生命现象。引起变异的原因很多,在所发生的一切变异中,有的变异能够遗传,有的变异则不能遗传。没有生物的变异,现在地球上就不可能有近200万种形形色色、千差万别的生物。所以,从总体上概括,遗传学就是研究遗传和变异规律的科学。

随着遗传学的不断发展,遗传学研究的内容也在不断地深化。最初是个体性状遗传变异规律的研究,以后逐步扩展到遗传物质结构和功能的研究,从而使遗传学成为探索生命本质的前沿学科。

近40年来是遗传学飞速发展的时期,从遗传物质大分子的研究,到DNA分子上各种有遗传效应的DNA片断和核苷酸序列的研究:不仅能研究基因在DNA大分子上的定位,而且,还能将基因从DNA大分子上切割下来,人为地进行基因的转移、重组和表达。所以,从现代遗传学研究的内容上讲,遗传学实际上是研究遗传物质的本质和传递以及遗传信息的表达和进化的科学。

1. 1. 2 遗传学的形成和发展

遗传学的形成和发展与其它学科相比有两个显著的特点：其一，人类对遗传现象的认识很早，但对遗传规律的阐明很迟。其二，遗传学学科的形成很晚，但形成后发展很快。

人类对遗传现象的认识和利用，从人类社会进化的早期开始就已经发挥了很大作用。早在一万年以前，人类从渔猎向定居过渡时，在很大程度上是取决于人类对野生植物的引种和栽培，以及对野生动物的驯化和饲养。这说明从那时起，人类的祖先就已经认识到了动、植物的遗传现象。

从人类定居以后，在农业和畜牧业的生产实践中，人类逐渐学会了改良动、植物的品种，并通过杂交培育出了很多动、植物的优良品种。但是，那时只知道遗传现象，而不知道亲代与杂交子代之间的遗传规律。

经过近万年的努力，直到1865年奥地利的学者孟德尔 (Mendel, G.) 通过豌豆杂交试验的结果，发表了题为《植物杂交试验》的科学论文，提出了遗传的“分离规律”和“自由组合规律”，这才在遗传学发展史上首次透过遗传现象揭示出遗传性状的传递规律。孟德尔发现遗传规律以前的这段漫长的历史时期，通常称之为遗传学的史前时期。

1665年，英国的虎克(Hooke, R.)用自制的显微镜，第一次看到了组成生物体的细胞；1875~1884年，德国的弗莱明(Flemming, W.)和斯特拉斯布格(Strasburger, E.)分别在动、植物细胞中，发现了染色体的纵向分裂以及分裂后趋向两极的行为；后来，有两位生物学家分别在动、植物中发现了精卵结合的受精现象。这些发现为遗传的染色体学说奠定了基础。与此同时，另有一批学者在遗传物质方面作了许多探索，如：英国生物学家进化论的创始人达尔文(Darwin, C.)于1868年提出了遗传物质的“微芽”说。微芽说虽然是错误的，但在透过遗传现象寻找遗传物质的方向上是正确的；1883年，德国的动物学家魏斯曼(Weismann, A.)提出了遗传物质的“种质”说，指出生殖细胞中的染色体就是种质。这些对遗传物质的阐述，为遗传学的发展开辟了道路。

1900年，德国、荷兰和奥地利的三位从事植物杂交试验的学者柯伦斯 (Correns, C. E.)、德弗里斯 (de Vries, H.) 和丘歇马克 (Tschermak, E. von S.)，分别发现了沉睡35年之久的孟德尔论文，并确认了孟德尔遗传规律划时代的伟大意义；1909年，丹麦学者约翰逊 (Johannsen, W. L.) 把孟德尔的遗传因子改名为基因；同年，贝特森 (Bateson, W.) 发表了“孟德尔式的遗传原理”，将遗传学定义为研究遗传和变异的科学。从孟德尔《植物杂交试验》论文的发表(1865年)，到贝特森“孟德尔式的遗传原理”的诞生(1909年)，通常称之为遗传学的诞生时期。

从1910年到现在为遗传学的发展时期。在这段时期里，遗传学分别在细胞遗传、微生物遗传和分子遗传三个方面，都得到了迅速的发展。

在细胞遗传方面：1910年摩尔根(Morgan, T. H.)* 在果蝇中发现了性连锁遗传规律；1925年摩尔根发表了《基因论》；1927年缪勒 (Muller, H. J.)* 用X-射线诱导果蝇突变成功；1937年多布赞斯基 (Dobzhansky, Th.) 发表了《遗传学和物种起源》；1955年，美籍华人徐道

首先发现了哺乳动物细胞低渗染色体制备法,为医学遗传学的发展奠定了基础;1960年,诺威尔(Nawell, P. C.)将人的白细胞离体培养成功;同年巴斯克依(Barski, G.)将哺乳动物的体细胞杂交成功;1970年,卡斯珀森(Caspersson, T.)发现了人类染色体的分带技术等等。

在微生物遗传方面:1928年,格里菲斯(Griffith, F.)发现了细菌的转化现象;1941年,比德尔(Beadle, G. W.)*和塔特姆(Tatum, E. L.)*发表了“一个基因一个酶”的学说;1946年,莱德伯格(Lederberg, J.)*发现了细菌之间有遗传物质的交换现象;1949年,戴尔伯勒克(Delbruck, M.)*发现细菌与病毒之间有遗传物质的交换现象;1952年,莱德伯格发现细菌中有F性转移因子存在;1961年,雅各布(Jacob, F.)*和莫诺德(Monod, J.)*发表了大肠杆菌中“操纵子学说”等。

在分子遗传方面:1944年,艾弗里(Avery, O. T.)发现DNA是遗传物质;1952年,贾格夫(Chargaff)发现DNA中A=T、G≡C的碱基配对原则;1953年,澳森(Watson, J. D.)*和克里克(Crick, F. H. C.)*发表了DNA双螺旋的空间结构模型;1961年,尼伦伯格(Nirenberg, M. W.)*破译了遗传密码;1963年,马穆(Marmur)发现了DNA和DNA分子杂交的技术;1964年,亚诺夫斯基(Yanofsky, C.)发现了基因核苷酸顺序和它编码的蛋白质分子中氨基酸顺序之间,有线性对应关系;1968年,阿伯(Arber, W.)*、史密斯(Smith, H.)*和奈森(Nathans, D.)*发现了限制性内切酶;1970年,帕德尤(Pardue)发现了RNA和DNA分子杂交的技术;1972年,伯格(Berg, P.)首次将两种不同的DNA连接在一起,构成第一批重组体DNA分子;1973年,科恩(Cohen, S. N.)首次将外源DNA插入到细菌质粒中;1975年,考莱纳(Khorana, H. G.)*发现了人工合成基因的技术;1978年,桑格(Sanger, F.)*发现了重叠基因;1983年,麦克林托克(McClintock, B.)*因发现了跳跃基因而获诺贝尔奖。

1.1.3 遗传学的分支

随着遗传学研究的深入和发展,遗传学形成了很多的分支学科,现在,遗传学正在以下三个不同的层次上同时进行研究。

在群体层次上开展研究的分支学科有:群体遗传学(population genetics)——用数学和统计学的方法研究群体中基因的动态、基因频率和基因平衡的遗传基础;生态遗传学(ecological genetics)——研究生物与生物以及生物与环境相互适应或影响的多态现象和拟态现象的遗传基础;进化遗传学(evolutional genetics)——研究遗传物质、遗传密码和遗传机构的起源和演变以及物种形成的遗传基础;数量遗传学(quantitative genetics)——用数理统计和数学分析的方法研究数量性状的遗传规律。

在细胞层次上开展研究的分支学科有:细胞遗传学(cytogenetics)——研究遗传现象与染色体行为之间的关系以及研究染色体畸变的遗传效应等。

在分子层次上开展研究的分支学科有:分子遗传学(molecular genetics)——研究基因结构、基因功能、基因突变和基因重组等。

* 为诺贝尔奖获得者。

更多的遗传学分支是从研究的内容上进行划分的。例如：发育遗传学 (developmental genetics)——研究基因与性状发育之间的关系；行为遗传学 (behavior genetics)——研究生物行为 (向光、向地、摄食、求偶、育儿、学习、记忆等) 的基因和基因的作用途径；辐射遗传学 (radiation genetics)——研究电离辐射和非电离辐射的遗传效应；药理遗传学 (pharmacogenetics)——研究遗传因素和药物反应之间的关系；免疫遗传学 (immunogenetics)——研究免疫机制的遗传基础；毒理遗传学 (toxicogenetics)——研究环境因素对遗传物质的损伤及其毒理效应，如致突变、癌变、畸变等；医学遗传学 (medical genetics)——研究遗传性疾病的遗传本质和传递规律；临床遗传学 (clinical genetics)——研究遗传病的诊断和预防等。

还有一些遗传学的分支，是根据研究的对象进行划分的。例如：人类遗传学 (human genetics)——研究人类形态、结构、生理、行为等各种性状的遗传规律，以及遗传病的发生、传递和预防；微生物遗传学 (microbial genetics)——以病毒、细菌、小型真菌以及单细胞动、植物等微生物为研究对象的遗传学分支学科。此外，还有因生产意义而出现的以某一类或某一种生物命名的遗传学分支学科，如：家禽遗传学、棉花遗传学和水稻遗传学等。

1·2 遗传学研究的方法

遗传学作为一门独立的学科，虽然它出现得很晚，但是，发展却非常迅速。这是因为其它自然学科如：数学、物理、化学、生物化学、微生物学等的发展，为遗传学的研究提供了很多行之有效的方法。

(1) 群体调查、统计、分析法：用数学和统计学的方法，研究群体中性状传递的规律。

(2) 环境因子作用分析法：通过物理、化学、生物等环境因子，作用于细胞中的遗传物质，或作用于遗传物质传递和遗传信息表达的过程，以其研究生物与环境的关系。

(3) 杂交分析法：杂交是遗传学研究中最常用的方法之一。杂交可以在三个不同的层次上进行：其一，生物个体间的杂交——通过同种或不同种、属个体间的杂交，使遗传物质产生新的组合，从而研究其性状的传递规律。其二，生物体细胞间的杂交——通过同种或不同种、属生物体细胞之间的融合，来研究遗传物质的传递和遗传信息表达的规律。其三，生物体分子间的杂交——通过同种或不同种、属生物体DNA分子间的杂交，或是DNA与RNA分子间的杂交，来研究核苷酸序列的同源性及其规律。

(4) 超微结构分析法：通过超薄切片和电子显微镜(简称“电镜”)，来研究遗传物质的结构和功能，以及同遗传信息表达有关的细胞器的结构和功能。还可通过X-衍射来研究遗传物质和其它信息分子的构型和遗传特性。

(5) 超速离心分析法：通过超速离心之手段，以此来纯化和收集不同重量的遗传信息分子，以便研究各自的遗传特性。

(6) 电泳分析法：通过电泳分子筛来收集不同大小的DNA分子片段，以便研究各自的遗传特性。

(7) 信息分子示踪分析法：通过同位素标记，来研究DNA、RNA和蛋白质分子在遗传信息的传递和表达过程中的作用规律。

(8) 基因剪辑、重组分析法：通过限制性内切酶、DNA和RNA多聚酶、DNA连接酶的作用，来研究不同DNA分子上有关基因的剪辑和重组。这是基因工程中最主要的研究方法。

1.3 遗传学研究的意义

随着遗传学研究的深入和发展，遗传学的研究成果已被广泛地应用到生物学的各个分支学科，以及工业、农业、医药卫生、哲学、社会学、法学等各个领域（图1-1）。

遗传学研究的意义具体表现在以下两个方面。

1.3.1 遗传学研究的理论意义

生物学中的各个分支学科，如：动物学、植物学、组织学、解剖学、胚胎学、生理学、生物化学、生态学等，它们分别研究生物各个层次上的结构和功能，这些结构和功能，无一不是遗传与环境相互作用的结果。从生物学各个分支学科的研究内容中，固然可以看到生命的共性，可是，看到更多的却是生命的多样性。而遗传学则相反，从遗传学的研究内容中，虽然能够看到生命的多样性，可是，看到更多的却是生命的共性。

例如：人和病毒在形态结构和生理功能上没有任何相似之处，但是，在遗传物质的传递和信息表达上却具有统一性，即二者都共用一个遗传密码表。这说明遗传学在揭示生命本质的研究中，具有特别重要的意义。所以，遗传学在当代已成为整个生物科学发展的焦点。

遗传学的研究不仅具有自身的重要价值，而且，遗传学的发展也大大推动了生物学其它分支学科的发展，使这些分支学科，从内容、概念到研究方法上都发生了一定的变化和更新。

例如：进化论所研究的生物进化过程，实际上就是遗传物质历史演化的过程；发育生物学研究的从受精卵到成体的发育过程，实际上就是基因分别被激活和抑制的过程；激素的生理功能，实际上就是有关基因活性调控和表达的过程；以生物个体形态特征为依据的分类学，实际上也可以用细胞染色体结构和核苷酸的序列为依据进行分类等。

在遗传学与生物学的各个分支学科中，以遗传学与生物化学的关系最为密切。一方面在许多遗传学的研究中必须运用生物化学的方法和知识；另一方面遗传学研究的结果，也丰富和发展了生物化学的内容。

例如：细菌营养缺陷型的研究，阐明了遗传基因在氨基酸和核苷酸生物合成途径中的地位和作用；而遗传物质DNA分子的结构和功能的研究，以及遗传密码的破译等，又都有力地促进了生物化学对蛋白质合成机制的研究。

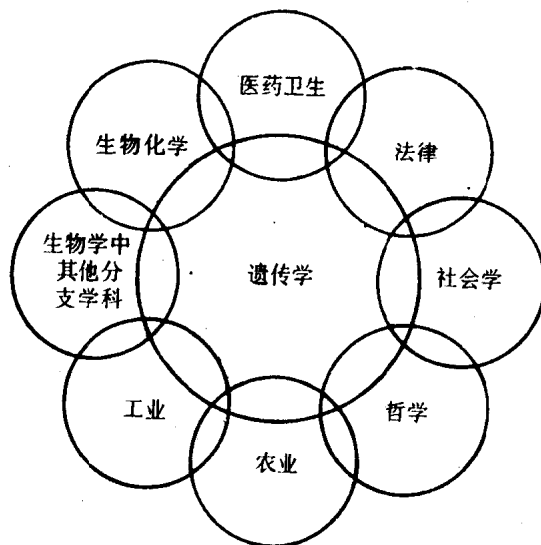


图1-1 遗传学在自然科学和社会科学中的地位

遗传学的研究，不仅促进了生物学各个分支学科的发展，而且，对社会科学如哲学、社会学、法学等，都提供了丰富的自然科学内容。

例如：遗传物质的起源和进化，以及遗传信息表达的研究，对阐明物质世界的统一性以及对立统一规律，增添了许多遗传学方面的内容。遗传学的研究，还为社会学中的人口理论、环境保护以及风俗民情的评价等，提供了客观的科学依据。此外，还能为法学中的婚姻法、刑法、民事诉讼法、医药卫生保健法、环境保护法等法律的建立、实施以及宣传教育等，提供了可靠的科学资料。

1·3·2 遗传学研究的实践意义

遗传学是一门在农业生产育种实践中发展起来的科学，当遗传学的基本原理应用于农业生产的育种实践后，它反过来又大大推动了农业生产的发展。

例如：甜菜是制糖工业的重要原料，1747年甜菜中的含糖量还不到2%，通过选育到19世纪20年代，甜菜的含糖量增加到5~7%。到1858年，甜菜的含糖量又增加到14%。现在，优良甜菜品种的含糖量已高达20%以上。玉米是一种重要的粮食和饲料，在本世纪20年代，自从美国开始应用杂种优势这一遗传学原理指导玉米的育种工作以来，使玉米取得了显著的增产效益，在30年代早期，玉米的平均亩产量仅为93千克；到了40年代末，玉米的亩产量提高到140千克；而在80年代早期，玉米的平均亩产量已上升到423千克，事实上，玉米的最高亩产量已达933千克。

通过杂交育种，不仅能够提高农作物的产量，而且还能改善粮食的质量。例如：在60年代时，测定普通玉米中蛋白质的平均含量大约为10%，其中，对人体和动物很有价值的一些必须氨基酸的含量都很少。而人工培育出的一种暗色玉米(Opaque)，不仅含有较高的对人和动物都有营养价值的谷蛋白，而且，赖氨酸的含量比普通玉米高50~60%。如果用这种玉米喂小猪，那么，它比吃普通玉米的小猪，其生长速度要快三倍半，同时，单位体重所消耗的富含赖氨酸的玉米量，只是普通玉米量的一半。

60年代，以遗传学的基本原理指导农作物的育种工作，获得了很多产量高、品质优的优良品种，通常把这一时期称之为“绿色革命”时期。例如：在普通小麦中引进了抗倒伏的矮化耐肥基因后(图1-2)，使墨西哥的小麦产量提高了一倍以上(图1-3)，从而使墨西哥由粮食进口国，一跃而成为小麦出口国。与此同时，通过杂交培育出的抗倒伏的矮秆耐氮肥的水稻品种，使水稻的产量增加了50%以上(图1-4)。

近年来，我国科学家袁隆平在杂交水稻的育种工作中，取得了突出的成绩，在世界上处于领先地位。

农作物产量的高低，不仅与作物的品种、土地的肥力和气候等条件有关，而且与病虫害的危害程度也有十分密切的关系。由于病虫害的危害，轻则使农作物减产，重则使农作物颗粒无收。例如：大麦黑穗病对大麦收成的影响很大，当大麦感染了黑穗病之后，麦穗发生病变(图1-5)，麦粒不能食用。而具有抗黑穗病感染基因的大麦品种，则能抵抗黑穗病的感染。通过杂交育种，能将抗病基因转移到不抗病而其它性状都很好的品种中去。



图 1-2 矮化抗倒伏小麦品种与普通高秆易倒伏小麦品种对照图

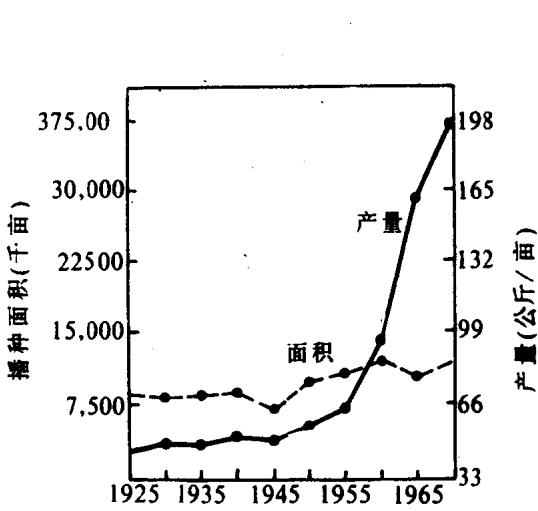


图 1-3 墨西哥矮秆小麦推广种植前后, 种植面积与产量变化示意图

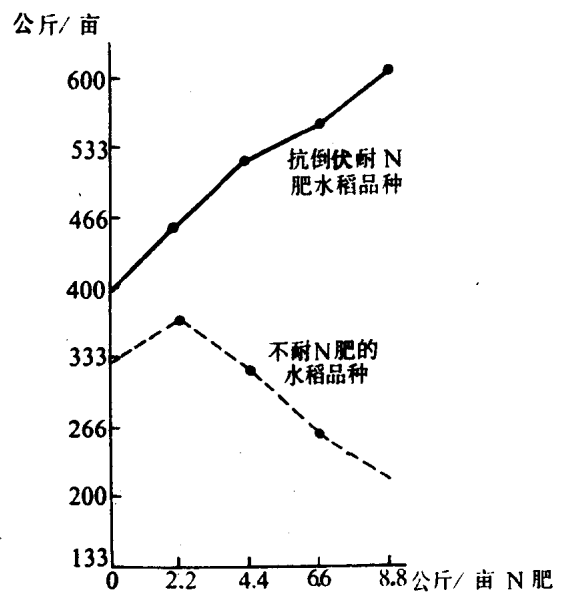


图 1-4 水稻抗倒伏耐氮肥的品种 1R8 与不耐氮肥品种的施氮肥量与水稻产量关系对比示意图



图 1-5 大麦穗

左侧为抗黑穗病品种的正常穗；右侧为易感黑穗病品种的病态穗

例如：从1966年到1973年共花了七年的时间，在水稻中就培育出了一种既抗真菌、细菌和病毒引起的多种病害，又抗多种虫害的水稻品种（表 1-1）。

遗传学在农业生产的实践中所取得的成绩，为缓解世界范围内的粮食危机作出了贡献。摆在我们面前的一项任务是，通过基因工程将豆科中的固氮基因引入禾本科植物中，将各种优质、高产、抗病的基因引进栽培植物中，从而更大程度地满足人类社会对农作物产品日益增长的需要，这仍然是遗传学继续研究的一个重要课题。在应用植物基因工程技术方面，我国已培育出抗病毒的烟草植株，这表明我国在植物基因工程的研究中，已经进入世界的先进行列。