

全国高等教育自学考试指导委员会

高等教育自学考试教材

# 普通遗传学

程经有 主编

高等教育出版社



全国高等教育自学考试教材

# 普通遗传学

程经有 主编

高等教育出版社

(京) 112号

全国高等教育自学考试教材

**普通遗传学**

程经有 主编

高等教育出版社出版

新华书店总店科技发行所发行

中国科学院印刷厂印装

开本850×1168 1/32 印张13.875 字数360 000

1994年5月第1版 1994年5月第1次印刷

印数0001—1-555

ISBN7-04-004664-4/Q·220

定价 7.25 元

## 出版前言

高等教育自学考试教材是高等教育自学考试工作的一项基本建设。经国家教育委员会同意，我们拟有计划、有步骤地组织编写一些高等教育自学考试教材，以满足社会自学和适应考试的需要。《普通遗传学》是为高等教育自学考试农学、果树、蔬菜专业组编的一套教材中的一种。这本教材根据专业考试计划，从造就和选拔人才的需要出发，按照全国颁布的《农学、果树、蔬菜专业基础课自学考试大纲(合订本)》的要求，结合自学考试的特点，组织高等院校一些专家学者集体编写而成的。

农学、果树、蔬菜专业《普通遗传学》自学考试教材，是供个人自学、社会助学和国家考试使用的。现经组织专家审定同意予以出版发行。我们相信，随着高教自学考试教材的陆续出版，必将对我国高等教育事业的发展，保证自学考试的质量起到积极的促进作用。

编写高等教育自学考试教材是一种新的尝试，希望得到社会各方面的关怀和支持，使它在使用中不断提高和日臻完善。

全国高等教育自学考试指导委员会

一九九二年三月

# 目 录

<b>绪言</b> .....	1
一、遗传学研究的对象和任务 .....	1
二、遗传学的发展简史 .....	2
三、遗传学在科学和生产中的作用 .....	6
<b>第一章 遗传的细胞学基础</b> .....	10
<b>第一节 细胞的结构和功能</b> .....	10
一、细胞膜 .....	10
二、细胞质 .....	12
三、细胞核 .....	13
<b>第二节 染色体的形态、结构和数目</b> .....	14
一、染色体的形态特征 .....	14
二、染色体的结构 .....	16
三、染色体的数目 .....	20
四、染色体组型 .....	22
<b>第三节 有丝分裂</b> .....	24
一、有丝分裂的过程 .....	24
二、有丝分裂的遗传学意义 .....	27
三、原核细胞的分裂 .....	27
<b>第四节 减数分裂</b> .....	29
一、减数分裂的过程 .....	29
二、减数分裂的遗传学意义 .....	33
<b>第五节 动、植物的生活周期</b> .....	34
一、高等动物的生活周期 .....	34
二、高等植物的生活周期 .....	36
三、低等植物的生活史 .....	40
四、无融合生殖 .....	41
五、不定胚和多胚现象 .....	42
<b>第二章 分离规律</b> .....	44

第一节 一对因子的杂交试验 .....	45
一、相对性状 .....	45
二、孟德尔的豌豆杂交试验 .....	45
第二节 分离现象的解释和验证 .....	47
一、分离现象的解释 .....	47
二、分离规律实现的条件 .....	49
三、表现型和基因型 .....	49
四、纯合体和杂合体 .....	50
五、分离规律的验证 .....	51
第三节 分离规律的细胞学基础 .....	53
第四节 分离规律的普遍意义 .....	54
第五节 显隐性关系及其与环境的影响 .....	58
一、完全显性和不完全显性 .....	56
二、共显性 .....	57
三、显隐性和环境条件的关系 .....	58
第六节 分离规律的应用 .....	59
<b>第三章 自由组合规律 .....</b>	<b>62</b>
第一节 两对相对性状的遗传 .....	62
第二节 自由组合现象的解释和验证 .....	64
一、自由组合现象的解释和验证 .....	64
二、自由组合规律的验证 .....	66
第三节 自由组合规律的细胞学基础 .....	70
第四节 多对性状的遗传 .....	72
一、三对性状的遗传 .....	72
二、多对性状的遗传 .....	74
第五节 概率原理在遗传研究中的应用 .....	75
一、概率 .....	75
二、二项式展开 .....	78
三、“适合度”测定 .....	80
第六节 基因互作 .....	84
一、 $F_2$ 代中出现两种表现型 .....	85
二、 $F_2$ 代中出现三种表现型 .....	88
第七节 “多因一效”和“一因多效” .....	91

第八节 自由组合规律的应用 .....	93
<b>第四章 连锁遗传规律</b> .....	<b>96</b>
第一节 连锁遗传现象及其解释 .....	96
一、两对性状的杂交试验 .....	96
二、相引相和相斥相的概念 .....	98
三、连锁遗传的解释 .....	98
第二节 连锁与交换的遗传机制及其细胞学证据 .....	102
一、连锁与交换的遗传机制 .....	102
二、连锁与交换的细胞学证据 .....	105
第三节 交换值测定及基因定位 .....	107
一、交换值的测定方法 .....	107
二、基因定位 .....	110
三、连锁图 .....	115
第四节 性别决定及伴性遗传 .....	119
一、性别决定 .....	119
二、伴性遗传 .....	122
第五节 连锁遗传规律的应用 .....	125
<b>第五章 染色体的结构变异</b> .....	<b>131</b>
第一节 缺失 .....	131
一、缺失的类别 .....	131
二、缺失的细胞学鉴定 .....	132
三、缺失的遗传效应 .....	133
第二节 重复 .....	136
一、重复的类别 .....	136
二、重复的细胞学鉴定 .....	137
三、重复的遗传效应 .....	137
第三节 倒位 .....	140
一、倒位的类别 .....	140
二、倒位的细胞学鉴定 .....	141
三、倒位的遗传效应 .....	143
四、倒位和进化 .....	146
第四节 易位 .....	147
一、易位的类别 .....	147

二、易位的细胞学鉴定	149
三、易位的遗传效应	149
四、易位与进化	153
五、易位的应用	154
第五节 染色体结构变异的诱发	156
<b>第六章 染色体的数目变异</b>	<b>160</b>
第一节 染色体组及其倍数性变异	160
一、染色体组的概念	160
二、整倍体的同源性与异源性	161
三、非整倍体	163
第二节 同源多倍体	164
一、同源三倍体	164
二、同源四倍体	167
第三节 异源多倍体	175
一、异源多倍体的发生和形成	175
二、异源多倍体和物种的进化	176
三、多倍体的诱发	179
第四节 单倍体	181
第五节 非整倍体	184
一、单体、缺体及其应用	186
二、三体及其应用	195
<b>第七章 遗传物质的分子基础</b>	<b>201</b>
第一节 核酸是遗传物质的实验证据	201
一、DNA作为遗传物质的间接证据	201
二、DNA作为遗传物质的直接证据	202
三、RNA也是遗传物质的证据	207
第二节 核酸的化学结构和自我复制	209
一、DNA和RNA的化学成分	209
二、DNA和RNA的分子结构	210
三、DNA的半保留复制	216
四、RNA的复制	220
第三节 DNA与遗传密码	221
一、蛋白质的分子结构	221
二、遗传密码	222



第四节	DNA和蛋白质的合成及中心法则 .....	225
一、	DNA和蛋白质的合成 .....	225
二、	中心法则及其发展 .....	232
第五节	基因的概念及基因作用的调控 .....	233
一、	基因的概念及其发展 .....	233
二、	基因作用的调控 .....	236
第六节	基因工程 .....	240
一、	基因工程的概念 .....	240
二、	基因工程的步骤 .....	240
三、	遗传工程的意义和成就 .....	251
<b>第八章</b>	<b>细菌和病毒的遗传</b> .....	<b>256</b>
第一节	细菌和病毒遗传研究的意义 .....	256
一、	作为实验材料的细菌和病毒 .....	256
二、	细菌和病毒在遗传研究中的优越性 .....	258
三、	细菌和病毒的拟有性过程 .....	259
第二节	细菌的遗传分析 .....	260
一、	转化 .....	260
二、	接合 .....	262
三、	性导 .....	274
第三节	噬菌体的遗传分析 .....	277
一、	噬菌体的生活周期 .....	277
二、	噬菌体的基因重组 .....	278
三、	转导 .....	280
<b>第九章</b>	<b>基因突变</b> .....	<b>287</b>
第一节	突变的概念和意义 .....	287
第二节	基因突变的一般特征 .....	289
一、	突变的稀有性和独立性 .....	289
二、	突变的随机性 .....	289
三、	突变的可逆性和重演性 .....	290
四、	突变的多方向性 .....	291
五、	突变的有害性和有利性 .....	294
第三节	突变发生的时期和性状表现 .....	295
第四节	突变率的测定 .....	297

第五节 生化突变 .....	300
一、红色面包霉生化突变的鉴定方法 .....	300
二、红色面包霉生化突变的遗传分析 .....	302
第六节 突变的诱发 .....	303
一、物理因素诱变 .....	304
二、化学诱变 .....	307
第七节 基因突变的分子基础 .....	308
一、突变的分子机制 .....	308
二、化学诱变的分子机制 .....	311
第八节 突变的修复 .....	315
一、光修复 .....	315
二、暗修复 .....	315
三、重组修复 .....	316
<b>第十章 数量性状的遗传 .....</b>	<b>319</b>
<b>第一节 数量性状的特征 .....</b>	<b>319</b>
一、变异的连续性 .....	320
二、容易受环境条件的影响 .....	320
<b>第二节 数量性状遗传的多基因假说 .....</b>	<b>321</b>
一、多基因假说 .....	321
二、超亲遗传 .....	327
三、修饰基因 .....	329
<b>第三节 数量性状遗传研究的基本统计方法 .....</b>	<b>330</b>
一、平均数 .....	330
二、变异程度的表示法 .....	332
<b>第四节 遗传率的估算及其应用 .....</b>	<b>336</b>
一、遗传率的概念 .....	336
二、广义遗传率的估算方法 .....	339
三、狭义遗传率的估算方法 .....	342
四、数量性状遗传和遗传率研究在育种上的应用 .....	349
<b>第十一章 近亲繁殖和杂种优势 .....</b>	<b>352</b>
<b>第一节 自交和回交的遗传效应 .....</b>	<b>352</b>
一、自交的遗传效应 .....	352
二、回交的遗传效应 .....	357

第二节 纯系学说 .....	360
第三节 杂种优势现象及其遗传理论 .....	362
一、杂种优势的现象 .....	362
二、杂种优势的遗传理论 .....	364
第四节 近亲繁殖和杂种优势在生产上的应用 .....	370
一、近亲繁殖的应用 .....	370
二、杂种优势的应用 .....	371
<b>第十二章 细胞质遗传 .....</b>	<b>375</b>
第一节 细胞质遗传的特点 .....	375
一、细胞质遗传的概念 .....	375
二、细胞质遗传的特点 .....	376
三、母性影响 .....	377
第二节 细胞质遗传的表现 .....	378
一、叶绿体的遗传 .....	378
二、线粒体的遗传 .....	381
三、其他细胞质颗粒的遗传 .....	383
第三节 植物雄性不育的类别及其遗传机理 .....	388
一、雄性不育的类别及其遗传特点 .....	388
二、雄性不育性的发生机理 .....	394
第四节 质核型雄性不育性的利用 .....	396
一、雄性不育性与杂种优势利用 .....	396
二、三系与“三田” .....	397
三、三系的选育 .....	397
<b>第十三章 遗传与进化 .....</b>	<b>401</b>
第一节 生物进化的学说及其发展 .....	401
一、拉马克的“获得性状遗传学说” .....	402
二、达尔文的自然选择学说 .....	402
三、新拉马克学派和新达尔文学派的进化理论 .....	404
四、现阶段关于生物的“进化综合理论” .....	405
第二节 生物进化的分子生物学证据 .....	407
第三节 群体的遗传平衡 .....	410
一、基因频率和基因型频率 .....	410
二、遗传平衡定律 .....	413

第四节 改变基因频率的因素 .....	416
一、突变.....	416
二、选择.....	417
三、遗传漂移.....	421
四、迁移.....	422
第五节 物种的形成 .....	423
一、物种的概念.....	423
二、隔离的机制.....	423
三、物种形成的方式.....	424
主要参考文献 .....	428
后记 .....	429

# 绪 言

## 一、遗传学研究的对象和任务

遗传学(genetics)是研究生物遗传和变异的科学。

遗传和变异是生物共有的特性。自然界生物的种类繁多，形形色色，有的高级，有的低级，有的简单，有的复杂，但它们都能通过一定的繁殖方式产生与它自己相似的子代。水稻的后代仍然是水稻，小麦的后代仍然是小麦；猫生猫，狗生狗，俗话说“种瓜得瓜，种豆得豆。”，这种亲代与子代之间相似的现象就是遗传。生物有了遗传的特性，才能保证物种的连续性和相对稳定性。但是遗传并不意味着亲子代之间以及子代个体之间完全一样，甚至同卵双生子之间也会存在差异。事实上，亲代与子代之间，子代个体之间在表型上总是存在不同程度的差异。这种亲子代之间，子代个体之间相异的现象就是变异。

遗传与变异现象是同一事物的两种表现形式。遗传是保守的、不变的；变异是发展变化的。生物在世世代代的繁衍过程中，既有遗传，又有变异，并经过长期的自然选择，才形成现今地球上存在的多种多样的生物。如果生物只有遗传而无变异的特性，生物有机体只能简单地重复，不能发展和进化。如果生物只有变异而无遗传的特性，变异了的性状不能遗传，那么生物类型就不能稳定下来，有机体将始终处在一个变化不定的状态之中，只能为自然选择所淘汰，更谈不上发展和进化了。遗传、变异和选择是生物进化的三个要素，遗传是进化的基本条件，变异为自然选择提供可资选择的对象，在自然选择作用下，使生物不断地朝着适应环境的方向发展。生产上应用的丰富多彩的优良品种，也是在

遗传、变异和人工选择的条件下育成的。

那么，生物为什么会遗传，为什么会变异？遗传和变异的物质基础是什么？遗传和变异有没有规律性？遗传学的任务就在于阐明遗传和变异的现象，深入探索遗传和变异的原因和物质基础，揭露其内在的规律性，以便更好地指导动、植物和微生物的育种实践，提高医学水平，造福于人类。

## 二、遗传学的发展简史

同其他科学一样，遗传学也是在生产实践中产生和发展的，它源于育种实践。长久以来，人们在农业生产和家畜饲养中，早已注意到遗传和变异的现象，并应用有意识选择或无意识选择的方法育成了各种优良品种。但是，直到18世纪下半叶和19世纪上半叶，才由拉马克(Lamarck, J.B., 1744—1829)和达尔文(Darwin, C., 1809—1882)对生物界的遗传和变异作了系统的研究。拉马克认为环境条件的改变是生物变异的根本原因。他根据观察和推理，提出了用进废退和获得性状遗传学说，认为动物在环境条件改变时，由于生活上的需要，促使某些器官加强使用，某些器官减弱使用，加强使用的器官得到进化，不使用的器官就发生退化，并认为这种获得性状是能够遗传的。这些论说全属推想，从未得到科学的证实，但是对于后来生物学的发展，以及遗传变异的研究有着重要的推动作用。达尔文广泛研究了生物遗传、变异和进化的关系。1859年发表于《物种起源》的著作，提出了自然选择和人工选择的进化学说，这是19世纪自然科学中最伟大的成就之一。对于遗传和变异的解释，达尔文同意拉马克的获得性状遗传一些论点，并于1868年提出泛生论来说明遗传的机制。认为在动物的血液里产生着代表器官实际情况的微粒，随着血液循环带到生殖器官里，形成生殖细胞，当受精卵发育成成体时，各种微粒又进入有关的器官发生作用，使发育起来的性状与亲代一样。如果亲代的微粒发生改变，则子代性状发生变异。这一学说

也未获得科学的证实。

到了19世纪末叶，德国学者魏斯曼 (Weismann, A., 1834—1914) 提出种质论，认为生物体可以分为种质和体质两部分，种质在世代间保持连续，生物的遗传就在于种质的连续，种质决定体质，种质的变异引起体质的变异，但体质的改变不会引起种质的变化。魏斯曼的一个著名的试验是：连续若干代把老鼠的尾巴斩掉，但其后代仍然具有正常长度的尾巴。说明这一后天获得性状并不遗传给后代。魏斯曼的观点虽然有正确的一面，但是他对种质和体质的划分过于绝对化了，因为不但植物的体细胞可以遗传，细胞质也有遗传作用，存在着染色体外遗传的现象。

上述种种，可以看成遗传科学的前奏。

在遗传学的发展史上，把孟德尔定律重新发现的1900年公认为现代遗传学建立和开始发展的一年。从1900年到现在的近百年的历史中，遗传学的发展大致可以划分为四个时期，1900—1910年为孟德尔定律时期；1910~1940年为细胞遗传学时期；1941—1953年为生化遗传学时期；1953年以后称为分子遗传学时期。这些时期的划分是相对的，并没有绝对的界限，其中常有相互的交叉。

孟德尔 (Mendel, G. J., 1822—1884) 从1856年到1864年作了8年豌豆杂交试验，于1865年2月8日和3月8日分两次在奥国布隆城召开的自然研究学会上报告了题为“植物杂交试验”的论文，提出了遗传因子的分离和独立分配两个定律。他认为生物的性状是由细胞里的遗传因子控制的，亲代遗传给子代的并不是性状本身、而是决定这些性状发育的遗传因子，也就是说子代性状的发育是在这些遗传因子控制下重新形成的。孟德尔的颗粒遗传 (particulate inheritance) 的观点——遗传因子是决定性状的单位，变异的单位和重组的单位，为现代遗传学的发展奠定了科学的基础，公认他为现代遗传学的奠基人。

孟德尔的论文在研究会的会刊上发表并被分送到134个科学

机构的图书馆，但是由于孟德尔的观点超越了他的时代，人们还不能理解遗传因子的分离和独立分配定律的重要意义，他的论文一直没有得到重视，以致埋没了35年。直到1900年，有三个植物遗传学家，荷兰的德弗里斯 (de Vries, H.)，德国的柯伦斯 (Correns, Carl) 和奥国的柴马克 (Tschermak, E.) 同时在不同地点得到了与孟德尔相同的遗传规律，并重新发现了孟德尔的论文，这就是孟德尔定律的重新发现。

1900到1940年期间，在许多植物和动物中做了大量实验。证明分离和独立分配定律在生物界有普遍意义。

20世纪初，细胞学和胚胎学有了很大的发展，当时对细胞的有丝分裂和减数分裂，对双受精现象大体上已经清楚了，当孟德尔定律重新发现并得到证实后，1902年美国的苏顿 (Sutton, W.S.) 和德国的卜佛里 (Boveri, T.) 各自论证了孟德尔假设的遗传因子与染色体行为之间的平行性，认为遗传因子可能位于染色体上。1905年英国人贝特逊 (Bateson, W.) 提出了遗传学这个名词。1909年约翰生 (Johannsen, W.L.) 提出基因 (gene) 一词以代替孟德尔的遗传因子。

1910年前后，摩尔根 (Morgan, T.H., 1866—1945) 和他的同事用果蝇为实验材料，做了大量深入细致的研究，发现了连锁遗传规律，确认基因位于染色体上并呈直线排列，把性状遗传的现象和细胞学的研究密切结合起来，提出了染色体遗传理论，创立了细胞遗传学。这样，遗传学的研究由个体水平发展到了细胞学水平。

分离规律，独立分配规律和连锁遗传规律成为遗传学中三个极为重要的基本遗传规律。

1927年穆勒 (Muller, H.J.) 在果蝇中和斯坦德勒 (Stadler, L.J.) 在玉米中，各自用 X 射线成功地诱发了可遗传的变异。这一重要的发现，不但开辟了人工创造变异为育种服务的新途径，使辐射育种很快在世界范围内开展起来，而且也遗传学



的研究提供了一个有效的手段，使40年代开展起来的红色面包霉生化遗传的研究和微生物遗传的研究迅速得到发展。

1937年布莱克斯里 (Blakeslee, A. F.) 等发现秋水仙素能有效地诱使细胞中的染色体数加倍，开创了多倍体育种的新时代。

遗传学上一般把1900到1940年统称为经典遗传学时期。

1940年以后遗传学的研究有了很大转变，开始研究基因的功能，基因的化学特性和分子结构等。

1941年比德尔 (Beadle, G. W.) 和其同事以红色面包霉为材料，利用X射线诱发多种营养缺陷型，应用生物化学的方法对基因的作用进行了分析研究，提出了“一个基因一个酶”的假说，认为基因是通过酶的作用决定遗传性状的。在此基础上发展了微生物遗传学和生化遗传学。

40年代由于物理学和化学的新技术在生物学研究中的应用，使遗传学得到了迅速的发展。

1944年阿委瑞 (Avery, O. T.) 证明由无毒的肺炎双球菌转化为有毒的肺炎双球菌的转化因子是DNA (脱氧核糖核酸)。1952年赫尔歇 (Hershey, A. D.) 和简斯 (Chase, M.) 对T<sub>2</sub>噬菌体 (一种侵染大肠杆菌的病毒) 的侵染和繁殖过程的研究，进一步证明了DNA是遗传物质。

1953年，华生 (Watson, J. D.) 和克里克 (Crick, F. H. C.) 通过X射线衍射分析的研究，提出了DNA分子结构模式理论。这一理论为DNA的分子结构、自我复制、相对稳定性和变异性，以及DNA作为遗传信息的储存和传递等提供了合理的解释，明确了基因是DNA分子上的一个区段，从而奠定和促进了分子遗传学的迅速发展。DNA双螺旋结构模式的提出，是遗传学发展史上一个重要的里程碑，是遗传学发展史上一个重大的转折。

到了70年代初，遗传学已进入人工合成基因的时代。由于分子遗传学的发展和一系列限制性核酸内切酶的发现，使基因的人