

# 动物遗传学

郭荣昌 主编

经济科学出版社

# 动物遗传学

郭荣昌 主编

经济科学出版社

## 图书在版编目 (CIP) 数据

动物遗传学/郭荣昌主编. - 北京: 经济科学出版社,  
1997. 7

ISBN 7-5058-1176-2

I. 动… II. 郭… III. 动物学: 遗传学 IV. Q953

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (97) 第 11318 号

# 目 录

<b>第一章 绪 论</b> .....	(1)
一、遗传与变异 .....	(2)
二、遗传学及其领域 .....	(5)
三、遗传学的建立和发展 .....	(7)
四、学习遗传学的任务 .....	(10)
复习题 .....	(10)
<b>第二章 遗传的细胞学基础</b> .....	(11)
<b>第一节 细胞的形态和大小</b> .....	(11)
一、细胞的大小 .....	(12)
二、细胞的形态 .....	(13)
<b>第二节 细胞的结构</b> .....	(13)
一、细胞包被 .....	(13)
二、细胞膜 .....	(14)
三、细胞质 .....	(17)
四、细胞核 .....	(22)
<b>第三节 染色体</b> .....	(23)
一、染色体的概念 .....	(23)
二、染色体形态 .....	(24)
三、染色体类型 .....	(30)
四、染色体数量 .....	(30)

五、染色体结构	(33)
六、染色体组及染色体组型分析	(36)
第四节 细胞分裂	(43)
一、细胞分裂周期	(44)
二、有丝分裂	(46)
三、减数分裂	(49)
第五节 染色体的周期变化	(53)
一、精、卵细胞生成与减数分裂	(53)
二、染色体数量的周期性变化	(55)
复习题	(56)
<b>第三章 经典遗传学的基本定律</b>	<b>(57)</b>
第一节 分离规律	(58)
一、分离现象	(58)
二、基本的基因学说	(60)
三、分离规律的实质	(62)
四、分离规律的证实	(63)
五、基因随机分离与保证分离比不偏离的因素	(64)
六、显隐关系的相对性	(66)
七、分离规律的意义	(73)
第二节 独立分配规律	(74)
一、两对相对性状的遗传现象	(75)
二、两对相对性状 F <sub>2</sub> 代的遗传剖析	(77)
三、独立分配规律的内容和实质	(78)
四、独立分配规律的意义	(84)
第三节 连锁规律	(86)
一、连锁现象	(87)
二、交换	(90)
三、连锁规律的内容	(95)
四、连锁基因的重组法定位	(96)

五、连锁群与遗传图 .....	(100)
六、连锁遗传规律的意义 .....	(101)
复习题 .....	(109)
<b>第四章 性别与遗传 .....</b>	<b>(113)</b>
<b>第一节 性别的系统发生与性别特征 .....</b>	<b>(113)</b>
一、性别的系统发生 .....	(113)
二、性别的特征 .....	(114)
<b>第二节 性别决定的理论 .....</b>	<b>(118)</b>
一、性别决定的概念 .....	(118)
二、性别决定的遗传理论 .....	(119)
三、性别决定与环境因子 .....	(128)
<b>第三节 伴性遗传 .....</b>	<b>(134)</b>
一、伴性遗传的概念 .....	(134)
二、X显性遗传 .....	(135)
三、X隐性遗传 .....	(137)
四、Y染色体上基因的遗传 .....	(139)
五、性染色质与剂量补偿作用 .....	(141)
六、Y小体 .....	(145)
<b>第四节 从性性状与限性性状遗传 .....</b>	<b>(145)</b>
一、从性性状遗传 .....	(145)
二、限性性状遗传 .....	(148)
<b>第五节 性别控制 .....</b>	<b>(148)</b>
一、精子分离, 实行选择性受精 .....	(149)
二、控制性腺不同精子类型的发生 .....	(149)
三、控制受精环境达到选择性受精 .....	(149)
四、控制性分化 .....	(150)
五、控制卵的成熟度 .....	(150)
六、控制性发育环境 .....	(150)
复习题 .....	(151)

<b>第五章 性状的遗传分析</b> .....	(153)
<b>第一节 基因互作及其遗传分析</b> .....	(153)
一、基因的互补作用及其遗传分析 .....	(154)
二、基因的上位作用及其遗传分析 .....	(156)
三、基因抑制作用及其遗传分析 .....	(160)
四、基因积量作用 .....	(161)
<b>第二节 系谱分析</b> .....	(162)
一、系谱及系谱的建立 .....	(162)
二、单基因的遗传方式及其特点 .....	(163)
三、各种遗传方式特点及其实例分析 .....	(164)
<b>第三节 连锁分析</b> .....	(170)
一、连锁分析的意义 .....	(170)
二、连锁分析的方法 .....	(170)
<b>第四节 测交分析与性状固定</b> .....	(172)
一、测交分析 .....	(172)
二、质量性状的固定 .....	(175)
复习题 .....	(176)
<b>第六章 免疫与血型遗传</b> .....	(179)
<b>第一节 免疫应答与免疫球蛋白</b> .....	(179)
一、免疫应答 .....	(179)
二、免疫球蛋白 .....	(180)
三、免疫球蛋白多样性的机制 .....	(186)
四、免疫应答的遗传机制 .....	(188)
五、控制淋巴细胞表面抗原的基因群 .....	(189)
<b>第二节 血型遗传</b> .....	(190)
一、血型的概念 .....	(191)
二、血型抗原遗传的一般规律 .....	(193)
三、血型系统 .....	(193)
四、血型遗传 .....	(195)

五、血型研究的应用和意义 .....	(201)
复习题 .....	(206)
<b>第七章 血液蛋白型与酶型的遗传 .....</b>	<b>(208)</b>
第一节 蛋白型和酶型的多态性概念及其 遗传的一般规律 .....	(208)
一、多态性概念 .....	(208)
二、蛋白型和酶型遗传的一般规律 .....	(209)
第二节 蛋白型的遗传 .....	(210)
一、血红蛋白型 .....	(210)
二、血清蛋白型 .....	(211)
第三节 酶型的遗传 .....	(216)
一、红细胞酶型 .....	(216)
二、血清酶型 .....	(219)
复习题 .....	(221)
<b>第八章 基 因 .....</b>	<b>(222)</b>
第一节 基因的物质属性 .....	(222)
一、微生物试验的证实 .....	(223)
二、其它领域研究的证实 .....	(226)
第二节 核酸的结构 .....	(228)
一、DNA 的一级结构 .....	(229)
二、DNA 的二级结构及其特点 .....	(232)
第三节 核酸的功能 .....	(236)
一、DNA 的自我复制 .....	(236)
二、RNA 的自我复制 .....	(240)
三、遗传密码 .....	(242)
四、蛋白质合成 .....	(247)
五、中心法则 .....	(258)
第四节 基因的概念 .....	(260)
一、基础遗传学的基因概念 .....	(260)



二、分子遗传学建立初期的基因概念 .....	(261)
三、现代的基因概念 .....	(263)
第五节 基因与性状 .....	(269)
一、同质基因型个体的性状发育 .....	(269)
二、基因的表型效应 .....	(271)
三、性状发育特点 .....	(273)
四、基因功能假说 .....	(278)
五、体细胞的全能性 .....	(280)
第六节 基因调控 .....	(283)
一、原核生物乳糖操纵子模型 .....	(283)
二、真核生物的基因调控 .....	(286)
第七节 基因定位 .....	(293)
一、体细胞杂交与克隆分析定位 .....	(294)
二、原位杂交 .....	(298)
第八节 遗传工程 .....	(299)
一、遗传工程的概念 .....	(299)
二、基因工程 .....	(299)
三、细胞工程 .....	(309)
四、染色体工程 .....	(316)
五、遗传工程成果及其研究意义 .....	(320)
复习题 .....	(323)
<b>第九章 变异 .....</b>	<b>(327)</b>
第一节 生物变异的普遍性 .....	(327)
一、变异的普遍性 .....	(327)
二、变异的类型 .....	(327)
第二节 染色体畸变 .....	(329)
一、染色体结构变异 .....	(330)
二、染色体数量变异 .....	(342)
第三节 基因突变 .....	(351)

一、突变的概念 .....	(351)
二、突变的分类 .....	(352)
三、基因突变频率 .....	(356)
四、基因突变的检出 .....	(357)
五、基因突变的机制 .....	(360)
六、基因突变的一般特征 .....	(366)
七、人工诱变 .....	(369)
复习题 .....	(370)
<b>第十章 核外遗传 .....</b>	<b>(372)</b>
<b>第一节 胞质基因 .....</b>	<b>(372)</b>
一、胞质基因存在的依据 .....	(372)
二、胞质基因与核基因 .....	(373)
三、共生学说 .....	(375)
<b>第二节 母系遗传 .....</b>	<b>(376)</b>
一、暂短的母系遗传 .....	(376)
二、持久的母系遗传 .....	(378)
<b>第三节 胞质基因的遗传 .....</b>	<b>(380)</b>
一、线粒体遗传 .....	(380)
二、叶绿体遗传 .....	(382)
三、果蝇共生体遗传 .....	(384)
四、草履虫放毒型的遗传 .....	(385)
五、胞质基因遗传研究的意义 .....	(388)
复习题 .....	(388)
<b>第十一章 群体遗传学基础 .....</b>	<b>(390)</b>
<b>第一节 群体的概念 .....</b>	<b>(390)</b>
<b>第二节 群体遗传学研究的意义 .....</b>	<b>(391)</b>
<b>第三节 基因型频率和基因频率的概念 .....</b>	<b>(391)</b>
一、基因型频率 .....	(392)
二、基因频率 .....	(392)

第四节	哈代——温伯格定律 .....	(393)
第五节	基因频率的计算 .....	(396)
一、	不完全显性时基因频率的计算 .....	(396)
二、	完全显性时基因频率的计算 .....	(396)
三、	伴性基因频率的计算 .....	(397)
四、	复等位基因频率的计算 .....	(397)
第六节	影响基因频率的因素 .....	(399)
一、	遗传漂变 .....	(399)
二、	突变 .....	(399)
三、	杂交 .....	(400)
四、	选择 .....	(400)
第七节	群体均值 .....	(402)
一、	群体表型均值等于基因型均值 .....	(402)
二、	基因型均值的遗传组成 .....	(403)
三、	群体均值的意义 .....	(404)
四、	复习题 .....	(405)
<b>第十二章</b>	<b>数量性状的遗传 .....</b>	<b>(407)</b>
第一节	数量性状的概念及其特点 .....	(407)
一、	数量性状的概念 .....	(407)
二、	数量性状的特点 .....	(408)
第二节	数量性状的遗传改良 .....	(410)
一、	数量性状表型值的剖分 .....	(410)
二、	育种值的估计 .....	(412)
三、	数量性状受控基因数目的估计 .....	(414)
第三节	数量性状的遗传参数 .....	(416)
一、	遗传力 .....	(416)
(一)	遗传力的概念 .....	(416)
(二)	遗传力的估计 .....	(419)
二、	重复率 .....	(426)

三、性状间遗传相关 .....	(428)
(一) 性状间相关的剖分 .....	(428)
(二) 性状间遗传相关的估计方法 .....	(430)
(三) 性状间遗传相关的应用 .....	(431)
第四节 近交与杂交 .....	(432)
一、近交的概念与遗传效应 .....	(432)
二、杂交的概念与杂种优势 .....	(434)
复习题 .....	(438)
<b>动物遗传学实验指导 .....</b>	<b>(439)</b>
实验一 果蝇的伴性遗传 .....	(439)
实验二 动物染色体标本片的显微观察 .....	(445)
实验三 核型分析 .....	(447)
实验四 果蝇唾腺染色体 .....	(450)
实验五 鼠骨髓细胞染色体制片 .....	(453)
实验六 X 染色质 .....	(455)
实验七 人皮肤纹理分析 .....	(457)
实验八 猪淋巴细胞离体培养与染色体 标本片的制作 .....	(463)

# 第一章 绪 论

动物界是个奇异斑斓的世界，各种动物有的翱翔在长空，有的畅游在水中；有的落生在沙丘，有的隐居于洞穴；有的漫游在苍林碧海，有的活跃在冰天雪地的两极……尽管动物界如此千姿百态，但动物同植物、微生物一样都是生命体，它们又都具有共同的属性，有别于非生命世界。

生物都有生命活动现象：就个体而言，每个个体都有发生、生长、发育、繁殖、衰老、死亡的过程；就生物大群体而言，有生命的起源、演化问题，即在地球的初始年代，简单的有机分子如何演变为复杂的高分子，继而，获得激化能的高分子又怎样演变为初级的生命形态；生物又怎样由低级到高级，由简单到复杂，由单细胞到多细胞，由水生到陆生，从而形成了万紫千红、千姿百态、生机勃勃的生物类群。

以太阳为巨大能源，生物进行着物质和能量的转换：这种转换，又以其复杂的循环和高度的有序性为基本特征，从总体上，又参与到自然的二氧化碳（ $\text{CO}_2$ ）、氮（ $\text{N}_2$ ）、氧（ $\text{O}_2$ ）、水（ $\text{H}_2\text{O}$ ）等的大小循环中去。

生物都有适应性：生物体及其各种细胞、组织都依托于内外环境而存在。机体、组织、细胞都能对诸种环境因子的刺激产生应激性反应；生物、细胞、机体内的活性大分子具有不同层级的识别能力；生物以其独特的形态、功能、特性

适应所处的生态环境，例如拟态、保护色，鳍变足，鳃呼吸变肺呼吸等等。因而可以说生物是个复杂的开放体系，既要适应多变的内外环境，就必须建立多形式、多层次的适应，建立高度精确的自我调节能力和严密的防御系统，保证机体在各种内外环境中，多级层次功能的协调一致。

## 一、遗传与变异

生物都有遗传与变异的属性。

生物界中，无论是动物或是植物，无论是简单的单细胞的细菌、病毒，或是复杂的多细胞组成的高等生物，都有通过有性过程或者无性过程繁殖、延续种族并保持其特征特性的属性，以保持各种生命形式的世代连续。这种连续，一方面反映在上下代生物个体直系亲属（亲子）之间的相似性，也反映在水平亲属（兄弟姐妹）间的相似性。这种相似可以在不同水平上表现出来。

“龙生龙，凤生凤，老鼠生来会打洞”。猪的后代是猪。母鸡有产蛋的特性，下代的母鸡也有产蛋的特性。牛有四个胃，有反刍特性，后代犊牛也有四个胃，也有反刍能力。可以说，一切动物类群或个体，亲代与子代在外貌、形态、组织结构和特性等方面都有上下代连续相似的一面。

再展开点说，从细胞水平上，也很容易觉察这种相似性。例如，医疗外科在进行植皮手术时，如果取皮于患者本身，植皮部位就很容易愈合；而取皮于其他人，或是取皮于其他动物就很难愈合。不同性别个体之间的植皮也有这种现象。在体细胞杂交试验中，同种内细胞之间的杂交比较容易实现细胞融合，形成同核体，不同种的细胞间杂交则不容易实现细胞融合。从细胞生化的角度看，人品尝对苯硫尿

(PTC) 试剂的味感是有差别的，同是一种稀薄的 PTC 溶液，品尝的结果，有的人说很苦，有的人说有点苦，有的人说不苦（通常称这种人的味感为味盲），而且，我们还可以准确推测，一对味盲夫妇的子女也必定是味盲的。综上所述，可见个体间，不同生物种间的同种类细胞在遗传上是有差异的。并且，每一个体生物种的特征在上下代是连续的。

从染色体水平上看，例如，瑞典的红白花奶牛是世界著名优良品种之一，欧美许多国家曾从瑞典引进并饲养繁殖这种牛。后来发现有的牛繁殖性能明显下降，达 6%—13%，原来是由于引进的种牛染色体发生  $1/29$  的易位，从而引起一场国际纠纷。又如，1963 年法国科学家发现一种罕见病例，病孩哭声无力如猫叫，精神发育迟缓，肌张力低，人们称之为猫叫综合症，这是由于病孩的第 5 号染色体短臂缺少了一部分造成的。这些实例都说明在细胞繁衍的连续世代中，这种异常的染色体在不断由上一个细胞世代传向下一个细胞世代，保持上下代的相似性。

从分子水平上看，例如，将高等动物的基因组中的胰岛素基因转移到大肠杆菌菌体内，这种转换一旦成功，大肠杆菌就有可能在繁殖过程中生产高等动物特有的胰岛素大分子。又如，美国华盛顿大学 Palmiter 运用基因工程手段将大鼠的生长激素基因注射到小鼠的受精卵中，其中 6 只小鼠比一般小鼠大 80%，被称为超级鼠。它们体内生长激素的测定表明，其含量是一般小鼠的 800 倍。

综上所述，生物个体亲子之间通过肉眼或借助于各种技术措施所能识别的一切表形特征的相似性，在生物界是普遍存在的一种属性。这种属性或现象是亲代将遗传物质传递给子代并表现其功能的反映。这一过程和现象叫做遗传

(heredity)。其本质是遗传物质的运动形式，通过细胞途径，在细胞繁殖的不同世代，在个体发育过程中实现的。

从上述观点出发，那种水平亲属间的相似性、同卵双生之间的相似性，那种看上去是隔代传递的性状（如人的血型，父亲是 A 型，母亲是 B 型，其子女也可能是 O 型个体），从基因水平上看也都是遗传现象。

当我们观察生物的遗传现象的同时，会在不同水平上发现亲子之间、水平亲属之间也同时存在不完全相似的一面。俗话说：“一母生九子，九子各别。”同一血统的羊群，有经验的牧羊人可以从每一只羊的诸种特征中将它们区别开来。即使是同卵双生个体，也会有微小的差异，不会绝对一模一样。因为，遗传物质上下代传递中也会发生某些改变，从分子、染色体细胞水平上看到许多多样性，更何况生物的许许多多性状和特征都是由遗传和环境两种因素决定的，所以，绝对一样的个体是不存在的。这种属性或现象称为变异 (Variation)。变异现象在生物界也是普遍存在的。

遗传和变异是生命活动的基本属性之一，是矛盾统一体的两个方面。遗传是相对的，变异是绝对的，二者是生物内在矛盾的两个方面，缺一不可。如果没有变异，生物只能上下代简单地重复，这实际是不可能的，因为外界自然环境、机体和细胞内环境都是在不断变化的。生物要生存、繁殖就得适应多变的环境条件，形成形形色色的类群。如果没有遗传，即或在相对稳定的环境条件中也难以保证机体或细胞精密的生理生化条件的协调和稳定，生物就无法生存，适应自然界产生的有益变异也无法积累、无法延续并形成稳定的新种。生物的变异也就毫无意义了。

生物就在这种遗传和变异的矛盾运动中，不断发展、进



化。由此可见，深入研究和认识掌握生物遗传、变异的本质和规律就显得十分必要了。

## 二、遗传学及其领域

### (一) 遗传学的概念

在遗传学科发展过程中，由于学术见解的不同，关于遗传学的概念，有过各种解释。遗传学建立的初期，在英国伦敦召开的第三届国际遗传学大会上，著名的英国学者贝特逊(W·Bateson)首先提出遗传学是研究生物遗传与变异规律的科学的科学的概念，这个概念至今仍为大多数学者所公认。在分子遗传学诞生后，美国著名学者穆勒(H.J.Muller)提出了新的定义，指出遗传学是研究基因的科学，从事基因的本质、化学结构、机制和传递规律的研究。也有人认为遗传学是研究核酸性质和功能的科学。还有的人提出遗传学是研究生物遗传的科学，即研究生物十代以内的相似性，而研究变异只是一种手段，进化论才是真正研究变异的本质和运动规律的科学。

归结起来，遗传学概念可以理解为是研究生物遗传信息结构、传递和表达及其变异规律的科学。

### (二) 遗传学的分科领域

本世纪以来，由于运用各基础学科的最新成就从事生物遗传、变异的本质和规律的研究，遗传学的发展突飞猛进，并且涌现了许多边缘学科。可以说，生物遗传学所涉及的学科的广度和单科研究的深度都是前所未有的。根据遗传学研究的方法、手段、角度和对象的不同，边缘学科的分科情况，简要介绍如下。

1. 细胞遗传学 (cytogenetics): 是运用细胞学的理论和