

党的十六届五中全会提出，要按照“生产发展、生活宽裕、乡风文明、村容整洁、管理民主”的要求，扎实推进社会主义新农村建设。而培养有文化、懂技术、会经营的新型农村劳动者，成为社会主义新农村建设的关键。

为了贯彻《国务院关于大力发展职业教育决定》精神，提高河北省高级职业中学教学质量和办学效益，促进农村职业教育的发展，推动河北省中等职业学校农科类专业的教学改革，统一和规范河北省农业类专业对口升学教材版本，由河北省教育厅统一规划并主持审定，委托河北科技师范学院和河北省现代农业职业教育集团编写了这套农科类专业教材。该教材包括种植和养殖两大类，共计16册，供河北省中等职业学校使用，也可作为农村干部或农民培训教材。

这套教材是在深入调研，广泛听取中等职业学校农科类专业师生的意见，并总结1999年版河北省职业高级中学农科类专业教材编写经验的基础上，参考国内外同类教材编写而成。该教材试图在加强职业素质、更新专业知识、强化能力培养、促进个性发展方面有所创新。

在教材编写过程中，注意保持基本知识和基本理论的系统性，重点突出实践教学内容，增加了大量实用技术内容，以利学生专业技能的培养，增强教材的实用性。同时紧密结合社会主义新农村建设的需要，立足河北省农业产业结构调整 and 农业产业发展现状，精心选取教材内容，增强了教材的针对性和时效性。但由于河北省地域广阔，经济社会和自然条件不同，各学校在使用这套教材时，可根据本地特点适当增减内容或调节章节顺序，并结合农事活动组织教学。

《畜禽繁殖与改良》是根据教育部制定的畜禽养殖专业教学计划和畜禽繁殖与改良教学大纲编写的。共七章，包括遗传的物质



基础、遗传的基本规律、选种选配、本品种繁育和品系繁育、杂交改良技术、生殖激素及其应用、畜禽繁殖技术、人工授精、畜禽生产力等内容。在每节后面安排有复习思考题，以巩固课堂上所学知识。另外，为了培养学生的实践能力，为专业培养打下基础，根据内容需要安排了相关的实训内容，主要包括畜禽繁殖的基本操作技术和基本技能。

希望各级职教中心积极推广和选用这套规划教材，并在使用过程中注意总结经验，及时提出修改意见和建议，使之不断完善和提高。

河北省职业高级中学农科教材编写委员会

2009年9月

MU LU 目 录

绪论	(1)
----	-------

第一章 畜禽遗传基础

第一节 遗传的物质基础	(3)
一、细胞的基本结构	(3)
二、细胞分裂	(6)
三、性染色体及性别决定	(8)
四、核酸是遗传物质	(9)
五、遗传信息传递	(10)
六、基因工程	(11)
复习思考题	(11)
第二节 遗传的基本规律	(12)
一、遗传的基本规律	(12)
二、变异	(18)
复习思考题	(22)
第三节 质量性状与数量性状的遗传	(23)
一、质量性状与数量性状	(23)
二、质量性状的遗传方式及其应用	(23)
三、数量性状的遗传方式及其应用	(24)
四、分析数量性状的基本方法	(25)
五、遗传力的应用	(26)
复习思考题	(27)
实训一 染色体标本的观察	(27)

第二章 畜禽杂交改良技术

第一节 选种	(29)
一、选种的概念及意义	(29)
二、选种原则	(29)
三、选种原理	(29)
四、畜禽种用价值评定	(30)



复习思考题	(37)
实训二 种畜系谱的编制与鉴定	(37)
第二节 选配	(38)
一、选配的概念及意义	(39)
二、选配原则	(39)
三、畜禽选配方法	(39)
四、选配计划的制订	(42)
复习思考题	(42)
第三节 本品种选育	(43)
一、品种应具备的条件	(43)
二、本品种选育的概念及意义	(43)
三、地方品种选育措施	(44)
四、引入品种的选育	(44)
复习思考题	(45)
第四节 品系繁育	(46)
一、品系的概念及作用	(46)
二、品系类型	(46)
三、品系建立方法	(47)
复习思考题	(48)
第五节 畜禽杂交技术	(49)
一、杂交的概念及作用	(49)
二、杂交改良的基本方法	(49)
三、杂交改良的步骤	(51)
四、杂种优势利用	(52)
五、提高杂种优势利用的措施	(55)
复习思考题	(55)
实训三 杂种优势率的计算	(56)
实训四 杂交改良方案的设计	(56)

第三章 畜禽生殖器官概述

第一节 家畜的生殖器官	(58)
一、公畜的生殖器官	(58)
二、母畜的生殖器官	(61)
复习思考题	(64)
实训五 家畜生殖器官观察	(64)
第二节 家禽的生殖器官	(67)
一、公禽的生殖器官	(67)
二、母禽的生殖器官	(68)
复习思考题	(69)
实训六 家禽生殖器官观察	(69)

第四章 生殖激素及其应用

第一节 生殖激素概述	(72)
一、生殖激素的概念	(72)
二、生殖激素的种类	(72)
三、生殖激素的作用特点	(73)
复习思考题	(74)
第二节 生殖激素的功能与作用	(74)
一、丘脑释放激素	(74)
二、垂体促性腺激素	(75)
三、胎盘促性腺激素	(76)
四、性腺激素	(77)
五、前列腺素和外激素	(79)
复习思考题	(80)

第五章 家畜繁殖技术

第一节 母畜发情鉴定技术	(81)
一、母畜的发情	(81)
二、排卵	(83)
三、黄体的形成和退化	(83)
四、发情鉴定	(83)
复习思考题	(86)
实训七 母畜的发情鉴定	(86)
第二节 人工授精技术	(89)
一、配种方法	(89)
二、人工授精技术	(90)
三、液氮与液氮容器的使用	(107)
复习思考题	(109)
实训八 假阴道的安装	(109)
实训九 精液品质检查	(110)
实训十 常用稀释液的配制与精液稀释	(113)
实训十一 牛冷冻精液的制作与液氮罐的使用	(114)
实训十二 母畜的输精	(115)
第三节 受精、妊娠与分娩	(117)
一、受精	(117)
二、妊娠	(120)
三、分娩	(124)
复习思考题	(126)
实训十三 母畜的妊娠诊断	(127)
第四节 发情控制技术与胚胎工程	(129)
一、发情控制	(129)



二、胚胎移植	(131)
三、性别控制	(134)
四、克隆技术	(134)
五、胚胎分割	(135)
复习思考题	(135)
实训十四 胚胎移植	(135)

第六章 家禽繁殖技术

第一节 家禽的生殖生理	(138)
一、母禽的生殖生理	(138)
二、公禽的生殖生理	(139)
复习思考题	(141)
第二节 鸡的人工授精技术	(141)
一、鸡精液的采集	(141)
二、鸡精液的稀释与保存	(142)
三、鸡的输精	(143)
复习思考题	(144)
实训十五 鸡的采精与输精	(144)
第三节 鸭、鹅的人工授精技术	(145)
一、鸭、鹅的采精	(145)
二、鸭、鹅精液的稀释与保存	(146)
三、鸭、鹅的输精	(146)
复习思考题	(147)

第七章 畜禽的繁殖力

第一节 繁殖力概述	(148)
一、繁殖力的概念	(148)
二、家畜繁殖力的表示指标及其统计方法	(148)
三、家畜的正常繁殖力	(150)
四、家禽的繁殖指标	(150)
复习思考题	(151)
第二节 繁殖障碍	(151)
一、公畜繁殖障碍	(152)
二、母畜繁殖障碍	(152)
复习思考题	(153)
第三节 提高家畜繁殖力的措施	(153)
一、影响家畜繁殖力的主要因素	(153)
二、提高家畜繁殖力的措施	(154)
复习思考题	(156)

参考文献	(157)
------	-------

畜牧业是农业中的重要产业，从农业经济学的观点出发，畜牧业产值在农业总产值中所占比例的高低，可以反映一个国家或地区社会发展与经济发达的程度。科学研究表明，在影响畜牧业生产效率的各种因素中，畜禽品种或种群的遗传素质起主导作用，只有充分利用现有品种资源，培育出具有优良性状的品种、品系或种群，利用先进的繁殖手段才能在同样的饲养管理条件下，获得畜牧生产最大的产出和效益。因此，我们有必要全面系统学习和掌握畜禽繁殖与改良的基本知识与基本技能，为将来培育优良品种并使其发挥最大经济效益奠定理论基础。

畜禽繁殖与改良是用遗传学理论和相关学科的知识从遗传上改良动物，提高畜禽的繁殖性能，使其向人类所需的方向逐步发展的一门科学，也是合理开发、利用和保护动物资源的基本理论与技能。

一、学习畜禽繁殖与改良课程的意义和作用

1. 畜禽繁殖与改良可以指导畜牧生产 利用遗传上的分离定律、自由组合定律和连锁互换定律，人们根据需要某些基因进行了重新组合并育成了新品种；利用数量遗传学理论，可以使人类对畜禽的经济性状加以控制和改进；利用转基因的分子技术，人们把抗病基因与生产性能相关的基因转移到同种或异种动物上去，使其满足人类的需要。以上成果均离不开畜禽繁殖与改良理论及技术的指导。

2. 畜禽繁殖与改良可以提高畜禽的生产性能 在生产实践中，畜禽的生产性能主要取决于两个方面，一是品种特性，二是繁殖性能。针对品种特性来说，优良和低劣取决于它的遗传基础。遗传基础的改进和提高，是这个品种能否继续生存的基本条件，而先进的繁殖理论和技术又决定了该品种生产性能的正常发挥。实践证明，有效提高单胎动物的双胞胎比例，进一步提高多胎动物的多产性及成活率，对畜禽生产性能的迅速提高起着决定性作用。繁殖与改良技术的运用已成为当前畜牧业生产中提高畜禽生产性能的主要措施之一。

3. 畜禽繁殖与改良可以丰富育种素材 由于各地自然环境条件和育种方向的不同，所形成的品种类型和产品类型有很大差别。例如，在绵羊中有粗毛型、细毛型、半细毛型；牛中有肉用型、乳用型、兼用型。这些类型可根据人们的生活需要，通过遗传繁育工作来加以改变；通过遗传繁育工作，还可以培育出具有特殊功能和用途的品系，如鸡的矮小品系、抗病品系等。这样就为今后的育种提供了更丰富的素材。

4. 畜禽繁殖与改良有利于工厂化生产 通过遗传繁育工作可以为畜牧业工厂化生产提供大量符合规格要求的畜禽，以适应“全进全出”的生产流程，从而便于科学的经营管理



和增加经济效益。

5. 畜禽繁殖与改良可以加速畜牧业的发展 畜牧业生产水平的高低主要反映在畜产品的数量、质量和经济效益上，而这些又都与畜禽的数量和质量有着密切的联系。由于畜禽的种类不同，它们的遗传特性和生产性能就有很大的差异。例如，一头本地牛一天泌乳量仅几千克，而一头中国荷斯坦牛一天泌乳量可达几十千克，二者差别很大。因此，要发展畜牧业，一方面要增加畜禽数量，另一方面要大力改良品种，以提高畜禽品质。

6. 畜禽繁殖与改良可以促进畜禽产品在国际市场的竞争力 加入 WTO 后，对养殖业来说既是机遇也是挑战。我国当前养殖总体数量和质量偏低，所以在养殖业中应加速推广那些先进和成熟的遗传繁育技术，提高我国畜产品的数量和质量，这样才能有效地促进我国畜禽产品在国际市场上的竞争力，扩大出口份额。

二、畜禽繁殖与改良的主要内容

畜禽繁殖与改良是畜牧兽医专业的主要课程之一，与动物解剖生理、组织胚胎学、动物生产、畜禽疾病防治等学科有着密切联系。本课程主要内容包括畜禽遗传基础、杂交改良技术、生殖器官、生殖激素、家畜繁殖技术、家禽繁殖技术和畜禽繁殖力七部分，实训和各章节内容相结合，既注重理论知识的连贯性，又突出了繁殖技术的可操作性。

三、学习本课程的目的和任务

本课程以猪、牛、羊、鸡等畜禽为代表，具体阐述了遗传繁育的基本理论知识和实践操作技能。通过学习本课程，使同学们了解繁殖控制与胚胎生物工程，理解畜禽遗传、变异的基本规律及生殖激素对家畜生殖活动的调节作用，熟悉畜禽选种、选配方法及繁殖的一般规律，掌握畜禽人工授精及杂交改良技术。使同学们具有分析、解决生产中出现的各种问题的能力，为我国畜牧业的发展奠定坚实的基础。

第一章 畜禽遗传基础

第一节 遗传的物质基础



学习目标

1. 掌握与遗传关系紧密的细胞器的功能，染色体形态、数目与核型，有丝分裂各期的特征。
2. 了解细胞核、细胞器、染色体结构；掌握染色体与染色质、同源染色体、有丝分裂的概念。
3. 掌握DNA的组成、结构以及由DNA到蛋白质的遗传信息传递过程，了解基因工程在动物改良中的意义。

一、细胞的基本结构

细胞是构成生物机体形态结构和生命活动的基本单位。虽然细胞在大小、形态结构上不同，但绝大多数细胞是由细胞核和细胞质构成的。细胞可分为两大类：一类是原核细胞，一类是真核细胞。原核细胞没有成形的细胞核，而真核细胞有成形的细胞核，并且外被核膜。细胞核中有染色体，细胞质中有细胞器。真核细胞由细胞膜、细胞质和细胞核三部分构成（图1-1）。

（丁） 织膜滕

细胞膜是包在细胞质最外面的一层很薄的膜，又称质膜。细胞膜是由蛋白质分子和脂类分子构成的，细胞膜的球形蛋白质分子以不同深度镶嵌在两层脂质内或覆盖在两层脂质层表面。

细胞膜有保持细胞形状的支架作

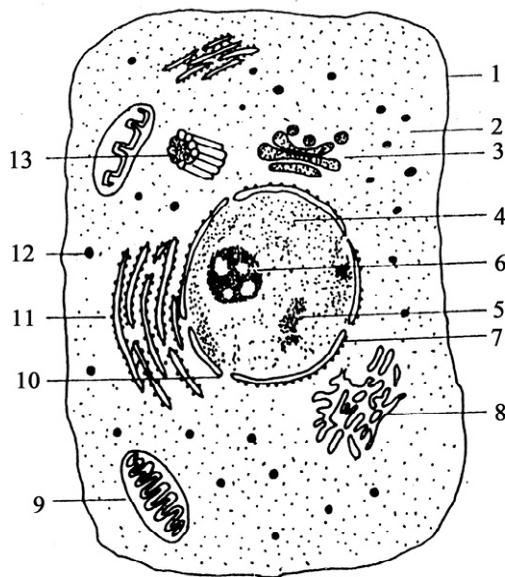


图1-1 动物细胞亚显微结构模式图

1. 细胞膜
2. 细胞质
3. 高尔基体
4. 核质
5. 染色质
6. 核仁
7. 核膜
8. 内质网
9. 线粒体
10. 核孔
11. 内质网上的核糖体
12. 游离的核糖体
13. 中心体



用,有保护细胞免受外界侵害的功能,是细胞与外界环境之间联系的唯一途径。细胞膜表面有各种表面抗原,不同物种的细胞之间及同一物种不同类型细胞之间的表面抗原均有差异,即表面抗原具有特异性。这种特异性是遗传的,它在遗传学上有很重要的意义。

(丁) 织胞膜

细胞质是细胞核以外细胞膜以内的全部物质系统,细胞质主要包括基质和细胞器。基质呈胶质状态,在基质中分布着线粒体、质体、内质网、核糖体、高尔基体、溶酶体、中心体等细胞器。

1. **线粒体** 在光学显微镜下,线粒体呈粒状、线状。在电子显微镜下,线粒体是由双层膜构成的囊状结构,外膜平滑,内膜向内折叠形成嵴,两层膜之间有腔,线粒体中央是基质。基质内含有与三羧酸循环所需的全部酶类,内膜上具有呼吸链酶系及ATP酶复合体。线粒体是细胞内氧化磷酸化和形成ATP的主要场所,有细胞“动力工厂”之称。另外,线粒体有自身的DNA和遗传体系,但线粒体基因组的基因数量有限,线粒体DNA最终受核DNA的调节。因此,线粒体只是一种半自主性的细胞器。线粒体表现为母系遗传,其突变率高于核DNA,并且缺乏修复能力,是人们探索母系遗传的重要标记。

2. **内质网与核糖体** 内质网是由管状、泡状、扁平囊状的膜结构连接而成的网状结构,广泛分布在基质中。内质网对细胞的生命活动有重要作用。核糖体是由蛋白质和核糖核酸(RNA)组成的小颗粒,附着在内质网上面,核糖体是细胞内将氨基酸合成蛋白质的主要场所,能把氨基酸互相连接成多肽,所以称它为蛋白质的“装配机器”。

3. **中心体** 中心体由两个互相垂直排列的中心粒构成,分布于细胞核附近,接近于细胞的中心,所以叫中心体。它与细胞的有丝分裂有关。

另外,高尔基体与细胞内物质的分泌、贮存、转运有关;溶酶体内含有12种以上消化酶,在细胞内起消化作用,并能分解体内已损伤或老死的细胞器。

(上) 织胞核哈柔艳估

细胞核是由核膜、核质、核仁和染色质构成的。核膜包在细胞核外面,是核与细胞质的分界膜,核膜上有许多微细小孔(核孔)是细胞核和细胞质进行物质交换的孔道。核质是透明胶体,充满整个细胞核,一般不易着色。核仁是一个形状不规则而致密结实的物体,没有外膜。核仁是细胞核里的一个重要结构,它与核糖体核糖核酸(rRNA)的形成及遗传有关,并且染色体所制造的一些物质,如核糖核酸,大都经过核仁的加工后送到细胞质中。染色质是分布在细胞核中的一些易被碱性染料染成深色的物质。染色质是由DNA和RNA及组蛋白等组成,在细胞分裂间期以染色质状态存在,在细胞分裂期,染色质则浓缩为光学显微镜下可见的染色体,在细胞分裂末期又恢复到染色质形态。

1. **染色体的化学组成** 据化学分析,染色体是核酸和蛋白质的复合物。其中核酸有脱氧核糖核酸(DNA)和核糖核酸(RNA),蛋白质有组蛋白和非组蛋白。此外,染色体中还有少量的无机物等。高等动物中,DNA主要存在于细胞核内染色体上,并与蛋白质结合在一起,仅有少量在细胞质线粒体等细胞器中。RNA在细胞核和细胞质上都有。

2. **染色体的形态和结构** 染色体一般呈棒形,它与着丝点(不易着色)相连。一条染色体只有一个固定的着丝点。根据着丝点位置不同,一般把染色体分成三种形态。着丝点把染色体分成两个臂。如果两臂长度大致相等则呈“V”形;如果着丝点不在正中则呈

“L”形；如果着丝点在染色体端部则呈棒形。着丝点所在处往往缢缩变细叫主缢痕。有的染色体还有另一个缢缩变细、染色较淡的地方，叫次缢痕。次缢痕位置也是固定的。它与主缢痕的区别是：次缢痕处不能弯曲，而主缢痕处则能弯曲；不同染色体的次缢痕位置是恒定的，而主缢痕的位置如上所述是变化的。根据着丝点的位置和随体的有无可鉴别特定的染色体。

染色体外有表膜、内有基质。基质中有两条卷曲而又相互缠绕的染色丝贯穿着整个染色体。在染色丝上含有一定排列顺序易于着色的许多颗粒，叫染色粒。

染色体在电子显微镜下是一个反复折叠、高度螺旋化的 DNA·蛋白质结构。在染色体结构上流行的理论是“绳珠模型”。也就是说，染色体好像一条项链，由双螺旋的绳子（DNA）有规则地缠绕在一串“圆珠”（蛋白质）外面，外观好像一个螺旋管。其中这些圆珠叫核体。我们通常把纤丝的核体叫染色体的一级结构，把螺旋管叫二级结构，螺旋管进一步螺旋化形成的超螺旋化圆筒是三级结构，超螺旋管高度折叠和螺旋化就形成了染色体的四级结构。

3. 染色体的数目和组型 每个物种都有特定的染色体数目，部分动物的染色体数目见表 1-1。并且每一物种生物个体中每一体细胞中染色体数目也是相同的，它们在体细胞中是成对的。其中一个来自父方，一个来自母方，我们把每对染色体叫同源染色体，把不成对的染色体叫“非同源染色体”或“异源染色体”。体细胞里的染色体有常染色体和区分性别的性染色体，性染色体只有一对。性染色体与动物性细胞染色体数和性别有关。在家畜中，雄性体细胞中的一对性染色体形状大小不同，记为 XY。雌性体细胞中的一对性染色体形状大小相同，记为 XX。而在家禽中，雄性体细胞中的一对性染色体相同，雌性的则不同，为了与家畜区别，雄性的记为 ZZ，雌性的记为 ZW。

表 1-1 各种畜禽的染色体数

畜 别	黄牛	绵羊	山羊	猪	马	鸡	牦牛	水牛	鸭	家兔	狗	驴	火鸡	鹅
性细胞染色体数	30	27	30	19	32	39	30	24	40	22	39	31	40	41
体细胞染色体数	60	54	60	38	64	78	60	48	80	44	78	62	80	82

一般情况下，动物性细胞（专管生殖功能的）中的染色体数只有体细胞中的一半，遗传学上，把性细胞中含有的半数染色体（每对同源染色体的一半）叫一个染色体组，用符号“ n ”来表示；在体细胞中因含有分别来自父母双方的二组染色体，所以用符号 $2n$ 来表示。在正常情况下，高等动物的体细胞染色体数为 $2n$ ，叫二倍体。

将处在有丝分裂中期的全部染色体，按同源染色体的长度、着丝点的位置及随体的有无，依次排列并编号（性染色体列于最后），称为染色体组型或核型。各种家畜都有其特定的染色体组型，因此染色体组型是区别物种特征的重要依据。对某个体的染色体组型进行检查，观察各对染色体是否有异常现象，叫做染色体组型分析。利用染色体组型分析，可以找出变异原因。

4. 染色体是遗传物质的主要载体 生物的子代与亲代相似，主要是由于亲本通过性细胞的染色体把遗传物质传给了子代。子代性状与亲代性状的差异，也是由于双亲遗传物质的结合，发育形成的。现代遗传学证明，核酸是遗传物质，核酸分子中储存着控制生物性



状发育的遗传信息，这种遗传信息可决定性状的形成。除少数不含 DNA 的生物以 RNA 为遗传物质外，绝大多数具有细胞结构的生物都以 DNA 为遗传物质。染色体由 DNA 和蛋白质组成，所以遗传物质主要存在于染色体上。

二、细胞分裂

细胞的寿命是有限的。所以机体内细胞要不断地更新，有的细胞衰老、死亡，有的细胞新生、成长。一头成年家畜机体的细胞总数要比幼畜多若干倍。那么，精、卵细胞结成一个细胞（受精卵）又是怎样发育成一个成熟的个体的呢？这个发育过程就是细胞分裂，即细胞分裂是生长、生殖的基础。

细胞分裂有三种方式：无丝分裂、有丝分裂和减数分裂。原核类细胞如细菌，靠无丝分裂进行繁殖，真核类的体细胞靠有丝分裂增殖，性细胞成熟过程要进行减数分裂。

(丁) 组织肥肌丞切袂

有丝分裂是细胞分裂中最普遍的一种形式。有丝分裂主要是染色质形成染色体，染色体有规则地平均分配到两个子细胞中去，形成两个含有与母细胞染色体数相同的子细胞，同时也伴随着 DNA 的合成活动。细胞有丝分裂是持续不断地进行的，其分裂过程可分为间期、前期、中期、后期和末期五个阶段。如图 1-2 所示。

1. 间期 细胞在形态上变化不大，但各种物质的合成活动非常旺盛，主要特点是：一份 DNA 复制为相同的两份，含量增加 1 倍，同时相应的合成组蛋白。

2. 前期 在此期间，核内染色体缩短变粗成为明显的染色体。每个染色体纵裂成两个平行的染色单体，但这时着丝点仍未裂开。由一个着丝点连接着的每一对染色单体叫姊妹染色单体。核仁、核膜逐渐消失，中心粒一分为二，向核的两极移动，形成纺锤丝。

3. 中期 核膜完全消失，染色体开始向赤道板移动，最后各个染色体的着丝点有规律地排列在赤道板上，染色体的着丝点和纺锤丝连接起来。这时染色体的形状结构比较清晰，适宜进行染色体数目和形态的考察。

4. 后期 连接姊妹染色单体的着丝点分裂，使每个染色单体都具有一个着丝点，形成了一个独立的子染色体，并分别与同侧纺锤丝相连。由于纺锤丝收缩变短，使两个子染色体分别向细胞的两极移动。

5. 末期 当两组子染色体到达两极后，子染色体逐渐延长变细，最后又恢复成染色质。纺锤丝逐渐消失，核膜把染色质包围起来，形成两个细胞核，同时核仁和中心粒又重新出现。接着，细胞中部赤道区内凹，细胞核一极一个，细胞质分为两半，最后形成染色

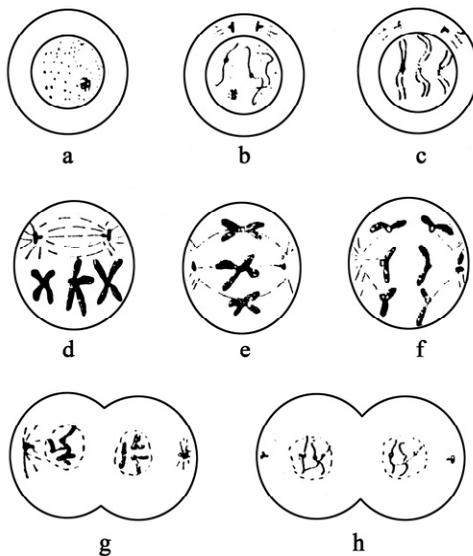


图 1-2 细胞有丝分裂示意图

a. 间期 b、c、d. 前期
e. 中期 f. 后期 g、h. 末期

体数目、形态结构完全相同的两个子细胞。

(丁) 组织肥湮鼓切袂

减数分裂是一种特殊方式的有丝分裂，这种分裂方式仅在性细胞上出现，为性细胞达到成熟所必需，所以又叫成熟分裂。减数分裂的特点是：精母细胞和卵母细胞都要经过两次连续的分裂，才能产生精子和卵子。在这两次分裂中，染色体只分裂一次。因此，每个精子或卵子内的染色体数只有体细胞染色体数的一半。减数分裂分两个阶段，分别叫减数第一次分裂（用Ⅰ表示）和减数第二次分裂（用Ⅱ表示）。两次分裂也各分为前、中、后、末四期。其中前期Ⅰ较长，变化复杂，又分为许多分期。各期形态特征如图1-3所示。

1. 减数第一次分裂

(1) 前期Ⅰ。减数第一次分裂的前期比较复杂，根据染色体的变化常分为五个阶段：细线期、偶线期、粗线期、双线期和终变期。

细线期：染色体形状逐渐明显，每一染色体已有两个染色单体，但细线难以区分，看不出双重性。

偶线期：染色体形态与细线期相似。这时每对同源染色体开始两两并列配对，这种现象叫做“联会”。配对具有严格的选择性，只有同源染色体方能配合在一起。配对时先由端部或着丝点处靠拢，然后扩展到整个染色体。

粗线期：染色体缩短变粗，每条染色体含有两条染色单体。两条配对的同源染色体看起来像一股粗线，实际是由两个着丝点和四根染色单体相互绞扭在一起，所以叫做“四联体”。又因为它实际上是一对染色体，故又叫双价体。

双线期：染色体继续变短，两条配偶染色体开始分开，但分开不完全。而是在非姊妹染色单体之间一处或若干处发生交叉现象。交叉使染色单体发生了部分交换，其中遗传物质也发生交换，从而引起变异。

终变期：染色体明显地变粗，两条同源染色体仍有交叉联系；核仁、核膜开始消失，双价体开始向赤道板移动，纺锤丝开始出现。这时适于在显微镜下观察染色体的形态和数目。

(2) 中期Ⅰ。核仁、核膜消失，双价体排列在赤道板上，由于纺锤丝拉动，两个配偶

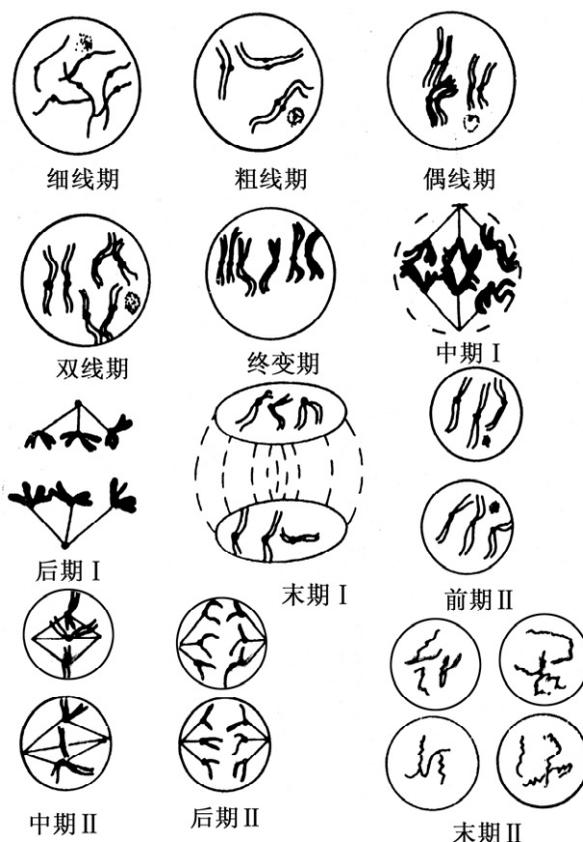


图1-3 减数分裂示意图



染色体开始分离。

(3) 后期 I。纺锤丝继续收缩，双价体中两条同源染色体完全分开，分别向细胞两极移动。至于双价体中的哪一条染色体移向哪一极则是完全随机的。值得注意的是，每一染色体有一个着丝点连接着两条染色单体（称为二联体），每一极只有 n 条染色体，所以在后期 I 时染色体发生了减数分裂。

(4) 末期 I。纺锤丝开始消失，核膜、核仁重新形成，细胞质一分为二，形成两个子细胞。雄性由初级精母细胞分裂成两个次级精母细胞，雌性由一个初级卵母细胞形成一个次级卵母细胞和一个小的极体（第一极体）。极体是只有细胞核几乎没有细胞质的细胞。

第一次分裂末期之后，经过短促的分裂间期就进入第二次分裂。减数分裂间期不像有丝分裂间期那样发生 DNA 复制。

2. 减数第二次分裂 这一阶段各期的形态特征与一般有丝分裂基本相似。每条染色单体未经纵裂就排列在赤道板上，然后着丝点分裂，两条姊妹染色单体彼此分开（形成独立的染色体），移向两极，组成两个新核。最后细胞体随之分裂，形成两个子细胞。雄性分裂为两个精细胞，雌性则分裂为一个卵细胞和一个极体（第二极体）。与此同时，第一极体分裂为两个极体。减数分裂的结果是形成四个子细胞，每个子细胞中只有 n 条染色体。精细胞经过形成期才能成为精子。

(上) 助件性注右乳柔艳估斃町肥咏膜怨叙北

染色体的数目和组型之所以能作为区别物种的重要依据，是由于它在个体发育和世代交替过程中始终保持稳定性和连续性的缘故。

动物体是由受精卵发育而来的，而受精卵是由精子和卵子融合在一起形成的。已知卵子、精子的染色体各为 n ，所以受精卵的染色体数目是 $n + n = 2n$ 。受精卵经过有丝分裂生成各种各样的体细胞，此时染色体数目仍为 $2n$ 。

动物达到性成熟时，它的一部分精原细胞（卵原细胞），经过减数分裂产生性细胞（ n ），受精时，精卵结合又复合为 $2n$ 。如此周而复始循环不已，如图 1-4 所示。因此，从染色体角度看，动物的生活史可看作是染色体规律性变化的运动过程。

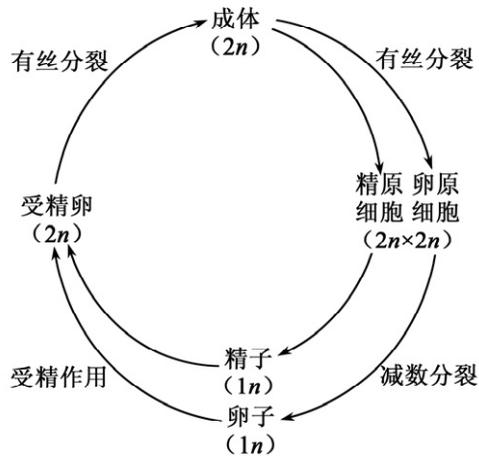


图 1-4 染色体周期性变化示意图

三、性染色体及性别决定

有性繁殖的动物，如家畜和家禽，都有明显的性别，都是雌雄异体。性别决定于性染色体。

(丁) 怨柔艳估

体细胞中染色体数是成双的，即 $2n$ 个，而生殖细胞中染色体数是成单的，即 n 个。但成对的同源染色体并非全部相同。体细胞中有一对染色体的形状往往不同，从而在形成配

子时，一部分配子中有一条染色体往往跟另一部分配子中的同源染色体在形态上有所不同。这个形态上不同的染色体叫性染色体。性染色体以外的染色体叫常染色体。

(丁) 怨划甲怨柔艳估呀宛

雌雄异体动物的体细胞中有一对染色体在雌雄个体中有差异，也就是说，生物个体性别不同是由染色体的差异决定的。除此以外，决定性别的方式还有很多。现介绍性别由性染色体的差异来决定的两种方式。

1. **XY型** 大多数雌雄异株植物、昆虫、鱼、两栖类、全部哺乳动物等的性别决定都是XY型。雌性是一对形态相同的性染色体，用符号XX表示，雄性只有一条X，另一条是比X小且形态也有些不同的Y染色体，用符号XY表示。在减数分裂时，性染色体也要分离各趋向一个子细胞。所以，每个卵子都含有一条X染色体，而精子有一半含X染色体而另一半含Y染色体。当卵子和含X染色体的精子结合为受精卵发育成个体时，该个体为雌体(XX)。当卵子和含Y染色体的精子结合为受精卵并发育成个体时，则该个体为雄体(XY)。

2. **ZW型** 家禽等鸟类动物属于ZW类型。它们与家畜不同，其性染色体构成，雌性是异型的，用ZW表示；雄性是同型的，用ZZ表示。精子与Z卵子结合的受精卵发育成的个体为雄体，精子与W卵子结合的受精卵发育成为雌体。

在动物界中，染色体组型不止XY、ZW这两种类型，还有XO、ZO型，这里就不一一介绍了。

四、核酸是遗传物质

(丁) 根酌恂主遣伴件贩底典条肥李价

虽然大量实验已经确切肯定核酸是遗传物质，但从遗传现象上来看，核酸作为遗传物质，必须具备以下条件：

1. **高度的稳定性和可变性** 生物之所以能在漫长的世代延续中保持本身固有的特性和特征，根本原因在于遗传物质具有高度的稳定性，在受到外界条件变化的影响时，遗传物质在细胞中的含量、存在位置及其化学组成不会轻易发生改变。

生物要想适应自然，不为自然所淘汰，遗传物质除具有高度稳定性外，还须在某种程度上具有可以变化的潜力。

2. **精确的自我复制能力** 遗传物质必须具有精确的自我复制能力，确保子代与亲代间具有相似的遗传性状。遗传物质还必须具有以自己为模板控制其他物质新陈代谢的能力。

3. **携带各种信息的能力** 生物体种类繁多，每种生物的性状又多种多样。而每一性状都有自己的遗传基础。所以遗传物质必须具有携带各种信息的潜力，才能使得无数生物的性状得以表达。

(丁) 根酌肥绅我

核酸在化学上是一种多聚体，其构成单位是核苷酸。核苷酸本身也是一种复杂化合物，它由三个部分组成：环状含氮碱基、戊糖和磷酸。DNA含的糖分子是脱氧核糖，RNA含的是核糖；DNA含有的碱基是腺嘌呤(A)、胞嘧啶(C)、鸟嘌呤(G)和胸腺嘧啶(T)，RNA含有的碱基前3个与DNA相同，只是最后一个胸腺嘧啶被尿嘧啶(U)代替(图



1-5)。DNA 通常是双链，RNA 主要为单链。

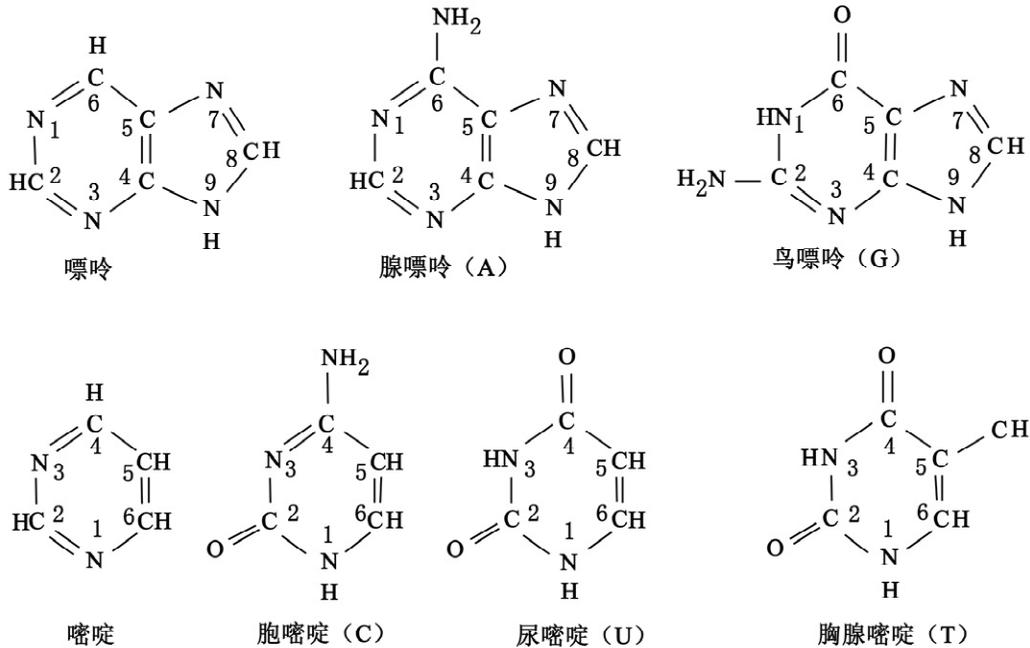


图 1-5 构成核苷酸分子的碱基结构

(上) DNA 靶切子铐

DNA 分子是由两条多核苷酸链构成，两条链围绕着一轴盘绕，形成一个双螺旋。这两条链由碱基对之间的氢键连接在一起。DNA 的四种碱基的配对连接遵从：腺嘌呤与胸腺嘧啶配对，鸟嘌呤与胞嘧啶配对（图 1-6）。由于碱基配对的专一性，两条核苷酸链是互补的。双螺旋结构使得 DNA 分子具有相对的稳定性，两条链的互补性为 DNA 分子自我复制提供了条件。核苷酸碱基对的排列顺序却是千变万化的。碱基对的排列顺序就代表了遗传信息。

五、遗传信息传递

(丁) DNA 复制

细胞能一分为二，产生两个类似自己的子细胞，体现繁殖和生命的延续，就必须确保 DNA 在细胞分裂前进行精确的复制。DNA 分子把两条螺旋的双链解开，以解开 DNA 链为模板，按照碱基互补配对原则，合成互补的子链。每条子链与亲代链盘绕成双螺旋结构，各自形成一个新的 DNA 分子。每个分子都是原来分子的精确复制品。这种合成方式称为复制。DNA 复制结束后，每个 DNA 分子，通过细胞分裂分配到两个子细胞中去，将遗传信息传到下一代。DNA 复制在细胞间期进行。

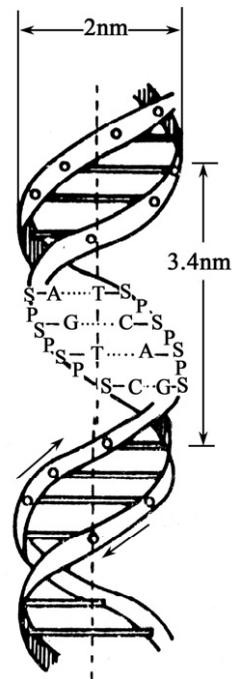


图 1-6 DNA 双螺旋结构

(子) DNA 复制

转录是以 DNA 中的一条单链为模板, 在酶催化下合成 RNA 链的过程。这样 DNA 把碱基顺序传递给 RNA。RNA 进入细胞质, 执行使命。细胞质共有三种不同的 RNA, 核糖体 RNA (rRNA)、转运 RNA (tRNA) 和信使 RNA (mRNA)。它们的功能各不相同。mRNA 是合成蛋白质的模板, tRNA 是转运特异氨基酸的运载工具, rRNA 是合成蛋白质的装置。mRNA 的碱基序列, 决定着蛋白质装配时氨基酸的序列。

(上) 翼论

亲代传递给后代的是遗传信息, 不是遗传性状。生物的结构和性状都与蛋白质有关。生物按照从 DNA 转录得到的 mRNA 上的遗传信息合成蛋白质的过程, 称为翻译。

六、基因工程

基因工程是在分子水平上对基因进行操作的复杂技术, 是将外源基因通过体外重组后导入受体细胞内, 使这个基因能在受体细胞内复制、转录、翻译表达的操作。

(丁) 淳囡左称肥淳札擎恂武骥

- (1) 获取目的基因。
- (2) 基因表达载体的构建。
- (3) 将目的基因导入受体细胞。
- (4) 目的基因在受体细胞稳定维持和表达特性。

(子) 辄淳囡助件

转基因动物生产是使用基因工程技术将选定的目的基因导入动物染色体组上, 整合并表达和遗传的过程。携带和表达外源基因的动物称为转基因动物。而把转基因技术、克隆技术与畜牧业生产结合, 创建转基因克隆动物是 21 世纪培育遗传工程动物的主导性技术途径。

1. **动物品质改良** 转基因羊的净毛平均产量比其半同胞非转基因羊提高了 62%。用高产优质的奶牛个体的体细胞, 通过转基因及克隆技术大量快速地繁殖出与高产奶供体牛产奶性状一样的克隆牛, 大大提高经济效益。

2. **提高动物快速生长能力或抗病能力** 目前, 我国已获得了转基因鱼及转基因猪、转基因羊、转基因鸡等具有快速生长能力或抗病能力的家畜、家禽种系。

复习思考题

1. 与遗传关系紧密的细胞器有哪些? 它们各有什么功能?
2. 为什么说遗传物质存在于染色体上? 染色体在细胞分裂过程中的行为如何?
3. 试解释常染色体、性染色体、同源染色体、异源染色体、染色体组、染色体组型分析、染色体单体、有丝分裂、着丝点。
4. 有丝分裂在生物学上有何意义?
5. 牛、羊、猪、鸡的染色体数目如何?
6. 写出 DNA、RNA、rRNA 的中文名称。