

省级示范性高等职业院校建设项目成果
高等职业教育畜牧兽医专业“十三五”规划教材

畜禽繁殖与改良技术

主 编 王怀禹

副主编 吕远蓉 兰天明

西南交通大学出版社

·成 都·

前 言

本教材是根据《国务院关于加快发展现代职业教育的决定》(国发〔2014〕19号)及《关于加强高职高专教育教材建设的若干意见》的有关精神,按照国家、省级示范性高等职业院校建设改革的需要,依据《高职高专畜牧兽医专业人才培养方案》及畜禽繁殖与改良技术课程标准而编写的,为培养适合现代畜牧行业畜禽繁殖与改良工作岗位需要的高素质技能型人才而服务。

“畜禽繁殖与改良技术”是畜牧兽医类专业的主干课程之一,是对应畜禽繁殖与改良工作岗位的行动导向课程。为适应畜牧兽医类专业课程教学改革的需要,本教材按照课程“理实一体化”的设计和改革思路,尝试建立基于工作过程、项目导向、任务驱动的教学改革模式,对课程结构和内容安排进行全面整合、重构及序化,强化学生对问题综合解决能力和职业能力的全面提升。在教材具体内容的安排上,按照岗位能力培养需要,依据工作过程系统化的思想,建立了“选—种—选配—扩繁”的设计思路,并以此思路设计了7个学习项目、22个学习任务。项目一、项目二、项目三、项目四、项目六及相应的实训内容由王怀禹编写,项目五及相应的实训内容由吕远蓉编写,项目七及相应的实训内容由兰天明编写。全书由王怀禹负责统稿。

本教材结构新颖,内容精炼,图文并茂;文字通俗易懂,注重实际操作,将畜禽繁殖与改良的相关知识与技能融为一体,突出理论知识的应用和实践能力的培养;教学目标明确,充分体现了高等职业技术教育教材的应用性、实用性和先进性原则。通过学习,学生可具备畜禽繁殖与改良技术的知识和能力。本教材除可作为高职高专院校相关专业教材外,还可作为基层畜牧兽医人

员、专业化畜禽育种场与生产场的技术人员及畜牧兽医专业大中专学生的参考书。

本教材在体系的编排上是一次改革尝试，加之畜禽繁殖与改良技术是一门整合课程，涉及的内容很广，限于编者的能力和水平，书中难免会有疏漏和不妥之处，恳请广大读者批评指正。

编 者
2015年6月

目 录

绪 论	1
项目一 畜禽性状遗传基础	4
任务一 性状遗传的物质基础	5
任务二 性状遗传的基本规律	错误! 未定义书签。
任务三 性状的变异现象	错误! 未定义书签。
任务四 数量性状的遗传	错误! 未定义书签。
项目二 畜禽的选种	错误! 未定义书签。
任务一 畜禽品种的认识	错误! 未定义书签。
任务二 畜禽的鉴定	错误! 未定义书签。
任务三 种畜禽选择	错误! 未定义书签。
实训一 畜禽品种的分类与识别	错误! 未定义书签。
实训二 种畜系谱的编制与鉴定	错误! 未定义书签。
实训三 家畜体尺测量与外形鉴定	错误! 未定义书签。
项目三 畜禽的选配	错误! 未定义书签。

任务一 畜禽选配的实施.....错误！未定义书签。

任务二 畜禽杂交利用.....错误！未定义书签。

实训一 个体近交系数的计算.....错误！未定义书签。

实训二 杂交改良方案的设计.....错误！未定义书签。

实训三 杂种优势率的计算.....错误！未定义书签。

项目四 人工授精.....错误！未定义书签。

任务一 公畜禽的采精.....错误！未定义书签。

任务二 精液品质检查.....错误！未定义书签。

任务三 精液的处理.....错误！未定义书签。

任务四 母畜发情鉴定.....错误！未定义书签。

任务五 母畜禽的输精.....错误！未定义书签。

实训一 人工授精器材的识别、洗涤与消毒.....错误！未定义书签。

实训二 假阴道的安装与采精.....错误！未定义书签。

实训三 精液品质检查.....错误！未定义书签。

实训四 精液稀释液的配制与精液稀释.....错误！未定义书签。

实训五 冷冻精液的制作与液氮罐的使用.....错误！未定义书签。

实训六 母畜发情鉴定.....错误！未定义书签。

实训七 母畜禽的输精.....错误！未定义书签。

项目五 妊娠与分娩	错误！未定义书签。
任务一 妊娠诊断	错误！未定义书签。
任务二 分娩助产	错误！未定义书签。
实训一 母畜妊娠诊断	错误！未定义书签。
实训二 母畜分娩助产	错误！未定义书签。
项目六 繁殖调节与控制	错误！未定义书签。
任务一 生殖激素的应用	错误！未定义书签。
任务二 母畜发情控制	错误！未定义书签。
任务三 胚胎移植	错误！未定义书签。
任务四 诱导分娩	错误！未定义书签。
实训一 常用生殖激素制剂识别及其作用实验	错误！未定义书签。
实训二 同期发情、超数排卵与胚胎移植	错误！未定义书签。
项目七 繁殖管理	错误！未定义书签。
任务一 家畜繁殖障碍及其防治	错误！未定义书签。
任务二 畜禽繁殖力的评价与提高	错误！未定义书签。
实训一 母牛不孕症的诊治	错误！未定义书签。
实训二 牧场繁殖管理调查	错误！未定义书签。
附录 家畜繁殖员国家职业标准	错误！未定义书签。

参考文献.....错误！未定义书签。

绪 论

畜牧业是农业、农村经济的重要支柱产业，改革开放以来，我国畜牧业发展步入快车道，彻底扭转了肉蛋奶短缺的局面。2014年，全国肉类产量为8 707 t，比1978年增长了9.2倍，人均肉类占有量从不足9 kg增加到近64 kg。畜牧业发展为改善居民膳食营养和保障国家食品安全做出了重要贡献。但随着人口总量的增长、收入水平的提升、城镇化的推进，我国肉蛋奶消费需求呈刚性增长态势。据测算，我国人均动物蛋白质日摄入量为33 g，虽超过世界平均水平，但远低于发达国家水平，人均奶类占有量不到世界平均水平的1/3。目前，我国每天要消耗2.3亿千克肉、8 000万千克禽蛋、1亿千克牛奶。一方面牛羊肉消费需求快速上升，另一方面牛羊肉生产能力不足，供求矛盾依旧突出。为了扭转这种不良局面，必须积极采取各项有效措施，其中包括积极培育和推广良种，大量运用繁殖新技术，以加速发展畜牧业，保证国家经济发展和社会生活的需要。

一、畜禽繁殖与改良对发展畜牧业的重要意义

1. 选育和扩大优良种畜，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。畜禽品种特性的优和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。所以在畜群中不断提高优良种畜作为种用和淘汰品质低劣的家畜，有助于畜群质量的逐步提高。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。繁殖与改良技术的应用已成为当代畜牧业生产中提高畜禽生产性能的主要措施之一。

2. 改变家畜生产力的方向，满足不同消费需求

由于各地自然条件和育种方向的不同，所形成的家畜和它们的产品类型有很大的差别，如原始的粗毛羊、役用牛、小型土种猪等。随着社会经济的发展，通过先进的繁育技术，可以改变家畜的生产方向，即将粗毛羊改为细毛羊、役用牛改为肉用牛或奶用牛、小型土种猪改为瘦肉型猪，从而使生产的产品符合人类消费需求。另外，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，为今后的育种提供了更丰富的素材。

3. 培育杂交亲本，充分利用杂种优势，提高产品的数量和质量

早在20世纪50年代，畜禽杂交育种技术开始应用于畜牧业生产，发达国家首先培育出鸡的品系间杂交种，使鸡的产蛋率高达50%以上。20世纪60~70年代，又培育出猪、牛、羊

等杂交种，使羊的产羔率提高 20%~30%，猪的日增重提高 15%以上，牛肉产量提高 15%以上，实现了品种由劣向优的转变。

4. 适应“规模化”“工厂化”生产模式需求，提供生产规格一致的畜禽

在规模化、工厂化畜牧业中，特别是工厂化养猪、养鸡，畜禽个体大小、生长快慢都有一定的规格与要求，通过采用同期发情等繁育技术，就可以满足这些要求，以适应“全进全出”的生产流程，从而便于经营管理和增加经济效益。

5. 保护畜禽品种资源

我国是世界上畜禽遗传资源最丰富的国家之一，但近 20 多年来发生了一些变化。由于高产品种对低产品种的排挤、盲目杂交、掠夺性开发利用、生态环境恶化、投入少等原因，造成大量地方品种群体数量有不同程度的下降，相当一部分畜禽品种处于灭绝的高度危险境地。拯救保存这些畜禽遗传资源将依赖于繁育技术，特别是精液的冷冻技术、胚胎生物工程新技术的运用，为保护畜禽遗传资源提供了新的途径。

6. 促进畜禽产品在国际市场的竞争力

我国当前养殖总体数量和质量偏低，畜禽产品在国际市场的竞争力还不强，所以在养殖业中应加速推广先进和成熟的遗传繁育技术，抓好畜禽品种改良，积极培育畜禽新品种，提高我国畜禽产品的数量和质量。这样才能有效地提高我国畜禽产品在国际市场的竞争力，扩大出口份额。

二、畜禽繁殖与改良所取得的主要成就

1. 基本调查清楚了畜禽品种资源

新中国成立后，经过了两次全国畜禽遗传资源调查。据农业部 2004—2008 年全国畜禽遗传资源调查，我国有畜禽品种、配套系 901 个，其中地方品种 554 个。这些地方品种普遍具有繁殖力高、肉质鲜美、适应性强、耐粗饲等优良特性，是培育新品种不可缺少的原始素材，是我国畜牧业可持续发展的宝贵资源。其中，有些畜禽品种如太湖猪、北京鸭，对国内外品种的改良都起过重要作用。

2. 引进大批外国优良畜禽品种

新中国成立以来，我国从国外引进了大批优良种羊、种马、种牛、种猪和种禽。这些优良畜禽的引进，对加速我国畜禽改良起到了很大的作用。各地利用这些良种的公畜（禽）与当地母畜（禽）杂交，或直接引进配套系，获得了良好的杂种优势，不但提高了本地品种畜禽的经济价值，还为培育新品种打下了良好的基础。

3. 培育了一批新的畜禽品种

中国有计划、有目的的动物育种工作主要是从 1949 年后开始的。1954 年，新疆细毛羊的

育成，标志着中国动物育种工作已经走上科学化轨道。继新疆细毛羊育成之后，中国陆续育成了关中奶山羊、中国美利奴细毛羊、南江黄羊、山丹马、甘肃白猪、中国黑白花奶牛、北京白鸡等一批畜禽品种，在畜牧业生产中发挥了很好的作用。

4. 建立了畜禽繁育指导机构和良种基地

新中国成立以来，各地根据当地自然条件和经济发展，建立了各种畜禽良种基地和良种场，形成了一套良种繁育体系。如各地建立的种畜场、育种场、原种场、育种辅导站、人工授精站、育种协作组、育种协会等，他们在提供良种畜禽、进行杂交改良、指导畜禽育种工作、推广和宣传新技术等方面，都做出了重要的贡献。

5. 培养了一支畜禽繁育科研队伍

新中国成立后，随着畜牧业的迅速发展，我国逐步建立健全了各种畜禽良种繁育技术推广体系，并通过高等和中等农业院校培养了一大批专业人才。全国各地还举办了各种畜禽繁育训练班，进一步壮大了畜禽繁育技术队伍。

6. 繁育技术取得了突飞猛进的发展

畜禽繁育技术在近 30 年来得到了快速发展。如畜禽的人工授精、冻配已相当普及。家畜的整个繁殖过程从生殖细胞的发生、初情期、性成熟、发情、配种、受精、妊娠、分娩直到泌乳等形成了一系列相应的控制技术。配子与胚胎生物工程技术的研究和应用更引人注目，如动物卵母细胞的体外成熟和体外受精、胚胎移植、胚胎冷冻保存、胚胎分割、胚胎性别鉴定、精子分离和性别控制、转基因动物等，将会对畜禽繁育方式产生极其深刻的影响。深入基因水平的分子育种改良技术正在悄然兴起，并展现出极大的活力与应用前景。

三、畜禽品种改良的主要内容

畜禽繁殖与改良是畜牧兽医专业的主干课程之一，与动物解剖生理、生物统计、动物生物化学、兽医基础、动物生产、畜禽疾病防治等学科有着密切的联系。本课程主要内容包括畜禽性状遗传基础、选种、选配、人工授精、妊娠与分娩、繁殖调节与控制及繁殖管理 7 个教学单元，实训和各教学单元相结合，既注重了理论知识的连贯性，又突出了繁育技术的可操作性。

四、学习本课程的目的和任务

本课程主要以猪、牛、羊、鸡为代表，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，可以使同学们了解繁殖调节与控制的相关技术，理解畜禽遗传、变异的基本规律对畜禽生产的指导作用，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。同时也可以使同学们具有分析、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。

项目一 畜禽性状遗传基础

【学习目标】

(1) 能够通过对性状遗传基本规律的学习，分析某些遗传现象，为畜禽某些质量性状的控制和改造提供依据。

(2) 能够利用所学性状变异知识，解释在畜禽生产实践中出现的性状变异现象。

(3) 能够利用所学知识，分析畜禽主要经济性状产生的原因；能够根据育种目标性状遗传参数的高低，确定适宜的选种选配方法。

【项目说明】

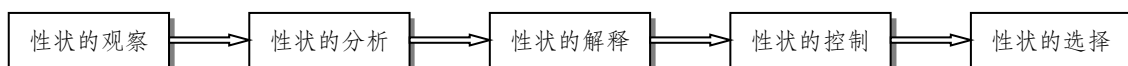
1. 项目概述

畜禽繁殖与改良工作的基础在于对畜禽遗传性状的分析 and 选择。而对性状进行分析和选择，不仅要直接从表现进行分析，更要从它的内在特性和规律进行综合分析，并进一步充分认识其表达的规律，最后采用这些规律指导畜禽繁殖与改良生产实践活动。

2. 项目任务分解

序号	学习内容
任务一	性状遗传的物质基础
任务二	性状遗传的基本规律
任务三	性状的变异现象
任务四	数量性状的遗传

3. 技术路线



任务一 性状遗传的物质基础

【知识链接】

一、细胞的结构与遗传

细胞是构成生物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。细胞可以分为两大类：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，并且外包被核膜，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，如图 1-1 所示。

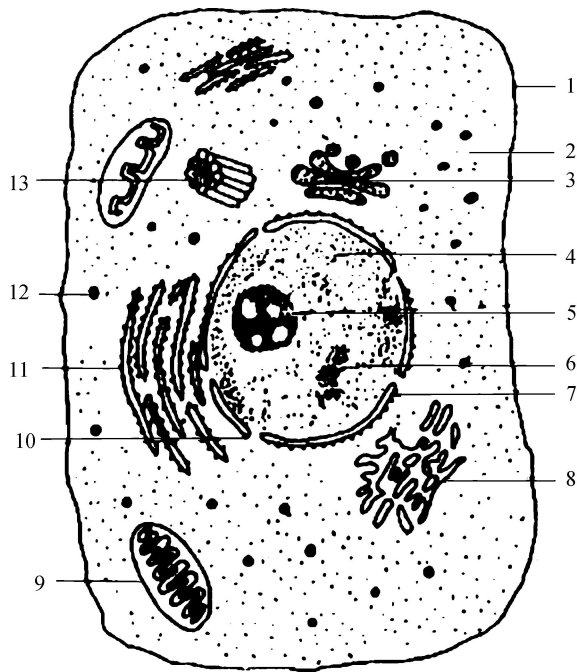


图 1-1 动物细胞亚显微结构模式图

1—细胞膜；2—细胞质；3—高尔基体；4—核质；5—核仁；6—染色质；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

（一）细胞膜

细胞膜是包在细胞质最外面的膜，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程度镶嵌在两层脂质内或覆盖在两层脂质表面。

细胞膜有保持细胞形状的支架作用，有保护细胞免受外界侵害的功能，是细胞与外界环境联系的唯一途径。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的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。

（二）细胞质

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、储存、转运有关；溶酶体内含有 12 种以上的消化酶，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。

（三）细胞核和染色体

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，是核与细胞质的分界膜，核膜上的微细小孔（核孔）是细胞核与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，由 DNA 和 RNA 及组蛋白质等组成。在细胞分裂间期，染色体以染色质状态存在；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，核酸可分为脱氧核糖核酸（DNA）和核糖核酸（RNA），蛋白质可分为组蛋白质和非组蛋白质。此外，染色体中还有少量的无机物等。在高等动物中，DNA 主要存在于核内染色体上，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（见图 1-2）。一条染色体只有一个固定的着丝点。根据着丝点位置的不同，一般把染色体分成 3 种形态（着丝点把染色体分成 2 个臂）。如果 2 个臂长度大致相等，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。

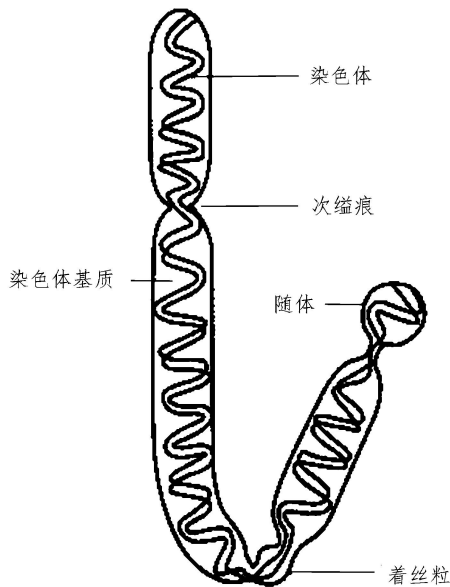


图 1-2 染色体的形态结构

染色体外有表膜、内有基质，基质中有 2 条卷曲而又相互缠绕的染色体贯彻整个染色体。在染色丝上含有许多一定排列顺序易于着色的颗粒，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。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叫三级结构，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

各种生物的染色体不仅形态结构是相对稳定的，而且数目是恒定的，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，一条来自父方，一条来自母方，这样的两条染色体称为同源染色体。一对染色体与另一对形态结构不同的染色体，则互称为“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组成，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，雄性体细胞的一对性染色体相同，雌性的则不同，为了与家畜相区别，雄性的记为 ZZ，雌性的记为 ZW。

在大多数生物的体细胞中，染色体是成对存在的，通常以 $2n$ 表示体细胞的染色体数目，称为二倍体；用 n 表示性细胞的染色体数目，称为单倍体。例如，人类的染色体有 23 对 ($2n=46$)，其中 22 对为常染色体，剩余一对为性染色体。常见动物体细胞中染色体数目如表 1-1 所示。

表 1-1 常见畜禽体细胞染色体数

动物名称	染色体数 ($2n$)	动物名称	染色体数 ($2n$)
猪	38	兔	44
水牛	48	狗	78
牛	60	猫	38
牦牛	60	鸡	78
山羊	60	鸭	80
绵羊	54	鹅	82
马	64	火鸡	82
驴	62		

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，依次进行排列并编号（性染色体位于最后），称为染色体组型或核型，如牛的核型（见图 1-3）记为♂：60, XY；♀：60, XX。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。

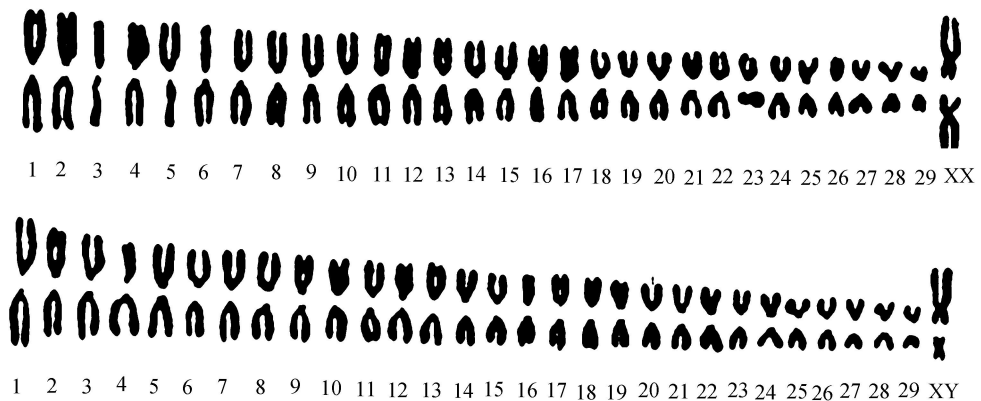


图 1-3 牛的染色体组型图 (性染色体列于最后)

采用染色体分带技术,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,叫作染色体组型分析。利用染色体组型分析,可以找出变异原因。例如,可以甄别个体由于染色体畸形造成的遗传性疾病,并及时淘汰。

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,核酸分子中存储着控制生物发育的遗传信息,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

精、卵细胞结合成一个细胞(受精卵)至发育成一个成熟的个体的过程中,机体内的细胞要不断地更新,即原有细胞不断衰老、死亡,新细胞不断产生、成长,这些都是通过细胞增殖来实现的。细胞有多种增殖方式,产生体细胞的过程为有丝分裂,产生性细胞的过程为减数分裂。

通常,将细胞从一次分裂结束到下次分裂结束之间的期限称为细胞增殖周期或细胞周期,可以分为间期(I)和分裂期(M)两个阶段。

(一) 间 期

细胞从一次分裂结束到下一次分裂开始之间的期限称为细胞间期或生长期,根据 DNA 的复制情况可以分为 3 个时期:复制前期(G_1 期)、复制期(S期)和复制后期(G_2 期)。

G_1 期:细胞体积增大, RNA、结构蛋白质和细胞所需要的酶类合成,为 S 期做准备。

S 期: DNA 在此时期进行生物合成,共分为两个阶段,即首先在常染色质中复制,然后在异染色质中复制。

G₂期：RNA、微管蛋白质及其他物质的合成，为细胞分裂做准备。

这3个时期的长短因物种不同差异很大，其中G₁期差异最大，而S期和G₂期相对差异较小。

(二) 分裂期

细胞分裂的方式可以分为无丝分裂、有丝分裂和减数分裂3种，但是它们的分裂过程并不相同。

1. 无丝分裂

无丝分裂分裂方式简单，细胞体积增大，细胞核延伸和细胞质同时缢裂成两部分，形成两个子细胞。

2. 有丝分裂

有丝分裂是细胞的主要分裂方式，包括两个过程：一是核分裂，二是质分裂（细胞分裂）。依据细胞内物质形态变化特征分为前、中、后、末4个时期，如图1-4所示。

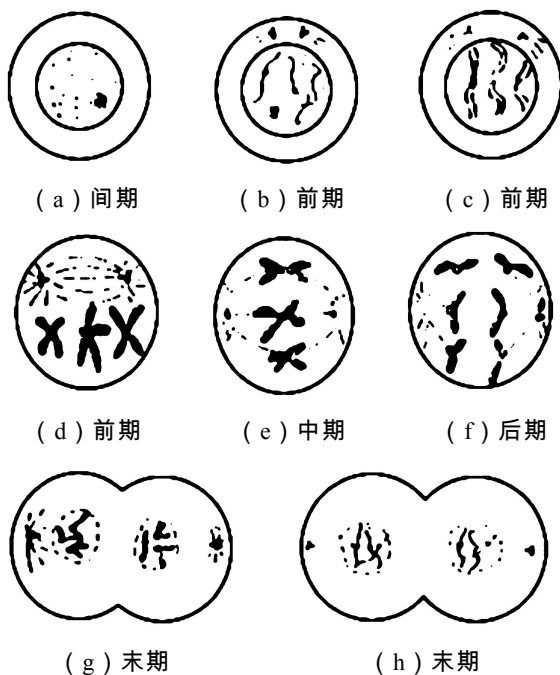


图 1-4 细胞有丝分裂示意图

(1) 前期。细胞核膨大，染色质高度螺旋化，形成由着丝粒相连的2条染色单体，中心体的2个中心粒分开，并向细胞两极移动，2个中心粒之间出现纺锤丝，形成纺锤体。同时，核仁逐渐变小消失，核膜逐渐溶解破裂。

(2) 中期。核仁和核膜完全消失。染色体有规律地排列在细胞中央的赤道面上，形成赤道板。此期染色体聚缩到最短、最粗，是染色体组型分析的最佳时期。

(3) 后期。染色体的着丝粒分裂为 2 个着丝点，使两条染色单体成为各具一个着丝点的独立的子染色体，并由纺锤丝的牵引分别移向细胞两极的中心粒附近，形成数目相等的两组染色体。同时，在赤道板部位的细胞膜收缩，细胞质开始分裂。

(4) 末期。分裂后的两组染色体分别聚集到细胞的两极，染色体解旋伸展变细恢复为染色质，纺锤丝消失，核膜、核仁重新出现，细胞质发生分裂，在纺锤体的赤道板区域形成细胞板，形成 2 个子细胞，又恢复为分裂前的间期状态。

3. 减数分裂

动物达到一定年龄后，睾丸的精原细胞（卵巢的卵原细胞）先以有丝分裂方式进行若干代增殖，产生大量的精原细胞（卵原细胞），这一段时间为繁殖期。最后一代的精原细胞（卵原细胞）不再进行有丝分裂，而进入生长期（此处生长期不同于细胞周期中的生长期，而是指性细胞形成过程的一个阶段），细胞质增加，细胞体积增大。经过生长期后，精原细胞（卵原细胞）称作初级精母细胞（初级卵母细胞），并开始进行减数分裂。

减数分裂包括连续的两次分裂，分别叫作减数第一次分裂（用 I 表示）和减数第二次分裂（用 II 表示）。在两次分裂中，也各分为前、中、后、末 4 个时期，如图 1-5 所示。