



应用生物技术大系

Comprehensive Series of Applied Biotechnology



家畜性别控制技术

(第二版)

李喜和 主编



科学出版社

应用生物技术大系

家畜性别控制技术

(第二版)

李喜和 主编

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书共分七章,内容以家畜胚胎的性别鉴定和移植、精子分离-性控制精的生产和人工授精为主线,同时涉及哺乳动物性别分化和性别决定机制、雌雄家畜生殖周期特点以及相关的动物克隆技术、动物干细胞研究和转基因技术的研究和应用情况。在内容写作方面,以编著者多年来进行研究和应用积累的一手资料为主,注重实际操作细节和典型事例介绍。

本书是一部理论内容和应用技术兼顾的实用性生物技术书籍,同时也对从事生殖生物学、发育生物学、繁殖学、兽医学和生殖生物工程技术的科研和教学人员具有一定的参考价值。

图书在版编目(CIP)数据

家畜性别控制技术/李喜和主编. —2版. —北京:科学出版社,2013
(应用生物技术大系)

ISBN 978-7-03-035976-6

I. ①家… II. ①李… III. ①家畜-胚胎-性别控制 IV. ①S814.8

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 263744 号

责任编辑:夏 梁 贺窑青/责任校对:李 影

责任印制:钱玉芬/封面设计:耕者设计工作室

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

北京佳信达欣艺术印刷有限公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2009年9月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2013年1月第 二 版 印张:13 插页:6

2013年1月第一次印刷 字数:305 000

定价:68.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

《家畜性别控制技术》(第二版)

编委会名单

书 序

1. 旭日干 院士
2. R. H. F. Hunter 教授

主 编：李喜和

副主编：王建国 周文忠 周欢敏 李荣凤 钱松晋
张胜利 张晓霞

编著者：(以姓氏笔画排序)

王春生 (内蒙古赛科星繁育生物技术股份有限公司* 兽医师)

王建国 (内蒙古大学 副研究员)

田见晖 (中国农业大学 博士 教授)

孙 伟 (内蒙古赛科星繁育生物技术股份有限公司 硕士 研发员)

李荣凤 (内蒙古大学 博士 教授)

李喜和 (内蒙古赛科星繁育生物技术股份有限公司 博士 教授)

李 瑶 (内蒙古大学 副教授)

吴冬生 (内蒙古赛科星繁育生物技术股份有限公司 硕士 研发员)

张 勇 (内蒙古赛科星繁育生物技术股份有限公司 硕士 工程师)

张胜利 (中国农业大学 博士 教授)

张晓霞 (北京奶牛中心 高级畜牧师)

周文忠 (中国农业大学 博士 教授)

周欢敏 (内蒙古农业大学 博士 教授)

赵丽霞 (内蒙古赛科星繁育生物技术股份有限公司 博士 畜牧师)

胡树香 (内蒙古赛科星繁育生物技术股份有限公司 硕士 工程师)

郭继彤 (内蒙古赛科星繁育生物技术股份有限公司 研究员)

秦应和（中国农业大学 硕士 副教授）

钱松晋（内蒙古赛科星繁育生物技术股份有限公司 高级畜牧师）

曹贵方（内蒙古农业大学 博士 教授）

浦茂海（内蒙古赛科星繁育生物技术股份有限公司 畜牧师）

崔志刚（内蒙古赛科星繁育生物技术股份有限公司 兽医师）

斯 琴（英国剑桥大学 Gurdon 发育生物研究所 博士 研究员）

廋洪武（澳大利亚凯斯特拉公司 博士 技术总监）

戴雁峰（内蒙古大学 博士 教授）

* 为原内蒙古蒙牛繁育生物技术股份有限公司

第一版旭日干序

性别控制技术 (sexing technology) 是通过人为干预, 使动物按照人们所希望的性别繁衍后代的技术。Lush (1925) 利用精子分离的方法进行性别控制研究, 首次报道了用离心法分离兔 X、Y 精子。在此后的半个多世纪里, 人们就开始寻找分离 X、Y 精子的有效方法。直至 Johnson 等将荧光原位杂交 (fluorescent *in situ* hybridization, FISH) 技术和流式细胞仪成功应用于精子分离, 人们才找到了分离 X、Y 精子的有效方法。1989 年, Johnson 等首先报道了用流式细胞仪成功分离兔 X、Y 精子, 用分离的精子受精后产下预期性别比例的后代, 这标志着流式细胞仪分离精子技术的研究取得了重大突破 (Johnson et al., 2000)。此后, Johnson 等又不断改进流式细胞仪, 并利用改进后的流式细胞仪分离有活性的 X 和 Y 精子。改进后的流式细胞仪被应用到猪、牛、羊以及人的研究上, 均获得较大成功, 而且使用流式细胞仪分离的牛精子用于体外受精 (Gran et al., 1993), 也得到了与预测性别相符的产犊结果。目前, 流式细胞仪分离法被证实为最有效的精子分离方法和性别控制技术。

2000 年, 英国科肯特 (Cogent) 精子分离公司首次将流式细胞仪分离精子技术投入生产, 正式宣布为其下属的牧场提供奶牛分离精子的服务。从而使流式细胞仪分离技术开始从实验室成功进入商业化生产应用。由于奶牛雌雄牛犊之间显著的价格差异, 各国都将该技术的应用重点放在荷斯坦奶牛精子分离上。目前阿根廷、美国、巴西和墨西哥等国家均已成功商业化应用分离技术进行奶牛繁殖。

我国精子分离技术的研究工作起步较晚, 但近年来发展迅速。2001 年 10 月, 黑龙江省大庆市田丰生物工程公司注册成立并率先进行精液分离研究。2003 年 11 月, 我国第一头精子分离性控奶牛在该公司顺利诞生。随后内蒙古蒙牛繁育生物技术股份有限公司和天津 XY 公司先后从美国引进精子专用分离设备和配套技术, 获得商业许可, 在国内进行了开创性的产业化推广应用, 取得了可喜的成果。

李喜和博士等近年来搜集整理国内外大量的文献资料, 并结合自己多年来的家畜性别控制技术的研究积累和最新成果, 编写了《家畜性别控制技术》一书, 以精子分离-性控冻精的生产和人工授精、家畜胚胎的性别鉴定和移植为主线, 较为全面系统地介绍了哺乳动物性别分化和性别决定机制、雌雄家畜生殖周期规律和特点。同时还涉及了动物克隆技术、干细胞培养以及转基因动物等相关技术的研究和应用情况。这是一部基础理论和应用技术兼顾, 侧重应用的学术读物, 对于从事畜牧兽医学、生殖生物学与生物技术的教学科研人员来讲无疑是一本很好的参考书。希望该书能为我国家畜性别控制技术的进一步产业化应用做出贡献。

旭日干

中国工程院副院长

中国工程院院士

2009 年 4 月 1 日

第一版 Hunter 序

哺乳动物生殖生物学这门学科在过去的 30~40 年快速发展,特别是在大型家畜方面的研究成果最为突出。随着基础知识的积累,促进了相关领域高新技术的发展,尤其是推动了家畜繁育技术的推广应用。这些技术可以广泛应用在动物育种、动物受胎和妊娠不同阶段,具体包括同期发情、妊娠诊断、胎儿检查到控制动物分娩和分娩后的生理反应。尽管人工授精是一项比较早期的生物工程技术,但令人振奋的是,这项技术在现代生殖生物工程技术的应用中仍然发挥着不可替代的作用。

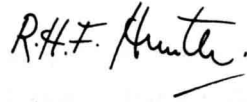
人工授精技术已经在提高家畜遗传性能、优良家畜资源的扩散中发挥了巨大作用,尤其是对奶牛育种改良贡献最为明显。人工授精技术使许多西方国家和少数发展中国家的牛奶生产得到了长足发展,这要归功于作为遗传物质载体的精液在液氮中的冷冻保存技术的进步,从而使这些动物的遗传物质在不同区域之间自由移动成为可能。人工授精技术在未来最有应用前途的地区应该是非洲、南美洲和中国。毫不夸张地说,通过奶牛精子分离-性控技术潜力的发挥,中国正在步入奶牛遗传改良的革命性时代。牛奶产量与乳制品销量增加的互动关系被看成是中国未来经济增长的重要组成部分,这对于中国持续增长的城市人口的健康状况和粮食生产来说,都是一个巨大的贡献。

没有人能够比李喜和教授更能体会到精子分离-性控技术对促进动物产品生产带来的深远意义。不论是在呼和浩特和北京作为大学教授,还是作为内蒙古蒙牛繁育生物技术股份有限公司的技术总监,他都在集中精力、持之以恒地推进精子分离-性控技术的深度开发和在中国的推广应用。他最近的研究结果显示,奶牛 X 精子或 Y 精子的性控准确率能够达到 95%。以蒙牛乳业集团公司完备的研究设备为基础,目前拥有 6 台精子分离设备,计划总数增加到 20 台,这将会在比较短的时间内通过性控技术繁育大量的良种奶牛,使中国的奶牛遗传性能尽快赶上世界水平。

但是李喜和教授的视野比以上叙述的更富有挑战性,以师从内蒙古大学旭日干教授为学术背景,在后来的日本博士学习和博士后研究经历,到作为资深研究员在英国剑桥大学兽医学院从事马的生殖生物学研究,他为自己未来有更大的进步在充分地扩充自己的视野。例如,射出的精液中,精子头部的 DNA 处于凝缩状态并且十分稳定,但在不久的将来通过显微操作技术等,对成熟精子细胞特定基因组功能的调控将成为可能。在李博士的努力下,他们的科学小组在这方面的研究已经走到了世界前列。该书编著适时,描述了精子分离-性控技术以及该技术在不同种类哺乳动物中的应用情况和前景,具有极高的推荐价值。感谢该书作者的开创精神和努力的工作。在此,我把 30 年前为一本相关书籍出版时写的书序中的一段话送给作者:“研究领域的选择和研究方向的把握是取得重要科技成果的基础,比如对家畜生殖机制调节的研究就是生命科学领域一项

非常有价值的研究方向”。

——摘自《家畜生殖生理和生殖技术》，学术出版社，伦敦及纽约。1980。

A handwritten signature in black ink, reading "R.H.F. Hunter." with a horizontal line underneath.

英国剑桥大学 悉尼萨赛克斯学院

Hunter's Foreword for First Edition

The discipline of mammalian reproductive biology has grown exponentially in the last 30~40 years, and investigations in large domestic animals have been prominent. One consequence of the increased basic knowledge has been the development of a sophisticated technology applicable especially in farm animals. Such technology can be imposed at the time of breeding, during pregnancy, and at the end of gestation. The scope for potential intervention thus extends from the synchronization of oestrus through diagnosis of pregnancy and measurements on the foetus to control of parturition and post-partum physiology. However, the oldest reproductive technique remains artificial insemination and, excitingly, application of this technique is at the threshold of a new era.

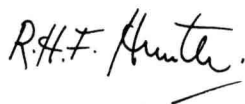
Artificial insemination has been of immense benefit by virtue of its ability to increase the rate of genetic progress in the breeding of superior livestock, most notably in dairy cattle. Its impact has led to significant improvements in milk production in many Western countries and indeed in less developed economies, thanks to convenient storage and transport of semen samples in liquid nitrogen. The greatest geographical scope for further developing the application of artificial insemination is in Africa, South America and in the People's Republic of China. It is no exaggeration to say that China is poised to revolutionise the rate of genetic gain in dairy cattle by exploiting the potential of sperm sorting technology. Increased milk production coupled with increased domestic milk consumption are seen as critically important to the Chinese economy and as a contribution to both food production and the health status of an ever-increasing urban population.

No-one has more readily appreciated the strategic impact of sperm-sorting technology to the overall increase of valuable animal products than Professor Xihe Li. In his university teaching posts in Huhhot and Beijing and, equally importantly, as Research Director of the Inner Mongolia Mengniu Reproductive Biotechnology Company, he is exceptionally well-positioned to drive forward the further development and application of sperm sorting technology. In its current form, it is applied to the separation of X-chromosome from Y-chromosome bearing spermatozoa with a 95% accuracy. Based on Mengniu's impressive research facilities, with a current total of 6 sorting machines and a proposed total of 20, a highly significant increase in the population of genetically superior dairy cows will soon be obtained.

But Professor Xihe Li's horizons are more challenging than even the development portrayed above. Based on his background as a research student of Professor Bou Shorgan at the Inner Mongolia University, as a post-doctoral candidate in cell biology in Ja-

pan, and as a senior research fellow in equine reproductive physiology in the Cambridge Veterinary School, England, he fully appreciates the scope for further improvements based upon rapidly developing DNA technology. Although chromatin is tightly condensed and stabilized in the head of ejaculated spermatozoa, it will soon be possible to identify and manipulate particular groups of genes in maturing sperm cells, and Professor Xihe Li's research team will be at the forefront of this endeavour.

This book is a timely contribution, and describes sperm sorting technology and its application in a variety of mammalian species. It is highly recommended and its author to be congratulated on his initiative and hard work. Professor Xihe Li's important book will remain a key work in the foreseeable future. As written in the Preface to a related book some 30 years ago: "Progress tends to be stimulated by those who recognise opportunities: one of these is the ability to regulate reproductive processes in female farm animals." (Physiology and Technology of Reproduction in Female Domestic Animals. Academic Press, London and New York, 1980)

A handwritten signature in black ink, reading "R.H.F. Hunter." with a horizontal line underneath.

Sidney Sussex College Cambridge, England

目 录

第一版旭日干序

第一版 Hunter 序

Hunter's Foreword for First Edition

第一章 绪论	1
第一节 性别分化和有性生殖	1
一、生物和生殖	1
二、哺乳动物的个体诞生	3
第二节 哺乳动物的性别决定机制	12
一、性别决定机制	12
二、性别决定的分子基础	13
三、人类性别分化和发育特点	14
第三节 动物性别控制技术	17
一、早期胚胎性别鉴定技术	18
二、精子分离-人工授精的性别控制技术	19
参考文献	21
第二章 家畜生殖生理	23
第一节 雄性家畜生殖生理	23
一、雄性家畜的性成熟	23
二、雄性家畜的性行为	23
三、精液的组成和理化特性	25
第二节 雌性家畜生殖生理	30
一、雌性家畜的生殖机能发育	30
二、雌性家畜的发情周期和性行为	32
三、雌性家畜发情鉴定	33
第三节 动物杂交与生殖调控机理	35
一、动物杂交	35
二、动物杂交生殖调控机理	37
参考文献	47
第三章 胚胎性别鉴定和胚胎移植技术	48
第一节 胚胎性别鉴定技术	48
一、研究概况	48
二、胚胎性别鉴定技术简介	50
第二节 牛性控胚胎体内生产和移植技术	55
一、研究概况	55
二、药品试剂和器材设备	58

三、技术流程	58
四、胚胎分割和一卵双胎技术	65
第三节 羊性控胚胎体内生产和移植技术	66
一、研究概况	66
二、药品试剂和器材设备	67
三、技术流程	67
第四节 应用情况、存在的问题及发展前景	70
一、胚胎移植应用情况	70
二、存在问题及技术展望	71
参考文献	73
第四章 精子分离-性别控制冷冻精液生产技术	74
第一节 哺乳动物精子分离技术	74
一、研究概况	74
二、美国 XY 公司和性控技术商业许可概况	78
第二节 牛精子分离-性别控制冷冻精液生产	80
一、研究概况	80
二、药品试剂和器材设备	81
三、技术流程	81
四、内蒙古赛科星繁育生物技术股份有限公司关于性控技术研发情况	87
第三节 羊和鹿精子分离-性别控制冷冻精液生产技术研究	92
一、研究概况	92
二、羊精子分离-性别控制冷冻精液生产技术研究	93
三、鹿精子分离-性别控制冷冻精液生产技术研究	95
第四节 应用情况、存在的问题及发展前景	95
一、推广应用情况	95
二、存在的问题及发展前景	96
参考文献	98
第五章 性别控制冷冻精液的人工授精技术	101
第一节 牛性别控制冷冻精液的人工授精	101
一、研究概况	101
二、药品试剂和器材设备	101
三、技术流程	101
四、奶牛 X/Y 精子分离-性别控制技术产业化应用关键技术研究结果	106
第二节 羊和马鹿性别控制冷冻精液的人工授精	109
一、研究概况	109
二、药品试剂和器材设备	109
三、羊性控冻精的人工授精	110
四、马鹿性控冻精的人工授精	112
第三节 应用情况、存在的问题及发展前景	114
一、内蒙古赛科星繁育生物技术股份有限公司奶牛性控技术应用情况	114

二、羊性控技术推广应用及存在的问题	116
三、马鹿性控技术推广应用以及存在的问题	117
参考文献	117
第六章 体外受精和性控胚胎的体外生产技术	119
第一节 体外受精技术	119
一、研究概况	119
二、小鼠体外受精	122
第二节 牛性别控制胚胎的体外生产	125
一、研究概况	125
二、药品试剂和器材设备	125
三、技术过程	126
四、奶牛性控冻精体外受精研究	130
第三节 羊性控胚胎的体外生产	133
一、研究概况	133
二、药品试剂和器材设备	134
三、技术过程	134
第四节 应用情况、存在的问题及发展前景	136
一、体外受精技术的应用	136
二、体外受精技术存在的问题	137
三、体外受精技术的发展前景	138
参考文献	139
第七章 其他生殖生物工程技术	141
第一节 动物克隆技术	141
一、动物克隆研究的历史	142
二、动物克隆研究的生物学意义	145
三、动物克隆技术的应用前景及存在的问题	146
第二节 动物干细胞研究	151
一、干细胞研究历史	151
二、干细胞研究的生物学意义	154
三、干细胞技术的应用前景及存在的问题	155
第三节 动物转基因技术	157
一、动物转基因研究历史	157
二、动物转基因研究的生物学意义	161
三、动物转基因研究技术的应用前景及存在的问题	162
参考文献	166
附录 1 英汉对照	168
附录 2 国家标准-牛性控冷冻精液（报批稿）	173
国家标准-牛性控冷冻精液生产技术规程（报批稿）	185
附录 3 图版	
附录 4 作者简介	

第一章 绪 论

第一节 性别分化和有性生殖

日常生活中谁都知道动物有雌雄之分，我们人类也有男女之别，这就是本章所要介绍的性别概念。由于常见，所以人们以为有性别区分是理所当然的事，是动物繁衍子孙后代的需要，但殊不知性别出现也同样经历了漫长的进化过程。那么动物以外的微生物、植物有没有性别？它们又是怎样繁殖自己的后代呢？我想对于这些问题一般人就没那么清楚了。性别和生殖是生物学研究领域最奥秘和复杂多样的问题之一，在这里我只能帮助读者对生物性别和生殖有一个大概认识，如果你有兴趣，可以在此基础上阅读更加专业的书籍。也许你不会相信，虽然我们目前还不能人为制造一个生命体，但现代生殖生物工程技术已经可以操作如此复杂和奥秘的生命现象。例如，在体外使精子和卵子受精的试管动物繁育技术、复制一种动物个体的动物克隆技术、分化细胞的重编程干细胞技术、包括在本书我们要介绍的动物性别控制技术。

一、生物和生殖

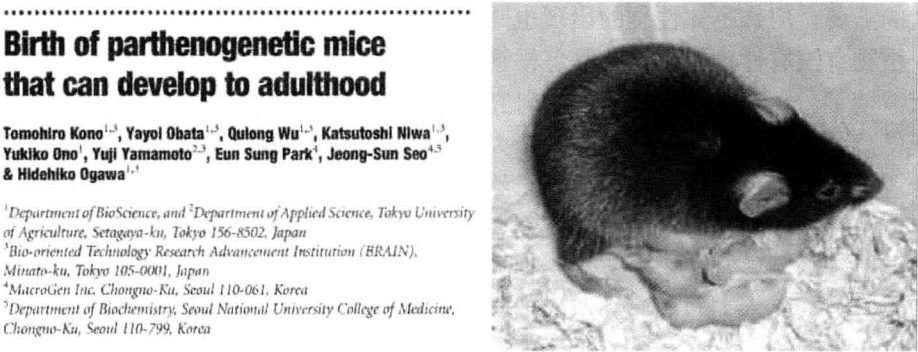
生物个体（亲代）产生与自己相同的子孙后代的过程称为生殖（reproduction）。生殖的结果一般产生比亲代更多的子孙，因此经过世代交替生物的数量在不断增加。繁殖（propagation）与生殖的意义几乎相同，但前者更加强调后代数量增加的含义。

1. 生殖多样性

生物的生殖方式可以区分为有性生殖（sexual reproduction 或 gamogenesis）和无性生殖（asexual reproduction）两大类，每一类其中又有多种多样的形式。生殖的基本机制是细胞分裂。有性生殖是从雌雄配子结合后的受精卵开始，经过细胞分裂、分化最后发育为个体，无性生殖的细胞分裂本身就是生殖过程。

受精是有性生殖的基本形式。多细胞动物在发生过程中发育形成专门的生殖器官（genital organ），由生殖腺（雌性：卵巢；雄性：精巢）产生专门的生殖细胞——卵子和精子。在进行生殖时，精子和卵子结合完成所谓的受精过程，这是新个体产生的开始。哺乳动物具有典型的有性生殖方式，雌雄异体，雄性产生的精子数量非常大（一次排精产生数亿甚至数十亿个精子），精子具有运动能力；雌性具有性周期，每个周期只排出一个（单胎动物：牛、马、人等）或数个卵子（多胎动物：猪、兔等）。受精在雌性个体的输卵管内进行，因此要有一个雌雄交配的过程。受精卵发育到一定阶段植入子宫内，胎儿在子宫内发育生长直至出生。单性生殖是生物界的一种比较特殊的有性生殖形式。在这种情况下虽然也有雌雄配子的分化，但雄配子并不直接参与子代个体的形成。通常是雌配子接受某种刺激产生和受精同样的效果，这种刺激包括从相邻细胞传来的信息或某种物质，有时也可能是遗传物质等。单性生物在动植物中均有发现，如鱼腥

草 (*Herba houttuyniae*) 和一些浮游生物可以根据生存环境等原因交替有性或无性生殖方式。高等哺乳动物的卵子在受到某些刺激 (化学物质、电流脉冲等) 时也可以分裂, 但传统理论认为这种胚胎发育到一定阶段即死亡退化, 这种单性胚胎由于缺乏父性基因补充表达而不能发育为正常个体。2004 年, 《自然》杂志报道了一个生殖生物学领域的重大成果: 日本东京农业大学的 Kono 教授领导的研究小组通过调整卵子形成时期的基因表达, 成功生出了世界首例单性发生小鼠, 这也是第一次哺乳动物单性发育的成功例子。该研究成果被认为是继 1997 年克隆绵羊 Dolly 诞生后的又一生殖生物学重大理论和实验突破 (图 1-1)。



**Birth of parthenogenetic mice
that can develop to adulthood**

Tomohiro Kono^{1,3}, Yayoi Ohata^{1,3}, Qulong Wu^{1,3}, Katsutoshi Niwa^{1,3},
Yukiko Ono¹, Yuji Yamamoto^{2,3}, Eun Sung Park¹, Jeong-Sun Seo^{1,3}
& Hidehiko Ogawa^{1,1}

¹Department of BioScience, and ²Department of Applied Science, Tokyo University
of Agriculture, Setagaya-ku, Tokyo 156-8502, Japan

³Bio-oriented Technology Research Advancement Institution (BRAIN),
Minato-ku, Tokyo 105-0001, Japan

⁴MacroGen Inc, Chongno-Ku, Seoul 110-061, Korea

⁵Department of Biochemistry, Seoul National University College of Medicine,
Chongno-Ku, Seoul 110-799, Korea

图 1-1 世界首例单性发生的小鼠 (Kono et al. , 2004)

2. 性别分化的生物学意义

哺乳动物是性别分化最完善的生物类群, 它的历史可追溯到三叠纪早期 (距今约 2 亿年前), 从大约 6500 万年前进入了繁盛时期。从进化角度来看, 有性生殖可以无限地繁殖同种个体的后代, 以此在生物界占据有利地位。由于性的出现, 使生物具有了一种“永恒”的生殖欲望, 所以有的学者认为生物个体的存在就是为了实现“生殖”使命、保证种的延续。从某种角度来看人类也是如此, 只不过人类生殖要受到理智、社会, 甚至是法律等诸多条件的约束, 这也是人类和动物繁衍的根本区别 (图 1-2)。性的分化产生了异性生物个体间的相互吸引, 这种现象在动物中表现尤为明显。在繁殖季节, 雄性动物展示自身的美丽、强健, 甚至是一些技巧等, 以此来吸引雌性动物, 达到繁殖后代的目的。鲜花可以吸引昆虫来访, 并通过昆虫传递不同个体间的配子 (花粉) 达到异株受精的目的。这种方式造成后代遗传信息的不断更新, 更有利于适应环境变化, 从而使种群在地球上延续下去。达尔文在他的进化论 *The Origin of Species* 学说中把这种现象称为“性淘汰”, 即自然选择了性别分化的生物, 因为由性别分化产生的有性生殖方式更加适合于种群在地球环境中的生存, 尤其是在陆地环境中的生存繁衍。

但是从绝对数量来看, 在自然界中无性生殖的生物种类占大多数。例如, 原核生物除少数几种以外绝大部分以无性形式增殖后代。原核生物分布于几乎地球所有环境, 到现在为止, 这种无性生殖方式持续了 40 亿年。因此有人认为, 从进化角度来看无性生殖比有性生殖更加有利于生物保存繁衍后代。曾经有人这样设想, 由于某种灾难性的原

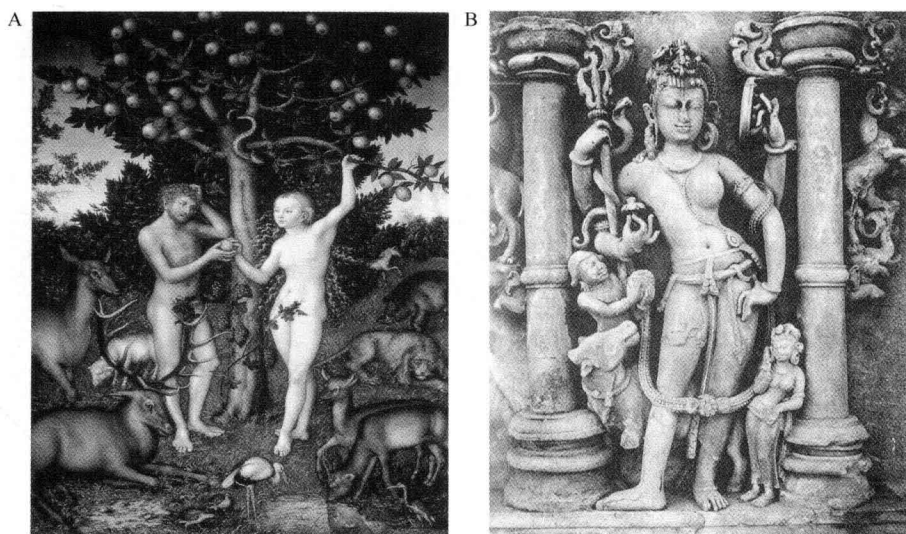


图 1-2 东西方人类的性萌发和想象

A. 性的诱惑——圣经中的亚当和夏娃 (Malcolm and Roger, 1999);

B. 性的想象——东方古代的双性人雕塑 (Hunter, 1995)

因，地球上只存在两个人，一男一女，一个居住在非洲大陆，另一个在美洲大陆，由于远隔千山万水两人无法走到一起生育后代，人类最终走向了灭绝。但是如果人类可以进行无性生殖，那么在这种情况下人类是否又可重新在两地继续延续下去呢？虽然是假想，但给有性生殖提出了一个无法解释的科学难题，说明自然选择也有它的局限性和时代背景。或者说我们对自然界选择性别分化和有性生殖的本质认识尚不深刻全面。

二、哺乳动物的个体诞生

家畜（牛、马、猪、羊等）、实验动物（小鼠、大鼠等）以及野生的虎、豹、狐、狼是我们熟悉的动物，这类动物雌、雄异体，胎儿在母体内度过早期的发育阶段，出生后还要依靠母体哺乳生长一段时间，因此称为哺乳类动物（mammal）。哺乳类动物为典型的有性生殖，在这里我们主要向读者介绍哺乳动物生殖细胞——精子和卵子的形成以及受精等基本概念，有关人类生殖和与生殖相关的一些社会热点问题我们将在其他章节中进行介绍和讨论。

1. 生殖器官

生殖器官是动物繁殖后代所构造的器官总称，主要包括产生生殖配子〔精子（sperm, spermatozoon）或卵子（ovum, oocyte）〕的生殖腺、生殖配子的输送管道和进行交配的结构。对于雌性动物来说还包括受精卵〔胚胎（embryo）〕在体内发育的子宫（uterus）。图 1-3 为哺乳动物生殖器官发育模式。

雄性的生殖器官主要包括精巢（testis）、附睾（epididymis）、输精管（ductus deferens）、副性腺及外生殖器。动物的繁殖模式各不相同，家畜中有的品种雄性也表现季节性特征，但大多数在性成熟后通年可以产生精子。在精巢中产生的精子进入附睾和输

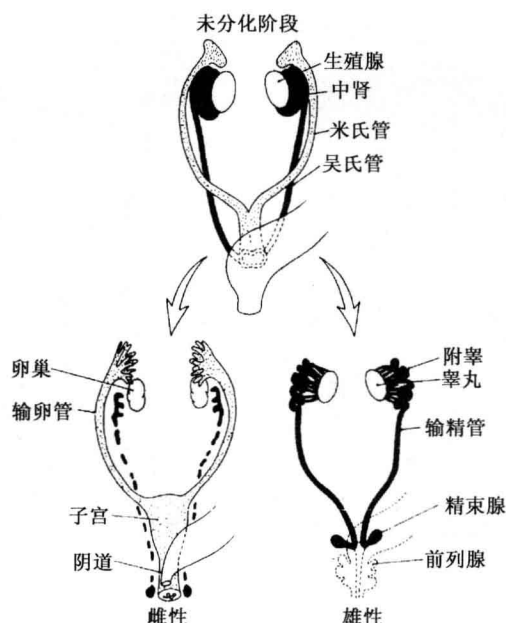


图 1-3 哺乳动物生殖器官发育模式图
(Hunter, 1995)

卵管中被赋予了运动能力，射精时进一步从副性腺分泌物中获得受精功能的成熟。雌性动物的生殖器官由卵巢（ovary）、输卵管（oviduct）、子宫、阴道（vagina）和外生殖器组成。与雄性动物相比，雌性动物的生殖模式相当复杂。性成熟后雌性动物的卵巢开始排卵，这种排卵为周期性的生殖生理过程，称为性周期（estrous）。有相当一部分家畜的排卵具有季节性，如羊、马等。野生动物大部分为季节性繁殖模式。

生物生殖的目的是繁衍与自己相同的子孙后代，因此作为生物生存的一部分，生殖机能也同样要受到环境的影响，同时生物在这种适应过程中也发生了生殖方式的进化，以便更加适应生存环境。哺乳动物的生殖特点是胎生、哺乳，可以说是最完善，也是最复杂的生殖方式。一般来说，雄性动物在生殖上的功能主要是产生精子并通过交配的方式与母体内产生的卵子结合受精，而雌性动物则主要在产生卵子的同时负责胚胎在体内的发育、直至分娩和出生后的幼体哺乳。雌性个体这一系列的功能均受所谓的生殖机能系统（reproductive regulating system）控制。生殖机能系统由“视床下部-脑下垂体-性腺”组成。主要功能物质是激素类蛋白质（hormone），这个系统在体内隔绝于其他机能系统地活动，但其作用受体内外环境的影响。

2. 雄性配子——精子

动物界的品种有 100 万种以上，大部分以有性方式繁殖后代，其精子形态也是各种各样，还没有发现有精子形态完全相同的两种动物。历史上首次确认精子存在是 1665 年罗伯特·胡克（Robert Hooke）用显微镜观察细胞之后的事情，一般认为是在 1677 年由安东尼·本·列文虎克（Antony Van Leeuwenhoek）和他的弟子金·哈姆（Johan Ham）通过对自身精液的观察，发现了游走的“精子”（图 1-4）。