

“十一五”国家重点图书出版规划



应用生物技术大系

Comprehensive Series of Applied Biotechnology



家畜性别控制技术

李喜和 主编



科学出版社

www.sciencep.com

应用生物技术大系

家畜性别控制技术

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-性控冻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. —北京:科学出版社,2009
(应用生物技术大系)
ISBN 978-7-03-025186-2

I. 家… II. 李… III. 家畜-生殖-生理学 IV. S814.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 138966 号

责任编辑:夏 梁 席 慧/责任校对:刘小梅
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>

双 青 印 刷 厂 印 刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

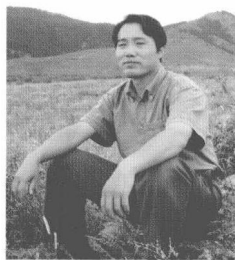
2009 年 9 月第 一 版 开本:787×1092 1/16
2009 年 9 月第一次印刷 印张:11 3/4 插页:4
印数:1—2 000 字数:255 000

定价:45.00 元

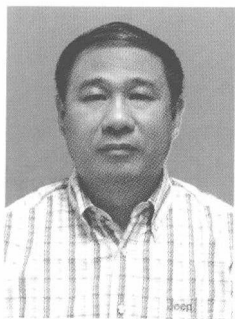
(如有印装质量问题,我社负责调换〈双青〉)

作者简介

李喜和，男，博士，1963年生。现任蒙牛乳业集团公司首席科技专家、蒙牛繁育生物技术股份有限公司技术总监、内蒙古大学兼职教授、英国剑桥大学兼职研究员。李博士1986~1989年参加了由内蒙古大学旭日干院士主持的中国首例试管牛、羊的科研工作。1994年在日本东京农业大学获博士学位。1995~1998年在日本家畜改良技术研究所任研究员，从事牛精子分离-性别控制技术的基础研究和应用技术开发，并于1998年成功研发出世界首例分离精子-显微受精的性控试管牛。1998年转入英国剑桥大学临床兽医系任高级研究员，继续从事马精子分离-性控技术、马克隆技术和马胚胎干细胞技术研究，并于2002年研究成功欧洲首例显微受精试管马和世界首例分离精子-显微受精的性控试管马。2005年回国主持奶牛精子分离-性控技术产业化关键技术的研究和推广应用，该研究项目获2007年内蒙古自治区科技进步一等奖。



在研究生涯中，李博士共发表以生殖生物学研究为主的学术论文80余篇，在国内外进行学术会议讲演50余次，获2项国家发明专利。李博士现在是日本繁殖生物学会会员、英国受精学会会员、美国生殖生物学会会员、内蒙古生物工程学会副理事长。李博士2002年获得剑桥中国学生学者联合会特别学术成果奖，2005年获内蒙古自治区科教兴区突出贡献奖，2006年获内蒙古自治区科技创新杰出引进人才奖、2007年入选内蒙古自治区“333人才引进工程”首席专家、国家级“新世纪百千万人才工程”，2008年被授予内蒙古自治区突出贡献中青年专家，享受国务院政府特殊津贴。



王建国，男，1963年生。现任内蒙古大学生命科学学院实验动物研究中心副研究员。1988年毕业于内蒙古农业大学兽医系。2007年6~8月，日本东京农业大学客座研究员。多年来，一直从事哺乳动物繁殖生物学及生物技术应用研究工作。2008年被聘为农业部现代肉羊产业技术体系建设岗位科学家。2007年被评为内蒙古自治区深入生产第一线做出突出贡献的优秀科技人员。2007年和1999年分别获内蒙古自治区科技进步一等奖、三等奖。2006年获呼和浩特市科技进步一等奖。2004年获内蒙古大学优秀教师称号。2001年获美国杜邦科技创新奖。1999年分别获内蒙古大学科技进步一等奖和自治区畜牧厅畜牧业科技进步三等奖。现任中国实验动物学会理事，中国畜牧兽医学会养羊学分会理事。兼任内蒙古蒙牛繁育生物技术股份有限公司售后技术总监。

周文忠，男，1962年生。中国农业大学动物医学学院特聘教授，博士生导师。1993年复旦大学遗传学研究所毕业，获理学博士学位。1993~1996年上海医科大学博士后、副教授。1997年7月获日本文部省资助，赴日本大阪大学细胞及分子生物研究所做为期一年的访问教授，使用 mRNA 进行黑色素瘤的免疫基因治疗，取得较好的疗效。1998年8月~2001年7月于美国内布拉斯加大学医学中心药学院药剂学系做博士后研究，成功地将纳米球系统应用于多种培养细胞以及活体转基因，在国际上首次取得纳米球转化 CaCO_3 细胞的成功，为纳米球 DNA 口服疫苗的研究奠定了基础。2002~2003年加拿大麦柯玛斯特大学研究员。2004年回国参加奶牛性控技术的研究和应用推广。现在兼任蒙牛繁育生物技术股份有限公司的研发部部长。



张胜利，男，1962年生。动物遗传育种学博士，农业技术推广研究员。现任北京奶牛中心主任、国家奶牛胚胎工程技术研究中心主任、中国奶业协会育种专业委员会副主任、科技部奶业重大专项总体专家组成员。多年来一直从事动物育种和奶牛良种繁育工作，主持和参加完成了“利用胚胎生物技术建立高产奶牛繁育体系和生产体系”、“高产奶牛 MOET 育种核心群的建立”、“种公牛隐性有害基因分子检测技术的研究与应用”等多项科研课题。2004年获国务院政府特殊津贴专家，2006年入选北京市“新世纪百千万人才工程”。



张晓霞，女，1957年生。现任北京三元集团奶牛中心种公牛站技术总监、北京奶牛中心副主任、高级畜牧师。多年从事种公牛的饲养管理、冷冻精液生产及冷冻精液质量监督检验等工作。主持编写了《种公牛饲养管理技术规程》行业标准，参与编写了《牛人工授精技术规程》、《牛冷冻精液》国家标准等相关技术文件，是农业部聘任的部级质量监督与计量认证评审员，兼任农业部牛冷冻精液质量监督检验测试中心（北京）技术负责人、常务副主任。先后荣获联合国技术信息促进系统中国分部颁发的“发明创新科技之星奖”；北京市人民政府科技进步一等奖；全国总工会授予“全国先进女职工”称号；被评为“北京市劳动模范”、“全国劳动模范”；当选为北京市第九届、第十届党代表，中国共产党第十七次代表大会代表和 2008年北京奥运火炬手。



钱松晋，男，1949年生。高级畜牧师，从事家畜改良、家畜遗传育种工作 30 余年，曾先后在通辽市家畜繁育指导站和内蒙古自治区家畜改良站负责种公牛饲养管理和冷冻精液生产及技术推广。多次被评为农业部、内蒙古自治区畜牧厅“先进工作者”。1978年获吉林省重大科技成果奖；1994~2005年获内蒙古自治区农牧业丰收一等奖、二等奖各一项，三等奖两项；2002年获北京



市科技进步一等奖，中国农业科学院科技进步一等奖，2007 年获内蒙古自治区科技进步一等奖。曾任通辽市政协第一届委员会常委、中国西门塔尔牛育种委员会副秘书长、内蒙古畜禽品种审定委员会委员，发表学术论文 30 余篇，参加 3 部专业著作的编写。现任蒙牛繁育生物技术股份有限公司生产部部长。

李荣凤，女，1968 年生于内蒙古自治区科左中旗。1992 年毕业于内蒙古大学生物系。同年留在内蒙古大学实验动物研究中心工作。分别于 1997 年和 2003 年在内蒙古大学在职获得动物理学硕士和博士学位。1995 年 10 月～1996 年 3 月，在日本农林水产省畜产试验场进行合作研究。2005 年 1 月～2007 年 12 月，在美国密苏里大学动物科学系做博士后研究。十几年来一直从事哺乳动物体外受精、胚胎冷冻保存和转基因克隆等方面的研究工作。在国内外学术刊物上发表论文 30 余篇，其中 SCI 收录 15 篇。现为内蒙古大学哺乳动物生殖生物学及生物技术教育部重点实验室教授。



周欢敏，男，汉族，1959 年生。内蒙古自治区呼和浩特市托县人。博士，教授，博士生导师。主要从事动物发育生物学与生物技术和动物遗传育种与繁殖学的教学和研究工作。现任内蒙古生物工程学会常务副理事长，中国农业生物技术学会理事，内蒙古自治区第九届、十届政协委员，中国农业高级专家，国家重点新产品计划项目评审咨询专家。入选内蒙古自治区优秀学科带头人计划和教育部高校骨干教师资助计划。内蒙古自治区“333”人才工程首席专家，2008 年被授予内蒙古自治区突出贡献中青年专家，并且是 *Africa Journal of Agricultural Research* 杂志编委。

《家畜性别控制技术》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 (内蒙古蒙牛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 (内蒙古蒙牛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)
李海军 (内蒙古农业大学 博士)
李喜和 (内蒙古蒙牛繁育生物技术股份有限公司 博士 教授)
吴冬生 (内蒙古蒙牛繁育生物技术股份有限公司 硕士 研发员)
张 勇 (内蒙古蒙牛繁育生物技术股份有限公司 硕士 工程师)
张胜利 (北京奶牛中心 博士 推广研究员)
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)
胡树香 (内蒙古蒙牛繁育生物技术股份有限公司 硕士 工程师)
秦应和 (中国农业大学 硕士 副教授)
钱松晋 (内蒙古蒙牛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)
崔志刚 (内蒙古蒙牛繁育生物技术股份有限公司 兽医师)
斯 琴 (英国剑桥大学 Gurdon 发育生物学研究所 博士 研究员)
廬洪武 (澳大利亚凯斯特拉公司 博士 技术总监)

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

Hunter 序

哺乳动物生殖生物学这门学科在过去的 30~40 年内快速发展，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。

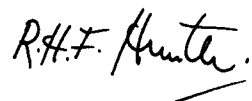
人工授精技术已经在提高家畜遗传性能、优良家畜资源的扩散中发挥了巨大作用，尤其是对奶牛育种改良贡献最为明显。人工授精技术使许多西方国家和少数发展中国家的牛奶生产得到了长足发展，这要归功于作为遗传物质载体的精液在液氮中的冷冻保存技术的进步，从而使这些动物的遗传物质在不同区域之间自由移动成为可能。人工授精技术在未来最有应用前途的地区应该是非洲、南美洲和中国。毫不夸张地说，通过奶牛精子分离-性控技术潜力的发挥，中国正在步入奶牛遗传改良的革命性时代。牛奶产量与乳制品销量增加的互动关系被看做是中国未来经济增长的重要组成部分，这对于中国持续增长的城市人口的健康状况和粮食生产来说，都是一个巨大的贡献。

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，并且计划总数增加到 20 台精子分离设备，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

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.

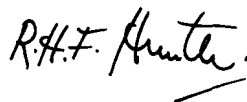
No-one has more readily appreciated the strategic impact of sperm-sorting technology to the overall increase of valuable animal products than Professor Xihe Li. In his university teaching posts in Huhhot and Beijing and, equally importantly, as Research Director of the Inner Mongolia Mengniu Reproductive 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-

• v •

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 the name.

Sidney Sussex College Cambridge, England

目 录

旭日干序

Hunter 序

Hunter's Foreword

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	12
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、早期胚胎的性别鉴定技术	17
二、精子分离-人工授精的性别控制技术	19
参考文献	20
第二章 家畜生殖生理	22
第一节 雄性家畜生殖生理	22
一、雄性家畜的性成熟	22
二、雄性家畜的性行为	22
三、精液的组成和理化特性	24
第二节 雌性家畜生殖生理	29
一、雌性家畜的生殖机能发育	29
二、雌性家畜的发情周期和性行为	31
三、雌性家畜发情鉴定	32
参考文献	34
第三章 胚胎性别鉴定和胚胎移植技术	35
第一节 胚胎性别鉴定技术	35
一、研究概况	35
二、胚胎性别鉴定技术简介	37
第二节 牛性控胚胎体内生产和移植技术	42
一、研究概况	42
二、药品试剂和器材设备	45
三、技术流程	45
四、胚胎分割和一卵双胎技术	51

第三节 羊性控胚胎体内生产和移植技术	53
一、研究概况	53
二、药品试剂和器材设备	53
三、技术流程	53
第四节 应用情况、存在的问题及发展前景	56
一、胚胎移植应用情况	56
二、存在问题及技术展望	57
参考文献	59
第四章 精子分离-性别控制冷冻精液生产技术	61
第一节 哺乳动物精子分离技术	61
一、研究概况	61
二、美国 XY 公司和性控技术商业许可概况	65
第二节 牛精子分离-性别控制冷冻精液生产	66
一、研究概况	66
二、药品试剂和器材设备	67
三、技术流程	68
四、蒙牛繁育生物技术股份有限公司关于性控技术研发情况	74
第三节 羊和鹿精子分离-性别控制冷冻精液生产技术研究	76
一、研究概况	76
二、羊精子分离-性别控制冷冻精液生产技术研究	76
三、鹿精子分离-性别控制冷冻精液生产技术研究	78
第四节 应用情况、存在的问题及发展前景	78
一、推广应用情况	78
二、存在的问题及发展前景	80
参考文献	81
第五章 性别控制冷冻精液的人工授精技术	84
第一节 牛性别控制冷冻精液的人工授精	84
一、研究概况	84
二、药品试剂和器材设备	84
三、技术流程	84
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	89
第二节 羊和马鹿性别控制冷冻精液的人工授精	92
一、研究概况	92
二、药品试剂和器材设备	92
三、羊性控冻精的人工授精	92
四、马鹿性控冻精的人工授精	95
第三节 应用情况、存在的问题及发展前景	96
一、蒙牛繁育生物技术股份有限公司奶牛性控技术的应用情况	96
二、羊性控技术推广应用及存在的问题	97

三、马鹿性控技术推广应用以及存在的问题	98
参考文献	98
第六章 体外受精和性控胚胎的体外生产技术	100
第一节 体外受精技术	100
一、研究概况	100
二、小鼠体外受精	103
第二节 牛性别控制胚胎的体外生产	106
一、研究概况	106
二、药品试剂和器材设备	106
三、技术过程	106
四、奶牛性控冻精体外受精研究	111
第三节 羊性控胚胎的体外生产	113
一、研究概况	113
二、药品试剂和器材设备	114
三、技术过程	114
第四节 应用情况、存在的问题及发展前景	116
一、体外受精技术的应用	116
二、体外受精技术存在的问题	117
三、体外受精技术的发展前景	118
参考文献	119
第七章 其他生殖生物工程技术	121
第一节 动物克隆技术	121
一、动物克隆研究的历史	121
二、动物克隆研究的生物学意义	124
三、动物克隆技术的应用前景及存在的问题	125
第二节 动物干细胞研究	129
一、干细胞的研究历史	129
二、干细胞研究的生物学意义	133
三、干细胞技术的应用前景及存在的问题	134
第三节 动物转基因技术	136
一、动物转基因研究历史	136
二、动物转基因研究的生物学意义	138
三、动物转基因研究技术的应用前景及存在的问题	139
参考文献	142
企业标准 牛性控冷冻精液(试行)(讨论稿)	143
企业标准 牛性控冷冻精液生产操作规程(试行)(讨论稿)	149
附录 A(规范性附录) 种公牛的品种代号和细管性控冷冻精液标记方法	158

附录 B (规范性附录) 牛性控冷冻精液质量检验方法	160
附录 C (规范性附录) 群体公牛冻精质量监督抽样检验程序	166
附录 D 专用名词英汉对照	168
图版	

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，包括我们人类在内也要区分男女，这就是本章所要介绍的性别的概念。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，但殊不知性别的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，以及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作生殖（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，但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（一次排精数亿甚至数十亿），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者是某种物质，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