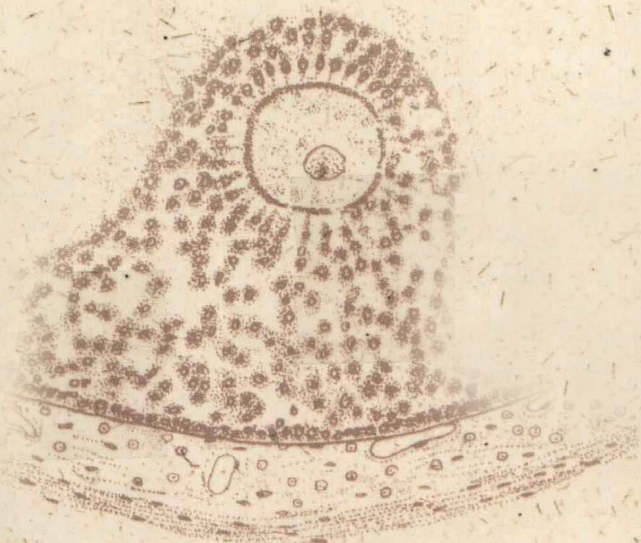



养殖领域研究生教学用书

# 动物繁殖理论

## 与生物技术

张嘉保 田见晖 主编



 中国农业出版社

养殖领域研究生教学用书

# 动物繁殖理论与生物技术

张嘉保 田见晖 主编

中国农业出版社

## 图书在版编目 (CIP) 数据

动物繁殖理论与生物技术/张嘉保, 田见晖主编

—北京: 中国农业出版社, 2010.9

ISBN 978-7-109-14970-0

I. ①动… II. ①张…②田… III. ①动物—繁殖—  
理论②动物—繁殖—生物技术 IV. ①S814

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 176860 号

中国农业出版社出版

(北京市朝阳区农展馆北路 2 号)

(邮政编码 100125)

责任编辑 刘伟

---

中国农业出版社印刷厂印刷 新华书店北京发行所发行

2011 年 1 月第 1 版 2011 年 1 月北京第 1 次印刷

---

开本: 787mm×1092mm 1/16 印张: 26

字数: 593 千字 印数: 1~3 000 册

定价: 58.00 元

(凡本版图书出现印刷、装订错误, 请向出版社发行部调换)

## 丛书编委会

顾问 向仲怀 王宗礼

主任 李发弟 陈国宏

编委 (按姓氏笔画为序)

王恬 文杰 田见晖 代方银

冯定远 刘伟 刘建新 安立龙

李祥龙 何后军 余雄 陈玉林

陈代文 张勤 张嘉保 杨公社

周泽扬 单安山 贺建华 敖长金

贾青 龚炎长 康相涛 葛长荣

鲁兴萌

## 《动物繁殖理论与生物技术》编委会

主 编	张嘉保	吉林大学
	田见晖	中国农业大学
副主编	吕文发	吉林农业大学
	张兆旺	甘肃农业大学
编 者	朱世恩	中国农业大学
	曾申明	中国农业大学
	刘国世	中国农业大学
	高建明	北京农学院
	桑润滋	河北农业大学
	田树军	河北农业大学
	韩建国	河北农业大学
	李相运	河北农业大学
	董雅娟	青岛农业大学
	陈静波	新疆畜牧科学院
	姜勋平	华中农业大学
	刘桂琼	华中农业大学
	李碧春	扬州大学
	张忠诚	中国农业大学
	方南洙	延边大学
	张贵学	东北农业大学
	张守全	华南农业大学
	杨利国	华中农业大学
	张 明	广西大学
	卢晟盛	广西大学

# 【前言】

[ 动物繁殖理论与生物技术 ]

动物繁殖理论与生物技术是人们在认识动物生殖生理规律的基础上,以动物生殖细胞和动物胚胎为主要研究对象,以生物科学为基础,研究调控和提高动物繁殖力的一门新兴学科。近年来,动物繁殖和生物技术的迅猛发展已经成为国内外开发与研究的热点。为适应当前养殖领域研究生教材改革发展的需要,促进我国动物繁殖理论和生物技术的研究与开发,特编写本书。

本书主要内容包括动物生殖器官、繁殖调节物质、雄性动物生殖生理、雌性动物的发情、受精与早期胚胎发育、妊娠与分娩、动物繁殖力、人工授精、发情鉴定与妊娠诊断、发情排卵及分娩控制、胚胎移植技术、配子与胚胎生物技术、禽类繁殖生物技术和动物生殖免疫共 14 章。编者主要来自全国高等院校和科研单位从事本领域的知名专家、教授,并有年轻学者,充分体现了当前国内外的最新研究动态。

本书是供全国农业和综合性院校从事生殖生物学、发育生物学、细胞生物学、动物胚胎学、动物遗传育种与繁殖学、临床兽医产科学、低温生物学和动物生物技术等专业研究生的教学用书,也可供从事动物繁殖和生物技术研究的科技推广人员参考。

本书得到了全国农业推广硕士教材建设工程项目出版基金资助。

由于时间仓促,且该领域相关理论和技术发展速度迅猛,难免出现不足之处,恳请读者批评指正。

编著者

2010年9月10日

# 目 录

[ 动物繁殖理论与生物技术 ]

## 前言

第一章 动物生殖器官	1
第一节 雄性动物生殖器官	1
一、睾丸	1
二、附睾	3
三、阴囊	4
四、输精管	4
五、副性腺	4
六、尿生殖道	6
七、阴茎和包皮	6
第二节 雌性动物生殖器官	7
一、卵巢	8
二、输卵管	10
三、子宫	11
四、阴道	12
五、外生殖器	12
思考题	13
第二章 繁殖调节物质	14
第一节 概述	14
一、生殖激素的种类与分泌器官	14
二、生殖激素作用的特点	15
三、生殖激素的运转	16
第二节 神经激素	18
一、丘脑下部促性腺激素释放激素	18
二、催产素、松果腺激素	21
第三节 促性腺激素	24
一、垂体及分泌的激素	24
二、垂体促性腺激素	26
第四节 性腺激素	32
一、性腺类固醇激素	32
二、性腺含氮激素	38

第五节 胎盘激素 .....	43
一、孕马血清促性腺激素 .....	43
二、人绒毛膜促性腺激素 (hCG) .....	44
三、其他胎盘激素 .....	44
第六节 前列腺素与外激素 .....	45
一、前列腺素的化学结构和种类 .....	45
二、前列腺素的生物合成 .....	46
三、前列腺素作用机理 .....	47
四、前列腺素的生物学作用 .....	47
五、前列腺素的应用 .....	49
第七节 神经递质与促生长因子 .....	49
一、神经递质 .....	49
二、生长因子 .....	50
思考题 .....	50
<b>第三章 雄性动物生殖生理 .....</b>	<b>51</b>
第一节 雄性动物的性机能发育与性行为 .....	51
一、睾丸下降 .....	51
二、初情期前雄性生殖机能的发育 .....	51
三、初情期、性成熟和初配适龄 .....	52
四、性行为 .....	54
第二节 精子发生 .....	56
一、精子发生的过程与机制 .....	56
二、精子发生过程中的基因表达 .....	59
三、精子发生的调控 .....	60
四、精子的形态 .....	62
第三节 精子在附睾中的成熟 .....	63
一、精子在附睾内的运行 .....	64
二、精子的成熟与贮存 .....	64
第四节 精液 .....	65
一、精子的代谢与活力 .....	65
二、精液的组成与理化特性 .....	69
思考题 .....	72
<b>第四章 雌性动物的发情 .....</b>	<b>73</b>
第一节 初情期与性成熟 .....	73
一、初情期与性成熟 .....	73
二、母性行为 and 初生动物行为 .....	75
第二节 卵子的发生与形态结构 .....	77
一、卵子发生的过程与机制 .....	77



二、卵母细胞成熟的调控 .....	81
三、卵子发生中的分子事件 .....	83
四、卵子的形态与结构 .....	84
第三节 卵泡发育与排卵 .....	86
一、卵泡的发育过程及激素调节 .....	86
二、排卵的类型、排卵过程及机理 .....	93
三、黄体的形成和退化 .....	96
第四节 发情周期 .....	98
一、发情周期的分期 .....	98
二、环境对发情周期的影响 .....	100
三、发情周期的调节机理 .....	101
四、各种动物发情周期的特点 .....	102
第五节 乏情、产后发情与异常发情 .....	104
一、乏情 .....	104
二、产后发情 .....	105
三、异常发情 .....	106
思考题 .....	107
<b>第五章 受精与早期胚胎发育 .....</b>	<b>108</b>
第一节 配子运行及其在受精前的准备 .....	108
一、精子的运行及机理 .....	108
二、卵子的运行及机理 .....	111
三、精子在受精前的准备 .....	112
四、卵子在受精前的准备 .....	114
第二节 受精 .....	115
一、受精过程 .....	115
二、异常受精 .....	116
第三节 早期胚胎发育 .....	117
一、卵裂 .....	117
二、早期胚胎发育 .....	118
三、早期胚胎的细胞决定与分化 .....	119
四、早期胚胎发育中的分子事件 .....	121
五、母体对胚胎发育的影响 .....	128
思考题 .....	132
<b>第六章 妊娠与分娩 .....</b>	<b>133</b>
第一节 妊娠识别与胚泡附植 .....	133
一、妊娠识别和建立 .....	133
二、胚泡的附植 .....	133
第二节 胎膜和胎盘 .....	137

一、胎膜和胎囊 .....	137
二、胎盘 .....	138
三、脐带 .....	142
第三节 妊娠时母体的生理变化 .....	142
一、内分泌变化 .....	142
二、妊娠时母体的生理变化 .....	144
三、妊娠期 .....	145
第四节 分娩与助产 .....	146
一、分娩的发动 .....	146
二、决定分娩的因素 .....	148
三、分娩预兆 .....	149
四、分娩过程 .....	149
五、助产 .....	150
思考题 .....	152
<b>第七章 动物的繁殖力 .....</b>	<b>153</b>
第一节 繁殖力 .....	153
一、繁殖力的概念 .....	153
二、评定繁殖力的主要指标 .....	153
三、动物的正常繁殖力 .....	156
第二节 繁殖障碍 .....	160
一、雄性动物繁殖障碍 .....	160
二、雌性动物繁殖障碍 .....	162
三、危害生殖的传染病 .....	164
第三节 提高繁殖力的措施 .....	174
一、影响繁殖力的主要因素 .....	174
二、提高繁殖力的主要途径 .....	178
思考题 .....	182
<b>第八章 人工授精 .....</b>	<b>183</b>
第一节 概述 .....	183
一、人工授精的概念与意义 .....	183
二、人工授精发展简况 .....	183
三、人工授精技术程序 .....	184
第二节 采精 .....	184
一、采精的准备 .....	184
二、采精技术 .....	185
三、采精频率与管理 .....	188
第三节 精液品质检查 .....	189
一、精液的一般性状 .....	189

二、精子活率 .....	190
三、精子密度 .....	191
四、精子的形态 .....	193
五、精子存活时间及存活指数 .....	194
第四节 精液的稀释 .....	195
一、稀释液的成分及作用 .....	195
二、稀释液种类与配制 .....	195
三、精液稀释方法与稀释倍数 .....	196
第五节 精液的处理与保存 .....	197
一、常温保存 .....	197
二、低温保存 .....	198
三、冷冻保存 .....	199
第六节 输精 .....	205
一、输精前的准备 .....	205
二、输精的基本要求 .....	206
三、各种家畜的输精方法 .....	207
思考题 .....	210
<b>第九章 发情鉴定与妊娠诊断 .....</b>	<b>211</b>
第一节 发情鉴定 .....	211
一、母牛发情鉴定 .....	211
二、母猪发情鉴定 .....	213
三、母羊发情鉴定 .....	213
四、母犬的发情鉴定 .....	214
五、母鹿的发情鉴定 .....	214
六、母狐发情鉴定 .....	215
第二节 妊娠诊断 .....	216
一、妊娠诊断的重要性 .....	216
二、妊娠母畜的变化 .....	216
三、妊娠诊断方法 .....	220
思考题 .....	230
<b>第十章 发情、排卵及分娩控制 .....</b>	<b>231</b>
第一节 发情控制技术 .....	231
一、同期发情技术 .....	231
二、诱导发情技术 .....	234
三、排卵控制技术 .....	236
第二节 分娩控制技术 .....	240
一、概述 .....	240
二、几种动物的诱发分娩 .....	243

第三节 产后发情控制技术 .....	247
一、泌乳与哺乳对产后繁殖机能的影响及机理 .....	247
二、产后发情控制的方法 .....	248
思考题 .....	250
<b>第十一章 胚胎移植技术 .....</b>	<b>251</b>
第一节 概述 .....	251
一、胚胎移植发展概况 .....	251
二、胚胎移植的意义与原理 .....	254
三、胚胎移植的基本原则 .....	256
四、胚胎移植的技术程序 .....	257
第二节 各种动物的胚胎移植 .....	271
一、牛的胚胎移植 .....	271
二、羊的胚胎移植 .....	277
三、鹿的胚胎移植 .....	280
思考题 .....	281
<b>第十二章 配子与胚胎生物技术 .....</b>	<b>282</b>
第一节 卵母细胞与胚胎保存 .....	282
一、卵母细胞的冷冻保存 .....	282
二、胚胎的室温保存 .....	285
三、胚胎的低温保存 .....	285
四、胚胎的超低温保存 .....	286
五、卵巢及卵泡的冷冻保存 .....	289
第二节 体外受精技术 .....	291
一、体外受精的技术过程 .....	291
二、体外受精技术的应用前景 .....	297
第三节 性别控制技术 .....	297
一、精子分离 .....	298
二、胚胎性别鉴定 .....	305
三、性别控制技术的应用前景 .....	308
第四节 动物克隆 .....	309
一、概述 .....	309
二、细胞核移植的方法 .....	311
三、影响核移植效果的主要因素 .....	316
四、核移植的应用前景 .....	318
五、体细胞核移植存在的问题 .....	319
第五节 哺乳动物转基因技术 .....	322
一、概述 .....	322
二、哺乳动物转基因技术的基本程序 .....	325

三、动物转基因技术目前存在的主要问题	327
四、哺乳动物转基因技术的发展趋势	328
第六节 显微授精技术	329
一、概述	329
二、显微授精的基本方法	330
三、影响显微授精的因素	331
四、显微授精技术的应用前景	332
第七节 干细胞研究	333
一、概述	334
二、小鼠 ES 细胞的分离和鉴定	335
三、小鼠 ES 细胞与四倍体胚胎的嵌合体制备	338
四、ES 细胞的应用	339
思考题	340
第十三章 禽类繁殖生物技术	341
第一节 禽类的生殖生理	341
一、公禽的生殖器官	341
二、精子与精液	342
三、母禽的生殖器官	343
四、卵泡发育、排卵与蛋的形成	345
五、禽类的胚胎发育	347
第二节 禽类的人工授精	348
一、采精方法	349
二、精液品质评定	350
三、精液的保存	351
四、母禽的输精	354
第三节 禽类繁殖生物技术	355
一、禽类的性别控制	355
二、禽类的胚胎操作	360
三、家禽的转基因技术	366
思考题	370
第十四章 动物生殖免疫	371
第一节 雄性生殖系统的免疫监视	371
一、睾丸的免疫监视	371
二、雄性生殖道的免疫监视	373
第二节 雌性生殖系统的免疫监视	374
一、卵巢组织的免疫监视	374
二、雌性生殖道免疫监视	375
第三节 生殖内分泌系统的免疫监视	379

一、分泌生殖内分泌激素的免疫细胞 .....	379
二、表达激素受体的淋巴细胞 .....	379
三、增强 T 淋巴细胞增殖能力的生殖激素 .....	380
四、激素对早期淋巴细胞增殖和分化的作用 .....	380
五、激素对 B 细胞及抗体分泌的作用 .....	380
<b>第四节 发情排卵的免疫学调控 .....</b>	<b>380</b>
一、细胞因子对生殖内分泌和发情排卵的调控 .....	380
二、激素免疫诱导发情排卵 .....	382
<b>第五节 受精的免疫调控 .....</b>	<b>386</b>
一、受精抗原-1 .....	386
二、精子免疫 .....	387
三、精液免疫抑制作用 .....	389
<b>第六节 妊娠免疫调节 .....</b>	<b>389</b>
一、妊娠维持的免疫耐受机制 .....	389
二、细胞因子与胚胎和胎盘发育 .....	395
<b>第七节 分娩和泌乳的免疫调控 .....</b>	<b>397</b>
一、分娩的免疫调控 .....	397
二、泌乳的免疫调控 .....	398
<b>主要参考文献 .....</b>	<b>399</b>

# 第一章

## 动物生殖器官

动物生殖器官的正常结构和正常生理机能是繁殖活动的基础。因此，对动物生殖器官的构造和机能的认识是学习动物繁殖学的基础和起始点。

### 第一节 雄性动物生殖器官

雄性生殖器官由睾丸、附睾、阴囊、输精管、副性腺、尿生殖道、阴茎组成。各种动物上述器官的形态结构和生殖功能大致相同，但其结构和发育又各有自己的特点。

#### 一、睾丸

##### (一) 形态构造

睾丸是雄性动物的生殖腺，呈卵圆形或长卵圆形，两端为头端和尾端，两个缘为游离缘和附睾缘。各种动物睾丸的长轴与阴囊位置各不相同：牛和羊睾丸长轴与地面垂直悬垂于腹下，头向上，尾向下；马和驴睾丸的长轴与地面平行，紧贴腹壁腹股沟区，头向前，尾向后；猪睾丸的长轴呈前低后高倾斜，位于肛门下方的会阴区，头向前下方，尾向后上方；狗和猫等肉食动物的睾丸位置相似，位于肛门下方的会阴区；兔睾丸位于股部后方肛门的两侧，在性成熟后才下降到阴囊内。

睾丸重量随动物种类不同和体型大小而异（表1-1）。季节性繁殖动物的睾丸大小和重量具有明显的季节性变化。例如，绵羊在非繁殖季节的睾丸重量仅是繁殖季节的60%~80%，梅花鹿和水貂等则仅有30%左右。

表1-1 各种动物睾丸重量比较

畜种	睾丸重	
	绝对重(g)	相对重(占体重%)
牛	550~650	0.08~0.09
水牛	500~650	0.069
牦牛	180	0.04
马	550~650	0.09~0.13
驴	240~300	
猪	900~1000	0.34~0.38
绵羊	400~500	0.57~0.70

(续)

畜 种	睾丸重	
	绝对重 (g)	相对重 (占体重%)
山羊	150	0.37
狗	30	0.32
兔	5~7	0.2~0.3
猫	4~5	0.12~0.16

正常状态下睾丸成对位于腹壁外阴囊的两个腔内。一般在胎儿期，受睾丸引带和性激素的影响，睾丸经过腹腔迁移至内侧腹股沟环，再通过腹股沟管降至阴囊内。睾丸下降的时间因动物种类不同而异。若睾丸未降入阴囊，在出生乃至成年后仍位于腹腔，称为隐睾。隐睾的内分泌机能不受影响，但精子发生机能异常。

睾丸表面被以浆膜，即固有鞘膜（图 1-1），其内是致密结缔组织构成的白膜。睾丸白膜从睾丸头端向睾丸实质部伸入结缔组织索，构成睾丸纵隔，并向四周呈放射状伸出许多结缔组织小梁，直达白膜，称为中隔，将睾丸实质分成许多锥形小叶。小叶顶端朝向睾丸中部，基部坐落于白膜。每个小叶由 2~3 条精细管盘曲而成，称为曲细精管。曲细精管在小叶顶端汇合成直精细管，穿入睾丸纵隔结缔组织内，形成睾丸网，最后由睾丸网分出 10~30 条睾丸输出管盘曲成附睾头。

曲精细管外径为 0.1~0.3 mm，管腔直径约为 0.08 mm，腔内充满液体。在 250 g 绵羊

睾丸中，曲精细管的长度为 7 000m，占睾丸重量的 90%；马、猪、牛和狗分别占睾丸重量的 61.3%、77.3%、79.4% 和 83.5%。

精细管管壁由外向内为结缔组织纤维、基膜和复层生殖上皮。生殖上皮由生殖细胞和支持细胞构成。支持细胞又称足细胞或塞托利氏细胞，呈柱状，由曲精细管的基膜一直伸达曲精细管的腔面，其体积占曲精细管的 1/4~1/3，对生殖细胞起支持、营养和促进分化的作用。生殖细胞排列成许多层，最后形成精子。

在睾丸小叶的精细管之间有结缔组织构成的间质，支持精细管的位置，内含血管、淋巴管、神经和间质细胞。间质细胞又称莱氏细胞，椭圆形，核大而圆，常聚集存在，雄激素在此合成分泌。

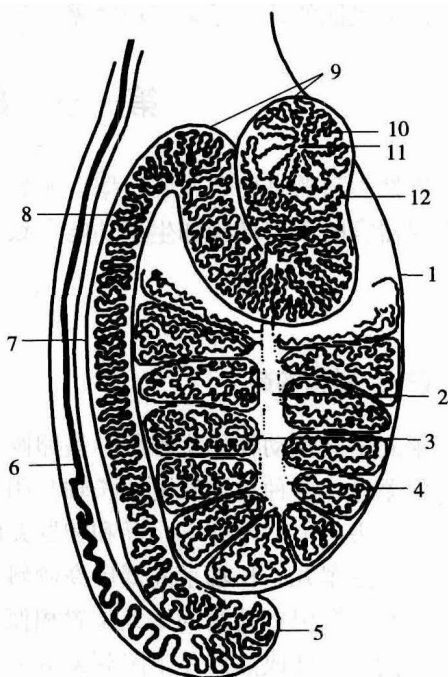


图 1-1 睾丸及附睾的组织构造

- 1. 睾丸 2. 纵隔 3. 曲细精管 4. 小叶
- 5. 附睾尾 6. 输精管 7. 附睾体 8. 附睾管
- 9. 附睾头 10. 直细精管 11. 输出管 12. 睾丸网



## (二) 机能

**1. 精子生成** 精子由曲细精管生殖上皮的生殖细胞生成。生殖细胞在生殖上皮由表及里经过4次有丝分裂和两次减数分裂形成精子细胞，最后经过形态学变化生成精子。每克成熟睾丸组织的精子日产量随品种不同而异。例如，牛为1300万~1900万；羊为2400万~2700万；猪为2400万~3100万；马为1930万~2200万。

**2. 激素分泌** 位于精细管之间的间质细胞分泌雄激素。睾丸曲精细管内的支持细胞还分泌蛋白质激素，如抑制素、激活素等。

## 二、附 睾

### (一) 形态构造

附睾位于睾丸的附着缘。牛、羊附睾位于睾丸的后外缘；马、驴、猪、狗和猫的附睾位于睾丸的背外缘。

附睾可以分为头、体和尾三部分。附睾头由13~20条睾丸输出管盘曲组成，借结缔组织联结成若干附睾小叶，这些附睾小叶联结成扁平而略呈杯状的附睾头端沿着附睾缘延伸的狭窄部分为附睾体。在睾丸的尾端扩张而成附睾尾。附睾管最后过渡为输精管。附睾管的长度牛为30~50m，马为80m，猪和羊为50~60m，管径0.07~0.5mm。

### (二) 机能

**1. 促精子成熟** 从睾丸精细管生成的精子，刚进入附睾头时颈部常有原生质小滴，活动微弱，受精能力很低。在精子通过附睾的过程中，原生质小滴向尾部末端移行，精子逐渐成熟，并获得向前直线运动能力、受精能力以及使受精卵正常发育的能力。

精子的成熟与附睾的物理、化学及生理特性有关。精子通过附睾管时，附睾管分泌的磷脂质和蛋白质包被在精子表面，形成脂蛋白膜，保护精子，防止精子膨胀，抵抗外界环境的不良影响。

附睾体分泌前向运动蛋白(FMP)，使精子的随机运动变成向前直线运动。附睾分泌一种依赖于雄激素的蛋白覆盖精子，使精子获得结合透明带的能力。精子细胞膜表面一些来源于睾丸的蛋白分子如受精素，在附睾内被去除或经剪切成熟，可使精子暴露在精卵结合中发挥重要作用的蛋白表位，使精子与卵母细胞膜能有效结合，从而获得受精能力。

精子通过附睾管时，可获得负电荷，防止精子凝集。

**2. 吸收作用** 附睾头和附睾体的上皮细胞具有吸收功能，可将来自睾丸较稀薄精液中的水分和电解质经上皮细胞所吸收，致使在附睾尾的精子浓度大大升高，每微升400万以上。

**3. 运输作用** 附睾主要通过管壁平滑肌的收缩，以及上皮细胞纤毛的摆动，将来自睾丸输出管的精子悬浮液自附睾头运送至附睾尾。各种动物精子在附睾中运行的持续时间分别为：牛14d；绵羊13d；猪9~14d；马8~10d；兔9~10d；小鼠3~5d。在各种动