



反刍动物繁殖调控研究

◎ 张拴林 著



中国农业科学技术出版社

反刍动物繁殖调控研究

◎ 张拴林 著

中国农业科学技术出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

反刍动物繁殖调控研究/张拴林著. —北京: 中国农业科学技术出版社, 2008. 7

ISBN 978-7-80233-652-0

I. 反… II. 张… III. 反刍动物-繁殖-研究 IV. S823.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 090283 号

责任编辑 张孝安

责任校对 贾晓红 康苗苗

出版者 中国农业科学技术出版社

北京市中关村南大街 12 号 邮编: 100081

电话 (010) 82109708 (编辑室) (010) 82109704 (发行部)
(010) 82109703 (读者服务部)

传真 (010) 82109709

网址 <http://www.castp.cn>

经销者 新华书店北京发行所

印刷者 北京雅艺彩印有限公司

开本 880 mm × 1230 mm 1/32

印张 5

字数 150 千字

版次 2008 年 6 月第 1 版 2008 年 6 月第 1 次印刷

定价 26.00 元

前 言

畜牧业是农业生产系统的重要组成部分，畜牧业在农业生产中所占的比例是衡量一个国家农业发达程度的重要指标，发达国家畜牧业占农业总产值的比例一般都超过 50%。在我国畜牧业生产中，猪、鸡等单胃家畜占绝对优势，而牛、羊等反刍家畜所占比例较低。我国作为人均耕地面积只有 733.4 平方米，人均占有粮食不足 400 千克，并拥有 13 亿人口的大国，要从粮食产量中挤出大量饲料用粮，其潜力很有限。因此，大力发展牛、羊等反刍家畜，是利用自然资源，在不与人类争口粮的情况下，保障人们动物蛋白质供给量的有效途径。

随着我国经济迅速发展和人民生活水平的不断提高，以及倡导绿色消费、对农业产业结构的调整、一杯牛奶强壮一个民族等的引导下，反刍动物养殖正在成为我国现代农业的主导产业，发展反刍动物也成为我国的一项基本国策，这些因素都为反刍动物的发展提供了难得的政策和市场机遇。

近年来，我国牛奶消费量年平均递增 13.6%，牛肉的生产量每年递增 20% 左右，与此同时，专业化、集约化、机械化饲养程度不断提高，对反刍动物的营养、繁殖以及环境控制等技术都提出了更高的要求。但在我国，奶牛每年淘汰率为 20% 左右，相当一部分是因为繁殖问题引起的，许多母牛在达到体成熟前由于繁殖障碍而被淘汰，不仅影响了奶牛群的数量，也使奶牛业的健康发展背上了沉重的负担。

反刍动物的繁殖特点是：世代间隔长，繁殖周期长（发情周期和妊娠期长），多胎性差。在短期内增加存栏数和畜产品的有效方法是加强饲养管理和改善营养，因此，提高日粮营养水平是提高畜群生产水平和再生产水平的必要条件。

笔者在前辈的关怀、培养中，经过多年不懈的努力，在养分对反刍动物繁殖调控方面做了一些工作，深感理论必须应用于实践，才能转化为生产力的重要性，系统总结了参加过的项目的成果，撰写了本书。

本书以笔者曾经参加的“牛羊复合长效微量元素添加剂的研制与应用”（山西省科技攻关项目，941021）、“高效无公害奶牛饲料科研中试研制与开发”（科技部农业科技成果转化项目，02EFN211401036）、“肉牛高效养殖技术集成”（科技部中国农村技术开发中心，2007EA630005）项目，曾经和正在主持的“节粮型饲料的研究与开发”（山西省留办项目，96080）、“秸秆养牛综合配套技术推广”（山西省科技计划项目，021007）、“奶牛硒和维生素E复合添加剂的研制与应用”（山西省科技攻关项目，20080311038）等项目研究成果以及攻读博士学位期间的博士论文为基础，结合国内外的资料和本学科点近期的研究资料撰写而成。

本书虽然经过比较细致的修改和校对，但难免有疏漏和不当之处，恳请广大读者、同行提出宝贵意见。对引用国内外同行资料的同仁表示衷心的感谢，同时也感谢中国农业科学技术出版社的工作人员所做的大量工作。

作 者

2008年5月

目 录

第一章 蛋白质对反刍动物繁殖调控研究	1
第一节 蛋白质在反刍动物体内的代谢与利用	1
一、反刍动物对蛋白质的利用	1
二、反刍动物的非蛋白氮营养	4
三、内源尿素再循环氮	5
第二节 蛋白质对反刍动物繁殖力的影响	6
一、血液中的尿素氮 (BUN) 对繁殖力的影响	6
二、蛋白质对繁殖功能的影响	8
三、蛋白质对繁殖力影响的机理	10
第三节 蛋白质对反刍动物繁殖调控的技术	10
一、过瘤胃蛋白的控制技术	10
二、非蛋白氮在瘤胃释放速度的调控技术	13
三、日粮蛋白质和能量的匹配	15
四、调控 BUN 的饲养管理技术	16
第二章 日粮脂肪对反刍动物繁殖调控研究	17
第一节 反刍动物脂类营养调控的意义	17
一、脂肪源及向小肠的转移	17
二、脂肪的消化、吸收与利用	18
第二节 脂肪营养对牛繁殖的影响综述	20
一、添加脂肪对繁殖功能的表观影响	20

二、日粮脂肪对卵泡发育的影响	20
三、脂肪对繁殖功能影响的可能途径	21
第三节 日粮能量水平对牛繁殖力的影响	25
一、产后奶牛体况 (BCS) 和繁殖力的关系	26
二、发情周期与能量的关系	28
三、初情期与能量的关系	29
四、FFA 与能量的关系	29
五、营养状况对繁殖机能影响的机理	29
六、能量和蛋白质对繁殖机能影响的比较	30
七、繁殖与日粮精粗比的关系	31
第四节 不同来源脂肪对能量消化率的研究	32
一、油脂对日粮总表观消化率的影响	34
二、油脂对精料补充料养分表观消化率的影响	35
三、精料补充料的能量消化率、消化能、代谢能及 产奶净能值的计算	36
第五节 荷斯坦牛日粮能量水平与生殖激素关系的研究	37
一、产后母牛能量状况与干物质采食量、泌乳量和 产后周数的关系	40
二、干物质采食量 (DMI) 的测定	41
三、外周血促乳素 (PRL) 浓度与产后母牛能量状况 的关系	43
四、外周血胰岛素 (Insulin) 浓度与产后母牛能量 状况的关系	45
五、外周血生长素 (GH) 浓度与产后母牛能量状况 的关系	46
六、发情持续期主要生殖激素与能量状况的关系	48
七、黄体期主要生殖激素与能量的关系	55
八、结论	62
第六节 不同能量水平对羊生产性能及激素水平的研究	63
一、不同能量水平对干物质采食量的影响	65

二、不同能量水平对日增重的影响	66
三、不同能量水平对饲料转化率的影响	67
四、胰岛素与能量水平的关系	67
五、生长素分泌与能量水平的关系	68
六、孕酮与能量的关系	69
七、讨论	69
第三章 维生素对反刍动物繁殖调控研究	71
第一节 反刍动物维生素繁殖调控的意义	72
一、反刍动物对维生素的需要	72
二、瘤胃内维生素的合成	76
第二节 反刍动物维生素繁殖调控研究	77
一、生物包膜	77
二、过瘤胃保护处理	77
第四章 微量元素对反刍动物繁殖调控研究	79
第一节 微量元素对反刍动物繁殖与免疫机能的调控	79
一、微量元素对反刍动物繁殖机能的调控	79
二、微量元素对反刍动物免疫机能的调控	80
三、微量元素的补充方式	84
第二节 用尼龙袋体内法测定长效微量元素添加剂对瘤胃 发酵的影响	85
一、稻草 DM 降解率的影响	85
二、稻草 NDF 降解率的影响	86
三、对稻草 ADF 降解率的影响	87
四、结论与讨论	87
第三节 牛复合长效微量元素添加剂对荷斯坦育成母牛 的研究	88
一、对日增重的影响	88
二、对干物质采食量的影响	89

三、饲料转化效率分析	89
四、经济效益分析	89
五、结论与讨论	89
第四节 羊复合长效微量元素添加剂对未成年母山羊的研究	90
一、试验期间母羊体重变化	91
二、试验期间相关酶活测定	92
三、结论和讨论	92
第五节 羊复合长效微量元素添加剂对成年母山羊投喂效果研究	93
一、增重	94
二、产绒量	94
三、羔羊初生重	94
四、酶的活性	95
五、讨论和结论	96
第六节 复合长效微量元素添加剂对荷斯坦牛的研究	96
一、日增重	97
二、干物质采食量	97
三、饲料转化效率	98
四、血清中相关酶的活性	98
五、成本核算	98
六、结论与讨论	99
第五章 微量元素和维生素互作对反刍动物繁殖调控研究 ...	105
第一节 影响冷冻精液质量的因素	105
一、冷冻精液技术应用的前景及存在的问题	105
二、影响冷冻精液质量的因素	106
三、精液稀释液	107
第二节 硒和维生素 E 对种公牛精液品质的调控	111
一、试验方法	112

二、不同水平的硒和维生素 E 对冷冻精液解冻后活率的研究	113
三、不同水平的硒和维生素 E 对冷冻精液解冻后 4h 活率的比较	114
四、不同水平的硒和维生素 E 对冻精解冻后顶体完整率和畸形率的影响	115
五、不同水平的硒和维生素 E 对精浆中酶活力的影响	116
六、不同水平的硒和维生素 E 对冷冻精液解冻后精浆果糖含量的影响	117
七、稀释液中不同水平的硒和维生素 E 对冷冻精液解冻后精子 CTC 染色的比较	118
八、讨论	119
九、结论	124
附 录	125
主要参考文献	129

第一章

蛋白质对反刍动物繁殖调控研究

第一节 蛋白质在反刍动物体内的代谢与利用

了解蛋白质在体内的消化代谢途径，是理解蛋白质对反刍动物繁殖调控的基础。饲料蛋白质在进入瘤胃后，有 50 % ~ 70 % 被瘤胃微生物降解，这一部分蛋白质称瘤胃降解蛋白（RDP），瘤胃降解蛋白可被降解为氨基酸，氨基酸进一步被脱去氨基，生成二氧化碳、有机酸和氨气，一部分氨气和瘤胃可发酵有机物质能被细菌合成菌体蛋白。饲料中的另一部分蛋白质在瘤胃中未被降解，称瘤胃非降解蛋白质（UDP），它和瘤胃微生物蛋白质一起进入真胃和小肠，被分解为氨基酸，被肠壁吸收，由血液运输到肝脏，合成体蛋白。

一、反刍动物对蛋白质的利用

反刍动物能同时利用日粮中的蛋白质和非蛋白氮（NPN），这是因为反刍动物具有独特的以瘤胃为主的单细胞生产体系。反刍动物的瘤胃是一个厌氧的发酵罐，其中寄宿着细菌、原虫和真菌等数量巨大、种类繁多和功能各异的微生物。正是这些微生物使得反刍动物不仅可以利用各种精粗饲料，合成蛋白质、氨基酸、肽、多糖和维生素等，而且更重要的是它还可以利用非蛋白氮合成日粮中容易缺乏而对动物特别重要的物质—蛋白质，这种蛋白质被称为菌体蛋白或微生物蛋白（SCP），供机体利用。

（一）反刍动物对蛋白质的利用

日粮蛋白质在瘤胃内约有 60 % 被细菌和原虫降解为多肽、游离氨基酸。氨基酸经过脱氨基最后分解为氨、挥发性脂肪酸、二氧化碳和其他产物。蛋白质降解产生的氨，在有适当能源存在的情况下，被利用合成为菌体蛋白质和其他成分，例如含氮细胞壁成分和核酸。少量氨基酸可直接被瘤胃壁吸收，为机体利用，一部分氨不能被生物固定，被吸收后转运到肝脏中合成尿素。尿素可经由唾液和瘤胃壁上皮再泌入瘤胃，又被降解为氨，作为再循环的内源性氮素，用以再合成菌体蛋白。

瘤胃细菌和原虫同未被瘤胃消化的日粮蛋白质以及内源含氮物质一起，离开前胃进入皱胃和小肠。在皱胃分泌的盐酸、胃蛋白酶以及小肠液、胰液的蛋白酶的消化作用下，分解为氨基酸并被吸收利用。

（二）瘤胃内蛋白质的降解

在大多数反刍动物日粮中，蛋白质是主要的氮源。饲料蛋白在瘤胃中可被快速降解，尽管蛋白质的降解速度和程度受诸多因素影响，但降解速度的快慢最终决定了蛋白质的营养价值。在瘤胃中，瘤胃微生物主要利用的氮是氨，即使存在其他可利用氮源，氨仍是被利用的主要氮源，仅少量的蛋白（氨基酸、肽）被利用。瘤胃中蛋白质的降解过程包括两个阶段：蛋白质水解成肽和氨基酸；氨基酸脱氨基作用产生氨。瘤胃中的这个过程主要依靠瘤胃微生物完成。

日粮蛋白进入瘤胃后被瘤胃微生物酶水解，释放出寡肽，寡肽进一步被降解成小肽，最后降解为氨基酸。当瘤胃中有足够的可利用能用作生物合成时，氨基酸部分将被用于合成菌体蛋白。肽的降解在代谢中被认为有较高效率，然而，当能量缺乏时，或者肽的降解速度超过合成的速度时，肽的分解代谢会引起过量氨的生成，氮的滞留量也大大降低。

瘤胃中肽的降解可分两个过程，首先二肽基肽酶将寡肽切成二

肽，然后单肽酶再将其切成氨基酸。瘤胃中唯一拥有二肽基肽酶活性的细菌是栖瘤胃普雷沃氏菌，与其他混合瘤胃细菌一样，该菌产生的二肽基肽酶对氨酰基-P-硝基苯胺物有较弱的活性，但对二肽基-P-硝基酰基苯胺物的活性较强。

氨基酸脱氨基后剩下的碳架可被用于各种挥发性脂肪酸的合成，一般来说，细菌脱氨作用可为自身生长提供能量。在细菌生长过程中，不同类型的细菌利用不同的氨基酸，这使得不同动物或同一动物采食不同日粮时氨基酸脱氨基模式有所不同，该现象也与动物瘤胃中存在的细菌种类有关。

（三）瘤胃微生物氮（MN）的合成

瘤胃微生物可以利用氨、氨基酸和肽合成蛋白质，对某些纤维素分解菌来说，氨是唯一的氮源。研究表明，有 20 % ~ 50 % 的微生物蛋白（MCP）直接来源于肽和氨基酸，另一部分微生物蛋白则来源于瘤胃内氨。瘤胃微生物利用氨、碳架及能量合成氨基酸是蛋白质合成的起始步骤。微生物合成氨基酸有 2 条途径：①在瘤胃氨浓度较低时，先由谷氨酸与氨合成谷氨酰氨，谷氨酰氨再与 α -酮戊二酸反应生成 2 个谷氨酸；②当瘤胃氨浓度较高时，在谷氨酸脱氢酶作用下，氨和 α -酮戊二酸直接合成谷氨酸。谷氨酸经转氨作用再生成其他氨基酸。影响微生物合成氨基酸的主要因素有：瘤胃氨水平、能量水平及碳架的供应。MCP 产量除受营养因子的影响外，还受非营养因子的影响。例如，提高瘤胃稀释率、增加饲喂频率可提高 MCP 合成效率。在瘤胃氮源充足的情况下，MCP 的产量取决于可消化有机物和能量水平。

在低蛋白饲养条件下，瘤胃微生物不但能够利用饲料蛋白的降解产物，而且能有效地利用由唾液或经瘤胃壁直接扩散进入瘤胃的尿素来合成蛋白。加之内源氮的大量分泌，因此进入皱胃和十二指肠的蛋白量可能超过摄入的蛋白。当日粮中含氮物较高时，NPN 对 MCP 产量无影响。关于微生物生长的最高 $\text{NH}_3\text{-N}$ 浓度，体外试验为 50 ~ 80 mg/L，体内试验为 70 ~ 90 mg/L。很多试验结果表明，反刍动物用尿素作为日粮唯一氮源时也能存活下去，但当日粮中加

入蛋白质饲料代替尿素时，MCP 合成效率明显提高。如果纯化日粮中 25 % 的尿素由 18 种混合氨基酸代替，则 MCP 产量会提高 100 %，细菌的平均繁殖时间缩短 1 倍。可见用 NPN 作为唯一氮源的日粮使瘤胃微生物生长受阻的主要原因是尿素缺乏氨基酸的碳架。

根据饲料蛋白质在瘤胃内的降解率的高低，可将饲料分为低降解率饲料（<50 %）、中降解率饲料（50 % ~ 70 %）和高降解率饲料（>70 %）。

瘤胃微生物对饲料蛋白质的降解和重新合成，一方面将品质低劣的饲料蛋白质转化为高质量的蛋白质，另一方面，也将优质的蛋白质降解，在此过程中会造成蛋白质的浪费。

二、反刍动物的非蛋白氮营养

反刍动物瘤胃氮代谢的特点是能同时利用饲料蛋白质和非蛋白氮，特别是利用无机氮构成微生物蛋白质，供机体利用。健康的反刍动物瘤胃内含有两大微生物群，即细菌群和原生动物群。能利用非蛋白氮的只有细菌群，原生动物对 NPN 无直接转化能力。瘤胃细菌能产生分解尿素的脲酶，而原生动物几乎没有脲酶活性。瘤胃内的脲酶活性相当高，而且稳定，对瘤胃内 NPN（主要是尿素）的分解起重要作用。

NPN 包括所有非蛋白质状态的含氮化合物，即不具有氨基酸肽键结构的其他含氮化合物。NPN 有化合物来源（无机态和有机态）及植物来源。化合物来源的 NPN 主要有硝酸盐、亚硝酸盐、尿素及其衍生物等。青绿饲料和青贮饲料是反刍动物主要植物来源的 NPN，随作物种类、生长阶段和处理方法的不同，NPN 含量不同。如黑麦草青草中 NPN 占总氮量的 11 %，而黑麦草青贮中 NPN 占总氮量的 65 %。

迄今为止，被研究的 NPN 物质主要有 30 余种化合物，都可以用作反刍动物的蛋白饲料，但是从有效性和经济可行性来看，排在首位的当属尿素。

反刍动物利用 NPN 的过程（以尿素为例）为：尿素在微生物脲酶作用下生成氨和二氧化碳；饲料中的碳水化合物在微生物酶作用下生成挥发性脂肪酸和酮酸；上述二步骤生成的氨和酮酸在微生物酶作用下生成氨基酸；氨基酸被微生物酶作用生成微生物蛋白质；微生物蛋白质在真胃和小肠被相关酶作用降解为游离氨基酸；游离氨基酸被小肠吸收后再被反刍动物利用。

微生物利用 NPN 的形式主要是氨，氨的利用效率直接与氨的释放速度和浓度有关。当瘤胃中氨的浓度过高，超过氨被同化（瘤胃微生物利用）速度时，一部分氨通过瘤胃上皮被吸收进入肝脏合成尿素，大部分从尿中排出，造成浪费。当血液尿素氮浓度达到 20 mg/dl 时，会降低母牛受胎率，当血氨浓度达到 1 mg/100 ml 时，会出现中毒现象。以尿素为例，尿素在脲酶的催化下在瘤胃内迅速水解，一般认为，尿素分解产生氨的速度为氨被同化（瘤胃微生物利用）速度的 4 倍。因此，在日粮中添加尿素时，延缓尿素分解速度，减少氨的产生与同化之间的差异，以提高尿素利用率和防止尿素中毒，是安全和有效利用尿素的重要保证。

三、内源尿素再循环氮

反刍动物具有氮的再循环功能。消化道吸收的氮在肝脏中被合成尿素，再通过瘤胃壁和唾液进入瘤胃，为瘤胃微生物提供内源氮，对在低氮日粮条件下保持瘤胃微生物的生长和发酵有重要意义，并能使血氨保持较低的水平。如果日粮中的 NPN 过多，会使氨的产生量超过肝脏合成尿素的能力，则血氨保持过高的水平和 pH 值升高；相反，当血氨水平低于瘤胃时，则尿素的再循环加快。

当日粮粗蛋白含量只有 5 % 时，瘤胃再循环氮可达瘤胃总氮量的 70 %；但日粮粗蛋白升高至 20 % 时，再循环氮占瘤胃总氮量降至 11 %。对高产奶牛饲喂高能量日粮且干物质进食量达到体重的 4 % 时，瘤胃每天再循环氮量高达 100 g，其原因是由于瘤胃氨氮浓度低，而使大量再循环尿素进入瘤胃。

内源尿氮进入瘤胃的量与瘤胃氨浓度呈负相关，与血浆尿素氮浓度和瘤胃可消化有机物质的量呈正相关。

第二节 蛋白质对反刍动物繁殖力的影响

为提高反刍动物的生产性能和养殖的经济效益，生产实践中普遍应用高蛋白日粮，特别是在奶牛产后阶段，因为高蛋白质可提高日粮的适口性、增加干物质采食量和提高原奶产量。已经证明，当日粮配合不合理时，出现瘤胃能氮不平衡，能氮平衡为负值时，瘤胃中高浓度的氨可引起瘤胃 pH 值升高和增加胃壁吸收，使血和奶中尿素氮水平提高，会对繁殖性能造成不利的影响。

一、血液中的尿素氮（BUN）对繁殖力的影响

一些研究已证明，BUN 和繁殖力呈负相关。

根据蛋白质在体内的代谢规律，奶牛在采食高蛋白日粮后，可导致血液中的氨和尿素氮浓度的提高。奶牛采食 22 % ~ 27 % 粗蛋白的日粮可使血氨浓度增加 25 % ~ 50 %（Jordan, 1983），但也有未增加的报道（Elord, 1993），Butler（1998）用粗蛋白 19 % 的全混合日粮试验，血氨浓度低，血浆尿素氮在餐后 4 ~ 6 h 达到高峰，8 h 后显著减少，血氨和血浆尿素氮（PUN）的浓度见表 1-1 所示。

由于血氨的精确测定需特定的过程，同时测定必须快，不同的测定方法可引起不同的浓度值，所以血氨对繁殖力的影响尚未最后定论，而且，血氨浓度的变化主要是 RDP 过量引起（Butler, 1998）。

日粮中的 RDP 和 UDP 虽吸收利用途径有差别，但在过量情况下都形成了尿素，任何一种过量都可以增加 BUN 浓度，因此，人们认为 BUN 是蛋白质对繁殖力影响的媒介。血中尿素氮浓度可通过检测血浆或血清中的尿素氮进行，它们统称为 BUN。

表 1-1 奶牛饲喂后不同时间内血浆尿素氮和氨浓度的变化
 Table 1-1 Changes in plasma urea nitrogen (PUN) and ammonia concentrations following feeding in dairy cows

牛号 No.	0 h		4 h		8 h	
	氨 Ammonia	PUN	氨 Ammonia	PUN	氨 Ammonia	PUN
	($\mu\text{g}/\text{dl}$)	(mg/dl)	($\mu\text{g}/\text{dl}$)	(mg/dl)	($\mu\text{g}/\text{dl}$)	(mg/dl)
4 783	42	24	33	25	12	25
4 788	76	20.5	82	22	24	21
4 890	76	20	115	22.5	39	23
5 292	21	24	21	26	1	26
5 311	15	28	9	28.5	1	28
5 331	36	23	24	25.5	1	22
5 339	145	23	27	25.5	1	23
5 345	12	21.5	1	21.5	1	20
5 359	70	26	49	28	3	27
平均	55.0	23.3	40.0	24.9	9.2	23.9

BUN 浓度的波动除受食后时间的影响外,用全混合日粮饲喂方式较精、粗饲料分开饲喂能缩小波动范围。尿素是一种水溶性、小分子化合物,能进入所有的体组织和细胞,在乳腺内游离于血液和乳汁中,这种浓度平衡可在 1 h 内完成,故奶中尿素氮水平也成为监测泌乳牛蛋白质代谢概况的指标。

母牛授精当日 $\text{BUN} > 20 \text{ mg}/\text{dl}$ 会降低受胎率, $\text{BUN} > 20 \text{ mg}/\text{dl}$ 时浓度和受胎率呈负相关关系 (Elord, 1993)。

血液中较高的 BUN 和氨浓度因相应导致生殖组织和体液中浓度升高,改变了子宫内的 pH 值,引起中间代谢改变、血糖、游离脂肪酸浓度变化和影响了激素的生物合成,降低了受胎率,导致繁殖力的下降,因此,血液中的尿素氮既反映了能氮平衡问题,更反映了潜在的繁殖力问题,见表 1-2 所示。