

反刍动物营养调控研究

刘 强 著

反刍动物营养调控研究

刘 强 著

中国农业科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

反刍动物营养调控研究 / 刘强著. —北京: 中国农业科学技术出版社, 2008.1

ISBN 978-7-80233-427-4

I. 反… II. 刘… III. 反刍动物—动物营养—研究
IV. S823.05

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 164520 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) 68919708(编辑室) (010) 68919704(发行部)

(010) 68919703(读者服务部)

传 真 (010) 68919709

网 址 <http://www.castp.cn>

经销者 新华书店北京发行所

印刷者 北京华正印刷有限公司

开 本 889mm × 1194mm 1/16

印 张 15.25

字 数 360 千字

版 次 2008 年 3 月第 1 版 2008 年 3 月第 1 次印刷

定 价 30.00 元

◀ 版权所有·翻印必究 ▶

前 言

随着我国经济迅速发展和人民生活水平不断提高,反刍动物饲养业进入了快速发展阶段,乳制品和肉制品产量增长迅速,集约化饲养程度越来越高,对管养和饲养技术提出了更高的要求。反刍动物营养代谢调控的研究日益受到人们的重视。笔者在恩师黄应祥教授的关怀、培养和启示下,经过多年不懈的努力,在反刍动物营养代谢调控方面做了大量的研究工作。为了适应现代畜牧科技发展的需要,实现科技成果成功转化为生产力,笔者系统总结了多年来主持和参加的多项科研项目资料,撰写了这本书。

本书是以笔者曾参加承担的“粗饲料营养价值改进技术研究”(“八五”攻关课题,85-016-03-02)、“高效无公害奶牛饲料科研中试”(科技部农业科技成果转化项目,02EFN211401036)、“肉牛育肥饲料的研制与开发”(山西省科技攻关项目,001034)、“农业科技推广示范区建设项目:浓缩饲料”(省财政厅项目,晋财农业字[2000]24号)、“新型高效奶牛系列饲料研制与开发”(晋中市科委,市科发[2001]18号)、“优质高效肉牛系列饲料开发与推广”(山西省科委,晋科发[2001]62号)、“牛羊包被铜营养研究”(山西农业大学创新基金,200108)等项目,以及现主持和参加的科研课题“退化草地植被恢复与重建关键技术研究”(“十一五”国家科技支撑计划项目子课题,2007BAD5B01)、“奶牛健康养殖技术集成与示范”(“十一五”国家科技支撑计划项目子课题,2007BAD5B04)、“富铜酵母饲料添加剂研制与开发”(山西省科技攻关项目,2007031054)、“有机硒对牛瘤胃降解特性和繁殖性能影响的研究”(Alltech,INC.04-S-640)、“包被铜添加剂的研制及其生物学利用率的研究”(山西省青年基金项目,2007021034)、“异位酸添加剂提高奶牛泌乳性能的研究与应用”(山西省科技攻关项目,2007031049-1)、“营养调控提高牛奶乳蛋白质含量的研究与应用”(大同市科技局项目,同科发[2006]45号,同财教字[2006]37号)和“支链脂肪酸对瘤胃发酵影响的研究”(山西农业大学创新基金,2005002)等项目的研究成果为基础而撰写的。在课题的组织申报和科研实施过程中,得到中国农业大学动物科技学院冯仰康教授,山西农业大学动物科技学院董常生教授、岳文斌教授、王俊东教授、李宏全教授、董宽虎教授、张拴林副教授、王聪副教授、姜俊兵副教授、杨桂英高级实验师、杨致玲高级实验师,加拿大农业、食品部列城农业研究中心杨文柱博士,山西省农业科学院贺东昌研究员、杨效民研究员、黄虎平硕士,山西如意饲料有限公司胡滇董事长、姜彬总经理,北京奥特奇生物制品有限公司苗朝华硕士、高登宏硕士,山西省大同市国营农作物原种场张平场长、山西绿苑乳业有限公司张经理、山西新创生物技术公司崔经理的支持和帮助,在此表示衷心的感谢!同时衷心感谢课题组一起工作的同志,主要有冀一伦教授、黄应祥教授、董宽虎教授、王聪副教授、贺东昌研究员、杨效民研究员、石洪恩高级农艺师、张平畜牧师等。并对中国农业科学院孟宪松研究员,以及中国农业科学技术出版社张孝安先生的审稿工作致以诚挚的谢意!

本书撰写历时较长,又经反复修改和校对,但难免有疏漏和不当之处,恳切希望广大读者提出宝贵意见,共同商榷,以便再版时修正。本书在审核过程中,霍文婕、董群、蒋桂梅等同志做了大量的工作,在此一并致谢。

刘 强

2007年10月

目 录

第一章 反刍动物蛋白质营养调控研究	(1)
第一节 反刍动物蛋白质营养调控的意义	(1)
一、含氮物质的降解与合成	(1)
二、过瘤胃蛋白的加工技术	(2)
三、非蛋白氮在瘤胃释放速度的调控技术	(4)
四、过瘤胃氨基酸营养调控技术	(5)
第二节 反刍动物过瘤胃蛋白质营养调控研究	(7)
一、甲醛浓度对豆粕粗蛋白质瘤胃降解率的影响	(7)
二、日粮中添加过瘤胃蛋白质对奶生产奶量和乳成分的影响	(10)
第三节 反刍动物过瘤胃氨基酸营养调控研究	(10)
一、过瘤胃蛋氨酸对奶生产奶量及乳成分的影响	(11)
二、过瘤胃蛋氨酸对奶牛血清氨基酸浓度的影响	(11)
第四节 反刍动物非蛋白氮在瘤胃释放速度调控的研究	(12)
一、加工工艺对糊化淀粉尿素氮释放速度的影响	(12)
二、不同加工工艺对糊化淀粉尿素瘤胃降解率影响的研究	(14)
三、日粮添加糊化淀粉尿素对奶牛生产性能的影响	(15)
第二章 反刍动物碳水化合物营养调控研究	(18)
第一节 反刍动物碳水化合物营养调控的意义	(18)
一、饲料中的碳水化合物	(18)
二、碳水化合物的消化、吸收与利用	(19)
第二节 反刍动物碳水化合物营养调控技术	(22)
一、过瘤胃淀粉加工技术	(22)
二、生糖物质的研究与应用	(24)
第三节 精料体外发酵研究	(25)
一、精料的发酵方法	(25)
二、饲养试验方法	(25)
三、不同发酵剂发酵精料效果	(26)
四、不同精料及玉米面发酵效果	(27)
五、不同精料及玉米面发酵干物质损失测定结果	(27)
六、采食量、体重变化及饲料利用率	(27)
七、产奶量和乳成分	(28)

八、血液生化指标	(29)
第四节 过瘤胃淀粉的研究	(29)
一、过瘤胃淀粉的加工	(30)
二、试验日粮及其营养水平	(30)
三、不同日粮过瘤胃淀粉率	(30)
四、过瘤胃淀粉对日粮养分消化率的影响	(30)
五、过瘤胃淀粉对日粮氮平衡的影响	(31)
第五节 生糖物质的研究	(32)
一、甘油对瘤胃发酵和日粮养分消化代谢影响的研究	(32)
二、苹果酸对瘤胃发酵和日粮养分消化代谢影响的研究	(35)
第三章 反刍动物脂类营养调控研究	(40)
第一节 反刍动物脂类营养调控的意义	(40)
一、饲用脂类	(40)
二、脂肪的消化、吸收与利用	(40)
三、影响脂肪利用的因素	(41)
第二节 反刍动物过瘤胃脂肪的加工与应用	(43)
一、采用颗粒脂肪	(43)
二、甲醛处理蛋白包被脂肪	(43)
三、脂肪酸钙盐	(43)
四、氢化脂肪	(44)
五、其他保护方法	(44)
第三节 反刍动物颗粒脂肪应用研究	(44)
一、整粒棉籽	(44)
二、全脂大豆	(45)
第四节 反刍动物脂肪酸钙应用研究	(46)
一、脂肪酸钙对日粮消化率的影响	(47)
二、脂肪酸钙对奶牛产奶量和乳成分的影响	(48)
第四章 反刍动物铜营养调控研究	(49)
第一节 铜营养的研究意义	(49)
一、牛对铜的消化吸收与代谢	(49)
二、铜对牛的营养生理作用	(50)
三、铜对瘤胃微生物及瘤胃代谢的影响	(52)
四、铜对反刍家畜繁殖性能的影响	(55)
五、牛对铜的需要	(56)
六、研究意义	(59)
第二节 不同饲料铜源溶解度的测定	(60)
一、铜源	(60)
二、试验方法	(60)
三、不同饲料铜源的溶解度比较	(60)

第三节 不同铜源对西门塔尔牛瘤胃发酵和营养物质代谢的影响	(62)
一、不同铜源对瘤胃液 pH 值、VFA 和氨态氮的影响	(63)
二、不同铜源对营养物质瘤胃有效降解率的影响	(66)
三、不同铜源对尿嘌呤衍生物含量和微生物蛋白质产量的影响	(68)
四、不同铜源对西门塔尔牛日粮营养物质消化代谢的影响	(71)
五、不同铜源对西门塔尔牛血液指标和抗氧化能力的影响	(79)
第四节 不同铜源对西门塔尔牛发情周期生殖激素分泌的影响	(90)
一、不同铜源对西门塔尔牛发情周期促黄体素分泌的影响	(90)
二、不同铜源对西门塔尔牛发情周期促卵泡素分泌的影响	(92)
三、不同铜源对西门塔尔牛发情周期孕酮分泌的影响	(94)
四、不同铜源对西门塔尔牛发情周期雌二醇分泌的影响	(96)
五、不同铜源对西门塔尔牛发情周期雌三醇分泌的影响	(98)
六、不同铜源对西门塔尔牛发情周期胰岛素分泌的影响	(100)
七、不同铜源对西门塔尔牛发情周期生长激素分泌的影响	(102)
八、本研究主要结论	(104)
第五章 反刍动物硒营养调控研究	(106)
第一节 研究硒营养的意义	(106)
一、硒在动物体内的分布与存在形式	(106)
二、硒在动物体内的吸收、代谢与排泄	(107)
三、硒的营养生理作用	(107)
四、硒在瘤胃内的代谢及其对瘤胃发酵的影响	(109)
五、硒对动物繁殖机能的影响	(111)
六、反刍动物对硒的需要量	(115)
七、研究目的和意义	(116)
第二节 不同饲料硒源体外溶解度的研究	(117)
一、硒源	(117)
二、试验方法	(117)
三、不同饲料硒源的溶解度比较	(117)
第三节 不同硒源对西门塔尔牛瘤胃发酵和营养物质代谢的影响研究	(119)
一、不同硒源对瘤胃液 pH 值、VFA 和氨态氮的影响	(120)
二、不同硒源对营养物质瘤胃有效降解率的影响	(122)
三、不同硒源对尿嘌呤衍生物含量和微生物蛋白质产量的影响	(124)
四、不同硒源对西门塔尔牛日粮营养物质消化代谢的影响	(126)
五、不同硒源对西门塔尔牛血液生化指标和抗氧化能力的影响	(134)
第四节 不同硒源对西门塔尔牛发情周期生殖激素分泌的影响	(141)
一、不同硒源对西门塔尔牛发情周期促黄体素分泌的影响	(141)
二、不同硒源对西门塔尔牛发情周期促卵泡素分泌的影响	(143)
三、不同硒源对西门塔尔牛发情周期孕酮分泌的影响	(145)

四、不同硒源对西门塔尔牛发情周期雌二醇分泌的影响	(147)
五、不同硒源对西门塔尔牛发情周期雌三醇分泌的影响	(149)
六、不同硒源对西门塔尔牛发情周期胰岛素分泌的影响	(151)
七、不同硒源对西门塔尔牛发情周期生长激素分泌的影响	(153)
第五节 不同硒源对胎衣滞留母牛 GSH-px、MDA、P₄ 和 E₂ 水平的影响	(155)
一、不同饲料硒源对胎衣滞留和胎衣排出时间的影响	(156)
二、不同硒源对胎衣滞留母牛血浆 GSH-px 活性和 MDA 含量的影响	(157)
三、不同饲料硒源对分娩前后胎衣滞留母牛血清孕酮、雌二醇含量及孕酮、雌二醇的影响	(157)
四、本研究主要结论	(160)
第六章 反刍动物维生素营养调控研究	(162)
第一节 反刍动物维生素营养调控的意义	(162)
一、反刍动物对维生素的需要	(162)
二、瘤胃内维生素的合成	(164)
三、影响维生素利用和需要的因素	(165)
第二节 反刍动物维生素营养调控研究	(166)
一、生物包膜	(166)
二、过瘤胃保护处理	(167)
第七章 支链脂肪酸营养调控剂的研究	(168)
第一节 支链脂肪酸营养调控剂的研究意义	(168)
一、支链脂肪酸的种类和来源	(168)
二、支链脂肪酸的营养作用	(168)
三、支链脂肪酸对瘤胃代谢的影响研究进展	(168)
四、短链支链脂肪酸对日粮养分消化代谢的影响研究进展	(169)
五、短链支链脂肪酸对动物生产性能的影响研究进展	(169)
六、研究意义	(171)
第二节 支链脂肪酸对瘤胃发酵及日粮营养物质消化率的影响	(171)
一、日粮添加支链脂肪酸对瘤胃发酵的影响	(172)
二、日粮添加短链支链脂肪酸对营养物质瘤胃有效降解率的影响	(180)
三、日粮添加支链脂肪酸对西门塔尔牛日粮养分消化率的影响	(184)
四、日粮添加短链支链脂肪酸对 PD 含量和 MCP 产量的影响	(187)
第八章 酵母及其培养物研究	(190)
第一节 酵母及酵母培养物研究进展	(190)
一、酵母与酵母培养物	(190)
二、酵母及其培养物对奶牛的作用机理	(190)
三、酵母及其培养物对奶牛生产性能的影响	(190)
四、影响酵母及其培养物添加效果的因素	(192)
第二节 益生酵母及其培养物对瘤胃发酵及生产性能的影响	(193)
一、益生酵母对采食量的影响	(193)

二、益生酵母对泌乳性能的影响	(193)
三、益生酵母对体细胞数的影响	(193)
四、益生酵母对血液生化指标的影响	(193)
五、益生酵母对瘤胃降解率的影响	(195)
六、益生酵母对瘤胃发酵产物的影响	(196)
第九章 中草药饲料添加剂研究(197)	
第一节 中草药饲料添加剂的应用及其研究意义	(197)
一、中草药饲料添加剂的作用	(197)
二、中草药饲料添加剂在反刍动物饲养业中的应用	(198)
三、研究意义	(199)
第二节 天然植物中草药添加剂促进肉牛生长机理探讨	(200)
一、天然植物中草药对肉牛营养物质采食量的影响	(201)
二、天然植物中草药对肉牛日增重的影响	(201)
三、天然植物中草药对饲料转化效率的影响	(201)
四、天然植物中草药对饲料养分消化率的影响	(202)
五、天然植物中草药添加剂对肉牛血液生化指标的影响	(203)
第三节 中草药对奶牛泌乳性能和血液生化指标的影响	(204)
一、添加中草药对奶牛生产性能的影响	(205)
二、添加中草药对奶牛血液生化指标的影响	(205)
三、添加中草药对奶牛血清激素水平的影响	(205)
第十章 稀土元素镧的研究	(209)
第一节 氯化镧对瘤胃发酵和尿嘌呤衍生物影响的研究	(209)
一、氯化镧对瘤胃液 pH 值和氨态氮的影响	(210)
二、氯化镧对玉米秸秆瘤胃降解率的影响	(210)
三、氯化镧对豆粕瘤胃降解率的影响	(211)
四、氯化镧对瘤胃液挥发性脂肪酸浓度的影响	(212)
五、日粮添加氯化镧对尿嘌呤衍生物含量的影响	(213)
第二节 氯化镧对日粮养分消化率和血清指标影响的研究	(213)
一、日粮添加氯化镧对营养物质消化率的影响	(214)
二、日粮添加氯化镧对血清 GSH-px 活性的影响	(215)
三、日粮添加氯化镧对血清中生长激素浓度的影响	(215)
四、日粮添加氯化镧对血清中 T ₃ 和 T ₄ 浓度的影响	(216)
附录	(218)
附录 1 样品采集与瘤胃降解率及外流速度测定方法	(218)
附录 2 尿嘌呤衍生物(PD)的测定方法	(222)
附录 3 饲料中铁、铜、锰、锌、镁的测定方法	(224)
附录 4 饲料中硒含量的测定	(227)
主要参考文献	(228)

第一章 反刍动物蛋白质营养调控研究

蛋白质营养在动物营养中占有重要地位,反刍动物摄入的日粮蛋白质,一部分在瘤胃中被瘤胃微生物降解,一部分越过瘤胃,被微生物降解的饲料蛋白质称为瘤胃降解蛋白质(RDP),越过瘤胃未被微生物降解的蛋白质称为瘤胃非降解蛋白质(UDP)。瘤胃降解蛋白质被用于合成瘤胃微生物蛋白质(MCP),瘤胃微生物蛋白质与瘤胃非降解蛋白质一起进入小肠,在小肠被消化、吸收和利用。

第一节 反刍动物蛋白质营养调控的意义

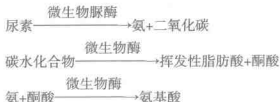
一、含氮物质的降解与合成

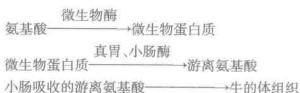
反刍动物能同时利用饲料中的蛋白质和非蛋白氮,合成微生物蛋白质,供机体利用,进入瘤胃的蛋白质约有60%被微生物所降解,生成肽、游离氨基酸,氨基酸再经脱氨基作用产生挥发性脂肪酸、二氧化碳、氨及其他产物,微生物同时又利用这些分解产物合成微生物蛋白质。少量的氨基酸可直接被瘤胃壁吸收,为机体所利用。一部分氨也通过瘤胃壁吸收进入血液,在肝脏合成尿素,或随尿排出体外,或进入唾液再返回到瘤胃重新被利用(这一过程称瘤胃氮素循环)。合成的微生物蛋白质以及其余约40%未被微生物所降解的饲料蛋白质(称之为过瘤胃蛋白质)以及内源含氮物质等随瘤胃的排空进入真胃及小肠,经反刍动物体本身分泌的胃蛋白酶和肠蛋白酶等分解为肽和氨基酸后,被机体吸收利用。

瘤胃微生物对饲料蛋白质的降解和合成,一方面将品质低劣的饲料蛋白质转化成高质量的微生物蛋白质;另一方面又可将优质的蛋白质降解。在瘤胃被降解的蛋白质,有很大部分被浪费,使饲料蛋白质在反刍动物体内消化率降低。因此,蛋白质在瘤胃的降解率将直接影响进入小肠的蛋白质数量和氨基酸的种类,这也关系到反刍动物对蛋白质的利用。

影响饲料蛋白质降解率的因素甚多,其中最重要的是饲料颗粒在瘤胃内的滞留时间长短以及饲料蛋白质的溶解度和酶解的速率快慢。根据饲料蛋白质降解率的高低,可将饲料分为低降解率饲料(<50%),如干燥的苜蓿、玉米蛋白、菜籽饼、高粱等;中等降解率饲料(40%~70%),如啤酒糟、亚麻饼、棉籽饼、豆饼等;高降解率饲料(>70%),如小麦麸、花生饼、葵花饼、青贮苜蓿等。

青绿饲料和青贮饲料中含有非蛋白氮,如黑麦草青草中非蛋白氮占总氮量的11%,而黑麦草青贮中非蛋白氮占其总氮量的65%,反刍动物瘤胃微生物能把饲料中的这些非蛋白氮和尿素类饲料转变为微生物蛋白质,最后被反刍动物消化利用。反刍动物利用尿素等非蛋白氮的过程如下:





瘤胃微生物利用非蛋白氮的形式主要是氨。氨的利用效率直接与氨的释放速度和氨的浓度有关。当瘤胃中氨过多,来不及被瘤胃微生物全部利用时,一部分氨通过瘤胃上皮由血液送到肝脏合成尿素,其中大部分经尿排出,造成浪费。当血氨浓度达到 1mg/100ml 时,便可出现中毒现象。因此,在生产中应设法降低氨的释放速度,以提高非蛋白氮的利用效率。

此外,保证瘤胃微生物对氨的有效利用,还必须为其提供微生物蛋白质合成过程中所需的能源、矿物质和维生素。碳水化合物中为微生物提供养分的速度,纤维素太慢,糖太快,而以淀粉的效果正好,并且熟淀粉比生淀粉好。所以,在生产中饲喂低质粗饲料为主的日粮,用尿素补充蛋白质时,加喂高淀粉精料可以提高尿素的利用效率。

日粮含有粗蛋白质的数量是保证瘤胃微生物正常繁殖与活性(也是瘤胃对草料的最大消化能力)所必需,许多试验与实践都证明,牛日粮粗蛋白质含量不宜低于 9%,以 13% 为宜。

二、过瘤胃蛋白的加工技术

反刍动物经小肠吸收后用于维持和生产的蛋白质来源是瘤胃内合成的微生物蛋白和饲料在瘤胃内未降解而直接到达小肠的过瘤胃蛋白质。一般瘤胃微生物蛋白质合成量相对稳定,能满足中、低产反刍动物蛋白质的需要,但对高产反刍动物仅靠瘤胃菌体蛋白提供的氨基酸不能满足其需要,必须增加过瘤胃蛋白的数量。过瘤胃蛋白技术是将饲料中蛋白质经过技术处理将其保护起来,避免蛋白质在瘤胃内发酵降解,减少蛋白质在瘤胃“降解——合成”过程的氮和能量的损失,直接进入小肠被吸收利用。

(一)物理方法

1. 加热处理

加热可使蛋白质变性,使疏水基团更多地暴露于蛋白质分子表面,使糖醛基与游离的氨基酸发生不可逆反应,使蛋白质溶解度降低,提高蛋白质的瘤胃通过率。目前可采用的热处理方法有蒸、煮、炒、膨化、热喷处理等技术措施。用全脂膨化大豆饲喂泌乳初期高产奶牛,产奶量提高,产奶高峰期延长,乳脂率明显提高;研究证实热喷处理饼粕可降低干物质损失率,提高进入小肠内的氨基酸总量和赖氨酸数量,增加氮沉积,显著提高了日增重。但是用热处理保护蛋白质常伴随着小肠内的消化率降低和一些氨基酸的破坏,如半胱氨酸、酪氨酸和赖氨酸等,且费工、费时、耗能等,所以未能广泛应用,仅对一些含抗营养因子的蛋白质原料进行热处理。

2. 包被处理

(1) 血包被

全血、乳清蛋白、卵清蛋白等富含白蛋白的物质均可起到保护作用。白蛋白在饲料颗粒外形成保护膜。血粉在瘤胃内降解极少,用全血撒到蛋白质补充料上在 100℃ 干燥后瘤胃内氮的消失率显著下降。鲜血处理与 0.6% 的甲醛混合使用时可明显提高甲醛的保护效果,其中 30% 鲜血与 0.6% 的甲醛复合处理是较理想的保护措施。同时鲜血-膨化复合处理可显著降低大豆粉各养分瘤胃消失率,且消失率随鲜血用量的增加而降低。全血等保护日粮蛋白质不存在过度保护,但存在用量大、适口性差以及潜在传播疯牛病等问题。

(2) 聚合物包被

选择对 pH 值敏感,即在中性或弱酸性条件下不溶解而在强酸条件下溶解或崩解的材料(如脂肪、纤维素及其衍生物或由苯乙烯和 2-甲基-5-乙烯基吡啶组成的共聚物)包埋蛋白质,在瘤胃内(pH 值 5.4~7.0)稳定,在真胃(pH 值为 2.0~3.0)内被分解,使蛋白质释放出来,被消化吸收,以达到保护的目。研究表明用蛋氨酸涂以牛脂硬化油并掺合分解剂脱乙酰壳质抑制剂,给奶牛每日每头在饲料中添加 50 g,可提高产奶量 4.9%,并能诱发不发情的奶牛发情,提高繁殖力。

(二) 化学方法

1. 甲醛保护

根据甲醛可使蛋白质分子的氨基、羧基、巯基发生烷基化反应溶解度降低和在酸性条件下甲醛与蛋白质反应可逆的原理,用甲醛处理蛋白质饲料,使蛋白质在瘤胃中降解率下降,而在真胃酸性条件下与甲醛分开,被蛋白酶所消化。用甲醛保护蛋白质饲料,降低了蛋白质在瘤胃的降解率,增加了氮沉积量,提高了蛋白质利用率。作为饲料蛋白质和尿素的保护剂,可用 0.3%的甲醛溶液与饲料蛋白质混匀,然后密封于塑料袋内,经过 15 d 即可饲喂。一般甲醛占蛋白质饲料的 0.2%~0.4%。对于尿素可按尿素:甲醛=1:0.4~0.5 配制。由于甲醛具有毒性,且容易在畜体内残留,还会提高泌乳牛奶中的甲醛浓度,影响乳品质,此法存在争议。并且应注意过量使用甲醛还存在过度保护的问题,虽通过瘤胃,但在后消化道也不能被消化吸收。

2. 单宁保护

单宁对饲料蛋白质具有保护作用,是因为单宁与蛋白质发生水解反应(可逆)后单宁-蛋白质复合物在瘤胃环境条件下不被瘤胃微生物所分解,而在真胃酸性条件下解离,蛋白质被释放出来,从而被牛消化利用。比如高粱中含有单宁,如在牛精料中添加 8%~10%的高粱,可以提高蛋白质过瘤胃的比例。但是单宁与蛋白质还会发生不可逆的缩合反应,即蛋白质与单宁形成不良复合物,降低饲料适口性,抑制酶和微生物活性,降低消化率,饲喂含单宁日粮(无论是游离单宁还是蛋白-单宁复合物),蛋白质的消化率随日粮中单宁浓度的增加而降低。目前对单宁的应用方法及剂量等尚不明确。

3. 氢氧化钠保护

用 3%氢氧化钠(NaOH)处理豆饼和菜籽饼效果最佳,使蛋白质的降解率减少,并且对氨基酸的组成没有不利影响。氢氧化钠处理的大豆饼使犊牛的氮沉积改善,奶牛泌乳初期产奶量显著增加,饲料效率和蛋白质利用率提高。

4. 锌处理

用锌处理豆饼,随着锌浓度的提高,处理效果也提高,达到 1.5%时为最佳,这时反刍动物日增重、饲料报酬和蛋白质利用率都最大,继续增加锌浓度会产生副作用。

5. 非酶促褐化技术

非酶促褐化技术是将蛋白质与木糖混合,然后将这种混合物加热到 200~250℃使之变褐。用该技术处理的豆粕的过瘤胃蛋白含量增加了 2.5 倍。

6. 乙醇保护

用 70%乙醇处理豆饼,其蛋白质在瘤胃内的降解率显著低于未处理豆饼。70%乙醇 80℃处理豆饼或 70%乙醇热压处理豆饼比单一乙醇处理要降低 6.6%。70%丙醇 80℃处理豆饼和 70%乙醇 80℃处理豆饼其蛋白质的溶解度比不处理豆饼、70%乙醇 23℃处理豆饼及 80℃热处理豆饼要低。

7. 脱氨基酶抑制剂

脱氨基酶抑制剂不仅可保护蛋白质免于降解,而且也可保护氨基酸在瘤胃中不产生脱氨基作用,不过目前还没有商业产品可以利用。

(三) 生物学调控

利用生物学技术选择性地控制瘤胃代谢,是改善反刍动物生产的途径之一。抗生素能降低微生物分解蛋白质的活性,目前应用较广泛的是莫能菌素。这是一种链霉菌产生的物质,又称瘤胃素,它通过改变瘤胃微生物群体组成和关键酶活性而影响瘤胃发酵过程,增加丙酸产量,减少甲烷生成量,抑制蛋白质降解,从而改善饲料利用率。研究证实,饲料中添加莫能菌素,平均日增重提高2%,饲料转化率提高8.9%。莫能菌素能降低氨浓度,可能是通过选择性抑制脱氨反应,或者降低微生物蛋白质分解酶的活性,显著降低细菌氨的流量,增加小肠饲料氮量。

(四) 瘤胃外流速度的调控

瘤胃外流速度影响着降解率,瘤胃外流速度加快,日粮在瘤胃内停留时间缩短,其蛋白质降解率下降。影响外流速度的因素很多,其中日粮结构和饲养水平影响较大,尤其是日粮的精粗比,随着精粗比升高,外流速度加快,蛋白质的降解率下降。同时,家畜生理因素如妊娠会影响饲料的外流速度,饲料颗粒大小和密度对外流速度也有影响。瘤胃内小颗粒外流速度为0.01~0.1/h。用碎饲料按维持水平饲养,外流速度为0.001/h。用相似的饲养水平,但用长饲料,此值为0.002/h,在2倍的维持能量下,用混合日粮,此值增加为0.005/h,在3或4倍维持能量下,采食混合日粮的奶牛外流速度增至0.01/h。

三、非蛋白氮在瘤胃释放速度的调控技术

尿素是应用最广的非蛋白氮饲料,由于尿素在瘤胃脲酶作用下分解为氨的速度非常快,瘤胃微生物来不及利用氨就已随血液循环到肝脏重新合成尿素再经肾脏排出体外,使尿素利用率较低。为了提高尿素利用率,避免氨释放过快造成尿素损失及氨中毒,可以采用尿素降解缓释技术。

(一) 包衣尿素

利用疏水性物质,如脂肪、硬脂酸、羟甲基纤维素、聚乙烯、蛋白质、干酪素、丹宁以及蜡类物质等,将尿素包被起来,制成颗粒状包被尿素。试验证实包被尿素颗粒在35℃的温水中,经过2h后只有50%被溶解,而未包被的尿素9min即可全部溶解。

(二) 糊化淀粉尿素

随着养殖业和饲料工业的发展,蛋白质饲料越来越紧缺,开发应用非蛋白氮饲料更具现实意义。常用的非蛋白氮饲料有尿素、缩二脲、异丁二脲、腐殖酸脲、脂肪酸脲、磷酸氢二铵、碳酸铵、醋酸铵、氯化铵等,尿素成本低、来源广,非蛋白氮含量高,应用最广。利用方式有粗饲料上喷洒、调制青贮、精料混合、糖蜜尿素舔砖、包被尿素、高蛋白当量尿素颗粒饲料等。尿素在瘤胃中释放太快,利用率低,若能使氨在瘤胃中的释放速度与细菌利用同步,就会促进菌体蛋白的生成。将淀粉与尿素混合制成糊化淀粉尿素,缓慢释放氨,且氮源与碳源结合,利用率高。

将粉碎的谷物或高淀粉精料如玉米、高粱等与尿素均匀混合后,用水介质加热器,在温度为121~176℃、湿度为15%~30%、压力为28~35 kg/cm²条件下制成糊化淀粉尿素。

笔者曾试验以尿素25%+1%缓释剂+75%玉米为原料,膨化机出口直径分别为18 mm、55 mm和80 mm,采用牧羊集团的PHG135型膨化机在120℃下干法生产;用人工瘤胃测定结果以膨化机出口直径为80 mm生产的糊化淀粉尿素在人工瘤胃中氨态氮的释放速度最慢,与豆粕无显著差异;粗蛋白瘤胃动态降解率以80 mm孔径的最低,仅次于豆粕;在奶牛日粮中用5%~8%的糊化淀粉尿素替代等蛋白

当量的饲料,饲养试验结果表明对奶牛的产奶量和乳成分影响不显著,但添加 8% 的糊化淀粉尿素显著提高乳尿素氮含量。

另有研究表明,糊化处理的玉米尿素产品对饲料中的干物质和氮的消化率没有影响,但可明显提高有机物的瘤胃消化率,减缓瘤胃内尿素氮的释放,使氮、碳源发酵趋于同步,刺激内源氮的有效再循环,从而增加了瘤胃内微生物氮产量。

(三) 尿素糖蜜砖

以尿素、糖蜜、植物蛋白饲料、矿物质、微量元素、维生素及黏结剂等为原料混合后制成块状复合饲料,让牛自由舔食能有效控制尿素食入速度。

(四) 糖基尿素

把尿素和糖混合后加热,尿素氮基上 1 个氢原子和糖键上 1 个羟基结合生成 1 分子水后形成糖基尿素。糖基尿素的水解(48 h 水解 86.9%)速度较尿素(1 h 水解 100%)慢得多。

(五) 氨吸附剂

沸石、膨润土等物质具有吸附氨的特性,添加于含尿素的日粮中被反刍动物采食进入瘤胃以后,在尿素水解成氨的高峰期时,就可吸附一部分氨,而当瘤胃中氨浓度下降到一定程度时它便会释放出一定的氨。有试验表明,当向反刍动物含尿素配合饲料中加入 2%~5% 的膨润土,可以吸收动物喂饲后 2h 之内瘤胃产生氨的 15%。

(六) 脲酶抑制剂

脲酶抑制剂能减缓尿素分解,降低氨的释放速度。使用时可以直接添加到饲料中,添加量少、成本低、使用方便。通过在含尿素日粮中添加脲酶抑制剂,可以显著抑制脲酶活性,使尿素分解速度减慢,使尿素产品在瘤胃内释放氨的速度降低,避免出现氨的中毒与损失,使尿素氮得到充分利用。脲酶抑制剂种类不同,作用机制也不相同,大体分为两个途径:一是使结构发生变化变性失活,此类抑制剂包括重金属盐类和多聚甲醛;二是与脲酶的活性中心相结合使之失活,这类物质包括异位酸类化合物及丝兰提取物沙皂素等。

四、过瘤胃氨基酸营养调控技术

反刍动物蛋白质营养的实质和核心是氨基酸营养。瘤胃具有发酵、降解功能,饲料蛋白质进入瘤胃,经微生物作用,大部分被降解为氨,使添加的氨基酸大部分被降解,而最终到达小肠被吸收利用的氨基酸量很少。对于高产反刍动物来说,需要较高的过瘤胃蛋白质,只能通过饲料蛋白质的添加来达到预期的乳蛋白中蛋氨酸和赖氨酸的含量,直接饲喂反刍动物结晶型蛋氨酸意义不大,由于游离氨基酸会在瘤胃中被微生物降解,发生脱氨基作用,大量增加日粮蛋白质饲喂量,随之会增加瘤胃内蛋白质的降解量,造成蛋白质资源的浪费。为了减少瘤胃内蛋白质的降解损失,研究人员曾采取各种措施以提高日粮中瘤胃非降解蛋白的量,弥补微生物合成蛋白质的不足,最常用的是在日粮中添加含瘤胃非降解蛋白较高的鱼粉、血粉、羽毛粉、玉米面筋、菜籽饼等或对蛋白质进行保护处理。但日粮中使用过多的瘤胃非降解蛋白代替瘤胃降解蛋白质,反过来又会影响微生物蛋白质的合成,导致进入小肠的微生物蛋白质数量下降,而动物性饲料的禁用又提高了反刍动物饲料配方的难度。所以说,过瘤胃氨基酸对蛋白质饲料资源紧缺状况 and 环境保护具有十分重要的意义。

(一) 过瘤胃蛋白质的局限性

(1) 在日粮中用非降解蛋白质代替降解蛋白质会影响微生物蛋白质的合成,导致进入小肠的微生物蛋白质数量下降;

(2)就可代谢蛋白质的氨基酸瘤胃发酵能力来说,鱼粉是蛋氨酸的良好来源,羽毛粉支链氨基酸含量丰富,血粉含较多的赖氨酸但蛋氨酸含量低。如果饲喂某种氨基酸含量低的过瘤胃蛋白质,就会加重该种氨基酸的缺乏;

(3)过瘤胃蛋白质在小肠内也可能不容易消化;

(4)不同来源的过瘤蛋白质的消化产物相互作用,降低了自身的营养价值;

(5)瘤胃内环境改变,微生物合成效率降低,食糜通过率加快都会影响过瘤胃蛋白质的功效;

(6)另外,用过瘤胃蛋白质不仅成本高,而且会影响奶牛的健康和生产状况。这是因为奶牛必须代谢过量的氨基酸和排除过剩的氮素,同时也会造成环境污染。

由于过瘤胃蛋白质存在一定的局限性,因此人们把研究重点转移到过瘤胃氨基酸上。

(二)过瘤胃氨基酸的意义及营养功能

过瘤胃技术就是将一些营养物质,如蛋白质、氨基酸、脂肪和淀粉等,经过特殊的技术处理,使其被保护起来,减少在反刍动物瘤胃内的发酵、降解,而直接进入小肠后再被消化吸收,从而达到提高饲料利用率的目的。使用过瘤胃技术降低了营养物质在瘤胃中的降解率,增加了营养物质在小肠的消化和吸收,从而提高了营养物质的吸收和利用率。

1.过瘤胃蛋氨酸的意义

研究表明,即使瘤胃微生物蛋白合成达到最大程度,进入小肠的蛋白质和氨基酸仍不能满足高产反刍动物的营养需要,必须增加进入小肠的真蛋白质和氨基酸的数量。这就需要过瘤胃蛋白质采取保护措施,而蛋白质的过瘤胃保护存在诸多的局限性。因此,人们把研究的重点转移到过瘤胃氨基酸保护上。许多资料表明,过瘤胃蛋氨酸在反刍动物生产中具有重要作用,可使奶牛增加奶产量,提高乳蛋白、乳脂和总固形物比例;可提高肉牛日增重(ADG)和饲料转化效率(FCR);绵羊添加过瘤胃蛋氨酸可提高日增重、羊毛生长速度;可提高山羊增重。目前研究较多的是过瘤胃蛋氨酸。

2.过瘤胃蛋氨酸的营养功能

过瘤胃蛋氨酸在消化道中释放出蛋氨酸,因其是含硫必需氨基酸,与生物体内各种含硫化合物的代谢密切相关。当缺乏蛋氨酸时,会引起食欲减退、生长减缓或不增加体重、肾脏肿大和肝脏铁堆积等现象,最后导致肝坏死或纤维化。

(1)营养作用

蛋氨酸除合成蛋白质,并很快转变为胱氨酸,满足胱氨酸的需要外,还能提供活性甲基和羟基基团,供机体合成胆碱、角质素、核酸,促进细胞增殖和动物生长。蛋氨酸在体内代谢生成的聚胺,能够促进细胞的分裂、繁殖,同时参与精胺、半精胺等有关化合物的合成。生理浓度的聚胺可促进脱氧核糖核酸(DNA)复制、转录和信使核糖核酸(mRNA)的翻译过程。

(2)提高免疫力

蛋氨酸具有免疫作用,Hill(1986)研究证实当蛋氨酸在淋巴细胞中用于转甲基反应时,淋巴细胞不能再重新合成蛋氨酸,因此免疫系统蛋氨酸的需要量增加。但蛋氨酸在骨骼肌细胞中仅用于转硫反应(胱氨酸和半胱氨酸的合成)和蛋白质的合成。

(3)蛋氨酸的抗霉菌毒素作用

蛋氨酸能够与饲料中的霉菌毒素结合,从而降低霉菌毒素对反刍动物的毒害作用。美国佐治亚大学生物系的研究表明,蛋氨酸具有抑制各种霉菌毒素的功能,因而对反刍动物具有防病保健作用。

(4) 蛋氨酸参与组成血红蛋白、组织与血清,有促进脾脏、肝脏及淋巴的功能。

(三) 过瘤胃氨基酸的保护方法

1. 形成氨基酸类似物、衍生物、金属螯合物

这类化合物在瘤胃中不被瘤胃微生物所利用,从而避开了瘤胃内的脱氨和转氨作用,而进入小肠中被吸收利用。如蛋氨酸羟基类似物(MHA)、N-羟甲基蛋氨酸钙盐、1,2-N-羟甲基赖氨酸钙盐、N-硬脂酸-蛋氨酸、DL-2-羟-4-甲硫丁酸等。

2. 包被氨基酸

选择对pH值敏感的包被材料对氨基酸进行包埋或微胶囊化处理,用pH值敏感的多聚物包被氨基酸主要依据瘤胃液与皱胃液pH值的差别,选择包被物质不仅耐受瘤胃内的pH值(5.4~7.5),而且不会被微生物分解,并在真胃(pH值为2~3)内被分解,将氨基酸释放出来,进入小肠被吸收,以达到保护的目的。

使用脂肪或饱和脂肪酸及矿物质混合物包被氨基酸,饱和脂肪酸有一定的瘤胃保护特性,可保护氨基酸通过瘤胃,同时在小肠释放,但是用脂肪或饱和脂肪酸包被氨基酸存在过度保护问题。用脂肪或饱和脂肪酸和矿物质包被氨基酸的效果低于用脂肪酸和pH值敏感聚合物进行包被的氨基酸。另外也有用鞣酸、甲醛、血粉处理氨基酸而得到保护性氨基酸产品。包被材料要耐热、无毒、无异味、吸湿性好。有的产品在制粒、混合等加工过程中包膜易受到破坏,使氨基酸过早地在瘤胃内被降解。并且包被材料不能与包被物发生反应,防止氨基酸的过度保护,使氨基酸到达小肠能被完全释放和消化利用。

3. 微胶囊技术

微胶囊技术是指利用天然的或合成的高分子材料将固体或液体活性物质包裹成直径1~500 μm的微小胶囊,可保护和控制营养物质释放,近年在饲料工业中开始应用。所用材料有:明胶、阿拉伯胶、桃胶、海藻酸钠、环糊精、羧甲基纤维素钠、甲基纤维素、乙基纤维素、聚乙二醇、聚酰胺等。目前主要用的材料是:长链脂肪酸、甘油三酯和脂肪酸钙、氢化脂肪酸、乙基纤维素、pH值敏感聚合物。其制备方法有物理方法、化学方法和物理机械法。

(四) 过瘤胃氨基酸的优点

- (1) 平衡小肠氨基酸的最简便而又直接的使用方法;
- (2) 提高蛋白质饲料的利用率,节约蛋白质饲料,降低日粮成本;
- (3) 增加体内氮的沉积,减少动物粪尿中氮向周围环境的排放量;
- (4) 提高反刍动物的生产性能和畜产品(奶、肉、毛等)的质量;
- (5) 少量的过瘤胃氨基酸可代替数量可观的瘤胃非降解蛋白质,并可克服泌乳奶牛在添加脂肪时引起乳蛋白下降的问题。

第二节 反刍动物过瘤胃蛋白质营养调控研究

一、甲醛浓度对豆粕粗蛋白质瘤胃降解率的影响

按照每千克豆粕用0 ml、0.5 ml或1.0 ml甲醛的比例,先将甲醛溶液稀释,然后与相应的豆粕充分混匀,用塑料薄膜密封并堆放于阴凉地面,浸润72 h后摊开晾干。用瘤胃尼龙袋法测定蛋白质瘤胃降解率,选用4头装有永久性瘤胃瘘管的西门塔尔阉牛(年龄2.5岁,体重420 kg),采用4×4拉丁方设计。每天饲喂两次,每天3 kg混合精料,6 kg玉米秸秆,自由饮水。基础日粮组成和实际营养水平见表1-1。

试验结果见表1-2。不同浓度甲醛处理豆粕对瘤胃内动态降解参数具有显著影响,从干物质瘤胃降

表 1-1 试验基础日粮组成和营养水平 (%DM)
Table 1-1 Ingredient and nutrient composition of basal diet (%DM)

项目 Items	百分率 Percentage (%)	(日粮)营养水平 Nutrient levels
日粮组成 Ingredient		综合净能 NE _m (MJ/kg) 6.30
玉米秸秆 Corn straw	66.5	粗蛋白质 CP (%) 10.11
混合精料 Concentrate mix.	33.5	中性洗涤纤维 NDF (%) 56.51
混合精料组成 Composition of concentrate mix.		酸性洗涤纤维 ADF (%) 35.59
玉米 Corn grain	52.0	钙 Ca (%) 1.12
麸皮 Wheat bran	10.0	磷 P (%) 0.74
豆粕 soybean meal	16.5	
棉粕 Cottonseed cake	12.0	
菜粕 Rapeseed meal	5.0	
石粉 Limestone	1.5	
食盐 Salt	1.0	
预混料 * Premix	2.0	

* 每千克日粮含:维生素 A 3000 国际单位;维生素 D1 200 国际单位;维生素 E15 国际单位;铁 30mg;铜 8mg;锌 30mg;锰 40mg;碘 0.25mg;硒 0.3mg;钴 0.1mg。Provided per kilogram of diet: VA 3000 IU; VD₁ 200 IU; VE 15 IU; Fe 30 mg; Cu 8 mg; Zn 30 mg; Mn 40 mg; I 0.25 mg; Se 0.3 mg; Co 0.1 mg.

解动态可以看出,干物质瘤胃快速降解部分(a)均显著下降($P < 0.05$),慢速降解部分(b)显著升高($P < 0.05$);与对照组相比,0.5 ml/kg 组与 1.0 ml/kg 组的瘤胃干物质降解速度(c)和有效降解率(ED)也显著下降($P < 0.05$),但处理间差异不显著($P > 0.05$);从瘤胃蛋白质降解动态可知,处理组瘤胃快速降解部分(a)显著下降($P < 0.05$),慢速降解部分(b)显著提高($P < 0.05$),与对照组相比,降解速度(c)和有效降解率(ED)显著降低,但处理间慢速降解部分(b)差异不显著($P > 0.05$),说明在瘤胃外流速度相同的情况下,甲醛处理能降低豆粕降解率,使更多的优质蛋白质进入真胃和小肠,提高蛋白质的利用效率。随着甲醛浓度升高,豆粕干物质和蛋白质有效降解率下降,因此浓度过高有可能会对豆粕产生过保护作用。

表 1-2 甲醛浓度对西门塔尔牛豆粕 DM 和 CP 瘤胃降解动态的影响

Table 1-2 Effects of formaldehyde concentration on soybean meal DM and CP degradability in Simmental steer

项目 Item	甲醛添加量 (ml/kg 豆粕)		
	0	0.5	1.0
干物质 DM			
a (%)	24.32±1.32 ^a	18.14±0.94 ^b	16.87±0.98 ^b
b (%)	74.55±2.15 ^a	81.25±1.56 ^b	82.72±1.72 ^b
c (%/h)	7.52±0.52 ^a	4.51±0.61 ^b	4.36±0.43 ^b
ED (%)	79.13±1.03 ^a	65.44±1.08 ^b	64.81±0.79 ^b
粗蛋白质 CP			
a (%)	10.11±0.42 ^a	8.75±0.25 ^b	7.64±0.37 ^b
b (%)	88.63±1.60 ^a	89.96±1.53 ^a	90.24±1.47 ^a
c (%/h)	5.87±0.38 ^a	3.54±0.21 ^b	3.13±0.19 ^b
ED (%)	69.18±0.85 ^a	54.52±0.97 ^b	51.09±0.78 ^b

* 同行肩注不同字母表示差异显著($P < 0.05$)。

* Means in the same row with different superscripts letters are significantly different ($P < 0.05$).