

现代寒区奶牛营养调控 与粗饲料高效利用

曲永利 王志博 苗树君 著



科学出版社

现代寒区奶牛营养调控 与粗饲料高效利用

曲永利 王志博 苗树君 著

本著作研究内容得到“十一五”黑龙江省科技厅重大项目：“东北农区奶牛高效饲养综合技术的研究（GA06B201）”和“十二五”国家奶业专项：“寒区规模化奶牛场奶牛精细饲养与粗饲料高效利用关键技术集成与示范（2012BAD12B05-1）”项目资助

科学出版社

北京

内 容 简 介

本著作集成了国家“十二五”和黑龙江省“十一五”奶业重大专项有关奶牛养殖的营养调控技术和粗饲料的高效利用技术,重点阐述了 CNCPS 营养体系研究进展以及在我国规模化奶牛场应用的效果,阐述了寒区奶牛瘤胃发酵调控技术,过瘤胃产品对奶牛瘤胃发酵及生产性能影响以及包括小叶章、羊草、苜蓿、全株玉米青贮和玉米秸秆等寒区奶牛常用粗饲料的高效利用技术。本书既有前瞻性,又有实用性,具有较高的学术价值。

本书可供高等农业院校教师、研究生及从事相关领域研究的科学工作者参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

现代寒区奶牛营养调控与粗饲料高效利用/曲永利,王志博,苗树君著.
—北京:科学出版社,2015.8

ISBN 978-7-03-045249-8

I.①现… II.①曲…②王…③苗… III.①寒冷地区-乳牛-家畜营养学-基本知识②寒冷地区-乳牛-粗饲料-基本知识 IV.①S823.9

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 171766 号

责任编辑:刘思佳 / 责任校对:马英菊

责任印制:吕春珉 / 封面设计:艺和天下

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>

北京京华虎彩印刷有限公司印刷

科学出版社发行

各地新华书店经销

*

2015 年 8 月第 一 版 开本: B5 (720×1000)

2015 年 8 月第一次印刷 印张: 17 1/4

字数: 350 000

定价: 80.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换<京华虎彩>)

销售部电话 010-62134988 编辑部电话 010-62130750

版权所有,侵权必究

举报电话: 010-64030229; 010-64034315; 13501151303

前 言

本书共包括 3 个方面的内容。第 1 部分主要讲述康奈尔净碳水化合物净蛋白体系（Cornell Net Carbohydrate and Protein System，以下简称 CNCPS 体系）研究进展与应用，主要阐述了 CNCPS 体系研发历程、最新研究进展及其模型应用效果，并通过 CNCPS 体系对我国奶牛常用饲料营养价值的评定和国内规模化牛场提高奶牛生产性能效果的评价，验证 CNCPS 体系在国内规模化奶牛场应用效果，其研究成果为 CNCPS 体系在国内规模化牛场研究、应用和推广提供理论基础；第 2 部分重点阐述寒区奶牛营养调控技术与进展，主要包括奶牛瘤胃发酵调控技术研究，日粮结构与营养水平对犊牛和成母牛营养调控技术和过瘤胃产品对奶牛瘤胃发酵及生产性能影响的研究；第 3 部分则阐述寒区奶牛常用粗饲料的高效利用技术，主要包括小叶章草对奶牛营养价值研究，羊草对奶牛营养价值及其日粮组合效应研究，寒区苜蓿牧草的高效利用技术，不同收获期玉米全株青贮的营养价值研究，生物制剂处理玉米秸青贮营养价值及其日粮组合效应研究以及日粮粗饲料的颗粒及中性洗涤纤维（NDF）有效性研究等。

本书集成了国家“十二五”和黑龙江省“十一五”奶业重大专项有关奶牛养殖的营养调控技术和粗饲料的高效利用技术，共计五章，即绪论、CNCPS 营养体系研究进展与应用、奶牛瘤胃发酵调控技术研究、过瘤胃产品对奶牛瘤胃发酵及生产性能影响的研究、寒区奶牛粗饲料高效利用技术等，涉及奶牛生物化学、生理学、微生物学、营养学、奶牛生产学等多门学科知识，所有研究内容均来自著者研究团队的博士和硕士研究生学位论文，既有前瞻性，可用于学术研究，又有实用性，指导现代奶牛生产实践，具有较高的学术价值。同时，通过本著作也向著者研究团队的博士和硕士研究生辛苦的研究工作表示感谢。

本书共计 35 万字，其中曲永利教授负责撰写绪论、CNCPS 营养体系研究进展与应用、过瘤胃产品对奶牛瘤胃发酵及生产性能影响和寒区奶牛粗饲料高效利用技术部分研究内容；王志博博士负责撰写奶牛瘤胃发酵调控技术研究等内容；苗树君教授负责撰写寒区奶牛粗饲料高效利用技术主要研究内容。

本书适合作为高等院校有关专业本科、硕（博）研究生和科研工作者的教学科研参考书。而且，随着科技的进步和营养体系的发展，著者也将对该书有关内容进行适时、修订，使其不断更新、丰富和完善。

因作者水平有限，书中不妥之处在所难免，敬请读者斧正。

著 者

2015 年 3 月

于大庆

目 录

前言

第一章 绪论	1
第一节 我国奶业的现状及发展趋势分析	1
一、我国奶业现状	1
二、中国奶源的分布、饲养规模及其所占比例	2
三、近年来中国乳品企业发展状况	3
四、国内外奶业相关技术现状及发展趋势分析	4
第二节 现代奶牛营养调控技术研究进展与应用	6
一、奶牛营养调控技术概述	6
二、现代奶牛营养调控技术研究进展与应用效果	7
三、CNCPS 体系概念及应用情况	11
第三节 奶牛粗饲料科学利用	13
一、粗饲料在奶牛生产中的应用	13
二、低质粗饲料的科学利用	13
三、粗饲料与精饲料间的组合效应利用	13
主要参考文献	14
第二章 CNCPS 营养体系研究进展与应用	17
第一节 CNCPS 体系与其他营养体系对奶牛营养 需要评价效果的比较	17
一、CNCPS 与 NRC 对牛的营养需要的预测	17
二、CNCPS 体系与 Weende、van Soest 营养体系、尼龙袋技术的比较	18
三、CNCPS 模型与 Molly 和 LES 瘤胃模型评估效果的比较	20
第二节 CNCPS 体系对寒区奶牛常用饲料营养价值的评定	25
一、材料和方法	25
二、结果与分析	27
三、讨论	35
四、结论	38
第三节 CNCPS 体系对寒区奶牛场提高奶牛 生产性能效果的评价	38
一、CNCPS 体系对提高泌乳早期奶牛生产性能效果的评价	38
二、CNCPS 体系对提高中低产奶牛生产性能效果的评价	44

三、CNCPS 体系对围产后期奶牛生产性能影响的评价	48
四、CNCPS 体系对育成牛生产性能影响的评价	51
主要参考文献	56
第三章 奶牛瘤胃发酵调控技术研究	59
第一节 锌源及水平调控奶牛瘤胃发酵效果研究	59
一、研究锌源及水平调控奶牛瘤胃发酵的意义	59
二、不同锌源及水平对奶牛瘤胃内环境及发酵产物的影响	59
三、不同锌源及水平对奶牛日粮养分瘤胃降解率的影响	64
四、不同锌源及水平对奶牛日粮养分表观消化率的影响	70
五、不同锌源及水平对奶牛体内相关的矿物质代谢的影响	71
六、总结	74
七、创新点	74
第二节 铜源及水平调控瘤胃发酵试验	75
一、研究铜源及水平调控瘤胃发酵的意义	75
二、蛋氨酸铜、硫酸铜和碱式氯化铜单独添加水平体外筛选试验	76
三、不同水平蛋氨酸铜对奶牛瘤胃发酵及日粮表观消化率的影响	84
四、不同水平硫酸铜对奶牛瘤胃发酵及日粮表观消化率的影响	91
五、不同水平碱式氯化铜对奶牛瘤胃发酵及日粮表观消化率的影响	97
六、不同种类铜源及水平对奶牛血液生化指标的影响	102
七、总结	105
八、创新点	105
第三节 海南霉素对瘤胃发酵模式、氮代谢 和肉牛生产性能的影响	105
一、研究海南霉素在反刍动物上应用的意义	105
二、不同水平海南霉素对体外发酵模式的影响	106
三、不同水平海南霉素对体外培养氮代谢的影响	115
四、日粮中添加海南霉素对瘤胃发酵模式的影响	125
五、日粮中添加海南霉素对牛氮代谢的影响	131
六、日粮中添加海南霉素对肉牛血液代谢指标和生产性能的影响	139
主要参考文献	144
第四章 过瘤胃产品对奶牛瘤胃发酵及生产性能影响的研究	150
第一节 过瘤胃脂肪对奶牛瘤胃发酵及生产性能的研究	150
一、研究过瘤胃脂肪的意义	150
二、不同种类过瘤胃脂肪在日粮中适宜添加量的体外筛选	151
三、过瘤胃脂肪对奶牛瘤胃发酵及日粮消化率的影响	156

四、过瘤胃脂肪对奶牛血液生化指标的影响	162
第二节 过瘤胃胆碱对围产期奶牛血液指标、脂肪代谢、激素含量 及泌乳性能的影响	163
一、研究过瘤胃胆碱的意义	163
二、过瘤胃胆碱对奶牛泌乳性能和血液生化指标的影响	164
主要参考文献	170
第五章 寒区奶牛粗饲料高效利用技术	172
第一节 小叶章牧草对奶牛的营养价值研究	172
一、研究小叶章牧草营养价值的意义	172
二、不同生长时期小叶章常规营养含量	173
三、不同比例小叶章青干草主要营养物质降解率	175
四、不同比例小叶章干草日粮对奶牛瘤胃内环境、发酵产物及生产性能的影响	177
第二节 羊草营养值及其日粮组合效应研究	182
一、研究羊草营养价值意义	182
二、不同生长期羊草营养含量变化规律	185
三、适宜收获期羊草主要营养成分在奶牛瘤胃中降解率	187
四、不同比例羊草对日粮的消化率及瘤胃内环境的影响	192
五、奶牛日粮中羊草与玉米青贮间的组合效应	196
六、结论	198
第三节 苜蓿牧草的高效利用	198
一、研究苜蓿营养价值意义	198
二、苜蓿营养价值评定方法	199
三、苜蓿越冬率、产量及营养含量变化	200
四、不同加工处理方法对苜蓿营养成分影响	208
五、不同加工方法处理的苜蓿主要营养成分瘤胃降解率	213
六、结论	217
第四节 不同收获期玉米青贮营养价值研究	218
一、研究不同收获期玉米青贮营养价值的意义	218
二、不同方法在青贮饲料营养价值评定中应用效果	219
三、不同收获期全株青贮玉米贮前、后营养含量变化	221
四、不同收获期全株玉米青贮主要营养成分瘤胃降解率	224
五、不同收获期玉米青贮日粮主要营养成分的奶牛表观消化率及对瘤胃内 环境影响	227
第五节 生物制剂处理的玉米秸青贮营养价值 及日粮的组合效应	231
一、研究生物制剂处理去穗玉米秸青贮的意义	231

二、不同水平生物制剂处理的去穗玉米秸青贮营养含量变化	232
三、不同生物制剂处理的玉米秸青贮对奶牛营养价值	235
四、生物制剂处理的玉米秸青贮与羊草组合效应	238
五、结论	242
第六节 日粮粗饲料颗粒和 NDF 的有效性试验研究	242
一、研究奶牛日粮有效纤维的意义	242
二、日粮 NDF 水平和羊草长度对奶牛采食和反刍行为影响	244
三、日粮 NDF 水平和羊草长度对奶牛瘤胃内环境和发酵产物影响	251
四、NDF 水平和羊草长度对日粮营养成分瘤胃内降解率和表观消化率影响	255
五、结论	263
主要参考文献	263
致谢	268

第一章 绪 论

第一节 我国奶业的现状及发展趋势分析

一、我国奶业现状

我国奶业经过近十年的快速发展，已经成为我国畜牧业的支柱产业和国民经济的重要组成部分。“十一五”期间，我国奶业在数量、质量和产值上都实现了高速增长，2010 年全国奶牛存栏总数达到 1 260 万头，泌乳牛 735 万头，奶类总产量达 2 910 万 t，我国已成为世界第三大奶业生产国。我国牛奶产量在 1980—2000 年一直缓慢的稳定增长，但在 2000—2007 年则增长迅速。但这种结果主要来自于奶牛饲养数量的增加而不是奶牛单产的提高（见表 1-1）。奶牛单产并没有大幅度的提高。

表 1-1 中国奶量增长趋势

年份	存栏泌乳牛/（ $\times 10^3$ 头）	牛奶产量/（ $\times 10^3$ t）	奶牛单产/（kg/a）
1980	430	1 141	2 653
1985	1 200	2 499	2 083
1990	1 421	4 157	2 925
1995	2 252	5 764	2 560
2000	2 280	8 274	3 629
2001	2 848	10 255	3 601
2002	3 420	12 998	3 801
2003	4 466	17 463	3 910
2004	5 466	22 606	4 136
2005	6 800	27 534	4 049
2006	7 900	31 934	4 042
2007	8 755	35 252	4 026
2008	8 575	34 300	4 000
2009	7 115	28 445	3 998
2010	7 350	29 100	3 959
2011	7 630	30 500	3 997

数据来源：USDA-FAS Dairy: World Markets and Trade。

中国饲养奶牛的品种主要包括中国荷斯坦奶牛（黑白花）、中国西门塔尔、三河牛、新疆红牛、内蒙古草原红牛及其杂交品种，而所谓的中国荷斯坦奶牛是利用进口荷斯坦奶公牛冻精与本国黄牛杂交而来，尽管中国荷斯坦奶牛在中国大城

市郊区平均单产已经达到 6 500kg (14 330lbs)，有些大牧场可高达 10 000kg，但这个品种奶牛全国平均单产水平仅仅 4 500kg (9 920lbs)，加上他品种奶牛，中国奶牛全国平均单产为 4 000 (8 818lbs)。饲料饲草品质差，管理水平低与疾病防治能力差是造成奶牛低产量的直接原因，中国奶牛的单产水平大约是美国奶牛的 40%~45%，但高于印度、墨西哥和巴西等国。

二、中国奶源的分布、饲养规模及其所占比例

中国奶源主要分为 5 个区域：

- ① 大城市（北京，天津，重庆，上海）郊区；
- ② 东北地区，主要包括黑龙江、吉林、辽宁和内蒙古等地；
- ③ 北部地区，主要包括河北、河南、山东和山西等地；
- ④ 西北地区，主要包括陕西、甘肃、宁夏、青海、新疆和西藏等地；
- ⑤ 南部地区，主要包括江苏、浙江、安徽、福建、江西、湖南、湖北、广东、广西、四川、云南、贵州和海南等地。

其中，东北，西北和北部三个地区由于位于我国谷物主产区，有的地区还拥有大面积牧场而成为我国奶业的主产区，据 2009 年统计，这三个地区奶牛饲养头数占全国的 87%，其中，内蒙古是中国奶业的主产省，2009 年，产奶总量占全国总量的 26%。我国的奶牛养殖体系基本分为三种类型，一是牧区，以内蒙古、新疆、西藏、青海、甘肃为代表，奶牛饲养主要以放牧为主；二是农区，以黑龙江、辽宁、吉林、河北、江苏、山东、河南、陕西、宁夏、四川、云南为主，奶牛养殖方式主要为舍饲，与牧区相比，会补饲一些谷物类精饲料；三是大城市周边地区，应用现代化养殖技术饲养奶牛，大量饲料主要通过市场购买方式获得。由于城市居民对奶制品消费量大，鲜奶冷藏、运输距离近，成本低，外加当地政府提供政策和注入大量外部资金，导致城市周边奶牛饲养数量和规模迅速扩大。

总体来说，我国奶牛场规模是小而分散，2009 年，我国大约共有 2 400 000 个牧场，大约 70%饲养规模在 5 头左右，全国近一半牧场的奶牛饲养规模小于 20 头，这些牧场鲜奶的收购主要依靠奶站来完成（见表 1-2）。

表 1-2 我国牧场饲养规模比例

2003 年			2009 年		
牛群数量*/头	所占比例/%		牛群数量*/头	所占比例/%	
	牧场	总存栏数		牧场	总存栏数
1~5	85.17	46.6	1~4	75.61	28.1
6~20	12.65	26.0	5~19	21.32	29.3
21~100	1.97	14.9	20~99	2.65	15.8
101~200	0.13	3.7	100~199	0.18	4.0
201~500	0.05	3.3	200~499	0.14	6.8

续表

2003 年			2009 年		
牛群数量*/头	所占比例/%		牛群数量*/头	所占比例/%	
	牧场	总存栏数		牧场	总存栏数
501~1 000	0.02	2.8	500~999	0.07	7.7
1 000 以上	0.01	2.7	1 000 以上	0.03	8.3

数据来源：中国奶业统计年鉴。

*表示成母牛，包括泌乳牛和干奶牛。

从表 1-2 可以看出，大规模牧场数量相比之下很少，成母牛存栏超过 200 头以上的有 5 820 个，仅占有所有奶牛场 0.24%，但相比较 2003 年，大规模牧场的比例还是有较大幅度的上升，存栏超过 200 头以上的奶牛场占全国牛场比例从 2003 年 8.8% 上升到 2009 年的 22.8%，反之，小牧场的比例则迅速下降。

目前，为了提高牛奶的质量和安全性，改善奶牛管理方式，降低发病率，减少环境污染，国家鼓励兴办标准化牧场，中央政府计划在 2008—2013 年，投资 25 亿元兴建标准化牧场。2008—2010 年，国家投资 12 亿元创建了 1 944 个标准化牧场，这些钱主要用于基础设施建设（水、电、路）的投资和粪便处理设施、疾病防治、机械挤奶设备和自动饲喂设备的购置。一些大的乳品加工企业也在建设标准化牧场方面注入了大量的资金。

2009 年 6 月，国家农业部、发改委、商业部和工业和信息化部联合发表 2009—2013 年中国奶业发展计划，该计划目标为：至 2013 年末，我国年产鲜奶达到 4 800 万 t，奶牛存栏总数（成母牛，育成牛和犊牛）达到 1 500 万头，奶牛平均单产达到 5.7t/a，存栏 100 头以上牛场的比例达到 35%。这个目标制订的很具有挑战性，其中外界认为，奶牛平均单产提高的困难要远远大于牛群数量的扩增。

三、近年来中国乳品企业发展状况

据美国农业部报道：中国大约有超过 2 000 家的乳品企业从事液态奶加工生产，2009 年，乳产品产值达到 1 623 亿元，是 5 年前产值的 2 倍。整个乳品企业可分为 5 大巨头、二线生产者、小企业经营者及边缘竞争者四大部分。

1. 国内市场乳产品种类

我国国内乳品加工企业重点生产加工液态奶，2009 年，液态奶的市场份额占有率为 80%，其中瞬间超高温灭菌奶（UHT）为主要液态奶产品。奶粉市场份额占有率排在第二，其中以全脂奶粉为主，2010 年全脂奶粉产量由 2000 年的 52.2 万 t 上升到 100 万 t，脱脂奶粉产量从 2000 年的 5.8 万 t 上升到 2004 年 8.3 万 t，随后从 2005 年 5.5 万 t 上浮到 6.0 万 t。奶粉生产者相对集中，2009 年黑龙江和内蒙古生产的奶粉占全国奶粉总额的 60%，其中，婴幼儿奶粉又占国内奶粉产量的

68.5%。酸奶近几年在大城市消费量迅速增加,从2001年人均消费1.36kg上升到2009年人均消费2.88kg,而北京2009年人均消费达到8.64kg。国内酸奶供应商主要集中在蒙牛、光明、伊利、法国达能、妙士等10个乳品企业。中国奶酪市场比例较小,消费群体集中在外国人、归国华侨和海外学者,除了国人不喜欢奶酪的风味,其较高的价格也是难以推广的一个重要因素。随着国人生活水平的提高以及对奶酪营养的认识,奶酪在中国的市场具有较大的潜力,目前生产奶酪最多的企业是上海光明乳业,占有中国奶酪市场份额的52%。

2. 国内主要乳品生产加工企业现状

“三聚氰胺事件”过后,国内的乳品加工企业进一步整合,“三聚氰胺事件”造成了乳品企业“三鹿”的破产,使得在2005年国内乳品企业“6巨头”变成了“5巨头”,“三鹿”的破产造成了9500万美元的损失,而也使三元集团从第6名上升至第5名。蒙牛和伊利集团仍是乳业的前二名,占有整个乳业市场份额的31%,其他三家公司占有大约8%的市场份额(见表1-3)。

表 1-3 国内乳品企业前 5 名产值与占有市场份额

企业名称	地理位置	2009 年销售总额/亿元	2009 年国内乳品销售总额比例/%
蒙牛有限股份公司	内蒙古	257.1	15.84
伊利工业股份公司	内蒙古	243.2	14.99
光明乳业与食品股份公司	上海	79.4	4.89
完达山奶业有限股份公司	黑龙江	33.6	2.07
三元食品股份公司	北京	23.8	1.47
总计		637.1	39.26

数据来源: Dobson 和中国奶业统计年鉴。

四、国内外奶业相关技术现状及发展趋势分析

1. 国外奶业发达国家相关技术现状

奶业科技是系统工程,是个复杂的技术体系。从育种角度看,目前,世界奶业发达国家奶牛群体的遗传改良,主要包括以下4项关键技术:品种登记制度、生产性能测定、选育高产奶牛育种核心群及系统的后裔测定。上述技术的应用使奶牛生产性能大幅度提高。美国在1989年到1998年期间,全国的奶产量增加了9%,而奶牛存栏量减少了9%,奶牛个体平均生产性能提高了20%。由于我国奶牛规模化程度低,上述技术覆盖面小,遗传改良进展缓慢,是制约我国奶牛业发展的关键。奶牛养殖业是饲料转化效率最高、资源利用最节约的畜牧业。饲料占牛奶生产成本的70%以上,因此营养调控技术成为提高饲料利用效率、改善牛奶品质、降低奶牛养殖成本的关键。美国、英国、澳大利亚、以色列等奶业发达国家十分重视奶牛营养研究与饲料高效利用技术的开发。以色列根据本国资源和环境特点,建立了适应

当地气候条件的高产奶牛饲养管理方式,仅奶牛全混合日粮饲养技术体系一项组装集成技术的推广,就使全国奶牛的产奶量提高 30% 以上。奶牛营养需要与饲养标准是一个国家奶牛营养研究水平的综合标志。近年来,美国等奶业发达国家把实现瘤胃最佳发酵和小肠养分最佳供给作为奶牛营养研究的目标,在奶牛小肠可吸收蛋白质与氨基酸需要量、理想氨基酸模型、瘤胃碳水化合物配比与发酵调控、小肠养分平衡调控、饲料评价体系等领域取得重大突破,开发出一系列新的营养调控技术与产品和奶牛分阶段精细饲养管理工艺,为提质增效发挥重要作用。而我国在这一领域的研究与奶业发达国家相比差距较大,是未来主要技术攻关的重点。同时,乳业发达国家十分重视分析生鲜乳质量安全检测技术的研究,开发出一系列以现代高新技术为基础的分析方法,如利用分子生物学技术开发的细菌快速检测试剂盒、抗生素的生物学检测技术等,使检测手段朝着快速、灵敏、准确的方向发展,并且建立了完善的生鲜乳质量安全控制标准体系。国外的奶业科技发展成果及趋势为我国的奶业发展提供了理论基础和可借鉴的发展模式。

2. 国内技术及技术标准现状

我国的现代奶业技术研究自“十五”以来已经进入到围绕产业化技术集成开展研究,并且取得了令世人瞩目的成就,形成了一批创新成果,建立了具有自主知识产权的技术及技术体系。主要表现在:①针对我国没有优质种公牛的现状,构建了自主培育荷斯坦种公牛技术体系,推动了我国自主培育种公牛的能力,在一定程度上摆脱了对国外品种的依赖,建立我国的品种培育体系,此外,还开展了分子辅助育种,为中国荷斯坦种公牛自主培育、奶牛群体遗传改良提供了有效的分子育种技术和理论指导。②针对我国高产奶牛数量有限,核心群数量严重不足的现状,开展提高供体母牛超数排卵效率、性控冻精及性控胚胎高效技术、犊牛活体超数采卵等关键技术的研究,加快了高产奶牛的快速繁殖速度,有助于高产奶牛核心群的建立。③开展了围绕乳脂肪和乳蛋白合成机理、营养调控关键技术和优质安全生产技术体系的研究,揭示了饲料氨基酸、脂肪酸、碳水化合物在瘤胃和小肠的消化代谢规律,提高了饲料的配合技术,改善了奶牛日粮的营养水平。④在优质饲草饲料作物育种、种子扩繁、饲草高效生产、牧草收获加工机械研制、青贮及饲草高效利用模式等方面的研究与示范取得显著进展。⑤在奶牛营养代谢障碍病、繁殖障碍疾病的预防,以及乳房炎快速诊断技术、新型疫苗的研发等方面也取得可喜的成绩。⑥在新型乳制品及功能性乳制品研发方面也获得了一批新技术、新产品和新专利。在标准方面,国家于 2007—2009 年间共颁布了《中国荷斯坦牛品种标准》(20061991-T-326)、《饲草营养品质评定——GI 法》(GB/T 23387—2009) 等国家级技术标准 11 项;行业颁布的技术规范如《中国荷斯坦牛生产性能测定技术规范》(NYT1450—2007) 等 17 个。此外,各地颁布的地方标准有 24 项。这些标准的颁布,大大规范了行业及企业的生产行为,提高了生产的技术水准。

综观我国奶业科技的现状,虽然国家加大了对奶业技术体系的研究力度,也取得了可喜的技术进步,但同国外发达国家相比差距仍然较大,距国内产业体系对技术的要求也存在一定的差距。从技术领域看,制约奶业发展的一些关键技术尚未实现突破,有必要在原有的研究基础上继续加大研究力度,争取早日实现突破,缩小与外国的差距;在产业化方面,虽然奶业技术集成体系有了一定的基础,也表现了阶段性成果,但示范效果仍然达不到产业发展的要求,有必要进一步加大示范力度。因此,在原有相关奶业技术发展的基础上,通过开展现代奶业发展技术工程研究与产业化示范,使我国的奶业科技及产业化水平接近或达到世界先进水平,特别在应用研究方面达到发达国家的先进水平。

3. 我国奶业技术的发展趋势

目前国外在奶牛科技方面的发展趋势是:①在育种方面,是在保证奶牛种质不断提高的条件下,注重乳房性状、隐性缺陷基因、遗传物质携带病原体检测等方面的研究,开始从育种入手,有效预防奶牛乳房炎的发病率。②通过奶牛小肠可吸收蛋白质与氨基酸需要量、理想氨基酸模型、瘤胃碳水化合物配比与发酵调控领域研究,开发出一系列新的营养调控技术与产品,形成奶牛分阶段精细饲养管理工艺。③研发益生菌奶牛饲料,改善奶牛肠胃菌群,减少抗生素使用。④开展有害物多残留检测技术研究,提高原料奶质量检测的准确性和时效性。这些先进的技术及理念,对我国开展现代奶业发展科技工程具有方向性的指导意义,并以此为借鉴,开展符合我国国情的奶业技术创新工程,发展我国奶业技术,引领奶业技术的未来发展方向。

第二节 现代奶牛营养调控技术研究进展与应用

一、奶牛营养调控技术概述

现代动物营养技术与传统动物营养技术的营养补添理念不同,经过了 200 多年的发展过程,已经由缺啥补啥发展到调节和控制,由静态地满足动物营养需求发展到动态地满足动物营养需求。现代动物营养技术的主要特征:广泛应用现代科学技术手段;控制性增强;独具特色,自成体系三个方面。随着奶牛泌乳量的快速增长,相关代谢疾病接踵而至。尤其是处于围产期的奶牛,奶牛日粮干物质采食量下降,能量摄入不足,造成奶牛能量负平衡以及与此相关的产后失重,这是酮病、产后瘫痪、乳房炎、子宫内膜炎和卵巢机能恢复缓慢的主要原因。如何解决在保证奶牛健康养殖的前提下,合理利用饲料组合效应,调控瘤胃发酵水平使处于平衡模式的营养物质进入后段消化道供机体吸收利用,以稳定地提高奶牛生产水平,对奶牛业的发展至关重要。如何将动物营养学这门纯理论科学转变成

一门以现代科学理论为基础的应用技术科学, 以实现由追求单纯的产量生产型向安全、高效和优质型的转变。通过营养调控方式对动物机体不同组织层次的营养过程进行调节和控制, 从根本上提高饲料利用效率, 增加牛奶产量以及改善奶牛健康已成为我国畜牧科技研究的重点与前沿。营养调控是指通过综合技术措施, 为机体创造有利条件, 调节和控制机体重要的营养代谢过程, 充分发挥机体营养整体优势, 积极调动机体本身的营养潜力, 从而达到营养控制的目的。调控的基本原则: ①高级调控是以优化的初级调控为基础进行的。②某一层次的营养调控是建立在机体整体调控处于优化的状态下成功的。③机体发挥最大的生产潜力是建立在机体-环境生态系统调控的基础上实现的。因此, 营养调控更应该强调整体动态上的调控。

二、现代奶牛营养调控技术研究进展与应用效果

1. 奶牛能量代谢的营养调控技术

现代奶牛日粮配比是将碳水化合物分成结构性碳水化合物(SC)和非结构性碳水化合物(NSC)两个部分。通常饲料中的SC存在于细胞壁, 而NSC存在于细胞内容物中, 二者在奶牛体内的降解特性差异很大。

(1) 结构性碳水化合物对奶牛瘤胃发酵的调控

高粗饲料(如SC)日粮可增加纤维分解菌和厌氧真菌的数量, 但也促进瘤胃原虫和产甲烷菌的生长, 增加了甲烷产量。一般来说, SC在瘤胃内发酵属于乙酸发酵型, 乙、丁酸主要合成体脂和乳脂; 精饲料(如NSC)在瘤胃发酵属于丙酸发酵型, 丙酸是合成葡萄糖的前体物质。Beauchemin报道, 日粮中随着peNDF的降低, 显著降低了奶牛咀嚼次数、反刍时间和次数, 增加了总VFA浓度和丙酸浓度, 但降低了丁酸浓度以及乙酸/丙酸的比例, 然而, 瘤胃中氨态氮浓度不受peNDF浓度的影响。Tafaj等的荟萃分析表明, 瘤胃乙丙酸比与日粮NDF含量呈显著的正相关关系。张涛报道, 使用苜蓿干草作为粗饲料唯一来源时, 提高日粮peNDF水平却降低了养分摄入量和全消化道表观消化率, 可能是peNDF与瘤胃pH和瘤胃微生物接触面积共同作用的结果。贺鸣研究表明, 随着日粮颗粒不断减小, 动物瘤胃中总VFA含量与动物采食量升高($P>0.05$), 氨态氮含量呈上升趋势, 但苜蓿干草长度的增加使乙酸/丙酸的比例上升($P>0.05$), 2 cm组和8 cm组差异显著($P<0.05$)。理论上, 乙酸合成脂肪所需的NADPH主要来自葡萄糖的磷酸戊糖途径, 说明葡萄糖与乙酸的利用存在着依赖关系。当细胞质中的乙酸与葡萄糖不能提供足够的NADPH时, 乙酸的利用就受到了限制; 又因为丙酸是主要的生糖前体物质, 所以从乙酸的利用与葡萄糖的依赖关系来看, 要使乙酸充分利用, 必须保证一个与乙酸有关的最低丙酸浓度。因此, 由于两种发酵类型对能量的转化效率有较大的影响, 所以瘤胃内不同的VFA比例将成为瘤胃发酵调控的一个切入点。

(2) 非结构性碳水化合物对奶牛瘤胃发酵的调控

碳水化合物在瘤胃中的发酵属于丙酸型发酵,主要为微生物提供能量和碳架。NSC 对奶牛瘤胃发酵的调控主要集中在瘤胃微生物的消化速度上。按照美国康奈尔大学净碳水化合物和蛋白质体系(CNCPS)将碳水化合物分为4部分:CA为糖类即快速降解部分;CB₁为淀粉即中度降解部分;CB₂是可利用的细胞壁即缓慢降解部分;CC部分是不可利用的细胞壁。前3个部分属于NSC,在瘤胃内的降解速度较快。赵向辉统计30篇文献分析表明,常规日粮中NFC含量占36%~42%,其中淀粉占20%~27%,可溶性糖和中性洗涤可溶性纤维(NDSF)占15%~18%。最近姚军虎报道,淀粉来源显著调控瘤胃发酵类型,用小麦替代45%的玉米时,奶山羊瘤胃丙酸产量和淀粉分解菌数量显著增加,纤维分解菌数量则显著减少。张建中综述报道,多数研究证明由于葡萄糖在小肠内吸收比在瘤胃内转化成VFA,其能量利用效率更高,所以淀粉到反刍动物小肠内消化要远比在瘤胃内降解有更高的价值。而随后很多学者也证明了此观点,像Owens等研究表明在小肠被消化酶分解的淀粉能量利用率显著高于瘤胃降解淀粉利用率。杜晋平等研究表明,碳水化合物的瘤胃降解率分别为69.6%和66.2%,而小肠消化率分别为40.4%和62.7%。所以一方面既要调控NSC的降解速度,又要使瘤胃内保证一定数量的NSC(如淀粉),使得碳水化合物在瘤胃中的降解数量和速度与氮的降解保持同步,对瘤胃中氮源的利用及微生物蛋白质的合成效率显得十分必要;另一方面要减少NSC在瘤胃内不必要的发酵,采用过瘤胃调控技术使足够比例的淀粉进入小肠,并调控其在小肠内被有效地消化和利用。

(3) 奶牛日粮中的碳水化合物在小肠中的调控

保证足够的碳水化合物进入小肠是进行小肠内调控的第一步。不管是传统的还是现代的奶牛营养调控技术,过瘤胃保护技术一直是奶牛营养调控的研究重点。Yoshimaru等报道,干喷过瘤胃微胶囊降低了瘤胃中淀粉的发酵,约65%的微胶囊能降低瘤胃降解率,并在进入真胃30min后85%的包被淀粉被释放。李福昌等研究表明,血包被玉米对肉牛能量和氮的沉积更佳,说明玉米淀粉在小肠内的利用效率高于瘤胃。Owens等研究表明,小肠可消化淀粉用于肉牛增重的效率比瘤胃降解淀粉要高。学者们似乎更倾向这种包被技术而不是通过物理加工或改变饲喂方法等调控日粮中NSC的瘤胃降解率。在实现NSC过瘤胃后,如何调控NSC在小肠内的消化率是提高奶牛对NSC利用率的第二步。小肠消化主要靠胰腺分泌 α -淀粉酶和寡糖酶完成,但反刍动物消化道内的 α -淀粉酶活性较低,蔗糖酶活性几乎为零,因而机体需要的葡萄糖要靠麦芽糖酶和异麦芽糖酶。Harmon报道,青年母牛或阉牛小肠淀粉消化率的范围为17.3%~84.9%。从这个范围可知,反刍动物小肠对淀粉的消化率不是一成不变的。

2. 奶牛蛋白质的营养调控

(1) 奶牛瘤胃降解蛋白和瘤胃非降解蛋白的调控技术

基于奶牛蛋白质代谢特点以及可降解蛋白(RDP)和过瘤胃蛋白(UDP)体系。在保证过瘤胃蛋白在后消化道消化率和瘤胃微生物合成量不受影响的前提下,采用常规的过瘤胃保护技术,其目的是减少日粮中的蛋白质的瘤胃降解损失,使其直接进入真胃和小肠,从而提高蛋白质的利用效率。一般要求日粮中UDP与RDP之比为(17:83)~(33:67)。通常UDP分为完整蛋白(TP)和不完整蛋白(NIP)。卢德勋等认为,完整蛋白主要指过瘤胃蛋白,不完整蛋白主要是指过瘤胃肽。通过包被技术基本实现了蛋白质在瘤胃内降解率的调控,而蛋白质在瘤胃内滞留的时间主要取决于精粗比,很显然日粮粗饲料增加将延长蛋白质在瘤胃内的滞留时间。因此,应根据动物的采食水平以及不同饲料的降解特性和氨基酸组成不同,对饲料进行合理搭配、加工和调质,以调整进入十二指肠的氨基酸组成。

(2) NPN的营养调控技术

奶牛利用的NPN包括内源尿素氮和来源于日粮的NPN。对于奶牛而言,主要调控日粮中的NPN以使其能够被有效利用。通常尿素是奶牛常用的NPN,尿素进入瘤胃后,为瘤胃微生物生长提供氮源,特别是日粮粗蛋白含量较低时,饲喂尿素的效果较好。有研究表明,给牛饲喂低质干草时,内源尿素氮可为瘤胃微生物提供25%的可利用氮,从而保证在日粮氮供应不足的情况下,亦不影响微生物对纤维饲料的利用,但目前仍在探索尿素的最佳添加方法和添加量。Cherdthong等报道,在精料中添加尿素- CaSO_4 混合物(每天按体重5g/kg添加)可提高瘤胃内有机物的真消化率,增加微生物蛋白的合成能力,改善瘤胃的内环境,可见尿素- CaSO_4 可替代肉牛日粮中的部分豆粕。因为尿素进入瘤胃后很快被分解并释放氨,其释放速度已经超过了瘤胃微生物的利用速度,很容易造成氮源浪费以及氨中毒,所以如何调节尿素的释放速度已成为了尿素利用及调控的难点。Ribeiro等报道,灌注缓释尿素的牛在显著提高DMI、NDF和CP摄入量的同时,瘤胃氨态氮连续8h处于高水平状态,而且不影响瘤胃的pH。脲酶抑制剂也是很好的调控剂,其不仅能抑制脲酶活性,降低瘤胃内氨浓度,而且可使氨平稳的释放,保证了氨的释放速度与瘤胃微生物利用氨的速度保持同步,从而提高了蛋白质和尿素利用效率。说明尿素在瘤胃内的分解速度可以通过调控瘤胃内尿素分解菌的活性得以实现。

(3) 微生物蛋白合成的调控

微生物蛋白(瘤胃细菌、原虫和真菌)是小肠蛋白质的主要来源。因此,调控的关键在于使微生物合成充足的菌体蛋白进入小肠,以供机体利用更平衡的氨基酸。主要调控途径:①调控能氮平衡和瘤胃内环境,以更好的实现次级调控;②微生物蛋白合成和分解的调控。Bateman等认为,微生物蛋白的合成受瘤胃食