

SHOU ROU XING ZHU YING YANG XU YAO YAN JIU JIN ZHAN

瘦肉型猪 营养需要研究 进展

蒋宗勇 主编
林映才
郑黎 副主编

中国农业科学技术出版社

ISBN 7-80167-456-1



9 787801 674562 >

- 责任编辑:曹卫泉
- 封面设计:马钢

ISBN 7-80167-456-1/S · 319
定价: 80.00元

瘦肉型猪营养需要研究进展

主 编 蒋宗勇
副主编 林映才 郑 黎

中国农业科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

瘦肉型猪营养需要研究进展/蒋宗勇主编. —北京:
中国农业科学技术出版社, 2002. 10

ISBN 7 - 80167 - 456 - 1

I. 瘦… II. 蒋… III. 肉用型 - 猪 - 合理营养 -
文集 IV. S828.95 - 53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 068819 号

责任编辑
责任校对
出版发行

经 销
印 刷
开 本
印 数
版 次
定 价

鲁卫泉

马丽萍 张京红 贾晓红

中国农业科学技术出版社

(邮编:100081 电话:010-62189012)

新华书店北京发行所

北京鑫海达印刷厂

787mm × 1092mm 1/16 印张:24.5

1~2050册 字数:768千字

2002年10月第1版 2002年10月第1次印刷

80.00元

《瘦肉型猪营养需要研究进展》

编委会名单

主 编 蒋宗勇
副主编 林映才 郑 黎
编 者 (按姓氏笔画排列)
丁发源 王胜林 刘炎和 杨晓建
杨志凌 肖静英 余德谦 张振斌
林映才 周桂莲 郑 黎 郭吉余
程忠刚 彭广辉 蒋守群 蒋宗勇



蒋宗勇 研究员,动物营养学博士,华南农业大学兼职教授。现任广东省农业科学院副院长、中国畜牧兽医学动物营养学分会猪营养专业委员会主任、中国畜牧兽医学养猪学分会副会长、广东省畜牧兽医学副理事长、《动物营养学报》编委、《中国养猪学报》副主编、《养猪业》和《广东畜牧兽医科技》主编等职。曾获国务院特殊津贴、国家“百千万人才工程”第一层次人才、广东省丁颖科技奖、广东省首届优秀青年科学家。曾主持完成国家、省(部)级课题 20 多项,获国家、省(部)级科技奖励 10 多项。主攻单胃动物营养。



林映才 副研究员。现任广东省农科院畜牧研究所副所长。参与主持国家、省(部)级课题 10 多项,获省(部)级科技奖励 6 项。先后发表论文 100 余篇,参与出版专著 3 部。主攻单胃动物营养和新型饲料添加剂开发。



郑黎 副研究员,动物营养学硕士。现任广东省农科院畜牧研究所动物营养研究室主任。参与主持或参加完成国家、省(部)级课题 10 多项,获省级科技奖励 2 项。参与出版专著 2 部。主攻单胃动物营养和新型饲料添加剂开发。



周桂莲 博士 副主任



丁发源 硕士 副主任



张振斌 硕士 副主任



刘炎和 高级畜牧师



余德谦 高级畜牧师



郭吉余 硕士



杨晓建 硕士



王胜林 硕士



程忠刚 硕士



蒋守群 硕士



杨志凌 硕士



彭广辉 兽医师



肖静英 兽医师

序 言

实现我国养猪业现代化是农业现代化的组成部分,也是一个复杂艰巨的过程。近 20 年来,我国养猪业有了很大的进步,瘦肉型猪集约化饲养虽只在部分地方推行,但已处于主导地位,对广大分散、个体饲养(只饲用部分配合饲料)的养猪户,起着引导的作用。

国内外养猪生产的实践证明,猪品种确定以后,营养、饲养是决定养猪生产成败的关键。实际生产中,养猪的饲料成本占了生产总成本的 60% 以上,饲养的标准化(即按营养需要、合理供给营养、适宜配制饲料、科学的饲养管理)对养猪生产的生产效率和经济效益具有决定性的作用。因此,实行科学养猪,制定和推行饲养标准(营养需要)是必不可少的。

饲养标准具有时间性的特征。我国现行猪饲养标准,只反映了 20 年前动物营养和饲料科学的教学、科研和生产实际,亟待修订。饲养标准只有充分反映最新研究成果,才能维护其科学性。应用饲养标准时,不能完全照搬,必须参考配套出版的有关阐明确定营养需要的研究文献,才能深入理解,灵活应用,适当调整,真正使饲养标准对生产具有指导意义。

本书是广东省农业科学院畜牧研究所的研究人员对瘦肉型猪营养需要较系统深入研究的总结和汇编,是与饲养标准有关的配套综合文献。它对修订我国猪饲养标准,推行猪饲养的标准化、集约化和产业化,都会起促进作用,它对养猪生产者,特别是集约化养猪生产者,科学灵活地应用饲养标准具有指导意义,对从事猪营养研究的人员具有参考价值,对动物生产专业学生学习猪营养和饲养有很大帮助。

杨 凤

2002 年 7 月

前 言

改革开放以来,我国规模化养猪业取得了长足的发展。以东北农学院许振英教授为首的老一辈科学家于 1986 年制定了我国第一部瘦肉型猪饲养标准,于 1987 年由农业部正式颁布实施,对我国瘦肉型猪饲养起到了巨大的推动作用。但随着遗传育种、动物营养、生理生化、生物技术等学科科研工作的不断深入,我国瘦肉型猪生产性能得以较大提高,现行饲养标准已明显不适应生产实际需要。为此,广东省农科院畜牧研究所动物营养科技人员在国家和广东省科技与农业行政部门的支持下,并得到国家、广东省自然科学基金、“八五”和“九五”科技攻关项目的资助,经过 10 年的艰苦努力,对瘦肉型猪营养需要进行了较系统全面的研究。

为了及时总结和扩大交流,我们收集整理了近 10 年来完成的有关论文和研究报告 50 多篇,汇编成册,供同行交流和参考。本书共分 6 部分:能量和蛋白质、氨基酸、矿物质、维生素、营养需求模式、养分生物利用率。我们的这些研究工作得到了上级有关部门和领导、专家的大力支持,也得到了与我所长期合作的单位和科技人员的鼎力相助,在此向他们致以衷心的感谢!

由于我们水平有限,书中难免有错漏之处,各项研究也尚待进一步深入、完善,敬请各位读者赐教。

编 者

2002 年 8 月

目 录

第一部分 能量、蛋白质

4.1~8.7kg 早期断奶仔猪消化能需求参数研究	林映才	蒋宗勇	杨晓建等(3)
断奶仔猪消化能需求参数研究	林映才	蒋宗勇	杨晓建等(11)
高温环境中生长肥育猪饲料适应消化能浓度的研究	郑黎	蒋宗勇	余德谦等(20)
肥育猪消化能需求参数研究	林映才	蒋宗勇	余德谦等(24)
3.4~9.5kg 超早期断奶仔猪粗蛋白质需求参数研究	林映才	蒋宗勇	吴世林等(32)
10~20kg 仔猪粗蛋白质需求参数研究	林映才	蒋宗勇	余德谦等(37)
高温季节生长肥育猪粗蛋白质需要量的研究	郑黎	蒋宗勇	林映才等(41)
母猪营养研究进展	张振斌	林映才	蒋宗勇(45)

第二部分 氨基酸

3.8~8kg 超早期断奶仔猪可消化赖氨酸需求参数研究	林映才	蒋宗勇	肖静英等(59)
3.6~9kg 超早期断奶仔猪可消化蛋氨酸需求参数研究	林映才	蒋宗勇	张振斌等(64)
3.8~9kg 超早期断奶仔猪可消化苏氨酸需求参数研究	林映才	蒋宗勇	刘炎和等(69)
3.8~9kg 超早期断奶仔猪可消化色氨酸需求参数研究	林映才	蒋宗勇	郑黎等(74)
断奶仔猪赖氨酸需求参数的研究	林映才	蒋宗勇	吴维辉等(80)
断奶仔猪蛋氨酸需求参数的研究	林映才	蒋宗勇	吴维辉等(84)
断奶仔猪苏氨酸需求参数的研究	林映才	蒋宗勇	吴维辉等(87)
断奶仔猪色氨酸需求参数的研究	林映才	蒋宗勇	余德谦等(91)
生长猪可消化赖氨酸需求参数研究	林映才	蒋宗勇	刘炎和等(96)
肥育猪可消化赖氨酸需求参数研究	林映才	蒋宗勇	杨晓建等(101)
生长—肥育猪可消化赖氨酸需要量的研究	林映才	蒋宗勇	吴世林等(107)
生长—肥育猪蛋氨酸需要量研究	杨晓建	梁琳	蒋宗勇等(111)
生长—肥育猪可消化苏氨酸需求参数研究	林映才	蒋宗勇	丁发源等(114)
生长—肥育猪可消化色氨酸需求参数研究	林映才	刘炎和	蒋宗勇等(120)
5~110kg 猪可消化氨基酸需要量与平衡	吴世林	蒋宗勇	(127)
猪氨基酸营养研究进展	吴世林	林映才	蒋宗勇等(137)
不同阶段猪对赖氨酸需要量	周桂莲	杨志凌	(146)

第三部分 矿物质

4~9kg 超早期断奶仔猪钙需求参数研究	林映才	蒋宗勇	余德谦等(153)
4~9kg 超早期断奶仔猪有效磷需求参数研究	林映才	蒋宗勇	张振斌等(157)
仔猪钙需要量的研究	蒋宗勇	林映才	姜文联等(163)
仔猪有效磷需要量的研究	蒋宗勇	林映才	姜文联等(168)
生长肥育猪有效磷需要量的研究	林映才	蒋宗勇	(173)
猪的磷需要量和有效率研究进展	林映才	蒋宗勇	(183)
猪电解质营养研究进展	吴世林	蒋宗勇	林映才等(190)

仔猪饲料中电解质平衡的研究·····	林映才	蒋宗勇	吴世林等(202)
高温环境中饲料电解质平衡值对生长猪生产性能及 血液指标的影响·····	郑黎	蒋宗勇	余德谦等(206)
饲料电解质平衡值对肥育猪生产性能及血液指标的影响·····	郑黎	蒋宗勇	余德谦等(211)
猪铁营养的研究(综述)·····	郑黎	杨晓建	林映才等(217)
我国猪常量矿物元素营养研究进展·····	张振斌	蒋宗勇	林映才等(223)
我国猪微量矿物元素营养研究进展·····	张振斌	蒋宗勇	林映才等(227)
母猪矿物元素营养需要研究进展·····	周桂莲	林映才	蒋守群(234)
第四部分 维生素			
Vit A 水平对早期断奶仔猪生产性能和免疫功能的影响·····	林映才	蒋宗勇	王胜林等(255)
Vit A 水平对仔猪免疫功能、肝脏 Vit A 含量和抗氧化 能力的影响·····	林映才	蒋宗勇	郭吉余等(260)
维生素 A 水平对生长猪生产性能、肝脏维生素 A 含量和血清 免疫参数的影响·····	林映才	蒋宗勇	杨晓建等(268)
肥育猪维生素 A 需求参数研究·····	杨晓建	林映才	蒋宗勇等(274)
饲料胆碱水平对早期断奶仔猪生产性能和血液理化指标的影响 ·····	林映才	郑黎	周桂莲等(279)
饲料胆碱水平对仔猪生产性能和血液理化指标的影响·····	林映才	程忠刚	蒋守群等(283)
饲料胆碱水平对生长猪生产性能和血液理化指标的影响·····	林映才	刘炎和	余德谦等(287)
母猪的维生素营养需要研究进展·····	蒋守群	林映才	张振斌等(291)
第五部分 营养需求模式			
仔猪营养与饲料研究新进展·····	蒋宗勇	张振斌	林映才等(307)
瘦肉型肉猪营养需要研究总结·····	蒋宗勇	林映才	张振斌等(313)
三种营养需要模式对断奶仔猪生产性能、胴体品质和 瘦肉生长的影响·····	林映才	蒋宗勇	余德谦等(332)
三种营养需要模式对生长肥育猪生产性能、胴体品质和 瘦肉生长的影响·····	林映才	蒋宗勇	余德谦等(336)
生长—肥育猪营养需求模式试验·····	余德谦	林映才	蒋宗勇等(342)
集约化饲养瘦肉型商品猪饲养标准验证试验报告(I)生产性能 ·····	张振斌	蒋宗勇	李珍泉等(348)
集约化饲养瘦肉型商品猪饲养标准验证试验报告(II)胴体品质与 无脂瘦肉增重及其数学模型估算·····	张振斌	林映才	陈建雄等(353)
第六部分 养分生物利用率			
用回-直肠吻合法测定我国常用 5 种猪饲料氨基酸消化率研究 ·····	吴世林	蒋宗勇	林映才等(363)
用回-直肠吻合法测定猪饲料氨基酸消化率研究·····	吴世林	蒋宗勇	余德谦等(366)
猪饲料原料和饲料能值的测定和预测·····	杨晓建	林映才	余德谦等(372)

第一部分 能量、蛋白质

4.1 ~ 8.7kg 早期断奶仔猪消化能需求参数研究

●林映才 蒋宗勇 杨晓建 余德谦 蒋守群 彭广辉

摘要 本文通过饲养试验和屠宰试验,研究 4.1 ~ 8.7kg 早期断奶仔猪消化能需求参数;同时采用相近体重阉公仔猪进行消化试验,测定各组饲料的消化能、代谢能浓度及各营养物质消化率和氮沉积。消化试验结果表明,各组饲料消化能浓度依次为 13.53、14.34、14.79、15.26、15.64、16.04MJ/kg;随着饲料消化能浓度的提高,饲料中干物质、氮和粗脂肪消化率都显著或极显著提高($0.01 < P < 0.05$ 、 $P < 0.01$),能量消化率趋于提高($P > 0.05$),氮存留量和存留效率也极显著提高($P < 0.01$)。饲养试验和屠宰试验结果表明,上述各组仔猪 DE 日摄入量依次为 3990、3967、3654、4158、4349、4198KJ/d。DE 日摄入量 4349KJ/d 和 4158KJ/d 组仔猪的综合生产性能优于其他组;胴体瘦肉率 4349KJ/d 组略高于其他组($P > 0.05$);随 DE 摄入量的增加,屠宰率和眼肌面积趋于提高($P > 0.05$)、胴体瘦肉日增重极显著提高($P < 0.01$);背膘厚和胴体脂肪率在饲料 DE 浓度由 13.53MJ/kg 增至 14.79MJ/kg 时趋于提高,继续提高 DE 浓度至 15.64MJ/kg 则趋于降低($P > 0.05$);血清甘油三脂和胆固醇含量随植物油添加量增加而极显著提高($P < 0.01$);血清尿素氮含量和脂肪酶活性各组间差异不显著($P > 0.05$);上述指标中,屠宰率在 DE 日摄入量 4158、4349、4198KJ/d 组间很接近,其他的均以 4349KJ/d 组为佳。根据以上结果认为,4.1 ~ 8.7kg 早期断奶仔猪适宜消化能日摄入量为 4349KJ/d,相应的饲料消化能浓度为 15.64MJ/kg。

关键词 早期断奶仔猪,消化能,需求参数,胴体品质,胴体瘦肉增重,消化率

早期断奶仔猪对饲料能量依赖性很强,由于其采食量较少,自我调节能力较弱,故此,供给适当的饲料,保证其能量的足够供应,是仔猪早期断奶首要考虑的问题。这主要包括两方面,一是供给适合早期断奶仔猪消化吸收的能量饲料,二是饲料中要有适当的能量浓度(Thacker, 1999)。

本试验以玉米-豆粕-乳清粉加血浆蛋白粉、鱼粉、乳糖为基础饲料,研究 4.1 ~ 8.7kg 早期断奶仔猪消化能(DE)的需求参数。

1 材料与方 法

1.1 试验动物与分组

试验选用 14 日龄、体重约 4.1kg 的三元杂交[杜 × (大 × 长)]仔猪 72 头,分为 6 个处理组,每个处理组 2 个重复,每个重复 6 头仔猪(阉公猪和小母猪各半),分别饲喂含消化能浓度不同的饲料。

1.2 试验饲料

试验前测定各种饲料的常规成分和氨基酸含量。采用玉米-豆粕-进口鱼粉-乳清粉-血浆蛋白粉-乳糖-大豆油、椰子油型饲料,根据中国饲料成分及营养价值表(2000)数据配制成一定的消化能梯度的 6 个试验饲料(表 1),各组饲料的其他营养成分一致而且满足仔猪的需要(蒋宗勇等, 1999)。

表 1 试验饲粮组成及其营养成分(%)

饲料名称	各试验组饲粮组成					
	1	2	3	4	5	6
玉米	38.76	42.44	39.96	37.57	35.07	32.58
豆粕	24.50	23.80	24.30	24.70	25.20	25.70
进口鱼粉	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
血浆蛋白粉	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
乳清粉	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00
乳糖	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00
大豆油	0.00	0.00	1.00	2.00	3.00	4.00
椰子油	0.00	0.00	1.00	2.00	3.00	4.00
沸石粉	3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
磷酸氢钙	1.78	1.78	1.78	1.78	1.79	1.79
石粉	0.36	0.37	0.36	0.36	0.35	0.35
蛋氨酸	0.07	0.06	0.07	0.07	0.07	0.07
赖氨酸盐酸盐	0.31	0.32	0.31	0.30	0.30	0.29
L-苏氨酸	0.07	0.08	0.07	0.07	0.07	0.07
小苏打	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
添加剂预混剂 ^A	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
营养成分(%)						
消化能(MJ/kg)	13.53	14.34	14.79	15.26	15.64	16.04
粗蛋白	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00
钙	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90
总磷	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.74
有效磷 ^B	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55
赖氨酸	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45
蛋氨酸 + 胱氨酸	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83
苏氨酸	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98
色氨酸	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29

注:A 通过添加剂预混料向各组试验饲粮中添加(每千克饲粮含量):VA1.3 万 IU;VD₃0.175 万 IU;VE 44mg;VK₃ 3.12mg;VB₁ 2.4mg;VB₂10mg;VB₆ 6.4mg;VB₁₂ 0.032mg;烟酸 32mg;泛酸钙 13.4mg;叶酸 0.64mg;生物素 0.44mg;氯化胆碱 1000mg;Fe165mg;Cu230mg;Zn156mg;Mn66mg;I 0.57mg;Co 0.33mg;Se 0.30mg;以及抗生素、促生长剂、复合酸化剂和调味剂等。

B 为计算值,有效磷数据参照 NRC(1998),其余数据为实测值。

1.3 试验方法

1.3.1 饲养试验

试验猪饲养于封闭、半漏缝地板式猪舍,保温伞保暖,每重复仔猪饲养于一栏,自由采食和饮水,试验开始仔猪给予必要的教饲,其余按常规饲养和免疫规程进行饲养管理。试验至仔猪 35 日龄、体重约 8.7kg 结束。试验开始和结束时仔猪空腹 16h 后于第二天上午称个体重,统计试验期间各重复猪饲粮消耗量,计算平均日增重、采食量、料重比,并根据消化试验实测的各组饲粮消化能含量,计算出各组仔猪的消化能日摄入量。试验结束时,于每重复中随机抽取中等体重的 3 头仔猪,前腔静脉采血约 10ml,制备血清样品,采用美国 Beckman CX-7 Delta 全自动生化分析仪,脲酶法测定血清尿素氮浓度、氧化酶法测定血清甘油三酯浓度、酶终点法测定胆固醇浓度、浊度速率法测定血

清脂肪酶活性(37℃)。试验期间猪舍最高温度平均为 $19.5 \pm 1.1^\circ\text{C}$ 、最低温度平均为 $14.9 \pm 0.8^\circ\text{C}$ 、相对湿度平均为 $85.9\% \pm 1.1\%$, 饲养试验每头仔猪占有面积为 1.64m^2 。

1.3.2 屠宰试验

试验开始时, 从大群试验猪中, 随机抽取接近平均始重的猪 6 头(阉公猪和小母猪各半), 空腹 24h 后屠宰。试验结束时, 每重复中抽取接近平均体重的猪 2 头(阉公猪和小母猪各 1 头, 即每组 4 头), 空腹 24h 后屠宰, 屠宰测定按国标 GB3038-82《种猪档案记录》中方法进行, 测定屠宰率、胴体瘦肉率、胴体脂肪率、眼肌面积、背膘厚、热胴体重, 并计算各组胴体瘦肉日增重。

1.3.3 消化试验

试验采用 36 头 14 日龄、体重约 4.1kg 的三元杂交[杜 × (大 × 长)]阉公仔猪, 按本试验饲养试验相同方法饲养、管理, 使用本试验配制的第 3 组饲料饲喂 13d 为适应期, 至仔猪体重约 7.0kg, 之后分为 6 组、每组用 6 头去势公仔猪、每头仔猪单独饲养于仔猪专用代谢笼, 预试期 5d, 饲喂各组试验饲料, 正试期 4d, 按猪饲料表观消化能测定技术规程(1996)中的直接法进行消化试验, 但同时收集正试期每头猪的粪和尿, 测定各组饲料的能量、干物质、氮、粗脂肪的消化率和各组饲料的消化能、代谢能(ME)值以及氮平衡。

所有数据采用 SAS 软件进行分析。

2 试验结果

2.1 试验饲料的消化能浓度及营养物质消化率和氮平衡

表 2 消化试验和氮平衡试验的结果

	试验饲料组别					
	1	2	3	4	5	6
总能浓度(MJ/kg)	15.25	15.98	16.46	16.83	17.07	17.52
总能摄入(KJ/d)	2999	3037	3401	3030	3301	3679
粪能(KJ/d)	334	304	335	270	277	311
尿能(KJ/d)	49	39	48	49	41	41
氮摄入(g/d)	5.85	5.65	6.15	5.71	5.87	6.78
粪氮(g/d)	0.85	0.74	0.82	0.62	0.67	0.70
尿氮(g/d)	1.43	0.62	0.73	0.52	0.56	0.46
消化能浓度(MJ/kg)	13.53 ± 0.12	14.34 ± 0.15	14.79 ± 0.14	15.26 ± 0.22	15.64 ± 0.11	16.04 ± 0.04
代谢能浓度(MJ/kg)	13.29 ± 0.11	14.12 ± 0.15	14.56 ± 0.16	15.00 ± 0.21	15.42 ± 0.11	15.84 ± 0.08
能量消化率(%)	88.72 ± 0.79	89.72 ± 0.92	89.87 ± 0.83	90.67 ± 1.33	91.57 ± 0.65	91.53 ± 0.22
粗脂肪消化率(%)	78.50 ± 1.23^a	82.01 ± 1.64^d	85.48 ± 1.44^c	86.19 ± 1.26^c	88.02 ± 1.02^{bc}	90.79 ± 0.67^a
氮消化率(%)	85.20 ± 1.33^b	86.54 ± 0.89^b	86.23 ± 1.21^b	88.54 ± 1.70^{ab}	88.58 ± 1.02^a	89.59 ± 0.34^a
干物质消化率(%)	87.58 ± 0.72^c	90.01 ± 0.93^{ac}	89.95 ± 0.89^{ac}	90.58 ± 1.40^{ab}	91.56 ± 0.71^a	91.35 ± 0.30^a
氮存留(g/d)	3.56 ± 0.38^c	4.29 ± 0.38^{bc}	4.60 ± 0.45^{ab}	4.57 ± 0.54^{ab}	4.65 ± 0.29^{ab}	5.61 ± 0.42^a
氮存留效率(%)	61.84 ± 6.59^c	76.31 ± 2.12^a	75.33 ± 2.20^a	79.09 ± 2.23^a	79.50 ± 1.89^a	82.77 ± 0.55^a

注: 横肩字母相间者表示差异极显著($P < 0.01$), 相邻者表示差异显著($0.01 < P < 0.05$), 有相同者表示差异不显著($P > 0.05$)。以下表同。

由表 2 可见, 各试验饲料消化能浓度分别为 13.53、14.34、14.79、15.26、15.64 和 16.04MJ/kg, 代谢能浓度分别为 13.29、14.12、14.56、15.00、15.42、15.84MJ/kg, 各饲料实测的消化能浓度梯度与设计的较接近。随着饲料消化能浓度的提高(饲料添加的植物油水平相应提高), 饲料中能量的消化

率趋于提高($P > 0.05$),至 DE15.64MJ/kg 组最高、16.04MJ/kg 与 15.64MJ/kg 组很接近,饲料中干物质和粗脂肪消化率极显著地提高($P < 0.01$),氮消化率显著提高($0.01 < P < 0.05$),氮存留量和存留效率都极显著提高($P < 0.01$)。其中,粗脂肪消化率 DE16.04MJ/kg 组极显著高于 DE13.53 ~ 15.26MJ/kg 组($P < 0.01$)、与 15.64MJ/kg 组间无显著差异($P > 0.05$),DE14.79 ~ 15.64MJ/kg 3 组间无显著差异($P > 0.05$),但都极显著高于 DE13.53MJ/kg($P < 0.01$)、显著高于 14.34MJ/kg 组($0.01 < P < 0.05$),DE14.34MJ/kg 组显著高于 13.53MJ/kg 组($0.01 < P < 0.05$);氮消化率方面,DE15.64MJ/kg 和 16.04MJ/kg 组显著高于 DE 13.53 ~ 14.79MJ/kg 组($0.01 < P < 0.05$),其他各组差异不显著($P > 0.05$);干物质消化率 DE15.64MJ/kg 和 16.04MJ/kg 组极显著高于 DE13.53MJ/kg 组($P < 0.01$),DE15.26MJ/kg 组显著高于 DE13.53MJ/kg 组($0.01 < P < 0.05$),其他各组差异不显著($P > 0.05$);氮存留量方面,DE16.04MJ/kg 组显著高于 14.34MJ/kg 组($0.01 < P < 0.05$)、极显著高于 13.53MJ/kg 组($P < 0.01$),其他各组差异不显著($P > 0.05$);氮存留效率 DE13.53MJ/kg 组极显著低于其他各组($P < 0.01$),其他各组差异不显著($P > 0.05$)。

2.2 仔猪消化能日摄入量及其对仔猪生产性能和血清生化指标的影响

由表 3 见,当 DE 浓度从 13.53MJ/kg 提高到 14.79MJ/kg 时,仔猪消化能日摄入量减少;当 DE 浓度从 14.79MJ/kg 提高到 15.64MJ/kg 时,仔猪消化能日摄入量增加,在 DE16.04MJ/kg 组又减少,但各组仔猪消化能日摄入量间无显著差异($P > 0.05$),各组仔猪饲料采食量的变化趋势与消化能日摄入的情况很相似。DE 日摄入量 4349KJ/d(15.64MJ/kg)组和 4158KJ/d(15.26MJ/kg)组仔猪的综合生产性能优于其他组。其中,料重比 DE 日摄入量 4349KJ/d 组极显著低于 3967KJ/d 组($P < 0.01$)、显著低于 3990KJ/d 组($0.01 < P < 0.05$),4158KJ/d 组显著低于 3967KJ/d 组($0.01 < P < 0.05$),其他各组差异不显著($P > 0.05$)。

由表 3 可见,除 DE14.79MJ/kg 组外,其他各组血清甘油三脂和胆固醇含量随植物油添加量增加而极显著提高($P < 0.01$),血清尿素氮含量和脂肪酶活性各组间差异都不显著($P > 0.05$)。

表 3 饲料消化能浓度对早期断奶仔猪生产性能和血清生化指标的影响

	饲料消化能浓度(MJ/kg)					
	13.53	14.34	14.79	15.26	15.64	16.04
消化能日摄入量(KJ/d)	3990 ± 45	3967 ± 101	3654 ± 253	4158 ± 127	4349 ± 26	4198 ± 237
平均始重(kg)	4.15 ± 0.01	4.14 ± 0.01	4.14 ± 0.01	4.13 ± 0.01	4.15 ± 0.01	4.14 ± 0.01
采食量(g/d)	295 ± 3	277 ± 7	247 ± 17	272 ± 8	278 ± 2	262 ± 15
平均日增重(g/d)	238 ± 6	219 ± 1	212 ± 20	240 ± 9	252 ± 1	218 ± 21
料重比(F/G)	1.24 ± 0.04 ^{bc}	1.27 ± 0.03 ^c	1.17 ± 0.03 ^{abc}	1.13 ± 0.01 ^{ab}	1.11 ± 0.01 ^a	1.20 ± 0.05 ^{abc}
血清甘油三酯含量(mmol/l)	0.31 ± 0.01 ^{cd}	0.31 ± 0.04 ^{cd}	0.27 ± 0.01 ^d	0.38 ± 0.04 ^{cd}	0.43 ± 0.04 ^c	0.59 ± 0.08 ^a
血清胆固醇含量(mmol/l)	1.67 ± 0.05 ^{de}	1.62 ± 0.05 ^e	1.53 ± 0.05 ^f	1.89 ± 0.09 ^{cd}	1.94 ± 0.05 ^c	2.36 ± 0.15 ^a
血清尿素氮含量(mmol/l)	1.83 ± 0.27	1.35 ± 0.19	1.31 ± 0.13	1.48 ± 0.12	1.52 ± 0.19	1.65 ± 0.12
血清脂肪酶活性(unit/l)	16.7 ± 2.0	16.0 ± 2.0	17.2 ± 3.4	17.2 ± 4.8	15.3 ± 2.0	15.1 ± 2.3

2.3 消化能日摄入量对仔猪胴体瘦肉生长的影响

由表 4 可知,随着仔猪消化能日摄入量的增加,仔猪的屠宰率有提高趋势,在 4158、4349、4198KJ/d 组间很接近,眼肌面积有增大趋势,在 4349KJ/d 组最大,胴体的瘦肉日增重极显著提高($P < 0.01$),DE 日摄入量 4349KJ/d 组胴体的瘦肉日增重显著高于 3967KJ/d 组($P < 0.05$)、极显著高于 3654KJ/d 组($P < 0.01$),其他各组差异不显著($P > 0.05$)。胴体瘦肉率无规律变化,但 4349KJ/d 组

略高于其他组($P > 0.05$);背膘厚和胴体脂肪率在饲料 DE 浓度由 13.53MJ/kg 增至 14.79MJ/kg 时趋于提高,继续提高 DE 浓度至 15.64MJ/kg 则趋于降低。

从以上结果综合看来,对于 4.1~8.7kg 早期断奶仔猪,提高其消化能摄入量有利于其胴体瘦肉生长和改善胴体品质,以 DE 日摄入量 4349KJ/d 综合效果最佳(饲料相应的 DE 浓度为 15.64MJ/kg,每公斤代谢体重 DE 需要量为 1081 KJ/BW^{0.75}·d),但最高 DE 浓度组(DE16.04MJ/kg)不能进一步提高 DE 摄入量,因此也不利于瘦肉生长。

表 4 饲料消化能浓度对早期断奶仔猪胴体品质、瘦肉增重的影响

	饲料消化能浓度(MJ/kg)					
	13.53	14.34	14.79	15.26	15.64	16.04
消化能日摄入量(KJ/d)	3990 ± 45	3967 ± 101	3654 ± 253	4158 ± 127	4349 ± 26	4198 ± 237
屠宰率(%)	59.25 ± 0.43	59.32 ± 0.80	58.59 ± 0.50	60.49 ± 0.07	60.30 ± 1.35	60.26 ± 1.25
背膘厚(cm)	0.684 ± 0.131	0.824 ± 0.134	1.017 ± 0.064	0.700 ± 0.047	0.698 ± 0.031	1.033 ± 0.196
眼肌面积(cm ²)	9.6 ± 0.6	9.5 ± 0.7	8.7 ± 0.1	9.8 ± 1.3	10.9 ± 0.2	9.7 ± 1.0
瘦肉率(%)	62.84 ± 1.32	64.08 ± 0.54	62.11 ± 0.32	64.46 ± 0.42	65.46 ± 1.66	64.47 ± 1.46
脂肪率(%)	6.06 ± 2.60	10.31 ± 0.52	11.48 ± 0.24	9.31 ± 0.92	6.77 ± 0.06	10.17 ± 1.25
后腿比例(%)	32.62 ± 0.89	34.28 ± 0.49	33.39 ± 2.30	32.75 ± 0.01	32.32 ± 0.31	31.67 ± 0.35
胴体瘦肉增重(g/d)	80.7 ± 2.7 ^{abc}	77.0 ± 3.4 ^{bc}	67.4 ± 7.8 ^e	89.9 ± 2.3 ^{abc}	96.7 ± 9.0 ^a	81.0 ± 15.6 ^{abc}

3 讨论和结论

3.1 仔猪消化能需求参数

综合本试验中仔猪生产性能、胴体瘦肉增重、胴体品质以及血清生化指标、营养物质消化率和氮沉积等结果看来,4.1~8.7kg 早期断奶仔猪消化能的需求参数为 4349KJ/d,代谢能则为 4290KJ/d,饲料相应的 DE 浓度为 15.64MJ/kg。

NRC(1998)对仔猪消化能摄入量估测值为 3~5kg 3578KJ/d,5~10kg 7073 KJ/d;NRC(1988)则是 1~5kg 3556KJ/d,5~10kg 6527KJ/d,饲料中消化能浓度都为 14.23MJ/kg。中国(1987)推荐的仔猪消化能需要量为 1~5kg 3350KJ/d,5~10kg 7000KJ/d,饲料相应消化能浓度分别为 16.74MJ/kg 和 15.15MJ/kg。日本(1998)推荐的仔猪消化能需要量为 1~5kg 3600KJ/d,5~10kg 5900KJ/d,饲料相应消化能浓度分别为 16.20MJ/kg 和 15.50MJ/kg。前苏联(1985)推荐的 6kg 断奶仔猪代谢能需要量为 5660KJ/d,6kg 以下仔猪风干饲料代谢能浓度为 15.5MJ/kg。可见本试验得出的仔猪消化能需要量与上述标准有一定差异,这可能与仔猪的生长阶段、饲养方式和饲料类型等方面有关,而饲料中的能量浓度则与中国(1987)1~5kg 和 5~10kg 仔猪推荐量平均值与前苏联(1985)对 6kg 以下仔猪的推荐量接近。

NRC(1987)认为 5~15kg 断奶仔猪消化能摄入量可用公式 $DE(kcal/d) = 455.5BW - 9.46BW^2 - 1531(R^2 = 0.92)$ 计算,按此公式推算本试验仔猪消化能摄入量应为 4171KJ/d,略低于本试验结果。而 NRC(1998)对不足 20kg 仔猪消化能摄入量则采用公式 $DE(kcal/d) = 251BW - 0.99BW^2 - 133$ 来估测,并根据占用空间和温度给予校正,据此推算本试验仔猪消化能摄入量为 5991KJ/d,远高于本试验结果。可见,对于断奶仔猪消化能摄入量的估测,以 NRC(1987)公式可能更适合。

3.2 仔猪饲料消化能浓度、消化能摄入量与采食量及其它生产性能的关系

对本试验结果相关分析表明,消化能摄入量与仔猪日增重呈强的正线性相关(1~5组 $R^2 = 0.84, 0.01 < P < 0.05$)、与胴体瘦肉日增重间也呈强的正线性相关(1~6组 $R^2 = 0.85, P < 0.01, 1~5$