ISBN 7-81066-194-9

SEOUL NATIONAL UNIVERSITY

第 1 版

最新猪营养与饲料

Recent Advances in Swine Nutrition & Feeds

2000

韩仁圭·李德发·朴香淑

CHINA AGRICULTURAL UNIVERSITY

Seoul 大学·中国农业大学

需要全本请访问 www.ertongbook.com

责任编辑: 葛宇洁
封面设计: 郑　川

ISBN 7-81066-194-9
9 787810 661942 >

定价: 44.00 元

最新猪营养与饲料

Recent Advances in Swine Nutrition & Feeds

2000

韩仁圭　李德发　朴香淑

中国农业大学出版社

China

图书在版编目(CIP)数据

最新猪营养与饲料/韩仁丰,李德发,朴香淑编著.
北京:中国农业大学出版社,2000.4
ISBN 7-81066-194-9

Ⅰ.最… Ⅱ.①韩… ②李… ③朴… Ⅲ.①猪-营养(生物)②猪 饲料 Ⅳ.S828.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 18093 号

出版
发行 中国农业大学出版社
经销 新华书店
印刷 涿州市星河印刷厂
版次 2000 年 4 月第 1 版
印次 2000 年 4 月第 1 次印刷
开本 16 27.5 印张 765 千字
规格 889×1194
印数 1~2050 册
定价 44.00 元(平) 64.00 元(精)

China

前　言



本人将完成40年的教授生涯，此即为提高消费者膳食结构和健康水平，尤其为推广清净猪肉生产及饲料加工技术的开发，特此出版“最新猪营养与饲料”一书，甚感荣幸。本书是猪营养与饲料加工方面最新专业书籍，具有以下三个方面特点。第一，在本研究领域有一定造诣的Seoul大学动物营养研究出身35名优秀学者共同合作编写了这本书。第二，本书在亚洲各国史无前例，表现出我们在本领域中的领先优势。第三，本书编译成中文，将为中国的养猪业及民族饲料工业的发展做出极大的贡献。

过去三年时间里，在百忙中收集、整理及撰写本书而热忱工作的各位在此表示由衷的感谢。

本书与过去的类似书籍相比有以下创新之处。第一篇，猪的生理及行为特 性，主要包括猪的消化生理、生长生理、食欲及采食行为等内容；第二篇，以1998年出版的NRC饲养标准为主，详细说明了仔猪、生长猪、肥育猪及种猪各营养物质需要量；第三篇，饲料原料及其质量；主要内容包括糠麸类饲料，同时介绍了回肠消化率概念及其测定方法，还介绍了饲料配方的制作技术；第四篇，猪饲料的加工技术，主要介绍了不同加工工艺对饲料营养价值的影响；第五篇，清洁优质猪肉生产技术，介绍了隔离早期断奶仔猪的生长模型、低公害饲料生产、安全猪肉生产及生理活性物质对优质肉生产方面应用等；第六篇，母猪营养，介绍了妊娠母猪及泌乳母猪营养特性，介绍了各营养物质需求，说明了最新母猪营养研究方面及其方法。但是，由于最新研究结果更新太快，有些地方错漏之处在所难免，不当之处，恳请各位同仁批评指正。

本书能成功出版应归功于在过去三年时间猪营养领域中辛勤工作的国内外同仁即本研究室毕业生，如高太久、权宽、金成佑、金裕龙、金仁培、全志勋、金珍东、南斗锡、文洪吉、闵太善、朴秉哲、朴香淑、裴克恒、孙光守、申昊容、安国焕、梁锺硕、梁昌范、杨哲株、吴相棹、君哲禧、李基雄、李知薰、李真熙、李灿镐、郑元德、郑日丙、郑钰静、赵诚白、赵元铎、朱光锡、蔡秉祚、韩仁圭、许基男、玄英等。在此表示衷心的感谢！尤其感谢在本书的编译审定工作中付出很大辛劳的李德发教授及朴香淑博士，另外还感谢龚丽敏、代建国、张德福等同志。最后，为本书的出版而赞助的（株）EKInternational李灿镐社长及负责出版任务的新光综合印刷社金仁镐社长表示衷心的感谢。借这个千载难逢的世纪之交，祝大家健康幸福。谢谢！

著者 韩仁圭 李德发 朴香淑

2000年2月29日

China 需要全本请访问 www.ertongbook.com

题 献 词





光阴似箭，我们尊敬的韩仁圭教授将完成他40多年的教授生涯，并将荣誉退休。在教学和科研方面始终呕心沥血忘我工作的韩仁圭教授即将要离开讲台，我们感到无比惋惜，同时也由衷地表示祝福。称作"牧云"的韩仁圭教授，1934年10月12日出生于韩国庆北道成州山区，曾毕业于成州农高、Seoul大学农学院（学士及硕士）、美国Utah州立大学和Cornell大学（博士），自那以后一直在Seoul大学农学院从事教育工作，终生为农村及农业研究做出了很大贡献。40多年来，在Seoul大学任教期间，曾担任过动科院院长、农大图书馆馆长、大学附属牧场场长、农大中心实验所（NICEM）所长、农大教育研究财团理事长、菊谭畜产学教育研究财团理事长、农大校长等职，为动科院和农大的发展做出了卓越的贡献，韩教授把农大更名为农业生命科学大学，建议农大转移至冠岳山大学本部，创立了农大教育研究财团，并作为IBRD次官引进1 500万美元购入了先进教学研究设备，为农大发展做出了巨大的贡献。韩教授又自费拿出1亿韩元设立了"常绿农业生命大学研究大奖"，每年为优秀学者发奖并加以鼓励。

"牧云"韩仁圭教授直到退休那一天从没有休过课，对教学工作严谨认真。在艰难的环境和"Publish or Perish"理念之下，热衷于研究工作。他已亲手培养了15名留学生、150多名硕士、博士生，并与众多的研究生同甘共苦，发表了777篇研究论文（摘要182篇，国内学术杂志456篇，国外学术杂志100篇，研究报告30篇等）。另外又独著或与他人共著发行了66卷书籍，留下奇迹般的业绩。

韩教授热心参加各种义务性慈善活动和国外学术活动。60年代已开始负责国内外许多学会工作，并创刊许多学术杂志；70年代曾担任过韩国畜产学会会长、韩国营养学会会长；80年代连任了韩国营养饲料学会第一代会长，在亚太地区创立了亚太畜牧学会，并连任三回会长；90年代担任世界畜产学会主席，并于1998年在韩国成功地举办了第八届世界畜牧大会。韩教授始终"以人为本"，在亚太地区畜牧大会和世界畜牧大会期间为优秀畜牧学者授予"韩仁圭教授学术奖"。另外，于1988年创刊了亚太畜牧杂志（AJAS）、此AJAS杂志是亚太地区唯一的畜牧学科SCI学术杂志，为韩国及亚洲畜牧学者做出了巨大贡献。韩仁圭教授长期从事动物营养与饲料科学研究，是世界著名的动物营养学家。

韩仁圭教授又从事很多活跃的国际性学术活动，至今参加了103次国际学术会议或国际大会，但是作为基督教徒，从来未去关岛等圣地观光旅游，始终忘我工作。日本有位教授说，韩仁圭教授是位百年不遇的韩国籍世界著名学者。

"牧云"韩教授在退休之际，拿出自己所有家产创立了"牧云学术文化财团"，为鼓励和支持国内外优秀畜牧工作者做出贡献。在迎接韩教授退休之即我们将出版韩文版和中文版此书，作为我们对韩教授的献礼。我们为此而感到自豪。祝韩仁圭教授健康，寿比南山，万事如意！

牧云韩仁圭教授 荣誉退休纪念活动 准备委员会 委员长

白仁基，何鍾圭 拜上

2000年4月21日

China

执笔人

（韩文笔顺）

姓　名	所　属	姓　名	所　属
高太久	Seoul 大学校 动物资源科学科	杨哲株	顺天大学校 动物资源科学科
权　宽	莲岩畜产园艺大学	吴相楔	江原大学校 饲料生产工学科
全成佑	Illinois 大学校 畜产学科	尹哲禧	美国农务省试验场
全龙求	(株)第一制糖	李基雄	(株)天下第一饲料
全裕龙	Ohio 州立大学校	李德发	中国农业大学
全仁培	North Carolina 州立大学校	李知薰	Seoul 大学校 动物资源科学科
全志勋	(株)Agribrands Purina Korea	李真熙	釜庆养豚畜协 养豚研究所
全珍东	Seoul 大学校 动物资源科学科	李灿镐	(株)E. K. International
南斗锡	(株)新东邦饲料	郑元德	(株)天下第一饲料
文洪吉	畜产技术研究所	郑日丙	畜产技术研究所
闵太善	韩国科学财团	郑铉静	Seoul 大学校 动物资源科学科
朴秉哲	Columbia 大学校	赵诚白	畜产技术研究所
朴香淑	中国农业大学	赵元铎	Seoul 大学校 动物资源科学科
裴克桓	(株)先进	朱光锡	(株)先进
孙光守	(株)Agribrands Purina Korea	蔡秉祚	江原大学校 动物资源科学科
申昊容	North Carolina 大学校	韩仁圭	Seoul 大学校 动物资源科学科
安国焕	(株)宇星饲料	许基男	North Carolina 州立大学校
梁锺硕	(株)Doduram 饲料	玄　英	Illinois 大学校 畜产学科
梁昌范	畜产技术研究所		

China

目　录

第一篇　猪的消化生理及行为特性

第 1 章　猪的消化生理 …… (1)

1.1　消化器官的构造、发育及其消化功能 …… (1)
1.2　消化酶 …… (6)
1.3　消化器官内的微生物 …… (10)
1.4　肠内免疫反应 …… (13)
1.5　消化、吸收能力的发育 …… (15)

第 2 章　猪的生长生理 …… (24)

2.1　激素对生长的影响 …… (25)
2.2　体组成 …… (26)
2.3　生长曲线 …… (27)
2.4　蛋白质及脂肪的生长 …… (29)
2.5　初期生长的特性 …… (34)
2.6　负的脂肪生长导致体重损失 …… (35)
2.7　负的蛋白质生长及补偿生长引起的体重损失和恢复 …… (38)
2.8　饲料和生长曲线 …… (38)

第 3 章　猪的食欲和采食行为 …… (42)

3.1　采食的调节 …… (43)
3.2　饲料原料对猪食欲的影响 …… (43)
3.3　自发性的采食行为 …… (45)

第二篇　猪的营养需要

第 4 章　仔猪的营养需要 …… (55)

4.1　能量需要 …… (55)
4.2　蛋白质和氨基酸需要 …… (56)
4.3　维生素需要 …… (58)
4.4　矿物质需要 …… (58)

第 5 章　生长肥育猪的营养需要 …… (66)

5.1　能量需要 …… (66)
5.2　蛋白质和氨基酸需要 …… (67)
5.3　脂肪及必需脂肪酸的需要 …… (71)
5.4　维生素需要 …… (71)
5.5　矿物质需要 …… (76)

第 6 章　繁殖母猪的营养需要 …… (85)

6.1　后备母猪的营养需要 …… (85)
6.2　妊娠母猪的营养需要 …… (86)
6.3　泌乳母猪的营养需要 …… (89)
6.4　繁殖母猪的矿物质需要 …… (92)
6.5　繁殖母猪的维生素需要 …… (96)

China

第三篇　饲料原料及其质量评估

第 7 章　谷实类及糠麸类饲料 …… (101)

7.1　玉米 …… (102)
7.2　小麦 …… (104)
7.3　高粱 …… (105)
7.4　胡麦 …… (106)
7.5　大麦 …… (108)
7.6　燕麦 …… (110)
7.7　小麦麸及其它制粉副产物 …… (114)
7.8　米糠 …… (114)
7.9　其它谷物副产物 …… (114)

第 8 章　植物性蛋白质饲料 …… (118)

8.1　大豆粕 …… (118)
8.2　分离大豆蛋白和精制大豆蛋白 …… (118)
8.3　棉籽粕 …… (120)
8.4　菜籽粕和双低菜籽粕 …… (125)
8.5　羽扇豆 …… (127)
8.6　葵花粕 …… (130)
8.7　其他饼粕类 …… (130)
8.8　玉米面筋 …… (132)
8.9　小麦面筋 …… (132)
8.10　浓缩土豆蛋白 …… (132)
8.11　中国产饼粕类 …… (132)

第 9 章　动物性蛋白质饲料 …… (138)

9.1　鱼粉 …… (138)
9.2　血粉 …… (139)
9.3　喷雾干燥血浆蛋白 …… (139)
9.4　肉粉和肉骨粉 …… (142)
9.5　脱脂奶粉 …… (142)
9.6　乳清 …… (144)
9.7　奶酪副产物 …… (145)
9.8　其它动物性蛋白质 …… (145)

第 10 章　油脂饲料 …… (147)

10.1　玉米油 …… (148)
10.2　豆油 …… (148)
10.3　棉籽油 …… (148)
10.4　动物性脂肪 …… (148)

第 11 章　补充饲料 …… (150)

11.1　矿物质饲料 …… (150)
11.2　抗生素 …… (152)
11.3　益生素 …… (161)
11.4　酶 …… (163)
11.5　生长激素 …… (165)
11.6　β-兴奋剂 …… (166)
11.7　甲基吡啶铬 …… (168)
11.8　甜菜碱 …… (172)
11.9　肉碱 …… (173)
11.10　有机酸 …… (176)
11.11　寡糖 …… (179)
11.12　β-葡聚糖 …… (184)
11.13　丝兰提取物 …… (185)
11.14　谷聚糖 …… (186)
11.15　沸石 …… (188)

第 12 章　回肠消化率的测定方法 …… (208)

12.1　回肠消化率的测定方法 …… (208)
12.2　测定方法的比较 …… (213)

China

第 13 章　配合饲料的配制及自配技术 …… (217)

13.1　饲料配方的制定 …… (217)　13.3　自配饲料的电脑程序 …… (227)
13.2　猪饲料的自配技术 …… (222)

第四篇　猪饲料的制作及加工技术

第 14 章　饲料加工及效果 …… (232)

14.1　粒度调节及效果…… (232)　14.5　膨胀制粒加工及其效果…… (282)
14.2　饲料的混合及效果…… (248)　14.6　膨化及其效果…… (287)
14.3　热处理加工的一般效果…… (256)　14.7　干热加工及其饲喂效果…… (298)
14.4　颗粒饲料的加工及其效果…… (273)　14.8　湿喂法…… (300)

第 15 章　饲料的配制和质量管理 …… (319)

15.1　质量管理概念…… (319)　15.4　不完全混合及均一性…… (324)
15.2　质量管理的重要性…… (320)　15.5　配合饲料的交叉污染及预防…… (326)
15.3　品质管理过程…… (321)　15.6　HACCP 概念及其应用 …… (328)

第五篇　清净高级猪肉生产技术

第 16 章　早期隔离断奶 …… (332)

16.1　清洁仔猪生产技术…… (332)　16.3　早期断奶仔猪液体饲料的应用…… (342)
16.2　早期隔离断奶的概念及其使用
　　效果…… (333)

第 17 章　猪的生长模型 …… (356)

17.1　有实用价值的生长模型开发…… (356)　17.5　各生长阶段采食量的评估…… (362)
17.2　生长模型的输入资料…… (357)　17.6　猪生长模型的实际应用…… (363)
17.3　猪生产潜力的评估…… (357)　17.7　AVSPIG 模型在农场管理中的
17.4　生长模型中营养素利用的基本　　应用…… (364)
　　原理…… (358)

第 18 章　低公害饲料生产技术 …… (374)

18.1　利用合成氨基酸开发低公害饲料　　18.3　阶段式饲养…… (380)
　　…… (374)　18.4　开发低公害饲料的战略方针…… (383)
18.2　利用酶制剂开发低公害饲料…… (376)

第 19 章　安全猪肉生产 …… (388)

19.1　生物机体异物的允许范围…… (388)　19.2　药残问题的解决方案…… (390)

China

第 20 章　利用生理活性物质生产高品质猪肉 …… (394)

20.1　生长激素…… (394)
20.2　β-兴奋剂 …… (394)
20.3　甲基吡啶铬…… (395)
20.4　甜菜碱…… (404)
20.5　肉毒碱…… (404)

第六篇　母猪的营养

第 21 章　妊娠母猪的营养 …… (408)

21.1　妊娠前饲养…… (409)
21.2　妊娠前期…… (409)
21.3　妊娠中期…… (409)
21.4　妊娠后期…… (410)

第 22 章　哺乳母猪的营养 …… (414)

22.1　母猪的体重变化…… (416)
22.2　乳腺发育…… (416)
22.3　乳生产…… (416)
22.4　断奶体重…… (418)

第 23 章　最新母猪营养研究 …… (421)

23.1　母猪产奶量的测定方法…… (421)
23.2　有机铬…… (422)
23.3　可消化粗纤维…… (422)

China　需要全本请访问 www.ertongbook.com

第一篇　猪的消化生理及行为特性

第一章　猪的消化生理

1.1　消化器官的构造、发育及其消化功能

消化器官系指由口腔连接到肛门的一系列管状系统。具有摄取、粉碎、消化、吸收营养物质，且把未吸收的固形物排除体外的功能(Frandson，1986)。消化器官壁从里往外由粘膜层、固有层、(lumuna propria)、肌层及浆膜层构成(Frandson，1986)。猪消化器官的发育过程如同其它组织器官一样，可受遗传基因、固有的生物学特性、内分泌调节及环境变化等各种因素的影响。

营养物质的消化和吸收主要是在胃、小肠、胰及肝脏中进行，其消化吸收可因消化系统的容量、酶的分泌能力、小肠粘膜的吸收能力不同而有所差异。饲料进入消化道后，必须通过物理的、化学的、微生物的消化，使它转变为结构简单的可溶性物质，如氨基酸、甘油、脂肪酸、葡萄糖等，便于被消化管吸收后供机体利用。

1.1.1　消化器官的结构及消化作用

每个消化器官都具有各自的酶系及消化能力，其特性如下：

1)口腔

口腔消化由摄取食物开始。食物进入口腔后，经过咀嚼，降低其颗粒大小并混入唾液淀粉酶，然后吞咽。唾液淀粉酶的活性具可变性，初生后三周，单位体重唾液腺的分泌能力快速生长。三周龄后，α-淀粉酶的分泌量日趋减少，而唾液腺与体重等速增长(Kidder 和 Manners，1978)。因食物在口腔中的时间很短，故淀粉酶的消化几乎不能进行。

2)胃

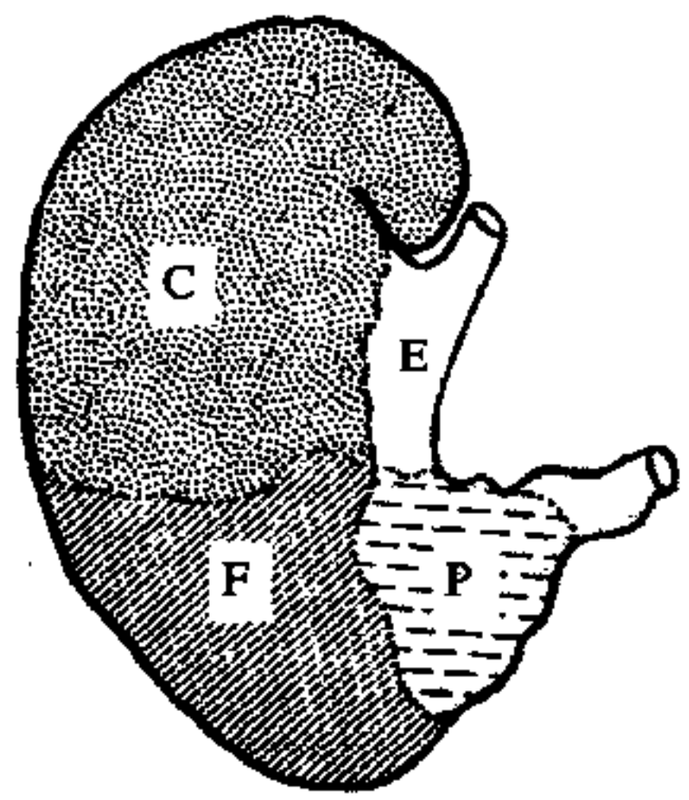
已成熟的猪其胃的容积有 8 升左右，食物进到胃里可进行物理、化学消化和贮备过程。胃可分为贲门部、胃底部和幽门部。细分为四个区：①食道部②贲门部③消化腺④幽门部位于小肠前端，可分泌粘液(Mcdonald 等，1995)(见图 1.1)。

初生后三日龄时，仔猪的胃重随单位体重及日龄而增加。生后 4～36 日龄时，胃重并不随体重的增加而改变，当 36 日龄时，单位体重所占胃重小于初生时(Xu 等，1992)，仔猪断奶后胃重增加(Chen 等，1992)。用 28 日龄断奶仔猪调查了 15 天的胃重变化，发现胃重占单位体重的6～9.9/kg，比断奶时增加 60%。同时断奶后胃粘膜占单位体重的大小显著增加(Linderman 等，1986)。

Wondra 等(1995)发现，肥育期猪饲料粒度与胃溃疡有密切关系。当颗粒度由 1 000 μm 减少到 400 μm时，其胃溃疡发病率增加。

胃液是胃粘膜各腺体分泌的混合液，包括盐酸、水、无机盐(Na^+，K^+，Cl^-)等物质。

China



C: cardiac region, E: esophageal region, F: fundic region, P: pyloric region

Figure 1.1 Stomach regions of pig (Frandson, 1986)

胃主要进行蛋白质的分解作用。胃壁细胞分泌盐酸,使胃内 pH 维持在 2.0 以下水平,促使非活性的胃蛋白酶原激活成胃蛋白酶,提供胃蛋白酶所需要的酸性环境。猪胃中所发现的胃蛋白酶主要在 pH 值 2.0 或 3.5 的酸性环境中表现最佳活性。

胃蛋白酶由主细胞产生,在胃蛋白酶的作用下,激活和分解蛋白质的适宜 PH 值为 2.0,可因底物而有所差异。在胃蛋白酶的作用下,蛋白质被分解成胨和胨而利用。哺乳仔猪在胃中可进行凝乳反应。凝乳酶先将酪蛋白原转变成酪蛋白质,增加胃液对乳汁的消化(McDonald 等, 1995)。

3)小肠

小肠占胃肠管的 1/3 容积,食物的消化及吸收主要在此进行(Moran, 1982; Mcdonald 等, 1995)。小肠占单位体重的长度变化很大,初生当日 2.1～2.9 m/kg 体重,21 日龄时为 0.9 m/kg 体重。到成熟期总长可达 16～21 m(Cera 等,1988; Tarvid 等, 1984a; Nickel 等,1973)(见表 1.1)。小肠可分为十二指肠、空肠及回肠(Frandson, 1986), 所占比率分别为 4%～4.5%,88%～91%及 4%～5%(Nickel 等, 1973)。

十二指肠为小肠的开端,由胃的幽门尾部至骨盆入口连结处的管组成,且与胰腺及肝管连接。空肠和回肠也同样没有明显的界线。回肠由小肠末端部连接至大肠(Frandson, 1986)。

小肠的粘膜由外往里可分粘膜肌层、肠感受部及肠粘膜。肠感受部与上皮细胞共同进行血管、淋巴管及中间物作用。而肠粘膜是与肠内微生物直接接触的部分。肠粘膜表面有无数突起物—绒毛(长度约 300～500 μm),因而极大地增加了营养物质的吸收面积。每一条绒毛的外周为一层柱状上皮细胞,这种上皮细胞具有特殊的吸收能力。在上皮细胞的肠腔边缘排列着数百条的微绒毛,更使吸收面积增加了数百倍。微绒毛被糖蛋白质覆盖,这两种物质的结合状态称刷纹缘(上皮细胞)膜(Brush border membrane)。这里含有可水解碳水化合物和蛋白质的各种酶,其表面又有很多运输蛋白。绒毛的基底部有管状隐窝(Mosenthin, 1998)。

猪的小肠一生可发生两次形态学、组织学的变化,其一为初生,其次是断奶。仔猪从胚胎开始通过细胞的增殖分裂、生长及组织变化过程,促进上皮细胞分裂、成熟及其功能的分化,但其在结构和功能尚不健全的状态下出生(Menard, 1989)。

China

Table 1.1 The relationship between the weight of the stomach, small intestine and pancreas, the length of the small intestine and bodyweight

Sources	0 day	1～3 days	7 days	14 days	21 days	28 days	35～42 days	100 days	142 days
Stomach (g/kg BW)									
Xu (1989)*	4.9	5.2	5.3	4.6	4.2	4.5	4.0	-	-
Sangild (1990)*	4.9	-	5.3	4.6	4.2	4.5	3.8	-	-
Pekas and Wray (1991)**	-	-	-	-	-	-	-	7.38	5.27
Xu et al. (1992b)*	4.3	5.2	-	-	-	-	-	-	-
Small intestine (g/kg BW)									
Cera et al. (1988)*	-	34	32	-	30	36	41	-	-
Pekas and Wray (1991)**	-	-	-	-	-	-	-	24.69	13.65
Puchal and Buddington (1992)*	35	44	-	53	-	-	-	-	-
Xu et al. (1992a)*	27	41	-	-	-	-	-	-	-
Tarvid et al. (1994b)*	29	34	31	-	27	-	26	-	-
Pancreas (g/kg BW)									
Cera et al. (1990)*	-	1.7	1.6	-	1.5	-	1.4	-	-
Pekas and Wray (1991)**	-	-	-	-	-	-	-	1.85	1.17
Tarvid et al. (1994a)	1.0	1.5	1.5	-	1.2	-	1.0	-	-
Small intestine (m/kg BW)									
Pekas and Wray (1991)**	-	-	-	-	-	-	-	0.39	0.32
Puchal and Buddington (1992)	2.3	2.9	-	1.8	-	-	-	-	-
Xu et al. (1992a)	2.6	2.9	-	-	-	-	-	-	-
Tarvid et al. (1994b)	3.2	2.1	1.4	-	0.9	-	0.8	-	-

* Pigs were not given creep feed.

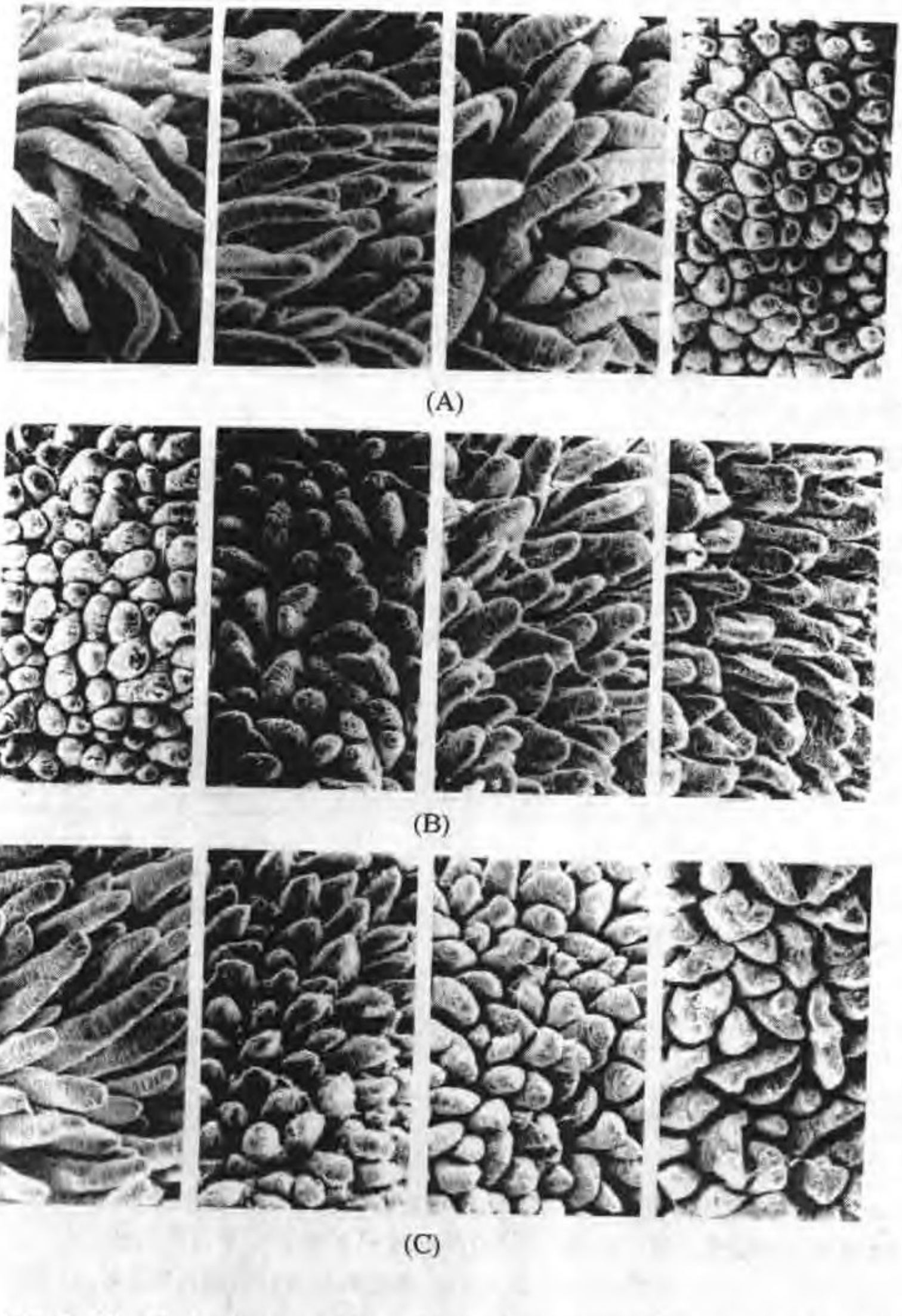
(Cranwell, 1995; Han, 1999)

** This value is expressed as "g/kg EBW (empty body weight)".

Mosenthin(1988)指出，初生至断奶前仔猪主要从母乳中吸收各种营养活性物质及免疫蛋白等，发生形态学和组织学的变化。据 Cera 等(1988)报道，2 日龄哺乳仔猪空肠内绒毛长度比 2 日龄以后的高而薄，2～10 日龄及 21～35 日龄时，空肠绒毛的长度比其以前日龄短而粗。Kelly 等(1991a)也发现，空肠及回肠部的绒毛长度随日龄的增加而变短。

断奶可使小肠发生形态学的变化。断奶后，仔猪必须很快适应由流质母乳转变为干粉固体饲料这一过程。这对乳猪来讲是一个很大的应激。断奶也带来了小肠形态及组织学变化，使肠绒毛长度变短且隐窝变深(Cera 等，1988；Kelly 等，1991a，b；Pluske 等，1996a，b)。Cera 等(1988)对初生至 49 日龄猪的小肠(空肠)形态的变化做了调查，发现断奶前为指状的肠绒毛，因断奶而变短且密集柔软。该现象可持续到离乳后 7 天左右，当断奶后 14 日龄时，绒毛重新变长，但并不像断奶前那样细而薄。直至断奶后 28 日龄时，绒毛还不能恢复到断奶以前的形态，而且没能变厚(见图 1.2)。

China



(A)

(B)

(C)

(A) Left to right 2, 10, 21 d of age suckling; 24 d of age (weaned at 21 d). (B) Left to right 28, 35, 42 and 49 d of age (weaned at 21 d). (C) Left to right 28, 35 d of age suckling; 38, 42 d of age (weaned at 35 d)

Figure 1.2 Scanning electron micrograph (×60) at 50% of small intestine length (jejunum) in swine showing villi length and morphology (Cera et al., 1988)

小肠的形态变化与断奶日龄也有关系。据 Smith(1984)报道,2 周龄断奶仔猪的绒毛比以后断奶仔猪的绒毛短且隐窝深。Cera 等(1988)也发现,3 周龄断奶仔猪的绒毛比 5 周龄断奶仔猪的绒毛长度短,这说明断奶日龄愈小,细胞再生率越低(Moon 等,1971),断奶时绒毛长度愈短(Mosenthin, 1998)。

据 Hampson 和 Kidder(1986)、Miller 等(1986)及 Kelly 等(1996b, c)报道,断奶后小肠的形态变化主要与酶功能有关。即断奶使肠绒毛受损或长度变短,隐窝细胞数增加,导致微绒毛酶的效价变低。Kelly等(1991a)指出,随日龄的增加,乳糖酶活性降低,且断奶可抑制此现象。断奶时所提供的饲料形态及采食也影响小肠形态的变化。

据 Pluske 等(1996c)报道,给断奶仔猪饲喂液体饲料组比饲喂固体饲料或高能量饲料组,其小肠绒毛的长度要短,其原因是采食量减少所致。断奶后饲料不仅带来肠内形态学、组织学的变化,同时也影响小肠的正常生理现象。Mosenthin(1998)对其原因说明如下:

①断奶中止了母乳内生理活性物质的提供

②断奶饲料含抗营养因子

③饲料内纤维素

④饲料采食量

(1)生理活性物质的提供

初乳和母乳中均含有生长因子或激素及一些乳蛋白的分解产物,如 L-谷氨酰胺、多胺、表皮生长因子、胰岛素、类胰岛素生长因子等大量生理活性物质(可激活底物,促使小肠机能发育、细胞生长、分裂及肠代谢的调节)。

(2)断奶日粮内抗营养因子

断奶饲料中有以下几种抗营养因子。第一,饲料抗原(过敏反应),如大豆蛋白;第二,豆类及豌豆等豆科植物和谷物中的化学物质,如丹宁酸(tannin);第三,外源凝集素(lectin)。这些物质通过饲料被仔猪摄取后,对仔猪的消化及生理机能有不利影响。

(3)饲料内纤维素

饲料内纤维素可提高胃液、胆汁及胰液的分泌率,机械地吞食粘膜外表,增加内源物质的损失,减少氨基酸及矿物质的吸收率,尤其可改变小肠形态,对绒毛形态、长度及数量、粘膜细胞的分化及吸收有不利的影响。如断奶前给猪饲喂纤维素,可使空肠和回肠绒毛长度减少 15%(Jin, 1992),增加肠粘膜细胞的再生率。

(4)饲料采食量

断奶后,仔猪因不能充分摄取维持生命所需的能量而导致粘膜萎缩现象。但是,断奶以后持续饲喂饲料,则可刺激粘膜生长和机能发育,促进消化吸收能力,提高生长速度。

4)大肠

大肠由盲肠、结肠及直肠组成(Frandson, 1986)。大肠的主要功能是吸收水分、电解质和小肠来不及吸收的物质,并把代谢物排出体外,给细菌的繁殖创造适宜的环境(Mosenthin, 1998)。在一般的植物性饲料条件下,猪大肠的消化过程与草食动物相似,即微生物的消化作用占主要的位置。在大肠中,纤维素及半纤维素可被 Lactobacilli, streptococci, coliforms, bacteroides, clostridia 及酵母等微生物分解。

猪大肠内的细菌能分解蛋白质,多种氨基酸及尿素,产生氨、胺类及有机酸。也能合成 B 族维生素,供猪体吸收利用。此外,猪大肠中的细菌还能合成高分子脂肪酸。猪进食通过大肠 (20～40 h) 的时间比通过胃和小肠 (2～16 h) 的时间长 (Low, 1993)。因食物在猪大肠内停留的很长,有利于大量微生物的生长。

China

1.2 消化酶

1.2.1 胃消化酶

胃液中主要分泌的四种消化酶有蛋白分解酶(见表 1.2)及脂肪分解酶。胃蛋白酶主要有胃蛋白酶 A(pepsin A),胃蛋白酶 B(pepsin B),胃亚蛋白酶(gastricsin)及凝乳酶(chymosin)。

Table 1.2 Characteristics of porcine gastric proteases

Name	Other names	Optimum pH for GPA	Relative GPA at pH 2.0*	Relative MCA	
				Bovine milk*	Porcine milk
Pepsin A	Pepsin Pepsin Ⅱ	2.0	100	100	High
Pepsin B	Parapepsin Ⅰ	3.0	1	10	-
Gastricsin	Pepsin C Pepsin Ⅰ Parapepsin Ⅱ	2.0～3.5	70	100	-
Chymosin	Rennin Rennet	3.0～4.0	1	100	Very high

GPA: general proteolytic activity; MCA: milk clotting activity. (Cranwell, 1995)
* Approximate values.

胃蛋白酶由主细胞产生。Ma 等 (1993a) 报道，胃蛋白酶的分泌可被 histalog 和 pentagastrin 所调节。Holst 等 (1994) 指出，断奶仔猪的胃蛋白酶分泌可受 GRP (gastric releasing peptides) 的影响。

基底部凝乳酶原浓度出生后头一周减少,3～4 周以前可维持高浓度,3～4 周以后又急剧减少,而到 8～9 周几乎不分泌(Cranwell, 1995)。基底部胃蛋白酶原 A 的浓度出生后头一周微量,3 周龄以前逐渐增加,3 周龄以后急剧增加,而到 4～5 周龄以后,酶原(zymogen)含量最多(Sangild 等, 1991b, 1994; Turvey 等, 1992, 1994; Singild, 1993)。基底部胃蛋白酶原 B 的浓度出生前微量存在,出生后一周龄以内逐渐增加,3～5 周龄时含量最高,以后可维持此浓度不变(见图 1.3)。

胃内含有微量的胃脂肪酶,其在仔猪的分泌位置尚不清楚,但 30～40 kg 以上的猪分泌位置为贲门部(Moreau 等,1988; Armand 等 1992)。Newport 和 Howarth (1985)及 Chiang 等(1989)指出,16 日龄仔猪,25%～50%饲料内脂肪可在胃内被消化。但是胃内所有脂肪分解酶与胰酶相比只有 3%效价(Newport 和 Howarth,1985)。断奶前胃内脂肪酶含量随体重而增加,但断奶后可维持一定水平不变(Jensen,1997)。

1.2.2 胰酶

胰腺是具有内外分泌的腺体。它的外分泌部分由腺泡和导管系统组成，产生的分泌物为胰液。胰酶的分泌受迷走神经和内分泌(促胰液素及 CCK)调节。促胰液素在十二指肠及酸性条件下空肠上段的 S-细胞分泌(Go 等,1993)。Vagal (GRP)和 CCK (cholecystokinin)可调节胰腺腺泡细胞分泌的消化酶活性(Holst 和 Schmidt, 1994; Knuhtsen 等, 1987a, b)。小肠中的脂肪酸、氨基酸、蛋白胨(Pepton)及酸性条件促进了腺泡分泌消化酶(Hong 和 Magee, 1970; Harada 等,1988)。另外，断奶前

China 需要全本请访问 www.ertongbook.com