

断奶仔猪营养与饲养 管理新技术

◎ M.A. Varley和J. Wiseman 主编

◎ 张宏福 唐湘方/主译



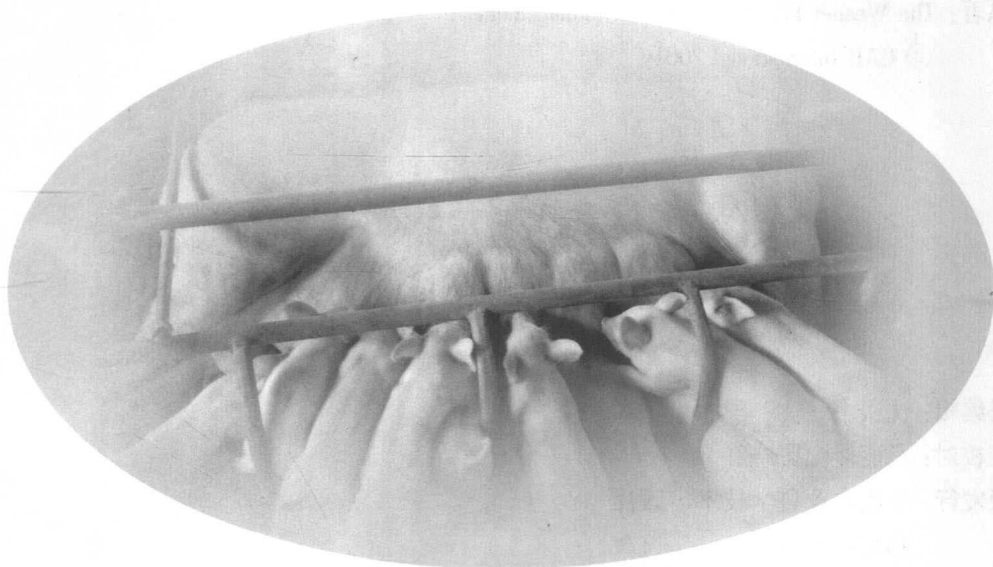
中国农业科学技术出版社



断奶仔猪营养与饲养 管理新技术

◎ M.A. Varley和J. Wiseman 主编

◎ 张宏福 唐湘方/主译



中国农业科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

断奶仔猪营养与饲养管理新技术/(英)瓦利吉(Varley, M. A.), (英)怀斯曼(Wiseman, J.)
主编;张宏福,唐湘方主译. - 北京:中国农业科学技术出版社,2006.2
ISBN 7-80167-920-2

I. 断…

II. ①瓦… ②怀… ③张… ④唐…

III. 仔猪—饲养管理

IV. S828

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 008900 号

本中文版由 CAB International 授权翻译出版。

原著: The Weaner Pig: Nutrition and Management

© CAB International 2001

责任编辑: 沈银书

责任校对: 马丽萍 贾晓红

出版发行: 中国农业科学技术出版社

邮编: 100081

电话: (010)62121118; 68975144

传真: 62189014

经 销: 新华书店北京发行所

印 刷: 北京科信印刷厂

开 本: 787mm × 1 092mm 1/16

印张: 19.50

印 数: 1 ~ 1 000 册

字数: 420 千字

版 次: 2006 年 2 月第 1 版

2006 年 2 月第 1 次印刷

定 价: 86.00 元

断奶仔猪营养与饲养管理新技术

编译委员会

主 任:

时建忠 吴福华 喻 麟

主 译:

张宏福 唐湘方

主 校:

杨红建 孙 哲

译校人员:

张宏福	唐湘方	杨红建	卢庆萍	孙 哲
顾宪红	谢春元	王润平	王恩玲	赵江涛
王启军	喻兵权	蒋小红	付生慧	仲 明
赵 敏	李 珂	秦圣涛	刘华伟	曾福海
董亚维	艾 琴	曹文斌	杨红军	邓胜齐

译者的话

仔猪饲养是养猪业生产中的关键环节,其中如何解决好断奶应激综合征又是重中之重,它涉及饲料营养、饲养管理、疾病控制等诸多关键点。进入新世纪以来,据整体测算,我国仔猪的育成率不到70%,养猪业生产面临的重大挑战是如何提高仔猪的成活率和最终提高每头繁殖母猪年出栏生猪的头数。

我国自改革开放以来,动物营养学界乃至畜牧业界对仔猪的营养和饲养研究甚为重视。据不完全统计,参与该领域工作的研究院所、大专院校不下百家,同时催生了一批在仔猪饲料、兽药、饲养管理器具研发、生产颇具实力和特色的高新技术企业。为给业界提供一次展示仔猪营养和饲料配制,饲养技术研究、开发所取得的成果的机会,同时更为产、学、研结合提供一个直接、快捷的平台,由中国农业科学院畜牧研究所、中国牧工商(集团)公司、动物营养学国家重点实验室、中国畜牧兽医学会动物营养学分会于2006年2月25~26日在北京联合举办“乳仔猪营养生理及饲料配制技术论坛暨成果交流会”。这次会议,举办单位秉着务实创新、服务代表的宗旨,组织了21个高水平的专题报告,内容新颖、翔实,切中实际需要。

《断奶仔猪营养与饲养管理新技术》是由英国CABI出版的一本不可多得的专著,全书17章内容均由世界各国的权威专家执笔。该书总结了断奶后仔猪营养与饲养管理最新研究成果,包括:断奶仔猪的生长发育、断奶仔猪的能量需要、断奶仔猪的蛋白质和氨基酸需要、仔猪对淀粉的消化、断奶仔猪日粮的非淀粉多糖、群体舍饲断奶仔猪个体采食量与健康、酶和生物工程技术产品在断奶仔猪饲料中的应用、流食对仔猪的影响、断奶仔猪的消化生理、肠道免疫与肠道健康、断奶仔猪肠道及呼吸道疾病、断奶仔猪的空气污染、断奶仔猪行为学、断奶仔猪的管理及分栏技术、断奶体系与疾病的关系等。该书不仅对于科研、教学工作者有重要的参考作用,对急于提高养猪生产效率的生产者和技术顾问们也有很好的具体指导作用。

本书的翻译出版属“乳仔猪营养生理及饲料配制技术论坛暨成果交流会”筹备内容之一,得到了中国农业科学院畜牧研究所、动物营养学国家重点实验室专家和中国农业科学技术出版社沈银书先生的积极配合和支持。同时本书的出版还得到了北京益农饲料中心、美国大豆出口协会、成都大地饲料有限公司的资助,在此一并致谢。

编译者

丙戌年春于北京

Contributors

M. Bailey, Division of Molecular and Cellular Biology, Department of Clinical Veterinary Sciences, University of Bristol, Langford House, Langford, Bristol BS40 5DU, UK

P. Baynes, NuTec Ltd, Eastern Avenue, Lichfield, Staffordshire WS13 7SE, UK

J.D. Beal, Seale – Hayne Faculty, University of Plymouth, Newton Abbot, DevonTQ12 6NQ, UK

P.W. Bland, Department of Functional Anatomy, Hannover Medical School, 4120Carl – Neuberg Strasse, 30625 Hannover, Germany

P.H. Brooks, Seale – Hayne Faculty, University of Plymouth, Newton Abbot, DevonTQ12 6NQ, UK

E.M.A.M. Bruininx, Research Institute for Animal Husbandry, PO Box 2176, 8203 AD, Lelystad, The Netherlands

A. Campbell, Seale – Hayne Faculty, University of Plymouth, Newton Abbot, DevonTQ12 6NQ, UK

M. Cole, SCA Nutrition Ltd, Maple Mill, Dalton, Thirsk, North Yorkshire YO73HE, UK

V. Demeckova, Seale – Hayne Faculty, University of Plymouth, Newton Abbot, Devon TQ12 6NQ, UK

S. Done, Veterinary Laboratories Agency, Woodham Lane, Addlestone, Surrey KT15 3BP, UK

M. Evans, Pig Production Training Ltd, 3 Trevoise Close, Walton, Chesterfield S403PT, UK

D.M. Green, University of Edinburgh, King's Buildings, Edinburgh EH9 3JG, UK

D.J. Hampson, Division of Veterinary and Biomedical Sciences, Murdoch University, Murdoch WA 6150, Australia

K. Haverson, Division of Molecular and Cellular Biology, Department of Clinical Veterinary Sciences, University of Bristol, Langford House, Langford, Bristol BS40 5DU, UK

S. Held, Centre for Behavioural Biology, Department of Veterinary Clinical Science, University of Bristol, Langford House, Langford, Bristol BS40 5DU, UK

D. Kelly, Rowett Research Institute, Bucksburn, Aberdeen AB21 9SB, UK

J.C. Kim, Division of Veterinary and Biomedical Sciences, Murdoch University, Mur-

doch WA 6150, Australia

T.P. King, Rowett Research Institute, Bucksburn, Aberdeen AB21 9SB, UK

J. Le Dividich, INRA, Unité Mixte de Recherches sur le Veau et le Porc, 35590St – Gilles, France

D.E. McDonald, Division of Veterinary and Biomedical Sciences, Murdoch University, Murdoch, WA 6150, Australia

L. Melin, Department of Ruminant and Porcine Diseases, National Veterinary Institute, 751 89 Uppsala, Sweden

M. Mendl, Centre for Behavioural Biology, Department of Veterinary Clinical Science, University of Bristol, Langford House, Langford, Bristol BS40 5DU, UK

B.G. Miller, Division of Molecular and Cellular Biology, Department of Veterinary Clinical Sciences, University of Bristol, Langford House, Langford, Bristol BS40 5DU, UK

C.A. Moran, Seale – Hayne Faculty, University of Plymouth, Newton Abbot, Devon TQ12 6NQ, UK

G. Partridge, Finnfeeds International Ltd, PO Box 777, Marlborough, Wiltshire SN8 1XN, UK

C.M.C. van der Peet – Schwering, Research Institute for Animal Husbandry, POBox 2176, 8203AD, Lelystad, The Netherlands

D.W. Pethick, Division of Veterinary and Biomedical Sciences, Murdoch University, Murdoch WA 6150, Australia

J. Pickard, Division of Agriculture and Horticulture, School of Biosciences, University of Nottingham, Sutton Bonington Campus, Loughborough, Leics LE12 5RD, UK

J.R. Pluske, Division of Veterinary and Biomedical Sciences, Murdoch University, Murdoch WA 6150, Australia

H. – J. Rothkötter, Department of Functional Anatomy, Hannover Medical School, 4120 Carl – Neuberg Strasse, 30625 Hannover, Germany

J.W. Schrama, Wageningen University and Research Centre, Department of Animal Science, PO Box 338, 6700 AH, Wageningen, The Netherlands

B. Sève, INRA, Unité Mixte de Recherches sur le Veau et le Porc, 35590 St – Gilles, France

H.A.M. Spoolder, Research Institute for Pig Husbandry, PO Box 83, 5240 ABRosmalen, The Netherlands

M. Sprent, SCA Nutrition Ltd, Maple Mill, Dalton, Thirsk, North Yorkshire YO7 3HE, UK

C. R. Stokes, Division of Molecular and Cellular Biology, Department of Clinical Veterinary Sciences, University of Bristol, Langford House, Langford, Bristol BS40 5DU, UK

J. W. G. M. Swinkels, Research Institute for Pig Husbandry, PO Box 83, 5240 ABR-osmalen, The Netherlands

M. Varley, SCA Nutrition Ltd, Dalton, Thirsk, North Yorkshire YO7 3HE, UK

M. A. Vega – Lopez, CINVESTAV – IPN, Experimental Pathology Department, Av. IPN 2508, Mexico 07360 DF, Mexico

H. M. Vermeer, Research Institute for Pig Husbandry, PO Box 83, 5240 ABRosmalen, The Netherlands

P. Wallgren, Department of Ruminant and Porcine Diseases, National Veterinary Institute, 751 89 Uppsala, Sweden

C. M. Wathes, Silsoe Research Institute, Bio – Engineering Division, Wrest Park, Silsoe, Bedford MK45 4HS, UK

C. T. Whittemore, University of Edinburgh, King's Buildings, Edinburgh EH93JG, UK

J. Wiseman, Division of Agriculture and Horticulture, School of Biosciences, University of Nottingham, Sutton Bonington Campus, Loughborough, Leics LE12 5RD, UK

L. Zarkadas, Division of Agriculture and Horticulture, School of Biosciences, University of Nottingham, Sutton Bonington Campus, Loughborough, Leics LE12 5RD, UK

序 言

本书是英国动物科学协会于 2000 年 9 月在英国诺丁汉大学举办的关于仔猪营养与饲养管理学术研讨会的论文集。作为动物科学系列专题会议内容之一,主要阐述了断奶仔猪营养与饲养管理的最新研究成果。

断奶仔猪的饲养与管理,无论是在现代化养猪生产还是在养猪学研究领域都是一个挑战。目前世界上大多数养猪生产国家,通过控制仔猪饲养环境和使用高效特殊断奶仔猪饲料使仔猪断奶时间控制在 16~30 日龄之间。仔猪的早期断奶虽然能明显地提高母猪的生产效率,但与此同时它也对仔猪饲养和管理提出了更高的要求。

此次会议的主要议题是仔猪营养与饲养管理及其生产领域的最新研究进展。研讨会涉及到断奶仔猪的生长模式、营养、饲养需要量、消化道生理、机体健康及断奶仔猪对环境条件的要求等内容。来自世界各地著名的专家在研讨会上提交了论文,这不仅为今后的研究方向建立坚实的基础,同时也给急于提高养猪生产效率的企业经理和养猪顾问们提供了很好的指导。

除了这些正式论文外,在本次会议与会专家还提交了许多宣传挂图和论文摘要,有关这方面内容细节可以登陆到 www.bsas.org.uk 国际网站进行详细查询。

英国 SCA 营养有限公司 Mike Varley 博士

英国诺丁汉大学 Julian Wiseman 博士

目 录

第一章 幼龄断奶仔猪的生长	(1)
一、断奶仔猪的生长潜力	(1)
二、采食量	(5)
三、仔猪断奶后生长抑制的缓解建议	(9)
四、结论	(9)
参考文献	(10)
第二章 仔猪的能量需要	(15)
一、前言	(15)
二、仔猪能量需要量评定	(15)
三、仔猪潜在的生长性能	(18)
四、仔猪的能量供给	(19)
五、充分发挥仔猪的生长潜力所需的能量供应	(27)
六、结论	(30)
参考文献	(32)
第三章 断奶仔猪蛋白质和氨基酸需要量	(43)
一、前言	(43)
二、全价饲料中的氨基酸水平	(44)
三、氨基酸平衡	(45)
四、断奶仔猪商品日粮中的不同蛋白质来源	(46)
五、原料消化率	(48)
六、乳制品	(49)
七、其他蛋白来源	(52)
八、结论	(56)
九、致谢	(56)
参考文献	(57)
第四章 仔猪对淀粉的消化	(61)
一、前言	(61)
二、淀粉的基本结构	(61)
三、淀粉颗粒的形式	(62)

四、淀粉加工过程中的变化	(63)
五、加工方法对仔猪淀粉消化及其生产性能的影响	(66)
六、结论	(68)
参考文献	(71)
第五章 断奶仔猪日粮中的非淀粉多糖	(75)
一、前言	(75)
二、断奶仔猪日粮中纤维素的推荐量	(75)
三、NSP 对断奶仔猪生产性能的影响	(77)
四、NSP 的理化特性	(79)
五、如何提高断奶仔猪对日粮中 NSP 的利用	(81)
六、谷物	(82)
七、加工工艺对 NSP 结构的作用	(84)
八、肠道健康与 NSP 是否存在关联	(85)
九、结论	(93)
十、致谢	(94)
参考文献	(95)
第六章 群饲条件下个体采食量与仔猪健康之间的关系	(105)
一、前言	(105)
二、仔猪断奶与采食量	(105)
三、仔猪早期采食量的重要性	(106)
四、断奶仔猪个体采食量的测定	(107)
五、群饲断奶仔猪个体采食量的特点	(108)
六、结论	(109)
参考文献	(111)
第七章 酶和生物工程技术在断奶仔猪未来饲养中的应用	(115)
一、前言	(115)
二、碳水化合物酶(糖化酶)	(116)
三、外源性酶的作用方式及对断奶仔猪特殊的营养作用	(130)
四、外源酶对肠道内的菌群及断奶猪的营养与健康状况的影响启示	(133)
五、未来前景	(134)
参考文献	(136)
第八章 采用流质饲料饲喂幼仔猪	(143)
一、前言	(143)
二、断奶是一个过程,还是一个结果	(143)
三、断奶后仔猪饮水和采食量之间的关系	(144)

四、断奶后保持仔猪持续采食的重要意义	(145)
五、流食的应用	(147)
六、发酵在流食饲喂系统的意义	(148)
七、发酵控制	(152)
八、断奶仔猪对干物质的采食偏好	(154)
九、日粮提供形式与仔猪行为	(155)
十、发酵流食对饲料和肠道微生物的影响	(157)
十一、结论	(159)
参考文献	(161)
第九章 猪消化生理与胃肠道发育	(167)
一、前言	(167)
二、猪胚胎期肠道发育状况	(167)
三、哺乳期仔猪的肠道发育	(169)
四、仔猪断奶后的肠道发育	(177)
五、结论	(181)
参考文献	(182)
第十章 肠道免疫与肠道健康	(193)
一、前言	(193)
二、黏膜免疫耐受性和主动免疫应答	(193)
三、黏膜免疫系统的发展	(196)
四、断奶对仔猪免疫系统的影响	(199)
五、猪肠道健康的模型	(200)
六、结论	(202)
参考文献	(203)
第十一章 幼龄断奶仔猪肠道及呼吸道疾病	(209)
一、前言	(209)
二、促生长剂	(212)
三、早期断奶和隔离点生产	(212)
四、疫苗的使用	(214)
五、二免技术	(214)
六、断奶后的呼吸道疾病	(215)
七、细菌性呼吸道疾病	(216)
八、肠道疾病	(219)
九、猪皮炎及肾病综合征(PDNS)和仔猪断乳衰竭综合征(PMWS)	(223)
十、结论	(226)
十一、致谢	(226)

参考文献	(227)
第十二章 肠道健康:生产实践中需要考虑的事项	(235)
一、前言	(235)
二、促消化的抗生素	(236)
三、可选择的替代手段	(238)
四、使用现状	(238)
五、展望	(239)
六、结论	(240)
参考文献	(241)
第十三章 断奶仔猪所造成的空气污染	(243)
一、前言	(243)
二、断奶仔猪舍中空气污染物的历史	(243)
三、空气污染物影响断奶仔猪的机制	(246)
四、断奶仔猪生产中空气污染物的扩散对环境的影响	(249)
五、结论	(250)
参考文献	(251)
第十四章 断奶仔猪行为学	(255)
一、前言	(255)
二、“半自然状态”下断奶仔猪的行为研究	(255)
三、“商品猪”断奶行为的研究	(257)
四、结论	(267)
参考文献	(269)
第十五章 断奶仔猪的管理和分栏技术	(271)
一、前言	(271)
二、生产设施	(271)
三、猪生产流程计划	(273)
四、饲料和营养	(274)
五、结果不合格的原因	(275)
六、认识断奶仔猪的潜力	(277)
第十六章 断奶体系与疾病的关系	(279)
一、前言	(279)
二、瑞典的研究	(279)
三、实验观察	(280)
四、结论	(282)
参考文献	(284)

第十七章 仔猪断奶实践	(287)
一、前言	(287)
二、出生到育成	(287)
三、重新分配与栅栏	(288)
四、行为需求	(289)
五、环境	(290)
六、结论	(291)
参考文献	(293)

第一章 幼龄断奶仔猪的生长

C. T. Whittemore 和 D. M. Green

英国爱丁堡大学

一、断奶仔猪的生长潜力

在没有人类干预的条件下,体重在 15~20kg 之间的猪的生长可以脱离母猪而独立从外界获得营养。这种条件下,仔猪自然断奶的时间一般在 70 日龄左右。而断奶过早则会破坏适龄仔猪的正常生长发育。如果在 14~28 日龄给仔猪饲喂无乳日粮,将促进哺乳仔猪消化系统的发育;随着日粮逐渐由流质饲料向固态饲料的替换,在 56 日龄时仔猪才可能通过从固态饲料摄取营养保证生长发育。因此,在为仔猪提供原乳的同时,饲喂外源固体饲料对幼龄仔猪肠道的自然发育具有重要的意义。

在 21 日龄突然强制断奶对仔猪的正常生长发育不利。50 年以前,欧洲传统的惯例是在 56 日龄断奶。随着营养学研究的发展和生产设备的改进,仔猪断奶日龄也不断提前。试验证明,在 7 日龄、10 日龄或 14 日龄断奶对仔猪的生长是极其不利的,英国的“行业标准”将断奶日期定为 21 日龄。但大部分成功的生产实践者则仍选择在 28 日龄后断奶,而在欧洲的其他国家则普遍在 35 日龄进行断奶。自 20 世纪 80 年代以来,为了提高母猪的生产效率,英国仔猪断奶的行业标准日龄由 21 日龄提高到 28 日龄。

仔猪断奶后生长是通过机体蛋白质总量及其沉积量进行估测的。在对仔猪机体组织成分估测方面,不仅需要进一步量化脂肪的沉积量,同时需要深入了解仔猪蛋白质沉积和脂肪沉积之间的相关关系。

(一)理论研究

关于通过年龄和体重可以最佳地评估蛋白质沉积的曲线特征仍然存在分歧。在加拿大德兰格学院 Guelph(C. F. M de longe 个人交流资料, Guelph, 2000)赞同 Kielanowski (1969) 和 Rerat (1972) 的观点,从而拒绝使用传统的 S 形生长曲线来描述蛋白质的生长,建议在猪的整个生命活动中可以用单一值(single value)来描述每天潜在的蛋白质最大的沉积速度(Pr_{max})。然而,仔猪在早期生长时并没有达到 Pr_{max} ,特别是在断奶过程中,其原因可能是仔猪没有摄入足够的饲料。在 Whittemore 和 Fawcett (1974, 1976) 的原始模型中,除 Pr_{max} 之外,还需要第二个参数,即每日脂肪和蛋白质沉积速度的最小比率值,用 $L:Pr$ 表示。而后者从生理学角度遭到众多研究人员的质疑,而且在限制采食时,该建议限制了幼龄猪蛋白质日沉积速率,使其低于 Pr_{max} 值。这一建议使有效的能量的再分配由蛋白质(Pr)转向脂肪(L)。

为了获得断奶或幼年仔猪的生长曲线拟合达到或更接近“单一值”模型,在模型中设置最低 $Lr:Pr$ 比率值参数是必要的,而这样可以在一定程度上预测蛋白质沉积的最大速度。此后 $Lr:Pr$ 比率值参数也遭到众多的质疑 (Whittemore, 1995)。如果使用 S 形函数而不采用单一值模型函数来拟合获得 Pr_{max} ,那么通过拟合营养需要量模型来限制早期蛋白质的沉积从根本上就是多余的。Whittemore(1995)发现,在原形或修正情况下的 S 形函数对潜在的脂肪沉积力(Lr_{max})都没有约束,脂肪的沉积是由能量供求函数决定。Emmans (1988)提出, Lr_{max} 也可以用 S 形函数来描述。

S 形曲线系列函数中除 Gompertz 函数以外,还有许多类似的函数的讨论详见 Huxley (1932), Hammond (1940), Brody (1945) 和 Schinckel (1999) 等人的论述。S 形曲线函数的共性特点:(i)在早期有一个快速增长期;(ii)在后期出现减速生长期;(iii)在两个周期之间呈线性转变;(iv)在接近成熟和生长终止点之间呈渐近线变化。

Gompertz 函数(1825)是以生长组织(如体重、蛋白质或脂肪等)为 y 轴,以各组织的生长状况(如时间等)的指数函数为 x 轴。函数需要与 y 轴渐近的参数 A 和生长系数 B 。更重要地是, y 坐标的转折点是固定在渐近参数 A 的 $1/e$,一般方程式是:

$$y = A * \exp\{-\exp[-B(x - x^0)]\}$$

式中, A 是 y 轴渐近的参数, x^0 是 x 轴上接近体成熟时的转折点, B 是生长系数。

对方程式(如时间与体重的关系函数)求导可得其生长速度(dy/dx),任何一个参数的变化通常取决于环境的变化。

当一般方程式中 y 表示体重, x 表示时间时,对体重和时间分别求导将得到不同的结果,对时间(x)求导可得:

$$dy/dx = A * B * \exp\{-B * (x - x^0) - \exp[-B * (x - x^0)]\}$$

对体重(y)求导可得:

$$dy/dx = y * B * \ln(A/y)$$

式中 dy/dx 是增重, A 是当 dy/dx (日增重)接近 0 时 $y(W)$ 的值。

Whittemore (1998)研究表明依据性别和基因型对 B 值和 A 值建议了不同的数值,它们范围分别为 0.010~0.014 和 220~330。其中, A 一般表示活重。体重为 5kg、10kg 和 15kg 时,预计相应的日增重分别为 189g、309g、402g,而在体重相对较高时,则分别为 293g、490g 和 649g。

Whittemore 等 (2001a)验证了遭到众多研究人员质疑和抛弃的 Gompertz 以外的其他可选的函数方程,其中,包括了 Bridges 和 Richards 方程。Bridges 方程 (Bridges 等, 1986) 与 Gompertz 函数主要不同之处在于没有 y 坐标的转折点 $1/e$ 。Bridges 方程式为:

$$y = y_0 + A * \{1 - \exp[-(m * x^b)]\}$$

式中, y_0 为轴的起点(生长组织的重量), A 为体成熟的体重, m 为“指数生长曲线延迟常数”, x 为时间, b 为“动力相常数”。

Richards 方程(Richards, 1959; France 和 Thornley, 1984)也是在拐点设一个变量,该变量可以描述不同类型猪在不同成熟时间(或体重)的变化情况。Richards 方程式为:

$$y = (y_0 * A) / \{y_0^n + (A^n - y_0^n) * \exp[-(k * x)]\}^{1/n}$$

其中,如果 y 为体重,则 y_0 为起始体重, A 则是渐近于 y 的值, x 为体成熟时间。

尽管不如 Gompertz 函数的便利, Bridges 函数和 Richards 函数更让人们感兴趣,他们能很好地描述不同拐点之间数据的设置。然而, Knap (2000) 发现, 尽管不同拐点用不同的数据设置, 但它不能偏离 Gompertz 所确定的 $1/e$ 这一重要参数。

Huxley (1932) 提出用体组织成分(如总体蛋白, P_t)和整体(如活体重, W)之间的关系来描述动物的生长, 并且在后来的应用中取得较好的效果。它的方程式是: $z = a * y^b$

Whittemore 等(1988)确定了 z 和 y 之间的关系(Schinckel, 1999 年运用), 式中 z 表示蛋白质(P_t)、脂肪、水和灰分, y 表示体重。日蛋白沉积速度(Pr , 或 dP_t/dx)随体重递增, Gompertz 函数首次确定了 dy/dx 表示活体日增重:

$$dy/dx = B * y * \ln(A/y)$$

后来, P_t 与体重之间的关系被看成是一个简单的函数关系($P_t = a * y^b$)。从而:

$$Pr = [a * b(y)^{b-1}] * [B * y * \ln(A/y)]$$

随后 Schinckel 和 de Lange (1996) 指出, $z = ay^b$ 假说中潜在的问题是当体重一致时体组织成分的变化情况没有得到正确的评估。

(二)以仔猪早期生长为特例进行分析

新生仔猪的体脂肪含量约为 10 ~ 20g/kg, 在哺乳期仔猪在断奶时的营养分配中脂肪的沉积可以达到 150 ~ 160g/kg, 体内的脂肪和蛋白质的比率接近 1:1。在现代的肉猪生产中, 商品猪体重通常在低于 120kg 时被屠宰, 是不可能再次出现肥猪情况。断奶后采食量不足, 再加上应激和疾病, 通常会导致体脂肪的快速分解, 以维持自身正常生长(和体内蛋白质的合成)。Whittemore 等(1978)发现 14 日龄断奶的仔猪在 7 天内没有出现增重。在 21 日龄, 这些仔猪的体组织成分中含蛋白质 150g/kg, 脂肪 76g/kg, 而 21 日龄未断奶的仔猪体成分中含蛋白质 146g/kg, 脂肪 148g/kg。通过这两组断奶仔猪(14 和 21 日龄断奶)发现断奶仔猪的增长停滞, 脂肪损失, 而蛋白质则没有大的变化。断奶后仔猪的蛋白质和脂肪的沉积几乎呈相近的比例增长。然而, 到 50 日龄时体组织成分有了一些变化, 脂肪 60 ~ 70g/kg 和蛋白质 150 ~ 180g/kg。因此作者发现, 当脂肪减少时经常伴随着生长停滞(而不是体重减少), 而且水分在增加以补贴脂肪的损失。Whittemore 等(1981)就为这一观点做了大量的试验, 发现在日增重为 0 时, 其脂肪损失 56g, 而水分增加 53g。只有当日增重超过 193g 时脂肪沉积才开始增加。

$$\text{水分增加(g/d)} = 0.56 \times \text{空腹体重增加量} + 53$$

$$\text{脂肪增加(g/d)} = 0.29 \times \text{空腹体重增加量} - 56$$

$$\text{蛋白质增加(g/d)} = 0.15 \times \text{空腹体重增加量} - 4$$

日增重在 0 和 200g 之间, 表明仔猪体脂在分解以满足体蛋白沉积需要, 直到增加比率为 60% 时才会重新沉积脂肪。Whittemore 等(1978)还发现, 由于采食量的波动, 体成分中蛋白比例和蛋白质的稳定性之间存在着不可调和的关系。