

猪生长发育及 营养调控技术

Zhu Shengzhangfayu ji
Yingyang Tiaokong Jishu



王继华 薛占永 刘 伯 石玉祥 王绥华 著



中国农业大学出版社

ZHONGGUONONGYEDAXUE CHUBANSHE

策划编辑：王笃利 张秀环

责任编辑：张秀环

封面设计：郑 川

猪生长发育及营养调控技术

ISBN 978-7-5655-0917-9



9 787565 509179 >

定价：25.00 元

猪生长发育及营养 调控技术

王继华 薛占永
刘 伯 石玉祥 王绥华 著

中国农业大学出版社
· 北京 ·

图书在版编目(CIP)数据

猪生长发育及营养调控技术/王继华等著. —北京: 中国农业大学出版社, 2014. 5

ISBN 978-7-5655-0917-9

I. ①猪… II. ①王…②薛…③刘…④石…⑤王… III. ①猪-发育②猪-家畜营养学 IV. ①S828

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 049833 号

书 名 猪生长发育及营养调控技术

作 者 王继华 薛占永 刘 伯 石玉祥 王绥华 著

策划编辑 王笃利 张秀环

责任编辑 张秀环

封面设计 郑 川

责任校对 王晓凤 陈 莹

出版发行 中国农业大学出版社

社 址 北京市海淀区圆明园西路 2 号

邮政编码 100193

电 话 发行部 010-62818525, 8625

读者服务部 010-62732336

编辑部 010-62732617, 2618

出 版 部 010-62733440

网 址 <http://www.cau.edu.cn/caup>

e-mail cbsszs@cau.edu.cn

经 销 新华书店

印 刷 北京鑫丰华彩印有限公司

版 次 2014 年 5 月第 1 版 2014 年 5 月第 1 次印刷

规 格 850×1168 32 开本 8 印张 198 千字

定 价 25.00 元

图书如有质量问题本社发行部负责调换

内 容 简 介

本书系统总结了猪宏观经济性状生长发育规律的分析方法及其营养调控的原理与方法,内容新颖,方法实用。书中对于一些难度较大的生长发育分析方法,介绍基本原理,给出必要论证,并且用实例说明其使用方法,便于读者自学。主要内容包括:猪体重、体尺时态生长和组织器官分化生长的分析方法,补偿生长规律及其经济价值的分析方法,猪生长模型的分析方法;猪消化系统、生殖系统、肌肉和脂肪组织的生长发育及营养调控的技术原理与方法;以及猪群培育技术。本书主要供猪场和饲料厂技术人员参考,对于有关专业的研究生和科研人员,也有一定参考价值。

前 言

关于猪的生长发育问题,可以从三个水平阐述,即组织器官水平、细胞水平和分子水平。由于组织器官水平属于宏观水平,所以研究最早、最多,取得的成果也最多,对养猪生产起到了很好的指导作用,这也是本书的主要内容。在分子生物学和基因工程如此发展的今天,详细了解猪宏观性状的生长发育规律,可以使我们对家畜机体作为一个整体有所理解,避免只见树木不见森林的局限。

猪的生长发育是遗传与环境共同作用的结果。在个体发育过程中,前期的生长发育都是为当时和以后的生存和发展需要做准备的,这是正确理解和调控生长与发育的哲学基础。猪的任何性状,包括具有经济价值的生产性状或畜牧学性状和没有经济价值的生物学性状,以及育种上的目标性状和信息性状,都是在个体发育过程中形成与表现的,是个体生长发育到一定时期的外在表现形式。一定基因型的个体在正常环境中的生长发育是有规律的,当环境变化时发生相应的规律性变化。研究掌握这些规律及表现这种规律的机制,是制订饲养管理方案和遗传改良计划的理论基础和技术依据。无论是研究人员还是养猪生产者,都需要掌握猪的生长发育规律,以及产生这些规律的机制。

由于不同猪场的环境(包括饲养管理和饲料营养等)不同,导致同一遗传基础的猪群也会有不同的表现,只有根据本场猪群生长发育规律制定最佳饲养管理方案,才能取得最佳经济效益。例如设计猪群的营养方案,只有根据本群猪的生长发育和生产性能制定出相应的饲料配方,才能取得最佳经济效益。然而,如何分析本群猪的生长发育规律?借鉴他场数据是否可以?这显然就是一

个“授人以鱼”还是“授人以渔”的问题。所以,本书重点介绍猪宏观经济性状生长发育规律的分析方法及其营养调控的技术原理,这些方法和技术原理对于认识不同猪场不同猪群生长发育规律的特点具有重要实用价值。在大学生遍布于猪场的今天,技术人员需要是“导师型”的,而不再仅仅局限于具体操作方法和技术指导。

关于猪的生长发育知识,国内外此类专著极少。散见于一些教科书上的有关内容,也仅限于基本概念和初等方法,一般不超过3~5页的简单介绍,已经远远不能满足我国养猪生产的实际需要。为此,我们系统总结了猪经济性状生长发育的研究方法和成果,及其在猪场技术管理中的应用,供猪场的技术人员参考。对于有关专业的研究生和科研人员,本书也有一定参考价值。

本书在写作过程中参考了大量文献,多在书后参考文献中列出。只有极个别资料,是从网上搜索得到的,查不到原作者,所以我们深感歉意,在此表示衷心的感谢。笔者恳望知情者告知,以便本书再版时补上。由于现代动物科学发展迅猛,更限于笔者的学识和水平,书中难免有不足之处甚至错误,恳望读者不吝赐教,我的电子信箱是 hdwangjihua@126.com。

王继华 2014 年 1 月 1 日
于河北工程大学动物科学系

目 录

1	生长发育的概念和意义	1
1.1	研究生长发育的意义	2
1.2	生长发育的概念	3
1.3	生长发育的研究方法	4
1.4	用遗传标记研究家畜生长发育	6
1.5	猪早期生长发育的意义	9
1.6	猪生长性状的遗传和变异及其应用	13
2	体重体尺的时态生长	19
2.1	时态生长指标的观测与分析	19
2.2	时态生长律的数学模型	20
2.3	体尺生长规律	26
2.4	生长波	29
2.5	影响生长发育的主要因素	30
2.6	断奶的影响及营养调控	34
3	猪组织器官的分化生长	41
3.1	分化生长的概念	41
3.2	分化生长模型	42
3.3	用最小平回归法估计模型参数	45
3.4	不同品种的分化生长模型	49
3.5	猪不同组织器官的分化生长率	56
3.6	影响分化生长率的生物学因素	58
3.7	猪体化学成分和氨基酸的分化	59
4	猪的补偿生长	62
4.1	剑桥大学的试验结果	62

4.2	补偿生长规律	63
4.3	补偿生长的作用机制	71
4.4	不同因素对补偿生长的影响	73
4.5	猪补偿生长的经济价值	76
5	动物生长模型	81
5.1	动物生长模型的建立	81
5.2	用线性转换法估计 Logistic 模型参数	86
5.3	用最小平方方法估计 Logistic 模型参数	92
6	猪的发育阶段	100
6.1	概述	100
6.2	猪配子的发生	102
6.3	猪胚发育(受精卵—胎儿基本形成)	104
6.4	胎儿期发育(胎儿基本形成—出生)	107
6.5	猪胚胎期发育的重要事件及发生时间	109
6.6	猪的胚胎期生长	111
6.7	猪胚胎发育迟缓与营养的关系	115
6.8	哺乳期(出生—断奶)	118
6.9	幼年期(断乳—性成熟)	119
6.10	青年期(性成熟—生理成熟)	121
6.11	成年期(生理成熟—开始衰老)	123
6.12	老年期	124
7	猪消化系统的发育	126
7.1	猪消化器官的发育	126
7.2	猪肠道消化功能的发育	130
7.3	猪肠道免疫功能的发育	139
7.4	猪微生物生态系统的发育	142
7.5	仔猪早期断奶	150
7.6	断奶仔猪的营养策略	161

8 猪生殖系统的发育	164
8.1 猪生殖系统的发育	164
8.2 猪性成熟的生理学	166
8.3 母猪繁殖力随年龄的变化	170
8.4 猪胚胎死亡的原因	173
8.5 猪乳腺的发育:概述	176
8.6 猪胚胎期和生长期的乳腺发生与发育	179
8.7 成年母猪乳腺的轮回生长	182
8.8 猪乳生成过程及仔猪吮乳的影响	183
9 猪肌肉和脂肪组织的发育	186
9.1 猪肌肉组织的构成	186
9.2 猪肌肉组织的发育	188
9.3 猪脂肪组织的发育	191
9.4 猪脂肪细胞的发育	194
9.5 猪脂肪代谢的营养调控	196
10 培育技术	215
10.1 培育的概念与意义	216
10.2 饲料营养对基因表达的调控	217
10.3 制定培育方案应注意的几个问题	220
10.4 猪群体重变异的分析方法	224
10.5 仔猪的体型评定	229
参考文献	237

养殖实践中常重视一些事实表象,重视特定家畜对饲养管理的反应;科学是研究表象背后的客观规律,为家畜生产决策提供理论指导。家畜的生长发育规律是动物科学研究的最基本问题,也是动物科学工作者必备的基础知识。

家畜的生长发育是遗传与环境共同作用的结果,研究动物的生长发育,既涉及动物的遗传基础,又涉及基因表达所需要的环境条件。关于动物生长发育的研究可以划分为三个水平,即组织器官水平、细胞水平和分子水平。由于组织器官水平的研究属于宏观水平,所以研究最早、最多,取得的成果也最多,对养殖业生产起到了很好的指导作用。

1 生长发育的概念和意义

对于家畜的生长发育,我们关注的一般是动物整体或特定组织、器官或部位的生长,例如体重的生长,骨骼、肌肉、脂肪或乳腺的生长发育。这些方面的生长发育最容易理解,因为可以通过称重或线性测量来定量。在分子生物学和基因工程如此发展的今天,详细了解家畜的体重或体型的变化规律,可以使我们对家畜机体作为一个整体有所理解,避免只见树木不见森林的局限。本书主要介绍生长发育的生理方面,包括形态的生长发育和生理功能的变化,但是读者要时刻想着基因的抽象表达,例如免疫能力、心理适应能力和行为等方面。总的来说,在个体发育过程中,前期的生长发育都是为当时和以后的生存和发展需要做准备的,这是正确理解和调控生长和发育的哲学基础。

1.1 研究生长发育的意义

各种家畜都有它的生命周期,表现为“受精卵→胚胎→幼年→成年→受精卵”这样一种形式。个体整个生命周期,是在该个体遗传物质与其环境相互作用的过程中完成的,这个过程就是个体发育(ontogeny)。个体一生的生长发育过程,是一个量变与质变同时发生的过程,只是我们在用文字介绍时,只能逐个介绍。

猪的胚胎期发育过程大致如图 1-1 所示。

任何一种家畜都有其生长发育规律,不同品种、不同性别和不同阶段,都会表现出各自固有的特点。家畜的任何性状,包括具有经济价值的生产性状或畜牧学性状和没有经济价值的生物学性状,以及育种上的目标性状和信息性状,例如生长速度、饲料效率、胴体质量等,都是在个体发育过程中形成与表现的,是个体生长发育到一定时期的外在表现形式。一定基因型的个体在正常环境中的生长发育是有规律的,当环境变化时发生相应的规律性变化。这里所说的“环境”,既包括饲养管理,又包括饲料营养。研究掌握这些规律及表现这种规律的机制,在动物育种上具有重要价值,因为要有效地改良这些规律,必须先掌握它,这是改良育种目标性状的理论基础和技术依据。在养殖生产上,根据不同生长发育阶段的特征、特性,制定相应的饲养管理方案,例如猪的营养方案,不同生长发育阶段猪的营养需要不同,针对特定发育阶段制定饲料配方,既不短缺猪的营养需要又不造成浪费,才可取得最大生产效益。所以,无论是动物科学研究



图 1-1 猪的胚胎发育

注:自上而下大约是怀孕
18 d、22 d、35 d 和出生
(据 Marrable, 1971)

人员还是动物生产者,都需要掌握动物生长发育规律,以及产生这些规律的深层机制。

1.2 生长发育的概念

对家畜个体发育过程进行深入观察与分析,可以发现两种现象,一种是由受精卵分化出不同的组织器官,从而产生不同形态结构与机能,这就是发育;另一种是由于同类细胞的增加或体积的增大,使个体由小到大,体重也逐渐增加,这就是生长。所以严格说来,生长与发育是两种现象。

生长发育是极其复杂的生命现象。最佳的生长发育体现在动物有一个正常的生长速度和功能健全的组织器官。为取得最佳生长发育效果,必须供给动物合适的饲料和饲养管理。

从物理角度看,生长是动物的体尺增长和体重增加;从生理角度看,是机体细胞的增殖和增大,组织器官的发育和功能的日趋完善;从生化角度看,生长是机体化学成分(即蛋白质、脂肪、矿物质等)的积累。

家畜机体经同化作用进行物质积累,同类细胞数量增多和组织器官体积增大,从而使家畜整个机体的体积和重量都逐渐增加的量变过程,叫做生长(growth)。生长的主要特征是个体的体积和重量逐渐增加,由小变大。

家畜机体经过分化作用产生新的细胞种类,形成新的组织和器官,从而使家畜整个机体的结构和机能由简单到复杂,按顺序发生的质变过程,叫做发育(development)。发育的主要特征是组织器官和功能的分化。

生长和发育是动物个体作为一个对立统一的矛盾体所表现出来的矛盾运动过程。在个体发育过程中,生长和发育既相互联系又相互促进。生长积累物质,是发育的基础;发育分化出新细胞、

新组织和新器官,为进一步生长开辟新的方向。

例如猪,从受精卵开始经过许多阶段的变化分化出不同的组织器官,形成完整的胎儿,胎儿成长出生,从幼年直至成年,这就是发育现象;而另外一种现象,如猪的体重、四肢及其他各器官不断增长,但头仍然是头,脚依旧为脚,并未发生本质转化,这就是生长现象。

生长和发育是从不同角度观察同一个体发育过程时发现的两种现象。就是说,生长和发育往往是同时发生的,并非是先生长后发育,或先发育后生长。只是我们在研究或介绍生长和发育时,是分别切入,逐个进行。

1.3 生长发育的研究方法

生长发育问题不仅在家畜生产和遗传改良上都十分重要,生物学家和医学家也十分重视。为探讨动物生长发育的规律及产生这种规律的机制,进行了大量研究。研究方法大致可分为两类。一类是观测家畜机体与各组织器官的重量和体积或面积和尺度随年龄增加而不断变化的规律,通过统计分析寻找它们的生长发育模式,所以常称这类研究方法为数理统计研究方法。因这些都是宏观性状,观测手段简易,所以研究最早,最多,已取得大量成就,并对畜牧生产起了很大指导作用。另一类是观测微观性状,从细胞、生化和分子水平来研究动物生长发育的生理生化过程和发生机制,取得的成果相对较少,可以说是目前生物学上取得成就最不辉煌的一个领域。

数理统计研究方法的理论依据有二。一是从时态观点看,家畜整体或部分的重量或体积大小,随着家畜年龄的增长而呈有规律的变化,这种现象称为时态生长律(the law of chronologic growth)。因此,可以借助统计手段分析不同性状即整体或部分、

组织或器官等的重量、大小或尺度(常称为体尺)等随年龄而生长的模式,并且用数学模型来简单表述,这类数学模型常称为时态生长模型(the model of chronologic growth);常见的时态生长模型很多,主要有 Logistic 模型(P.F.Verhulst,1838)、Gompertz 模型(Gompertz,1825)等。

用数学模型模拟动物生长过程的意义,在于揭示动物生长发育的规律,探索生命奥秘;生产上实现营养的动态配给,推进养殖业现代化、集约化,为生产自动化、计算机管理奠定理论基础。目前一般以体重反映整个机体的变化规律,因为机体体尺的增大与体重的增加密切相关,而体重的测量较为简便。家畜生后体重的生长规律一般可以用累积生长曲线图表示,而用数学模型表示则具有更大的理论和实用价值。

二是家畜的不同性状也有不同的生长模式,各自有其规律,但不同性状的生长规律之间常有某种相关性,这种现象常称为相关生长律(the law of correlative growth)。常用分化生长模型(allometric equation)描述相关生长律。

数学模型具有广泛的适应性,应根据生物学原理把某些生物现象模型化,按数学方法的基本假设,把现实生产中已存在的杂乱无章的资料按符合逻辑的方法推导展开,并力求在数学模型所约束的范围内,尽量减少用它推导结果所带来的误差。

人类在对一个事物认识的初级阶段,往往是感性的、描述性的。马克思说过“一门科学,只有当它成功地利用了数学的时候,才算上升到了高级阶段”。动物科学的理论和应用要有大发展,就必须有数学的更多参与。近年来数学模型化技术与动物科学的相互促进正在迅速升温,数学模型化技术正在成为现代动物科学研究的核心方法和技术,高新技术的出现已经把现代社会推进到数学模型技术的时代。

在两个传统领域(群体和疾病模型化领域)和一个新的领域

(动物营养和新陈代谢领域)已经使数学模型成为最振奋人心的领域。从 J. Anim. Sci. 发表的文章看,在 1970 年以前,没有发现“模型化”的论文,1970 年代是 3.2%,1980 年代是 17%,1990 年代是 31.5%,2000 年后发表的论文有 50% 涉及数学模型化。大量业界人士预测,这会是一个增长最快的领域(R. Gous et al., 2006)。再者,“模型化”的内涵也正在变为机理建模,而不再停留在经验建模水平上。动物系统的机理模型化已经为我们理解动物科学原理和生产过程做出了不少贡献,在动物科学中这个过程正在继续。在更一般的动物模型化问题上,已经有了很多可用的原理和方法(J. France and E. Kebreab, 2008)。

科技人员的数学造诣深浅,决定了你在学术上能走多远。

在动物营养上也需要大量的数学模型知识。根据不同条件下不同营养水平日粮时猪生长反应的结果来建立猪生长的营养模型,就可以把猪生产过程数字化,把猪生长过程用数学模型表达,上升到更加理性的养猪水平。例如对饲料配方的饲养效果做定量分析,估计猪对某个饲养标准的日增重、采食量和料重比等,尤其是生长模型可以推断出最佳效果的饲养标准与参数组合。

常见的猪生长模型有时态生长模型和分化生长模型,而猪的营养模型近年来已经成为研究焦点,越来越受到重视。例如体重与采食量模型、胴体组成与日粮模型、猪的维持需要量模型、体蛋白质沉积模型、氨基酸平衡模型、机体物质代谢模型等。

1.4 用遗传标记研究家畜生长发育

家畜的遗传标记,从研究手段角度大致可以分为形态标记、细胞学标记、蛋白质标记和 DNA 分子标记。由于动物的遗传标记