

猪自由采食量调控

VOLUNTARY FEED INTAKE IN PIGS

Edited by : David Torrallardona , Eugeni Roura

编译：何庆华 李铁军 苗晋峰 等

中国农业科学技术出版社

猪自由采食量调控

VOLUNTARY FEED INTAKE IN PIGS

Edited by : David Torrallardona, Eugeni Roura

编译 : 何庆华 李铁军 苗晋峰 等

中国农业科学技术出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

猪自由采食量调控 = Voluntary feed intake in pigs / (西) 大卫·托纳多纳 (David Torrallardona), (西) 瓦格尼·罗纳 (Eugeni Roura) 著; 何庆华等编译. —北京: 中国农业科学技术出版社, 2016. 12

ISBN 978 - 7 - 5116 - 2903 - 6

I. ①猪… II. ①大…②瓦…③何… III. ①养猪学 - 采食 - 研究 IV. ①S828

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 296892 号

Lucta (Guangzhou) Flavours Co., Ltd. obtained the copyrights from Wageningen Academic Publishers in September 2013.

Lucta (Guangzhou) Flavours Co., Ltd. has transferred the copyrights to China Agricultural Science and Technology Press in December 2016.

责任编辑 徐定娜
责任校对 李向荣

出版者 中国农业科学技术出版社
北京市中关村南大街 12 号 邮编: 100081
电 话 (010) 82109707 82105169 (编辑室)
(010) 82109702 (发行部) (010) 82109709 (读者服务部)
传 真 (010) 82109707
网 址 <http://www.castp.cn>
经销者 各地新华书店
印刷者 北京科信印刷有限公司
开 本 787mm × 1 092mm 1/16
印 张 20
字 数 475 千字
版 次 2016 年 12 月第 1 版 2016 年 12 月第 1 次印刷
定 价 128.00 元

《猪自由采食量调控》

编译人员

主编译：何庆华 李铁军 苗晋峰

主 审：印遇龙

参 加：（排名不分先后）

侯振平 何庆华 何茂龙 熊 霞

肖 昊 顾婉婷 康 平 李 瑞

杨焕胜 吴苗苗 尹 杰 何流琴

王 婧 阳成波 李铁军 苗晋峰

郭洁平 董 虹 路佩瑶 孔祥峰

目 录

第一章 自愿采食量与猪的育种	(1)
第二章 仔猪自愿采食量：来源于母体饲料的味道的早期经历的潜在影响	(21)
第三章 猪采食量调控和预测的吸收前和吸收后因素	(45)
第四章 味觉受体生物学	(67)
第五章 猪采食偏好性：口鼻感受系统	(85)
第六章 扩散性化学感应系统	(117)
第七章 猪采食量的激素调节	(128)
第八章 单胃动物采食量的代谢调控	(159)
第九章 猪自由选择偏好饲料的评估	(188)
第十章 抗营养因子：对猪自由采食量的影响	(213)
第十一章 饲料加工技术与仔猪饲料采食量	(244)
第十二章 采食行为和社会因素对采食量的影响	(261)
第十三章 哺乳动物在感染期产生的厌食症：变化及其原因	(274)
第十四章 预测采食量模型	(289)

第一章 自愿采食量与猪的育种*

摘要：在 20 世纪 80 年代早期，猪体脂的减少和饲料利用率的提高，使猪的自愿采食量以 30 g/d 的速度逐年下降。采食量的下降会导致瘦肉率降低，并使泌乳期采食量和母畜的繁殖性能受到影响。20 世纪 90 年代，猪的自愿采食量逐步趋于稳定，并且瘦肉率以 4 g/d 的速度逐年增加。然而将动物的采食能力与瘦肉产出率进行性状关联分析发现，采食量的改变对动物的瘦肉率并没有显著的影响。在现代猪的育种中，可以选择适当的方法将各种各样的遗传性状结合起来，不需要单独分析各性状的变化。多性状的联合育种甚至可以减弱性状间的拮抗作用。虽然电子自愿采食量记录仪的应用能使我们更全面地了解动物的采食方式和采食行为，加强对生长性能和经济权重值的估计，但在应用中收效甚微。群养动物个体间的社会交互作用与环境变化对动物的采食量有重要的影响。此外，哺乳期采食量的增加对仔猪初生重的提高和减少母畜的失重具有重要意义，母畜体况的好坏直接关系到后续的繁殖健康（断奶交配时间间隔、仔猪大小和生存状况等）。哺乳期母畜的采食量、母畜产后失重和仔猪初生重已成为母本品种选育的主要目标性状。因此，母畜的营养和管理策略也要做相应的调整。

关键词：采食能力，最佳采食量，哺乳期采食量，环境敏感性，遗传对立

前言

本书大部分章节主要讨论营养水平、管理因素或健康状况对自由采食的影响。在讨论的过程中，我们假设所有因素都是固定不变的，并认为自愿采食量的变化也受动物自身因素的影响，比如物种间的差异、种内个体的差异以及同一个体不同生长发育阶段的差异等。

大约在 20 年前，John Webb 撰写过一篇关于猪采食量与遗传育种的文章（Webb, 1989）。他指出，在当时猪育种的过程中，人们着眼于提高瘦肉率和采食率，却忽略了采食量低于或维持在生长必需水平时对猪生长发育的影响。并且猪采食量的增加与提高瘦肉率和生产性能成为了主要矛盾。因此，选育出采食量和瘦肉率高的新品种猪是当时猪遗传育种的主要问题。

在猪的育种进程中主要有以下的进展：

（1）BLUP 选育方法的广泛应用。这使育种工作者在育种工作中能更好地控制遗传性状的改变，并显著提高了育种的效率。

（2）自动化饲喂技术。根据实验测定个体动物的采食量，然后在集约化养殖过程中

* 本章原作者：P. W. Knap (PIC International Group, Ratsteich 31, 24837 Schleswig, Germany; Pieter.knap@pic.com)；本章由侯振平编译，苗晋锋校稿。

进行全自动饲喂，节约人力，提高了劳动生产效率。

(3) 规范选择父系和母系品种。育种工作者可在不同的品种中应用不同的育种方式，从而达到不同的育种目标。

(4) 应用分子遗传学技术发现了 QTL，它能很好地解释料肉比，并且增加了 BLUP 在育种估测中的可信度。

与 20 年前的育种工作相比，目前的育种工作者更加注重育种种群的自愿采食量变化。在集约化养猪生产中，自愿采食量在以下两方面中扮演着重要的角色：

(1) 生长 - 肥育猪需要快速（高采食量）和高饲料利用效率（低采食量）的方式进行瘦肉的沉积。

(2) 母猪需要高饲料利用效率（低采食量）以保持高的繁殖力（称为高体能储备和高采食量），同时提供不完全的蛋白沉积率、生长效率以及屠宰效率。

在猪的育种过程中，由于母畜和公畜的育种目标不同，这就造成了不同性别的采食量、瘦肉率等性状存在差别。

生长猪采食量：研究进展

生长 - 育肥猪表现出的生长与胴体性状、肉质性状和强健性状是父系猪育种的主要目标性状。生长和胴体性状主要是通过实验中记录的生长速度、采食量、背膘厚度和背最长肌深度来反映。采食量一般采用自动化设备进行测量，此饲喂设备能够识别群体中的个体，并且该设备可详细的记录每头猪的采食量，并将其转化为平均日采食量。图 1 显示了

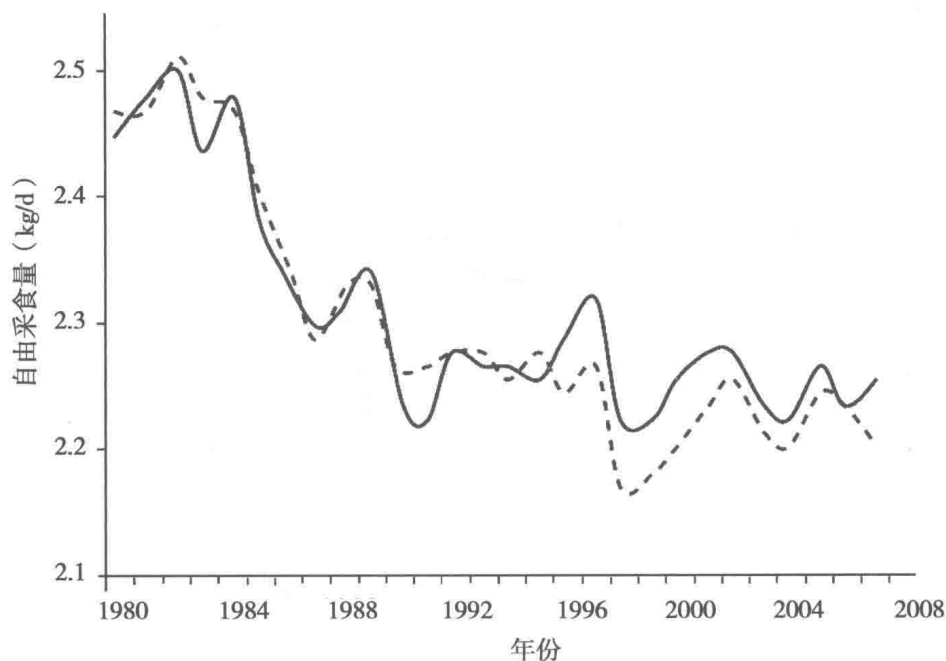


图 1 瑞士长白（实线）与瑞士大白（虚线）生长猪自愿采食的时间趋势

注：每一年表型群体的平均值，数据来源于 SUISAG（SUISAG，2007）。

生长-育肥猪自愿采食量的变化趋势。该数据表明,从1980年开始,瑞士长白猪和瑞士大白猪的自愿采食量均呈下降趋势。随着对“猪采食量逐年下降”这一现象的深入认识,在1988年对这些品种猪的育种目标进行了改变,并期望在较短的时间能有所缓解。仅过了2~3年(猪的第1代或第2代后代),猪的自愿采食量以27 g/d的速度逐年降低的现象就停止了。

在图1中,虽然两个品种猪的采食量变化趋势线几乎重合(相同的时间点几乎有相同的采食量),但这不是一种典型的现象。不同品种猪及其杂交后代的自愿采食量有很大的区别(图2中左侧的图所示)。图2是商业评估实验的结果(图中每个数据点均代表一个商品化的杂交品种猪在育肥期的日平均采食量),从图中可以看出,随着时间的推移,这些数据点出现不连续性,这种不连续性主要是由于育种公司使用不同的杂交亲本造成的。虽然我们没有对这些数据进行归纳调整(例如日粮组成、猪舍系统、性别或者瘦肉成分的预测公式等),但所有的趋势均与图1的结果相似。从图2中还可以看出,不同杂交品种猪之间采食量的变化差异很大。这些数据表明,目前市场购买的终末杂交品种猪与20世纪70年代的部分纯种或者杂交猪的采食量相似,然而目前的饲喂水平已大幅度提高了,这暗示目前部分杂交猪还存在着采食量较低的现象。

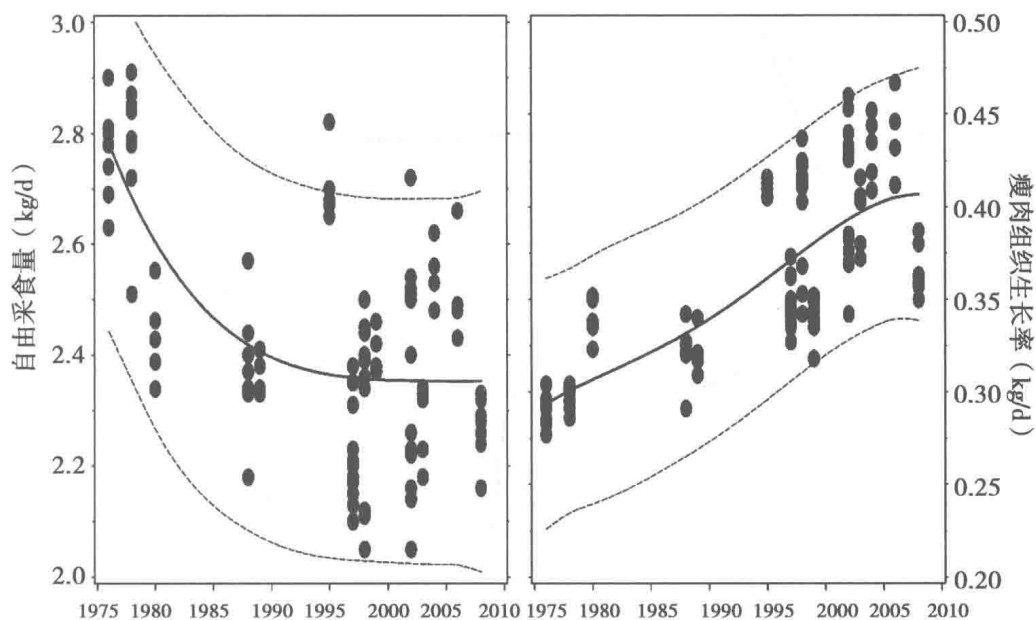


图2 103头杂交品种生长-肥育猪自愿采食量和瘦肉组织生长率

注:1. 计算方法是活体重量生长率 $\times 0.75 \times$ 估测的胴体瘦肉成分的时间趋势;2. 在丹麦、法国、德国、荷兰、英国和美国的公开商业产品育种性状中有记录;3. 未矫正的表型群体平均值,数据来源于18本著作和互联网资源。曲线是通过数据的样条插补方法绘制而成,它们之间有95%的可信度。

图2和图3的结果表明,动物采食量的差异可由遗传力的改变而得到补偿(图3中每一个数据点代表这个品种每头猪的自愿采食量的育种估计值)。随着时间的推移,群体中

目标性状的遗传平均值并没有改变，并且每个个体的遗传值均在 0.5 kg/d。遗传变异的幅度在 0.3 ~ 0.5 之间，并且与遗传力性状相一致。因此，动物间的非遗传变异至少与这里显示的非遗传变异（0.5 ~ 0.7）一样大。

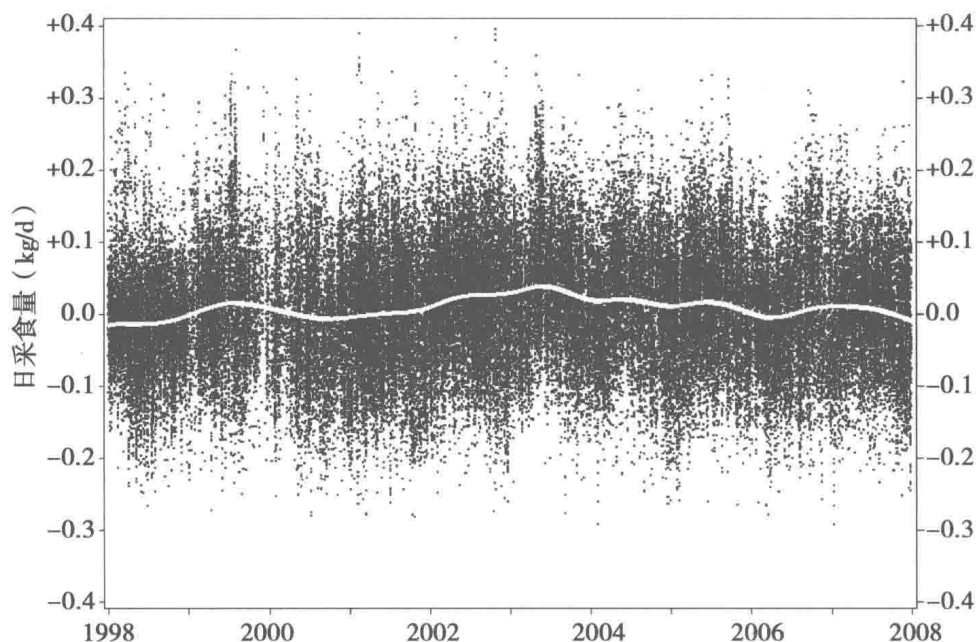


图3 PIC系的84 434头猪自愿采食量的估计育种值（生长-肥育猪）

注：白色的趋势线代表这个群体中这个性状的遗传趋势，与图5中线F一致。

Webb 等提出了自愿采食量与瘦肉率之间的关系（Webb, 1989）：通过降低采食量来选择性地降低脂肪沉积率，从而提高瘦肉率。换句话说，自愿采食量可以看作是瘦肉沉积和脂肪来源的驱动因素。早在 1985 年以前的猪生产育种中，就利用饲料的摄入量来反映脂肪沉积的潜力，并指出采食量（没有提出自愿采食量）是脂肪来源真正的驱动因素（或者限制性因素）。

同时，Emmans、Fisher 和 Emmans 等从动物基本维持需要量出发，提出了“自愿采食量与能够沉积蛋白质和脂质的需要量”的预测模型（Emmans, 1997, 1998；Emmans 和 Fisher, 1986）。这种预测模型的提出说明除了自身生长需要外，猪特定的肥瘦比例还主要受遗传因素和营养物质的摄取两个方面来调控。从这种观点来看，在 20 世纪 90 年代早期，猪（生长育肥期）自愿采食量的下降主要是因为人类选择低脂肪类型的猪而造成的。

以上关于“食欲下降”的说法被 Kanis 整理入“采食能力”和“最佳采食量”的概念中（Kanis, 1990）。Kanis 和 De Vries 利用 Whittemore 和 Fawcett 的线性模型使这一概念数字化（Kanis 和 De Vries, 1992；Whittemore 和 Fawcett, 1976）。在这种模型中，处于成长期的动物其机体蛋白质的沉积会随着能量摄入的增加而呈现线性增长，最后达到一个饱和点，超过饱和点的蛋白质将在体内沉积。De Lange 等人将上述理论在多个品种的猪上进行了验证（De langer 等, 2001）。在营养充足的情况下，动物最佳的营养摄入量就是达到机体对蛋白质沉积的阈值（不会更高，以避免发生脂质沉积）。很明显，这种“最佳”是

一个来源于经济学的概念，并不仅仅来源于生物学。动物采食能力在其中起重要的作用，因为它可能会对采食有所约束，避免动物达到最佳采食量，以至于它不能达到蛋白质沉积的阈值。

Kanis、De Vries 和 Hermes 等人根据猪育种的性状目标 (Hermesch 等, 2003; Kanis 和 De Vries, 1992), 将经济学价值也作为一个育种目标进行考虑, 提出了 Whittemore 预测模型。所有的目标性状均被一起汇集成为一个数字化的目标, 其中自愿采食量有明显的经济学价值。

Eissen 等根据采食量预测模型对 3 组不同体重的 9 个纯种或杂种系猪的采食量进行了预测和验证 (Eissen, 2000), 结果如图 4 所示。图中大多数点不会显著高于斜线, 这意味着猪的最佳采食量是可以预测的, 并且不会显著高于自愿采食量。Eissen 总结发现: 在过去几十年的育种中, 不同的育种程序并没有使自愿采食量和最佳采食量之间产生大的差异。这与 Mc Cracken 等人的发现一致 (Mc Cracken 等, 1994), 即强制饲喂使“高瘦肉生长”猪的蛋白质沉积与自由采食猪的蛋白质增加的方式相似。

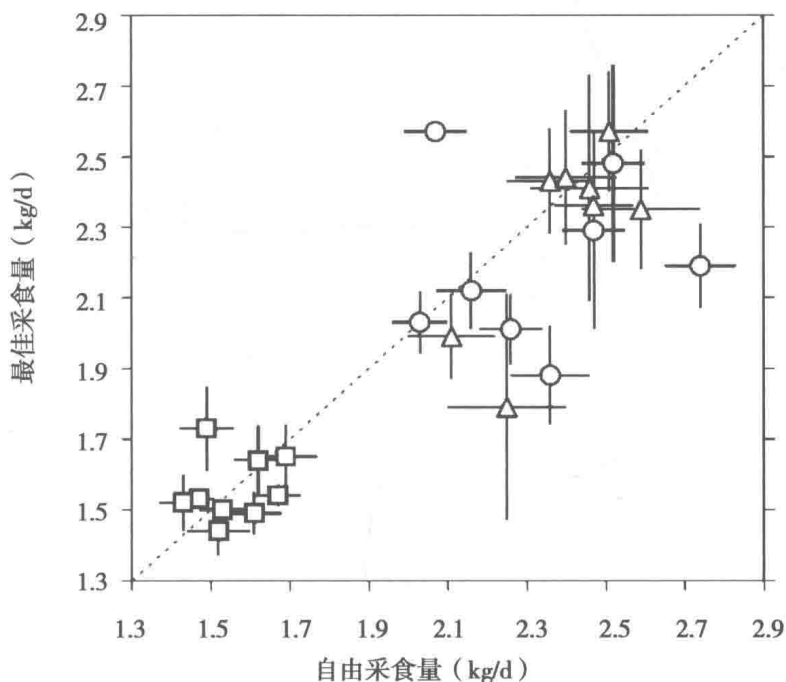


图4 生长-肥育猪中记录的自愿采食量和估计的最佳采食量

注: 活体重测量范围为 25 ~ 65 kg (□)、65 ~ 95 kg (○) 和 95 ~ 125 kg (△)。数据来自于 Eissen (2000)。水平线和垂直线代表每一方估计的一个标准误。虚线是对角线。

Egbert Kanis 等人提出的育种模型需要非常多的生产性状进行支持 (Hermesch, 2004), 由于育种条件的限制, 有可能我们永远也看不到由此模型进行的猪育种。

但是综合 Webb 和 Emmansy 的方法, 发现以下两个特征: ①蛋白质的沉积 (比如, 瘦肉组织生长) 是能量消耗 (比如采食量) 的驱动因素。②存在其他因素参与调节动物

的采食量。

由于存在其他因素参与调节采食和能量代谢,使得蛋白沉积和能量消耗相对平衡。正如 Ellis 和 Augsburger 总结的那样 (Ellis 和 Augsburger, 2001): 动物的遗传力能影响采食量和瘦肉生长的潜力。Black 更明确地指出 (Black, 2009), 对于猪育种者来说, 只要将自愿采食量控制在一定范围内, 就能保持其他繁殖性状的平衡。自从 20 世纪 80 年代末期, 育种工作者就接受这种育种方法, 从图 1 就可以看出这一点。从图 2 的结果也可以看出, 商品猪瘦肉生长率以 4 g/d 逐年增加的同时 (右边的图), 其自愿采食量也不再下降 (左边的图), 当然它们的自愿采食量也没有增加。

20 世纪 90 年代, Edinburgh-Wye 对瘦肉型猪的选育也证实了上述“采食量维持稳定”的观点。从随机选择的瘦肉生长率增加的群体中可以看出: 自愿采食量没有显著性的减少 ($-19 \text{ g/d} \pm 40 \text{ g/d}$), 而其他因素会使采食量显著性地增加 ($+69 \text{ g/d} \pm 45 \text{ g/d}$)。自愿采食量的增加, 可提高瘦肉率, 并且瘦肉增长率主要与机体生长率以及身体的组成有关。因此, 自愿采食量与瘦肉生长率和其组成是不同的遗传性状, 不能一概而论。

显而易见, 自愿采食量的减少会降低瘦肉组织生长的速度。从 20 世纪 80 年代至今的数据表明, 自愿采食量的减少实质上是减少了体脂的沉积, 但是这种因果关联后来被打破了。在电子自愿采食量记录仪和 BLUP 广泛应用之前, 自愿采食量的调控是非常有限的。当时猪育种的重点是减少脂肪生成, 自愿采食量对于这样的育种结果来说并不重要, 因为大部分猪在那时被限饲喂养。随着猪育种研究的深入, 生长猪的自愿采食量开始变成了育种目标性状, 这一点在图 5 中能得到验证。此外, Fowler 等很早就指出 (Fowler 等, 1976): 在由多个因素组成的总体目标中, 一个限制性因素的大幅度变化, 并不能显著影响总体目标中的各个因素。如在猪的育种中, 某一限制性因素发生改变, 机体会根据自身的需要改变其他因素, 一般不会将采食量作为改变的对象。

图 5 是 8 个 PIC 品种猪的瘦肉率、自愿采食量和饲料转化率在近 10 年中的遗传变化曲线图。与之一一起构成育种父系或母系的部分品种猪在这里并没有完全描述。这些品种猪形成的杂交产品被销售到全球各地, 为了满足不同的需要, 它们形成了不同的育种目标。因此, 图 5 展示的是不同育种目标选择的结果: 生长率、背膘厚度、背最长肌深度、自愿采食量以及相关的性状, 根据不同性状的组合得到育种的目标。

虽然图 5 中瘦肉率、自愿采食量、饲料转化率和窝增重等的变化曲线之间存在着内在的联系, 但是随着时间的推移, 采食量的不同和与之相关的繁殖性状却有共同的发展趋势:

(1) 线 A 的育种目标没有包含生长-育肥性状。因此随着时间的推移, 瘦肉率的曲线变化很小, 自愿采食量和饲料转化率有相同的变化趋势。

(2) 在这 8 条线中 (并且通过它的育种目标), 线 B 的瘦肉率曲线表现出大幅度的增加 (因为体重生长率有很大的增加, 背膘厚度和背最长肌也有较大变化), 并且饲料转化率有最大幅度的减少。

(3) 线 C 的瘦肉率曲线表现出中等级别的变化 (归功于在这些线中的生长率有很小的增加, 背膘厚度和背最长肌有较大的变化), 饲料转化率也是如此。虽然这条线对应的自愿采食量与线 A 和线 B 的一样, 只有很小的变化, 但是方向相反。

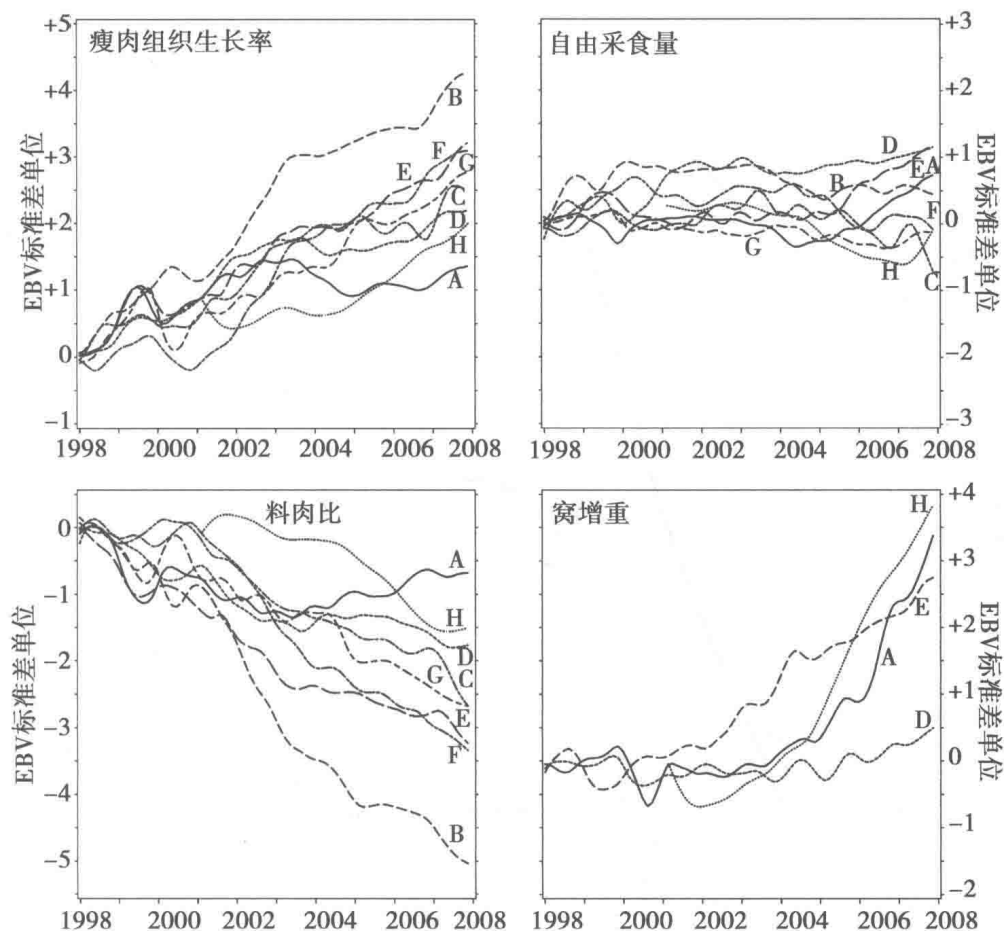


图5 在8个PIC系中瘦肉组织增长率、自愿采食量、饲料转化率和窝重增加的遗传倾向

注：增长率、采食量、饲料转化率（所有指标都在生长-肥育阶段）每个性状的所有品种在1998年都被迫通过相同的起源，使得品种之间具有可比性。所有的特性都是按比例缩小的估计育种值标准偏差，这样使性状之间垂直轴具有可比性。瘦肉组织增长率通过活体重增长率 $\times 0.75 \times$ 胴体瘦肉成分进行计算，瘦肉成分 $= 59 - 0.8 \times$ 背膘厚 $+ 0.2 \times$ 眼肌深度。

图5结果表明，不同PIC猪繁殖性状的遗传水平以不同的方式进行，根本的原因就是育种目标的不同而造成的。通过瘦肉率、饲料转化效率或者其他性状组合的育种目标来解释自愿采食量的变化是毫无意义的。最好的例证就是图5中采食范围的变化区间只有2个EBV标准偏差单位，而其他性状却有3~4.5个单位。

综上所述，尽管在限定条件下的自愿采食量与其他繁殖性状之间可能有遗传对立性，但在控制动物采食量的同时，增加瘦肉率（或其他性状）的育种目标是完全可行的，遗传对立也可以被完全瓦解。图2表明，从20世纪80年代末期，不同的育种目标已在实践中开展，并且将来有多种方向发展。图3表明，育种群体中存在着较大的遗传变异。

生长猪采食量：新发展

采食方式和环境敏感性

多数自动化设备可以提供日常数据的测量，包括采食量、采食时间、通过采食器对饲料进行区分以及各餐之间的变化情况。根据这些数据，我们可以分析动物的一些性状特征：在一段时间内的采食量曲线、饲喂频率和时间、饲料大小和采食间隔等，这样简单的性状能增加常规育种值的可信度。De 和 De Vries (1993)、Labroue 等 (1996)、Von Felde 等 (1996)、Hyun 等 (1997)、Hall 等 (1999)、Schnyder 等 (2001)、Schulze 等 (2003)、Lorenzo Bermejo 等 (2003)、Rauw 等 (2006) 和其他的一些研究者均得出了相似的研究结果 (De haer 和 De Vries, 1993; Hall 等, 1999; Hyun 等, 1997; Labroue 等, 1996; Lorenzo Benrmejo 等, 2003; Rauw 等, 2006; Schnyder 等, 2001; Schulze 等, 2003a; Von Felde 等, 1996)。这些结果与 Labroue 等提出的结论相似，即“它”能满足育种性状的全面选择而不是建立简单的动物饲喂准则。在生产体系中，性状特征如自动化设备记录的那样，但与产生这些性状相关的信息却没有体现出来，如生理状态、群组行为和净代谢效率等。在家畜中这些内在联系还很少被研究，下面的章节中有关于这部分内容的讨论。

图 6 是两头猪随意采食的数据图。从图中可以看出，两头猪的线性回归线实际上是相

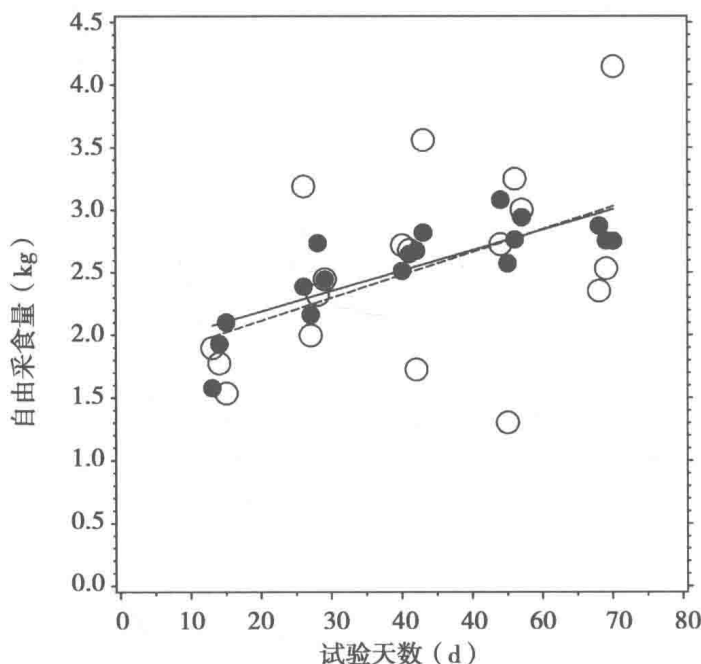


图 6 2 头生长-肥育猪的自愿采食量记录

注：数据来自于 D. D. Casey (未发表数据, 2008)。线性回归的剩余标准差是 0.235 (●) 和 0.678 kg (○)。

同的，但是组内日采食量的变化很大。Ellis 和 Augspurger 发现不同行为间也存在与上述相似的结果（Ellis 和 Augspurger, 2001），并指出“在动物的生产和营养供给中，日采食量的变化很大，但其作用还不明确，需要进一步的研究”。自愿采食量可能是反映动物每日代谢水平最直接的指标。因此，随着时间的推移，采食量的变化能用于反映动物对环境变化的敏感性。

图 7 为具有特定遗传力且体重为 100 kg 的 500 只猪模拟“生长-育肥猪热产量与环境温度相关性”的实验结果：猪的产热与环境温度的变化有着相同的变化规律。动物在低临界温度处的变化差异很大，表明不同动物可能有不同的低临界温度阈值。在常温环境中，随着环境温度的不同，动物的产热变化也不同，进而通过产热而调节动物的采食量。

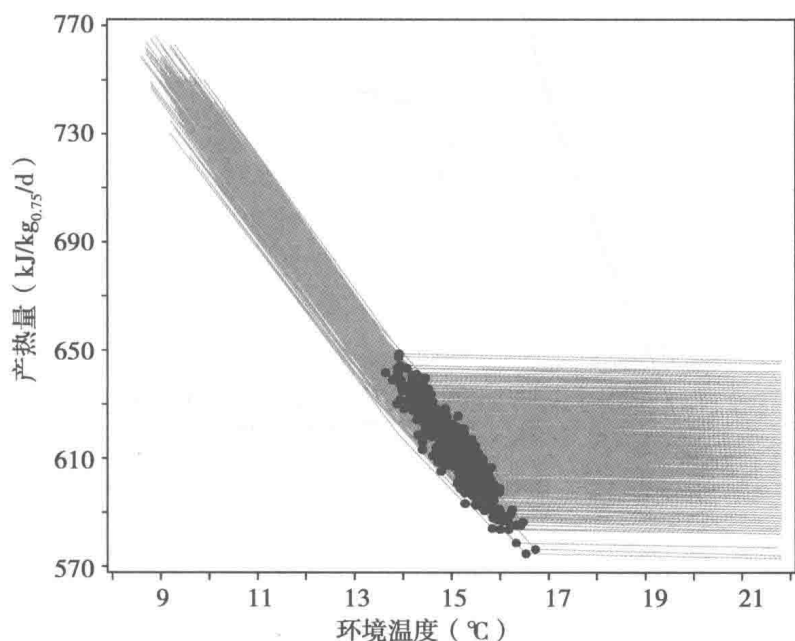


图 7 同一个基因型 500 头模拟生长-肥育猪热产量与环境温度相关性

注：每一头猪由它的灰色的破碎的趋势线和黑色的点表示，表现出较低的临界温度和相关的产热。数据来自于（Knap, 2000）。

在动物的生长-育肥期间，大量的环境因子（微环境、营养、健康状况以及内在因素等）均呈现有规律的变化。然而，每天会有部分动物的部分代谢阈值可能超过动物的敏感阈值。因此，需要通过暂时性的增加采食量（或降低采食量）来矫正代谢水平。图 7 结果表明不同动物之间的代谢阈值存在差异，因此矫正代谢活性的变化可能也有预期的差异。图 6 结果显示，不同动物的日采食量均围绕着平均采食量周围，并呈现出分散分布。具有敏感代谢阈值水平的动物有一个高的环境敏感性，该动物对环境的变化有着高度的敏感性。动物采食量随着时间的变化而变化，反应出这些动物有一大部分是矫正代谢的行为，这个变化可以作为环境敏感性的间接测定因子。

Eissen 分析了 494 头生长-育肥猪日采食量（DFI）与时间的关系（Eissen, 2000），实验结果与图 6 相似。通过数据分析，为每个动物都计算出了一个线性回归方程（ $DFI =$

$a + b \times \text{时间}$), 对于每个动物来说, 都产生了一个围绕在回归线周围的数值 - 剩余标准差 (Residual standard deviation, RSD)。在分析中, RSD 的平均值是 0.43 kg, 动物之间的标准差是 0.11 kg (图 6 中 David Casey 对两头猪的分析与 Eissen 的结果完全吻合)。它的遗传力被估计为 0.46, 它与生长率、采食量和体组成性状的遗传相关性值约为 0.54 ~ 0.75。注意到这一点, 就不难理解图 3 中组内的变化弥补了组间的差异。

通过上述的分析, 可以将测量环境敏感性加入到生长率、采食量和体况等常规育种性状的选择中。Eissen 估计了动物育种需要的大部分遗传参数, 然而还缺失如下部分: ①RSD 与环境敏感性之间的遗传相关性。②与性能性状相关的经济权重值。如 Knap 等为一个组织机构计算环境敏感性的经济权重值一样 (Knap, 2005), 这两部分的补充都需要一些新的方法。但无论如何, 这部分的添加都比前面讨论的“采食量和采食模式”对动物育种更有意义。正如 Schulze 等总结的那样: 剩余标准差将增加未来育种计划的兴趣, 能在一个更广泛的环境范围内获得高的性能 (Schulze 等, 2003b)。

猪群体之间的社会影响

De Haer 和 Merks 最早报道称, 电子饲喂设备的引入使我们更清楚地认识到, 群体饲养情况下动物的自愿采食性状与单个饲养情况下的明显不同 (De haer 和 Merks, 1992)。当猪发生争抢食物时, 它们的平均摄入量减少, 并且动物之间有很大的不同。单个饲喂的猪自愿采食量的平均值约为 (2.20 ± 0.20) kg/d, 而 8 头群体饲养的猪的自愿采食量约为 (2.04 ± 0.29) kg/d。Von Felde 的研究结果也发现, 单个饲养条件下猪的自愿采食量约为 (2.87 ± 0.29) kg/d, 而 15 头群体饲养猪的自愿采食量约为 (2.46 ± 0.48) kg/d (Von Felde, 1996)。因此, 对于群体饲喂的猪来说, 部分猪要比单个饲养时吃得少, 而有些猪吃得会更多。

De Haer 等估测群体饲养猪采食量和生长率之间的相关性 (0.47) 要比单个饲养的低 (De Haer, 1992; De haer 等, 1993)。Nosvin 等的研究表明, 个体饲喂体系下采食量和生长率的遗传力约为 +0.70, 而 12 头群体饲养的猪产生了 +0.31 的遗传相关估计值。当猪从个体饲养变为群体饲养时, 采食量和生长率之间的遗传相关性会下降。因此, 群体饲养环境中一定出现了另外一些因素, 这些因素可能调节机体的生长代谢。“社会活动”是一个显而易见的候选因素。

相比之下, Von Felde 报道了单个饲养 (+0.56) 和群体饲养 (+0.57) 的采食量和生长率之间的遗传相关估计值差异不显著 (Von Felde, 1996)。但是, 他估算单个饲养与群体饲养之间的采食量遗传相关是 -0.06 ± 0.12 , 相应的它们之间生长率的遗传相关是 +0.45, 然而这些性状差异很大。

如上所述, De Haer、Sehested 和 Von Felde 是对两个因素的相关性进行估计, 就这点而言, 每个研究中的个体饲养和群体饲养的猪都来自于相同的遗传群体。Labroue 回顾了这些文献并列出了来自 12 个群体饲养猪的研究结果 (Labroue, 1995), 这 12 个群体的大小是从 1 到 12 头猪, 结果表明, 群组的大小对采食量和生长率之间的相关性没有明显的影响。但是那些估算值均来自于不同的猪群。因此, 它们之间没有必然联系, 并且很难进行比较。

Labroue 等分析了长白猪和大白猪的生长-育肥期在单一品种的群养圈或混合品种的群养圈中的采食行为（如采食频率、持续性和采食体积）（Labroue 等，1996）。研究结果表明：单一品种集体饲养的采食特点与多品种混养之间没有差异。相比较而言，在混合品种集体饲养中，长白猪的采食行为发生了改变：每天的采食次数减少，但是每次采食持续时间延长了。这种行为的变化可能是激烈竞争现象的反映（Labroue，1995）。

下面，我们研究集体饲养猪的自愿采食量能否通过社会活动行为受到同圈猪的影响。Chen 等综述了关于猪之间的社会行为（Chen 等，2007），重点集中在生长率的选择。他们把个体自身遗传潜力性状（直接的遗传性状）与同圈伙伴互相影响性状的遗传潜力（竞争影响或社会影响）区分开来，这种观点可以追溯到 Muir 和 Schinckel 等的研究（Muir 和 Schinckel，2002）。在此基础上，Chen 等分析了生长-育肥猪的生长效率（Chen 等，2008），产生了与 Bergsma 等相似的结果（Bergsma 等，2008a）：在群体中，社会影响对生长率和采食量的遗传变异有很大的影响。Bergsma 的结果有两个显著的特征：

（1）直接影响的生长率和自由采食的遗传力分别为 0.25 和 0.18，直接影响和社会效应结合的所对应的遗传力分别为 0.71 和 0.70。

（2）直接遗传效应和社会效应之间的相关估计是偏正面的，不管是对生长率（ $+0.20 \pm 0.10$ ）还是对自愿采食量（ $+0.15 \pm 0.14$ ）。因此，Bill Muir 的早期术语“竞争性效应”具有误导作用。Bergsma 的数据中，采食量和生长效率在群体饲养中有正遗传潜力，并没有预料到群体饲养的负面影响。

Canario 等采用 Bergsma 的参数估计描述其他猪群体生长率的社会效应（Canario 等，2008），并且揭示了攻击性性状的相关性。Anderson 等研究了攻击性行为与种群的大小有关（Andersen 等，2004），并得出这样的结论：猪种群的大小通过竞争形势变化而改变它们的行为。随着竞争者的增多，攻击成功的可能性会逐渐减少。猪最早可能是通过影响它们的采食量来影响同圈猪的生长效率（或其他生产性状）。Bersma 和 Chen 的研究结果表明，这种影响现在不但存在，而且具有一定的遗传因素。这两个研究都受到数据结构的限制，考虑到同圈中动物之间的亲属关系，因此没有进行深入分析。Bergsma 得出如下结论：当群体（用于测试性能）是有许多没有关系的个体组成时，社会遗传估计是最有效的，这将需要复杂的性能测试规则。因此，这在常规猪育种中还需要很长的时间才能实施。但是，在这种情况下，只有自由采食和猪之间的遗传因素相互影响的方式起着核心作用，又显得非常简单。关于此部分，Manteca 和 Edwards 有更详细的描述（Manteca, Edwards, 2009）。

这开启了关于猪育种中长期被忽略的“遗传变异”的相关研究。有趣的是，Wellock 等在图 7 中模拟了体温调节方式的社会活动等（Wellock 等，2003），这反映了动物应激时，应激因子的强度和在给定的应激因子强度下，应激导致生产性能降低和能量（活力）增加的程度。这表明新发展这部分的两个问题具有一定的内在联系。

母猪采食

母系育种的两个目标：

（1）生长-育肥猪育种性状的选择与父系育种的目标相似。

(2) 母猪的繁殖性状。

猪育种工作中,出现了特定的父系和母系育种,母系育种越来越倾向于第二个要素。第一个要素的大部分性状选择往往是由父系的部分育种计划来决定。

在20世纪80年代晚期,Dourmad写道(Dourmad, 1998):查阅有关采食量调节猪生长的文献中, Henry发现体重较轻与较重的猪相比,其自愿采食量较低(Henry, 1985)。在泌乳母猪中有着相同的遗传效应,但是差异并不显著。目前育种的主要目标是胴体瘦肉成分的改良,却造成母猪食欲的减小,从而引起了一个新的问题。同时, Lynch写到:为了维持体重和体况,泌乳母猪每天需要摄入5~7 kg的饲料(Lynch, 1989)。即使是自由采食的母猪也不能获得足够的营养,因此体重就会下降。该问题在初产的母猪尤为严重,并且低泌乳期饲料摄入是繁殖性能降低的主要因素之一。

几年后, Lynch的观点得到了证实。研究表明,不管是在当前还是随后的实验中,泌乳母猪的采食量和体组织的代谢能力可影响它的繁殖性能,例如 Rychmer等(1992)、Loketsu和 Dial(1997)、Clows等(2003)、Grandinson等(2005)、Bunter等(2008)、Hermesch等(2008)和 Dourmad等均一致认为(Bunter等, 2008; Clowers等, 2003; Dourmad, 1998; Grandinson等, 2005; Hermesch等, 2008; Loketsu和 Dial, 1997; Rydhmer等, 1992):瘦肉生长性状和繁殖性状可能没有很大的相关性,但生长-育肥猪采食量的调节与泌乳期采食之间存在相关性。

窝产仔数的增加与瘦肉率的增加共同造成多产母猪体脂储备减少。20世纪90年代以来,所有文献都提到多产母猪会增加营养的需要量,特别是炎热的天气,因为炎热的气候条件尤为抑制动物的自愿采食量。与20世纪80年代以来生长-育肥猪的育种十分相似,采食量也是影响动物哺乳的一个重要因素,但是人们都不清楚其中的作用方式,并且所有的文献中很少有相关的实验数据,尤其是遗传效应。事实上,泌乳母猪的自愿采食量数据不多,大部分数据都来源于实验数据预测。

Eissen等和 Bergsma等分析了泌乳期采食量数据(Bergsma等, 2008b; Eissen等, 2003)。Eissen给出了多重回归系数的估计值,如图8所示,这是一个投入产出系统,产量由泌乳期窝增重表示,投入由母猪采食量加母猪组织分解代谢表示。显而易见,高采食量产生较高的产出和其他投入因素较低的需求水平,比如保存组织代谢等。如图8所示,低窝产仔水平的母畜,其能量消耗的较少,显得尤为节省。

Bergsma将“结合投入因素”建立了一个模型。从营养成分和代谢的母体组织和后代组织,到母体和后代维持来源分配的动力学均可以量化。这使得投入和产出能通过“哺乳效率”(单位投入/单位产出)来表示出来,类似于动物的饲料转化率。投入、产出和效率的遗传力被估计为0.12~0.17,哺乳期采食量的遗传力被估计为0.30,窝重增加的遗传力被估计为0.18。投入产出之间的遗传相关被估计为+0.69,投入和效率之间的遗传相关为-0.67,产出和效率之间的遗传相关为+0.20±0.15。“窝重增加”与Bergsma的“产出”具有相同的性状遗传力,且正相关($R^2 = +0.99$)。相对于母猪体重损失、脂肪损失和蛋白质损失,哺乳期采食量的遗传相关估计为-0.62到-0.85。而相对于窝重增加时,哺乳期采食量的遗传相关估计为+0.48。

Bunte等和 Hermesch等的结果表明,哺乳期采食量的遗传力约为0.16,并且有0.32