

不同生长阶段长白猪体型特征的主成分分析

侯建君 施正香 李保明

(中国农业大学 水利与土木工程学院,北京 100083)

摘要 体型特征参数是了解不同生长阶段猪的生长发育情况,开展猪的育种和养猪设施、设备等工程配套技术研究的重要参考参数。选取4个不同生长阶段长白猪的6个体型特征参数进行了主成分分析,结果表明:不同阶段长白猪各体型特征参数之间均呈现显著的正相关($P < 0.01$),其中以胸围与体重的相关性最为明显。不同日龄猪的主成分因子有所不同,1日龄的第一主成分为长度因子,第二主成分为高度因子;28日龄、70日龄和150日龄的第一主成分为宽度因子,第二主成分为长度因子;1日龄和70日龄的第三主成分为长度因子,28日龄和150日龄的为高度因子。不同生长阶段长白猪在长、宽、高方向的生长速率存在一定差异。

关键词 长白猪; 体型特征; 相关性; 主成分分析

中图分类号 S 828.89

文章编号 1007-4333(2006)03-0056-05

文献标识码 A

Principal component analysis of Landrace's physical characteristics

Hou Jianjun, Shi Zhengxiang, Li Baoming

(College of Water Conservancy and Civil Engineering, China Agricultural University, Beijing 100083, China)

Abstract The physical characteristic is one of the most important signs of a pig growth and the study of the physical characteristic has an important reference significance for understanding of a pig growth at the different stages. Landraces used in this research are all from a certain intensive farming system in Tianjin the relationships among body weight, body length, oblique length, withers height, chest circumference, and abdominal perimeter variables were investigated and the principal component from the four stages, 1-day-old, 28-days-old, 70-days-old and 150-days-old of Landraces, were analyzed. The result shows that the physical characteristics of the Landraces at different ages have notable correlation ($P < 0.01$), especially the relationship between chest circumference and body weight. The PCs are different at different stages. When the Landraces are 1 day old, the length factor is the PC1, the height factor is the PC2; When the Landraces are 28, 70 and 150 days old, the breadth factor is the PC1, the length factor is the PC2; when the Landraces are 1 and 70 days old, the length factor is the PC3, when the Landraces are 28 and 150 days old, the height factor is the PC3.

Key words Landrace; physical characteristics; correlation; principal component analysis

主成分(principal component)分析是一种数学变换方法,自 Pearson 提出该方法以来,在社会科学、医疗卫生、信息、金融、水利、农业等各个领域得到了广泛应用。在畜牧生产中,主成分分析法在动物分类以及性状选育分析中的应用较为多见^[1-7],

通过主成分分析将某些彼此独立的单一性状综合成复合性状,反映多目标性状间的内在联系,获得了较好的选育效果。

工程技术作为现代养殖生产体系的重要技术支撑,以其本身的技术进步促进着畜牧产业向现代化

收稿日期: 2005-06-13

基金项目: 国家高技术研究发展计划资助项目(2003AA209050-2);北京市教育委员会共建项目建设计划资助项目(XK100190550);教育部科学技术重点研究项目(03018)

作者简介: 侯建君,硕士研究生,设施养殖工艺与环境;施正香,副教授,通讯作者,主要从事设施养殖工艺与环境的研究, E-mail: shizhx@cau.edu.cn

方向转变^[8-9]。为使畜禽的固有生产潜力得到更好的发挥,除需要在品种、营养、兽医防治等方面继续进行深入系统的研究外,还应从畜禽行为需要、生活习性、不同阶段生长发育的规律等方面研究和开发相应的配套设施和设备,更好地满足畜禽生长需求,提高生产水平,并确保动物福利。由于目前对不同阶段猪体型特征的变化规律尚缺乏较为系统的研究,以致相关工程配套技术的研究缺乏必要的体型特征数据资料,很难设计出既能满足猪的生理需求和行为需要,又尽可能降低造价的设施和设备;加之有关参数测量尚缺乏有效的测试设备和测试方法,获得这些参数需耗费大量人力、物力,且对猪只会产生很大的应激。笔者选取体重、体长、体斜长、体高、胸围、腹围等6个猪体型特征参数进行测试分析,选出不同生长阶段猪只的体型特征主成分因子,以更好地了解猪的生长发育情况与相关性状信息的关系,为实现生猪生产标准化以及相关配套设施、设备的开发提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料

1) 样本选取。实验样本猪选自天津市宁河原种猪场。随机选取分别为哺乳、断奶仔培、育成、育肥4个生长阶段起始日龄,即1、28、70和150日龄的丹系长白猪各50头作为样本,各阶段样本猪群的饲养环境、饲喂方式和营养水平基本一致。

2) 测试时间。2004-08 每天上午喂饲前对猪只各项测试指标进行测定,除150日龄7d内完成之外,其他均在2d内完成。

1.2 测试内容与方法

主要测试指标见表1。测试方法参照《中国大白猪性能测定技术操作规程》^[10]。为使测试得到的体型参数能够为工程设计提供参考,将通常用于牛和鸡体尺测量的体斜长也作为体型特征参数。测试在临近猪只的圈栏内进行,圈栏290mm×386mm×88mm,水泥地面。测量时,保持被测样本猪姿势

表1 长白猪体型特征测试指标

Table 1 Testing index of Landrace physical characteristic

测试指标	定义	测量工具
体长 X_1	从鼻端经由2耳根连线的中点,沿脊背至尾根的长度。使猪的头颈与躯体基本在同一水平线,防止其低头或仰头。	卷尺
体斜长 X_2	肩端前缘到臀端后缘的直线距离。	卷尺
体高 X_3	耆甲顶点至地面的垂直距离。	测杖
胸围 X_4	肩后绕胸一周的长度。	卷尺
腹围 X_5	腹部最大处的周径。	卷尺
体重 X_6	每日上午空腹体重。	电子称

端正,自然放松,工具尽可能紧贴被测猪体表面。所用卷尺和杖尺测量前均作校正。

1.3 数据处理

1) 原始数据的标准化转换。原始数据度量单位不同,通常不能在同一水平上进行比较分析,为此,按式(1)对数据进行标准化处理,然后计算协方差阵。这种数据转换并不改变各变量之间的相关性。

$$X_z = (X - \bar{X}) / s \quad (1)$$

式中: X_z 为标准化后的数据; X 为原始数据; \bar{X} 为原始数据的平均值; s 为原始数据的标准差。

2) 主成分的选取。用Jacobi法求出体长、体斜长、体高、胸围、腹围、体重等6项体型特征参数相关阵的特征值、累积贡献率及特征向量。为了保留原多维空间的信息量并简化计算,一般选择 k 个较大

特征值,使累积贡献率

$$= \sum_{i=1}^k \left(\frac{\lambda_i}{\sum_{i=1}^n \lambda_i} \right)^{-1} = 85\% \quad (2)$$

作为入选的主成分。数据采用SPSS软件分析。

2 结果与分析

2.1 体型特征参数间的相关性

作为一个完整的有机体,猪的外部特征与其形态、机体内部机能等有极其密切的关系,往往外部特征即可反映其内部机能。有研究表明,猪的某些外形形状与某些经济性性状存在相关关系,与体格有关的体质、体高等性状有相当高的遗传力^[11];所以,了解外形特征参数,对进行猪的遗传育种研究,以及确定养猪设备尺寸是十分必要的。根据所测体形特征

数据,利用相关系数法,获得不同日龄测试样本的相关系数矩阵,结果见表2。可以看出,不同日龄长白猪各体型特征参数间均呈显著正相关($P < 0.01$),其中各日龄体重 X_6 与胸围 X_4 的相关性最显著,体斜长 X_2 与体高 X_3 的相关性最弱。70日龄长白猪各体型特征参数间的相关系数集中在0.8左右,明显高于其他日龄的;体高 X_3 与体重 X_6 的相关系数

达到了0.892。其他日龄长白猪的体型特征参数间相关系数比较分散。

尽管相关性分析可以了解各生长阶段猪不同体型特征参数之间的关系以及相互影响,但无法消除性状间彼此相关而造成的信息重叠,为此进行主成分分析,将复杂的数据综合成几个简单的综合性状。

表2 不同日龄长白猪体型特征参数的相关系数

Table 1 Correlation matrix of physical characteristic of Landrace at different ages

日龄	测试指标	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6
1	X_1	1.000					
	X_2	0.593	1.000				
	X_3	0.591	0.464	1.000			
	X_4	0.787	0.732	0.706	1.000		
	X_5	0.729	0.582	0.754	0.832	1.000	
	X_6	0.872	0.720	0.594	0.897	0.828	1.000
28	X_1	1.000					
	X_2	0.637	1.000				
	X_3	0.522	0.517	1.000			
	X_4	0.685	0.651	0.604	1.000		
	X_5	0.650	0.593	0.505	0.815	1.000	
	X_6	0.805	0.691	0.594	0.899	0.786	1.000
70	X_1	1.000					
	X_2	0.809	1.000				
	X_3	0.829	0.745	1.000			
	X_4	0.794	0.783	0.881	1.000		
	X_5	0.748	0.787	0.836	0.858	1.000	
	X_6	0.871	0.876	0.892	0.934	0.883	1.000
150	X_1	1.000					
	X_2	0.706	1.000				
	X_3	0.621	0.488	1.000			
	X_4	0.721	0.667	0.590	1.000		
	X_5	0.686	0.580	0.667	0.725	1.000	
	X_6	0.709	0.678	0.591	0.847	0.718	1.000

2.2 体型特征因子的主成分分析

2.2.1 体型特征参数主成分的选取

按照主成分分析中关于累积贡献率和特征向量的生物学含义,累积贡献率为各复合性状相对于所有复合性状对于遗传方差的贡献的百分率;特征向量表示对复合性状贡献的大小,其绝对值反映了各性状对该主成分作用的大小和性质。

长白猪6个体型特征参数相关矩阵的特征值和累计贡献率及不同生长阶段入选的主成分特征向量见表3和4。

由表4可见,第一主成分中特征向量较大的是

体长 X_1 和体重 X_6 ,且二者相关程度较高;故选取 X_1 和 X_6 作为1日龄长白猪体型特征参数的第一主成分。为简化命名,称其为长度因子。为满足主成分的累积贡献率85%的要求,需要继续选取体型特征参数的第二、第三主成分。第二主成分中体高 X_3 的特征向量最大,称为高度因子;第三主成分中体斜长 X_2 的特征向量最大,也称为长度因子。此时,3个主成分的累积贡献率达到了93.178%,满足要求。同理可以获得其他日龄长白猪体型特征参数的第一主成分。28日龄长白猪体型特征参数的第一主成分为胸围 X_4 、腹围 X_5 和体重 X_6 ,第二主成分

为体长 X_1 、体斜长 X_2 , 第三主成分为体高 X_3 ; 70 日龄长白猪体型特征参数的第一主成分为胸围 X_4 和腹围 X_5 , 第二主成分为体长 X_1 , 第三主成分为体斜长 X_2 ; 150 日龄长白猪体型特征参数的第一主成分为胸围 X_4 和体重 X_6 , 第二主成分为体斜长 X_2 , 第三主成分为体高 X_3 。

此外,从表 4 可以看出,各日龄长白猪体重 X_6 的特征向量贡献率均较大,这是因为长白猪在宽度、长度和高度任何方向的发展均伴随着体重的增长;

略有不同的是,由于体重与其他体型特征参数之间的相关性存在一定差异,而且在长白猪生长的不同阶段,其身体的宽度、长度和高度方向的发展程度也存在差异,所以其体重在不同生长阶段和不同主成分内部所占比重不同。

选出绝对值最大的特征向量,结合累积贡献率 (85%),用长、宽、高 3 个因子对不同日龄长白猪体型特征参数进行综合描述,得到各日龄长白猪体型特征参数的主成分(表 5)。

表 3 不同日龄长白猪的体型特征值和累计贡献率

Table 3 Eigenvalue and cumulative contribution rate of Landraces at different ages

序号	特征值				累积贡献率/ %			
	1 日龄	28 日龄	70 日龄	150 日龄	1 日龄	28 日龄	70 日龄	150 日龄
1	2.380	2.570	2.509	2.147	39.660	42.839	41.820	35.787
2	1.764	1.610	1.651	1.651	69.067	69.627	69.341	63.307
3	1.447	1.179	1.559	1.510	93.178	89.316	95.328	88.466

表 4 不同日龄长白猪体型特征入选主成分的特征向量

Table 4 Principal eigenvector of Landraces at different ages

日龄	主成分	特征向量					
		X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6
1	1	0.881	0.323	0.267	0.638	0.606	0.808
	2	0.287	0.210	0.923	0.501	0.655	0.325
	3	0.242	0.915	0.189	0.495	0.274	0.441
28	1	0.579	0.305	0.287	0.826	0.877	0.780
	2	0.623	0.874	0.244	0.333	0.252	0.472
	3	0.201	0.242	0.924	0.328	0.195	0.283
70	1	0.370	0.404	0.720	0.773	0.808	0.663
	2	0.788	0.383	0.608	0.445	0.248	0.504
	3	0.461	0.819	0.238	0.362	0.471	0.516
150	1	0.419	0.343	0.271	0.822	0.662	0.816
	2	0.667	0.882	0.239	0.389	0.244	0.400
	3	0.447	0.182	0.903	0.271	0.563	0.264

表 5 不同日龄长白猪体型特征参数的主成分

Table 5 Principal component of physical characteristic of Landraces at different ages

日龄	第一主成分	第二主成分	第三主成分
1	长度因子	高度因子	长度因子
28	宽度因子	长度因子	高度因子
70	宽度因子	长度因子	长度因子
150	宽度因子	长度因子	高度因子

2.2.2 体型特征参数的变化趋势

随着日龄的增加,长白猪机体各部位的生长发育速度会存在一定差异,这些差异会在体型特征上

得以表现,从表 5 可以看出,不同生长阶段长白猪体型特征参数主成分有所不同。这种生长发育过程中的特殊性通常与遗传、母体、营养、性别及环境等诸多因素有关,应当从长白猪生长发育规律和特点来解释^[12]。长白猪的体型特征 1 日龄时主要反映其在母体内的生长发育信息,主要表现在体长、宽度方面,与其他生长阶段的体型特征存在某些差异是符合其生长发育规律的。哺乳期,随着消化系统的不断完善,长白猪的肠胃等消化器官生长发育相对迅速^[13-15],因而在体型特征上表现出腹围增长相对明

显,其宽度方向的发展超过了体长和体高,因此,28日龄长白猪的第一主成分是宽度因子。为此,在配置哺乳阶段仔猪设施设备时,应优先考虑仔猪站立或躺卧时的宽度要求。仔猪断奶至70日龄阶段,第一、二主成分分别为宽度因子和长度因子,表明其胸围和腹围增长还在持续,而体长的生长发育开始加快,该阶段猪的体型主要是向宽度和长度方向发展。通常,进入育成育肥期后,猪的生长速度逐渐加快,这是其一生中骨骼快速生长期,肌纤维也同时开始增长,脂肪开始大量沉淀,100~140日龄达到生长高峰^[16-18]。150日龄时尽管第一、二主成分与70日龄时一致,但第三主成分转变为高度因子,且第一主成分所占比重略有下降,而高度和长度所占比重相对接近,表明育成期长白猪在宽度、长度和高度方向均有所发展;因此,在育成育肥阶段,应采用符合其生长发育规律的饲养工艺和饲养方式,不仅要采用自由采食和饮水,还需要通过改善猪只个体所占空间,合理设计配套设备等手段,最大程度地发挥其生长潜能。

3 结 论

1) 不同生长阶段长白猪各体型特征参数之间均存在显著的相关性($P < 0.01$),其中以体重和胸围的相关性最明显,70日龄是其一生中各项体型特征参数之间相关性最强的时期。

2) 不同日龄长白猪的第一和第二主成分,除1日龄为长度因子和高度因子外,其他均为宽度因子和长度因子;第三主成分1日龄和70日龄相同,为长度因子,28日龄和150日龄为高度因子。

本研究应用主成分分析方法得到的宽度、长度和高度等因子既能反映长白猪体型特征,又能反映其生长发育的规律和特点,对确定合理的饲养密度、生产工艺以及不同生长阶段的配套设备具有很好的参考价值。在设备选型或设计时,应合理选取和利用长白猪体型特征主成分所包含的信息,应首先考虑长白猪不同生长阶段的第一主成分,对于第二或第三主成分,取值时可适当保守些,这样有利于节约材料和空间。

参 考 文 献

[1] Rougoor C W, Sundaram R, van Arendonk J A M. The

relation between breeding management and 305-day milk production, determined via principal components regression and partial least squares [J]. *Livestock Production Science*, 2000, 66:71-83

[2] Caneque V, Perez C, Velasco S, et al. Carcass and meat quality of light lambs using principal component analysis [J]. *Meat Science*, 2004, 67:595-605

[3] 刘小林,张慧林. 主成分分析在猪育种上的应用[J]. *畜牧兽医杂志*, 1995, (3):42-44

[4] 耿社民,常洪,秦国庆,等. 亚洲49个牛群体尺性状的多元统计分析[J]. *黄牛杂志*, 1997, 23(4):17-20

[5] 张爱玲,张丽娟,耿社民,等. 秦川母牛不同年龄阶段体尺和体重的主成分分析[J]. *西北农林科技大学学报:自然科学版*, 2003, 31(2):29-32

[6] 郭万正,徐子清. 湖北白猪活体测定性状的主成分分析[J]. *中国畜牧杂志*, 1997, 33(6):9-10

[7] 杨茂成,王松均,王先明,等. 主成分分析在猪育种工作中的应用[J]. *中国畜牧杂志*, 2001, 37(3):20-22

[8] 王云龙,李保明. 我国畜牧工程技术与产业化发展20年[J]. *农业工程学报*, 1999, 15(增刊):1-5

[9] 张晓颖,施正香,俞宏军. 集约化养猪工艺发展的现状与趋势[J]. *农业工程学报*, 2001, 17(增刊):21-25

[10] 中国大白猪育种协作组. 中国大白猪选育技术操作规程. 2005-01-20. <http://www.chinaswine.org.cn/dbzxzz/db-cd.htm>.

[11] 杨光希. 猪的外貌评定技术[J]. *贵州畜牧兽医*, 2003, 27(4):40-44

[12] 刘震乙. 家畜育种学[M]. 北京:农业出版社, 1989:44-45

[13] 顾宪红,张宏福,李长忠,等. 断奶日龄和日龄对仔猪生产性能及主要消化器官重量的影响[J]. *动物营养学报*, 2004, 16(1):23-29

[14] Herpin P, Damon M, Dividich J L. Development of thermoregulation and neonatal survival in pigs[J]. *Livestock Production Science*, 2002, 78:25-45

[15] 吕耀忠,赵刚,何勇,等. 东北民猪胸、腹、盆腔内器官生长发育规律的研究[J]. *黑龙江畜牧科技*, 1997(1):1-4

[16] 刘玉兰,冯定远. 生长肥育猪的总体、局部和内脏器官生长及瘦肉化学成分的变化规律研究[J]. *饲料工业*, 2004, 25(7):19-22

[17] 廖国周. 猪的生长发育规律与肉品质[J]. *湖南畜牧兽医*, 2004(3):1-4

[18] 章胜乔,徐宁迎,许苏宏,等. 长白猪的生长曲线分析[J]. *浙江农业科学*, 2001(1):44-46