

# 大白猪 0~185 日龄早期生长曲线拟合研究

杨宇泽<sup>1</sup>, 肖炜<sup>1</sup>, 王晓凤<sup>1</sup>, 薛振华<sup>1</sup>, 谷传慧<sup>1</sup>,

任康<sup>1</sup>, 于凡<sup>2</sup>, 高雪峰<sup>3</sup>, 王景利<sup>4</sup>, 云鹏<sup>1\*</sup>

(1 北京市畜牧兽医总站, 北京 100107; 2 北京顺鑫农业小店茶棚选育场, 北京, 101314;

3 北京六马养猪科技有限公司, 北京, 101308; 4 北京顺鑫农业小店畜禽良种场, 北京, 101300)

**摘要:** 对参测大白猪分性别分析其 185 日龄前生长发育情况, 运用 Logistic、Gompertz、Bertallanffy 和 Saturation 4 种非线性模型对 312 头大白猪 0~185 日龄的生长情况进行了非线性拟合分析, 并用 Logistic、Gompertz 模型估测生长参数。结果表明: 大白公猪早期生长发育快于母猪, 但母猪生长期比公猪长, 母猪背膘厚略薄于公猪( $P>0.05$ ); Logistic、Gompertz、Bertanlanffy 和 Saturation 方程均能较好地拟合大白猪早期的生长曲线 ( $R^2\geq 0.96$ ), 母猪拟合效果优于公猪; 大白猪 25~185 日龄以 Logistic 拟合效果最理想, 大白公、母猪的拐点分别为 121.21 日龄 (66.57 kg)、142.25 日龄 (81.23 kg), 最大日增重分别为 898.6 g 和 934.1 g。

**关键词:** 大白猪, 生长曲线, 模型, 拟合

大约克夏原产于英国, 也叫大白猪, 是世界分布最广的瘦肉型猪代表品种。我国引入多年, 且在各地均有饲养, 具有生长速度快、饲料利用率高、胴体瘦肉率高、繁殖性能好等优良特点, 可作为第一母本或父本利用。目前也在北京郊区现代养猪生产中发挥着很重要的作用。

近几十年, 科学家们已构建出多种用于描述畜禽生长曲线的数学模型, 理想的生长曲线模型, 在指导家畜饲养管理、育种实践及控制生长发育方面起到了重要作用, 可以与生产数据相结合, 预测生长期的生长规律。在 2009—2010 年, 北京市畜牧兽医总站先后组织京郊三家猪场开展了大白猪全期连续测定工作, 通过对北京地区大白猪的连续测定数据进行整理, 选择不同生长模型拟合其生长曲线, 综合拟合参数分析结果, 积极探讨北京地区大白猪的早期生长模式, 为大白猪选育及饲养管理工作提供参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验设计与方法

2009 年 9 月到 2010 年 5 月, 在北京顺鑫农业小店茶棚选育场、北京六马养猪科技有限公司和北京小店畜禽良种场三家猪场开展大白猪全期连续测定工作, 测定规模设计为 300 头, 公母各半。每 10 天测定一次体重与背膘厚, 体重采用电子秤, 背膘厚采用 B 超活体测定仪, 测定部位统一在左侧的第 10 肋至 11 肋之间(或倒数第 3~4 肋间)距背中线 5 cm 处, 记录数据。最后根据收集的测定资料进行统计, 共计测定种猪 312 头, 其中公猪 144 头, 母猪 168 头。

### 1.2 试验材料

从测定数据中随机选择 67 头 (公猪 32 头, 母猪 35 头) 健康、发育正常且无遗传疾患

---

基金项目: 生猪产业技术体系北京市创新团队项目。

1 作者简介: 杨宇泽(1982-), 男, 畜牧师, 主要从事家畜繁育技术推广与研究, E-mail-yyz84929056@126.com

\* 通讯作者: 云鹏(1964-), 男, 推广研究员, E-mail-peng.yun@163.com

的大白猪测定记录（具有从 25~185 日龄的测定数据），进行生长发育参数分析；对参测的 3 491 条（具有 0~200 日龄测定数据）大白猪测定记录进行日龄体重三场合并数据，全程拟合分析；对参测的 1 856 条（具有 25~185 日龄测定数据）大白猪测定记录进行日龄体重阶段拟合分析。

### 1.3 试验数据统计分析方法

目标数据为每头猪对应的背膘、日龄和体重。测定数据采用 EXCEL 进行处理，回归统计分析以 SPSS16.0 版软件的 NLIN 和 REG 程式为主。具体方法如下：

#### 1.3.1 生长发育参数的计算

参考师守堃（1993）的相关算法。

#### 1.3.2 生长曲线的拟合

利用 SPSS 统计分析软件采用 4 种常用动物生长曲线模型 Logistic、Gompertz、Bertalanffy 和 Saturation 模型进行非线性最小二乘拟合，采用试位法（DUD）使残差平方和为最小进行循环迭代，估计参数 K、r、a，收敛标准为 10<sup>-4</sup>；利用 SPSS16.0 软件中 NONLINEAR REG 程序进行非线性回归；计算拟合优度 R<sup>2</sup>、各个模型的理论拐点、最大日增重等生长参数。

表 1 不同生长曲线模型

Table 1 The models of growth curve		
名称	模型	拐点
Logistic	$W = A/(1 + e^{(a-rt)})$	$(a/r, A/2)$
Gompertz	$W = Ae^{(-ae^{(-rt)})}$	$(\ln a/r, A/e)$
Bertalanffy	$W = A(1 - ae^{(-rt)})^3$	$(\ln 3a/r, 8A/27)$
Saturation	$W = t/(a + bt)$	-

注:式中W为t日龄时的体重(kg),A为极限体重参数(kg),b为常数尺度,r为生长速率参数,e为常数。

$$R^2 = 1 - \frac{\sum (y - \hat{y})^2}{\sum (y - \bar{y})^2}$$

式中，y 为观测值， $\hat{y}$  为拟合曲线估计值。

## 2 结果与分析

### 2.1 185 日龄前大白猪早期生长参数分析

表 2、表 3 计算了 0~185 日龄大白公母猪的累积生长，背膘厚、生长系数 C 及背膘厚分化生长率等生长指标，图 1、图 2 为大白公母猪累积生长曲线图和背膘厚生长曲线图。由表图可知：在 165 日龄前，大白公猪的累积生长比母猪快，公猪断奶体重、85 日龄重、105 日龄重、165 日龄重分别比母猪重 3.01 kg、1.68 kg、3.72 kg、1.87 kg；大白母猪的生长系数高于公猪，但差异不显著；大白猪的背膘厚随着年龄增长逐渐增厚，公猪和母猪 75 日龄时分别为 6.0 mm、5.26 mm，125 日龄时分别为 9.41 mm、8.22 mm，185 日龄时分别为 11.92 mm、10.8 mm，公猪略大于母猪，差异不显著。背膘厚相对于体重的分化生长率在 145~155 日龄间最小(-1.03 和-0.10)；且在 185 日龄前背膘厚的分化生长率一直小于 1，体重的生长速

度大于背膘厚的生长速度。

表2 大白公猪0~185日龄累积生长、背膘厚、生长系数C及背膘厚分化生长率表

日龄	累积生长/kg	平均背膘厚/mm	体重生长系数 C/%	背膘厚分化生长率
初生	1.57±0.29	—	—	—
25	9.22±3.48	—	6.03±2.48	—
75	29.98±2.87	6±1.50	19.61±3.25	—
85	38.78±6.02	7.34±1.81	25.43±5.38	0.78
95	44.09±4.01	7.63±1.56	28.53±5.07	0.3
105	52.32±4.88	8.13±1.36	34.61±6.26	0.37
115	62.31±5.96	8.38±1.58	41.18±7.79	0.17
125	69.11±6.90	9.41±1.74	45.54±9.10	1.12
135	79.10±7.79	9.92±1.98	52.26±9.85	0.39
145	85.06±9.22	10.35±1.68	55.21±10.92	0.58
155	89.00±9.32	9.88±1.07	58.41±10.94	-1.03
165	103.25±7.60	11.35±1.31	68.32±11.96	0.93
175	109.96±8.49	11.81±1.79	73.13±13.33	0.63
185	112.77±8.95	11.92±1.32	72.14±15.51	0.37

表3 大白母猪0~185日龄累积生长、背膘厚、生长系数C及背膘厚分化生长率表

日龄	累积生长/kg	平均背膘厚/mm	体重生长系数 C/%	背膘厚分化生长率
初生	1.42±0.24	—	—	—
25	6.21±1.09	—	3.48±1.05	—
75	29.22±3.06	5.26±0.54	3.81±0.76	—
85	37.09±3.15	6.09±0.61	0.26±0.06	0.61
95	41.35±2.85	6.73±0.94	0.12±0.06	0.92
105	48.60±5.09	7.14±0.85	0.17±0.07	0.37
115	56.62±6.23	7.78±1.04	0.16±0.07	0.56
125	64.57±6.03	8.22±0.85	0.15±0.08	0.42
135	71.68±5.97	8.78±1.13	0.11±0.04	0.63
145	81.41±6.44	9.5±1.65	0.14±0.02	0.62
155	89.95±4.40	9.41±0.73	0.13±0.02	-0.1
165	101.38±5.45	10.19±1.57	0.12±0.01	0.67
175	109.57±6.27	10.38±0.74	0.09±0.01	0.24
185	119.07±1.39	10.8±0.86	0.08±0.01	0.48

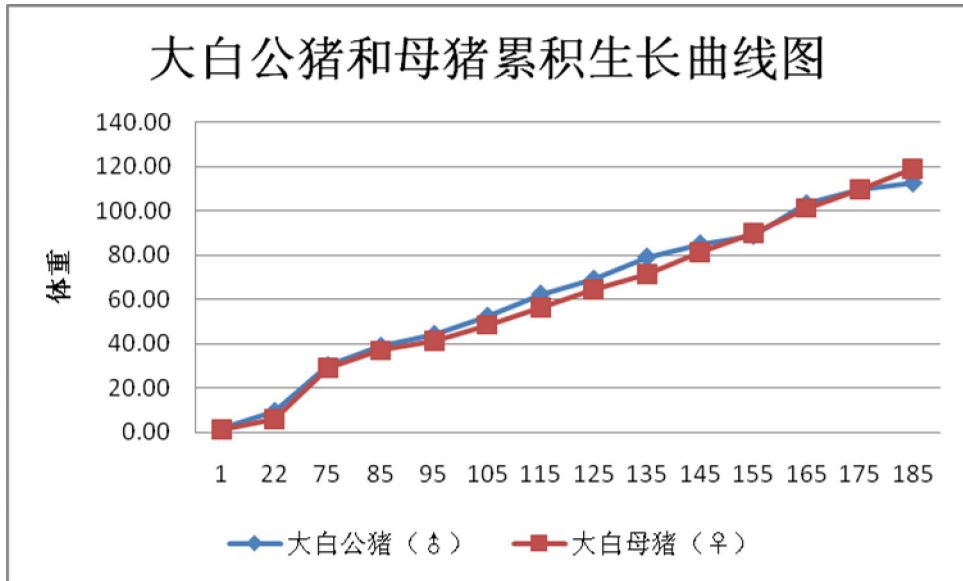


图1 大白猪累计生长曲线图 (图中无单位标注, 去掉外面的图框, 下同)

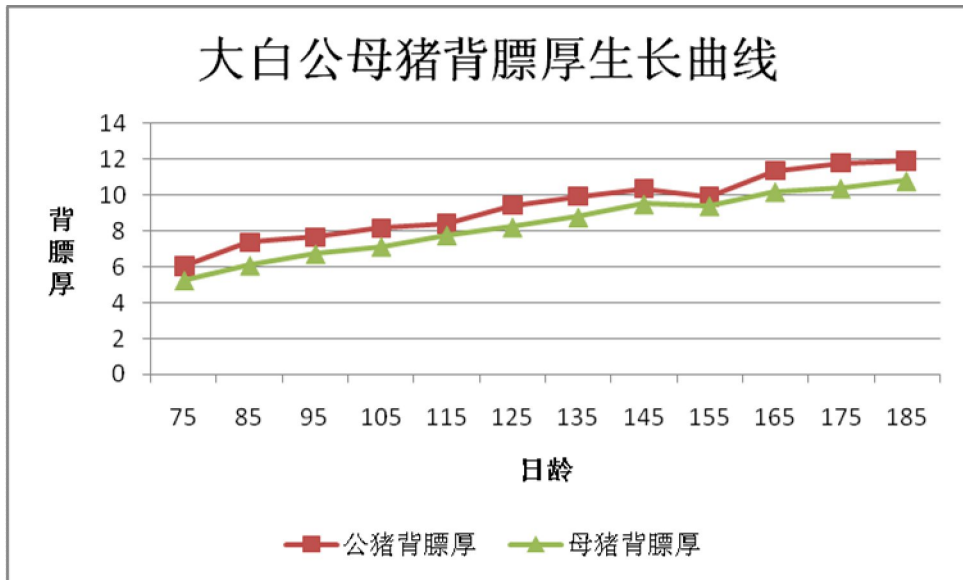


图2 大白猪背膘厚生长曲线图

## 2.2 四种生长模型对大白猪早期生长全程拟合分析

对测定期内所有测定猪的体重日龄数据, 分公母绘制散点图 (图 3、图 4), 同时根据绘制散点图中测定数据的特点, 采用了非线性生长模型进行全程拟合, 不同生长模型的拟合度  $R^2$ 、各个参数估计值及标准误列入表 4 中。由表可知, 在全程数据拟合中, Logistic、Gompertz、Bertalanffy 和 Saturation 方程的  $R^2$  均较大 ( $R^2 \geq 0.89$ ), 且  $R^2$  差异极小 ( $p \leq 0.0006$ ), 另外不同模型对母猪的拟合度更优 ( $R^2 \geq 0.92$ ), 各参数具有较小的标准误, 说明 Logistic、Gompertz、Bertalanffy 和 Saturation 方程均能较好地拟合大白猪早期的生长曲线。

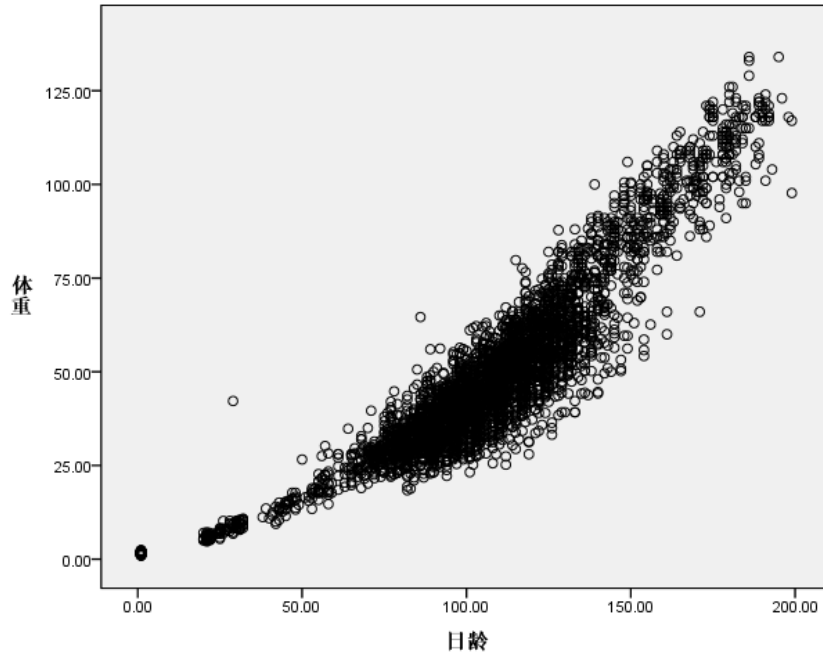


图3 大白公猪全程拟合散点图 (无单位标注, 下同)

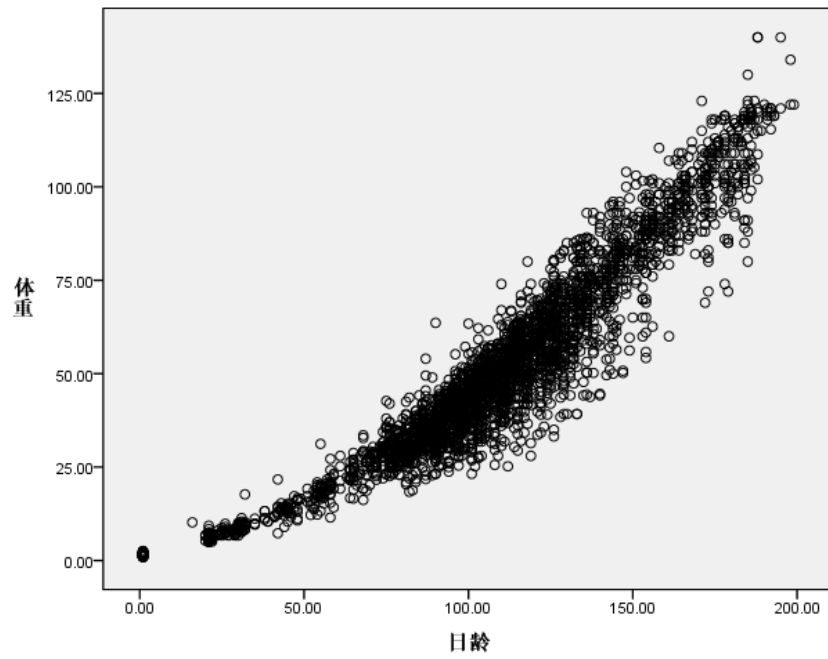


图4 大白母猪全程拟合散点图

表4 大白猪不同生长模型全程拟合结果表

生长模型	性别	记录	<i>K</i>	<i>a</i>	<i>r</i>	<i>R</i> <sup>2</sup>
Logistic	公猪	1517	185.56±5.49	27.62±0.46	0.021±3.69	0.8967
	母猪	1974	154.61±3.07	26.14±0.54	0.023± 3.81	0.9278
Gompertz	公猪	1517	455.53±40.10	4.64±0.04	0.0066±0.0060	0.8973
	母猪	1974	281.68±14.37	4.44±0.03	0.0085± 2.96	0.9292
Bertalanffy	公猪	1517	2365.03±745.16	0.89±0.0086	0.0018±2.73	0.8974
	母猪	1974	643.61±77.91	0.85±0.0024	0.0036± 2.66	0.9293
			<i>a</i>	<i>b</i>		
Saturation	公猪	1517	3.33±0.021	(-0.0096)±1.45		0.8952
	母猪	1974	3.16±0.022	(-0.0084)±1.47		0.9261

### 2.3 大白猪 25~185 日龄体重生长非线性拟合分析

表 5 列出了 25~185 日龄大白公猪和母猪 Logistic、Gompertz 模型参数的估计值、拐点以及最大日增重。由表可知，公猪两种模型的拐点日龄、拐点体重和最大日增重均小于母猪；公猪 Logistic、Gompertz 的  $R^2 \geq 0.96$ ，母猪 Logistic、Gompertz 的  $R^2 \geq 0.98$ ，表明均能较好拟合大白猪生长，Logistic 模型中大白公猪和母猪的拐点日龄和体重分别为 121.21 d, 66.57 kg 和 142.25 d, 81.23 kg)，最大日增重分别为 898.6 g 和 934.1 g。Gompertz 模型中大白公猪和母猪的拐点日龄和体重分别为 125.34 d, 67.64 kg 和 165.63 d, 104.61 kg)，最大日增重分别为 811.7 g 和 941.4 g。

表 5 不同生长模型参数的估计值、拐点以及最大日增重

性别	模型	<i>K</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>R</i> <sup>2</sup>	拐点日龄 (d)	拐点体重 (kg)	最大日增重 (g/kg)
公	logistic	133.13±3 .27	26.38±1. 71	0.027±0. 001	0.9665	121.21	66.57	0.8986
	Gompertz	183.86±9 .81	4.50±0.1 5	0.012±0. 001	0.9679	125.34	67.64	0.8117
母	logistic	162.46±5 .89	26.36±1. 13	0.023±0. 001	0.9795	142.25	81.23	0.9341
	Gompertz	284.35±2 0.95	4.44±0.0 6	0.009±0. 001	0.982	165.63	104.61	0.9414

### 3 讨论与小结

(1) 通过对大白猪的早期生长参数分析发现: 75、185 日龄大白公母猪的体重和背膘厚分别为: 29.98 kg, 6 mm; 112.77 kg, 11.92 mm; 29.22 kg, 5.26 mm; 119.07 kg, 10.8mm。综合各参数表明: 大白公猪早期生长发育快于母猪, 但母猪生长期比公猪长; 公猪背膘厚比母猪厚, 体重的生长速度大于背膘厚的生长速度。由于公、母猪在日增重、生长速率等特性上存在差异, 因而在种猪选育中选择分阶段的饲养模式较好。

(2) 通过使用多种非线性模型研究大白公母猪生长性状的发育规律, 并对大白猪早期日龄与体重进行全程数据描述和拟合, 分析发现大白猪体重、日龄间是较明确的非线性关系。这点与章胜乔等(2001), 陶志伦等(2004)以及郑华等(2006)等报道一致, 都获得很好的回归拟合方程, 对研究猪的增重具有较好的生物学意义, 完全可用于指导生产。Logistic、Gompertz、Bertalanffy 和 Saturation 方程均能较好地拟合大白猪早期的生长曲线。

(3) 郑华等(2006)报道, 在剔除测定数据异型值的研究结果显示: Logistic 方程拟合大白公猪相关指数为 0.9017; Gompertz 方程拟合相关指数大白母猪为 0.9013, 与本研究结果相近。采用 Logistic、Gompertz 两种生长模型对 25~185 日龄大白猪进行拟合, 以 Logistic 模型最佳。大白公母猪的拐点分别为: 121.21 d, 66.57 kg 和 142.25 d, 81.23 kg, 最大日增重分别为 898.6 g 和 934.1 g。从性别来分析, 母猪成熟体重稍大, 达到拐点的日龄和体重也最大; 从生产需求出发, 60~80 kg 是大白猪的最佳上市体重, 建议京郊大白猪在这一拐点快速生长阶段充分满足公、母猪生长的不同营养需要, 加强饲养管理可获得最佳的饲养效果。

#### 参考文献

- [1]张勤.生物统计学[M].北京:中国农业大学出版社,2008.
- [2]师守堃.动物育种学总论[M].北京:北京农业大学出版社,1993.33~59.
- [3]郑华,刘小红,吴常信,等.不同品种公猪连续日称重记录的生长曲线分析[J].安徽农业科学,2006,34(11):2406~2407.
- [4]陶志伦,项云.金华猪生长曲线探讨[J].浙江农业学报,2001(12):99~101.
- [5]杨运清.动物生长模型的优化拟合方法[J].数理统计与管理.2001,(5):43~48.
- [6]Darmani Kuhl H, Kebreab E, Lopez S, et al. An evaluation of different growth functions for describing the profile of live weight with time in meat and egg strains of chicken [J]. Poultry Science, 2003, 82: 1536~1543.
- [7]章胜乔,徐宁迎,许苏虹等.长白猪的生长曲线分析[J].浙江农业科学,2001(1):44~46.
- [8]郑华等.不同品种公猪连续日称重记录的生长曲线拟合[J].安徽农业科学,2006,34(11):2406~2407,2409.