

李永峰, 曲亮, 邵丹, 等. 不同杂交组合肉鸡生长曲线拟合及分析 [J]. 畜牧与兽医, 2024, 56 (7): 15-19.

LI Y F, QU L, SHAO D, et al. Fitting and analysis of growth curve of different cross broilers [J]. Animal Husbandry & Veterinary Medicine, 2024, 56 (7): 15-19.

## 不同杂交组合肉鸡生长曲线拟合及分析

李永峰<sup>1</sup>, 曲亮<sup>1</sup>, 邵丹<sup>1</sup>, 窦套存<sup>1</sup>, 郭军<sup>1</sup>, 王强<sup>1</sup>, 王星果<sup>1</sup>,  
胡玉萍<sup>1</sup>, 卢建<sup>1</sup>, 马猛<sup>1</sup>, 马军<sup>2</sup>, 童海兵<sup>1\*</sup>

(1. 江苏省家禽科学研究所, 江苏 扬州 225125;

2. 江苏立华牧业股份有限公司, 江苏 常州 213168)

**摘要:** 通过对不同杂交组合肉鸡生长发育规律的研究, 旨在为小型优质肉鸡品种选育提供参考。以 AA 肉鸡与 R132、F112 两个肉鸡品系杂交后代以及与 G1、G3、C4 三个蛋鸡品系杂交后代为试验组, 白羽肉鸡 WOD168 为对照组, 采用 Logistic、Gompertz 和 Bertalanffy 3 种模型对各组试验鸡进行生长曲线拟合。结果: 6 组试验鸡 3 种生长曲线模型拟合度 ( $R^2$ ) 均大于 0.99。Gompertz 和 Bertalanffy 模型的  $R^2$  均大于 Logistic 模型。进一步从统计学参数及其生物学意义角度评价可知, Gompertz 模型是 3 种模型中拟合效果最好的。Gompertz 模型拟合 AA×R132、AA×F112、AA×G1、AA×G3、AA×C4 和 WOD168 组的  $R^2$  分别为 0.999、0.999、0.999、0.998、0.999 和 0.999, 拐点体重分别为 1 789.97、2 073.82、1 516.83、1 769.91、1 336.01 和 1 792.47 g, 拐点周龄分别为 5.75、6.30、7.19、7.20、6.38 和 7.64 周, 以 AA×G3 组拐点周龄和体重与 WOD168 组最为接近。本研究表明, 3 种模型均可用于不同杂交组合肉鸡生长曲线拟合及分析, 以 Gompertz 模型的拟合效果最好, AA×G3 组生长曲线最佳。

**关键词:** 肉鸡; 杂交; 生长曲线; 拟合分析

中图分类号: S831.2 文献标志码: A 文章编号: 0529-5130(2024)07-0015-05

## Fitting and analysis of growth curve of different cross broilers

LI Yongfeng<sup>1</sup>, QU Liang<sup>1</sup>, SHAO Dan<sup>1</sup>, DOU Taocun<sup>1</sup>, GUO Jun<sup>1</sup>, WANG Qiang<sup>1</sup>, WANG Xingguo<sup>1</sup>,  
HU Yuping<sup>1</sup>, LU Jian<sup>1</sup>, MA Meng<sup>1</sup>, MA Jun<sup>2</sup>, TONG Haibing<sup>1\*</sup>

(1. Jiangsu Institute of Poultry Science, Yangzhou 225125, China;

2. Jiangsu Lihua Livestock Co., Ltd., Changzhou 213168, China)

**Abstract:** This study was to investigate the growth and development rules of different cross broilers, and to provide basis for small-scale variety breeding of broiler. The offspring of AA chickens crossed with different broiler (R132, F112) and layer (G1, G3, C4) strains were used as the experimental group, while the white feather broilers (WOD168) were used as the control group. Non-linear models, including Logistic, Gompertz and Bertalanffy, were employed to fit and analyze the growth curve of all the groups of the experimental broilers. The results were as follows: The growth curves could be fitted using the three models with fitting degrees ( $R^2$ ) above 0.99 for all the groups. The  $R^2$  of the Gompertz and Bertalanffy models was greater than that of the Logistic model. From statistical and biological perspectives, further evaluation suggested that the Gompertz model had the best fitting growth effect among the three models. The  $R^2$  of the Gompertz model fitting the AA×R132, AA×F112, AA×G1, AA×G3, AA×C4, and WOD168 groups were 0.999, 0.999, 0.999, 0.998, 0.999 and 0.999, respectively, with the inflection body weight being 1 789.97, 2 073.82, 1 516.83, 1 769.91, 1 336.01 and 1 792.47 g, respectively; and the growth inflection point being at 5.75 weeks of age, 6.30 weeks of age, 7.19 weeks of age, 7.20 weeks of age, 6.38 weeks of age, and 7.64 weeks of age, respectively. The inflection point weight and ages of the AA×G3 groups were relatively close to that of the WOD168 group. The three models were feasible to fit and analyze the growth curve of all the groups of the experimental broilers, with the Gompertz model showing best fitting effect and the AA×G3 groups having the best growth curve.

**Keywords:** chicken; cross; growth curve; fitting analysis

收稿日期: 2023-08-07; 修回日期 2024-04-11

基金项目: 江苏省种业振兴“揭榜挂帅”项目 (JBGS [2021] 106)

第一作者: 李永峰, 男, 硕士, 助理研究员

\* 通信作者: 童海兵, 博士, 研究员, 主要从事动物遗传育种与健康生产技术研究, E-mail: tonghb@163.com。

肉鸡种业是肉鸡产业发展的重要物质基础<sup>[1]</sup>。近年来,随着杂交肉鸡市场份额不断上升,培育标准化小型优质肉鸡品种成为现代优质鸡育种新趋势。畜禽生长曲线拟合分析是研究畜禽生长发育规律的主要方法之一,不仅可以指导畜禽生产管理,还可以比较和检验畜禽不同品种类型、性别的遗传品质等,是畜禽育种和生产的基础工作<sup>[2]</sup>。Logistic、Gompertz 和 Bertalanffy 模型是研究禽类生长发育规律的主要非线性回归模型<sup>[3-5]</sup>,在鸡<sup>[6]</sup>、鸭<sup>[7]</sup>、鹅<sup>[8]</sup>等家禽的研究中发挥了重要作用。肉鸡与蛋鸡品种(系)杂交是选育小型优质肉鸡的重要方法,兼具肉鸡与蛋鸡的品种优势,不仅保证商品代生长速度,而且有效提高种鸡利用率,并降低生产成本。如 817 杂交肉鸡最初由快大型肉鸡父本与广东石岐杂配套生产,之后用高产蛋鸡代替石岐杂,大大提高了生产效率<sup>[9]</sup>;新培育的三系配套白羽肉鸡品种 WOD168,是杂交肉鸡的升级产品,肉、蛋鸡血统各占一半<sup>[10]</sup>。爱拔益加“AA”肉鸡是快大型品种,R132 和 F112 是常州市立华畜禽有限公司分别培育的黄羽肉鸡品系,G1、G3 和 C4 是江苏省家禽科学研究所分别培育的高产和地方蛋鸡品系。目前关于鸡的生长曲线研究多集中在地方品种或新培育的品种<sup>[11-14]</sup>,关于不同杂交组合肉鸡的生长曲线拟合研究较少。本研究比较分析了 AA

肉鸡与不同肉鸡、蛋鸡品系杂交组合在同一饲养环境条件下的生长发育情况,并利用 Logistic、Gompertz 和 Bertalanffy 这 3 种模型拟合不同组合的生长模式,分析不同组合的生长性能及杂交优势,为小型优质肉鸡育种提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验动物

选用 AA 肉鸡为父本,R132、F112 两个肉鸡品系和 G1、G3、C4 三个蛋鸡品系为母本,二元杂交后代为试验组,分别简称为 R132 组、F112 组、G1 组、G3 组和 G4 组,以白羽肉鸡 WOD168 为对照组,研究不同杂交组合生长性能。6 组试验鸡种蛋在江苏省家禽科学研究所邵伯基地统一孵化,每组选取 84 只健康雏鸡在同一饲养环境条件下进行网上平养,每组 7 个重复,每个重复 12 只。测量 0~8 周龄体重,作为生长曲线拟合数据,其中 0~5 周龄每组测量 1 个重复,6~8 周龄每组测量 2 个重复。试验鸡自由采食饮水,按正常免疫程序免疫,分两个阶段饲养,0~21 日龄饲喂肉用小鸡料,22~56 日龄饲喂肉用中鸡料,饲料均购自于江苏盐城源耀饲料有限公司,营养成分见表 1。

表 1 不同饲养阶段试验鸡饲料营养成分

饲料	粗蛋白质	粗纤维	粗灰分	钙	总磷	氯化钠	赖氨酸	水分
小鸡料	20.00~22.00	≤6.50	≤10.20	0.50~1.56	≥0.30	0.20~0.90	≥1.10	≤13.50
中鸡料	18.00~20.00	≤6.50	≤10.50	0.50~1.56	≥0.30	0.20~0.90	≥0.90	≤13.50

### 1.2 生长曲线模型

选择 Logistic、Gompertz 和 Bertalanffy 这 3 种生长曲线模型比较分析 6 组试验鸡生长发育情况,模型表

达式及其重要特征参数见表 2,其中,拐点体重、拐点周龄和最大周增重分别代表生长速度最大时的体重、周龄和周增重<sup>[5]</sup>。

表 2 3 个生长模型及其特征参数

模型	表达式	拐点体重	拐点周龄	最大周增重
Logistic	$Y=A/(1+Be^{-Kt})$	$A/2$	$(\ln B)/K$	$Kw/2$
Gompertz	$Y=Ae^{-B\exp(-Kt)}$	$A/e$	$(\ln B)/K$	$Kw$
Bertalanffy	$Y=A(1-Be^{-Kt})^3$	$8A/27$	$(\ln 3B)/K$	$3Kw/2$

注:Y 为 t 周龄时体重,A 为成熟时极限体重,K 为瞬时生长速度,B 为参数,t 为对应周龄,w 为拐点体重。

### 1.3 数据统计与分析

根据试验鸡各周龄体重数据,运用 SPSS 26.0 非线性回归过程进行模型拟合,计算模型参数 A、B、K 最优估计值,并根据曲线模型计算拐点体重、拐点周龄及最大周增重等指标。以拟合度 ( $R^2$ ) 和均方误差 (MSE) 为模型优度衡量指标,分析不同试验

组最优曲线模型。采用 Excel 及 R 语言 ggplot 2 软件包进行数据统计及绘图。

## 2 结果与分析

### 2.1 体重生长分析

各组体重累积生长曲线及体增重变化曲线见图

1. 6组试验鸡体重随周龄逐渐增加, 附合体重正常变化规律。1周龄前各组鸡体重变化没有明显差异, 1周龄后呈现出明显差异。R132组(AA×R132)和F112组(AA×F112)各周龄体重明显大于其他各组, 2周龄后体重增加已明显加快, 6周龄增速达到最大值, 分别为550.28 g/周和548.87 g/周; G1组(AA×G1)、G3组(AA×G3)、C4组(AA×C4)和WOD168组体重变化趋势相似, 4周龄后体增重变化

出现明显波动, 但极大值、极小值和最大值出现的周龄不尽相同。G1组5周龄出现极大值, 6周龄出现极小值, 7周龄达到最大值, 为356.65 g/周; G3组5周龄出现极大值, 7周龄出现极小值, 8周龄达到最大值, 为426.68 g/周; C4组6周龄达到最大值, 为332.08 g/周, 7周龄出现极小值; WOD168组6周龄出现极大值, 7周龄出现极小值, 8周龄达到最大值, 为391.83 g/周。

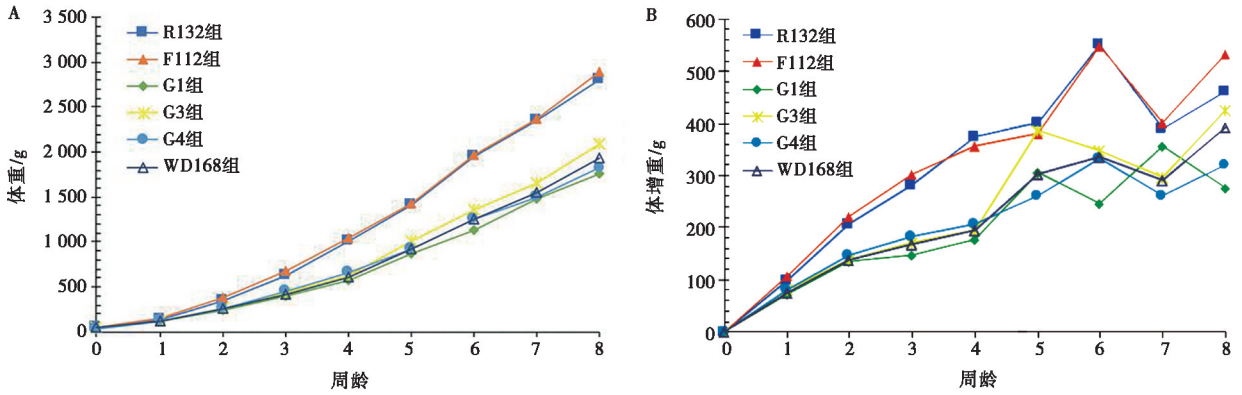


图1 各组体重累积生长曲线 (A) 及体增重变化曲线 (B)

### 2.2 生长曲线拟合分析

由表3可知, 6组试验鸡的3种生长曲线模型 $R^2$ 均大于0.99, 拟合度较高, Gompertz和Bertalanffy曲线模型 $R^2$ 均大于Logistic曲线模型,  $MSE$ 均远小于Logistic曲线模型。说明3种生长曲线模型均能很好地模拟6组试验鸡的生长曲线, Gompertz和Bertalanffy曲线模型的拟合效果均优于Logistic曲线模型。通过进一步比较Gompertz和Bertalanffy曲线模型发现, 两者 $R^2$ 没有差异,  $MSE$ 也没有明显差异, 说明2种模型对各组的拟合效果相似。再进一步分析3种模型的拟合方程参数 $A$ 值发现, Logistic模型的 $A$ 值在2 301~3 625 g, 远小于肉鸡的成熟体重, 缺乏生物学意义; Bertalanffy模型的 $A$ 值在6 301~12 070 g,

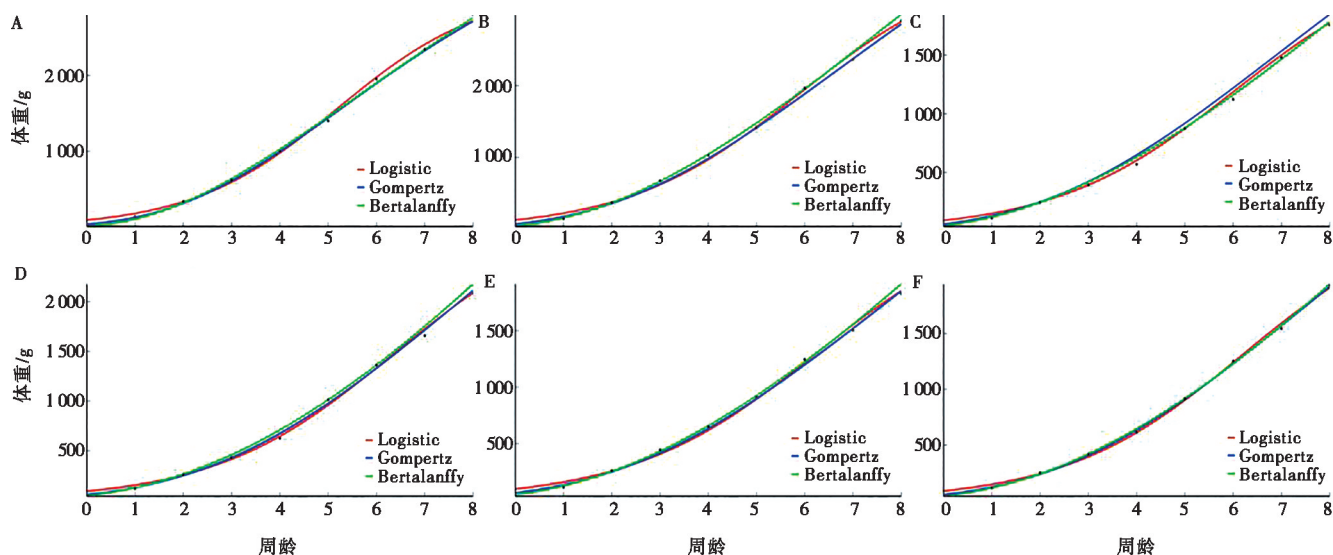
远大于肉鸡的成熟体重, 也缺乏生物学意义; Gompertz模型的 $A$ 值在3 631~5 637 g, 与肉鸡的成熟体重较为接近, 拟合效果最好。各组拟合生长曲线与实际生长情况比较见图2。各组的3种模型曲线与实测值基本吻合, 但Gompertz和Bertalanffy模型相对于Logistic模型, 拟合结果较为接近, 曲线重合度较高。0~2周龄, Logistic模型曲线明显较高, 并逐渐向其他2种模型曲线靠近。2周龄时, 3条曲线与实测值点(图中黑点)重合在一起, 说明Logistic模型对早期体重的拟合效果不如其他2种模型。综合拟合评价指标和生物学意义角度评价, Gompertz模型对6组试验鸡的拟合效果最好。

表3 各组试验鸡体重生长曲线模型参数

组别	模型	参数			拟合评价		拐点体重/g	拐点周龄/周	最大周增重/g
		A	B	K	$R^2$	MSE			
R132	Logistic	3 348.41	29.76	0.62	0.998	1 939.88	1 674.20	5.48	518.17
	Gompertz	4 865.65	4.54	0.26	0.999	500.41	1 789.97	5.75	470.76
	Bertalanffy	7 394.75	0.85	0.14	0.999	662.64	2 191.04	6.66	463.40
F112	Logistic	3 624.48	26.78	0.57	0.997	3 043.84	1 812.24	5.73	520.11
	Gompertz	5 637.23	4.35	0.23	0.999	873.87	2 073.82	6.30	483.20
	Bertalanffy	9 564.84	0.83	0.12	0.999	595.20	2 834.03	7.91	493.12
G1	Logistic	2 335.91	27.95	0.55	0.998	638.33	1 167.96	6.03	322.36
	Gompertz	4 123.18	4.40	0.21	0.999	348.58	1 516.83	7.19	312.47
	Bertalanffy	9 069.87	0.84	0.09	0.999	402.75	2 687.37	10.65	350.70

续表3

组别	模型	参数			拟合评价		拐点体重/g	拐点周龄/周	最大周增重/g
		A	B	K	R <sup>2</sup>	MSE			
G3	Logistic	2 720.58	30.93	0.57	0.997	1 271.23	1 360.29	6.03	387.00
	Gompertz	4 811.13	4.57	0.21	0.998	765.71	1 769.91	7.20	373.45
	Bertalanffy	10 788.34	0.86	0.09	0.998	871.59	3 196.55	10.70	421.94
C4	Logistic	2 301.26	25.05	0.56	0.997	971.95	1 150.63	5.73	323.33
	Gompertz	3 631.64	4.23	0.23	0.999	256.95	1 336.01	6.38	301.94
	Bertalanffy	6 310.51	0.82	0.11	0.999	182.56	1 869.78	8.14	311.32
WOD168	Logistic	2 624.71	28.76	0.54	0.998	857.94	1 312.36	6.20	355.65
	Gompertz	4 872.44	4.47	0.20	0.999	283.71	1 792.47	7.64	351.32
	Bertalanffy	12 069.44	0.85	0.08	0.999	259.83	3 576.13	12.02	418.41



A~F. 分别为R132组、F112组、G1组、G3组、C4组和WOD168组。

图2 各组拟合生长曲线与实际生长情况比较

### 3 讨论

本研究结果显示, R132和F112组各周龄体重及其增速明显大于对照组WOD168, G1、G3和C4组体重及其增速与对照组差异较小, 说明AA肉鸡与蛋鸡品系杂交更适合小型优质肉鸡的培育, 这与杂交肉鸡及WOD168的培育模式一致<sup>[9-10]</sup>; 与肉鸡品系杂交后代表现出快大型肉鸡品系特点, 可考虑作为小型优质鸡配套系父本进行培育。6组试验鸡增速曲线均呈现出了“一峰一谷”的波动现象, 这与相关研究结果相似<sup>[8,10,12-14]</sup>, 可能是受到外界环境、应激等因素的影响, 进而推迟生长高峰到达或缩短高峰的持续时间。进一步分析发现, R132、F112和C4组极小值出现在最大值之后, G1、G3和WOD168极小值出现在最大值之前, 且G1组在7周龄出现了最大值, 而其他各组在7周龄均出现了极小值, 这可能是由于不同

品种遗传背景不同, 对外界环境、应激等因素的耐受性或敏感性也不尽相同。

Logistic、Gompertz和Bertalanffy这3种模型均能很好地模拟6组试验鸡的生长曲线, 对于F112、C4和WOD168组, 尽管Bertalanffy模型的R<sup>2</sup>最大, MSE最小, 但其成熟时极限体重参数A值远大于肉鸡成熟体重, 而Gompertz模型的参数A值更具有生物学意义。利用生长曲线模型预测时, 需要同时兼顾模型的准确性和生物学意义。因此, 本研究认为Gompertz模型拟合效果最好。对于R132、G1和G3组, 无论从模型拟合的准确性, 还是生物学意义角度评价, Gompertz模型都是最好的。

本研究6组试验鸡的最佳生长曲线模型为Gompertz模型。这与西藏藏鸡<sup>[11]</sup>、平谷红鸡<sup>[15]</sup>、墨西哥克里奥尔鸡<sup>[16]</sup>、黔东南小香鸡<sup>[17]</sup>和桂香鸡<sup>[18]</sup>的研究结果相同。马猛等<sup>[13]</sup>对不同品种肉鸡生长曲

线拟合分析的研究中, WOD168 组的最佳模型为 Gompertz 模型, 与本研究 WOD168 组的研究结果一致, 但其研究中其他 3 个肉鸡品种的最佳模型为 Logistic 模型。马发顺等<sup>[19-20]</sup>研究表明, AA 肉鸡的最佳模型为 Logistic 模型, 罗曼肉鸡的最佳模型为 Bertalanffy 模型。张弘等<sup>[21]</sup>研究表明, 三黄鸡的最佳模型为 Bertalanffy 模型。这说明, 不同鸡种的生长发育规律不同, 拟合的最佳生长曲线模型也不相同。

本研究表明, R132、F112、G1、G3、C4 和 WOD168 组增速达到最大的周龄分别为 6、6、7、8、6 和 8, Gompertz 模型对应的拐点周龄分别为 5.75、6.30、7.19、7.20、6.38 和 7.24, 两者基本相符, 说明 Gompertz 模型预测的拐点周龄与实际基本相符。R132 和 F112 组的拐点周龄最小, 约为 6 周龄, 拐点体重远大于 WOD168 组 6 周龄体重, 说明其生长发育较快, 可作为小型优质鸡父本进行选育。C4 组拐点周龄小于 WOD168 组, 约为 6 周龄, 拐点体重与 WOD168 组 6 周龄体重无明显差异; G1 和 G3 组的拐点周龄与 WOD168 组相同, 约为 7 周龄, 前者拐点体重明显小于 WOD168 组, 后者拐点体重与 WOD168 组无明显差异。这说明 G3 组生长曲线与 WOD168 组最为接近; C4 组次之, 但其生长发育快于 G3 组。

杂种优势被广泛应用于动植物育种。杂种后代一定程度上受母体遗传力和母体环境效应的影响<sup>[22]</sup>。体重是衡量肉鸡生产性能的重要性状。本研究选用 AA 鸡为父本, 不同肉鸡、蛋鸡品系为母本, 比较不同杂交组合后代生长发育情况。结果表明, 肉鸡品系杂交后代的体重及其增速大于蛋鸡品系, 表明父本一致时, 母本体型较大、生长速度较快对后代的体重及其生长速度有一定的提升。田川尧等<sup>[22]</sup>在研究肉鸡与不同蛋鸡杂交组合时发现, 体重与母本品系性能表现出一定的相似性; 董佳强等<sup>[23]</sup>对白喙黑鸭的研究表明, 杂交 F1 代体重在一定程度上受到母本性能的影响。这说明, 在父本相同时, 母体效应对 F1 代体重存在影响, 且作用效果与母本性能存在相关性。因此, 为加快小型优质鸡前期体重选育进展, 在进行父本体重选择的同时, 也应提高母本的体重选择。

综上, Logistic、Gompertz 和 Bertalanffy 这 3 种模型均能很好地模拟 6 组试验鸡的生长曲线, 均可用于不同杂交组合肉鸡生长曲线拟合及分析, Gompertz 模型的拟合效果最好。G3 组生长曲线最佳。对小型优质鸡前期体重的选择应同时注重父本和母本的体重。

## 参考文献:

[1] 黎寿丰, 陈宽维, 赵振华. 我国肉鸡种业发展战略思考与建议

- [J]. 中国家禽, 2017, 39 (1): 1-5.
- [2] 张浩, 吴常信, 强巴央宗, 等. 不同海拔环境中藏鸡生长曲线及杂种优势分析 [J]. 中国农业大学学报, 2007, 12 (2): 40-44.
- [3] MIGNON-GRASSTEAU S. Genetic parameters of growth curve parameters in male and female chickens [J]. British Poultry Science, 1999, 40 (1): 44-51.
- [4] 杨海明, 徐琪, 戴国俊. 禽类三种常用生长曲线浅析 [J]. 中国家禽, 2004, 8 (1): 164-166.
- [5] NARINÇ D, ÖKSÜZ NARINÇ N, AYGÜN A. Growth curve analyses in poultry science [J]. World's Poultry Science Journal, 2017, 73: 1-13.
- [6] 解晓东, 王欢, 李中明, 等. 矮小黄羽鸡生长曲线拟合及胫长发育分析 [J]. 畜牧与兽医, 2016, 48 (3): 59-63.
- [7] 王晋, 匡伟, 何宗亮, 等. 不同群体鸭生长曲线拟合及肌纤维特性分析 [J]. 南京农业大学学报, 2022, 45 (4): 761-768.
- [8] 陈鹏, 叶润全. 不同饲养方式下马岗鹅生长曲线分析 [J]. 畜牧与兽医, 2004, 36 (6): 13-14.
- [9] 薛美娟, 龚雪莉. 我国独有的“817”肉鸡生产现状和发展趋势 [J]. 当代畜禽养殖业, 2011 (2): 54-55.
- [10] 韩文朋, 杨宁, 孙皓, 等. 肉鸡“WOD168”配套系的培育 [J]. 中国家禽, 2019, 41 (4): 67-70.
- [11] 袁经纬, 格平, 巴桑卓玛, 等. 西藏藏鸡生长曲线拟合及分析 [J]. 中国畜牧杂志, 2021, 57 (1): 80-85.
- [12] 曹长仁, 张丹明, 杜炳旺. 麒麟鸡与怀乡鸡 0-16 周龄生长曲线的拟合分析 [J]. 广东农业科学, 2022, 49 (8): 97-102.
- [13] 马猛, 王克华, 曲亮, 等. 不同品种鸡生长曲线拟合及分析 [J]. 中国畜牧杂志, 2022, 58 (1): 129-132.
- [14] 窦套存, 王克华, 王星果, 等. 神丹 6 号绿壳蛋鸡公鸡早期生长发育规律研究 [J]. 中国家禽, 2021, 43 (10): 106-110.
- [15] 周玉刚, 周爱民, 刘亚东, 等. 平武红鸡种鸡生长曲线拟合研究 [J]. 现代畜牧科技, 2023 (4): 1-5.
- [16] ZÁRATE-CONTRERAS D, GONZÁLEZ-CERÓN F, CUCA-GARCÍA J M, et al. Mexican Creole chickens: effect of data collection periods on goodness of fit and parameter precision of growth models [J]. Poultry Science, 2022, 101 (7): 1-7.
- [17] 肖涛, 李辉, 唐诗云, 等. 黔东南小香鸡生长曲线拟合研究 [J]. 畜牧与兽医, 2021, 53 (11): 1-5.
- [18] 蒋世远, 吴鹏飞, 陈小萍, 等. 桂香鸡生长曲线拟合与比较分析 [J]. 中国家禽, 2017, 39 (23): 70-72.
- [19] 马发顺, 徐婷婷, 时志琪, 等. AA 肉鸡最佳生长模型的建立 [J]. 养禽与禽病防治, 2020 (3): 30-33.
- [20] 马发顺, 杨丽娜, 周建阳. 罗曼肉鸡生长发育规律研究 [J]. 中国动物保健, 2012, 14 (4): 22-24.
- [21] 张弘, 肖阳, 胡彬. 肉鸡生长发育曲线模型拟合度检验 [J]. 中国饲料, 2020 (22): 25-28.
- [22] 田川尧, 韩文朋, 王建华, 等. 肉鸡与不同蛋鸡品系杂交组合的生长和屠宰性能与杂种优势分析 [J]. 黑龙江畜牧兽医, 2022 (20): 60-64.
- [23] 董佳强, 马志刚, 霍明东, 等. 白喙黑鸭杂交利用效果的研究 [J]. 中国家禽, 2021, 43 (3): 108-111.