

龙霞, 李维, 杨书含, 等. 贵州地方鸡种体重生长曲线的拟合分析 [J]. 畜牧与兽医, 2024, 56 (1): 1-5.

LONG X, LI W, YANG S H, et al. Growth curve fitting analysis of native chicken breeds in the Guizhou area [J]. Animal Husbandry & Veterinary Medicine, 2024, 56 (1): 1-5.

贵州地方鸡种体重生长曲线的拟合分析

龙霞^{1,2,3}, 李维⁴, 杨书含^{1,5}, 李辉^{1,2,3*}, 吴胜^{1,2,3}, 田应平^{1,2,3}, 田旭玲^{1,2,3}, 肖涛^{1,2,3,6}

(1. 贵州大学高原山地动物遗传育种与繁殖教育部重点实验室, 贵州 贵阳 550025;

2. 贵州大学贵州省动物遗传育种与繁殖重点实验室, 贵州 贵阳 550025;

3. 贵州大学动物科学学院, 贵州 贵阳 550025;

4. 贵州省畜禽遗传资源管理站, 贵州 贵阳 550004;

5. 中国农业科学院北京畜牧兽医研究所, 北京 100193;

6. 安顺市畜牧技术推广站, 贵州 安顺 561000)

摘要: 为探究贵州省赤水乌骨鸡、黔东南小香鸡、乌蒙乌骨鸡、威宁鸡和贵州黄鸡这5个地方鸡种生长发育规律, 采用 Logistic、Gompertz 和 von Bertalanffy 3种非线性模型对5个地方鸡种的生长曲线进行拟合, 选取5个品种鸡各60只, 公母各30只, 测定0、2、4、6、8、10、12、14、16、18周龄时的体重。结果: 5个品种鸡的生长趋势一致, 3个模型均能较好地拟合5个品种鸡的生长变化情况, 拟合度均在0.98以上, 其中 von Bertalanffy 模型对5个品种鸡的生长曲线拟合效果最好; 同时期的鸡体重以贵州黄鸡最重, 黔东南小香鸡最轻, 赤水乌骨鸡、乌蒙乌骨鸡和威宁鸡相近; 5个品种鸡的拐点周龄分别为9.2、7.9、7.3、8.9和8.4, 拐点体重分别为870.71、509.18、708.29、834.35和945.52 g。通过拟合的生长曲线模型对鸡体重进行评估, 可为贵州省地方鸡的科学饲养、品种资源利用及选育提供依据。

关键词: 地方鸡; 品种; 体重; 生长曲线; 拟合分析; 贵州

中图分类号: S831.2 **文献标志码:** A **文章编号:** 0529-5130(2024)01-0001-05

Growth curve fitting analysis of native chicken breeds in the Guizhou area

LONG Xia^{1,2,3}, LI Wei⁴, YANG Shuhan^{1,5}, LI Hui^{1,2,3*}, WU Sheng^{1,2,3},

TIAN Yinping^{1,2,3}, TIAN Xuling^{1,2,3}, XIAO Tao^{1,2,3,6}

(1. Key Laboratory of Animal Genetics, Breeding and Reproduction in the Plateau Mountainous Region, Ministry of Education, Guizhou University, Guiyang 550025, China;

2. Guizhou Province Key Laboratory of Animal Genetics, Breeding and Reproduction, Guizhou University, Guiyang 550025, China;

3. College of Animal Sciences, Guizhou University, Guiyang 550025, China;

4. Station of Livestock and Poultry Genetic Resources Management of Guizhou Province, Guiyang 550004, China;

5. Institute of Animal Sciences, Chinese Academy of Agriculture Sciences, Beijing 100193, China;

6. Animal Husbandry Technology Extension Station of Anshun City, Anshun 561000, China)

Abstract: In order to identify the law of growth and development of five breeds of native chickens in the Guizhou area, the growth curves of Chishui black bone chicken, Qiandongnan Xiaoxiang chicken, Wumeng black bone chicken, Weining chicken and Guizhou yellow chicken were fitted by Logistic, Gompertz and von Bertalanffy nonlinear models. The body weights of 300 native chickens in Guizhou (60 chickens of 5 breeds each, including 30 cocks and 30 hens) at 0, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16 and 18 weeks of age were measured in this experiment, with the aim of exploring the growth and development rules of the 5 breeds. The results showed that the growth trend of the five breeds of chickens was same, that the three models could fit the growth changes of the five breeds well, at a fitting degree above 0.98. The von Berta-

收稿日期: 2023-04-20; 修回日期: 2023-11-06

基金项目: 中国贵州省科技厅农业领域重点项目(黔科合支撑[2022]重点034); 贵州省地方鸡育繁推一体化示范基地项目(黔教技[2022]061号); 家禽遗传资源系统调查项目(黔农计财[2022]10号)

第一作者: 龙霞, 女, 硕士研究生

* 通信作者: 李辉, 教授, 研究方向为种质资源保护与利用研究, E-mail: ellenhui@sina.cn。

lanffy model had the best fitting effect on the growth curve of the five breeds. During the same period of growth, the average weight of Guizhou yellow chicken was the highest, that of Qiandongnan Xiaoxiang chicken was the lowest, and the average weight of Chishui black bone chicken, Wumeng black bone chicken and Weining chicken was similar. The inflection point age of the five breeds were at week 9.2, week 7.9, week 7.3, week 8.9, and week 8.4, respectively; and their inflection point weight was 870.71 g, 509.18 g, 708.29 g, 834.35 g, and 945.52 g, respectively. These results might be used to explain the growth and development characteristics of different breeds of chickens, and serve as theoretical guidance for scientific feeding of chickens in the Guizhou area.

Keywords: native chicken; breed; body weight; growth curve; fitting analysis; Guizhou

赤水乌骨鸡、黔东南小香鸡、乌蒙乌骨鸡、威宁鸡和贵州黄鸡均为贵州省地方优良家禽品种，均为肉蛋兼用型，具有耐粗饲、适应性强、肉质优良且营养成分丰富等特点。家禽体重是家禽种质特性研究和遗传选育的重要指标^[1]，其变化能直观反映家禽的生长状况，以便预估家禽生长发育情况，从而调整饲养管理方式，以期提高家禽产肉量，增加养殖经济收益。家禽的生长规律可以用非线性数学模型来描述^[2]。生长曲线可以描述家禽增重的过程，并结合生产预估畜禽的体重^[3-4]。生长曲线在多种动物上的拟合分析也有研究报道。Kuhi 等^[5]对翁戈莱级牛进行生长曲线拟合与分析，发现 Brody 模型用于拟合翁戈莱级牛的生长情况效果最好；徐永健等^[6]发现 Logistic 模型能更好地预测从江香猪生长发育情况；Waiz 等^[7]用 Brody、Gompertz、Logistic、Richard 和 Weibull 这 5 种模型对西罗希山羊进行生长曲线拟合分析，发现 Brody 模型为西罗希山羊的最佳生长曲线模型。生长曲线的拟合在地方鸡种中也有相关研究报道，如广西麻鸡^[8]、广西三黄鸡^[9]和西藏藏鸡^[10]。目前，对于乌蒙乌骨鸡生长曲线拟合分析未见报道。

本研究拟通过对贵州当地 5 种肉蛋兼用型地方鸡种生长曲线的研究，发掘贵州本地鸡种的最适生长曲线模型，分析其生长发育规律，为贵州省地方鸡的科学饲养、品种资源利用及选育提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验动物及试验设计

选取赤水乌骨鸡、黔东南小香鸡、乌蒙乌骨鸡、威宁鸡和贵州黄鸡 5 个贵州省地方鸡种，种蛋同一批次孵化，每个品种选取 60 只健康雏鸡，公母各 30 只。孵化饲养地点均为贵州省纳雍县贵州省地方鸡种质资源库，试验鸡饲养管理相同条件，笼养，自然通风，常规接种。分别于 0、2、4、6、8、10、12、14、16、18 周龄时称量鸡个体的空腹体重，并计算平均体重和增重。

1.2 生长曲线模型

采用 Logistic^[11]、Gompertz^[12]和 von Bertalanffy^[13]模型对贵州省 5 个地方鸡种的体重进行拟合与分析。3 种生长曲线模型的表达式及相关参数见表 1。

表 1 3 种生长曲线模型

模型名称	表达式	拐点体重	拐点周龄	相对生长速率
Logistic	$Y=A/(1+Be^{-kt})$	$A/2$	$(\ln B)/k$	$k(1-Wt/A)$
Gompertz	$Y=Ae^{-B\exp(-kt)}$	A/e	$(\ln B)/k$	$k(\ln A - \ln Wt)$
von Bertalanffy	$Y=A(1-Be^{-kt})^3$	$8A/27$	$(\ln 3B)/k$	$3k[(A/Wt)^{1/3}-1]$

注：Y 为 t 周龄时体重，A 表示最大体重，B 表示参数，exp 为指数正数，k 表示瞬时生长速度，t 表示周龄，Wt 表示第 t 周龄体重。

1.3 数据统计与分析

采用 Excel 2010 统计整理原始数据和绘制生长曲线，用 SPSS 26.0 软件分析和非线性模型估算模型参数的 A、B、k 值，建立 5 个鸡品种的生长曲线模型，并计算拐点体重、拐点周龄、最大周增重。

2 结果与分析

2.1 5 个贵州地方鸡种体重生长分析

由图 1A 可知，5 个鸡品种的生长符合正常家禽体重变化规律，随着周龄的增加，体重随之增加且为

S 型曲线。在 1 周龄之前，5 个品种鸡的生长趋势一致，且在 0~2 周龄平均体重相近；2 周龄以后，在同一时期，贵州黄鸡平均体重最重，黔东南小香鸡的平均体重最轻，赤水乌骨鸡、乌蒙乌骨鸡和威宁鸡的平均体重相近，处在黔东南小香鸡与贵州黄鸡之间。由图 1B 可知，赤水乌骨鸡和贵州黄鸡在 2~8 周增重快，在第 8 周达到高峰，第 8 周后增重幅度变小，生长放缓；乌蒙乌骨鸡和威宁鸡周增重变化趋势一致，在 4~12 周增重快，在 12~16 周增重量大幅下降后上

升,在第8、16周增重量最大,在14周时乌蒙乌骨鸡体重几乎没有增加,可能是贵州夏季气候的变化对

其产生的影响;黔东南小香鸡增重较慢,在第8、16周增重最快,但其增重量低于其他4个品种。

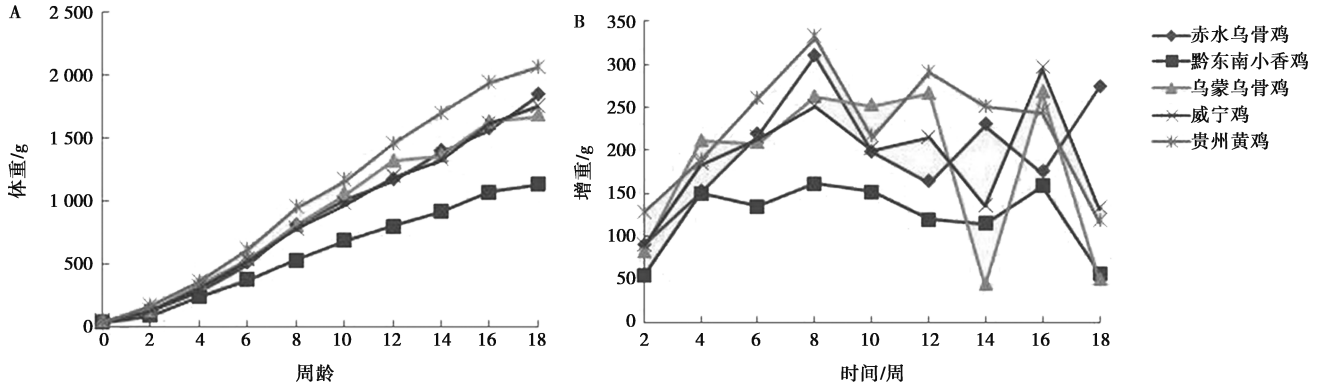
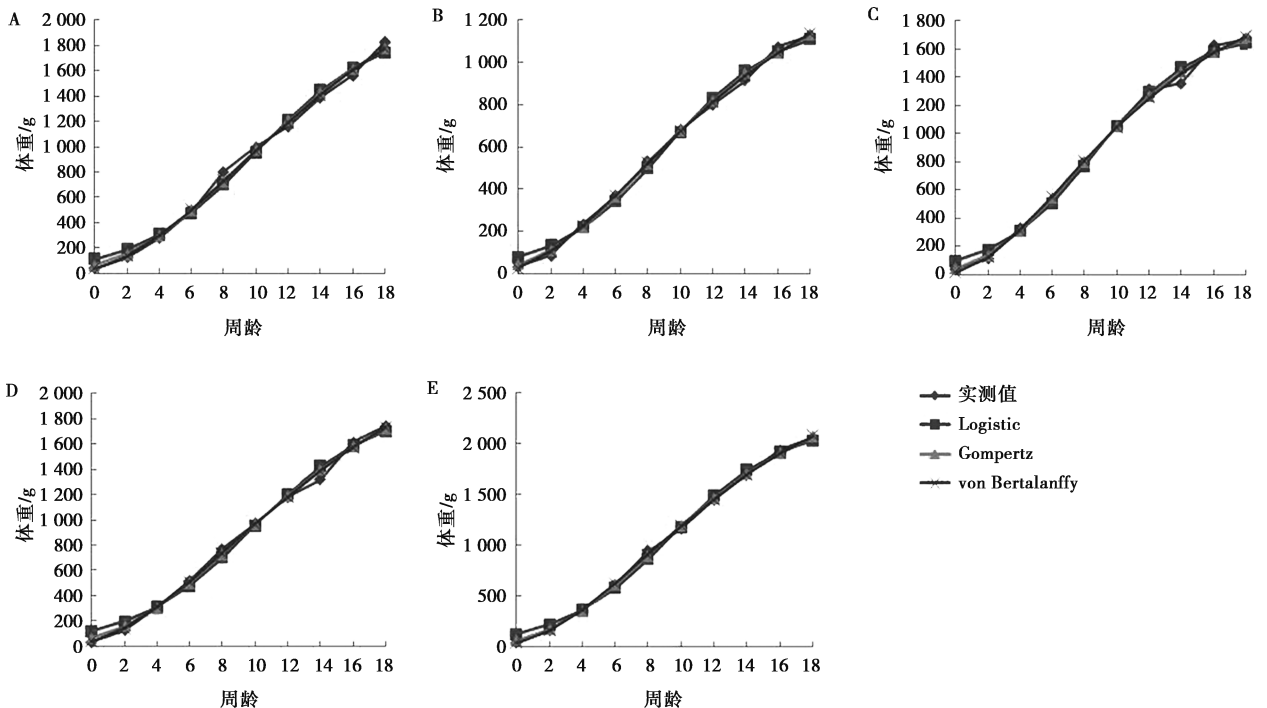


图1 5个品种鸡体重(A)和周增重变化曲线(B)

2.2 3种生长模型参数估计值及拟合度分析

5个品种鸡体重实际生长曲线与3种模型拟合曲线比较见图2,5个品种鸡的实际生长曲线与3种模型的拟合曲线基本一致。Gompertz、von Bertalanffy 2种生长曲线模型的拟合值与5个品种的实测值最接近,Logistic模型模拟5个品种的生长时,0周龄时的体重均较高于5个品种的实测值。其中 von Bertalanffy 模型的拟合值与赤水乌骨鸡、黔东南小香鸡、威宁鸡的实测值最接近,Gompertz模型的拟合值与乌蒙乌骨鸡、贵州黄鸡的实测值最接近。由表2可知,赤水乌骨鸡与Logistic、Gompertz、von Bertalanffy

3种生长曲线模型的拟合度(R^2)分别为0.988、0.995和0.996,均高于0.98,说明3种生长曲线模型均适合模拟赤水乌骨鸡体重的变化情况;其他4个品种鸡与3种生长曲线的拟合度均高于0.99,说明3种生长曲线模型均适合模拟这4个品种鸡的体重变化情况。综合5个品种的实际生长速度,模拟值与实测值的比较,以及拐点日龄,von Bertalanffy模型对5个品种的拟合效果最佳,赤水乌骨鸡、黔东南小香鸡、乌蒙乌骨鸡、威宁鸡、贵州黄鸡的拐点周龄分别为9.2、7.9、7.3、8.9和8.4,拐点体重分别为870.71、509.18、708.29、834.35和945.52g。



A. 赤水乌骨鸡; B. 黔东南小香鸡; C. 乌蒙乌骨鸡; D. 威宁鸡; E. 贵州黄鸡。

图2 5个品种鸡生长曲线拟合

表 2 5 个鸡品种生长曲线模型参数估计值

品种	模型	模型参数			R^2	拐点体重/g	拐点周龄
		A	B	k			
赤水乌骨鸡	Logistic	1 953. 088	16. 001	0. 273	0. 988	976. 54	10. 2
	Gompertz	2 366. 589	3. 647	0. 141	0. 995	870. 71	9. 2
	von Bertalanffy	2 810. 621	0. 767	0. 094	0. 996	832. 78	8. 9
黔东南小香鸡	Logistic	1 197. 317	14. 276	0. 290	0. 993	598. 66	9. 2
	Gompertz	1 383. 947	3. 472	0. 158	0. 998	509. 18	7. 9
	von Bertalanffy	1 559. 085	0. 747	0. 112	0. 999	461. 95	7. 2
乌蒙乌骨鸡	Logistic	1 716. 487	17. 274	0. 331	0. 993	858. 24	8. 6
	Gompertz	1 925. 123	3. 852	0. 185	0. 996	708. 29	7. 3
	von Bertalanffy	2 103. 153	0. 809	0. 136	0. 996	623. 16	6. 5
威宁鸡	Logistic	1 890. 834	15. 387	0. 275	0. 990	945. 42	9. 9
	Gompertz	2 267. 760	3. 572	0. 143	0. 996	834. 35	8. 9
	von Bertalanffy	2 657. 166	0. 757	0. 097	0. 998	787. 31	8. 5
贵州黄鸡	Logistic	2 197. 924	16. 917	0. 298	0. 995	1 098. 96	9. 5
	Gompertz	2 569. 911	3. 741	0. 158	0. 999	945. 52	8. 4
	von Bertalanffy	2 935. 645	0. 782	0. 110	0. 999	869. 82	7. 8

3 讨论

对于兼用型鸡种, 鸡的产肉量及肉、蛋品质是重要的经济性状, 其中鸡的体重、产肉量与养殖户经济效益直接挂钩, 对品种选育具有重要意义。畜禽生长曲线的拟合分析是研究畜禽生长发育规律主要方法之一, 为畜禽的育种工作提供参考, 对畜禽的饲养管理有重要指导作用^[14-15]。生长曲线拟合分析已成为划分动物生长发育阶段的重要手段, 并能为家禽的饲养管理提供参考。合适的生长曲线模型能有效监控鸡群生长发育情况, 对家禽的饲养具有重要的指导意义。

本试验通过 3 种生长曲线模型对贵州 5 个地方鸡种的体重变化进行拟合, 结果显示: 3 种生长曲线均能较好地拟合 5 个鸡种的体重变化情况, von Bertalanffy 模型是 5 个地方品种的最佳生长曲线模型, 这与肖涛等^[16]用 Logistic、Gompertz、von Bertalanffy 3 种生长曲线模型拟合黔东南小香鸡的生长变化规律的结果一致。孟信群等^[17]、牟腾慧等^[18]研究得出 Gompertz 模型用于拟合赤水乌骨鸡、威宁鸡的生长曲线效果最佳; 李洪林等^[19]研究得出 Logistic 模型用于拟合贵州黄鸡生长曲线效果最佳, 与本试验结果有偏差, 可能是由于饲养环境、方式及选育等多种原因导致。在生产中, 应根据实际饲养及实际生长情况选择动物的最佳拟合生长曲线^[20], 掌握动物生长变化情况, 及时发现生产过程中的问题并采取相应的措施。大量研究报道显示不同鸡品种体重拟合的最佳生长曲

线不同, 如坝上长尾鸡的最佳拟合生长曲线是 Logistic^[21], von Bertalanffy 对墨西哥克里奥尔鸡^[22]、东乡黑鸡^[23]的拟合效果最好, 越南米亚鸡^[24]、儋州鸡^[25]的最佳拟合生长曲线为 Gompertz。因此, 不同品种鸡有不同的最佳拟合生长曲线模型, 要结合实际生产进行选择。在本试验中, 贵州 5 个地方鸡种的最佳生长曲线为 von Bertalanffy 模型, 在实际的品种选育工作中, 不同品种的鸡通常在同一环境中采样相同的饲养方式, 如果用于选育的鸡种有相同的最适生长曲线模型, 则能减少工作量, 避免因统计量过大而造成计算混乱等问题。贵州气候多变, 鸡在饲养过程中容易受到环境的影响, 因此可利用生长曲线了解各品种生长变化和受环境影响的程度, 检验饲养成果。

5 个地方品种鸡在 8 周龄左右达到生长高峰, 周增重量大, 在整个生长过程中, 贵州黄鸡的体重最大, 黔东南小香鸡的体重最小。贵州黄鸡是由新汉夏、金黄洛克和威宁鸡杂交培育而来, 并经过了 30 余年的选育, 符合当地的消费习惯。黔东南小香鸡是小型鸡种^[26], 生长缓慢, 产肉率较低, 但其肉质佳。鸡在拐点日龄处生长最快, 拐点日龄越晚说明鸡早期生长越缓慢, 生长周期越长^[27], 饲养周期延长导致饲养成本增加; 拐点时间早, 说明早期生长快, 可缩短上市日龄。本试验中 5 个地方品种鸡的拐点周龄在 8 周左右, 拐点日龄在 57 日龄左右, 乌蒙乌骨鸡的拐点周龄最早, 赤水乌骨鸡的拐点周龄最晚, 2 个品

种的拐点日龄相差 13 d, 说明乌蒙乌骨鸡早期生长快, 可适当缩短上市日龄, 与其他 4 个品种相比, 赤水乌骨鸡早期生长较慢。当 5 个地方品种鸡使用相同的饲养管理方式时, 应在 8 周龄左右加大饲养管理力度, 充分发挥鸡群的生长潜力。在实际品种选育工作中, 应根据不同鸡种优点来进行选育工作, 本试验中的 5 个地方品种均为贵州省优良的地方鸡品种, 可根据贵州黄鸡的体重、黔东南小香鸡的肉质和乌蒙乌骨鸡生长快的优点来进行选育, 提高经济效益。

4 结论

Logistic、Gompertz 和 von Bertalanffy 3 种模型均能较好地拟合贵州省 5 个地方鸡品种生长变化规律, Gompertz 模型的拟合效果最佳, 5 个品种鸡的拐点周龄在 8 周左右, 5 个品种鸡中以贵州黄鸡增重最快, 乌蒙乌骨鸡早期生长发育快。通过拟合的生长曲线模型对实践生产进行评估, 可为贵州省地方鸡的科学饲养、品种资源利用及选育提供参考。

参考文献:

[1] 谭玉文, 文正亚, 周敏, 等. 宁都黄公鸡生长、体尺与屠宰性状的典型相关分析 [J]. 中国畜牧杂志, 2021, 57 (12): 102-105.

[2] FITZHUGH H A Jr. Analysis of growth curves and strategies for altering their shape [J]. J Anim Sci, 1976, 42 (4): 1036-1051.

[3] KUHI H D, PORTER T, LOPEZ S, et al. A review of mathematical functions for the analysis of growth in poultry [J]. Worlds Poult Sci J, 2010, 66 (2): 227-240.

[4] WAHEED A, KHAN M S, ALI S, et al. Estimation of growth curve in Beetal goats [J]. Archiv Tierzucht, 2011 (3): 287-296.

[5] ADINATA Y, NOOR R R, PRIYANTO R, et al. Comparison of growth curve models for Ongole Grade cattle [J]. Trop Anim Health Prod, 2022, 54 (5): 252.

[6] 徐永健, 龚婷, 王维勇, 等. 从江香猪公猪的生长发育规律及生长曲线拟合 [J]. 黑龙江畜牧兽医, 2020 (3): 52-55.

[7] WAIZ H A, GAUTAM L, WAIZ A. Appraisal of growth curve in Sirohi goat using non-linear growth curve models [J]. Trop Anim Health Prod, 2019, 51 (5): 1135-1140.

[8] 罗鲜青, 马青艳, 温斌华, 等. 广西麻鸡生长曲线分析与拟合比较分析 [J]. 养禽与禽病防治, 2021 (10): 14-18.

[9] 万火福, 孙俊丽, 黄英飞, 等. 广西三黄鸡生长曲线拟合与分析

[J]. 广西畜牧兽医, 2021, 37 (3): 99-102.

[10] 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.

[11] XIE W Y, PAN N X, ZENG H R, et al. Comparison of nonlinear models to describe the feather growth and development curve in yellow-feathered chickens [J]. Animal, 2020, 14 (5): 1005-1013.

[12] AKBAS Y, TASKYN T, DEMIROREN E. Comparison of several models to fit the growth curves of Kivircik and Daglic male lambs [J]. Turk J Vet Anim Sci, 1999 (3): 537-544.

[13] KÜHLEITNER M, BRUNNER N, NOWAK W G, et al. Best-fitting growth curves of the von Bertalanffy-Pütter type [J]. Poult Sci, 2019, 98 (9): 3587-3592.

[14] 焦昱芹, 田亚东, 康向涛, 等. 浙川乌骨鸡体重变化拟合的比较研究 [J]. 畜牧与兽医, 2014, 46 (4): 54-57.

[15] CHANG W, XIE Q, ZHENG A, et al. Effects of aflatoxins on growth performance and skeletal muscle of Cherry Valley meat male ducks [J]. Anim Nutr, 2016, 2 (3): 186-191.

[16] 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.

[17] 孟信群, 李思, 喻林, 等. 赤水乌骨鸡生长曲线拟合研究 [J]. 黑龙江畜牧兽医, 2016 (15): 227-229.

[18] 牟腾慧, 龙广丽, 刘洋, 等. 威宁鸡生长曲线拟合研究 [J]. 中国畜牧杂志, 2020, 56 (10): 95-98.

[19] 李洪林, 李维, 饶永超, 等. 贵州黄鸡慢羽系生长曲线拟合研究 [J]. 中国畜牧兽医, 2019, 46 (7): 2053-2058.

[20] 滕晖, 张梓豪, 张细权, 等. 杏花鸡与白洛克鸡杂交 F2 代的生长曲线拟合及体尺与屠宰性能的相关和回归分析 [J]. 中国家禽, 2021, 43 (7): 28-36.

[21] 李健. 基于 Logistic 模型的坝上长尾鸡生长曲线研究 [J]. 中国家禽, 2015, 37 (17): 50-52.

[22] MATA-ESTRADA A, GONZÁLEZ-CERÓN F, PRO-MARTÍNEZ A, et al. Comparison of four nonlinear growth models in Creole chickens of Mexico [J]. Poult Sci, 2020, 99 (4): 1995-2000.

[23] 牛建芹, 靳笑菊, 张同玉, 等. 东乡黑鸡生长曲线拟合与分析 [J]. 中国家禽, 2018, 40 (2): 47-49.

[24] HOANG T N, DO H T T, BUI D H, et al. Evaluation of non-linear growth curve models in the Vietnamese indigenous Mia chicken [J]. Anim Sci J, 2021, 92 (1): e13483.

[25] 李义书, 侯冠彧, 周雄, 等. 不同羽色儋州鸡生长曲线拟合与分析研究 [J]. 中国畜牧兽医, 2018, 45 (11): 3062-3069.

[26] 陶宇航. 黔东南小香鸡品种特性概述 [J]. 农技服务, 2008, 25 (11): 109.

[27] SELVAGGI M, LAUDADIO V, D ALESSANDRO A G, et al. Comparison on accuracy of different nonlinear models in predicting growth of Podolica bulls [J]. Anim Sci J, 2017, 88 (8): 1128-1133.