



李文伟,刘彦婷,周亚南,等.安义瓦灰鸡生长曲线拟合及分析[J].江西农业大学学报,2026,48(1):176–185.
LI W W,LIU Y T,ZHOU Y N,et al.Fitting and analysis of growth curve of Anyi gray chicken[J].Acta agriculturae universitatis Ji-
angxiensis,2026,48(1):176–185.

安义瓦灰鸡生长曲线拟合及分析

李文伟^{1,2},刘彦婷^{1,2},周亚南^{1,2},廖祖蓉^{1,2},丁振玄^{1,2},
毛辉荣^{1,2},陈彪^{1,2,3*},刘三凤^{1,2*}

(1.江西农业大学 动物科学技术学院,江西 南昌 330045;2.江西农业大学 家禽研究所,江西 南昌 330045;3.广西
金陵农牧集团有限公司,广西 南宁 530000)

摘要:【目的】旨在使用非线性模型拟合安义瓦灰鸡生长曲线,探究其发育规律,为生产实践提供理论基础。【方法】从安义瓦灰鸡原种场收集种蛋100枚,共孵化91只雏鸡,0~6周公母混合多层笼养,7~18周公母分群林下散养,测定0,2,4,6,8,10,12,14,16,18周龄体质量,运用Logistic、Von Bertalanffy和Gompertz 3种非线性模型分别对安义瓦灰鸡公鸡和母鸡进行生长曲线拟合。【结果】3种模型 R^2 值均达到0.99以上,公鸡的Von Bertalanffy模型拟合效果最优,母鸡的Gompertz模型拟合效果最佳,2种模型 R^2 值均达到0.998。安义瓦灰鸡公鸡与母鸡的拐点体质量分别为782.89 g、469.39 g,安义瓦灰鸡公鸡和母鸡的拐点周龄分别是9.21周、7.51周。该品种各周公鸡体质量显著($P<0.05$)高于母鸡,公鸡在第10周达到生长高峰,母鸡则在第8周达到生长高峰。【结论】安义瓦灰鸡公鸡最佳生长曲线拟合模型为Von Bertalanffy模型,表达式为 $W=2\ 642.25\times(1-0.807e^{-0.096t})^3$,安义瓦灰鸡母鸡最佳生长曲线拟合模型为Gompertz模型,表达式为 $W=1\ 275.95e^{-3.747\times\exp(-0.176t)}$ 。

关键词:生长发育;生长曲线;非线性模型;安义瓦灰鸡

中图分类号:S831.2 文献标志码:A

开放科学(资源服务)标识码(OSID):

文章编号:1000-2286(2026)01-0176-10

CSTR:32399.14.aauj.2026016



Fitting and analysis of growth curve of Anyi gray chicken

LI Wenwei^{1,2},LIU Yanting^{1,2},ZHOU Yanan^{1,2},LIAO Zurong^{1,2},DING Zhenxuan^{1,2},
MAO Huirong^{1,2},CHEN Biao^{1,2,3*},LIU Sanfeng^{1,2*}

(1.College of Animal Science and Technology, Jiangxi Agricultural University, Nanchang 330045, China;
2.Institute of Poultry, Jiangxi Agricultural University, Nanchang 330045, China; 3.Guangxi Jinling Agriculture
and Animal Husbandry Group Co., Ltd., Nanning 530000, China)

收稿日期:2025-10-10 修回日期:2025-12-12 接受日期:2025-12-17

基金项目:国家重点研发计划项目(2021YFD1200803)、农业生物育种国家科技重大专项(2023ZD0405302)和江西省现代农业家禽产业技术体系资助项目(JXARS-09)

Project supported by the National Key Research and Development Program of China(2021YFD1200803), Biological Breeding-National Science and Technology Major Project(2023ZD0405302)and Technology System of Modern Agricultural Poultry Industry of Jiangxi Province(JXARS-09)

作者简介:李文伟,硕士生,orcid.org/0009-0009-7815-5911,1326003655@qq.com;*通信作者:刘三凤,教授,博士,主要从事家禽遗传育种及生产研究,orcid.org/0000-0002-9982-897X,lsf3318@163.com;陈彪,副教授,博士,主要从事家禽遗传育种与繁殖研究,orcid.org/0000-0003-1852-5289,chenbiao@jxau.edu.cn。

©《江西农业大学学报》编辑部,开放获取CC BY-NC-ND协议

Abstract: [Objective] This study aims to fit the growth curve of Anyi gray chickens using nonlinear models to investigate their growth patterns and provide a theoretical basis for production. [Method] A total of 100 fertilized eggs were collected from the Anyi Gray Chicken breeding farm, and 91 chicks were hatched. The chickens were reared in mixed-sex multilayer cages from 0 to 6 weeks and in free-range groups under woodland from 7 to 18 weeks. Body weights were measured at 0, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, and 18 weeks of age. Three nonlinear models Logistic, Von Bertalanffy, and Gompertz were applied to fit the growth curves of male and female Anyi gray chickens. [Result] All three models achieved R^2 values above 0.99. The Von Bertalanffy model showed the best fit for males, while the Gompertz model was optimal for females, both with R^2 values of 0.998. The inflection point of the body weights for male and female chickens were 782.89 g and 469.39 g, respectively, and the inflection point of ages were 9.21 weeks and 7.51 weeks, respectively. The weight of cocks in this breed was significantly ($P<0.05$) higher than that of hens in each week. Males reached their peak growth rate at week 10, whereas females reached it at week 8. [Conclusion] The Von Bertalanffy model is identified as the most suitable for male Anyi gray chickens, with the equation: $W=2\ 642.25\times(1-0.807e^{-0.096t})^3$. The Gompertz model is optimal for females, with the equation: $W=1\ 275.95e^{-3.747\times\exp(-0.176t)}$.

Keywords: growth and development; growth curve; nonlinear models; Anyi gray chicken

【研究意义】体质量是研究家禽生长发育与遗传特性的重要指标之一,可作为判断家禽生长状态、群体整齐度的依据,通过观察特定阶段体质量变化调整饲料营养水平,可提高生产效能^[1]。生长曲线能够直观反映个体体质量随时间的动态变化,采用非线性数学模型拟合生长曲线有助于深入了解个体生长发育规律^[2]。安义瓦灰鸡是江西特色地方品种之一,主产于江西省南昌市安义县。据《安义县志》记载,安义瓦灰鸡饲养历史已有千年,兼具优良的食用与药用价值。安义瓦灰鸡具有独特的灰毛、灰脚、灰喙的“三灰”特征。安义瓦灰鸡于2009年正式被编入《国家畜禽遗传资源品种名录》,并于2015年获准注册地理标志商标^[3-4]。我国近年来对畜禽种质资源的保护工作日益重视,研究安义瓦灰鸡的生长曲线拟合有助于了解该品种生长发育规律,有效防止品种资源流失,为后续品种选育、饲养管理提供理论依据。【前人研究进展】目前,非线性模型已广泛应用于地方鸡种的生长曲线拟合分析,其中 Logistic^[5]、Von Bertalanffy^[6]和 Gompertz^[7]3种模型较为常用。苏红卫等^[8]利用非线性模型拟合修水黄羽乌鸡的生长曲线,结果表明 Von Bertalanffy 模型是修水黄羽乌鸡最佳的生长模型,并指出该品种平羽系拐点时间稍早于翻羽系,且平羽系拐点体质量大于翻羽系,表明同品种、不同品系间存在生长差异。文霜等^[9]测定 0~22 周张家界白羽乌鸡的体质量并进行生长曲线拟合,结果表明 Gompertz 模型是拟合最优模型,实测值与拟合值误差在 5 g 以内,同时发现该品种公鸡的拐点时间晚于母鸡。马晓阳等^[10]测定 1~126 日龄广西三黄鸡体质量,发现 Logistic 模型的最大日增重与实测值最为接近。Zuidhof^[11]采用多相 Gompertz 模型评估产蛋母鸡、肉用种公鸡与母鸡,以及火鸡母鸡的拟合度,发现二相模型对火鸡母鸡最为合适,而三相模型对所有鸡系均合适,因此可以通过多阶段模型来预测不同品种家禽的生长情况。Liu 等^[12]对比基础日粮中添加白背黄花稔试验组和对照组基础日粮饲喂安义瓦灰鸡,试验组血浆抗氧化指标显著提升,同时试验组鸡盲肠微生物群多样性得到改善。李园园等^[13]试验在日粮料中添加蚯蚓发酵液饲喂安义瓦灰鸡,发现以 5 $\mu\text{L/g}$ 的添加量可有效调节安义瓦灰鸡的生长性能、提升免疫能力并降低血脂水平。

【本研究切入点】安义瓦灰鸡是江西省重要的畜禽遗传资源,目前相关研究多集中于饲料添加剂对其生产性能的影响,而有关其生长发育规律的研究较少,尤其是利用非线性模型进行生长曲线的研究仍未见报道。【拟解决的关键问题】本研究通过 Logistic、Von Bertalanffy 和 Gompertz 3种非线性模型对安义瓦灰鸡进行生长曲线拟合,筛选最适合的模型,系统揭示安义瓦灰鸡的生长发育规律,为安义瓦灰鸡的种质资源保护、系统选育及精准饲养管理提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验动物

本试验开始于 2024 年 9 月,试验用安义瓦灰鸡种蛋(100 枚)购自江西省安义瓦灰鸡原种场,在江西

农业大学家禽研究所孵化房采用鸡标准孵化程序孵化,共孵出 91 只雏鸡。

1.2 试验设计

饲养阶段分为 0~6 周和 7~18 周,0~6 周采用公母混合叠层育雏笼笼养,7~18 周采用公母分群林下散养,笼养及散养场地均在江西农业大学家禽研究所实验基地。试验鸡群按照黄羽肉鸡标准育雏、育成程序饲养,自由采食、饮水,按免疫程序接种疫苗。在 0~3 周饲喂 810 肉小鸡料,4~18 周饲喂 811y 肉中鸡料(南昌正大畜禽有限公司)。饲料营养水平见表 1。

表 1 饲料营养水平
Tab.1 Nutritional level of the diet

项目 Items	0~3 周	4~18 周
	810 肉小鸡料	811y 肉中鸡料
	0~3 week 810 Small broiler chicken feed	4~18 week 811y Medium broiler chicken feed
粗蛋白 Crude protein%	≥20.0	≥19.0
粗纤维 Crude fiber%	≤5.0	≤6.0
粗灰分 Crude ash%	≤7.0	≤7.0
钙 Calcium%	0.70~1.40	0.70~1.40
总磷 Total phosphorus%	≥0.50	≥0.50
氧化钠 Sodiumchloride%	0.25~0.80	0.25~0.80
蛋氨酸 Methionine%	0.35~0.90	0.30~0.90
水分 Water%	≤13.5	≤13.5

1.3 生长曲线拟合

出雏时称重记为 0 周重,之后在 2,4,6,8,10,12,14,16,18 周的周末进行一次称重,每次随机称重公母各 20 只,称重前对鸡群禁食 12 h,记录每 2 周体质量。选用 Logistic、Von Bertalanffy 和 Gompertz 3 种模型进行拟合。模型表达式见表 2。

表 2 3 种生长曲线拟合模型
Tab.2 Three types of growth curve fitting models

模型 Model	Logistic	Von Bertalanffy	Gompertz
表达式 Expression	$W=A/(1+Be^{-Kt})$	$W=A \times (1 - Be^{-Kt})^3$	$W=Ae^{-Bexp(-Kt)}$
绝对生长量 Absolute growth rate	$ABK \times e^{-Kt} / (1 + Be^{-Kt})^2$	$3KA \times (1 - Be^{-Kt})^2 \times Be^{-Kt}$	$KABe^{-Bexp(-Kt)} \times e^{-Kt}$
相对生长量 Relative growth rate	$K(1 - w_t/A)$	$3K[(A/w_t)^{1/3} - 1]$	$K \times (\ln A - \ln w_t)$
拐点体质量 The inflection point of weight	$A/2$	$8A/27$	A/e
拐点周龄 The inflection point of week	$(\ln B)/K$	$(\ln 3B)/K$	$(\ln B)/K$
最大周增重 Maximum weekly weight gain	$Kwt/2$	$3Kwt/2$	Kwt

A 为极限生长量,K 为瞬时生长速率,B 为常数,t 为周龄,wt 为拐点体质量,wt 为 t 周龄体质量。
A is the maximum growth rate, K is the instantaneous growth rate, B is a constant, t is the age at week, wt is the inflection point weight and wt is the weight at week t of age.

1.4 数据统计与分析

每次测定完成后,计算平均体质量数据,结果以“平均值±标准差”表示,使用 SPSS 20.0 软件对结果进行非线性模型拟合和独立样本 t 检验,得出各模型 A、B、K、R² 值,使用 Excel 表格汇总数据,并计算出拐

点体质量、拐点周龄、最大周增重、相对生长速率以及绝对生长速率,利用 R^2 值来评价模型拟合效果,使用Origin软件绘图。 $P<0.05$ 表示差异显著, $P>0.05$ 表示无显著差异。

2 结果与分析

2.1 安义瓦灰鸡体质量变化规律

0~18周安义瓦灰鸡公、母体质量变化见表3与图1。由表可知,各周龄安义瓦灰鸡公鸡体质量均显著($P<0.05$)大于母鸡。图1表明公母之间体质量增长表现为前4周增重速度相似,4周后均体质量快速增长,至12周后增重减慢。

表3 0~18周安义瓦灰鸡体质量变化规律
Tab.3 The variation pattern of body weight in AnYi gray chickens form 0 to 18 week of age

周龄 Week	公鸡体质量/g The weight of cock	母鸡体质量/g The weight of hen
0	30.57±2.05 ^a	28.87±1.66 ^b
2	108.54±11.55 ^a	98.53±14.34 ^b
4	244.35±25.93 ^a	209.91±25.09 ^b
6	406.75±41.94 ^a	330.00±35.75 ^b
8	619.25±63.08 ^a	492.75±60.75 ^b
10	890.50±82.49 ^a	669.05±74.53 ^b
12	1 140.59±106.49 ^a	842.08±75.80 ^b
14	1 268.75±136.21 ^a	914.25±79.24 ^b
16	1 445.50±127.36 ^a	987.75±115.35 ^b
18	1 681.00±132.12 ^a	1 105.25±82.77 ^b

同行数据无肩标字母或含有相同字母表示无显著差异($P>0.05$),字母肩标不同表示差异显著($P<0.05$)。
Within the same row, values with no superscript letters or sharing a common letter indicate no significant difference ($P>0.05$), while those with different superscript letters denote a statistically significant difference ($P<0.05$).

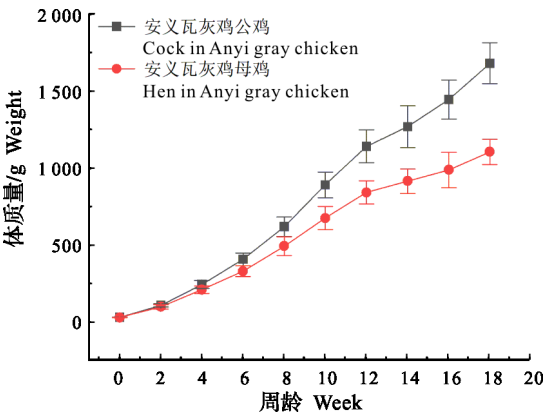


图1 0~18周龄安义瓦灰鸡累积生长曲线
Fig.1 The accumulative growth curve of 0-18 week-old Anyi gray chicken

2.2 安义瓦灰鸡生长曲线拟合结果

安义瓦灰鸡生长曲线模型拟合结果如表4所示。3种模型拟合度均在0.99以上,表明各模型均能较好地描述安义瓦灰鸡体质量发育规律。其中,Von Bertalanffy模型对公鸡的拟合效果最佳($R^2=0.998$),Gompertz模型对母鸡的拟合效果最优($R^2=0.998$)。公鸡和母鸡的 R^2 值最低均为Logistic模型,分别是0.994与0.996。Logistic模型、Von Bertalanffy模型和Gompertz模型预测公鸡拐点体质量分别为887.95 g、782.89 g、804.45 g,预测的拐点周龄依次为10.23周、9.21周、9.48周,预测的最大周增重分别是130.53 g、112.74 g、117.45 g;母鸡拐点体质量分别为558.75 g、420.88 g、469.39 g,预测的拐点周龄是8.76周、6.84周和7.51周,预测的最大周增重分别为90.52 g、78.92 g、82.61 g。3种模型拟合数据表明公鸡的拐点体质

量、拐点周龄、最大周增重均大于母鸡, Logistic 模型所预测的拐点体质量、拐点周龄和最大周增重均最大, 而 Von Bertalanffy 模型预测的拐点体质量、拐点周龄和最大周增重最小。

表 4 安义瓦灰鸡公、母鸡生长曲线参数估计值

Tab.4 Estimation values of growth curve parameters for cokes and hens in Anyi gray chicken

性别 Gender	模型名称 Model	A	B	K	R^2	拐点体质量 The inflection point of weight	拐点周龄 The inflection point of week	最大周增重 Maximum weekly weight gain
公 Male	Logistic	1 775.90	20.257	0.294	0.994	887.95	10.23	130.53
	Von Bertalanffy	2 642.25	0.807	0.096	0.998	782.89	9.21	112.74
	Gompertz	2 186.73	3.994	0.146	0.997	804.45	9.48	117.45
母 Female	Logistic	1 117.49	17.078	0.324	0.996	558.75	8.76	90.52
	Von Bertalanffy	1 420.48	0.784	0.125	0.997	420.88	6.84	78.92
	Gompertz	1 275.95	3.747	0.176	0.998	469.39	7.51	82.61

2.3 安义瓦灰鸡体质量数据实测值与拟合曲线估计值比较

安义瓦灰鸡公、母鸡体质量数据实测值与 3 种模型拟合值比较详见表 5、表 6 以及图 2、图 3。分析表明, 不同模型在各阶段的拟合效果存在差异。在公鸡数据中, Gompertz 模型 0~2 周的预测值与实测值更接近; 4~8 周 Logistic 模型预测值与实测值更接近; 10~18 周期间, 则 Von Bertalanffy 模型拟合数据更加接近公鸡体质量实测值。在母鸡中, 0~4 周 Gompertz 模型拟合值与实测值接近, Logistic 模型在 6~12 周的拟合值与实测值偏差较小, 14~18 周 Von Bertalanffy 模型预测值接近实测值。

表 5 安义瓦灰鸡公鸡体质量数据实测值与 3 种模型拟合数据比较

Tab.5 Comparison of the measured body weight values and fitting values of three growth curve models for cock in Anyi grey chicken

周龄 Week	实测值/g Measured value	Logistic/g	Von Bertalanffy/g	Gompertz/g
0	30.57	83.54	18.99	40.29
2	108.54	144.95	98.42	110.78
4	244.35	244.97	241.28	235.77
6	406.75	397.19	430.87	414.42
8	619.25	606.52	646.88	631.48
10	890.50	857.55	871.72	864.90
12	1 140.59	1 113.54	1 092.38	1 093.89
14	1 268.75	1 334.88	1 300.31	1 303.62
16	1 445.50	1 500.54	1 490.55	1 486.06
18	1 681.00	1 611.63	1 660.87	1 638.77

2.4 安义瓦灰鸡绝对生长曲线比较

安义瓦灰鸡公、母鸡 0~18 周绝对生长曲线如图 4 和图 5 所示。绝对生长量常用绝对增长率表示, 反映个体在单位时间内的生长量。观察曲线可知 3 种模型均呈现相似的生长趋势: 公鸡在前 8 周增重速度较快, 在第 10 周出现最大周增重, 10 周之后生长速度逐渐变慢, 增重开始下降; 而母鸡则在 6 周前增长较快, 于 8 周左右时出现最大周增重, 随后绝对增长率呈下降趋势。同时, 公鸡和母鸡的绝对增长率峰值均出现在 Logistic 模型。

2.5 安义瓦灰鸡相对生长率曲线比较

安义瓦灰鸡 3 种模型的相对生长曲线见下图 6 及图 7。相对生长量用于表明个体一段时间内的生长强度, 通常用相对生长速率来描述。曲线分析表明, 公、母鸡的 3 种模型相对生长曲线趋势相似, 均为 8 周前保持较高的生长强度, 相对生长速率较大, 且 Von Bertalanffy 模型高于 Logistic 模型、Gompertz 模型, 8 周后 3 种模型曲线趋势一致, 差异减小。

表 6 安义瓦灰鸡母鸡体质量实测值与 3 种模型拟合数据比较

Tab.6 Comparison of the measured body weight values and fitting values of three growth curve models for hen in Anyi gray chicken

周龄 Week	实测值/g Measured value	Logistic/g	Von bertalanffy/g	Gompertz/g
0	28.87	61.82	14.32	30.19
2	98.53	112.5	83.89	91.69
4	209.91	196.99	204.94	200.27
6	330.00	324.44	354.62	346.93
8	492.75	490.42	511.81	510.58
10	669.05	669.62	662.18	670.02
12	842.08	827.86	797.81	811.14
14	914.25	944.62	915.41	927.83
16	987.75	1 019.86	1 014.61	1 019.82
18	1 105.25	1 064.20	1 096.64	1 089.93

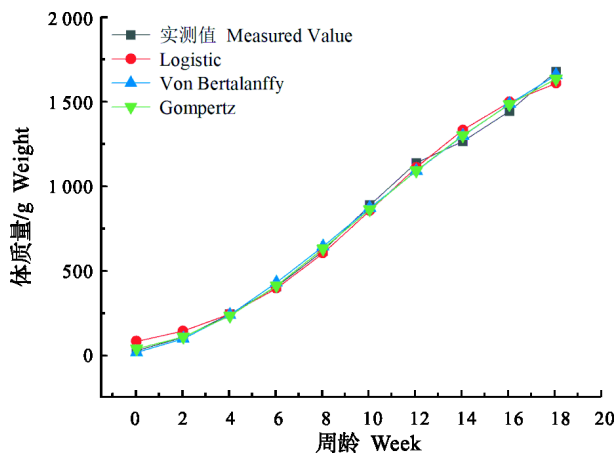


图 2 安义瓦灰鸡公鸡实际生长曲线与拟合生长曲线比较

Fig.2 Comparison of the fitting growth curve and actual growth curve of the cock of Anyi gray chicken

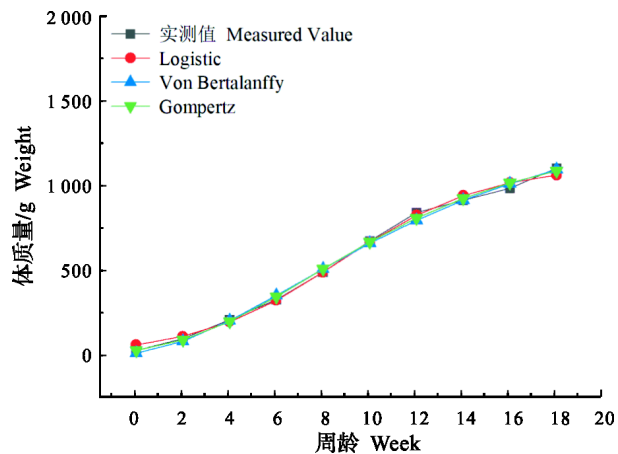


图 3 安义瓦灰鸡母鸡实际生长曲线与拟合生长曲线比较

Fig.3 Comparison of the fitting growth curve and actual growth curve of the hen of Anyi gray chicken

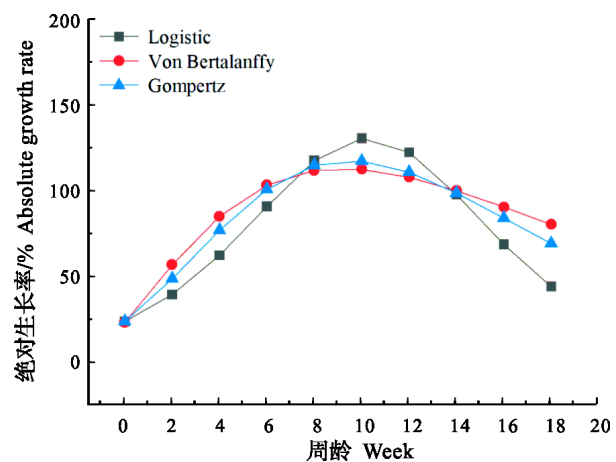


图 4 安义瓦灰鸡公鸡绝对生长曲线

Fig.4 Absolute growth rate curves of three models of cock in Anyi gray chicken

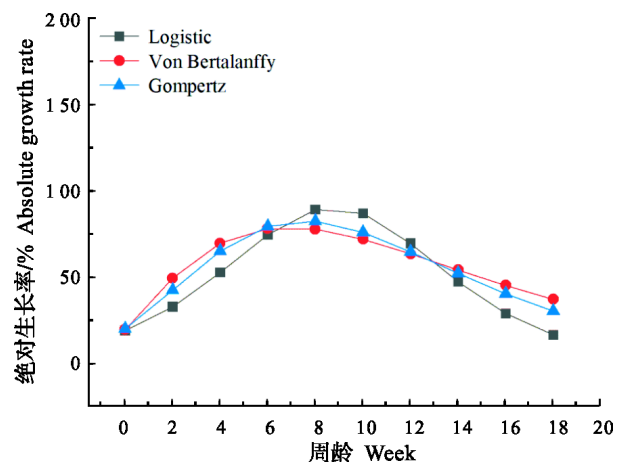


图 5 安义瓦灰鸡母鸡绝对生长曲线

Fig.5 Absolute growth rate curves of three models of hen in Anyi gray chicken

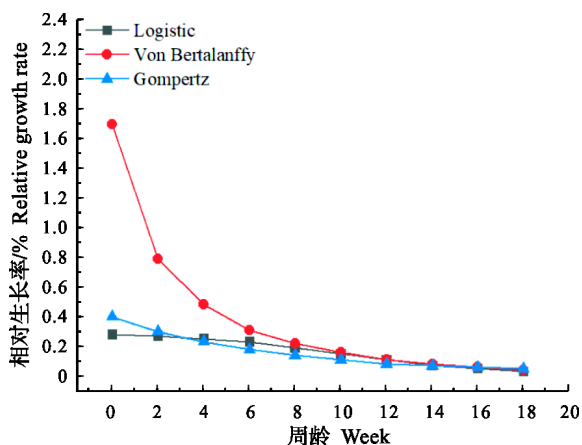


图6 安义瓦灰鸡公鸡相对生长曲线

Fig.6 Relative growth rate curves of three models of cock in Anyi gray chicken

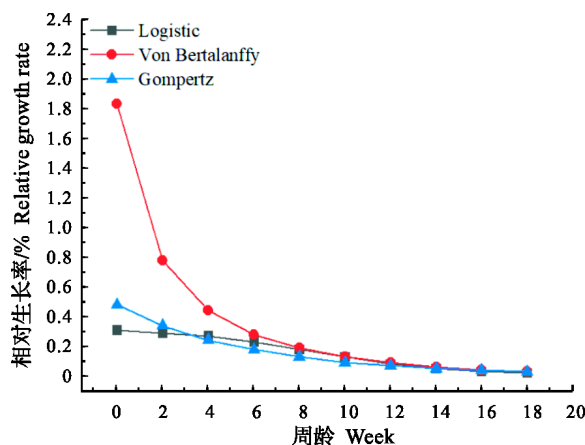


图7 安义瓦灰鸡母鸡相对生长曲线

Fig.7 Relative growth rate curves of three models of hen in Anyi gray chicken

3 讨论

动物的生长规律一般呈现“S”形,表现为前期缓慢生长、中期快速生长、后期平缓生长^[14]。结合安义瓦灰鸡的累积生长曲线、相对生长曲线和绝对生长曲线分析。该品种各周龄公鸡体质量显著($P<0.05$)大于母鸡。前4周公、母鸡绝对生长率与相对生长率相似,增长缓慢,5周龄开始增重加快,进入快速生长时期,且公鸡绝对生长率高于母鸡,公鸡10周龄左右达到生长最高峰,母鸡生长高峰出现在第8周左右,此后生长速度下降。因此,建议在生产实践中安义瓦灰鸡前4周采用公母混养方式,第5周开始实行公母分群饲养。

利用非线性模型拟合生长曲线,可深入探究畜禽的发育规律,不仅为品种选育提供指导,更有助于制定科学的饲养管理^[15]。在动物模型评价^[16]中,通常采用多个指标综合评估拟合效果,其中拟合度(R^2)是重要指标之一, R^2 越趋近于1,则该模式拟合效果越好,但仍需结合预测值与实测值差异以及其他生长参数进行综合判断。本试验采用Logistic、Von Bertalanffy和Gompertz 3种非线性模型拟合安义瓦灰鸡的生长曲线。综合结果考虑,Von Bertalanffy模型对安义瓦灰鸡公鸡拟合效果更好,其拟合体质量与实测体质量差异较小,且拟合度达到0.998,上述结果与王思齐等^[17]对康乐黄鸡公鸡、龙霞等^[18]对赤水乌骨鸡、贵州黄鸡及乌蒙乌骨鸡等品种公鸡生长曲线研究结果一致。对于安义瓦灰鸡母鸡,Gompertz模型拟合效果优于Logistic模型和Von Bertalanffy模型,这与张淑雅等^[19]对略阳乌鸡母鸡、陈凯等^[20]对湘黄鸡母鸡、袁经纬等^[21]对藏鸡母鸡的曲线拟合结果相符。因此,在生长曲线拟合过程中,需关注同一品种不同性别之间存在的差异。

本试验中发现Logistic模型所预测的初始重远大于实测值,可能与该模型描述相对称的S形生长曲线有关,其为匹配中后期的体质量数据而推算出较高的理论初始值。李紫微等^[22]对0~24周温州红鸡生长曲线拟合分析发现公鸡更适合用Von Bertalanffy模型,而母鸡更适合Gompertz模型;余春林等^[23]对沐川乌骨黑鸡的生长曲线研究得出相同结论,与本研究结果一致。葛影影等^[24]对清远黄羽乌鸡进行生长曲线拟合发现公鸡更适合Gompertz模型,母鸡更适合Von Bertalanffy模型,与本研究结果相反;此外,李岩等^[25]研究四层层叠式本交笼饲养海兰褐父母代种鸡生长曲线模型时,发现Logistic模型最适合于拟合公雏,Gompertz模型最适宜拟合母雏;勾丹等^[26]研究快速型黄羽肉鸡生长发育规律,结果表明Gompertz模型为最佳模型。上述研究表明,最佳生长模型受到品种特性、饲养方式等因素影响,实践中应根据具体情况探究其适合的拟合模型。

生长拐点是生长曲线的重要参数,在生长拐点前的时期生长速度较快,拐点后生长速度减慢^[27]。本研究结果显示,Von Bertalanffy模型预测安义瓦灰鸡公鸡的拐点周龄与拐点体质量分别为9.21周、782.89 g,Gompertz模型预测母鸡的拐点周龄与拐点体质量分别为7.51周、469.39 g。胡小爱等^[28]对0~23周龄黄郎鸡的生长曲线研究结果表明黄郎鸡公鸡拐点体质量大于母鸡,而公鸡拐点周龄晚于母鸡,与本试验结果

一致。在品种比较方面,安义瓦灰鸡生长拐点早于江汉鸡(10.62周、10.67周)^[29]、吉林芦花鸡(10.41周、8.89周)^[30]、黔东南小香鸡(11.75周、13.07周)^[31],晚于巨玉鑫等^[32]测定康县太平鸡(7.08周、6.84周)、冯敏等^[33]测定溧阳鸡(7.02周、7.62周)的结果。研究^[34]表明动物生长过程受到品种、饲养环境和性别等多因素影响。刘水兵等^[35]在含有白背黄花稔的林下散养宁都黄鸡,结果表明散养组体斜长、龙骨长、胸宽等体尺指标均显著高于同批次的笼养宁都黄鸡。黄强等^[36]研究不同营养水平下海兰褐蛋公鸡的生长发育规律,发现高能高蛋白组生长拐点周龄为8.66周,而低能低蛋白组生长拐点周龄是7.64周。因此,在安义瓦灰鸡饲养过程中应重点关注公鸡9.21周前与母鸡7.51周前的关键生长阶段,优化营养供给,加强饲养管理,以充分发挥该品种的生长潜力。

4 结 论

在本研究的饲养条件下,Logistic、Von Bertalanffy 和 Gompertz 3种非线性模型均能较好地拟合安义瓦灰鸡生长曲线,其中公鸡生长曲线最佳模型为 Von Bertalanffy 模型,而母鸡生长曲线最佳模型为 Gompertz 模型,模型表达分别为 $W=2\ 642.25 \times (1-0.807e^{-0.096t})^3$ 、 $W=1\ 275.95e^{-3.747\exp(-0.176t)}$ 。构建生长模型为安义瓦灰鸡科学饲养、品种选育提供理论基础,对推动该品种的资源保护与持续开发具有重要意义。

参考文献 References:

- [1] 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.
- [2] 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]. *Animal science journal*, 2021, 92(1): 13483.
- [3] 刘秋红. 白背黄花稔对两种地方鸡生长性能、血液指标和肠道指标的影响[D]. 南昌: 江西农业大学, 2023.
LIU Q H. Effects of *Sida rhombifolia* L on growth performance, blood indices and intestinal indices of two native chickens [D]. Nanchang: Jiangxi Agricultural University, 2023.
- [4] 谢明贵, 刘林秀, 谢金防, 等. 安义瓦灰鸡快羽、慢羽纯系选育及自别雌雄技术研究[J]. *江西农业学报*, 2013, 25(5): 84-88.
XIE M G, LIU L X, XIE J F, et al. Studies on breeding of rapidly-feathering pure line and slowly-feathering pure line of Anyi tile-like gray chicken and its autosexing technology[J]. *Acta agriculturae Jiangxi*, 2013, 25(5): 84-88.
- [5] NGUYEN T H, NGUYEN C X, LUU M Q, et al. Mathematical models to describe the growth curves of Vietnamese Ri chicken[J]. *Brazilian journal of biology*, 2021, 83: 249756.
- [6] TESEMA Z, KEFALE A, DERIBE B, et al. Growth curve analysis in different generations of boer x central highland goats using alternative estimation models[J]. *Plos one*, 2023, 18(11): 293493.
- [7] MAGOTRA A, BANGAR Y C, YADAV A S. Modelling the growth curve and estimation of associated genetic parameters in Munjal sheep[J]. *Tropical animal health and production*, 2023, 55(3): 205.
- [8] 苏红卫, 王水生, 吴平山, 等. 修水黄羽乌鸡生长发育规律及生长曲线拟合研究[J]. *江西农业大学学报*, 2014, 36(5): 1103-1108.
SU H W, WANG S S, WU P S, et al. A Study on the law of growth and development and growth curve fitting of Xiushui yellow Silky[J]. *Acta agriculturae universitatis Jiangxiensis*, 2014, 36(5): 1103-1108.
- [9] 文霜, 陈功建, 杨洁, 等. 张家界白羽乌鸡生长曲线拟合及分析[J]. *家畜生态学报*, 2025, 46(2): 22-27.
WEN S, CHEN G J, YANG J, et al. Fitting and analysis of growth curve of Zhangjiajie white-feathered black chicken[J]. *Journal of domestic animal ecology*, 2025, 46(2): 22-27.
- [10] 马晓阳, 李狄科, 凌晨涛, 等. 广西三黄鸡生长发育规律及生长曲线拟合分析[J]. *饲料工业*, 2025, 1-14.
MA X Y, LI Q K, LING C T, et al. Analysis of growth and development patterns and growth curve fitting of Guangxi sanhuang chicken[J]. *Feed industry*, 2025, 1-14.
- [11] ZUIDHOF M J. Multiphasic poultry growth models: method and application[J]. *Poultry science*, 2020, 99(11): 5607-5614.
- [12] LIU Q, CHEN B, LI X, et al. Dietary supplementation of *Sida rhombifolia* enhances the plasma antioxidation and modulates gut microbiota in Anyi tile-like grey chickens[J]. *Journal of animal physiology & animal nutrition*, 2024, 108(6): 1712-1722.
- [13] 李园园, 李震, 莫庆楠, 等. 蚯蚓发酵液对安义瓦灰鸡生长性能、血清指标及免疫器官指数的影响[J]. *中国兽医学报*, 2022, 42(3): 592-599.

- LI Y Y, LI Z, MO Q N, et al. Effects of earthworm fermentation liquor on growth performance, serum index and immune organ index of Anyi tile-like gray chicken[J]. Chinese journal of veterinary science, 2022, 42(3): 592-599.
- [14] BOONKUM W, DUANGJINDA M, KANANIT S, et al. Genetic effect and growth curve parameter estimation under heat stress in slow-growing Thai native chickens[J]. Veterinary sciences, 2021, 8(12): 297.
- [15] MOKHTARI M S, BORZI N K, FOZI M A, et al. Evaluation of non-linear models for genetic parameters estimation of growth curve traits in Kermani sheep[J]. Tropical animal health and production, 2019, 51(8): 2203-2212.
- [16] 万雨. 江南白鹅早期生长发育规律的分析研究[D]. 扬州: 扬州大学, 2021.
- WAN Y. Study of the early growth and development on Jiangnan White Geese[D]. Yangzhou: Yangzhou University, 2021.
- [17] 王思齐, 饶友生, 杨艳北, 等. 康乐黄鸡生长曲线拟合及分析[J]. 黑龙江畜牧兽医, 2023(14): 56-61.
- WANG S Q, RAO Y S, YANG Y B, et al. Fitting and analysis of growth curve of Kangle yellow chickens[J]. Heilongjiang animal science and veterinary medicine, 2023(14): 56-61.
- [18] 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.
- [19] 张淑雅, 张纪桥, 蔡瑛婕, 等. 不同日龄略阳乌鸡肉品质对比与最佳上市日龄分析[J]. 中国畜牧兽医, 2022, 49(6): 2165-2175.
- ZHANG S Y, ZHANG J Q, CAI Y J, et al. Comparison of meat quality and analysis of the best listing date of Lueyang black-bone chickens at different ages[J]. China animal husbandry & veterinary medicine, 2022, 49(6): 2165-2175.
- [20] 陈凯, 张旭, 吴聪, 等. 湘黄鸡生长及体成分沉积规律研究[J]. 动物营养学报, 2024, 36(11): 7003-7014.
- CHEN K, ZHANG X, WU C, et al. Study on rule of growth and body composition deposition of Hunan yellow chicken[J]. Chinese journal of animal nutrition, 2024, 36(11): 7003-7014.
- [21] 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.
- YUAN J W, GE P, BA S Z M, et al. Fitting and analysis of growth curve of Tibetan chickens in Tibet[J]. Chinese journal of animal science, 2021, 57(1): 80-85.
- [22] 李紫薇, 张雅文, 宋斌, 等. 温州红鸡生长曲线拟合与最佳上市周龄分析[J]. 浙江农业学报, 2024, 36(8): 1741-1752.
- LI Z W, ZHANG Y W, SONG B, et al. Growth curve fitting and the optimal marketing age of Wenzhou red chicken[J]. Acta agriculturae Zhejiangensis, 2024, 36(8): 1741-1752.
- [23] 余春林, 蒋小松, 杜华锐, 等. 沐川乌骨黑鸡生长曲线拟合与分析[J]. 黑龙江畜牧兽医, 2018, (10): 195-198.
- YU C L, JIANG X S, DU H R, et al. Establishment and analysis of growth curve in Muchuan black chicken[J]. Heilongjiang animal science and veterinary medicine, 2018, (10): 195-198.
- [24] 葛影影, 何国戈, 郑经成, 等. 清远黄羽乌鸡生长曲线的拟合与分析[J]. 安徽农业科学, 2024, 52(17): 90-93.
- GE Y Y, HE G G, ZHENG J C, et al. Fitting and analysis of the growth curve of Qingyuan yellow-feathered black bone Chicken[J]. Journal of Anhui agricultural sciences, 2024, 52(17): 90-93.
- [25] 李岩, 詹凯, 马瑞钰, 等. 四层层叠本交笼种鸡生长曲线拟合模型研究[J]. 中国家禽, 2018, 40(23): 32-36.
- LI Y, ZHAN K, MA R Y, et al. Study on fitting of growth curve for layer breeders in natural mating cages with four overlap tiers[J]. China poultry, 2018, 40(23): 32-36.
- [26] 勾丹, 赵昀杰, 常棋, 等. 快速型黄羽肉鸡生长模型及营养沉积规律的研究[J]. 畜牧兽医学报, 2024, 55(10): 4500-4516.
- GOU D, ZHAO J J, CHANG Q, et al. Study on growth model and nutrient deposition pattern of rapidly-growing yellow-feathered chickens[J]. Acta veterinaria et zootechnica Sinica, 2024, 55(10): 4500-4516.
- [27] NEYSI S, GHADERI-ZEFREHEI M, RAFEIE F, et al. Estimation of genetic parameters for production, reproduction, and growth curve of fars indigenous chicken[J]. Animal science journal, 2023, 94(1): 13808.
- [28] 胡小爱, 刘嘉豪, 陈凯, 等. 黄郎鸡体重增长曲线拟合度及体重与体尺的相关性分析[J]. 饲料工业, 2024, 45(20): 114-121.
- HU X A, LIU J H, CHEN K, et al. Fitting of weight growth curve and correlation analysis between body weight and body size in Huanglang chicken[J]. Feed industry, 2024, 45(20): 114-121.
- [29] 吴艳, 潘爱鑫, 皮劲松, 等. 江汉鸡生长发育与曲线拟合情况分析[J]. 湖北农业科学, 2020, 59(21): 106-109.
- WU Y, PAN A L, PI J S, et al. The analysis and fitting of growth curve of Jiangnan chicken[J]. Hubei agricultural sciences, 2020, 59(21): 106-109.
- [30] 柳俭强, 刘臣, 张芳毓, 等. 吉林芦花鸡生长曲线拟合及体重与体尺的相关性[J]. 贵州农业科学, 2019, 47(12): 82-86.

- LIU J Q, LIU C, ZHANG F Y, et al. Growth curve fitting and correlation between body weight and body size of JiLin Luhua chicken[J]. Guizhou agricultural sciences, 2019, 47(12): 82-86.
- [31] 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.
- XIAO T, LI H, TANG S Y, et al. Study on growth curve fitting for Qiandongnan Xiaoxiang chickens[J]. Animal husbandry & veterinary medicine, 2021, 53(11): 1-5.
- [32] 巨玉鑫, 郭志明, 李金录, 等. 康县太平鸡早期生长曲线拟合及体重与体尺相关性分析[J]. 畜牧兽医杂志, 2023, 42(5): 20-24.
- JU Y X, GUO Z M, LI J L, et al. Fitting of early growth curve and correlation analysis between body weight and body size of Taiping chicken in Kang County[J]. Journal of animal science and veterinary medicine, 2023, 42(5): 20-24.
- [33] 冯敏, 金子笛, 刘喜魁, 等. 溧阳鸡生长曲线、屠宰性能及肉品质分析[J]. 中国畜禽种业, 2023, 19(8): 13-20.
- FENG M, JIN Z D, LIU X K, et al. Study on the slaughtering traits and meat quality of Liyang chicken[J]. The Chinese livestock and poultry breeding, 2023, 19(8): 13-20.
- [34] DE SOUSA J R D, FACANHA D A E, BERMEJO L A, et al. Evaluation of non-linear models for growth curve in Brazilian tropical goats[J]. Tropical animal health and production, 2021, 53(2): 198.
- [35] 刘水兵, 方文杰, 李兴辉, 等. 白背黄花稔环境和饲养方式对宁都黄鸡体尺、屠宰性能、肉品质以及血清生化指标的影响[J]. 江西农业大学学报, 2024, 46(1): 210-219.
- LIU S B, FANG W J, LI X H, et al. Effects of *Sida rhombifolia* L. environment and raising modes on growth performance, meat performance and serum biochemical indices of Ningdu yellow chickens[J]. Acta agriculturae universitatis jiangxiensis, 2024, 46(1): 210-219.
- [36] 黄强, 王晓亮, 侯浩宾, 等. 不同营养水平下蛋公鸡的生长曲线拟合研究[J]. 中国畜牧杂志, 2021, 57(8): 147-151.
- HUANG Q, WANG X L, HOU H B, et al. Study on the growth curve fitting of roosters laying eggs at different nutritional levels[J]. Chinese journal of animal science, 2021, 57(8): 147-151.

(责任编辑: 刘俊峰)



第一作者简介:李文伟, 硕士生, 2023年至今江西农业大学 动物科学技术学院 畜牧硕士, 获得两次江西省学业奖学金, 主要从事家禽遗传育种及生产研究, 爱好运动, 阅读。



通信作者简介:刘三凤, 教授, 博士, 江西省现代农业家禽产业技术体系岗位专家, 中国畜牧兽医学学会家禽分会理事、中国畜牧兽医学学会动物福利与健康养殖分会常务理事, 江西省高校中青年骨干教师, 从事家禽、珍禽生产、教学、科研和科技推广工作, 以第一或通讯作者身份公开发表论文70余篇, 注重产学研合作。



通信作者简介:陈彪, 副教授, 博士, 江西省现代家禽产业技术体系特禽饲养岗专家团队成员, 主要从事家禽遗传育种及繁殖研究, 主持国家自然科学基金、国家重点研发计划、江西省自然科学基金等, 以第一或通讯作者身份公开发表论文20余篇, 发明专利多项。