

吉林芦花鸡与吉林黑鸡杂交  $F_1$  代生长发育拟合分析丛含羽<sup>1,2</sup>, 武斌<sup>1</sup>, 张立春<sup>1</sup>, 张伶俐<sup>1,2</sup>, 张芳毓<sup>1</sup>, 郭洋<sup>1</sup>, 刘洪亮<sup>1</sup>, 刘臣<sup>1,2\*</sup>

(1. 吉林省农业科学院, 吉林公主岭 136100; 2. 吉林农业大学动物科技学院, 吉林长春 130118)

**摘要** [目的]研究吉林芦花鸡与吉林黑鸡杂交  $F_1$  代生长发育规律, 筛选出更优的杂交组合方式。[方法]试验采用吉林芦花鸡(LL)、吉林矮脚芦花鸡(AA)与吉林黑鸡(HH)采用完全双列杂交法构建 6 个杂交组合, 外加 3 个亲本, 共计 9 个组合, 对各杂交组公母 0~21 周龄体重进行测定, 最后运用 3 种非线性生长模型(Logistic、Gompertz、Bertalanffy)进行拟合分析。[结果]3 个亲本及不同杂交组合  $F_1$  代生长发育规律相似, 均表现为周增重随着周龄的增加而增加的趋势, 在 9 周龄周增重最高, 此后呈现逐渐降低的趋势。3 种生长模型中 Bertalanffy 模型与 Gompertz 模型在 LL、LA、AL、HL、LH、AH 各  $F_1$  代组合中拟合度  $R^2$  相同, AA、HA 组合母鸡中 Bertalanffy 拟合度  $R^2$  更高, HH 组 Gompertz 模型公鸡拟合度高于 Bertalanffy 模型, Bertalanffy 模型母鸡拟合度高于 Gompertz 模型。[结论]通过对  $F_1$  代的生长发育拟合分析, 筛选杂种优势高的配套系, 揭示  $F_1$  代的生长发育规律, 为吉林芦花鸡与吉林黑鸡的杂交选育和开发利用提供了理论依据。

**关键词** 吉林芦花鸡; 吉林矮脚芦花鸡; 吉林黑鸡; 生长曲线; 拟合

中图分类号 S831.2 文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2021)15-0091-08

doi:10.3969/j.issn.0517-6611.2021.15.024



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

**Fitting Analysis of the Growth and Development of Hybrid  $F_1$  Generation of Jilin Luhua Chicken and Jilin Black Chicken**CONG Han-yu<sup>1,2</sup>, WU Bin<sup>1</sup>, ZHANG Li-chun<sup>1</sup> et al (1. Jilin Academy of Agricultural Sciences, Gongzhuling, Jilin 136100; 2. Institute of Animal Science and Technology, Jilin Agricultural University, Changchun, Jilin 130118)

**Abstract** [Objective] To study the growth and development laws of hybrid  $F_1$  generation of Jilin Luhua Chicken (LL for short) and Jilin Black Chicken (HH for short), screen out the optimal cross combination pattern. [Method] In this experiment, 6 cross combinations were established by complete double-row hybridization between LL, Jilin Dwarf Luhua chicken (AA for short) and HH. Adding 3 crossing parents, total of 9 combinations were selected to measure the weight gain per week from 0 to 21 week age. Finally, the fitting growth curves were drawn by three nonlinear growth models (Logistic, Gompertz, Bertalanffy). [Result] All 9 populations had similar growth and development laws. The weekly weight gain increased with the week age, and the weekly weight gain reached the maximum value at 9 week age, and then showed the gradually decreasing trend. Bertalanffy model and the Gompertz model had the same fitting  $R^2$  in LL, LA, AL, HL, LH and AH  $F_1$  populations. Bertalanffy fitting  $R^2$  was higher in hens than cocks in AA and HA populations. The cocks of HH population had better Gompertz fitting  $R^2$  than Bertalanffy model. The hens of HH population had better Bertalanffy fitting  $R^2$  than Gompertz model. [Conclusion] Through the fitting analysis of the growth and development of the  $F_1$  generation, the matching lines with high heterosis were screened out, and the growth and development laws of the  $F_1$  generation were revealed, which provided the theoretical basis for the hybrid selection and development of Jilin Luhua chicken and Jilin black chicken.

**Key words** Jilin Luhua Chicken; Jilin Dwarf Luhua Chicken; Jilin Black Chicken; Growth curve; Fitting

吉林芦花鸡、吉林黑鸡是吉林省重要的家禽遗传资源, 是吉林省较原始的肉蛋兼用型地方鸡种, 吉林矮脚芦花鸡由吉林省农业科学院选育, 它们都具有耐粗饲、肉质好、抗寒和抗病力强等优点<sup>[1-2]</sup>。近年来, 在吉林省良种工程项目的支持下, 经过保种和本品种选育提高, 培育了各具特色的新品系, 形成了各自的种质特点, 适合规模化舍饲和生态放养, 无论在平原、草原还是山区林地其生产性能均表现突出。经选育吉林芦花鸡的产蛋繁殖性能优于吉林黑鸡<sup>[3]</sup>, 吉林矮脚芦花鸡肉质较好<sup>[4]</sup>, 吉林黑鸡的产肉性能优于吉林芦花鸡, 但都存在群体整齐度差、料肉比偏高等缺点。为了充分利用种群间性状的互补性和可能产生的杂种优势, 笔者通过杂交试验设计, 希望找到生产性能优良的杂交组合, 更好地提高地方优质鸡的生产性能, 通过对  $F_1$  代的生长发育拟合分析, 筛

选出杂种优势高的配套系, 揭示  $F_1$  代的生长发育规律及特点, 旨在为吉林芦花鸡与吉林黑鸡的杂交选育和开发利用提供理论依据。

**1 材料与方法**

**1.1 试验动物** 试验采用吉林省农业科学院畜牧科学分院选育的吉林芦花鸡、矮系芦花鸡、吉林黑鸡 3 个地方鸡品系作为育种素材, 采用完全双列杂交, 得到 9 个组合: 吉林芦花鸡  $\delta$   $\times$  吉林芦花鸡  $\eta$  (LL)、吉林矮系芦花鸡  $\delta$   $\times$  吉林矮系芦花鸡  $\eta$  (AA)、吉林黑鸡  $\delta$   $\times$  吉林黑鸡  $\eta$  (HH)、吉林芦花鸡  $\delta$   $\times$  吉林矮系芦花鸡  $\eta$  (LA)、吉林矮系芦花鸡  $\delta$   $\times$  吉林芦花鸡  $\eta$  (AL)、吉林黑鸡  $\delta$   $\times$  吉林芦花鸡  $\eta$  (HL)、吉林芦花鸡  $\delta$   $\times$  吉林黑鸡  $\eta$  (LH)、吉林黑鸡  $\delta$   $\times$  吉林矮系芦花鸡  $\eta$  (HA)、吉林矮系芦花鸡  $\delta$   $\times$  吉林黑鸡  $\eta$  (AH)。试验鸡出雏后鉴别雌雄, 每个组合全群称重, 选择标准差在  $\pm 10\%$  以内健康活泼的个体作为试验样本, 配带翅号; 每个杂交组合公母分开各 100 只为 1 组, 每个处理组 4 个重复, 每个重复 25 只, 共 1 800 只。

**1.2 饲养管理** 全程立体 2 层笼养, 整个试验期间每日饲喂相同的全价日粮, 由吉林省德泰饲料科技发展有限公司提供所用日粮营养水平 0~6 周龄代谢能和粗蛋白含量分别为

**基金项目** 吉林省畜禽品种培育项目; 吉林省农业科技创新工程人才基金-研究生基金项目(C02104011)。**作者简介** 丛含羽(1995—), 女, 吉林长春人, 硕士研究生, 研究方向: 动物遗传育种与繁殖。武斌(1985—), 女, 吉林九台人, 助理研究员, 硕士, 从事地方家禽育种研究。丛含羽和武斌为共同第一作者。\* 通信作者, 研究员, 硕士, 硕士生导师, 从事地方鸡遗传育种研究。**收稿日期** 2020-11-09; **修回日期** 2020-12-01

11.78 MJ/kg 和 19.5%, 7~21 周龄分别为 11.98 MJ/kg 和 18.0%, 全程自由采食和饮水, 按常规免疫程序接种各种疫苗, 光照按程序, 舍内温度、通风良好, 每组饲养管理条件基本一致, 全程记录各阶段耗料及死亡数。

1.3 测定项目与方法 出雏当日称取初生重, 1~21 周龄每

2 周测量 1 次体重, 测定前 12 h 禁食。对测定数据进行统计, 计算平均体重。

1.4 生长曲线模型 利用 3 种非线性模型 (Logistic、Gompertz、Bertalanffy), 对 0~21 周龄的杂交 F<sub>1</sub> 代体重进行拟合曲线分析, 各模型表达式见表 1。

表 1 3 种非线性模型  
Table 1 Three non-linear models

模型 Model	表达式 Expression	拐点体重 Body weight at inflection point	拐点周龄 Week-age at inflection point	最大周增重 Maximum weekly weight gain
Logistic	$W_t = A / (1 + B \times e^{-kt})$	A/2	(lnB)/k	kw/2
Gompertz	$W_t = A e^{-B \exp(-kt)}$	A/e	(lnB)/k	kw
Bertalanffy	$W_t = A(1 - B \times e^{-kt})^3$	8A/27	(ln3B)/k	3kw/2

注: W 为 t 周龄体重, A 为极限生长量 (终极生长量, 成熟体重), B 为调节参数, K 为瞬时相对生长率

Note: W stands for t-week-old body weight, A stands for the limit growth (ultimate growth, mature body weight), B stands for the adjustment parameter, and K stands for the instantaneous relative growth rate

1.5 数据统计与分析 利用 Excel 2010 软件建立数据库, 利用 SPSS 17.0 统计软件对试验数据进行单因素方差分析, 数据均以“平均值±标准差”表示。

2 结果与分析

2.1 吉林芦花鸡与吉林黑鸡杂交 F<sub>1</sub> 代实测生长曲线 0~21 周龄杂交 F<sub>1</sub> 代公鸡、母鸡累计生长曲线见图 1~2, 0~21 周龄杂交 F<sub>1</sub> 代公鸡、母鸡周增重曲线见图 3~4。

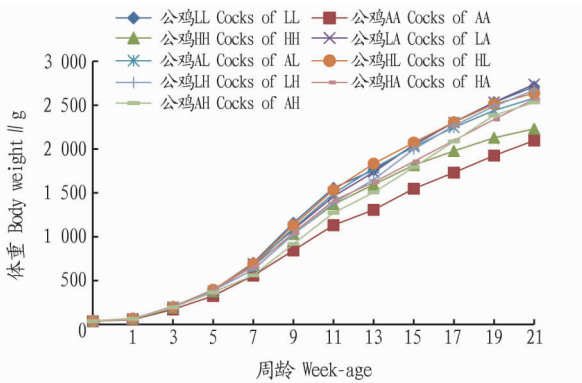


图 1 0~21 周龄杂交 F<sub>1</sub> 代公鸡累计生长曲线

Fig. 1 Cumulative growth curve of F<sub>1</sub> hybrid cocks from 0 to 21 week-ages

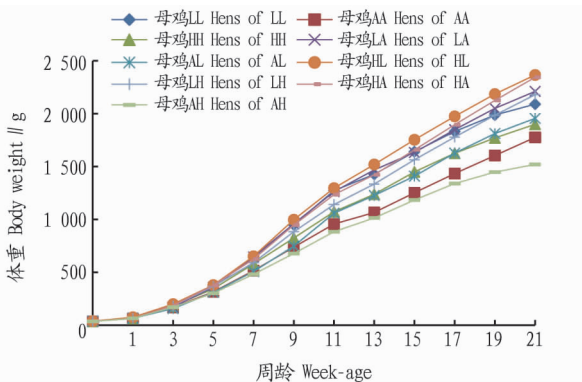


图 2 0~21 周龄杂交 F<sub>1</sub> 代母鸡累计生长曲线

Fig. 2 Cumulative growth curve of F<sub>1</sub> hybrid hens from 0 to 21 week-ages

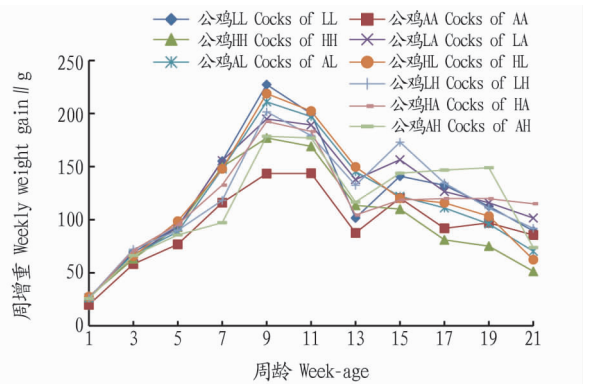


图 3 0~21 周龄杂交 F<sub>1</sub> 代公鸡周增重曲线

Fig. 3 Weekly weight gain curve of F<sub>1</sub> hybrid cocks from 0 to 21 week-ages

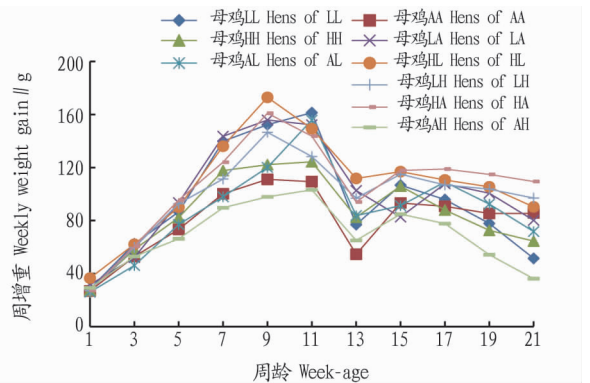


图 4 0~21 周龄杂交 F<sub>1</sub> 代母鸡周增重曲线

Fig. 4 Weekly weight gain curve of F<sub>1</sub> hybrid hens from 0 to 21 week-ages

由图 1、2 可知, 0~5 周生长速度相对缓慢, 生长曲线趋于一致, F<sub>1</sub> 代公母鸡体重差异不大, 5 周后公鸡生长趋势逐渐大于母鸡, 且始终高于母鸡。公鸡中 AA 体重最低, 始终明显低于其他组合。母鸡中 AH 最低。

由图 3~4 可知, 9 周前周增重持续上升, 均在 9 周龄时达到最大值, 13 周龄时周增重最低。

2.2 杂交 F<sub>1</sub> 代 3 种生长模型的拟合分析 模拟 0~21 周龄

杂交 F<sub>1</sub> 代生长发育规律的拟合参数估计值(A、B、K)及拟合度(R<sup>2</sup>)、拐点体重、拐点周龄、最大周增重见表 2~10。

表 2 3 种拟合模型 LL 的参数估计值和拟合度

Table 2 Parameter estimates and fitting degree of LL by three fitting models

模型 Model	性别 Sex	模拟参数 Simulation parameters			拟合度 Fitting degree(R <sup>2</sup> )	拐点体重 Body weight at inflection point//g	拐点周龄 Week-age at inflection point//w	最大周增重 Maximum weekly weight gain//g
		A	B	K				
Logistic	♂	2 730.74	23.04	0.30	0.99	1 365.37	10.60	202.07
	♀	2 103.30	19.76	0.30	1.00	1 051.65	10.01	156.70
Gompertz	♂	3 094.70	4.46	0.16	1.00	1 138.48	9.17	185.57
	♀	2 351.45	4.13	0.17	1.00	865.05	8.50	144.46
Bertalanffy	♂	3 410.95	0.90	0.12	1.00	1 010.65	8.40	178.89
	♀	2 564.98	0.85	0.12	1.00	759.99	7.68	139.08

表 3 3 种拟合模型 AA 的参数估计值和拟合度

Table 3 Parameter estimates and fitting degree of AA by three fitting models

模型 Model	性别 Sex	模拟参数 Simulation parameters			拟合度 Fitting degree(R <sup>2</sup> )	拐点体重 Body weight at inflection point//g	拐点周龄 Week-age at inflection point//w	最大周增重 Maximum weekly weight gain//g
		A	B	K				
Logistic	♂	2 159.98	20.42	0.27	0.99	1 079.99	11.13	146.34
	♀	1 873.42	16.05	0.24	0.99	936.71	11.47	113.34
Gompertz	♂	2 529.17	4.09	0.14	1.00	930.43	9.85	133.05
	♀	2 248.26	3.62	0.13	1.00	827.09	10.30	103.39
Bertalanffy	♂	2 895.99	0.83	0.10	1.00	858.07	9.20	127.42
	♀	2 646.64	0.76	0.08	1.00	784.19	9.83	98.81

表 4 3 种拟合模型 HH 的参数估计值和拟合度

Table 4 Parameter estimates and fitting degree of HH by three fitting models

模型 Model	性别 Sex	模拟参数 Simulation parameters			拟合度 Fitting degree(R <sup>2</sup> )	拐点体重 Body weight at inflection point//g	拐点周龄 Week-age at inflection point//w	最大周增重 Maximum weekly weight gain//g
		A	B	K				
Logistic	♂	2 220.45	23.09	0.32	1.00	1 110.23	9.75	178.75
	♀	1 948.36	17.89	0.27	1.00	974.18	10.56	132.98
Gompertz	♂	2 443.40	4.54	0.18	1.00	898.88	8.27	164.49
	♀	2 237.89	3.86	0.15	1.00	823.27	9.12	121.84
Bertalanffy	♂	2 614.15	0.93	0.14	1.00	774.56	7.35	161.50
	♀	2 513.43	0.80	0.10	1.00	744.72	8.42	116.18

表 5 3 种拟合模型 LA 的参数估计值和拟合度

Table 5 Parameter estimates and fitting degree of LA by three fitting models

模型 Model	性别 Sex	模拟参数 Simulation parameters			拟合度 Fitting degree(R <sup>2</sup> )	拐点体重 Body weight at inflection point//g	拐点周龄 Week-age at inflection point//w	最大周增重 Maximum weekly weight gain//g
		A	B	K				
Logistic	♂	2 801.84	23.98	0.29	1.00	1 400.92	11.07	201.03
	♀	2 222.19	19.53	0.28	0.99	1 111.09	10.46	157.78
Gompertz	♂	3 238.69	4.46	0.15	1.00	1 191.45	9.78	182.29
	♀	2 528.99	4.08	0.16	1.00	930.36	9.02	145.14
Bertalanffy	♂	3 643.89	0.89	0.11	1.00	1 079.67	9.06	174.91
	♀	2 807.57	0.84	0.11	1.00	831.87	8.23	139.75

表 6 3 种拟合模型 AL 的参数估计值和拟合度

Table 6 Parameter estimates and fitting degree of AL by three fitting models

模型 Model	性别 Sex	模拟参数 Simulation parameters			拟合度 Fitting degree(R <sup>2</sup> )	拐点体重 Body weight at inflection point//g	拐点周龄 Week-age at inflection point//w	最大周增重 Maximum weekly weight gain//g
		A	B	K				
Logistic	♂	2 587.29	25.80	0.32	1.00	1 293.64	10.32	203.75
	♀	2 043.79	20.43	0.27	1.00	1 021.90	11.34	135.91
Gompertz	♂	2 891.99	4.75	0.18	1.00	1 063.90	8.90	186.18
	♀	2 425.01	4.06	0.14	1.00	892.11	10.15	123.11
Bertalanffy	♂	3 133.94	0.95	0.13	1.00	928.58	8.06	181.07
	♀	2 819.28	0.82	0.09	1.00	835.34	9.58	117.78

表7 3种拟合模型HL的参数估计值和拟合度

Table 7 Parameter estimates and fitting degree of HL by three fitting models

模型 Model	性别 Sex	模拟参数 Simulation parameters			拟合度 Fitting degree ( $R^2$ )	拐点体重 Body weight at inflection point//g	拐点周龄 Week-age at inflection point//w	最大周增重 Maximum weekly weight gain//g
		A	B	K				
Logistic	♂	2 647.30	26.00	0.32	1.00	1 323.65	10.28	209.80
	♀	2 421.53	19.66	0.27	0.99	1 210.77	10.87	165.87
Gompertz	♂	2 952.08	4.78	0.18	1.00	1 086.01	8.84	192.22
	♀	2 805.57	4.04	0.15	1.00	1 032.11	9.50	151.72
Bertalanffy	♂	3 191.38	0.96	0.13	1.00	945.59	7.99	187.23
	♀	3 178.00	0.82	0.10	1.00	941.63	8.79	145.48

表8 3种拟合模型LH的参数估计值和拟合度

Table 8 Parameter estimates and fitting degree of LH by three fitting models

模型 Model	性别 Sex	模拟参数 Simulation parameters			拟合度 Fitting degree ( $R^2$ )	拐点体重 Body weight at inflection point//g	拐点周龄 Week-age at inflection point//w	最大周增重 Maximum weekly weight gain//g
		A	B	K				
Logistic	♂	2 786.89	24.39	0.28	1.00	1 393.44	11.41	195.08
	♀	2 284.43	18.43	0.26	0.99	1 142.22	11.43	145.63
Gompertz	♂	3 278.86	4.43	0.15	1.00	1 206.23	10.19	176.11
	♀	2 725.97	3.86	0.13	1.00	1 002.83	10.24	132.37
Bertalanffy	♂	3 768.61	0.87	0.10	1.00	1 116.62	9.62	167.49
	♀	3 188.61	0.79	0.09	1.00	944.77	9.75	126.13

表9 3种拟合模型HA的参数估计值和拟合度

Table 9 Parameter estimates and fitting degree of HA by three fitting models

模型 Model	性别 Sex	模拟参数 Simulation parameters			拟合度 Fitting degree ( $R^2$ )	拐点体重 Body weight at inflection point//g	拐点周龄 Week-age at inflection point//w	最大周增重 Maximum weekly weight gain//g
		A	B	K				
Logistic	♂	2 607.39	20.61	0.28	0.99	1 303.70	11.00	179.26
	♀	2 449.11	18.75	0.26	0.99	1 224.55	11.50	156.13
Gompertz	♂	3 032.87	4.14	0.15	1.00	1 115.73	9.73	162.90
	♀	2 920.38	3.91	0.13	1.00	1 074.35	10.25	142.89
Bertalanffy	♂	3 447.41	0.84	0.10	1.00	1 021.46	9.04	156.28
	♀	3 414.25	0.80	0.09	1.00	1 011.63	9.74	136.57

表10 3种拟合模型AH的参数估计值和拟合度

Table 10 Parameter estimates and fitting degree of AH by three fitting models

模型 Model	性别 Sex	模拟参数 Simulation parameters			拟合度 Fitting degree ( $R^2$ )	拐点体重 Body weight at inflection point//g	拐点周龄 Week-age at inflection point//w	最大周增重 Maximum weekly weight gain//g
		A	B	K				
Logistic	♂	2 730.87	23.63	0.26	1.00	1 365.44	12.07	178.87
	♀	1 576.75	16.58	0.27	1.00	788.37	10.40	106.43
Gompertz	♂	3 339.19	4.29	0.13	1.00	1 228.42	11.11	160.92
	♀	1 806.97	3.70	0.15	1.00	664.75	8.90	97.72
Bertalanffy	♂	4 021.23	0.84	0.09	1.00	1 191.47	10.79	153.70
	♀	2 026.79	0.78	0.10	1.00	600.53	8.11	93.68

由表2~10可知,所有杂交 $F_1$ 代对应的3种曲线的拟合度均高于0.99;拐点体重及最大周增重均是公鸡大于母鸡。在 $F_1$ 代中LL、LA、AH 3个组合拐点周龄均是公鸡大于母鸡,但AA、HH、AL、HL、LH以及HA这6个组合的拐点体重则是母鸡大于公鸡。各 $F_1$ 代的3种拟合曲线中均是Gompertz与

Bertalanffy 2种曲线的拟合度较Logistic模型曲线高一些。在HH组中Gompertz的公鸡对应曲线的拟合度与Bertalanffy的母鸡对应曲线的拟合度都高达1.000。

2.3 杂交 $F_1$ 代体重实测值与3种生长模型估计值的比较 杂交 $F_1$ 代体重测量值与拟合曲线估计值比较见表11~19。

表 11 LL 体重测量值与拟合曲线估计值的比较

Table 11 Comparison of body weight's measurement value and the estimated value of the fitted curve of LL

周龄 Week-age	LL 实测值 Measured value of LL		LL Logistic		LL Gompertz		LL Bertalanffy	
	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀
0	39.97	39.34	113.60	101.32	35.75	37.67	3.62	8.48
1	65.97	67.74	150.58	134.26	69.92	71.14	28.09	38.53
3	204.22	192.62	260.58	231.61	200.69	192.08	172.38	176.56
5	391.62	365.73	437.32	385.72	429.59	391.17	432.06	398.55
7	702.03	645.39	699.96	609.02	744.09	650.96	762.32	665.24
9	1 156.61	950.02	1 048.25	894.27	1 106.18	937.42	1 118.11	942.14
11	1 556.53	1 272.86	1 446.41	1 205.37	1 472.72	1 217.15	1 466.66	1 206.08
13	1 759.80	1 426.77	1 831.21	1 491.20	1 810.67	1 467.40	1 788.17	1 444.28
15	2 041.75	1 640.21	2 147.22	1 715.33	2 101.82	1 677.64	2 072.95	1 651.40
17	2 306.48	1 831.89	2 373.85	1 870.22	2 340.67	1 846.44	2 318.10	1 826.85
19	2 531.79	1 987.57	2 521.06	1 968.15	2 529.76	1 977.65	2 524.83	1 972.69
21	2 710.54	2 090.48	2 610.62	2 026.62	2 675.67	2 077.30	2 696.52	2 092.22

表 12 AA 体重测量值与拟合曲线估计值的比较

Table 12 Comparison of body weight's measurement value and the estimated value of the fitted curve of AA

周龄 Week-age	AA 实测值 Measured value of AA		LL Logistic		LL Gompertz		LL Bertalanffy	
	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀
0	35.55	36.42	100.84	109.90	42.34	60.03	14.48	36.13
1	55.38	63.35	130.33	137.77	73.01	91.89	44.78	71.68
3	171.68	168.99	214.78	213.76	176.34	186.39	164.00	180.44
5	325.26	315.69	344.64	323.83	342.01	323.32	350.54	330.80
7	557.27	516.14	531.57	474.38	562.57	496.52	581.09	509.25
9	844.18	738.33	776.52	664.90	817.63	693.46	832.23	702.55
11	1 131.73	956.98	1 060.81	883.60	1 082.78	899.53	1 085.42	899.80
13	1 306.85	1 066.10	1 347.79	1 108.27	1 337.16	1 101.58	1 327.87	1 092.83
15	1 547.71	1 252.56	1 599.43	1 314.22	1 566.87	1 289.88	1 551.79	1 276.07
17	1 731.41	1 434.00	1 794.26	1 484.20	1 765.05	1 458.56	1 753.25	1 446.08
19	1 925.39	1 604.72	1 931.07	1 612.76	1 930.26	1 605.06	1 930.98	1 601.06
21	2 096.56	1 776.25	2 020.67	1 703.71	2 064.46	1 729.28	2 085.45	1 740.40

表 13 HH 体重测量值与拟合曲线估计值的比较

Table 13 Comparison of body weight's measurement value and the estimated value of the fitted curve of HH

周龄 Week-age	HH 实测值 Measured value of HH		HH Logistic		HH Gompertz		HH Bertalanffy	
	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀
0	37.48	36.56	92.17	103.17	26.11	47.29	1.06	20.11
1	64.34	64.02	125.21	133.34	55.77	80.39	19.14	54.60
3	190.62	180.41	226.84	219.29	177.64	188.51	154.77	178.88
5	376.94	344.89	395.41	349.95	396.71	355.34	406.75	362.42
7	676.46	580.21	648.49	534.42	692.56	569.38	717.98	580.95
9	1 030.46	824.54	976.84	769.31	1 019.24	808.55	1 037.82	812.28
11	1 368.72	1 073.20	1 330.72	1 032.09	1 332.47	1 049.51	1 334.87	1 039.98
13	1 595.76	1 238.10	1 643.39	1 286.68	1 604.61	1 274.21	1 594.11	1 253.49
15	1 815.63	1 449.97	1 874.72	1 501.18	1 825.34	1 472.01	1 811.34	1 446.99
17	1 977.61	1 625.81	2 024.38	1 661.63	1 996.01	1 638.79	1 988.37	1 618.06
19	2 127.65	1 771.09	2 112.97	1 771.31	2 123.65	1 774.98	2 129.86	1 766.53
21	2 230.29	1 900.06	2 162.68	1 841.72	2 216.93	1 883.56	2 241.36	1 893.59

表 14 LA 体重测量值与拟合曲线估计值的比较

Table 14 Comparison of body weight's measurement value and the estimated value of the fitted curve of LA

周龄 Week-age	LA 实测值 Measured value of LA		LA Logistic		LA Gompertz		LA Bertalanffy	
	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀
0	36.44	37.07	112.15	108.25	37.37	42.59	5.26	11.94
1	62.89	68.59	147.47	141.54	70.38	76.82	30.85	44.29
3	194.16	172.87	251.55	238.18	193.12	195.97	167.86	181.23
5	380.80	359.80	417.53	388.48	406.10	388.95	410.85	397.80
7	692.08	646.97	664.49	604.72	702.01	642.40	723.98	660.71
9	1 081.91	958.71	996.47	883.34	1 050.49	927.50	1 068.82	939.15
11	1 460.43	1 263.15	1 386.70	1 195.46	1 413.49	1 213.59	1 415.30	1 210.93
13	1 736.04	1 468.41	1 779.15	1 494.73	1 758.79	1 477.53	1 743.50	1 462.45
15	2 049.03	1 633.81	2 116.54	1 741.82	2 065.91	1 706.46	2 042.11	1 686.86
17	2 302.11	1 849.29	2 369.67	1 921.85	2 325.86	1 896.21	2 306.13	1 881.90
19	2 534.03	2 050.53	2 540.83	2 041.41	2 537.98	2 048.36	2 534.69	2 048.19
21	2 737.19	2 210.95	2 648.58	2 116.01	2 706.45	2 167.41	2 729.47	2 187.94

表 15 AL 体重测量值与拟合曲线估计值的比较

Table 15 Comparison of body weight's measurement value and the estimated value of the fitted curve of AL

周龄 Week-age	AL 实测值 Measured value of AL		AL Logistic		AL Gompertz		AL Bertalanffy	
	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀
0	41.00	39.76	96.55	95.38	25.02	41.95	0.39	16.44
1	67.10	65.78	130.50	122.71	53.64	70.78	14.29	45.96
3	201.49	157.97	234.64	200.43	174.13	165.99	142.35	156.53
5	378.71	311.97	408.08	319.22	399.26	316.94	401.35	326.63
7	674.33	507.84	673.05	489.70	716.48	517.75	738.27	536.90
9	1 096.33	747.99	1 028.84	713.55	1 081.83	751.38	1 098.85	767.53
11	1 490.62	1 059.47	1 432.01	975.50	1 446.34	996.75	1 445.61	1 002.34
13	1 781.04	1 226.93	1 809.71	1 243.71	1 774.75	1 235.14	1 757.88	1 229.77
15	2 025.11	1 409.38	2 105.48	1 483.27	2 050.03	1 453.39	2 027.20	1 442.40
17	2 247.33	1 627.56	2 306.21	1 672.52	2 269.29	1 644.40	2 252.69	1 636.11
19	2 439.33	1 812.44	2 429.58	1 808.02	2 437.75	1 805.91	2 437.53	1 809.18
21	2 579.81	1 955.90	2 500.83	1 898.37	2 563.91	1 938.98	2 586.77	1 961.50

表 16 HL 体重测量值与拟合曲线估计值的比较

Table 16 Comparison of body weight's measurement value and the estimated value of the fitted curve of HL

周龄 Week-age	HL 实测值 Measured value of HL		HL Logistic		HL Gompertz		HL Bertalanffy	
	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀
0	39.76	39.03	98.06	117.22	24.71	49.42	0.25	17.33
1	67.26	75.62	132.80	151.85	53.69	85.84	13.40	53.72
3	198.31	199.80	239.70	251.18	177.29	208.66	143.91	195.91
5	395.48	379.91	418.34	403.91	410.04	404.49	411.92	415.79
7	691.30	652.09	691.86	622.86	738.60	662.46	761.11	684.11
9	1 128.86	997.95	1 059.23	907.13	1 116.34	956.84	1 133.94	972.66
11	1 533.66	1 296.54	1 474.56	1 232.26	1 491.78	1 258.46	1 491.09	1 259.91
13	1 833.06	1 520.07	1 861.82	1 554.32	1 828.42	1 543.58	1 811.28	1 531.59
15	2 073.44	1 753.87	2 163.18	1 830.96	2 109.12	1 797.33	2 086.12	1 779.51
17	2 305.16	1 975.11	2 366.37	2 040.96	2 331.50	2 013.21	2 315.11	1 999.98
19	2 511.88	2 185.97	2 490.46	2 185.90	2 501.45	2 190.80	2 501.91	2 192.29
21	2 636.55	2 366.50	2 561.72	2 279.48	2 628.08	2 333.27	2 652.00	2 357.60

表 17 LH 体重测量值与拟合曲线估计值的比较

Table 17 Comparison of body weight's measurement value and the estimated value of the fitted curve of LH

周龄 Week-age	LH 实测值 Measured value of LH		LH Logistic		LH Gompertz		LH Bertalanffy	
	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀
0	37.33	36.67	109.76	117.57	39.26	57.20	7.90	27.87
1	63.40	63.76	143.40	149.48	71.62	92.24	35.39	65.31
3	207.61	183.17	241.71	238.54	188.61	202.37	167.19	192.15
5	387.57	368.72	397.29	371.44	388.70	369.99	394.03	377.87
7	624.00	591.37	628.29	558.18	667.01	588.07	686.88	603.50
9	1 027.31	884.51	940.72	799.55	998.31	839.42	1 013.47	850.02
11	1 385.81	1 141.18	1 313.95	1 080.01	1 349.12	1 103.25	1 347.32	1 101.70
13	1 650.71	1 334.98	1 698.99	1 368.19	1 689.33	1 360.89	1 669.74	1 347.05
15	1 996.74	1 564.91	2 040.54	1 629.25	1 998.24	1 598.92	1 969.09	1 578.40
17	2 265.76	1 778.65	2 305.26	1 840.09	2 265.22	1 809.61	2 239.26	1 791.25
19	2 487.42	1 986.11	2 489.76	1 995.12	2 487.61	1 990.08	2 478.01	1 983.45
21	2 671.18	2 180.10	2 609.03	2 101.45	2 667.82	2 140.81	2 685.67	2 154.50

表 18 HA 体重测量值与拟合曲线估计值的比较

Table 18 Comparison of body weight's measurement value and the estimated value of the fitted curve of HA

周龄 Week-age	HA 实测值 Measured value of HA		HA Logistic		HA Gompertz		HA Bertalanffy	
	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀
0	36.94	37.44	120.68	123.99	48.44	58.58	14.66	26.91
1	62.04	64.72	156.58	157.68	84.97	95.32	49.63	65.68
3	204.52	186.31	259.95	251.80	210.09	212.00	193.54	200.25
5	395.36	377.25	419.87	392.47	413.07	391.18	422.67	399.87
7	660.50	625.34	650.89	590.62	684.35	625.59	706.76	643.66
9	1 045.54	947.26	953.60	847.56	997.72	896.56	1 015.52	910.50
11	1 411.88	1 234.68	1 303.32	1 147.29	1 322.15	1 181.31	1 325.31	1 183.01
13	1 620.59	1 422.67	1 653.09	1 456.61	1 631.51	1 459.39	1 620.17	1 448.44
15	1 857.69	1 658.24	1 955.94	1 737.99	1 908.87	1 716.07	1 890.68	1 698.41
17	2 097.43	1 895.96	2 187.11	1 966.05	2 146.33	1 942.97	2 132.34	1 928.01
19	2 336.89	2 125.62	2 347.17	2 134.22	2 342.72	2 136.98	2 343.99	2 134.94
21	2 566.95	2 344.53	2 450.64	2 249.78	2 501.02	2 298.69	2 526.61	2 318.72

表 19 AH 体重测量值与拟合曲线估计值的比较

Table 19 Comparison of body weight's measurement value and the estimated value of the fitted curve of AH

周龄 Week-age	AH 实测值 Measured value of AH		AH Logistic		AH Gompertz		AH Bertalanffy	
	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀
0	36.71	35.76	110.89	89.68	45.95	44.72	15.56	23.09
1	62.35	64.91	142.38	115.44	77.77	74.15	46.71	55.58
3	194.83	170.62	232.11	188.23	184.99	167.25	170.50	164.21
5	366.12	303.10	370.30	297.57	360.38	306.65	370.41	317.81
7	560.55	482.46	571.93	449.85	602.02	481.79	627.15	496.66
9	917.58	678.19	844.10	641.00	893.52	674.68	918.31	683.49
11	1 271.64	884.57	1 175.28	851.97	1 210.79	867.12	1 223.96	865.80
13	1 504.89	1 014.58	1 530.96	1 054.15	1 529.73	1 045.45	1 528.57	1 035.73
15	1 792.44	1 184.28	1 865.22	1 223.33	1 831.29	1 201.82	1 821.18	1 189.08
17	2 085.98	1 339.66	2 142.17	1 349.54	2 103.23	1 333.38	2 094.71	1 324.22
19	2 383.83	1 448.08	2 348.67	1 435.88	2 339.69	1 440.71	2 345.22	1 441.23
21	2 531.33	1 520.36	2 490.85	1 491.48	2 539.60	1 526.28	2 571.01	1 541.18

由表 11~19 可知,LL 初生重到 5 周龄重实测值与 Gompertz 模型数值最为接近,拟合效果最好;Bertalanffy 模型 3 周前明显低于实测值,3 周开始逐渐接近实测值;Logistic 模型 3 周前数值明显高于实测值,3 周开始也逐渐接近实测值。AA 公鸡初生重及 1 周龄重实测值与各模型数值均有一定差异,但此后逐渐趋于一致,拟合效果越来越好。母鸡实测值与 Bertalanffy 模型拟合效果最好,Logistic 模型 3 周龄前数值明显大于实测值。HH、LH、HA 公鸡与 Gompertz 模型更为就近,母鸡则与 Bertalanffy 模型拟合度更好一些。LA、AL、HL、AH 均是与 Gompertz 模型的拟合效果更好,其他 2 个模型估计值均在 3~5 周龄左右开始逐渐接近实测值。

各组合公鸡母鸡的实测值与 Logistic、Gompertz、Bertalanffy 3 种曲线模型见图 5~13。

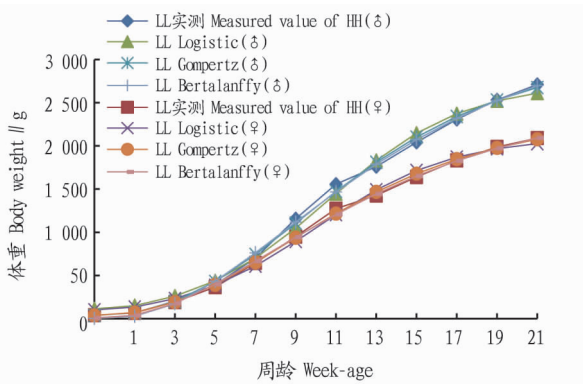


图 5 LL 公、母鸡累计生长曲线和 3 种拟合曲线

Fig. 5 The cumulative growth curve and three fitting curves of LL cocks and hens

从图 5~13 可以看出,各组合公鸡母鸡的实测值与 Logistic、Gompertz、Bertalanffy 这 3 种曲线模型的拟合效果以及同种杂交组合公母鸡的实测体重均表现为公鸡始终大于母鸡,但 HL 与 HA 组合公鸡与母鸡体重差异较小,AH 母鸡体重与公鸡体重则差异较大。

### 3 结论与讨论

杂交 F<sub>1</sub> 代公母鸡平均体重 5 周前基本趋于一致,5 周后公鸡生长速度开始大于母鸡的生长速度,公鸡在 8~9 周达到

生长拐点,生长速度达到高峰期,LL 周增重高达 227.29 g,AA 最小但周增重也有 143.78 g,9 周以后生长速度开始下降,直到 13~15 周有一次回升,但随后又开始逐渐下降。母鸡生长速度虽没有公鸡生长速度快,但是在 9~10 周达到生长拐点,晚于公鸡达到生长高峰期,HL 周增重最高为 172.53 g,AL 在 11 周龄达到高峰,10 周龄以后生长速度逐渐下降,13~15 周有一次回升,此后也与公鸡生长趋势一致,一直逐渐下降。

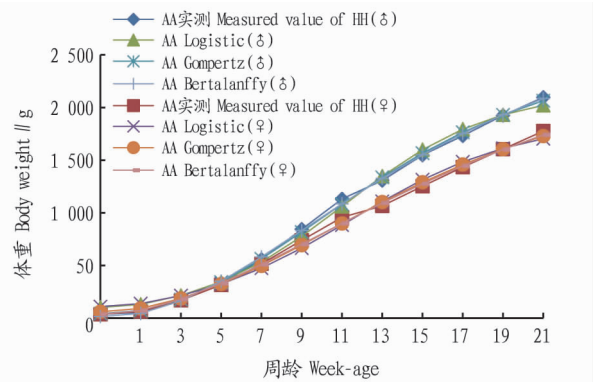


图 6 AA 公、母鸡累计生长曲线和 3 种拟合曲线

Fig. 6 The cumulative growth curve and three fitting curves of AA cocks and hens

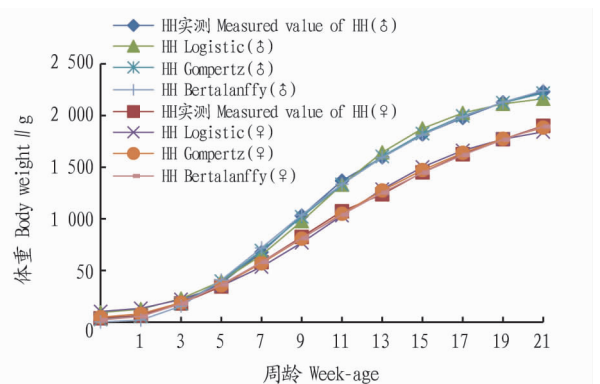


图 7 HH 公、母鸡累计生长曲线和 3 种拟合曲线

Fig. 7 The cumulative growth curve and three fitting curves of HH cocks and hens

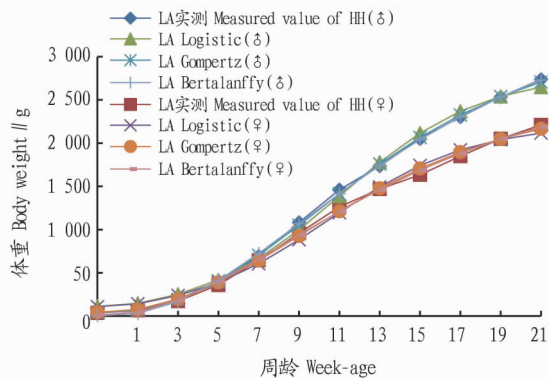


图8 LA公、母鸡累计生长曲线和3种拟合曲线

Fig.8 The cumulative growth curve and three fitting curves of LA cocks and hens

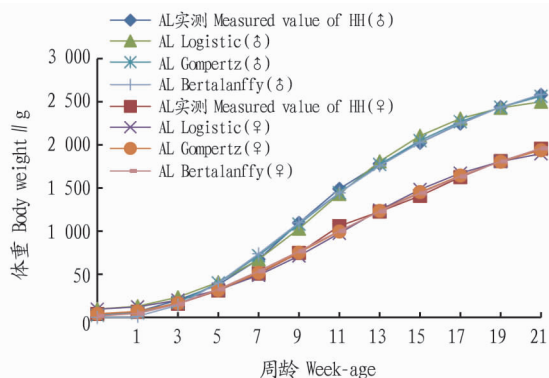


图9 AL公、母鸡累计生长曲线和3种拟合曲线

Fig.9 The cumulative growth curve and three fitting curves of AL cocks and hens

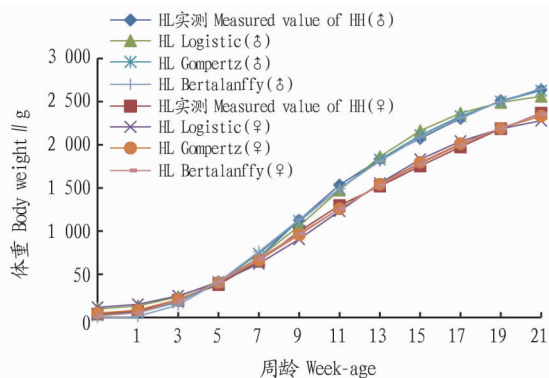


图10 HL公、母鸡累计生长曲线和3种拟合曲线

Fig.10 The cumulative growth curve and three fitting curves of HL cocks and hens

通过拟合度的比较分析得出,0~21周的曲线拟合结果LL、LA、AL、HL、LH、AH与Bertalanffy模型的拟合度与Gompertz模型相同,LL拟合度为0.998和0.999,LA拟合度为0.999和0.998,AL、HL、LH、AH的拟合度无论公母均高达0.999。在以上杂交组合中,Gompertz与Bertalanffy曲线的拟合度数值上一致,但在AA、HH、HA这几个组别上有一些不同,2个曲线AA公鸡的拟合度都是0.999,但母鸡Bertalanffy的拟合度(0.998)高于Gompertz曲线(0.997),HA公鸡2条曲线拟合度相同,但母鸡Bertalanffy高一些,说明在AA、HA

中Bertalanffy曲线的拟合度较高拟合效果较好。这与唐燕飞等<sup>[5]</sup>、谭玉文等<sup>[6]</sup>、张权等<sup>[7]</sup>、杨晓志等<sup>[8]</sup>的研究结果一致。HH的公鸡Gompertz曲线的拟合度为1.000,Bertalanffy为0.999,母鸡Bertalanffy为1.000,而Gompertz拟合度为0.999。张华杰等<sup>[9]</sup>通过对吉林黑鸡生长拟合分析发现Gompertz模型拟合效果最佳,可能由于环境因素等差异导致分析结果略有差异。

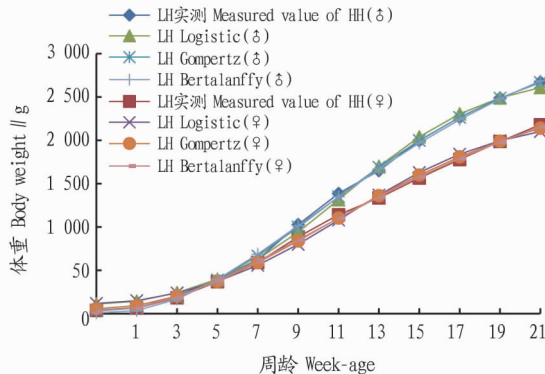


图11 LH公、母鸡累计生长曲线和3种拟合曲线

Fig.11 The cumulative growth curve and three fitting curves of LH cocks and hens

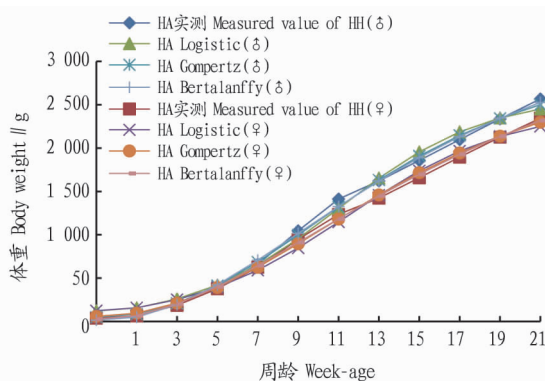


图12 HA公、母鸡累计生长曲线和3种拟合曲线

Fig.12 The cumulative growth curve and three fitting curves of HA cocks and hens

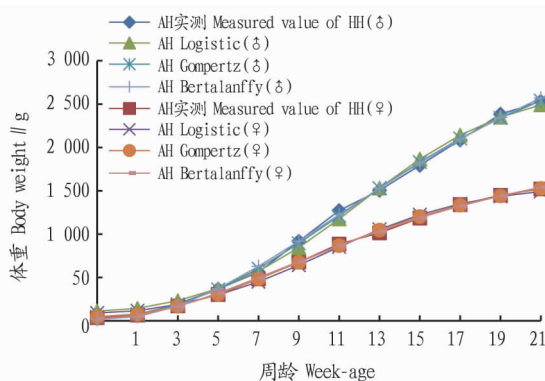


图13 AH公、母鸡累计生长曲线和3种拟合曲线

Fig.13 The cumulative growth curve and three fitting curves of AH cocks and hens

整体来看,Gompertz曲线在0~3周龄时与实测值更为贴  
(下转第103页)



(420/420)、总符合率为 96%(491/513)。由于试纸条本身的灵敏度不及 PCR 方法,无法检测到相对较低的丰度,而该试纸条检测 PCR 阳性的 93 份阳性中有 22 份为阴性,且这 22 份样品的 PCR 条带较弱,故未检出。

综上所述,该研究制备了猫泛白细胞减少症病毒单克隆抗体,进一步研制出 FPV 胶体金检测试纸条,检测快速、简便、准确,在临床上具有很好的应用前景,有一定的经济和社会价值,并为把控试验动物猫的质量水平、提高试验的准确度奠定了基础。

#### 参考文献

- [1] AN D J, JEONG W, JEONG H Y, et al. Phylogenetic analysis of feline panleukopenia virus (FPLV) strains in Korean cats[J]. Res Vet Sci, 2011, 90(1):163-167.
- [2] 殷震,刘景华. 动物病毒学[M]. 2 版. 北京:科学出版社,1997:1145-1172.
- [3] JIAO C C, ZHANG H L, LIU W, et al. Construction and immunogenicity of virus-like particles of feline parvovirus from the tiger[J]. Viruses, 2020, 12(3):1-8.
- [4] DIAO F F, ZHAO Y F, WANG J L, et al. Molecular characterization of feline panleukopenia virus isolated from mink and its pathogenesis in mink[J]. Vet Microbiol, 2017, 205:92-98.
- [5] 扈荣良. 现代动物病毒学[M]. 北京:中国农业出版社,2014:758-773.
- [6] 亢文华,赵凤龙,郝霖雨,等. 猫泛白细胞减少症病毒的研究进展[J]. 中国畜牧兽医,2008,35(9):108-111.
- [7] 辛光洁,王威,孙连志. 猫泛白细胞减少症病毒的血凝及血凝抑制试验检测[J]. 吉林畜牧兽医,2010,31(6):9-10,12.
- [8] 温肖会,邱杰,吕殿红,等. 广州市部分区域猫泛白细胞减少症流行现状调查[J]. 安徽农业科学,2016,44(17):120-122,237.
- [9] 刘碧涛,任常宝,张晓战,等. 猫细小病毒的分离与鉴定[J]. 动物医学

进展,2013,34(9):124-127.

- [10] 邱薇,夏咸柱,范泉水,等. 动物园猫瘟热净化的新手段——聚合酶链式反应[J]. 中国兽医杂志,2001,37(5):14-15.
- [11] 刘维全,范泉水,江禹,等. 肉食兽细小病毒通用 PCR 诊断技术的建立[J]. 中国兽医学报,2001,21(3):249-251.
- [12] 王翀,刘大飞,刘春国,等. 同时检测猫细小病毒、杯状病毒、疱疹病毒 1 型多重 PCR 方法的建立[J]. 中国预防兽医学报,2014,36(1):31-33.
- [13] 亢文华,赵凤龙,郝霖雨,等. 猫泛白细胞减少症的研究进展[J]. 中国畜牧兽医,2008,35(8):112-116.
- [14] WANG Z H, WANG X J, HOU S H. Development of a recombinase polymerase amplification assay with lateral flow dipstick for rapid detection of feline parvovirus[J/OL]. J Virol Methods, 2019, 271 [2020-10-24]. https://doi.org/10.1016/j.viromet.2019.113679.
- [15] AWAD R A, KHALIL W K B, ATTALLAH A G. Epidemiology and diagnosis of feline panleukopenia virus in Egypt; Clinical and molecular diagnosis in cats[J]. Vet World, 2018, 11(5):578-584.
- [16] RAHEENA K P, PRIYA P M, MANI B K, et al. Comparison of different diagnostic test to detect feline panleukopenia virus among cats in Kerala, India[J]. Indian J Animal Res, 2017, 51(2):347-349.
- [17] 刘明慧,袁宝,陈健,等. 猫实验动物标准化的研究进展及探讨[J]. 吉林畜牧兽医,2015,36(2):29-30,32.
- [18] MALLAPATY S. Coronavirus can infect cats-dogs, not so much[J/OL]. Nature, 2020-04-01 [2020-10-24]. https://www.nature.com/articles/d41586-020-00984-8. DOI. 10.1038/D41586-020-00984-8.
- [19] SHI J Z, WEN Z Y, ZHONG G X, et al. Susceptibility of ferrets, cats, dogs, and different domestic animals to SARS-coronavirus-2[J/OL]. 2020-03-30 [2020-10-24]. https://www.biorxiv.org/content/10.1101/2020.03.30.015347v1.
- [20] ZHANG Q, ZHANG H J, HUANG K, et al. SARS-CoV-2 neutralizing serum antibodies in cats: A serological investigation [J/OL]. 2020-04-01 [2020-10-24]. https://www.biorxiv.org/content/10.1101/2020.04.01.021196v1.

(上接第 98 页)

近,拟合度更高,但在 3 周龄以后,随时间的变化 Bertalanffy 曲线与实测值越来越接近,更能反映  $F_1$  代的生长发育趋势。Logistic 模型的拟合效果最差,与赵中利等<sup>[10]</sup>结果相同。前期多数明显大于实测值,虽然逐渐贴近实测值,但拟合效果没有其它 2 种模型好。

#### 参考文献

- [1] 金香淑,金京实,刘臣,等. 吉林地方芦花鸡纯系选育研究[J]. 农业与技术,2010,30(5):45-46.
- [2] 金香淑,张芳毓,赵忠利,等. 吉林黑鸡遗传资源调查研究[J]. 农技服务,2014,31(12):120,119.
- [3] 刘臣,金香淑,刘革新,等. 吉林地方芦花鸡的选育进展[J]. 吉林农业

科学,2010,35(6):46-48.

- [4] 张华杰,张芳毓,赵中利,等. 鸡性连锁矮小基因的研究进展及应用现状[J]. 黑龙江畜牧兽医,2017(4):104-106.
- [5] 唐燕飞,巨晓军,章明,等. 瑶鸡生长发育规律、屠宰性能及肉质评价的研究[J]. 中国畜牧杂志,2020,56(6):39-44.
- [6] 谭玉文,朱学农,章逸,等. 宁都黄鸡 3 种生长曲线拟合的比较分析[J]. 中国畜牧杂志,2019,55(8):59-61.
- [7] 张权,李德辉. 新广黄鸡生长曲线的拟合分析[J]. 安徽农业科学,2019,47(13):88-89,131.
- [8] 杨晓志,张玲,顾文婕,等. 低海拔地区藏鸡生长曲线拟合与分析[J]. 现代农业科技,2018(23):222-223,225.
- [9] 张华杰,张芳毓,赵中利,等. 吉林地方黑鸡生长曲线拟合与比较分析[J]. 黑龙江畜牧兽医,2017(2):71-72,288.
- [10] 赵中利,李欣,张芳毓,等. 吉林芦花鸡生长发育规律研究[J]. 安徽农业科学,2018,46(6):71-72,116.