

# 不同羽色威宁鸡生长发育规律及生长曲线拟合分析

田 森<sup>1</sup>, 韩 雪<sup>2</sup>, 李 亮<sup>2</sup>, 伍革民<sup>2</sup>, 吴松成<sup>2</sup>, 李义龙<sup>1</sup>, 罗 淋<sup>1</sup>, 赵懿琛<sup>1\*</sup>, 吴佳海<sup>1,3\*</sup>

(1. 贵州大学生命科学学院, 山地植物资源保护与种质创新教育部重点实验室, 贵州贵阳 550025;

2. 贵州省畜牧兽医研究所, 贵州贵阳 550005; 3. 贵州省农业科学院, 贵州贵阳 550006)

**摘 要:** 为探究不同羽色威宁鸡的生长发育规律, 试验选取健康的麻羽系、黑麻羽系和黄羽系威宁鸡各 200 只(公、母各半), 测定初生体重和 2、4、6、8、10、12、14、16、18、20 周龄时的体重, 分析比较不同周龄威宁鸡的体重差异。采用 3 种非线性模型(Logistic、Compertz 和 Von Bertalanffy 模型)对威宁鸡公、母鸡 0~20 周的生长曲线进行拟合及分析。结果表明: 不同羽色威宁鸡仅在生长发育初期存在差异, 其中, 黑麻羽系公鸡和黄羽系公鸡初生重高于麻羽系公鸡初生重( $P<0.05$ ), 黄羽系公鸡 4 周龄体重大于麻羽系和黑麻羽系公鸡体重( $P<0.05$ ), 黄羽系公鸡 6 周龄体重高于黑麻羽系公鸡体重( $P<0.05$ ), 不同羽色威宁鸡母鸡的初生重存在显著差异, 且黄羽系>黑麻羽系>麻羽系( $P<0.05$ )。威宁鸡麻羽系和黄羽系公鸡在 12 周增重达到高峰, 而黑麻羽系公鸡在 10 周达到高峰, 母鸡均在 6 周到达增重高峰。3 种生长模型的拟合曲线与实际各羽色威宁鸡生长曲线相吻合, Gompertz 模型对不同羽色系威宁鸡公、母鸡的拟合效果最佳( $R^2>0.998$ )。说明不同羽色威宁鸡早期生长的体重存在差异, Gompertz 模型对 3 个羽色系威宁鸡公、母鸡生长曲线拟合效果最佳, 本文研究结果可为威宁鸡后续的饲养管理和开发利用提供参考。

**关键词:** 威宁鸡; 发育规律; 体重; 生长模型; 拟合分析

**中图分类号:** S831.2

**文献标识码:** A

**DOI 编号:** 10.19556/j.0258-7033.20250212-05

威宁鸡是我国贵州省乌蒙山区重要的家禽资源之一, 属于肉蛋兼用型优良地方品种, 具有耐粗饲、抗逆性强等优良特性<sup>[1]</sup>。威宁鸡经历了 3 个世代的选育, 现按羽色划分为 3 种类型, 即麻羽系、黑麻羽系和黄羽系。

生长曲线的拟合分析是研究家禽生长发育的重要方法之一<sup>[2]</sup>, 广泛应用于家禽生长曲线拟合的模型包括 Logistic<sup>[3]</sup>、Compertz<sup>[4]</sup> 和 Von Bertalanffy<sup>[5]</sup>, 这些模型能够确定家禽不同生长阶段和生长拐点, 为地方品种鸡

的开发利用提供了科学指导和决策支持<sup>[6-7]</sup>。目前国内研究人员应用生长模型对不同品种鸡生长发育规律进行了生长曲线拟合, 如: 刘朋等<sup>[8]</sup>对大骨鸡生长规律研究中发现公鸡的生长曲线拟合效果以 Logistic 模型最优, 母鸡的生长曲线拟合效果以 Von Bertalanffy 模型最优; 王思齐等<sup>[9]</sup>发现 Von Bertalanffy 模型对康乐鸡的生长曲线拟合效果优于 Logistic 模型和 Compertz 模型; 魏椿萱等<sup>[10]</sup>对海兰褐商品代蛋鸡育成期生长曲线进行拟合发现 Compertz 模型的拟合效果最佳; 牟腾慧等<sup>[11]</sup>、龙霞等<sup>[12]</sup>对威宁鸡早期的生长发育规律进行了研究, 分别发现 Compertz 模型、Von Bertalanffy 模型对威宁鸡生长曲线拟合效果最佳。目前, 对不同羽色及不同性别威宁鸡生长发育规律的研究还未见报道。本试验采用 Logistic、Compertz 和 Von Bertalanffy 3 种非线性模型对不同羽色系及不同性别威宁鸡 0~20 周的体重生长曲线进行拟合及分析, 研究了不同羽色威宁鸡的体重生长规律, 旨在为威宁鸡保种利用和饲养管理提供科学依据。

收稿日期: 2025-02-12; 修回日期: 2025-06-11

资助项目: 贵州省地方鸡种质资源挖掘与新品种(配套系)选育(黔科合支撑[2022]重点 034); 2024 年贵州生态肉鸡优势特色产业集群项目(2024017 号); 现代农业产业技术体系建设专项资金(CARS-41-Z07)

作者简介: 田森(1999-), 男, 贵州人, 硕士, 主要从事生物技术与工程研究, E-mail: 844886115@qq.com

\* 通信作者: 吴佳海(1969-), 男, 贵州人, 研究员, 主要从事饲料饲草研究, E-mail: 1848266168@qq.com; 赵懿琛(1987-), 女, 贵州人, 教授, 主要从事植物次级信号转导、植物逆境胁迫下的生理生化研究, E-mail: zyc\_workrep@126.com

1 材料与方法

1.1 试验动物 选取贵州省纳雍县库东关种鸡保种场同批次出雏的麻羽系、黑麻羽系和黄羽系威宁鸡，通过鉴别性别后，组成麻羽系、黑麻羽系和黄羽系的健康鸡群，每个羽色系群体各 200 只（公、母各 100 只），共 600 只。

1.2 饲养管理 将试验鸡逐个编号，不同羽色威宁鸡公、母鸡分群饲养，自由采食和饮水。孵化和饲养管理地点均为贵州省纳雍县库东关种鸡保种场，试验鸡饲养管理条件相同，执行常规免疫程序，不同生长发育阶段饲喂不同营养水平的配合饲料。饲养过程分为 2 个阶段：育雏阶段（1~5 周龄）和育成阶段（6~20 周龄）。2 个阶段饲养分别使用新希望肉仔鸡配合饲料 501 和肉中鸡料 502，营养水平见表 1。

| 表 1 威宁鸡育雏期和育成期饲料营养成分 |           |           |
|----------------------|-----------|-----------|
| 项目                   | 501 营养水平  | 502 营养水平  |
| 粗蛋白,%                | 21.0~20.0 | 19.0~18.0 |
| 粗纤维,%                | ≤5.0      | ≤6.0      |
| 粗灰分,%                | ≤7.0      | ≤8.0      |
| 钙,%                  | 0.6~1.3   | 0.6~1.3   |
| 总磷,%                 | ≥0.5      | ≥0.5      |
| 氯化钠,%                | 0.2~0.8   | 0.2~0.8   |
| 赖氨酸,%                | ≥0.80     | ≥0.72     |
| 水分,%                 | ≤13.5     | ≤13.5     |

1.3 测定指标与方法

1.3.1 体重 试验鸡在出雏时称重，之后每隔 2 周在 3 个羽色系中随机选择各 100 只（公、母各半）进行称重，试验期 20 周，称重前停料 12 h，只提供饮水，计算平均体重和周增重。

1.3.2 生长曲线模型 采用 Logistic 模型、Gompertz 模型及 Von Bertalanffy 模型对 3 种不同羽色系威宁鸡 0~20 周的生长曲线进行拟合分析，3 种生长曲线模型表达式见表 2。

| 表 2 3 种非线性曲线模型表达式及参数 |                     |       |          |       |
|----------------------|---------------------|-------|----------|-------|
| 名称                   | 模型                  | 拐点体重  | 拐点周龄     | 最大周增重 |
| Logistic             | $Y=A/(1+Be^{-kt})$  | A/2   | (lnB)/k  | kw/2  |
| Gompertz             | $Y=Ae^{-Be^{-kt}}$  | A/e   | (lnB)/k  | kw    |
| Von Bertalanffy      | $Y=A(1-Be^{-kt})^3$ | 8A/27 | (ln3B)/k | 3kw/2 |

注：A 为成熟体重（极限体重）；k 为生长速度；B 为参数；t 为周龄；w 为拐点体重；e 为自然对数的底。

1.4 数据统计与分析 采用 Excel 2019 统计整理原始数据和绘制生长曲线，使用 SPSS 26.0 软件进行统计分析，采用单因素方差分析（One-Way ANOVA）对不同羽色

系威宁鸡的体重数据进行显著性分析，结果用平均值 ± 标准差呈现。使用 SPSS 26.0 中的非线性模型对威宁鸡体重进行拟合分析，计算模型参数的最优估计值 A、B、k，建立生长曲线模型，计算出各模型的拐点体重、拐点周龄和最大周增重。

2 结果

2.1 不同羽色威宁鸡 0~20 周龄体重比较 由表 3、4 可知，威宁鸡黄羽系公鸡平均初生重最大，为 38.26 g，黑麻羽系次之，为 37.61 g，麻羽系公鸡平均初生重最小，为 35.50 g，且威宁鸡黑麻羽系公鸡和黄羽系公鸡初生重显著高于麻羽系公鸡初生重，4 周龄黄羽系公鸡的体重显著高于麻羽系和黑麻羽系公鸡体重，6 周龄黄羽系公鸡体重显著高于黑麻羽系公鸡体重，其余周龄各羽色系公鸡的体重差异不显著。威宁鸡母鸡群体中，黄羽系母鸡的平均初生重最大，为 38.08 g，麻羽系平均初生重最小，为 34.17 g，且麻羽系出生重显著低于黑麻羽系和黄羽系出生重，其余周龄各羽系母鸡的体重差异不显著。

| 表 3 不同羽色威宁鸡公鸡体重比较 |                            |                           |                           |
|-------------------|----------------------------|---------------------------|---------------------------|
| 周龄                | 麻羽系                        | 黑麻羽系                      | 黄羽系                       |
| 初生重               | 35.50±2.78 <sup>b</sup>    | 37.61±3.24 <sup>a</sup>   | 38.26±2.90 <sup>a</sup>   |
| 2                 | 182.02±17.41               | 188.17±17.58              | 191.24±17.94              |
| 4                 | 392.87±39.23 <sup>b</sup>  | 399.66±44.49 <sup>b</sup> | 430.19±42.34 <sup>a</sup> |
| 6                 | 749.07±42.07 <sup>ab</sup> | 728.29±55.74 <sup>b</sup> | 766.32±53.12 <sup>a</sup> |
| 8                 | 1012.54±104.86             | 1001.83±100.14            | 1033.35±79.24             |
| 10                | 1318.10±143.18             | 1360.34±117.47            | 1337.28±112.76            |
| 12                | 1691.59±168.93             | 1684.94±151.52            | 1723.24±134.86            |
| 14                | 1906.45±171.00             | 1967.10±159.94            | 1922.52±158.38            |
| 16                | 2110.24±199.30             | 2161.38±196.18            | 2068.27±260.61            |
| 18                | 2232.47±221.58             | 2351.4±244.26             | 2286.96±188.34            |
| 20                | 2481.63±240.04             | 2522.25±202.00            | 2482.83±216.09            |

注：同行数据肩标字母不同为差异显著（P<0.05），无字母或字母相同为差异不显著（P>0.05）。下表同。

2.2 不同羽色威宁鸡 0~20 周龄的生长曲线比较 不同羽色威宁鸡的累积生长曲线见图 1，平均周增重曲线见图 2。由图 1 可知，3 个不同羽色威宁鸡同性别的累计生长曲线变化趋势基本一致，在 0~4 周龄体重增长较为缓慢，6~12 周龄生长加快，14~20 周龄生长放缓，麻羽系、黑麻羽系和黄羽系公、母鸡的生长曲线接近于“S”型，符合家禽正常体重变化规律。由图 2 可知，3 个羽色系威宁鸡公鸡生长速度表现为：0~6 周快速增重；6~8 周

表 4 不同羽色威宁鸡母鸡体重比较

| 周龄  | 麻羽系                     | 黑麻羽系                    | 黄羽系                     |
|-----|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| 初生重 | 34.17±2.99 <sup>a</sup> | 36.22±2.53 <sup>b</sup> | 38.08±2.59 <sup>a</sup> |
| 2   | 164.77±24.62            | 166.17±18.87            | 163.87±15.74            |
| 4   | 357.38±41.49            | 339.39±44.57            | 348.95±34.56            |
| 6   | 612.48±75.39            | 608.26±65.60            | 582.57±56.28            |
| 8   | 841.39±110.22           | 851.91±69.81            | 822.71±68.29            |
| 10  | 1067.75±123.62          | 1065.29±76.49           | 1042.43±92.30           |
| 12  | 1266.48±144.92          | 1268.77±92.02           | 1252.43±114.78          |
| 14  | 1436.23±151.33          | 1430.44±121.21          | 1404.08±127.81          |
| 16  | 1531.35±182.73          | 1513.09±148.84          | 1531.96±140.57          |
| 18  | 1658.20±202.15          | 1607.28±176.98          | 1635.28±143.84          |
| 20  | 1756.59±224.44          | 1682.3±201.46           | 1728.78±208.12          |

短暂增重下降, 这可能与育雏期和育成期饲料营养水平有关; 然后, 在 8~12 周快速增重, 并到达高峰期, 麻羽系和黄羽系在 12 周增重速度达到高峰, 而黑麻羽系在 10 周达到高峰, 之后进入增重缓慢下降阶段; 而 3 个羽色系威宁鸡母鸡生长变化趋势表现出一致性, 0~6 周快速增重, 均在 6 周到达增重速度高峰后, 增重开始放缓。比较周增重曲线图发现, 在 3 个羽色系威宁鸡中, 麻羽系公鸡在 18 周龄出现增重上升趋势, 这一结果表

明威宁鸡麻羽系公鸡在生长后期仍有较大的增重潜力。

2.3 不同羽色系威宁鸡体重生长模型曲线 由表 5、6 可知, 3 种生长模型对威宁鸡公、母鸡 0~20 周体重的拟合度 ( $R^2$ ) 均在 0.993 以上。3 种模型的拟合曲线与实际曲线对比见图 3~5, 3 种模型的拟合曲线与实测曲线都相吻合, 说明 3 种生长模型都能较好地预测威宁鸡体重的生长发育规律, 但 3 种模型中 Logistic 模型对威宁鸡体重的拟合度均低于 Gompertz 和 Von Bertalanffy 模型。在麻羽系中, Gompertz 和 Von Bertalanffy 模型均能很好地拟合公鸡的生长曲线, 拟合度均为 0.998, 但 Gompertz 模型的各项参数估计值更接近实测值, 而 Von Bertalanffy 模型对麻羽系母鸡的生长曲线拟合度最高, 为 1.000; 在黑麻羽系中, Gompertz 模型对公、母鸡生长曲线拟合度最高, 拟合度均为 1.000; 在黄羽系中, Gompertz 和 Von Bertalanffy 模型均能对公、母鸡的生长曲线进行很好地拟合, 拟合度分别为 0.998、1.000, 但 Gompertz 模型的各项参数估计值更接近实测值, Gompertz 模型更适用于黄羽系公、母鸡的生长曲线拟合。综合来看, Gompertz 模型是 3 个羽色系威宁鸡公、母鸡生长曲线的最优生长拟合模型。通过 Gompertz 模型

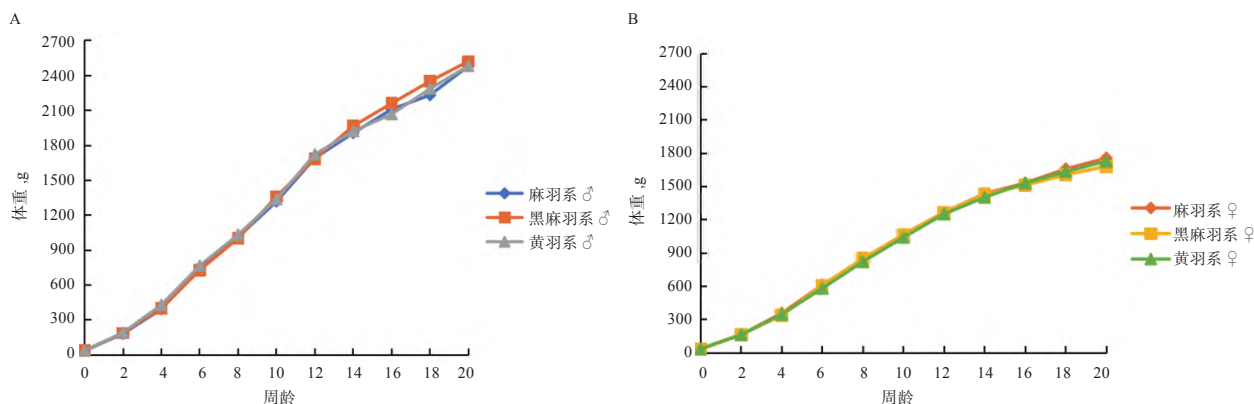


图 1 不同羽色系威宁鸡公 (A)、母 (B) 鸡累积生长曲线

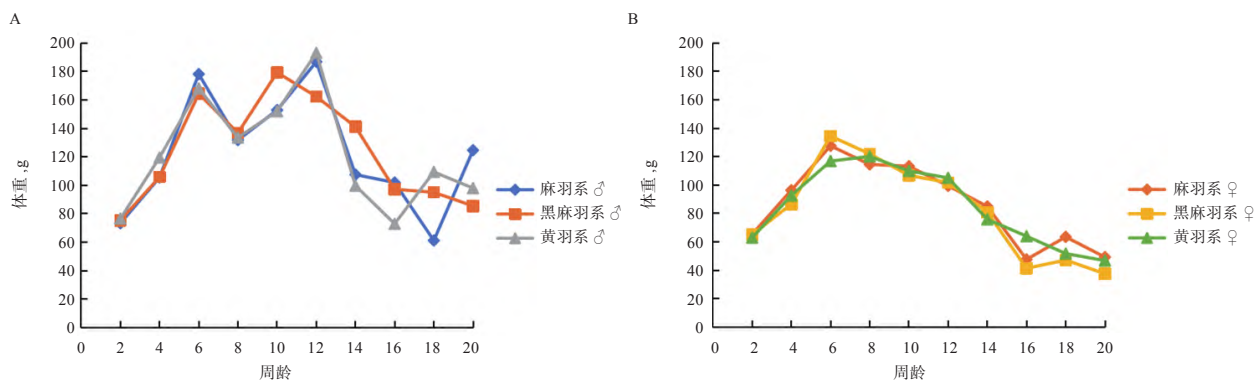


图 2 不同羽色系威宁鸡公 (A)、母 (B) 鸡周增重曲线

表 5 不同羽色系威宁鸡公鸡体重生长参数估计及拟合度

| 羽色系  | 模型              | A        | B      | k     | $R^2$ | 拐点体重 ,g  | 拐点周龄  | 最大周增重 ,g |
|------|-----------------|----------|--------|-------|-------|----------|-------|----------|
| 麻羽系  | Logistic        | 2487.322 | 15.865 | 0.290 | 0.994 | 1243.661 | 9.526 | 180.433  |
|      | Gompertz        | 2800.976 | 3.684  | 0.162 | 0.998 | 1030.422 | 8.055 | 166.812  |
|      | Von Bertalanffy | 3074.583 | 0.782  | 0.118 | 0.998 | 910.988  | 7.210 | 161.661  |
| 黑麻羽系 | Logistic        | 2580.048 | 16.645 | 0.289 | 0.996 | 1290.024 | 9.734 | 186.349  |
|      | Gompertz        | 2924.281 | 3.753  | 0.159 | 1.000 | 1075.783 | 8.298 | 171.440  |
|      | Von Bertalanffy | 3232.395 | 0.790  | 0.115 | 0.999 | 957.747  | 7.482 | 165.570  |
| 黄羽系  | Logistic        | 2499.490 | 14.866 | 0.286 | 0.993 | 1249.745 | 9.438 | 178.712  |
|      | Gompertz        | 2814.603 | 3.565  | 0.160 | 0.998 | 1035.435 | 7.950 | 165.572  |
|      | Von Bertalanffy | 3088.611 | 0.764  | 0.117 | 0.998 | 915.144  | 7.094 | 160.592  |

表 6 不同羽色系威宁鸡母鸡体重生长参数估计及拟合度

| 羽色系  | 模型              | A        | B      | k     | $R^2$ | 拐点体重 ,g | 拐点周龄  | 最大周增重 ,g |
|------|-----------------|----------|--------|-------|-------|---------|-------|----------|
| 麻羽系  | Logistic        | 1747.857 | 13.095 | 0.302 | 0.994 | 873.928 | 8.530 | 131.762  |
|      | Gompertz        | 1909.145 | 3.407  | 0.177 | 0.999 | 702.335 | 6.917 | 124.484  |
|      | Von Bertalanffy | 2039.394 | 0.747  | 0.135 | 1.000 | 604.265 | 5.989 | 122.225  |
| 黑麻羽系 | Logistic        | 1668.006 | 13.905 | 0.323 | 0.996 | 834.003 | 8.138 | 134.883  |
|      | Gompertz        | 1796.094 | 3.549  | 0.194 | 1.000 | 660.746 | 6.535 | 128.063  |
|      | Von Bertalanffy | 1895.573 | 0.774  | 0.150 | 0.999 | 561.651 | 5.618 | 126.400  |
| 黄羽系  | Logistic        | 1731.424 | 13.436 | 0.301 | 0.995 | 865.712 | 8.632 | 130.280  |
|      | Gompertz        | 1896.728 | 3.440  | 0.176 | 1.000 | 697.767 | 7.031 | 122.612  |
|      | Von Bertalanffy | 2031.813 | 0.751  | 0.133 | 1.000 | 602.019 | 6.108 | 120.098  |

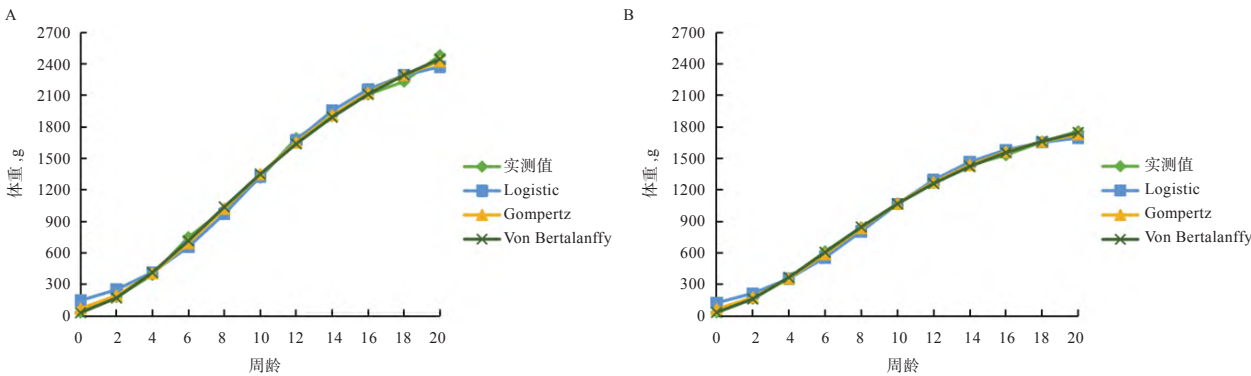


图 3 威宁鸡麻羽系公 (A)、母 (B) 鸡的实测生长曲线与拟合曲线比较

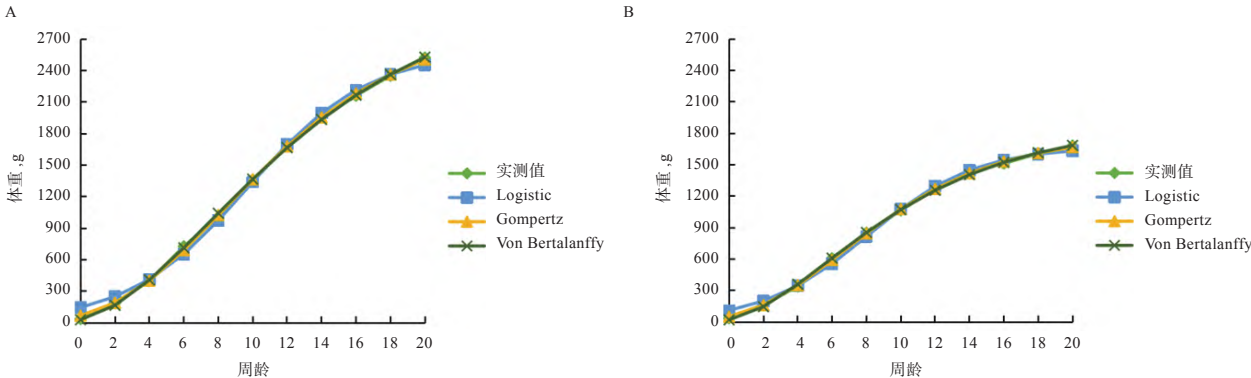


图 4 威宁鸡黑麻羽系公 (A)、母 (B) 鸡的实测生长曲线与拟合曲线比较

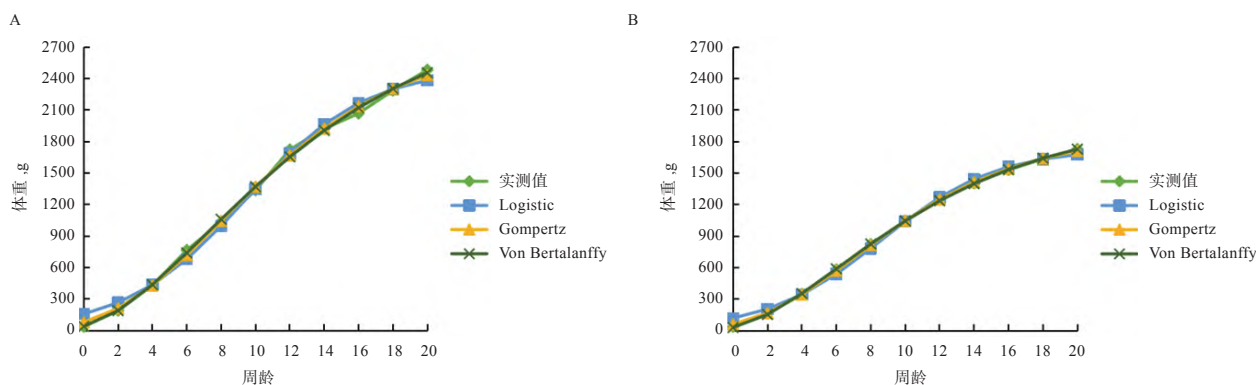


图 5 威宁鸡黄羽系公 (A)、母 (B) 鸡的实测生长曲线与拟合曲线比较

对威宁鸡生长曲线拟合分析发现, 麻羽系、黑麻羽系和黄羽系公鸡的拐点周龄分别为 8.055、8.298、7.950 周龄, 拐点体重分别为 1 030.422、1 075.783、1 035.435 g; 母鸡的拐点周龄分别为 6.917、6.535、7.031 周龄, 拐点体重分别为 702.335、660.746、697.767 g。

### 3 讨论

**3.1 不同羽色威宁鸡体重生长规律** 实测生长曲线是指家禽在一段时间内的体重累积情况, 表示家禽生长发育的累积结果。周增重是指单位时间内体重的平均增长量, 是动物在单位时间内的绝对生长速度。通过采集鸡群生长长期体重数据, 并利用生长曲线模型进行拟合, 可以及时预测和了解鸡群的生长情况<sup>[13]</sup>。本研究结果表明, 3 个羽色系威宁鸡公鸡的初生重、4 周龄和 6 周龄体重存在显著差异, 母鸡仅初生重存在显著差异, 说明 3 个羽色威宁鸡在生长过程中体重差异较小, 这与李义书等<sup>[14]</sup>对不同羽色儋州鸡生长曲线拟合与分析研究结果相似, 而姚洋等<sup>[15]</sup>、代敏敏等<sup>[16]</sup>对拜城油鸡和太行绿壳蛋鸡生长发育规律研究发现, 不同品系之间的生长发育存在较大差异。本研究结果表明, 3 个羽色系威宁鸡公鸡在 6~12 周体重增重量较大, 麻羽系和黄羽系在 12 周增重达到高峰, 而黑麻羽系在 10 周达到高峰, 威宁鸡母鸡均在 6 周时到达增重高峰, 说明 3 个羽色系威宁鸡公鸡周增重高峰期晚于母鸡, 这与魏彦等<sup>[17]</sup>研究结果一致。3 个羽色系威宁鸡公鸡在中, 黑麻羽系公鸡的累计体重趋势大于麻羽系和黄羽系公鸡, 且黑麻羽系公鸡较早的增重高峰期, 表明黑麻羽系更适合作为威宁鸡选育的优质品系。

**3.2 不同羽色威宁鸡生长模型拟合效果** 家禽的生长受到遗传、环境、营养和管理水平等多种因素的影响<sup>[18]</sup>。

通过 Logistic、Gompertz 和 Von Bertalanffy 生长模型拟合家禽体重生长曲线, 可以有效地预测家禽各方面的生长性能, 从而制定更加科学合理的饲养计划和育种选择。葛影影等<sup>[19]</sup>对清远黄羽乌鸡生长曲线的拟合与分析发现, Gompertz 模型对公鸡生长曲线拟合效果最优, Von Bertalanffy 模型对母鸡生长曲线拟合效果最优。陈智武等<sup>[20]</sup>、文霜等<sup>[21]</sup>和李先玉等<sup>[22]</sup>研究得出 Gompertz 模型对金陵花鸡、张家界白羽乌鸡和白羽雏鸡的体重生长拟合效果最佳。李桂贤等<sup>[23]</sup>、王婷等<sup>[24]</sup>研究表明 Von Bertalanffy 模型更适合金湖乌凤鸡、雪峰乌骨鸡的体重生长拟合。李洪林等<sup>[25]</sup>、王天松等<sup>[26]</sup>研究发现贵州黄鸡、乌蒙凤鸡的最优体重生长模型是 Logistic 模型。因此, 不同品种鸡最优生长模型的选择存在区别。

拐点周龄是生长速度由快变慢的时间点, 也是鸡生长发育进入成熟期的标志<sup>[27]</sup>。本研究结果表明, Gompertz 模型是 3 个羽色系威宁鸡公、母鸡的最优生长拟合模型, 这与牟腾慧等<sup>[11]</sup>研究结果一致。根据 Gompertz 模型预测得到威宁鸡公鸡进入拐点周龄的早晚顺序依次是黄羽系、麻羽系、黑麻羽系, 母鸡进入拐点周龄的早晚顺序依次是黑麻羽系、麻羽系、黄羽系, 3 个羽色威宁鸡公鸡的拐点周龄均大于母鸡, 说明威宁鸡公鸡早期生长速度慢于母鸡, 但公鸡的生长周期更长, 不同羽色威宁鸡在饲养管理过程中应根据不同羽色、不同性别分群饲养, 合理调整饲料营养供给量, 以适应不同性别的生理需求。本研究中, 黑麻羽系公鸡的成熟体重最大, 麻羽系公鸡次之; 麻羽系母鸡成熟体重最大, 黑麻羽系母鸡成熟体重最小。

### 4 结论

本研究表明, 不同羽色系威宁鸡在生长发育初期存

在差异, 3个羽色系威宁鸡公鸡的麻羽系和黄羽系在12周增重达到高峰, 而黑羽系公鸡在10周达到高峰, 母鸡均在6周到达增重高峰。采用 Logistic、Compertz 和 Von Bertalanffy 3种非线性生长模型对不同羽色威宁鸡体重进行生长曲线拟合研究发现, Gompertz 模型对不同羽色系威宁鸡生长曲线拟合效果最优, 3个羽色威宁鸡公鸡拐点周龄在8周左右, 母鸡在6周左右。

### 参考文献:

- [1] 刘镜, 罗治华, 龚俞, 等. 贵州地方鸡种遗传资源特点及品种评价[J]. 饲料广角, 2013(22): 34-36.
- [2] 马玉勇, 陈凯, 吴聪, 等. 湘黄母鸡不同饲养模式生长曲线拟合及生长性能分析[J]. 中国畜禽种业, 2023, 19(6): 113-118.
- [3] Mouffok C, Semara L, Ghoulmi N, *et al.* Comparison of some nonlinear functions for describing broiler growth curves of cobb500 strain[J]. Poultry Sci, 2019, 7(1): 51-61.
- [4] Wang R, Li T, Pan Z, *et al.* Effect of dietary puerarin supplementation on growth performance, immune response, antioxidant capacity, and intestinal morphology in domestic pigeons (*Columba livia*)[J]. J Poult Sci, 2024, 61: 2024003.
- [5] 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.
- [6] Zuidhof M J. Multiphasic poultry growth models: method and application[J]. Poult Sci, 2020, 99(11): 5607-5614.
- [7] 李勇, 蔡辉益, 刘国华, 等. 国外利用生长模型预测动物生长及体组分的研究进展[J]. 当代畜禽养殖业, 2011(9): 59-64.
- [8] 刘朋, 刘新宇, 刘可心, 等. 大骨鸡生长规律的研究[J]. 家禽科学, 2022(12): 38-46.
- [9] 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.
- [10] 魏椿萱, 伏晓梅, 孙斌. 海兰褐商品代蛋鸡育成期生长曲线拟合与分析[J]. 甘肃畜牧兽医, 2024, 54(3): 96-99.
- [11] 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.
- [12] 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.
- [13] Koushandeh A, Chamani M, Yaghobfar A, *et al.* Comparison of the accuracy of nonlinear models and artificial neural network in the performance prediction of Ross 308 broiler chickens[J]. Poultry Sci, 2019, 7(2): 151-161.
- [14] 李义书, 侯冠斌, 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.
- [15] 姚洋, 董伟, 李海英, 等. 不同羽系拜城油鸡生长发育规律及生长曲线拟合分析[J]. 新疆农业科学, 2024, 61(5): 1259-1267.
- [16] 代敏敏, 李德娟, 郭伟婷, 等. 快慢羽太行绿壳蛋鸡生长发育规律及生长曲线拟合分析[J]. 中国畜牧杂志, 2021, 57(1): 109-113.
- [17] 李家辉, 赵晓钰, 李海英, 等. 也迷离鸡生长发育规律及体重体尺的相关性分析[J]. 新疆农业科学, 2023, 60(5): 1281-1291.
- [18] 崔梦笛, 耿琳琳, 李德娟, 等. 婆罗门鸡生长发育规律的研究[J]. 中国畜牧杂志, 2022, 58(7): 104-109.
- [19] 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, 97.
- [20] 陈智武, 杜永旺, 粟永春, 等. 金陵花鸡E系生长曲线拟合及其选育效果分析[J]. 中国家禽, 2024, 46(4): 120-124.
- [21] 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.
- [22] 李先玉, 周瑾, 吴昊旻, 等. 白羽雏鸡生长曲线拟合及分析[J]. 中国畜牧杂志, 2024, 60(6): 209-212.
- [23] 李桂贤. 金湖乌凤鸡生长曲线拟合与分析[J]. 中国畜禽种业, 2023, 19(3): 33-36.
- [24] 王婷, 邓雨英, 姚亚铃, 等. 黑羽系雪峰乌骨鸡生长曲线拟合、肉用性能评价及其相关性分析[J]. 中国畜牧杂志, 2024, 60(2): 231-237.
- [25] 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.
- [26] 王天松, 张勇, 莫先艇, 等. 不同羽色及性别乌蒙凤鸡育成期生长曲线拟合研究[J]. 中国畜牧杂志, 2020, 56(9): 55-60.
- [27] 叶涛, 李辉, 李兴才, 等. 香炉山鸡体重生长曲线的拟合研究与体尺测定[J]. 畜牧与兽医, 2022, 54(10): 26-30.

(责任编辑: 赵楠)