

江淮水牛生长发育规律研究

涂小璐^{1,2}, 崔双双^{1,3}, 王佳¹, 齐德周⁴, 张运海^{1,3}, 刘洪瑜^{1,3*}

(1. 安徽地方畜禽遗传资源保护与生物育种省级实验室, 合肥 230036; 2. 安徽省畜禽遗传资源保护中心, 合肥 230031;
3. 安徽农业大学动物科技学院, 合肥 230036; 4. 安徽开牛农业科技股份有限公司, 安徽 定远 233230)

摘要: [目的] 研究分析江淮水牛体重与体尺的关系, 探明江淮水牛的生长发育规律。[方法] 分别测定初生、6 月龄、12 月龄、24 月龄、36 月龄和 48 月龄共 146 头水牛的体重体尺性状, 利用 Duncan's 多重比较法, 检验各阶段水牛体重和体尺性状的差异显著性。利用 Biravate 相关法检验其之间相关性。选用 Gompertz、Logistic 和 Von Bertalanffy 3 种非线性模型拟合江淮水牛母牛体重的累积生长过程。[结果] 表明 36 月龄之前, 江淮水牛的体重呈快速增长阶段。江淮水牛体重与坐骨端宽无显著相关性 ($P > 0.05$), 与体高等 4 项指标之间存在极显著的相关性 ($P < 0.01$), 以胸围的相关度最为显著, 3 种模型都能很好地拟合江淮水牛母牛的生长曲线, 且拟合度 (R^2) 均大于 0.980。[结论] 江淮水牛母牛的 Bertalanffy 非线性模型拟合度 (R^2) 最高, 但综合拐点体重和拐点月龄来考虑, Logistic 模型更符合, 其方程为 $Y = 524.984 / (1 + 6.616e^{-0.130t})$, 由此得出江淮水牛母牛拐点重量 262.492 kg, 拐点月龄 14.534 月龄。

关键词: 江淮水牛; 体尺性状; 生长规律; 生长模型

中图分类号: S823 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-9111(2023)01-0017-04

江淮水牛因主要分布在安徽省长江北淮河南等地区而得名, 是安徽省长江以北和淮河以南的农牧业生产地区的主要役畜。该品种性情温顺, 体格适中, 躯干强健, 皮毛呈灰黄色, 蹄部及飞节以下毛色呈黑灰色相间斑块, 被毛稀少, 蹄部呈灰黄色, 头部稍粗壮。该品种对当地的自然环境有很强的适应能力, 采用的饲养方式多为舍饲和半舍饲^[1]。安徽省江淮地区之间饲草资源富足, 通过自古以来常年的田间劳作, 漫长的选择驯化, 在该地区逐渐形成了该品种体型大、役用能力强、拉力大、耐泥泞、性情较温和、耐粗饲等优点。其中大部分的水牛能独犁, 日耕 0.27 ~ 0.33 hm²。自改革开放以来, 我国农业渐渐进入机械化集约化阶段, 现已基本实现完全机械化, 对役用牛的需求量逐渐降低, 逐步转向肉用, 出栏时间相较以前大大提升。2021 年, 国家农业和农村部发布了《“十四五”全国畜牧兽医行业发展规划》, 其中肉牛、肉羊被列为四大千亿产业。从总体的产业结构来看, 国内的牛肉产业主要分布在中原、东北、西南、西北四大区域。在我国, 这四大主要肉

牛产地中, 大约有 85% 的牛肉产量是国家的主要生产基地^[2-3]。安徽位于江淮流域, 其中皖北是中原肉牛生产的主产区。安徽西南部及南部地区草山草坡覆盖率很高, 但其开发利用程度不足 30%, 因此有很大的空间发展发展草原畜牧业^[4]。当地以江淮水牛和皖南牛等为代表的安徽省本地黄牛水牛品种为基础发展肉牛产业^[5-6]。当前, 要搞好我国本土牛品种遗传资源的保护与利用, 首先要确定其生长规律^[7]。本研究对江淮水牛的生长发育进行了初步的探讨, 为江淮水牛的合理保护与开发利用奠定了基础。

1 材料与方法

1.1 试验材料

于 2021 年 1 月至 2022 年 4 月, 在安徽开牛农业科技股份有限公司测定初生、6 月龄、12 月龄、24 月龄、36 月龄和 48 月龄共 146 头江淮水牛母牛的活重、体高、体斜长、胸围、管围、坐骨端宽等多项体尺数据。利用磅秤测定江淮水牛母牛的初生体重,

收稿日期: 2022-10-09 修回日期: 2022-11-28

基金项目: 安徽省省级家畜基因库项目

作者简介: 涂小璐 (1982—), 女, 畜牧师, 主要从事动物遗传资源保护工作。

* 通讯作者: 刘洪瑜 (1979—), 男, 副教授, 主要从事牛遗传育种与生产研究。

其余阶段利用体重 = 胸围² × 体斜长 ÷ 11420 的公式计算^[8]。

1.2 试验方法

利用 SPSS 26.0 软件进行单因素方差分析,并用 Duncan's 方法对平均值进行多重比较,得出各阶段母牛体重体尺的差异显著性。采用 Biravate 相关法分析成年母牛的体尺体重相关性。

选用 Gompertz、Logistic 和 Von Bertalanffy 3 种非线性模型拟合江淮水牛母牛体重的累积生长过程,利用 SPSS 26.0 软件的回归分析程序中的非线性回归分析子程序,得到相应各个参数(A、B、K)的估计值和拟合度(R^2 值)^[9],模拟方程计算公式如表 1 所示。

表 1 3 种非线性模型指标计算公式

模型	公式	拐点体重/kg	拐点月龄/月	最大月增重/kg
Gompertz	$Y = Ae^{-Be^{-(kt)}}$	A/e	$(\ln B)/K$	kw
Logistic	$Y = A/(1 + Be^{-kt})$	$A/2$	$(\ln B)/K$	kw/2
Bertalanffy	$Y = A(1 - Be^{-kt})^3$	$8A/27$	$(\ln 3B)/K$	3kw/2

注:A 为牛的极限生长体质量,即接近极限生长体质量时的生长速度的大小或者是成熟率;K 为瞬时相对生长率;B 为常数尺度;拐点为生长速率从持续加速到减速过程中的转折点,此时有最大的生长速率;t 为月龄。

2 结果与分析

2.1 江淮水牛母牛不同日龄体重和体尺的比较

江淮水牛各月龄体重和体尺的比较结果见表 2,在体重方面,江淮水牛从初生到 48 月龄体重依次增加,其中初生至 36 月龄的体重增长速度快,0 月龄至 36 月龄,各个阶段体重差异呈现极显著($P < 0.01$),而 36 月龄与 48 月龄之间体重差异显著($P < 0.05$)。

在体尺指标方面,体高、体斜长等反映体型大小的指标变化呈现出一致的趋势,初生至 36 月龄之间增长迅速,且各阶段差异均达极显著($P < 0.01$),36 月后体尺生长缓慢,36 月龄至 48 月龄的体高、体斜长差异显著($P < 0.05$)。胸围等反映胸部发育体况的指标,在 36 月龄之前,各阶段的差异极显著($P <$

0.01),而 36 月龄至 48 月龄之间不存在差异显著性($P > 0.05$)。

在管围方面,0 月龄与 6、12、24、36、48 月龄各月龄之间差异极显著($P < 0.01$);6 月龄与 12、24、36、48 月龄之间差异极显著($P < 0.01$);12 月龄与 24、36、48 月龄之间差异极显著($P < 0.01$);24 月龄与 36 月龄之间差异显著($P < 0.05$),而与 48 月龄之间差异极显著($P < 0.01$);36 月龄与 48 月龄之间不存在显著差异($P > 0.05$)。

坐骨端宽等反映牛后躯生长的指标,江淮水牛初生至 36 月龄的坐骨端宽增长速度快,0 月龄至 36 月龄,各个阶段坐骨端宽差异呈现极显著($P < 0.01$),而 36 月龄与 48 月龄之间不存在显著差异($P > 0.05$)。

表 2 江淮水牛母牛不同月龄体重和体尺的比较

项目	0 月龄	6 月龄	12 月龄	24 月龄	36 月龄	48 月龄
体重/kg	28.00 ± 1.77 ^A	136.30 ± 15.53 ^B	252.20 ± 24.37 ^C	382.90 ± 41.53 ^D	491.40 ± 41.13 ^{Ef}	531.10 ± 57.86 ^{Eg}
体高/cm	44.00 ± 2.26 ^A	84.30 ± 3.56 ^B	100.10 ± 4.60 ^C	117.40 ± 3.83 ^D	131.60 ± 5.17 ^{Ef}	135.50 ± 4.37 ^{Eg}
体斜长/cm	54.30 ± 2.58 ^A	98.60 ± 4.35 ^B	126.90 ± 4.17 ^C	143.00 ± 7.04 ^D	154.40 ± 10.69 ^{Ef}	163.80 ± 13.76 ^{Eg}
胸围/cm	69.00 ± 2.16 ^A	131.00 ± 2.53 ^B	159.10 ± 8.58 ^C	181.30 ± 9.47 ^D	205.00 ± 11.89 ^E	214.10 ± 13.48 ^E
管围/cm	15.9 ± 0.32 ^A	16.85 ± 0.34 ^B	19.60 ± 0.52 ^C	21.70 ± 0.95 ^{Dd}	22.57 ± 0.99 ^{DEe}	22.85 ± 1.11 ^{Ee}
坐骨端宽/cm	24.60 ± 0.84 ^A	31.50 ± 0.53 ^C	36.30 ± 1.06 ^B	43.00 ± 3.16 ^D	48.60 ± 4.11 ^E	51.60 ± 4.48 ^E

注:同行数据肩标字母不同表示差异显著($P < 0.05$),字母相同表示差异不显著($P > 0.05$)。

2.2 江淮水牛母牛体重与体尺性状的相关性分析

由表 2 可知,36 月龄之后的江淮水牛母牛各项体尺指标之间不存在显著差异,故 48 月龄的体重和体尺性状可以反映江淮水牛母牛的体尺值。表 3 是以 48 月龄母牛的体重和体尺性状进行的相关性分析,由结果可知成年江淮水牛母牛体重与体高、体斜长等指标呈现极显著相关($P < 0.01$),其中体重与胸围的相关性最高,系数为 0.933,与坐骨端宽不存

在显著性($P > 0.05$)。在体重体尺的各项指标中,体斜长与体高、胸围和管围呈现极显著相关($P < 0.01$),与坐骨端宽无显著相关性($P > 0.05$)。体高与胸围、管围之间呈现极显著相关($P < 0.01$),与坐骨端宽的相关性呈显著($P > 0.05$)。胸围与管围、坐骨端宽之间均呈现显著相关($P < 0.05$)。管围与坐骨端宽之间的相关性呈显著($P < 0.05$)。

表 3 48 月龄母牛体尺指标与体重的相关分析

指标	体重	体斜长	体高	胸围	管围	坐骨端宽
体重	1.000					
体斜长	0.874 **	1.000				
体高	0.876 **	0.800 **	1.000			
胸围	0.933 **	0.738 **	0.821 **	1.000		
管围	0.915 **	0.778 **	0.901 **	0.759 *	1.000	
坐骨端宽	0.528	0.490	0.680 *	0.665 *	0.764 *	1.000

注: * 表示显著($P<0.05$), ** 表示差异极显著($P<0.01$)。

2.3 生长曲线模型

通过统计分析,当分别进行到第 8 步、第 11 和第 11 步迭代计算时,各自达到了 Gompertz、Logistic 和 Von Bertalanffy 3 种非线性生长模型收敛标准的条件,据此得到了 3 种生长曲线模型的参数估算,如表 4 所示。该曲线拟合的拟合度 R^2 均在 0.980 以上,说明 3 种模型所提供的参数值可以很好地反映江淮水牛的生长发育。

由表 4 可知,Gompertz 和 Bertalanffy 模型的拟

合度(R^2)均大于 Logistic 模型。其中 Gompertz 模型估计出江淮水牛母牛的拐点月龄为 10.086 月龄,拐点体重为 200.019 kg,最大月增重为 17.042 kg。Logistic 模型估计出江淮水牛母牛的拐点月龄为 14.534 月龄,拐点体重为 262.492 kg,最大月增重为 17.062 kg。Bertalanffy 模型估计出江淮水牛母牛的拐点月龄为 7.788 月龄,拐点体重为 165.540 kg,最大月增重为 17.878 kg。

表 4 3 种生长曲线模型参数估计值及拟合度

模型	A	B	k	R^2	拐点体重	拐点月龄	最大月增重
Gompertz	544.052	2.405	0.087	0.993	200.019	10.086	17.402
Logistic	524.984	6.616	0.130	0.983	262.492	14.534	17.062
Bertalanffy	558.699	0.584	0.072	0.996	165.540	7.788	17.878

3 讨 论

体重和体尺是衡量肉牛生长发育的重要指标,也是评价黄牛肉用性能的重要指标^[10]。从牛的绝对生长量和相对生长量来看,江淮水牛母牛从 0 月龄到 24 月龄的体重增长速度快,与地方黄牛特点一致,和皖东牛^[11]、三江牛^[12]等地方黄牛的体重增长特点相似,与国外优良肉牛品种如安格斯牛^[13]等比较,地方黄牛的 生长周期长,生长速度缓慢。从体尺形状来看,在 24 月龄之前,江淮水牛母牛各个阶段的能表明牛只体尺指标的数据,如体重、体高和体斜长等均存在极显著差异($P<0.01$),这提示江淮水牛母牛在 24 月龄之前,体尺增加明显。在胸部发育方面,胸围在 36 月龄与 48 月龄之间不存在显著差异($P>0.05$),表明江淮水牛母牛在 36 月龄之后增加缓慢。此外,在表明家畜骨骼发育程度的管围指标上,24 月龄与 36 月龄之间已差异不显著($P>0.05$),从初生至 48 月龄管围指数呈下降趋势,这与种丽伟等对新疆褐牛的研究一致^[14]。在表明牛只后驱发育的坐骨端宽指标上,36 月龄与 48 月龄差异不显著($P>0.05$),说明在 36 月龄之前已发育完善。

同时,体重、体尺性状对屠宰率、胴体质量等胴体性状有一定的参考价值。家畜的屠宰性状检测是一项很困难的工作,在进行屠宰试验时,必须进行屠

宰,若没有足够的宰前肥度,将会对农户造成巨大的经济损失。通过体尺特征来实现体重的判定和屠宰性状的预测,可获得许多有益的结果^[15]。本研究发 现江淮水牛成年母牛体重与胸围之间存在着较大的相关性,达到了 0.933。因而,江淮地区的水牛在育肥屠宰过程中,可以用胸围来作为评判指标。

动物的体重在成年之前会随着年龄的增加而不断增加,本研究发 现江淮水牛母牛在 0 月龄至 48 月龄间体重依次增加,24 月龄前,各阶段体重差异达到极显著($P<0.01$),说明江淮水牛母牛在 24 月龄之前体重增加迅速,之后增加减缓。这与安徽地区皖东牛等地方牛种的 生长具有相同的趋势^[11]。生长曲线模型也称生长曲线预测,是研究畜禽生长发育规律的主要方法之一,通过对家畜生长曲线的拟合分析,可确定理想的生长曲线模型,从而掌握家畜的生长过程和预测生长规律,这对家畜的饲养管理和育种有着极大的作用^[16]。本研究中,利用 Gompertz、Logistic 和 Von Bertalanffy 3 种模型对江淮水牛母牛从初生至 48 月龄的体重进行了生长曲线拟合,结果表明 3 种模型均有较高的拟合效果,拟合度均大于 0.980,但 Bertalanffy 模型拟合效果略高于其它两种,这与冯小芳等^[13]对安格斯牛的研究一致。综合拐点体重和拐点月龄来考虑,Logistic 模型更符合对江淮水牛母牛的生长曲线拟合,在 14.534 月龄得

到拐点体重 262.492 kg,这也符合我国大部分地方黄牛的生长规律,如皖东牛^[11]、雷琼黄牛^[18]。

4 结论

通过对初生重至 48 月龄的江淮水牛的体重与体尺的生长发育规律进行了分析,发现 36 月龄之前江淮水牛的体重呈迅速增长的趋势。体尺指标方面,体斜长和体高指数在 36 月龄前都有较快的生长;能体现牛只胸部发育情况的胸围,36 月龄前胸围生长速度较快;反映牛的后躯发育方面,管围和坐骨端宽分别在 24 月龄和 36 月龄之后生长较慢。

体重与体尺性状的相关性分析方面,成年江淮水牛母牛体重与坐骨端宽无显著相关性($P > 0.05$),与体高等 4 项指标之间存在着极显著的相关性($P < 0.01$),以胸围最为明显。江淮水牛的生长曲线模拟效果最好的为 Bertalanffy 模型,其方程为 $Y = 558.699(1 - 0.584e^{-0.072t})^3$,但综合拐点体重和月龄来说,Logistic 模型更符合,其方程为 $Y = 524.984/(1 + 6.616e^{-0.130t})$,由此得出江淮水牛母牛拐点重量 262.492 kg,拐点月龄 14.534 月龄。

参考文献:

- [1] 贾玉堂,汤继顺,葛善勇,等.江淮水牛遗传资源调查报告[J].中国牛业科学,2011,37(2):74-77.
- [2] 咎林森,梅楚刚,王洪程.我国肉牛产业经济发展形势及对策建议[J].西北农林科技大学学报(社会科学版),2015,15(6):48-52.
- [3] 咎林森,梅楚刚,王洪程.我国牛羊肉市场价格走势分析及产业发展对策[J].西北农林科技大学学报(社会科学版),2014,14(5):56-59.
- [4] 王治林.肉牛育肥的影响因素[J].吉林畜牧兽医,2022,43(5):1-2.
- [5] 曹兵海,苏华维.南方肉牛产业现状与发展战略之我见[J].中国畜牧业,2012(20):18-28.
- [6] 张兴隆.育成期营养对皖南牛生长发育、血液激素、消化规律和育肥效果影响的研究[D].北京:中国农业大学,2015.
- [7] 郭俊清,周靖航,刘丽元,等.新疆褐牛生长发育规律分析[J].新疆褐牛生长发育规律分析[J].畜牧与兽医,2017(2):10-14.
- [8] 咎林森.牛生产学[M].北京:中国农业出版社,2006.
- [9] 戴国俊,王金玉,杨建生,等.应用统计软件 SPSS 拟合生长曲线方程[J].畜牧与兽医,2006,38(9):28-30.
- [10] 张英汉.试析提出牛肉用指数(BPI)概念的理论意义[J].中国牛业科学,2011,37(1):1-5.
- [11] 程敏,咎仁欠吉,李柏旭,等.皖东水牛母牛生长发育规律研究[J].中国牛业科学,2018,44(4):25-28.
- [12] 龚俞,何光中,刘镜,等.贵州不同三元杂交肉牛生长性能比较[J].贵州畜牧兽医,2014,38(4):1-4.
- [13] 冯小芳,蒋秋斐,封元,等.安格斯牛体重和体尺性状生长曲线拟合与相关性分析[J].浙江农业学报,2022,34(1):50-59.
- [14] 种丽伟,耿娟,李金芝,等.新疆褐牛犊牛生长发育规律分析[J].中国畜牧杂志,2021,57(10):121-124.
- [15] 赵金辉,汪书哲,李志钢,等.郟县红牛生长及肉用性能测定与分析[J].家畜生态学报,2020,41(9):73-76.
- [16] 雒林通,马芳,聂万虹.太平鸡生长规律与生长曲线拟合研究[J].国外畜牧学(猪与禽),2020,40(7):58-62.
- [17] 胡灿颖,雍艳红,陈圣威,等.12 月龄雷琼黄牛生长曲线拟合的比较分析[J].中国草食动物科学,2021,41(2):17-22.

Growth and Development Pattern of Jianghuai Buffalo

TU Xiao-lu^{1,2}, CUI Shuang-shuang^{1,3}, WANG Jia¹,
 QI De-zhou⁴, ZHANG Yun-hai^{1,3}, LIU Hong-yu^{1,3*}

(1. Animal Genetic Resources Conservation and Provincial Key Laboratory of Biobreeding, Hefei 230036; 2. Livestock and Poultry Genetic Resources Protection Center of Anhui Province, Hefei 230031; 3. College of Animal Science, Anhui Agricultural University, Hefei 230036; 4. Anhui Kainiu Agricultural Science and Technology Co., Ltd, Dingyuan, Anhui 233230)

Abstract: [Objective] The aim of this study was to study the relationship between body weight and body measurements traits as well as explore the growth and development pattern in Jianghuai buffalo. [Method] A total of 146 Jianghuai buffalo were selected, including birth, 6-month, 12-month, 24-month, 36-month, and 48-month, respectively. Body weight and body size traits of selected buffalo were measured. Duncan's method was used to compare the body weight and body size traits of buffalo at various stages, as well as to test the significant differences of stage. Moreover, Biraviate correlation was used to analyze the correlation between body size and body weight. The nonlinear Gompertz, Logistic and Von Bertalanffy models were used to fit the cumulative growth process of body weight. [Result] The results showed that the body weight of Jianghuai buffalo was increasing rapidly before 36-month. Importantly, the body weight was not significantly correlated with hucklebone width ($P > 0.05$), but there was a significant correlation with the body high and other traits ($P < 0.01$), especially in the chest circumference. The three models could well fit the growth curve of Jianghuai buffalo, and R^2 was above 0.980 in Logistic model. [Conclusion] The nonlinear Bertalanffy model of Jianghuai buffalo had the highest fit. But considering the growth and month inflection point, the Logistic model was more consistent and $Y = 524.984/(1 + 6.616e^{-0.130t})$, and the inflexion of body weight was 262.492 kg as well as the age was 14.534 months.

Key words: Jianghuai buffalo; body measurements traits; growth and development pattern; growth model