

doi:10.11920/xnmdzk.2025.01.006

峨边花牛生长曲线拟合及生长发育规律分析

马晓琴¹, 易军¹, 方东辉¹, 甘佳¹, 阿果约达¹, 石溢¹, 邓小东¹, 陈晓云¹,
陈莹¹, 付茂忠¹, 李昭华², 李永珍², 邛莫吓儿², 陈敏², 王巍¹

(1. 四川省畜牧科学研究院动物遗传育种四川省重点实验室, 四川成都 610066;

2. 四川省峨边彝族自治县农业农村局, 四川峨边 614300)

摘要:为探索峨边花牛的生长发育规律,提高其科学饲养水平,以峨边县规模保种场内不同生长阶段的峨边花牛公牛($n=50$)和母牛($n=100$)为研究对象,测定其体高、体斜长、十字部高数据,采用 Logistic、Gompertz 和 Brody 3 种曲线模型对其体尺性状进行拟合分析。结果发现,3 种曲线模型对体尺拟合效果均较佳,决定系数大于 0.9167,其中,公牛体高、体斜长和十字部高以及母牛体高的最佳曲线模型是 Brody,母牛体斜长、十字部高的最佳曲线模型是 Logistic、Gompertz;生长发育规律分析显示,峨边花牛体尺生长曲线呈“S”型,在 12 月龄前生长速度最快,而后逐渐变缓并趋于平稳;除生长早期的体斜长外,公牛比母牛有更好的发育持续性,并随着月龄的增长与母牛的差距逐渐增大。对峨边花牛体尺最佳拟合模型和生长发育规律的研究,可为指导其科学饲养管理提供重要依据。

关键词:峨边花牛;体尺;生长曲线拟合;生长发育规律

中图分类号:S823.8

文献标志码:A

文章编号:2095-4271(2025)01-0041-07

Growth curve fitting and analysis of growth patterns of Ebian Spotted Cattle

MA Xiaoqin¹, YI Jun¹, FANG Donghui¹, GAN Jia¹, AGUO Yueda¹, SHI Yi¹,
DENG Xiaodong¹, CHEN Xiaoyun¹, CHEN Ying¹, FU Maozhong¹, LI Zhaohua²,
LI Yongzhen², QIONGMO Xiaer², CHEN Min², WANG Wei¹

(1. Sichuan Academy of Animal Sciences, Sichuan Provincial Key Laboratory of Animal Genetics and Breeding, Chengdu 610066, China;

2. Agricultural and Rural Bureau of Ebian Yi Autonomous County, Ebian 614300, China)

Abstract:To explore the growth patterns of Ebian Spotted Cattle and improve their scientific feeding, the present study investigated male ($n=50$) and female ($n=100$) Ebian Spotted Cattle of different growth stages in a large-scale conservation farm in Ebian County, Sichuan Province. The body height, body length, and hip height of the experimental cattle were measured, and Logistic, Gompertz, and Brody curve models were employed for fitting their body measurement traits. The results showed that all the three curve models exhibited good fitting results for body measurements, with determination coefficients exceeding 0.9167. The Brody model best fitted the body height, body length, hip height of male cattle, and also the body height of female cattle. While the Logistic and Gompertz models best fitted the hip height and body length of female cattle. Analysis of the growth patterns showed that the growth curves of body measurements in Ebian Spotted Cattle exhibited “S shaped pattern”, with the fastest growth occurred before the age of 12 months, followed by a relative slow and stable growth. The body measurements of males exhibited better development than females, except for body length during the early growth stage, and the difference increased with their growth. The present study on the best fitting models for body measurements and growth patterns of Ebian Spotted Cattle provides important data for their scientific feeding and management.

收稿日期:2024-07-05

作者简介:马晓琴(1987-),女,畜牧师,硕士,研究方向:牛遗传育种与繁殖。E-mail:729681768@qq.com

通信作者:王巍(1984-),男,研究员,博士,研究方向:牛遗传育种与繁殖。E-mail:582181328@qq.com

基金项目:四川省科技支撑计划“十四五”牛育种攻关项目(2021YFYZ0001)

Keywords: Ebian Spotted Cattle; body measurement; growth curve fitting; growth and development pattern

峨边花牛现存栏约4 000头,中心产区是四川省乐山市峨边彝族自治县,主要分布在乐山市、凉山彝族自治州的大小凉山地区^[1],在马边县、甘洛县等地也有分布.峨边花牛是分布区居民长期以肉用为主和终年放牧的选育条件下,从当地黄牛群中分离出来的花牛个体育成^[2-3],抗病力较强,耐粗饲,是肉役兼用的地方良种^[4].

家畜的体尺指标与经济价值、生产性能和繁殖性能等密切相关^[5],因此,研究牛体尺的生长发育规律对于指导其生产具有重要意义.生长曲线的拟合分析是研究家畜生长发育规律的最重要方法之一,运用数学微分方程直观阐释体尺和体重等性状随着年龄变化而呈现的生长发育规律,能有效避免因为测量、环境效应等造成的误差^[6-8].国内外学者对家畜生长曲线做了大量的研究,其中 Logistic^[9]、Gompertz^[10]和 Brody^[11]3种曲线研究颇多.张文举^[12]研究发现, Brody 生长曲线模型对徽成盆地黄牛拟合效果最好;左福元^[13]等分析表明, Logistic 和 Gompertz 模型均能较好地拟合川南山地黄牛及其杂种后代的生长发育规律, Gompertz 模型尤佳;王梦琪等^[14]研究表明, Logistic 和 Brody 模型对荷斯坦牛拟合效果较好;刘丽元等^[15]发现, Gompertz 模型对新疆褐牛母牛体高的拟合效果最佳.可见不同品种牛体尺最优拟合生长曲线模型不同.目前国内有关峨边花牛体尺生长曲线拟合分析的研究鲜见报道,因此,为探索峨边花牛体尺最佳拟合曲线,揭示其生长发育规律,本研究采用 Logistic、Gompertz 和 Brody 3种模型对其体高、体斜长、十字部高3项体尺进行生长曲线拟合分析.

1 材料与方法

1.1 测定对象和指标

2022年在峨边彝族自治县规模保种场中随机抽取峨边花公牛50头、母牛100头,测定记录每头牛的性别、月龄,并按《肉牛生产性能测定技术规范》(NY/T 2660-2014)测定其体高、体斜长、十字部高3项体尺性状指标.

1.2 生长曲线模型

利用 Logistic、Gompertz、Brody 3种曲线模型分别对峨边花公牛、母牛的体高、体斜长、十字部高3项体尺性状进行生长曲线拟合,各模型的方程式具体如公式(1)~(3).

$$\text{Logistic 模型: } Y = A / (1 + Be^{-Kt}), \quad (1)$$

$$\text{Gompertz 模型: } Y = Ae^{-B \exp(-Kt)}, \quad (2)$$

$$\text{Brody 模型: } Y = A(1 - Be^{-Kt}), \quad (3)$$

Y 为 t 月龄时的体尺(体重)指标;参数 A 为体尺(体重)指标的成熟(极限)值;参数 B 则为达到最大生长率时的时间系数; K 表示接近极限生长量时生长速度系数, e 是自然对数的底数,其值是固定值约为2.718 28.

1.3 最优拟合生长曲线方程指标

运用决定系数(coefficient of determination, R^2)来评价曲线模型拟合效果, $R^2 = 1 - (\text{残差平方和} / \text{离差平方和})$, R^2 值越大且越接近于1,表明曲线的拟合效果越好.

1.4 统计分析

运用统计软件 SPSS 27 整理体尺数据,并用其非线性回归来对曲线模型参数 A 、 B 和 K 的值进行最优估计,且采用平方和、参数收敛标准均为 10^{-8} ,得出参数最优估计值和决定系数 R^2 ^[16];最后用 Origin 22 软件绘制拟合曲线和实际生长曲线图.数据均用平均值 \pm 标准差表示.

2 结果

2.1 峨边花牛不同月龄体尺统计分析

峨边花牛公牛、母牛随月龄增加,体高、体斜长和十字部高均有不同程度增加,但同一性状在不同月龄间以及相同性状在不同性别间的增长速度均存在差异,详见表1.由图1可知,峨边花牛体高、体斜长、十字部高生长发育变化数据符合“S”型曲线,在12月龄前生长速度最快,12~24月龄次之,体高和十字部高在24月龄后基本趋于平稳,而公牛体斜长在48月龄后渐趋于平缓,母牛则在36月龄后到达平台期;综上所述,整个生长发育阶段,公牛的体高、体斜长、十字部高除6月龄前累计增量较母牛慢,在其他阶段均比母牛快,且有更好的持续性.

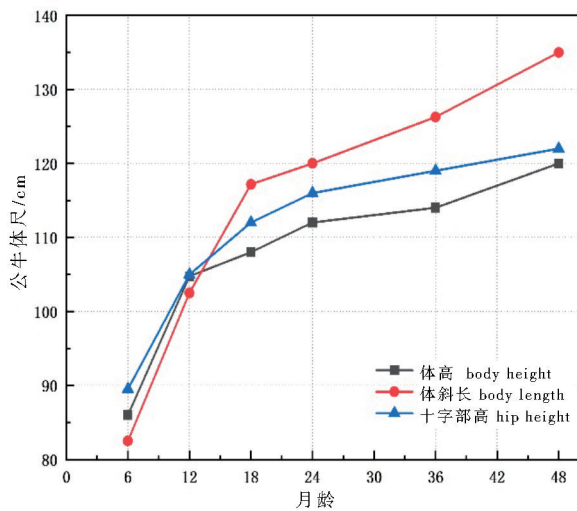
表 1 峨边花牛不同月龄体尺数据

Table 1 Body measurements of Ebian Spotted Cattle at different months

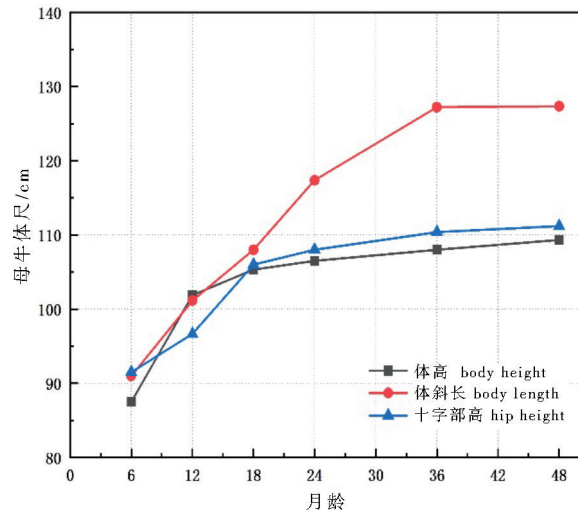
cm

体尺性状	性别	6 月龄	12 月龄	18 月龄	24 月龄	36 月龄	48 月龄
体高	公	86.11 ± 5.12 ^a	104.75 ± 5.32 ^b	108.12 ± 6.23 ^{cb}	112.11 ± 6.23 ^{db}	114.03 ± 7.56 ^{ecd*}	120.12 ± 5.21 ^{fed*}
	母	87.51 ± 8.23 ^a	101.88 ± 6.32 ^b	105.33 ± 6.78 ^{cb}	106.51 ± 8.32 ^{dc}	108.02 ± 4.23 ^{ed*}	109.32 ± 5.78 ^{f*}
体斜长	公	82.51 ± 4.51 ^{a*}	102.51 ± 6.81 ^b	117.16 ± 7.52 ^{cb*}	120.06 ± 7.83 ^d	126.27 ± 9.02 ^e	135.01 ± 7.21 ^{fe*}
	母	91.08 ± 3.23 ^{a*}	101.15 ± 3.23 ^b	108.02 ± 7.32 ^{c*}	117.36 ± 3.43 ^{dc}	127.21 ± 5.78 ^{ed}	127.33 ± 7.89 ^{f*}
十字部高	公	89.51 ± 6.21 ^a	105.11 ± 7.52 ^{b*}	112.14 ± 7.56 ^{c*}	116.09 ± 8.21 ^{dc*}	119.02 ± 7.89 ^{ec*}	122.02 ± 6.81 ^{fed*}
	母	91.50 ± 4.23 ^a	96.65 ± 4.56 ^{b*}	106.03 ± 6.31 ^{c*}	108.02 ± 2.34 ^{d*}	110.38 ± 8.93 ^{ed*}	111.21 ± 4.23 ^{fe*}

注:同行数据比较,不同字母的肩标表示差异显著($P < 0.05$),反之相同小写字母则表示差异不显著($P > 0.05$);同列数据相同性状间比较,差异显著($P < 0.05$)用*表示。



a. 公牛不同月龄体尺实测生长曲线



b. 母牛不同月龄体尺实测生长曲线

图 1 峨边花牛不同月龄体尺实测生长曲线

Fig. 1 Measured growth curve of body size for Ebian Spotted Cattle at different months

2.2 峨边花牛体尺性状的拟合生长曲线模型结果分析

采用 Logistic、Gompertz、Brody 3 种曲线模型对峨边花牛体高、体斜长、十字部高拟合。由表 2、图 2 可知,3 种曲线模型对峨边花牛体高、体斜长、十字部高体尺性状拟合度均佳, R^2 都在 0.916 7 以上,且与实测曲线吻合度均较高。3 种模型中, Brody 模型拟合公牛体高、体斜长、十字部高以及母牛体高的 R^2 大于 Logistic 和 Gompertz 模型的值,分别为 0.934 7、0.973 2、0.985 8、0.985 7; Gompertz 模型对母牛体斜长拟合的 R^2 值较 Logistic 和 Brody 模型大,为 0.977 7; Logistic 模型对母牛十字部高拟合 R^2 大于

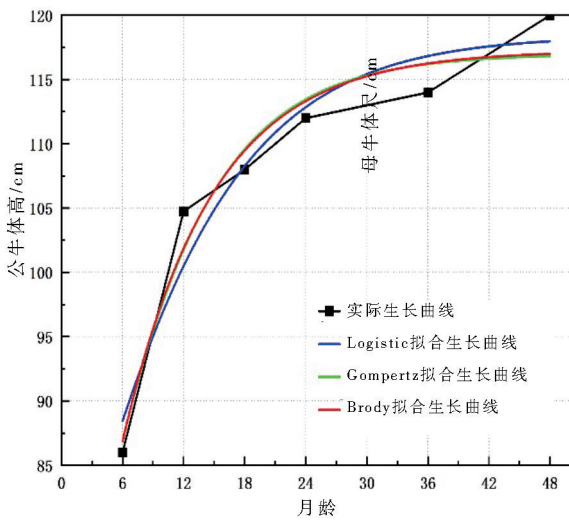
Gompertz 和 Brody 模型的值,为 0.961 7。可见, Brody 模型对公牛的体高、体斜长和十字部高以及母牛体高的拟合效果最好,极限生长量分别为 117.25 cm、134.09 cm、121.61 cm、108.26 cm,与实测量值接近; Logistic 模型对母牛十字部高的拟合效果最佳,极限生长量与实测值几乎一致,是 111.47 cm; Gompertz 模型是母牛体斜长的最佳拟合模型,极限生长量是 133.34 cm。综上所述, Brody 曲线模型可作为预测和评价公牛体高、体斜长、十字部高以及母牛的体高的最佳模型, Logistic 模型和 Gompertz 模型是预测和评价母牛十字部高、体斜长的最佳模型。

表 2 不同模型拟合方程参数及决定系数

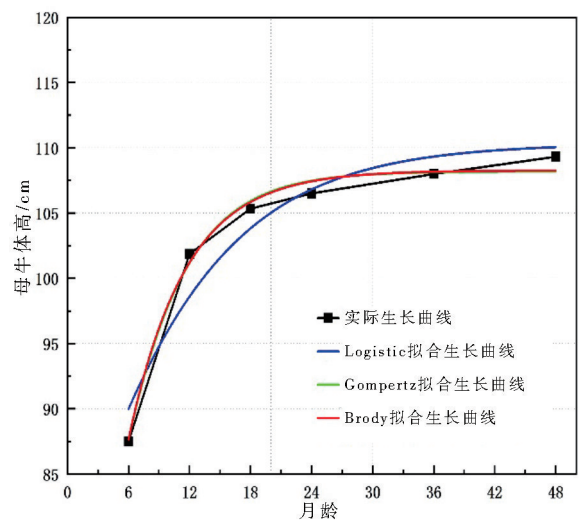
Table 2 Fitting equation parameters and determination coefficients of different models

cm

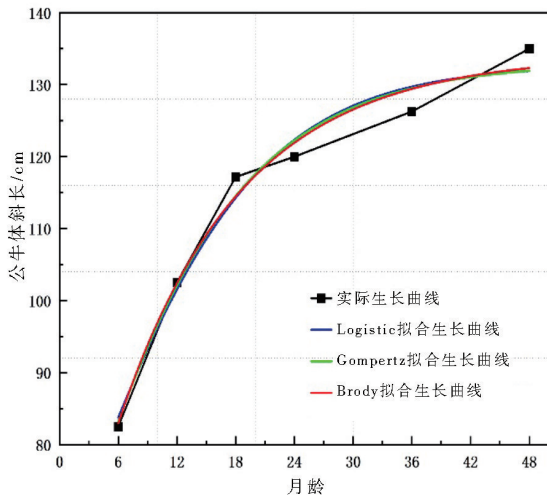
体尺性状 Body Measurements	性别 Gender	拟合模型 Fitting model	拟合参数 Fitting parameters			R^2 Coefficient of determination
			A	B	k	
体高 Body height	公牛 Bull	logistic	118.4203 ± 1.8901	0.6444 ± 0.0933	0.1070 ± 0	0.9330
		Gompertz	117.0033 ± 2.4847	0.6303 ± 0.1616	0.1256 ± 0.0367	0.9290
		Brody	117.2500 ± 2.5011	0.5122 ± 0.1129	0.1135 ± 0.0332	0.9347
	母牛 Cow	logistic	110.3242 ± 1.4068	0.4297 ± 0.0665	0.1070 ± 0.000 0	0.9167
		Gompertz	108.2024 ± 0.6469	0.6614 ± 0.1148	0.1907 ± 0.0273	0.9842
		Brody	108.2624 ± 0.6283	0.5565 ± 0.0868	0.1786 ± 0.0250	0.9857
体斜长 Body length	公牛 Bull	logistic	132.7667 ± 0.1098	1.1113 ± 0.1098	0.1070 ± 0.000 0	0.9731
		Gompertz	133.0703 ± 3.3452	0.8319 ± 0.1193	0.0952 ± 0.0189	0.9691
		Brody	134.0851 ± 3.5382	0.6154 ± 0.0677	0.0798 ± 0.0614	0.9732
	母牛 Cow	logistic	126.4515 ± 2.2027	0.8394 ± 0.1120	0.1070 ± 0.000 0	0.9440
		Gompertz	133.3431 ± 4.1353	0.5542 ± 0.0440	0.0588 ± 0.0128	0.9777
		Brody	134.8329 ± 5.2582	0.4432 ± 0.0299	0.0489 ± 0.0131	0.9748
十字部高 Cross High	公牛 Bull	logistic	122.5249 ± 0.9529	0.6630 ± 0.0459	0.1070 ± 1.000 0	0.9741
		Gompertz	121.3838 ± 0.9817	0.6171 ± 0.0544	0.1183 ± 0.0125	0.9804
		Brody	121.6067 ± 3.5383	0.5008 ± 0.0387	0.1070 ± 0.0116	0.9858
	母牛 Cow	logistic	111.4670 ± 0.9534	0.4438 ± 0.0450	0.1070 ± 1.000 0	0.9617
		Gompertz	112.1651 ± 1.8918	0.3627 ± 0.0586	0.0893 ± 0.0237	0.9496
		Brody	112.3448 ± 2.0616	0.3151 ± 0.0478	0.0822 ± 0.0237	0.9468



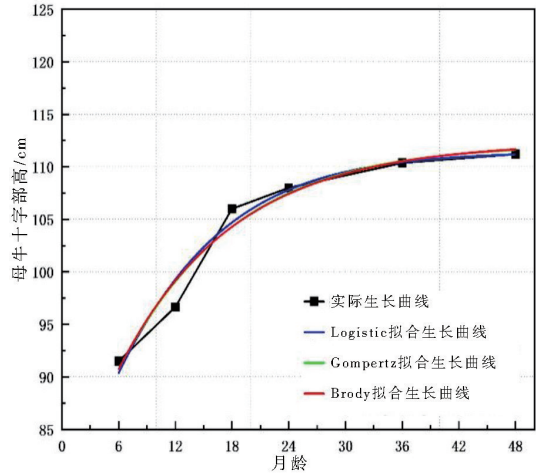
a. 公牛体高生长曲线模型



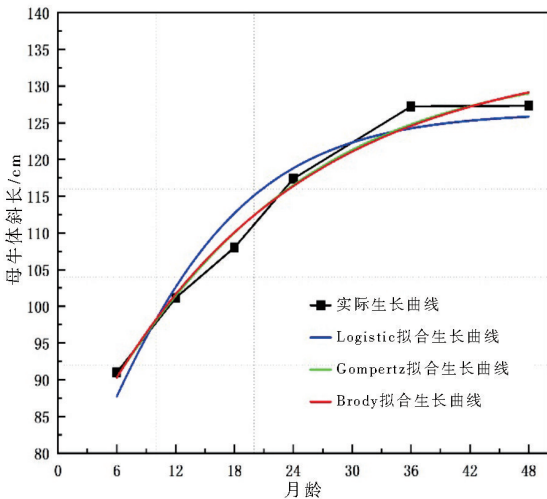
b. 母牛体高生长曲线模型



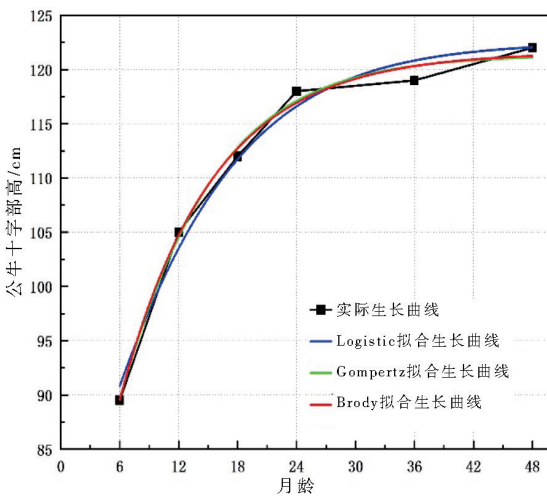
c. 公牛体斜长生长曲线模型



f. 母牛十字部高生长曲线模型



d. 母牛体斜长生长曲线模型



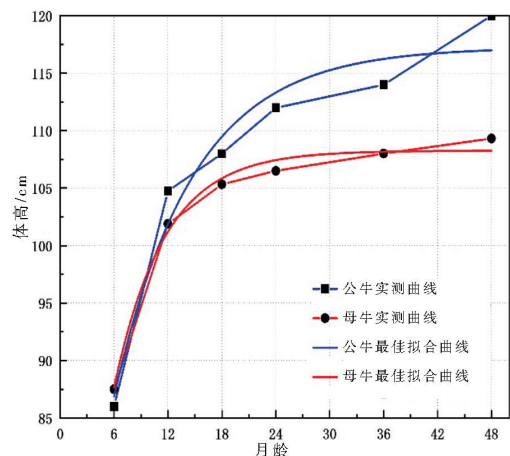
e. 公牛十字部高生长曲线模型

图 2 峨边花牛体尺生长曲线模型

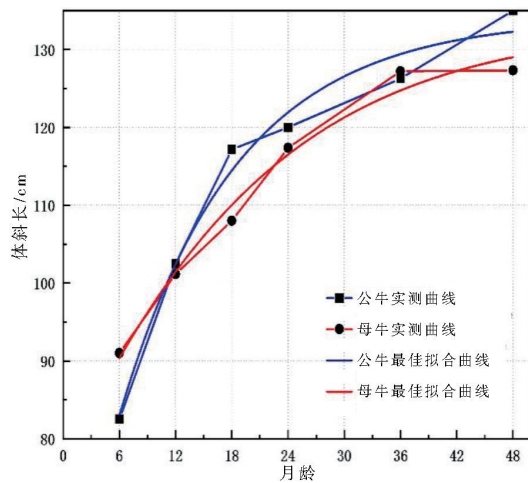
Fig. 2 Growth curve model of body size for Ebian Spotted Cattle

2.3 峨边花牛不同性别间体尺最佳拟合曲线比较

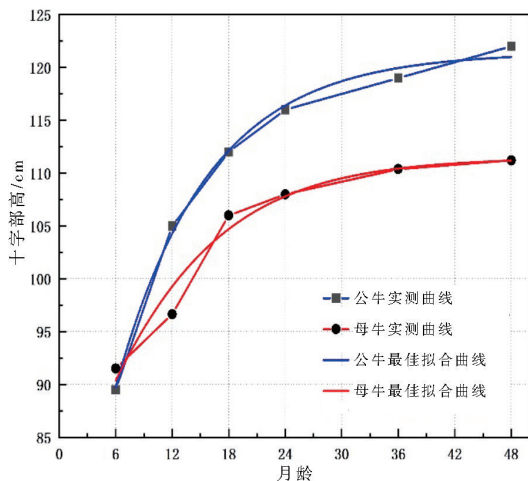
峨边花牛不同性别间体高、体斜长、十字部高的实测曲线和最佳拟合曲线的重叠虽有差异,但整体吻合度较佳,见图 3. 在整个生长阶段,除 11 月龄前母牛的体斜长估计值大于公牛,在其他生长阶段公牛体高、十字部高和体斜长估计值都大于母牛,并且随着月龄的增加估计值差值呈现出逐渐增大的趋势. 相同月龄的公牛和母牛体高在 12 月龄前生长曲线重合度最高,估计值差值小于 1 cm,12 月龄后拟合曲线估值绝对差逐渐增大,差值最大在 48 月龄,差值为 8.75 cm;公牛和母牛体斜长在 11 月龄时完全吻合,相同月龄,曲线最大估计值绝对值出现在 48 月龄,差值为 5.44 cm;公牛和母牛十字部高在 8 月龄完全重合,相同月龄下,曲线最大估计值绝对值在 48 月龄时最大为 9.77 cm.



a. 体高实测曲线和最佳拟合曲线



b. 体斜长实测曲线和最佳拟合曲线



c. 十字部高实测曲线和最佳拟合曲线

图 3 峨边花牛体尺实测曲线和最佳拟合曲线

Fig. 3 Measured curves and best fitting curves of each body size for Ebian Spotted Cattle

3 讨论

3.1 峨边花牛拟合生长曲线模型分析

生长曲线模型被广泛应用于研究家畜体尺等生产性状随月龄变化的生长发育规律^[17],但因试验群体所处的生长阶段、环境、数据记录持续性不同等差异,会导致最佳拟合模型不同^[18]. Logistic、Gompertz 和 Brody 是用于研究家畜生长规律常用的曲线模型,模型中的参数是动物的生产、繁殖性能等选育的重要工具^[19],Logistic 模型对于早期生长缓慢、生长拐点出现迟的动物品种拟合效果更佳,Gompertz 模型适用于早期生长快的物种,Brody 模型对于生长增量较低的动物拟合效果更佳^[20-21]. 生长曲线模型拟合效果与畜禽品种生长特征密切相关^[14].

本研究中 Logistic、Gompertz 和 Brody 3 种模型对峨边花牛体高、体斜长、十字部高均有很好的拟合效果($R^2 > 0.9167$),其中公牛体高、体斜长、十字部高以及母牛体高的最佳拟合模型均是 Brody,而母牛体斜长、十字部高的最佳拟合模型是 Gompertz、Logistic. 这与王玲等^[22]研究发现 Logistic、Gompertz 和 Brody 3 种模型均能较好拟合川南山地牛体重体尺结果一致. 很多研究表明 Brody 模型在拟合牛体尺发育规律中优于其他两种模型. 如梁永虎等^[23]分析发现 Brody 模型对西门塔尔体高、体斜长、十字部高的拟合效果最优,安松岩等^[24]发现,河北、山西两个牧场娟姗牛的髻甲高、十字部高、体斜长最佳拟合模型均是 Brody 模型;王玲等^[25]研究表明 Brody 模型对红安格斯杂牛和黑安格斯杂牛体高、体斜长拟合效果较好;熊飞等^[26]在对槟榔江水牛的研究中发现 Brody 模型最适合其生长发育规律研究. 综上可得出,生长曲线模型拟合效果与品种生长发育特征相关,本研究中峨边花牛公牛和母牛体斜长、十字部高最佳拟合模型不同,在一定程度上提示峨边花牛公牛和母牛的生长发育特征存在差异.

3.2 峨边花牛生长发育规律分析

掌握畜禽生长发育规律对于提高本品种科学选育效率、饲养管理尤为重要. 体尺性状属于数量性状,是动物选育培育过程中重要指标^[27]. 峨边花牛体尺生长发育模型呈“S”型变化,由快速增长到缓慢增长再过渡到平台期,不同月龄阶段生长发育规律不同,随着月龄的增长,生长逐渐减慢,这与冯小芳等^[19]对安格斯牛体尺研究一致. 峨边花牛体高、体斜长、十字部高生长在早期 12 月龄之前生长速度最快,12 ~ 24 月龄次之,体高和十字部高在 24 月龄后趋于平稳增长,而体斜长则相较于体高和十字部高晚到达增长顶点,这与雷平等^[1]对峨边花牛生长率研究结果一致. 根据不同目的提供不同生长阶段需求营养的日粮,有助于充分利用生长发育规律优势,提高选育效率、生产效益.

对峨边花牛公牛和母牛的分析中发现,在整个生长阶段,公牛体高、十字部高、体斜长的生长发育随着月龄的增长,与母牛的差距逐渐增大,其中体斜长除了在早期生长阶段比母牛慢,后期生长均较母牛快,且比母牛有更好的发育持续性,应根据母牛和公牛生长特征差异制定科学合理的饲养方案.

4 结论

峨边花牛体高、体斜长、十字部高在整个生长发育阶段12月龄前生长发育速度最快,而后随着月龄的增长,生长速度逐渐趋于平稳,且公牛生长发育较母牛有更好的持续性。公牛体高、体斜长、十字部高、母牛体高的最佳拟合曲线模型均是 Brody,母牛体斜长、十字部高最优拟合模型是 Gompertz、Logistic。峨边花牛最佳拟合生长曲线模型的建立为本品种遗传选育效果的提升提供了重要的参数依据。

参考文献

- [1] 雷平,车秀德,王金和,等. 峨边花牛品种资源调查[J]. 中国牛业科学,2007,33(5):92-94.
- [2] 郑泽林,李正川,邹锡林,等. 峨边花牛调查报告[J]. 中国畜牧杂志,1985,21(6):14
- [3] 李昭华,陈敏. 峨边县峨边花牛特色产业发展建议[J]. 四川畜牧兽医,2023,50(12):14-16.
- [4] 王巍,易军,方东辉,等. 峨边花牛繁育场群体近交程度分析与交配方案的优化[J]. 中国草食动物科学,2020,40(1):68-72.
- [5] 张智慧,李伟,韩永胜. 牛体尺影响因素及其应用[J]. 中国畜牧杂志,2018,54(1):9-13.
- [6] BROWN J. E, FITZHUGH H. A, CARTWRIGHT T. C. A comparison of nonlinear models for describing weight-age relationships in cattle[J]. Journal of Animal Science, 1976, 42(4):810-818.
- [7] MIGNON-GRASSTEAU S. Genetic parameters of growth curve parameters in male and female chickens[J]. British Poultry Science, 1999, 40(1):44-51.
- [8] HAQANI M I, KAWAMURA K, TAKENOUCI A, et al. A growth performance and nonlinear growth curve functions of large- and normalized Japanese quail (*Coturnix japonica*) [J]. The Journal of Poultry Science, 2021, 58(2):88-96.
- [9] NELDER J A. The fitting of a generalization of the logistic curve[J]. Biometrics, 1961, 17(1):89.
- [10] WINSOR C P. The gompertz curve as a growth curve[J]. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 1932, 18(1):1-8.
- [11] BRODY S. Bioenergetic and Growth[J]. New York, USA; Reinhold Publishing Corporation, 1945.
- [12] 张文举. 徽成盆地黄牛生长曲线方程的研究[J]. 甘肃畜牧兽医, 1998, 28(1):3-6.
- [13] 左福元,王玲,周沛,等. 三峡库区川南山地黄牛及杂种后代生长曲线拟合分析[J]. 中国畜牧杂志,2010,46(9):1-4.
- [14] 王梦琦,唐程,倪炜,等. 不同产犊季节对荷斯坦牛生长曲线拟合的影响[J]. 南方农业学报,2018,49(11):2311-2319.
- [15] 刘丽元,周靖航,李金芝,等. 新疆褐牛母牛早期生长曲线拟合研究[J]. 中国畜牧杂志,2015,51(19):4-8.
- [16] 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.
- [17] 曹建莉,赵梦亚. Gompertz 曲线和 Logistic 曲线在生物数学中的比较与应用[J]. 佳木斯教育学院学报,2014,30(1):140 + 142.
- [18] BUDIMULYATI S L, NOOR R R, SAEFUDDIN A, et al. Comparison on accuracy of logistic, gompertz and von bertalanffy models in predicting growth of new born calf until first mating of Holstein Friesian heifers[J]. Journal of the Indonesian Tropical Animal Agriculture, 2012, 37(3):151-156.
- [19] 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.
- [20] FITZHUGH H A JR. Analysis of growth curves and strategies for altering their shape[J]. Journal of Animal Science, 1976, 42(4):1036-1051.
- [21] 孙峰,龚国安,龙云发,等. 元江本地黄牛在不同饲养方式下生长曲线拟合及体重与体尺指标线性回归分析研究[J]. 中国牛业科学,2022,48(6):5-9.
- [22] 王玲,左福元,周沛,等. 不同性别的川南山地黄牛生长曲线拟合[J]. 西南师范大学学报(自然科学版),2010,35(3):204-207.
- [23] 梁永虎,朱波,金生云,等. 肉用西门塔尔牛群体生长曲线拟合及体重与体尺相关性分析的研究[J]. 畜牧兽医学报,2018,49(3):497-506.
- [24] 安松岩,常瑶,陈群,等. 荷斯坦牛与娟姗牛体尺性状生长曲线的比较研究[J]. 中国畜牧兽医,2023,50(12):4947-4957.
- [25] 王玲,左福元,周沛. 安格斯杂种后代生长曲线拟合分析[J]. 黑龙江畜牧兽医,2007,(9):37-38.
- [26] 熊飞,苗永旺,李大林,等. 槟榔江水牛体重及体尺生长规律的研究[J]. 云南农业大学学报(自然科学版),2011,26(04):472-478.
- [27] 王宏浩,靳光,李博,等. 数量遗传学在肉牛育种中的应用[J]. 中国畜禽种业,2023,19(7):74-79.

(责任编辑:和力新,殷锋,付强,张阳,肖丽;英文编辑:周序林,郑玉才)