

青海藏羊生长发育规律与生长曲线拟合研究

马朝银¹ 赵索南¹ 周玉青¹ 吉汉忠² 杨什布加¹ 曲家鹏^{3 A*}

(1.海北州畜牧兽医科学研究所,青海 海北 810299; 2.海北州草原工作站,青海 海北 810299;

3.中国科学院 西北高原生物研究所/高原生物适应与进化重点实验室,西宁 810008;

4.青海省动物生态基因组学重点实验室,西宁 810008)

中图分类号: S813.24

文献标识码: A

文章编号: 1004-7034(2019)12-0041-04

摘要: 为了了解藏羊的生长发育规律,试验采用 Logistic、Gompertz 和 Von Bertalanffy 三种非线性模型对 0~6 月龄藏羊的体重和体尺进行生长曲线拟合与分析,并探讨初生与断乳期羔羊体质的关联性。结果表明:藏羊在 0~6 月龄时,不同性别间体重、体尺增长均无显著差异($P>0.05$); Von Bertalanffy 模型对体重、体长和胸围的拟合度最高, Gompertz 模型对体高的拟合效果最好;体重的时间拐点为 1.52 月龄,体重的生长拐点为 8.98 kg;体长、体高、胸围的生长拐点为 0.23~0.27 月龄;3 月龄羔羊的体重与初生体重呈极显著正相关($P<0.01$),3 月龄公羊体高与初生体高,以及 3 月龄母羊胸围与初生胸围均呈显著正相关($P<0.05$)。说明哺乳期是羔羊生长的关键时期,初生体质对断乳期体质具有显著影响。

关键词: 藏羊; 体尺; 体重; 生长曲线; 模型

藏羊是青藏高原畜牧业的主要家畜,是广大牧民畜牧经济中的重要生产资源。藏羊广泛分布在海拔 3 000~5 000 m 的高寒草地,具有抗严寒、耐粗饲、体质强壮、善于爬山等特点。按照生境藏羊可以分为高原型、山谷型和欧拉型三类,以高原型为主^[1]。目前全国约有藏羊 3 000 万只,青海省藏羊的存栏量约占全国总量的 46%。藏羊体型较大,但由于分布区气候恶劣、食物匮乏而生长发育缓慢。对藏羊生长发育规律进行研究有利于确定不同生理阶段的饲料营养水平和管理模式。近年来,对其他羊的生长发育规律开展了大量研究,但关于藏羊生长发育规律的研究罕见报道^[2-5]。

生长曲线是描述动物在生长过程中随年龄增长生长发育数据的累积变化轨迹。常用的生长模型有 Logistic、Gompertz 和 Von Bertalanffy 模型等,不同动物的生长轨迹符合不同的生长模型^[6-7]。例如, Gompertz 模型对舍饲型合作猪、川南山地黄牛体重生长发育的拟合效果最好, Von Bertalanffy 模型对戴云山羊、湖北黑头母羊体重的拟合效果最佳^[8-11]。本研

究旨在为青海湖流域藏羊生长曲线选择适宜的拟合模型,以揭示藏羊生长规律;同时,探讨初生体重和体尺对 3 月龄体重和体尺的影响,以期对藏羊选育和饲养管理提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验动物

于 2017 年 1 月 17—23 日出生的藏羊(公羊 32 只,母羊 22 只),青海省海北州畜牧兽医科学研究所羊场提供。

1.2 饲养管理

试验羊群采用半圈养模式饲养,在放牧条件下自然断奶,公羊和母羊分群饲养。每天 08:00 出牧, 17:00 归牧,归牧后补饲足量的饲料和饮水。饲料购自海北州门源县永兴生态农牧开发有限公司,主要原料组成有玉米、麸皮、大豆粕等,蛋白质、脂肪、纤维含量分别约为 16%、3% 和 8%。

1.3 体重与体尺的测定

分别测定藏羊初生和 1~6 月龄体重、体尺,除初生重外,其他各期的体重均在 08:00 羔羊出牧前空腹测定。

1.4 模型模拟

选用 Logistic、Gompertz 和 Von Bertalanffy 三种生长模型对藏羊体重进行拟合,模型的具体描述见表 1。

1.5 数据的统计分析

采用 SPSS 19.0 软件对试验数据进行统计分析,试验数据以“平均值±标准误”表示, $P<0.05$ 表示差异显著, $P<0.01$ 表示差异极显著;使用单因素方差分

收稿日期: 2018-12-19; 修回日期: 2019-01-28

基金项目: 国家自然科学基金面上项目(31770459); 青海省应用基础研究项目(2017-ZJ-761); 中国科学院“西部之光”青年学者 A 类项目; 青海省“高端创新人才千人计划”项目

作者简介: 马朝银(1980—),男(回族),畜牧师,本科,研究方向为动物科学,137390164@qq.com.

* 通信作者: 曲家鹏(1983—),男,副研究员,博士,研究方向为动物行为学, jipqu@nwipb.cas.cn.



表1 三种动物生长模型的描述

模型	表达式	拐点体重	拐点月龄	最大月增重
Logistic	$Y=A/(1+Be^{-Kt})$	$A/2$	$\ln(B/K)$	$Kw/2$
Gompertz	$Y=Ae^{-Be^{-Kt}}$	A/e	$\ln(B/K)$	Kw
Von Bertalanffy	$Y=A(1-Be^{-Kt})^3$	$8A/27$	$\ln(3B/K)$	$3Kw/2$

注: A 为成熟体重或体尺 B 为调节参数 e 为常数 K 为瞬时相对生长率 t 为月龄 w 为拐点体重或体尺。

析比较不同时期体重、体尺的性别间差异; 使用非线性回归分析拟合 Logistic、Gompertz 和 Von Bertalanffy 三种模型的生长曲线, 根据不同月龄的体重、体尺拟合模型参数的最优估计值 A 、 B 、 K 建立生长模型, 根据拟合度 (R^2) 评估生长模型, 计算拐点体重、体尺、月龄和

最大月增长量。使用 SPSS 软件的 Pearson 程序分别分析公、母羔羊初生与 3 月龄体重和体尺的关联性。

2 结果与分析

2.1 藏羊早期生长发育规律

结果见表 2。

表2 藏羊体重、体尺变化测定结果

月龄	性别	样本量	体重/kg	体长/cm	体高/cm	胸围/cm
0	公	32	3.86±0.11	32.03±0.64	36.16±0.51	38.71±0.55
	母	22	3.99±0.11	32.64±0.68	35.36±0.40	38.68±0.60
1	公	31	9.96±0.37	45.54±0.58	43.90±0.55	54.32±0.77
	母	21	9.96±0.50	45.67±0.85	45.00±0.69	54.19±1.02
2	公	30	14.49±0.45	53.60±0.76	50.63±0.50	60.47±0.65
	母	22	14.42±0.54	53.45±0.73	50.86±0.53	60.09±0.67
3	公	31	16.99±0.55	56.48±0.67	55.00±0.57	66.74±0.83
	母	21	16.86±0.73	56.81±0.78	55.24±0.66	65.95±0.83
4	公	31	20.54±0.57	60.74±0.70	57.90±0.62	68.23±0.77
	母	22	20.72±0.82	61.23±0.81	58.64±0.76	68.68±1.05
5	公	31	24.57±0.54	64.06±0.48	60.90±0.44	75.87±0.68
	母	22	25.25±0.88	63.86±0.70	61.50±0.62	76.55±0.68
6	公	31	26.61±0.63	66.43±0.48	62.90±0.42	74.97±0.72
	母	21	27.22±0.94	66.43±0.72	63.38±0.66	75.62±0.86

注: 同列数据无肩标表示差异不显著 ($P>0.05$)。实际测量时因混群饲养样本量有遗漏的现象。

由表 2 可见: 藏羊在 0~6 月龄时, 不同性别间体重、体尺均无显著差异 ($P>0.05$); 从 0~1 月龄羔羊体重迅速增加, 2 月龄后体重增速减缓, >3~5 月龄生长速度再次加快; 0~1 月龄羔羊的体尺增长速度较

快, 3 月龄后体尺增长速度减慢。

2.2 藏羊生长曲线拟合

结果见表 3。

由表 3 可见, 三种模型的拟合度均超过 0.97, 说

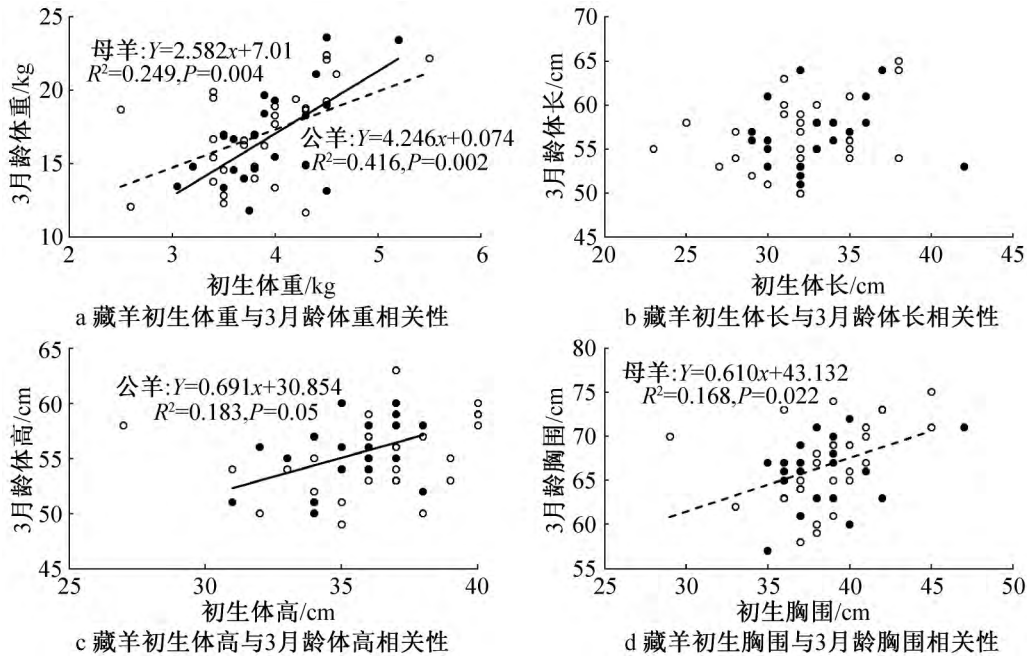
表3 三种生长曲线模型的参数估计值

项目	模型	模型参数			拟合度 (R^2)	拐点月龄	拐点体重或体尺	最大月增长
		A	B	K				
体重/kg	Logistic	28.97	4.10	0.63	0.98	1.88	14.48	4.53
	Gompertz	31.58	1.83	0.39	0.98	1.54	11.62	4.57
	Von Bertalanffy	33.39	0.48	0.31	0.99	1.52	9.89	4.64
体长/cm	Logistic	65.97	1.00	0.69	0.98	0.37	32.98	11.39
	Gompertz	66.90	0.72	0.55	0.98	0.26	24.61	13.64
	Von Bertalanffy	67.32	0.22	0.51	0.99	0.24	19.95	15.23
体高/cm	Logistic	64.71	0.79	0.52	0.98	0.41	32.35	8.48
	Gompertz	65.84	0.61	0.42	0.99	0.37	24.22	10.17
	Von Bertalanffy	66.34	0.19	0.39	0.98	0.36	19.66	11.38
胸围/cm	Logistic	76.42	0.91	0.64	0.97	0.35	38.21	12.21
	Gompertz	77.41	0.67	0.52	0.97	0.25	28.48	14.81
	Von Bertalanffy	77.85	0.20	0.48	0.98	0.23	23.07	16.63

明均能够较好地拟合藏羊的生长发育情况,其中 Von Bertalanffy 模型对体重、体长和胸围的拟合结果更接近测量值,拟合度最高;Gompertz 模型对体高的拟合度最高;Von Bertalanffy 模型拟合的体重生长拐点月龄为 1.52,体重为 9.89 kg,最大月增重为 4.64 kg,拐

点月龄、体重和最大月增重均大于 Logistic 和 Gompertz 模型;体长、体高与胸围的生长拐点在 0.23~0.37 月龄。

2.3 初生与 3 月龄体重、体尺的相关性
结果见图 1。



注:实心点和实线表示公羊,空心点和虚线表示母羊;初生体长与 3 月龄体长无显著相关 ($P>0.05$)。

图 1 藏羊初生体重、体尺与 3 月龄体重、体尺的相关性结果

由图 1 可见:藏羊公羊、母羊初生体重与 3 月龄体重呈极显著正相关 ($P<0.01$);初生体长与 3 月龄体长无显著相关 ($P>0.05$);公羊的初生体高与 3 月龄体高呈显著正相关 ($P=0.05$),而母羊的初生体高与 3 月龄体高无显著相关 ($P>0.05$);母羊的初生胸围与 3 月龄胸围呈显著正相关 ($P=0.022$),而公羊初生胸围与 3 月龄胸围无显著相关 ($P>0.05$)。

3 讨论

本研究运用的三种生长曲线模型均能较好地模拟藏羊的生长曲线,模型的拟合度均达到了 0.97 以上,其中 Von Bertalanffy 模型对体重、体长和胸围的拟合度最高,拟合结果更接近实际测量值,而 Gompertz 模型对体高的拟合结果最好,与刘远等^[10]、张高振等^[12]和王可等^[13]对戴云山羊、湖羊和济宁青山羊的体重生长曲线的拟合结果一致。以往对家畜生长曲线的拟合主要集中在体重上,本研究结果表明,生长曲线模型能很好地模拟藏羊体重与体尺的生长发育规律,为藏羊不同发育阶段采取相应的饲养营养措施,最大限度地发挥其生长潜力与经济效益提供技术保障。

Von Bertalanffy 模型曲线拟合结果表明,藏羊的生长发育曲线拐点时间为 1.52 月龄,拐点体重为 9.89 kg,即藏羊在 1.52 月龄时体重增长速度达到最

大,此时体重为 9.89 kg,与戴云山羊^[10]和湖羊^[12]的拐点月龄类似,而拐点体重高于戴云山羊(5.90 kg),低于湖羊(12.01 kg),说明藏羊属于哺乳期快速生长的类型,这可能与藏羊体型较大、单胎产羔、初生体重较大有关。藏羊羔羊体尺的生长拐点在 0.23~0.37 月龄,即出生后早期,说明哺乳期羔羊体尺生长最快。在实际生产中,改善哺乳期母羊的饲养管理措施和提高日粮的营养水平有助于羔羊的早期生长发育。3 月龄后羔羊的体重、体尺增长减缓,可能是由于断乳对羔羊早期生长的影响较大。因此,适当地为羔羊添加饲料和补充营养以满足其生长发育的需要,可以保证羔羊正常的体重增长速度,最大限度地发挥羔羊的生长潜力。

3 月龄是藏羊羔羊的断乳期,也是评价羔羊早期生长情况的重要时间点^[14]。本研究发现,3 月龄羔羊的体重与初生体重呈极显著正相关 ($P<0.01$),3 月龄羔羊的部分体尺参数与初生体尺均呈显著正相关 ($P<0.05$)。说明在相同的饲养条件下,藏羊的初生体质对断乳期的体质存在显著影响,因此可以通过初生体重、体尺数据快速、准确地推测断乳期羔羊的体质,为藏羊羔羊的快速筛选提供科学依据。

参考文献:

[1] 闫忠心,靳义超,白海涛,等.藏羊本品种选育研究现状与展望



- [J]. 青海畜牧兽医杂志 2014 44(4): 55.
- [2] 袁飞, 罗海玲, 陈瑜, 等. 南江黄羊早期生长发育曲线拟合研究[J]. 中国畜牧杂志 2012 48(1): 15-18.
- [3] 陈玲, 吕晓阳, 王庆增, 等. 湖羊生长发育曲线模型预测及趋势分析[J]. 中国畜牧兽医 2014 41(12): 239-243.
- [4] 张勇, 郭武君, 李晓梅, 等. 甘肃高山细毛羊羔羊生长曲线模型选择及生长曲线分析[J]. 河南农业科学, 2016, 45(9): 125-129.
- [5] LUPU T M, NOGALES S, LEON J M, et al. Characterization of commercial and biological growth curves in the Segureña sheep breed [J]. *Animal* 2015 9(8): 1341-1348.
- [6] HOSSEIN ZADEH N G. Modeling the growth curve of Iranian Shall sheep using non-linear growth models [J]. *Small Ruminant Res*, 2015, 130: 60-66.
- [7] COYNE J M, BERRY D P, MANTYSAARI E A, et al. Comparison of fixed effects and mixed model growth functions in modelling and predicting live weight in pigs [J]. *Livest Sci* 2015, 177: 8-14.
- [8] 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.
- [9] 关红民, 刘孟洲, 滚双宝. 舍饲型合作猪生长曲线拟合研究[J]. *家畜生态学报* 2010 31(1): 46-49.
- [10] 刘远, 李文杨, 张晓佩, 等. 戴云山羊早期生长曲线的拟合与分析[J]. *福建农业学报* 2012 27(8): 796-799.
- [11] 张年, 陈明新. 湖北黑头羊生长曲线的拟合与分析[J]. *中国畜牧杂志* 2014 50(3): 18-21.
- [12] 张高振, 姜俊芳, 宋雪梅, 等. 湖羊早期生长曲线的拟合[J]. *畜牧与兽医* 2009 41(12): 31-34.
- [13] 王可, 崔绪奎, 刘昭华, 等. 济宁青山羊生长曲线的拟合与分析[J]. *山东农业科学* 2018 50(4): 112-115.
- [14] 赵青山, 赵登雪. 青海藏羊早期断奶育肥效果分析[J]. *畜牧与饲料科学* 2017 38(11): 111-112.

The growth pattern and simulation of growth curve of Qinghai Tibetan sheep

MA Chaoyin¹, ZHAO Suonan¹, ZHOU Yuqing¹, JI Hanzhong², Yangshi Bujia¹, QU Jiapeng^{3,4*}

(1. Haibei Institute of Animal Husbandry and Veterinary Science, Haibei 810299, China;

2. Haibei State Grassland Station in Qinghai, Haibei 810299, China;

3. Northwest Institute of Plateau Biology, Chinese Academy of Sciences/Key Laboratory of Adaptation and Evolution of Plateau Biota, Xining 810008, China;

4. Qinghai Provincial Key Laboratory of Animal Ecological Genomics, Xining 810008, China)

Abstract: In this study, three nonlinear models, Logistic, Gompertz and Von Bertalanffy were used to fit and analyze the growth curve of body weight and body size of Tibetan sheep from the age of 0 to 6 months. Correlations of body conditions between birth and weaning lamb were also analyzed. The results showed that there was no significant difference in body weight and body size growth between sexes ($P > 0.05$). The Von Bertalanffy model had the best effects on fitting the growth curves of weight, body length and chest circumference, with highest goodness of fitting, while Gompertz model had the best effect on fitting the growth curve of height. The growth inflexion of body weight was 1.52 months old and the growth inflection point of weight was 8.98 kg, while the growth inflexions of body length, body height, chest circumference were ranging from 0.23 to 0.27 month old. The weight of the 3-month-old lamb was significantly positively correlated with the birth weight ($P < 0.01$), so as the height of the 3-month-old rams and the height of the newborn body, and the chest circumference of the 3-month-old ewes and the newborn chest circumference ($P < 0.05$). It indicates that lactation is very important for the growth of lambs, and the newborn body conditions has a significant influence on the weaning body conditions.

Keywords: Tibetan sheep; body measurements; weight; growth curve; model

(019)

(上接第 40 页)

A grazing intensity estimation method based on trajectory data

DU Yongxing, YU Wenli, LI Baoshan, QIN Ling*

(School of Information Engineering, Inner Mongolia University of Science and Technology, Baotou 014010, China)

Abstract: The grazing intensity directly affects the stability and sustainable development of grassland ecosystems. In order to guide herdsmen to graze reasonably and ensure the balance of grass and livestock, the author proposed a method for estimating grazing intensity. Firstly, cluster analysis of trajectory data was carried out to know different foraging areas of livestock. Then by estimating the area of each foraging area and the total number of foraging sheep in the area, the grazing intensity of each foraging area was obtained. This method is used to analyze the real livestock trajectory data and estimate the grazing intensity of a second pastoral area in Sonid Left Banner. Finally, the sampling results of grazing intensity estimation were verified in the field. The results show that this method can effectively estimate the grazing intensity of different foraging areas, and clearly distinguish the grazing degree of different overgrazing areas.

Keywords: trajectory data; Sonid Left Banner; grazing intensity; data mining; cluster analysis

(019)