

美姑山羊体尺体重相关分析及生长曲线模型拟合

杨世忠¹, 陈星月², 周 潇¹, 陈 益¹, 王林杰^{2*}, 林代俊¹, 拾乙勒土³, 沙马说布³,
吉物拉莫³

(1.凉山州畜牧兽医科学研究所, 四川 西昌 615000; 2.四川农业大学, 成都 611130;

3.美姑县农牧局, 四川 美姑 616450)

摘要:根据四川省凉山彝族自治州美姑县三岗种羊场的382只美姑山羊出生后各月龄的体重及体尺记载资料, 采用SPSS19.0对公、母羊主要生长性状进行了显著性比较和相关性分析, 对Gompertz、Bertalanffy和Logistic 3种生长拟合模型的体重增长曲线拟合度进行了比较分析, 对美姑山羊生长曲线选择了较为适宜的拟合方程, 旨在为合理利用美姑山羊种质资源和选种繁育提供依据。结果表明:(1)美姑山羊公羊3月龄体重、6月龄体重、8月龄体重、周岁体重都极显著高于母羊同时期体重; 性别对山羊体重的影响很大。(2)相关性分析结果表明, 在控制变量体高和体长, 体重与胸围具有显著性差异; 而控制体高和胸围或控制体长和胸围后, 体重与体长或体高差异均不显著。 R^2 为0.977, 所以体重可以用胸围通过方程表示, 回归方程: $Y=1.114x-48.174$, 其中 Y 为体重(kg); x 代表胸围(cm)。真实值与预测值差异在3.564 kg之内。(3)选用Gompertz、Bertalanffy和Logistic等3种非线性生长模型分别对美姑山羊公羊母羊生长进行拟合, 公羊生长曲线最佳模型选择Logistic: $W=53.94 \times (1+2.74e^{-0.1066})^{-1}$; 母羊生长曲线最佳模型选择Gompertz: $W=50.15 \times e^{-1.44\exp(-0.023t)}$ 。

关键词:美姑山羊; 生长性状; 相关性分析; 生长曲线拟合; 模型

中图分类号:S827 **文献标志码:**A **文章编号:**1673-1891(2018)03-0015-05

The Growth Curve Fitting and the Correlation Analysis between Body Weight and Body Measurements in Meigu Goat

YANG Shi-zhong¹, CHEN Xing-yue², ZHOU Xiao¹, CHEN Yi¹, WANG Lin-jie^{2*}, LIN Dai-jun¹,
SHIYI Letu³, SHAMA Shuobu³, JIWU Lamo³

(1. Liangshan Institute of Animal Husbandry and Veterinary Science, Xichang, Sichuan 615042, China; 2. Sichuan Agricultural University, Chengdu 611130, China; 3. Meigu Agriculture and Animal Husbandry Bureau, Meigu, Sichuan 616450, China)

Abstract: This study is based on the data of body weight and body size of 382 Meigu goats after birth in Meigu County, Liangshan Yi Autonomous Prefecture, Sichuan province. Using SPSS19.0 we compared and correlated the main growth traits of male and female Meigu goats, and we compared 3 fitting models of body weight growth, Gompertz, Bertalanffy and Logistic, to find a more precise growth model for Meigu goat's pattern. Getting these basic data is for the purpose of rationally utilizing this specie's hereditary information and scientifically proceeding breed selection in the future. The results showed that (1) Meigu male goat's body weight in three month age, six month age, eight month age and one year age were significantly higher than that of female goat during the same period. Sex has a great effect on goat weight. (2) Correlation analysis showed that there was significant difference between body weight and chest size in the control variables of height and length, and the difference of body weight with length or height was not significant after controlling the height and bust or controlling the length and bust. R^2 is 0.977, so the weight can be expressed by the bust through the equation, the regression equation: $Y=1.114x-48.174$, where Y is weight (kg), x is the bust (cm). The difference between the true value and the predicted value is within 3.564kg. (3) Selection of 3 kinds of nonlinear growth models, such as Gompertz, Bertalanffy and Logistic, were used to fit the growth of Meigu rams and ewes, and the best model of ram growth curve was chosen logistic: $W=53.94 \times (1+2.74e^{-0.1066})^{-1}$. The best

收稿日期: 2018-03-23

基金项目: 四川肉羊创新团队建设专项经费; 凉山州技术研究开发与推广应用项目(16YYJS011)。

作者简介: 杨世忠(1972—), 男, 四川隆昌人, 高级畜牧师, 学士, 研究方向: 动物遗传繁育与技术推广。*为通信作者。

model of ewe growth curve was chosen Gompertz: $W=50.15 \times e^{-1.44\exp(-0.023t)}$.

Keywords: Meigu goat; growth traits; correlation analysis; growth curve fitting; model

美姑山羊原产地为四川省凉山彝族自治州美姑县巴普、农作、巴古和井叶特西等乡镇,经过长期的选择和培育,已逐渐形成了体格健壮、耐粗饲以及采食能力强、繁殖率高等优良特点,在海拔 2 500 m 以上的高原山地气候,气温-20 ~ 42 ℃ 的区域的一些自然地带,仍生长良好,繁殖正常,表现出很强的适应性和抗逆性,适应范围广。美姑山羊繁殖性能强,母羊终年可发情,平均年产 1.7 胎。初产产羔率为 140%,经产平均可达 209.2%;公羔出生重为 2.25 kg、母羔初生重为 2.05 kg。美姑山羊产肉性能好,周岁公羊、母羊胴体重分别为 15.32、13.78 kg;屠宰率分别为 50.16%、49.25%,净肉率分别为 39.52%、39.41%。成年公羊、母羊的胴体重分别达到 24.44、19.15 kg;屠宰率分别达到 49.98%、48.05%;净肉率分别为 38.84%、38.02%。肉质细嫩、膻味轻、肉味鲜美可口^[1]。

尽管美姑山羊有上述优点,但目前针对美姑山羊系统科学的研究较为缺乏,在科技迅猛发展的今天,将美姑山羊的遗传信息逐渐填补,为以后扬弃本土山羊种质资源的育种工作做指导。研究体尺与体重的关系,以及它们与美姑山羊性别的相关性,得到的这些基础数据,可以为以后的育种工作提供一定依据^[6]。目前关于美姑山羊出生后生长发育的相关研究少见报道。利用生长曲线模型,可以动态地了解畜禽生长发育规律,指导饲养管理和生产。Gompertz、Bertalanffy 和 Logistic 生长模型是当前使用较多的用来描述动物生长发育规律的生长曲线模型,这 3 种模型具有精确性高,拟合度好,对动物生长发育描述准确等特点,因而被广泛采用^[2-7]。本试验利用这 3 种模型拟合了美姑山羊早期生长发育过程,并建立了美姑山羊生长曲线,分析美姑山羊生长发育的特点,从而为客观地认识美姑山羊的生长潜力及本品种选育提高提供理论依据。

1 材料与方 法

1.1 试验动物

本研究所有材料来自 2015—2016 年美姑县三岗种羊场的美姑山羊 382 只,其中美姑山羊公羊 72 只,母羊 310 只。

1.2 饲养管理

羊群采用半圈养模式饲养,各性别羊只均在放牧条件下 2 月龄自然断奶,公羊和母羊分群饲养。

每天 9:00 am 出牧,5:00 pm 归牧,归牧后补饲多年生黑麦草(每只 1 ~ 2 kg/d),测定时间是每天 9:00 am。

1.3 体尺体重测量

试验羊均在早晨空腹条件下进行测量,采用的测量仪器有测杖、皮尺、磅秤,并在地势平坦处用磅秤称量美姑山羊体重;羊只在自然站立时对其体长、体高、胸围、管围和耳长性状进行测量。美姑山羊生产性能指标的测定包括体长、体高、胸围、管围、腰角宽和体重。体高、体长、腰角宽通过测杖测量;胸围、管围通过皮尺测量;体重通过磅秤测量。各性状测量标准如下:

体长:从肩端到坐骨结节后端的直线距离(cm);体高:从肩胛最高点到地面的垂直距离(cm);胸围:由肩胛骨后缘沿垂直线方向绕体表一周所量的胸部围长度(cm);管围:左前肢管骨上 1/3 处的水平周径(cm);腰角宽(十字部宽):两髌骨突出间的直线距离(cm);体重:磅秤显示数字稳定后所记录的数字为体重数据(kg)。

1.4 数据处理

1.4.1 公羊与母羊各年龄段体重显著性检验

采用 SPSS19.0 分析方法中的独立样本 *t* 检验,分公羊和母羊 2 组进行比较,检验变量为体重,分组变量为性别。其结果中 *F* 检验方差齐性,然后再根据 *P* 值判断体重是否有差异。

1.4.2 美姑山羊体重与体尺相关分析

运用 SPSS19.0 软件,对美姑山羊的生长模型进行拟合,并对体重与体高、体长、胸围、管围、腰角宽的相关性进行分析。各月龄体重采用平均值±标准差表示。

1.4.3 美姑山羊生长模型数学表达式及拟合参数

选用 Gompertz、Bertalanffy 和 Logistic 等 3 种非线性生长模型拟合美姑山羊体重生长过程,模型参数 *A* 为成熟体重(kg),*K* 为瞬时相对增长率(%),*B* 为常数。利用 SPSS19.0 软件,计算出各种模型的成熟体重、拐点体重和拐点周龄等参数,建立生长曲线模型,根据拟合度(*R*²)评价生长曲线模型,其中 *R*² 愈接近 1,表明曲线拟合的越好,见表 1。

表 1 Gompertz、Bertalanffy 和 Logistic 生长模型

生长模型	表达式	拐点时间	拐点体重
Logistic	$W=A(1+Be^{-Kt})^{-1}$	$K^{-1} \ln B$	$A/2$
Bertalanffy	$W=A(1-Be^{-Kt})^3$	$K^{-1} \ln(3B)$	$8A/27$
Gompertz	$W=Ae^{-B\exp(-Kt)}$	$K^{-1} \ln B$	A/e

2 结果与分析

2.1 公羊和母羊各年龄段体重差异性检验

由表2和图1可知,对美姑山羊公母各年龄段阶段体重进行了 t 检验,发现美姑山羊公羊3月龄、6月龄、8月龄、12月龄体重都相应的极显著高于美姑山羊母羊各月龄的体重($P<0.01$)。

表2 美姑山羊公羊和母羊各年龄段体重 t 检验

月龄	方差方程的Levene检验			均值方程的 t 检验			
	F	Sig	df	Sig.(双侧)	均值差值	均数差值标准误	t 值
3	1.023	0.330	13	0.000	4.090 00	0.780 49	5.12**
6	0.180	0.676	19	0.009	3.550 00	1.217 55	2.92**
8	0.137	0.722	17	0.004	3.025 00	0.734 30	4.12**
12	2.973	0.089	77	0.000	5.915 94	1.237 65	4.78**

注:数据中右上角*标记代表显著水平,*代表显著($P<0.05$),**标记代表极显著($P<0.01$),未有标记表示不显著。

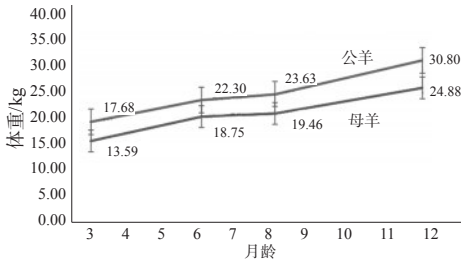


图1 公羊和母羊各年龄段体重差异性检验

2.2 公羊和母羊各年龄段体长差异性检验

由表3和图2可知,对美姑山羊公母各年龄段阶段

表3 美姑山羊公羊和母羊各年龄段体长 t 检验

月龄	方差方程的Levene检验			均值方程的 t 检验			
	F	Sig	df	Sig.(双侧)	均值差值	均数差值标准误	t 值
3	1.067	0.657	13	0.007	3.110 00	0.740 56	4.20**
6	0.140	0.354	19	0.002	4.050 00	2.017 54	2.01
8	0.135	0.678	17	0.062	2.025 00	0.594 46	3.41**
12	2.373	0.079	77	0.005	2.515 56	2.146 67	1.17

注:数据中右上角*标记代表显著水平,*代表显著($P<0.05$),**标记代表极显著($P<0.01$),未有标记表示不显著。

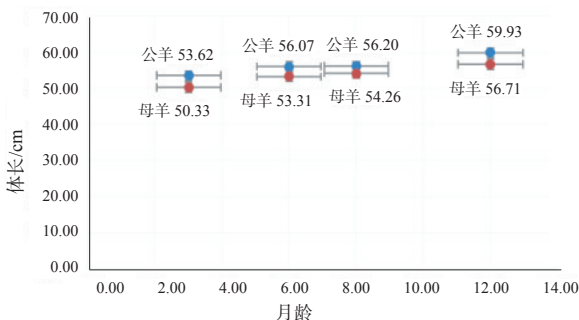


图2 公羊和母羊各年龄段体长差异性检验

段体长进行了 t 检验,发现美姑山羊公羊3月龄、8月龄、体长都相应的极显著高于美姑山羊母羊的体长($P<0.01$)。但分别比较6月龄和12月龄时,公羊与母羊之间差异不明显。

2.3 公羊和母羊各年龄段胸围差异性检验

由表4和图3可知,对美姑山羊公母各年龄段阶段胸围进行了 t 检验,发现美姑山羊公羊3月龄、8月龄、12月龄胸围都相应的极显著高于美姑山羊母羊各月龄的胸围($P<0.01$),6月龄公羊的胸围也显著高于母羊($P<0.05$)。

表4 美姑山羊公羊和母羊各年龄段胸围 t 检验

月龄	方差方程的Levene检验			均值方程的 t 检验			
	F	Sig	df	Sig.(双侧)	均值差值	均数差值标准误	t 值
3	2.213	0.122	13	0.000	2.123 00	0.721 04	2.95**
6	0.743	0.345	19	0.009	3.550 00	1.545 52	2.3*
8	0.435	0.234	17	0.004	1.457 60	0.675 60	2.16*
12	2.443	0.043	77	0.017	3.912 39	1.213 47	3.26**

注:数据中右上角*标记代表显著水平,*代表显著($P<0.05$),**标记代表极显著($P<0.01$),未有标记表示不显著。

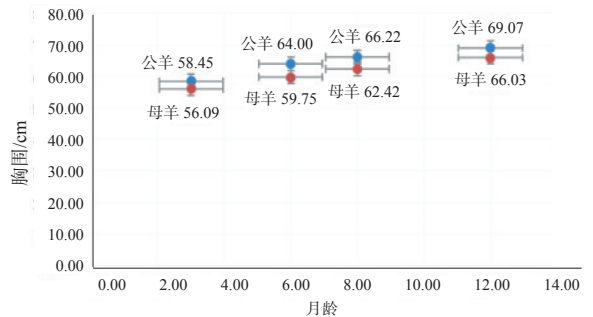


图3 公羊和母羊各年龄段胸围差异性检验

2.4 相关性分析结果

由表5可知,在控制变量体高和体长的情况下,体重与胸围具有显著性差异;而控制体高和胸围或控制体长和胸围后,体重与体长或体高差异均不显著。引入影响最大的变量后对其回归模型的方差分析。在这个模型中,在变量胸围被引入方程后,通过 F 检验, F 值为472.284。相应概率 $P<0.000$,可见变量胸围被引入方程后对回归方程的影响极显著。 R^2 为0.977,所以体重可以用胸围通过此方程

表5 部分性状表型相关系数

控制变量		体重	
		相关性	显著性
体高 & 体长	胸围	0.660	0.038
	体长	0.569	0.086
体长 & 胸围	体高	0.565	0.089

表示,回归方程: $Y=1.114x-48.174$, 其中 Y 为体重(kg); x 代表胸围(cm)。真实值与预测值差异在 3.564 kg 之内。表 6 是回归模型中的各系数。

表 6 回归模型中各系数

	非标准化系数		<i>t</i>	Sig
	B	标准误差		
(常量)	-48.174	3.564	-13.516	0.000
胸围	1.114	0.051	21.732	0.000

2.5 美姑山羊最佳生长模型选择

由表 7 可知,美姑山羊公羊生长曲线拟合度最高的模型为 Logistic ($R^2=0.997$),因此公羊生长曲线最佳模型选择 Logistic 模型,表达式为 $W=53.94 \times (1 + 2.74e^{-0.106t})^{-1}$,其预测美姑山羊公羊成熟体重为 53.94 kg,在 10 月龄时出现生长拐点,此时体重为 26.97 kg,在拐点之前生长速度较快,之后生长逐渐变慢,表明美姑山羊早期生长速度较快。美姑山羊出生体重为 2.02 ± 0.5 kg,生长模型与其有较大差别,不能反映哺乳期的生长发育规律。虽然母羊生长曲线拟合度最高的模型为 Bertalanffy ($R^2=0.971$),但预测美姑山羊母羊成熟体重为 53.03 kg,与其测量值有较大差异,因此母羊生长曲线最佳模型选择 Gompertz: $W=50.15 \times e^{-1.44 \exp(-0.023t)}$,在 10 月龄出现拐点,此时体重为 18.82 kg。

表 7 美姑山羊生长模型拟合参数

性别	生长模型	模型参数			拟合度 R^2	拐点月龄	拐点体重/kg
		A/kg	B	K/%			
公羊	Logistic	53.94	2.74	0.106	0.997	10	26.97
	Bertalanffy	65.69	0.31	0.251	0.988	9	19.46
	Gompertz	55.73	1.45	0.075	0.989	5	20.50
母羊	Logistic	55.42	2.54	0.038	0.967	11	27.71
	Bertalanffy	53.03	0.41	0.017	0.971	9	20.74
	Gompertz	50.15	1.44	0.023	0.970	10	18.82

2.6 美姑山羊生长曲线拟合

根据生长曲线模型表达式公羊生长曲线最佳模型选择 Logistic 模型表达式为 $W=53.94 \times (1 + 2.74e^{-0.106t})^{-1}$;母羊生长曲线最佳模型选择 Gompertz: $W=50.15 \times e^{-1.44 \exp(-0.023t)}$,利用 Excel 描点绘图功能绘制美姑山羊生长曲线。其结果如图 4,从图中可以看出美姑山羊初生重较大,在 48 月龄以后美姑山羊生长发育基本停止。

3 讨论

3.1 体重体尺对美姑山羊选育的确定

在肉羊选育过程中,体重和体尺是与生产性能

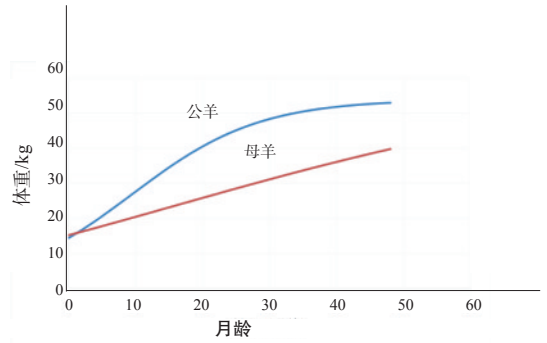


图 4 美姑山羊公(母)羊生长曲线模型

密切相关的重要表型性状。本试验中我们观察到美姑山羊公羊体重的增长速度明显高于母羊的增长速度。根据体尺分析,公羊总体生长速度快于母羊;公羊羊羔体重生长发育较快,而母羊羊羔生长发育相对较慢;性别对生长发育有很大影响。对比一些早期的有关美姑山羊体尺与体重的报道,发现本实验记录的数据较之以前无较大差别^[14]。另外,在体尺的几项主要指标中,胸围是能够建立回归方程从而推测美姑山羊体重的一项重要指标,这也与之前的一些报道相吻合^[13]。同时我们的研究发现毛色对美姑山羊的体重有一定影响,从而推测毛色这一外貌性状在选育品种可以作为标记性状。

3.2 生长曲线模型拟合与生产的关系

生长曲线的拐点月龄也就意味着生长速度最快的时期,结合生产实际,在此时期加强饲养管理可以提高动物的饲料转化能力,进而提高生产效率。从上面的分析结果看来,美姑山羊公羊和母羊的体重出现的拐点月龄均在 10 月龄左右,与沈忠等观测波尔山羊的数据比较发现有一定差异,波尔山羊体重出现的拐点月龄分别是公羊 4 月龄,母羊的在 7 月或 10 月龄左右,但这也有可能是与他们测定的为双羔或者三羔数据有关^[8-9];同时与麻城黑山羊及其杂交后代比较,则发现它们的拐点日龄为 105 ~ 149 d,即 4 ~ 5 月龄^[10];还有白绒山羊的一些数据表明,它们出现的拐点日龄在 50 d^[11]。这些差异的出现一则与品种因素有关,另外也与美姑山羊群体样本量、环境因素(如海拔高低、降雨量大小等)、生产管理平等有关,最后记录数据的完整性和准确性,采用的统计分析方法等也都会影响直线回归模型和生长曲线模型的准确与否^[12]。动物的生长不只是体积增加,同时还伴随有动物机体发育的过程。在动物生长发育过程中,对其表现出来的特征进行收集、整理、统计分析可以得到简单的直接效应模型,反映动物体动态发育的生长轨迹模

型。动物性状的发育过程是其机体中各个相关分量共同作用的结果,而动物体每个阶段发育各不相同,因此在分析生物性状时,必须要考虑生物发育过程。

参考文献:

- [1] 沙马尔克.美姑山羊遗传资源介绍[J].中国畜禽种业,2015(8):67.
- [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] 呼格吉乐图,旭日干,王建国.我国山羊业存在问题及对策[J].畜牧兽医志,2007(1):66-68.
- [4] 赵成宝,付玉花,窦文贤.肉羊舍饲养殖技术[J].畜牧兽医杂志,2016,35(4):117-120+123.
- [5] 倪利平,郑云胜,武世强,等.我国与世界山羊业发展现状的对比分析[J].畜牧与饲料科学,2007(6):30-34.
- [6] 裴杰,褚敏,包鹏甲,等.大通牦牛体尺与体重性状的多元线性回归与通径分析[J].中国草食动物科学,2017,37(6):9-13.
- [7] 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.
- [8] 沈忠.湖北波尔山羊生长发育规律与体型外貌特征及其相互关系与杂交利用研究[D].武汉:华中农业大学,2007.
- [9] 张春艳,沈忠,周志权,等.波尔山羊羔羊生长发育规律研究[J].华中农业大学学报,2006(6):640-644.
- [10] 张年.麻城黑山羊及其杂交后代肥育性能及肉品质研究[D].北京:中国农业科学院,2012.
- [11] 魏永龙.白绒山羊生长性状遗传评估模型及遗传参数估计的研究[D].呼和浩特:内蒙古农业大学,2014.
- [12] 陈晓勇,孙洪新,董玉玲,等.小尾寒羊生长曲线拟合研究[J].畜牧与兽医,2015,47(8):39-42.
- [13] 杨世忠,教学成,林代俊,等.美姑高繁山羊类群体重与体尺相关性研究[J].草业与畜牧,2009(10):36-38.
- [14] 林代俊,王世斌,余陆军,等.美姑高繁山羊类群调查研究初报[J].草业与畜牧,2009(10):41-44.

(责任编辑:蒋召雪)

(上接第10页)

- [10] DOGAN I S, YILDIZ O, MERAL R. Optimization of Corn, Rice and Buckwheat Formulations for Gluten-free Wafer Production[J]. Food Sci Technol Int, 2016, 22(5): 410-419.
- [11] SYTAR O., BRESTIC M, ZIVCAK M, *et al.* The Contribution of Buckwheat Genetic Resources to Health and Dietary Diversity[J]. Curr Genomics, 2016, 17(3): 193-206.

(责任编辑:曲继鹏)