

刘远, 吴贤锋, 李文杨, 等. 不同饲养方式对福清山羊生长曲线的影响 [J]. 福建农业学报, 2018, 33 (6): 566—570.
LIU Y WU X F, LI W Y, et al. Growth of Fuqing Goats Raised under Different Husbandry Methods [J]. *Fujian Journal of Agricultural Sciences*, 2018, 33 (6): 566—570.

不同饲养方式对福清山羊生长曲线的影响

刘 远, 吴贤锋, 李文杨*, 高承芳, 陈鑫珠, 张晓佩

(福建省农业科学院畜牧兽医研究所, 福建 福州 350013)

摘 要: 为研究不同饲养方式对福清山羊生长曲线的影响, 分别测定了全圈养组 (A 组)、圈养+放牧组 (B 组)、放牧组 (C 组) 条件下断奶福清山羊羯羊 3 月龄到 12 月龄的体重, 并采用 *Von Bertalanffy*、*Gompertz* 和 *Logistic* 3 种非线性生长模型拟合其体重生长曲线。结果表明: 12 月龄 B 组山羊体重显著高于 C 组 ($P<0.05$), A 组体重高于 C 组, 二者差异不显著 ($P>0.05$); 随着日龄的增长各饲养方式的平均日增重和相对生长率均呈现下降趋势。*Von Bertalanffy* 模型的拟合效果最优, 预测 A 组、B 组和 C 组的成熟体重分别为 33.583、39.96 和 31.564 kg, 拐点月龄分别为 3.24、4.19 和 2.95, 拐点体重分别为 9.95、11.84、9.35 kg, B 组拐点月龄明显长于 A 组和 C 组, 前期快速生长期长, 表明圈养+放养是适合福清山羊育肥的饲养方式。

关键词: 福清山羊; 饲养方式; 生长发育

中图分类号: S 815.4

文献标识码: A

文章编号: 1008—0384 (2018) 06—566—05

Growth of Fuqing Goats Raised under Different Husbandry Methods

LIU Yuan, WU Xian-feng, LI Wen-yang*, GAO Cheng-fang, CHEN Xin-zhu, ZHANG Xiao-pei

(Animal Husbandry and Veterinary Institute, Fujian Academy of Agricultural Sciences,
Fuzhou, Fujian 350013, China)

Abstract: Body weights of 3 to 12 months old Fuqing goats raised under 3 different methods of husbandry were measured to analyze their growth patterns with *Von Bertalanffy*, *Gompertz* and *Logistic* models. At 12-month-old, the goats in Group B (fenced-in feeding and free-range grazing) weighed more than those in Group A (fenced-in feeding) followed by those in Group C (free-range grazing) with a significant difference between Group B and Group C. The average daily weight gain and the relative growth rate declined in all groups as the goats aged. The *Von Bertalanffy* model best fitted the growth patterns of the goats showing the mature body masses for Group A, B and C as 33.583, 39.96 and 31.564 kg, respectively. The deflection points on the curve for the age of Group A, B and C goats were 3.24, 4.19 and 2.95 month, respectively; while those for the body weight, 9.95, 11.84 and 9.35 kg, respectively. The results demonstrated the housing system, fenced-in feeding and free-range grazing, was suitable for the fatten product of Fuqing goats.

Key words: Fuqing goat; husbandry; growth and development

羊的传统放牧方式受到天然草场营养物质的季节性不平衡、载畜量有限以及草地生态环境恶化等因素的制约^[1], 舍饲圈养是我国未来肉羊饲养方式的发展方向^[2-3]。有研究者比较了不同饲养方式对南江黄羊^[3]、浏阳黑山羊^[4]等肉羊品种生长发育的影响。福清山羊是福建省优良地方肉用品种, 具有

早熟、繁殖力高、耐粗饲、肉质风味好等优点, 深受消费者喜爱^[5]。谢喜平等研究了福清山羊和成都麻羊 F_1 代早期生长发育规律^[6], 李文杨等采用生长曲线拟合法研究了放牧福清山羊体重生长发育规律^[7], 但尚未见不同饲养方式对福清山羊生长发育影响的报道。为了深入保护和开发福清山羊种质资

收稿日期: 2018-04-10 初稿; 2018-05-30 修改稿

作者简介: 刘远 (1985—), 男, 硕士, 助理研究员, 研究方向: 山羊地方品种保护与遗传育种 (E-mail: seayuan521@163.com)

* 通讯作者: 李文杨 (1972—), 男, 硕士, 副研究员, 研究方向: 山羊地方品种保护与遗传育种 (E-mail: 516316606@qq.com)

基金项目: 福建省科技计划项目——省属公益类科研院所基本科研专项 (2018R1023-11); 福建省农业科学院科技创新团队项目 (STIT2017-2-1); 福建省农业科学院一般项目 (AC2017-2、A2017-9)

源，拟比较放牧和舍饲圈养模式下福清山羊羯羊的生长发育规律，并利用 *Von Bertalanffy*、*Gompertz* 和 *Logistic* 非线性生长模型对不同饲养方式的福清山羊羯羊体重增长进行拟合分析，为福清山羊商品羊的饲养管理和生产模式优化提供理论依据。

1 材料与方 法

1.1 试验材料与饲养管理

试验在福建省农业科学院福清市渔溪肉羊试验基地进行。采用单因素试验设计，选择体重、体况相近的健康 3 月龄断奶福清山羊（2017 年 1—2 月出生）羯羊 90 只，平均体重 (9.33 ± 1.34) kg。按照饲养方式分为全圈养组（A 组）、圈养+放牧组（B 组）、放牧组（C 组）3 组，每组 30 只，各组在相同面积的羊栏（14.0 m×6.3 m）内单栏饲

养。其中 A 组不放牧（全圈养饲养），B 组和 C 组在非雨天进行每天 4~7 h 的相同时长放牧，B 组的放牧地为固定的 15 m×30 m 舍外草地（圈养结合放牧饲养），C 组天然草场人工放牧（放牧饲养）。试验开始前对试验羊只进行体重、体尺测定和统一编号。

试验日粮参考肉羊饲养标准（NY/T816-2004）（日增重为 $100\text{ g} \cdot \text{d}^{-1}$ ）按照 4~6 月龄（前期）、7~9 月龄（中期）、10~12 月龄（后期）3 个时期分别设计。A 组、B 组饲喂日粮、日饲喂量相同，前、中、后期饲喂量（干物质计）分别为 0.56、0.61、0.66 $\text{kg} \cdot \text{d}^{-1}$ ；C 组放牧后进行补饲，补饲日粮和补饲量与 A 组日粮中精料配方一致；早晚各饲喂（补饲）1 次。不同时期各日粮组成及营养水平见表 1。试验期间各组羊只自由采食和饮水，栏舍环境条件及其他饲养管理均相同。

表 1 试验日粮组成及营养水平(干物质基础)
Table 1 Formulation and nutritional composition of experimental diet (DM basis)

项目		4~6 月龄			7~9 月龄			10~12 月龄		
		A、B 组	C 组		A、B 组	C 组		A、B 组	C 组	
			精料	牧草		精料	牧草		精料	牧草
原料	天然牧草			100			100			100
	玉米青贮/%	30			30			30		
	杂交狼尾草/%	30			30			30		
	玉米/%	18	45		25	62.5		23	57.5	
	大豆粕/%	10.3	25.75		4	10		2.5	6.25	
	麸皮/%	8.2	20.5		7.4	18.5		11	27.5	
	磷酸氢钙/%	1.1	2.75		1.2	3		1.15	2.875	
	食盐/%	0.5	1.25		0.5	1.25		0.5	1.25	
	小苏打/%	0.5	1.25		0.55	1.375		0.5	1.25	
	石粉/%	0.9	2.25		0.85	2.125		0.85	2.125	
	预混料 ^① /%	0.5	1.25		0.5	1.25		0.5	1.25	
	合计 /%	100	100	100	100	100	100	100	100	100
营养水平	消化能 ^② /(MJ·kg ⁻¹)	6.39	12.52		6.39	12.50		6.33	12.35	
	粗蛋白/%	13.21	18.02	7.57	10.67	12.45	10.24	10.44	11.75	6.14
	钙/%	0.86	1.79	0.98	0.79	1.72	0.95	0.74	1.66	1.02
	磷/%	0.57	1.02	0.09	0.49	1.08	0.18	0.50	1.11	0.11
	中性洗涤纤维/%	47.28	29.11	66.77	52.77	37.69	61.33	56.71	38.11	67.48
	酸性洗涤纤维/%	27.67	11.75	41.97	29.61	13.94	39.66	31.31	13.46	42.15

注：①每千克预混料中含有：VA 200000 IU，VD₃ 0000 IU，VE 500 IU，Fe 2 g，Cu 0.75 g，Zn 3 g，Mn 4 g，I 50 mg，Se 20 mg，Co 50 mg。②除消化能为计算值外，其他均为实测值。

1.2 体重测定

试验全期 9 个月，于每个时期的前 1 d 以及试验结束当天上午逐只空腹称重。

1.3 拟合分析模型

选用 *Von Bertalanffy*、*Gompertz* 和 *Logistic* 3 种数学模型作为非线性生长模型，对不同饲养方式福清山羊体重生长过程进行拟合。各模型中 W 表示 t 月龄时的体重估计值，参数 A 为成熟体重， K 为瞬时相对生长率， B 为调节参数， t 为月龄（表 2）。

表 2 拟合分析的 3 种非线性生长模型表达式及特征参数
Table 2 Three nonlinear models and parameters for analyzing growth of Fuqing goats

模型	表达式	拐点体重	拐点月龄
<i>Von Bertalanffy</i>	$W = A(1 - Be^{-Kt})^3$	$8A/27$	$(\ln 3B)/K$
<i>Gompertz</i>	$W = Ae^{-be^{-Kt}}$	A/e	$(\ln B)/K$
<i>Logistic</i>	$W = A/(1 + Be^{-Kt})$	$A/2$	$(\ln B)/K$

1.4 数据处理及分析方法

参考戴国俊等^[8]的方法，利用 SPSS17.0 软件进行 *Von Bertalanffy*、*Gompertz* 和 *Logistic* 3 种非线性生长模型分析，并估计各模型的 A 、 B 、 K 参数和拟合度 R^2 ，进一步建立各生长曲线模型。基础数据统计计算采用 Excel 2007。

2 结果与分析

2.1 不同饲养方式下福清山羊生长情况

不同饲养方式下，相同月龄放牧组试验羊的体重、平均日增重和相对生长率均为最低（表 3）。3 种饲养方式试验羊的 6 月龄体重差异不显著（ $P > 0.05$ ），A 组体重最大，为 15.83 kg。B 组试验羊 9 月龄和 12 月龄的体重显著高于放牧组（ $P < 0.05$ ），分别为 20.95 和 26.03 kg；A 组 2 个阶段的体重高于 C 组，二者差异不显著水平（ $P > 0.05$ ）。

随着日龄的增长，各饲养方式的平均日增重和相对生长率均呈下降趋势（表 3），符合畜禽体重生长发育的一般规律。整个试验周期内，3~6 月龄福清山羊羯羊的生长速度最快，其中 A 组平均日增重和相对生长率最大，分别为 $73.96 \text{ g} \cdot \text{d}^{-1}$ 、53.00%，A 组和 B 组平均日增重和相对生长率显著高于 C 组（ $P < 0.05$ ）。6~12 月龄，B 组平均日增重和相对生长率最大，均显著高于 C 组（ $P < 0.05$ ），6~9 月龄时显著高于 A 组（ $P < 0.05$ ），9~12 月龄与 A 组差异不显著；C 组全期平均日增重和相对生长率均最小。

表 3 不同饲养方式福清山羊体重增长的影响
Table 3 Effect of husbandry methods on body weight of Fuqing goats

月龄	饲养方式	体重/kg	平均日增重/ ($\text{g} \cdot \text{d}^{-1}$)	相对生长率/%
3	A 组	9.32 ± 1.37	—	—
	B 组	9.33 ± 1.35	—	—
	C 组	9.34 ± 1.35	—	—
6	A 组	15.98 ± 1.79	$73.96 \pm 6.40\text{a}$	$53.00 \pm 4.20\text{a}$
	B 组	15.83 ± 1.81	$72.30 \pm 5.90\text{a}$	$52.05 \pm 3.35\text{a}$
	C 组	15.39 ± 1.81	$67.30 \pm 5.82\text{b}$	$49.30 \pm 3.40\text{b}$
9	A 组	$20.67 \pm 2.88\text{ab}$	$51.19 \pm 12.61\text{b}$	$25.28 \pm 3.26\text{b}$
	B 组	$20.95 \pm 2.09\text{a}$	$56.89 \pm 5.74\text{a}$	$27.99 \pm 3.01\text{a}$
	C 组	$19.60 \pm 2.23\text{b}$	$46.70 \pm 6.23\text{c}$	$24.07 \pm 2.13\text{b}$
12	A 组	$25.09 \pm 4.60\text{ab}$	$49.04 \pm 20.51\text{ab}$	$18.48 \pm 6.10\text{ab}$
	B 组	$26.03 \pm 3.10\text{a}$	$56.44 \pm 13.74\text{a}$	$21.35 \pm 4.36\text{a}$
	C 组	$23.62 \pm 3.81\text{b}$	$44.67 \pm 19.38\text{b}$	$17.89 \pm 6.54\text{b}$

注：同列数据后不同小写字母表示相同月龄之间差异显著（ $P < 0.05$ ）。

2.2 不同饲养方式下福清山羊生长模型拟合分析

不同饲养方式下福清山羊生长模型拟合结果见表 4。拟合度（ R^2 ）是评价非线性生长模型拟合实际生长发育的主要指标， R^2 越接近 1 说明拟合效果越好。由表 4 可知，3 种模型的拟合度均较高（ $R^2 > 0.99$ ），表明选用的生长模型都能很好地描述不同饲养方式福清山羊羯羊的体重生长发育趋势与规律，其中 *Von Bertalanffy* 模型的拟合度最高，该模型 A 组、B 组和 C 组福清山羊羯羊的拟合度分别高达 0.999、0.999 和 0.998（表 4）。通过进一步利用 3 种数学模型计算各试验组不同时期的体重理论值（表 5），*Von Bertalanffy* 模型计算的理论值更接近实际值，也证实该模型的拟合效果最优。

利用 *Von Bertalanffy* 模型预测 A 组、B 组和 C 组的成熟体重分别为 33.583、39.96 和 31.564 kg，拐点月龄分别为 3.24、4.19 和 2.95，拐点体重分别为 9.95、11.84 和 9.35 kg。同一生长模型拟合不同饲养方式的成熟体重、拐点月龄和拐点体重均呈现相同规律，为 C 组 $<$ A 组 $<$ B 组（表 3）。表明采用 B 组的饲养方式对福清山羊羯羊的生长发育具有促进作用，主要通过生长拐点月龄的延迟，以及拐点体重和成熟体重的增加实现。

表 4 不同饲养方式下 3 种模型拟合参数

Table 4 Fitting parameters of three models for growth patterns of Fuqing goats raised under different husbandry methods

饲养方式	生长模型	A	B	K	R ²	拐点月龄	拐点体重/kg
A 组	<i>Von Bertalanffy</i>	33.583	0.533	0.145	0.999	3.24	9.95
	<i>Gompertz</i>	31.711	2.079	0.180	0.998	4.06	11.67
	<i>Logistic</i>	28.684	4.757	0.287	0.996	5.43	14.34
B 组	<i>Von Bertalanffy</i>	39.960	0.542	0.116	0.999	4.19	11.84
	<i>Gompertz</i>	36.476	2.136	0.153	0.999	4.96	13.42
	<i>Logistic</i>	31.491	5.059	0.263	0.997	6.16	15.75
C 组	<i>Von Bertalanffy</i>	31.564	0.505	0.141	0.998	2.95	9.35
	<i>Gompertz</i>	29.894	1.940	0.174	0.998	3.81	11.00
	<i>Logistic</i>	27.130	4.212	0.274	0.996	5.25	13.57

表 5 不同饲养方式下 3 种生长曲线模型体重估计值与实际值

Table 5 Observed and model-estimated body weights of Fuqing goats raised under different husbandry methods

饲养方式	生长模型	体重/kg				平均日增重/(g·d ⁻¹)			相对生长率/%		
		3 月龄	6 月龄	9 月龄	12 月龄	3~6 月龄	6~9 月龄	9~12 月龄	3~6 月龄	6~9 月龄	9~12 月龄
A 组	实际值	9.32	15.98	20.67	25.09	74.0	52.1	49.1	52.6	25.6	19.3
	<i>Von Bertalanffy</i>	9.44	15.74	21.02	25.01	70.0	58.7	44.3	50.0	28.7	17.3
	<i>Gompertz</i>	9.44	15.65	21.01	24.95	69.0	59.6	43.8	49.5	29.2	17.1
	<i>Logistic</i>	9.53	15.50	21.10	24.90	72.2	56.9	56.4	51.7	27.8	21.6
B 组	实际值	9.33	15.83	20.95	26.03	68.1	62.7	52.4	49.2	30.7	20.1
	<i>Von Bertalanffy</i>	9.40	15.53	21.17	25.89	67.6	63.8	51.9	48.6	31.2	19.8
	<i>Gompertz</i>	9.46	15.54	21.28	25.95	67.2	46.8	44.7	48.9	24.1	18.6
	<i>Logistic</i>	9.55	15.41	21.36	25.91	63.4	53	40.1	46.4	27.2	16.6
C 组	实际值	9.34	15.39	19.60	23.62	62.7	53.7	39.8	45.9	27.6	16.5
	<i>Von Bertalanffy</i>	9.46	15.17	19.94	23.55	74.0	52.1	49.1	52.6	25.6	19.3
	<i>Gompertz</i>	9.46	15.10	19.93	23.51	70.0	58.7	44.3	50.0	28.7	17.3
	<i>Logistic</i>	9.51	14.96	19.98	23.44	69.0	59.6	43.8	49.5	29.2	17.1

3 讨 论

3.1 不同饲养方式对福清山羊生长发育的影响

羊只的不同饲养方式育肥效果存在差异的主要原因是摄取的营养物质不同^[9]。苏铁等^[4]、温琦等^[10]研究表明,对放牧羔羊进行补饲可提高育肥速度。李文杨等^[7]研究了放牧福清山羊生长发育情况,表明周岁内(2~12 月龄)福清山羊的平均日增重为 51.4 g·d⁻¹,低于本研究的 3 个试验组(52.9~61.9 g·d⁻¹),精料补饲水平的差异是造成福清山羊日增重差异的关键原因。另外,虽然本研究的试验日粮参考 NRC 标准,设计日增重为 100 g·d⁻¹的营养摄入水平,但 3 个试验组的日增

重远低于预期,表明遗传背景也是影响肉羊生长发育的重要制约因素。

在日粮中补饲相同营养水平的精料,圈养福清山羊羯羊的增重效果优于放牧组,与谢喜平等^[3]、武原红等^[9]研究结果一致,这一方面是由于放牧条件的粗饲料来源不确定和不稳定造成的^[3],另一方面不同饲养方式羊只的运动和防寒耗能不同也影响了增重效果^[9]。张明等^[11]研究表明,在相同日粮水平圈养下,降低饲养密度能提高小尾寒羊的生产性能;王磊等^[12]也证实了圈养饲养面积越大肉羊增质量效果越好。饲喂相同日粮的前提下,B 组 6~12 月龄的日增重高于 A 组,初步表明圈养福清山羊活动面积的增加会促进其生长。

3.2 不同饲养方式福清山羊生长模型拟合分析

Von Bertalanffy、*Gompertz* 和 *Logistic* 3 种非线性生长模型是拟合畜禽生长发育的常用的数学模型, 3 种模型对各试验组的拟合度均在 0.99 以上, 拟合效果较理想, *Von Bertalanffy* 模型的拟合效果最优。羊的生长发育遵循一定的规律, 但又受到品种、生产目的、饲养管理方式等多种因素影响, 不同品种间最优非线性模型也存在差异^[13]。大量的研究表明 *Gompertz* 和 *Von Bertalanffy* 模型更适合羊的生长发育拟合分析^[7,13-15], 可较准确地描述大部分羊品种的生长发育规律。李文杨等^[7]研究了放牧福清山羊的生长发育规律, 表明 *Von Bertalanffy* 模型对福清山羊公、母羊的拟合度高于其他模型, 拟合效果最优, 与本研究结果一致。

畜禽体重生长曲线是改进其饲养管理方式以及实现商品畜禽适时出栏的主要依据。采用拟合效果最优的 *Von Bertalanffy* 模型预测各试验组的成熟体重、瞬时相对生长率、拐点体重和拐点月龄均存在差异, 表明饲养方式是福清山羊商品羊育肥的主要制约因素之一。B 组育肥效果最优的主要原因是其生长拐点的延迟, 前期快速增长时间长, 而生长拐点后适当降低精料水平可减少饲料成本的支出。在饲喂日粮营养水平相似条件下, 福清山羊商品羊 6 月龄前采用限制活动面积进行圈养育肥, 6 月龄后扩大活动面积圈养育肥, 体重达 25 kg 左右上市, 可获得较理想的育肥效果和经济效益。

参考文献:

[1] ZHANG X Q, LUO H L, HOU X Y, et al. Effect of restricted time at pasture and indoor supplementation on ingestive

behaviour, dry matter intake and weight gain of growing lambs [J]. *Livestock Science*, 2014, 167 (1): 137-143.

- [2] 徐永锋. 饲养方式对南江黄羊羔羊生长发育及胴体脂肪酸组成的影响 [D]. 北京: 中国农业大学, 2007.
- [3] 谢喜平, 孙世坤, 蓝锡仁, 等. 放牧与圈养模式对南江黄羊生长发育及胴体品质的影响 [J]. 福建农业学报, 2017, 32 (5): 476-480.
- [4] 苏铁, 王斌峰, 刘鹤翔, 等. 舍饲圈养对浏阳黑山羊增重和肉质的影响 [J]. 中国草食动物科学, 2010, 30 (4): 31-33.
- [5] 刘远, 林碧芬, 林仕欣, 等. 浅谈福建地方山羊品种高繁殖力资源的开发利用 [J]. 中国草食动物, 2010, 30 (6): 57-59.
- [6] 谢喜平, 陈螺眉, 郭金森, 等. 布尔山羊与福清山羊杂交效果初报 [J]. 中国草食动物科学, 2003, 23 (4): 20-21.
- [7] 李文杨, 刘远, 陈鑫珠, 等. 福清山羊生长发育性能指标测定及生长曲线拟合分析 [J]. 福建农业学报, 2015, 30 (6): 545-548.
- [8] 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.
- [9] 武原红, 刘喜生. 不同饲养方式养羊产肉对比试验 [J]. 山西农业大学学报 (自然科学版), 1999 (3): 253-256.
- [10] 温琦, 解进, 闫素梅. 自然放牧与放牧补饲育肥对肉羊育肥性能和屠宰性能的影响 [J]. 饲料工业, 2017, 38(5): 29-32.
- [11] 张明, 刁其玉, 赵国琦. 环境富集和饲养密度对绵羊福利的影响 [J]. 中国畜牧兽医, 2009, 36 (7): 17-20.
- [12] 王磊, 陈文武, 吴荷群, 等. 冬季不同饲养密度对肉羊生产性能的影响 [J]. 西北农业学报, 2015, 24 (7): 23-27.
- [13] 施六林, 江喜春, 朱德建, 等. 波萨安杂交羊生长发育规律研究 [J]. 中国农学通报, 2005, (10): 5-7.
- [14] 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.
- [15] 喇永富, 席锐, 李发弟, 等. 西北寒旱地区湖羊及其杂交后代生长发育模型分析 [J]. 草业学报, 2016, 25(9): 182-188.

(责任编辑: 张 梅)