

甘肃高山细毛羊杂交一代生长模型及杂种优势分析

李少斌, 王继卿, 成述儒, 刘秀, 闫伟, 张保云, 罗玉柱*

(甘肃农业大学甘肃省草食动物生物技术重点实验室 甘肃农业大学动物科学技术学院 研究测试中心, 甘肃 兰州 730070)

摘要: 为了研究甘肃高山细毛羊杂交一代的生长潜力并筛选理想的杂交组合, 从而为甘肃高山细毛羊种质资源的合理利用提供理论依据。首次采用 Gompertz 模型和 Logistic 模型拟合了以特克塞尔(Texel)和白萨福克(White Suffolk)为父本, 以甘肃高山细毛羊为母本的杂交一代的早期生长过程。同时, 比较分析了 2 杂交组合羔羊生长观测值和参数估计值, 进而评价其杂种优势。结果表明, 2 种模型的拟合度(R^2)均在 0.99 以上, 拟合效果好, 其中 Gompertz 模型拟合特甘细生长曲线效果较好, Logistic 模型拟合白萨甘细生长曲线效果较好。特甘细公、母羔的拐点日龄分别为 60.15 和 56.24 d, 拐点体重公羔高出母羔 0.73 kg; 白萨甘细公、母羔的拐点日龄分别为 78.20 和 72.08 d, 拐点体重公羔高出母羔 1.27 kg。30~180 日龄均表现为特甘细公、母羔累积生长高于白萨甘细公、母羔($P<0.05$)。同时模型参数中最大日增重、瞬时增长率、相对增长率、成熟体重等均为特甘细大于白萨甘细, 而 T_{10-90} 平均值特甘细小于白萨甘细, 说明特甘细早期生长强于白萨甘细。由此可以得出特甘细杂交组合要优于白萨甘细杂交组合。

关键词: 杂交一代绵羊; 生长模型拟合; 参数估计; 杂交组合

中图分类号: S826.3⁺2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1004-5759(2011)05-0177-06

* 生长曲线(growth curve)是动态描述和分析动物个体生长过程中整体或某部分的规律性变化^[1]。近几十年来, 已建立了多种描述动物生长曲线的非线性数学模型。生长曲线模型(growth curve model)是研究动物的体重或体尺等指标随时间增长而变化的一种模型, 广泛应用于医学、生物学、生命和社会科学领域^[2-4]。理想的生长曲线模型, 有助于分析动物饲养管理方面的信息, 可以用来比较和检验畜禽不同品种类型、不同亲缘关系和不同性别的遗传品质等, 还可预测实际生产条件下的营养需要量并建立饲喂方案^[5-7]。

受国内外市场需求的影响, 目前养羊业主要向肉用或肉毛兼用方向发展。近年来, 西北地区引入了许多国外优良肉羊品种进行杂交改良, 大大增加了农牧民收入。特克塞尔和白萨福克都是国外著名的肉羊品种, 用以改良甘肃高山细毛羊效果显著。研究其杂交后代的生长规律有利于进行科学饲养, 充分挖掘羔羊的生长潜力。本研究首次采用非线性模型中拟合度较高的 Logistic 模型和 Gompertz 模型拟合了以甘肃高山细毛羊为母本, 特克塞尔和白萨福克为父本的杂交一代(以下分别简称为特甘细和白萨甘细)的早期生长过程, 并建立了生长模型。通过分析杂交后代生长模式, 估测拐点日龄、拐点体重、最大日增重、相对增长率等, 为杂交组合筛选和科学饲养管理提供依据。

1 材料与方法

1.1 研究地概况

天祝藏族自治县是一个以牧为主的少数民族自治县, 位于祁连山东段, 东经 102°07'~103°46', 北纬 36°31'~37°55', 草场总面积 57.1 万 hm^2 , 是甘肃省七大牧业县之一, 具有饲养绵羊的悠久历史。试验在该县松山滩草原进行, 该草原面积约 8 万 hm^2 , 海拔 2 500~3 800 m, 年均温 1.2℃, 降水量约 257 mm, 日照率 65%, 植物生长期约 100 d。牧草种类比较单一, 主要为克氏针茅(*Stipa przewalskyi*)、短花针茅(*S. breviflora*)、紫花针茅(*S.*

* 收稿日期: 2010-03-29; 改回日期: 2010-04-21

基金项目: 国家科技支撑计划课题(2007BAD52B05), 国家农业科技成果转化资金项目(2010GB2G10049-1), 甘肃省农业科技创新项目(1003001), 甘肃省重点实验室建设项目(085RTSA004), 甘肃省科技攻关项目(2GS042-A41-001-10)和甘肃省农业生物技术项目(GNSW-2004-05)资助。

作者简介: 李少斌(1983-), 男, 山西汾阳人, 硕士。E-mail: lisb@gsau.edu.cn

* 通讯作者。E-mail: luoyz@gsau.edu.cn

purpurea)、扁穗冰草(*Agropyron cristatum*)、芨芨草(*Achnatherum splendens*)、冷蒿(*Artemisia frigida*)、驴驴蒿(*A. dalai-lama*)等;毒草有醉马草(*Achnatherum inebrians*)、狼毒(*Stellera chamaejasme*)和少量的毛棘豆(*Oxytropis hirsutiuscula*)等。牧草总覆盖度 50%~70%^[8-11]。

1.2 试验动物

试验时间为 2008 年 11 月—2009 年 10 月。在试验地采用人工输精方法于 2008 年 11 月集中配种,翌年 4 月份产羔。随机选取各组合公母羔各 40 只,进行跟踪生长。

1.3 饲养管理和测定项目

各试验组羔羊 100 日龄断奶,此期为哺乳期。断奶至 180 日龄羔羊在天然草场放牧肥育并按常规方法进行防疫驱虫。连续跟踪观测羔羊 0~180 日龄的生长情况。初生重在羔羊出生 1 h 内吮吸初乳前称量,其他时期的体重均在早晨空腹时称量。体重的称量使用大红鹰牌 TSC-100 型电子称,精度为 0.02 kg。

1.4 数据处理和分析方法

采用 Excel 2003 对数据进行初步输入和整理。用 SPSS 16.0 中的非线性回归程序进行参数估计,用 Mar-quardt 法估计模型;对同日龄不同组合羔羊增重速度进行单因子方差分析,差异显著时采用 LSD 法进行多重比较^[10]。用 CurveExpert 1.3 进行参数估计及预测体重。选用的 2 种模型^[12-14]如表 1 所示。式中, W_t 为 t 日龄时的体重(kg); A 为成熟体重(渐近线); B 为常数尺度; C 为生长速度参数; w 为拐点体重。

表 1 Gompertz 模型和 Logistic 模型表达式及其特征参数

Table 1 Expression and characteristic parameters of Gompertz model and Logistic model						
模型 Model	表达式 Expression	拐点体重(w)The inflection body weight	拐点日龄 The inflection age	最大日增重 The biggest daily gain	瞬时增长率 Instantaneous growth rate	相对增长率 The relative growth rate
Gompertz	$W_t=A \cdot e^{-e^{-B-t}}$	A/e	$30 \times (\ln B)/C$	Cw	$W_t C(\ln A - \ln W_t)$	$C(\ln A - \ln W_t)$
Logistic	$W_t=\frac{A}{1+B \cdot e^{-Ct}}$	$A/2$	$30 \times (\ln B)/C$	$Cw/2$	$W_t C(1 - W_t/A)$	$C(1 - W_t/A)$

2 结果与分析

2.1 特甘细和白萨甘细累积生长比较

同一杂交组合不同性别之间,特甘细整个试验期公母之间累积生长无差异($P>0.05$);白萨甘细在初生至 4 月龄公母之间无差异($P>0.05$)(表 2),但自 5 月龄开始公羔累积生长高于母羔($P<0.05$)。2 杂交组合之间,平均初生重特甘细公羔大于白萨甘细母羔($P<0.05$),其他之间无差异($P>0.05$);30~180 日龄均表现为特甘细公、母羔累积生长高于白萨甘细公、母羔($P<0.05$)。

2.2 特甘细和白萨甘细生长模型的拟合

特甘细和白萨甘细公、母羔 Gompertz 模型和 Logistic 模型生长曲线拟合参数估计值和拟合度(R^2)见表 3。Gompertz 曲线和 Logistic 曲线都能很好地拟合特甘细和白萨甘细公、母羔的生长曲线,拟合度(R^2)均在 0.99 以上。 R^2 越接近 1,SE(标准误)越小说明模型的拟合效果越好^[15]。就这 2 种模型而言,Gompertz 模型拟合特甘细公、母羔生长曲线效果较好,Logistic 模型拟合白萨甘细公、母羔生长曲线效果较好。

用各杂交组合适宜的模型计算出各自的体重增长参数(表 4)。由 Gompertz 模型拟合的特甘细公、母羔的拐点日龄分别为 60.15 和 56.24 d,即在特甘细的生长过程中,公羔在 60.15 日龄、母羔在 56.24 日龄时达到成长拐点,体重增加速度由越来越快变为越来越慢,拐点体重公羔高出母羔 0.73 kg。由 Logistic 模型拟合的白萨甘细公、母羔的拐点日龄为 78.20 和 72.08 d,拐点体重公羔高出母羔 1.27 kg。特甘细和白萨甘细拐点日龄相差 12~22 d,拐点体重相差 1.75~2.48 kg。从体重由渐近线的 10%增长到 90%(T_{10-90})所需时间看,白萨甘细公>特甘细公>白萨甘细母>特甘细母(表 5)。特甘细 T_{10-90} 平均值小于白萨甘细,而成熟体重(渐近线) A 平均值特甘细大于白萨甘细。最大日增重、瞬时增长率和相对增长率 2 组合羔羊均表现为特甘细大于白萨甘细,说明特甘细早

期生长强于白萨甘细。

2.3 特甘细和白萨甘细体重实测值与估计值比较

特甘细公、母羔和白萨甘细公、母羔实际观测体重与估计值的比较可以看出(表 6),特甘细公、母羔按 Gompertz 模型进行体重预测;白萨甘细公、母羔按 Logistic 模型进行体重预测,则 120 日龄的实测值均小于预测值。这是由于 120 日龄时羔羊刚断奶不久,对饲料的消化吸收还未完全适应所引起的应激效应造成的。

表 2 各杂交组合羔羊体重累积生长比较

Table 2 Comparison on cumulative growth of body weight of crossing lambs								kg
组合 Group	性别 Sex	初生重 Birth weight	30 日龄 30-day old	60 日龄 60-day old	90 日龄 90-day old	120 日龄 120-day old	150 日龄 150-day old	180 日龄 180-day old
特甘细 TG	♂	4.73±0.69 a	11.37±0.84 A	20.49±4.01 A	26.21±4.78 A	27.67±4.70 Aa	31.68±2.52 A	31.94±2.47 A
		(40)	(37)	(36)	(36)	(36)	(36)	(36)
特甘细 TG	♀	4.38±0.60 ab	11.98±2.68 A	21.17±2.15 A	26.62±3.09 A	28.13±2.89 Aa	30.46±1.87 A	30.32±0.87 A
		(40)	(36)	(34)	(34)	(34)	(34)	(34)
白萨甘细 WSG	♂	4.47±0.36 ab	9.19±1.58 B	17.49±2.63 B	21.98±3.61 B	25.31±3.12 b	27.30±1.30 Ba	27.58±1.94 Ba
		(40)	(36)	(36)	(36)	(36)	(36)	(36)
白萨甘细 WSG	♀	4.21±0.32 b	9.11±1.70 B	17.47±2.82 B	21.79±3.38 B	24.16±2.98 Bb	25.04±2.32 Bb	25.13±1.80 Bb
		(40)	(37)	(35)	(34)	(34)	(34)	(34)

同一列不同小写字母表示差异显著($P<0.05$);不同大写字母表示差异极显著($P<0.01$)。括号内数字为观测羊只数量。数据均为平均值±标准差。TG 和 WSG 分别为甘肃高山细毛羊和特克赛尔、白萨福克杂交一代的简称。下同。

Different letters in the same column mean significant difference (small letter for $P<0.05$, capital letter for $P<0.01$). The number in bracket was the number of observed sheep. Every data was expressed by average ± standard error. TG and WSG are stand for F₁ lambs of Gansu Alpine Merino and Texel, White Suffolk, respectively. The same below.

表 3 2 种拟合曲线模型参数估计值和拟合度

组合 Group	性别 Sex	模型 Model	A	B	C	R ²	SE
特甘细 TG	♂	Gompertz	32.953 3	3.985 1	0.694 5	0.994 37	0.96
		Logistic	31.631 1	14.816 5	1.067 0	0.992 04	1.14
特甘细 TG	♀	Gompertz	31.007 3	4.733 1	0.829 2	0.997 45	0.62
		Logistic	30.140 0	18.889 2	1.252 6	0.997 38	0.63
白萨甘细 WSG	♂	Gompertz	29.029 6	3.990 3	0.668 3	0.995 97	0.71
		Logistic	27.788 0	14.894 5	1.036 2	0.997 33	0.57
白萨甘细 WSG	♀	Gompertz	26.045 6	4.551 0	0.791 6	0.993 82	0.81
		Logistic	25.237 5	18.502 0	1.214 4	0.998 47	0.40

表 4 各杂交组合羔羊体重增长参数

Table 4 Parameters of body-weight gains of crossing lambs							
组合 Group	性别 Sex	模型 Model	拐点体重 The inflection body weight (kg)	拐点日龄 The inflection age (d)	最大日增重 The biggest daily gain (g/d)	瞬时生长率 Instantaneous growth rate	相对生长率 The relative growth rate
特甘细 TG	♂	Gompertz	12.14	60.15	279.02	8.38	0.69
	♀	Gompertz	11.41	56.24	315.37	9.47	0.83
白萨甘细 WSG	♂	Logistic	13.89	78.20	239.88	7.20	0.52
	♀	Logistic	12.62	72.08	255.43	7.66	0.61

表 5 各组合羔羊的 Gompertz 和 Logistic 曲线方程及 T₁₀₋₉₀ 比较

Table 5 Gompertz and Logistic equations and comparison of T ₁₀₋₉₀ of crossing lambs					
组合 Group	性别 Sex	模型 Model	曲线方程 Equation	渐近线 Asymptote (kg)	T ₁₀₋₉₀ (d)
特甘细 TG	♂	Gompertz	$W_t = 32.9934e^{-e^{3.9851-0.6895t}}$	32.9934	133.23
		Logistic	$W_t = \frac{31.6311}{1+14.8165e^{-1.0670t}}$	31.6311	123.56
特甘细 TG	♀	Gompertz	$W_t = 31.0073e^{-e^{4.7331-0.8292t}}$	31.0073	111.60
		Logistic	$W_t = \frac{30.1400}{1+18.8892e^{-1.2526t}}$	30.1400	105.25
白萨甘细 WSG	♂	Gompertz	$W_t = 29.0296e^{-e^{3.9903-0.6683t}}$	29.0296	138.48
		Logistic	$W_t = \frac{27.7880}{1+14.8945e^{-1.0362t}}$	27.7880	127.23
白萨甘细 WSG	♀	Gompertz	$W_t = 26.0456e^{-e^{4.5510-0.7916t}}$	26.0456	116.90
		Logistic	$W_t = \frac{25.2375}{1+18.5020e^{-1.2144t}}$	25.2375	108.56

表 6 各杂交组合羔羊体重实测值与估计值比较

Table 6 Comparison on practical and predictive value of body-weight gains of crossing lambs									kg
组合 Group	性别 Sex	模型 Model	初生重 Birth weight	30 日龄 30-day old	60 日龄 60-day old	90 日龄 90-day old	120 日龄 120-day old	150 日龄 150-day old	180 日龄 180-day old
特甘细 TG	♂	Gompertz	4.40	12.06	19.95	25.65	29.08	30.96	31.94
		Logistic	5.19	11.49	19.73	26.19	29.52	30.87	31.37
		实际值	4.73	11.37	20.49	26.21	27.67	31.68	31.94
特甘细 TG	♀	Gompertz	3.93	12.59	20.92	26.12	28.77	30.01	30.57
		Logistic	4.71	11.85	20.92	26.77	29.09	29.83	30.05
		实际值	4.38	11.98	21.17	26.62	28.13	30.46	30.32
白萨甘细 WSG	♂	Gompertz	3.75	10.17	16.96	22.04	25.21	27.00	27.97
		Logistic	4.42	9.67	16.69	22.48	25.64	26.99	27.50
		实际值	4.47	9.19	17.49	21.98	25.31	27.30	27.58
白萨甘细 WSG	♀	Gompertz	3.31	10.23	17.05	21.50	23.88	25.04	25.58
		Logistic	3.89	9.59	17.00	22.07	24.20	24.92	25.14
		实际值	4.21	9.11	17.47	21.79	24.16	25.04	25.13

实际值 Observation value.

3 讨论

3.1 特甘细和白萨甘细的杂种优势比较

平均初生重特甘细公羔大于白萨甘细母羔,30~180 日龄均表现为特甘细公、母羔累积生长高于白萨甘细公、母羔。说明特甘细良好地继承了父本采食能力强、饲料转化率高的特性。李文辉等^[16]在甘肃省皇城绵羊育种试验场(海拔 2 600~3 500 m)研究了以白萨福克和特克塞尔为父本,以甘肃高山细毛羊为母本的杂交效果,结果表明特克塞尔杂交组合初生重和断奶重还有断奶后放牧 1 个月的体重都要比其他组合高,本试验的结果与此基本一致。胡江等^[17]在相同试验条件下,分析比较了断奶前特甘细、白萨甘细、澳甘细和邦甘细的生长性能和断奶时的屠宰性能,得出特甘细组合优于其他组合。特甘细 T₁₀₋₉₀ 平均值小于白萨甘细,而成熟体重 A 平均值特甘细大于白萨甘细,说明特甘细不仅成熟体重大而且生长速度快。同时通过模型计算的体重增长参数中最大日增

重、瞬时增长率、相对增长率等,均为特甘细大于白萨甘细,说明特甘细早期生长强于白萨甘细。由此可以得出特甘细杂交组合要优于白萨甘细杂交组合。

3.2 不同品种或类群与最适模型及分析软件

在参数估计和模型估计时,同时使用了 SPSS 16.0 和 CurveExpert 1.3 两种软件,2 种软件分析的结果非常接近,但相比之下 CurveExpert 1.3 操作更为简便、提供的信息更加全面,因此,推荐使用后者。拟合度(R^2)越接近 1,曲线拟合效果越好。Gompertz 模型和 Logistic 模型的拟合度均在 0.99 以上,拟合精度高,并且拟合曲线估计值与实际测量值之间也较为吻合,说明这 2 种模型都能很好地拟合特甘细和白萨甘细的早期生长过程。但是本试验条件下,Gompertz 模型拟合特甘细生长曲线要好于 Logistic 模型,而白萨甘细却是更适合使用 Logistic 模型。王欣等^[18],曹忻和赵有璋^[19],马存寿等^[14]分别研究陶寒杂种羊、无角陶赛特、波德代、陶赛特和青海半细毛羊的杂一代等的生长曲线,结果均为 Gompertz 模型要优于 Logistic 模型,本试验结果与此有不一致的地方。张浩等^[20]的研究表明,对于早期生长慢、生长拐点较迟的藏鸡,Logistic 模型更为合适;Gompertz 模型适合描述早期生长迅速的的生长过程。Malhadoa 等^[21]用一系列模型拟合了杜泊羊与当地羊的杂交一代的生长曲线,结果表明 Logistic 模型要略好于 Gompertz 模型。Topal 等^[22]用 Gompertz 模型、Logistic 模型和 Bertalanffy 模型模拟了 Morkaraman 和 Awassi 母羔的生长曲线,结果表明,Gompertz 模型拟合 Morkaraman 羔羊最合适,而 Bertalanffy 模型拟合 Awassi 羔羊生长最好。由此可见,羊的品种或类群不同,最适模型也可能不同。Logistic 模型适合白萨甘细可能与白萨甘细早期生长较慢,生长拐点较迟有关。用 Gompertz 模型和 Logistic 模型拟合特甘细和白萨甘细的早期生长过程,可以为科学饲养管理提供理论依据,以最大限度地发挥羔羊的生长潜力,提高经济效益。

3.3 模型体重估计值与科学饲养

由 2 种模型拟合方程算出的体重估计值和实测值之间的差距可以发现饲养管理上的问题并为建立科学饲养方案提供参考。例如,由 4 月龄实测值小于估计值,可以推断出是由于羔羊断奶后的应激反应所引起,因此断奶前后要科学有序地将羔羊由吃奶过渡到吃料上。实测值和模型估计值均表明特甘细母羔前期生长快于公羔,而后公羔逐渐快于母羔,所以在饲养过程中要注意到公、母羔生长速度差异所引起的营养需要量的不同,并制定出合理的饲喂方案。

4 结论

1)特甘细早期生长优于白萨甘细,较白萨甘细杂种优势明显。由此可以得出特甘细杂交组合要优于白萨甘细杂交组合。在羔羊肉生产中,建议选用特甘细杂交组合。

2)Gompertz 模型和 Logistic 模型均能很好地模拟特甘细和白萨甘细生长曲线。但是不同的品种或类群,最适模型可能不同。本试验条件下,Gompertz 模型拟合特甘细公、母羔生长曲线效果较好;Logistic 模型拟合白萨甘细公、母羔生长曲线效果较好。同时,在动物生长模型拟合过程中,推荐使用 CurveExpert 1.3 软件。

3)拟合曲线中的拐点日龄、拐点体重等生长参数均可作为今后指导饲养和管理的理论依据,以最大限度地发挥羔羊的生长潜力,提高经济效益。

参考文献:

- [1] 盛志廉,吴常信.数量遗传学[M].北京:中国农业出版社,1995:114-115.
- [2] 毛永江,杨章平,王杏龙,等.中国荷斯坦牛早期生长曲线拟合研究[J].中国畜牧杂志,2009,45(3):1-4.
- [3] 陈长生,徐勇勇,夏结来,等.中国香港地区 0~7 岁儿童生长曲线的非参数模型构建[J].中华预防医学杂志,2000,34(1):47-49.
- [4] 辛永亮,孙春宝,宋波.贴现因素对牧民草地承包后期放牧行为的影响分析[J].草业学报,2009,18(2):163-168.
- [5] 张浩,吴常信,强巴央宗,等.不同海拔环境中藏鸡生长曲线及杂种优势分析[J].中国农业大学学报,2007,12(2):40-44.
- [6] 张浩,强巴央宗,王强,等.藏猪体重非线性生长曲线分析[J].家畜生态学报,2007,28(6):41-43.
- [7] 朱志明,强巴央宗,朱猛进.藏鸡生长曲线拟合和分析的比较研究[J].中国农业科学,2005,39(10):2159-2162.

- [8] 方国天. 天祝县天然草场类型及其经济评价[J]. 中国草地学报, 1984, (3): 12-15.
- [9] 杨成德, 陈秀蓉, 龙瑞军, 等. 东祁连山高寒草地返青期不同草地型土壤氮的分布特征[J]. 草业学报, 2010, 19(1): 67-71.
- [10] 张建春, 张学通, 陈全功. 基于 RS 和 GIS 的天祝县草原景观空间格局分析[J]. 草业科学, 2009, 26(8): 34-39.
- [11] 杨智明, 李建龙, 杜广明, 等. 宁夏滩羊放牧系统草地利用率及草畜平衡性研究[J]. 草业学报, 2010, 19(1): 35-41.
- [12] 王存芳, 张芳, 李俊英, 等. 平原饲养的藏鸡体型外貌分析和生长模型拟合的研究[J]. 中国农业科学, 2005, 38(5): 1065-1068.
- [13] Fitzhugh Jr H A. Analysis of growth curves and strategies for altering their shape[J]. Animal Science, 1976, 42: 1036-1050.
- [14] 马存寿, 冯生青, 王援军, 等. 高寒地区无角陶赛特与青海半细毛羊杂交一代羔羊生长发育模型[J]. 家畜生态学报, 2008, 29(5): 39-41.
- [15] Kupaia T, Baulainb U, Lengyela A. Growth modelling of different ram breeds using computer tomography[J]. Small Ruminant Research, 2009, 87: 1-8.
- [16] 李文辉, 韩爱萍, 苏文娟, 等. 甘肃高山细毛羊杂交一代羔羊肉用性能评定[J]. 中国草食动物, 2005, 25(3): 24-26.
- [17] 胡江, 王继卿, 李少斌, 等. 高寒牧区不同杂交组合奶羔生产效果试验[J]. 畜牧与兽医, 2009, 41(4): 47-49.
- [18] 王欣, 胡江, 方素栋, 等. 陶寒杂种羊生长发育模型分析[J]. 甘肃农业大学学报, 2008, 43(1): 58-61.
- [19] 曹忻, 赵有璋. 无角陶赛特羔羊和波德代羔羊的生长发育模型[J]. 甘肃农业大学学报, 2006, 41(2): 15-19.
- [20] 张浩, 吴常信, 李俊英, 等. 藏鸡和低地鸡种的生长曲线拟合与杂种优势分析[J]. 中国畜牧杂志, 2005, 41(5): 34-37.
- [21] Malhadoo C H M, Carneiroa P L S, Affonsoa P R A M, *et al.* Growth curves in Dorper sheep crossed with the local Brazilian breeds, Morada Nova, Rabo Largo, and Santa Inês[J]. Small Ruminant Research, 2009, 84: 16-21.
- [22] Topal M, Ozdemir M, Aksakal V, *et al.* Determination of the best nonlinear function in order to estimate growth in Morkaraman and Awassi lambs[J]. Small Ruminant Research, 2004, 55: 229-232.

Growth models and hybrid vigour of the F₁ lambs of Gansu alpine merino

LI Shao-bin, WANG Ji-qing, CHENG Shu-ru, LIU Xiu, YAN Wei, ZHANG Bao-yun, LUO Yu-zhu

(Gansu Key Laboratory of Herbivorous Animal Biotechnology, Faculty of Animal Science and Technology, Analysis and Research Center, Gansu Agriculture University, Lanzhou 730070, China)

Abstract: The growth potential of Gansu Alpine Merinos was studied to select the optimal cross combinations and provide a theoretical basis for rationally using germ plasm resources. Logistic and Gompertz model were first used to fit the early growth progress of F₁ lambs of Gansu Alpine Merino, Texel (TG) and White Suffolk (WSG) breeds. At the same time, the observed values of growth and development of crossing lambs and parameter evaluation were analyzed to evaluate the hybrid vigour. Two models had a goodness of fit >0.99 . The Gompertz model fitted well for TG but the Logistic model was better for WSG. The growth inflexion of male lambs and female lambs of TG was 60.15 and 56.24 days, and the inflexion weight of male lambs was 0.73 kg higher than that of female lambs; the growth inflexion of male lambs and female lambs of WSG was 78.20 and 72.08 days with an inflexion weight of male lambs that was 1.27 kg higher than that of female lambs. From 1-month-old to 6-months-old, the cumulative growth of male and female lambs of TG were all higher than those of male and female lambs of WSG ($P < 0.05$). The biggest daily gain, instantaneous growth rate, relative growth rate and mature weight of model parameters of TG were all larger than those of WSG, while the average T_{10-90} value of TG was smaller than that of WSG, which means that the early growth of TG lambs was better than that of WSG. The TG crossing model was therefore better than the WSG crossing model.

Key words: first filial generation of sheep; growth model fitting; parameter evaluation; cross combination.