

承德无角山羊生长曲线拟合及体重与体尺相关性分析

唐洁¹, 张文浩¹, 王东贤¹, 渠伟¹, 孙洪新³, 高海峰⁴, 李伯森², 谢遇春¹, 乔贤¹,
郝科兴¹, 尹雪姣¹, 刘铮铸^{1*}, 张会文^{2*}, 巩元芳¹

(1. 河北科技师范学院动物科技学院, 河北省特色动物种子资源挖掘与创新重点实验室, 河北秦皇岛 066004;

2. 承德市兽药管理站, 河北承德 067032; 3. 河北省畜牧兽医研究所, 河北保定 071000;

4. 包头轻工职业技术学院畜牧兽医系, 内蒙古包头 014013)

摘要: 为了弄清承德无角山羊的生长发育规律, 本研究对 130 只试验羊 (68 只公羔、62 只母羔) 的初生至 6 月龄体重和 1~6 月龄体尺指标进行了测定分析, 利用 Logistic、Gompertz 和 Von Bertalanffy 3 种模型对其生长发育进行了拟合, 利用 SPSS 22.0 分析了 3 月龄体重与各体尺指标的相关性。结果表明: 公、母羔体重及各体尺指标变化趋势基本一致, 体重从出生到 1 月龄快速增加, 3 月龄后明显减缓; 各体尺指标在 1~3 月龄快速增长, 3 月龄后开始减缓。除公羔的体长外, 公、母羔的体重和其他各体尺指标的最佳拟合模型均为 Von Bertalanffy。公、母羔 3 月龄体重与体高、胸围、胸深均呈极显著正相关, 相关性大小排序为: 胸围 > 体高 > 体长。本文研究结果对承德无角山羊早期选种选育及饲养管理提供了重要参考依据。

关键词: 承德无角山羊; 体重; 体尺; 模型; 相关性

中图分类号: S827.2

文献标识码: A

DOI 编号: 10.19556/j.0258-7033.20250303-09

承德无角山羊原产于河北省承德地区, 主要分布于冀北燕山山区, 2004 年和 2011 年分别被编入《中国种畜禽育种成果大全》和《中国畜禽遗传资源志·羊志》^[1-2]。该山羊是华北特有的“肉、皮、绒”兼用品种, 特别是

其肉质细腻可口。近年来, 由于治理风沙, 实行封山禁牧, 承德无角山羊群体数量锐减, 经国家组织相关专家进一步核查, 确认承德无角山羊处于濒危状态, 农业农村部、河北省农业农村厅已经安排专项资金用于承德无角山羊保种^[3]。

研究畜禽生长发育规律需要对其进行多方面的观察与分析, 其中定期测量并记录体重、体尺指标, 并对体重与体尺之间进行相关性分析能更好地了解其生长发育情况^[4]。非线性模型拟合的生长曲线是研究畜禽生长发育规律的一种重要方法, 已被广泛运用于描述和预测畜禽生长的过程中^[5]。常用的拟合模型有 Logistic、Gompertz 和 Von Bertalanffy^[6-8]。诸多研究利用以上模型

收稿日期: 2025-03-03; 修回日期: 2025-04-25

资助项目: 河北省现代农业产业技术体系建设专项资助

作者简介: 唐洁 (2000-), 女, 河北廊坊人, 硕士研究生, 主要研究方向为动物遗传育种与繁殖, E-mail: 1325446955@qq.com

*通信作者: 刘铮铸 (1968-), 男, 内蒙古包头人, 博士, 教授, 主要从事动物遗传育种研究, E-mail: liuzhengzhu@163.com; 张会文 (1968-), 男, 河北平泉人, 研究员, 主要从事动物生产研究, E-mail: zhw0314@126.com

- [28] Glover J S, Ticer T D, Engevik M A. Characterizing the mucin-degrading capacity of the human gut microbiota[J]. Sci Rep, 2022, 12(1): 8456.
- [29] Wang Y, Jin T, Zhang N, et al. Effect of stocking density and age on physiological performance and dynamic gut bacterial and fungal communities in Langya hens[J]. Microbial Cell Factories, 2021, 20(1): 218.
- [30] Mach N, Berri M, Estellé J, et al. Early-life establishment of the swine gut microbiome and impact on host phenotypes[J].

Environ Microbiol Rep, 2015, 7(3): 554-569.

- [31] Wessels A G. Influence of the gut microbiome on feed intake of farm animals[J]. Microorganisms, 2022, 10(7): 1305.
- [32] Wen C, van Dixhoorn I, Schokker D, et al. Environmentally enriched housing conditions affect pig welfare, immune system and gut microbiota in early life[J]. Anim Microbiome, 2021, 3(1): 52.

(责任编辑: 周会会)

拟合了畜禽的生长曲线，如杨红远等^[9]和庄蕾等^[10]分别确定了龙陵黄山羊和欧拉羊的最适拟合生长曲线模型，有效提高了龙陵黄山羊和欧拉羊的饲养管理、生长发育以及品种选育。此外，马朝银等^[11]通过对青海藏羊的生长曲线拟合，确定了拐点时间，准确推测出断乳期羔羊的体质，为藏羊羔羊的快速筛选提供了科学依据。目前针对承德无角山羊生长曲线拟合的研究尚未见报道。因此，本研究通过 Logistic、Gompertz、Von Bertalanffy 3 种模型对承德无角山羊初生至 6 月龄的生长曲线进行拟合与分析，选出适宜的模型，以揭示其生长发育规律，从而为该山羊的早期选种选育及饲养管理提供理论参考。

1 材料与方法

1.1 试验动物 随机选取 130 只初生羔羊，其中公羔 68 只，母羔 62 只，试验时间持续 6 个月，试验羔羊由河北科技师范学院动物科技学院教学牧场提供，3 月龄断奶。

1.2 试验设计 分别测定试验羔羊初生到 6 月龄的体重和 1~6 月龄的体尺指标，即体长、体高、胸围、胸深。初生重于羔羊出生后背毛稍干、吃初乳前称取，其他各月龄体重和体尺指标均于每月月末早上 07:00 空腹测定。

分别选择 Logistic、Gompertz 和 Von Bertalanffy 3 种模型对试验羔羊的体重和体尺指标进行拟合，拟合出最大体重（A）、调节参数（B）、瞬时生长速度的最优估计值（K），根据拟合度 R^2 （ R^2 表示回归直线对实测值的拟合度， R^2 越接近 1 表示模型拟合效果越好）评估生长模型，并计算拐点值、最大月增值。3 种拟合曲线的相关参数见表 1。

1.3 试验羊饲养管理 试验羊采取半舍饲的饲养方式，粗饲料以玉米秸和豆秸等干草为主，自由采食，并补充适当精料，自由饮水；羔羊出生后随母亲活动与采食，3 月龄断奶，定期对羊圈进行消毒。

1.4 数据处理 使用 SPSS 22.0 软件计算试验羊各月龄的平均体重、平均体长等指标（数据以平均数 ± 标准差表示），并使用其非线性回归方程估算各模型参数的最优值，采用试位法使残差平方和最小，进行循环迭代，

估计出参数 A、B、K 和拟合度 R^2 ，计算拐点值，确定承德无角山羊公、母羔 6 月龄前体重以及体尺指标的最佳生长曲线拟合模型；最后分析试验羊 3 月龄体重与体尺指标的相关性，筛选出对体重影响较大的体尺指标。

2 结果

2.1 承德无角山羊体重和各体尺指标变化规律 由表 2 可知，公、母羔体重及体尺指标变化趋势基本一致，体重从出生到 1 月龄快速增加，1~3 月龄增加减慢，3 月龄后生长速度明显减缓；各体尺指标在 1~3 月龄快速增长，3 月龄以后开始减缓。

2.2 承德无角山羊生长曲线拟合 表 3 和表 4 分别是承德无角山羊公、母羔初生至 6 月龄体重及各体尺指标的拟合结果。3 种模型的 R^2 值均在 0.98 以上，均能较好地拟合承德无角山羊的体重及体尺指标，但不同指标的最佳拟合模型不完全相同。由表 3 可知，公羔体重的最佳拟合模型是 Von Bertalanffy，拐点月龄是 0.98 月龄，理论拐点值是 6.51 kg；体长的最佳拟合模型是 Logistic，拐点月龄是 0.75 月龄，理论拐点是 28.47 cm；体高的最佳拟合模型是 Gompertz 和 Von Bertalanffy，拐点月龄分别是 2.04 月龄和 2.29 月龄，理论拐点值分别是 20.05 cm 和 16.23 cm；胸围的最佳拟合模型是 Von Bertalanffy，拐点月龄是 2.10 月龄，理论拐点值是 18.73 cm；胸深的最佳拟合模型是 Von Bertalanffy，拐点月龄是 2.10 月龄，理论拐点值是 6.14 cm。综上，除体长外，Von Bertalanffy 模型对承德无角山羊公羔体重及其他各体尺指标生长曲线的拟合效果更好。

由表 4 可知，母羔体重的最佳拟合模型是 Von Bertalanffy，拐点月龄是 0.79 月龄，理论拐点值是 5.53 kg；体长的最佳拟合模型是 Gompertz 和 Von Bertalanffy，拐点月龄分别是 1.49 月龄和 1.79 月龄，理论拐点值分别是 19.35 cm 和 15.63 cm；体高的最佳拟合模型是 Gompertz 和 Von Bertalanffy，拐点月龄分别是 2.29 月龄和 2.58 月龄，理论拐点值是 19.40 cm

表 1 Logistic、Gompertz、Von Bertalanffy 模型表达式及参数

模型	表达式	拐点月龄	拐点体重 / 体尺	最大月增值
Logistic	$Y(t) = A/[1+B \times \exp(-K \times t)]$	$(\ln B)/K$	A/2	Kw/2
Gompertz	$Y(t) = A \times \exp[-B \times \exp(-K \times t)]$	$(\ln B)/K$	A/e	Kw
Von Bertalanffy	$Y(t) = A \times [1-B \times \exp(-K \times t)]^3$	$(\ln 3B)/K$	8A/27	3Kw/2

注：Y（t）表示预测体重，exp 表示以 e 为底的函数，t 表示测定月龄，w 表示拐点体重 / 体尺。

表 2 承德无角山羊初生至 6 月龄体重和 1~6 月龄各体尺指标的测定结果

月龄	性别	样本量,只	体重 ,kg	体长 ,cm	体高 ,cm	胸围 ,cm	胸深 ,cm
初生	公	68	2.92±0.58	-	-	-	-
	母	62	2.73±0.52	-	-	-	-
1	公	63	7.08±1.41	38.04±3.59	38.15±2.90	44.30±3.53	14.36±1.94
	母	56	6.88±1.15	37.67±2.93	37.56±2.56	43.23±3.54	13.00±1.37
2	公	62	10.00±1.95	42.62±3.76	42.54±3.61	49.51±4.84	16.24±1.96
	母	54	9.22±1.90	42.24±3.61	41.37±3.03	48.21±3.76	14.94±1.71
3	公	62	12.77±2.32	46.37±3.89	45.35±3.83	53.64±5.68	17.48±1.67
	母	54	11.87±2.17	46.07±3.87	44.38±3.44	52.60±4.37	16.98±1.40
4	公	58	15.08±2.64	49.66±2.50	48.06±2.91	55.76±5.53	18.19±1.62
	母	54	13.34±2.34	47.87±4.03	46.57±3.55	55.26±4.06	17.59±1.66
5	公	56	16.75±2.82	51.63±2.53	49.90±2.75	58.00±5.47	18.94±1.64
	母	54	14.78±2.64	49.43±4.33	48.07±3.68	57.00±4.37	18.40±1.64
6	公	56	18.74±2.24	53.28±2.54	51.09±2.58	59.84±5.71	19.63±1.79
	母	54	16.71±2.82	50.80±4.75	49.57±4.16	59.09±3.88	19.26±1.58

表 3 公羔 3 种生长曲线拟合模型的参数估计值及拟合度（R²）

指标	模型	拟合参数			R ²	拐点月龄	拐点值
		A	B	K			
体重 ,kg	Logistic	19.32	4.03	0.70	0.9891	1.99	9.66
	Gompertz	20.90	1.80	0.44	0.9952	1.34	7.69
	Von Bertalanffy	21.96	0.47	0.35	0.9969	0.98	6.51
体长 ,cm	Logistic	56.94	0.74	0.40	0.9997	0.75	28.47
	Gompertz	57.96	0.59	0.33	0.9995	1.60	21.32
	Von Bertalanffy	58.39	0.18	0.30	0.9994	2.05	17.30
体高 ,cm	Logistic	53.87	0.61	0.41	0.9991	1.21	26.94
	Gompertz	54.51	0.50	0.34	0.9992	2.04	20.05
	Von Bertalanffy	54.77	0.16	0.32	0.9992	2.29	16.23
胸围 ,cm	Logistic	62.33	0.62	0.43	0.9976	1.10	31.17
	Gompertz	62.97	0.51	0.37	0.9980	1.82	23.17
	Von Bertalanffy	63.23	0.16	0.35	0.9981	2.10	18.73
胸深 ,cm	Logistic	20.41	0.64	0.44	0.9954	1.01	10.21
	Gompertz	20.62	0.52	0.37	0.9962	1.77	7.59
	Von Bertalanffy	20.71	0.16	0.35	0.9964	2.10	6.14

和 15.69 cm；胸围的最佳拟合模型是 Gompertz 和 Von Bertalanffy，拐点月龄分别是 1.72 月龄和 1.98 月龄，理论拐点值分别是 22.98 cm 和 18.60 cm；胸深的最佳拟合模型是 Von Bertalanffy，拐点月龄是 1.34 月龄，理论拐点值是 6.03 cm。综上，Von Bertalanffy 模型对承德无角山羊母羔体重及各体尺指标生长曲线的拟合效果更好。

图 1、2 分别是公、母羔体重和体尺指标实际生长与最佳拟合曲线的比较结果。由图 1、2 可知，公、母羔各指标的实际生长曲线与最佳模型曲线吻合度较高，

并且在 3 月龄时均有明显的转折。

2.3 承德无角山羊 3 月龄体重与体尺的相关性分析 由表 5 可知，公羔 3 月龄体重与体长、体高、胸围、胸深均呈极显著正相关，相关性大小排序为：胸围>体高>胸深>体长；母羔 3 月龄体重与体长、体高、胸围呈极显著正相关，相关性大小排序为：胸围>体高>体长。

3 讨 论

3.1 承德无角山羊早期生长发育规律分析 本研究结果显示，承德无角山羊从出生到 1 月龄处于快速发育阶段，

表 4 母羔 3 种生长曲线拟合模型的参数估计值及拟合度 (R^2)

指标	拟合模型	拟合参数			R^2	拐点月龄	拐点值
		A	B	K			
体重 ,kg	Logistic	16.85	3.58	0.71	0.9817	1.80	8.43
	Gompertz	17.96	1.69	0.46	0.9896	1.14	6.61
	Von Bertalanffy	18.67	0.45	0.38	0.9921	0.79	5.53
体长 ,cm	Logistic	52.18	0.64	0.50	0.9980	0.89	26.09
	Gompertz	52.59	0.52	0.44	0.9982	1.49	19.35
	Von Bertalanffy	52.75	0.16	0.41	0.9982	1.79	15.63
体高 ,cm	Logistic	52.14	0.57	0.39	0.9995	1.44	26.07
	Gompertz	52.74	0.47	0.33	0.9996	2.29	19.40
	Von Bertalanffy	52.97	0.15	0.31	0.9996	2.58	15.69
胸围 ,cm	Logistic	61.73	0.66	0.43	0.9983	0.97	30.87
	Gompertz	62.47	0.53	0.37	0.9984	1.72	22.98
	Von Bertalanffy	62.77	0.17	0.34	0.9984	1.98	18.60
胸深 ,cm	Logistic	19.95	0.88	0.50	0.9916	0.26	9.98
	Gompertz	20.24	0.67	0.41	0.9921	0.98	7.45
	Von Bertalanffy	20.36	0.20	0.38	0.9922	1.34	6.03

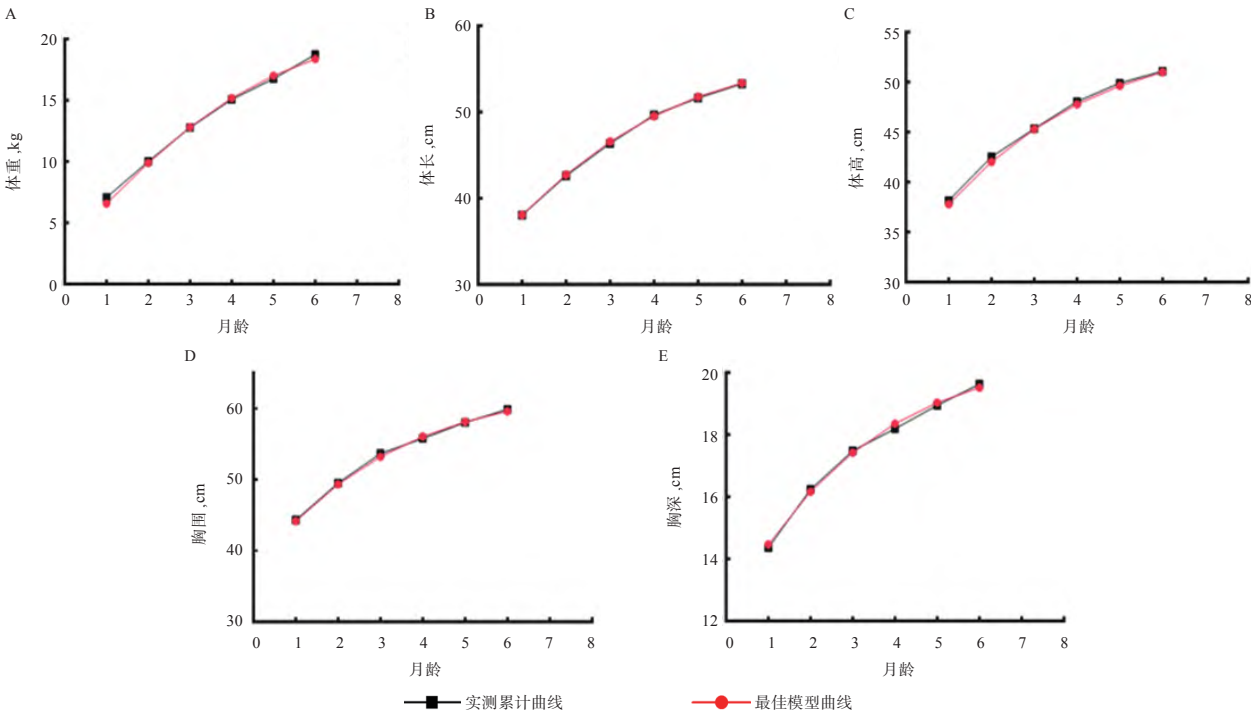


图 1 公羔体重、体尺指标实测值与最佳拟合模型比较

并在 3 月龄以后生长速度明显减缓，这与孙国智等^[12]、陈玲等^[13]和石兰等^[14]对多胎萨福克羊、湖羊和皮山红羊的出生后早期生长速度最快的研究结果基本一致。生长减缓可能与断奶（3 月龄）有关，断奶在一定程度上给羔羊造成些许应激反应。马朝银等^[11]研究也发现 3 月龄是青海藏羊生长发育的一个重要时间点。因此，生

产上尽可能减轻断奶对承德无角山羊的应激，同时逐渐调整断奶后的日粮水平，最大限度地满足羔羊的营养需求，发挥其最大生长潜力。

3.2 承德无角山羊生长曲线拟合模型 Logistic、Gompertz 和 Von Bertalanffy 模型在畜禽生产实践中已经得到广泛应用，对于指导畜禽科学饲养、生产以及品

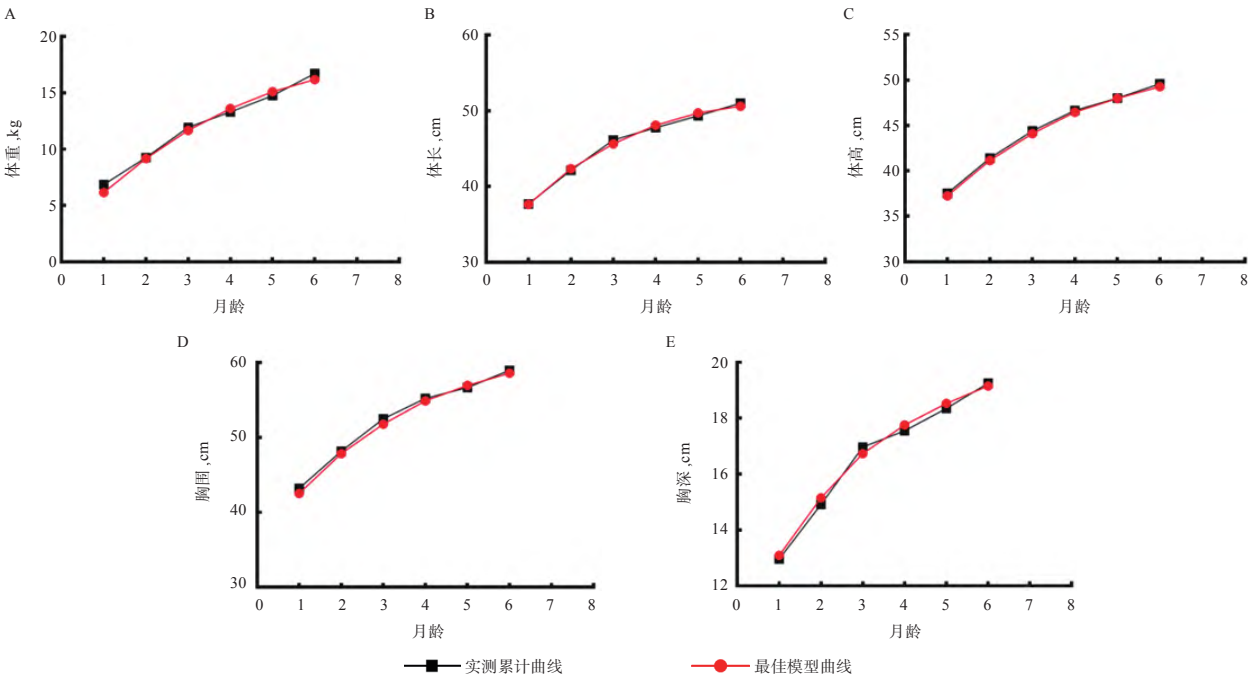


图 2 母羔体重、体尺指标实测值与最佳拟合模型比较

表 5 3 月龄羔羊体重与各体尺指标的相关性

指标	体重	体长	体高	胸围	胸深
体重	1	0.56**	0.58**	0.59**	0.10
体长	0.43**	1	0.77**	0.16	0.24
体高	0.58**	0.85**	1	0.54**	0.26
胸围	0.76**	0.54**	0.74**	1	0.30
胸深	0.48**	0.37**	0.51**	0.59**	1

注：左下角数据表示公羔体重与各体尺指标的相关性；右上角数据表示母羔体重与各体尺指标的相关性；**表示差异极显著（ $P<0.01$ ），*表示差异显著（ $P<0.05$ ）。

种选育等方面均起到了重要作用^[15]。拟合度（ R^2 ）越趋近 1，拟合的效果就越好^[16]。本研究运用 SPSS 22.0 软件的非线性回归分析获得了 3 种模型的参数值及 R^2 值，比较分析后发现，承德无角山羊公羔除体长外，体重、体高、胸围和胸深的最佳模型均是 Von Bertalanffy；而母羔体重和各体尺指标的最佳拟合模型也均是 Von Bertalanffy。李文杨等^[17]研究福清山羊生长发育性能时，确定其体重的最佳拟合模型是 Von Bertalanffy。此外，张雨^[18]、张军霞等^[19]、张梅等^[20]、齐丽娜等^[21]、龙丽等^[22]、姜世琦等^[23] 分别在研究吕梁黑山羊、高原型藏羊、哈萨克羊、湘东黑山羊、天目多胎羊、巴什拜羔羊的早期生长发育时也得到相同结果。对于各体尺指标，刘孟君等^[24] 研究发现 Von Bertalanffy 是河谷型藏绵羊早期各体尺指标的最佳拟合模型，何志成等^[25] 研究发现 Von Bertalanffy 是萨能奶山羊体尺指标的最佳拟合

模型，以上与本研究结果完全相同。生长拐点是家畜从快速转为慢速生长时期的转折点，拐点时间越靠后，拐点体重越大^[17,21,26]，生长周期越长。对于大多数哺乳动物来说，雄性动物比雌性动物的生长速度快，体型体重大^[27]。本研究中，承德无角山羊公羔体重的拐点月龄（0.98 月龄）晚于母羔（0.79 月龄），生长周期比母羔长，符合生产实际，与杨红远等^[28] 研究的云上黑山羊公羊体重拐点日龄晚于母羊的结果相似。因此，在今后饲养中应该关注公、母羔拐点月龄的差异，制定不同的饲养计划，从而激发承德无角山羊公、母羔的最大生长潜力。

3.3 承德无角山羊体重与体尺的相关性 断奶期是羔羊生长发育的一个重要时间点，也是山羊选育的一个关键时期。李祥等^[29] 在选择南充黑山羊种羊时，将断奶时间 2 月龄作为其中一个时间点。黄琦等^[30] 在对云岭黑山羊选育时，也将断奶时间作为分群管理的一个时间点，徐天琪等^[31] 在研究澳洲白羊的生长发育规律时，将断奶时间 3 月龄选定为评估育种目标的一个时间点。

本研究试验羔羊在 3 月龄断奶，公羔 3 月龄体重与体长、体高、胸围、胸深均呈极显著正相关，相关性大小排序为：胸围 > 体高 > 胸深 > 体长；母羔 3 月龄体重与体长、体高、胸围呈极显著正相关，相关性大小排序为：胸围 > 体高 > 体长。由此可知，各体尺指标对体重均有一定影响，特别是胸围影响更大一些。这

与陈蓉^[32]、杨世忠等^[33]、顾亦飞等^[4]和许鑫等^[34]的研究结果相一致。因此,在对承德无角山羊早期选种选育时,除考虑体重之外,胸围也是一个重要的参考指标。

4 结 论

承德无角山羊出生到1月龄处于快速生长期,3月龄后生长速度减缓,断奶后应及时调整日粮,尽可能减轻应激反应。公、母羔体重及各体尺指标的最佳拟合模型揭示了承德无角山羊的早期生长发育规律,根据最佳模型可以预测该山羊早期各阶段的发育状况并指导日常饲养管理。3月龄体重和各体尺指标相关性结果提示,早期选育承德无角山羊时,除了考虑体重之外,胸围也应该重点考虑。

参考文献:

- [1] 刘佳倩. 平原地区舍饲条件下承德无角山羊种质特性研究[D]. 秦皇岛: 河北科技师范学院, 2021.
- [2] 国家畜禽遗传资源委员会. 中国畜禽遗传资源志·羊志[M]. 北京: 中国农业出版社, 2011: 245.
- [3] 魏铃杰. 河北抢救性保护承德无角山羊[N]. 河北日报, 2024-11-14(8).
- [4] 顾亦飞, 苏鹏伟, 王善禾, 等. 苏湖肉羊选育群羔羊体重与体尺性状的相关性及生长曲线的拟合[J]. 中国畜牧杂志, 2024, 60(4): 142-145, 153.
- [5] 李哲, 马晓君, 张同玉, 等. 阳原驴生长发育曲线拟合与分析[J]. 中国畜牧杂志, 2022, 58(10): 202-205.
- [6] Schinckel A P, de Lange C F. Characterization of growth parameters needed as inputs for pig growth models[J]. J Anim Sci, 1996, 74(8): 2021-2036.
- [7] Laird A K. Postnatal growth of birds and mammals[J]. Growth, 1966, 30(3): 349-363.
- [8] Wu R, Ma C X, Littell R C, et al. A logistic mixture model for characterizing genetic determinants causing differentiation in growth trajectories[J]. Genet Res, 2002, 79(3): 235-245.
- [9] 杨红远, 邵庆勇, 洪琼花. 龙陵黄山羊生长曲线拟合与分析[J]. 黑龙江畜牧兽医, 2022(14): 52-56.
- [10] 庄蕾, 刘梦, 闫明毅, 等. 欧拉羊生长曲线拟合分析[J]. 黑龙江畜牧兽医, 2022(10): 34-39.
- [11] 马朝银, 赵索南, 周玉青, 等. 青海藏羊生长发育规律与生长曲线拟合研究[J]. 黑龙江畜牧兽医, 2019(12): 41-44.
- [12] 孙国智, 杨红卫, 李国保, 等. 多胎肉羊早期生长规律及生长曲线拟合分析[J]. 中国草食动物科学, 2025, 45(6): 89-94.
- [13] 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.
- [14] 石兰, 戴佳霜, 努尔阿卜杜拉·吾吉外力, 等. 皮山红羊双羔生长发育规律及其与体尺相关性研究[J]. 中国畜牧杂志, 2023, 59(9): 144-149.
- [15] 索效军, 张年, 熊琪, 等. 不同性别湖北黑头羊生长曲线的拟合分析[J]. 湖北农业科学, 2014, 53(16): 3859-3861.
- [16] 刘箐, 张慧林, 黄丽华, 等. 黑羽香鸭生长曲线拟合分析[J]. 中国畜牧杂志, 2020, 56(7): 85-90.
- [17] 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.
- [18] 张雨. 吕梁黑山羊生长发育与繁殖性能的研究[D]. 晋中: 山西农业大学, 2022.
- [19] 张军霞, 方德成, 贺娜. 高原型藏羊早期生长曲线拟合分析[J]. 草业科学, 2021, 38(2): 358-363.
- [20] 张梅, 李涛, 刘宜勇, 等. 哈萨克羊群体生长曲线拟合及回归分析[J]. 中国畜牧杂志, 2021, 57(6): 160-163.
- [21] 齐丽娜, 邢磊, 吴昊旻, 等. 湘东黑山羊体重与体尺性状的相关性分析及生长曲线拟合[J]. 中国草食动物科学, 2023, 43(3): 74-77.
- [22] 龙丽, 何军敏, 洪巍, 等. 天目多胎羊生长发育规律及生长曲线拟合分析[J]. 中国畜牧杂志, 2024, 60(12): 224-229.
- [23] 姜世琦, 陈世尧, 阿依古孜力·肉孜买买提, 等. 巴什拜羊羔羊早期生长发育规律及其生长曲线拟合分析的研究[J]. 饲料研究, 2022, 45(22): 87-90.
- [24] 刘孟君, 次旺仁增, 刘乐乐, 等. 西藏河谷型绵羊体重与体尺相关性分析[J]. 高原科学研究, 2021, 5(3): 11-19.
- [25] 何志成, 秦晓晨, 吕永强, 等. 萨能奶山羊体尺性状的多元逐步回归分析与生长曲线拟合[J]. 畜牧兽医学报, 2023, 54(12): 5301-5311.
- [26] 李丽娟, 周大荣, 彭华, 等. 贵州黑山羊生长曲线的拟合与分析[J]. 贵州工程应用技术学院学报, 2019, 37(3): 84-89.
- [27] 张高振, 姜俊芳, 宋雪梅, 等. 湖羊早期生长曲线拟合[J]. 畜牧与兽医, 2009, 41(12): 31-34.
- [28] 杨红远, 马兴跃. 云上黑山羊生长曲线拟合的多模型比较[J]. 中国畜牧杂志, 2022, 58(4): 163-166.
- [29] 李祥, 侯显耀, 肖蕊, 等. 南充黑山羊选育技术[J]. 四川畜牧兽医, 2021, 48(7): 42-43.
- [30] 黄琦, 刘琼波, 李飞艳, 等. 云岭黑山羊良种选育及养殖技术[J]. 中国畜牧业, 2020(14): 55-57.
- [31] 徐天琪. 澳洲白羊生长曲线拟合分析与模型优化[D]. 天津: 天津农学院, 2023.
- [32] 陈蓉. 云上黑山羊早期生长曲线拟合及CNTD1基因表达研究[D]. 昆明: 云南农业大学, 2023.
- [33] 杨世忠, 赵薇, 孟元华, 等. 布拖黑绵羊育成母羊体重与体尺指标相关性分析[J]. 中国草食动物科学, 2021, 41(6): 37-40.
- [34] 许鑫, 马友记, 李冬红, 等. 杜泊羊体重与体尺指标的相关及回归分析[J]. 甘肃畜牧兽医, 2017, 47(5): 92-95.

(责任编辑: 赵楠)