

索效军,张 年,熊 琪,等. 麻城黑山羊生长曲线的拟合与分析[J]. 江苏农业科学,2015,43(11):291-293.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2015.11.091

麻城黑山羊生长曲线的拟合与分析

索效军,张 年,熊 琪,李晓锋,杨前平,陶 虎,陈明新

(湖北省农业科学院畜牧兽医研究所/动物胚胎工程及分子育种湖北省重点实验室,湖北武汉 430064)

摘要:以麻城黑山羊为试验材料,测定了不同性别麻城黑山羊 0~24 月龄的体质量,用 Gompertz、Logistic 和 Bertallanffy 3 种非线性生长模型拟合其生长曲线,研究其生长模式的差异。结果表明:3 种模型均能很好地拟合麻城黑山羊公羊、母羊的生长曲线($r^2 > 0.98$),但 Bertallanffy 模型的拟合效果最佳。进一步分析模型拟合参数以及理论值与实测值,提示公羊生长拐点为 3.61 月,拐点体质量为 13.81 kg;母羊生长拐点为 2.69 月,拐点体质量为 10.32 kg。3 种模型估计的公羊拐点体质量均高于母羊,拐点月龄均晚于母羊。

关键词:麻城黑山羊;体质量;生长曲线;拟合;分析;理想模型;生长潜力

中图分类号:S827.3 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2015)11-0291-03

生长曲线用来描述畜禽体质量随年龄增长而发生的规律性变化,一般表现为“S”形,生长曲线的拟合与分析是研究畜禽生长发育规律的主要方法之一,可以用非线性数学模型对生长曲线进行拟合,理想的生长曲线模型,有助于分析畜禽饲养管理方面的信息,可以用来比较和检验不同畜禽品种类型、不同亲缘关系和不同性别的遗传品质等,还可预测实际生产中营养需要量并建立饲喂方案,提高选育结果^[1-3]。近几十年来,已建立了 Gompertz、Logistic 和 Bertallanffy 等多种模型^[4],这些模型不仅对畜禽生长曲线拟合效果好,而且其中的参数具体估计值能够反映不同种群在生长率、最大体质量方面的差异,具有实际参考意义。

麻城黑山羊是湖北省有代表性的一个地方优良肉羊品种,主要分布于湖北省内的麻城、罗田、红安等地,在安徽省的金寨、河南省新县、商城等地亦有饲养^[5];素以毛色纯黑、繁殖力高、早熟和肉质鲜美而著称,但体型较小,生长发育慢,作为肉羊生产尚需提高其生长性能。目前,对麻城黑山羊生长发育规律的研究仍属空白,本研究的目的是对不同性别麻城黑山羊生长曲线选择较为适宜的拟合模型,揭示麻城黑山羊生长发育规律,为合理利用麻城黑山羊种质资源和选种繁育提供依据。

1 材料与方法

1.1 试验动物与饲养管理

于 2012 年 1 月至 2014 年 6 月,随机测定各阶段 573 只麻城黑山羊体质量,其中母羊 486 只,公羊 87 只,年龄为 0~24 月龄。羊群以放牧方式饲养,各性别羊均在 3 月龄断奶,

收稿日期:2014-11-11

基金项目:动物胚胎工程及分子育种湖北省重点实验室专项(编号:2012ZD110);湖北省农业科技创新中心资助项目(编号:2007-620-004-003)。

作者简介:索效军(1977—),男,山西忻州人,副研究员,研究方向为草食家畜繁育研究。E-mail:suoxj@126.com;Tel:(027)87380139。

通信作者:陈明新,硕士,研究员,主要从事草食家畜繁育研究。Tel:(027)87380139;E-mail:xjsuo@126.com。

公羊、母羊分群饲养。每日 08:00 出牧,17:00 归牧,放牧地为天然草地,牧草种类有多年生黑麦草、红(白)三叶、鸭茅草等,秋冬季节补饲花生秧、甘薯藤等。自由采食,自由饮水,春、秋 2 季定期防疫和驱虫。

1.2 生长模型

采用 Gompertz、Logistic 和 Bertallanffy 3 种曲线模型,其中 W 为 t 月龄时的体质量, A 为体质量增长极限值参数, K 为生长速率参数, B 为常数。用于拟合的 3 种非线性模型见表 1。

表 1 用于拟合的 3 种非线性模型

名称	模型	拐点体质量	拐点月龄
Gompertz	$W = Ae^{-be^{-kt}}$	A/e	$(\ln B)/k$
Logistic	$W = A/(1 + Be^{-kt})$	$A/2$	$(\ln B)/k$
Bertallanffy	$W = A(1 - Be^{-kt})^3$	$8A/27$	$(\ln 3B)/k$

1.3 数据处理

采用 Excel 2013 绘制生长曲线图。统计分析均使用 SPSS 19.0 软件,采用 Gauss-Newton 法,以残差平方和最小为目标函数,收敛标准精度为 0.001,逐次迭代计算出模型参数的最佳估计值 A 、 B 、 K ,建立生长模型,并计算各种模型的理论拐点体质量和拐点月龄,根据拟合度(r^2)评价生长模型, r^2 愈接近于 1,说明运用该模型拟合生长发育的程度越好,越接近其生长发育的规律。

2 结果与分析

2.1 麻城黑山羊生长情况分析

从图 1 中可以看出,公羊、母羊生长曲线基本趋于一致,12 月龄前生长速度较快,其中 0~3 月龄生长速度最快,24 月龄左右体质量基本达到最高值,但公羊的生长速度明显快于母羊。12 月龄之后母羊的体质量增加逐渐减缓,而公羊的增重依然明显,麻城黑山羊体质量的生长曲线呈“S”形。

2.2 麻城黑山羊生长模型的拟合分析

从表 2、表 3 和图 2、图 3 可以看出,对拟合得到的 6 个回归方程分别进行 F 检验,结果均达到极显著水平($P < 0.0001$),对函数中的各参数分别进行 t 检验,也均达到极显

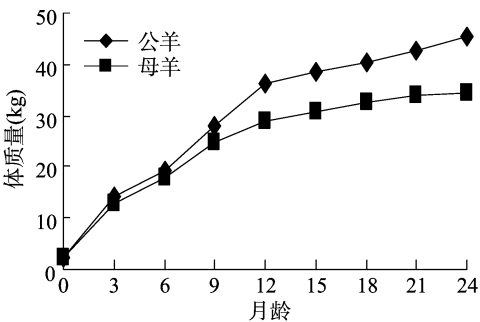


图1 麻城黑山羊生长曲线

区间可以看出,参数估计的准确度很高。通过 3 种模型的拟合度(r^2)和残差的比较可以看出,3 种模型的 r^2 值均在 0.98 以上,3 种曲线与实际生长曲线均很接近,说明 3 种模型的拟合效果均较为理想。就 3 种模型而言,Bertallanffy 模型的 r^2 最大,而残差最小,公羊、母羊的拟合度(r^2)分别达到 0.991 9 和 0.994 5,高于 Gompertz 和 Logistic 模型的拟合度。由 Bertallanffy 模型可以估算出公羊、母羊的生长拐点分别为 3.61 月和 2.69 月,拐点体质量为 13.81 kg 和 10.32 kg,3 种模型估计的公羊拐点体质量均高于母羊,拐点月龄均大于母羊。麻城黑山羊在 0、3 月龄实测值与生长模型估计值的拟合较差,6 月龄以后模型拟合度较好。总体来看,Bertallanffy 模型的估算值与实测值最接近。

著水平($P<0.001$)。从表 2 中的各参数标准误和 95% 置信

表 2 3 种模型麻城黑山羊生长曲线参数估计值及拟合度

模型	性别	参数	估计值	标准误	95% 置信区间	r^2	残差	拐点体质量 (kg)	拐点月龄
Gompertz	公	A	45.466	1.604	41.540~49.391	0.990 5	16.509	16.73	4.71
		B	2.344	0.241	1.754~2.933				
		K	0.181	0.021	0.129~0.232				
	母	A	34.309	0.877	32.168~36.454	0.991 8	8.023	12.62	3.66
		B	2.158	0.205	1.658~2.659				
		K	0.210	0.021	0.158~0.262				
Logistic	公	A	43.667	1.501	39.993~47.341	0.984 7	26.533	21.83	6.67
		B	6.508	1.531	2.762~10.255				
		K	0.277	0.037	0.187~0.368				
	母	A	33.474	1.034	30.944~36.003	0.982 8	16.752	16.74	5.56
		B	5.444	1.300	2.262~8.626				
		K	0.305	0.042	0.201~0.409				
Bertallanffy	公	A	46.613	1.747	42.337~50.889	0.991 9	14.016	13.81	3.61
		B	0.571	0.041	0.471~0.671				
		K	0.149	0.017	0.108~0.191				
	母	A	34.814	0.802	32.850~36.777	0.994 5	5.376	10.32	2.69
		B	0.540	0.032	0.461~0.619				
		K	0.179	0.015	0.142~0.216				

表 3 体质量实测值与拟合曲线估计值比较

月龄	公羊				母羊			
	实测值	Gompertz	Logistic	Bertallanffy	实测值	Gompertz	Logistic	Bertallanffy
0	2.46±0.42	4.36	5.82	3.68	2.23±0.32	3.96	5.19	3.39
3	14.07±1.23	11.65	11.39	11.93	12.85±1.46	10.86	10.53	11.16
6	19.38±2.19	20.61	19.54	20.99	17.97±2.25	18.59	17.87	18.88
9	28.13±3.41	28.71	28.39	28.69	24.62±3.29	24.76	24.8	24.72
12	36.13±3.87	34.81	35.38	34.49	28.83±3.19	28.84	29.36	28.64
15	38.69±4.01	38.93	39.62	38.58	30.73±3.47	31.28	32.69	31.11
18	40.14±4.23	41.55	41.81	41.36	32.41±3.99	32.66	32.74	32.61
21	42.81±4.57	43.15	42.84	43.21	33.77±4.01	33.42	33.18	33.52
24	45.24±5.19	44.1	43.3	44.41	34.27±4.58	33.83	33.35	34.05

3 讨论

3.1 生长曲线模型的选择

畜禽生长发育受遗传、营养及环境等多种因素影响,但某一品种生长发育的基本特征具有相对稳定性,因此可以用数学模型来描述畜禽生长发育的过程,非线性生长模型大致可以分为 3 类:一类是表示报酬递减表现的模型,如指数函数和

Brody 模型;一类是有 1 个固定拐点的模型,如 Logistic 和 Gompertz 模型;另一类是描述光滑“S”形曲线但拐点可变的模型,如 Bertalanffy 和 Richards 模型。在模拟肉用畜禽的生长方面,Gompertz、Logistic 和 Bertalanffy 3 种非线性生长模型是目前使用较多的用以描述生长发育规律的生长曲线模型,至于哪一种模型最好,还要根据畜禽品种的生长发育特点而定,如 Gompertz 模型适合描述其早期生长迅速的生长过程,而

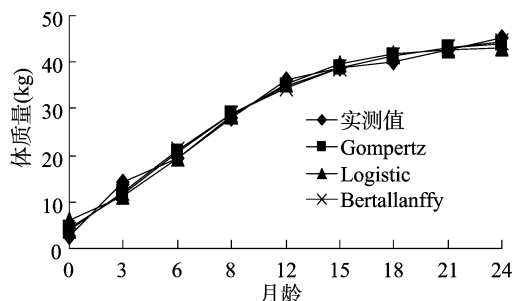


图2 麻城黑山羊公羊生长曲线与 3 种拟合曲线的比较

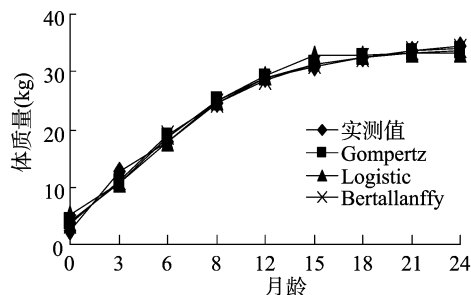


图3 麻城黑山羊母羊生长曲线与3种拟合曲线的比较

Logistic 模型在拟合早期生长速度较慢的藏鸡有较高的拟合优度, Bertalanffy 模型在研究中用于增重相对较迟缓的品种有较高的拟合度^[6]。本试验中, 3 种模型对麻城黑山羊体重拟合度(r^2)都在 0.98 以上, 最佳拟合模型为 Bertalanffy; 而姜勋平等研究结果显示 Gompertz 模型拟合林细杂交羊的生长发育规律效果最优^[7]; 梁学武等研究认为 Logistic 模型拟合波尔山羊的生长发育规律效果最优^[8]; 本试验结果与施六林等研究报道的^[9-11]相一致, 可见品种的不同会导致生长曲线有所差别, 而模型的选择对于模型的最终确定至关重要。本试验仅对麻城黑山羊的体重生长规律作了探讨, 所以关于麻城黑山羊的生长曲线方程, 还有待于收集更多的数据, 并以其他品种的同类数据作为对照进行更深入的分析, 以便为进一步完善麻城黑山羊选育, 获得较为理想的遗传进展提供理论指导。

3.2 生长发育的特点

生长曲线拐点的含义是生长速率最快的时候, 本试验最佳拟合模型 Bertalanffy 拟合的公羊、母羊生长拐点分别为 3.61 月、2.69 月, 要早于 Gompertz 模型和 Logistic 模型的拟合结。就 Gompertz 模型和 Logistic 模型而言, Gompertz 模型公羊、母羊拐点(4.71 月、3.66 月)出现要早于 Logistic 模型(6.67 月、5.56 月), 这与刘远等的研究结果^[12-13]一致, 而与张媛的研究结果^[14]有差异, 这可能是由于品种或饲养条件的差异造成的。

由麻城黑山羊生长曲线图可看出, 3 种模型拟合初生质量高于实际初生质量, 提示在生产中适当的加强妊娠母羊的饲养管理, 可在一定程度上提高羔羊的初生质量; 公羊、母羊在 3 月龄的生长速度均出现了趋缓, 可能是由于断奶应激所致, 而随着羔羊瘤胃的发育, 9 月龄左右羔羊瘤胃发育成熟, 形成了充分利用草料的能力, 生长速度又有所增加, 表明随着

应激反应的减弱及营养物质摄入量的增加, 麻城黑山羊能够有效利用营养物质进行生长。与各模型拟合过程相比, 麻城黑山羊早期实际生长过程整体呈现较大波动, 表明麻城黑山羊早期生长发育易受饲养管理影响, 因此应综合考虑饲养管理, 保证羔羊早期平稳、快速生长。

3 种模型的数据显示, 公羊的拐点月龄均呈现出比母羊略迟的特点, 说明公羊到达最大生长速度的时间晚于母羊, 表明性别对麻城黑山羊体重质量增长有一定影响, 一方面是由于公羊、母羊遗传上的差异, 另一方面是由于性腺激素的作用。因此, 在饲养过程中应考虑公羊、母羊在拐点月龄上的差异, 按性别实施科学的饲养管理, 最大限度发挥羊的生长潜力。

4 结论

采用 Gompertz、Logistic 和 Bertalanffy 3 种常用的生长曲线模型对麻城黑山羊体重质量生长曲线进行拟合, 以 Bertalanffy 模型的拟合效果最佳, 其公羊、母羊拟合方程分别为 $W = 46.61 \times (1 - 0.57e^{-0.15t})^3$ 、 $W = 34.81 \times (1 - 0.54e^{-0.18t})^3$, 研究结果可为麻城黑山羊进一步饲养管理配套技术指标的制定提供重要生长参数。

参考文献:

- [1] 杨运清, 廖尧源. 动物生长曲线拟合方法的探讨[J]. 畜牧兽医学报, 1992, 23(3): 219-224.
- [2] 成钢, 黄诗晨, 王文龙, 等. 湖区波尔山羊生态型健康养殖模式[J]. 江苏农业科学, 2014, 42(2): 171-172.
- [3] 宋德荣, 杨思维, 周大荣, 等. 喀斯特山区贵州黑山羊舍饲研究[J]. 江苏农业科学, 2013, 41(8): 188-191.
- [4] Darmani K, H, Kebrcad E, Lopez S, et al. A derivation and evaluation of the Von Bertalanffy equation for describing growth in broilers overtime[J]. J Anim Feed Sci, 2002, 11: 109-125.
- [5] 《湖北省家畜家禽品种志》编辑委员会. 湖北省家畜家禽品种志[M]. 武汉: 湖北科学技术出版社, 1985.
- [6] 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.
- [7] 姜勋平, 陈圣偶, 黄永宏. 林肯杂交羊生长发育模型研究[J]. 云南农业大学学报, 1996, 11(3): 168-172.
- [8] 梁学武, 刘庆华, 陈瑞臻, 等. 波尔山羊生长模型及体尺体重相关分析[J]. 中国草食动物, 2009, 29(4): 28-29.
- [9] 施六林, 江喜春, 朱德建, 等. 波萨安杂交羊生长发育规律的研究[J]. 中国农学通报, 2005, 21(10): 5-7.
- [10] 黄勇富, 王高富, 周鹏, 等. 渝东白山羊与波尔山羊杂交 F_1 生长发育规律研究[J]. 中国草食动物, 2012, 32(1): 16-19.
- [11] 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.
- [12] 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.
- [13] 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.
- [14] 张媛. 马头山羊生长发育及繁殖性状遗传参数估计研究[D]. 长沙: 湖南农业大学, 2010.