

西藏河谷型绵羊表型指标主成分分析

于航¹,郭荣明¹,赵芯¹,高云²,夏茂林^{1*}

(1.西藏自治区动物疫病预防控制中心(畜牧总站),西藏拉萨 850000;2.西藏拉萨市当雄县兽医站,西藏当雄 851500)

摘要:为分析西藏河谷型绵羊表型指标主成分,本实验随机选取154只成年西藏河谷型绵羊母羊进行体质量称量、体尺指标测量,利用统计软件对相关变量进行分析、拟合以及预测,评估西藏河谷型藏绵羊的体型。结果表明:体长(57.73±5.04)cm、体高(51.81±4.46)cm、腹围(82.60±7.7)cm、胸围(74.82±7.18)cm、臀高(53.02±3.20)cm、臀长(17.82±1.50)cm、胸深(23.21±2.11)cm、胸宽(5.78±3.18)cm、臀宽(12.48±2.37)cm、管围(6.12±0.45)cm、头宽(10.94±1.41)cm与体质量(26.76±4.62)kg呈极显著正相关($p<0.01$)。以13个表型指标进行逐步拟合回归时,统计学上具有意义的指标为腹围、胸宽、胸深、臀高、体长,其中胸宽对体质量的间接作用最大,胸宽、胸深、臀高、体长对体质量的间接作用大于直接作用;基于14个表型指标进行主成分分析,提取的4个成分占总方差65.19%,其中PC1与体型相关指标有较高关联,而PC2与头型指标相关,利用主成分分析提取因子拟合体尺与体质量线性回归方程为 $BW=26.760+3.957PC1-0.678PC3-0.384PC2(R^2=0.762,SE=0.492)$ 。综上,主成分分析可用于评价河谷型藏绵羊成年母羊体型外貌,使用主成分因子预测其体质量比用表型指标直接进行线性回归拟合更准确。

关键词:西藏;河谷型绵羊;体型;体尺;主成分分析

中图分类号:S826

文献标志码:A

Principal Component Analysis of Phenotypic Indices in Tibetan Valley Sheep

YU Hang¹, GUO Rongming¹, ZHAO Xin¹, GAO Yun², XIA Maolin^{1*}

(1. Animal Epidemic Disease Prevention and Control Center (Animal Husbandry Station), Tibet Autonomous Region, Tibet Lhasa 850000, China; 2. Dangxiong County Veterinary Station, Tibet Dangxiong 851500, China)

Abstract: To analyze the principal component of phenotypic indices of Tibetan valley sheep, 154 adult ewes were randomly selected, and weight and body size were measured. Relevant variables were analyzed, modeled and predicted with statistic software to access the somatotype of Tibetan valley sheep. The results showed that there was a positive correlation between body length (57.73±5.04) cm, whither height (51.81±4.46) cm, abdominal perimeter (82.60±7.7) cm, heart girth (74.82±7.18) cm, rump height (53.02±3.20) cm, rump length (17.82±1.50) cm, thorax depth (23.21±2.11) cm, chest breadth (5.78±3.18) cm, rump width (12.48±2.37) cm, shin circumference (6.12±0.45) cm, head width (10.94±1.41) cm, and the body weight (26.76±4.62) kg ($p<0.01$). In stepwise fitting regression with 13 phenotypic indexes, abdominal circumference, chest breadth, thorax depth, rump height, and body length had the statistically significant indexes, among which chest breadth had the most indirect effect on body weight, and the indirect effect on chest breadth, thorax depth, rump height, body length, and body weight was greater than the direct effect. Based on 14 phenotypic indicators, principal component analysis showed that four components were extracted, accounting for 65.18% of the total variance. Among them, PC1 was highly correlated with somatotype-related indicators, and PC2 was correlated with headform-related indicators. Using principal component analysis to extract factors, the linear regression equation of body size and weight was fitted, $BW=26.760+3.957PC1-0.678PC3-0.384PC2(R^2=0.762,SE=0.492)$. Taken together, principal component analysis can be used to evaluate the body appearance of adult ewes of Tibetan valley sheep, and it is more accurate to predict body weight by using principal component factors than by using phenotypic indexes directly to perform linear regression fitting.

Key Words: Tibet; river valley sheep; body condition; body size; PCA

收稿日期:2022-06-01

作者简介:于航(1992-),男,助理畜牧师,主要研究方向为畜牧技术推广,E-mail:47960491@qq.com;*为通讯作者:夏茂林(1982-),男,高级畜牧师,主要研究方向为草原生态保护及人工草地建设,E-mail:413223936@qq.com。

西藏河谷型绵羊隶属偶蹄目(Artiodactyla)牛科(Bovidae)盘羊属(*Ovis*),为我国三大粗毛绵羊品种(蒙古系、藏绵羊系、哈萨克绵羊系)中的藏绵羊系^[1],按照体型特征、体格大小、毛质等特点属

于河谷藏羊、山谷藏羊、草地藏羊等3种藏系绵羊品种之一^[2],目前主要分布于西藏“一江两河”的中下游^[3]。

西藏河谷型绵羊具有耐粗饲、耐高寒、性成熟早、繁殖性能好、产肉产毛性能佳、羊肉无膻味等性能^[4],但是其生产性能不能很好适应当前市场经济需求^[5],逐渐成为西藏目前绵羊主要改良地方类群^[3]。

目前西藏河谷型绵羊研究工作主要集中在饲养管理、放牧、品种选育及种质资源调查等方面^[4,6-7],有关西藏河谷型绵羊的体型评价研究资料仍然比较匮乏。国内外相关研究表明,表观性状测量可用于描述家畜形态结构^[8-10],与传统称重及感官方式评定分级相比,体质量与体尺指标线性拟合回归能更完整地描述家畜个体与群体^[11-12]。在传统育种方案计划中,通过测量表型指标予以遗传参数进行关联性评估,此外,也用于预测家畜体质量^[13],然而,运用指标预测体质量时往往不是单一指标,而是多个指标,且各个指标间存在多重共线性问题,易造成结论不唯一的情况^[14]。主成分分析作为一种多变量分析方法,可以处理性状相互间自相关的问题^[15],通过减少指标内相关的关系重叠变量重新提取新的变量,使新的变量在不两两相关的情况下,用部分变量解释原始变量所蕴含的信息^[16],其目的是减少数据量及增加解释数据方便性,这一分析方法已在描述家畜形态结构研究方面得到了应用^[17]。一些研究人员以家畜体质量与体尺指标为研究基础,利用主成分分析提取影响动物个体之间的差异因素^[9,18-21],如Salako等^[12]对0~14个月龄乌达羊利用主成分分析对其体型描述时将测量指标减少为占总解释度75%的两个主要成分,并指出第一主成分代表身体大小,第二主成分表示身体形状;而Okpeku等^[22]利用主成分分析提取因子预测山羊体质量,指出合成的因子得分系数用于预测山羊体质量比原来利用线性回归方法更准确。

本实验以西藏浪卡子县的河谷型藏绵羊成年母羊为研究对象,通过其体质量、体尺指标,研究其表型指标相互关系,探讨各指标对河谷型藏

绵羊表型总维度变异的贡献率,同时采用主成分分析提取的因子代替原有的形态指标预测其体质量,期望可以减弱表型指标之间内相关的消极影响,客观评价形态结构,增强对群体的整体把握,为西藏河谷型绵羊种质资源保护与开发利用提供理论基础。

1 材料与方法

1.1 研究区域概况

研究地点为西藏浪卡子县,位于南部的喜马拉雅山中段北麓,东经90°22'~91°05',北纬28°46'~29°11',海拔4 500 m以上,属于高原温带半干旱季风气候区^[23]。暖季与冷季转换时间为10—11月(青藏高原冷季与暖季划分以0℃为界限)^[24],放牧区域是高寒草原及高寒草甸草原,草地植被组成主要以莎草—禾本科^[25]为主,有藏北嵩草(*Kobresia littledalei*)、高山嵩草(*Kobresia pygmaea*)、鸭茅(*Dactylis glomerata*)、黑穗画眉草(*Eragrostis nigra*)、紫花针茅(*Stipa purpurea*)等,农区主要种植青稞、小麦、豌豆、土豆等农作物及燕麦、苜蓿等饲草。浪卡子县家畜物种有牦牛(*Bos grunniens*)^[25]、绵羊(*Ovis aries*)、犏牛、黄牛(*Bos taurus*)、马(*Equus caballus*),放牧方式为混牧,但以牦牛、犏牛、绵羊为主,该区域活动的野生动物有喜马拉雅旱獭(*Marmota himalayana*)^[25]、高原鼠兔(*Ochotona curzoniae*)、大鵟(*Buteo hemilasius*)、黑颈鹤(*Grus nigricollis*)和野驴(*Equus hemionus*)等。

1.2 实验材料

为避免体质量个体差异对数据造成影响,根据走访调查发现,西藏河谷型绵羊群体体况在冷暖交替时较为稳定。实验材料为随机选取的154只24月龄以上体质健康、发育良好的成年母羊。

1.3 测量方法

用乐祺LQ-T1电子秤称量西藏河谷型绵羊体质量(精度0.01 kg);使用软尺测量胸围、腹围、管围、头长、头宽、耳长(精度为0.1 cm);用羊测杖测量体高、体长、臀高、臀长、胸宽、胸深(精度为0.1 cm)。具体变量定义见表1。

1.4 数据分析

用Excel 2019对测量的体质量、体尺指标数

据进行整理,利用SPSS 21 软件对体质量、体尺指标进行表型相关分析,以 $p<0.05$ 为显著水平进行判断,结果用平均值±标准差表示,并以相关系数为基础做通径分析和分解相关系数,最后对所测量表型指标进行主成分分析,确定提取因子数量(保留特征值>1 的因子)^[15],衡量逐步多元回归与表型测量主成分提取因子预测体质量的模型优劣。

表1 河谷型藏绵羊测量指标及英文缩写

测量指标	英文全称	英文缩写
体质量	Body weight	BW
体长	Body length	BL
体高	Whither height	WH
腹围	Abdominal perimeter	AP
胸围	Heart girth	HG
臀高	Rump height	RH
臀长	Rump length	RL
胸深	Thorax depth	TD
胸宽	Chest breadth	CB
臀宽	Rump width	RW
管围	Shin circumference	ShC
头长	Head length	HL
头宽	Head width	HW
耳长	Ear length	EL

2 结果分析

2.1 体质量正态分布检验

根据正态分布检验(K-S、W 检验)显示,两种检验结果显著性均为 $p>0.05$,所以体质量服从正态分布(表2)。

表2 河谷型藏绵羊体质量正态性检验

指标	Kolmogorov-Smirnov 检验			Shapiro-Wilk 检验		
	统计量	自由度	显著性	统计量	自由度	显著性
BW	0.052	154	0.200*	0.987	154	0.154

2.2 河谷型藏绵羊各形态性状统计及相关性分析

本研究发现,154 只河谷型藏绵羊各性状变异系数见表3,分别为:胸宽20.15%,臀宽19.03%,体质量17.26%,耳长14.88%,头宽12.84%,头长12.74%,胸围9.59%,腹围9.32%,胸深9.09%,体长8.73%,体高8.61%,臀长8.43%,管围7.36%,臀高6.04%。其中胸宽变异幅度最大,臀高变异幅度最小,各项表型指标除胸围、腹围、胸深、体长、体高、臀长、管围、臀高外,其余指标变异系数≥10%,表明河谷型藏绵羊成年母羊个体差异不大,表型比较统一。

表3 河谷型藏绵羊体质量和体尺指标的表型统计量

指标	平均值±标准差	标准误差	变异系数/%
BW	26.76±4.62	0.37	17.26
BL	57.73±5.04	0.41	8.73
WH	51.81±4.46	0.36	8.61
AP	82.60±7.70	0.62	9.32
HG	74.82±7.18	0.58	9.59
RH	53.02±3.20	0.26	6.04
RL	17.82±1.50	0.12	8.43
TD	23.21±2.11	0.17	9.09
CB	15.78±3.18	1.05	20.15
RW	12.48±2.37	0.19	19.03
ShC	6.12±0.45	0.04	7.36
HL	14.91±1.90	0.15	12.74
HW	10.94±1.41	0.11	12.84
EL	10.28±1.53	0.45	14.88

注:表中除BW 的平均值±标准差的单位为kg 外,其余指标的平均值±标准差的单位均为cm。

对河谷型藏绵羊成年母羊各表型指标与体质量进行表型相关性分析,结果见表4。体长、体高、腹围、胸围、臀高、臀长、胸深、胸宽、臀宽、管围、头宽与体质量呈极显著正相关($p<0.01$),耳长与体质量呈显著正相关($p<0.05$),头长与体质量无相关性。各表型性状与体质量相关系数从大到小依次为:腹围>胸宽>臀宽>胸围>胸深>臀高>体长>体高>管围>头宽>臀长>耳长。

表4 河谷型藏绵羊表型性状间的相关系数

指标	BW	RL	WH	AP	HG	RH	RL	TD	CB	RW	ShC	HL	HW	EL
RW	1													
RL	0.406**	1												
WH	0.355**	0.314**	1											
AP	0.677**	0.289**	0.231**	1										
HG	0.539**	0.298**	0.13	0.685**	1									
RH	0.458**	0.292**	0.477**	0.327**	0.285**	1								
RL	0.234**	0.393**	0.149	0.147	0.218**	0.281**	1							
TD	0.487**	0.284**	0.332**	0.341**	0.243**	0.312**	0.144	1						
CB	0.584**	0.215**	0.221**	0.451**	0.341**	0.303**	0.084	0.324**	1					
RW	0.544**	0.155	0.109	0.477**	0.342**	0.189*	0.064	0.359**	0.634**	1				
ShC	0.266**	0.251**	0.214**	0.233**	0.273**	0.342**	0.272**	0.179*	0.082	-0.003	1			
HL	0.138	-0.288**	0.098	0.248**	0.257**	0.086	-0.188*	0.256**	0.128	0.078	-0.017	1		
HW	0.241**	-0.216**	0.166*	0.349**	0.327**	0.075	-0.166*	0.241**	0.132	0.254**	-0.044	0.600**	1	
EL	0.160*	-0.144	0.171*	0.206*	0.169*	0.055	0.035	0.158	0.053	0.045	0.084	0.421**	0.346**	1

注:表中**表示极显著相关($p<0.01$);*表示显著相关($p<0.05$)。

2.3 表型性状对体质量的通径分析

本实验研究共测量14个表型指标,除头长形态指标与体质量无相关性外,其余指标对体质量影响均有相关性且达到显著性水平($p<0.05$,表4)。对自变量回归系数进行显著性检验(表5)和对拟合模型进行F检验(表6)时,检验结果显示,腹围、胸宽、胸深、臀高、体长这5个表型指标具有统计学意义,因此选择这5个表型指标进行通径分析,结果显示,腹围对体质量直接作用最大,体长对体质量直接作用最小。分析各指标间接通径系数发现,胸宽对体质量的间接作用最大,其下依次为胸深、臀高、腹围、体长;此外,胸宽、胸深、臀高、体长对体质量的间接作用大于直接作用(表7)。

表5 标准化系数(偏回归系数)

变量	非标准化回归系数	标准化回归系数	显著性	VIF
常量	-27.111±4.358			
AP	0.244±0.035	0.407	<0.001	1.400
CB	0.390±0.083	0.269	<0.001	1.340
TD	0.386±0.121	0.176	0.002	1.258
RH	0.214±0.079	0.148	0.008	1.243
BL	0.125±0.049	0.137	0.011	1.179

表6 多元回归方程的方差分析

项目	总平方和	自由度	均方	F	显著性
回归	2 096.045	5	419.209	53.149	<0.001
残差	164.346	148	7.887		
总计	3 263.39	153			

表7 河谷型藏绵羊体质量和体尺指标的通径分析

指标	相关系数	通径系数
CB	0.584	0.269
TD	0.487	0.176
RH	0.458	0.148
AP	0.677	0.408
BL	0.406	0.137

2.4 表型性状对体质量的决定作用

表型指标对体质量决定系数见表8。对角为单一表型指标对体质量决定系数,其余为两个指标对体质量的共同决定系数。结果显示,就单一指标而言,腹围>胸宽>胸深>臀高>体长,总决定系数=单一指标决定系数+共同指标决定系数=0.643,由总决定系数推算出剩余因子为0.597。可见利用逐步回归分析,统计学意义上的一些指标并未能全部考虑进去,需要进一步研究分析。

表8 河谷型藏绵羊形态性状与体质量的决定系数

指标	CB	TD	RH	AP	BL
CB	0.072	0.031	0.024	0.099	0.016
TD		0.031	0.016	0.049	0.014
RH			0.022	0.039	0.012
AP				0.166	0.032
BL					0.019
总决定系数				0.643	
剩余项决定系数				0.357	
剩余因子				0.597	

2.5 主成分分析

Kaiser-Meyer-Olkin 对河谷型藏绵羊成年母羊抽样适度性检验结果为 0.801, 另外用 Bartlett's Test 对其检验($\lambda^2=783.220, p<0.001$), 结果显示利用各表型指标进行主成分分析是可信的。

经 Varimax 旋转后, 由 14 个表型指标测量值的相关矩阵得出主成分分析结果, 其系数对应每一个指标与特定主成分因子相对贡献, 共提取了 4 个特征值大于 1 的因子(PC1、PC2、PC3、PC4), 总方差为 65.19%(表 9)。第 1 个因素 PC1 解释了总方差的 34.471%, 其特征向量皆呈正相关, 其中腹围、胸围、臀高、胸深、胸宽和臀宽等向量指标呈强正相关; 第 2 个因素 PC2 解释了总方差的 16.036%, 特征向量体长、臀长呈负相关, 而头长、头宽特征向量为正相关; 第 3 个因素 PC3 占总方差的 10.089%; 第 4 个因素 PC4 受体高负相关影响, 占总方差的 7.591%。

2.6 逐步多元回归与主成分提取因子预测体质量的模型比较

利用表型指标及主成分提取因子预测体质量见表 10。多元回归分析结果显示, 腹围对体质量解释度为 45.8%, 随着在模型中逐步加入胸宽、胸深、臀高、体长等表型体尺指标, 模型解释率逐步增加为 64.2%。使用 PC1 作为体质量唯一预测因子, 对体质量解释度为 73.4%, 随着 PC2、PC3 因子的加入, 其解释度增加到了 76.2%。结果显示, 随着预测因子数量增加, 标准误逐渐降低, 回归方程拟合系数增加, 模型准确性不断提高, 可见自变量增加有助于提高模型准确性。在利用相同表型指标情况下, 由主成分提取因子预测体质量的解释度

要优于用原始指标直接进行拟合。因此, 基于本实验所测量表型指标预测体质量最优拟合回归方程为: $BW=26.760+3.957PC1-0.678PC3-0.384PC2$ ($R^2=0.762$)。

表 9 体质量与体尺指标性状的特征根、贡献率、特征向量

项目	PC1	PC2	PC3	PC4	公因子方差
BW	0.857	-0.083	-0.147	-0.006	0.762
BL	0.449	-0.647	0.006	0.018	0.620
WH	0.495	-0.135	0.420	-0.539	0.730
AP	0.793	0.107	-0.136	0.307	0.754
HG	0.699	0.075	-0.038	0.527	0.773
RH	0.591	-0.256	0.318	-0.258	0.583
RL	0.311	-0.526	0.249	0.270	0.508
TD	0.616	0.037	0.069	-0.351	0.509
CB	0.657	-0.005	-0.462	-0.194	0.683
RW	0.620	0.087	-0.583	-0.112	0.745
ShC	0.374	-0.319	0.462	0.279	0.532
HL	0.306	0.758	0.249	-0.005	0.730
HW	0.395	0.720	0.100	0.011	0.684
EL	0.276	0.489	0.432	0.098	0.512
特征根	4.406	2.245	1.412	1.063	
贡献率/%	31.471	16.036	10.089	7.591	
累计贡献率/%	34.47	47.507	57.596	65.187	

表 10 河谷型藏绵羊原始体尺指标及主成分提取因子与体质量的多元逐步回归分析

模型	拟合方程	R ²	SE
测量指标	M1 BW=0.406AP-6.786	0.458	3.411
	M2 BW=0.311AP+0.508CB-6.967	0.556	3.1
	M3 BW=0.277AP+0.436CB+0.509TD-14.832	0.602	2.944
	M4 BW=0.257AP+0.398CB+0.435TD+0.249RH-24.063	0.626	2.86
	M5 BW=0.244AP+0.390CB+0.386TD+0.214RH+0.125BL-27.111	0.642	2.809
主成分	P1 BW=26.760+3.957PC1	0.734	0.518
	P2 BW=26.760+3.957PC1-0.678PC3	0.755	0.498
	P3 BW=26.760+3.957PC1-0.678PC3-0.384PC2	0.762	0.492

3 讨论

表型指标异质性受品种、性别、身体部位、生长发育阶段、环境等因素影响^[26],不同表型性状的异质性具有差异,如胸围、腹围易受到肠道充盈的影响,而头长、头宽、尾长等指标则变化相对较小。本研究中体长、体高、腹围、胸围、臀高、臀长、胸深、胸宽、臀宽、管围、头宽与体质量呈极显著性正相关($p < 0.01$),其他研究人员也报道了类似的研究结果^[27-30]。在相关性分析结果中,头长、耳长与其他身体性状之间相关性较低或无,Mavule等^[15]也有类似报道,指出这些性状由非加性遗传效应决定,受环境因素影响小,类似这种指标在育种选择过程中不会显著改善体质量和其他具有重要经济性状的指标^[15]。

对各指标的回归系数及拟合模型显著性检验和F检验来看,胸宽、胸深、臀高、腹围、体长在本研究中具有统计学上的意义,利用通径分析将其分解为影响体质量的直接作用与间接作用。结果显示,腹围对体质量的直接作用最大,体长对体质量的直接作用最小,胸宽对体质量的间接作用最大,体长、腹围对体质量的间接作用最小,且胸宽、胸深、臀高、体长指标的间接作用大于直接作用,与田亚磊等^[31]和王志明等^[32]对豫西脂尾羊、甘肃高山细毛羊报道的研究分析结果相似。通径系数大小直接反应表型指标与体质量相关程度^[33],在不同地域品种羊研究中,胸宽、胸深这一表型指标对体质量具有较强的直接作用和间接作用,经常作为估计体质量的重要指标,研究人员推测其原因可能是由于肌肉、脂肪、骨骼结构共同促成了胸宽、胸深的形成^[14],由此可见,受加性效应影响大的表型指标可显著性影响体质量。

主成分分析可描述家畜形态结构以及说明表型性状如何影响动物总体形态结构^[12],如有些表型指标与身体大小有关,有些表型指标与身体形状有关。本研究里,研究结果显示,与PC1主要相关表型指标(腹围、胸围、臀高、胸深、胸宽、臀宽)是描述家畜体型大小的形态指标,与PC2相关联的表型指标(头长、体长、头宽)是描述长度及头部大小的指标,该结果与Salako^[12]研究结论相似,其指出PC1与体格大小有关,而PC2与体型形状有关,这样的报道结果在家兔研究中也得到了发现^[14]。同时,Mavule研究指出,南非祖鲁羊尾长、耳长对主成分

因子贡献小^[15],本研究发现头长、头宽、耳长的贡献率相比于其他指标较小,可知用类似的性状作为筛选依据,对体质量几乎没有影响。

目前研究还指出^[15],在按照测量标准测量家畜表型指标足够多的情况下,由这些变量提取的主成分因子,每一个主成分分别代表了动物相应的身体部位,即PC1代表体格、PC2代表体型形状、PC3代表头部,本研究中所得到的结论既有相似也有区别,即PC1代表体格、体型,PC2代表头部,体格、体型并未在因子分析中分离出来,推测其原因可能与河谷型藏绵羊表型有关。实际生产过程中,改善家畜体型外貌是提高生产力方式之一^[12],鉴于头部大小这些性状由非加性遗传效应决定较大,对改善体质量几乎没有多大帮助,可通过与体格、体型的呈强正相关的一些指标进行定向选育,以此提高河谷型藏绵羊生产力。

体质量历来是育种改良基本目标之一,所有性状选择在一定程度上是为增加家畜体质量,基于这样的过程,需要我们对性状间相关性有所了解,以便在应用选择时更好地考虑这些性状。在利用体尺指标来预测体质量的这项研究中,不少研究人员认为,胸围、胸宽、胸深指标与体质量有很高的相关系数,均可作为预测体质量的唯一指标^[8,34],但是考虑到表型指标间存在多重共线性问题,在利用线性拟合回归时,其结果是置信度偏低。利用正交且不相关PCA因子来预测体质量,本研究得出,相比于直接用表型指标进行拟合解释度更优,误差更低。

4 结论

河谷型藏绵羊成年母羊的体长、体高、腹围、胸围、臀高、臀长、胸深、胸宽、臀宽、管围、头宽与体质量呈极显著正相关;运用体尺指标预测体质量,在统计学上具有意义的指标为腹围、胸宽、胸深、臀高、体长,其中胸宽对体质量的间接作用最大,胸宽、胸深、臀高、体长对体质量的间接作用大于直接作用;对14个表型指标提取的前2个主成分因子为体格大小、头部大小,使用成分因子(PC1、PC2、PC3)预测河谷型藏绵羊成年母羊的体质量比直接利用表型指标进行线性回归拟合更准确。

参考文献:

- [1] 孙晓萍,刘建斌,袁超,等.藏绵羊高海拔适应性及生产性能分析[J].今日畜牧兽医,2018,34(4):50-52.
- [2] 张松荫.中国绵羊地方品种的形成探讨[J].中国养羊,1985(2):3-6.

- [3] 央金.彭波半细毛羊新品种种质特性研究[D].北京:中国农业科学院,2012.
- [4] 李建国.畜牧学概论[M].北京:中国农业出版社,2010.
- [5] 西藏自治区农牧厅,西藏自治区畜牧总站.西藏畜禽品种遗传资源[M].北京:中国农业大学出版社,2010.
- [6] 李瑜鑫,王宏辉,王建洲,等.无角陶赛特羊杂交改良西藏河谷型绵羊试验[J].中国草食动物,2007(4):35-36.
- [7] 王宏辉,王昆山,李瑜鑫.藏东南河谷型绵羊舍饲和放牧行为的观察[J].家畜生态,2001(3):39-41,47.
- [8] TAYE M, ABEBE G, GIZAW S, et al. Traditional management systems and linear body measurements of Washera sheep in the western highlands of the Amhara National Regional State, Ethiopia [J].Livestock Research for Rural Development, 2010,22(8):169.
- [9] OGAH D M. Assessing size and conformation of the body of Nigerian indigenous Turkey. Slovak [J].Slovak Journal of Animal Science, 2011,44:21-27.
- [10] YAKUBU A A. Fixing collinearity instability in the estimation of body weight from morpho-biometrical traits of West African Dwarf goats[J].Trakia Journal of Sciences, 2009,7(2):61-66.
- [11] RIVA J, RIZZI R, MAELLI S, et al. Body measurements in Bargamasca sheep[J].Small Ruminant Research, 2004,55:221-227.
- [12] SALAKO A E. Principal component factor analysis of the morph structure of immature Uda sheep[J].International Journal of Morphology, 2006,24(4):571-574.
- [13] 许鑫.不同品种绵羊体重与体尺指标的相关回归分析[D].兰州:甘肃农业大学,2017.
- [14] YAKUBU A, AYOADE J. Application of principal component factor analysis in quantifying size and morphological indices of domestic rabbits[J].International Journal of Morphology, 2009,27(4):1013-1017.
- [15] MAVULE B S, MUCHENJE V, BEZUIDENHOUT C C, et al. Morphological structure of Zulu sheep based on principal component analysis of body measurements [J]. Small Ruminant Research, 2013,111(1-3):23-30.
- [16] MORRISON D F. Multivariate Statistical Methods [M]. New York: McGraw-Hill Company, 1976.
- [17] 白俊艳,张省林,徐廷生,等.豫西脂尾羊体尺指标的聚类 and 主成分分析[J].黑龙江畜牧兽医,2011(23):56-58.
- [18] 吴金华,李庆山,谭淑雯,等.不同日龄樱桃谷鸭体质量与体尺性状的主成分分析[J].河南农业科学,2020,49(7):139-145.
- [19] KARIMA A, SHAHIN SOLIMAN A M, MOUKHTAR A E. Sources of shared variability for the egyptian buffalo body shape (conformation) [J].Livestock Production Science, 1993,36(4):323-334.
- [20] 张力,肖天放,王长康.莆田黑鸭体型性状的主成分分析[J].云南农业大学学报,2009,24(4):562-565,579.
- [21] 徐晓莉,杨章平,刘贤慧,等.7个绵羊群体形态及生态特征的主成分分析[J].家畜生态学报,2012,33(5):16-19.
- [22] OKPEKU M, YAKUBU A, PETERS S O, et al. Application of multivariate principal component analysis to morphological traits of goats in southern Nigeria [J].Acta argiculturae Slovenica, 2011,98(2):101-109.
- [23] 刘智能,潘刚,张红锋,等.西藏高海拔地区园林植物调查与应用研究——以浪卡子县为例[J].天津农业科学,2015,21(8):155-159.
- [24] 杨瑜峰,江灏,牛富俊,等.青藏高原暖季与冷季气温的时空演变分析[J].高原气象,2007(3):496-502.
- [25] 于明鑫,扎西甲措,德庆措姆,等.日多及羊湖区域高原鼠兔 (*Ochotona curzoniae*) 洞穴密度与植被特征的相关性初探[J].高原科学研究,2019,3(1):79-86.
- [26] 罗建川,王强军,张彦,等.贵州杂交绵羊体重体尺及血液生化指标测定与分析[J].安徽农业大学学报,2015,42(5):715-720.
- [27] 叶昌辉,谢为天,何启聪.雷州山羊成年母羊体重及体尺指标的回归分析[J].四川畜牧兽医,2001(11):19-21.
- [28] 田亚磊,高腾云,白继武,等.河南小尾寒羊体尺与体重的相关性分析[J].中国畜牧兽医,2009,36(11):200-202.
- [29] 海占忠,逯来章.加什科羊成年母羊体重及体尺指标的回归分析[J].黑龙江畜牧兽医,2009(15):53-54.
- [30] 杨智青,丁海荣,陈应江,等.徐淮山羊及波徐杂交一代体重体尺的相关性研究[J].家畜生态学报,2007(3):53-56.
- [31] 田亚磊,高腾云,陈碾管,等.豫西脂尾羊体尺与体重的相关性分析[J].江西农业学报,2009,21(5):111-113.
- [32] 王志明,王婕姝,王毅,等.甘肃高山细毛羊体重与体尺指标的相关性研究[J].浙江农业学报,2016,28(1):28-32.
- [33] 梁小鹏,张振良.新疆也木勒白羊公羊体尺指标对体重影响力的分析[J].新疆农业科学,2019,56(4):740-748.
- [34] KUNENE N W, BEZUIDENHOUT C C, NSAHLAI V. Determination of prediction equations for estimating body weight of Zulu (Nguni) sheep[J].Small Ruminant Research, 2009,84(1):41-46.