DOI:10.13300/j.cnki.cn42-1648/s.2026.09.003

陕北白绒山羊体重与体尺性状的相关性分析

陈京哲[1,2],马艾兵[3],郝婷婷[4],李托[1,2],李陇平[1,2*]

1.陕西省陕北绒山羊工程技术研究中心,陕西榆林 719000;

2.榆林大学现代农学院,陕西榆林 719000;

3.榆林市横山区名羊科技养殖有限责任公司,陕西横山 719100;

4.绥德县枣林坪镇农牧综合服务站,陕西绥德 718003

摘要 [目的]针对陕北白绒山羊体重与体尺性状,建立两性状间相关性的最优回归方程,为陕北白绒山羊的品种选育提供科学依据。[方法]2025年3—5月选取陕西榆林市横山区80个陕北白绒山羊养殖场户共计713只陕北白绒山羊(公羊61只,母羊652只),分别对其体重及体尺性状进行测定,运用相关分析和通径分析,构建回归方程。[结果]陕北白绒山羊体高、体斜长、胸围、胸深、胸宽、管围、荐高与体重均呈极显著正相关($P<0.01$),公羊体高(X_1)与体重(Y)的相关性最高(r=0.570),母羊体斜长(X_2)与体重(Y)的相关性最高(r=0.509);通径分析发现,公羊体高(X_1)对体重的直接作用最大(r=0.435),荐高(X_7)对体重的间接作用最大,为0.380,且主要通过体高(X_1)起作用;母羊胸围(X_3)对体重的直接作用最大(r=0.284),胸深(X_4)对体重的间接作用最大,为0.199,且主要通过胸围(X_3)起作用;公羊回归模型为$Y=0.228X_1+0.303X_2+0.486X_3$($r$=0.969,$P<0.01$),母羊回归模型为$Y=0.264X_1+0.446X_2+0.206X_3+0.178X_4$($r$=0.942,$P<0.01$)。[结论]公羊体高和母羊胸围主要通过直接作用影响体重,公羊胸深和母羊体斜长主要通过间接作用影响体重。针对陕北白绒山羊体重的选育改良,需兼顾体高、胸围、胸深和体斜长等体尺性状的选择。

关键词 陕北白绒山羊;体重;体尺;相关性分析;选育改良;生长性能

Correlation between body weight and body size of northern Shaanxi white cashmere goats

Chen Jingzhe[1,2], Ma Aibing[3], Hao Tingting[4], Li Tuo[1,2], Li Longping[1,2*]

1.Shaanxi Province Engineering & Technology Research Center of Cashmere Goat, Yulin 719000, China; 2.College of Life Sciences, Yulin University, Yulin 719000, China;

3.Yulin Hengshan Mingyang Technology Breeding Co., Ltd., Hengshan District, Shaanxi Province, Hengshan 719100, China;

4.Zaolinping Town Agricultural and Pastoral Comprehensive Service Station, Suide County, Shaanxi Province, Suide 718003, China

收稿日期:2026-05-12

基金项目:秦创原榆林产业创新聚集区“四链”融合项目(SLRH-2025-07)“羊产业创新聚集区——陕北白绒山羊高繁高效养殖技术研究”;榆林市横山区发展改革和科技局重点科技计划项目(YF2025-06)

作者简介:陈京哲,女,2001年生,硕士研究生。*通信作者:李陇平,男,1985年生,博士,副教授。

Abstract　[Objectives]Through The correlation between body weight and body size of northern Shaanxi white cashmere goats was studied and the optimal regression equation between body weight and body size was established to provide a scientific basis for the breeding of northern Shaanxi white cashmere goats. [Methods] 713 northern Shaanxi white cashmere goats including 61 rams and 652 ewes from 80 northern Shaanxi white goat farms in Hengshan District, Yulin City, Shaanxi Province were used to measure the body weight and body size from March to May 2025. The regression equation was constructed with correlation analysis and path analysis.[Results] The body height, body length, chest circumference, chest depth, chest width, cannon circumference and recommended height of northern Shaanxi white cashmere goats were significantly positively correlated with the body weight($P<0.01$). The correlation between body height (X_1) and body weight (Y) of rams was the highest (r=0.570), and the correlation between body length (X_2) and body weight (Y) of ewes was the highest (r=0.509). The direct effect of ram body height (X_1) on body weight was the largest (r=0.435), and the indirect effect of recommendation height (X_7) on body weight was the largest (0.380), which was mainly through body height (X_1). The chest circumference (X_3) of ewes had the greatest direct effect on body weight (r=0.284), and the chest depth (X_4) had the greatest indirect effect on body weight (0.199), mainly through the chest circumference (X_3). The regression model of rams was Y=0.228X_1+0.303X_2+0.486X_3 (r=0.969, $P<0.01$), and the regression model of ewes was Y=0.264X_1 + 0.446X_2 + 0.206X_3+0.178X_4 (r=0.942, $P<0.01$). [Conclusions] The body height of rams and the chest circumference of ewes mainly affected the body weight through direct effects, and the chest depth of rams and the body length of ewes mainly affected the body weight through indirect effects. The selection of body size including body height, chest circumference, chest depth and body length should be taken into account in the breeding and improvement of body weight of northern Shaanxi white cashmere goats.

Keywords　northern Shaanxi white cashmere goat; body weight; body size; correlation analysis;breeding and improvement; growth performance

陕北白绒山羊是辽宁绒山羊与陕北黑山羊杂交培育而成的优良品种，生长性能较好，具有耐粗饲及适应性强等优点。作为陕北地区养羊业的主导品种，2025年仅榆林市饲养量就达1 000万只，养殖规模巨大，该产业极大地促进了当地农业经济发展和农民增收。在育种和生产实践中，体重与体尺性状既是衡量品种选育成效的关键指标，也是评估饲养管理水平的重要依据[1]，研究其相关性对品种选育具有重要指导意义。田亚磊等[2]研究发现太行黑山羊体重与胸围、体斜长、胸深等显著相关；高晔等[3]研究指出陕北白绒山羊的胸围、体长、腰角宽、荐高和胸深是重要选育指标；李陇平等[4]研究发现陕北白绒山羊公羊和母羊，通过直接作用影响产绒量的是体重，通过间接作用影响产绒量的则是公羊的胸围和母羊的体斜长；李胜开等[5]对隆林山羊进行研究，证实了体重与体高、体斜长、胸围和管围呈极显著正相关；杨燕等[6]、白雅琴等[7]和陆会宁等[8]均强调胸围对山羊体重具有重要影响。然而，目前针对陕北白绒山羊体重与体尺性状相关性的大群体系统研究鲜有报道，限制了陕北白绒山羊进一步选育提高。本研究以陕北白绒山羊为研究对象，采用相关分析、回归分析及通径分析等统计方法，探究体重与各项体尺性状间的相关性，分别建立公羊、母羊体重的最优回归方程，旨在为陕北白绒山羊定向选育与科学繁育提供参考依据。

1　材料与方法

1.1　试验对象及饲喂管理

2025年3月至5月选取榆林市横山区80个陕北白绒山羊养殖场户，共计713只陕北白绒山羊，年龄范围为1～7岁，其中公羊61只、母羊652只。所有实验羊均为舍饲状态下农户养殖，养殖规模在100～300只以内。饲料配方主要由玉米籽实30%、玉米秸秆35%、苜蓿10%、沙打旺10%、豆秸5%、紫穗槐5%和玉米芯5%构成；营养水平包括：消化能9.20～11.05 MJ/d、粗蛋白质98.85～126.18 g/d、钙

6.75～9.52 g/d、磷 3.65～6.50 g/d，按要求做好常规疫苗免疫。

1.2 测定项目

利用卷尺、测杖、电子秤，参照刘文忠等[9]的方法，分别测定羊体重（Y）、体高（X_1）、体斜长（X_2）、胸围（X_3）、胸深（X_4）、胸宽（X_5）、管围（X_6）和荐高（X_7）各项指标，并计算变异系数[10]。变异系数≤10%为弱变异，10%～100%为中等变异，≥100%为高度变异。

1.3 数据统计及分析

采用Excel 2019整理数据，按“平均值±标准差”表示，并用SPSS 26.0进行统计分析。参考文献[4]的方法，以体高、体斜长、胸围、胸深、胸宽、管围和荐高7个体尺指标为自变量，体重为因变量，通过Pearson相关分析，计算性状间相关系数；通过通径分析，解析各性状对体重的直接和间接影响，建立多元一次方程组计算各性状对体重的直接通径系数（P_i），各体尺性状（X_i）与体重（Y）的表型相关系数（r_{iy}）可分为两部分：一是体尺性状对体重的直接作用（P_i）；二是该性状通过其他体尺性状（X_j）对体重的间接作用（$\sum r_{ij}P_j$），满足 $r_{iy}=P_i+\sum r_{ij}P_j$[11-12]。通过逐步回归分析，构建体重指标与各体尺性状间的最优回归拟合方程。

2 结果与分析

2.1 体重与体尺的变化规律

由表1可知，公羊体高（X_1）变异系数较小，为弱变异；体斜长（X_2）、胸围（X_3）、胸深（X_4）、胸宽（X_5）、管围（X_6）、荐高（X_7）和体重（Y）变异系数较大，均为中等变异；母羊体高（X_1）、体斜长（X_2）、胸深（X_4）、管围（X_6）和荐高（X_7）变异系数较小，为弱变异，而胸围（X_3）、胸宽（X_5）和体重（Y）变异系数相对较大，其中，胸宽（X_5）变异系数最大，为18.95%，说明胸围、胸宽和体重有较大的选择和改良潜力。

表1 陕北白绒山羊公母羊体重与体尺性状的表型参数

项目	公羊		母羊	
	测定值	变异系数/%	测定值	变异系数/%
体高/cm	66.29±6.11	9.22	59.22±3.34	5.63
体斜长/cm	81.04±8.89	10.98	71.37±5.51	7.72
胸围/cm	99.36±15.05	15.14	86.36±9.69	11.22
胸深/cm	35.69±4.84	13.55	30.84±2.87	9.30
胸宽/cm	26.16±4.74	18.13	22.07±4.18	18.95
管围/cm	10.06±1.44	14.35	8.12±0.64	7.83
荐高/cm	68.54±7.28	10.62	61.20±3.67	5.99
体重/kg	59.91±11.96	19.96	43.76±5.42	12.39

2.2 各性状指标的相关性分析

由表2和表3可知，陕北白绒山羊体尺与体重均呈极显著正相关（$P<0.01$）。公羊体高（X_1）与体重的相关性最高，相关系数为0.570，其次为胸围和体斜长，胸深最低（0.428）。母羊体斜长（X_2）与体重的相关性最高，相关系数为0.509，其次为胸深和胸围，胸宽最低（0.252）。

2.3 体尺性状与体重的关系及贡献大小

陕北白绒山羊公羊体尺性状方程组如下：

表2 陕北白绒山羊公羊体重和体尺性状的表型相关系数

性状	体高	体斜长	胸围	胸深	胸宽	管围	荐高	体重
体高	—							
体斜长	0.786**	—						
胸围	0.690**	0.748**	—					
胸深	0.716**	0.715**	0.712**	—				
胸宽	0.661**	0.696**	0.667**	0.603**	—			
管围	0.716**	0.765**	0.743**	0.689**	0.653**	—		
荐高	0.873**	0.747**	0.673**	0.687**	0.639**	0.680**	—	
体重	0.570**	0.525**	0.559**	0.428**	0.463**	0.484**	0.497**	—

注：“—”表示无相关性分析。“**”表示极显著相关（$P<0.01$）；“*”表示相关性显著（$P<0.05$）。下同。

$$P_yX_1+0.786P_yX_2+0.690P_yX_3+0.716P_yX_4+0.661P_yX_5+0.716P_yX_6+0.873P_yX_7=0.570$$

$$0.786P_yX_1+P_yX_2+0.748P_yX_3+0.715P_yX_4+0.696P_yX_5+0.765P_yX_6+0.747P_yX_7=0.525$$

$$0.690P_yX_1+0.748P_yX_2+P_yX_3+0.712P_yX_4+0.667P_yX_5+0.743P_yX_6+0.673P_yX_7=0.559$$

$$0.716P_yX_1+0.715P_yX_2+0.712P_yX_3+P_yX_4+0.603P_yX_5+0.689P_yX_6+0.687P_yX_7=0.428$$

$$0.661P_yX_1+0.696P_yX_2+0.667P_yX_3+0.603P_yX_4+P_yX_5+0.653P_yX_6+0.639P_yX_7=0.463$$

表3　陕北白绒山羊母羊体重与体尺性状的表型相关系数

性状	体高	体斜长	胸围	胸深	胸宽	管围	荐高	体重
体高	—							
体斜长	0.621**	—						
胸围	0.469**	0.522**	—					
胸深	0.579**	0.585**	0.701**	—				
胸宽	0.469**	0.316**	0.220**	0.316**	—			
管围	0.479**	0.535**	0.552**	0.527**	0.340**	—		
荐高	0.879**	0.574**	0.449**	0.592**	0.300**	0.470**	—	
体重	0.424**	0.509**	0.429**	0.470**	0.252**	0.378**	0.407**	—

$0.716P_yX_1+0.765P_yX_2+0.743P_yX_3+0.689P_yX_4+0.653P_yX_5+P_yX_6+0.680P_yX_7=0.484$

$0.873P_yX_1+0.747P_yX_2+0.673P_yX_3+0.687P_yX_4+0.639P_yX_5+0.680P_yX_6+P_yX_7=0.497$

陕北白绒山羊母羊体尺性状方程组如下：

$P_yX_1+0.621P_yX_2+0.469P_yX_3+0.579P_yX_4+0.469P_yX_5+0.479P_yX_6+0.879P_yX_7=0.424$

$0.621P_yX_1+P_yX_2+0.522P_yX_3+0.585P_yX_4+0.316P_yX_5+0.535P_yX_6+0.574P_yX_7=0.509$

$0.469P_yX_1+0.522P_yX_2+P_yX_3+0.701P_yX_4+0.220P_yX_5+0.552P_yX_6+0.449P_yX_7=0.429$

$0.579P_yX_1+0.585P_yX_2+0.701P_yX_3+P_yX_4+0.316P_yX_5+0.527P_yX_6+0.592P_yX_7=0.470$

$0.469P_yX_1+0.316P_yX_2+0.220P_yX_3+0.316P_yX_4+P_yX_5+0.340P_yX_6+0.300P_yX_7=0.252$

$0.479P_yX_1+0.535P_yX_2+0.552P_yX_3+0.527P_yX_4+0.340P_yX_5+P_yX_6+0.470P_yX_7=0.378$

$0.879P_yX_1+0.574P_yX_2+0.449P_yX_3+0.592P_yX_4+0.300P_yX_5+0.470P_yX_6+P_yX_7=0.407$

对上述方程组求解，得到以下通径系数：

公羊：P_yX_1=0.435；P_yX_2=0.068；P_yX_3=0.342；P_yX_4=−0.131；P_yX_5=0.047；P_yX_6= −0.007；P_yX_7= −0.009；

母羊：P_yX_1=0.055；P_yX_2=0.038；P_yX_3=0.284；P_yX_4=0.161；P_yX_5=0.021；P_yX_6=0.068；P_yX_7=0.049。

由表4可知，公羊体高（X_1）对体重（Y）的直接作用最为突出，为0.435，其后依次是胸围（0.342）、体斜长（0.068），胸深最小（−0.131）；荐高（X_7）主要通过体高（X_1）发挥间接作用影响体重（Y）。由表5可知，母羊胸围（X_3）对体重（Y）的直接作用最为突出，为0.284，其次是胸深（0.161）、管围（0.068），胸宽最小（0.021）；胸深（X_4）主要通过胸围（X_3）发挥间接作用（0.199）影响体重（Y）。

表4　陕北白绒山羊公羊体尺与体重相关系数的剖分

性状		体高	体斜长	胸围	胸深	胸宽	管围	荐高
相关系数		0.570	0.525	0.559	0.428	0.463	0.484	0.497
直接作用		0.435	0.068	0.342	−0.131	0.047	−0.007	−0.009
间接作用	体高		0.341	0.300	0.311	0.288	0.311	0.380
	体斜长	0.053		0.051	0.049	0.047	0.052	0.051
	胸围	0.236	0.256		0.244	0.228	0.254	0.231
	胸深	−0.094	−0.094	−0.093		−0.079	−0.090	−0.090
	胸宽	0.031	0.033	0.031	0.027		0.031	0.030
	管围	−0.005	−0.005	−0.005	−0.005	−0.005		−0.005
	荐高	−0.008	−0.007	−0.006	−0.006	−0.006	−0.006	
	合计	0.213	0.524	0.278	0.62	0.473	0.552	0.597

2.4　体重与体尺的回归关系

由表6、表7和表8可见，公羊体重与各性状间的回归方程为 $Y=0.228X_1+0.303X_2+0.486X_3$（模型3），偏回归系数 r=0.969，可决系数 R^2=0.939；母羊体重与各性状间的的回归方程为 $Y=0.264X_1+0.446X_2+0.206X_3+0.178X_4$（模型7），偏回归系数 r=0.942，可决系数 R^2=0.887。对所得回归模型进行方差分析，差异极显著（$P<0.01$）；对上述回归模型的截距和偏回归系数进行显著性检验，结果表明均达到极显著水平（$P<0.01$）；说明陕北白绒山羊公羊和母羊拟合的回归方程模型效果较好，具有较强的参考价值。公羊和母羊回归方程分析得出 F 值分别为291.866和1 262.382（表8），均达到了极显著水平，说明形成的模型具有统计学意义。

表5 陕北白绒山羊母羊体尺与体重相关系数的剖分

性状		体高	体斜长	胸围	胸深	胸宽	管围	荐高
相关系数		0.424	0.509	0.429	0.470	0.252	0.378	0.407
直接作用		0.055	0.038	0.284	0.161	0.021	0.068	0.049
间接作用	体高		0.034	0.026	0.032	0.026	0.026	0.048
	体斜长	0.024		0.020	0.022	0.012	0.020	0.022
	胸围	0.133	0.148		0.199	0.062	0.157	0.128
	胸深	0.093	0.094	0.113		0.051	0.085	0.095
	胸宽	0.010	0.007	0.005	0.007		0.007	0.006
	管围	0.033	0.036	0.038	0.036	0.023		0.032
	荐高	0.043	0.028	0.022	0.029	0.015	0.023	
	合计	0.336	0.347	0.224	0.325	0.189	0.318	0.331

3 讨 论

本研究结果表明，陕北白绒山羊公羊体重（Y）和胸宽（X_5）的变异系数分别为19.96%和18.13%，母羊对应指标变异系数为12.39%和18.95%。二者在所有测定性状中变异系数最高，其余性状变异系数整体偏低。由此可见，陕北白绒山羊体重（Y）和胸宽（X_5）具有较高的选择和提升空间，这与张昕宁等[13]对和田羊的研究结果一致。李胜开等[5]在隆林山羊品种上的研究表明，体重的变异系数最大，且体重与体高、体长、胸宽性状呈正相关，经回归分析确立了以体高、体长、胸宽为核心变量的最优回归模型，充分印证了山羊体重性状普遍具有较高潜力。结合白雅琴等[7]在岷县黑裘皮羊以及陈永军等[14]在成年大足黑山羊品种上的研究，同样强调了胸宽性状对羊体重的关键影响，在裘皮羊与山羊品种中均具有重要选育价值，这与本研究结果吻合，验证了陕北白绒山羊以体重和胸宽为核心进行选育的可靠性。

相关性分析结果显示，陕北白绒山羊各项体尺性状与体重均呈极显著正相关，同时，体高、荐高、胸围、胸深体尺性状之间还相互影响，这一结果与杨燕等[6]对沂蒙黑山羊、陆会宁等[8]对兰州大尾羊×小尾寒羊杂交F1代、王昆[11]对阿尔巴斯白绒山羊以及张艺菲等[15]对燕山绒山羊的研究结果类似，表明胸围、体高等体尺性状与体重的强相关性在肉用及绒肉兼用型山羊中具有普遍性。因此，针对陕北白绒山羊新品系的选育改良工作，需对各性状指标进行系统评估与综合考量，从而实现最优化的遗传改良效果。

通径系数作为标准化偏回归指标，直观地揭示了2个变量间的相关性。本研究以陕北白绒山羊公母羊为研究对象，对性状相关系数进行剖分，结果表明，陕北白绒山羊公羊的体重及体尺指标均大于母羊，该结果与对藏绵羊[16]和柯尔克孜羊[17]体重和体尺相关分析研究结果一致。宋大军等[18]研究结果表明，简州大耳羊各年龄段对应平均体质量和平均体尺结果都显示公羊高于母羊，说明公羊具有比母羊更好的育肥性能。同时，不同性别群体中影响体重的主导因素存在显著差异，通径分析结果显示，体高（X_1）和胸围（X_3）在公羊群体中对体重（Y）的直接作用较强，而荐高（X_7）和体斜长（X_2）主要通过体高（X_1）间接影响体重。胸围（X_3）和胸深（X_4）在母羊群体中对体重（Y）的直接作用较强，而胸深（X_4）和管围（X_6）则主要通过胸围（X_3）间接影响体重。分析影响体重的直接因素和间接因素发现，影响体重的主要因素是体高（X_1），对体高（X_1）性状的选育有助于提高陕北白绒山羊的体重。此外，公羊荐高和体斜长以及母羊胸深和管围等间接作用性状的调控也需综合考量。值得注意的是，胸围性状在公母羊群体中均表现出显著的直接作用，这一发现与杨燕等[6]、白雅琴等[7]、陆会宁等[8]和热西提等[19]的研究结论相互印证，进一步证实了胸围是反刍家畜体重选育的通用关键指标，其发育水平直接反映肌肉、

表6 陕北白绒山羊体重与体尺的逐步回归模型

项目	模型	r	R^2	调整后 R^2	估计标准误	更改统计量				
						R^2	F值	df_1	df_2	P值
公羊	1	0.939	0.882	0.880	4.147 3	0.882	439.936	1	59	<0.01
	2	0.963	0.927	0.924	3.286 3	0.045	35.966	1	58	<0.01
	3	0.969	0.939	0.936	3.033 5	0.012	11.070	1	57	<0.01
母羊	4	0.873	0.763	0.763	2.640 3	0.763	2 078.926	1	646	<0.01
	5	0.913	0.833	0.833	2.215 4	0.070	272.561	1	645	<0.01
	6	0.932	0.868	0.868	1.971 5	0.035	170.427	1	644	<0.01
	7	0.942	0.887	0.886	1.826 7	0.019	107.139	1	643	<0.01

表7　陕北白绒山羊体重与体尺多元回归系数的参数估计值

项目	模型		未标准化系数		标准化系数	t值	P值
			B值	标准误SE	Beta		
公羊	1	常量	−14.250	3.575		−3.986	<0.01
		胸围(X_3)	0.746	0.036	0.939	20.975	<0.01
	2	常量	−31.536	4.041		−7.803	<0.01
		胸围(X_3)	0.451	0.057	0.568	7.956	<0.01
		体斜长(X_2)	0.575	0.096	0.428	5.997	<0.01
	3	常量	−41.021	4.695		−8.737	<0.01
		胸围(X_3)	0.386	0.056	0.486	6.913	<0.01
		体斜长(X_2)	0.407	0.102	0.303	3.998	<0.01
		体高(X_1)	0.446	0.134	0.228	3.327	<0.01
母羊	4	常量	−17.554	1.348		−13.018	<0.01
		体斜长(X_2)	0.859	0.019	0.873	45.595	<0.01
	5	常量	−22.089	1.164		−18.971	<0.01
		体斜长(X_2)	0.639	0.021	0.649	30.855	<0.01
		胸深(X_4)	0.657	0.040	0.347	16.509	<0.01
	6	常量	−34.088	1.385		−24.611	<0.01
		体斜长(X_2)	0.502	0.021	0.511	23.743	<0.01
		胸深(X_4)	0.531	0.037	0.280	14.446	<0.01
		体高(X_1)	0.433	0.033	0.265	13.055	<0.01
	7	常量	−33.345	1.285		−25.941	<0.01
		体斜长(X_2)	0.439	0.021	0.446	21.370	<0.01
		胸深(X_4)	0.336	0.039	0.178	8.635	<0.01
		体高(X_1)	0.430	0.031	0.264	13.999	<0.01
		胸围(X_3)	0.115	0.011	0.206	10.351	<0.01

表8　陕北白绒山羊体重和体尺多元回归方差分析

项目	模型	平方和	df	均方	F值	P值
公羊	1	7 566.923	1	7 566.923	439.936	<0.01
	2	7 955.346	2	3 977.673	368.315	<0.01
	3	8 057.214	3	2 685.738	291.866	<0.01
母羊	4	14 492.275	1	14 492.275	2 078.926	<0.01
	5	15 829.977	2	7 914.989	1 612.707	<0.01
	6	16 492.408	3	5 497.469	1 414.361	<0.01
	7	16 849.922	4	4 212.480	1 262.382	<0.01

骨骼及内脏器官的综合生长强度，具备稳定的遗传选择价值。同时，体高（公羊）和胸深（母羊）等性状也显示出独特的遗传贡献模式。

基于以上发现，建议在育种实践中采取差异化选择策略：对公羊应重点选择体高和胸围性状，而对母羊则应着重关注胸围和胸深性状。同时，需要统筹考虑各性状间相互作用，通过多性状综合选择来优化育种效果，提升品系的生长性能与遗传改良效率。

对公羊体重和其他各性状构建标准化回归方程模型，引入体高(X_1)和体斜长(X_2)和胸围(X_3)3项指标，证实上述性状对公羊体重(Y)存在显著影响，且胸围最高，表明胸围(X_3)可能是影响公羊体重(Y)的关键因素。对母羊体重和其他各性状构建标准化回归方程模型，引入体高(X_1)、体斜长(X_2)、胸围(X_3)和胸深(X_4)，综合回归系数对比来看体斜长(X_2)和体高(X_1)的系数最高，说明体斜长(X_2)和体高(X_1)可能是影响陕北白绒山羊母羊体重(Y)的主要因素。经统计分析得出，公羊体重与各性状回归方程复相关系数 r=0.969，P<0.01，可决系数 R^2 为0.939，母羊各性状与体重回归方程复相关系数 r=0.942，P<0.01，可决系数 R^2 为0.887。各项参数结果表明，构建的回归模型中引入的这些性状对陕北白绒山羊公羊和母羊的体重均具备较高决定作用，可分别解释陕北白绒山羊公羊体重变异的96.9%和母羊体重变异的94.2%。

方差分析（F值）结果显示，公羊和母羊分别为

291.866 和 1 262.382，均达到极显著水平，表明本研究得出的陕北白绒山羊公羊和母羊体重与各性状之间的模型具有统计学意义。由于体重属于多因素调控的复杂性状，除本研究涉及的体高、体斜长和胸围外，还要受其营养供给水平、生长发育规律、饲养管理模式、遗传背景等相关因素影响。比较分析发现，体斜长、体高和胸围性状在公母羊模型中均被保留，证实这 3 个性状对陕北白绒山羊体重变化具有普遍重要性。这一结果与前人的研究发现既有共同点也存在差异性：高晔等[3]研究结果也证实胸围和体斜长是重要指标，而蔡勇等[20]对兰州大尾羊、白俊艳等[21]对河南大尾羊以及王欣荣等[22]对南草地型藏羊的研究均表明体高和胸围这 2 个体尺性状可作为体重的筛选指标，本研究额外识别出体高和体斜长的协同作用，且明确公母羊主导性状存在性别分化——公羊以胸围为主导，母羊以体斜长与体高为核心驱动因子。造成这一差异的原因有 3 点：一是研究对象性别不同，高晔等[3]仅以母羊为试验材料，蔡勇等[20]仅以公羊为试验材料，均未开展对比试验；二是样本群体规模、年龄结构、饲养环境与测定季节存在差异；三是逐步回归方程中纳入的体尺指标不同。另外，马宁等[23]研究表明，绒山羊抓绒后体重遗传力（0.571）较高，且体重与产绒量有较高的遗传相关（0.713）和表型相关（0.476）。

综上，在分析陕北白绒山羊体重的影响因素时，要结合群体性别、饲养背景及筛选指标综合考量，同时应针对公母羊不同生理特性开展分群分析。陕北白绒山羊公母羊体重与体尺性状之间均存在极显著正相关性；陕北白绒山羊公羊和母羊胸围通过直接作用影响体重，公羊荐高和母羊胸深通过间接作用影响体重。陕北白绒山羊体重选育改良，需综合考量体高、胸围、胸深、体斜长等体尺性状。

参 考 文 献

[1] 于顺钦，华兴耀，陈军，等．阿山马鹿体重与体尺相关性分析[J]．特产研究，2025，47(2)：30-36.

[2] 田亚磊，朱东亮，张聪，等．太行黑山羊体重、体尺的相关性分析[J]．陕西农业科学，2009，55(5)：31-32.

[3] 高晔，闫海龙，冯平，等．陕北白绒山羊体尺与体重相关回归分析[J]．中国草食动物，2010，30(5)：30-32.

[4] 李陇平，游文佩，王旭辉，等．陕北白绒山羊产绒量与体尺性状、体重、绒长度、绒细度的相关性分析[J]．中国畜牧杂志，2025，61(5)：138-144.

[5] 李胜开，张勤，刘雨琪，等．隆林山羊周岁体重与体尺指标的相关性分析[J]．现代畜牧兽医，2016(1)：23-27.

[6] 杨燕，王冠东，吕慎金，等．沂蒙黑山羊成年母羊体重及体尺性状的回归分析[J]．中国草食动物科学，2017，37(6)：17-19.

[7] 白雅琴，汪绘纹，孙国虎．岷县黑裘皮羊体尺与体重的多元线性回归分析[J]．畜牧兽医杂志，2019，38(1)：78-80.

[8] 陆会宁，刘妍妍，张丽，等．兰州大尾羊×小尾寒羊 F1 代体重和体尺的相关性研究[J]．中国畜牧兽医，2019，46(6)：1628-1635.

[9] 刘文忠，徐银学．动物育种学实验教程[M]．北京：中国农业大学出版社，2007：26.

[10] 索效军，张年，熊琪，等．麻城黑山羊母羊体质量与体尺的回归分析[J]．东北农业大学学报，2013，44(12)：63-67.

[11] 王昆．阿尔巴斯白绒山羊体重与产绒量回归预测模型的研究[D]．呼和浩特：内蒙古大学，2023：27-29.

[12] 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.

[13] 张昕宁，杨存明，刘黎，等．和田羊体重与体尺指标的相关及回归分析[J]．中国畜牧杂志，2024，60(10)：142-146.

[14] 陈永军，赵中权，张家骅，等．成年大足黑山羊体重与体尺通径分析及最优回归模型的建立[J]．草食家畜，2008(3)：71-74.

[15] 张艺菲，韩聪，洪支林，等．燕山绒山羊绒细度与毛、绒性状间的相关、回归及通径分析[J]．中国畜牧杂志，2024，60(1)：183-187.

[16] 孙丽侠，卢曾奎，袁超，等．藏绵羊体重与体尺线性回归及相关性分析[J]．中国畜牧杂志，2024，60(11)：226-231.

[17] 侯晨曦，洪文娟，何宗龙，等．柯尔克孜羊体重与体尺指标的相关性、通径及逐步回归分析[J]．黑龙江畜牧兽医，2021(11)：59-62.

[18] 宋大军，陈龙斌，冯仕贵．简州大耳羊 30 月龄前的生长发育研究[J]．养殖与饲料，2025，23(2)：25-28.

[19] 热西提·阿不都热依木，何军敏，周靖航，等．萨福克母羊体尺和体重相关性分析[J]．黑龙江畜牧兽医，2017(17)：134-135.

[20] 蔡勇，王燕新，廖圆圆，等．兰州大尾羊体重和体尺的相关性研究[J]．家畜生态学报，2021，42(1)：20-24.

[21] 白俊艳，庞有志，王永伟．大尾寒羊体重与体尺的回归分析[J]．安徽农业科学，2007，35(15)：4537-4538.

[22] 王欣荣，吴建平，杨联，等．甘南草地型藏羊体质量与体尺指标的相关性研究[J]．甘肃农业大学学报，2011，46(5)：7-11.

[23] 马宁，李永军，宋雅芹，等．辽宁绒山羊主要经济性状遗传参数的估计[J]．吉林农业大学学报，2005，27(4)：446-448.

【责任编辑：赵琳琳】