



## 澳洲白羊体质量与体尺指标的相关及回归分析

施海娜<sup>1</sup>, 刘雨田<sup>1</sup>, 李世恩<sup>1</sup>, 张金霞<sup>1</sup>, 高 钰<sup>1</sup>,  
梁万鹏<sup>1</sup>, 朱正生<sup>1</sup>, 陈兆勇<sup>2</sup>, 李 凯<sup>2</sup>, 徐振飞<sup>1\*</sup>

(1. 庆阳市农业科学研究院, 甘肃 庆阳 745000; 2. 甘肃中盛农牧发展有限公司, 甘肃 庆阳 745000)

**摘 要:** [目的] 研究澳洲白羊体质量与体尺指标的相关及回归关系, 为肉羊新品种选育提供参考。[方法] 采用 SPSS19.0 软件对 6 月龄澳洲白羊体质量与体尺指标进行相关性分析、通径分析、逐步回归分析, 并对其相关系数进行分解, 得出了体质量与体尺指标之间的最优回归方程。[结果] 体质量( $y$ )与管围( $x_6$ )和胸围( $x_3$ )相关性极显著( $P < 0.01$ ), 其相关系数分别为 0.680, 0.501; 与体高( $x_1$ )相关性显著( $0.01 < P < 0.05$ ), 其相关系数为 0.393; 与体斜长( $x_2$ )、胸深( $x_4$ )和胸宽( $x_5$ )相关性不显著( $P > 0.05$ )。胸围( $x_3$ )和管围( $x_6$ )是影响其体质量( $y$ )的主要因素, 且体高( $x_1$ )、体斜长( $x_2$ )、胸围( $x_3$ )、胸深( $x_4$ )主要是通过管围( $x_6$ )对体质量产生间接作用, 胸宽( $x_5$ )和管围( $x_6$ )主要是通过胸围( $x_3$ )对体质量产生间接作用。澳洲白羊体质量( $y$ )和体尺指标之间的最优回归方程为  $y = -39.698 + 0.355x_3 + 5.064x_6$  ( $R = 0.752, P < 0.05$ ), 标准化后的回归方程为  $y = 0.334x_3 + 0.585x_6$  ( $F = 18.815, P < 0.01$ )。[结论] 建立了澳洲白羊体质量与胸围和管围之间的最优回归模型。

**关键词:** 澳洲白羊; 体质量; 体尺; 相关性分析; 通径分析; 逐步回归分析

**中图分类号:** S816 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-9111(2021)01-0077-06

“澳洲白”是澳大利亚第 1 个利用现代基因测定手段培育的品种。该品种集成了白杜泊绵羊、万瑞绵羊、无解道赛特羊和特克赛尔羊等品种基因, 通过对多个品种羊特定肌肉生长基因标记和抗寄生虫基因标记的选择 (MyoMAX, LoinMAX, WormSTAR), 培育而成的专门用于与杜泊绵羊配套的, 属于粗毛型的中、大型肉羊品种, 于 2009 年 10 月在澳大利亚注册。其特点是体型大、生长快、成熟早、全年发情, 有很好的自动换毛能力。在放牧条件下 5~6 月龄可达到 23 kg 胴体, 舍饲条件下, 该品种 6 月龄胴体重可达 26 kg, 且脂肪覆盖均匀, 板皮质量具佳。澳洲白在我国已多次引入, 截至 2017 年甘肃省已引入发展数量达到 2 000 只以上<sup>[1]</sup>。此品种使养殖者能够在各种养殖条件下用作三元配套的终端父本, 可以产出在生长速率、个体重量、出肉率和出栏周期短等方面理想的商品羔羊。

家畜体尺数据直接反映了家畜的体格大小和体

躯结构、发育等情况, 与家畜的生理机能、生产性能、抗病力以及对外界环境条件的适应能力等密切相关。国内外学者针对有关澳洲白羊种羊饲养管理技术和杂交改良地方品种试验等方面的研究较多<sup>[2-11]</sup>, 但对其体质量与体尺指标相关性及其回归分析研究尚缺乏报道。本文通过对以湖羊为受体采用胚胎移植技术扩繁的澳洲白羊体质量与其体尺指标进行测定, 初步掌握澳洲白羊的生长发育情况, 并进行了相关性分析、通径分析、逐步回归分析以及对其表型相关系数分解, 探究其体尺指标与体质量的关系, 建立体质量与其体尺指标之间的最优回归方程, 以期能为将来的肉羊新品种选育工作提供参考数据。

### 1 材料与方法

#### 1.1 试验动物

试验动物澳洲白羊为 2017 年 9 月底在甘肃中盛华美羊业西峰羊场 (以湖羊为受体, 从天津奥群

收稿日期: 2020-08-26 修回日期: 2020-09-12

基金项目: 2020 年度甘肃省重点人才项目“庆阳市肉羊选育体系构建人才项目”; 甘肃省现代农业科技支撑体系区域创新中心重点科技项目“陇东旱塬草羊循环农业关键技术与模式应用”(2019GAAS45-2)

作者简介: 施海娜 (1988—), 女, 畜牧师, 主要从事动物遗传育种与繁殖、地方畜禽种质资源保护、畜牧技术应用与推广等工作。

\* 通讯作者: 徐振飞 (1986—), 男, 高级畜牧师, 主要从事动物营养与饲料科学、畜牧养殖技术推广工作。

公司购买的纯种澳洲白 A 级冷冻胚胎)采用胚胎移植技术所产,年龄为 6 月龄左右,健康状况良好。

## 1.2 测定项目

随机抽取 32 只(公母羊各 16 只)健康羊只对其进行体质量( $y$ )、体尺( $x_i$ )测定。体质量称量用电子秤,精度为 0.01 kg。体尺指标测量参考家畜育种学<sup>[12]</sup>,测量工具为测杖、卷尺,测量指标包括体高( $x_1$ )、体斜长( $x_2$ )、胸围( $x_3$ )、胸深( $x_4$ )、胸宽( $x_5$ )和管围( $x_6$ )。

## 1.3 数据处理

采用 Excel 2007 对所测数据进行初步整理,用 SPSS 19.0 统计分析软件进行相关性分析、通径分

析、逐步回归分析,并对相关系数进行分解,建立体质量与体尺指标之间的最优回归方程。试验数据均以平均数  $\pm$  标准差表示。

## 2 结果与分析

### 2.1 体质量与体尺指标的表型统计量

表 1 为澳洲白羊体质量与体尺指标的表型统计量。由表 1 可见,体质量( $y$ )的变异系数最大,为 10.0%;其次为胸宽( $x_5$ )、胸深( $x_4$ )、管围( $x_6$ )、胸围( $x_3$ )、体斜长( $x_2$ ),其变异系数分别为 7.0%, 6.1%, 5.3%, 4.8%, 4.6%;体高( $x_1$ )的变异系数最小,为 4.2%。

表 1 澳洲白羊体质量与体尺指标的表型统计量

| 指标     | 体质量/kg | 体高/cm | 体斜长/cm | 胸围/cm | 胸深/cm | 胸宽/cm | 管围/cm |
|--------|--------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|
| 平均数    | 49.13  | 65.71 | 69.10  | 95.55 | 26.22 | 21.41 | 10.84 |
| 标准差    | 4.90   | 2.77  | 3.21   | 4.61  | 1.61  | 1.50  | 0.57  |
| 变异系数/% | 0.100  | 0.042 | 0.046  | 0.048 | 0.061 | 0.070 | 0.053 |

### 2.2 体质量与体尺指标的表型相关性分析

由表 2 可见,澳洲白羊体质量( $y$ )与胸围( $x_3$ )和管围( $x_6$ )相关性极显著( $P < 0.01$ ),与体高( $x_1$ )相关性显著( $0.01 < P < 0.05$ ),与体斜长( $x_2$ )、胸深( $x_4$ )和胸宽( $x_5$ )相关性不显著( $P > 0.05$ )。体质量( $y$ )与管围( $x_6$ )的表型相关系数最大,为 0.680;与

胸围( $x_3$ )、体高( $x_1$ )、体斜长( $x_2$ )、胸深( $x_4$ )、胸宽( $x_5$ )的表型相关系数为 0.501, 0.393, 0.314, 0.182, 0.154。其中体斜长( $x_2$ )与管围( $x_6$ )、胸围( $x_3$ )与胸宽( $x_5$ )相关性极显著( $P < 0.01$ ),其表型相关系数分别为 0.493, 0.450。

表 2 澳洲白羊体质量与体尺指标的表型相关系数

| 指标        | 体高 $x_1$ | 体斜长 $x_2$ | 胸围 $x_3$ | 胸深 $x_4$ | 胸宽 $x_5$ | 管围 $x_6$ | 体质量 $y$ |
|-----------|----------|-----------|----------|----------|----------|----------|---------|
| 体高 $x_1$  | 1        |           |          |          |          |          |         |
| 体斜长 $x_2$ | 0.291    | 1         |          |          |          |          |         |
| 胸围 $x_3$  | 0.272    | 0.177     | 1        |          |          |          |         |
| 胸深 $x_4$  | 0.079    | 0.006     | 0.240    | 1        |          |          |         |
| 胸宽 $x_5$  | -0.050   | 0.208     | 0.450**  | 0.110    | 1        |          |         |
| 管围 $x_6$  | 0.345    | 0.493**   | 0.286    | 0.313    | 0.074    | 1        |         |
| 体质量 $y$   | 0.393*   | 0.314     | 0.501**  | 0.182    | 0.154    | 0.680**  | 1       |

注: \* 表示相关性显著( $P < 0.05$ ), \*\* 表示相关性极显著( $P < 0.01$ )。

### 2.3 体质量与体尺指标之间的通径分析

为了进一步揭示体质量与体尺指标间的相关关系,对体质量、体尺指标进行了通径分析,用体尺指标与体质量的表型相关系数建立以通径系数为变量的多元一次方程组,方程组为:

$$P_1 + 0.291P_2 + 0.272P_3 + 0.079P_4 + 0.042P_5 - 0.050P_6 = 0.393$$

$$0.291P_1 + P_2 + 0.177P_3 + 0.006P_4 + 0.208P_5 + 0.493P_6 = 0.314$$

$$0.272P_1 + 0.177P_2 + P_3 + 0.240P_4 + 0.450P_5 + 0.286P_6 = 0.501$$

$$0.079P_1 + 0.006P_2 + 0.240P_3 + P_4 + 0.110P_5 +$$

$$0.313P_6 = 0.182$$

$$-0.050P_1 + 0.208P_2 + 0.450P_3 + 0.110P_4 + P_5 + 0.740P_6 = 0.154$$

$$0.345P_1 + 0.493P_2 + 0.286P_3 + 0.313P_4 + 0.740P_5 + P_6 = 0.680$$

用矩阵法对多元一次方程组进行求解,得到澳洲白羊体尺指标对体质量的通径系数分别为: $P_1 = 0.121$ ;  $P_2 = -0.081$ ;  $P_3 = 0.334$ ;  $P_4 = -0.099$ ;  $P_5 = -0.008$ ;  $P_6 = 0.614$ 。

### 2.4 体尺指标对体质量的相关系数分解

根据相关系数的组成效应,可将澳洲白羊各体尺指标( $x_i$ )与体质量( $y$ )的表型相关系数(皮尔森相关系数)分解为体尺对体质量的直接作用和该体

尺指标通过其他体尺性状对体质量的间接作用两部分。澳洲白羊体尺对体质量相关系数的分解见表 3。

由表 3 可知,澳洲白羊的管围( $x_6$ )对体质量的直接作用最大,为 0.614;胸深( $x_4$ )对体质量的直接作用最小,为 -0.099;体斜长( $x_2$ )对体重( $y$ )的综合间接作用最大,为 0.394;其次为体高( $x_1$ )、胸深( $x_4$ )、胸围( $x_3$ )、胸宽( $x_5$ ),分别为:0.271,0.209,0.167,0.161;管围( $x_6$ )的综合间接作用最小,为 0.066。各体尺指标对体质量的直接作用大小为:管围( $x_6$ )>胸围( $x_3$ )>体高( $x_1$ )>胸宽( $x_5$ )>体斜长( $x_2$ )>胸深( $x_4$ );各体尺指标对体质量的间接作

用大小为:体斜长( $x_2$ )>体高( $x_1$ )>胸深( $x_4$ )>胸围( $x_3$ )>胸宽( $x_5$ )>管围( $x_6$ )。可以看出,体高( $x_1$ )对体质量既有较强的直接作用,又有较强的间接作用;管围( $x_6$ )、胸围( $x_3$ )主要是通过直接作用对体质量产生影响,对体质量的间接作用较弱;体斜长( $x_2$ )、胸深( $x_4$ )主要是通过间接作用对体质量产生影响,对体质量的直接作用较弱;胸宽( $x_5$ )对体质量的直接作用、间接作用均较弱。体高( $x_1$ )、体斜长( $x_2$ )、胸围( $x_3$ )、胸深( $x_4$ )主要是通过管围( $x_6$ )对体质量产生间接作用,胸宽( $x_5$ )和管围( $x_6$ )主要是通过胸围( $x_3$ )对体质量产生间接作用。

表 3 澳洲白羊体尺对体质量相关系数的分解

| 自变量       | 对体质量<br>的相关系数 | 直接作用   | 间接作用        |              |             |             |             |             | 合计    |
|-----------|---------------|--------|-------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------|
|           |               |        | 体高<br>$x_1$ | 体斜长<br>$x_2$ | 胸围<br>$x_3$ | 胸深<br>$x_4$ | 胸宽<br>$x_5$ | 管围<br>$x_6$ |       |
| 体高 $x_1$  | 0.393         | 0.121  | —           | -0.024       | 0.091       | -0.008      | 0.000       | 0.212       | 0.271 |
| 体斜长 $x_2$ | 0.314         | -0.081 | 0.035       | —            | 0.059       | -0.001      | -0.002      | 0.303       | 0.394 |
| 胸围 $x_3$  | 0.501         | 0.334  | 0.033       | -0.014       | —           | -0.024      | -0.004      | 0.176       | 0.167 |
| 胸深 $x_4$  | 0.182         | -0.099 | 0.010       | 0.000        | 0.080       | —           | -0.001      | 0.192       | 0.209 |
| 胸宽 $x_5$  | 0.154         | -0.008 | -0.006      | -0.017       | 0.150       | -0.011      | —           | 0.045       | 0.161 |
| 管围 $x_6$  | 0.680         | 0.614  | 0.042       | -0.040       | 0.096       | -0.031      | -0.001      | —           | 0.066 |

2.5 体尺指标对体质量的逐步回归分析

2.5.1 体质量和各体尺指标整体回归分析模型

从表 4~6 中可以看出,体高( $x_1$ )、体斜长( $x_2$ )、胸深( $x_4$ )、胸宽( $x_5$ )、对体质量( $y$ )的影响不显著,

胸围( $x_3$ )、管围( $x_6$ )对体质量( $y$ )的影响显著,因此应该剔除自变量体高( $x_1$ )、体斜长( $x_2$ )、胸深( $x_4$ )、胸宽( $x_5$ )后,对因变量体质量( $y$ )与胸围( $x_3$ )、管围( $x_6$ )进行多元逐步回归分析。

表 4 体质量和各体尺指标整体回归分析模型

| 模型 | $R$                | $R^2$ | 调整 $R^2$ | 估计标准误 | 更改统计量 |       |        |        |       |
|----|--------------------|-------|----------|-------|-------|-------|--------|--------|-------|
|    |                    |       |          |       | $R^2$ | $F$   | $df_1$ | $df_2$ | 显著性   |
| 1  | 0.767 <sup>a</sup> | 0.588 | 0.489    | 3.505 | 0.588 | 5.945 | 6      | 25     | 0.001 |

注:a 为预测变量,常量,胸宽  $x_5$ ,管围  $x_6$ ,胸深  $x_4$ ,体高  $x_1$ ,体斜长  $x_2$ ,胸围  $x_3$ 。下同。

表 5 体质量和各体尺指标整体回归分析的多元回归方差分析

| 模型 | 平方和     | 自由度 | 均方     | $F$ 值 | $P$ 值              |
|----|---------|-----|--------|-------|--------------------|
| 1  | 438.149 | 6   | 73.025 | 5.945 | 0.001 <sup>a</sup> |

表 6 体质量和各体尺指标总体回归分析的多元回归系数参数估计值

| 模型 | 指标        | 非标准化系数  |        | 标准系数   | $t$    | 显著性   | $B$ 的 95% 置信区间 |       |
|----|-----------|---------|--------|--------|--------|-------|----------------|-------|
|    |           | $B$     | 标准误差   |        |        |       | 下限             | 上限    |
| 1  | 常量        | -39.588 | 21.446 | —      | -1.846 | 0.077 | -83.757        | 4.582 |
|    | 体高 $x_1$  | 0.214   | 0.256  | 0.121  | 0.838  | 0.410 | -0.312         | 0.741 |
|    | 体斜长 $x_2$ | -0.123  | 0.238  | -0.081 | -0.517 | 0.610 | -0.614         | 0.368 |
|    | 胸围 $x_3$  | 0.355   | 0.168  | 0.334  | 2.121  | 0.044 | 0.010          | 0.701 |
|    | 胸深 $x_4$  | -0.301  | 0.427  | -0.099 | -0.705 | 0.487 | -1.180         | 0.578 |
|    | 胸宽 $x_5$  | -0.027  | 0.496  | -0.008 | -0.054 | 0.957 | -1.049         | 0.995 |
|    | 管围 $x_6$  | 5.319   | 1.425  | 0.614  | 3.733  | 0.001 | 2.384          | 8.254 |

### 2.5.2 体质量和各体尺指标逐步回归分析模型

逐步回归分析即按自变量对因变量作用的显著程度,从大到小逐个引入回归方程,即将自变量的  $t$  值从大到小逐个引入回归方程。由表 6 可知,各个自变量的显著性由大到小依次为管围( $x_6$ ) > 胸围( $x_3$ ) > 体高( $x_1$ ) (不显著) > 胸深( $x_4$ ) (不显著) > 体斜长( $x_2$ ) (不显著) > 胸宽( $x_5$ ) (不显著),因此建

立了体质量( $y$ )和管围( $x_6$ )、胸围( $x_3$ )之间的回归分析模型 2,结果见表 7。由模型 2 所得到的方程为体质量( $y$ )和体尺指标之间的最优回归方程为  $y = -39.698 + 0.355x_3 + 5.064x_6$  ( $R = 0.752, P < 0.05$ , 表 7),标准化后的回归方程为  $y = 0.334x_3 + 0.585x_6$  (表 9),方差分析的  $F$  值为 18.815 (表 8),达到极显著水平 ( $P < 0.01$ )。

表 7 澳洲白羊体质量和胸围、管围指标逐步回归分析模型

| 模型 | $R$                | $R^2$ | 调整 $R^2$ | 估计标准误 | 更改统计量 |        |        |        |       |
|----|--------------------|-------|----------|-------|-------|--------|--------|--------|-------|
|    |                    |       |          |       | $R^2$ | $F$    | $df_1$ | $df_2$ | 显著性   |
| 1  | 0.680 <sup>a</sup> | 0.463 | 0.445    | 3.654 | 0.463 | 25.828 | 1      | 30     | 0.000 |
| 2  | 0.752 <sup>b</sup> | 0.565 | 0.535    | 3.344 | 0.102 | 6.805  | 1      | 29     | 0.014 |

注:a 为预测变量,常量,管围  $x_6$ ;b 为预测变量,常量,胸围  $x_3$ ,管围  $x_6$ 。下同。

表 8 体质量和胸围、管围指标逐步回归分析的多元回归方差分析

| 模型 | 平方和     | 自由度 | 均方      | $F$ 值  | $P$ 值              |
|----|---------|-----|---------|--------|--------------------|
| 1  | 344.763 | 1   | 344.763 | 25.828 | 0.000 <sup>a</sup> |
| 2  | 420.867 | 2   | 210.433 | 18.815 | 0.000 <sup>b</sup> |

表 9 体质量和胸围、管围指标逐步回归分析的多元回归系数参数估计值

| 模型 | 指标       | 非标准化系数  |        | 标准系数  | $t$    | 显著性   | $B$ 的 95% 置信区间 |        |
|----|----------|---------|--------|-------|--------|-------|----------------|--------|
|    |          | $B$     | 标准误差   |       |        |       | 下限             | 上限     |
| 1  | 常量       | -14.735 | 12.583 | —     | -1.171 | 0.251 | -40.432        | 10.963 |
|    | 管围 $x_6$ | 5.891   | 1.159  | 0.680 | 5.082  | 0.000 | 3.524          | 8.259  |
| 2  | 常量       | -39.698 | 14.975 | —     | -2.651 | 0.013 | -70.324        | -9.071 |
|    | 管围 $x_6$ | 5.064   | 1.107  | 0.585 | 4.573  | 0.000 | 2.799          | 7.329  |
|    | 胸围 $x_3$ | 0.355   | 0.136  | 0.334 | 2.609  | 0.014 | 0.077          | 0.633  |

## 3 讨 论

### 3.1 体质量和体尺指标的表型统计量

变异系数又称离散系数,它反映的是相关研究变量变化的相对程度指标。澳洲白羊的体质量与其体尺指标的变异系数由大到小依次为:体质量( $y$ ) > 胸宽( $x_5$ ) > 胸深( $x_4$ ) > 管围( $x_6$ ) > 胸围( $x_3$ ) > 体斜长( $x_2$ ) > 体高( $x_1$ ),体质量的变异系数为 10%,说明澳洲白羊的体质量变异幅度较大,体质量具有较大的选择与提高潜力。体高的变异系数最小,为 4.2%,说明体高的选择与提高潜力很小。

### 3.2 体质量与体尺指标的相关性分析

相关系数是用来衡量 2 个自变量或 1 个自变量与 1 个因变量之间相关程度的指标,由于在数据分析过程中笔者没有消除其他研究变量对这两个变量的影响,所以表型相关系数并不能够真实地反映 2 个自变量或自变量与因变量之间的相关关系,只能反映所研究的 2 个自变量或自变量与因变量之间的

综合作用程度。本文通过对澳洲白羊体质量与其体尺指标进行相关性分析,可以看出澳洲白羊体质量( $y$ )与胸围( $x_3$ )和管围( $x_6$ )相关性极显著 ( $P < 0.01$ ),与体高( $x_1$ )相关性显著 ( $0.01 < P < 0.05$ ),说明澳洲白羊胸围( $x_3$ )、管围( $x_6$ )和体高( $x_1$ )对体质量的影响较大,其表现为该体尺指标直接对体质量产生作用或通过其他体尺指标对体质量产生间接作用。在澳洲白羊的 6 个体尺指标中,体斜长( $x_2$ )与管围( $x_6$ )、胸围( $x_3$ )与胸宽( $x_5$ )相关性极显著 ( $P < 0.01$ ),这与王伟峰<sup>[13]</sup>对白萨福克、许鑫等<sup>[14]</sup>对杜泊羊、杨燕等<sup>[15]</sup>对沂蒙黑山羊、李胜开等<sup>[16]</sup>对隆林山羊以及王欣荣等<sup>[17]</sup>对甘南草地型藏羊等体质量与其体尺指标分析结果相类似,同时也十分符合澳洲白羊的大体型肉羊品种特点。说明澳洲白羊的各体尺指标是相互作用、相互联系的,选种时我们需要对澳洲白羊的各个体尺指标都要加以考虑,从而使得最终能达到最佳的选种效果。

### 3.3 体质量与其体尺指标间的通径分析及其相关系数的分解

通径系数表示自变量对因变量的直接作用大小,其真实地反映了2个变量间的直接相关程度,它是标准化的偏回归系数<sup>[18-19]</sup>。通过对体质量和各体尺指标之间的通径分析以及其相关系数的分解可以看出:6月龄澳洲白羊体质量( $y$ )与胸围( $x_3$ )和管围( $x_6$ )均表现出极显著相关性( $P < 0.01$ )。从表3中相关系数的分解中可以看出,体高( $x_1$ )对体质量的直接作用和间接作用均较强;管围( $x_6$ )、胸围( $x_3$ )主要是通过直接作用对体质量产生影响,对体质量的间接作用较弱;体斜长( $x_2$ )、胸深( $x_4$ )主要是通过间接作用对体质量产生影响,对体质量的直接作用较弱;胸宽( $x_5$ )对体质量的直接作用和间接作用均较弱。通过上述分析说明澳洲白羊的生长发育是一个复杂的有机整体,各指标间有着种种密切而复杂的联系。影响其体质量的因素不但多,而且影响途径亦不同。所以在选种过程中除了加强对体质量影响直接作用强的因素如澳洲白羊的管围、胸围选择的同时,也应该关注其他因素对体质量的作用。在选种时,可以参考本实验数据分析结果,即本实验所建立的澳洲白羊体质量与其体尺指标之间的最优回归方程,进行综合全面考虑,避免盲目选择,从而能达到最优的选种效果。

### 3.4 体尺指标对体质量的逐步回归分析

通过对澳洲白羊体质量与其体尺指标之间的逐步回归分析,得到它们之间的最优回归方程: $y = -39.698 + 5.064x_6 + 0.355x_3$  ( $R = 0.752$ ,  $P < 0.05$ ), 标准化后的回归方程: $y = 0.334x_3 + 0.585x_6$ , 方差分析的  $F$  值为 18.815, 达极显著水平 ( $P < 0.01$ )。体高( $x_1$ )、体斜长( $x_2$ )、胸深( $x_4$ )和胸宽( $x_5$ )回归系数显著程度不高( $P$  值均大于 0.05), 所以予以排除, 说明这4个体尺指标对澳洲白的体质量影响不明显。这与杨燕等<sup>[15]</sup>对沂蒙黑山羊、李胜开等<sup>[16]</sup>对隆林山羊以及王欣荣等<sup>[17]</sup>对甘南草地型藏羊的研究结果类似。而他们的回归方程中除了管围、胸围入选外,也入选了体高、体斜长、胸深等因素,这主要是由于羊的品种、饲养管理水平、生活环境等诸多因素不同而造成的。从方程可知,当胸围保持不变时,管围每增加1 cm,澳洲白羊的体质量增加0.585 kg;当管围保持不变时,胸围每增加1 cm,杜泊羊的体质量增加0.334 kg。回归方程中  $R^2 = 0.565$ , 说明该回归方程的回归平方和占总变异的56.5%, 回归方程显著存在,所选体尺指标对体质量有较大的决定作用,方程拟合度较高,具有一定的参考价值。剩余因子  $e = 1 - R^2 = 0.435$ , 说明对澳洲

白羊体质量产生影响的自变量不止管围、胸围,还有一些其他影响因素没有考虑到,因此下一步需要对影响澳洲白羊体质量的因素(包括澳洲白羊的体尺指标、营养水平、生存环境)进行全面分析。

## 4 结 论

在本试验条件下,6月龄澳洲白羊管围( $x_6$ )和胸围( $x_3$ )是影响其体质量的主要因素,体高( $x_1$ )、体斜长( $x_2$ )、胸围( $x_3$ )、胸深( $x_4$ )、主要是通过管围( $x_6$ )对体质量产生间接作用,胸宽( $x_5$ )和管围( $x_6$ ),主要是通过胸围( $x_3$ )对体质量产生间接作用。其体质量和体尺指标之间的最优回归方程  $y = -39.698 + 5.064x_6 + 0.355x_3$  ( $R = 0.752$ ,  $P < 0.05$ ), 标准化后的回归方程: $y = 0.334x_3 + 0.585x_6$  ( $F = 18.815$ ,  $P < 0.01$ )。

### 参考文献:

- [1] 陈广仁,潘晓荣,王晓平,等. 澳洲白在张掖地区的引种适应性观测[J]. 甘肃畜牧兽医,2017,47(8):75.
- [2] 张琴,马世林,杨磊,等. 澳洲白绵羊和黑杜泊羊与湖羊杂交试验初探[J]. 畜牧兽医杂志,2019,38(1):26-28.
- [3] 梁新亮,王丽,谢云龙,等. 西北高寒牧区不同湖羊杂交组合后代生长模型分析[J]. 草业科学,2018,35(12):3004-3012.
- [4] 王斌,吕以光,卢小芳,等. 澳洲白绵羊种羊饲养管理技术要点[J]. 畜牧兽医杂志,2018,37(4):76-78.
- [5] 刘明丽,张壮彪,孙波,等. 澳洲白与湖羊杂交 F1 代生长与肥育性能的研究[J]. 畜禽业,2018(5):1-3.
- [6] 孔令旋,杨新月,练志全,等. 杜泊羊、澳洲白绵羊与湖羊杂交效果的比较[J]. 畜牧与兽医,2018,50(8):6-10.
- [7] 韩战强,,刘长春,李鹏伟,等. 澳洲、杜湖杂交一代羊育肥效果观察及经济效益分析[J]. 黑龙江畜牧兽医,2018(20):78-79.
- [8] 王刚. 澳洲白种公羊饲养管理技术[J]. 当代畜牧,2017(15):8-9.
- [9] 潘晓荣,陈广仁,王晓平,等. 澳洲白、杜泊羊与小尾寒羊、湖羊杂交试验研究[J]. 甘肃畜牧兽医,2017,47(10):113-114.
- [10] 汤继顺,朱德建,陈胜,等. 澳洲白绵羊与小尾寒羊杂交 F1 代生产性能分析[J]. 畜牧与兽医,2016,48(9):58-61.
- [11] 张永东,王磊,严天元,等. 澳洲白羊、杜泊羊与小尾寒羊杂交效果研究[J]. 中国草食动物科学,2014,34(6):10-12.
- [12] 张沅. 家畜育种学[M]. 北京:中国农业出版社,2001.
- [13] 王伟峰. 白萨福克羊体重与体尺指标的相关及回归分析[J]. 中国草食动物科学,2017,37(5):14-17.
- [14] 许鑫,马友记,李东红,等. 杜泊羊体重与体尺指标的相关及回归分析[J]. 畜禽生产,2017,47(5):92-95.
- [15] 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):18.
- [16] 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):24.
- [17] 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):8.
- [18] 宋小园,朱仲元,刘艳伟,等. 通径分析在 SPSS 逐步线性回归中的实现[J]. 干旱区研究,2016,33(1):110.
- [19] 杜家菊,陈志伟. 使用 SPSS 线性回归实现通径分析的方法[J]. 生物学通报,2010,45(2):6.

## Correlation and Regression Analyses of the Body Weight and Body Sizes in Australian White Sheep

SHI Hai-na<sup>1</sup>, LIU Yu-tian<sup>1</sup>, LI Shi-en<sup>1</sup>, ZHANG Jin-xia<sup>1</sup>, GAO Yu<sup>1</sup>,  
LIANG Wan-peng<sup>1</sup>, ZHU Zheng-sheng<sup>1</sup>, CHEN Zhao-yong<sup>2</sup>, LI Kai<sup>2</sup>, XU Zhen-fei<sup>1\*</sup>

(1. Qingyang Academy of Agricultural Sciences, Qingyang, Gansu 745000;

2. Gansu Zhongsheng Agriculture and Animal Husbandry Development Co. Ltd, Qingyang, Gansu 745000)

**Abstract:** [Objective] To study the correlation and regression relationship of body weight and body size indicators in Australian white sheep and provide reference data for breeding sheep germplasm innovation application. [Method] The phenotypic correlations, path coefficients, direct and indirect correlations between the body weight and several body sizes of Australian white sheep were analyzed by SPSS 19.0 software. [Result] The cannon bone circumference ( $x_6$ ) and chest circumference ( $x_3$ ) showed significant correlations with the body weight at the 0.01 level. The phenotypic correlations were 0.680, 0.501. The body height ( $x_1$ ) showed significant correlations with the body weight at the 0.05 level and the phenotypic correlations were 0.393. The body length ( $x_2$ ), chest depth ( $x_4$ ) and chest width ( $x_5$ ) did not show significant correlations with the body weight at the 0.05 level. The chest circumference ( $x_3$ ) and cannon bone circumference ( $x_6$ ) are the main factors affecting the body weight. The body height ( $x_1$ ), body length ( $x_2$ ), chest circumference ( $x_3$ ) and chest depth ( $x_4$ ) had indirect influence by cannon bone circumference ( $x_6$ ) mainly. The chest width ( $x_5$ ) and cannon bone circumference ( $x_6$ ) had indirect influence by chest circumference ( $x_3$ ). The optimum regression equation between the body weight and body size in Australian white sheep was:  $y = -39.698 + 0.355 x_3 + 5.064 x_6$  ( $R = 0.752$ ,  $P < 0.05$ ) and the normalized form of it was:  $y = 0.334 x_3 + 0.585 x_6$  ( $F = 18.815$ ,  $P < 0.01$ ). [Conclusion] The optimal regression model was established between body weight and chest circumference and cannon bone circumference in Australian white sheep.

**Key words:** Australian white sheep; body weight; body size; correlation analysis; path analysis; stepwise analysis

(上接第 57 页)

- [38] MARWAN A A, MOUSA S A, SINGER A M. Impact of feeding exogenous fibrolytic enzymes (EFE) on digestibility, rumen fermentation, haemobiochemical profile and productive performance in buffalo calves[J]. International Journal of Veterinary Science, 2019, 8(3):127-133.
- [39] BAMPIDIS V, AZIMONTI G, BASTOS M DE L, et al. Efficacy of *Bacillus subtilis* DSM 28343 as a zootechnical additive (gut flora stabiliser) for calves for rearing[J]. EFSA Journal, 2019, 17(7): e05793.
- [40] KOCH C, GERBERT C, FRIETEN D, et al. Effects of ad libitum milk replacer feeding and butyrate supplementation on the

epithelial growth and development of the gastrointestinal tract in Holstein calves[J]. Journal of Dairy Science, 2019, 102(9): 8513-8526.

- [41] GRANJA-SALCEDO Y T, FERNANDES R M, DE ARAUJO R C, et al. Long-term encapsulated nitrate supplementation modulates rumen microbial diversity and rumen fermentation to reduce methane emission in grazing steers[J]. Frontiers in Microbiology, 2019, 10: 614.
- [42] NORONHA FILHO A D F, FREITAS S L R, RODRIGUES D F, et al. Characterization of ruminal acidosis and initial phase of laminitis induced by oligofructose in crossbred calves [J]. Pesquisa Veterinaria Brasileira, 2019, 39(2):99-106.

## Foreign Research Progress of Beef Cattle Feed Additives in 2019

CHE Da-lu, ZHAO Shou-pei, ZHAO Juan-juan, WANG Chao,  
CAO Yu-feng, GAO Yu-hong\*, LI Qiu-feng

(College of Animal Science and Technology, Hebei Agricultural University, Baoding, Hebei 071001)

**Abstract:** This paper collected the foreign feed additive articles of beef cattle in 2019, and were summered them mainly from five aspects including the feed microorganisms, minerals, oil, antibiotics and feed enzyme preparation. The effects of various feed additives on production performance, digestibility, rumen fermentation and gastrointestinal microflora of beef cattle were evaluated. Through understanding the research progress of beef cattle feed additives in foreign countries, comprehensively understand the current situation and development trend of beef cattle feed additives, so as to better guide the production of cattle industry.

**Key words:** beef cattle; feed microorganism; mineral substance; oil; antibiotic; enzyme preparation