

张掖肉牛体重依体尺变化的相关性分析

田春花¹, 王磊¹, 杨博¹, 马斌¹, 鞠伟国¹, 邵彩萍¹,
伏中方¹, 武泽文², 史玉萍¹, 宋建红¹, 王国栋³, 孔伟⁴

(1. 张掖肉牛育种技术工作组, 甘肃 张掖 734000; 2. 延边农业大学;

3. 北京联育肉牛育种科技有限公司; 4. 甘肃省家畜繁育改良管理站)

摘要:【目的】为明确肉牛体重因体尺的变化而发生变化的规律和变动范围, 为种牛选留和配种前的体况评定和体重估算提供一个参照依据。【方法】以张掖肉牛核心场性能测定的 197 头 12~18 月龄的公牛体重和体尺表型值为依据, 用 SPSS 19.0 软件分析体重与体尺间的相关和回归关系, 根据相关程度的不同用最小二乘法建立多元线性回归方程, 作为制定张掖肉牛种公牛选择标准和对育肥效果进行评估的依据。【结果】张掖肉牛体重与体高、十字高、体斜长、胸围、腹围、管围、睾丸围之间均存在极显著正相关关系($P < 0.01$)。其中: 体斜长(X_3)、胸围(X_4)、体高(X_1)和睾丸围(X_7)因相关系数间差异极显著而步进建成最优回归方程 $Y = -990.152 + 4.856 \times X_3 + 2.688 \times X_4 + 1.701 \times X_1 + 1.427 \times X_7$, 拟合度(R^2)达到了 0.903($P < 0.01$), 经检验, 该方程复相关关系极显著, 偏回归系数差异显著, 估计的标准差比实测标准差小, 具有统计学和实际意义。【结论】可作为舍饲条件下张掖肉牛选留和配种前的体况评定和体重估算的参照依据; 在育种实践中, 为提高种牛选择质量, 继续加强对体重选择的同时, 可考虑把体斜长、胸围、体高和睾丸围作为选育性状进行综合评价。

关键词: 张掖肉牛; 生长性状; 相关分析; 通径分析; 回归分析; 种牛选择

中图分类号: S823.8 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-9111(2023)04-0005-04

张掖作为全国重要的优质肉牛繁育基地, 立足优良的种质资源基础, 培育“张掖肉牛”新品种, 高度契合国家种业振兴的战略部署, 对促进我市牛产业高质量、高效益发展, 提升国家肉牛育种群制种供种能力具有重要意义。育种实践工作中, 由于公牛体格高大攻击性强, 体重、体尺测量需要投入大量的人力, 且受场地条件限制, 获得大量群体的准确数据难度较大。当前广泛应用的体重估计公式“胸围² X 体斜长/10 800”, 无法避免因性别、月龄和选育方向差异造成的误差, 准确性不够。因此, 有必要分析体重与体尺表型的相关关系, 运用逐步回归的方法制定体重估计回归模型, 为公牛的选择和育肥效果评估提供新方法。

1 材料与方法

1.1 实验牛

张掖肉牛核心育种场性能测定的体尺与体重实测数据, 测定人员相同, 试验牛为舍饲条件下培育 12~18 月龄公牛 197 头。

1.2 测定性状及方法

测量性状为体重(Y), 体高(X_1)、十字部高(X_2)、体斜长(X_3)、胸围(X_4)、腹围(X_5)、管围(X_6)和睾丸围(X_7) 8 项。将待测牛只赶进通道进入固定保定架内, 按照《肉牛性能测定技术手册》^[3]中相应性状的测定方法进行测定。

1.3 统计方法

采用 Excel 软件进行数据的初步统计, 然后运用 SPSS 进行齐性检验确定因变量服从正态分布后, 进行相关分析与线性回归分析, 并建立回归方程^[4]。

1.4 计算公式

相关系数

$$r = \frac{\sum xy - \sum x \times \sum y / n}{\sqrt{\sum x^2 - (\sum x)^2 / n} \times \sqrt{\sum y^2 - (\sum y)^2 / n}}$$

$$F \text{ 值} = \frac{r^2}{1(-r^2)/(n-2)}$$

多元线性回归的数学模型: 设 Y 为依变量, $X_1, X_2, \dots, X_m$ 为 m 个自变量, 则 y 对 $X_1, X_2, \dots, X_m$ 的多元线性回归模型为: $Y = \beta_0 + \beta_1 \times X_1 + \beta_2 \times X_2 + \dots +$

收稿日期: 2022-11-21 修回日期: 2023-02-20

基金项目: 甘肃省科技重大专项(21ZD11NG006); 甘肃省科技创新引导计划(21CX6NA042); 甘肃省农业科技项目(GNKJ-2-22-12)

作者简介: 田春花(1971—), 女, 高级畜牧师, 主要从事畜牧牛的遗传育种与繁殖研究工作。

$\beta_m \times X_m$ 公式中: β_0 为常数项 $\beta_j (j=1, 2, \dots, m)$ 为偏回归系数, 它的含义是当其他变量都固定不变时, 随着自变量 X_j 变化 1 个单位我们所期望的依变量 Y 的改变量。

2 结果与分析

2.1 主要体尺和体重性状的描述性统计

表 1 肉牛体重体尺性状的表型值统计量

性状	平均值($\bar{X}$)	标准差(S)	变异系数(C.V)
体重	538.32	96.32	17.89
体高	130.86	5.58	4.26
十字高	135.77	10.15	7.48
体斜长	154.02	4.96	3.22
胸围	190.13	13.58	7.14
腹围	218.34	17.94	8.23
管围	22.01	1.69	7.68
睾丸围	32.89	4.97	15.11

由表 1 可见, 12—18 月龄公牛体重和睾丸围 2

项性状表型值变异系数较大, 分别达到 17.89% 和 15.11%, 其它体尺的变异系数均小于 10%, 其中最大的为腹围, 达 8.23%。表明此时牛只骨架基本成型体尺发育比较整齐, 而体重和睾丸围 2 性状离散性较强具有一定的选育价值。

2.2 体尺和体重的 Pears 相关性分析^[5]

由表 2 可见, 测定的 8 项性状 Pearson 相关系数(r)均为正值, 表明各性状间均存在不同程度的正相关关系。其中: 体尺对体重的影响均为极显著正相关($P < 0.01$), 相关系数由大到小依次为体斜长(0.918)、胸围(0.883)、体高(0.823)、腹围(0.810)、十字部高(0.760)、管围(0.580)、睾丸围(0.235), 且除睾丸围之外均大于 0.5 为强相关; 对睾丸围的影响则为体重极显著正相关、胸围不显著, 其它均为显著相关, 相关系数由大到小依次为管围(0.477)、体重(0.235)、体斜长(0.200)、体高(0.186)、腹围(0.169)、十字高(0.159)、胸围(0.107), 均小于 0.5 为弱相关。

表 2 体重和体尺指标的 Pearson 相关性分析

	体重	体高	十字部高	体斜长	胸围	腹围	睾丸围	管围
体重	1.000	0.823 **	0.760 **	0.918 **	0.883 **	0.810 **	0.235 **	0.580 **
体高	0.823 **	1.000	0.937 **	0.817 **	0.772 **	0.790 **	0.186 *	0.582 **
十字高	0.760 **	0.937 **	1.000 **	0.757 **	0.715 **	0.781 **	0.159 *	0.583 **
体斜长	0.918 **	0.817 **	0.757 **	1.000	0.821 **	0.760 **	0.200 *	0.576 **
胸围	0.883 **	0.772 **	0.715 **	0.821 **	1.000	0.854 **	0.107	0.483 **
腹围	0.810 **	0.790 **	0.781 **	0.760 **	0.854 **	1.000	0.169 *	0.508 **
睾丸围	0.235 **	0.186 *	0.159 *	0.200 *	0.107	0.169 *	1.000	0.477 **
管围	0.580 **	0.582 **	0.583 **	0.576 **	0.483 **	0.508 **	0.477	1.000
体重		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
体高	0.000		0.000	0.000	0.000	0.000	0.004	0.000
十字高	0.000	0.000		0.000	0.000	0.000	0.013	0.000
体斜长	0.000	0.000	0.000		0.000	0.000	0.002	0.000
胸围	0.000	0.000	0.000	0.000		0.000	0.067	0.000
腹围	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		0.009	0.000
睾丸围	0.000	0.004	0.013	0.002	0.067	0.009		0.000
管围	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	

注: 表上三角为相关系数, 下三角为 P 值; 数据肩标 * * 表示相关极显著 ($P < 0.01$), 肩标 * 表示相关显著 ($0.01 < P < 0.05$), 无肩标表示相关不显著 ($P > 0.05$)。

2.3 公牛体重和体尺的逐步回归分析

由表 3~5 分析可见体重依体尺变化具有多元线性回归关系, 其中: 自变量体斜长 (X_3)、胸围 (X_4)、体高 (X_1) 和睾丸围 (X_7) 因偏回归系数检验显著进入回归模型, 十字高 (X_2)、腹围 (X_5) 和管围 (X_6) 因偏回归系数检验不显著逐步剔除^[6]。建成的回归模型 4:

$Y = -990.152 + 4.856 \times X_3 + 2.688 \times X_4 + 1.701 \times X_1 + 1.427 \times X_7$, 的复相关系数 (R) 和复相关指数 (R^2) 分别达 0.950 和 0.903, 标准差 (S) 为 30.315, 拟合效果最好; 说明依变量 (体重) 与 4 个

自变量 (体斜长, 腹围, 睾丸围, 体高) 之间有复相关关系和复回归关系存在, F 检验, 复相关系数高度显著。经方差分析偏回归系数 $P < 0.01$, 差异极显著, 具有统计学意义, 为最优回归模型。且标准化偏回归系数 (通径系数) 由大到小依次为体斜长 (0.512) > 胸围 (0.379) > 体高 (0.099) > 睾丸围 (0.074), 说明体斜长对体重的直接影响最大达 51.2%, 其次为胸围、体高、睾丸围; 睾丸围虽然影响小, 但当体斜长、胸围、体高固定不变时, 睾丸围增加 1 cm, 体重增加 1.427 kg (偏回归系数), 置信度 95% 置信区间取值为 0.547 ~ 2.306。

表 3 体重和体尺逐步法建立线性回归模型的系数及参数估值

模型		非标准化系数		标准系数		T 值	显著性	B 的 95.0% 置信区间		相关性(r)		
		回归系数 (B)	标准 误差	试用版	下限			上限	零阶	偏相关	部分相关	
1	常量	-803.450	41.580		-19.323	0.000	-885.455	-721.445				
	体斜长	8.712	0.269	0.918	32.339	0.000	8.180	9.243	0.918	0.918	0.918	
2	常量	-862.523	34.737		-24.830	0.000	-931.034	-794.012				
	体斜长	5.621	0.388	0.592	14.491	0.000	4.856	6.386	0.918	0.721	0.338	
3	胸围	2.814	0.290	0.397	9.708	0.000	2.243	3.386	0.883	0.572	0.227	
	常量	-891.353	34.930		-25.518	0.000	-960.246	-822.460				
4	体斜长	5.367	0.386	0.566	13.919	0.000	4.606	6.127	0.918	0.708	0.317	
	胸围	2.911	0.284	0.410	10.249	0.000	2.351	3.471	0.883	0.594	0.233	
5	睾丸围	1.509	0.450	0.078	3.353	0.001	.621	2.396	0.235	0.235	0.076	
	常量	-990.152	53.723		-18.431	0.000	-1096.114	-884.190				
6	体斜长	4.856	0.436	0.512	11.129	0.000	3.995	5.717	0.918	0.626	0.250	
	胸围	2.688	0.296	0.379	9.092	0.000	2.105	3.271	0.883	0.549	0.204	
7	睾丸围	1.427	0.446	0.074	3.200	0.001	0.547	2.306	0.235	0.225	0.072	
	体高	1.701	0.709	0.099	2.399	0.001	0.303	3.100	0.823	0.171	0.054	

表 4 回归模型拟合度分析

模型	R	R ¹	调整 ^R ²	估计的标 准误差	更改统计量				
					R ²	F	df1	df2	显著性
1	0.918 ^a	0.843	0.842	38.281	0.843	1045.82	1	195	0.000
2	0.946 ^b	0.894	0.893	31.486	0.051	94.239	1	194	0.000
3	0.949 ^c	0.900	0.898	30.686	0.006	11.244	1	193	0.000
4	0.950 ^d	0.903	0.901	30.315	0.003	5.758	1	192	0.000

注:依变量为体重。a. 预测变量: (常量), 体斜长。b. 预测变量: (常量), 体斜长, 胸围。c. 预测变量: (常量), 体斜长, 胸围, 睾丸围。d. 预测变量: (常量), 体斜长, 胸围, 睾丸围, 体高。R 复相关系数, R²复相关指数。

表 5 回归模型的方差分析

模型		平方和	Df	均方	F	显著性
1	回归	1 532 601.73	1	1 532 601.73	1 045.82	0.000 ^a
	残差	285 763.62	195	1 465.45		
	总计	1 818 365.35	196			
2	回归	1 626 031.27	2	813 015.63	820.06	0.000 ^b
	残差	192 334.08	194	991.41		
	总计	1 818 365.35	196			
3	回归	1 636 619.23	3	545 539.74	579.32	0.000 ^c
	残差	181 746.12	193	941.69		
	总计	1 818 365.35	196			
4	回归	1 641 910.60	4	410 477.65	446.64	0.000 ^d
	残差	176 454.75	192	919.04		
	总计	1 818 365.35	196			

2.4 回归模型验证

对 37 头 12~18 月龄的张掖肉牛公牛地磅实测的体重平均值为 545.37 kg,用模型 4 估算平均值为 543.98 kg,用“体重 = 胸围 × 胸围 × 体斜长/10 800”公式计算平均值为 532.41 kg,相差 1.39 kg 和 12.96 kg,误差率为 0.25% 和 2.3%。用逐步回归法建立的模型 4 估测平均值误差率比公式计算值小,更接近实测值,能够满足预测需要。

3 讨 论

(1)大量研究表明^[7-8],肉牛的体重与体斜长、体高、胸围等性状都具有显著相关和回归关系。王巍等^[9]的研究结果表明,蜀宣花牛体重与体高、体斜长、胸围、管围、坐骨端宽、腰角宽和十字部高指标间均呈极显著正相关($P<0.01$),王丹等^[10-11]的研究结果显示,新疆褐牛体重与体高、体斜长、胸围、腹围等指标间均呈极显著正相关($P<0.01$)。张掖肉

牛研究的相同性状与上述结果一致。但发现除体斜长、胸围、体高影响公牛体重之外, 睾丸围因其偏回归系数、通径系数和偏相关系数差异显著而步进成为直接影响体重的1个自变量建成回归模型具有重要的意义, 在育种实践中可作为种公牛选择的依据指导种牛的选择。

(2) 回归模型 $Y = -990.152 + 4.856 \times X_3 + 2.688 \times X_4 + 1.701 \times X_1 + 1.427 \times X_7$, 是以197头12~18月龄的公牛的表型数据为样本, 根据最小二乘法原理建成的, 满足估计误差平方和最小的要求, 其复相关系数(拟合度 R^2) 达到0.903, 表明公牛体重变化量的90.3%是由体斜长、胸围、体高和睾丸围决定的(即该回归模型中依变量的变异中由自变量所解释的变异占总变异量的90.3%), 剩余9.7%说明还有影响体重的其他因素未考虑到, 需要进一步的探索。

4 结 论

12~18公牛体重与体尺(体高、十字高、体斜长、胸围、腹围、管围和睾丸围)间均存在不同程度的正相关关系, 其中: 体斜长、胸围、体高和睾丸围4项偏回归系数差异显著与体重具有多元线性回归关系, 建成回归模型 $Y = -990.152 + 4.856 \times X_3 + 2.688 \times X_4 + 1.701 \times X_1 + 1.427 \times X_7$, 经检验具统计学意义, 可

用于舍饲条件下该阶段公牛体重的估算公式。在育种实践中对牛只体斜长、胸围、体高和睾丸围4性状进行综合评定排序选出理想的种牛; 在选择育肥牛只时以此作参照争取得到较好的育肥效果。

参考文献:

- [1] 张沅. 家畜育种学[M]. 2版. 北京: 中国农业出版社, 2018.
- [2] 邵彩萍, 伏中方, 马斌, 等. 张掖肉牛生长发育规律研究[J]. 中国牛业科学, 2019, 45(03): 8-13.
- [3] 全国畜牧总站. 肉牛性能测定技术手册[M]. 北京: 中国农业出版社, 2019.
- [4] 何晓群. 现代统计分析方法与应用[M]. 3版. 北京: 中国人民大学出版社, 2012.
- [5] 王雨峰, 蔡治华. 用最小二乘法原理估测黄牛体重[J]. 安徽农业科学, 2000, 40(3): 370-371.
- [6] 蔡治华. 最小二乘法在黄牛体重估测中的应用[J]. 黄牛杂志, 2000, 26(5): 1-4.
- [7] 郭俊清, 周靖航, 刘丽元, 等. 新疆褐牛生长发育规律分析[J]. 畜牧与兽医, 2017, 49(2): 10-14.
- [8] 周振勇, 张杨, 蔺宏凯, 等. 基于主成分逐步回归法的新疆褐牛体重预测模型研究[J]. 中国牛业科学, 2012, 38(1): 1-4.
- [9] 王巍, 石溢, 贺芳, 等. 蜀宣花牛体重与体尺的相关、通径分析和体重估计公式制定[J]. 中国草食动物科学, 2022, 45(5): 27-30.
- [10] 王丹, 周靖航, 刘丽元, 等. 新疆褐牛体尺体重相关性主成分分析[J]. 中国畜牧杂志, 2017, 53(9): 38-41.
- [11] 蔺宏凯, 张杨, 周振勇, 等. 新疆褐牛体尺性状指标与体重的主成分分析[J]. 中国畜牧兽医, 2010, 37(8): 130-133.

Correlation Analysis between Body Weight and Body Size of Zhangye Cattle

TIAN Chun-hua¹, WANG Lei¹, YANG Bo¹, MA Bin¹, JU Wei-guo¹, SHAO Cai-ping¹, FU Zhong-fang¹,
WU Ze-wen², SHI Yu-ping¹, SONG Jian-hong¹, WANG Guo-dong³, KONG Wei⁴

(1. Zhangye Beef Cattle Breeding Technology Group, Zhangye, Gansu 734000; 2. Yanbian Agricultural University, Yanbian, Jilin 133002;
3. Beijing Lianyu Beef Cattle Breeding Technology Co., Ltd, Beijing 100193; 4. Gansu Animal Husbandry Management Station)

Abstract: [objective] To clarify the pattern and range of changes in beef cattle weight due to the changes in body size would provide an important method for the selection of bull and the evaluation of fattening effect about Zhangye cattle. [methods] Based on the body weight and body size phenotypes of 197 bulls (12-18 months old), the correlation and regression relationship between body weight and body size were analyzed using SPSS 19.0 software. According to the different degrees of correlation, a multiple linear regression equation was established using the least squares method as a basis for formulating selection criteria for Zhangye beef cattle breeds and evaluating fattening effects. [results] The results showed that there was a highly significant positive correlation between body weight and body height, crossing height, body length, chest circumference, tube circumference and testicular circumference ($P < 0.01$). Among them, the optimal regression equation was established step by step due to significant differences in correlation coefficients between body length, chest circumference, body height and testicular circumference. The fitting degree (R^2) reached 0.903 ($P < 0.01$). After testing, the complex correlation relationship of the equation was extremely significant, and the difference in partial regression coefficients was significant. The estimated standard deviation was smaller than the measured standard deviation, which had statistical and practical significance. [conclusion] It could be used as a reference basis for evaluating the body condition and estimating the body weight of Zhangye cattle under housing condition. In breeding practice, in order to improve the quality of breeding cattle selection and continue to strengthen weight selection, comprehensive evaluation of body length, chest circumference, body height, and testicular circumference could be considered as breeding traits.

Key words: Zhangye cattle; growth character; correlation analysis; regression analysis; bull selection