

桥头石山羊的种质资源特性调研与分析

李 然¹, 刘金洋¹, 陶思印¹, 李耀坤¹, 刘德武¹, 叶挺章², 柳广斌^{1*}, 邓 铭^{1*}

(1. 华南农业大学动物科学学院, 广东广州 514000; 2. 肇庆市动物疫病预防控制中心, 广东肇庆 526000)

摘要: 为深入了解中国国家地理标志产品桥头石山羊的种质特性, 本研究通过表型特征测定与生理生化分析评估其遗传资源现状, 为华南地区肉羊种质保护及遗传改良提供科学依据。研究团队在怀集县桥头镇核心产区采集桥头石山羊标准体尺数据($n=60$)及血清样本($n=36$), 结果显示: 调研群体由黑(46.7%)、棕(28.3%)、白(15.0%)、花色(10.0%) 4类毛色表型构成, 方差分析显示不同毛色个体的体重、胸深、体高及管围等核心体尺指标无显著差异, 表明体型性状未伴随毛色分化改变; 生化检测发现, 不同毛色桥头石山羊总胆固醇(TC)、甘油三酯(TG)、低密度脂蛋白(LDL)等脂代谢指标, 以及白蛋白(ALB)、尿素氮(BUN)、肌酐(CRE)和补体蛋白4(C4)等指标差异显著, 提示群体存在代谢特征异质性; 与雷州山羊相比, 桥头石山羊的体型更小, 更适合石山放牧。综上所述, 原种桥头石山羊种群数量少, 近交风险突出, 亟需通过系谱追溯与分子标记技术实施种群提纯复壮; 深入研究桥头石山羊的代谢特征, 并阐明其与抗逆性状的关联机制, 对推动华南地区山羊产业的健康发展具有重要意义。

关键词: 桥头石山羊; 体尺性状; 种质特性; 血清生化指标

中图分类号: S827.2

文献标识码: A

DOI 编号: 10.19556/j.0258-7033.20250407-03

羊肉鲜嫩味美, 具有高蛋白、低脂肪、低胆固醇的特点, 是优质的红肉。据广东省统计年鉴 2024 年版数据, 2023 年广东省常住人口 1.27 亿人, 约占全国总人口的 8.76%, 同期省内羊肉产量为 1.94 万 t, 山羊期末存栏量为 83.82 万只, 分别仅占同期全国羊肉总产量的 0.67% 以及全国山羊期末总存栏量的 0.732%^[1-2]。据中国统计年鉴数据, 2023 年我国人均每年的羊肉消费量为 1.82 kg, 而 2022 年广东省内人均羊肉年消费量仅为 0.17 kg, 表明当前广东省本土羊肉的自给自足率远低于全国平均水平^[1]。

收稿日期: 2025-04-07; 修回日期: 2025-06-07

资助项目: 广东省驻镇帮镇扶村科技特派员重点项目(KTP20210344); 国家区域性畜禽基因库(广东省畜禽种质资源库); 广东省种业振兴专项(2022-XBH-00-006)

作者简介: 李然(2002-), 男, 四川巴中人, 硕士研究生, 主要研究方向为动物健康养殖与安全生产, E-mail: 17607569857@163.com

*通信作者: 柳广斌(1982-), 男, 山东莱西人, 中共党员, 博士, 讲师, 硕士生导师, 主要研究方向为草食动物遗传育种、分子生物学及生物信息学、肉羊繁殖与生产技术, E-mail: gbliu@scau.edu.cn; 邓铭(1986-), 男, 湖南石门人, 中共党员, 博士, 高级实验师, 硕士生导师, 主要研究方向为粗饲料资源的开发利用以及反刍动物营养调控, E-mail: dengming@scau.edu.cn

当前, 广东省养殖的肉羊品种主要为黑山羊, 其中努比亚、川中黑山羊等国内外引进品种占大多数, 广东省本土的山羊品种较少。然而, 华南地区高温高湿的热带-亚热带气候, 制约了国外引进品种的适应性, 使其优良的生产性状无法充分展现。针对这一现状, 通过科学化引种并构建与本土品种规范的杂交繁育体系, 从而加速培育出适合华南地区饲养的肉羊品种, 是解决广东省当前羊肉供需失衡、提高自给率的重要措施之一。

桥头石山羊作为广东省本土黑山羊品种, 其适应力强、抗病性好, 是粤西北地区的主要山羊养殖品种之一。石山羊原产于肇庆市怀集县桥头镇, 是国家地理标志产品。为了充分发掘其资源特性, 本研究对其养殖现状进行了现场调研和样品采集, 旨在促进该品种的资源保护和杂交利用, 助力粤西北山区农民致富增收, 同时推动广东省肉羊产业健康可持续发展。

1 桥头石山羊的养殖概况与地理分布

1.1 基本情况调研 桥头镇位于怀集县西南, 距县城 42 km, 东接永固, 南邻诗洞, 北靠大岗, 西与封开县相连, 有省级风景名胜燕岩, 村庄田野散布在峰林谷地

之间^[3]。该镇属石灰岩地貌, 全镇总面积为 147.5 km², 其中山地占比超 70%, 石山面积约 46.7 km², 约占全镇山地面积的 30%, 属于典型的山多地少^[4]。桥头镇现有石山羊养殖基地超 150 个, 存栏达 100 只以上的规模养殖户 25 户, 已进行工商登记的公司 1 家、专业合作社 1 个, 每年可上市石山羊 20 000 多只。石山羊的饲养以白天石山放牧、傍晚进行补饲为主; 补饲料多为玉米粉、豆粕等高能高蛋白物质。此外, 桥头镇于 2023 年 7 月正式成立了桥头石山羊协会, 以为石山羊的标准化健康养殖、规范化屠宰销售提供技术指导与参考标准。

1.2 种质资源特性 桥头石山羊一般生活在石山灌木丛中, 具有体型匀称、结构紧凑的特点, 其以肉质鲜红细嫩、富有弹性、膻味较淡、口感鲜甜而在当地广受欢迎。石山羊营养价值高, 具有补虚强体、提高人体免疫力、益寿美容的功效^[5]。调研发现, 桥头石山羊体型普遍偏小, 但体质结实, 毛色多为黑色, 还有白色、褐色和花色等不同毛色; 公羊角大而长, 角向上后方伸展, 颌下较多须, 母羊头颈清秀, 角细长, 且同样向后弯曲; 公母羊皆为竖耳。尽管桥头石山羊具有一定的地域适应性, 但其核心生产性能, 特别是繁殖力与生长速度, 与国内外优良品种相比存在明显差距。例如, 湖羊与川中黑山羊在引入华南后, 产羔率分别从原产地的 2.29 和 2.41 下降至 1.76 和 1.86, 表明其繁殖力受到了当地炎热潮湿环境的影响; 然而, 即便是引入后的产羔率, 也高于桥头石山羊(约 1.5)^[6-8]。作为对比, 国外品种努比亚山羊在引入广西后, 其产羔率仍保持在 2.33 以上^[9]。广东省本土的山羊品种——雷州山羊, 其产羔率在原产地也有 1.74, 均优于桥头石山羊^[10]。此外, 桥头石山羊的生长速度也较慢, 羔羊需随母哺乳 15 个月, 体重方能达到 25~35 kg^[5]。

2 测定指标及方法

2.1 试验对象选择 本次调研的桥头石山羊均选自近 5 年来从外地引种的 10 个养殖场, 调研的桥头石山羊总数量为 96 只, 选取其中 60 只已达 1.5 岁的成年石山羊进行体尺性能分析, 公母比例为 9:51, 其中黑色有 11 只, 白色 18 只, 棕色 18 只, 花色 13 只。再从中选择 36 只母羊采集血液, 同时确保选取不同色系桥头石山羊各 9 只, 测定、分析血清生化指标。

2.2 体尺性能 在测量桥头石山羊体尺时, 应当首先确

保场地平整, 使羊群能够自然直立于平地上, 并且保持正确的站立姿态, 防止产生误差。体尺测量使用测杖、卷尺、卡尺和体重秤。对每个个体的体尺指标连续测量 2 次, 然后取平均值作为最终测量结果。体重测量则采用高精度的电子天平, 其误差小于 0.1 kg。测量的是羊只停止进食 24 h 后的重量, 以确保测量结果能够准确反映羊只的实际体重。主要测量指标包括体高、体斜长、胸宽、胸深、管围和体重。

2.3 血清生化指标 对选定的 36 只桥头石山羊母羊进行标记和称重后, 颈静脉采集血液 8 mL, 静置 30 min, 3 500 r/min 离心 15 min, 取血清, 采用全自动生化仪(迈瑞 720)检测葡萄糖(GLU)、总胆固醇(TC)、甘油三酯(TG)、低密度脂蛋白(LDL)、高密度脂蛋白(HDL)、谷丙转氨酶(ALT)、谷草转氨酶(AST)、总蛋白(TP)、白蛋白(ALB)、球蛋白(GLB)、总胆红素(TB)、直接胆红素(DB)、尿酸(UA)、尿素氮(BUN)、肌酐(CRE)、补体蛋白 3(C3)、补体蛋白 4(C4)等指标。检测试剂盒由南京建成生物工程研究所提供。

2.4 数据统计与分析 用 Excel 2010 对试验数据进行初步整理, 然后用 SPSS25.0 软件对数据进行单因素方差分析(ANOVA), 并且用 LSD 法结合 Duncan 法进行多重比较, 对显著的数据进行线性拟合分析, 统计结果用平均值±标准误表示, 并以 GraphPad Prism10 绘制柱状图。

3 结果

3.1 桥头石山羊体重与体尺性状分析 如表 1 所示, 桥头石山羊不同毛色间的胸深、管围、体高、胸宽、体重和体斜长等都无显著性差异。

3.2 桥头石山羊血清生化指标分析 由表 2 可知, 毛色对 TC、TG、LDL、ALB、BUN、CRE 及补体 C4 水平有显著性影响, 其中黑色系石山羊血清中 BUN 最低, 而花色系 C4 最高。

3.3 不同性别桥头石山羊与雷州山羊体重和体尺的比较与分析 由于农户养殖不考虑保种, 本次调研采集的桥头石山羊公羊体重与体尺数据(未留种的公羊已阉割)仅为 9 只, 母羊数据为 51 只, 详细结果见表 3~4。由图 1、图 2 可以看出, 桥头石山羊公羊体重与体尺数据较《中国遗传资源志·羊志》记录的雷州山羊公羊差异较大,

表 1 桥头石山羊不同毛色体重与体尺的比较结果

项目	黑色	白色	棕色	花色	均值标准误	P 值
数量, 只	11	18	18	13		
胸深 ,cm	25.23±0.50	25.89±0.35	25.59±0.45	25.46±0.51	0.22	0.781
体高 ,cm	51.36±1.36	54.72±0.68	53.41±0.94	52.54±0.83	0.48	0.099
胸宽 ,cm	15.09±0.53	15.83±0.29	15.35±0.33	15.23±0.46	0.19	0.536
体重 ,kg	24.2±0.80	25.38±0.85	25.97±0.86	23.73±1.17	0.47	0.285
体斜长 ,cm	54.45±4.27	55.83±3.20	56.29±4.22	52.38±10.43	0.77	0.275
管围 ,cm	7.36±0.17	7.13±0.24	7.55±0.15	7.43±0.11	0.35	0.313
胸围 ,cm	65.83±0.60	64.10±0.56	64.80±0.71	65.16±0.94	0.58	0.670

注: P>0.05 表示差异不显著, P<0.05 表示差异显著, P<0.01 表示差异极显著。

表 2 桥头石山羊血清生化指标的比较结果

项目	黑色	白色	棕色	花色	均值标准误	P 值
数量, 只	9	9	9	9		
GLU,mmol/L	2.23±0.51	1.01±0.23	4.34±3.46	1.40±0.25	0.87	0.537
TC,mmol/L	2.85±0.17	2.23±0.23	1.98±0.15	2.14±0.21	0.11	0.029
TG,mmol/L	0.40±0.04	0.32±0.04	0.52±0.07	0.37±0.05	0.03	0.045
LDL,μmol/L	1.84±0.11	1.45±0.15	1.29±0.10	1.37±0.14	0.07	0.032
HDL,μmol/L	1.47±0.09	1.41±0.10	1.31±0.10	1.15±0.05	0.05	0.085
ALT,U/ml	29.71±0.62	32.57±2.37	34.04±1.05	27.17±2.65	1.17	0.162
AST,U/ml	117.16±5.04	131.55±6.25	134.24±9.02	129.41±6.40	3.47	0.361
TP,g/L	68.69±1.17	73.21±1.43	71.07±2.02	72.36±1.38	0.79	0.220
ALB,g/L	27.77±0.49	29.95±0.59	29.34±1.02	27.29±0.61	0.39	0.037
GLB,g/L	40.92±1.16	43.27±1.29	41.73±1.60	45.07±1.44	0.72	0.196
TB,μmol/L	5.92±0.41	5.84±0.33	6.42±0.49	5.98±0.62	0.23	0.820
DB,μmol/L	1.73±0.22	1.65±0.13	1.42±0.15	1.51±0.12	0.08	0.528
UA,μmol/L	36.05±3.92	22.19±7.47	20.55±3.02	17.61±2.42	2.62	0.073
BUN,mmol/L	2.20±0.19	4.37±0.50	4.07±0.78	3.09±0.34	0.29	0.026
CRE,μmol/L	93.78±3.71	70.95±3.82	73.59±1.63	77.53±6.05	2.45	0.003
C3,μg/mL	23.26±2.60	31.33±3.01	28.96±2.22	26.64±2.38	1.34	0.185
C4,μg/mL	9.41±0.57	11.94±0.68	11.63±0.69	11.97±0.50	0.34	0.025

注: P>0.05 表示差异不显著, P<0.05 表示差异显著, P<0.01 表示差异极显著。

表 3 不同性别桥头石山羊体重与体尺数据

性别	数量, 只	体重 ,kg	体高 ,cm	体斜长 ,cm	胸宽 ,cm	胸深 ,cm
公	9	24.29±4.8	54.56±2.5	56.22±4.1	14.2±0.97	26.11±2.2
母	51	25.06±3.4	52.96±3.8	54.78±6.3	15.6±1.46	25.48±1.6

表 4 不同性别雷州山羊体重与体尺数据

性别	数量, 只	体重 ,kg	体高 ,cm	体斜长 ,cm	胸宽 ,cm	胸深 ,cm
公	27	42.3±5.9	56.0±3.6	63.2±4.3	19.2±3.9	30.5±1.9
母	95	33.4±6.7	54.9±4.0	62.5±3.9	15.5±1.9	26.9±2.4

注: 该表引自《中国畜禽遗传资源志: 羊志》^[11]。

且统计数量不足, 故不具备统计学意义。而桥头石山羊母羊的体重和体斜长尽管较雷州山羊母羊分别低 24.9% 和 12.3%, 但在体高、胸宽、胸深等体尺指标方面, 二者在数值上较为接近。

4 讨 论

4.1 桥头石山羊体重、体尺性能的差异分析 体重、体尺性状能够反映出家畜生长发育的特点, 在家畜育种工作中对体重、体尺性状进行测量和分析, 能够有效地评

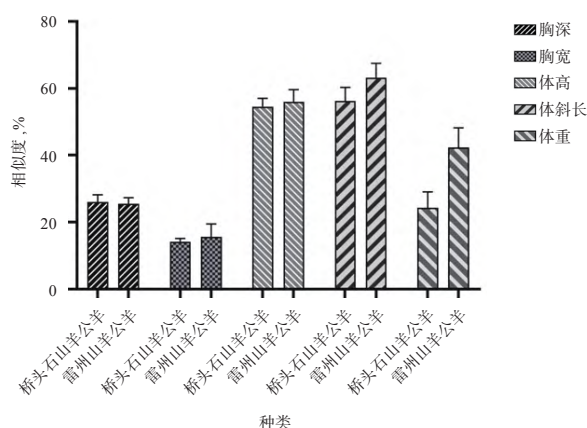


图 1 雄性桥头石山羊与雷州山羊体重与体尺对比图

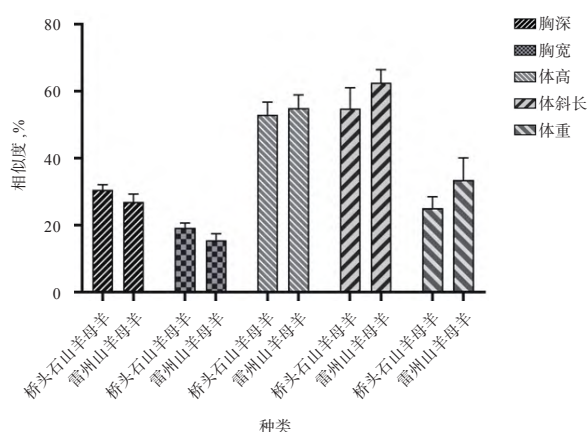


图 2 雌性桥头石山羊与雷州山羊体重与体尺对比图

估家畜的生长速度、体型结构以及健康状况,有利于制定育种目标^[12-14]。例如,体高和体长能够评估家畜的体型和生长速度,而胸围则可以反映家畜的肌肉发达程度和肥育程度^[15]。陈长博等^[16]认为,胸围在育成阶段的间接作用也是最大的,说明体高、体斜长和管围的变化会通过影响胸围间接影响体重。对本次调研的桥头石山羊统计数据进行分析后发现,不同毛色群体间的体尺性状在统计学上无显著性差异,表明毛色本身在生产性能和育种评估方面可能并非直接决定种质特性的主效因素。由于桥头镇符合科学规范的养殖场较少,且多为中小型养殖场,以散养为主,大部分养殖户以追求桥头石山羊后代生长速度快、个体大等为主要目标,多选择引入外地的波尔山羊、努比亚山羊等进行杂交,导致原种桥头石山羊数量急速下降。在本研究中,为了保障种源的一致性,调研采集的羊只均来自于桥头镇自繁自养的养殖户,因而公羊样本数量较少,后续研究需要深入调研分析。

4.2 桥头石山羊血清生化指标的差异分析 血清生化指

标是反映动物对饲料中营养物质利用和代谢情况的重要指标,这些指标的变化情况能间接体现出动物的生长发育情况^[17]。血清中 TC、TG 以及 GLU 的含量分别反映了机体中脂代谢及糖代谢的基本情况,其中高含量的 TC 和 TG 是心血管疾病的重要风险因素^[18-19]。而血清中 LDL 的主要作用为转运内源胆固醇, HDL 的主要作用为将胆固醇从外周组织转移至肝脏进行代谢分解^[20]。本次调研的结果表明,不同毛色对石山羊的 GLU、HDL 均无显著性影响,但是对其 TC、TG 和 LDL 的含量具有显著性影响,其中棕色石山羊的 TC 含量相对最低,可能表明其胆固醇合成或排泄效率较高,导致 TC 水平下降;而 TG 含量最高,可能反映其脂肪分解能力较弱或脂肪合成增加;同时,棕色石山羊的 LDL 水平最低,可能表明其肠道中有益菌的数量和活性在几种毛色中最高,通过改善肠道环境来促进有益菌对胆固醇的分解和代谢,从而降低血清 LDL 含量。

ALB 可以作为载体蛋白运输维生素等物质, GLB 参与动物机体的免疫过程,这两者组成了血清中的 TP,三者含量高低反映了机体的抗病能力^[21]。本次调研的结果表明,不同毛色对桥头石山羊的 TP 和 GLB 含量无显著性影响,但对其血清中 ALB 的含量具有显著性影响,其中白色桥头石山羊的 ALB 含量最高,这表明白色的石山羊其免疫调节能力相对更强。

血清 BUN 与蛋白质代谢和氨基酸平衡有关,其浓度的高低与蛋白质利用率呈负相关关系^[22]。当血清 BUN 在正常范围降低时,说明机体对氮的利用率高,相反当蛋白质或氨基酸利用效率低或血液中尿素得不到有效利用时,血液中 BUN 含量均会升高^[23]。本次调研结果表明,不同毛色对桥头石山羊的 BUN 具有显著性影响,其中黑色的 BUN 值相对最低。BUN 是蛋白质代谢的终产物,低 BUN 表明黑色山羊对饲料氮的利用率更高,减少了氮排泄浪费。

CRE 是由肌肉中磷酸肌酸的非酶促反应生成,受家畜体重、肌肉含量及生理期影响较为明显,受饲料影响较小^[24]。CRE 是反映肾功能的重要指标, CRE 含量升高时,意味着肾功能的损伤^[25]。本次调研的结果表明,不同毛色对石山羊的 CRE 含量具有显著性影响,其中棕色石山羊的 CRE 含量在 4 种毛色中最低,表明其肌肉代谢产物积累较少,可能反映棕色个体能量利用效率高或肌肉分解代谢较低。同时,低 CRE 有助于提高机

体抗热应激能力,维持电解质平衡,表明棕色山羊可能更耐受脱水或高温高湿环境。

C3、C4参与机体免疫应答,是体内重要的非特异性免疫指标^[26]。高水平C3、C4可提高抗感染能力,促进免疫细胞的增殖与分化,增强杀伤细胞对靶细胞的抗赖性细胞介导的细胞毒作用,增强石山羊体内免疫和炎症反应介导的各种生物效应^[27]。本次调研结果表明,不同毛色对石山羊的C3含量无显著性影响,对其C4含量有显著性影响,其中花色的石山羊在4种毛色中C4含量最高,可能表明其通过调控免疫复合物清除减少炎症反应对机体损伤的能力,免疫防御机制更强,更适合复杂的生态环境,有助于在潮湿温热的华南地区开展育种工作。

4.3 桥头石山羊与雷州山羊体尺性状的差异分析 雷州山羊原产于广东省的徐闻县,分布于雷州半岛及海南省的10多个县,是广东省唯一进入国家品种志的地方山羊品种^[11]。石山羊在体型外貌特征、产区自然条件等方面与雷州山羊有诸多相似之处,因此具有较高的比较价值。同时,雷州山羊作为广东省地方优良品种,其体型普遍大于华南地区其他本土山羊,本研究结果与这一结论一致。造成这一结果的原因可能是:饲养环境不同,桥头石山羊长期适应石山放牧,频繁攀爬促使骨骼肌发育紧凑,而雷州山羊分布于平缓的雷州半岛,能量更易转化为体脂沉积与线性生长;饲养方式差异,饲料营养水平对育成羊体重、体高、胸围、管围、腹围和体长等体尺性状均有影响,桥头石山羊补饲频率低、饲料单一,长期营养不均衡限制其发育,雷州山羊则采用标准化补饲,营养均衡利于生产性能发挥^[28];选育体系完善程度不同,桥头石山羊缺乏系统选育,而雷州山羊作为国家保护品种,其保种计划有效维持了遗传多样性;管理规范程度不一,桥头石山羊的年龄判断多依赖养殖户的经验估算,存在实际未达18月龄的情况,影响了数据的准确性。

5 结论

桥头石山羊因长期石山放牧及缺乏系统选育,其体型小于雷州山羊,而屠宰性能与肉品质则有待深入研究。虽然无法进行统计学比较,但较小的体型可能反映了其对特殊生境的适应性,是未来育种中值得关注的特性。

此外,该羊种毛色可大致分为黑、白、棕、花4类,且不同毛色群体在血清生化指标(如TC、HDL、BUN等)上存在显著差异,表明毛色可作为遗传选育的辅助表型标记,但其与种质特性的内在关联需进一步阐明。鉴于当前桥头石山羊群体规模小,亟需开展种群保护、提纯复壮及遗传多样性分析,以期为华南地区山羊产业的健康发展提供理论支撑。

参考文献:

- [1] 国家统计局.中国统计年鉴[M].北京:国家统计局,2023.
- [2] 广东省统计局.广东统计年鉴(2023)[M].北京:中国统计出版社,2023.
- [3] 平黎明,范菟媚.肇庆怀集县桥头山歌调查报告[J].肇庆学院学报,2008:74-78.
- [4] 广东编辑委员会中国名镇大典.中国名镇大典 广东[M].广州:中国大百科全书出版社,1997.
- [5] 怀集县地方志办.桥头石山羊[M].广州:广东省人民政府地方志办公室,2021.
- [6] 时乾.湖羊部分繁殖性状及其羔羊生长发育研究[D].南京:南京农业大学,2007.
- [7] 周多恩,刘德武,廖迎新,等.湖羊和川中黑山羊在华南地区适应性研究[J].华南农业大学学报,2016(37):19-23.
- [8] 国家畜禽资源遗传委员会.中国畜禽遗传资源志:羊志[M].北京:中国农业出版社,2011.
- [9] 曹艳红,宣泽义,陈宝剑,等.隆林山羊与努比亚山羊杂交对后代生产性能和肉品质影响的研究[J].中国畜牧兽医,2020,47(7):2133-2141.
- [10] 刘艳芬,刘钊,林树斌,等.雷州山羊杂交组合的比较试验[J].畜牧与兽医,2003(4):16-18.
- [11] 张宝文,陈伟生,谷继承,等.中国遗传资源志:羊志[M].北京:中国农业出版社,2011:312-314.
- [12] 方东辉,王巍,甘佳,等.川南山地牛生长发育性能研究[J].四川畜牧兽医,2022,49(8):27-28,30.
- [13] 杨雪梅,顾以初,杨跃奎,等.川乡黑猪选育研究[J].中国畜牧杂志,2021,57(S1):194-199.
- [14] 程利,白哈斯,周道玮.科尔沁牛母牛早期生长发育规律分析[J].中国畜牧杂志,2023,59(2):98-101.
- [15] 黄举鹏,鲍晶晶,尚明玉,等.湖羊屠宰性状和体尺性状的主成分分析和聚类分析[J].中国畜牧杂志,2024,60(12):152-157.
- [16] 陈长博,路平乐,苏涛龙,等.早胜牛母牛体重与体尺性状相关回归分析[J].黑龙江畜牧兽医,2024(8):31-36.
- [17] 付斌龙,旦增白吉,赵小琪,等.饲料不同代谢能和蛋白质水平对育成期云上黑山羊生长性能、能氮代谢和血清生化指标的影响[J].动物营养学报,2024,36(8):5229-5241.
- [18] 郭艺璇,李海滨,林英庭,等.半干氨贮麦秸替代部分花生秧对崂山奶山羊产奶性能、养分消化率以及血清指标的影响[J].动物营养学报,2023,35(5):3154-3163.
- [19] Tripurasundari R, Suheeta R, Freake H C, et al. Corn fiber oil lowers plasma cholesterol by altering hepatic cholesterol

(下转第163页)

- obiota-16S rRNA gene sequence signatures in healthy, pregnant and endometritis dairy cows[J]. *Vet Sci*, 2023, 10(3): 215.
- [40] Basbas C, Garzon A, Schlesener C, *et al*. Unveiling the microbiome during post-partum uterine infection: a deep shotgun sequencing approach to characterize the dairy cow uterine microbiome [J]. *Anim microbiome*, 2023, 5(1): 59.
- [41] Ding H, Wang Y, Li Z, *et al*. Baogong decoction treats endometritis in mice by regulating uterine microbiota structure and metabolites[J]. *Microb Biotechnol*, 2022, 15(11): 2786-2799.
- [42] Wandruszka R V. Detergency of specialty surfactants. surfactant science series. volume 98 edited by floyd E. Friedli (Goldschmidt Chemical Corp., Dublin, OH)[J]. *J Am Chem Soc*, 2001, 123(38): 9492.
- [43] Jiang M F, Hou Q, Wu S L, *et al*. Metabolic profiling of triptophenolide in rat plasma, urine, bile and faeces after intragastric administration[J]. *Nat Prod Res*, 2024, 9(3): 1-5.
- [44] Pu X, Ye Q. Triptophenolide improves rheumatoid arthritis and progression by inducing macrophage toxicity[J]. *J Biochem Mol Toxicol*, 2025, 39(1): e70096.
- [45] Abdelmawgood I A, Kotb M A, Hassan H S, *et al*. Gentisic acid attenuates ovalbumin-induced airway inflammation, oxidative stress, and ferroptosis through the modulation of Nrf2/HO-1 and NF- κ B signaling pathways[J]. *Int Immunopharmacol*, 2025, 146: 113764.
- [46] Huang Y L, Huang C H, Huang Y C, *et al*. Anti-biofilm activities and antibiotic synergy of naturally occurring compounds against drug-resistant rapidly growing mycobacteria[J]. *Microbiol Spectr*, 2024, 12(8): e0019924.
- [47] Wang Y Y, Chen T T, Gan Z, *et al*. Metabolomic analysis of untargeted bovine uterine secretions in dairy cows with endometritis using ultra-performance liquid chromatography/quadrupole time-of-flight mass spectrometry[J]. *Res Vet Sci*, 2021, 139: 51-58.
- [48] Cao L, Gao S Y, Liu J B, *et al*. Selenomethionine protects against *Escherichia coli*-induced endometritis by inhibiting inflammation and necroptosis via regulating the PPAR- γ /NF- κ B pathway[J]. *Chem Biol Interact*, 2023, 379: 110532.
- [49] Zhang J, Han L, Sheng H, *et al*. Genetic parameters and identification of genomic regions and candidate genes associated with vaginal discharge score in Holstein cattle based on genomic and transcriptomic analyses[J]. *J Dairy Sci*, 2025, 108(6): 6077-6098.
- [50] Chen Y, Zhao Y F, Yang J, *et al*. Selenium alleviates lipopolysaccharide-induced endometritis via regulating the recruitment of TLR4 into lipid rafts in mice[J]. *Food Funct*, 2020, 11(1): 200-210.

(责任编辑: 周会会)

(上接第 151 页)

- metabolism and up-regulating LDL receptors in guinea pigs[J]. *J Nutr*, 2002, 132: 335-340.
- [20] 唐佳希, 喻国均, 崔清明, 等. 桑叶提取物对生长猪生长性能、养分表观消化率及血清生化指标的影响[J]. *动物营养学报*, 2022, 34(5): 2862-2871.
- [21] 李德生, 徐维国, 李诗晗, 等. 超早期断奶对仔猪生长性能、血清生化指标和免疫的影响[J]. *饲料研究*, 2021, 44(8): 18-21.
- [22] 刘娇, 常文环, Ahmed PIRZADO Shoaib, 等. 植物精油对大肠杆菌攻毒肉鸭生长性能、血清生化指标和免疫功能的影响[J]. *动物营养学报*, 2020, 32(8): 3670-3680.
- [23] 李晓蒙, 李秋凤, 曹玉凤, 等. 饲料能量和蛋白质水平对荷斯坦公牛生长育肥性能及血液生化指标的影响[J]. *动物营养学报*, 2015, 27(4): 1252-1261.
- [24] 何振富, 谢建鹏, 陈平, 等. 不同蛋白质、能量水平饲料对舍饲育肥牦牛生长性能、养分表观消化率及血清生化指标的影响[J]. *动物营养学报*, 2024, 36(3): 1698-1712.
- [25] 王军亮, 尤延飞, 赵宝玉, 等. 碎米蕨叶马先蒿对小鼠肝肾和血液指标的影响[J]. *中国兽医科学*, 2020, 50(3): 389-395.
- [26] 陈仓良. 复方中药“猪康散”对仔猪体液免疫功能及细胞因子水平影响的研究[D]. 成都: 四川农业大学, 2012.
- [27] 张文宇, 李胜, 张楚, 等. 薰衣草纯露对新疆褐牛免疫指标的影响[J]. *饲料研究*, 2022, 45(11): 9-12.
- [28] 付斌龙, 江炎庭, 赵小琪, 等. 不同能蛋水平饲料对育肥期云上黑山羊体尺指标、屠宰性能和脏器指数的影响[J]. *中国畜牧杂志*, 2025, 61(3): 253-259.

(责任编辑: 赵楠)