

滩羊种质资源保护与利用

郎思敏, 刘 婷

(甘肃农业大学动物科学技术学院, 甘肃 兰州 730070)

摘要: 种质资源是国家的战略资源,也是种业振兴的基础性基因资源。滩羊作为我国著名的地方优良绵羊品种,以盛产轻暖美观的“二毛皮”和风味独特的羊肉驰名中外,但由于受其生产效率低、无序杂交、品种替代、饲养方式转变等因素的影响,导致滩羊基因资源流失,种群数量急剧减少,呈现种源危机的局面。本文分析了滩羊种质资源现状及存在的问题,提出了加大财政支持;建立滩羊种质资源基因库;加大宣传力度,营造保护氛围等种质资源保护策略,以期为滩羊种质资源的保护和利用提供参考。

关键词: 滩羊; 种质资源; 保护利用

中图分类号: S826

文献标志码: A

文章编号: 2097-2172(2025)04-0307-06

doi:10.3969/j.issn.2097-2172.2025.04.003

Conservation and Utilization of Tan Sheep Germplasm Resources

LANG Simin, LIU Ting

(College of Animal Science and Technology, Gansu Agricultural University, Lanzhou Gansu 730070, China)

Abstract: Germplasm resources are the strategic resources of the country and the basic genetic resources for the revitalization of seed industry. As an excellent local sheep breed in China, Tan sheep is famous at home and abroad for its warm and beautiful 'Er-mao' and unique flavor of meat. However, due to the influence of its low production efficiency, disorderly hybridization, breed substitution and change of feeding methods, the genetic resources of Tan sheep are lost, and the population number is sharply reduced, presenting a provenance crisis situation. This paper analyzes the current situation and existing problems of the germplasm resources of Tan sheep, and puts forward the protection strategy of the germplasm resources of Tan sheep such as increasing financial support, establishing the gene bank of the germplasm resources of Tan sheep, increasing publicity and creating a protective atmosphere, so as to provide reference for the protection and utilization of the germplasm resources.

Key words: Tan sheep; Germplasm resource; Protection and utilization

种质资源是国家的战略资源,也是种业振兴的基础性基因资源,打好种业翻身仗,实现种源自主可控,必须加强种质资源的保护与利用^[1-2]。养羊业可持续发展的生产资料是羊的品种资源,羊的品种也是羊育种创新的素材基础^[3]。滩羊作为我国著名的地方优良绵羊品种,以盛产轻暖美观的“二毛皮”和风味独特的羊肉驰名中外,为产区人民生活 and 经济发展发挥了积极的作用,但随着化纤和皮革工业技术的发展,合成材料替代天然材料已成为必然趋势^[4],羊毛和裘皮市场需求的减少也成为必然,以皮毛为主的生产向产肉方向的改变导致滩羊饲养量锐减。同时,随

着羊产业生产方式由放牧向舍饲的转变,高产品种替代滩羊,造成了滩羊遗传资源的流失,致使2000年滩羊被列入国家家养动物的二类保护品种目录,2006年滩羊又被列入国家畜禽品种遗传资源保护名录^[5],表明滩羊种源危机的局面已出现。产业如何转型,如何发展特色羊产业,以及如何保存滩羊遗传资源等问题,已引起了广大畜牧兽医科技工作者、滩羊产地政府部门以及社会各界人士的高度关注。鉴于此,我们对滩羊种质资源的现状和存在的问题进行分析,并提出与之对应的保护策略,以促进滩羊种业和产业的发展。

收稿日期: 2024-07-31; 修订日期: 2024-11-14

基金项目: 甘肃省农业农村厅甘味特色农产品评价项目(TYNP19-03)。

作者简介: 郎思敏(2005—),男,甘肃兰州人,本科在读,研究方向为绵羊种质资源。Email: lsm221019@outlook.com。

通信作者: 刘 婷(1985—),女,陕西临潼人,副教授,研究方向为羊生产。Email: liuting@gsau.edu.cn。

1 滩羊种质资源现状

1.1 品种的形成

滩羊是古老而原始的地方裘皮用绵羊品种之一，是生活在蒙古高原的蒙古系绵羊长途迁徙至今日产区，在特殊的自然资源和独特的气候条件下，经过长期的自然风土驯化和当地劳动人民的精心选育形成的珍贵的地方原始绵羊品种。滩羊具有耐粗饲、抗逆性好等特性，属于肉裘兼用型的多生产方向地方绵羊品种。滩羊拥有洁白的毛色，在古代，因其体躯为白色，所以被称为“白羊”。滩羊毛光泽如玉，毛束形成美观的花穗，皮轻且保暖性好，裘皮是羊毛皮产品中的佳品。由于传统的滩羊生产是在草滩上放牧饲养的，为了区分皮毛产地和裘皮类型，人们便把这种在草滩上放牧饲养的羊称为“滩羊”，“滩羊”生产的皮叫“滩皮”^[6]。

1.2 产区自然条件

滩羊群体的分布具有十分明显的地域性特征，地区分布范围具有严格的限制。蒙古高原、青藏高原和黄土高原的交汇处是滩羊群体的主体分布区，该区域同时也是腾格里沙漠向黄土高原延伸的过渡区。受气候的限制，滩羊主要生活在温带大陆性干旱气候区，该地区气候特点为冬季干冷，昼短夜长；春季早晚温差大，沙尘多发；夏季干热，光照强；秋季降水集中，降温快。植被类型属于温湿性干旱草原植被，植被覆盖稀疏，天然牧草中干物质、矿物质含量丰富，粗蛋白质含量高，粗纤维含量低。滩羊放牧区地势平坦，地面土质坚硬，常年干旱少雨，空气相对湿度低，年积温高，饮水中常见的矿物盐为碳酸盐和硫酸盐，矿化度高，水质偏碱性^[7]。滩羊产区土壤富含硫，存在多种微量元素，不缺硒。

1.3 滩羊的分布和群体数量

滩羊主要分布在以宁夏回族自治区的盐池地区为中心，以及甘肃省环县、景泰县和靖远县，内蒙古自治区河套地区，陕西省北部与宁夏相邻地区等 28 个县(市、旗)，总面积约 10 万 km²。目前，全国纯种滩羊的数量约为 120 万只，其中宁夏最多(90 万只)，其次为甘肃(15 万只)，内蒙古(10 万只)和陕西(5 万只)较少(表 1)。按照滩羊的国家标准，对滩羊进行鉴定分级与二毛皮品质

表 1 不同区域滩羊的群体数量

区域	数量 /万只	比例 /%
宁夏	90	75.0
甘肃	15	12.5
内蒙古	10	8.3
陕西	5	4.2

评价，将滩羊产区可分为重点分布区、较好分布区和一般分布区^[8]。其中，就甘肃省而言，靖远县、景泰县和环县是滩羊的重点产区之一，群体数量多，品种质量好。

1.4 滩羊的品种特点

1.4.1 体型外貌 滩羊体躯被毛颜色纯白，群体内多数个体头部有褐、黑、黄色斑块，皮肤为浅粉色。滩羊体型呈中等大小，体质壮实。滩羊公羊的角形呈螺旋状并向外伸展，大多数母羊无角，少数母羊有小角。滩羊的鼻梁呈弓形，稍隆起，耳朵按长宽比例分大、中、小 3 种。滩羊颈部稍细长，肌肉丰满结实；背腰平直，体躯窄而长，胸部较深；四肢端正，蹄质坚实；尾根宽大，尾尖圆细或呈“S”形弯曲，尾形以长三角形为基础形状，尾端下垂，越过飞节；骨骼较粗壮，肌肉较结实^[9]。

1.4.2 生产性能 滩羊属晚熟晚育品种，1.0 岁母羊体重占比为成年羊体重的 55% 左右，1.0 岁公羊体重占比为成年羊体重的 63% 左右^[10]，2.0 岁时体重占比约为成年羊体重的 60% ~ 80%。在生产实践中，母羊 1.5 岁以后可用于配种。舍饲条件下，滩羊的繁殖性能可以调整，实现提前配种。但由于母羊性成熟和体成熟不同步，且发育缓慢，不建议 1.5 岁前配种。滩羊繁殖模式为 1 年 1 产制，双羔率极低(1% ~ 3%)，在环境条件不匹配的情况下可能会出现空怀^[11]。滩羊裘皮轻且保暖，具有美观的花穗，自然弯曲的毛束，“九道弯”状的毛穗；皮毛表面图案清晰，具有高贵而靓丽的格调，被称为“轻裘”，是羊裘皮产品中的珍品^[12]。

1.4.3 肉质特性 滩羊因其肉质细嫩、风味独特而备受消费者青睐。其肉质细嫩、味道鲜美、无膻味、营养全面、大理石纹明显。清朝中晚期，时任陕甘总督的左宗棠曾经评价滩羊肉“水草咸

碱,羔肉不膻”^[13]。滩羊的肌肉具有柔软的肌纤维,脂肉相互浸入着生长,肌间脂肪适量且分布均匀,羊肉营养全面,美味可口,风味独特,肥而不腻,滋味鲜美,无膻无腥,柔嫩多汁,易消化。研究显示,滩羊肉含氨基酸和脂肪酸丰富,风味独特。Zhang等^[14]通过HS-SPME-GC-MS和脂质组学研究发现,滩羊肉中有18种挥发性代谢物和314种脂质与滩羊肉风味显著关联。Lu等^[15]研究表明,lncRNA-mRNA网络对滩羊肌肉发育产生显著影响。与湖羊相比,滩羊肉滴水损失小,颜色红,饱和脂肪酸含量低^[16]。尽管滩羊肉质鲜美,品质较好,但其品质仍受性别、年龄、饲养管理方式、营养水平及肌肉自身组织结构等因素的影响。Ma等^[17]通过转录组和代谢组学分析发现,6月龄、9月龄和12月龄滩羊肌肉组织mRNA表达量和代谢产物水平存在显著差异。9月龄时表现出较好的屠宰性能和肉品质特性^[4]。“滩羊食百草,味道自然香”。滩羊饲喂沙蓬后其肉滴水损失和蒸煮损失显著降低,肌纤维面积和直径减小^[18]。肌内脂肪(Intramuscular Fat, IMF)在肉质多种特性中扮演着重要角色,而基因调控途径被认为是提升绵羊体内IMF积累的有效策略。Zhang等^[19]研究发现,ADIPOQ、FABP4、PLIN1、PPARGC1A、SLC2A1基因能够通过正向调节肌肉饱和脂肪酸与单不饱和脂肪酸代谢来促进IMF的沉积。

1.4.4 分子遗传特性 分子遗传特性是生物体在分子水平上遗传信息的表现和传递方式,主要涉及基因的本质、功能以及变化等。目前对滩羊分子遗传特性的研究主要聚焦于群体遗传多样性分析、SNP亲子鉴定、基因与性状的关联分析等方面。李标^[20]研究表明,通过对29个微卫星位点与滩羊核心群体母羊的体尺性状进行了关联分析,发现共有6个微卫星位点与部分体尺性状间存在显著或极显著关联。李玲等^[21]基于SNP标记的滩羊亲子鉴定研究发现,大多数滩羊之间遗传背景相近,系统进化树将其划分为5大家系,亲子鉴定筛选到了211个高质量SNPs。Yue等^[22]采用WGBS和生物信息分析发现,滩羊背最长肌中ACTA1、MYH11、WAS、VAV1、FN1和ROCK2甲基化水平较高,它们可能对肌肉发育起着重要的调节作用。滩羊以其高品质的羊毛而闻名。Li

等^[23]利用RNA-seq技术分析了滩羊出生期和二毛期的皮肤转录组,结果表明,FOS基因可促进滩羊毛囊发育。田进阳等^[24]利用qRT-PCR分析发现,35日龄和55日龄滩羊皮肤组织中Hoxc13基因表达存在差异,55日龄羔羊皮肤组织中Hoxc13基因表达量高于35日龄羔羊;在滩羊的毛囊发育过程中,Hoxc13基因可能调节毛囊发育。羊毛纤维主要由蛋白质组成,而这些蛋白质氨基酸序列的变化会在表型水平上引起羊毛纤维差异较大。研究表明,KRTAP20-1、KRTAPI9-3、KRTAPI3-2、KRTAPI9-5在羊毛性状中有潜在作用,尤其是较大的异型毛纤维中的纤维直径均匀性,可作为改善羊毛性状的标志物^[25-28]。Ma等^[29]利用256个滩羊个体的全基因组重测序数据进行全基因组关联研究(GWAS),发现了重要的SNP及其相关基因,证实了MC1R基因与头毛颜色的显著关联。马丽娜等^[30-31]研究发现,FGF5和COQ9基因多态性与滩羊生长性状显著相关,可作为滩羊生长性状候选基因;CIH3orf33基因CNV与滩羊的体重、体高、体长、胸围和管围等指标显著相关;CIH3orf33基因CNV14区域变异与滩羊体重、体高和体长显著相关。

2 滩羊品种保护与遗传选育进展

滩羊是其产区畜牧业发展的当家畜种,对滩羊品种的保护、选种选育、改良提高等,历来受到当地政府部门、主管机构、饲养者以及畜牧兽医科技工作者的高度关注。因此,在各相关利益方的推动下,对滩羊品种保护、遗传资源开发、选种选育、遗传改良、群体扩繁、品质提升、新技术引进推广和应用等方面做了大量效果显著的工作,为滩羊的保种、选育、利用、资源创新等积累了丰富的理论基础和实践经验。20世纪70年代,在相关机构的引领下,由陕西、甘肃、宁夏和内蒙古四省区的产、学、研、推、用等单位组建了滩羊育种协作组,协调开展滩羊的本品种协作选育工作,有组织地持续开展了滩羊品种调查、本品种选育等工作。从20世纪80年代至21世纪初,甘肃省先后由多家产、学、研、推、用单位联合实施了与滩羊保种相关的研究,立足于生产现状和技术需求实际,聚焦滩羊保种选育和产业发展的关键环节,开展了滩羊相关的遗传、育种、

繁殖、营养管理等研究和技术推广,积累了丰富的数据资料,为滩羊产业的可持续发展奠定了良好的技术基础。滩羊主产区各县市立足实际,科学规划,合理发展,打造滩羊产品品牌,增加滩羊养殖业的生产效益和盈利能力。另外,将先进的生物技术引入滩羊保种选育工作,在滩羊产区引进并应用了营养调控、人工授精、同期发情、胚胎移植、功能基因鉴定、基因组测序、基因编辑等技术,有效推动了滩羊的保种选育工作,提高了保种选育效率。

3 滩羊种质资源的保护及存在的问题

3.1 保护方法

3.1.1 原产地种质资源保护 原产地对品种资源的保护主要采用活体就地保种的方式,即通过原产地就地建立保种场或保护区等方式,对滩羊活体进行保护和繁育,如宁夏回族自治区在盐池县和红寺堡区建立了2个滩羊良种繁育基地,甘肃省靖远县哈斯山建立了1个滩羊保种繁育场。原产地保护滩羊品种的优点是品种来源丰富且稳定,品种不用重新适应环境等。原产地育种的缺点也不容忽视,如占用大面积的土地资源,复杂的组织和管理程序,环境污染的管控,较高的保种维持费用,缩短了优秀群体和个体生理利用年限;同时,在原产地开展滩羊活体保种,对育种和饲养技术要求较高,需要滩羊保种原产地的地方政府在财政方面持续投入^[32]。

3.1.2 异地种质资源保护 异地种质资源保护包括异地活体保种和异地生物技术保种两种方式。异地活体保种是将滩羊从甘肃、宁夏等地的主产区迁移至生态环境相近的临近区域或饲养条件较好的地区进行保护,同时开展一些科学研究工作,并建立滩羊保种场保护其品种资源。异地生物技术保种是利用配子(精子、卵子)冷冻技术、胚胎工程技术、基因克隆技术、组织冷冻技术等生物技术保留滩羊优秀基因资源。

3.2 存在问题

3.2.1 核心育种场缺失 核心育种场在家畜育种中至关重要,主要负责培育和推广高质量的种畜,对于提升畜牧业的竞争力具有重要意义。然而,由于滩羊产肉性能低,繁殖周期长,繁殖性能低,哺乳时间长,饲养管理粗放,养殖效益低,缺乏

政策扶持,导致滩羊种羊场数量少、规模小,供种能力受限,没有吸引企业建厂的经济效益。随着养羊业生产效益的变化,即使之前已经被认定的国家级、省级滩羊核心育种场或保种场,因保种工作的公益性质,其效益低、盈利能力弱,认定到期后,一般不再重新申报,从而使滩羊品种资源流失或杂交倒改,导致保种失败^[33],核心育种场缺失问题日益凸显。

3.2.2 良种繁育体系不健全 基层畜牧兽医技术人员紧缺,滩羊保种及种质特征的发掘和性能测定及推广受限,导致保种工作严重滞后。近年来,随着“一带一路”政策的贯彻落实,对外贸易的渠道和途径不断扩大,进口良种肉羊数量激增,种羊推广引种范围日益增大,为了获取短期效益,部分地方企业动摇养殖场目标定位,盲目随大流跟风引种,把原来饲养的滩羊群体全部淘汰或无序杂交,用新引进的其他绵羊品种替换滩羊种羊,盲目杂交,导致大量优秀滩羊种质资源流失、倒改,对已形成的滩羊繁育体系造成较大的冲击,甚至破坏了滩羊良种繁育体系^[34]。

3.2.3 地域限制 滩羊生态分布区域和生产区域狭窄,主要分布在以宁夏回族自治区的盐池地区为中心,甘肃省的环县、景泰县和靖远县,内蒙古自治区的河套地区、陕西省北部与宁夏相邻的地区的为辅区域的干旱、半干旱荒漠及荒漠化草原地区^[35]。不同的县(区)受行政区划和社会经济发展不平衡的影响,为了争取国家政策补贴资金,调整羊产业布局,压缩或取缔滩羊项目。

3.2.4 杂交 受养殖模式从放牧向舍饲的转变以及被高产品种替代的影响,滩羊生产区近年来先后引进大量的肉羊品种进行杂交改良生产育肥羊。滩羊产区常见的外引品种有小尾寒羊、湖羊、澳洲白羊、杜波羊等,由于缺乏科学的杂交试验和杂交计划,没有合理的选育技术指导,养殖场(户)大量开展无序杂交、盲目的近亲繁殖,使滩羊纯种被杂种化,对滩羊种群的遗传稳定性、性状纯合性、品质安全性造成了严重的威胁。根据统计部门的报告,分析滩羊占养羊总数的比例变化情况,发现滩羊存栏量在近10 a内锐减,种群数量严重萎缩。面对盲目引种和无序杂交,纯种滩羊将面临濒危的局面^[36]。

4 保护策略

4.1 加大财政支持

种质资源保护需要大量的资金支持, 地方政府应当投入资金, 扶持养殖户与企业对滩羊进行养殖。以政府名义建立养殖场, 保种的同时促进当地就业, 增进当地经济发展, 降低失业率。

4.2 建立滩羊种质资源基因库

合理控制滩羊群体近交系数增量, 科学增加有效群体含量, 确定选配群合适的公母配种比例, 选择合理可行的后代留种方式, 明确系谱关系以避免近亲交配, 推后配种时间以延长世代间隔。同时, 结合分子标记辅助保种技术, 确定后代留种, 跟踪保种群基因, 保留保种群优良基因。充分利用冷冻保存技术, 将优秀滩羊种公羊的精液进行液氮冷冻保存, 并通过人工授精的方式推广利用; 也可将滩羊胚胎于液氮保存, 通过胚胎移植技术实现滩羊优良资源的再生。

4.3 加大宣传力度, 营造保种氛围

利用自媒体加大宣传力度, 开发“羊羔肉”“滩羊烧烤”“滩羊炒肉片”“滩羊火锅”等滩羊食品, 提升滩羊资源利用的多样性。借助各种媒体手段, 激发消费者对滩羊及其产品的消费欲望和需求, 同时, 为推动滩羊保种选育和遗传资源持续利用工作营造良好的社会氛围, 提高社会民众对滩羊品种和产品品质的认知度。

5 结语

滩羊是大自然和华夏儿女的祖先留下来的地方畜禽种质资源的宝贵财富, 通过深入推进保种计划, 开展民族种业振兴行动, 按照遗传复壮、本品种选育、种质创新、产品品质提升的思路, 加强滩羊纯种繁育、品种保护、资源开发力度, 进一步强化保种选育技术协作创新, 加大对滩羊良种繁育龙头企业的支持力度, 提升滩羊种业创新基地基础设施建设能力, 健全滩羊良种繁育体系。优化配置政府和民间财政资源, 加大对滩羊遗传资源保护和开发利用的支持力度, 构建滩羊品种资源多元化保护和开发利用联动机制, 建成“以用促保、保用结合”的良性互动格局, 推进品种资源优势向种业创新优势和产业发展优势转变^[35], 以种业引领产业, 保护好滩羊品种, 利用好资源, 促进当地经济发展。

参考文献:

- [1] 马莹, 赵桂省, 李强. 做好资源普查, 打好种业振兴翻身仗[J]. 中国动物保健, 2023, 25(5): 83-84.
- [2] 肖静, 田全红, 王娜, 等. 甘肃省农业种质资源库建设现状及发展建议[J]. 寒旱农业科学, 2023, 2(6): 506-509.
- [3] 江喜春, 程广龙, 赵辉玲. 中国绵、山羊的遗传资源保护及对策[J]. 中国畜牧兽医, 2010, 37(10): 152-155.
- [4] 王平. 民族交往视域下宁夏滩羊产业现代化研究[D]. 银川: 北方民族大学, 2023.
- [5] 刘统高, 李晓娜, 王倩, 等. 宁夏滩羊遗传资源保护利用情况调研[J]. 畜牧兽医杂志, 2023, 42(4): 61-62.
- [6] 崔明巧. 盐池滩羊品种资源的保护与发展探讨[J]. 黑龙江畜牧兽医, 2012(11): 24-26.
- [7] 郎侠. 甘肃省地方绵羊遗传资源研究[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 2009.
- [8] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会. 滩羊: GB/T 2033—2008[S]. 北京: 中国标准出版社, 2008.
- [9] 田贵丰, 孔宪炜. 甘肃滩羊品种遗传资源调查报告[J]. 畜牧兽医杂志, 2011, 30(4): 60-63.
- [10] 吉帅. 舍饲滩羊生长发育与肉品质变化规律的研究[D]. 银川: 宁夏大学, 2013.
- [11] 仲长胜. 滩羊两年三胎生产试验[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2022.
- [12] 马小明. 滩羊肉品质特性与调控的分子机制研究[D]. 兰州: 甘肃农业大学, 2022.
- [13] 白银市地方志编纂委员会办公室编. 靖远旧志集校[M]. 兰州: 甘肃文化出版社, 2004.
- [14] ZHANG J, PANG S, YAN G, et al. Integrated electronic nose and multi-omics reveal changes in flavour characterization of cashmere goats and tan sheep meat[J]. Food Chemistry X, 2024, 25: 102042.
- [15] LU J, LIU Y, LI H. Identification of key lncRNAs and mRNAs in muscle development pathways of Tan sheep[J]. Comparative Biochemistry and Physiology Part D: Genomics and Proteomics, 2024, 52: 101336.
- [16] LI J, TANG C, YANG Y, et al. Characterization of meat quality traits, fatty acids and volatile compounds in Hu and Tan sheep[J]. Frontiers in Nutrition, 2023, 10: 1072159.
- [17] MA X M, WU J P, LI Y K, et al. Transcriptome and

- metabolome analyses reveal muscle changes in Tan sheep (*Ovis aries*) at different ages[J]. *Livestock Science*, 2022, 255: 104781.
- [18] LIANG Y, JIAO D, DU X, et al. Effect of dietary *Agriophyllum squarrosum* on average daily gain, meat quality and muscle fatty acids in growing Tan lambs[J]. *Meat Science*, 2023, 201: 109195.
- [19] ZHANG X, LIU C, KONG Y, et al. Effects of intramuscular fat on meat quality and its regulation mechanism in Tan sheep[J]. *Frontiers Nutrition*, 2022, 9: 908355.
- [20] 李 标. 利用微卫星分析盐池滩羊核心群体母羊的遗传多样性[D]. 银川: 宁夏大学, 2019.
- [21] 李 玲, 李业芳, 梁奔梦, 等. 基于 SNP 标记的滩羊亲子鉴定研究[J]. *畜牧兽医学报*, 2022, 53(9): 2912–2919.
- [22] YUE C, WANG J, SHEN Y, et al. Whole-genome DNA methylation profiling reveals epigenetic signatures in developing muscle in Tan and Hu sheep and their offspring[J]. *Frontiers in Veterinary Science*, 2023, 10: 1186040.
- [23] LI Y C, HE D Q, MA Y H, et al. Skin transcriptome analysis identifies the key genes underlying fur development in Chinese Tan sheep in the birth and Er-mao periods[J]. *Gene*, 2022, 820: 146257.
- [24] 田进阳, 马丽娜, 马 青. *Hoxc 13* 基因在滩羊羔羊不同生长时期皮肤组织的表达分析[J]. *现代畜牧兽医*, 2023(5): 15–18.
- [25] BAI L, ZHOU H, TAO J, et al. Effects of *KRTAP20-1* gene variation on wool traits in Chinese Tan sheep[J]. *Genes (Basel)*, 2024, 15(8): 1060.
- [26] BAI L, ZHOU H, TAO J, et al. Characterisation of ovine *KRTAPI9-3* and its impact on wool traits in Chinese Tan sheep[J]. *Animals (Basel)*, 2024, 14(19): 2772.
- [27] BAI L, ZHOU H, LI W, et al. Exploring variation in ovine *KRTAPI9-5* and its effect on fine wool fibre curvature in Chinese Tan sheep[J]. *Animals (Basel)*, 2024, 14(15): 2155.
- [28] BAI L, ZHOU H, HE J, et al. Characterisation of three ovine *KRTAPI3* family genes and their association with wool traits in Chinese Tan sheep[J]. *Animals (Basel)*, 2024, 14(19): 2862.
- [29] MA L, ZHAO W, MA Q, et al. Genome-wide association study of birth wool length, birth weight, and head color in chinese tan sheep through whole-genome re-sequencing[J]. *Animals (Basel)*, 2024, 14(23): 3495.
- [30] 马丽娜, 田进阳, 王 锦, 等. 滩羊 *FGF5*、*COQ9* 基因多态性及其与生长性状的关联分析[J]. *浙江农业学报*, 2024, 36(5): 1015–1023.
- [31] 马丽娜, 刘永进, 马 青, 等. 滩羊 *CIH3orf33* 和 *CNV14* 基因拷贝数变异与生长性状的关联研究[J]. *中国畜牧杂志*, 2023, 59(3): 123–130.
- [32] 杨杜录. 甘肃省滩羊肥羔生产现状发展机遇及技术措施[J]. *甘肃农业*, 1999(12): 24–26.
- [33] 王志刚. 我国畜禽遗传资源保护手段分析[J]. *中国牧业通讯*, 2005(13): 4–7.
- [34] 马军福. 景泰滩羊种群退化的原因及建议[J]. *甘肃农业科技*, 2007(11): 45–47.
- [35] 高彦玲. 滩羊种质资源现状及保种研究[J]. *甘肃畜牧兽医*, 2022, 52(5): 9–11.
- [36] 杨志勇. 会宁县滩羊保种现状及发展建议[J]. *甘肃畜牧兽医*, 2023, 53(1): 19–22.