

云南地方猪种质特性及其保种与多样化利用*

鲁绍雄^{1,2}, 李明丽¹, 严达伟^{1,2}, 葛长荣^{1,2**}

(1. 云南农业大学 动物科学技术学院, 云南 昆明 650201;

2. 云南省动物营养与饲料重点实验室, 云南 昆明 650201)

摘要: 猪种资源是保证猪业安全和可持续发展的重要战略资源。云南独特多样的生态地理、气候环境和民族农耕习俗孕育了独特丰富的地方猪种资源, 为开展新品种(品系)培育、发展优质特色养猪业及促进养猪业可持续发展提供了珍贵的种质素材。本文综述了云南地方猪种质特性及遗传多样性、主要经济性状遗传基础、遗传资源保护以及多样化选育利用的研究与实践进展, 以期对地方猪种资源的发掘、保护与选育利用提供借鉴和参考。

关键词: 云南地方猪种; 种质特性; 遗传多样性; 保种; 选育利用

中图分类号: S 828.8

文献标志码: A

文章编号: 1004-390X(2020)06-1096-10

Germplasm Characteristics, Conservation and Various Utilization of Yunnan Local Pig Breeds

LU Shaoxiong^{1,2}, LI Mingli¹, YAN Dawei^{1,2}, GE Changrong^{1,2}

(1. College of Animal Science and Technology, Yunnan Agricultural University, Kunming 650201, China;

2. Key Laboratory of Animal Nutrition and Feed of Yunnan Province, Kunming 650201, China)

Abstract: The pig breed resources are important strategic resources to ensure the safety and sustainable development of pig industry. Special and abundant local pig breed resources have been bred by the unique and diversified natural ecology, geographical, climatic environment and national farming customs, which provide the precious resources for cultivating new pig breeds (lines), developing high quality and characteristic pig production, and accelerating the sustainable development of pig industry. In order to provide some useful references for the scientific excavation, protection and utilization of local pig breed resources, this paper reviewed the research and practice advancements on the germplasm characteristics and genetic diversity, genetic basis of main economic traits, protection of the genetic resources, diversified breeding and utilization of Yunnan local pig breeds.

Keywords: Yunnan local pig breed; germplasm characteristics; genetic diversity; breed conservation; breeding and utilization

云南地处中国西南边陲, 境内山多地少、海拔落差大(最高海拔 6740 m、最低海拔 76.4 m)、

立体气候明显、生态地理条件多样, 囊括了地球上除海洋和沙漠外的所有生态系统类型, 是中国

收稿日期: 2020-10-04

修回日期: 2020-10-10

网络首发时间: 2020-11-06 13:42:37

*基金项目: 国家重点研发计划项目(2018YFD0501206); 云南省“万人计划”产业技术领军人才项目(YN-WR-CYJS-2018-056); 云南省重点研发项目(2018BB003); 云南省生猪产业技术体系建设项目(2019KJTX0013)。

作者简介: 鲁绍雄(1972—), 男, 云南镇雄人, 博士, 教授, 主要从事动物遗传育种研究。

E-mail: shxlu@263.net

**通信作者 Corresponding author: 葛长荣(1962—), 男, 江苏盐城人, 博士, 教授, 主要从事动物遗传育种研究。E-mail: gcrzal@126.com

网络首发地址: <https://kns.cnki.net/kcms/detail/53.1044.S.20201105.1254.001.html>



生态系统类型最丰富、生物多样性最富集的省份^[1];世居民族 26 个,是中国民族种类最多的省份。特殊的地理位置、复杂的地形地貌、独特的气候环境和多样的民族农耕习俗孕育了独特丰富的地方猪种资源。

云南现有大河猪、撒坝猪、保山猪、滇南小耳猪、迪庆藏猪、明光小耳猪、高黎贡山猪、丽江猪和昭通猪等 9 个经国家畜禽遗传资源委员会鉴定的地方猪品种(遗传资源)^[2],是中国地方猪种资源数量最多的 2 个省份之一。这些猪种资源既有肉质优良、抗逆性强和耐粗饲等共同特性,又各具特色,不仅是开展种质创新、发展优质特色养猪业的理想素材,更是满足人类未来不可预见需求、保障养猪业可持续发展的珍贵资源。开展云南地方猪种遗传资源的评价、发掘与选育利用研究,对中国地方猪种的保护与发掘利用具有重要借鉴作用。

多年来,大量研究从表型和遗传角度系统评价了云南地方猪种质特性及遗传多样性,揭示了部分地方猪种的独特优异性状,新发掘了 2 个国家鉴定的地方猪遗传资源(高黎贡山猪、丽江猪);创新地方猪种差异化保种和育种利用技术体系,初步建立了活体保种与遗传材料保存相结合的地方猪种遗传资源保护体系,培育了大河乌猪、滇陆猪、宣和猪、滇撒猪配套系等 4 个新品种(配套系)^[2-3]和一批地方猪种新品系,有效促进了云南地方猪种资源的保护和选育利用。本文综述了云南地方猪种质特性及遗传多样性、主要经济性状遗传基础、遗传资源保护及选育利用的研究与实践,以期为中国地方猪种资源的发掘、保护与选育利用提供一定的借鉴和参考。

1 云南地方猪种质特性及遗传多样性

改革开放以来,结合 1979 年和 2006 年启动开展的 2 次全国猪种资源调查^[4],相关单位和部门对云南地方猪种资源开展了大量研究,进一步掌握了地方猪种资源数量动态变化和生产性能等种质特性,揭示了滇南小耳猪耐高温高湿、皮薄骨细^[5],迪庆藏猪适应高原低氧和耐寒^[6],撒坝猪产仔多、一般配合力和特殊配合力高^[7],大河猪适合腌制“云腿”^[8]等独特种质特性;新发掘了 2 个通过国家鉴定的地方猪遗传资源——高黎贡

山猪(农业部公告第 1493 号)和丽江猪(农业部公告第 2342 号);从生化遗传、细胞遗传和分子遗传等角度揭示了云南地方猪种遗传多样性。

1.1 体型外貌

云南地方猪种体型外貌各异,呈现了典型的多样化特征^[2,9]。从毛色上看,撒坝猪、保山猪、滇南小耳猪、迪庆藏猪、明光小耳猪、昭通猪、丽江猪及高黎贡山猪全身被毛多为黑色,偶有完全或不完全“六白”(头、尾尖、四肢有白毛);而大河猪则多为火红毛,少有黑毛。从耳形上看,撒坝猪、保山猪、大河猪和昭通猪耳形中等下垂,丽江猪和高黎贡山猪的耳形多为中等外展,滇南小耳猪、明光小耳猪和迪庆藏猪耳形偏小且呈直立或微竖。从体型大小看,撒坝猪、保山猪、大河猪和昭通猪体型较大,成年体质量多大于 120 kg;滇南小耳猪、迪庆藏猪、明光小耳猪、高黎贡山猪及丽江猪体型较小,成年体质量多小于 70 kg。

1.2 生产性能

已有研究结果^[2,5,10-14]显示:云南地方猪种普遍肉质优良(肌内脂肪含量均高于 4.5%),但生产性能总体偏低(表 1),主要表现为:(1)产仔数偏少。9 个地方品种中,除撒坝猪(11.83 头)和保山猪(10.93 头)外,其余品种母猪产仔数均在 10 头以下,3 个品种(迪庆藏猪、明光小耳猪和丽江猪)产仔数低于 7 头。(2)生长速度偏慢、商品饲料转化效率偏低。育肥期日增重高于 500 g 的只有撒坝猪、保山猪和丽江猪,明光小耳猪、迪庆藏猪和高黎贡山猪日增重均低于 350 g;料重比均高于 3.6:1,明光小耳猪甚至高于 6:1。(3)胴体瘦肉率偏低。所有品种的瘦肉率都低于 50%,滇南小耳猪低于 40%。从已有研究报道看,部分猪种的生产性能仍待系统测定和评价,如明光小耳猪和高黎贡山猪的生长育肥性能、昭通猪的繁殖性能等。

1.3 特殊适应性

从总体上看,云南地方猪种普遍具有适应性强、耐粗饲的种质特性。由于各品种原产区生态地理、气候条件各异,因而又形成了一些特殊的适应性,如滇南小耳猪能很好地适应高温潮湿的气候条件,具有较强的抗蚊虫和体外寄生虫能力^[5,15];迪庆藏猪是典型的高原型猪种,耐低氧高寒、抗病力强^[6]。

表 1 云南地方猪种主要生产性能
Tab. 1 Main production performances of Yunnan local pig breeds

品种 breed	总产仔数/头 total number born	育肥期日增重/g ADG in fattening period	料重比 feed conversion rate	胴体瘦肉率/% carcass lean percentage	肌内脂肪含量/% intramuscular fat content
撒坝猪 ^[2, 10] Saba pig	11.83±1.58	573±8	3.63	44.42±2.65	6.53±1.65
保山猪 ^[2] Baoshan pig	10.93±3.07	526±68	3.94	43.65±1.93	4.58±1.46
大河猪 ^[2, 10] Dahe pig	8.45±0.52	402±57	4.15	42.72±0.89	6.05±2.92
滇南小耳猪 ^[2, 5] Diannan small-ear pig	9.41±2.25	358±45	4.22	38.01±3.78	8.29±3.11
明光小耳猪 ^[2, 11] Mingguang small-ear pig	6.60±1.40	253	6.44	48.74±6.16	7.76±2.34
迪庆藏猪 ^[2, 12] Diqing Tibetan pig	5.46±1.54	319±85	4.86	43.65±3.38	4.71±2.14
高黎贡山猪 ^[2, 13-14] Gaoligongshan pig	8.67±0.41	339	4.26	44.85±4.17	7.08±0.48
昭通猪 ^[2] Zhaotong pig	9.36	369±63	4.08	46.91±6.50	6.26±1.68
丽江猪* Lijiang pig	6.70±2.60	510±113	3.91	41.69±5.33	6.75±2.41

注：总产仔数为经产数据；“*”为课题组补充测定数据。
Note: The total number born is the data of later parities; the data with “*” are supplementary tested by our research group.

近年来，围绕藏猪高原低氧适应 (high altitude hypoxia adaptation) 的生理和遗传机制解析，不少学者开展了系列研究，取得了喜人进展。有学者对海拔 550~3 700 m 不同云南地方猪种的血液生理指标进行研究，结果显示：红细胞数增加导致血液中的血红蛋白浓度 (HGB) 和血细胞比容 (HCT) 升高是藏猪高原低氧适应的生理表征^[16-17]。KONG 等^[18]报道：跨膜丝氨酸蛋白酶 6 基因 (*TMPRSS6*) 第 10 内含子区域的 CGTG 缺失，导致 HGB 降低、平均红细胞体积 (MCV) 变小，从而减缓红细胞生成、改善红细胞变形能力和血液黏度，可能是藏猪高原低氧适应的机制之一。基于全转录组基因共表达分析的结果显示：*IKBKG*、*KLF6*、*RBPJ* (RIF1)、*SF3B1*、*EFEMP1*、*HOXB6* 和 *ATF6* (RIF2) 可能是藏猪低氧适应的调控因子^[19]。

1.4 遗传多样性

云南地方猪种不仅分布区域的生态地理条件和体型外貌各异，在生产性能和遗传上也呈现了明显的多样性。20 世纪 90 年代中后期以来，人们对云南地方猪种的血液蛋白、染色体、线粒体 DNA(mtDNA)、微卫星 DNA 多态性及全基因组 SNP 变异等进行了研究，从不同层面揭示了各地方猪种的遗传多样性。

有研究显示：撒坝猪、大河猪和滇南小耳猪等云南地方猪种染色体 C 带和银染核仁组织区 (Ag-NORs) 具有明显多态性^[20-21]；血液蛋白多态

程度较高，反映在蛋白质水平上的遗传多样性较为丰富^[22-23]；但其 mtDNA 限制性酶切片段的多态性则较低，遗传多样性贫乏^[24]，反映了云南地方猪种在母系起源上的一致性。权金强等^[25]对云南 7 个地方猪种资源 mtDNA D-loop 区遗传多样性进行了研究，结果显示：就总体单倍型丰富度效应而言，迪庆藏猪、滇南小耳猪、保山猪和撒坝猪对维持云南地方猪种遗传多样性呈正效应，而明光小耳猪、高黎贡山猪和大河猪则呈负效应。在微卫星 DNA 多态性层面，云南所有地方猪种的遗传多样性都较为丰富，进一步选育利用的价值和潜力较大，同一品种内有近交现象，品种间处于中度遗传分化，但彼此间存在一定的基因交流^[26-28]。WU 等^[29]基于二代测序技术研究了滇南小耳猪的遗传多样性，结果表明：分布于西双版纳、盈江和金平的滇南小耳猪各自分化为相对独立的分支，其遗传多样性明显低于太湖猪等国内地方品种，推断历史上发生的近交 (50 代以前) 对种群遗传多样性的影响更大，从全基因组角度印证了滇南小耳猪品种形成过程中长期存在近亲繁殖^[2, 30-31]。这些研究结果丰富了中国地方猪遗传多样性研究内容，为地方猪种资源的科学保护、选育与利用提供了坚实的基础和依据。

2 云南地方猪种主要经济性状的遗传基础

近 40 年来，围绕云南地方猪种经济性状的遗传规律和遗传基础解析，相继估计了撒坝猪、

大河猪和滇南小耳猪等地方猪种重要经济性状的遗传参数,揭示了滇南小耳猪阴囊疝性状遗传规律和大河猪毛色性状的遗传方式,并从分子遗传标记角度对主要经济性状的遗传基础进行了系列研究。

2.1 数量性状遗传参数与特殊性状遗传方式

为揭示云南地方猪种主要经济性状的遗传规律,20世纪70年代末期以来,部分学者相继估计了大河猪繁殖与生长发育性状^[8]、滇南小耳猪繁殖与胴体性状^[32-33]和撒坝猪繁殖性状^[7,34]的遗传参数,为这些地方猪种的科学选育提供了参数依据。尽管如此,大量云南地方猪种主要性状的遗传参数估计仍待进行。

有关云南地方猪种体型外貌的研究,主要集中在部分品种的毛色遗传上。连林生等^[35]结合现场调查和测交试验分析发现:大河猪火毛主要受2对显性基因互作控制,并在此基础上成功培育出中国第一个纯火毛猪新品系——大河猪火毛快长系^[36]。REN等^[37]基于全基因组关联分析(genome-wide association study, GWAS)的结果显示:包括大河猪在内的棕毛性状受酪氨酸酶相关蛋白1基因(tyrosinase-related protein 1, *TYRP1*)编码区1个6 bp缺失控制。基于全基因组重测序的研究结果显示:滇南小耳猪中的“六白”毛色很可能受多基因座位共同控制,且与B型内皮素受体基因(endothelin receptor type B, *EDNRB*)、中心体蛋白基因(centrosomal protein, *CNTLN*)和PTEN诱导激酶基因(PTEN induced putative kinase 1, *PINK1*)呈强关联^[38]。在遗传缺陷的研究方面,连林生等^[39]采用手术缩小腹股沟孔的阴囊疝纯合隐性公猪,通过测交试验证明版纳小耳猪阴囊疝受2对隐性重叠基因控制,并据此成功地清除了猪群中的阴囊疝基因。

2.2 主要经济性状的分子遗传基础

有关云南地方猪主要经济性状的遗传基础研究,早期主要从血液蛋白多态性等生化遗传标记的角度进行探索^[40-42]。近年来,随着分子标记技术的发展和运用,不少学者对云南地方猪繁殖、生长和肉质等经济性状的候选基因(标记)开展了大量研究,取得了一些很有意义的成果(表2),并逐渐应用到育种和生产实践。如影响繁殖性状的雌激素受体基因(*ESR*)、促卵泡激素 β 亚基基因(*FSH β*)、催乳素受体基因(*PRLR*)、前列腺素

合成酶2基因(*PTGS2*)和血管内皮生长因子基因(*VEGF-A*)^[43-46];影响生长性状的肌细胞生成素基因(*MyoG*)、线粒体钙单向转运调节器1基因(*MCURI*)、SAM指向结构域的ETS转录因子基因(*SPDEF*)、张力蛋白3基因(*TNS3*)、白细胞抗原-DQA基因(*SLA-DQA*)、白细胞抗原-DQB基因(*SLA-DQB*)、胰岛素样因子1基因(*IGF-I*)和 α (1,2)岩藻糖转移酶基因1(*FUT1*)基因^[47-54];影响肉质性状的骨骼肌兰尼啶受体基因(*RYR1*)、*MyoG*基因、脂肪细胞定向和分化因子1基因(*ADD-1*)^[55-58];影响脂肪沉积的轴蛋白互作者背部化相关基因(*AIDA*)、心脏脂肪酸结合蛋白基因(*H-FABP*)、固醇调节元件结合蛋白1c基因(*SREBP-1c*)、脂肪酸合成酶基因(*FAS*)、硬脂酰CoA去饱和酶基因(*SCD*)、脂肪组织脂肪酸结合蛋白基因(*A-FABP*)、激素敏感脂肪酶基因(*HSL*)、肉碱棕榈酰转移酶-1B基因(*CPT-1B*)、甘油三酯脂肪酶基因(*ATGL*)、过氧化物酶体增殖物激活受体 γ 基因(*PPARG*)、CCAAT增强子结合蛋白A基因(*C-EBP α*)以及脂肪和肥胖相关基因(*FTO*)^[59-65];影响低氧适应的*TMPRSS6*基因、低氧诱导因子1 α 基因(*HIF-1 α*)、血管内皮生长因子基因(*VEGF*)和促红细胞生成素基因(*EPO*)^[18,66]等。其中,*ESR*与*FSH β* 基因的合并基因型AABB为撒坝猪产仔数的增效基因型;*MYOG*、*SLA-DQA*和*SLA-DQB*的合并基因型ABCBBC可提高撒坝猪生长性能;乌金猪*FAS*、*SREBP-1c*、*SCD*、*A-FABP*和*H-FABP*基因表达量高于长白猪,而*CPT-1B*、*HSL*和*ATGL*基因的表达量低于长白猪,从而造成乌金猪具有较强的脂肪沉积能力。

上述候选基因中,影响猪应激综合征(PSS)和肉质的*RYR1*基因已成功应用于大河乌猪、宣和猪和滇撒猪等新品种(配套系)的育种实践^[3,55,67-68],并在种猪生产中得到了很好应用;影响母猪产仔数的*ESR*和*FSH- β* 基因也成功应用于滇撒猪配套系的母系选育^[68],有效提高了产仔数选择进展。

3 云南地方猪种遗传资源保护

长期以来,围绕云南地方猪种遗传资源的保护,相关地区和部门开展了大量探索与实践,初步建立了原产地与异地保护相结合、活体与遗传材料保存相补充的地方猪种遗传资源保护体系。乌金猪(大河猪)、滇南小耳猪、撒坝猪和藏猪被

表 2 云南地方猪种主要经济性状的部分候选基因研究

Tab. 2 Some studied candidate genes of main economic traits in Yunnan local pig breeds

性状 trait	候选基因 candidate gene	品种 breed	性状 trait	候选基因 candidate gene	品种 breed
繁殖性状 reproductive trait	<i>ESR</i>	撒坝猪 ^[43] Saba pig	脂类沉积 lipid deposition	<i>AIDA</i>	撒坝猪 ^[59] Saba pig
	<i>FSHβ</i>	撒坝猪 ^[43-44] Saba pig		<i>H-FABP</i>	乌金猪、滇南小耳猪 ^[60-61] Wujin pig, Diannan small-ear pig
	<i>PRLR</i>	撒坝猪 ^[45] Saba pig		<i>SREBF-1c</i>	乌金猪 ^[62-64] Wujin pig
	<i>PTGS2</i>	撒坝猪 ^[46] Saba pig		<i>FAS</i>	乌金猪 ^[62-64] Wujin pig
	<i>VEGF-A</i>	撒坝猪 ^[46] Saba pig		<i>SCD</i>	乌金猪 ^[62-63] Wujin pig
生长性状 growth trait	<i>MyoG</i>	撒坝猪 ^[47] Saba pig		<i>A-FABP</i>	乌金猪 ^[62] Wujin pig
	<i>MCUR1</i>	撒坝猪 ^[48] Saba pig		<i>HSL</i>	乌金猪 ^[62] Wujin pig
	<i>SPDEF</i>	撒坝猪 ^[49] Saba pig		<i>CPT-1B</i>	乌金猪 ^[62] Wujin pig
	<i>TNS3</i>	撒坝猪 ^[50] Saba pig		<i>ATGL</i>	乌金猪 ^[62] Wujin pig
	<i>SLA-DQA</i>	撒坝猪 ^[51] Saba pig		<i>PPARG</i>	乌金猪 ^[64] Wujin pig
	<i>SLA-DQB</i>	撒坝猪 ^[52] Saba pig		<i>CEBPAa</i>	乌金猪 ^[64] Wujin pig
	<i>IGF-I</i>	撒坝猪 ^[53] Saba pig		<i>FTO</i>	乌金猪 ^[65] Wujin pig
	<i>FUT1</i>	迪庆藏猪 ^[54] Diqing Tibetan pig		<i>TMPRSS6</i>	藏猪 ^[18] Tibetan pig
肉质性状 meat quality		撒坝猪、保山猪、乌金猪、滇南小耳猪 ^[55-56] Saba pig, Baoshan pig, Wujin pig, Diannan small-ear pig	低氧适应 hypoxia adaptation	<i>HIF-1a</i>	乌金猪 ^[66] Wujin pig
	<i>MyoG</i>	滇南小耳猪 ^[57] Diannan small-ear pig		<i>VEGF</i>	乌金猪 ^[66] Wujin pig
	<i>ADD1</i>	乌金猪 ^[58] Wujin pig		<i>EPO</i>	乌金猪 ^[66] Wujin pig

列入国家级畜禽遗传资源保护名录，乌金猪、保山猪和明光小耳猪列入了云南省级畜禽遗传资源保护名录，对地方猪种遗传资源的保护起到了重要作用。

3.1 保种方式与模式

在活体保种方面，围绕重点保护品种的保护，先后构建并实施了保种场保种、自然保护区保种、保种场与自然保护区相结合的保种模式。大河猪、滇南小耳猪和撒坝猪已基本构建了“保种场+自然保护区”的保种体系，除建设国家级地方猪遗传资源保种场外，还设立了相应的自然保护区^[5, 69-70]。其中，大河猪在富源县的大河镇、墨红镇和竹园镇，滇南小耳猪在勐海县的西定乡、布朗山乡和勐腊县的象明乡，撒坝猪在禄丰县的高峰乡和双柏县大麦地镇设立了自然保护区；迪庆藏猪在香格里拉市建塘镇和小中甸镇建立了国家级保护区。保山猪于 1999 年组建了 14 头公猪（8 个家系）和 140 余头母猪的保种群。其他地方品种也相继建立了一定规模的保种群，但保种群规模大多偏小，保种条件建设仍待加强。

在遗传材料保存方面，除按照国家级地方猪遗传材料采集与保存工作要求采集保存地方猪种精液、组织样品等遗传材料外，云南农业大学、

云南省畜牧兽医科学院等单位还采集保存了大量 DNA 组织样品，为地方猪种遗传资源保护提供了有益补充。

3.2 保种成效

在地方猪种的保种过程中，结合地方猪种质特性及市场需求，探索并构建保种与选育利用相结合的技术体系，有效促进了地方猪种遗传资源的保护。(1) 主要特性得以有效保持。最新的测定结果显示：重点保护品种主要生产性能相对稳定，部分性能有一定改进和提升。如：大河猪总产仔数（8.45 头）和瘦肉率（42.72%）分别较 2007 年提高 1.05 头和 0.58 个百分点^[71]；滇南小耳猪育肥期日增重（358 g）、料重比（4.22：1）和瘦肉率（38.01%）较 1992 年分别提高 41 g、0.23 和 2.85 个百分点^[5]；撒坝猪育肥期日增重（573 g）和料重比（3.63：1）较 2004 年分别提高 55 g 和降低 0.17^[72]。(2) 遗传多样性得以有效保护。对云南现有 9 个地方猪种 15 个微卫星 DNA 标记^[28]的分析结果显示：平均有效等位基因数（ N_e ）、Shannon’s 信息指数（ I ）、期望杂合度（ H_e ）、多态信息含量（PIC）分别为 4.9913（3.8820~6.4453）、1.7391（1.4374~2.0317）、0.7648（0.7021~0.8281）和 0.7338（0.6647~0.7993），遗传多样性总体上仍较丰富；mtDNA

D-loop 区遗传多样性的研究结果^[25]表明:大河猪、撒坝猪、滇南小耳猪、保山猪、迪庆藏猪、明光小耳猪和高黎贡山猪的平均单倍型多样性(H_d)为 0.820 (0.644~0.828)、核苷酸多样性(P_i)为 0.00451 (0.00327~0.00521),遗传多样性相对较为丰富。

尽管如此,有关地方猪种遗传资源种群数量、群体内遗传变异和生产性能等的动态监测仍需进一步加强,以保护促开发、以开发促保护的良性循环机制尚需进一步建立和完善。

4 云南地方猪种遗传资源的多样化利用

随着中国养猪生产发展和人民生活水平的不断提高,人们对猪肉消费的需求已逐渐从“有肉吃”向“吃好肉”转变,猪肉市场的多样化、优质化、品牌化日趋明显,而地方猪种正好具备生产优质品牌猪肉的禀赋。在对地方猪种质特性开展系统研究的基础上,相关研究机构与生产单位结合云南多样化的生态地理和养殖条件,按照评估、发掘、保种与选育利用有机协同的原则,利用多样化的猪种资源,因地制宜地开展多样化的创新利用^[4],有效促进了地方猪种资源“保用结合”的良性互动,促进了区域优质特色养猪业发展。

4.1 利用纯种地方猪开展高端品牌猪肉生产

随着人们生活水平的提高,对猪肉品质的要求也越来越高,多样化、优质化、品牌化猪肉消费市场加快形成,为优质高端猪肉产业发展提供了机遇和空间。

云南地方猪种肉质优良,普遍具有生产优质猪肉的特质,部分品种还又具有独特的肉质特性,如高黎贡山猪肉必需脂肪酸含量高(亚油酸、亚麻油酸和花生四烯酸含量分别为 19.71%、16.24% 和 20.99%)^[10];滇南小耳猪肉富含 ω -3 脂肪酸(4.50%)^[73],具有生产优质“保健”猪肉的潜质;大河猪适合腌制“云腿”^[71];迪庆藏猪适于制作琵琶肉等具有浓郁风味的藏民猪肉制品^[12];滇南小耳猪边长边肥、皮薄骨细,体质量 ≥ 7 kg 时均可利用且肌肉无腥味^[5],适合制作烤乳猪。近年来,部分地区以龙头企业为引领,通过建立地方品种纯种繁育群,以“公司+农户”或“公司+基地(合作社)+农户”模式发展优质特色肉猪生产,取得了一定成效。

在加强品种资源保护与本品种选育基础上,

直接利用地方猪品种开展优质猪肉生产,不仅可原汁原味地保持地方猪种的优良肉质特性,打造优质高端猪肉品牌,还有利于地方品种资源的保护。如能结合当地特色猪肉产品加工、民俗文化、旅游和休闲等,完善融合养殖、屠宰、加工、流通和销售等环节的产加销一体化全链条,将会进一步提升品牌猪肉产业发展内涵和效益。

4.2 利用地方猪种开展杂交优质肉猪生产

云南地方猪种普遍具有生长慢、瘦肉率和商品饲料转化效率低等缺点,在优质优价机制尚未完全形成的市场条件下,直接利用地方猪进行商品猪生产的比较效益较低。而地方猪种与引进的瘦肉型猪种间遗传差异普遍较大,两者杂交通常可望产生较大的遗传互补效应和杂种优势。因此,通过筛选适当的杂交组合,不仅可保持地方猪种肉质优良、适应性强、耐粗饲等优点,还可有效改善地方猪种生长慢、瘦肉率和饲料报酬低等问题,是利用地方猪种资源高效开展优质特色猪肉生产的一条快捷路径。

改革开放以来,根据猪肉市场需求变化,人们以云南地方猪种为基础筛选了系列杂交组合,有效促进了优质杂优肉猪生产。1982 年以来,连林生等^[15]先后引入巴克夏、长白猪与滇南小耳猪开展了正反杂交试验,其中巴克夏 $\times$ 滇南小耳猪组合的育肥期日增重、料重比和瘦肉率分别较滇南小耳猪提高 107 g、降低 0.71 和提高 7.65 个百分点,长白猪 $\times$ 滇南小耳猪育肥期日增重、料重比和瘦肉率分别较滇南小耳猪提高 140 g、降低 0.87 和提高 2.70 个百分点。以大河猪为母本开展的杂交试验结果显示:长白猪 $\times$ 大河猪、杜洛克 $\times$ 大河猪、巴克夏 $\times$ 大河猪 3 个组合的育肥期日增重分别较大河猪提高 37.56%、36.30% 和 18.36%,瘦肉率分别提高 10.46、11.42 和 0.42 个百分点^[74]。以撒坝猪为母本与长白猪、大约克、杜洛克等外来猪种开展二元或三元杂交,亦表现了明显的杂种优势,其中筛选的最佳二元杂交组合杜洛克 $\times$ 撒坝猪,育肥期日增重(709 g)和瘦肉率(55.30%)的杂种优势率分别为 16.90% 和 5.66%,肌肉脂肪含量高达 6.02%;三元杂交组合大约克 $\times$ (长白猪 $\times$ 撒坝猪)育肥期日增重(759 g)和瘦肉率(60.96%)的杂种优势率分别为 14.83% 和 6.22%,肌肉脂肪含量 3.51%^[75-76]。以保山猪为母本,生产的杜洛克 $\times$ 保山猪(杜保)、巴克夏 $\times$ 保山猪二元杂种

猪, 胴体瘦肉率分别达 57.67% 和 55.19%^[77]; 杜保母猪产仔数可达 11.10 头, 大约克×(杜洛克×保山猪) 育肥期日增重可达 814 g^[10]。

近年来, 随着优质黑猪市场需求的逐渐增长, 生产中以地方品种为母本、杜洛克或巴克夏为父本开展优质二元杂交黑猪的生产逐渐兴起, 但相关杂交组合性能的系统测定和评价尚需进一步加强。持续加强地方猪种的选优提纯, 对保证和提高杂交优质肉猪的生产效率和效益也至关重要。

4.3 利用地方猪种培育新品系(品种)和配套系

云南独特丰富的地方猪种资源为开展新品种(品系)培育提供了宝贵的育种素材。利用云南地方猪种资源培育新品种(品种)的工作始于 20 世纪 80 年代, 经过数十年探索和努力, 相继培育了一批地方猪新品系和 4 个新品种(配套系), 并在生产中得到了广泛应用, 有效提升了区域特色养猪业的发展内涵, 为中国地方猪种选育利用提供了成功范例。

4.3.1 地方猪新品系培育

围绕云南地方猪种生产性能改进提高或专门用途, 人们结合区域养猪生产需求和猪种特点, 重点以乌金猪(大河猪)、滇南小耳猪和撒坝猪为基础开展了新品系的培育工作。1980 年以来, 先后以大河猪毛色纯化和性能提升为重点, 通过本品种选育培育了中国第一个纯火毛猪新品系——大河猪火毛快长系^[36]; 以提高大河猪生长和胴体性能为重点, 通过导入杜洛克猪杂交培育了大河猪新品系^[78-79](后育成大河乌猪新品种); 以乌金猪为基础, 导入大约克、长白猪和太湖猪血统杂交育成了滇陆猪新品系^[80](后育成滇陆猪新品种); 以滇南小耳猪生产性能提升为目标, 通过群体继代选育法培育了版纳小耳猪新品系^[81]; 以繁殖性能和杂交配合力提升为重点, 通过闭锁与定期开放相结合、优秀个体世代重叠等方法, 育成了撒坝猪专门化母系^[75, 82]。这些地方猪种新品系的培育, 进一步改进和提高了地方猪种的生产性能, 提升了区域养猪生产水平, 同时也丰富了中国猪新品系培育的理论与技术体系, 为地方猪新品系的培育提供了有益实践和经验。

4.3.2 利用地方猪种培育新品种

在地方猪的育种和生产实践中, 根据不同地方品种特性及经典用途, 兼顾特色产品加工和优

质猪肉消费等需求, 通过杂交育种技术培育新品种, 可有效聚合不同品种优质、高效、抗逆等遗传特质, 简化制种程序, 实现优质肉猪的高效生产。迄今为止, 以云南地方猪种为基础, 已成功育成了大河乌猪、滇陆猪和宣和猪 3 个新品种。

(1) 大河乌猪。针对大河猪(乌金猪)作为传统优质“云腿”原料猪种的经典用途及优质猪肉市场需求, 在大河猪品系繁育基础上, 以大河猪为母本、杜洛克为父本开展杂交创新, 在获得理想类型后经 6 个世代持续选育, 成功育成了大河乌猪新品种, 并于 2003 年获国家畜禽新品种证书。大河乌猪及其培育具有以下两大特点: 一是新品种外血比例适宜(50% 杜洛克血缘), 既有效保持了大河猪肉质和火腿品质优良等特性, 又克服了大河猪生产性能偏低的缺点; 二是选育过程中采用的不完全闭锁群体继代选育与世代重叠相结合、个体选择与家系选择相结合、随机选配与适度近交相结合等育种方法^[83], 有效保证了新品种选育效果, 实现了优质与高效的有效聚合。新品种育成时, 母猪产仔数 10.88 头、肉猪达 90 kg 时的日龄为 186 d、瘦肉率 54.18%, 较同期大河猪分别提高 2.68 头(32.68%)、缩短 49 d 和提高 9.38 个百分点, 肌内脂肪含量 5.24%^[67], 以大河乌猪、大约克×大河乌猪组合腌制的火腿品质优良, 有效保持了大河猪优良的肉质和火腿品质。

(2) 滇陆猪。滇陆猪新品种是针对云南地方猪产仔数及瘦肉率低、生长速度慢的问题, 在利用新太湖 D₁ 系(长白猪、太湖猪血统各占 1/2)公猪与大约克×乌金猪(约克)母猪杂交获得理想类型的基础上, 经 6 个世代选育而成, 于 2009 年获国家畜禽新品种证书。新品种培育过程中, 多留精选、优秀个体世代重叠等方法的运用^[80]保证了选育效果。新品种育成时, 母猪产仔数 11.44 头, 育肥期日增重 692 g、瘦肉率 52.78%、肌内脂肪含量 4.06%, 较好地聚合了 2 个地方猪种(太湖猪、乌金猪)和 2 个引进猪种(长白猪、大约克)的优点。与多数云南地方品种相比, 滇陆猪繁殖性能和生长胴体性能都得到了明显提高, 较好地克服了地方猪产仔数少、增重慢、瘦肉率低等缺陷^[84], 生产性能和效率达到了较高水平。

(3) 宣和猪。针对“华夏三大名腿”之一的宣威火腿产业发展与优质猪肉市场需求, 结合宣威火腿原料猪种应“含有乌金猪血统”的固有要求, 在

以乌金猪为母本、长白猪为父本开展杂交创新基础上,历经8个世代选育,成功培育了中国第一个针对火腿产业的猪新品种——宣和猪,并于2018年获国家畜禽新品种证书。在新品种培育过程中,持续监测火腿品质指标、集成应用同期性能测定、动物模型BLUP遗传评估、品质与亲缘选配和基因辅助选择等技术,有效保证了新品种的优质高效与耐粗饲特性^[3]。新品种育成时,母猪产仔数11.31头,育肥期日增重771 g,料重比2.92:1,胴体瘦肉率60.29%,后腿比例30.32%,肌肉脂肪含量3.53%;以其后腿为原料腌制的宣威火腿肌肉饱满、品质优良,成品率、瘦肉率、三签香味清香率和品味评分(满分50分)分别为69.82%、60.72%、90.91%和47.71分,明显优于其他品种及杂交组合腌制的火腿。

4.3.3 利用地方猪种培育配套系

与传统的杂交利用途径相比,配套系杂交具有亲本品系间遗传互补性强、杂种优势明显,商品代猪群整齐度高、选育方向调整灵活等优势,是杂种优势利用的高级形式。

撒坝猪是滇中地区优良的地方猪品种,分布广、数量多,产仔性能明显高于云南其他地方猪种。1993年起,针对优质高效肉猪生产需求,以撒坝猪为母系母本品系(S_1)育种素材,长白、大约克分别为母系父本品系(L_2)和终端父系(Y_3)育种素材,集成应用经典育种和基因辅助选择技术,成功育成了中国第一个纯地方猪种专门化品系配套而成的猪配套系——滇撒猪配套系^[68],并于2006年获国家畜禽新品种(配套系)证书。该配套系(曾暂定名撒坝猪配套系)被中国著名动物育种学家盛志廉教授誉为一个“具有中国特色的猪配套系”“代表了我国猪育种科技的先进方向”“为我国地方猪种资源培育配套系开创了新的模式”^[85]。

滇撒猪配套系的培育,充分利用了地方猪种和引进种猪基因资源的互补与互作效应,有效克服了单纯饲养地方猪种和引进猪种固有的问题;充分结合中国国情和养猪生产实际,采用先通过“杂交试验确定最佳杂交组合,再进行专门化品系培育”的技术路线,节省了育种成本和时间,提高了育种效率; S_1 系选育采用闭锁与定期开放选育相结合的育种体系,优秀个体世代重叠;根据性状遗传特性,经典育种与基因辅助选择技术

相结合,纯繁成绩与杂交成绩相结合,个体选择与家系选择相结合,提高了品系选择效果。配套系育成时,父母代母猪产仔数12.61头,较撒坝猪提高1.21头(10.61%);商品代肉猪日增重、瘦肉率和料重比分别达787 g、60.98%和2.88:1,较撒坝猪分别提高269 g(51.93%)、提高18.49个百分点和降低0.58(16.76%);肌肉脂肪含量3.47%,较好地实现了优质高效的有效聚合。

以地方猪种专门化品系选育为基础培育配套系,不仅可有效促进地方猪种的高效利用,还可有效促进地方猪种遗传资源的保护,实现地方猪种资源有效保护与高效可持续利用的良性互动。

[参考文献]

- [1] 高文荣,朱万龙.云南生物多样性现状及保护对策研究[J].生物过程,2014,4(3):35. DOI: 10.12677/bp.2014.43005.
- [2] 袁跃云,孙利民,叶绍辉,等.云南省畜禽遗传资源志[M].昆明:云南科技出版社,2015.
- [3] 鲁绍雄,连林生,李庆科,等.基于乌金猪深度发掘的优质高效新品种选育[J].猪业科学,2016,33(12):120. DOI: 10.3969/j.issn.1673-5358.2016.12.038.
- [4] 鲁绍雄,李继良,董新星,等.改革开放40年中国猪业发展与进步·猪育种技术进展[M].北京:中国农业大学出版社,2018.
- [5] 鲁绍雄,连林生.滇南小耳猪种质资源研究进展与开发利用[J].中国猪业,2013(S1):165. DOI: 10.16174/j.cnki.115435.2013.s1.017.
- [6] 严达伟,苟潇,李国治.迪庆藏猪种质特性研究[C]//2006中国猪业发展大会论文集.海口:中国畜牧业协会,2006.
- [7] 连林生,鲁绍雄.撒坝猪繁殖性状的表型和遗传参数分析[J].畜牧与兽医,2001,33(2):6. DOI: 10.3969/j.issn.0529-5130.2001.02.003.
- [8] 连林生,吴正德.大河猪几个数量性状遗传参数的初步估计[J].遗传,1979(1):13. DOI: 10.16288/j.ycz.1979.01.004.
- [9] LIAN L, HU W. The genetic diversity, conservation and sustainable utilization of Yunnan local pig breeds[C]//Proc. 6th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production, 1998.
- [10] 连林生,鲁绍雄,严达伟.利用地方猪种资源发展云南特色养猪业[J].养猪,2005(2):17. DOI: 10.3969/j.issn.1002-1957.2005.02.010.
- [11] 沈雪鹰,屈在久,傅国璋.明光小耳猪资源状况及开发利用[J].养猪,2009(1):23. DOI: 10.13257/j.cnki.21-1104/s.2009.01.012.
- [12] 严达伟,赵桂英,苟潇,等.迪庆藏猪肉质特性研究[J].云南农业大学学报,2007,22(1):86. DOI: 10.16211/j.issn.1004-390x(n).2007.01.020.
- [13] 赵桂英,严达伟,苟潇,等.高黎贡山猪遗传资源的现状调查[J].云南农业大学学报(自然科学),2010,25(2):219. DOI: 10.16211/j.issn.1004-390x(n).2010.02.022.

- [14] 陈坤祥, 和世华, 和万喜, 等. 国外猪种与高黎贡山猪杂交繁殖性能比较[J]. 畜牧与兽医, 2012, 44(10): 47.
- [15] 连林生, 徐家珍, 张柱昌, 等. 滇南小耳猪的生产性能和杂交效果[J]. 畜牧与兽医, 1985(6): 250.
- [16] 孔小艳, 苟潇, 马腾, 等. 藏猪低氧适应的血液生理指标研究[J]. 云南农业大学学报(自然科学), 2014, 29(2): 297. DOI: [10.3969/j.issn.1004-390X\(n\).2014.02.026](#).
- [17] 马腾, 曹景锋, 孔小艳, 等. 藏猪与连续海拔分布猪种血常规及血流变学指标研究[J]. 畜牧与兽医, 2014, 46(11): 10.
- [18] KONG X Y, DONG X X, YANG S L, et al. Natural selection on *TMPRSS6* associated with the blunted erythropoiesis and improved blood viscosity in Tibetan pigs[J]. Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular Biology, 2019, 233: 11. DOI: [10.1016/j.cbpb.2019.03.003](#).
- [19] JIA C L, KONG X Y, KOLTES J E, et al. Gene co-expression network analysis unraveling transcriptional regulation of high-altitude adaptation of Tibetan pig[J]. PLoS One, 2016, 11(12): e0168161. DOI: [10.1371/journal.pone.0168161](#).
- [20] 胡文平, 张丽霞, 连林生, 等. 撒坝猪、大河猪染色体比较研究[J]. 云南农业大学学报, 1997, 12(3): 209. DOI: [10.16211/j.issn.1004-390x\(n\).1997.03.013](#).
- [21] 胡文平, 连林生, 刘爱华, 等. 版纳微型猪染色体显带研究[J]. 上海实验动物科学, 1997, 17(2): 86.
- [22] HU W P, LIAN L S, SU B, et al. Genetic diversity of Yunnan local pig breeds inferred from blood protein electrophoresis[J]. Biochemical Genetics, 1998, 36: 207. DOI: [10.1023/A:1018772824353](#).
- [23] 连林生, 唐爱发, 赵中保, 等. 撒坝猪血清蛋白多态性及一些生产性状的关系[J]. 遗传, 2000, 22(6): 389. DOI: [10.16288/j.ycz.2000.06.011](#).
- [24] 胡文平, 连林生, 刘爱华, 等. 云南地方猪种线粒体 DNA 多态性研究[J]. 畜牧兽医学报, 1998, 29(1): 3.
- [25] 权金强, 苟潇, 赵生国. 云南地方猪种 mtDNA D-loop 区遗传多样性研究[J]. 四川农业大学学报, 2015, 33(4): 422. DOI: [10.16036/j.issn.1000-2650.2015.04.011](#).
- [26] 霍金龙, 霍海龙, 苗永旺, 等. 利用 76 个微卫星标记分析滇南小耳猪的遗传多样性[J]. 云南农业大学学报(自然科学), 2008, 23(5): 638. DOI: [10.16211/j.issn.1004-390x\(n\).2008.05.023](#).
- [27] 霍金龙, 苗永旺, 霍海龙, 等. 明光小耳猪遗传多样性分析[J]. 畜牧兽医学报, 2009, 40(2): 272. DOI: [10.3321/j.issn.0366-6964.2009.02.021](#).
- [28] 欧阳依娜, 江炎庭, 孙利民, 等. 10 个云南地方猪种微卫星遗传多样性分析[J]. 中国畜牧兽医, 2018, 45(4): 992. DOI: [10.16431/j.cnki.1671-7236.2018.04.020](#).
- [29] WU F, SUN H, LU S X, et al. Genetic diversity and selection signatures within Diannan small-ear pigs revealed by next-generation sequencing[J]. Frontiers in Genetics, 2020, 11: 733. DOI: [10.3389/fgene.2020.00733](#).
- [30] 连林生, 徐家珍, 王鹤云, 等. 版纳微型猪[J]. 中国畜牧杂志, 1994, 30(5): 15.
- [31] 连林生, 徐家珍, 徐宝明, 等. 版纳微型猪实验动物化的研究(初报)I. 版纳微型猪的分布形成和繁育饲养[J]. 上海实验动物科学, 1990, 10(1): 12.
- [32] 姜义洲, 张念严. 滇南小耳猪几个性状遗传参数的研究[J]. 遗传, 1982, 4(3): 11. DOI: [10.16288/j.ycz.1982.03.006](#).
- [33] 连林生, 徐家珍, 张柱昌, 等. 版纳小耳猪胴体性状遗传参数的估测及几个活体性状与瘦肉率相关分析[J]. 云南农业大学学报, 1986, 1(1): 101. DOI: [10.16211/j.issn.1004-390x\(n\).1986.01.012](#).
- [34] 鲁绍雄, 连林生. 撒坝猪乳头数遗传力及其与繁殖性能关系的研究[J]. 中国畜牧杂志, 2000, 36(6): 14. DOI: [10.3969/j.issn.0258-7033.2000.06.006](#).
- [35] 连林生, 吴正德. 大河猪毛色遗传方式的探讨[J]. 中国畜牧杂志, 1985(1): 10.
- [36] 连林生, 徐家珍, 徐宝明, 等. 大河猪火毛快长系的选育与利用[C]//西南地区猪育种学术讨论会论文集, 1992.
- [37] REN J, MAO H, ZHANG Z, et al. A 6-bp deletion in the *TYRP1* gene causes the brown colouration phenotype in Chinese indigenous pigs[J]. Heredity, 2011, 106(5): 862. DOI: [10.1038/hdy.2010.129](#).
- [38] LÜ M D, HAN X M, MA Y F, et al. Genetic variations associated with six-white-point coat pigmentation in Diannan small-ear pigs[J]. Scientific Reports, 2016, 6: 27534. DOI: [10.1038/srep27534](#).
- [39] 连林生, 李虹, 张利辉, 等. 版纳小耳猪阴囊疝遗传方式及其测交方法的初步探讨[J]. 东北养猪, 1987(4): 9. DOI: [10.13257/j.cnki.21-1104/s.1987.04.005](#).
- [40] 连林生, 鲁绍雄. 撒坝猪日增重生化遗传标记的筛选[J]. 云南农业大学学报, 1999, 14(4): 391. DOI: [10.16211/j.issn.1004-390x\(n\).1999.04.011](#).
- [41] 鲁绍雄, 连林生. 撒坝猪血清淀粉酶与繁殖性能关系的研究[J]. 畜牧与兽医, 1999, 31(2): 4. DOI: [10.3969/j.issn.0529-5130.1999.02.002](#).
- [42] 鲁绍雄, 连林生. 撒坝猪血清白蛋白基因型交配组合与繁殖性能的关系[J]. 中国畜牧杂志, 2000, 36(1): 19. DOI: [10.3969/j.issn.0258-7033.2000.01.007](#).
- [43] 鲁绍雄, 胡晓湘, 连林生, 等. 撒坝猪 *ESR* 和 *FSH-β* 基因多态性及其与产仔数的关联分析[J]. 云南农业大学学报(自然科学), 2009, 24(3): 389. DOI: [10.16211/j.issn.1004-390x\(n\).2009.03.024](#).
- [44] 李国治, 连林生, 鲁绍雄, 等. 撒坝猪促卵泡激素β亚基基因多态性及其与头胎产仔性能相关性研究[J]. 养猪, 2005(2): 22. DOI: [10.3969/j.issn.1002-1957.2005.02.013](#).
- [45] 李国治, 连林生, 鲁绍雄, 等. 以催乳素受体基因作为撒坝猪部分生产性能候选基因的研究[J]. 养猪, 2005(4): 36. DOI: [10.3969/j.issn.1002-1957.2005.04.020](#).
- [46] 高玉森. 大白、长白和撒坝猪繁殖性状候选基因 *PTGS2*、*VEGF-A* 多态性及其效应[D]. 昆明: 云南农业大学, 2018.
- [47] 鲁绍雄, 丁艳, 李明丽, 等. 撒坝猪 *MyoG* 基因 *MspI* 多态性及其与部分生长性状的关系[J]. 云南农业大学学报, 2007, 22(3): 385. DOI: [10.16211/j.issn.1004-390x\(n\).2007.03.017](#).
- [48] 董新星, 李明丽, 崔艺佳, 等. 撒坝猪 *MCUR1* 基因克隆、生物信息学分析及其组织表达量检测[J]. 浙江农业学报, 2019, 31(11): 1825. DOI: [10.3969/j.issn.1004-1524.2019.11.08](#).
- [49] 袁荷梅, 李明丽, 马黎, 等. 撒坝猪 *SPDEF* 基因克隆及其生物信息学分析[J]. 中国畜牧兽医, 2019, 46(5): 1263. DOI: [10.16431/j.cnki.1671-7236.2019.05.002](#).
- [50] 肖莹, 李明丽, 马黎, 等. 撒坝猪 *TMS3* 基因 CDS 序列生

- 物信息分析及组织表达检测[J]. 黑龙江畜牧兽医, 2019(23): 5. DOI: 10.13881/j.cnki.hljxmsy.2019.03.0077.
- [51] 钱锦花, 连林生. 撒坝猪*SLA-DQA*基因多态性与生长性状的相关性分析[J]. 畜牧与兽医, 2014, 46(5): 59.
- [52] 钱锦花, 连林生. 撒坝猪*SLA-DQB*基因与生长性状的相关性分析[J]. 黑龙江畜牧兽医(科技版), 2014(2): 77. DOI: 10.13881/j.cnki.hljxmsy.2014.03.039.
- [53] 丁艳, 鲁绍雄, 连林生. 撒坝猪胰岛素样生长因子-I基因多态性及其与部分生长性状的关联分析[J]. 中国畜牧兽医, 2012, 39(10): 181. DOI: 10.3969/j.issn.1671-7236.2012.10.042.
- [54] 方晨, 胡瑞举, 杨明华, 等. 迪庆藏猪*FUT1*基因遗传变异分析[J/OL]. 中国畜牧杂志, 2020[2020-10-07]. <https://doi.org/10.19556/j.0258-7033.20200206-01>.
- [55] 连林生, 唐爱发, 赵中保, 等. 撒坝猪及其配套系氟烷基因检测与遗传效应分析[J]. 养猪, 2000(2): 19. DOI: 10.13257/j.cnki.21-1104/s.2000.02.014.
- [56] 白改翠, 王嵌, 兰国湘, 等. 从*RYR1*基因角度探讨猪种资源的保护与选育利用[J]. 云南农业大学学报(自然科学), 2013, 28(4): 476. DOI: 10.3969/j.issn.1004-390X(n).2013.04.005.
- [57] 王伟, 魏雪锋, 赵雪, 等. 滇南小耳猪细胞生成素(*MyoG*)基因多态性的研究[J]. 云南农业大学学报(自然科学), 2013, 28(4): 482. DOI: 10.3969/j.issn.1004-390X(n).2013.04.006.
- [58] 张永云, 黄英, 杨明华, 等. *ADD1*基因多态性与乌金猪肌肉脂肪含量的关系[J]. 云南农业大学学报(自然科学), 2013, 28(2): 196. DOI: 10.3969/j.issn.1004-390X(n).2013.02.009.
- [59] 吕敏娟, 崔艺佳, 李明丽, 等. 撒坝猪*AIDA*基因编码区克隆、序列特征分析及组织表达量检测[J]. 家畜生态学报, 2020, 41(5): 16. DOI: 10.3969/j.issn.1673-1182.2020.05.004.
- [60] ZHAO S M, REN L J, GUO L, et al. Muscle lipid metabolism gene expression in pigs with different H-FABP genotypes[J]. Livestock Science, 2010, 128(1/2/3): 101. DOI: 10.1016/j.livsci.2009.11.005.
- [61] 江佳伟, 黄英, 杨明华, 等. *H-FABP*不同基因型对滇南小耳猪脂肪分解代谢相关基因表达的影响[J]. 畜牧兽医学报, 2013, 44(6): 837. DOI: 10.11843/j.issn.0366-6964.2013.06.002.
- [62] ZHAO S M, REN L J, CHEN L, et al. Differential expression of lipid metabolism related genes in porcine muscle tissue leading to different intramuscular fat deposition[J]. Lipids, 2009, 44(11): 1029. DOI: 10.1007/s11745-009-3356-9.
- [63] 赵小琪, 谢宇潇, 潘洪彬, 等. 不同品种猪肌肉脂肪合成代谢相关基因表达水平的研究[J]. 黑龙江畜牧兽医, 2018(19): 6. DOI: 10.13881/j.cnki.hljxmsy.2017.12.0051.
- [64] LI W Z, ZHAO S M, HUANG Y, et al. Expression of lipogenic genes during porcine intramuscular preadipocyte differentiation[J]. Research in Veterinary Science, 2012, 93(3): 1190. DOI: 10.1016/j.rvsc.2012.06.006.
- [65] 黄英, 杨明华, 毕保良, 等. 乌金猪*FTO*基因的克隆和表达分析[J]. 生物技术通讯, 2014, 25(3): 316. DOI: 10.3969/j.issn.1009-0002.2014.03.003.
- [66] 李美荃, 张春勇, 安清聪, 等. 云南乌金猪与约克大猪低氧适应性的研究[J]. 畜牧兽医学报, 2015, 46(6): 965. DOI: 10.11843/j.issn.0366-6964.2015.06.012.
- [67] 司徒乐愉, 吴安立, 皮晓波, 等. 大河乌猪肉质特性研究[J]. 养猪, 2004(5): 48. DOI: 10.3969/j.issn.1002-1957.2004.05.032.
- [68] 连林生, 鲁绍雄, 严达伟, 等. 滇撒猪配套系选育[C]//2006中国猪业发展大会论文集. 海口: 中国畜牧业协会, 2006.
- [69] 连林生. 云南猪遗传资源的保护与开发利用[J]. 养猪, 2010(1): 30. DOI: 10.13257/j.cnki.21-1104/s.2010.01.012.
- [70] 吴汝雄, 李祥, 王忠庆, 等. 云南乌金猪(大河猪)资源保护与开发利用研究[C]//全国畜禽遗传资源保护与利用学术研讨会论文集. 北京: 中国畜牧业协会, 2005.
- [71] 孙兴达, 李生飞, 李祥. 大河猪保种选育过程对胴体品质及肉质化学成分的影响[J]. 养猪, 2014(1): 47. DOI: 10.13257/j.cnki.21-1104/s.2014.01.025.
- [72] 陈德江, 任文辉, 顾锡江, 等. 撒坝猪产业发展调研报告[J]. 猪业科学, 2019, 36(2): 132. DOI: 10.3969/j.issn.1673-5358.2019.02.043.
- [73] 马俊松, 马启文, 段勇, 等. 原生态养殖版纳小耳猪肥育性能、胴体及肉质测定[J]. 养猪, 2009(2): 37. DOI: 10.13257/j.cnki.21-1104/s.2009.02.029.
- [74] 连林生, 徐家珍, 徐宝明, 等. 大河猪杂交利用的研究[J]. 云南农业大学学报, 1988, 3(2): 159. DOI: 10.16211/j.issn.1004-390X(n).1988.02.010.
- [75] 连林生, 王鹤云, 严达伟, 等. 撒坝猪专门化母系及其杂种猪的生长胴体和肉质特性的研究[J]. 养猪, 2000(3): 29. DOI: 10.13257/j.cnki.21-1104/s.2000.04.016.
- [76] 唐爱发, 连林生, 王鹤云, 等. 撒坝猪杂种优势性能研究及最佳杂交组合筛选[J]. 四川畜牧兽医, 2000, 27(12): 21. DOI: 10.3969/j.issn.1001-8964.2000.12.013.
- [77] 吴旭东, 赵家鼎, 龚绍荣, 等. 保山猪、杜×保猪、巴×保猪的性能比较研究[J]. 云南农业大学学报(自然科学), 2018, 33(2): 249. DOI: 10.12101/j.issn.1004-390X(n).201704001.
- [78] 连林生, 王鹤云, 徐家珍, 等. 大河猪商品瘦肉型杂交利用研究[J]. 云南农业大学学报, 1987, 2(1): 75. DOI: 10.16211/j.issn.1004-390X(n).1987.01.011.
- [79] 尤如华, 司徒乐愉, 王忠庆, 等. 大河猪新品系繁殖特性研究报告[J]. 养猪, 2001(1): 32. DOI: 10.13257/j.cnki.21-1104/s.2001.01.017.
- [80] 杨凤鸣, 高新, 吴金亮, 等. 滇陆新品系猪选育及杂交利用研究报告[J]. 养猪, 2000(3): 30. DOI: 10.13257/j.cnki.21-1104/s.2000.03.018.
- [81] 连林生, 曾养志, 张柱昌, 等. 版纳小耳猪的品系选育研究[J]. 云南畜牧兽医, 1989(1): 8.
- [82] 连林生, 王鹤云, 严达伟, 等. 撒坝猪选优提纯及其杂种优势利用研究初报[J]. 云南畜牧兽医, 2000(1): 5.
- [83] 司徒乐愉, 王忠庆, 荣要先, 等. 大河猪新品系选育研究与示范[J]. 云南畜牧兽医, 2000(2): 9.
- [84] 沈君叶, 卢建福, 鲁绍雄, 等. 滇陆猪扩繁母猪产仔性能调查分析[J]. 中国畜牧杂志, 2010, 46(22): 40.
- [85] 盛志廉. 中国地方猪种的杂交利用[J]. 中国畜牧杂志, 2006, 42(1): 3. DOI: 10.3969/j.issn.0258-7033.2006.01.003.

责任编辑: 何馨成