奶牛乳腺炎的快速检测和预防治疗

王明琼[1],尹艺涵[2,3],郭云霞[3],白玛拉珍[1],曲 珍[1],
边巴次仁[1],尼玛仓决[1],妮妮卓嘎[1],赤列旺久[1],胡长敏[3],陈 洁[2]

(1.西藏山南市乃东区农牧综合服务中心,西藏 山南 856000;2.武汉市农业科学院畜牧兽医研究所,湖北 武汉 430208;3.华中农业大学动物医学院,湖北 武汉 430070)

摘 要:乳腺炎是奶牛业经济损失的重要因素,西藏高寒环境(低氧、大温差)与饲草短缺使乳腺炎诊断、治疗、防控更具挑战性。为有效应对奶牛乳腺炎对西藏地区奶牛养殖业的制约,系统综述并比较了快速检测技术及其优势、短板和使用场景,如加州乳腺炎试验(CMT)、聚合酶链式反应(PCR)技术、环介导等温扩增技术(LAMP)等快速检测技术,可根据应用场景灵活组合使用实现快速诊断。在治疗与预防方面,根据《奶牛乳房炎防治技术指引》和《奶牛养殖场兽医卫生规范》两项最新政策文件明确治疗原则、治疗方法和防控措施,旨在为乳腺炎的早期诊断和精准治疗提供理论依据,为西藏牧场一线兽医及养殖管理者提供实践参考。

关键词:奶牛乳腺炎;快速检测技术;精准诊疗;防治;西藏高寒环境

中图分类号:C932.6 **文献标识码**:A

Rapid detection, prevention and treatment technologies for bovine mastitis

Wang Mingqiong[1], Yin Yihan[2,3], Guo Yunxia[3], Baimalazhen[1], Quzhen[1], Bianbaciren[1], Nimacangjue[1], Ninizhuoga[1], Chiliewangjiu[1], Hu Changmin[3], Chen Jie[2]

(1. Agriculture and Animal Husbandry Service Center of Nedong District, Lhoka Xizang 856000, China; 2. Institute of Animal Husbandry and Veterinary Medicine, Wuhan Academy of Agricultural Sciences, Wuhan Hubei 430208, China; 3. College of Veterinary Medicine, Huazhong Agricultural University, Wuhan Hubei 430070, China)

Abstract: Bovine mastitis causes massive economic losses to dairy industries. The alpine environment of Xizang featured hypoxia and huge diurnal temperature differences, coupled with forage shortage, brings extra difficulties to mastitis diagnosis and control. This paper systematically compares the principles, advantages, limitations and applicable scenarios of rapid detection methods including CMT, PCR and LAMP, which can be combined flexibly for fast field diagnosis. Guided by two official industry technical specifications, this paper clarifies standardized treatment and preventive strategies. The study provides theoretical basis for early precise diagnosis and practical operation references for grassroots veterinarians and farm managers in Xizang.

Key words: bovine mastitis; rapid detection technology; precise diagnosis and treatment; prevention and control; alpine environment of Xizang

收稿日期:2026-02-27

基金项目:山南市本级科技计划项目(SNSBJKJJHXM2025008)。

作者简介:王明琼(1981—),女,硕士,农业技术推广研究员,主要从事动物临床疾病研究,E-mail:lcsyxjoan@sina.com。

通信作者:陈洁(1981—),女,博士,正高级兽医师,主要从事畜禽疾病防控,E-mail:chen_jie_999@163.com。

乳腺炎又称乳房炎，由一种或多种病原微生物引起的乳腺炎症，以乳腺上皮细胞发生病理学改变为特征，继而出现炎症反应和分泌变化，受感染乳区白细胞增多。根据不同临床表现，乳腺炎可分为亚临床乳腺炎、临床乳腺炎。患乳腺炎过程中，奶牛泌乳功能降低，除弃奶、治疗和淘汰带来的经济损失外，有研究发现乳腺炎与奶牛低生育力关联的分子机制进而降低受孕率也造成经济损失[1]。国外研究人员用共病调整模型对 183 个牛奶生产国评估了 12 种奶牛疾病的经济影响，临床乳腺炎和亚临床乳腺炎造成的损失分别为 130、90 亿美元，位居前列[2]。国内研究人员调查了 22 个省(市)320 个规模奶牛养殖场，发现乳房炎是最影响收益的疾病[3]。中国农业科学院兰州畜牧与兽药研究所乳腺炎课题组对我国进行了乳腺炎大规模流行病学调查，包括 27 个省市 52 个奶牛场，结果表明：我国奶牛临床型乳腺炎平均发病率为 7.08%，亚临床乳腺炎平均发病率为 40.93%[4]。牛乳腺炎不仅影响动物健康和生产性能，还可能通过抗生素耐药性传播威胁人类健康，抗生素耐药性(AMR)已成为全球健康危机。乳腺炎病原菌携带的耐药基因(ARGs)可通过生乳传播，经水平基因转移(HGT)扩散至人类病原菌威胁公共健康[5]。早期诊断、及时治疗可显著减轻乳腺炎严重程度、提高治愈率并减少经济损失[6]。

目前报道的奶牛乳腺炎的病原微生物有 100 多种，且根据地区和养殖模式不同，病原菌种类会有变化[7]。在 20 世纪初，报道较多的乳腺炎病原为无乳链球菌 *Streptococcus agalactiae*，占乳腺炎感染的 90%，其次是金黄色葡萄球菌 *Staphylococcus aureus*。20 世纪 70 年代后，随着牧场管理集约化，大肠杆菌等革兰阴性菌和机会性病原体(如环境链球菌、凝固酶阴性葡萄球菌)成为主要挑战，近年无绿藻属 *Prototheca* 和支原体 *Mycoplasma* 等新发病原体引发关注[8]，这两种病原具有传染性且难以治疗，有报道牛支原体病在西藏山南市洛扎县呈现出高发态势，可引发支原体肺炎、支原体关节炎、支原体乳腺炎等[9]。牛无绿藻感染后可在奶牛场环境中长期广泛地存活，导致奶牛发生乳腺炎，药敏试验中其对多种抗生素不敏感，难以治疗，仅抗真菌类(制霉菌素 B、两性霉素 B)或氨基糖苷类药(如庆大霉素)有效[10]。

西藏是我国传统五大牧区之一，畜牧业是西藏自治区国民经济的基础产业[11]。西藏地区的低氧环境导致牲畜呼吸频率加快，低温则使牲畜需要更多的能量来维持体温，导致牲畜生长周期延长，体重增长缓慢，免疫力下降[12]，同时，低温还可导致仪器失准或故障及牛只的局部循环障碍。对低温环境下常用抗生素在乳腺组织中的药代动力学研究较少，可能使乳腺炎的治疗周期延长，湿冷条件下药浴后冻伤风险增加，给乳腺炎的防控带来压力。

本文围绕奶牛乳腺炎的诊断、治疗与预防展开综述。诊断方面，系统梳理了加州乳腺炎试验(CMT)、聚合酶链式反应(PCR)、环介导等温扩增(LAMP)、酶联免疫吸附测定(ELISA)、胶体金免疫层析法等快速检测技术的应用进展；治疗与预防方面：重点学习了 2025 年 10 月发布的《奶牛乳房炎防治技术指引》和《奶牛养殖场兽医卫生规范》两项最新政策文件，旨在为乳腺炎的早期诊断和精准治疗提供理论依据，同时为西藏牧场一线兽医及养殖管理者提供实践参考，助力实现从“经验用药”向“精准诊疗”的模式转变，最终提升奶牛养殖的经济效益与动物健康水平。

1　乳腺炎快速检测技术研究进展

乳腺炎早期难以通过肉眼识别，需依赖诊断技术，将通过诊断方法的进步快速诊断和治疗来提高动物的福利[13]。乳中体细胞数(SCC)是诊断乳腺炎的核心指标，根据 NY/T 2692—2015，当 SCC＞50×10^4/mL 时，提示存在亚临床型乳腺炎；若 SCC＞50×10^4/mL 且伴有乳房红、肿、热、痛等局部炎症表现或乳汁异常，则可诊断为临床型乳腺炎。不同检测方法有其局限性和优势，需根据应用场景结合成本与便利性、检测时间、准确性(灵敏度和特异性)、检测限、精密度等进行综合考量，找到最合适的诊断方法。

1.1　加州乳腺炎检测法(CMT)

根据 2010 年 7 月 20 日中华人民共和国农业部印发的《奶牛乳腺炎防治技术指南(试行)》通知，利用加州乳腺炎检测法已成为诊断奶牛乳腺炎的常用检测方法之一。CMT 也是在全球范围内广泛使用的奶牛亚临床乳腺炎现场快速诊断方法，其技术原理是奶牛乳房发生炎症时，乳

汁中的细胞数量会显著增加，CMT 检测液中含有特定试剂，可与细胞核酸发生反应，形成凝胶状沉淀，从而间接估计体细胞数，但由于没有产生数值结果，仅提示炎症存在，结果的判定有一定主观性，不如体细胞计数结果准确，无法明确病原菌种类，需结合其他检测方法，CMT 在操作便捷性上拥有绝对优势，故在牧场一线广泛使用。

1.2 聚合酶链式反应(PCR)技术

乳腺炎涉及到非常多的病原体，因此对每一种病原体进行单独检测是非常困难、耗时和昂贵的。1985 年分子检测中聚合酶链式反应(PCR)技术问世，有作为高效筛查工具的潜力，但需与其他技术互补以提升检测准确性[14]。荧光定量 PCR(qPCR)是一种在传统 PCR 基础上引入荧光标记技术，在反应体系中加入荧光化学物质(如 SYBR Green 染料或 TaqMan 探针)的检测方法，随循环数的增加 PCR 产物指数级扩增，荧光信号强度同步成比例增强，通过实时监测荧光信号的累积，从而实现对初始模板核酸的定量检测。qPCR 在传统 PCR 特异性扩增的基础上有了可视化、可量化的能力，是现代分子生物学定量检测的金标准方法之一，可直接从牛奶中检测最常见的乳房病原体[15]。有研究基于多重 PCR 的检测方法，可在一次试验中针对检测 5 种以上的乳腺炎病原体，包括皮葡萄球菌、大肠杆菌、牛分枝杆菌、金黄色葡萄球菌、乳房链球菌、停乳链球菌、无乳链球菌、产色链球菌和溶血性链球菌[16]。另有研究在一种可检测 15 种病原体和 1 个 β-内酰胺酶基因的多重 qPCR 试剂盒的评估中，发现 qPCR 更适于复杂感染诊断，qPCR 可快速检测细菌培养法难以培养的病原(如支原体、死亡细菌)，且对 β-内酰胺酶基因的检出更敏感，但 qPCR 无法区分活菌、死菌，且对某些菌种(如肺炎克雷伯菌)存在交叉反应[17]。

1.3 环介导等温扩增(LAMP)技术

无需复杂设备，可在 1～2 h 内完成检测，适合现场应用。近年来，许多基于环介导等温扩增的研究用于检测牛乳腺炎病原体无乳链球菌[18]和金黄色葡萄球菌[19]。有国外研究人员开发并评估针对 4 种乳腺炎病原体(大肠杆菌、肺炎克雷伯菌、金黄色葡萄球菌、链球菌属)的 LAMP 检测方法，并验证核酸侧流免疫层析(NALFIA)作为现场读出的可行性。肺炎克雷伯菌 LAMP 在 40 min 通用运行时假阳性率高(特异性 59%)，因与大肠杆菌交叉反应，链球菌属 LAMP 因广谱靶向导致临床无关样本误判[20]。LAMP 的广泛应用需要根据不同微生物的特性进行扩增条件的摸索。

1.4 酶联免疫吸附测定(ELISA)

酶联免疫吸附测定是一种基于抗原-抗体特异性反应和酶催化信号放大作用的固相免疫检测技术。通过标准曲线计算待测物含量，通过酶标记的二抗或抗原进行信号放大，最终通过底物显色反应后用酶标仪测量吸光度进行定性或定量分析。有研究人员基于 MilA 蛋白重组片段的间接 IgG 酶联免疫吸附试验用于检测支原体感染，对临床样本的诊断灵敏度为 94.3 %，诊断特异度为 94.4 %[21]。

1.5 胶体金免疫层析法

胶体金免疫层析法是利用抗体捕获特定病原体抗原，可以实现样品进结果出的快速诊断。有研究人员开发了一种基于中性粒细胞髓过氧化物酶(MPO)的竞争式胶体金侧向层析试纸(LFA)，对 75 份牛奶样本(健康、SCM 早期/晚期、临床乳腺炎)测试显示：在 SCC 为(1.5～3.5)×10^5 cells/mL 阶段灵敏度 90%，总体准确率 97%，和乳铁蛋白、乳过氧化物酶等无交叉反应，但需离心提取体细胞裂解液，目前不适合无实验室条件的牧场现场使用，未来可通过简易离心结合裂解液简化步骤开发全乳直接检测方案[22]。

1.6 其他快速诊断技术：超声检查和生鲜乳电导率检测

乳腺炎会导致乳腺上淋巴结淋巴细胞增殖，随后同侧淋巴结肿大，超声检查可观察这些变化[23]，但需要一定技术且无法明确病原。另外可根据牛乳的电导率来检测乳腺炎和亚临床乳腺炎动物的乳汁样本，其较健康动物牛乳电导率显著增加($p<0.000\ 1$)。当乳腺感染时，紧密连接的完整性丧失，由于乳腺炎病原体引起的组织损伤和中性粒细胞扩张，上皮渗漏导致乳汁和血液成分通过，最终生鲜乳中电导率增加，但这种检测的稳定性会受到温度的影响，两种方法均可在现场使用但有其局限性[24]。对于不同快速检测技术的对比见表 1。

表 1　不同快速检测技术对比

技术名称	原理	应用场景	优势	短板
加州乳腺炎检测法(CMT)	特定试剂可与细胞核酸发生反应,形成凝胶状沉淀,从而间接估计体细胞数。	牧场现场	操作简单,成本低,即时出结果	有一定主观性,试剂受温度影响,无法实现早期诊断,无法明确病原体。
聚合酶链式反应(PCR)	通过温度循环,特异性地大量扩增一段目标 DNA 序列。	实验室或现场的便携设备	核酸检测的“金标准”,极高的灵敏度、特异性、可定量	不能区分活死菌,依赖仪器,易发生污染,对样本纯度要求高。
环介导等温扩增(LAMP)技术	在恒温条件(60～65 ℃)下,利用 4～6 条特异性引物和具有链置换活性的 DNA 聚合酶,高效、快速地扩增目标 DNA。	牧场现场(恒温水浴或金属浴)	1～2 h 内完成检测、操作简便	有假阳性及交叉反应,需要根据微生物的特性摸索扩增条件,但其引物设计较复杂。
酶联免疫吸附测定(ELISA)	抗原-抗体特异性反应、酶催化信号放大作用。	实验室	高灵敏度、高特异性、可同时处理大量样本、结果可量化	需要用酶标仪测量吸光度,实验中需要恒温培养箱,商品化产品少。
胶体金免疫层析法(试纸条)	抗原-抗体特异性反应	牧场现场	成本低、操作简便	商品化产品少、灵敏度低
超声检查	基于高频声波在组织中的反射、折射和衰减的回声信号,区分正常组织和病理组织。	牧场现场	直接观察乳腺结构、干奶期可用	依赖仪器,需要一定技术,无法明确病原体。
电导率测定	炎症导致乳汁离子浓度升高、导电性增强。	牧场现场	可用于早期诊断、可量化、准确	依赖仪器,使用时需校准仪器,受到温度的影响大,无法明确病原体。

2　预防和治疗

根据地区和养殖模式不同,奶牛乳房炎病原菌种类和耐药情况会有变化。为合理指导临床用药及落实乳房炎综合防控,研究人员在西北地区的 4 个规模化奶牛场采集 267 头亚临床乳腺炎奶牛生鲜乳样本,病原菌分布的分析结果显示,凝固酶阴性葡萄球菌是主要致病菌,其次为大肠杆菌、肺炎克雷伯菌、停乳链球菌,病原菌在不同牧场的分布差异显著($\chi^2 = 62.21$, $p < 0.01$)[25]。根据不同场区调查的病原流行情况,实现一场一策的精准快速诊断和治疗是减轻乳腺炎严重程度、提高治愈率并减少经济损失的有效途径。

2025 年 10 月 28 日,中国动物疫病预防控制中心发布了包括《奶牛乳腺炎防控技术指引》等共 5 个防治技术指引。2025 年 10 月 31 日,国家市场监督管理总局(国家标准化管理委员会)批准发布《奶牛养殖场兽医卫生规范》(GB/T 16568—2025)国家标准,2026 年 5 月 1 日起正式实施。《奶牛乳腺炎防控技术指引》强调科学防治,规范用药,能直接帮助养殖户降本增效,减少不必要的经济损失,降低生鲜乳中的兽药残留,确保消费者食品安全。而《奶牛养殖场兽医卫生规范》则通过标准化管理,涵盖疫病防控、生物安全等在内的现代兽医管理体系,这将为奶牛养殖场的疫病防控提供系统化的强化生物安全制度框架,明确要求场区实行生物安全分区管理和净道污道分离,有效阻断人畜共患病和重大动物疫病的传播链条。

奶牛乳腺炎治疗原则为“早发现、早诊断、精准用药、综合干预”,局部与全身相结合、抗感染与抗炎并重、支持疗法与免疫调节协同。对亚临床乳腺炎,泌乳期须加强跟踪和卫生消毒管理,在干奶期选用敏感抗生素或中兽药等进行治疗。对轻度临床型乳腺炎,选用敏感的抗生素进行乳室灌注或使用商品化的乳室灌注剂或中兽药进行治疗。对重度临床型乳腺炎,应先对症治疗如补液、镇痛、退热、消炎,同时选用敏感的抗生素治疗,也可用物理疗法,如远红外线具有扩张微细血管、增加组织血流量、增强代谢修复等多种生物学作用。治疗时应选购正规兽药,牛用兽药休药期通常包括屠宰停药期和弃奶期两个关键指标,严格按休药期要求用药。具体治疗方法包括乳头药浴、乳房给药、全身治疗、乳房基部封闭治疗等,应依据致病菌检测及药敏试验结果治疗,可用中药治疗如蒲公英、金银花、紫花地丁等。藏药已有两千多年的历史,其生长环境的独

特使其有重要医用价值，目前200多种藏药已被纳入《中国药典》，40多种药剂成为保护品种[26]。藏药中鸦葱系菊科，有清热解毒、活血消肿之功效，可医乳腺炎[27]，可在饲料中添加具有抗菌消炎作用的中草药或藏药进行保健。

奶牛乳腺炎防控措施包括改善饲养环境卫生、严格挤奶程序、提高营养水平如硒、锌、铜及维生素E等，强化早期识别机制及定期监测。疾病的发生与流行是致病因子、宿主与环境3个基本要素在特定时空条件下相互作用和动态平衡被打破的结果，三者相互依存、相互制约，改变或阻断其中任何一个要素，就可预防、控制疾病的发生与发展。对于难以治愈且具高度传染风险的个体应及时淘汰，防止成为持续感染源，及时淘汰是经济合理的选择，淘汰患病牛虽然短期内增加替换成本，但从长期看可通过降低治疗成本和减少抗生素使用实现整体收益[28]。针对西藏地区特点，有文献指出寒冷气候条件下，牛舍保温与通风平衡难度较大，乳腺炎防治应突出挤奶卫生和环境控制：挤奶前清洁消毒、挤奶后及时药浴，保持垫料干燥、定期更换，合理通风降湿降氨，并结合体细胞数和乳样检测早期发现亚临床乳腺炎[29]。

将诊断检测方法与牧场综合管理措施结合起来，最终可实现疫病的净化。有研究报道了瑞士提契诺州成功实施奶牛群金黄色葡萄球菌基因型B感染的净化项目，该研究覆盖168个牧场的3 364头奶牛，通过高特异性和灵敏度的qPCR检测、严格的牧场管理措施、针对性抗生素治疗及扑杀治疗无效牛只等综合策略实现了净化，净化带来了经济效益与奶质改善，牧民满意度高，提升了食品安全、抗生素使用减少等积极的公共卫生影响[30]。

3 总结与展望

综上所述，奶牛乳腺炎是制约奶牛养殖业提质增效、影响奶源安全与养殖经济效益的主要疫病之一。相较于传统经验式判断与粗放治疗，分层分级的快速检测体系、标准化预防措施和精准诊疗技术，更适配西藏地域广阔、养殖分散、基层技术条件薄弱的高原养殖特点，能够有效降低奶牛乳腺炎发病率，减少养殖损耗，保障生鲜乳质量安全，对推动本地奶业规范化发展具有重要现实意义。

当前，一线养殖场和基层兽医优先选择快速筛查工具如CMT、胶体金纸条、LAMP等锁定可疑目标，区域实验室使用ELISA、PCR等方法进行检测结果的复核，这一技术模式已初步构建起乳腺炎监测诊断网络，有效弥补了基层畜牧疫病检测短板，推动疫病防控从传统经验型向科学精准型转变。通过常态化养殖管理、环境管控、科学饲喂、早期筛查和及时施治的综合防治手段，能够从源头降低疫病发生风险，持续净化养殖环境，筑牢高原奶业生物安全防线。

未来，随着科技援藏力度持续深化与西藏畜牧兽医科技创新体系不断完善，奶牛乳腺炎快速诊断与综合防控技术将进一步向基层下沉、向全域覆盖推进，逐步实现村级快速筛查、乡镇现场检测、县级精准复核的全覆盖技术格局。依托数字化、精准化防控技术，西藏奶牛养殖业将彻底摆脱“靠经验、凭传统”的粗放养殖模式，全面迈入数据驱动、科学防控、高效绿色的现代化养殖新阶段，持续提升高原奶业产业化、标准化、科学化发展水平，为西藏畜牧产业转型升级、农牧民稳定增收和乡村全面振兴提供坚实的技术支撑与产业保障。

参考文献：

[1] Lavon Y，Leitner G，Klipper E，et al.Subclinical，chronic intramammary infection lowers steroid concentrations and gene expression in bovine preovulatory follicles[J].Domestic Animal Endocrinology，2011，40(2)：98-109.

[2] Rasmussen P，Barkema H W，Osei P P，et al.Global losses due to dairy cattle diseases：a comorbidity-adjusted economic analysis[J].Journal of Dairy Science，2024，107(9)：6945-6970.

[3] 王晶，韩萌，祝文琪，等.规模奶牛场卫生保健和疾病防治状况调研[J].中国兽医杂志，2023，59(12)：41-48.

[4] 牟小青，尚立宏，杨峰，等.奶牛乳房炎防治及中兽药作用机制研究进展[J].中兽医医药杂志，2024，43(6)：47-53.

[5] Kazemzadeh S，Korneeva O，Shabunin S，et al.Antibiotic resistance in mastitis-causing bacteria：exploring antibiotic-resistance genes，underlying mechanisms，and their implications for dairy animal and public health[J].Open Veterinary Journal，2025，15(9)：3980-4006.

[6] Milner P，Page K L，Hillerton J E.The effects of early

antibiotic treatment following diagnosis of mastitis detected by a change in the electrical conductivity of milk[J].Journal of Dairy Science,1997,80(5):859-863.

[7] 叶雯,麻柱,俞英,等.我国奶牛乳房炎发病现状及防治措施 [J].中国畜牧杂志,2023,59(9):343-348.

[8] Ruegg P L.A 100-year review:mastitis detection,management,and prevention[J].Journal of Dairy Science,2017,100(12):10381-10397.

[9] 索朗扎西.牛支原体病的诊断和防控措施 [J].畜牧兽医科技信息,2024(10):135-137.

[10] 许顺鑫,张海艳,胡长敏,等.湖北省某奶牛场乳腺炎主要病原微生物的分离鉴定与药敏分析 [J].中国兽医杂志,2022,58(11):1-8.

[11] 马金英.浅析西藏畜牧业现状与发展前景 [J].西藏科技,2011,33(12):46-48.

[12] 达瓦江措.高海拔对西藏畜牧业发展的影响与对策 [J].中国畜牧业,2025(4):32-33.

[13] Ashraf A,Imran M.Causes,types,etiological agents,prevalence,diagnosis,treatment,prevention,effects on human health and future aspects of bovine mastitis [J].Animal Health Research Reviews,2020,21(1):36-49.

[14] Maurer J J.Rapid detection and limitations of molecular techniques [J].Annual Review of Food Science and Technology,2011,2:259-279.

[15] Hiitiö H,Riva R,Autio T,et al.Performance of a real-time PCR assay in routine bovine mastitis diagnostics compared with in-depth conventional culture [J].Journal of Dairy Research,2015,82(2):200-208.

[16] Ashraf A,Imran M,Yaqub T,et al.A novel multiplex PCR assay for simultaneous detection of nine clinically significant bacterial pathogens associated with bovine mastitis [J]. Molecular and Cellular Probes,2017,33:57-64.

[17] Kahya Demirbilek S,Yıldız M,Akkoç A,et al.Comparison of bacteriological culture method and multiplex real-time PCR for detection of mastitis [J].Research in Veterinary Science,2024,172:105237.

[18] Bosward K L,House J K,Deveridge A,et al.Development of a loop-mediated isothermal amplification assay for the detection of Streptococcus agalactiae in bovine milk [J]. Journal of Dairy Science,2016,99(3):2142-2150.

[19] Sheet O H,Grabowski N T,Klein G,et al.Development and validation of a loop mediated isothermal amplification (LAMP) assay for the detection of Staphylococcus aureus in bovine mastitis milk samples [J].Molecular and Cellular Probes,2016,30(5):320-325.

[20] Griffioen K,Cornelissen J,Heuvelink A,et al.Development and evaluation of 4 loop-mediated isothermal amplification assays to detect mastitis-causing bacteria in bovine milk samples [J].Journal of Dairy Science,2020,103(9):8407-8420.

[21] Wawegama N K,Markham P F,Kanci A,et al.Evaluation of an IgG enzyme-linked immunosorbent assay as a serological assay for detection of mycoplasma bovis infection in feedlot cattle [J].Journal of Clinical Microbiology,2016,54(5):1269-1275.

[22] Alhussien M N,Dang A K.Sensitive and rapid lateral-flow assay for early detection of subclinical mammary infection in dairy cows[J].Scientific Reports,2020,10:11161.

[23] Khoramian B,Vajhi A,Ghasemzadeh-Nava H,et al.Ultrasonography of the supramammary lymph nodes for diagnosis of bovine chronic subclinical mastitis [J].Iran J Vet Res.2015 Winter;16(1):75-77.

[24] Ali A,Mir M U R,Ganie S A,et al.Milk-compositional study of metabolites and pathogens in the milk of bovine animals affected with subclinical mastitis [J].Molecules,2022,27(23):8631.

[25] 程思颖,刘耀权,童晓芳,等.我国西北地区4个规模化奶牛场隐性乳房炎流行病学调查 [J].中国兽医杂志,2025,61(6):19-26.

[26] 曹明泽,孔小军,王磊,等.藏药研究概况 [J].动物医学进展,2015,36(8):105-109.

[27] 何自伟.葵花大蓟和鸦葱的化学成分研究 [D].兰州:兰州大学,2007.

[28] Ferchiou A,Ndiaye Y,Mandour M A,et al..The Marginal abatement cost of antimicrobials for dairy cow mastitis:a bioeconomic optimization perspective[J].Veterinary Sciences,2023,10(2):92.

[29] 旦巴.高海拔养殖优质奶牛(荷斯坦)常见病防治措施 [J].农业科学,2026,9(3):45-47.

[30] Sesso L,Vanzetti T,Weber J,et al.District-wide herd sanitation and eradication of intramammary Staphylococcus aureus genotype B infection in dairy herds in Ticino,Switzerland[J].Journal of Dairy Science,2024,107(10):8299-8312.