

- [12]刘合满,曹丽花.1980—2010年西藏农作物播种面积与人口数量变化的相关分析[J].中国农业资源与区划,2013,34(3):84-88,100.
- [13]旦巴,傅廷栋,孟霞,等.西藏野生油菜遗传多样性分析[J].中国油料作物学报,2009,31(2):109-113,121.
- [14]熊立钢,吴青君,王少丽,等.小菜蛾越冬生物学特性研究[J].植物保护,2010,36(2):90-93.
- [15]马春森,马罡,杨和平.小菜蛾在温带地区越冬研究进展[J].生态学报,2010,30(13):3628-3636.
- [16]姚永慧,张百平.青藏高原气温空间分布规律及其生态意义[J].地理研究,2015,34(11):2084-2094.
- [17]DOSDALL L, MASON P, OLFERT O, et al. The Origins of Infestations of Diamondback moth, *Plutella xylostella* (L.), in Canola in Western Canada[J]. The Management of Diamondback Moth and Other Crucifer Pests, 2001:26-29.
- [18]邢鲲,赵飞,彭宇,等.2009年我国小菜蛾迁飞路径典型案例解析[J].环境昆虫学报,2016,38(5):896-902.
- [19]熊立钢.小菜蛾越冬生物学特性与种群亲缘关系研究[D].北京:中国农业科学院,2009.
- [20]谢丹丹.肯尼亚小菜蛾群体遗传变异的研究[D].福州:福建农林大学,2016.
- [21]冯夏,李振宇,吴青君,等.小菜蛾抗性治理及可持续防控技术研究——公益性行业(农业)科研专项“小菜蛾可持续防控技术研究”进展[J].应用昆虫学报,2011,48(2):247-253.
- [22]王思展,付彩青,唐晓琴,等.西藏小菜蛾对5种杀虫剂的抗药性研究[J].中国植保导刊,2021,41(9):81-83,88.
- [23]夏敬源.大力推进农作物病虫害绿色防控技术集成创新与产业化推广[J].中国植保导刊,2010,30(10):5-9.
- [24]胡慧芬,方小平,肖春.油菜种质资源抗小菜蛾的鉴定[J].江西农业学报,2006,18(5):73-76.
- [25]陈丽萍,季青梅,陈吉祥.彝良县辣椒主要病虫害绿色防控技术[J].云南农业科技,2023(6):33-36,39.
- [26]张广学,郑国,李学军,等.从保护生物多样性角度谈频振式杀虫灯的应用[J].昆虫知识,2004,41(6):532-535.
- [27]李振宇,陈焕瑜,包华理,等.小菜蛾区域性抗药性治理技术研究——公益性行业(农业)科研专项“十字花科小菜蛾综合防控技术研究”研究进展[J].应用昆虫学报,2016,53(2):247-255.
- [28]李章林,金宣汝,臧建成,等.利用性诱剂监测林芝市巴宜区小菜蛾种群发生动态[J].高原农业,2021,5(1):9-13.
- [29]李振宇,湛爱东,章金明,等.不同性诱剂诱芯对小菜蛾引诱效果研究[J].应用昆虫学报,2011,48(2):324-327.
- [30]MA C S, ZHANG W, PENG Y, et al. Climate Warming Promotes Pesticide Resistance through Expanding overwintering Range of a Global pest[J]. Nature Communications, 2021, 12(1):5351.
- [31]中国新闻网.全球气候变暖致西藏升温显著[EB/OL].(2015-12-23) [2024-05-15]. <https://www.chinanews.com.cn/gn/2015/12-23/7684404.shtml>

牛结节性皮肤病的研究进展

王冬经¹, 马弘财¹, 元振杰¹, 苏中华², 陈建春³, 王子⁴, 李家奎^{5*}, 曾江勇^{1*}

(1. 西藏自治区农牧科学院畜牧兽医研究所, 西藏 拉萨 850009; 2. 西藏自治区动物疫病预防控制中心, 西藏 拉萨 850000; 3. 西藏昌都市卡若区农牧科技推广服务中心, 西藏 昌都 854000; 4. 那曲市职业技术学校, 西藏 那曲 852000; 5. 华中农业大学动物科学技术学院动物医学院, 湖北 武汉 430070)

摘要:牛结节性皮肤病(lumpy skin disease, LSD)是一种由痘病毒科、山羊痘病毒属中的结节性皮肤病病毒(lumpy skin disease virus, LSDV)导致的牛传染病,该病会引起牛体温升高、皮肤黏膜及内脏结节样病变等,进而导致牛生产性能下降,甚至死亡,给畜牧业造成严重的经济损失。该文从牛结节性皮肤病的病原学、流行病学、临床症状及病理变化、诊断方法、防治措施等多个方面进行综述,以期对牛结节性皮肤病的防控提供参考。

关键词:牛结节性皮肤病; 病原学; 流行病学; 临床症状; 诊断方法; 防控

中图分类号:S858.23

文献标志码:A

Research Progress of Lumpy Skin Disease in Cattle

WANG Dongjing¹, MA Hongcai¹, YUAN Zhenjie¹, SU Zhonghua², CHEN Jianchun³, WANG Zi⁴, LI Jiakui^{5*}, ZENG Jiangyong^{1*}

(1. Tibet Livestock Research Institute, Tibet Academy of Agricultural and Animal Husbandry Science, Tibet Lhasa 850009, China; 2. Animal Disease Prevention and Control Center of Tibet Autonomous Region, Tibet Lhasa 850000, China; 3. Agricultural and animal husbandry science and technology promotion service center of Karuo District, Changdu City, Tibet Changdu 854000, China; 4. Nagchu Vocational and Technical School, Tibet Nagchu 852000 China; 5. College of Animal Science and Veterinary Medicine, Huazhong Agricultural University, Hubei Wuhan 430070, China)

Abstract: Bovine lumpy skin disease (LSD) is an infectious disease caused by the lumpy skin disease virus (LSDV) in the genus Poxvirus of the family Poxviridae. It causes elevated body temperature, nodular lesions in the skin, mucous membranes, and internal organs of cattle, leading to decreased production performance and even death, resulting in serious economic losses. This article reviews the etiology, epidemiology, clinical symptoms and pathological changes, diagnostic methods, prevention and treatment measures of bovine nodular skin disease from multiple aspects, in order to provide reference for the prevention and control of bovine nodular skin disease.

Key Words: lumpy skin disease; etiology; epidemiology; clinical symptoms; diagnostic methods; prevention and control

牛结节性皮肤病(lumpy skin disease, LSD),是一种由痘病毒科、山羊痘病毒属中的结节性皮肤病病毒(lumpy skin disease virus, LSDV)引起的牛急性、亚急性或慢性接触性传染病,发病牛主要表现为发热、浅表淋巴结肿大、皮肤、黏膜及脏器结节样病

变^[1],因此,该病又称为牛疙瘩皮肤病、牛结节性皮炎、牛结节疹或块状皮肤病。牛群感染该病后,会导致其生产性能下降,公牛可出现短暂性或永久性不育症,奶牛染病之后会造成产奶量下降,牛皮的应用价值会受到影响。该病严重威胁养牛业的健康发展^[2]。2020年,我国将其列为一类传染病^[3];2022年2月10日,农业农村部 and 海关总署联合公告,将LSD调整为二类动物传染病^[4]。

1 病原学

LSDV与绵羊痘病毒(Sheepox virus, SPPV)和山羊痘病毒(Goatpox virus, GTPV)同属于山羊痘病

收稿日期:2024-04-11

基金项目:西藏自治区重点研发及转化项目(XZ202301ZY00016N-01)。

作者简介:王冬经(1992-),硕士,研究实习员,主要从事高原动物传染病研究, E-mail: 920535395@qq.com; *为通信作者:李家奎(1967-),男,教授,主要从事为高原动物疾病诊断研究, E-mail: lij210@mail.hzau.edu.cn; 曾江勇(1973-),男,研究员,主要从事为疫病流行病学及病原研究, E-mail: zengjiangyong@126.com。

毒属(Capripoxvirus, CaPV)病毒,分别引起牛结节性皮肤病、绵羊痘和山羊痘^[5]。LSDV具有典型的痘病毒特征,有囊膜,在电镜下观察,呈砖块状或短管状,由一个核、两个侧体和两层脂质外膜组成,大小约290 nm×270 nm, LSDV与其他痘病毒粒子相比较小,是唯一在细胞浆内复制的有囊膜的双股DNA病毒,只有一个血清型,无凝血活性,代表株为Neethling株^[6-7]。LSDV能够在多种温度条件或化学环境下长期存活:能在动物屠宰后干燥的痂皮中存活18~35 d;皮肤结节样品中的病毒在4℃冰箱中可存活6个月,在-80℃冰箱中可保存10年,在55℃中能存活2 h, 65℃能存活30 min,但当其暴露在阳光直射或亲脂性洗涤剂中时,病毒会立即被消灭^[8]。CaPV的LSDV、SPPV和GTPV基因组均高度保守,其相似性高达96%,其中LSDV基因组几乎包含了SPPV和GTPV所有的基因,大小约为151 kb, G+C含量低,中央为一个保守的编码区,两端为非保守的反向末端重复序列(inverted terminal repetitions, ITRs)^[9]。

2 流行病学

2.1 LSD流行情况

LSD最早于1929年在非洲东部的赞比亚被发现,随后向南传入南非,向北传入肯尼亚、苏丹、尼日利亚、毛里塔尼亚、马里、津巴布韦、索马里和喀麦隆、埃及。1989年,该病传出非洲大陆,向中东扩散,2013—2016年,全球共有60个国家向OIE报告发生LSD疫情,其中非洲、亚洲和欧洲国家分别占63%, 25%和12%, 2017—2021年,全球共有57个国家向OIE报告LSD疫情^[10]。2019年8月,我国首次在新疆伊犁地区暴发该病,之后迅速蔓延至全国不同地区^[11]。此后,LSD疫情先后在我国新疆、福建、江西、广东、安徽、浙江、台湾、宁夏、四川、海南、山东、内蒙古接连发生,给我国养牛业造成了严重威胁,为了保证相关贸易的安全进行,我国在实验室诊断、支持治疗、场所消毒和疫苗接种等方面投入巨大^[12]。

2.2 传播途径

阐明LSDV的传播机制将有助于制定更有针对性和更有效的措施来遏制和消灭该病毒^[13]。根据现有资料,LSDV的传播方式多种多样:主要通过含有大量活性病毒的病牛体表结痂、脱落物及各种

分泌物传播,这种传播方式在空中传播距离较短;在夏秋季节,病毒也可以通过蚊虫等昆虫叮咬进行传播;牛只共饮污染的水源、接触被病毒污染的饲料、饲养工具等也会发生感染;人工授精和自然交配过程中也存在病毒通过精液传播的风险;母源传播也是常见的传播途径^[14]。Rouby^[15]等人的研究表明LSDV可以通过妊娠期母牛垂直传播给小牛;Sohier^[16]等人的研究结果表明,厩螫蝇和麻虻属昆虫可以通过叮咬吸血将LSDV间接传播给易感牛;Anca I Paslaru^[17]等的研究也表明,厩蝇通过吸血和排便进行LSDV的潜在机械传播;Chihota^[18]研究发现,埃及伊蚊参与了LSDV在牛群之间的传播。有研究表明,病毒可随硬蜱虫卵进入子一代蜱体内,经历变态发育阶段,从而大大增加了土壤和植被污染的可能性,使得彻底清除环境中的LSDV难度增加,尤其在雨季多发,这可能与雨季节肢动物活动频繁有关^[19]。因此在传播媒介活跃的季节适当限制牛群活动,可以有效减少传播媒介与易感动物的接触,从而降低该病的发病率^[20]。

2.3 易感动物

牛是牛结节性皮肤病的自然感染宿主,所有牛种均易感,无品种、年龄阶段、性别差异。然而,泌乳期奶牛感染率较高^[21],3岁以下的小牛感染发病率和死亡率也更高^[22]。任何品种、性别、年段的牦牛均可感染LSDV,尤其是泌乳期的牦牛易感性最强^[23]。目前的研究显示,LSDV不感染人,但除牛科动物外,研究人员在长颈鹿、大羚羊等野生反刍动物体内也检出了LSDV抗体,但并未进一步确诊它们是否感染^[24-25]。山羊或绵羊自然感染LSDV后无明显症状,攻毒实验结果显示,仅在接种部位出现肉芽肿^[26]。在印度,有报道骆驼可以自然感染,而在泰国,也有鬣羚、野牛等野生动物感染LSDV^[22]的报道。

2.4 流行特征

据文献资料,LSD的发病率在3%~85%之间。在疫情流行地区,发病率约为10%,死亡率在1%~3%之间。但在严重的暴发情况下,死亡率可高达40%,LSD的发病率和死亡率的不同很可能和牛的品种、健康状况、病毒分离毒株和参与传播的昆虫媒介的不同有关^[12]。此外,LSD具有明显的季节性传播特征,通常在吸血节肢动物繁殖旺盛的夏、秋季节较为常见^[27]。

3 临床症状及病理变化

LSD感染后的7~28 d为潜伏期,在此期间无明显症状;发病初期,患病牛体温升高(40~41 ℃),呈稽留热,持续一周左右,伴有浅表淋巴结肿大、口鼻和眼睛分泌脓性分泌物等症状,由此导致牛鼻炎和角膜炎;临床期病牛主要表现为全身性、多发性的结节,其中以头、颈、会阴、乳房等被毛较少易被蚊蝇虱螨叮咬的部位最为明显。这些结节微微隆起,界限清晰、质地坚硬,直径约5~15 mm。当结节进一步蔓延全身,可导致原发性和继发性肺炎,结节的数量、部位和并发症程度通常反映了LSD病情的轻重^[28]。病牛的免疫力、病情及处理方式都会影响LSD病程的发展,如果创面伤口治疗处理及时,则病程较短,结节坏死形成干燥暗红的凹陷坏死灶,痂皮从病灶脱落,伤口愈合;若创面伤口治疗处理不及时,结痂痂痕可达数月,凹陷坏死灶导致皮肤坏死或蝇蛆病等。病程愈长,病牛愈容易出现精神沉郁、食欲不振、体重下降、泌乳量大幅下降、母畜流产以及公畜不育等生产能力的丧失,严重的甚至无法站立^[29]。据张旭等人^[23]的报道,LSD可对牦牛生长发育造成严重影响,导致公牛不育、母牛不孕,严重时甚至会引发死亡。

病理解剖显示,皮肤结节渗透至皮下组织,引发水肿和血性浸润,气管黏膜充血,气管内含有大量黏液;多个器官如肺脏、心脏、肾脏、淋巴结和胆囊肿胀、出血,周围组织呈现胶冻样浸润;胃黏膜和小肠弥漫性出血;心肌表面出现斑块状瘀血;脾脏肿大质地变硬,肝脏边缘钝圆^[26]。病例组织学观察显示,结节上完整的表皮出现气球样变性,形成微囊泡和嗜酸性胞浆内涵体;几乎所有的真皮血管壁均出现增厚、坏死,呈现坏死性血管炎;表皮水肿、充血、严重水样变性和过度角化,坏死组织周围有大量组织细胞和成纤维细胞,淋巴结严重水肿和中性粒细胞浸润;睾丸组织水肿,伴有淡黄色胶状渗出物和出血点^[20]。

4 诊断方法

常见的诊断方法包括临床诊断、病原学诊断、免疫学诊断和分子生物学诊断。其中,临床诊断适用于对感染中后期出现特征性结节病变的病牛进行初步诊断。病毒分离鉴定是诊断LSDV的金标

准,但耗时耗力,通常需数周才能在组织培养物或鸡胚绒毛尿囊膜中分离出LSDV,在临床检测中并不常用^[19]。免疫学诊断主要包括间接酶联免疫吸附试验、病毒中和试验、间接荧光抗体试验、免疫印迹分析和免疫层析技术等,主要用于对疫情的监测与确诊,也用于对潜伏期或隐性感染的检测^[30],但该方法的敏感性和特异性仍有待提高。分子生物学诊断方法包括普通PCR、实时荧光定量PCR、环介导等温扩增技术、重组酶聚合酶扩增技术和高分辨率熔解曲线分析法^[30]等,其中普通PCR是实验室检测LSDV的常用方法,但其对疫情后期隐性带毒牛的病毒检测率较低,荧光定量PCR方法具有敏感性和特异性高、可定量及耗时短等优点,在很多病原诊断上得到广泛运用^[32]。聂福平等人^[34]建立了羊痘病毒属病毒多重TaqMan MGB荧光定量PCR检测方法;赵钟毅等人^[35]建立了鉴别LSDV和羊痘病毒属(CaPV)双重荧光定量PCR检测方法;Dejan Vidanović等人^[36]建立的方法,可区分LSDV野毒株和疫苗株;马春玲等人基于牛结节性皮肤病病毒ORF61基因建立了荧光定量检测方法。这些方法能够更加快速、准确、高效地检测出LSDV,预防LSD的发生以及避免疫病传播造成经济损失,对LSD防控具有重要的临床应用意义^[36]。

5 防控技术

LSD的防控措施包括免疫接种、检疫、移动控制、生物安保、媒介控制、监测和宣传等,但使用高效疫苗对牛进行免疫仍是控制LSD的最佳选择^[37]。

5.1 疫苗

目前,国际上大多数针对LSD的疫苗都是基于LSDV, GTPV或SPPV的减毒活疫苗:常见的LSDV减毒活疫苗有南非Neethling株、KSGP O-240株和O-180株等,患病牛首次接种LSDV减毒活疫苗时,可能会有副作用的产生,如疫苗接种部位的局部皮肤反应或全身性小面积皮肤结节,以及产奶量的暂时减少。GTPV疫苗的生产技术较LSDV疫苗的更为成熟,同源性疫苗GTPV疫苗具有成为替代品的潜力。目前印度和孟加拉国有较多的牧民使用GTPV疫苗对患有LSD的牛进行免疫,且取得了不错的效果;土耳其、俄罗斯、以色列等国家的研究学者使用了SPPV疫苗对患有LSD牛进行免疫研究。与LSD疫苗相比,SPPV疫苗对幼龄牛产生的副作

用更加常见^[8]。研究表明,减毒活疫苗的使用可能存在动物溢出现象,进而导致重组 LSDV 毒株的产生^[38]。尽管这些疫苗在临床上具有一定保护作用,但由此导致的疫苗重组体及其对诊断的影响使其在该领域的使用受到严重质疑^[39]。

山羊痘病毒属的不同病毒之间存在较高的抗原同源性,山羊痘疫苗和绵羊痘疫苗均可用于 LSD 的免疫预防^[17]。目前国内没有商品化的 LSD 疫苗,根据《牛结节性皮肤病防治技术规范》^[40]要求,对疫情危险区县采取山羊痘活疫苗免疫(按山羊 5 倍剂量)^[41]。天气渐暖,蚊蝇开始孳生,为 LSDV 传播创造了条件。同时夏季是发病高峰期,提前开展免疫预防 LSD,保证在夏季牛群免疫保护水平维持在高点,可以降低发病风险^[42]。

5.2 针对性治疗

据王高峰等人^[2]的报道,对 LSD 进行对症治疗,可用碘甘油等消毒防腐药剂涂抹患部促进结痂;注射氟尼辛葡甲胺治疗有灼痛感的病牛;注射头孢噻唑钠治疗有溃烂现象的病牛;用环丙沙星冲洗治疗有眼部病症的病牛;对同群未发病牛应紧急接种疫苗。

此外,中医认为湿热是导致牛感染结节性皮肤病的主要致病因素之一,因此清除体内湿热是治疗结节性皮肤病的重要环节,中药调理气血在结节性皮肤病的辅助治疗中也具有积极作用^[43]。潘福宝等人^[44]给出了 3 个不同的中药方剂,用于该病的防治。通过中西医结合方式对牛结节性皮肤病进行综合防治,也具有一定效果^[45]。

5.3 综合防控

LSD 的防控工作复杂艰巨,应采取综合性的防控措施。首先,全面排查疫病,突出防控重点:为了提高牛结节性皮肤病的防控水平,相关部门应定期对各个养殖场尤其是边境区域进行全面排查工作,加大对入境动物的监督管理;其次,要规范处置病牛,及时报告病况:做到每日监测,一旦察觉有可疑牛,应在第一时间了解确定,并对其进行规范化的处置;再次,疫苗免疫是十分有效的手段,各个养殖场(户)应结合自身实际情况,科学实施免疫计划;最后,应加强对畜牧养殖从业人员的兽医的专业知识及常规检测技术培训,宣传动物疫病防控相关法律法规,不断增强养殖人员理论知识、法律素养和专业技能,实现科学养殖,进而推动动物疫病防控工作高效运行^[46]。

6 小结

LSD 是当前全球关注的焦点,给畜牧业带来了经济灾难,目前在该病的诊断和预防方面研究已取得一定成效,但实际防控过程中仍存在诸多问题。快速准确的诊断能力、病毒鉴定、疫苗开发、媒介控制、区域和国际合作以及有效的生物安全政策对于控制、预防和根除 LSD 感染至关重要。尽快在 LSD 疫苗研制方面取得突破,研制出安全、高效的新型疫苗对养牛业健康发展意义重大。

参考文献:

- [1]南文龙,巩明霞,陆游,等.牛结节性皮肤病病毒 CycleavePCR 检测方法的建立[J].中国兽医学报,2023,43(6):1145-1148,1174.
- [2]王高峰,郝佳慧.牛结节性皮肤病的预防及治疗[J].畜牧兽医科技信息,2023(9):105-107.
- [3]中华人民共和国农业农村部.中华人民共和国海关总署公告第 256 号[R].中华人民共和国农业农村部公报,2020.
- [4]袁歆玮,王宇,阿地力·阿不来提,等.牛结节性皮肤病流行和防控研究进展[J].华中农业大学学报,2023,42(2):9-16.
- [5]程汝佳,吴迪,张启龙,等.山羊痘病毒属病毒荧光 LAMP 检测方法的建立与应用[J].畜牧与兽医,2022,54(11):92-99.
- [6]郑佳豪.牛结节性皮肤病的时空分布及流行风险研究[D].哈尔滨:东北农业大学,2021.
- [7]聂福平.牛结节性皮肤病检测新方法 with ORF132 基因表达及鉴定研究[D].重庆:重庆大学,2020.
- [8]原耀贤.广东省牛结节性皮肤病病毒分离株的鉴定及 qPCR 检测方法的建立[D].佛山:佛山科学技术学院,2022.
- [9]黄敏霞.华南地区牛结节性皮肤病病毒全基因组测序分析与 P32 蛋白膜外区可溶性表达[D].广州:仲恺农业工程学院,2022.
- [10]杨治聪,侯巍,莫茜,等.牛结节性皮肤病国际国内流行情况[J].山东畜牧兽医,2021,42(10):66-71,74.
- [11]刘平,李金明,陈荣贵,等.我国首例牛结节性皮肤病的紧急流行病学调查[J].中国动物检疫,2020,37(1):1-5.
- [12]程肖晔,王晓亮,常广军,等.牛结节性皮肤病研究进展[J].畜牧与兽医,2023,55(9):144-150.
- [13]SPRYGIN A, PESTOVA Y, WALLACE D B, et al. Transmission of Lumpy Skin Disease Virus: a Short Review [J]. Virus Research, 2019, 269:197637.
- [14]孟祥庆.牛结节性皮肤病的综合防控措施[J].畜牧兽医科技信息,2023(12):88-90.
- [15]ROUBY S, ABOULSOUD E. Evidence of Intrauterine Transmission of Lumpy Skin Disease virus [J]. The Veterinary Journal, 2016, 209:193-195.
- [16]SOHIER C, HAEGEMAN A, MOSTIN L, et al. Experimental Evidence of Mechanical lumpy Skin Disease Virus Transmission by Stomoxys Calcitrans Biting Flies and Haematopota spp. Horse-flies[J]. Scientific Reports, 2019, 9(1):20076.
- [17]PASLARU A I, VERHULST N O, MAURER L M, et al. Potential Mechanical Transmission of Lumpy Skin Disease Virus

- (LSDV) by the Stable fly (*Stomoxys calcitrans*) through Regurgitation and Defecation[J]. *Current Research in Insect Science*, 2021, 1:100007.
- [18] CHIHOTA C M, RENNIE L F, KITCHING R P, et al. Mechanical Transmission of Lumpy Skin Disease Virus by *Aedes Aegypti* (Diptera: Culicidae)[J]. *Epidemiology and Infection*, 2001, 126(2):317-321.
- [19] 刘艳,徐春志,张海,等.牛结节性皮肤病的特点和防控概述[J]. *贵州畜牧兽医*, 2023, 47(3):55-57.
- [20] 贾伟娟,张玲艳,何云江,等.牛结节性皮肤病的研究进展[J]. *畜牧与兽医*, 2021, 53(11):145-149.
- [21] 鲁志平,汪熙来,李燕,等.牛结节性皮肤病及综合防控措施分析[J]. *山东畜牧兽医*, 2024, 45(3):37-38+41.
- [22] 付存.牛结节性皮肤病病毒抗体检测靶标的筛选及ELISA抗体检测方法的建立[D].呼和浩特:内蒙古大学, 2023.
- [23] 张旭.牦牛牛结节性皮肤病流行趋势及防疫措施[J]. *中国动物保健*, 2024, 26(1):49-50.
- [24] 孙映雪, TSVIATKO ALEXANDROV, 宋建德, 等.牛结节性皮肤病预警信息与风险管理[J]. *中国动物检疫*, 2019, 36(4):44-48.
- [25] 胡小慧,邓瑞雪,潘玉平,等.牛结节性皮肤病的诊断防控研究[J]. *中国畜禽种业*, 2024, 20(1):135-140.
- [26] 陆游.牛结节性皮肤病病毒荧光定量PCR检测方法的建立与异源弱毒疫苗山羊痘病毒AV41株基因组分子标记的比较分析[D].扬州:扬州大学, 2021.
- [27] 马小琴,王莎莎,胡林杰,等.牛结节性皮肤病病毒ORF006蛋白的原核表达及其多克隆抗体的制备[J]. *中国兽医科学*, 2023, 53(5):588-593.
- [28] 赵钟毅.牛结节性皮肤病广西流行毒株生物学特性和检测方法的研究[D].南宁:广西大学, 2023.
- [29] 李雪.云南牛结节性皮肤病流行病学调查及流行毒株的分离鉴定[D].昆明:云南农业大学, 2023.
- [30] 张辉,张慧,余翰维,等.牛结节性皮肤病诊断方法研究进展[J]. *畜牧与兽医*, 2023, 55(7):138-144.
- [31] 张莉,豆思远,高军军,等.牛结节性皮肤病实验室检测方法研究进展[J]. *今日畜牧兽医*, 2023, 39(4):91-93.
- [32] 伍子昂,南文龙,吴晓东,等.牛结节性皮肤病病毒TaqMan实时荧光定量PCR方法的建立与应用[J]. *畜牧与兽医*, 2022, 54(11):100-105.
- [33] 聂福平,王昱,刘念源,等.羊痘病毒属病毒多重TaqManMGB荧光定量PCR检测方法的建立[J]. *中国预防兽医学报*, 2018, 40(11):1031-1036.
- [34] 赵钟毅,闭璟珊,尹德玮,等.鉴别牛结节性皮肤病病毒双重荧光定量PCR检测方法的建立及应用[J]. *中国动物检疫*, 2023, 40(2):117-124.
- [35] VIDANOVIĆ D, TEŠOVIĆ B, ŠEKLER M, et al. Validation of TaqMan-based Assays for Specific Detection and Differentiation of Wild-type and Neethling Vaccine Strains of LSDV[J]. *Microorganisms*, 2021, 9(6):1234.
- [36] 马春玲,任善会,杨雪,等.基于牛结节性皮肤病病毒ORF61基因荧光定量检测方法的建立[J]. *畜牧兽医学报*, 2024, 55(4):1800-1809.
- [37] 孙映雪,宋建德,郑雪光,等.2020—2022年全球牛结节性皮肤病流行状况[J]. *中国动物检疫*, 2023, 40(5):1-4.
- [38] VANDENBUSSCHE F, MATHIJS E, PHILIPS W, et al. Recombinant LSDV Strains in Asia: Vaccine Spillover or Natural Emergence?[J]. *Viruses*, 2022, 14(7):1429.
- [39] HAEGEMAN A, DE LEEUW I, SADUAKASSOVA M, et al. The Importance of Quality Control of LSDV Live Attenuated Vaccines for its Safe Application in the Field[J]. *Vaccines*, 2021, 9(9):1019.
- [40] 农业农村部.关于印发《牛结节性皮肤病防治技术规范》的通知(农牧发(2020)30号)[Z].北京:农业农村部, 2020-07-10.
- [41] 朱真,李静,张蕾,等.ELISA抗体检测试剂盒与病毒中和试验对临床牛血清样本中牛结节性皮肤病病毒抗体的检测比对[J]. *中国兽医杂志*, 2022, 58(9):58-62, 67.
- [42] 赵晓军,李智,吴晓亮,等.牛结节性皮肤病免疫效果分析及程序优化[J]. *中国奶牛*, 2022(6):57-61.
- [43] 黎国焕.牛结节性皮肤病的中医防控思路[J]. *中兽医学杂志*, 2023(10):73-75.
- [44] 潘福宝,袁晓娟.牛结节性皮肤病的中医防控措施[J]. *中兽医学杂志*, 2023(11):82-84.
- [45] 杨斌.牛结节性皮肤病的中西医结合防制策略[J]. *北方牧业*, 2023(22):34.
- [46] 田承建.牛结节性皮肤病的诊断与防控[J]. *今日畜牧兽医*, 2023, 39(10):20-22.