

牦牛巴氏杆菌病的防控措施综述

侯恩慧^{1,2}

(1.西藏农牧学院动物科学学院,西藏 林芝 860000;2.福建农林大学动物科学学院,福建 福州 350002)

摘要:巴氏杆菌病又称出血性败血症,是由多杀性巴氏杆菌引起的一种高度致死性传染病,具有发病快、传播广等特点,给西藏养殖业带来了巨大的经济损失。该病没有显著的季节性,一年四季均可发生,可以感染所有年龄段的牦牛,一旦发病,在短时间内即可引起死亡。因此,需充分掌握巴氏杆菌病的传播途径、流行特征等,以此做好防控工作。通过阐述牦牛巴氏杆菌病的流行病学及疫苗、中药和生物安全防控中的研究进展,以期对牦牛巴氏杆菌病的防控提供一定参考。

关键词:牦牛;巴氏杆菌病;防控

中图分类号:S823.8⁺5;S855.1

文献标识码:A

Overview of Prevention and Control Measures for Yak Pasteurellosis

HOU Enhui^{1,2}

(1. College of Animal Science , Xizang Agriculture & Animal Husbandry University, Nyingri Xizang 860000, China; 2. College of Animal Science, Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou Fujian 350002, China)

Abstract: Pasteurellosis, also known as hemorrhagic sepsis, is a highly lethal infectious disease caused by *Pasteurella multocida* (Pm), which has the characteristics of rapid onset and wide spread, and has brought huge economic losses to Tibet's aquaculture industry. The disease has no significant seasonality, can occur all year round, can infect yaks of all ages, and once onset, can cause death in a short period of time. Therefore, it is necessary to fully grasp the transmission route and epidemic characteristics of pasteurellosis, so as to do a good job in prevention and control. This article expounds the epidemiology of yak pasteurellosis and the research progress in the prevention and control of vaccines, traditional Chinese medicine and biosafety prevention and control, in order to provide some reference for the prevention and control of yak pasteurellosis.

Key words: yak; pasteurellosis; control

牦牛(*Bos grunniens*)是在海拔 3 000 m 以上的喜马拉雅地区发现的最主要的家畜之一,有着“高原之舟”的美誉。世界上牦牛约有 2 000 万头,其中 90%以上生活在我国的青藏高原,它为当地人提供肉类、牛奶、皮毛和承担一定的运输功能,因此,牦牛是西藏广大地区农业经济的基础^[1]。巴氏杆菌病(Pasteurellosis)是牦牛在饲养过程中最常见的疾病,该病的病源是多杀性巴氏杆菌(*Pasteurella multocida*, Pm),有极高的传染性和致死率。Pm 在世界各国均有发生,亚洲、非洲、中东和南欧一些地区的牛、水牛和牦牛都

有感染^[2],严重制约了畜牧业的发展。据统计,在印度由 Pm 引起的死亡牛数占总死亡牛数的 30%,造成的经济损失不少于 8 亿美元;在巴基斯坦每年因该病造成的经济损失高达 305 亿美元^[3]。我国自发现首例 Pm 以来,由 Pm 引起牛的死亡率逐年上升^[4],虽没有具体统计造成的经济损失,但对于一个养牛业大国来说损失是巨大的。本文总结了近年来巴氏杆菌病的防控进展,旨在为牦牛巴氏杆菌病的防控提供理论参考。

收稿日期:2024-08-03

作者简介:侯恩慧(1998—),男,硕士研究生,主要从事分子生物学与免疫学研究,E-mail:2054584054@qq.com。

1 流行病学

1.1 传染源

病禽和带病的牦牛是主要传染源,通过昆虫叮咬、破损的皮肤、粘膜传染给其他健康牦牛^[5]。Pm 多存在于牦牛的呼吸道中,一般不发作,当牦牛出现营养缺乏^[6],长时间劳作或频繁转场的情况下,就会给 Pm 入侵提供条件,引发呼吸系统出现严重的病变而继发本病。在传染过程中,Pm 往往先大量聚集,然后转移到患病牦牛的最终消化物中,通过排粪等过程随之排出,对外界环境进行污染,导致草料、用具、饮水当中均含有该致病菌^[7]。此外,Pm 也可以通过飞沫进行传播^[8]。

1.2 流行特征

近年来由于牦牛业的迅速发展,集约化、规模化养殖越来越多,牛巴氏杆菌病也呈上升趋势,该病无显著季节性,一年四季均可发生^[9]。益西索朗^[10]在 2017—2019 年对我国西藏地区 8 168 头牦牛进行流行病学调查,发现 3 年的阳性发病率分别为 9.81%、6.20%、4.42%。为进一步分析牦牛巴氏杆菌病发病情况与季节的关系,又于 2020 年设立了多个调查点,对 5 673 头牦牛发病情况分别以 4 个季节开展调查,发现 1—3 月份发病率(4.38%)、病死率(29.31%)最高。袁敏明^[11]在 2020—2021 年对青海省 5 个县域的牦牛开展了巴氏杆菌病流行病学调查,发现 2 年总体发病率分别为 7.89%、8.49%,其中 1—3 月和 10—12 月发病率最高。王方国^[12]采用重建 qPCR 技术对采集的 1 208 份牦牛鼻拭子样品进行 Pm 核酸检测与分析,发现青藏两地 Pm 总阳性率为 16.8%。综上所述,Pm 在青藏高原发病率仍然较高,其中 1—3 月份最为显著。

1.3 流行概况

多杀性巴氏杆菌能够感染不同性别和年龄的牦牛。马弘财等^[13]2019—2020 年在较为集中的 5 个乡镇,采集存栏 2 000 头以上的养殖场和存栏 30 头以上的农牧民未免疫的牦牛血清 1 124 份,通过酶联免疫吸附试验(ELISA)进行牛巴氏杆菌血清抗体检测,发现抗体个体阳性率为 11.57%,群体阳性率为 89.66%,公牦牛个体阳性率为 10.07%、母牦牛个体阳性率为 12.45%。陈建春等^[14]采用酶联免疫吸附的方法对采集的

896 头牦牛血清进行了 Pm 抗体检测,发现 Pm 抗体总平均阳性率为 15.74%,其中西藏、甘肃、青海、四川 Pm 阳性率分别为 12.50%、17.13%、12.91%、23.95%,小牦牛、适配期牦牛和大于 6 岁牦牛 Pm 抗体阳性率分别为 15.67%、16.50% 和 14.23%。李林栖等^[15]研究发现,Pm 对犏牛感染性最强,刚出生的牦牛由于免疫力低下,在转移草场时,存在于呼吸道等处的无毒或弱毒的病菌变得相对活跃,乘机进入犏牛的淋巴和血液中,引发 Pm 内源性感染^[16]。其次,动物体内的致病菌大量繁殖,毒力不断进化,导致患病牦牛排泄到外界环境的 Pm 多为强毒力致病菌,引发更加严重的外源性感染^[17]。

2 防控措施

2.1 疫苗防控

疫苗是防控疾病最有效和最实际的方法,也一直是巴氏杆菌病研究的重点^[18]。Pm 的毒力因子具体包括脂多糖(LPS)、荚膜、外膜蛋白(OMPs)、三聚体自转运蛋白、多杀性巴氏杆菌毒素(PMT)、黏附相关因子、IV 型菌毛(PtfA)、丝状血球凝集素蛋白(PfhB)、蛋白酶等,其致病机理是多种毒力因子共同作用的结果^[19-20]。目前使用的疫苗主要包括灭活疫苗^[21]、弱毒疫苗、亚单位疫苗、重组疫苗^[22]及 DNA 疫苗^[23]等,其中后 3 种疫苗防控效果最好,但由于制作过程复杂、成本高等多方面的原因,至今还没有推广使用,目前行业内使用最多的还是灭活疫苗和减毒疫苗。

姜志刚等^[24]研究发现,牛荚膜 A 型 Pm-TJ 株和 B 型 PmC45-2 株制备的 Pm 二价灭活疫苗对牛有很好的保护效果。当免疫剂量为 2 mL/头时,无论是 Pm-TJ 株还是 PmC45-2 株的保护率均为 100%,且免疫期至少在 10 个月以上;当免疫剂量降为 1 mL/头时,Pm-TJ 株和 PmC45-2 株的保护率分别为 75%、100%;用 0.5 mL 灭活疫苗免疫犏牛后,Pm-TJ 株和 PmC45-2 株的保护率降为 25%,以未免疫的犏牛作为对照,用 A 型菌和 B 型菌攻毒后犏牛均发生败血症而死亡,表明二价灭活疫苗能有效防止 Pm 的感染。魏歆等^[25]通过地方血清型野生株 P0910 与疫苗株 C45-2 两种灭活疫苗对小鼠和家兔进行免疫,发现小鼠和家兔均无不良反应,野生株 P0910 和疫

菌株 C45-2 的保护率分别为 100%、90%，均能为牦牛提供良好的免疫保护。陶乔孝慈等^[26]采用间接 ELISA 方法测定免疫小鼠血清抗体产生规律，发现 A 型 Pm12 灭活疫苗能够诱导机体长时间产生较高水平的血清抗体，有效保护小鼠对抗 A 型 Pm 感染，且对 B 型 Pm 呈现部分交叉保护作用。贺奋义等^[27]用制成的 A 型多杀性巴氏杆菌灭活疫苗对小白鼠和日本大耳家兔进行免疫保护实验，发现其对 A 型多杀性巴氏杆菌保护率为 100%，同时将制备的灭活疫苗进行肉牛安全性试验，均未发现过敏等异常情况。汪漫^[28]研究发现，A 型单价灭活疫苗 Pm-HG、Pm-HH、Pm-ZX、Pm-ZMD 和 B 型 CVCC44701 单价灭活疫苗对小鼠的保护率分别为 100%、50%、100%、100%、60%，且 B 型灭活疫苗对 A 型分离株的交叉保护率均在 30% 以上。其中 Pm-HG 的保护率最好，但 A 型不能为 B 型提供免疫保护。为进一步研究二联苗的免疫效果，将 A 型 Pm-HG 株和 B 型 CVCC44701 株制备二价灭活疫苗对小鼠进行免疫保护实验，其对致死剂量同源菌株保护率分别为 90% 和 20%，与前期相比血清抗体效价均有所下降，表明制成联苗后，抗原之间相互拮抗，免疫效果下降。张红见等^[29]用 Pm 野生株(P1002)和疫苗株(C45-2)进行小鼠免疫交叉保护实验，发现其同源保护率分别为 90% 和 70%，对 Pm 有很好的防控效果。李甜等^[30]用牛溶血性曼氏杆菌 Mh422 株和牛荚膜 A 型多杀性巴氏杆菌 PmCQ2 疫苗菌株分别对小鼠进行抗体效价实验，发现所制备的 Mh422 单菌苗对同型株攻毒无免疫保护作用，在诱导机体抗体产生方面，Mh 和 Pm 无相互抑制作用，PmCQ2 株具有较好免疫保护作用。以上研究表明，Pm 灭活疫苗具有很好的抵抗力，但由于交叉保护力弱、效率低，导致免疫效果不是很理想。近年来随着基因工程技术的发展，开发优质多杀性巴氏杆菌疫苗已成为研究热点。

与灭活疫苗相比，减毒活疫苗的免疫效果更好。在自然感染的初期接种减毒活疫苗会带来长期的保护性免疫，而且对于不同血清型多杀性巴氏杆菌的感染能够提供交叉保护。因此，对于用作疫苗的活毒株，衰减模式应明确界定，尽可能减少毒力返强的可能性^[31]。此外，亚单位疫苗、DNA 疫苗等免疫效果更好，保护力更强，是

未来发展的主要方向，但由于 Pm 血清型很多，各种交叉保护作用机制尚不明确，至今还处于初步研究阶段^[32]。

2.2 中药防控

在养殖过程中，由于抗生素的滥用，导致动物体内菌群失调并破坏机体的生态平衡，随之潜伏在体内的致病菌便大量繁殖，进而容易引发疾病，因此，中药用于疾病的防控成为热门方向。中药历史源远流长，远古时期，神农尝百草开始先民对于中药的认识^[33]。中药具有资源广、成本低、副作用小、安全性高等特点，部分中药还有利于提高畜禽抵抗力，在防控过程中不仅仅消除病原而且还能增强体质，提高畜禽免疫力使其免受致病菌的伤害。李贵琴^[34]研究发现，在体外抑菌试验中，Pm 对乌梅、透骨草、石榴皮、五味子、黄芩、大黄、艾叶、五倍子等 8 味中药高度敏感，且黄芩可以降低小鼠外周血清中白细胞数、丙氨酸氨基转移酶、IL-1 β 、IL-6、TNF- α ，浓度为 1.95 mg/mL 时，抑菌效果最佳。蔡萌等^[35]采用药敏纸片法和布氏肉汤稀释法对 Pm 进行抑菌试验，发现厚朴酚、黄藤素、秦皮 3 种中药提取物对 Pm 有很好抑菌效果。由黄芩、黄柏、白术、白芍、厚朴、大青叶、五味子、贝母等中药组成的复方中药与西药（磺胺嘧啶钠）分别治疗感染 Pm 的牦牛，发现中药治愈率明显高于西药对照组^[36]。李达怡等^[37]研究表明，黄连、丁香、香附、蒸陈皮、醋乳香对 Pm 均有抑制效果，其中黄连抗菌能力最强。为发挥中药配伍作用筛选抗 Pm 作用较强的中药组方，选取抑菌效果较好的黄连、丁香、香附等中药与其他中药联合，发现黄连+四制艾叶、丁香+广藿香、黄连+丁香、黄连+香附呈现协同效应，抗菌作用均比单味中药效果好，其中黄连+四制艾叶联合后抑制效果最强。李辉明^[38]研究发现，牦牛多杀性巴氏杆菌对金银花、黄连、五味子、板蓝根、透骨草、连翘 5 种药物极度敏感，对白头翁、黄芩、五倍子、诃子、酱败草、大黄、防风、紫花地丁 8 种药物中度敏感。综上所述，中药对 Pm 有很好抑制效果，同一种中药可包含多种抑菌成分，且各有不同的抑菌作用，并于多个靶点发挥功能^[39]。

2.3 生物安全防控

消毒是防控流行性疾病最高效的方法^[40]，所以在疾病多发区，在进行疫苗免疫的同时也要按

照相关规定和要求对圈舍进行卫生消毒和驱虫等。相关部门要加强对农牧产品交易场所的监督,用法律手段堵住活畜无序流通带来的防控漏洞,从源头减少病畜的流动从而控制疫病的传播^[41]。加强基层培训宣传工作,让农牧民充分了解疾病的流行特点、传播途径,加强防患意识,做好防范工作,一旦牛场发病可以做到早发现、早处理^[42]。同时根据当地农牧民的实际情况,制定出合理的、科学的养殖方案,引导农牧民进行科学有序的养殖。

在饲养过程中需要根据牦牛不同生长阶段提供适合的饲料,增强牦牛机体免疫力,避免出现内源性感染。同时根据牦牛群的密度来确定合理的草场面积,避免牦牛活动区域过度密集^[43]。此外,在外出放牧时,要对圈舍进行通风,确保新鲜空气在饲舍内流动^[44],防止病原微生物的滋生。发现病畜后,应立即对其隔离,使其远离健康牦牛,同时对所有牦牛进行体温、血清检查,以便及时发现潜伏性的病畜,最大程度降低病情传播率^[45]。

3 结语

综上所述,Pm 的防控仍以预防为主,尽可能消除病原,阻断传播途径,隔绝易感动物,从而减少疾病感染率。加强检疫、隔离、淘汰净化是控制该病的有效方法,检疫淘汰措施对于控制该病的流行扩散有积极意义。一旦发病要早发现、早处理,防止病原进一步扩散,平时牛场要从犏牛繁育、饲养管理、生物安全等方面采取防控措施。同时,政府也要加大宣传力度,多方面采取措施防控 Pm,努力把疾病的发生率降到最低,给牦牛营造一个良好的生活环境。

参考文献:

- [1] 连漪. 牦牛三种疾病流行病学调查及 E.coli 耐药基因 mPCR 检测方法的建立 [D]. 武汉: 华中农业大学, 2020.
- [2] JAMALI H, REZAGHOLIPOUR M, FALLAH S, et al. Prevalence, characterization and antibiotic resistance of *pasteurella multocida* isolated from bovine respiratory infection [J]. *Veterinary Journal*, 2014, 202(2): 381-383.
- [3] MICHAEL F S, CAIRNS C M, FLEMING P, et al. The capsular polysaccharides of *pasteurella multocida* serotypes B and E: structural, genetic and serological

comparisons [J]. *Glycobiology*, 2021, 31(3): 307-314.

- [4] ZHAO G F, LI P, MU H, et al. L-ascorbic acid shapes bovine *Pasteurella multocida* serogroup a infection [J]. *Frontiers in Veterinary Science*, 2021, 8: 687922.
- [5] 章沪尹, 郑义盈, 王成强, 等. 多杀性巴氏杆菌中 recN 基因的克隆、原核表达及生物信息学分析 [J]. *中国畜牧兽医*, 2019, 46(3): 661-668.
- [6] 廖光宇, 刘成, 陈名海, 等. 牛急性肺炎型巴氏杆菌病的诊断和中西医防治措施 [J]. *黑龙江畜牧兽医*, 2016(16): 145-147.
- [7] 曹兵海, 张越杰, 李俊雅, 等. 2019 年度肉牛牦牛产业技术发展报告 [J]. *中国畜牧业*, 2020(10): 14-21.
- [8] 赖金伦, 寇明明, 刘玉辉, 等. 犏牛支原体肺炎继发牛 A 型多杀性巴氏杆菌感染的诊治 [J]. *中国畜牧兽医*, 2015, 42(11): 3065-3072.
- [9] 陈建春, 王一飞, 周赛赛, 等. 西藏那曲牦牛源多杀巴氏杆菌荚膜分型及其毒力基因检测 [J]. *中国农业大学学报*, 2019, 24(9): 88-97.
- [10] 益西索朗. 西藏牦牛巴氏杆菌病的防治方法 [J]. *中兽医学杂志*, 2022(4): 39-41.
- [11] 袁敏明. 牦牛巴氏杆菌病流行病学调查报告 [J]. *农家参谋*, 2022(16): 129-131.
- [12] 王方国. 青藏部分地区牦牛 BRDC 细菌病原分子检测与分析 [D]. 雅安: 四川农业大学, 2020.
- [13] 马弘财, 王冬经, 元振杰, 等. 西藏当雄县牦牛巴氏杆菌病血清流行病学调查 [J]. *中国动物检疫*, 2021, 38(9): 17-19, 23.
- [14] 陈建春, 索朗斯珠, 罗润波, 等. 我国牦牛主产区巴氏杆菌流行病学调查与危险因素分析 [J]. *甘肃畜牧兽医*, 2018, 48(4): 72-74.
- [15] 李林栖, 马玉寿, 李世雄, 等. 返青期休牧对祁连山区中度退化草原化草甸草地的影响 [J]. *草业科学*, 2017, 34(10): 2016-2023.
- [16] 唐涛. 牛源 A 型多杀性巴氏杆菌 PmCQ2 引起小鼠细胞凋亡的分子机制研究 [D]. 重庆: 西南大学, 2022.
- [17] 马雪. 新疆地区犏牛呼吸道巴氏杆菌分子检测及分离株部分生物学特性研究 [D]. 石河子: 石河子大学, 2021.
- [18] 刘鹏海, 杨耀. 甘南牦牛巴氏杆菌病的调查分析与防治措施 [J]. *中国兽医杂志*, 2018, 54(5): 51-52.
- [19] 尹媛媛, 何芳, 赵光夫, 等. 多杀性巴氏杆菌主要毒力因子研究进展 [J]. *中国兽医学报*, 2021, 41(6): 1210-1218.
- [20] 赵霞, 顾有方, 郭伟娜. 多杀性巴氏杆菌毒力因子研究进展 [J]. *动物医学进展*, 2020, 41(11): 100-103.
- [21] HOMAYOON M, TAHAMTAN Y, KARGAR M, et al. *pasteurella multocida* inactivated with ferric

- chloride and adjuvanted with bacterial DNA is a potent and efficacious vaccine in Balb/c mice [J]. Journal of Medical Microbiology, 2018, 67(9): 1383-1390.
- [22] STHITMATEE N, NUMEE S, KAWAMOTO E, et al. Protection of chickens from fowl cholera by vaccination with recombinant adhesive protein of *Pasteurella multocida* [J]. Vaccine, 2008, 26(19): 2398-2407.
- [23] SINGH S, SINGH V P, CHEEMA P S, et al. Immune response to DNA vaccine expressing transferrin binding protein a gene of *Pasteurella multocida* [J]. Brazilian Journal of Microbiology, 2011, 42(2): 750-760.
- [24] 姜志刚, 徐和敏, 邵葳, 等. 牛多杀性巴氏杆菌病二价灭活疫苗的研究 [J]. 中国预防兽医学报, 2019, 41(3): 295-299.
- [25] 魏歆, 林芳明, 雷生妍, 等. 牦牛多杀性巴氏杆菌地方血清型灭活疫苗免疫效果评价 [J]. 青海大学学报, 2021, 39(5): 57-63.
- [26] 陶乔孝慈, 邬琴, 顾晓晓, 等. 牛源 A 型多杀性巴氏杆菌 (Pm₁₂) 灭活疫苗的制备及小鼠攻毒保护试验 [J]. 黑龙江畜牧兽医, 2021(3): 127-130, 135.
- [27] 贺奋义, 魏玉明, 郭慧琳, 等. 河西走廊牛源 A 型多杀性巴氏杆菌灭活疫苗的制备及临床效果检测观察 [J]. 畜牧兽医杂志, 2014, 33(3): 17-20.
- [28] 汪漫. 牛多杀性巴氏杆菌 A 型、B 型二价灭活疫苗的研究 [D]. 武汉: 华中农业大学, 2013.
- [29] 张红见, 李小兵, 戚睿斌, 等. 青藏高原牦牛多杀性巴氏杆菌灭活疫苗免疫效果研究 [J]. 黑龙江畜牧兽医, 2016(13): 38-41, 45.
- [30] 李甜, 杨洋, 谢黎卿, 等. 牛溶血性曼氏杆菌及牛荚膜 A 型多杀性巴氏杆菌灭活疫苗对小鼠的保护性研究 [J]. 畜牧兽医学报, 2021, 52(9): 2579-2588.
- [31] 高瑞, 赵辉, 谢玉杰, 等. 牛巴氏杆菌病诊断及疫苗研究进展 [J]. 畜牧与兽医, 2022, 54(11): 143-147.
- [32] 赵战勤, 乔鹏芸, 刘倩玉, 等. 多杀性巴氏杆菌的分型及其灭活疫苗研究进展 [J]. 中国预防兽医学报, 2017, 39(7): 600-604.
- [33] 王琳. 推动中医药振兴发展的四个维度 [J]. 天津师范大学学报(社会科学版), 2022(1): 109-114.
- [34] 李贵琴. 牛巴氏杆菌的分离鉴定及黄芩苷对巴氏杆菌肺炎的治疗作用 [D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2022.
- [35] 蔡萌, 张文婷, 汪最, 等. 多种单味中药对禽多杀性巴氏杆菌 C48-1 的抑菌作用研究 [J]. 湖北农业科学, 2019, 58(7): 89-91, 126.
- [36] 刘文春. 分析自拟中药方剂治疗牛多杀性巴氏杆菌病的效果 [J]. 畜禽业, 2021, 32(7): 134-135.
- [37] 李达怡, 余琳曼, 黄妙容, 等. 中药联合对巴氏杆菌的体外抑菌作用研究 [J]. 中兽医医药杂志, 2020, 39(3): 82-85.
- [38] 李辉明. 单味中药对牦牛多杀性巴氏杆菌的体外抑菌试验 [J]. 中国兽医杂志, 2018, 54(4): 50-52.
- [39] 徐新蕊, 张鹤平, 刘建钊, 等. 中草药防治鸡大肠杆菌病研究进展 [J]. 中国家禽, 2022, 44(8): 97-103.
- [40] JUNG I S, KIM H J, JUNG W Y, et al. Hydrogen peroxide as an effective disinfectant for *Pasteurella Multocida* [J]. Yonsei Medical Journal, 2014, 55(4): 1152.
- [41] 王茂森, 薄玉琨, 李林, 等. 畜牧业产业化经营基本理论与创新发展 [M]. 银川: 宁夏人民出版社, 2020.
- [42] 王茂森, 郭健, 逯春香. 兽医传染病学研究 [M]. 银川: 宁夏人民出版社, 2020.
- [43] 豆思远, 豆玲, 卢旺银, 等. 甘南藏族自治州牦牛巴氏杆菌病的细菌分离鉴定及药物筛选研究 [J]. 畜牧兽医杂志, 2018, 37(2): 35-37.
- [44] CHENAIS E, STERNBERG-LEWERIN S, BOQVIST S, et al. African swine fever outbreak on a medium-sized farm in Uganda: biosecurity breaches and within-farm virus contamination [J]. Tropical Animal Health and Production, 2017, 49(2): 337-346.
- [45] 曲志远. 调控流感病毒复制的环状非编码 RNA 的挖掘及其机制研究 [D]. 北京: 中国农业科学院, 2021.