



非洲猪瘟研究进展及防控策略

陈燎原¹, 王巧娜², 汪丰平^{3*}, 李婷²

(1. 武汉市新洲区农业技术推广服务中心, 湖北武汉 430400; 2. 武汉市动物疫病预防控制中心, 湖北武汉 430014; 3. 武汉市新洲区公共检验检测中心, 湖北武汉 430400)

摘要:非洲猪瘟(African swine fever, ASF)是一种高度接触性烈性传染病,自2018年8月我国首次爆发非洲猪瘟疫情以来,该病迅速在全国蔓延,给养猪业、食品安全以及上下游相关产业造成严重损失,给我国养猪业及相关行业的健康发展带来严重威胁。本文主要概述了非洲猪瘟的研究进展和防控策略,以期为非洲猪瘟疫情防控提供理论基础和实用策略。

关键词:非洲猪瘟;研究进展;防控策略

[中图分类号] S855.3 [文献标志码] A [文章编号] 1004-6704(2024)-06-0078-05

Research Progress and Prevention and Control Strategies of African Swine Fever

CHEN Liaoyuan¹, WANG Qiaona², WANG Fengping^{3*}, LI Ting²

(1. Agricultural Technology Extension Service Center of Xinzhou District, Wuhan, Hubei 430400, China;

2. Wuhan Animal Disease Prevention and Control Center, Wuhan, Hubei 430014, China; 3. Public

Inspection and Testing Center of Xinzhou District, Wuhan, Hubei 430400, China)

Abstract: African swine fever (ASF) is a highly contagious disease. Since the first outbreak of African swine fever in China in August 2018, the disease has spread rapidly throughout the country, causing serious losses to the pig industry, food safety and upstream and downstream related industries, and posing a serious threat to the health of China's pig industry and related industries. This paper mainly summarizes the research progress and prevention and control strategies of African swine fever in order to provide theoretical basis and practical strategies for the prevention and control of African swine fever.

Key words: African swine fever; research progress; prevention and control strategy

ASF是由非洲猪瘟病毒(African swine fever virus, ASFV)引起的猪的一种急性出血性疾病,猪只感染后以发热和全身性出血为主要特征,死亡率可高达100%^[1],对生猪健康养殖具有破坏性影响。猪科动物对ASFV均易感,无明显的品种、年龄和性别差异。自2018年8月,我国辽宁省沈阳市发现首例ASF疫情以来^[2],非洲猪瘟已在我国流行已近6年。随着对ASFV研究的深入,我国ASF防控取得了一定的成效,但ASF疫情仍在全国各地时有发生,给养猪业带来巨大挑战,造成了严重的经济损

失。因当前还没有安全有效的商业化ASF疫苗可用于非洲猪瘟的防控,严格的边境检疫、良好的生物安全措施、精准拔牙和高效扑杀是目前我国防控非洲猪瘟最常用的方法。

1 非洲猪瘟病毒

1.1 非洲猪瘟病毒的特性

ASFV是非洲猪瘟病毒科下的双链DNA病毒,为ASFV科下的唯一成员,也是目前已知的唯一的虫媒DNA病毒,只有一个血清型。ASFV病毒粒子整体呈现为有囊膜对称的二十面体形态,成熟的病毒粒子由包含基因组的类核、核心壳层、内部脂质包膜、蛋白衣壳和外部包膜等五层结构组成。病毒粒子直径约260~300 nm,基因组长170~194

[收稿日期] 2024-05-16

[第一作者] 陈燎原(1980-),男,高级兽医师,主要从事动物疫病防控工作。E-mail: 82318760@qq.com

*[通信作者] 汪丰平, E-mail: 1562049541@qq.com

kb,可编码 50 多种结构蛋白和 100 多种非结构蛋白,根据 P72 基因分型,可将 ASFV 分为 24 个基因型^[3]。

1.2 非洲猪瘟病毒的存活力

ASFV 对外界环境的适应能力极强,有较强的酸碱耐受性,可耐受 pH 3.9~13.4 的酸碱范围,但对热敏感,不耐高温^[4]。有研究表明^[5],60℃ 20 min 或者 56℃ 70 min 可灭活 ASFV,但是在低温环境下 ASFV 可长期存活。在冻存的猪肉中,ASFV 可存活数年,在冷却的猪肉中可存活 110 d,在腌制的肉制品和鲜肉中可存活 140 d,在木板、砖块或土壤中收集的血液中可存活 70~192 d^[6],在被污染的猪圈可以存活 30 d。ASFV 在外界环境中存活时间长以及对消毒试剂的高抵抗力^[7]是非洲猪瘟难以控制的两个重要因素。

1.3 非洲猪瘟病毒的传播途径

ASFV 的传播途径多样,直接接触传播、间接传播及生物媒介传播为最常见的 3 种传播方式^[8]。直接接触传播形式主要为健康猪只通过直接接触病猪的口鼻分泌物导致感染,带毒猪是直接传播的主要传染源。间接接触传播是指健康猪只通过接触受污染的饲料(包括原料和泔水)、水槽、围栏、车辆工具以及气溶胶等导致感染^[9],人员携带也是间接接触传播的一种方式。生物媒介传播主要是指猪只被感染 ASFV 的钝缘软蜱或苍蝇等吸血昆虫叮咬后引发的机械传播^[10-11]。研究发现 ASF 在养殖场间的传播力要低于养殖场内部的传播力;直接接触传播力要高于间接传播力。国内有研究报道,在统计的 100 例非洲猪瘟感染病例中,42%由泔水喂养引起,40%由受污染的人和车辆引起,16%由受感染的猪和携带病毒的产品引起,2%由野猪引起^[12]。除上述 3 中传播方式,医源性感染也是一个重要的感染途径,这可能与在 ASF 潜伏期内共用针头免疫接种多头猪只有关。另有多篇文献报道称,精液传播与垂直传播也是 ASFV 重要的传播途径,但目前还未有进一步研究数据^[13-14]。

2 非洲猪瘟病毒感染机制

目前对于 ASFV 的感染机制尚不十分清楚,这也是导致非洲猪瘟疫苗研制进展缓慢的重要原因之一。根据相关报道^[15],非洲猪瘟病毒颗粒较大,直径约 200 nm,其感染猪只后靶细胞主要为猪单核—

巨噬细胞。利用受体介导的内吞作用进入宿主细胞是病毒感染宿主的主要方式,而网格蛋白依赖型内吞、巨胞饮、小窝蛋白依赖型内吞和小窝蛋白非依赖型内吞是常见的内吞方式。研究发现^[16],ASFV 在入侵靶细胞的过程中,网格蛋白发挥了关键的调节作用,ASFV 首先通过受体介导的细胞胞吞机制进入单核—巨噬细胞,然后再利用囊膜与内吞泡膜的融合机制将病毒释放到细胞浆,从而导致猪只感染。当前,国内流行的 ASFV 主要为毒力较低的变异毒株,生猪感染初期症状不明显,病毒潜伏期长,这给非洲猪瘟的早期诊断带来了更大的难度,也给 ASFV 的防控带来了新的挑战^[17]。

2.1 易感动物

ASFV 主要感染猪科动物,不同品种、不同年龄、不同性别的猪都易感。其中家猪和欧洲野猪高度易感,非洲野生疣猪、丛林猪和巨型森林猪对 ASFV 具有一定的抵抗力,感染后基本上不表现临床症状,为 ASFV 的储存宿主。蜱类是 ASFV 重要的贮存宿主和传播媒介。病毒在家猪—家猪,野猪—家猪,野猪—野猪之间的循环传播是该病难以根除的重要原因之一。

2.2 临床表现

猪只感染 ASFV 后的临床表现受猪只感染病毒量、毒株毒力和猪只自身免疫力等多种因素影响,常见的有过急性型、急性型、亚急性型和慢性型等 4 中类型。过急性型,表现为猝死;急性型,表现为发热、皮肤发红、发绀、厌食、呕吐和腹泻,最终导致死亡;慢性型为低死亡率变异型,表现为抑郁、食欲下降、间歇性发热、皮肤病变和关节炎。

3 防控策略

3.1 加快疫苗研究

安全、有效的商品化疫苗是防控 ASF 的最佳方案^[18]。当前,非洲猪瘟疫苗研究包括通过敲除毒力基因以评估减毒活疫苗(LAVs)^[19]、筛选具有保护作用的抗原以开发亚单位疫苗^[20]、DNA 疫苗^[21]、载体疫苗^[22]等。然而,由于病毒粒子组成的复杂性、其生命周期以及免疫逃逸的能力,非洲猪瘟疫苗的研制仍面临诸多困难^[23]。国外虽有商业化疫苗应用于生产实践的相关报道,但在我国,还没有批准可用于生产实践的商业化疫苗。

根据相关报道,ASFV 减毒活病毒疫苗的研制

最有望取得预期效果。减毒活疫苗一般可分为自然减毒活疫苗和基因工程减毒活疫苗。有学者针对非洲猪瘟流行期间的自然减毒株如 ASFV 天然毒株 NH/P68、OURT88/3、II 型 ASF 病毒减毒株 Lv17/WB/Rie1 等进行研究发现^[24-26], 这些减毒株针对异源病毒不能提供完全保护, 保护水平从 66% 到 100% 不等; 也有部分学者通过细胞传代衰减来获得 ASFV 减毒株, 但结果表明, 依然不能提供有效的交叉保护^[27-28]; 此外, 减毒活疫苗的毒力返强的可能性也是需要重点考虑的问题之一。通过同源重组或 CRISPR/Cas9 基因编辑技术敲除 ASFV 毒力相关基因或逃避免疫基因是减毒苗研究的另一个重要方向。截止目前, 针对 ASFV 的多个关键基因都有疫苗开发研究, 包括: 血凝素 CD2v/EP402R、胸苷激酶 TK/K169R、NF- κ B 和 NFAT 抑制剂 A238L、细胞凋亡抑制剂 A179L 和 A224L、蛋白质磷酸酶-1 激活剂 NL/DP71L、参与抑制 I 型干扰素诱导的基因 MGF 360 和 505, 以及与不同 ASFV 毒力菌株的毒力有关但作用机制尚不清楚的基因, 包括 9GL/B119L、UK/DP96R、I177L、I226R、A137R 和 E184L 等^[29]。DNA 疫苗和载体疫苗已被尝试用于非洲猪瘟疫苗研究。从理论上讲, DNA 疫苗和载体疫苗具有更好的免疫原性, 但研究显示 DNA 疫苗、载体疫苗和原代强化免疫都不能提供完全的保护^[30]。

3.2 高效消毒

消毒是使用化学或物理制剂消灭传染性病原体的方法, 现阶段高效消毒是防控非洲猪瘟的有力措施。而充分了解 ASFV 特性, 选择合适的消毒剂、消毒方法、确保消毒剂的浓度和消毒时间及使用环境是达到预期消毒效果的前提。根据 ASFV 的生物特性及临床使用效果, OIE 针对 ASFV 消毒给出了以下建议: 0.8% 氢氧化钠溶液, 持续 30 min; 次氯酸盐, 0.03%~0.5% 的有效氯, 持续 30 min; 3% 邻苯酚溶液, 持续 30 min; 0.3% 福尔马林溶液, 持续 30 min 以及碘化合物均可有效灭活 ASFV。此外, 标准的消毒前清洁和严格的消毒后监测程序也是确保消毒效果的必要措施^[31]。

3.3 强化生物安全措施

经过 5 年多的防控实践, 我国对 ASF 的防控有了新的认识。从政府部门到生猪养殖、屠宰、加工等各环节, 全面提升生物安全水平, 形成“上下一盘棋”思维, 是做好 ASF 防控的重要保障。政府部门应加

大生物安全培训力度, 加强对相关企业的监督、监测力度, 守好机场、码头等重点关口^[32]。养殖场作为防疫主体责任人, 建立完善生物安全体系制度, 做好生物安全风险预警, 严格执行生物安全措施, 筑牢生物安全屏障^[33], 显得尤为重要。生猪屠宰、加工的部门应根据要求做好 ASF 检测, 执行相关生物措施。

4 小 结

自 20 世纪世界上爆发首例 ASF 以来, ASF 在世界上已有百年历史, 在中国爆发流行也已 5 年有余, 且在很长一段时间内仍将持续存在, 是一个世界性难题。当前, 非洲猪瘟防控还没有安全、有效的商品化疫苗活或特异性药物, 及时关注 ASF 最新研究进展并加强防控措施, 是目前有效防控 ASF、减少经济损失和社会影响的最有力措施。未来, 期望随着我国宏观布局、科研工作者的不断探索和生物安全水平的不断提升, ASF 能得到良好控制。

参考文献:

- [1] WANG N, ZHAO D M, WANG J L, et al. Architecture of African swine fever virus and implications for viral assembly[J]. *Science*, 2019, 366(6 465): 640-644.
- [2] 王宏燕, 周晨阳, 董娜. 辽宁沈阳发生我国首例非洲猪瘟疫情[J]. *现代畜牧兽医*, 2018(10): 40-43.
WANG H Y, ZHOU CH Y, DONG N. The first outbreak of African swine fever was occurred in Shenyang, Liaoning Province, China[J]. *Modern Journal of Animal Husbandry and Veterinary Medicine*, 2018(10): 40-43.
- [3] 朱利敏, 邹兴启, 赵启祖. 非洲猪瘟病毒多样性[J]. *病毒学报*, 2021, 37(3): 719-725.
ZHU L M, ZOU X Q, ZHAO Q Z. Diversity of African swine fever virus[J]. *Chinese Journal of Virology*, 2021, 37(3): 719-725.
- [4] PIRTLE E C, BERAN G W. Virus survival in the environment[J]. *Revue Scientifique et Technique (International Office of Epizootics)*, 1991, 10(3): 733-748.
- [5] 史喜菊, 刘 环, 窦树龙, 等. 非洲猪瘟病原学和流行病学研究新进展[J]. *中国动物检疫*, 2020, 37(5): 63-67.
SHI X J, LIU H, DOU SH L, et al. Research progress on etiology and epidemiology of African swine fever[J]. *China Animal Health Inspection*, 2020, 37(5): 63-67.

- [6] PANEL ON ANIMAL HEALTH AND WELFARE (EFSA AHAW PANEL) E F S A, NIELSEN S S, ALVAREZ J, et al. Scientific opinion on the assessment of the control measures of the category A diseases of animal health law; *African horse sickness* [J]. EFSA Journal European Food Safety Authority, 2021, 19(2):e06403.
- [7] JUSZKIEWICZ M, WALCZAK M, WOŹNIAKOWSKI G. Characteristics of selected active substances used in disinfectants and their virucidal activity against ASFV [J]. Journal of Veterinary Research, 2019, 63(1): 17-25.
- [8] 翟新验, 刘林青, 张森洁, 等. 非洲猪瘟病毒传播方式及控制措施[J]. 中国兽医学报, 2021, 41(2): 353-359.
- ZHAI X Y, LIU L Q, ZHANG M J, et al. Transmission modes and control measures of African swine fever virus [J]. Chinese Journal of Veterinary Science, 2021, 41(2): 353-359.
- [9] GUINAT C, GOGIN A, BLOME S, et al. Transmission routes of African swine fever virus to domestic pigs: Current knowledge and future research directions [J]. The Veterinary Record, 2016, 178(11): 262-267.
- [10] KARALYAN Z, AVETISYAN A, AVAGYAN H, et al. Presence and survival of African swine fever virus in leeches [J]. Veterinary Microbiology, 2019, 237: 108-121.
- [11] OLESEN A S, LOHSE L, HANSEN M F, et al. Infection of pigs with African swine fever virus via ingestion of stable flies (*Stomoxys calcitrans*) [J]. Transboundary and Emerging Diseases, 2018, 65(5): 1152-1157.
- [12] SUN E C, ZHANG Z J, WANG Z L, et al. Emergence and prevalence of naturally occurring lower virulent African swine fever viruses in domestic pigs in China in 2020 [J]. Science China Life Sciences, 2021, 64(5): 752-765.
- [13] MAZUR-PANASIUK N, ŹMUDZKI J, WOŹNIAKOWSKI G. African swine fever virus-persistence in different environmental conditions and the possibility of its indirect transmission [J]. Journal of Veterinary Research, 2019, 63(3): 303-310.
- [14] SCHLAFER D H, MEBUS C A. Abortion in sows experimentally infected with African swine fever virus: Pathogenesis studies [J]. American Journal of Veterinary Research, 1987, 48(2): 246-254.
- [15] 孙茂文, 王涛, 孙元, 等. 非洲猪瘟病毒的免疫逃逸策略 [J]. 微生物学报, 2021, 61(2): 249-262.
- SUN M W, WANG T, SUN Y, et al. Immuno-evasion strategies of African swine fever virus [J]. Acta Microbiologica Sinica, 2021, 61(2): 249-262.
- [16] 刘金林, 李兆龙, 罗锦义. 非洲猪瘟研究新进展 [J]. 福建畜牧兽医, 2022, 44(2): 38-44.
- LIU J L, LI ZH L, LUO J Y. Research progress of African swine fever [J]. Fujian Journal of Animal Husbandry and Veterinary Medicine, 2022, 44(2): 38-44.
- [17] SUN E C, HUANG L Y, ZHANG X F, et al. Genotype I African swine fever viruses emerged in domestic pigs in China and caused chronic infection [J]. Emerging Microbes & Infections, 2021, 10(1): 2183-2193.
- [18] TURLEWICZ-PODBIELSKA H, KURIGA A, NIE-MYJSKI R, et al. African swine fever virus as a difficult opponent in the fight for a vaccine-current data [J]. Viruses, 2021, 13(7): 1212.
- [19] BLOME S, GABRIEL C, BEER M. Modern adjuvants do not enhance the efficacy of an inactivated African swine fever virus vaccine preparation [J]. Vaccine, 2014, 32(31): 3879-3882.
- [20] GÓMEZ-PUERTAS P, RODRÍGUEZ F, OVIEDO J M, et al. The African swine fever virus proteins p54 and p30 are involved in two distinct steps of virus attachment and both contribute to the Antibody-mediated protective immune response [J]. Virology, 1998, 243(2): 461-471.
- [21] ARGILAGUET J M, PÉREZ-MARTÍN E, GALLARDO C, et al. Enhancing DNA immunization by targeting ASFV antigens to SLA-II bearing cells [J]. Vaccine, 2011, 29(33): 5379-5385.
- [22] MURGIA M V, MOGLER M, CERTOMA A, et al. Evaluation of an African swine fever (ASF) vaccine strategy incorporating priming with an alphavirus-expressed antigen followed by boosting with attenuated ASF virus [J]. Archives of Virology, 2019, 164(2): 359-370.
- [23] BLOME S, FRANZKE K, BEER M. African swine fever-A review of current knowledge [J]. Virus Research, 2020, 287: 198-199.
- [24] LEITÃO A, CARTAXEIRO C, COELHO R, et al. The non-haemadsorbing African swine fever virus isolate ASFV/NH/P68 provides a model for defining the protective anti-virus immune response [J]. Journal of Gen-

- eral Virology, 2001, 82(Pt 3):513-523.
- [25] SÁNCHEZ-CORDÓN P J, CHAPMAN D, JABBAR T, et al. Different routes and doses influence protection in pigs immunised with the naturally attenuated African swine fever virus isolate OURT88/3[J]. Antiviral Research, 2017, 138:1-8.
- [26] BARASONA J A, GALLARDO C, CADENAS-FERNÁNDEZ E, et al. First oral vaccination of Eurasian wild boar against African swine fever virus genotype II[J]. Frontiers in Veterinary Science, 2019, 6:137.
- [27] KRUG P W, HOLINKA L G, O'DONNELL V, et al. The progressive adaptation of a Georgian isolate of African swine fever virus to vero cells leads to a gradual attenuation of virulence in swine corresponding to major modifications of the viral genome[J]. Journal of Virology, 2015, 89(4):2 324-2 332.
- [28] LACASTA A, MONTEAGUDO P L, JIMÉNEZ-MARÍN Á, et al. Live attenuated African swine fever viruses as ideal tools to dissect the mechanisms involved in viral pathogenesis and immune protection[J]. Veterinary Research, 2015, 46:135.
- [29] URBANO A C, FERREIRA F. African swine fever control and prevention: An update on vaccine development[J]. Emerging Microbes & Infections, 2022, 11(1):2 021-2 033.
- [30] SUNWOO S Y, PÉREZ-NÚÑEZ D, MOROZOV I, et al. DNA-protein vaccination strategy does not protect from challenge with African swine fever virus Armenia 2007 strain[J]. Vaccines, 2019, 7(1):12.
- [31] KAHRS R F. General disinfection guidelines[J]. Revue Scientifique et Technique (International Office of Epizootics), 1995, 14(1):105-163.
- [32] 康亚男, 刘 涛, 张小波, 等. 我国非洲猪瘟疫情现状及防控措施[J]. 中国猪业, 2021, 16(4):57-60.
- [33] 蔡辛娟. 基于非洲猪瘟背景下养猪场生物安全防控评价研究[D]. 北京:北京农学院, 2021.

(上接第 77 页)

- [38] 穆晓惠, 陈启稳, 陈 建, 等. 1 株 QX 型鸡传染性支气管炎病毒的 S1 基因序列分析及致病性研究[J]. 畜牧与兽医, 2022, 54(4):61-66.
- MU X H, CHEN Q W, CHEN J, et al. S1 gene sequence analysis and pathogenicity study of a QX-type avian infectious bronchitis virus[J]. Animal Husbandry & Veterinary Medicine, 2022, 54(4):61-66.
- [39] 卢彦澎, 磨美兰. 猪 δ 冠状病毒在家禽中的感染和传播[J]. 广西畜牧兽医, 2021, 37(4):172-174.
- [40] 翁文莲, 王 欢, 宫晓倩, 等. 冠状病毒反向遗传技术的研究进展和应用[J]. 病毒学报, 2022, 38(2):460-469.
- WENG W L, WANG H, GONG X Q, et al. Research progress and application of reverse genetics for coronaviruses[J]. Chinese Journal of Virology, 2022, 38(2):460-469.
- [41] 何 迅, 游 兰, 范紫玮, 等. 动物冠状病毒检测方法的研究进展[J]. 中国人兽共患病学报, 2022, 38(1):42-47.
- HE X, YOU L, FAN Z W, et al. Advances in methods for the detection of animal coronaviruses[J]. Chinese Journal of Zoonoses, 2022, 38(1):42-47.
- [42] WILLE M, HARVEY E, SHI M, et al. Sustained RNA virome diversity in Antarctic penguins and their ticks [J]. The ISME Journal, 2020, 14(7):1 768-1 782.
- [43] WILLE M, LINDQVIST K, MURADRASOLI S, et al. Urbanization and the dynamics of RNA viruses in Mallards (*Anas platyrhynchos*) [J]. Infection, Genetics and Evolution, 2017, 51:89-97.